

컴퓨터 구조

2장 CPU의 구조와 기능: 문제풀이

안형태

anten@kumoh.ac.kr

디지털관 139호

1. 명령어 인출 사이클의 소요 시간은?

- [1-1] CPU 클럭이 100MHz이면 인출 사이클(t_0, t_1, t_2)의 총 소요시간은 얼마인가?

$t_0 : \text{MAR} \leftarrow \text{PC}$

$t_1 : \text{MBR} \leftarrow \text{M}[\text{MAR}], \text{PC} \leftarrow \text{PC} + 1$

$t_2 : \text{IR} \leftarrow \text{MBR}$

단, t_0, t_1 및 t_2 는 CPU 클럭(clock)의 주기

□ [풀이]

- CPU 클럭 주파수 = 100MHz (클럭 주기 = 10ns)
- 인출 사이클: 10ns × 3개의 마이크로 연산 = 30ns

2. 명령어 레지스터들의 값은?

주소	명령어	기계코드
200	LOAD 300	1300
201	SUB 301	6301
202	STA 302	2302
203	JUMP 250	8250

□ [2-1] 위의 어셈블리 프로그램에 대한 기계어 코드(10진수)들이 기억장치의 200번지부터 저장되어 있다. 그리고 기억장치 300번지와 301번지에는 각각 9와 5가 저장되어 있다고 가정한다. 이 프로그램이 JUMP 명령어까지 순차적으로 실행된 후, CPU 레지스터들(PC, AC, IR)의 값과 기억장치 302번지 주소에 저장된 데이터의 값은 무엇인가?

□ [풀이]

- PC: 0250, AC: 0004
- IR: 8250, 302번지: 0004

2. 명령어 레지스터들의 값은?

주 기억장치	
200	1300
201	6301
202	2302
203	8250
⋮	
300	0009
301	0005
302	0004

(STA 실행 후)

CPU 레지스터		
PC	0201	LOAD 실행 후
AC	0009	
IR	1300	
PC	0202	SUB 실행 후
AC	0004	
IR	6301	
PC	0203	STA 실행 후
AC	0004	
IR	2302	
PC	0250	JUMP 실행 후
AC	0004	
IR	8250	

3. 명령어 파이프라인에서 가장 처리 시간이 느린 단계

- [3] 4단계 파이프라인에서 각 단계의 실제 처리 시간이 다음과 같다고 하자. (참고: ps(picosecond)= 10^{-12} s)
 - IF 단계: 300ps
 - ID 단계: 200ps
 - OF 단계: 400ps
 - EX 단계: 350ps

- [3-1] 각 단계에서 1클럭 주기씩 소요된다면, 파이프라인의 클럭 주파수는 몇 GHz로 결정하면 되는가?

- [풀이]
 - OF 단계가 가장 400ps로 가장 느리므로, 클럭의 주파수(f) = $\frac{1}{400 \times 10^{-12} \text{s}} = 2.5 \text{GHz}$

3. 명령어 파이프라인에서 가장 처리 시간이 느린 단계

□[3-2] 이 파이프라인으로 1000개의 명령어를 순차적으로 실행하는데 걸리는 시간(ns)은?

□[풀이]

- 1000개의 명령어를 수행하는 소요되는 시간:
 - $T_k = k + (N-1) = 4 + (1000-1) = 1003$ 클럭 주기
- 클럭 주기는 $0.4ns$ 이므로, 총 소요시간은 $1003 \times 0.4ns = 401.2ns$

□[3-3] ALU의 속도를 향상시켜 EX 단계의 처리 시간을 $250ps$ 로 단축시킨다면, 전체 파이프라인의 성능을 높이는데 도움이 되는가? 그 이유를 설명하라.

□[풀이]

- 성능 향상에 도움이 안된다.
 - OF 단계의 실행 시간이 $400ps$ 로 여전히 가장 오래 걸리는 단계이기 때문이다.

3. 명령어 파이프라인에서 가장 처리 시간이 느린 단계

- [3-4] 반대로, ALU에 새로운 기능을 추가한 결과로서 EX 단계의 처리시간이 $500ps$ 로 길어졌다면, 파이프라인의 성능에 어떤 영향을 미치는가? 명령어 1000개를 실행하는 경우에 대하여 전체 소요 시간(ns)을 계산하고, [3-2]의 결과와 비교하라.

□ [풀이]

- 성능이 감소한다.
 - 파이프라인 클럭의 주기는 $0.5ns$ 가 되며, 1000개의 명령어를 실행하는 시간은 $1003 \times 0.5ns = 501.5ns$ 가 된다.
- [3-2]의 결과인 $401.2ns$ 보다 $100.3ns$ 만큼 실행 시간이 증가한다.

4. 제어 장애와 실행시간

□[4-1] 4단계로 구성된 명령어 파이프라인에서 12개의 명령어를 처리하고자 한다. 다섯 번째 명령어가 분기 명령어였고, 분기한 후에 7개의 명령어들을 더 실행되었다. 총 12개의 명령어 실행이 완료되기까지, 명령어 파이프라인에서 몇 단계가 필요한가?

□[풀이]

- 분기 전: $4 + (5 - 1) = 8$ 단계
- 분기 후: $4 + (7 - 1) = 10$ 단계
- 전체 시간: 18 단계

5. 슈퍼스칼라의 수행시간은?

□[5-1] CPU 클럭 주파수는 2GHz이고, 5단계 명령어 파이프라인으로 구성된 6-way 슈퍼스칼라 프로세서를 이용해서 1000개의 명령어를 순차적으로 수행했을 때, 소요되는 시간은 얼마인가?

□[풀이]

- CPU 클럭이 2GHz이면, 클럭 주기는 $0.5ns$
- 명령어 $N = 1000$, 단계수 $k = 5$, 파이프라인 $m = 6$
 - $T(m) = k + \frac{N-m}{m} = 5 + \frac{1000-6}{6} = 170.6666 \dots$
 - 171개의 클럭 주기가 필요 = $171 \times 0.5ns = 85.5ns$

6. 주소명령어 형식과 프로그램의 길이는?

- [6-1] $Z = A \times (B + C \times D - E / F)$ 수식을 계산하는 1-주소 명령어 프로그램, 2-주소 명령어 프로그램, 3-주소 명령어 프로그램을 나타내고, 각각의 프로그램의 길이는 어떻게 되는가?
 - 1-주소 명령어 프로그램에서 임시 기억장소 T를 활용하며, 2와 3-주소 명령어 프로그램에서 R1, R2를 활용

□ [풀이]

- 1- 주소 명령어: 9줄 필요
 - LOAD E; $AC \leftarrow M[E]$
 - DIV F; $AC \leftarrow AC / M[F]$
 - STOR T; $M[T] \leftarrow AC$
 - LOAD C; $AC \leftarrow M[C]$
 - MUL D; $AC \leftarrow AC \times M[D]$
 - ADD B; $AC \leftarrow AC + M[B]$
 - SUB T; $AC \leftarrow AC - M[T]$
 - MUL A; $AC \leftarrow AC \times M[A]$
 - STOR Z $M[Z] \leftarrow AC$

6. 주소명령어 형식과 프로그램의 길이는?

■ 2- 주소 명령어: 8줄 필요

- MOV R1, C; $R1 \leftarrow M[C]$
- MUL R1, D; $R1 \leftarrow R1 \times M[D]$
- MOV R2, E; $R2 \leftarrow M[E]$
- DIV R2, F; $R2 \leftarrow R2 / M[F]$
- SUB R1, R2; $R1 \leftarrow R1 - R2$
- ADD R1, B; $R1 \leftarrow R1 + M[B]$
- MUL R1, A; $R1 \leftarrow R1 \times M[A]$
- MOV Z, R1; $M[Z] \leftarrow R1$

■ 3- 주소 명령어: 5줄 필요

- MUL R1, C, D; $R1 \leftarrow M[C] \times M[D]$
- ADD R1, B, R1; $R1 \leftarrow M[B] + R1$
- DIV R2, E, F; $R2 \leftarrow M[E] / M[F]$
- SUB R1, R1, R2; $R1 \leftarrow R1 - R2$
- MUL Z, A, R1; $M[Z] \leftarrow M[A] \times R1;$

7. 기억장치 용량은?

□ [7] 명령어 길이와 주소지정 단위는 16비트로 가정하고, CPU는 총 128 종류의 연산을 지원한다고 가정하자.

■ [7-1] 이 명령어에 의해 직접 주소지정 방식으로 주소 지정될 수 있는 기억장치 용량은 얼마인가?

■ [풀이]

- 128개 연산 = 2^7 , 연산 코드 필드는 7비트, 오퍼랜드는 9비트이므로 직접 주소지정 방식으로 지정될 수 있는 기억장치 용량은 $2^9 \times 2\text{Bytes} = 1024\text{Bytes}$

■ [7-2] 이 명령어에 의해 간접 주소지정 방식으로 주소 지정될 수 있는 기억장치 용량은 얼마인가?

■ [풀이]

- 기억장치의 주소지정 단위가 16비트이므로 간접 주소지정 방식으로 지정될 수 있는 기억장치의 용량은 $2^{16} \times 2\text{Bytes} = 128\text{KBytes}$

End!