Proyecto Final AyOC

MIC-1, Grupo 12

Diseño, implementación y documentación del la MIC-1, una microarquitectura creada por Andrew S. Tanenbaum.

2025

Universidad Nacional de Tucuman - FACET

07/08/2025

****

**Índice**

[Introducción 2](#_Toc205466714)

[Camino de Datos 3](#_Toc205466715)

[Registros: 4](#_Toc205466716)

[Unidad Aritmética Lógica (ALU) 6](#_Toc205466717)

[Desplazador: 10](#_Toc205466718)

[Busde Datos: 11](#_Toc205466719)

[Unidad de Control 12](#_Toc205466720)

[AlmacéndeControl: 13](#_Toc205466721)

[MPC: 14](#_Toc205466722)

[MIR: 15](#_Toc205466723)

[Microprograma: 17](#_Toc205466724)

[Decodificador: 17](#_Toc205466725)

[Conclusión 18](#_Toc205466726)

**La Microarquitectura MIC-1**

# Introducción

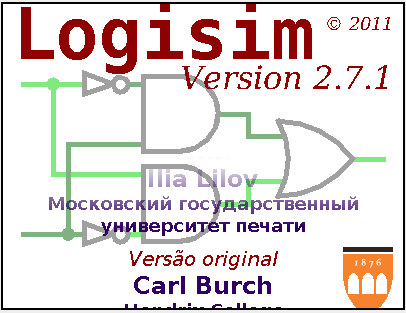
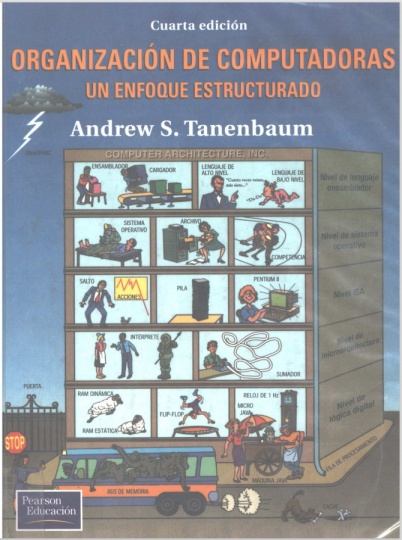
Este proyecto final para la materia Arquitectura y Organización de la Computadora 1 se centra en la implementación y simulación de la MIC-1, una microarquitectura diseñada por Andrew S. Tanenbaum con propósitos educativos, enseñando los conceptos fundamentales de arquitecturadecomputadorasydiseñodeprocesadores,presentadaensulibro“Organización de Computadoras: Un Enfoque Estructurado”.

LaMIC-1, posee una ISA que consiste en una versión simplificada de la *Java Virtual*

*Machine*(JVM),enfocadaespecíficamenteennúmerosenteros,conocidacomo*IntegerJava Virtual Machine* (IJVM).

Estamicroarquitectura,comosedetallamásadelanteenestedocumento,puedesepararseen dos grandes partes conceptuales: el Camino de Datos, donde profundizaremos en sus 4 componentes, sus funcionamientos y cómo están conectados; y la Unidad de Control, donde veremos qué rol cumple dentro de la MIC-1.

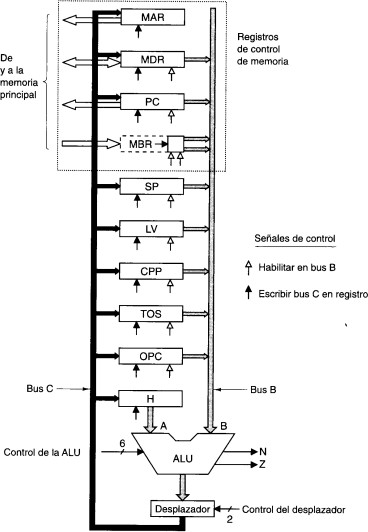
En este caso para realizar los circuitos de la MIC-1 se utilizó Logisim, un programa desarrollado por Carl Burch, el cual nos permite diseñar y simular circuitos lógicos digitales conunainterfazgráficasencilla,pudiendoconstruiryprobarelmodelodemicroarquitectura de una manera interactiva.



# Camino de Datos

Podemos decir que el Camino de Datos (Data Path), es el núcleo de la MIC-1, está diseñado para permitir la manipulación eficiente de datos y la ejecución de operaciones aritméticas y lógicas necesarias para la ejecución de programas, y como se puede observar en la Fig.1 se compone de:

* Varios registros, donde algunos de ellos tienen un uso general y otros más específicos.
* Una Unidad Aritmética Lógica (ALU).
* Un Desplazador (Shifter).
* Buses de datos.

**Figura1.**Camino de datos de la MIC-1.

## Registros:

Sonlosencargadosdealmacenardatosyoperandosparaserutilizadosporlasinstrucciones. Cada registro de 32 *bits* es seleccionado mediante dos líneas de control (una que habilita el bus B y otra el C) e implementan la utilización de *D flip-flops*(*Delay*) para almacenar datos binarios y direcciones de memoria. Los mismos se encuentran conectados a través de buses de datos para permitir transferencias entre registros y la UAL.

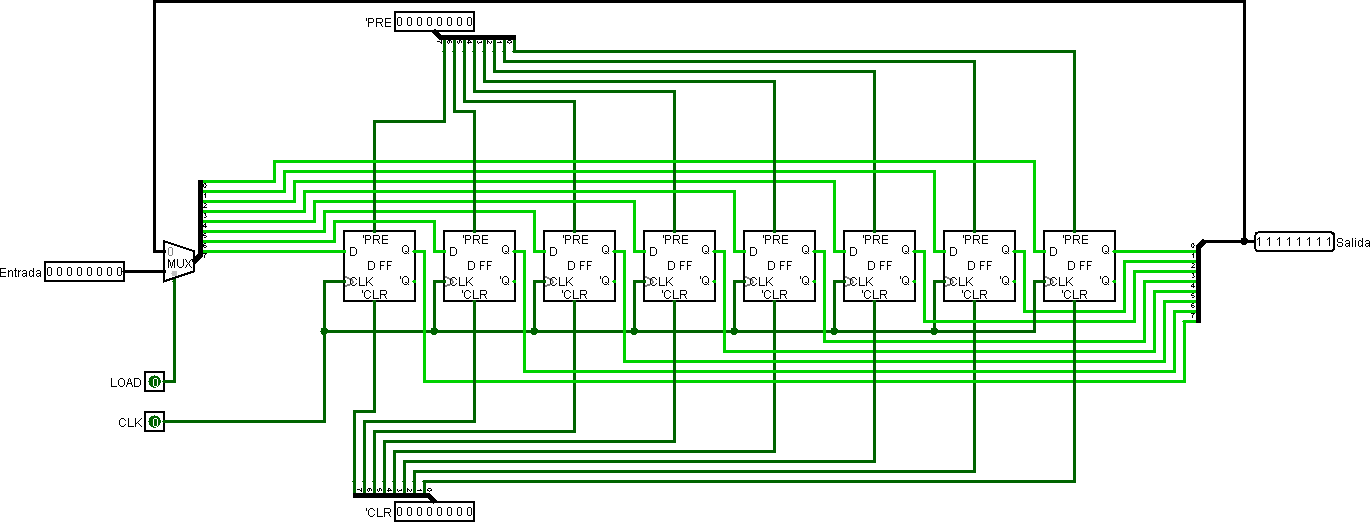
Dentro de los tantos registros, podemos destacar varios que son de uso específico: el *PC*, el cual contiene la dirección de la próxima instrucción a ser ejecutada; el *IR* o *MBR*, que se encargaderetenerlainstrucciónqueestásiendoejecutada;yunosregistrosdeentrada/salida, el *MAR* y el *MDR*, los cuales generalmente se usan para guardar temporalmente datos que fueron leídos de memoria o que tienen que ser escritos en memoria junto a sus direcciones.

Casi todos los registros pueden colocar su contenido en el bus B.

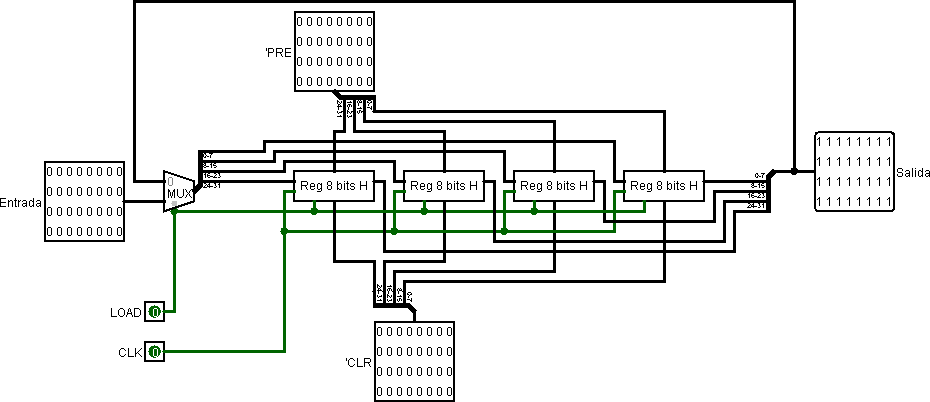
AdemáslosregistrosimplementadosenLogisim,tienenlaparticularidaddecontarcondos funciones las cuales se acceden a través de *pin* como se observa en la Fig. 2-a y 2-b. Estas

soncapaces de mantenerla información usandosu método *Hold*o de cargarla misma usando

*Load*.



**(a)**



**(b)**

**Figura2.**(a)Registrode8*bits*confunciones*Hold*y*ParallelLoad.*(b)Registrode32*bits*con funciones *Hold*y *Parallel Load.*

## Unidad Aritmética Lógica (ALU)

La Unidad Aritmética Lógica (o ALU por su traducción al inglés “*Arithmetic Logic Unit”*) es un componente fundamental en los procesadores, y como su nombre lo indica, su principal función dentro del Camino de Datos es la de realizar operaciones aritméticas y lógicas sobre los datos que le van llegando.

Para realizar dicha función, la ALU se divide en varios circuitos combinacionales para realizar las operaciones de **suma, disyunción (OR), conjunción (AND) y negación (NOT)**, pero para seleccionar la operación a realizar utiliza un decodificador.   
En nuestro proyecto incorporamos un circuito llamado **ZN** cuya función es expresar a través de sus salidas las señales de bandera **negativo (N)** y **cero (Z)** según el resultado.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Operación | Circuito | Representacion (Logisim) |
| Suma | Sumador completo (Full Adder) |  |
| AND  OR  NOT | Unidad Logica (Logic Unit) |  |
| Cero  (Z)  Negativo (N) | ZN |  |

.Como la MIC-1 es de **32 bits**, tuvimos que construir la ALU de 32 bits juntando **4 ALUs de 8 bits**, compuestas cada una con **8 ALUs de 1 bit**, donde la salida de la siguiente es la entrada de la anterior (acarreo incluido) como se puede apreciar en la siguiente tabla.

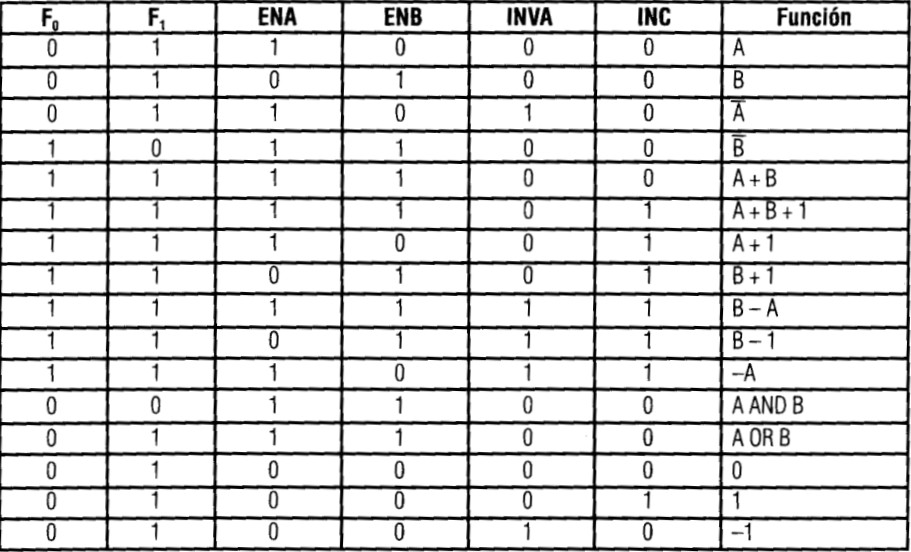
|  |  |
| --- | --- |
| Circuito | Representacion (Logisim) |
| ALU (1 bit) | D:\BACKUP\Uni\UNT\2do_anio\Arquitectura de computadoras\Proyecto\alu 1b.png |
| ALU (8 bits) | D:\BACKUP\Uni\UNT\2do_anio\Arquitectura de computadoras\Proyecto\alu 8b.png |
| ALU (32 bits) | D:\BACKUP\Uni\UNT\2do_anio\Arquitectura de computadoras\Proyecto\alu 32b.png |

La **Unidad de Control (Control Unit)** le dice a la ALU que operación debe realizar y con que operandos. Si detallamos su estructura y funcionamiento, podemos decir que cuenta con dos entradas **A** y **B**, la primera conectada al registro de retención **H**, y la segunda directamente al **bus B**. Por último, la salida de la ALU se encarga de alimentar la entrada del **Desplazador (Shifter)**.

Además, cuenta con:

* Dos salidas para las banderas:
  + **N** (negatia)
  + **Z** (cero)
* Y seis líneas de control:
  + **F0 y F1**: señales de control que se encuentran conectadas al decodificador y de cuyos valores depende la selección de la operación a realizar.
  + **ENA y ENB**: las cuales sirven para habilitar individualmente las salidas.
  + **INVA**: para invertir lógicamente la entrada A.
  + **INC**: para forzar un acarreo de entrada en el bit menos significativo.

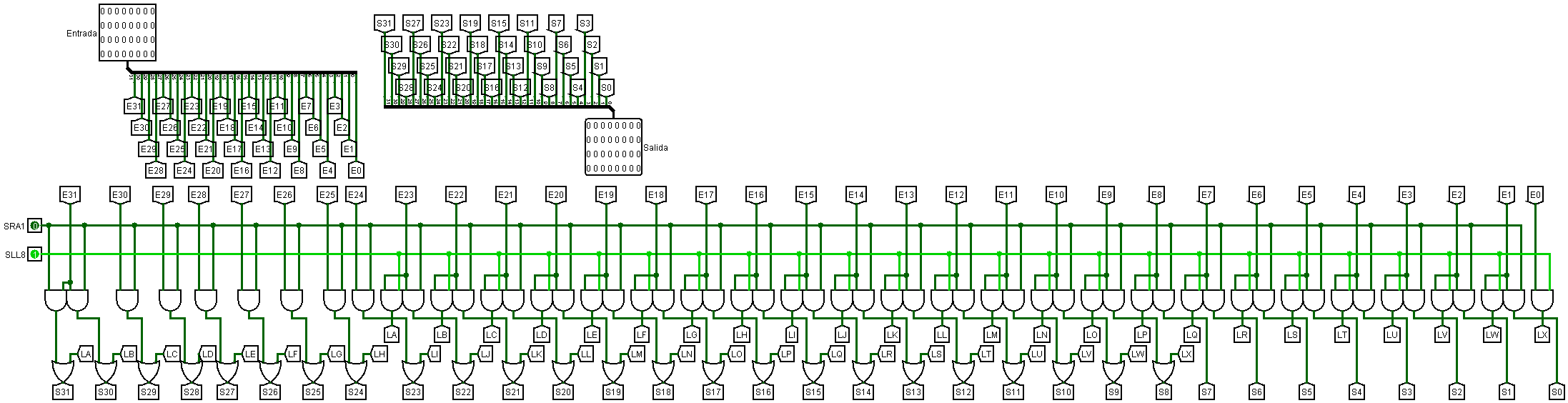
Entonces, una vez que tenemos el registro de retención H como entrada A, a continuación se selecciona un registro como entrada B, su valor se coloca en el Bus B al principio del ciclo y se mantiene ahí durante todo el ciclo. Luego, la UAL efectúa su trabajo y produce un resultado que se pasa al Bus C luego de pasar a través del desplazador. Cerca del final del ciclo, cuando las salidas de la ALU y el desplazador se encuentran estables, una señal de reloj activa el almacenamiento del Bus C en uno más de los registros.

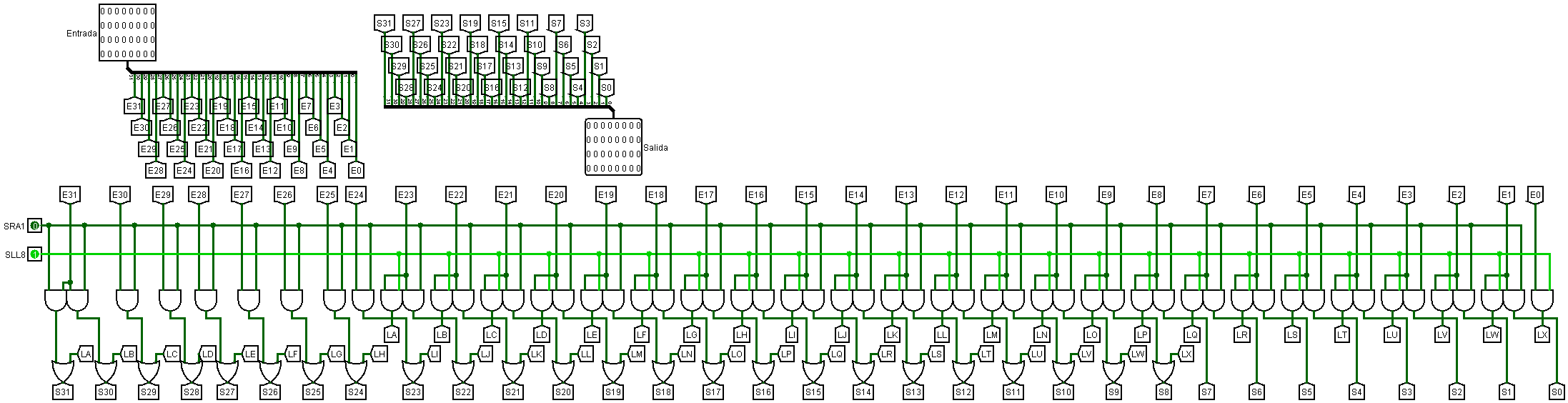
 **Figura8.**Tabla de verdad sobre las Funciones de la ALU.

## Desplazador:

El desplazador (**Shifter**) es un componente especializado que contiene tanto una entrada como una salida de 32 *bits*. La entrada llega desde la ALU y la salida se conecta directamente al Bus C.  
Su función es realizar el desplazamiento (lógico o aritmético) de bits de los datos almacenados en los registros y para eso tiene dos señales de control:

* **SLL8 (Desplazamiento lógico a la izquierda):** Desplaza el contenido un byte a la izquierda, convierte además los 8 bits más significativos en ceros.
* **SR1 (Desplazamiento aritmético a la derecha):** Desplaza el contenido un bit a la derecha, convirtiendo el bit menos significativo en 0 y el más significativo según el signo.

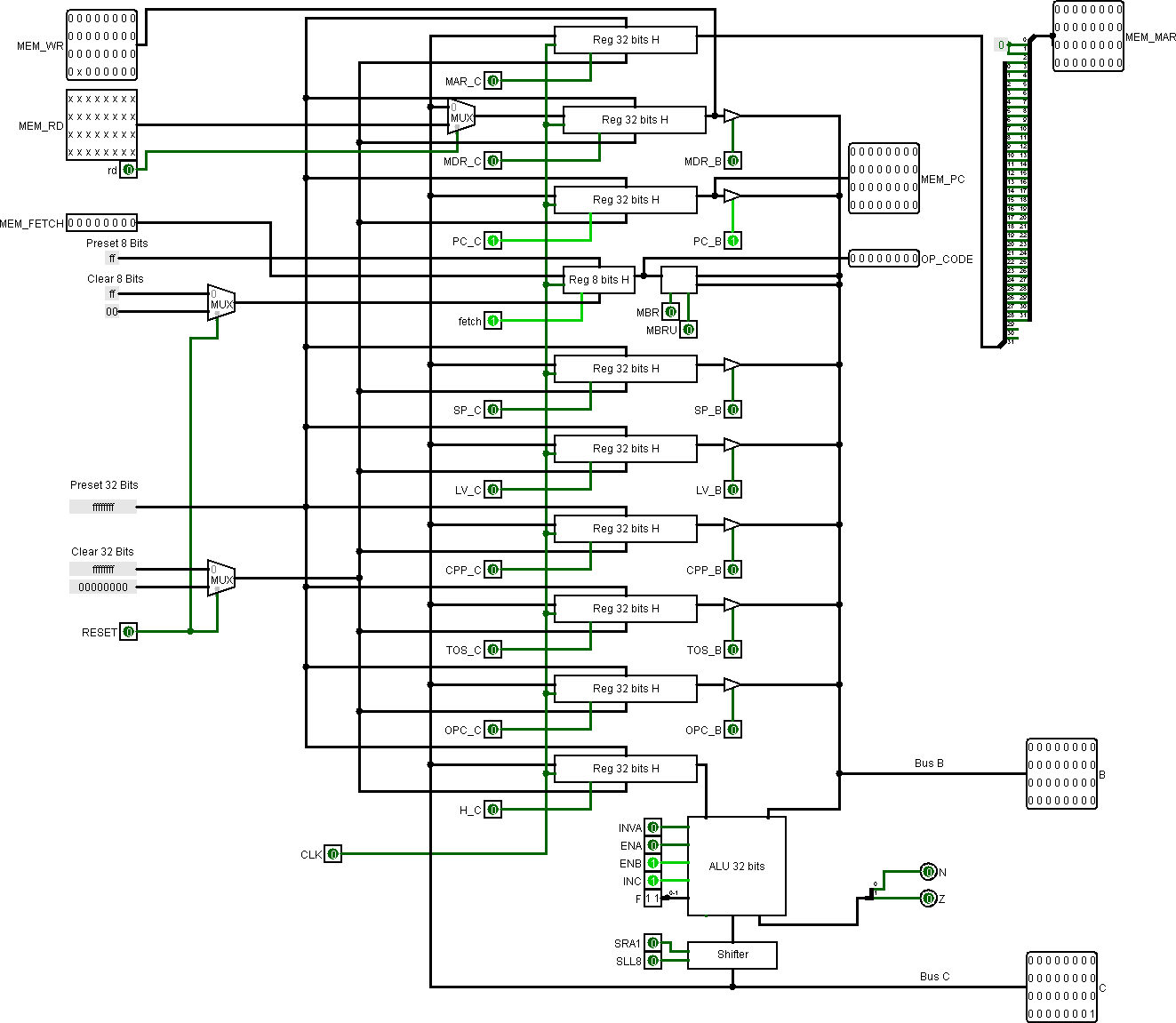




## Bus de Datos:

Es un canal compartido que permite la transferencia de datos, durante la ejecución de instrucciones, entre todos los componentes del Camino de Datos.

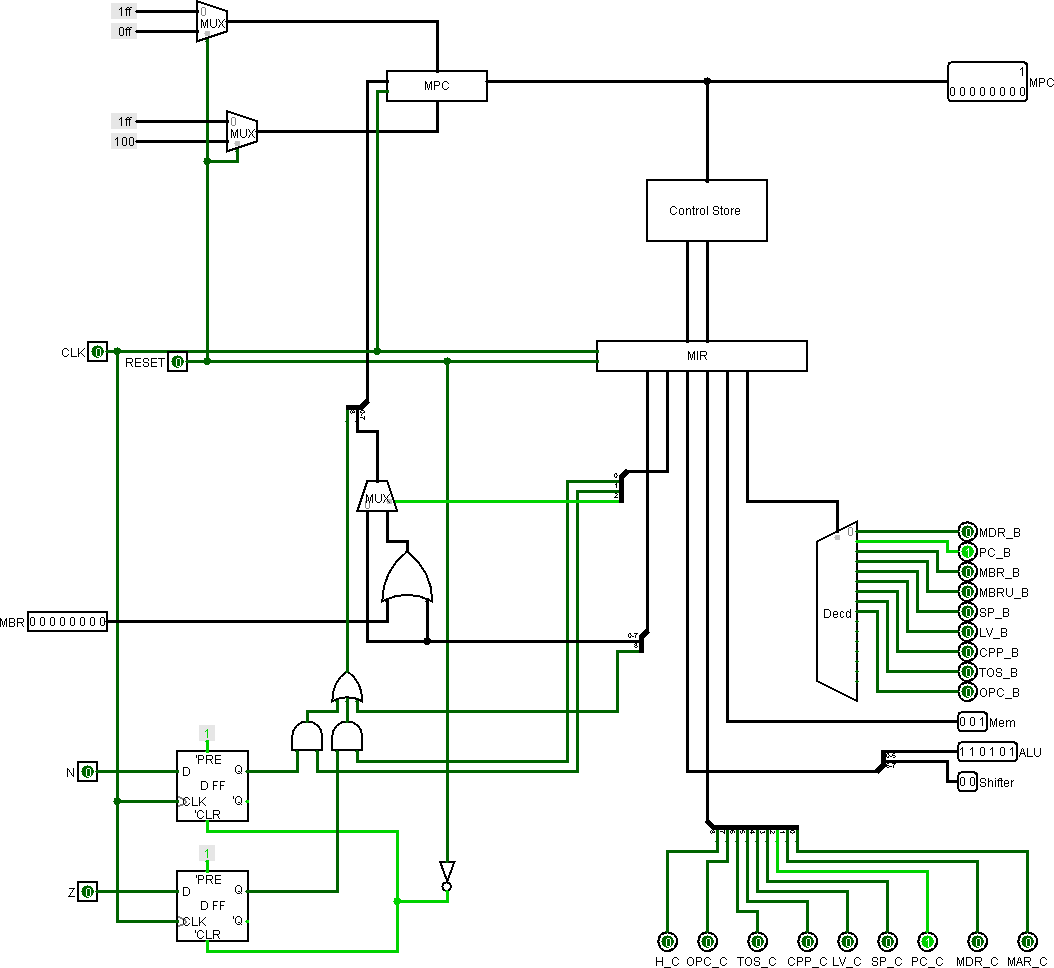
En la MIC-1, los buses multipuntos A, B y C, consisten en líneas de datos de 32 *bits* cada una, que conectan registros, la UAL y otros componentes. Se encuentran implementados comolíneasfísicaseneldiseñodelcircuitoysoncontroladosporseñalesdemultiplexación, decodificadores y búferes controlados que seleccionan las fuentes y destinos de los datos según las instrucciones que llegan desde la Unidad de Control.



**Figura11.**CaminodeDatosenLogisim.

# Unidad de Control

La unidad de control es la responsable de gestionar y coordinar las operaciones que se van a realizar, la misma se encarga de generar las señales de control necesarias para ejecutar cada instrucción. Esto último lo hace decodificando instrucciones de la memoria de programa y emitiendoseñalesquecontrolanlosdiferentescomponentes,talescomolosregistros,laUAL y la memoria.



**Figura12.**UnidaddeControlenLogisim.

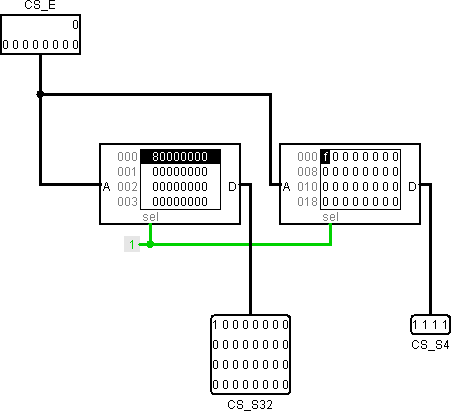
## AlmacéndeControl:

El almacén de control es el elemento más grande e importante de la porción de control de la máquina,setratadeunamemoriaquecontienemicroinstruccionesenlugardeinstrucciones ISA. Este es muy diferente de la memoria principal, ya que las instrucciones de la memoria principal se ejecutan en orden según su dirección; mientras que las microinstrucciones especifican explícitamente su sucesora.

Puesto que el almacén de control es funcionalmente una memoria, necesita sus propios

registros de direcciones de memoria y de datos de memoria. Entonces, tenemos por un lado el

registrodedireccióndememoriaMPC(ContadordeMicroPrograma),yporotroelregistro de datos MIR (Registro de MicroInstrucción).



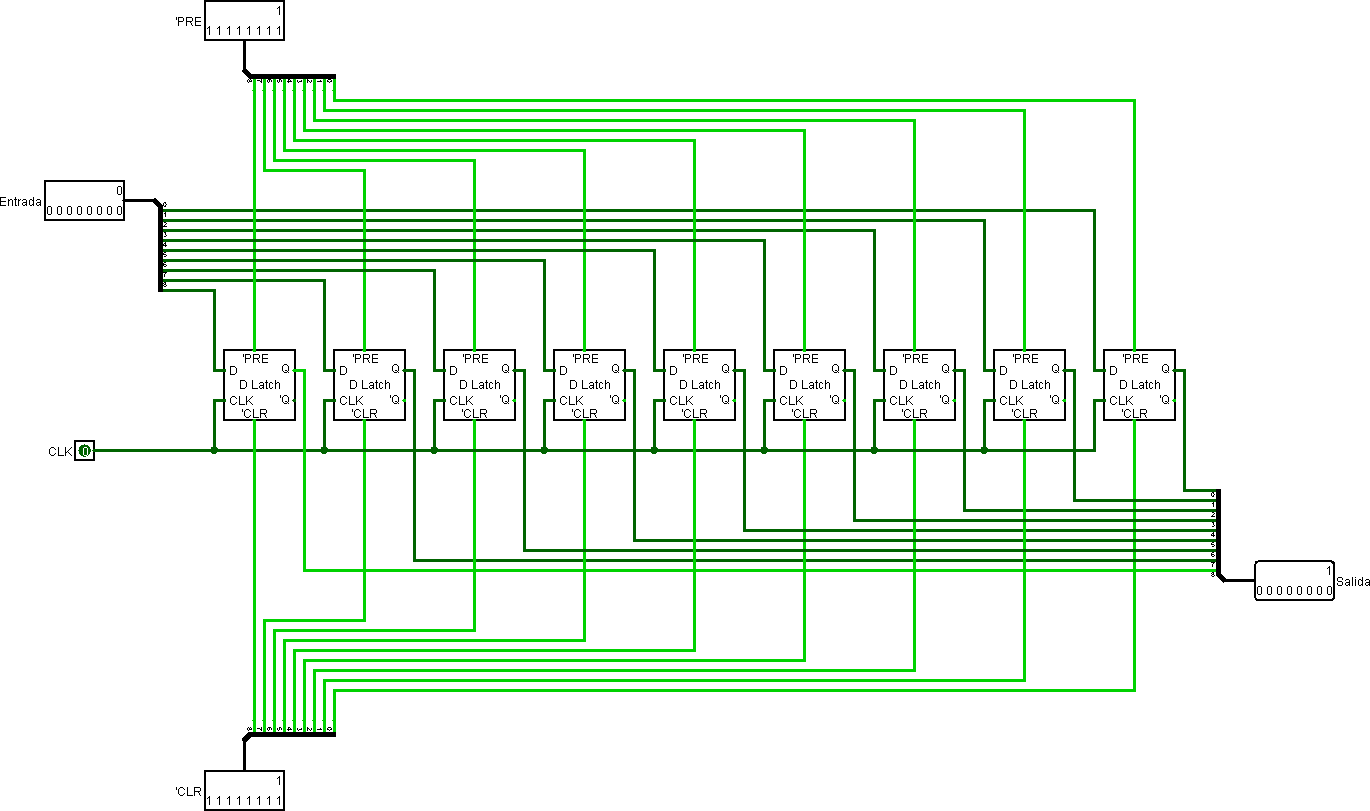
**Figura13.**AlmacéndeControlenLogisim.

## MPC:

Sufunciónprincipalesmantenerladireccióndelapróximamicroinstrucciónaejecutarenel almacén de control. Cada microinstrucción en el almacén de control tiene una dirección única, y el MPC se encarga de rastrear y seleccionar la siguiente microinstrucción que debe ser ejecutada.

Este puede ser actualizado de diferentes maneras:

* Incrementarse secuencialmente para ejecutar la siguiente microinstrucción en orden.
* Sercargadoconunanuevadirecciónbasadaenciertoscamposdelamicroinstrucción actual, permitiendo saltos dentro del programa de microinstrucción.



**Figura14.**MPCenLogisim.

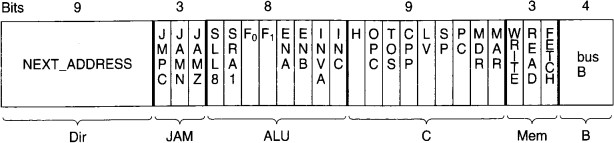
## MIR:

Su función es almacenar la microinstrucción que se encuentra actualmente en ejecución. Cuandounamicroinstrucciónesleídadesdeelalmacéndecontrol,secargaenelMIR.El contenido de este es lo que la unidad de control utiliza para generar señales de control

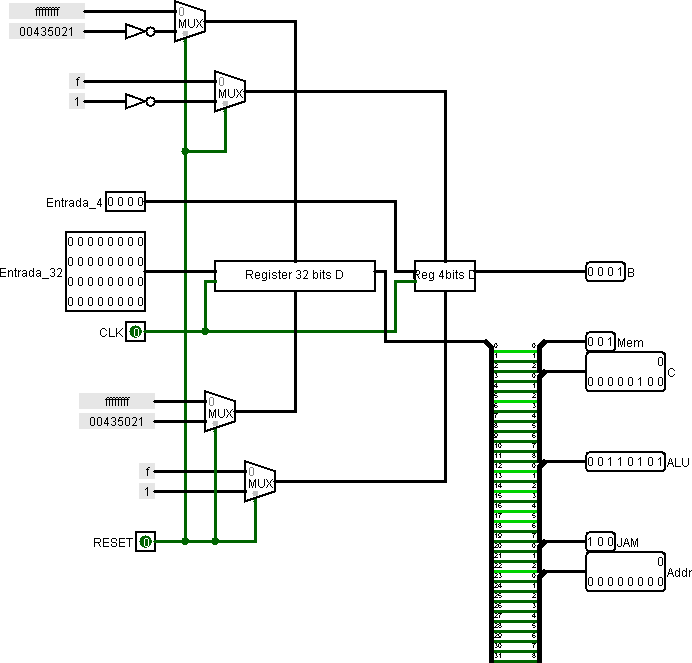
necesarias para la ejecución de la microinstrucción.

Cada microinstrucción en el MIR contiene campos que:

* Especifican las operaciones a realizar en la UAL.
* Determinan qué registros deben ser leídos o escritos.
* Controlan las señales de entrada y salida.
* Indican las condiciones para los saltos y la actualización del MPC.



**Figura15.**FormatodeMicroinstrucciones.



**Figura16.**MIRenLogisim.

## Microprograma:

El microprograma es una secuencia de microinstrucciones almacenadas en el almacén de controldelaMIC-1.Cadaunadeellasespecificaunaseriedeoperacionesdebajonivelque se deben realizar para ejecutar una instrucción de máquina. Este programa desempeña un papel fundamental en la arquitectura al traducir las instrucciones de alto nivel del programa en una serie de pasos detallados que el hardware del procesador puede llevar a cabo.

El microprograma descompone las instrucciones de máquina en microinstrucciones

individualesquecontrolanlasoperacionesinternasdelprocesador.Cadainstrucciónde máquina tiene una secuencia correspondiente en el microprograma. Además, el

microprograma incluye instrucciones para manejar el control de flujo, como saltos

condicionales e incondicionales, utilizando el MPC para seguir la secuencia correcta.

Cadamicroinstruccióncontienecamposquesondecodificadosenseñalesdecontrolporel decodificador. Estas señales dirigen las operaciones de los diferentes componentes del procesador, asegurando que las tareas se realicen en el orden correcto y que los datos se muevan adecuadamente entre los distintos elementos del sistema.

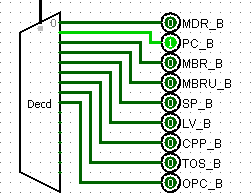
## Decodificador:

EldecodificadoresuncomponentecrucialdentrodelaMIC-1.Lasmicroinstruccionesenel MIR contienen varios campos que representan diferentes operaciones necesarias para la ejecución de una instrucción a nivel de microarquitectura. El decodificador traduce estos

camposenseñalesdecontrolespecíficasquepuedenserentendidasyejecutadasporlos componentes de la MIC-1. Estas señales de control se utilizan para activar y desactivar componentes como la UAL, los registros, la memoria y los buses.

Porejemplo,lasseñalesdecontrolpuedenindicarquéoperacióndeberealizarlaUAL,qué registros deben ser leídos o escritos, o cómo deben ser direccionadas las operaciones de memoria.

Eldecodificadortambiénayudaacontrolarelflujodedatosdentrodelamicroarquitectura, asegurando que las operaciones se realicen en el orden correcto y que los datos se muevan adecuadamente entre los diferentes componentes.



**Figura17.**DecodificadordentrodelaUnidaddeControlenLogisim.

# Conclusión

Porúltimoyparadarcierre,consideramosqueesnecesarioresumirtodoloquehemos aprendido en este proyecto, donde exploramos a detalle todos los componentes y sus

funciones dentro de la microarquitectura MIC-1.

Como dijimos al comienzo, la MIC-1 se divide conceptualmente en dos grandes partes: El Camino de Datos, el núcleo, donde se producen las operaciones aritméticas-lógicas a través delaUAL,yseguardanlosdatosmediantelosdiversosRegistrosconfuncionescomo*Load* y*Hold*,pasandotodoestoatravésdelDesplazadorpudiendohacerusodesucapacidadpara realizar un desplazamiento lógico o aritmético, llevando así la información a su salida para uno de los dos Buses, los cuales se encargan de transportar datos binarios y direcciones de memoria.Ylasegundagranparteconceptual,laUnidaddeControl,seencargademarcarun ritmo para coordinar y gestionar el cuándo y en qué orden se van a realizar las distintas

operacionesalmacenadascomosecuenciasdemicroinstruccionesenelMicroprograma,quea su vez se encuentra en el Almacén de Control, el cual es funcionalmente una memoria y por lo mismo hace uso de dos registros especializados: el MPC, encargado de contener la dirección de memoria de la próxima microinstrucción a ejecutar; y el MIR, el cual almacena

lamicroinstruccionesqueseencuentraenejecución,endondeelcontenidofuncionacomola alimentación del Decodificador, el cual traduce el contenido en señales de control.

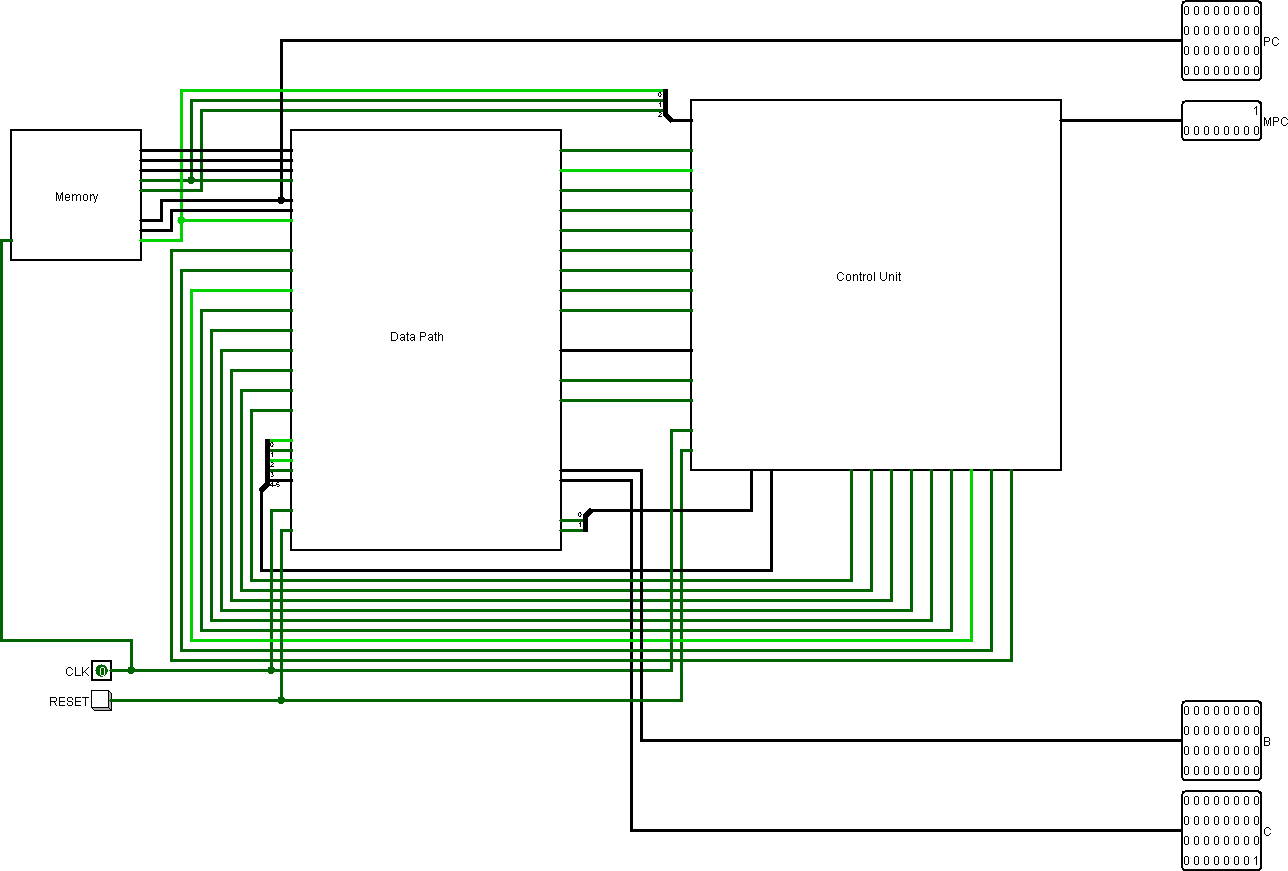
Además, a lo largo del proyecto entendimos cómo las instrucciones de alto nivel son desglosadas en operaciones relativamente más sencillas, lo que permite descomponer

operacionescomplejasenpasosmássimplesqueunaCPUpuedeejecutar,yenconjuntocon el uso del programa Logisim y su interfaz sencilla, fuimos capaces de comprender lo visto

durantelo largode la asignatura,de unamanera completa, didáctica,interactiva y visual.

Enresumen,esteproyectonoshapermitidodesglosarycomprenderloscomponentesy procesos esenciales de la microarquitectura MIC-1, proporcionando así una valiosa

experienciasobrelaArquitectura yOrganizaciónde Computadoras.



**Figura18.**MIC-1enLogisim.