

## Integrantes:

- Leidy Katherine Castelblanco Romero 20151005571
- Nicolás David Pastran Zamora 20151005087

## Profesor:

- Andrés Gaona

## Planteamiento del problema

Diseñar un procesador que calcule los coeficientes de un sistema de ecuaciones de  $3 \times 3$ , el cálculo debe tener un algoritmo asociado y ser optimo en cuando a tiempo de respuesta. Los datos se ingresarán desde un teclado ps2, de modo que se deberá hacer el controlador del teclado ps2, teniendo en cuenta que cada dato debe ser guardado después de la tecla enter, primero debe guardar todos ocho datos y después de esto empezar a organizarlos de mayor a menor para poder hallar la mediana, y visualizarla o en los leds de la FPGA o en la LCD de la FPGA.

## Solución

Como se realizó el controlador del teclado anteriormente, el diseño solo se enfocará en hacer el cálculo de los coeficientes que solucionan el sistema. El sistema se solucionara por medio de cálculo de determinantes.

## Diagrama de Bloques

### Caja Negra

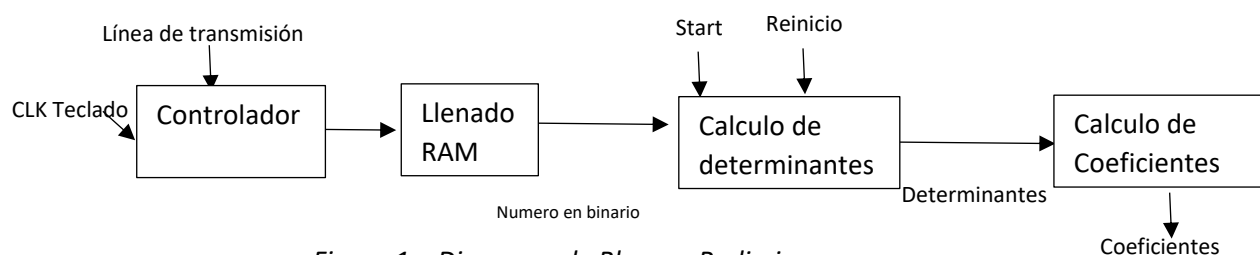
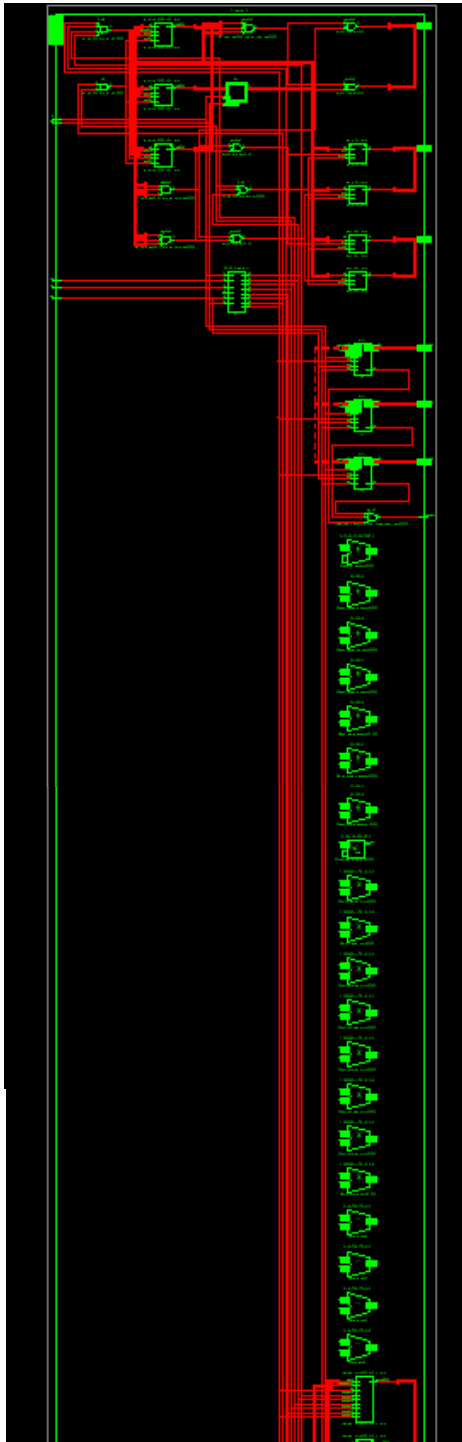
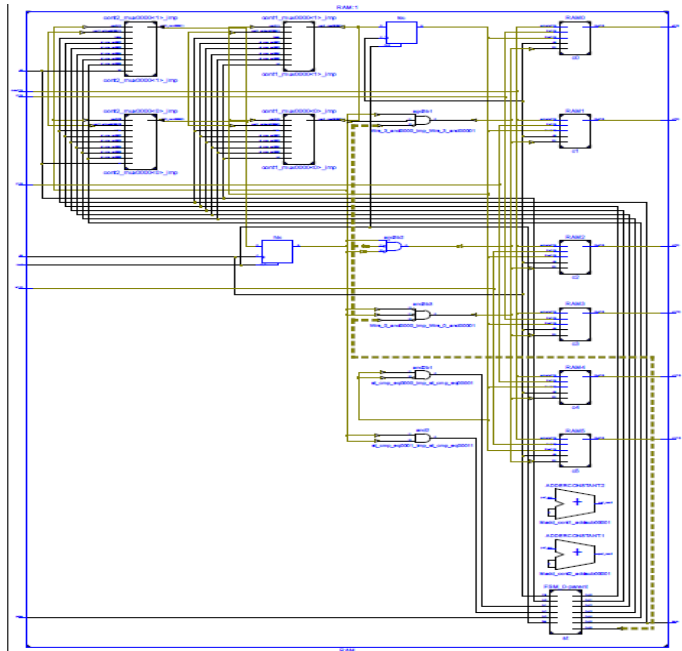


Figura 1 – Diagrama de Bloques Preliminar

## RTL Calculo determinante Y División

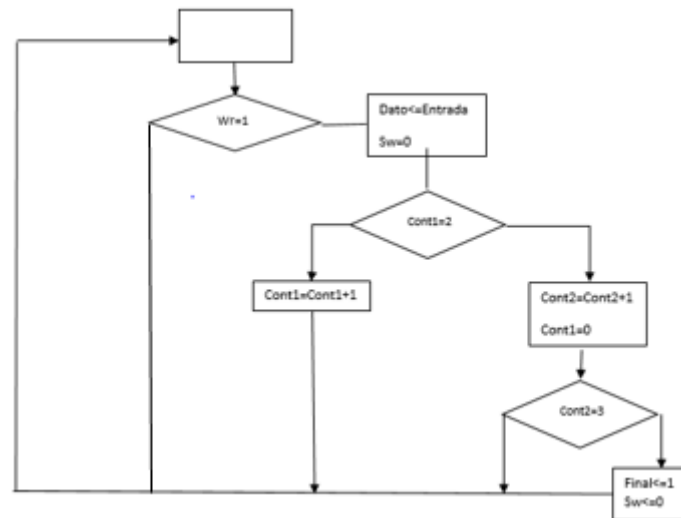


## RTL Llenado RAM

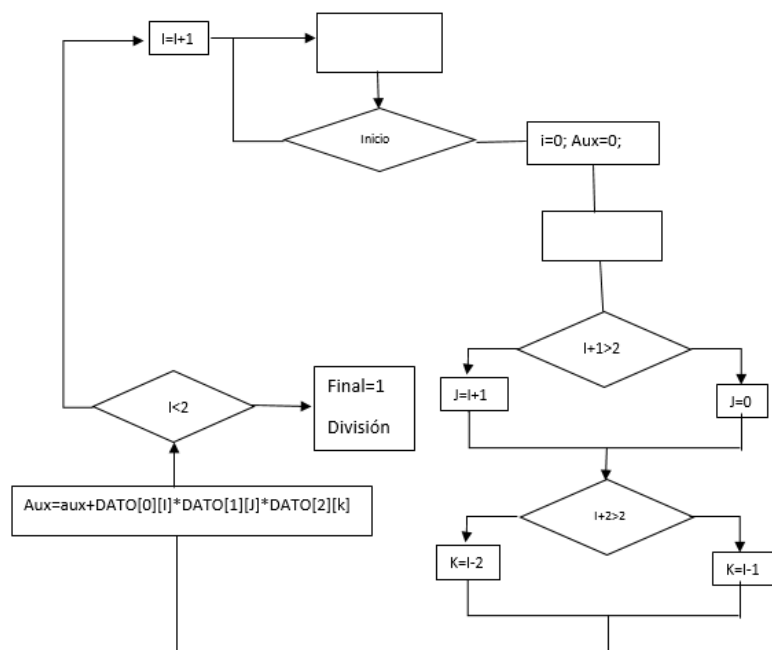


## Diseño

Lo primero que se realiza después del bloque controlador es el llenado de la RAM donde van a estar alojados los datos, esta consiste en llenar las 4 columnas de la matriz de forma sucesiva. Para esto se diseña la siguiente máquina de estados.

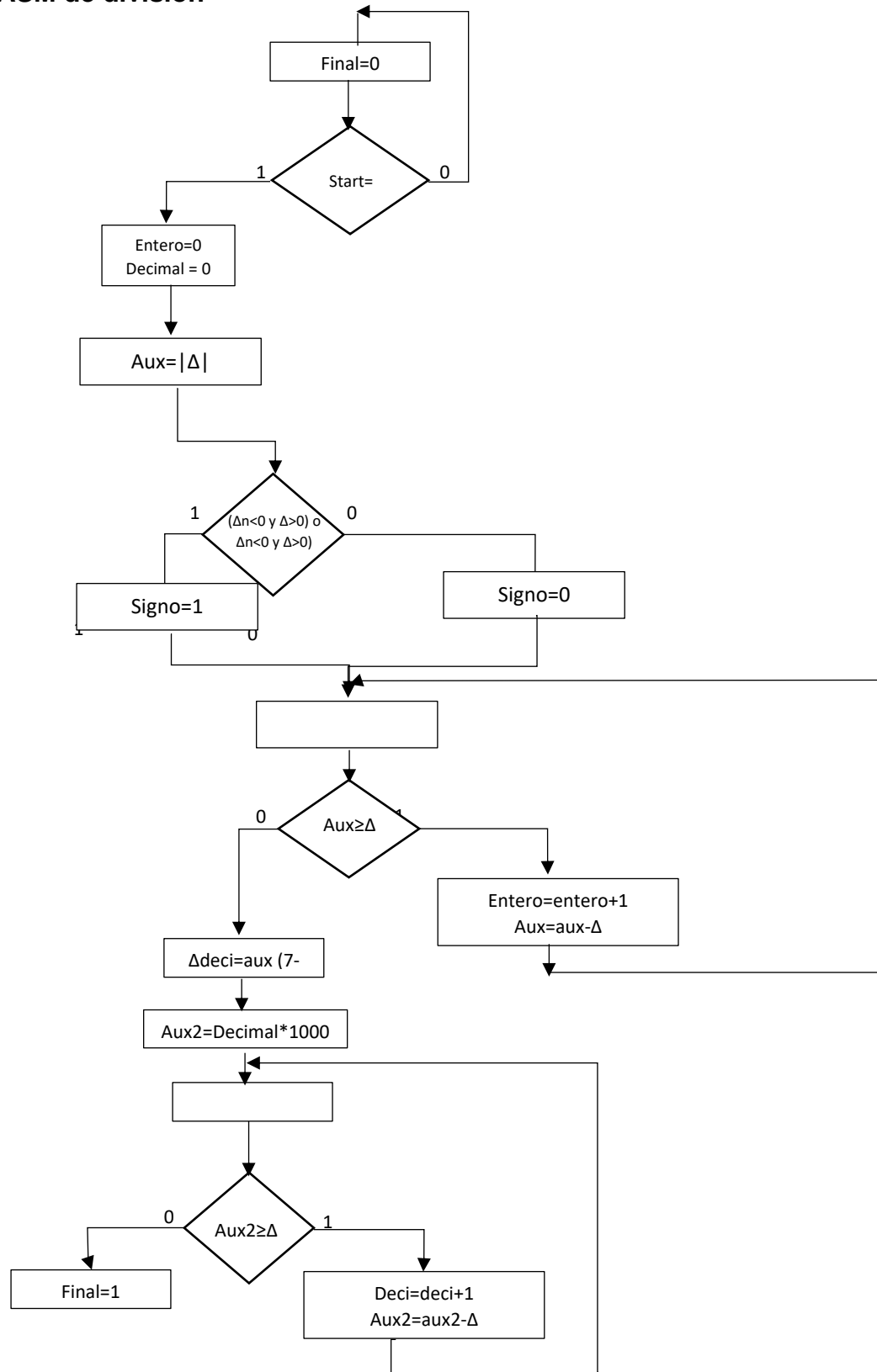


Después de que están todos los datos se activa una señal que le hace que un indique cuando se debe empezar el cálculo de los determinantes, para el cálculo de determinantes tenemos:



Como podemos ver en el modelo ASM para el cálculo del determinante se inicia la división cuando ya están todos los determinantes listos, en esta unidad se realizan los 4 determinantes al mismo tiempo, en las divisiones se ejecutan en paralelo y cuando se termina se activa una salida final, cuando están las 3 señales en alto indicara que ya está terminado el cálculo de coeficientes del sistema.

## Diagrama ASM de division



# Método usado para aumentar la velocidad del procesador

## Encadenamiento

```
when s3 =>
  suma<=suma+((x)*(y)*(z));
  sumax<=sumax+((x1)*(y)*(z));
  sumay<=sumay+(x)*(y1)*(z);
  sumaz<=sumaz+(x)*(y)*(z1);
  if(ai<"10") then
    st<=s4;
  else
    st<=s5;
  end if;
```

En este fragmento de código se puede ver como se implementó el encadenamiento, pues tiene multiplicadoras en serie y no contiene registros entre ellas, esto hace que la ruta crítica sea peor, aumentando el tiempo de retardo, sin embargo esto reduce el número de estados del ASM.

## Paramentos de desempeño

### Numero de recursos:

```
Device utilization summary:
-----

Selected Device : 3s700anfgg484-5

Number of Slices:                555   out of   5888    9%
Number of Slice Flip Flops:      309   out of  11776    2%
Number of 4 input LUTs:         1054   out of  11776    8%
Number of IOs:                   111
Number of bonded IOBs:          111   out of    372   29%
Number of MULT18X18SIOs:         10   out of    20    50%
Number of GCLKs:                  1   out of    24    4%
```

### Máxima frecuencia de operación:

```
Timing Summary:
-----
Speed Grade: -5

Minimum period: 10.050ns (Maximum Frequency: 99.499MHz)
Minimum input arrival time before clock: 14.885ns
Maximum output required time after clock: 8.566ns
Maximum combinational path delay: No path found
```

## Análisis de Resultados

### Simulaciones

#### Calculo de determinantes

Como vimos anteriormente se calculan primero los 4 determinantes, de la siguiente matriz

$$\left( \begin{array}{ccc|c} 2 & 1 & 5 & 11 \\ 10 & 2 & 2 & 8 \\ 11 & 3 & 8 & 5 \end{array} \right)$$

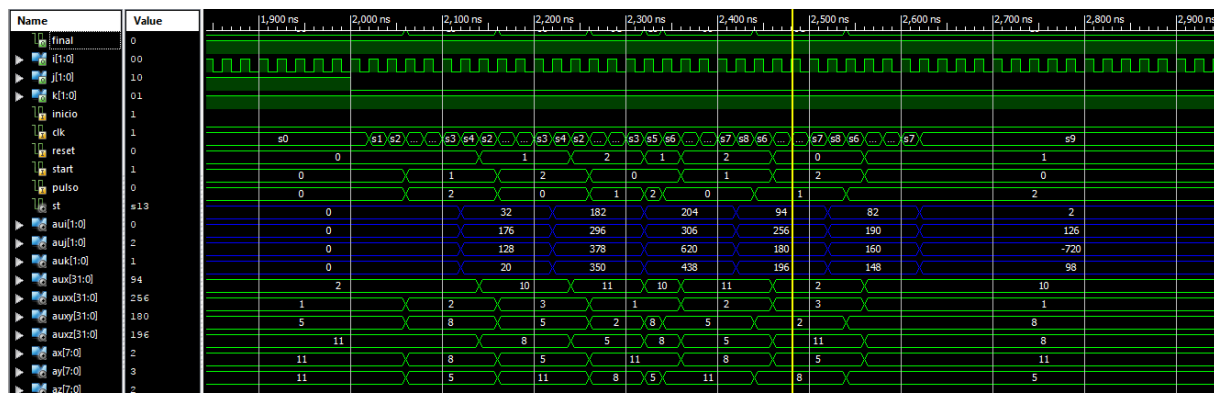
$$\Delta X \begin{bmatrix} 2 & 1 & 5 \\ 10 & 2 & 2 \\ 11 & 3 & 8 \end{bmatrix} = (2 * 2 * 8 + 1 * 2 * 11 + 5 * 10 * 3) - (11 * 2 * 5 + 3 * 2 * 2 + 8 * 10 * 1) \\ = 204 - 202 = 2$$

$$\Delta A \begin{bmatrix} 11 & 1 & 5 \\ 8 & 2 & 2 \\ 5 & 3 & 8 \end{bmatrix} = (11 * 2 * 8 + 1 * 2 * 5 + 5 * 8 * 3) - (5 * 2 * 5 + 3 * 2 * 11 + 8 * 8 * 1) = 306 - \\ 180 = 126$$

$$\Delta B \begin{bmatrix} 2 & 11 & 5 \\ 10 & 8 & 2 \\ 11 & 5 & 8 \end{bmatrix} = (2 * 8 * 8 + 11 * 2 * 11 + 5 * 10 * 5) - (11 * 8 * 5 + 5 * 2 * 2 + 8 * 10 * 11) \\ = 620 - 1340 = 816$$

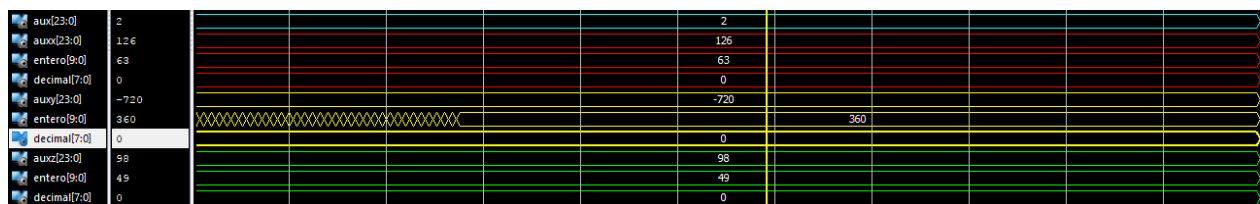
$$\Delta C \begin{bmatrix} 2 & 1 & 11 \\ 10 & 2 & 8 \\ 11 & 3 & 5 \end{bmatrix} = (2 * 2 * 5 + 1 * 8 * 11 + 11 * 10 * 3) - (11 * 2 * 11 + 3 * 8 * 2 + 5 * 10 * 1) \\ = 438 - 340 = 98$$

De la simulacion tenemos:



Los datos azules representan el cálculo del determinante (determinante x con aux. determinante A auxx, determinante B auxy, determinante C auxz), se van sumando las diagonales positivas y luego se restan las negativas por eso para el determinante X, se realiza la suma de  $(2 \cdot 8 \cdot 11)$  luego se le suma  $(1 \cdot 2 \cdot 11)$  y así sucesivamente, hasta terminar con todas las sumas, luego empieza a multiplicar de forma ascendente y a restarle al valor total hasta terminar las restas cuando termina se activa la salida en 1, que nos indica que el determinante ya está para empezar a hacer la división.

Como la división se realiza mediante restas sucesivas y el segundo número es muy grande la máquina de estados se demora muchos ciclos de reloj en calcular esta división. Podemos ver el determinante general en azul claro y el primer coeficiente su parte entera y su parte decimal en rojo, con su determinante para distinguir que la suma de la división entre el determinante general y el de la matriz resultante al intercambiar filas, es efectivamente 68 entero y 0 decimal. Ocurre de forma análoga con los demás determinantes.



## Conclusiones

- Para realizar las multiplicaciones es necesario, declarar las librerías signed o unsigned ya que la multiplicación cambia dependiendo del tipo de números que se le ingresa.
- Para hacer la división de números en binario, se pueden utilizar dos métodos, el primero secuencial utilizando el método de restas sucesivas mientras que el segundo combinacional por medio de ROM's que mapee la función  $1/x$  para el segundo se debe tener una ROM demasiado grande y con bastantes decimales, ya que si se multiplican dos números grandes pueda que el resultado de la ROM's de un número tan pequeño

comparable a cero, y al multiplicar por un numero grande la división deja de ser ceros, entonces no se puede implementar este método ya que no es muy exacto.

- Es importante destacar el valor del complemento de los numero ya que si no se tiene en cuenta se puede llevar a errores en el direccionamiento de los números.