

## Cartilla de Referencia - OrgaSmallI

### Procesador OrgaSmallI

OrgaSmallI es un procesador diseñado e implementado sobre la herramienta *Logisim*. Cuenta con las mismas características que el procesador **OrgaSmall** más un controlador de interrupciones, nuevas instrucciones y señales:

- Nuevo flag para indicar si las interrupciones están habilitadas (flag\_I), que comienza en cero.
- Dirección reservada: 0xFF, donde se almacenará la dirección de retorno antes de comenzar la rutina de la interrupción.

### ¿Qué pasa cuando interrumpen al CPU?

En el caso de un procesador OrgaSmallI, si el dispositivo de E/S activa la señal de interrupción y el flag I vale 1, termina de ejecutar la instrucción en curso y realiza **atómicamente** los siguientes pasos:

- Coloca  $[0xFF] = PC$
- Coloca  $I=0$  para evitar que el procesador vuelva a interrumpirse
- Coloca  $PC = [0x00]$
- Activa la señal INTA para indicarle al dispositivo que atenderá su pedido

Luego, comienza a ejecutarse la rutina de atención de la interrupción propiamente dicha.

## Instrucciones

Instrucción	CodOp	Formato	Acción
ADD Rx, Ry	00001	A	$Rx \leftarrow Rx + Ry$
ADC Rx, Ry	00010	A	$Rx \leftarrow Rx + Ry + \text{flag\_C}$
SUB Rx, Ry	00011	A	$Rx \leftarrow Rx - Ry$
AND Rx, Ry	00100	A	$Rx \leftarrow Rx \text{ and } Ry$
OR Rx, Ry	00101	A	$Rx \leftarrow Rx \text{ or } Ry$
XOR Rx, Ry	00110	A	$Rx \leftarrow Rx \text{ xor } Ry$
CMP Rx, Ry	00111	A	Modifica <i>flags</i> de $Rx - Ry$
MOV Rx, Ry	01000	A	$Rx \leftarrow Ry$
SIG Rx	01001	B	$Rx \leftarrow Rx + 1$
NEG Rx	01010	B	$Rx \leftarrow 0 - Rx$
MIX Rx, Ry	01011	A	$Rx \leftarrow B_1A_6B_3A_4B_5A_2B_7A_0$
STR [M], Rx	10000	D	$\text{Mem}[M] \leftarrow Rx$
LOAD Rx, [M]	10001	D	$Rx \leftarrow \text{Mem}[M]$
STR [Rx], Ry	10010	A	$\text{Mem}[Rx] \leftarrow Ry$
LOAD Rx, [Ry]	10011	A	$Rx \leftarrow \text{Mem}[Ry]$
JMP M	10100	C	$PC \leftarrow M$
JC M	10101	C	Si $\text{flag\_C}=1$ entonces $PC \leftarrow M$
JZ M	10110	C	Si $\text{flag\_Z}=1$ entonces $PC \leftarrow M$
JN M	10111	C	Si $\text{flag\_N}=1$ entonces $PC \leftarrow M$
INC Rx	11000	B	$Rx \leftarrow Rx + 1$
DEC Rx	11001	B	$Rx \leftarrow Rx - 1$
SHR Rx, t	11010	A	$Rx \leftarrow Rx \ll t$
SHL Rx, t	11011	A	$Rx \leftarrow Rx \gg t$
STI M	11100	E	$\text{flag\_I} \leftarrow 1$
CLI M	11101	E	$\text{flag\_I} \leftarrow 0$
IRET M	11110	E	$PC \leftarrow [0xFF], \text{flag\_I} \leftarrow 1$
SET Rx, M	11111	D	$Rx \leftarrow M$

Las instrucciones están codificadas en 16 bits. Los primeros 5 bits son el **opcode** de la instrucción, el resto de los bits indican los parámetros. Existen 4 posibles codificaciones de parámetros:

Formato	Codificación	
A	CCCCC XXX YYY-----	<b>XXX</b> codifica el número del registro X (Rx), vale entre 0 y 7.
B	CCCCC XXX -----	
C	CCCCC --- MMMMMMMM	<b>YYY</b> codifica el número del registro Y (Ry) o un inmediato, vale entre 0 y 7.
D	CCCCC XXX MMMMMMMM	
E	CCCCC --- -----	<b>MMMMMMMMM</b> Dirección de memoria o valor inmediato, número de 8 bits.

Las posiciones indicadas con - deben ser cero. Las instrucciones de **opcode**: 12, 13, 14, 15 son instrucciones reservadas.

## Micro-instrucciones

Los datos almacenados en la memoria de micro-instrucciones corresponden a señales para los distintos componentes del sistema. La siguiente tabla indica a qué bit de micro-instrucción corresponde cada señal.

reset_microOp	load_microOp	IC_inta	IC_cli	IC_sti	DE_loadH	DE_loadL	DE_enOutImm	,	PC_enOut	PC_inc	PC_load	I_microOp	JN_microOp	JZ_microOp	JC_microOp	ALU_OP	ALU_OP	ALU_OP	ALU_OP	ALU_opW	ALU_enOut	ALU_enB	ALU_enA	-	MM_enAddr	MM_load	MM_enOut	RB_selectIndexOut	RB_selectIndexIn	RB_enOut	RB_enIn
31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

La codificación de las operaciones de la unidad aritmético lógica es la siguiente:

Código	Operación	Código	Operación	Código	Operación	Código	Operación
0000	Reservada	0100	AND	1000	SHR	1100	cte0x00
0001	ADD	0101	OR	1001	SHL	1101	cte0x01
0010	ADC	0110	XOR	1010	-	1110	cte0x02
0011	SUB	0111	CMP	1011	MIX	1111	cte0xFF

## Herramientas

### Ensamblador (assembler.py)

El ensamblador toma como entrada un archivo de texto con la lista de mnemónicos de instrucciones y genera el código binario del programa. Las instrucciones soportadas son todas las descritas por la arquitectura.

Además el ensamblador soporta el uso de etiquetas y comentarios. Las etiquetas pueden ser cualquier cadena de caracteres finalizada en ":". Una vez declarada, puede ser utilizada en cualquier parte del código, incluso como parámetro o valor inmediato. Para declarar un comentario, se utiliza el caracter ";". Todo texto luego de la primera aparición de éste será considerado comentario.

El ensamblador también soporta la declaración de valores inmediatos. Para esto se utiliza la palabra reservada DB seguida de un valor numérico inmediato. Éste será incluido directamente en el código generado.

### Generador de Micro-instrucciones (buildMicroOps.py)

El generador de micro-instrucciones toma como entrada un archivo de descripción de señales que respeta la siguiente sintaxis:

```
<binary_opcode>:
<signal_1> <signal_2> ... <signal_n>
...
<signal_1> <signal_2> ... <signal_n>
```

donde `<binary_opcode>` corresponde al valor de *opcode* a codificar en binario y `<signal>` a un nombre de señal. Las señales pueden ser indicadas por el nombre de la misma o como: `<signal>=<x>` donde *x* indica el valor de la señal.

Para señales de más de un bit, como `ALU_OP` se debe utilizar el número entero decimal correspondiente. En particular, para la señal mencionada, se puede utilizar directamente el nombre de la operación en la ALU. Si no se indica el valor que debe tomar la señal, se utiliza 1.

Por ejemplo, para la codificación de la instrucción `ADD`:

```
00001: ; ADD
      RB_enOut  ALU_enA  RB_selectIndexOut=0    ; ALU_A := Rx
      RB_enOut  ALU_enB  RB_selectIndexOut=1    ; ALU_B := Ry
      ALU_OP=ADD ALU_opW                                ; ALU_ADD
      RB_enIn   ALU_enOut RB_selectIndexIn=0    ; Rx := ALU_OUT
      reset_microOp
```

Notar que la señal `ALU_OP` es completada con un texto que indica la operación de la ALU a realizar.

## Uso

Una vez dentro de *Logisim* se debe cargar el circuito de `OrgaSmallI`. Para cargar un programa, se debe entrar en el circuito `memory` y una vez seleccionada la memoria, utilizar el comando *load* para cargar un nuevo programa.

Para modificar el código de micro-instrucciones, se debe entrar al circuito `controlUnit` y con el mismo procedimiento anterior, cargar el nuevo código de micro-instrucciones. Recordar que el PC comienza siempre en cero y apunta a la primera instrucción a ejecutar.

**Nota:** se deberá guardar la dirección de la rutina de la interrupción en la dirección `0x00` antes de habilitar las interrupciones.