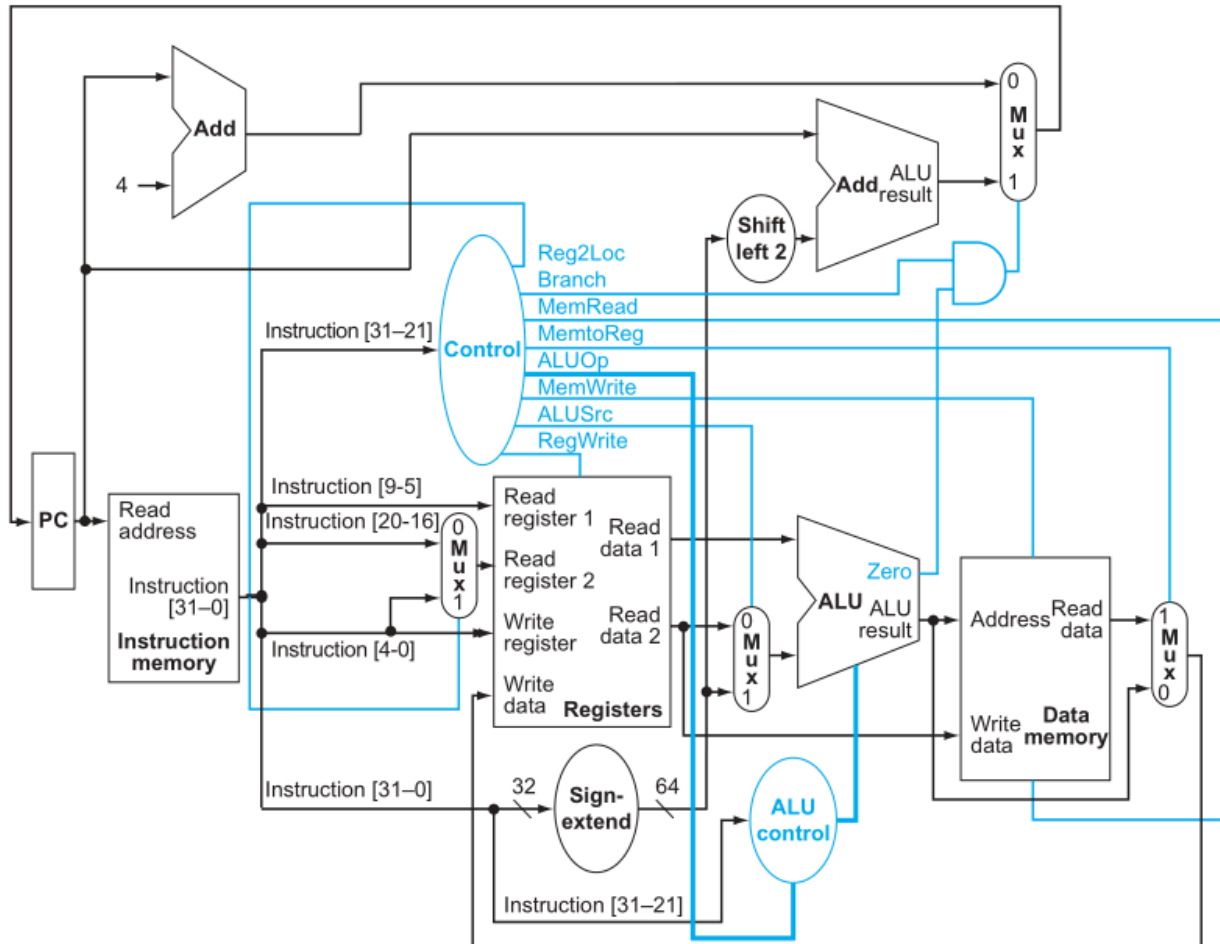


PRÁCTICO 9 - Implementación de la ISA

Gran parte de los ejercicios están basados en la Figura 4.17 “The simple datapath with the control unit” del libro COaD-LEGv8 que se copia abajo.



Instrucciones implementadas:

| Instruction | ALUOp | Instruction operation | Opcode field | Desired ALU action | ALU control input |
|-------------|-------|----------------------------|--------------|--------------------|-------------------|
| LDUR | 00 | load register | XXXXXXXXXX | add | 0010 |
| STUR | 00 | store register | XXXXXXXXXX | add | 0010 |
| CBZ | 01 | compare and branch on zero | XXXXXXXXXX | pass input b | 0111 |
| R-type | 10 | ADD | 10001011000 | add | 0010 |
| R-type | 10 | SUB | 11001011000 | subtract | 0110 |
| R-type | 10 | AND | 10001010000 | AND | 0000 |
| R-type | 10 | ORR | 10101010000 | OR | 0001 |

Ejercicio 1:

Marque con una barra invertida e indique el número de bits que representa cada una de las líneas del *data path*.

Ejercicio 2:

Considerando la siguiente distribución de instrucciones en un programa:

| R-type | I-Type | LDUR | STUR | CBZ | B |
|--------|--------|------|------|-----|----|
| 24% | 28% | 25% | 10% | 11% | 2% |

2.1) Qué porcentaje de todas las instrucciones utiliza *data memory*?

2.2) Qué porcentaje de todas las instrucciones utiliza *instruction memory*?

2.3) Qué porcentaje de todas las instrucciones utiliza el *sign extend*?

Ejercicio 3:

Complete la tabla con el estado de las señales **sin mirar el libro**.

Indique con X las condiciones no-importa.

| Instr | Reg2Loc | ALUSrc | MemtoReg | RegWrite | MemRead | MemWrite | Branch | AluOp1 | AluOp0 |
|--------|---------|--------|----------|----------|---------|----------|--------|--------|--------|
| R-type | | | | | | | | | |
| LDUR | | | | | | | | | |
| STUR | | | | | | | | | |
| CBZ | | | | | | | | | |

Ejercicio 4:

Cuando se fabrican los chips de silicio, defectos en los materiales y errores en la fabricación pueden generar circuitos defectuosos. Un defecto común es que un cable de señal se rompa y siempre registre un '0' lógico. Esto se conoce comúnmente como "[stuck-at-0 fault](#)".

4.1) ¿Qué instrucciones operarían de forma incorrecta si el cable MemToReg está atascado en '0'?

4.2) ¿Qué instrucciones operarían de forma incorrecta si el cable ALUSrc está atascado en '0'?

4.3) ¿Qué instrucciones operarían de forma incorrecta si el cable Reg2Loc está atascado en '0'?

Ejercicio 5:

Agregando una compuerta en diagrama del *data path & control*, cambie la implementación de la instrucción CBZ a CBNZ.

Ejercicio 6:

En este ejercicio analizaremos en detalle cómo se ejecuta una instrucción en el *single-cycle datapath*, asumiendo que la palabra de instrucción que ejecuta el procesador es: 0xf8014062, dado que PC=0x100.

6.1) ¿Cuáles son las salidas de los bloques Sign-extend y Shift left 2 para esta palabra de instrucción?

- 6.2) ¿Cuáles son los valores de entrada a la unidad ALU control para esta palabra de instrucción?
- 6.3) ¿Cuál es la nueva dirección en el PC después de ejecutar esta instrucción?
- 6.4) Mostrar los valores de las entradas y salidas de cada Mux durante la ejecución de esta instrucción. Para los valores que son salidas de Registers, utilizar "Reg [Xn]".
- 6.5) ¿Cuáles son los valores de entrada de la ALU y las dos unidades Add?
- 6.6) ¿Cuáles son los valores de todas las entradas del bloque Registers?

Ejercicio 7:

Agregar a la implementación de la ISA la instrucción de **salto incondicional B**, a partir de una nueva señal que sale de *Control*, denominada UncondBranch.

Ejercicio 8:

Suponiendo que los diferentes bloques dentro del procesador tienen las siguientes latencias:

| I-Mem / D-Mem | Register File | Mux | ALU | Adder | Single gate | Register Read | Register Setup | Sign extend | Control | SI2 |
|---------------|---------------|-------|--------|--------|-------------|---------------|----------------|-------------|---------|-------|
| 250 ps | 150 ps | 25 ps | 200 ps | 150 ps | 5 ps | 30 ps | 20 ps | 50 ps | 50 ps | 25 ps |

- 8.1) ¿Cuál es la latencia si lo único que tuviera que hacer el procesador es fetch de instrucciones consecutivas?
- 8.2) Hay un modo alternativo de generar la señal Reg2Loc fácilmente de la instrucción sin tener que esperar la latencia de Control. Explique cómo sería.
- 8.3) ¿Cuál es la latencia si solo hubiera instrucciones de tipo R?
- 8.4) ¿Cuál es la latencia para LDUR?
- 8.5) ¿Cuál es la latencia para STUR?
- 8.6) ¿Cuál es la latencia para CBZ?
- 8.7) ¿Cuál es el mínimo periodo de reloj para esta implementación de la ISA? Indicar también la frecuencia de reloj correspondiente ($f = 1/t$).

Ejercicio 9:

Para la tabla de latencias del Ejercicio 8, indicar el porcentaje de aumento de la velocidad de procesamiento si quitamos de las instrucciones de carga y almacenamiento la posibilidad de desplazamiento por el operando inmediato, es decir todas las instrucciones de carga son de la forma LDUR X0, [X1].

Ejercicio 10:

Supongamos que podemos construir una CPU con un ciclo de reloj variable, que se puede adaptar a la latencia de cada instrucción. ¿Cuál sería la aceleración de esta nueva CPU sobre la anterior (Ejercicio 8) si el mix de instrucciones de un programa es el siguiente*:

| R-type/I-Type | LDUR | STUR | CBZ | B |
|---------------|------|------|-----|----|
| 52% | 25% | 10% | 11% | 2% |

* Como no tenemos implementado B, sumar el porcentaje a CBZ.

Ejercicio 11:

Al implementar los circuitos Control, ALU control se utilizaron muchas **condiciones no-importa** para simplificar la lógica. Esto produce **efectos laterales**. Cuando Instruction[31:21] está en el rango 0x5B8-0x5BF, obtenemos del Control:

| Reg2Loc | ALUSrc | MemtoReg | RegWrite | MemRead | MemWrite | Branch | AluOp1 | AluOp0 |
|---------|--------|----------|----------|---------|----------|--------|--------|--------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |

Mientras que de ALU control tiene una implementación utilizando condiciones no importa que produce:

| AluOp1 | AluOp0 | I[31:21] | Operation |
|--------|--------|----------|-----------|
| 1 | 1 | 0x5B8 | 0110 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 1 | 1 | 0x5BF | 0110 |

Este es un típico caso de [instrucción no documentada](#) con un comportamiento no del todo claro. Si, además, en el módulo Sign-extend esta instrucción se interpreta como un formato CB, indicar que hace esta instrucción, asignarle un mnemónico y describir la operación, a fin de completar la fila correspondiente a la nueva instrucción en la *green card*.

Ejercicio 12 (opcional):

Mostrar cómo se implementan los módulos:

12.1) Shift-left-2: 64 bits de entrada, 64 bits de salida.

12.2) Sign-extend: 32 bits de entrada, 64 bits de salida.

12.3) Obtenga una implementación de la **composición** (Sign-extend; Shift-left-2) en un único circuito.

Ejercicio 13 (opcional):

Muestre el circuito interno de la ALU que, a partir de los 64 bits de salida, produce la salida Zero (Z).