

- 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) `microOrgaSmall` (DataPath): ¿Para qué sirve la señal `DE_enOutImm`? ¿Qué parte del circuito indica que índice del registro a leer y escribir?
- c) ALU (Unidad Aritmético Lógica): ¿Qué función cumple la señal `opW`?
- d) `ControlUnit` (Unidad de control): ¿Cómo se resuelven los saltos condicionales? Describir el mecanismo.
- e) Realizar un *data-path* que no incluya la unidad de control pero en la cual los componentes tengan las señales de las operaciones que realizan.

Checkpoint 2

(3) **Ensamblar y correr** - Escribir en un archivo, compilar, 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` el comando a ejecutar es:

```
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 reinicializable 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 los siguientes programas:
- a) Escribir 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

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.

- (6) **Ampliando la máquina** - Agregar las siguientes instrucciones listadas a continuación a la máquina teniendo en cuenta que para cada una:
- se debe plantear el funcionamiento esperado en RTL (*Register transfer language*).
 - se debe implementar la funcionalidad pedida.
 - se debe presentar con un código de ejemplo que pruebe la funcionalidad agregada.
- 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(XXXX, 0xFFFF)+0x0001`. Utilizar como código de operación el 0x0A.
- c) Implementar un circuito que dados dos números A_{7-0} y B_{7-0} los combine de forma que el resultado sea $B_1 A_6 B_3 A_4 B_5 A_2 B_7 A_0$. Apartir de este componente agregar una instrucción que permita tener esta funcionalidad.

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**. La instrucción **CALL** toma como parámetro, además, un inmediato de 8 bits que indica la dirección de memoria 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.