

Laboratorio 4: Simulación y funcionamiento de la Unidad Aritmética Lógica a través de SimulIDE

Reinaldo Pacheco Parra (12 horas) Jaime Riquelme Olguín (12 horas)

Departamento de Ingeniería Informática

Universidad de Santiago de Chile, Santiago, Chile

reinaldo.pacheco@usach.cl, jaime.riquelme@usach.cl

Resumen—Este informe detalla meticulosamente el proceso empleado en la construcción de un circuito específico, resaltando las preguntas esenciales que surgen durante la realización de tal tarea. Interrogantes como, ¿qué constituye una Unidad Aritmética Lógica (ALU) y cuál es su propósito fundamental? se exploran en profundidad. Además, se describen y analizan componentes clave implementados en la creación del circuito, particularmente el 74HC283 y el 74HC157. La finalidad primordial de este estudio es desentrañar las operaciones que el circuito ejecuta. En última instancia, el mayor aporte de este trabajo es facilitar un entendimiento práctico y experimental de la funcionalidad de un procesador y sus unidades integradas.

Palabras claves—SimulIDE, Circuito, ALU, Memoria

I. INTRODUCCIÓN

En el siguiente laboratorio se detalla el procedimiento realizado para construir y analizar un circuito específico utilizando el simulador SimulIDE, abarcando la comprensión detallada de los componentes que constituyen una Unidad Aritmética Lógica (ALU). El proceso del laboratorio es desentrañar el funcionamiento de la ALU y evaluar la influencia de los interruptores en el circuito. Investigaremos las operaciones que la ALU puede realizar, su potencial de expansión, y el rol que desempeñan los componentes 74HC283 y 74HC157.

El problema a resolver en este laboratorio es entender cómo se puede implementar una ALU utilizando componentes específicos y cómo estos componentes interactúan entre sí para realizar operaciones aritméticas y lógicas. Para resolver este problema, se utilizarán los conocimientos adquiridos previamente para construir y simular el circuito solicitado en SimulIDE. Además, se analizará el comportamiento del circuito al cambiar los valores de los interruptores y se estudiará cómo estos cambios afectan las operaciones realizadas por la ALU.

Los objetivos a lograr son: Entender las diversas operaciones que puede realizar la ALU, construir el circuito y conocer la importancia de la Unidad Aritmética Lógica en los procesadores. A través de este estudio, se espera obtener un entendimiento práctico y experimental de la funcionalidad de un procesador y sus unidades integradas.

II. ANTECEDENTES

II-A. Marco Teórico

1) **SimulIDE**: SimulIDE es un simulador de circuitos electrónicos en tiempo real que ofrece diversas áreas de simulación, como PIC, AVR y Arduino. Es reconocido por su interfaz cómoda y sencilla, lo que facilita su uso. Además, proporciona la posibilidad de diseñar circuitos personalizados y programarlos utilizando un editor de código integrado. [1]

2) **Circuito**: Un circuito eléctrico es un sistema compuesto por varios elementos eléctricos que están interconectados. Posee uno o más caminos cerrados por los cuales puede fluir la corriente eléctrica. La corriente eléctrica, a su vez, es el movimiento ordenado de cargas eléctricas libres a través de estos caminos. [2]

3) **Compuerta Lógica**: Una compuerta lógica es un dispositivo electrónico que opera con la lógica booleana, la cual está basada en dos estados: verdadero o falso, representados generalmente como 1 y 0. Las compuertas lógicas toman una o más señales de entrada y producen una única señal de salida basada en una operación lógica específica. (ver Tabla 1: Principales compuertas Lógicas) en donde se especifica la compuerta, el símbolo y la función de las principales compuertas lógicas usadas en la construcción de circuitos.[3]

3) **Procesador**: El procesador o CPU, es el elemento de una computadora en el que se realizan las operaciones de procesamiento de datos. Este interpreta y realiza instrucciones de software y hardware. [4]

4) **ALU**: La Unidad Lógica Aritmética (ALU) es un componente clave del procesador de una computadora que realiza operaciones aritméticas y lógicas. Las operaciones que puede realizar van desde la suma y resta, hasta operaciones utilizando raíces cuadradas y trigonometría. Además, realiza operaciones lógicas como AND, OR y NOT. La ALU es muy importante para el procesador ya que, sin ella, este no podría cumplir con su función principal, la cual es procesar datos e instrucciones. [5]

5) **Componente 74HC283**: Corresponde a un sumador completo de dos números binarios, de 4 bits cada uno, posee 16 pines para su utilización y debe estar energizado para su uso. Puedes encontrar más información en su hoja de datos en el siguiente enlace: Hoja de datos del 74HC283. En este componente (Ver figura 1), los pines 5, 3, 14, 12 serán las entradas (operando) A, mientras que los pines 6, 2, 15, 11

serán las entradas B. El pin 7 indicará la presencia de un carry-in y el pin 9 la de un carry-out. Finalmente, los pines 4, 1, 13, 10 representarán la suma de los inputs A y B. [6]

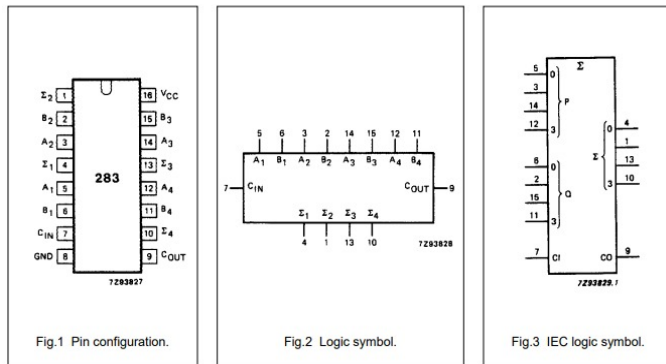


Figura 1: Componente 74HC283

6) **Componente 74HC157:** Corresponde a un componente electrónico que se denomina como multiplexor de 2 canales, el cual selecciona 4 bits desde dos fuentes, a través del control de una entrada común de selección de datos. Puedes encontrar más información en su hoja de datos en el siguiente enlace: Hoja de datos del 74HC157. En este componente (Ver figura 2), los pines 2, 5, 11, 14 serán las entradas de una fuente 0, mientras que los pines 3, 6, 10, 13 vendrán de una fuente 1. El pin 15 indicará si es que los inputs estarán activos o no. El pin 1 seleccionará de qué fuente se tomarán los datos. Finalmente, los pines 4, 7, 9, 12 serán la salida de este multiplexor. [7]

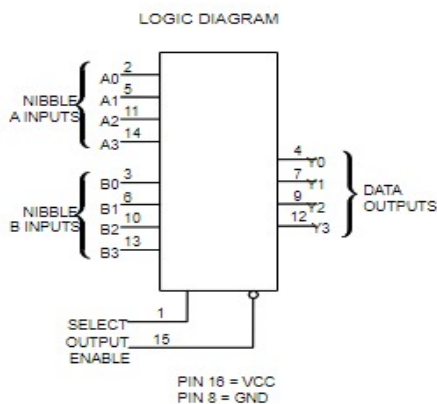


Figura 2: Componente 74HC157

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III-A. Materiales

Se utilizó el simulador SimulIDE versión 1.0.0 para la creación de los circuitos propuestos, que puede descargarse desde su *página oficial*. El dispositivo que se utilizó para almacenar, procesar, crear y ejecutar los circuitos fue un Notebook NITRO 5 con procesador Intel® Core™ i5-10300H CPU @ 2.50 GHz 16 GB de RAM (15,8GB utilizables), sistema operativo de 64 bits, procesador x64 con

una tarjeta gráfica NVIDIA® GeForce® GTX 1650 y la versión 22H2 de Windows 11.

Además, también se utilizó un segundo equipo, un ordenador de mesa con las siguientes características: procesador AMD Ryzen™ 5 5600X, tarjeta gráfica MSI GeForce® GTX 1660 Super OC, 16GB de RAM a 3600MHz, con un sistema operativo Windows 10 de 64 bits.

III-B. Métodos

Se descarga e instala el simulador SimulIDE en el dispositivo y se construyen los circuitos de la siguiente forma.

Circuito: Para la construcción del circuito, los componentes especificados se obtienen de la sección izquierda del simulador. Inicialmente, se incorporaron ocho interruptores de voltaje fijo, denominados de A a H. Posteriormente, se añadió el componente 74HC283, que se conectó directamente a los interruptores de voltaje fijo. Se introdujeron varias puertas lógicas, incluyendo AND, XOR y OR, las cuales también fueron conectadas directamente a los interruptores de voltaje fijo.

Una vez establecidos estos elementos, se incorporó el componente 74HC157. Este elemento se conectó tanto a las salidas del componente 74HC283 como a las puertas lógicas y a un nuevo interruptor titulado “CLICK ME”, que se conectó directamente a este componente.

Adicionalmente, se añadieron nuevas puertas lógicas que se conectaron a la salida del componente 74HC157, junto con sus respectivos LEDs. Finalmente, se instalaron pantallas LED; dos de ellas conectadas a los interruptores de voltaje fijo iniciales y una tercera conectada a las salidas del componente 74HC157.

IV. RESULTADOS

El circuito implementado fue el siguiente:

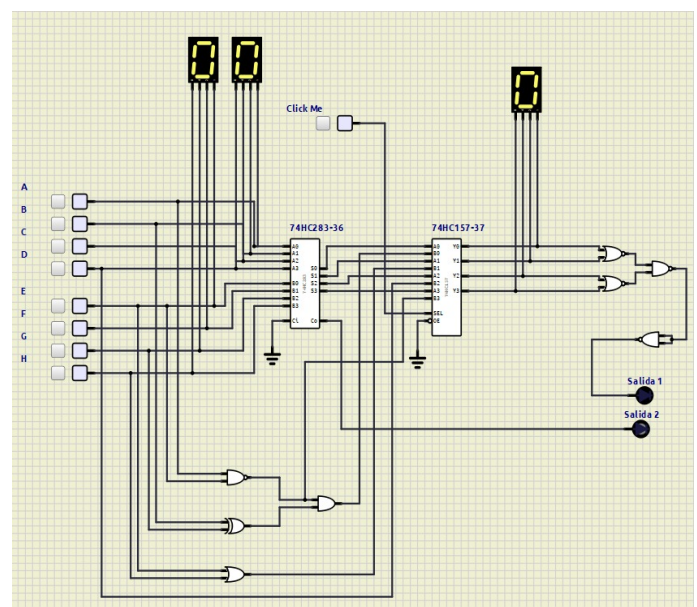


Figura 3: Circuito

Este circuito incorpora los interruptores ABCD y EFGH (en orden de arriba a abajo como se ve en la imagen). Los displays asociados a estos interruptores muestran cambios a medida que se activan en secuencia. Al encender ABCD, el display 1 muestra los valores 1, 2, 4 y 8, respectivamente. Lo mismo sucede con EFGH, lo que sugiere que estos inputs representan una entrada numérica correspondiente a las potencias de 2 (2^0 , 2^1 , 2^2 y 2^3).

Cuando se encienden múltiples interruptores de cada grupo (ABCD y EFGH), los displays muestran una letra, lo que indica que el circuito está realizando una suma en hexadecimal. Esto es porque con los 4 inputs alcanza hasta 15 ($1+2+4+8$) y se muestra F en el display, correspondiente al sistema hexadecimal.

El OUT 1 se enciende cuando la suma alcanza 16 ($F + 1$). En hexadecimal, esta suma equivale a 10, resultando en un 0 en el display y un 1 en el OUT 1. El OUT 2, por otro lado, se enciende cuando la suma excede 16, representando el carry-out de la suma, todo esto sin el interruptor “CLICK ME” activado. Ver Tabla I.

Por otro lado en el interruptor “CLICK ME”, Cuando se activa, se alimenta una señal de alto voltaje al pin A/B del componente 74HC157, lo que cambia el display 3. Según el datasheet del componente, el interruptor selecciona la señal que llega a la entrada (A o B). Por ejemplo, si 1A tiene alto voltaje y 1B tiene bajo voltaje, la salida 1Y será de alto voltaje. Si se acciona el interruptor, la salida de 1Y será de bajo voltaje. Sin embargo, si ambas entradas tienen alto voltaje, el interruptor no tendrá ningún efecto. Ver Tabla II.

Finalmente, la ALU en el circuito puede realizar una operación de suma y posiblemente operaciones AND y OR.

A	B	C	D	E	F	G	H	OUT 1	OUT 2
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	1

Tabla I: Resultados para diferentes entradas con CLICK ME desactivado

A	B	C	D	E	F	G	H	OUT 1	OUT 2	DISPLAY
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	8
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	C
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	A
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	D
1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	6

Tabla II: Resultados para diferentes entradas con CLICK ME activado

En cuanto a la posibilidad de incrementar el número de operaciones de la ALU en la Figura 1, nuestro análisis sugiere que esto se puede lograr mediante la incorporación de operaciones lógicas adicionales. Un enfoque viable sería

conectar cada entrada ABCD y EFGH a una compuerta NAND. Esta compuerta lógica produce una salida verdadera solo cuando al menos una de sus entradas es falsa, lo que añade una nueva dimensión de funcionalidad a la ALU.

Para activar esta operación NAND, se podría utilizar el componente 74HC157 y los interruptores “CLICK ME”. De esta manera, la operación NAND se activaría en función de las condiciones específicas establecidas por estos elementos. Este enfoque permitiría a la ALU realizar no solo las operaciones aritméticas y lógicas básicas, sino también operaciones más complejas como la NAND.

Es importante destacar que la incorporación de operaciones adicionales a la ALU puede aumentar su versatilidad y capacidad para manejar una gama más amplia de cálculos y procesos. Sin embargo, también es crucial tener en cuenta que cualquier modificación en la ALU debe realizarse con cuidado para evitar cualquier interrupción o error en su funcionamiento.

V. CONCLUSIONES

En conclusión, el laboratorio permitió comprender los conceptos y funcionamiento de una Unidad Aritmética Lógica, además de generar varias operaciones a través del uso de interruptores.

A diferencia de los laboratorios anteriores, este llevó a cabo una investigación mucho más profunda de conceptos, ya que se utilizaron componentes nuevos, donde se debió investigar su funcionamiento a través de hojas de datos. Además, la construcción del circuito era más compleja que las realizadas anteriormente en el simulador.

Finalmente, se puede decir que se cumplieron los objetivos planteados en un inicio, los cuales eran comprender las distintas operaciones que puede realizar una ALU y su importancia en los procesadores. Esto se dio gracias al análisis del circuito.

REFERENCIAS

- [1] R. B. Luca Dinale. (2023) Los mejores simuladores arduino (online y offline) de 2023. [Online]<https://all3dp.com/es/2/mejor-simulador-arduino-online-offline/>. Visitada el 21 de Julio del 2023.
- [2] O. Planas. (2021) ¿qué es un circuito eléctrico? tipos y componentes. <https://solar-energia.net/electricidad/circuito-electrico>. Visitado el 21 de Julio del 2023.
- [3] R. F. R. D. y. J. E. R. Harold David Motta Sanchez, “Libro compuertas lógicas - alu,” [Online]<https://www.calameo.com/read/0056726091a76f8bba999>, 2018, visitada el 21 de Julio del 2023.
- [4] W. Stallings. (2016) Computer organization and architecture. http://home.ustc.edu.cn/~louwenqi/reference_books_tools/Computer%20Organization%20and%20Architecture%2010th%20-%20William%20Stallings.pdf. Visitado el 22 de Julio del 2023.
- [5] . H. J. L. Patterson, D. A. (2013) Computer organization and design: the hardware/software interface. elsevier. [http://staff.ustc.edu.cn/~llxx/cod/reference_books/Computer%](http://staff.ustc.edu.cn/~llxx/cod/reference_books/Computer%20Organization%20and%20Architecture%2010th%20-%20William%20Stallings.pdf)

20Organization%20and%20Design%204th.pdf. Visitado el 22 de Julio del 2023.

- [6] P. Semiconductors. (1990) Datasheet 74hc/hct283. <https://roblab.org/courses/embedded/datasheets/74HC283-4bit-Adder.pdf>. Visitado el 22 de Julio del 2023.
- [7] P. Semiconductors. (1990) Datasheet 74hc/hct157. <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/15542/PHILIPS/74HC157.html>. Visitado el 22 de Julio del 2023.