

## Implementación de una unidad procesadora de cuatro bits, como material didáctico

**Ángel Eduardo Gasca Herrera**

Universidad Veracruzana

[Agasca3@hotmail.com](mailto:Agasca3@hotmail.com)

**Jacinto Enrique Pretelin Canela**

Universidad Veracruzana

**Luís Alejandro Gazca Herrera**

Universidad Veracruzana

### Resumen

En el presente trabajo se muestra el diseño de una Unidad Procesadora de Cuatro Bits, como material didáctico. Esta integración de módulos consta de dos bloques que representan a la Electrónica Digital, que son la parte puramente combinacional (decodificadores, multiplexores, etc.) y la electrónica secuencial (flip-flops, registros, etc.). La integración está controlada por una PC como Unidad de Control Virtual que genera la palabra de control de cada microoperación. Este material didáctico tiene como objetivo principal el fortalece los conocimientos teóricos-prácticos de los alumnos en la experiencia educativa de Sistemas Digitales, ya que podrán realizar las microoperaciones básicas que realiza un microprocesador, siendo estas las microoperaciones aritméticas, lógicas, desplazamiento, transferencia, entrada y salida de datos, visualizando los resultados de cada microoperación mediante indicadores luminosos y en la interfaz gráfica.

**Palabras claves:** Unidad Procesadora, flip-flops, Unidad de Control Virtual, Palabra de Control.

---

Introducción

En el presente trabajo, expondremos el diseño e implementación de una Unidad Procesadora de cuatro bits, como material didáctico, detallando la realización de cada uno de los módulos que la conforman (figura 1). La integración de cada módulo está compuesta por: Selección, Multiplexación, Transferencia entre registros, Unidad lógica aritmética y la Unidad de corrimiento. Todo esto controlado por una Interfaz de Control Virtual, la cual genera la palabra de control y ésta a su vez, la microoperación que realiza, empleando el protocolo RS232C de comunicación serial, para la transferencia de datos con la Unidad Procesadora.

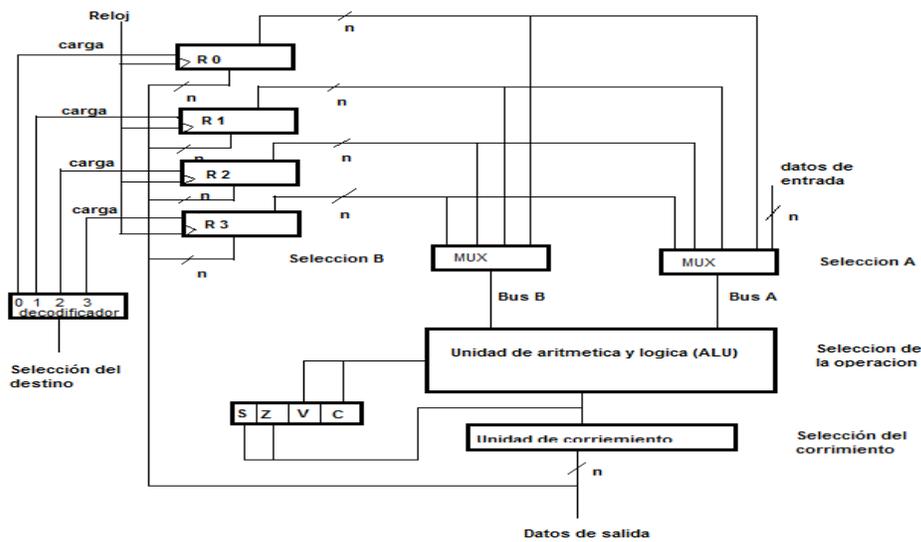


Figura 1. Diagrama a Bloques de la Unidad Procesadora de 4 Bits

## DESARROLLO:

La unidad procesadora es un componente central de un sistema de computación digital, que consta de un número de registros y de circuitos digitales que ejecutan diversas microoperaciones. Cada uno de los bloques que lo componen se diseñaron con dispositivos lógicos programables, de la familia GAL (Arreglo Lógico Genérico) para simplificar el tamaño y el uso de compuertas lógicas, así mismo se programaron con el lenguaje CUPL que es un compilador universal para sistemas lógicos programables.

En una unidad procesadora típica, las trayectorias de datos se forman por medio de buses y otras líneas comunes. Las compuertas de control que forman la trayectoria se realizan con dos multiplexores y decodificadores cuyas líneas de selección especifican la trayectoria requerida (figura 2).

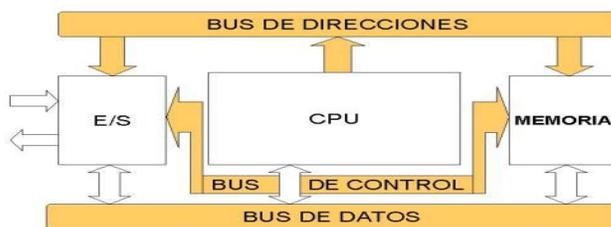


Figura 2. Trayectoria de datos por medio de Buses

El diseño de cada módulo se explica a continuación:

### MÓDULO DE SELECCIÓN

En esta etapa, los registros necesitan de un pulso de reloj y la habilitación de estos para guardar los datos de la diferentes microoperaciones de transferencia que se vayan a realizar. Aquí es donde entra en funcionamiento el diseño del decodificador destino o módulo de selección, donde se diseñaron utilizando una Gal16V8 para poder seleccionar los registros Reg. 1, Reg. 2, Reg. 3 o ningún registro.

La tabla 1 muestra la decodificación del registro destino:

S0	S1	Registro
0	0	Reg. 1
0	1	Reg. 2
1	0	Reg. 3
1	1	Sin selección

Tabla 1. Decodificación de registro destino

### MÓDULO DE MULTIPLEXACIÓN

La construcción de un sistema de bus con el número de registros, requiere el uso de multiplexores cuádruples 4 a 1, ya que se cuenta con 3 registros y la entrada de datos externos. El diseño se implementó en una GAL22V10 y su tabla de multiplexación se muestra en la tabla 2 para el multiplexor “A” y la tabla 3 para el multiplexor “B”.

S2	S3	Multiplexación A	S4	S5	Multiplexación B
0	0	Reg. 1	0	0	Reg. 1
0	1	Reg. 2	0	1	Reg. 2
1	0	Reg. 3	1	0	Reg. 3
1	1	Datos Externos	1	1	Ninguno

Tabla 2. Multiplexación A

Tabla 3. Multiplexación B

### UNIDAD LÓGICA ARITMÉTICA (ALU)

La ALU es un circuito combinatorio que realiza un conjunto de microoperaciones de aritmética y lógicas básicas. En la tabla 4, se muestran el conjunto de microoperaciones que se realiza a partir del Circuito Integrado DM74LS181N. La ALU tiene un número de líneas de selección que se emplea para elegir una operación determinada en la unidad.

Modo	Carry In	S6	S7	S8	S9	Operación	Función
0	1	0	0	0	0	$F = A$	Transferencia
0	0	0	0	0	0	$F = A + 1$	Incrementa en 1
0	1	1	0	0	1	$F = A + B$	Suma
0	0	1	0	0	1	$F = A + B + 1$	Suma con Carry
0	0	0	1	1	0	$F = A - B$	Resta
0	1	1	1	1	1	$F = A - 1$	Decremento en 1
1	X	1	1	0	1	$F = A \cdot B$	AND
1	X	0	1	1	1	$F = A \text{ or } B$	OR
1	X	0	1	1	0	$F = A \text{ xor } B$	X-OR
1	X	0	0	0	0	$F = A'$	NOT

Tabla 4. Funciones de la ALU

UNIDAD DE CORRIMIENTO

La unidad de corrimiento conectada al sistema del bus de datos, transfiere la salida de la ALU al bus de salida. La unidad de corrimiento transfiere la información corriéndola a la derecha o a la izquierda. En la tabla 5, se muestra las funciones de la unidad de corrimiento de tambor de 4 bits.

S10	S11	Función
0	0	Transferencia
0	1	Corrimiento a la izquierda
1	0	Corrimiento a la derecha
1	1	Limpieza

Tabla 5. Función de la unidad de corrimiento de tambor de 4 bits.

**PALABRA DE CONTROL**

Las variables de selección de una unidad procesadora controlan las microoperaciones que se ejecutan dentro de la unidad durante cualquier transición de pulsos de reloj dada. Estas variables controlan los buses, la ALU, la unidad de corrimiento y el registro destino. En este diseño, se cuentan con 14 entradas de selección binarias en la unidad y su valor combinado especifica una Palabra de Control, que se define en la tabla 6.

Dec.		Mux A		Mux B		ALU						Corrimiento	
S0	S1	S2	S3	S4	S5	Modo	Cin	S6	S7	S8	S9	S10	S11

Tabla 6. Palabra de Control

**INTERFAZ DE CONTROL VIRTUAL**

El objetivo de la Interfaz de control virtual de un sistema digital es el de iniciar una serie de pasos secuenciales de microoperaciones. Para este diseño, se implementó un entorno de programación visual mediante Visual Basic, para controlar las funciones de la unidad procesadora. Tiene las características básicas de cualquier programa ejecutable y se encarga de realizar la conexión de la unidad procesadora, enlazándose con el protocolo de comunicación serial RS232C y es capaz de realizar las microoperaciones de transferencia, entrada de datos, lógicas, aritméticas y de corrimiento, así mismo de almacenar cada resultado de la microoperación realizada en cualquiera de sus tres registros disponibles. En la plantilla se presentan las opciones dentro de cada una de las cajas de selección y botones para realizar la palabra de control de la microoperación que se va a realizar, como lo muestra la figura 4.

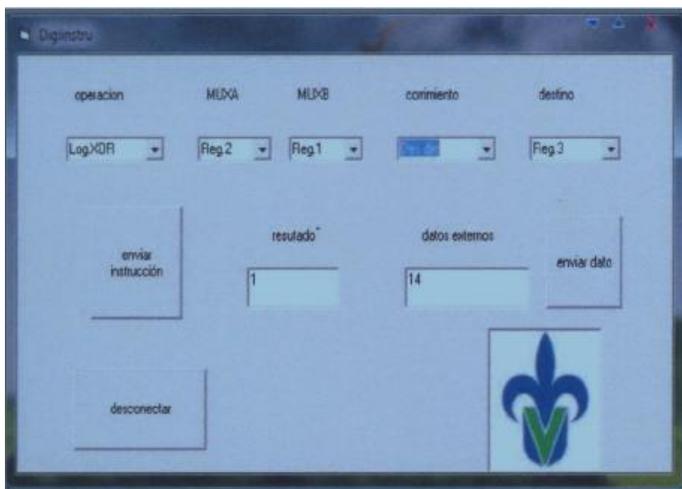


Figura 4. Unidad de Control Virtual

El flujo de datos entre la Interfaz de control virtual, la interface y la unidad procesadora se muestra en la figura 5, donde se ejemplifica la serie de pasos para poder enviar una microinstrucción.



Figura 5. Diagrama de flujo de la operación de la interfaz de control.

## Conclusión

El diseño de la unidad procesadora de cuatro bits como material didáctico, cumple con la función de ejemplificar una serie de microoperaciones para comprender el funcionamiento de los microprocesadores. Se realizaron contribuciones de buena calidad en el área de sistemas digitales al lograr que los alumnos analicen de manera clara el funcionamiento de ésta, demostrando así la importancia de conjuntar todos los módulos digitales que integran la unidad procesadora.

## Bibliografía

Morris Mano, M. (1991). Ingeniería Computacional y Diseño de Hardware. Prentice Hall.

Mandado Pérez, E. Mandado Rodríguez, Y. (2008). Sistemas Electrónicos Digitales. 9ª Edición. Marcombo, Ediciones Técnicas.

Morris Mano, M. (1982). Lógica Digital y Diseño de Computadores. 1ª edición. Prentice Hall.