

<http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2013.13.2.59>

JIIBC 2013-2-9

마이크로프로세서 I/O 프로그램 실행시간 비교 연구 : 8085, 8086, 8051 및 80386

Study on Comparison of an I/O Program Execution Time to Intel Series μ Ps : 8085, 8086, 8051 and 80386

이영욱*

Young-Wook Lee

요 약 1970-1980년대에 개발된 8-16비트 마이크로프로세서들이 오늘날의 우수한 성능을 갖는 컴퓨터 발달의 시초가 되었으며 교육현장에서 아직도 사용되고 있는 곳이 많이 있다. 본 연구에서는 이러한 소형 8-32비트 마이크로프로세서 시스템에서 사용되는 인텔계열 마이크로프로세서의 Programmed I/O 명령 실행 사이클에 따른 실행시간을 구하여 비교하였다. 비교 결과 마이크로프로세서 클럭 주파수 4MHz와 12MHz의 경우, 8비트용 8051이 명령 실행에 따른 많은 클럭수로 인하여 8비트 8085 및 16비트 8086 마이크로프로세서의 실행시간보다 길었으며, 실제 많이 사용하는 클럭 주파수의 경우는 8085, 8086, 8051 및 80386의 순으로 명령실행 시간이 빨라짐을 보여 주었다. 주로 국내에서 많이 사용하는 인텔계열 마이크로프로세서에 의한 I/O 프로그램 실행시간을 비교해봄으로써 마이크로프로세서의 실시간 제어를 위한 인터페이스 등에 도움이 될 수 있다.

Abstract Microprocessors of 8 to 16 bits have become the first step of today's computer development with excellent capability and a lot of those are still used in the educational spots. In this study, execution times of Intel series microprocessors(μ ps) available to microprocessor systems of 8 to 32 bits are obtained and compared by I/O programs. The compared result showed that execution time related to the instruction cycles of 8 bit 8051 was longer than that of 8 bit 8085 and of 16 bit 8086 by a lot of number of clocks in cases of clock frequencies at 4 MHz and at 12 MHz. In cases of really many using μ p clock frequencies, it showed that execution times of instructions have become faster by the order of 8085, 8086, 8051 and 80386. It can be helped to interface with μ ps for real time control through comparing with execution times of I/O programs by mainly many usable Intel series μ ps in our nation.

Key Words : Microprocessors, execution time, comparison, programmed I/O, clock cycle

1. 서 론

4비트 및 8비트 마이크로프로세서가 개발되어 오늘날

의 64비트 펜티엄 마이크로프로세서에 이르기까지 컴퓨터의 핵심 기능을 가진 마이크로프로세서(Micro-processor : μ P)는 초기 어셈블리어 프로그래밍에 의해

*정회원, 세종대학교 컴퓨터학부
접수일자 2013년 1월 21일, 수정완료 2013년 3월 9일
게재확정일자 2013년 4월 12일

Received: 21 January 2013 / Revised: 9 March 2013 /

Accepted: 12 April 2013

*Corresponding Author: ywlk0607@semyung.ac.kr
Dept. of Computer Science

PC(Personal Computer)에서 사용되기 시작한 이래 사용 비트수, 명령어 처리방법 및 처리속도 등 그 성능이 급속도로 향상되어 왔다. 특히 우리나라에서는 미국 인텔계열의 마이크로프로세서가 시장 및 교육기관 등에서 사용의 주류를 이루어 왔다. 우리나라에서 8비트 마이크로프로세서 시스템은 1970년-1980년대에 국내 교육기관 등에서 실험 및 실습용으로 많이 사용되기도 하였다. 실험 및 실습용으로 사용되던 마이크로프로세서로는 미국 인텔사 개발의 8비트용 Z80, 8085, 8086을 비롯하여 오늘날의 펜티엄 프로세서에 이르기까지 수많은 마이크로프로세서들이 사용되었고,^{[7],[8],[9]} 한편 미국 모토롤라사 개발 6800 계열의 마이크로프로세서들도 많이 사용되었다. 이 중에서 우리나라는 주로 인텔계열의 마이크로프로세서에 의한 시스템들을 채택하여 많이 사용하였다. 프로그램 실행은 초창기에는 주로 어셈블리 언어에 의한 프로그래밍이 주류를 이루었고 현재는 마이크로프로세서 시스템에 주변 장치 및 I/O (Input/Output) 장치 등을 인터페이스 시켜 C 언어에 의한 프로그램 실행이 주로 많이 쓰이고 있으며, 그래픽 기반의 C 언어 프로그래밍도 사용되고 있다. 또한 명령어 실행 시 명령어 인출(Fetch), 읽기(Read), 쓰기(Write), 저장 및 데이터 전송 실행시간 등에 관심을 가지게 되었다. 이는 여러 가지 종류의 마이크로프로세서 개발과 함께 데이터 처리 속도와 관련이 있는 사항으로 실행 시 사용 비트수, 해당 마이크로프로세서의 구조 및 명령어 실행 싸이클에 따른 마이크로프로세서의 소요 클럭 수 등에 크게 관련된다.^{[11],[12],[13]} 실행 바이트(또는 비트)수에 따른 해당 마이크로프로세서의 실행 주기와 관련된 클럭 수 및 명령실행 싸이클 수는 마이크로프로세서의 클럭 주파수를 알면 명령실행의 처리 시간을 구하는데 사용할 수 있다.^[8] 아직까지 마이크로프로세서의 해당 프로그램 실행시간을 구하여 제시하거나 비교 분석 한 자료는 거의 찾아보기 힘들었다.

본 논문에서는 우리나라에서 많이 사용하는 미국 인텔계열 마이크로프로세서 중에서 성능이 비슷하고 비교 가능한 8비트-32비트용 마이크로프로세서의 programmed I/O 프로그램 방법을 사용하여 실행시간을 구하였다. 명령실행 싸이클 수에 따라 각 마이크로프로세서 시스템별로 해당 포트(Port)를 통하여 8개의 LED (Light Emitting Diode)를 점등하기 위한 프로그램을 실행하는 경우의 프로그램의 총 명령어 실행시간을 구하였다. 다음 각 마이크로프로세서별 실행시간을 비교 및 분석함으로써 어셈

블리 언어 프로그램에 의해 실행되는 마이크로프로세서 시스템의 실시간 programmed I/O 인터페이스 제어에 참고자료로 제시하고자 하였다. 제1장은 서론으로 미국 인텔계열 마이크로프로세서의 개발과 프로그램의 실행시간 등에 관하여 언급하였고 제2장에서는 마이크로프로세서의 구조와 특성에 관하여 보여주었다. 제3장에서는 programmed I/O에 의한 어셈블리 언어 프로그램의 예와 함께 인텔계열 마이크로프로세서의 명령어 실행시간을 보여 주었다. 제4장에서는 결과 및 고찰을 통하여 인텔계열 마이크로프로세서들의 실행시간들의 비교 분석과 결과에 관하여 기술하였다. 끝으로 제5장은 결론 부분으로 인텔계열 8비트 및 16비트 마이크로프로세서의 실행시간의 비교 분석에 관한 결론을 제시하였다.

II. 마이크로프로세서 구조 및 특성

1. 마이크로프로세서 주요 구조

인텔계열 8비트-32비트 마이크로프로세서의 모습과 블록 구성도는 다음 그림 1 및 그림 2와 같다.

그림 1 및 그림 2에서 알 수 있는바와 같이 인텔계열 마이크로프로세서 그림 1(a)8051 및 (b)8085는 8비트이고 (c)8086은 8비트 및 16비트 겸용, (d)80386은 32비트용으로 기본 구조인 레지스터부와 연산부 및 제어부에 추가 기능을 각각 더하고 있다. 8051, 8085 및 8086은 각각 40핀, 80386은 100핀의 구조를 갖고 있다.

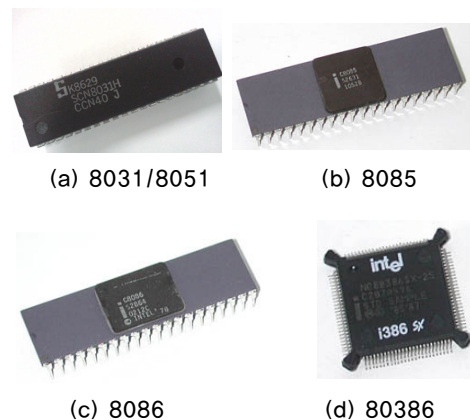
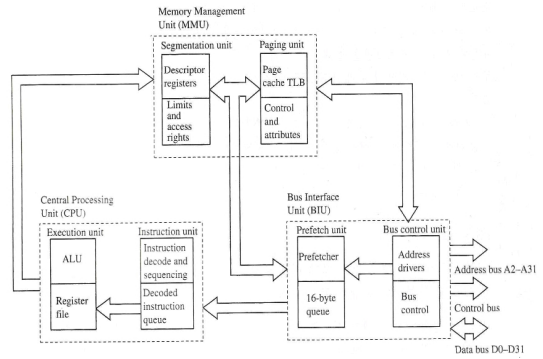
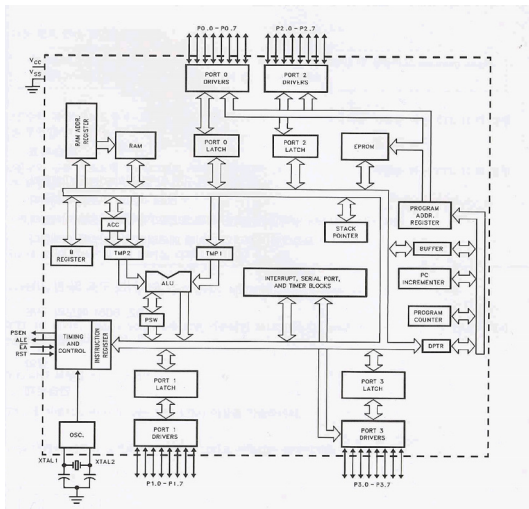


그림 1. 마이크로프로세서 모습

(자료출처: www.naver.com/ 지식iN/인텔 CPU)

Fig. 1. View of Microprocessor



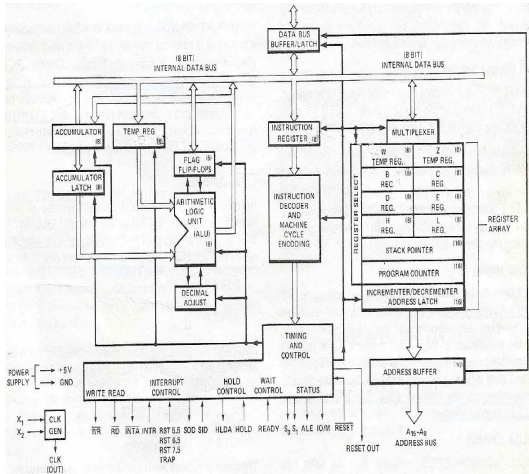
(d) 80386

그림 2. 마이크로프로세서 블록 구성도

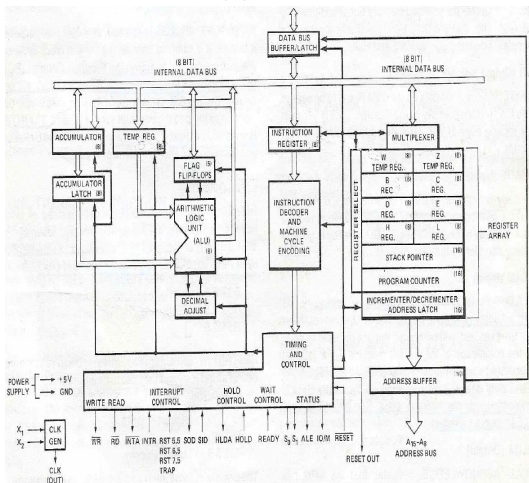
(자료출처: 참고문헌 [5], [6], [8], [10])

Fig. 2. Block Diagram of Microprocessor

(a) 8051



(b) 8085



(c) 8086

2. 마이크로프로세서 특성

앞 절에서 언급한 μP 들은 MCS(Microprocessor Control System)란 마이크로프로세서 제어 시스템에 의하여 사용된다. MCS에 연산, 제어, 기억, 입력 및 출력의 컴퓨터 기본 5가지 기능 외에 시간제어, 디지털 변환, 통신 기능 등 필요한 기능 등을 추가하여 사용하게 된다. 위 그림 1의 마이크로프로세서들의 주요 특성은 다음 표 1과 같다.

표 1. 마이크로프로세서 주요 특성(자료출처: 참고문헌 [2], [3], [5], [6], [7], [8], [9], [10])

Table 1. Important Characteristics of Microprocessor

구분	8085	8086	8051	80386
번지 라인수	16	20	16	30
Data 라인수	8	8/16	8	32
속도(MHz)	4-6	2.5-10	12-24	16-33
개발년도	1976	1978	1980	1985
RAM(Byte)	256	2K	128	!M
ROM(Byte)	2K	8K	4K	64K
Address 라인수	16	20	16	32
Data 라인수	8	8/16	8	32
명령어수	약110	약106	약230	약250
데이터전송률(byte/s)	1M	2.5M/5M	4M	66M
플래그 REG 사용비트수	5	9	7	13
트랜지스터수	6,000	29,000	60,000	275,000

*주1 : RAM 및 ROM의 메모리 용량은 Minimum μP 시스템(MCS)의 대표적(Typical) 용량이며 8051의 경우 내장 용량임.

*주2 : 80386은 SX형 및 Real Mode의 경우로 Cache는 외부용만 가능하므로 제외하였음.

*주3 : 데이터 전송률은 버스 사이클 당 전송되는 바이트 수 / 버스 사이클 1개에 걸리는 시간임.

표 1에서 알 수 있는 바와 같이 8085, 8086 및 8051은 8비트로 사용 가능하며 8086은 16비트용으로 더 많이 사용되었다. 16비트로 사용 가능한 8086과 32비트까지 사용 가능한 80386의 마이크로프로세서 클럭 주파수는 8085 및 8086보다 2배 이상 빠름을 알 수 있고 사용 명령어 수도 약 2배 이상 많음을 보여준다. 데이터 전송률도 보다 빠름을 알 수 있다. 특히 80386의 경우, RAM 및 ROM 용량에서 큰 차이가 있음을 알 수 있다.

III. LED 인터페이스

1. μ P와 LED 인터페이스

각 마이크로프로세서가 장착된 마이크로프로세서 시스템에서 LED를 점등시키기 위한 인터페이스는 다음 그림 3과 같다.

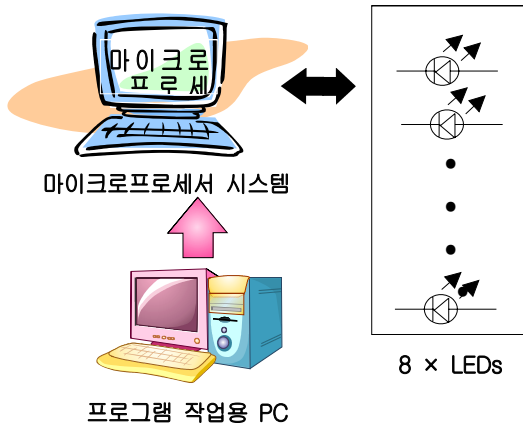


그림 3. μ P와 LED 인터페이스
Fig. 3. μ P and LED Interface

그림 3의 LED(Light Emitting Diode) 인터페이스에서 알 수 있는 바와 같이 해당 μ P가 장착되어 있는 μ P 시스템과 프로그램 작업용 PC와의 인터페이스에서 8개의 LED를 점등시키기 위한 Programmed I/O 어셈블리 언어 프로그래밍 작업은 PC에서 이루어지고 8251 USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver and Transmitter) 등을 통하여 어셈블링된 hex 파일(*.hex)이 μ P 시스템에 전송된다.

그러면 μ P 시스템에 장착되어 있는 μ P의 해당 포트 (Port)와 인터페이스 된 8개의 LED에 LED를 점등시키기 위한 해당 값이 포트를 통하여 LED에 출력된다. LED

는 1 또는 0의 값에 따라 점등(Turn-On) 또는 소등 (Turn-Off) 상태가 된다.

2. μ P와 LED 인터페이스

각 μ P의 명령어 실행시간은 각 명령어를 실행시키는데 필요한 μ P의 클럭 수에 클럭 주기를 곱하여 구할 수 있다. 인텔 계열 μ P와 인터페이스 된 LED 점등 I/O Program을 살펴보자.

가. 8085 I/O 프로그래밍

```

ORG 00H ;Start address
START: LXI SP, 20CA ;Set the stack pointer
        MVI A, FF
MAIN:   OUT 03
        CALL TIMER ;Delay for operation of LED
        XRA A
        OUT 03
        JMP MAIN
TIMER:  LXI B ;Delay for 1 second
        DCX B
        ;
        ;
        JNZ TIMER ;If not zero, jump
        RET ;Return to next CALL
        END ;End of program
    
```

나. 8086 I/O 프로그래밍

```

CON_REG EQU 3FD6H ;Address of control register
BPORT   EQU 3FD2H ;Address of B port
STP     EQU 3FFFH ;Address of stack pointer
;
.MODE   SMALL
.CODE
;
ORG 00H ;Start address
START:  MOV SP, STP ;Set the stack pointer
        MOV AL, 80H ;Set all ports to output ports
        MOV DX, CON_REG ;Output 80 to the DX
        ;
        MOV AL, 0FFH ;AL = FFH
        MOV DX, BPORT ;DX = 3FD2H
MAIN:   OUT DX, AL ;Output of AL to the DX
        CALL TIMER ;Delay for operation of LEDs
;
NOT     AL ;1's complement
JMP     MAIN ;Unlimited loop
TIMER:  MOV CX, 0FFFFH ;Delay for 1 second
        LOOP $
        ;
        ;
RET ;Return to next CALL
END     START ;End of program
    
```

다. 8051 I/O 프로그래밍

```

ORG 00H ;Start address
START: MOV SP, #50H ;Set the stack pointer
      MOV A, FFH
LOOP:  MOV P1, A ;Output A
      CALL TIMER ;Delay for 1 second
      CPL A ;Complement A
      AJMP LOOP ;Jump to loop for output
      ;
TIMER: MOV R0, #00H ;Delay for 1 second
      ;
      ;
TD3:  NOP
      DJNZ R2, TD3 ;If not zero, jump
      ;
      ;
      RET ;Return to next CALL
      END ;End of program
    
```

라. 80386 I/O 프로그래밍

```

.MODEL SMALL
.386
ASSUME CS : CODE1
CODE1 SEGMENT
.CODE
;
ORG 00H ;Start address
START: MOV SP, STP ;Set the stack pointer
      MOV AL, 80H ;Set all ports to output ports
      MOV DX, CON_REG ;Output 80 to the DX
      ;
      MOV AL, 0FFH ;AL = FFH
      MOV DX, BPORT ;DX = 3FD2H

MAIN:  OUT DX, AL ;Output of AL to the DX
      CALL TIMER ;Delay for operation of LEDs
      NOT AL ;1's complement
      JMP MAIN ;Unlimited loop
      ;
TIMER: MOV CX, 0FFFFH ;Delay for 1 second
      LOOP $
      ;
      ;
      RET ;Return to next CALL
      END START ;End of program
    
```

마. 실행시간

각 μP 의 실행시간은 3.2절에서 밝힌 바와 같이 해당 프로그램의 실행 시 수행하는 명령어 사이클에 따른 클럭 수를 Data Sheet를 참조하여 구하고 μP 의 사용 클럭 주기를 곱하여 얻을 수 있다. 여기서, 전자 출력 장치인 LED 점등을 위하여 μP 가 약 1초간의 지연시간(Delay Time)을 갖도록 하였다. 따라서 모두 동일 조건의 1초간

지연시간을 가지므로 실행시간에서는 제외하기로 하였다. 또한 μP 8085와 8086은 표 1에서 알 수 있는 바와 같이 4-10MHz의 실용속도에서 사용되고, μP 8051과 80386은 12-33MHz 실용속도를 가지므로 실행시간의 비교를 위하여 표 2를 참조하여 다음의 3가지 경우와 같이 고려하여 비교하였다.

표 2. μP 실행시간

Table 2. Execution Time of μP

μP 종류	사용속도	실행시간	비 고
8085	4MHz	17.0 μs	68 clocks
	12MHz	5.7 μs	"
8086	4MHz	12.3 μs	49 clocks
	12MHz	4.1 μs	"
8051	4MHz	21.0 μs	84 clocks
	12MHz	7.0 μs	"
80386	4MHz	9.5 μs	38 clocks
	12MHz	3.2 μs	"

(1) μP 사용 클럭이 4MHz인 경우의 실행시간

μP 종류	실행시간	비 고
8085	17.0 μs	68 clocks
8086	12.3 μs	49 clocks
8051	21.0 μs	84 clocks
80386	9.5 μs	38 clocks

각 μP 의 사용 클럭(사용속도)이 4MHz이므로 μP 8085의 실행시간은 다음과 같이 구한다. 마찬가지로 방법으로 나머지 μP 들의 실행시간도 구할 수 있다.

$$\mu P \text{ 8085의 실행시간} : 0.25\mu s \times 68 = 17.0\mu s$$

(2) μP 사용 클럭이 12MHz인 경우의 실행시간

μP 종류	실행시간	비 고
8085	5.7 μs	68 clocks
8086	4.1 μs	49 clocks
8051	7.0 μs	84 clocks
80386	3.2 μs	38 clocks

각 μP 의 사용 클럭이 12MHz이므로 μP 8085의 실행시간은 다음과 같이 구한다. 마찬가지로 방법으로 나머지 μP 들의 실행시간도 구할 수 있다.

μP 8085의 실행시간 : $83.3\text{ns} \times 68 = 5.7\mu\text{s}$

(3) μP 사용 클럭이 4MHz 및 12MHz인 경우의 실행 시간

μP 종류	사용속도	실행시간	비 고
8085	4MHz	17.0 μs	68 clocks
8086	"	12.3 μs	49 clocks
8051	12MHz	7.0 μs	84 clocks
80386	"	3.2 μs	38 clocks

이 경우는 μP 의 실제 사용 클럭을 고려한 것으로 8085 및 8086의 경우는 4MHz에서, 8051 및 80386의 경우는 12MHz에서 현실화하여 고려한 실행시간이다.

IV. 결과 및 고찰

제2장 표 1과 제3장 표 2 및 가-다항으로부터 알 수 있는 바와 같이 첫째, μP 사용클럭이 4MHz인 8051의 경우, 성능 특성상으로는 μP 8085 및 8086보다 몇 가지 우수한 점 등을 엿볼 수 있어 실행시간이 8085 및 8086보다 더 빨라야 함에도 불구하고 이보다 늦은 이유는 8051의 한 명령 사이클 당 소요 클럭 수가 다소 많은 대부분 12개의 클럭을 필요로 하기 때문인 것으로 판단된다. (표 2의 소요 클럭 수 84개 참조)

둘째, μP 사용클럭이 12MHz인 경우, 역시 8051의 소요 클럭 수가 8085 및 8086보다 많기 때문에 실행속도가 더 늦게 나타남을 알 수 있다. 그러나 실행시간의 격차가 4MHz의 경우보다 줄어들었음을 알 수 있다.

끝으로, 사용 속도를 현실화한 실제 많이 사용하는 속도를 고려하여 비교한 다항의 경우, 즉 μP 8085 및 8086의 클럭 속도를 4MHz에서 사용하고 μP 8051 및 80386은 12MHz에서 사용하는 경우 μP 8051의 사용 클럭 12MHz는 8085 및 8086의 4MHz에 비하여 빠르기 때문에 실행 속도도 빠르게 나타남을 알 수 있다. (그림 3 참조) 특히, μP 8085의 실행속도가 현저히 떨어지는 반면, μP 클럭 속도가 12MHz 대인 8051 및 80386의 실행속도가 빨라짐을 알 수 있다. 80386의 경우는 모든 면에서 우수한 성능을 나타냄을 알 수 있다. 80386의 사용속도가 33MHz의 경우는 가장 빠른 약 1.2 μs 의 실행시간이 소요됨을 알 수 있다.

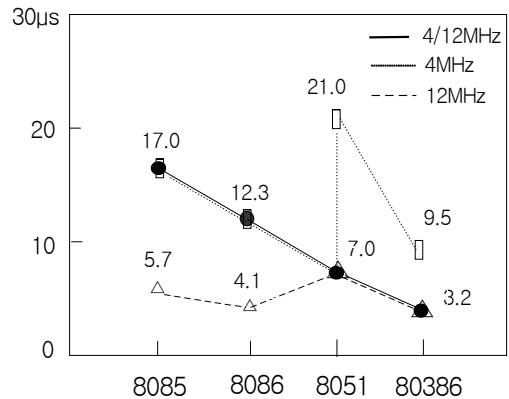


그림 4. μP 실행시간
Fig. 4. Execution Time of μPs

V. 결론

인텔 계열 Programmed I/O 실행시간은 실제 μP 시스템을 사용하여 어셈블리 언어에 의한 프로그램이 실행되는 경우에 구할 수 있다. 8085, 8086 및 8051의 경우는 LED를 점등시키기 위해 사용했던 프로그램 및 참고문헌을 참조하였으며, 80386의 경우는 참고문헌을 참고하여 프로그래밍 하였다. 전자 출력 장치인 LED 점등을 위해 약 1초간의 지연시간을 제외한 실행 시간의 계산은 어셈블리 I/O 프로그램의 명령 사이클의 소요 클럭 수를 구함으로써 해당 μP 의 주기를 고려하여 구할 수 있다.

본 논문에서는 μP 의 클럭 주파수가 4MHz와 12MHz라고 가정하여 실행시간을 구한 후 비교하였고, 끝으로, 실제 사용 클럭 주파수에서 실행시간을 구하여 비교하였다. 즉 8085 및 8086은 4MHz의 클럭 주파수에서, 8051 및 80386의 경우는 12MHz에서 실행시간을 구하여 비교하여 보았다. 그 결과 다음과 같이 말 할 수 있다.

첫째, μP 클럭 주파수가 4MHz의 경우는 8051이 가장 실행시간이 많이 소요되었으며 8051의 특성상 1 바이트의 명령을 실행하는데 보통 12개의 클럭이 필요하기 때문에 8051의 경우는 실행시간이 많이 소요되는 것으로 판단된다. 이는 성능이 가장 낮은 8085에 비하여도 더 많은 클럭이 필요하기 때문인 것으로 판단된다.

둘째, 12MHz의 클럭 주파수의 경우도 8051의 경우는 4MHz의 경우보다 소요시간의 차는 줄어들었지만 역시 실행시간이 가장 많이 소요되는 것으로 나타났다.앞에서와 마찬가지로 이유로 판단된다.

셋째, 실제 사용되는 클럭 주파수에서 실행시간을 구하여본 결과는 8051이 비록 소요 클럭 수가 많다고 하더라도 8085 및 8086의 4MHz 대에 비하여 3배나 빠른 12MHz에서 동작할 뿐만 아니라 그 특성상 데이터 전송률 등을 감안하여 볼 때, 예상했던 바대로 실행시간의 빠른 순서는 80386, 8051, 8086 및 8085의 순으로 나타났다.

참 고 문 헌

- [1] "Microprocessor Learning by Assembly Language", Seog-Ku Im, Hanbit Media, 2006.
- [2] "IBM PC Assembly Language, 80386 and 80486", Sang-Bok Kim, Bu-Kwon Lee and Me-Ok Jeon Edt., E-Han Publishing Co., 1994.
- [3] "8080A/8085 Assembly Language Programming", Lance A. Leventhal, Osborne & Associates, Inc., 1978.
- [4] "Microprocessor-Based System Design", David J. Comer, Holt, Rinehart and Winston publishing Co., 1986.
- [5] "MCS 85 User's Manual", Intel Corp., 1977.
- [6] "MCS-86 User's Manual", Intel Corp., 1979.
- [7] "Microcomputer System", Tae-Joon Hwang, SciTech Media, 1998.
- [8] "80x86 Microprocessor", Kap-Hyun Kwon et al., Hong Reung Science Publishing Co., 2002.
- [9] "Microprocessor", Kwan-Joong Kim, Ki Han Jae Publishing Co., 2003.
- [10] "8051 Microcontroller", Sang-Ku Lee, Translated, Green Publishing Co., 2000.
- [11] Sangook Moon, "Design Concept and Architecture Analysis of the Hardware of Cell Microprocessor", Proceedings of 2006 Summer Korean Institute of Information Technology, Jun. 2006, pp.311-315.
- [12] Kong-Joon Ho, Jin-Hang Choi, et al., "The Power Consumption and Performance Comparison between Intel Pentium 4 and Core2 Duo", Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol.13, No.7, Dec.2008, pp.165-182.
- [13] Byuong-Chan Jeon and Gyoo-Seok Choi, "Hybrid Value Predictor in Wide-Issue Superscalar Processor", Vol.9, No.2, April 2009, pp.97-103.

저자 소개

이 영 욱(정회원)



- 1980년 : 서울대학교 공과 대학원 공학석사
 - 1994년 : Texas A&M University 공학박사
 - 1977년 ~ 1991년 : 국방과학연구소 선임연구원
 - 1990년 ~ 1991년 : Los Alamos National Laboratory 연구 개발 업무
 - 1991년 ~ 1993년 : Texas A&M 대학원 연구조교
 - 1994년 ~ 현재 : 세명대학교 컴퓨터 학부 교수
- <관심분야 : 사용자 컴퓨터 인터랙트, 임베디드 시스템, 데이터베이스, 데이터마이닝, USN 등>