

2018-2 Computer Architecture  
Single-Cycle ARM Processor Design 2nd Term Project  
- Module Description -

2016320205 이지혜  
2016130104 정주원

### Extend Module

Extend 모듈에서는 data-processing type instruction에 들어갈 rotate value를 계산한다. 해당 instruction의 immediate value는 instruction [11:8] bit의 두 배 만큼 rotate-right한 값이 되기 때문이다. 그 다음 ControlUnit.v에서 assign한 ImmSrc가 0일 경우 (00일 경우에는 immediate value가 없다.) data-processing type instruction이기에 이전에 rotate-right한 value가 ExtImm이 된다. ImmSrc가 10일 경우에는 load/store type instruction이기에 immediate value [11:0] bit를 zero-extension한 value가 ExtImm이 된다. ImmSrc가 11일 경우 branch type instruction이기에 immediate value [23:0]을 shifting left two bits를 한 다음 sign-extension한 value가 ExtImm이 된다. 이 때 extension은 verilog에서 상위의 bit를 복사하여 나머지 하위 bit와 concatenate하는 방식으로 이루어진다.

### ALU Module

ControlUnit.v에서 assign한 ALUControl가 0일 경우 SrcA와 SrcB를 더한다. 이 때 만약 InstrCode가 010인 MOV instruction이라면 SrcA가 0이기에 SrcB가 결과값이 된다. 만약 ALUControl이 1일 경우 SrcA에서 SrcB를 뺀다. ALU operation의 결과값인 ALUResult가 0이라면 flag를 1로 하여 추후에 Z를 업데이트하도록 한다. 마지막으로 ALU operation의 결과값 result는 ALUResult에, flag는 ALUFlags에 assign한다.

### ControlUnit Module

가장 먼저 Instr[31:28]을 Cond으로, Instr[27:26]을 Op로, Instr[25:20]을 Funct으로, Instr[15:12]를 Rd로, Flags를 Zbit으로, Instr[24:21]를 OpCode로 둔다. 만약 Cond가 1110이면 바로 시작하고, 0000이면 Zbit이 set일 때 시작하고, 0001이면 Zbit이 clear일 때 시작한다.

Op가 00이면 data-processing type instruction에 속한다. 이 때 OpCode가 0100이면 ADD instruction을, 0010이면 SUB instruction을, 1101이면 MOV instruction을, 1010이면 CMP instruction을 가리킨다. 이러한 data-processing type instruction은 공통적으로 PcSrc = 0 (MOV의 경우 Instr[15:12]가 1111이면 1이고 아니면 0이다.), MemtoReg = 0 (CMP는 MemtoReg가 don't care), MemWrite = 0, RegWrite = 1 (CMP의 경우에는 0이다.), RegSrc = 0이다. ALUControl의 경우 ADD, MOV는 addition을 가리키는 0의 값을,

SUB, CMP는 subtraction을 가리키는 1의 값을 가진다. ALUSrc와 ImmSrc도 마찬가지로 모든 data-processing type instruction에 공통된다. ALUSrc는 Instruction의 25bit가 0이면 0의 값을, 1이면 1의 값을 가진다. ImmSrc는 Instruction의 25bit가 0이면 00의 값을 (immediate가 없음을 가리킨다.), 1이면 01의 값을 가진다. 그리고 항상 Flag를 업데이트하는 CMP와 달리 ADD, SUB, MOV는 instr[20] bit가 0이면 Flag를 업데이트한다. 그리고 각각의 instruction을 가리키는 InstrCode는 다음과 같다; ADD의 경우 000, SUB의 경우 001, MOV의 경우 010, CMP의 경우 011.

Op가 01이면 load/store type instruction에 속한다. instruction의 20bit가 0이면 STR instruction이고 1이면 LDR instruction이다. 먼저 STR instruction의 경우 PcSrc = 0, MemtoReg = don't care, MemWrite = 1, RegWrite = 0, RegSrc = 0이다. ALUSrc는 Instruction의 25bit가 1이면 0의 값을, 0이면 1의 값을 가진다. ImmSrc는 Instruction의 25bit가 0이면 10의 값을, 1이면 00의 값을 가진다. (immediate가 없음을 가리킨다.) ALUControl은 Instruction의 23bit가 0이면 subtraction을, 1이면 addition을 가리킨다. 마지막으로 STR instruction의 InstrCode는 100이다. LDR instruction의 경우 PcSrc는 Instr[15:12]가 1111이면 1이고 아니면 0, MemtoReg = 1, MemWrite = 0, RegWrite = 1, RegSrc = 0이다. ALUControl은 Instruction의 23bit가 0이면 subtraction을, 1이면 addition을 가리킨다. ALUSrc는 Instruction의 25bit가 1이면 0의 값을, 0이면 1의 값을 가진다. ImmSrc는 Instruction의 25bit가 0이면 10의 값을, 1이면 00의 값을 가진다. (immediate가 없음을 가리킨다.) 마지막으로 LDR instruction의 InstrCode는 101이다.

Op가 10이면 branch instruction에 속한다. instruction 24bit가 0이면 B instruction, 1이면 BL instruction이다. B instruction의 경우 PcSrc = 1, MemtoReg = 0, MemWrite = 0, ALUControl = Addition, ALUSrc = 1, ImmSrc = 11, RegWrite = 0, RegSrc = 1, InstrCode = 110이다. BL instruction의 경우 InstrCode = 111을 제외한 B instruction과 Control Signal이 같다.

### RegisterFile Module

해당 모듈에서는 A1의 값이 1111이면 R15가 RD1로 assign되거나, 1111이 아니면 register[A1]의 값이 RD1으로 assign된다. A2도 A1과 마찬가지로 값이 1111이면 R15가 RD2로 assign되거나, 1111이 아니면 register[A2]의 값이 RD2로 assign된다. 그리고 clk이 negative edge일 때 ① RegWrite, 즉 WE3이 1이고 A3이 15가 아니면 WD3의 value를 register A3에 넣는다. ② 만약 BL instruction이면 register[14]에 PC + 4의 값이 들어간다. ③ register[15]에 R15를 넣는다.

### ARMPProcessor Module

해당 모듈에서는 be = 1111, MemRead = 1로 고정된다. register Flag\_R은 기본적으로 0의 값을 갖는다. PCPlus4에는 현 주소에서 4를 더한 값이 들어가며, PCPlus8에는 현주소에 8을 더한 값이 들어간다. 그리고 PC\_R을 pc에 assign한다. 그리고 ControlUnit, Extend, ALU,

RegisterFile 모듈과 ARMProcessor 모듈의 와이어들을 연결한다.

RegSrc가 0이면 instruction의 [19:16] bit가 RA1에 instruction [3:0] bit가 RA2에 들어가며, 1이면 1111이 RA1에 instruction의 [15:12] bit가 RA2에 들어간다. BL instruction이면 RA3에는 1111이 WD3에는 PCPlus4가 들어가며, 아니면 RA3에는 instruction [15:12] bit가 WD3에는 Result가 assign된다. ALUSrc가 0이면 SrcB는 RD2와 연결된 D2이며 1이면 Extended value가 assign된다. memwrite에는 MemWrite가, memaddr에는 ALUResult가, writedata에는 D2가 assign된다. MemtoReg가 0이면 Result에는 ALUResult가, 1이면 readdata가 assign된다.

clk이 negative edge일 때는 다음과 같이 동작한다. 만약 reset이 1이면 PC는 32bit의 0으로 대체되고, Flag\_R은 0이 된다. reset이 0이면 FlagWrite가 1인 경우에만 Flag를 업데이트 하고, PCSrc가 0이면 PC\_R에는 PCPlus4가, 1이면 Result가 들어간다.