

PRÁCTICA COMBINACIONAL

Realizadores de la práctica:

Khaoula Ikkene

Marc García Bonet



Universitat de les Illes Balears: Escola Politècnica

Superior

Grado de ingeniería informática

Profesor: Dr. Carlos Guerrero Tomé

ÍNDICE

Introducción	3
Descripción, componentes y funcionamiento del circuito	3
Subcircuitos	6
Pruebas con el componente TEST	7
Conclusiones	11

Introducción

En esta práctica se nos pide la implementación de un comparador de dos números A y B, cada uno de ellos de 3 bits. Disponemos de 3 bits de control: CA, CB, y CR, que determinan respectivamente en qué codificación están los dos números a comparar y el resultado.

Por otra parte, las salidas del circuito son R2, R1 y R0, estas salidas representan los bits del número con un mayor valor-siendo R2 el más significativo de los tres-, estos bits pueden representar el número codificado tanto en Complemento a 2 como en Signo-Magnitud según el valor de la entrada CR. Si dicha entrada es igual a 0 los bits R2, R1, R0 tienen que representar el número más grande en Complemento a 2, y en el caso de que sea igual a 1 R0, R1, R2 lo representarán en Signo-Magnitud.

Antes de todo dejamos claras las abreviaciones que vamos a usar:

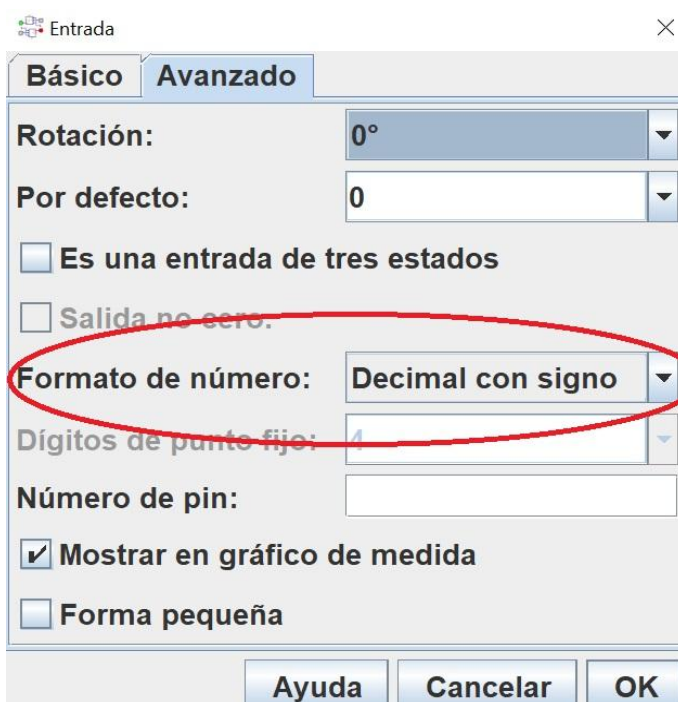
C2: Complemento a 2

SM: Signo-Magnitud

MUX: Multiplexor

Descripción, componentes y funcionamiento del circuito

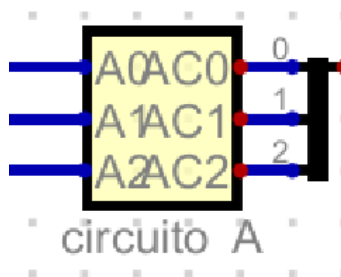
Para implementar un comparador de dos números de 3 bits ($A_2A_1A_0$ y $B_2B_1B_0$) que



pueden estar codificados en C2 (si $CA = CB = 0$) o en Signo-Magnitud (si $CA = CB = 1$) lo primero que vamos a hacer es tener los dos números en C2, para esto haremos clic derecho en todas las entradas correspondientes a los bits de cada número y accederemos a la pestaña de 'Avanzado' situada en la parte superior, en ella podremos cambiar el formato de número de

las entradas, en este caso, a decimal con signo; de esta manera, al juntar los tres bits mediante un agregador tendremos un cable con el valor en decimal de los bits de A o B codificados en C2.

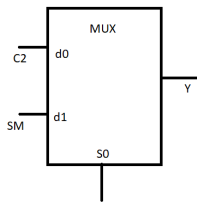
Cuando ya tenemos todos los números en C2 implementamos un circuito conversor de C2 a SM llamado circuito A, dicho circuito ha sido diseñado a partir de la creación y posterior minimización de una tabla de verdad que compara números en C2 y los números que tienen el mismo valor en SM. Se asigna cada bit de los números A y B a su correspondiente entrada del circuito y, de nuevo, usamos un agregador para juntar los tres bits de salida en un solo cable.



Cuando ya tenemos los valores en decimal de los bits en C2 y en SM implementamos un MUX de 2:1 cuya entrada de selección es el bit de control CA, que determina en qué codificación está el número A. En la entrada d0 conectamos el cable que proviene del agregador de los bits del número $A_2A_1A_0$ sin haber pasado por el circuito A, mientras que en la entrada d1 conectamos el agregador de las salidas de dicho circuito.

La tabla de verdad para el MUX será la siguiente:

S0	Y
0	d0
1	d1



Entonces si $S0(CA)=0$, la salida del MUX será $d0$, es decir, el valor en decimal del número A codificado en $C2$, por el contrario, si $S0=1$, la salida del MUX será $d1$, que corresponderá al valor en decimal de A codificado en SM .

En el segundo MUX de mismo tamaño, hacemos lo mismo pero ahora con los bits del segundo número: $B_2B_1B_0$

En la entrada de selección del MUX conectamos CB , que indica la codificación de $B_2B_1B_0$.

En la entrada $d0$ conectamos los bits $B_2B_1B_0$, y en la entrada $d1$ los mismos bits, pero conectados al circuito A que los convierte de $C2$ a SM .

A continuación usaremos un circuito llamado **Comp** que incluirá un comparador de Digital y un MUX de 8 entradas (2^3 casos posibles). En la entrada "A" del comparador conectamos la salida del primer MUX con un divisor, y en la "B" la salida del segundo MUX. En el comparador pueden ocurrir tres casos:

- $a > b$, la salida será: 100.
- $a = b$, su salida será: 010. En este caso vamos a elegir el primer número ($A_2A_1A_0$) ya que al ser iguales se puede elegir cualquiera de los dos.
- $a < b$, la salida será: 001.

Una vez que sabemos las salidas del comparador podemos determinar el mayor número de los dos.

Conectamos las salidas de dicho comparador, unidas mediante un agregador, a la entrada de selección del MUX. De acuerdo con las posibles salidas del comparador citadas en el párrafo anterior, conectamos en las entradas 001 y 010 el número $A_2A_1A_0$, y en la entrada 100 conectamos el número $B_2B_1B_0$. El hecho de que A esté en dos entradas mientras que B solo en una se debe a que en la entrada que nos indica que

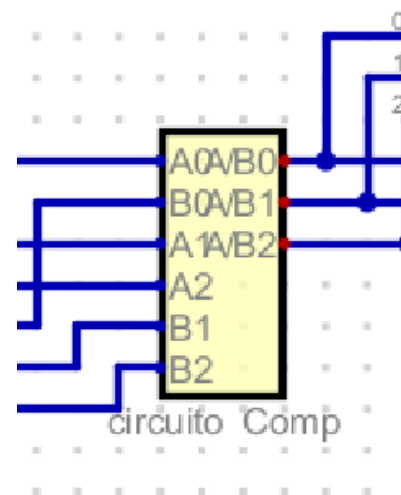
$A=B$ (d2) podemos conectar cualquiera de los dos indiferentemente, por tanto, podríamos tener A solo en d1 y B en d2 y d4 sin que afectara al funcionamiento del circuito.

En los 5 casos restantes (000, 011, 101, 110, 111) conectamos sus entradas a tierra, porque nunca van a ocurrir, puesto que tenemos solo 3 posibles casos.

Ahora bien, nos falta el último paso para acabar el circuito: convertir la codificación del número resultante a C2 o SM según la entrada CR. Para ello implementamos un MUX de tamaño 2:1, con CR como entrada de selección.

Si $CR=0$, el número tiene que estar codificado en C2, como la salida del circuito Comp ya refleja un valor codificado en C2, no hay que hacer nada, así que en la entrada d0 conectamos directamente la salida de dicho circuito.

Si $CR=1$, la codificación a utilizar será SM, por tanto, tenemos que conectar la salida del circuito Comp al circuito A mediante el uso de un cable divisor para que se realice la conversión de C2 a SM, luego, juntamos las salidas con un agregador y conectamos el cable a la entrada d1 del MUX.



Una vez hecho esto, conectamos los 3 bits del número resultado ($R0, R1, R2$) a la salida del MUX mediante un cable divisor.


Subcircuitos

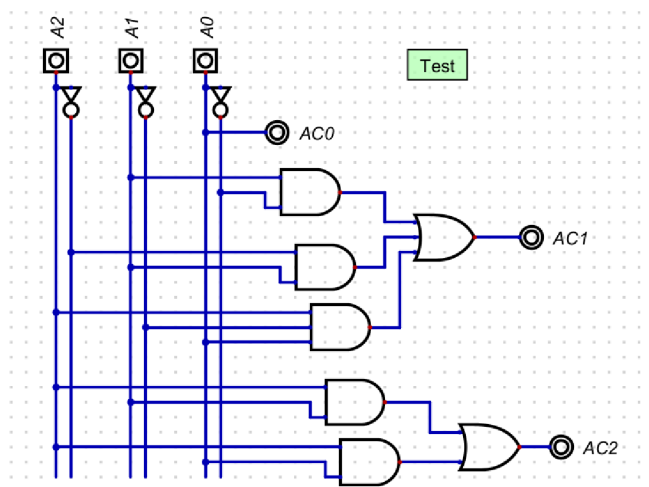
Circuito A:

El circuito A representa la operación de convertir los números de Complemento a 2 a Signo-Magnitud.

Trazamos la tabla de verdad: como cada número tiene 3 bits, tendremos 8 posibles casos. Llamamos a los bits resultados como $AC0, AC1$, Y $AC2$. Una vez tenemos la tabla, usamos los mapas de Karnaugh para minimizar cada bit de salida.

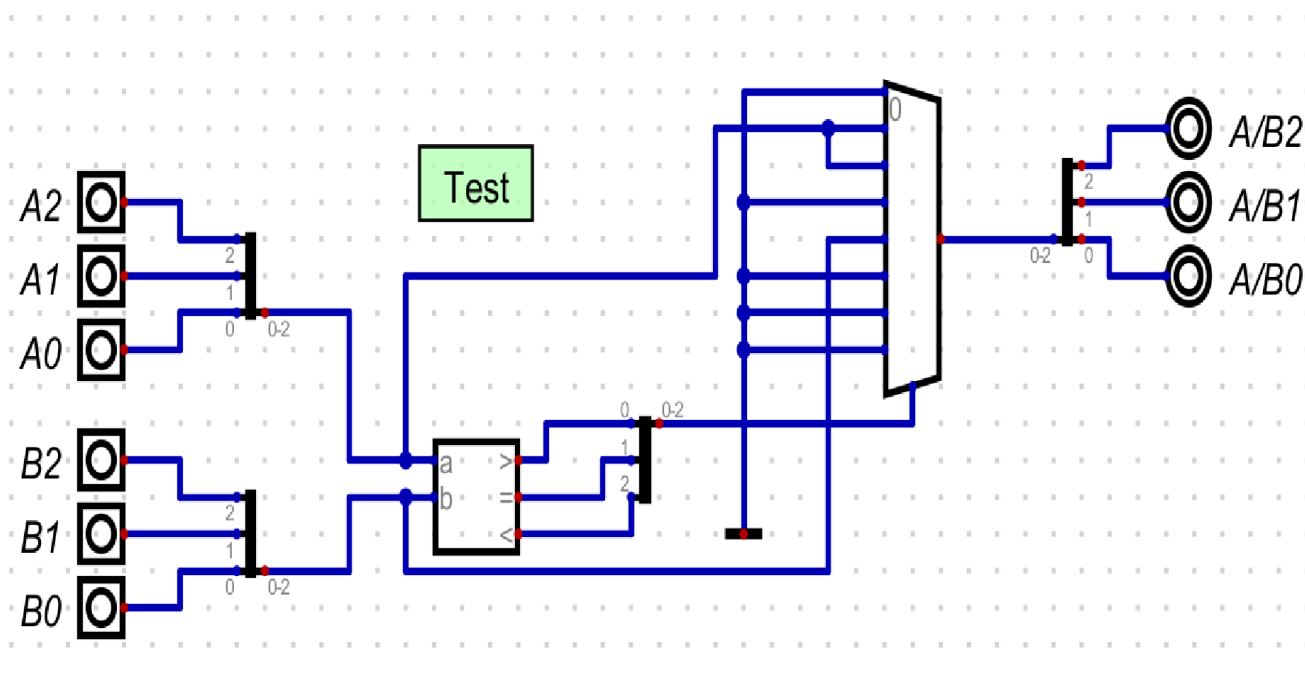
Consulte el siguiente PDF:

 CircuitoA .pdf



Circuito Comp:

El circuito Comp se trata de un comparador y un MUX de 8 entradas y 3 bits de datos. La salida del comparador es la que se usa como entrada de selección para el MUX, y del MUX sale el número con mayor valor.



Pruebas con el componente TEST

Para poder comprobar que el circuito funciona correctamente se ha hecho la prueba con varios casos que resulta interesante estudiar. De todas maneras, hay numerosas situaciones en las que independientemente del valor de CA, CB y CR la salida será siempre la misma, estos son todos aquellos casos en los que el bit más significativo de ambos números A y B sea 0 ($A_2 = B_2 = 0$) y los otros dos bits sean iguales, ya que cuando un número es positivo (es decir, que cuando escrito en C2 o SM empieza por 0) se expresa igual en ambas codificaciones, por ejemplo, $3_{(10)}$ se escribe 011 tanto en C2 como en SM.

En el circuito general tenemos 9 entradas (A2, A1, A0, B2, B1, B0, CA, CB, CR) por lo tanto, los posibles casos son: $2^9=512$.

Consulta la siguiente hoja de cálculo: [📄 Tabla de verdad circuito general.](#)

En el caso del circuito A hay 3 entradas, luego hay $2^3=8$ casos posibles.

Consulta la siguiente hoja de cálculo: [📄 Tabla de verdad circuito A](#)

Los componentes test sirven para comprobar si el circuito funciona como se espera, se introduce la tabla de verdad en dicho componente y se ejecuta la prueba, las salidas de todas las combinaciones de la tabla de verdad que coincidan con el funcionamiento real del circuito estarán coloreadas en verde, por el contrario, si alguna de las salidas no coincidiera con lo que indica la tabla de verdad, esta adquiriría un color rojo. Si todas las líneas del test de prueba tienen sus salidas en verde, aparecerá un mensaje diciendo 'pasado', en caso contrario, aparecerá un mensaje diciendo 'fallado'.



Botón a pulsar para comprobar si el circuito funciona correctamente.

Nótese que en los casos:

A2	A1	A0	B2	B1	B0	CA	CB	CR
1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	1

El valor en decimal de R no coincidirá debido a que es igual a -4, este valor puede ser representado en C2 con 3 bits, en cambio, esto no sucede en SM, ya que el primer bit solo se usa para indicar el signo del número.

Esto es debido al hecho que el rango de 3 bits en C2 y en SM no coinciden.

Rango de 3 bits en C2: [-4, 3]

Rango de 3 bits en SM: [-3,3]

Pero esto no generará ningún problema, ya que en el caso de que el número mayor es 100 en SM y lo queremos expresar en la codificación de C2, la salida será:

$R_2 = R_1 = R_0 = 0$, es decir el número es 000.

Y al revés no tendrá ningún sentido, pues convertir $100_{(C2)}$ a SM es imposible con solo 3 bits porque queda fuera de su rango de representación, tal como acabamos de ver en el párrafo anterior.

Veamos más casos:

- Si $CA = 0$, $CB = 1$, $A = 100$, $B = XXX$

La salida siempre va a ser el número B independientemente de su valor, porque el valor decimal del número A es -4, y es menor que todos los posibles casos del número B que está codificado en SM. Consulte la tabla de verdad 1.

- Si $CA = CB = 0$, $A = 100$, $B = XXX$. Consulte la tabla de verdad 2.

Otra vez el número A, cuyo valor en decimal es -4, será menor que todos los posibles casos de B, excepto el caso en que $B = A$, entonces la salida del circuito será 100.

- Si $CR = 0$, la salida es $100_{(C2)}$.
- Si $CR = 1$, volvemos a decir que no tiene sentido convertirla a SM, ya que queda fuera de su rango de representación.


La tabla de verdad 1:

A ₂ A ₁ A ₀ está codificado en C2				B ₂ B ₁ B ₀ está codificado SM			
A ₂	A ₁	A ₀	Valor en decimal	B ₂	B ₁	B ₀	Valor en decimal
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	2	0	1	0	2
0	1	1	3	0	1	1	3
1	0	0	-4	1	0	0	0
1	0	1	-3	1	0	1	-1
1	1	0	-2	1	1	0	-2
1	1	1	-1	1	1	1	-3

La tabla de verdad 2:

A ₂ A ₁ A ₀ y B ₂ B ₁ B ₀ están codificados en C2							
A ₂	A ₁	A ₀	Valor en decimal	B ₂	B ₁	B ₀	Valor en decimal
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	2	0	1	0	2
0	1	1	3	0	1	1	3
1	0	0	-4	1	0	0	-4
1	0	1	-3	1	0	1	-3
1	1	0	-2	1	1	0	-2
1	1	1	-1	1	1	1	-1

Como ejemplo de una prueba podemos poner la del circuito A:

Estos valores los hemos sacado de la tabla de verdad del circuito A.  CircuitoA.pdf

✓ pasado						
	A2	A1	A0	AC2	AC1	AC0
L2	0	0	0	0	0	0
L3	1	0	0	0	0	0
L4	0	1	0	0	1	0
L5	1	1	0	1	1	0
L6	0	0	1	0	0	1
L7	1	0	1	1	1	1
L8	0	1	1	0	1	1
L9	1	1	1	1	0	1

Véanse los componentes de test de cada circuito, todos ellos creados a partir de la tabla de verdad de su circuito correspondiente.

Conclusiones

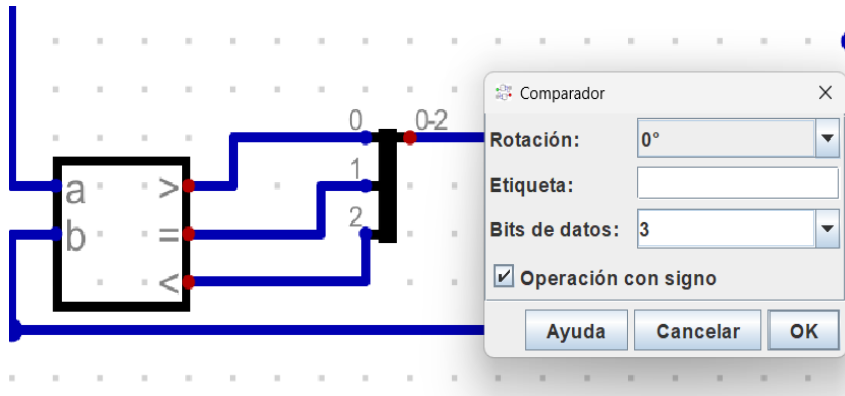
La práctica una vez se entiende bien no tiene dificultades desafiantes. Pero sí que requiere mucho trabajo y concentración.

Primero hemos planteado hacer un comparador de dos números en sus codificaciones originales sin tener que hacer ninguna conversión de una codificación a otra.

Consulta el siguiente documento para más detalles:

Práctica

Como aparece en el documento, hay 4 casos principales y cada uno de ellos a la vez tiene 4 subcasos, es decir, son 16 (4x4) casos posibles en total. Y era difícil implementar un circuito global con tantos subcasos. También había un inconveniente: la aplicación de Digital no tiene implementada la codificación del SM y, por lo tanto, había que hacer un circuito que sea capaz de leer, si queremos decir, el valor del número en SM escrito en binario. Pero surgió después el segundo problema: el comparador de Digital no puede comparar dos números en distintas codificaciones. Es decir, o bien teníamos que comparar los dos números en C2 o en SM. Así que hemos optado por la primera opción: convertir los números que están codificados en SM a C2, aprovechando la ventaja de que la aplicación de Digital viene con la opción de elegir el formato de número en binario con signo que corresponde a la codificación en C2, y también la posibilidad de comparar los dos números en C2 en el comparador activando el ☐ de “Operación con signo”.



Otras dificultades que tuvimos era la formación del grupo (los dos no teníamos pareja antes de juntarnos), la poca experiencia y conocimiento del funcionamiento de Digital porque teníamos que consultar el manual frecuentemente para asegurarnos del funcionamiento de cada componente y evitar errores ejecutivos. A última hora decidimos hacer un cambio creando el circuito Comp ya que antes de ello su contenido estaba en el circuito general, haciéndolo así poco intuitivo y demasiado largo

Cabe añadir que los importantes frutos de esa práctica fueron la compartición de conocimientos y de formas de analizar un problema determinado de la asignatura, el aprendizaje de trabajar en equipos, la posibilidad de tener una segunda opinión externa y objetiva de cualquier parte del trabajo y mucho más.

De esta práctica también hemos aprendido la gran utilidad de los multiplexores en la vida real, y hemos practicado un poco nuestros conocimientos de sistemas digitales en un caso que podría perfectamente ser de la vida real.