

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Campus Tecnológico Central Cartago

Escuela de Computación
Fundamentos de Organización de Computadoras IC-4000

Entrega 3 - Proyecto 1

Kevin Yadir Calvo Rodríguez (2023367224)
Ledvin Manuel Leiva Mata (2023071280)

29 de mayo de 2023
Primer semestre

Prof. Ing. Esteban Arias Méndez, M.Sc.

Abstract:

This document shows all the circuits made to create a selector with options to add, subtract or calculate the complement in base 2 of binary numbers, giving the results in binary and in a display of 7 LEDs in decimal numbers, after that it shows the circuits could made possible to turn from different bases such as decimal, hexadecimal, and octal and represent it in a display led 7 segments. It contains the explanation of each circuit made and examples of its usage, as well as the explanation of each part used in each circuit.

Proyecto: <https://circuitverse.org/users/179323/projects/sumador-completo-bf471dba-da17-4613-a357-455f3dd5a23a>

Marco Teórico:

Para este proyecto se utilizó una plataforma llamada circuitverse. En esta plataforma se pueden realizar simulaciones de circuitos para comprobar cómo funcionarían en físico. Estas simulaciones se pueden hacer individualmente o con colaboradores que es como se hizo este proyecto.

Para este proyecto se creó un circuito en conjunto. Dentro de este circuito hay varios subcircuitos que se usaron dentro de otros de los subcircuitos. Estos subcircuitos y su información se encuentran en el marco metodológico. Para incluir estos subcircuitos dentro de otros de los subcircuitos se usó la opción de encapsular circuitos que incluye la página web.

En este proyecto se utilizaron entradas binarias, constantes, compuertas lógicas, decodificadores, multiplexores, contadores, salidas binarias y displays de 7 leds.

Las entradas binarias ayudan a introducir valores deseados para obtener los resultados. El valor de estas entradas puede ser modificado, pero solo tiene 2 posibles valores que son: "1" o "0". Por el contrario las constantes no pueden ser modificadas, siempre tendrán el mismo valor y al igual que las entradas binarias sólo pueden tener los valores "0" o "1".

Logicbus [1] determina que las compuertas lógicas son circuitos electrónicos conformados internamente por transistores que se encuentran con arreglos especiales con los que otorgan señales de voltaje como resultado o una salida de forma booleana, están obtenidos por operaciones lógicas binarias. Entre los tipos de compuertas se encuentran: and, or, if, not, nand, nor, xor, xnor.

Camacho, L. [2] define los decodificadores como un circuito lógico que acepta un conjunto de entradas. Representa un número binario y solo activa la salida que corresponde a ese número de entrada. Para esto existe una característica fundamental que permite que, para cada combinación de entradas, sólo una de las salidas tiene un nivel lógico diferente a las demás.

De acuerdo con electrónicaonline [3], los multiplexores son un dispositivo que tiene múltiples entradas y salidas de una sola línea. Las líneas de selección determinan que entrada está conectada a la salida y también aumentan la cantidad de datos que se pueden enviar a través de una red dentro de un tiempo determinado.

Según electrónica completa [4], los contadores digitales son circuitos de tipo secuencial síncrono y/o asíncrono, el cual tiene una entrada de tipo reloj que activa

una serie de circuitos lógicos para establecer como salida un número en formato de código que otro componente pueda entender.

Las salidas binarias, al igual que las entradas y constantes, solo podrán tener los valores "0" o "1". El valor de estas salidas será determinado por las operaciones que se ejecuten sobre las entradas y constantes del circuito.

El display de 7 leds es otra forma de representar los resultados obtenidos. Este display de 7 leds para crear imágenes que representen los resultados. Cada uno de los leds representa una línea y están ordenados como un ocho. En este proyecto se usaron estos display para representar los resultados obtenidos en base decimal, en total se necesitó realizar 10 combinaciones distintas de los 7 leds, sin embargo, en total se pueden realizar hasta 128 combinaciones distintas.

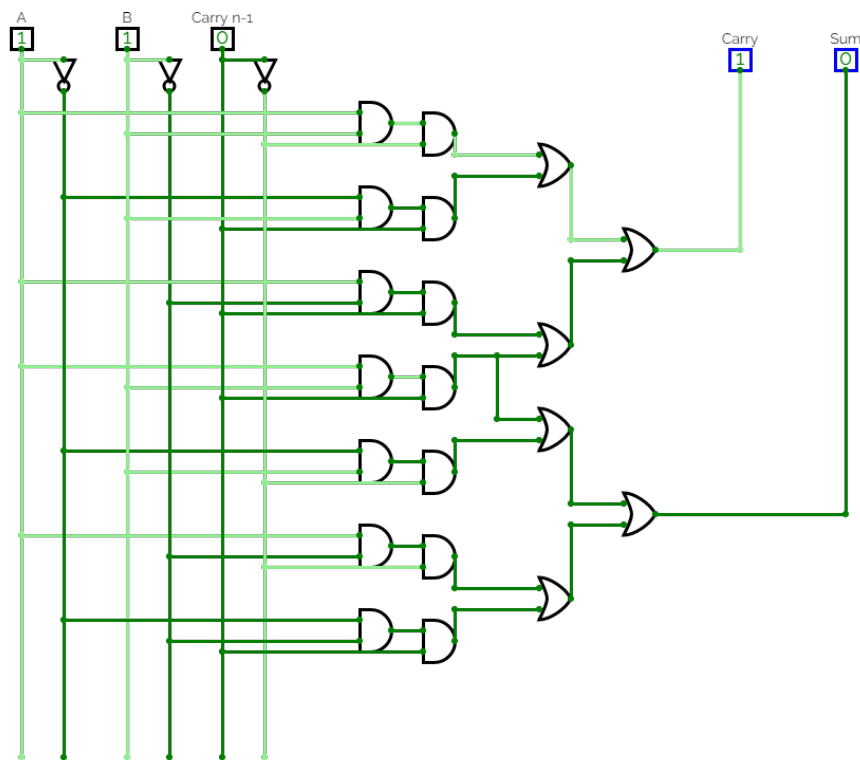
Marco Metodológico

Sumador Completo 1 bit:

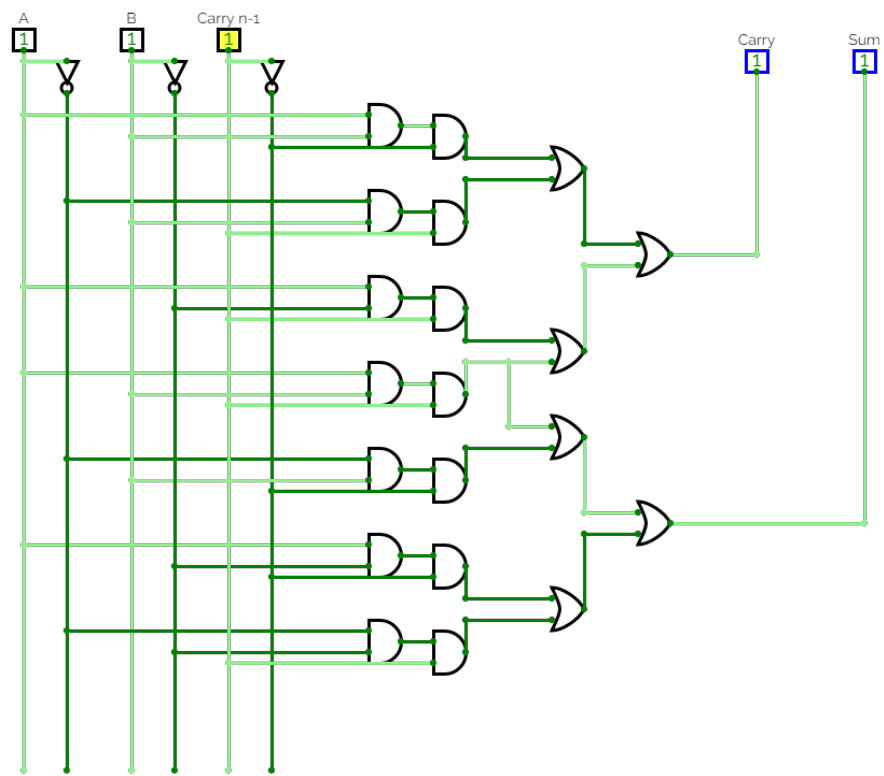
Realiza una suma de 2 números binarios de 1 bit y el acarreo de una suma anterior, y retorna el resultado y acarreo respectivo. Este sumador se usa para crear otros circuitos como el sumador completo o el double dabble usado en este proyecto.

Pruebas:

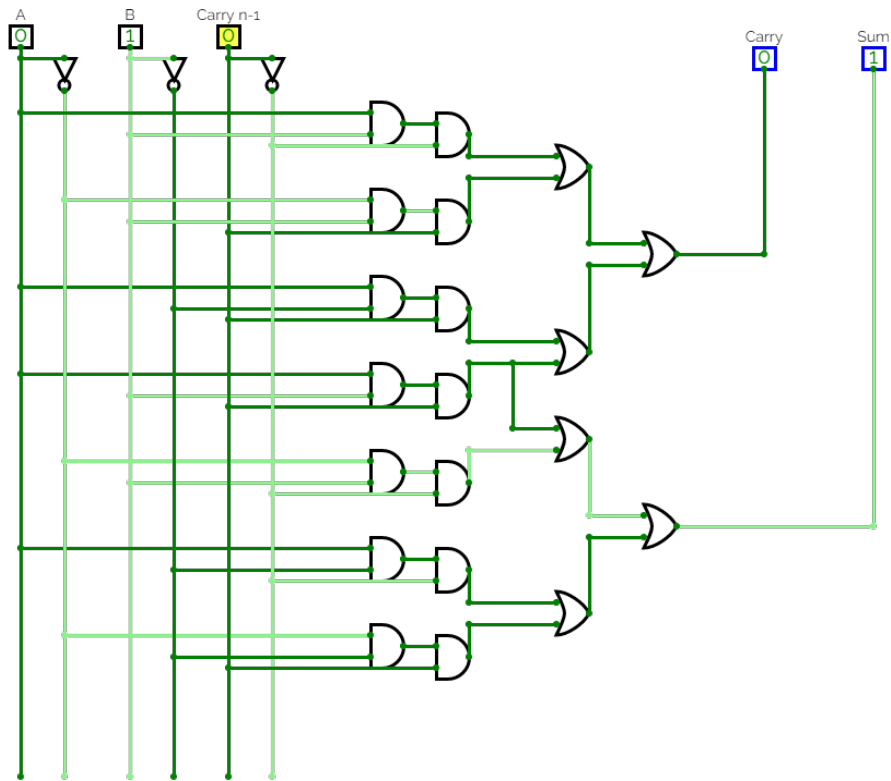
- $1 + 1 + 0 = 10$



- $1 + 1 + 1 = 11$



- $0 + 1 + 0 = 01$

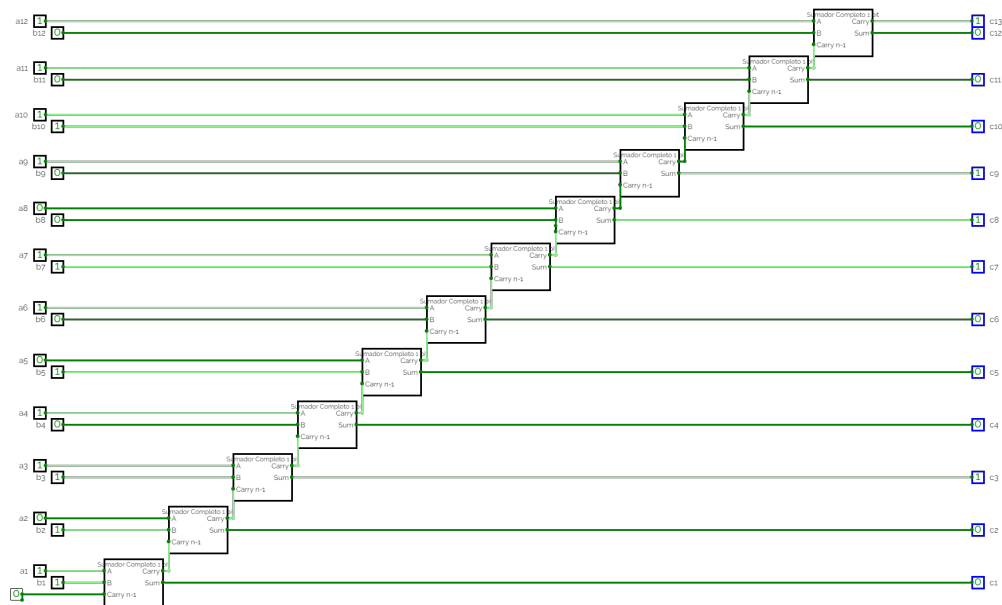


Sumador Completo 12 bits:

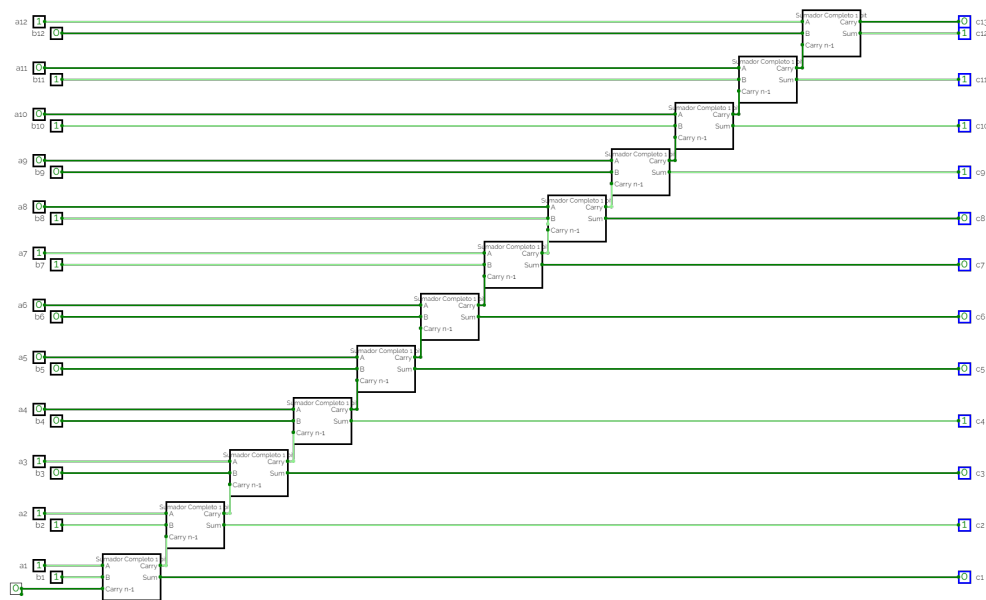
Realiza sumas de números binarios de máximo 12 bits. Está compuesto por 24 entradas, 1 constante, 12 sumadores completos de 1 bit y 13 salidas. En la suma de los primeros bits utiliza de acarreo 0 debido a que no hay una suma de bits previa. En las siguientes sumas de bits utiliza de acarreo el acarreo dado por la suma anterior de bits.

Pruebas:

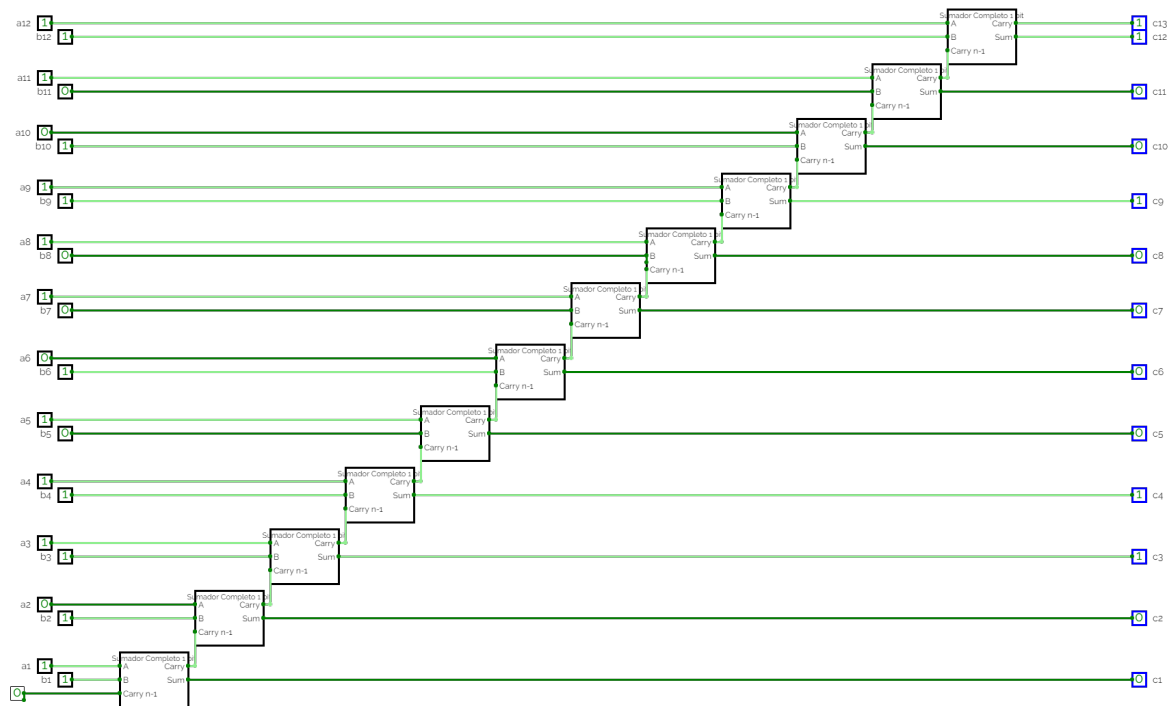
- $111101101101 + 001001010111 = 1000111000100$



- $100001000111 + 011011000011 = 0111100001010$



- $110111011101 + 101100101111 = 1100100001100$

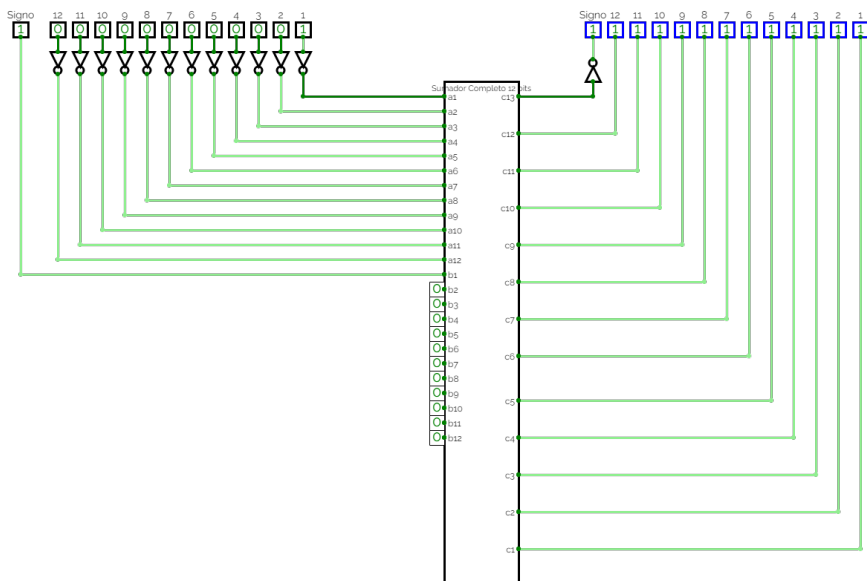


Complemento base 2:

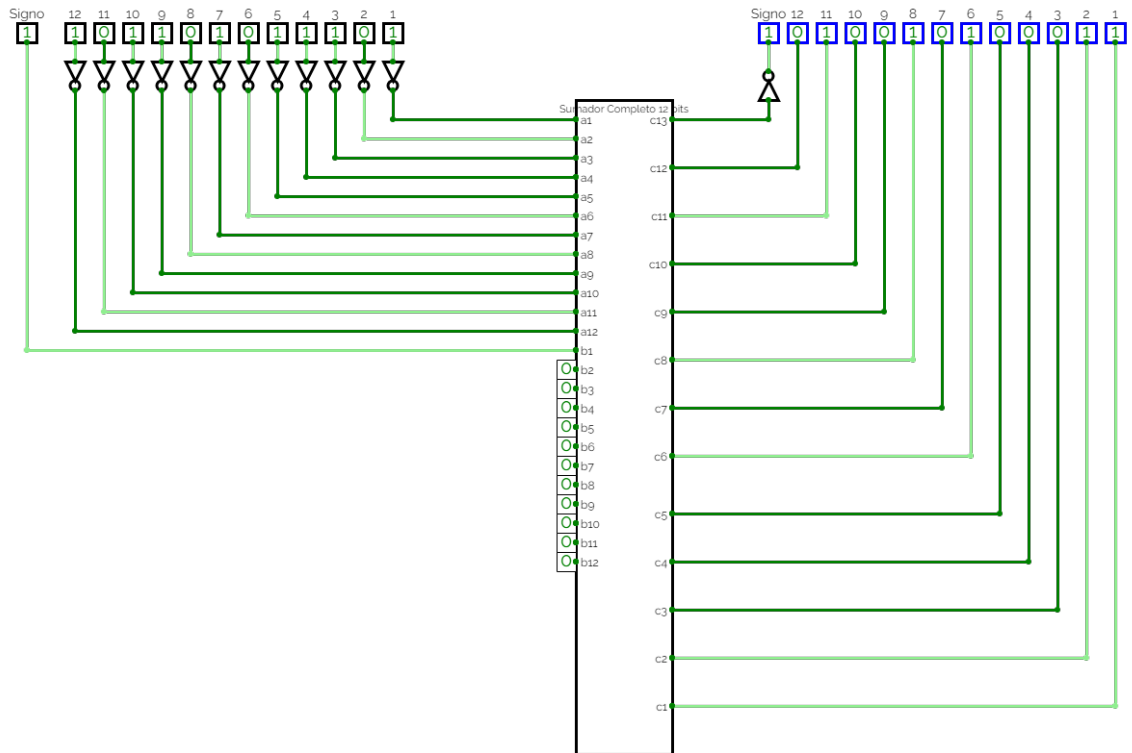
Toma un número de 12 bits y lo convierte a su complemento base 2 negativo. Esto lo hace usando not en cada uno de los bits del número para invertirlo y luego haciendo una suma con el sumador completo de 12 bits entre el número invertido y 1.

Pruebas:

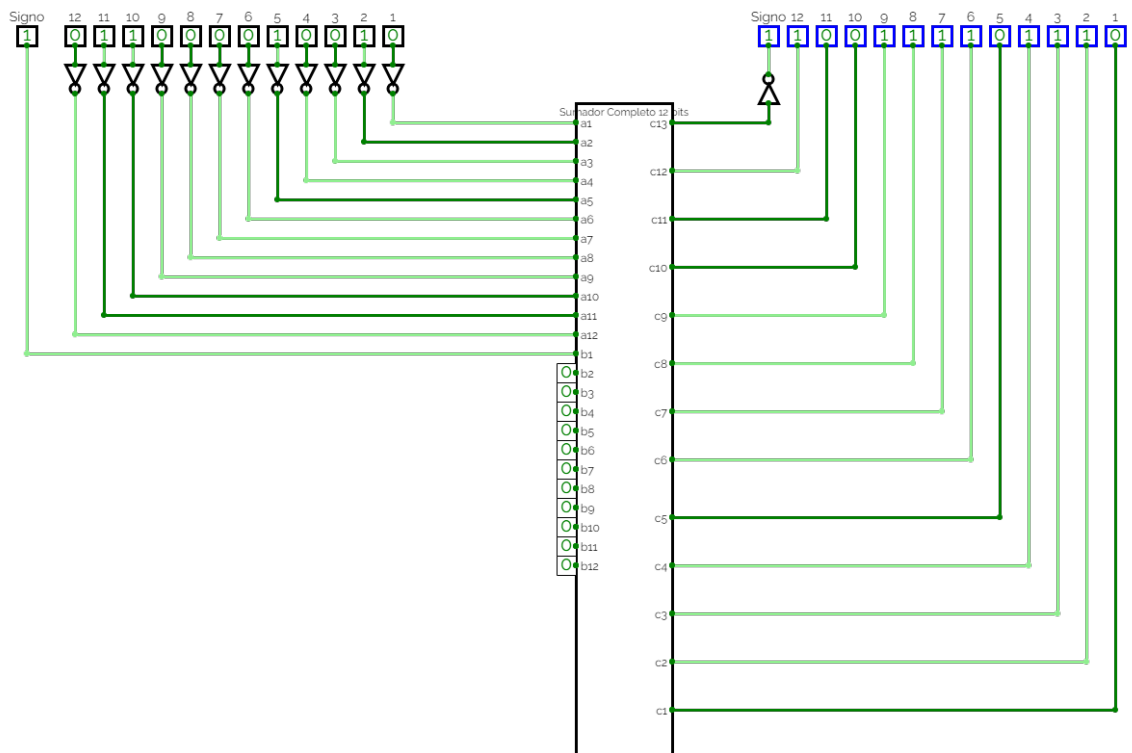
- 000000000001 = 111111111111



- 101101011101 = 1010010100011



- 011000010010 = 1100111101110

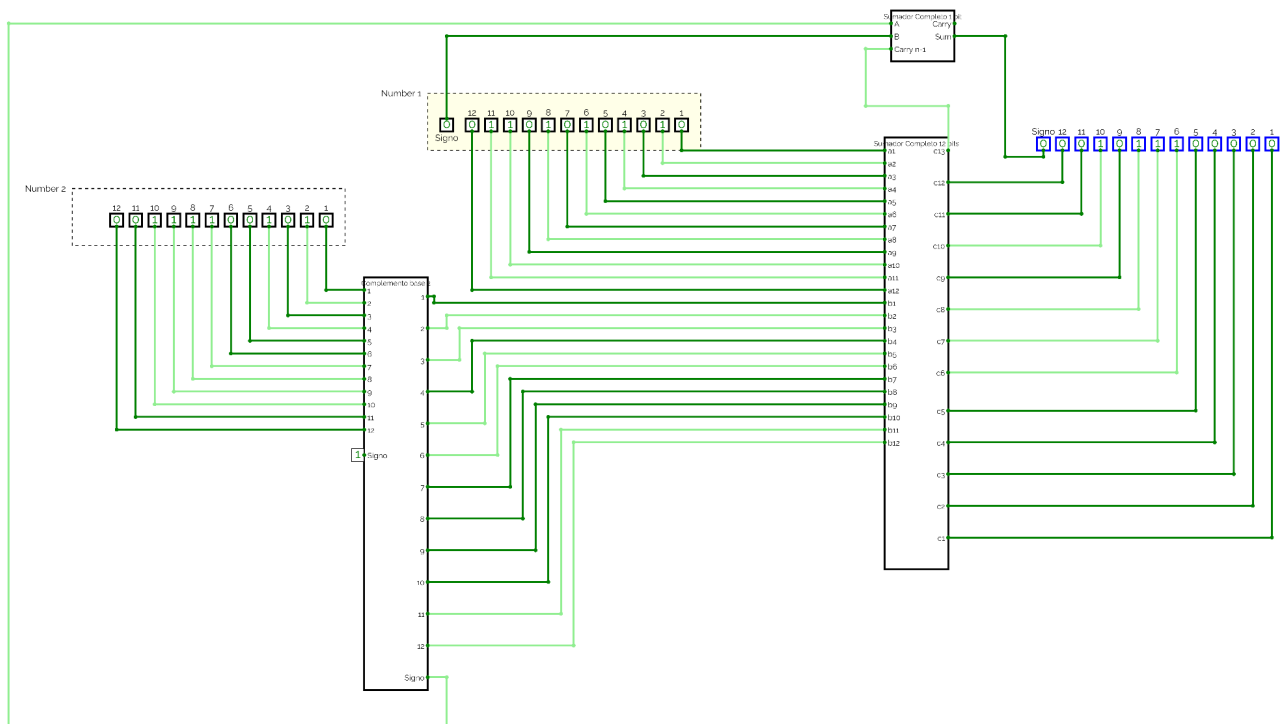


Operación de resta:

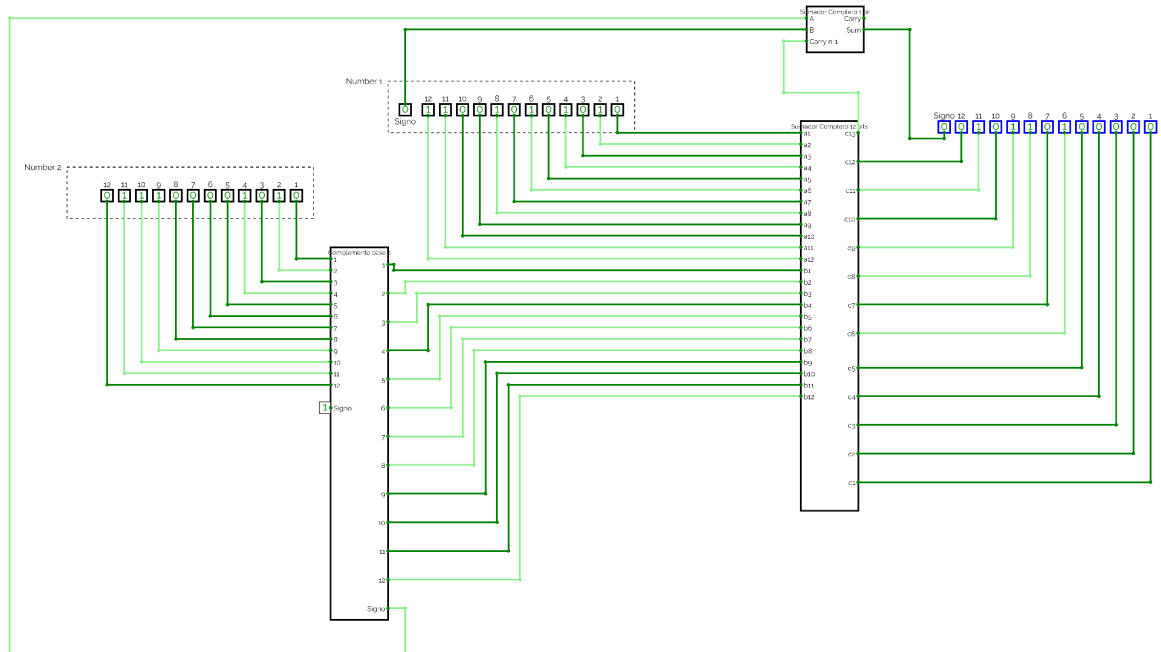
Utiliza los circuitos de sumador completo y complemento base 2 anteriores, ya que la operación de complemento base 2 es similar al '-' en una suma aritmética convencional dentro de los circuitos. Al primero se le deja intacto independientemente de su signo; el segundo número binario se le aplica el complemento base 2, si su signo original es positivo este pasa a ser negativo y viceversa.

Pruebas:

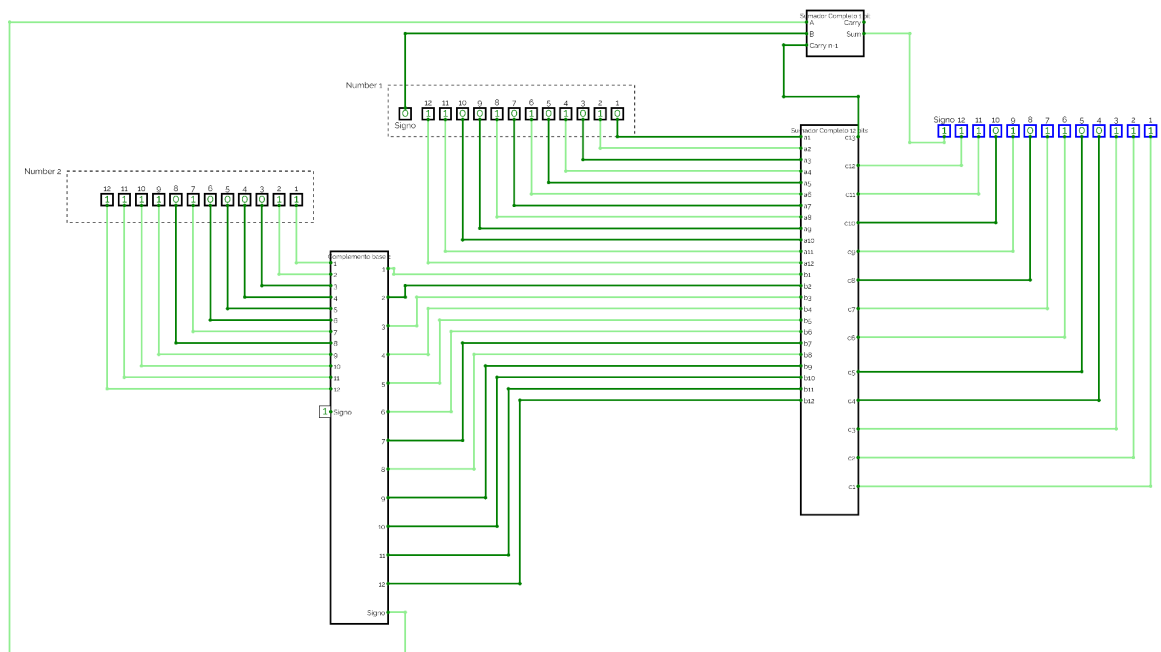
$$0011010101010 - 001111001010 = 0001011100000$$



$$0110010101010 - 011100001010 = 0010110100000$$



$$0110010101010 - 111101000011 = 1110101100111$$



Display decimal 7 leds:

Muestra números binarios de 4 bits en un display de 7 leds en base decimal. El mayor número que muestra es 9 por lo que ocupa 4 bits binarios para interpretarlos. Este circuito se usó para generar un circuito que muestre un número binario de 13 bits en un número decimal de 4 dígitos.

Double Dabble:

DLC ENERGY [5] explica que double dabble es un método para mostrar números binarios en decimal en un display de 7 leds. Este método usa compuertas or, and y sumadores completos de 1 bit para generar el resultado para mostrar el número decimal. Este circuito se puede combinar con más circuitos como este para poder mostrar números más grandes en decimal.

Display 4 dígitos:

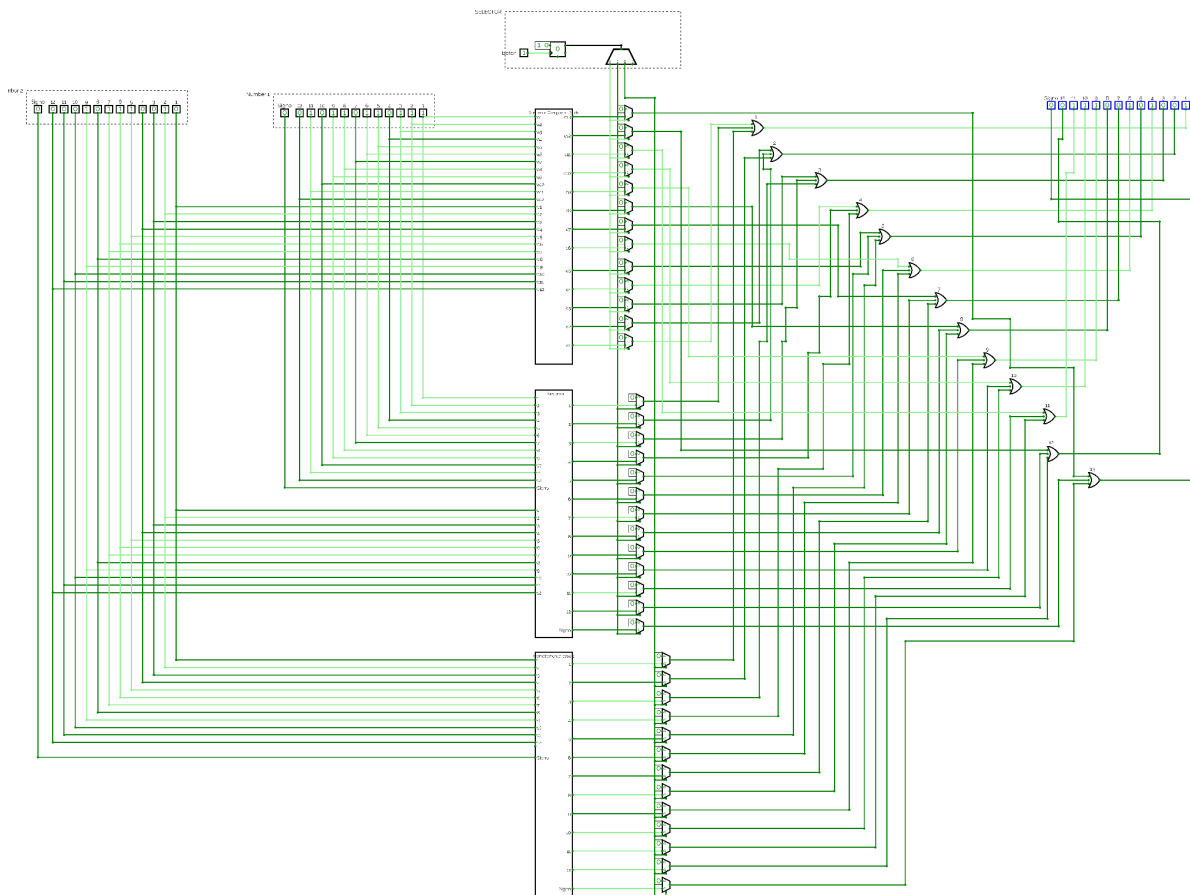
Es una combinación de double dabble y el display decimal 7 leds. Double dabble genera 4 salidas que le dicen al display de 7 leds que número representa. El display decimal 7 leds se usa como traductor entre double dabble y las leds para dar la instrucción de cual número representar. Este display contiene 40 double dabbles para poder leer y representar números binarios de 13 bits. Este circuito contiene 13 entradas y 28 salidas. Cada 7 de esas salidas dirigen uno de los dígitos del display de los 7 leds.

Selector de operaciones:

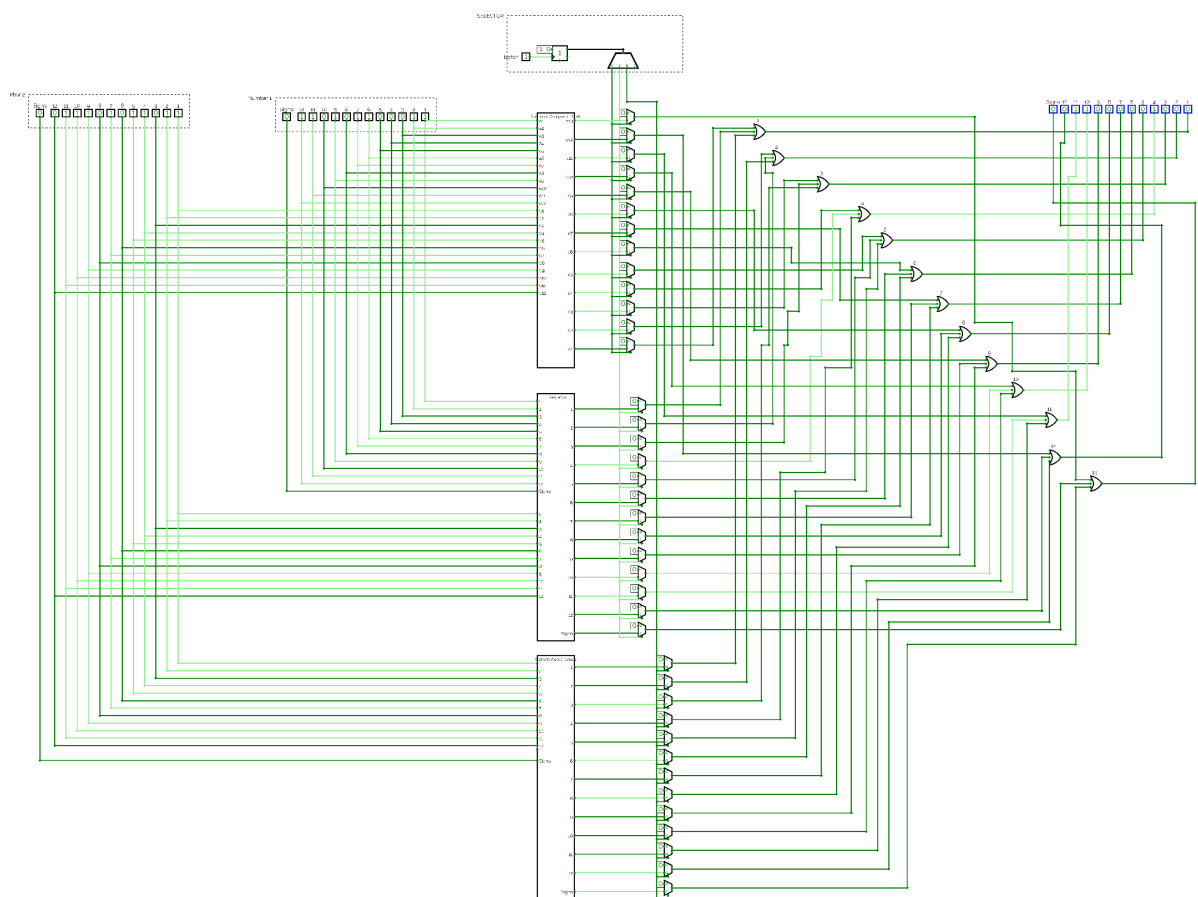
Un circuito que permite elegir entre los circuitos de sumador completo, operación de resta y complemento base 2, esto utilizando los mismo 12 bits iniciales como entrada para las 3 operaciones distintas, pero en las salidas se utiliza un multiplexor para dar la salida únicamente si la señal de control está activa, esta señal de control se basa en un botón que actualiza un contador de bits y a la vez estos son decodificados con un decodificador y da 3 salidas distintas una a la vez cada vez que se oprime el botón, por lo que estas 3 señales distintas se utilizan para dar la señal de control de multiplexor y así escoger entre si la salida se utiliza la de la suma, la resta o el complemento. Todas estas salidas van a dar a un OR el cual permite que sin importar la operación que se está utilizando, si algún dígito es 1 la salida para ese bit será 1.

Pruebas:

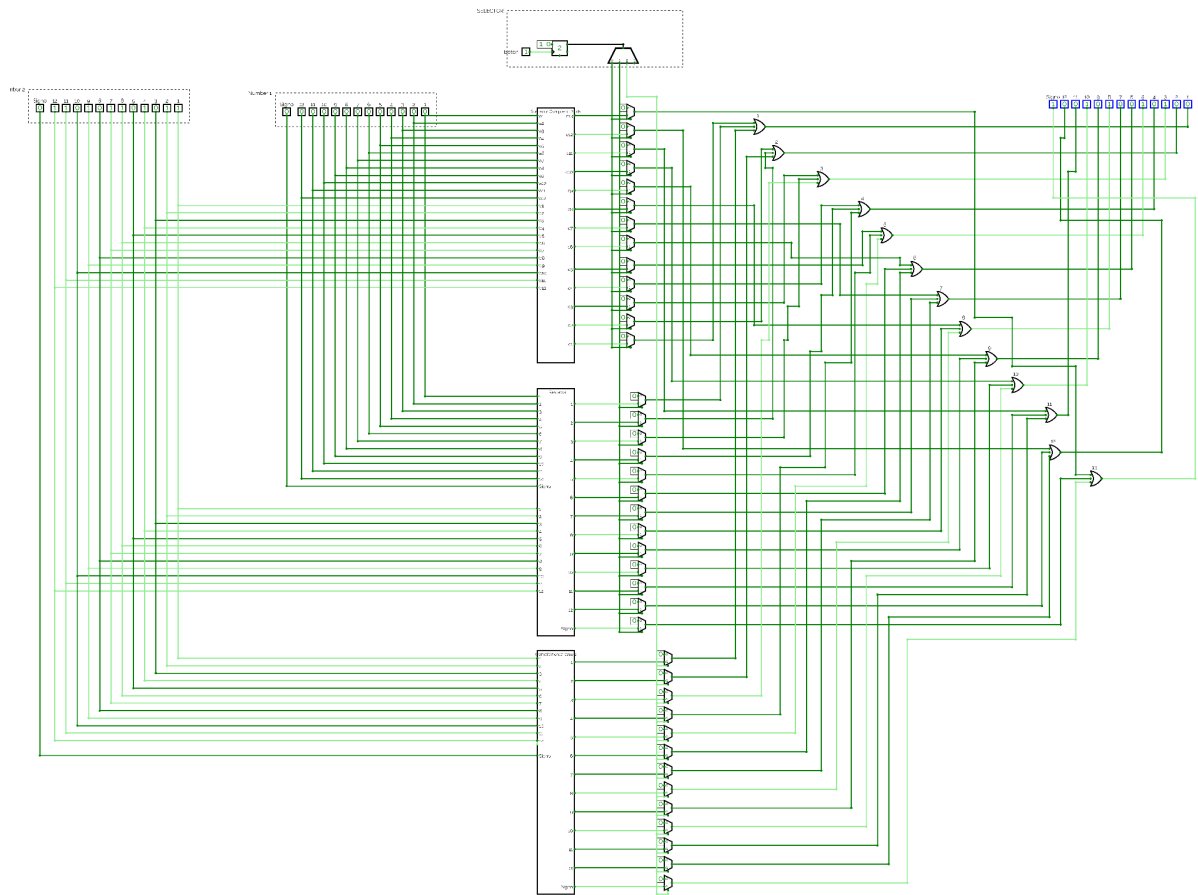
$$0010110110111 + 0000101110010 = 0011100101001$$



$$0110101100011 - 0011101011011 = 0011000001000$$



0110101101011 a complemento -> 1001010010100

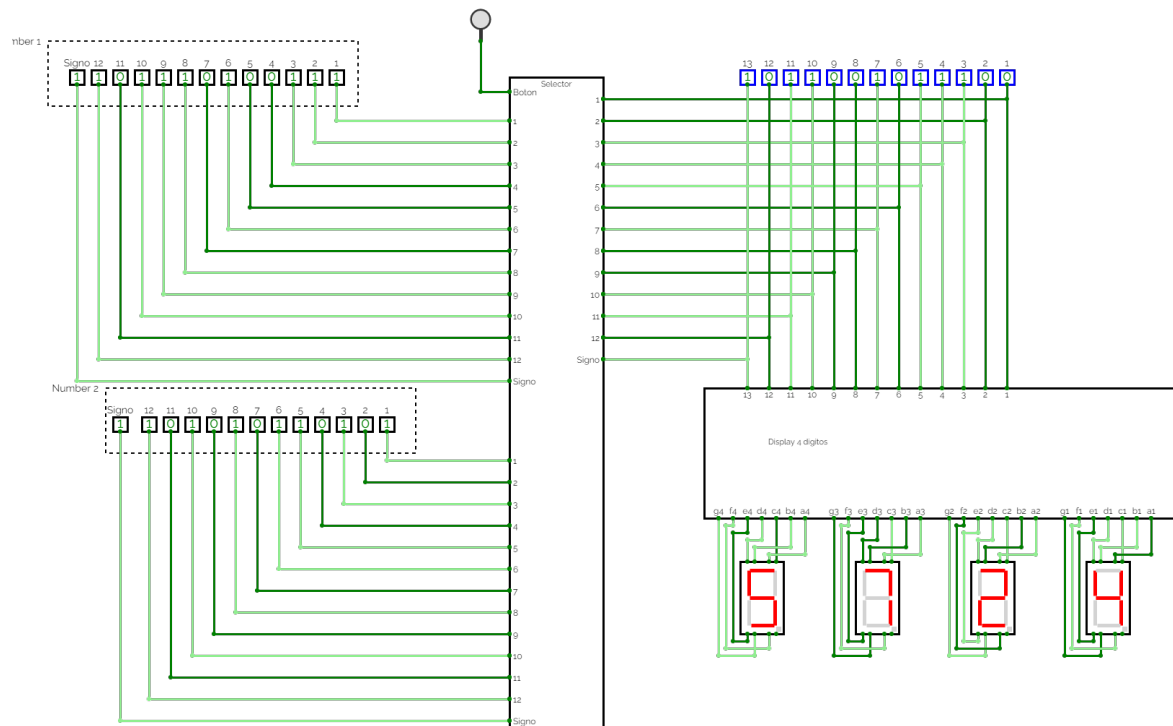


Display:

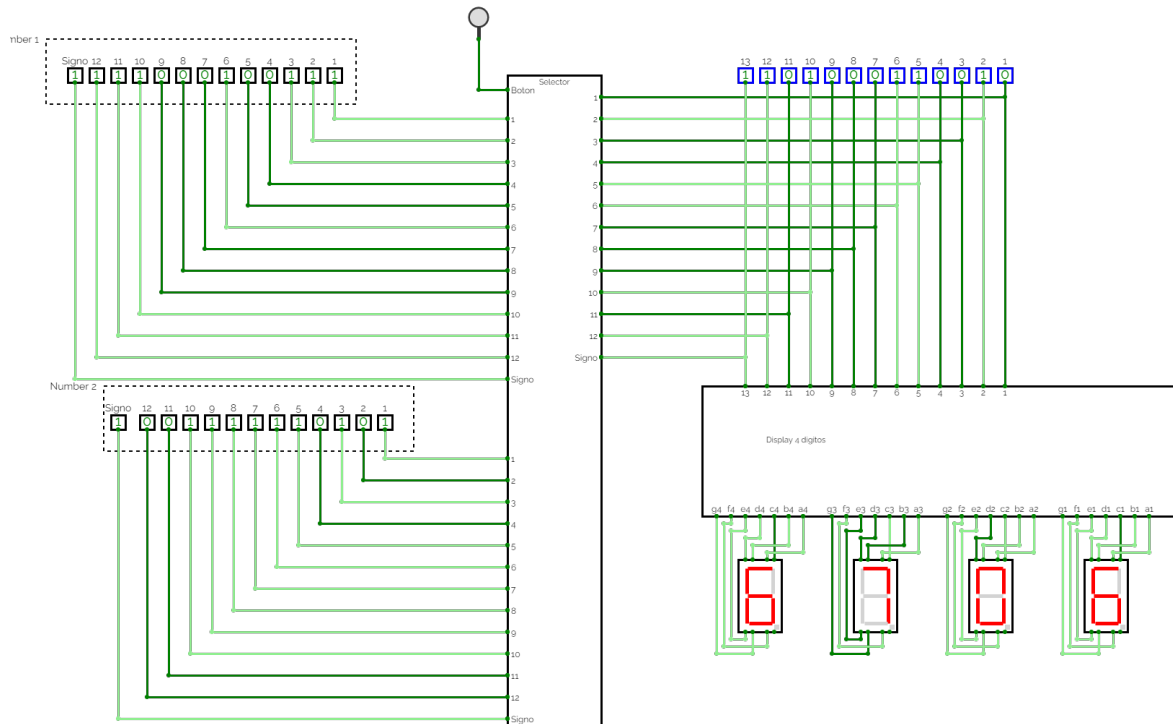
Es una combinación de todos los circuitos anteriores. Usa el selector para elegir cual operación ejecutar. Además, usa el display de 4 dígitos decimales para representar los resultados positivos de las operaciones suma y resta. Además, representa todos los resultados de todas las operaciones en binario.

Pruebas:

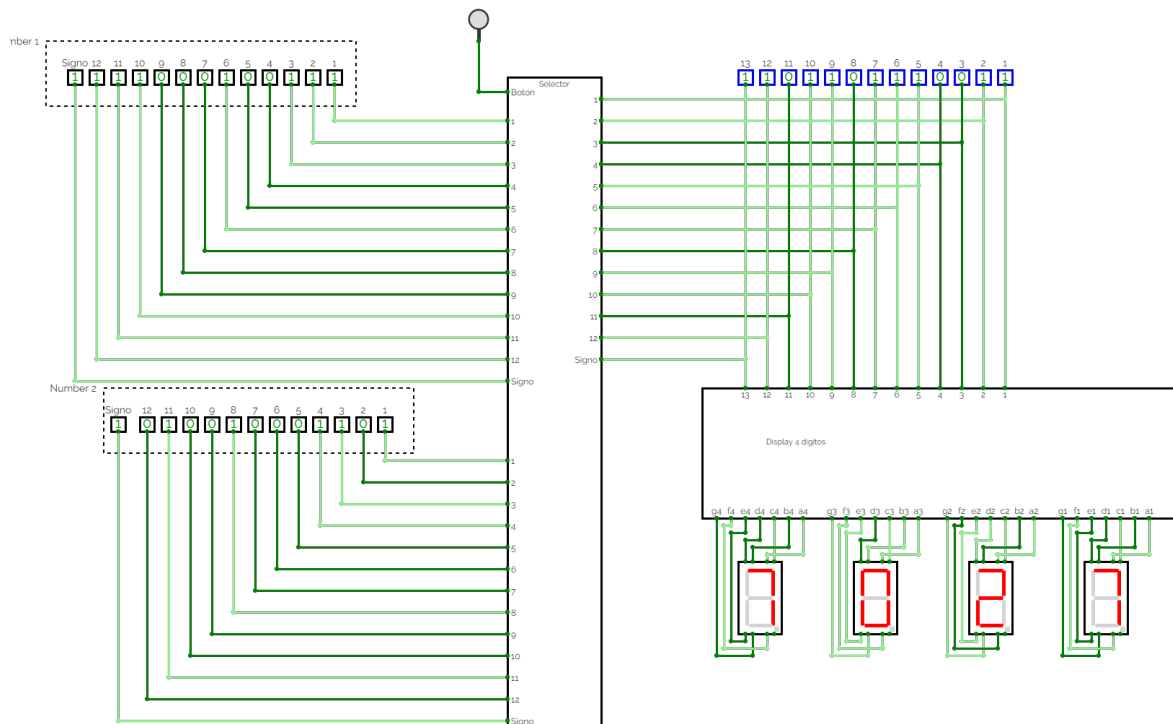
- $101110100111 + 101010110101 = 1011001011100$



- $111000100111 - 001111110101 = 101000110010$



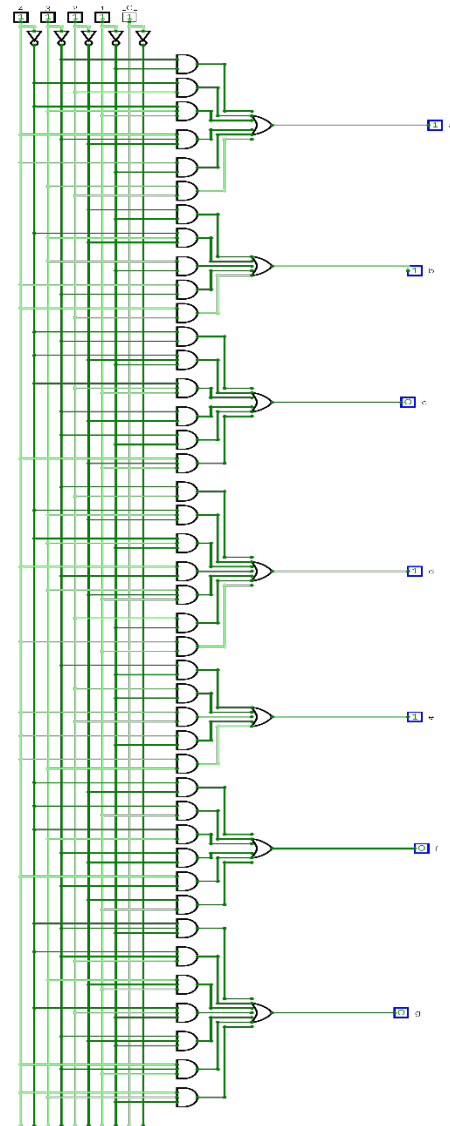
- Complemento de 010010001101



Display Hexadecimal de un dígito:

Obtiene 4 entradas, los cuales son bits el cual interpreta uno de los dígitos hexadecimales que debe ser representado en el display LEDS de 7 segmentos.

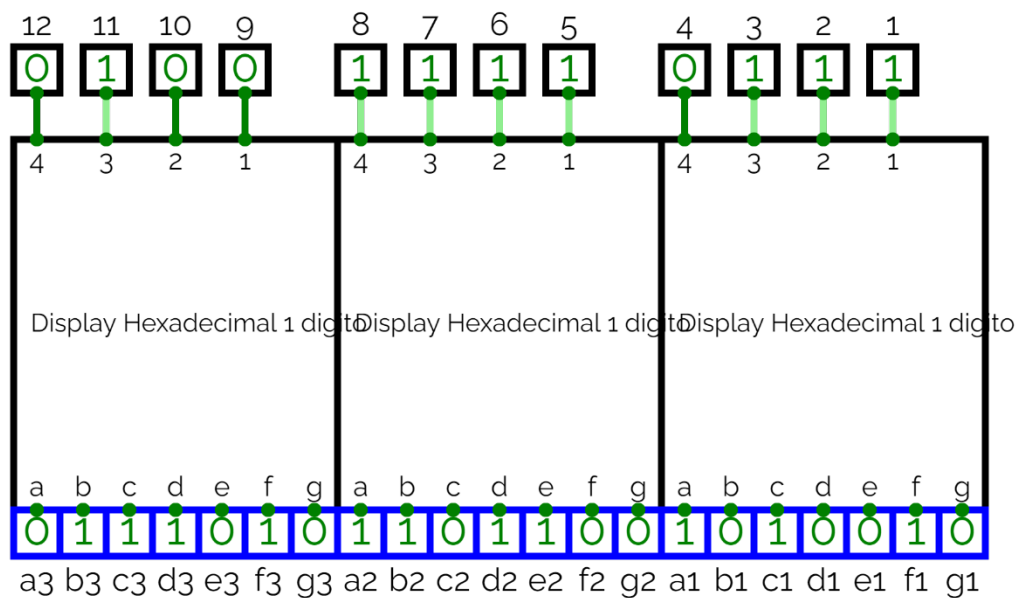
Cada salida es un segmento del display.



Display hexadecimal de 3 dígitos:

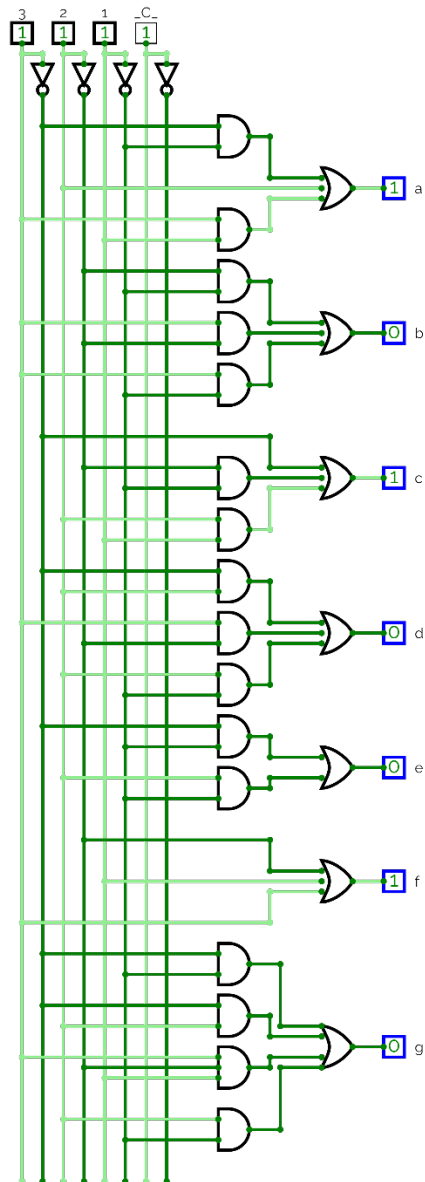
Utilizando el anterior circuito, este maneja una representación gráfica en los display LEDS de 7 segmentos en este caso para expresar 3 dígitos en hexadecimal, desde el 0 al 9 y posterior de la A a la F para los dígitos enteros mayores a 9. Esto pudiendo representar hasta 12 bits de entrada.

Cada salida es un segmento de cada uno de los displays.



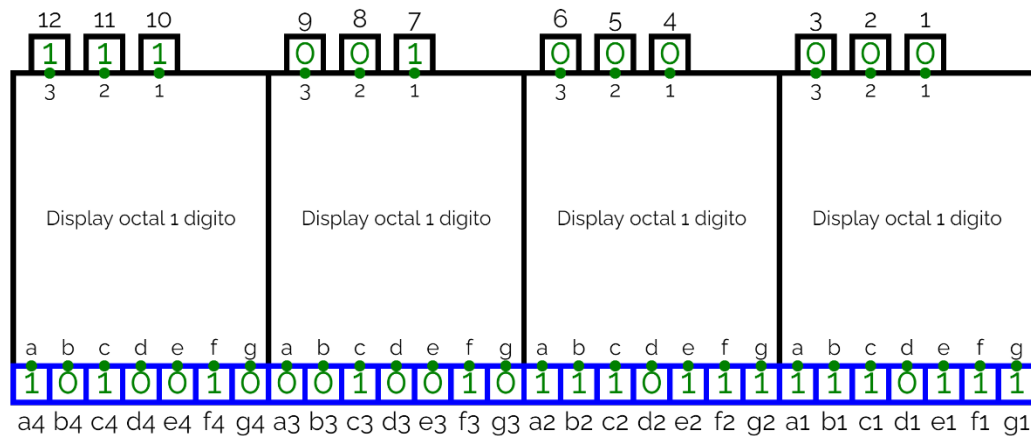
Display octal de un dígito:

En este caso tiene una entrada de 3 bits el cual puede representar un dígito en el display de 7 segmentos desde el 0 hasta el 7. Cada una de las salidas representa un segmento del display LED.



Display octal de 3 digitos:

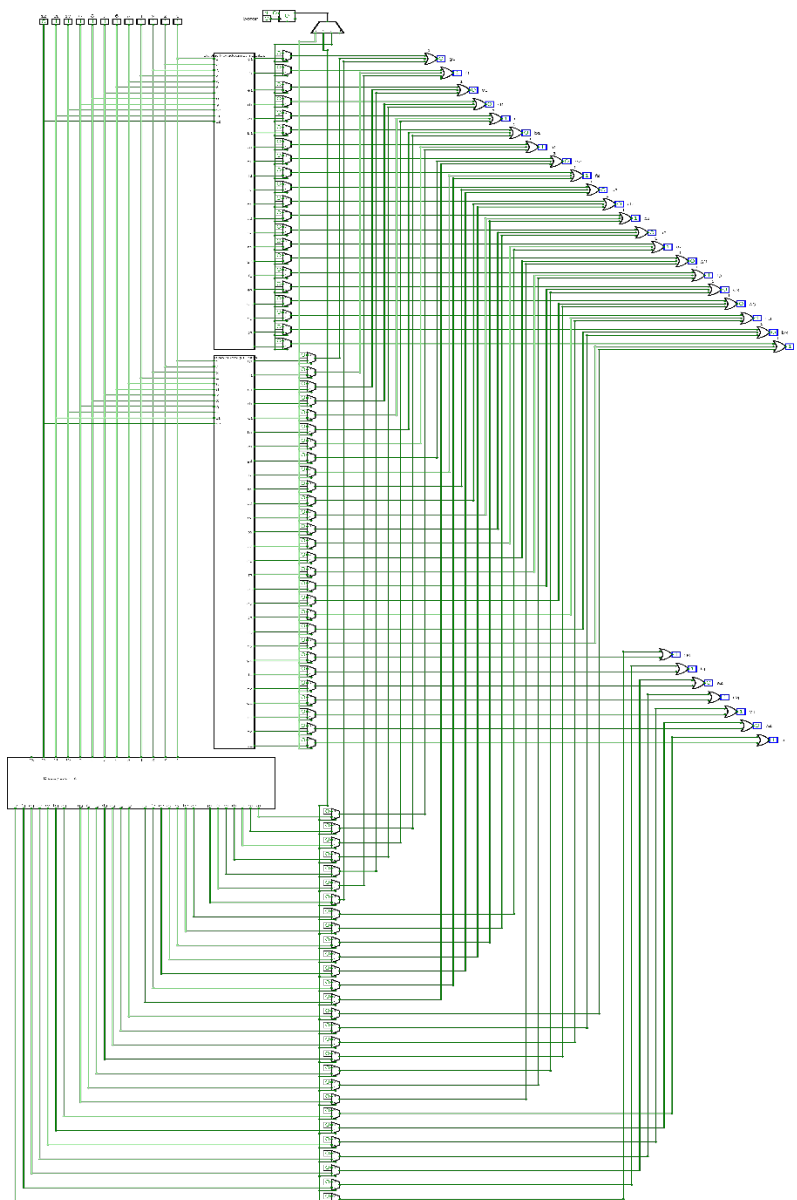
Aprovechando el circuito anterior de un dígito octal, en este caso se utilizan 4 de estos subcircuitos para lograr la representación de 4 dígitos de base octal, los cuales aceptan la entrada de 12 bits, cada uno de estos subcircuitos puede representar números del 0 al 7 para así formar un máximo de 7777 en octal.



Selector de bases:

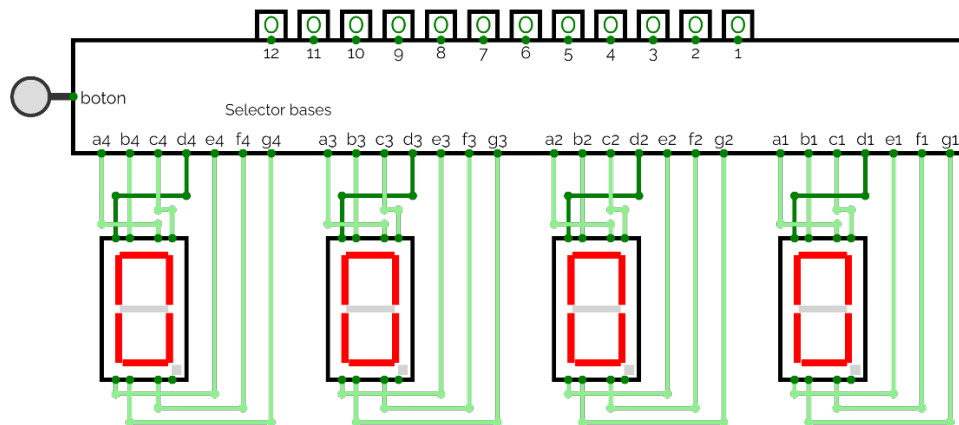
Reutilizando el selector que se creo previamente para mostrar las operaciones de suma y resta, en este caso se utilizara para representar y aprovechar cada uno de los subcircuitos de base mencionados, para el hexadecimal, octal y decimal.

En este caso haciendo uso de una entrada para un botón, un contador de bits y un decodificador para crear la señal de control en varios multiplexores que dan su salida a un gate OR, que en caso de recibir cualquier señal de '1' esta se activara. Pero en este caso esta señal de salida son los segmentos de cada uno de los 4 displays que se presentaran próximamente.



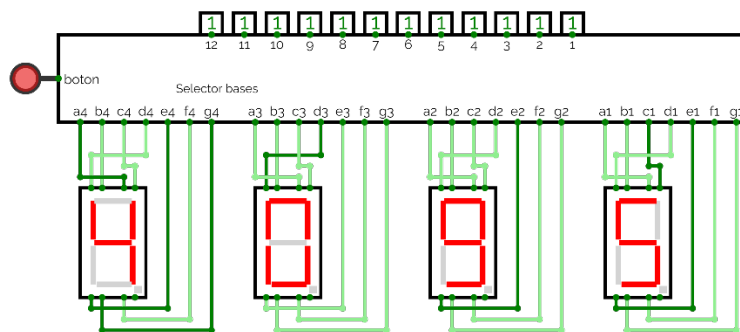
Conversor de bases:

A continuación, se presenta el convertidor de bases final el cual se aprovecha de todos los subcircuitos anteriores donde con la entrada de un botón y 12 entradas de bits se puede escoger para representar ese numero de bits en alguna de las bases ya sea **decimal**, **hexadecimal** o **octal** las cuales se realizan utilizando las salidas del subcircuito anterior donde cada salida es un segmento para cada uno de los displays como se menciono anteriormente.

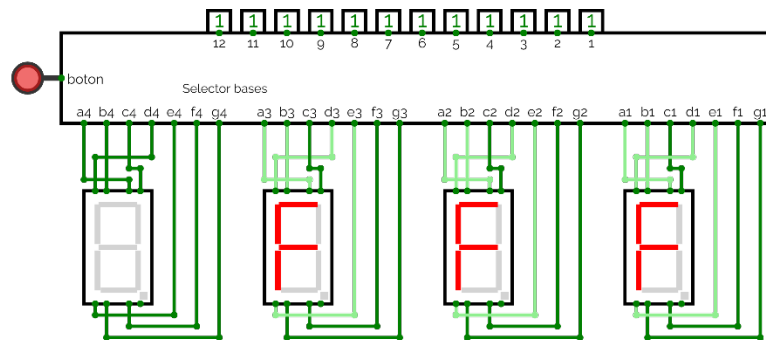


Pruebas:

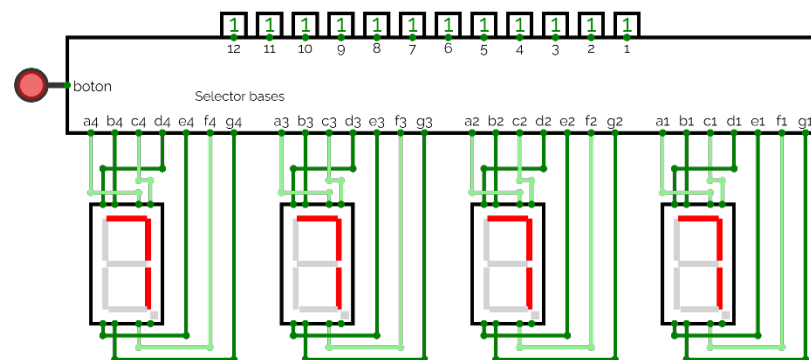
111111111111 en decimal:



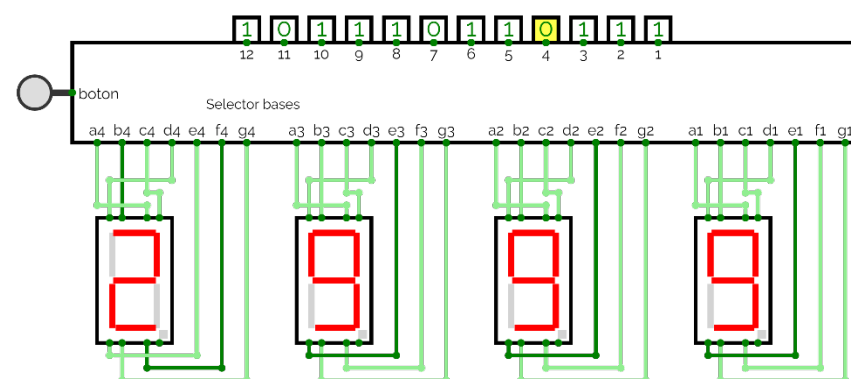
111111111111 en hexadecimal



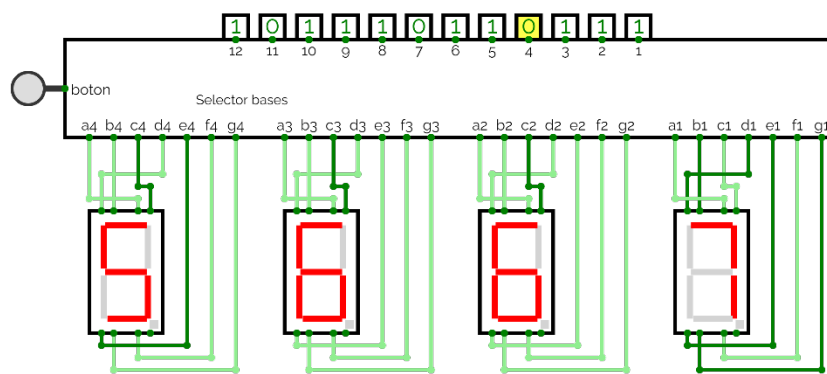
111111111111 en octal



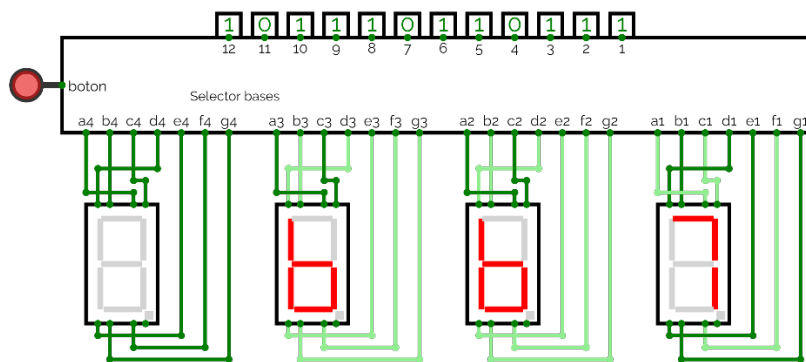
101110110111 en decimal



101110110111 en octal:



101110110111 en hexadecimal:



Conclusiones:

En este proyecto se desarrollaron varios circuitos utilizando la plataforma CircuitVerse para crear un selector con opciones para sumar, restar y calcular el complemento en base 2 de números binarios. A través de la implementación de diferentes subcircuitos y componentes como entradas binarias, constantes, puertas lógicas, decodificadores, multiplexores, contadores, salidas binarias y displays de 7 LEDs, fue posible realizar operaciones aritméticas básicas y representar los resultados en forma binaria y decimal.

Se demostró la importancia de los sumadores completos de 1 bit en la realización de sumas de números binarios, considerando los bits de entrada y el acarreo de la suma anterior. Asimismo, se utilizó el complemento de base 2 para realizar operaciones de resta, aplicando el complemento al número y realizando una suma utilizando el sumador completo simplificado. El selector de operaciones permitió al usuario elegir la operación deseada mediante una señal de control.

Se implementaron displays de 7 segmentos para mostrar los resultados de forma legible. Además de los displays en base decimal utilizados previamente, se introdujeron nuevos subcircuitos para representar números en bases hexadecimal y octal. Estos displays permitieron mostrar resultados de hasta 12 bits en formatos decimal, hexadecimal y octal.

El proyecto se complementó con un selector de bases, que aprovechó los subcircuitos previamente creados para representar los números en diferentes bases. Utilizando una entrada de botón, un contador de bits y un decodificador, se generaron señales de control para activar los multiplexores correspondientes a cada base. Este selector permitió al usuario escoger la base en la cual se mostrarían los resultados.

Finalmente, se desarrolló un convertidor de bases que integró todos los subcircuitos anteriores. Con una entrada de botón y 12 bits de entrada, se seleccionó la base deseada (decimal, hexadecimal u octal) y se utilizó la salida correspondiente del subcircuito respectivo para mostrar el número convertido en los displays de 7 segmentos.

En conclusión, este proyecto demostró la capacidad de los circuitos digitales para realizar operaciones aritméticas, representar los resultados en diferentes formatos y convertir números binarios a bases decimal, hexadecimal y octal. La combinación de subcircuitos, componentes y el uso de la plataforma CircuitVerse permitió crear un sistema completo y versátil. Este proyecto proporcionó una oportunidad para aprender los fundamentos de la informática y la lógica digital de manera práctica y visualmente atractiva.

Referencias

- [1] Logicbus (). “Compuertas Lógicas”, submitted for publication. [Online]. Disponible en: <https://www.logicbus.com.mx/compuertas-logicas.php>
- [2] Delfino (Luis Camacho). “Decodificadores: una herramienta importante para el desarrollo de la electrónica”, (marzo, 2023). [Online]. Disponible en: <https://delfino.cr/2023/03/decodificadores-una-herramienta-importante-en-la-electronica>
- [3] Electronicaonline (). “Qué es un Multiplexor y Demultiplexor: Tipos y Diferencias”, submitted for publication. [Online]. Disponible en: <https://electronicaonline.net/electronica-digital/multiplexor-y-demultiplexor-tipos-y-sus-diferencias/>
- [4] Electronicacompleta (). “Contadores Digitales: Todo Lo Que Necesitas Saber”, submitted for publication. [Online]. Disponible en: <https://electronicacompleta.com/contadores-digitales/>
- [5] DLC ENERGY. “Double Dabble Algorithm Tutorial!!!”. (16 de marzo de 2016). Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=ojYtcgxXWus&t=463s>