

Taller de Microarquitectura

Organización del Computador 1

Verano 2021

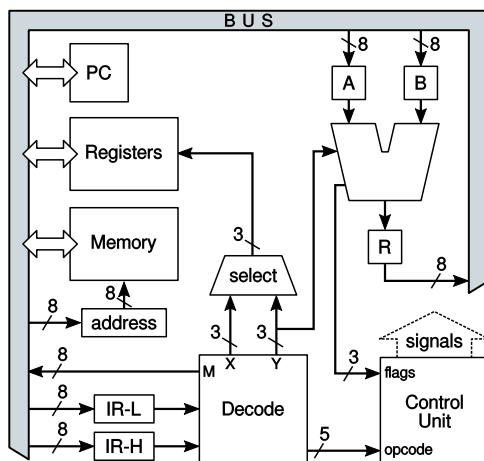
El presente taller consiste en analizar y extender una micro-arquitectura diseñada sobre el simulador *Logisim*. Se buscará codificar programas simples en ensamblador, modificar parte de la arquitectura y diseñar nuevas instrucciones.

El simulador se puede bajar desde la página <http://www.cburch.com/logisim/> o de los repositorios de Ubuntu. Requiere Java 1.5 o superior. Para ejecutarlo, teclear en una consola `java -jar logisim.jar`.

Para este taller utilizaremos mayoritariamente el modo simulación. Sobre todo las opciones de “Enable clock ticks”.

Además utilizaremos el componente memoria RAM, que inicia con todas sus posiciones en 0 y dos memorias ROM cuyo valor puede ser cargado desde un archivo desde la opción “Contents→Open...”.

Procesador OrgaSmall



- Arquitectura *von Neumann*, memoria de datos e instrucciones compartida.
- 8 registros de propósito general, R0 a R7.
- 1 registro de propósito específico PC.
- Tamaño de palabra de 8 bits y de instrucciones 16 bits.
- Memoria de 256 palabras de 8 bits.
- Bus de 8 bits.
- Diseño microprogramado.

Se adjunta como parte de este taller las hojas de detalles del procesador *OrgaSmall*.

Ejercicios

(1) **Introducción** - Recorrer la máquina y la hoja de datos, y responder:

a) ¿Cuál es el tamaño de la memoria (expresado en bytes)?

- b) ¿Cuántas instrucciones sin operandos se podrían agregar respetando el formato de instrucción actual?
- c) Sin respetar el formato de instrucción, ¿cuántas instrucciones sin operandos se pueden agregar?
- d) ¿Qué tamaño tiene el PC?
- e) ¿Dónde se encuentra y qué tamaño tiene el IR?

Checkpoint 1

- (2) **Analizar** - Estudiar el funcionamiento de los circuitos indicados y responder las siguientes preguntas:

- a) PC (Contador de Programa): ¿Qué función cumple la señal `inc`?
- b) ALU (Unidad Aritmético Lógica): ¿Qué función cumple la señal `opW`?
- c) `ControlUnit` (Unidad de control): ¿Cómo se resuelven los saltos condicionales? Describir el mecanismo.
- d) `microOrgaSmall` (`DataPath`): ¿Para qué sirve la señal `DE_enOutImm`? ¿Qué parte del circuito indica que índice del registro a leer y escribir?

Checkpoint 2

- (3) **Ensamblar y correr** - Escribir en un archivo, compilar y cargar el siguiente programa:

```
JMP seguir

seguir:
SET R0, 0xFF
SET R1, 0x11

siguiente:
ADD R0, R1
JC siguiente

halt:
JMP halt
```

Para ensamblar un archivo `.asm` ejecutar el comando:

```
python assembler.py NombreDeArchivo.asm
```

Esto generará un archivo `.mem` que puede ser cargado en la memoria RAM de la máquina.

- a) Antes de correr el programa, identificar el comportamiento esperado.
- b) ¿Qué lugar ocupará cada instrucción en la memoria? Detallar por qué valor se reemplazarán las etiquetas.

- c) Ejecutar y controlar ¿cuántos ciclos de clock son necesarios para que este código llegue a la instrucción `JMP halt`?
- d) ¿Cuántas microinstrucciones son necesarias para realizar el `ADD`? ¿Cuántas para el salto?
- e) Asumiendo que el clock oscila a 32Hz. El simulador cuenta con un contador de clocks reiniciable manualmente para facilitar dicha tarea. ¿Cuánto tarda cada instrucción (en ms) y cuánto la ejecución?

Checkpoint 3

- (4) **Analizar** - Cada componente tiene una X sobre un cable. Para cada uno de ellos indicar qué sucedería si ese cable:
- a) Se corta
 - b) Vale siempre 0 (la cantidad de bits necesarios)
 - c) Vale siempre 1 (la cantidad de bits necesarios)

Checkpoint 4

- (5) **Programar** - Escribir en ASM un programa que calcule la suma de los primeros n números naturales. El valor resultante debe guardarse en R1, y se espera que el valor de n sea leído de R0.

Checkpoint 5

- (6) **Ampliando la máquina** - Agregar las siguientes instrucciones nuevas:

Nota 1: Para agregar una instrucción deberá crear o modificar el set de instrucciones existentes en el archivo **microCode.ops**.

Nota 2: Tener en cuenta que si se agrega una operación, será necesario agregar el nombre mnemotécnico y el opcode en el archivo “**common.py**”.

Nota 3: Los siguientes ítems deben ser **presentados mediante un código de ejemplo** que pruebe la funcionalidad agregada. Recuerde ensamblar su código y cargarlo en la memoria.

Para generar un nuevo *set* de micro-instrucciones, generar un archivo **.ops** y traducirlo con el comando:

```
python buildMicroOps.py NombreDeArchivo.ops
```

Esto generará un archivo **.mem** que puede ser cargado en la memoria ROM de la **unidad de control**.

- a) Sin agregar circuitos nuevos, agregar la instrucción **SIG**, que dado un registro aumenta su valor en 1. Esta operación **no** modifica los flags. Utilizar como código de operación el 0x09.
- b) Sin agregar circuitos nuevos, agregar la instrucción **NEG** que obtenga el inverso aditivo de un número sin modificar los flags.
Nota: el inverso aditivo de un número se puede obtener como `xor(XX, 0xFF)+0x01`. Utilizar como código de operación el 0x0A.

- c) Agregar un nuevo componente llamado **Mixer** cuyo circuito haga que dados dos números A_{7-0} y B_{7-0} , los combine de forma tal que el resultado sea en binario: $B_1 A_6 B_3 A_4 B_5 A_2 B_7 A_0$. A partir de este nuevo componente agregar una nueva instrucción que permita tener esta nueva funcionalidad. Puede emplear el código de operación 0x0B.

Checkpoint 6

(7) **Optativos** - Otras modificaciones interesantes:

- a) Modificar las instrucciones **JC**, **JZ**, **JN** y **JMP** para que tomen como parámetro un registro.
- b) Agregar las instrucciones **CALL** y **RET**. Considerar que uno de los parámetros de ambas instrucciones es un índice de registro que se utilizará como **Stack Pointer**. Además, la instrucción **CALL** toma como parámetro un inmediato de 8 bits que indica la dirección de memoria a donde saltar.
- c) Modificar el circuito agregando las conexiones necesarias para codificar las instrucciones **STR [RX+cte5], Ry** y **LOAD Ry, [RX+cte5]**. Este par de instrucciones son modificaciones a las existentes, considerando que **cte5** es una constante de 5 bits en complemento a dos.
- d) Agregar instrucciones que permitan leer y escribir los **flags**. Describir las modificaciones realizadas sobre el circuito.