

Práctica 3



Unidad aritmética y lógica

Objetivo

El alumno se familiarizará con la unidad aritmética y lógica de un sistema computacional.

Equipo

Computadora personal con el software Logisim.

Teoría

Mapa mental sobre:

- Unidad aritmética y lógica (ALU).
- Unidad de punto flotante (FPU).

Responda las preguntas:

¿En qué situaciones se activa la bandera de **acarreo** (carry) en una ALU? Incluya ejemplos.
¿En qué situaciones se activa la bandera de **sobreflujo** (overflow) en una ALU? Incluya ejemplos.

Desarrollo

1. Unidad Aritmética y Lógica (ALU) de un sistema computacional genérico.

- a) Diseñe y simule en Logisim una ALU que realice las funciones listadas en la Fig. 1. El tamaño de los operandos es **8 bits**.

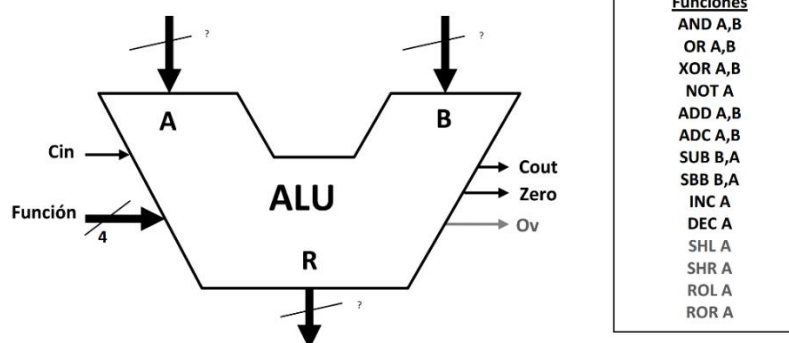


Figura 1. Unidad Aritmética y Lógica.

- b) Describa paso a paso en el reporte el procedimiento de ejecución de las operaciones indicadas por el instructor.

2. ALU de un procesador didáctico de 4 bits.

El diagrama de la ALU del procesador de 4 bits es el que se muestra en la Fig. 2. La memoria de registros consiste en los registros **R0-R3** que se vieron en la Práctica 2.

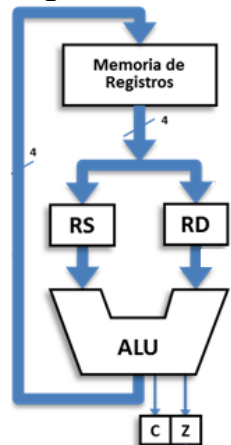


Figura 2. ALU del procesador de 4 bits.

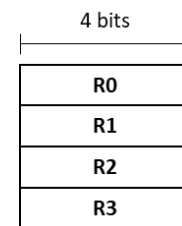


Figura 3. Memoria de registros.

Los registros **RS** y **RD** contienen los operandos sobre los cuales la ALU realiza la operación aritmética o lógica. Los bits **C** y **Z** son indicadores (banderas) del estado de la operación realizada por la ALU y consisten en el bit de **acarreo de salida** y bit de **cero** respectivamente.

Las instrucciones para realizar operaciones aritméticas y lógicas en el procesador tienen el siguiente formato:



Tabla 1. Instrucciones de Registro básicas

OP	TT	Función
00	00	$[S] + C_i \rightarrow [D]$
01	00	$[S] + [D] + C_i \rightarrow [D]$
10	00	$[D] - [S] - \bar{C}_i \rightarrow [D]$

Tabla 2. Bit de acarreo

CC	C_i
00	0
01	1
10	C
11	\bar{C}

Tabla 3. Instrucciones de Registro con operación lógicas

OP	CC	TT	Función
11	00	01	$[S] \vee [D] \rightarrow [D]$
11	00	10	$[S] \wedge [D] \rightarrow [D]$
11	00	11	$[S] \oplus [D] \rightarrow [D]$

Tabla 4. Instrucciones de registro con constante

INSTRUCCIÓN	MNEMONÍCO	OPERACIÓN	CÓDIGO			
			OP	D	TT	K (4bits)
LOAD Constant to Register	LDI R2,K	$K \rightarrow R2$	00	10	01	K
ADD Constant to Register	ADD R3,K	$R3 + K \rightarrow R3$	00	11	10	K
SUB Constant to Register	SUB R1,K	$R1 - K \rightarrow R1$	00	01	11	K
OR Constant to Register	OR R0,K	$R0 \vee K \rightarrow R0$	01	00	01	K
AND Constant to Register	AND R2,K	$R2 \wedge K \rightarrow R2$	01	10	10	K
XOR Constant to Register	XOR R3,K	$R3 \oplus K \rightarrow R3$	01	11	11	K
Compare Constant to Register	CMP R0,K	$R0 - K$ (update flags only)	10	00	01	K
TEST Constant to Register	TEST R2,K	$R2 \wedge K$ (update flags only)	10	10	10	K
Shift Right to Register	SHR R3	$R3 \div 2 \rightarrow R3$	10	00	11	X

El bit **C** es el bit de **acarreo de salida** de la ALU. El bit **C_i** es **acarreo de entrada** y su valor depende de **CC** y **C**, como se puede ver en la **Tabla 2**.

Los bits **S** y **D** de la instrucción indican los registros (**R0-R3**) sobre los cuales se va a realizar la operación. El registro fuente es **S** y el destino es **D**, esto quiere decir que el resultado de la operación se almacena en el registro especificado por **D**. Al momento de hacer la operación en la ALU, se debe copiar a **RS** el valor del registro indicado por los bits **S** de la instrucción y a **RD** el valor del registro especificado por **D**.

Operaciones con una constante:

En la **Tabla 4** se muestran las instrucciones que operan con un registro y una constante K de 4 bits. En este caso, al registro se le aplica una suma/resta/xor/and/or con la constante y el resultado se almacena en el registro.

Ejemplos de instrucciones:

Tabla 5. Ejemplos de instrucciones de registro

INSTRUCCIÓN	MNEMONÍCO	OPERACIÓN	CÓDIGO				
			OP	CC	TT	S	D
ADD	ADD R1,R0	$R1 + R0 \rightarrow R0$	01	00	00	01	00
ADD (/w CARRY)	ADC R1,R0	$R1 + R0 + C \rightarrow R0$	01	10	00	01	00
SUBTRACT	SUB R2,R0	$R0 - R2 \rightarrow R0$	10	01	00	10	00
SUBTRACT (/w BORROW)	SBB R2,R0	$R0 - R2 - \overline{C} \rightarrow R0$	10	11	00	10	00
OR	OR R1,R0	$R1 \vee R0 \rightarrow R0$	11	00	01	01	00
AND	AND R3,R2	$R3 \wedge R2 \rightarrow R2$	11	00	10	11	10
XOR	XOR R0,R3	$R0 \oplus R3 \rightarrow R3$	11	00	11	00	11

Tabla 6. Instrucciones extendidas de registro

INSTRUCCIÓN	MNEMONÍCO	OPERACIÓN	CÓDIGO				
			OP	CC	TT	RS	RD
CLEAR	CLR R2	$R2 - R2 \rightarrow R2$	10	01	00	10	10
INCREMENT	INC R3	$R3 + 1 \rightarrow R3$	00	01	00	11	11
SHIFT (LEFT)	SHL R1	$R1 + R1 \rightarrow R1$	01	00	00	01	01
ADD	ADD R1,R0	$R1 + R0 \rightarrow R0$	01	00	00	01	00

ADD (/w CARRY)	ADC R1,R0	$R1 + R0 + C \rightarrow R0$	01	10	00	01	00
SUBTRACT	SUB R2,R0	$R0 - R2 \rightarrow R0$	10	01	00	10	00
SUBTRACT (/w BORROW)	SBB R2,R0	$R0 - R2 - \overline{C} \rightarrow R0$	10	11	00	10	00
NO OPERATION	NOP	$R0 + 0 \rightarrow R0$	00	00	00	00	00
MOVE	MOV R3,R2	$R3 + 0 \rightarrow R2$	00	00	00	11	10

Los pasos para hacer una operación en la ALU son:

1. Cargar [S] en el registro RS si es una operación con dos registros, o cargar K en RS si es una operación con constante.
2. Cargar [D] en el registro RD.
3. Realizar la operación aritmética o lógica en los registros RS y RD. Almacenar el resultado en el registro [D] (excepto en las instrucciones **CMP** y **TEST** donde solo se actualizan **C** y **Z**).

a) Simule en Logisim la ALU para el procesador didáctico descrita anteriormente.

- i) Es necesario decodificar la instrucción para determinar que sea una instrucción de operaciones aritméticas y lógicas. En caso de que no lo sea, la ALU no debe operar.
- ii) Si es una operación aritmética con dos registros, decodificar **CC** para determinar cuál es el **acarreo de entrada C_i**.
- iii) *Para operaciones con dos registros:* Decodificar **S** para determinar cuál registro (**R0-R3**) copiar a **RS**. *Para operaciones con constante:* Cargar **K** en **RS**. *Para todas las instrucciones:* Decodificar **D** para determinar cuál registro copiar a **RD**.
- iv) Decodificar **OP** y **TT** para seleccionar la operación de la ALU.
- v) Almacenar en el registro **D** el resultado de la operación (excepto **CMP** y **TEST**) y actualizar las banderas **C** y **Z**.

b) Describa paso a paso en el reporte el procedimiento para hacer las operaciones indicadas por el instructor. Incluya impresiones de pantalla de su diseño en Logisim.

Conclusiones y comentarios

Dificultades en el desarrollo

Referencias