

Cinvestav Unidad Guadalajara  
Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Nayarit

**“Especialización en Diseño de Circuitos Digitales”**

**Módulo 4**  
**Especificaciones Calculadora**

Alumno:  
**Emmanuel Modesto Orozco**

Septiembre del 2025

## Especificaciones

Esta calculadora acumulativa es un sistema digital síncrono que realiza operaciones aritméticas básicas manteniendo un valor acumulado. El sistema opera con números enteros con signo en representación de **complemento a 2 de 8 bits**, permitiendo un rango de **-128 a +127**. La precisión de las operaciones es de **2 dígitos decimales** para mejorar la utilidad en aplicaciones que requieren mayor exactitud.

## Puertos de Entrada

El sistema cuenta con **cinco puertos de entrada principales** que controlan su funcionamiento. La **señal de reloj (clk)** sincroniza todas las operaciones del sistema, asegurando que las transiciones ocurran de manera controlada. La **señal de reset** permite reiniciar el acumulador a cero en cualquier momento, proporcionando un mecanismo de recuperación ante condiciones no deseadas.

La **selección de operación se realiza mediante op\_sel[1:0]**, un bus de 2 bits que debe mantenerse estable mediante switches físicos, donde '00' corresponde a suma, '01' a resta, '10' a multiplicación por 2 y '11' a división entre 2. Para las operaciones aritméticas básicas, el sistema utiliza **data\_in[7:0]** físicamente implementado con switches, un bus de 8 bits que transporta el valor de entrada en formato complemento a 2. Finalmente, la **señal de cálculo (calc)** actúa como disparador de operaciones, ejecutando la instrucción seleccionada en el siguiente flanco de reloj activo.

## Puertos de Salida

La interfaz de visualización consta de **cinco displays de 7 segmentos** que muestran el resultado actual con precisión de dos decimales, **disp0[6:0]** controla el **dígito menos significativo (centésimas)**, **disp1[6:0]** maneja las **décimas**, **disp2[6:0]** las **unidades**, **disp3[6:0]** las **decenas** y **disp4[6:0]** las **centenas**. Adicionalmente, el sistema genera una **bandera de negativo (neg\_flag)** que se activa cuando el acumulador contiene un valor negativo, pudiendo conectarse a un LED dedicado para indicación visual inmediata. Para fines de depuración y monitorización, **acc\_out[7:0]** proporciona acceso directo al valor actual del acumulador en formato binario.

Las operaciones que debe soportar la calculadora son:

- **Suma:** Sumar el valor de entrada al valor actual del acumulador.
- **Resta:** Restar el valor de entrada al valor actual del acumulador.
- **Multiplicación por 2:** Multiplicar el valor actual del acumulador por 2.
- **División entre 2:** Dividir el valor actual del acumulador entre 2 (división entera).

El sistema debe incluir un método de entrada mantenida para **seleccionar la operación** mediante un selector de 2 bits:

- 00 para suma
- 01 para resta
- 10 para multiplicación
- 11 para división

La calculadora debe contar con una interfaz de entrada para **introducir los valores**, mediante interruptores DIP (DIP switches), las señales deben mantenerse.

El resultado actual debe almacenarse en un registro (acumulador) y actualizarse únicamente cuando se active una señal de “**calcular**”.

Debe incluirse una entrada de **reinicio** (reset) que permita establecer el acumulador en 0 en cualquier momento.

El resultado actual debe mostrarse en **displays de 7 segmentos**, soportando cinco dígitos.

El sistema debe manejar **números con signo** (positivos y negativos), utilizando representación en complemento a dos.

En caso de que el valor del acumulador sea negativo, se debe mostrar un **indicador de signo** mediante un LED dedicado.

El sistema debe operar de forma síncrona, basado en una **entrada de reloj** (clock).

Todas las operaciones deben ejecutarse en **un solo ciclo de reloj**, luego de activar la señal de cálculo.

## Estabilidad de Señales

Las **señales de control deben mantenerse estables** durante la operación. El selector de operación (op\_sel) debe implementarse con switches físicos que mantengan su estado, mientras que la señal de cálculo (calc) debe generarse mediante pulsadores con circuitos anti-rebote. Todas las entradas se sincronizan con el reloj principal para evitar condiciones de metaestabilidad.

## Manejo de Overflow y Condiciones de Error

El sistema incluye **protección contra desbordamiento** en todas las operaciones. En operaciones de suma y resta, si el resultado excede los límites de -128 o +127, se activa un flag de error y el acumulador mantiene el último valor válido. Para la multiplicación por 2, se verifica que el valor absoluto no exceda 63 antes de operar. En la división entre 2, se implementa **división entera con truncamiento hacia cero**, donde  $-7/2 = -3$  y  $7/2 = 3$ , manejando correctamente los casos límite como  $-128/2 = -64$ .

Internamente el acumulador trabaja con valores enteros en complemento a dos de 8 bits. Para efectos de visualización con dos decimales, el valor se interpreta en formato punto fijo (factor 100) y se despliega en cinco displays de 7 segmentos.

## Entradas (Inputs)

<b>clk</b>	Señal de reloj (clock) para sincronizar el sistema.
<b>reset</b>	Señal de reinicio del sistema. Cuando está activa, el acumulador se pone en 0.
<b>op_sel[1:0]</b>	Selector de operación (2 bits): 00 = suma 01 = resta 10 = multiplicación por 2 11 = división entre 2
<b>data_in[7:0]</b>	Valor de entrada (8 bits). Utilizado para suma y resta.
<b>calc</b>	Señal de cálculo. Ejecuta la operación seleccionada al activarse (pulso).

## Salidas (Outputs)

El sistema cuenta con **cinco salidas** hacia displays de 7 segmentos para mostrar el valor acumulado con **dos dígitos decimales de precisión**.

La asignación es la siguiente:

- **disp0[6:0] (centésimas):** controla el display de 7 segmentos correspondiente a las centésimas (segundo dígito decimal).
- **disp1[6:0] (décimas):** controla el display de 7 segmentos correspondiente a las décimas (primer dígito decimal).
- **disp2[6:0] (unidades):** controla el display de 7 segmentos correspondiente a las unidades enteras.
- **disp3[6:0] (decenas):** controla el display de 7 segmentos correspondiente a las decenas enteras.
- **disp4[6:0] (centenas):** controla el display de 7 segmentos correspondiente a las centenas enteras.

**neg\_flag**      Bandera de número negativo (puede conectarse a un LED o al display).

**acc\_out[7:0]**    Valor actual del acumulador.