



LABORATORIO DE FUNDAMENTOS DE COMPUTADORES 1
**PRÁCTICA 1: DISEÑO Y MONTAJE DE UN
SUMADOR BINARIO DE 2 BITS**

El objetivo de esta práctica es diseñar y montar en el laboratorio un sumador binario de números de 2 bits. La práctica está dividida en dos partes:

- a) Diseñar un **sumador completo de un bit** e implementar el circuito usando puertas NAND y XOR.

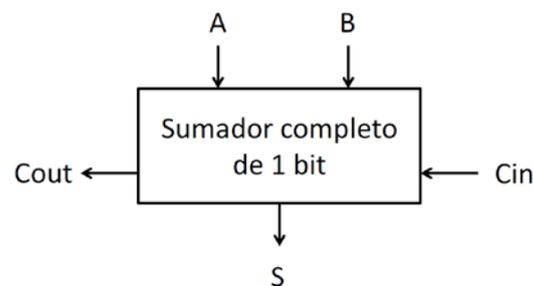


Figura 1: Sumador completo de un bit

- b) Diseñar un **sumador binario de números de 2 bits** e implementar el circuito encadenando dos sumadores completos de un bit (implementado cada uno a su vez con puertas NAND y XOR).

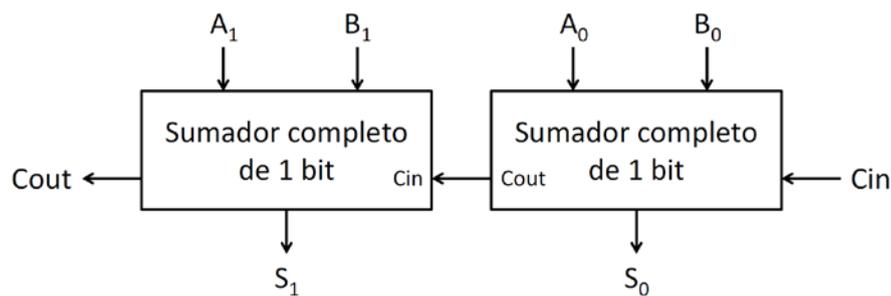


Figura 2: Sumador binario de números de 2-bits

Desarrollo de la práctica

1. Fase de diseño

- El diseño de los circuitos debe realizarse en casa y quedar reflejado en el cuadernillo correspondiente.
- Ambos sumadores deberán diseñarse con puertas NAND de 2 entradas y XOR de 2 entradas.

2. Fase de montaje y depuración

- Utilizar los siguientes chips para montar el circuito:

- **7486**: 4 puertas XOR de 2 entradas.
- **7400**: 4 puertas NAND de 2 entradas.
- Conectar todas las entradas a *switches* y todas las salidas a *leds*, según el orden usado en las tablas de verdad del cuadernillo.
- Una vez montado, **comprobar toda la tabla de verdad** del circuito para verificar que funciona correctamente. Si no es así, hay que depurarlo para encontrar los fallos y corregirlos.
- Cuando se haya comprobado que funciona correctamente, enseñar la práctica al profesor del laboratorio.

Montaje y depuración

El montaje de un circuito se realiza en el entrenador (véase figura 3) que hay en cada uno de los puestos del laboratorio. Dicho entrenador está compuesto de varias zonas, cada una de las cuales está destinada a una función.

En las prácticas de esta asignatura se van a usar las siguientes funciones del entrenador:

A. “DC POWER”. Es el módulo de alimentación y contiene:

- Un generador de tensión fijo (5 V, -5 V)
- Un generador de tensión variable (0 ~15 V, 0 ~ -15 V). Girando el potenciómetro “+V” en sentido horario el rango del voltaje varía entre 0 y 15 V. Girando el potenciómetro “-V” observamos que dicha variación se produce entre 0 y -15 V.
- El terminal “GND” es el terminal de tierra (0 V).

B. “8 BITS LEDS DISPLAYS”

- Estos LEDS se van a usar para mostrar el valor de las salidas del circuito.
- Para conectar cada salida del circuito a un led hay que pinchar un cable en el terminal correspondiente
- Si el led está apagado representa salida “0” y encendido salida “1”

C. “8 BITS DATA SWITCHES”

- Estos switches (interruptores) se van a usar para las entradas del circuito.
- Para conectar cada entrada del circuito a un interruptor hay que pinchar un cable en el terminal que hay encima
- Con el interruptor hacia abajo la entrada vale “0” y hacia arriba “1”

D. ZONA CENTRAL

- Esta zona es donde se coloca la placa base (figura 4) que es el lugar donde se monta el circuito.



Figura 3

La placa base está compuesta de terminales de conexión. En estos terminales hay que pinchar:

- Las distintas componentes del circuito.
- Cables para conectar dichas componentes.
- Cables para conectar el circuito con la fuente de alimentación y tierra.
- Cables para conectar las entradas del circuito con los interruptores y las salidas con los leds

Para poder montar el circuito en la placa primero hay que conocer el interconexionado de dicha placa, es decir cuáles de sus terminales de conexión están conectados entre sí (son el mismo punto, están cortocircuitados).

El interconexionado de las placas que hay en el laboratorio es como se muestra en la figura 4. Los terminales de conexión sobre los que se ha trazado una línea de color rojo están cortocircuitados. Esto implica que no se pueden poner en la misma línea dos o más patillas de un mismo componente.

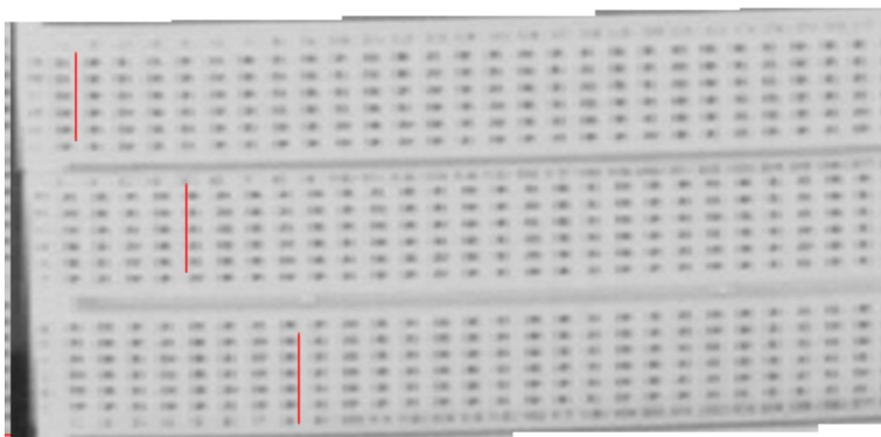


Figura 4

Para montar estos circuitos se necesitan puertas lógicas. Estas se presentan encapsuladas en un circuito integrado denominado coloquialmente “cucaracha” o “chip”. Estos chips se encuentran en el maletín del laboratorio.

Para saber cómo funcionan estos “chips” y cómo están interconectados por dentro hay que usar las llamadas hojas de características que proporciona el fabricante, las cuales contienen una especificación completa del “chip”. Estas se encuentran en el laboratorio dentro de la carpeta de electrónica.

A modo de ejemplo, la figura 7 muestra el interconexionado del “chip” 7486 que proporciona la hoja de características de este circuito integrado.

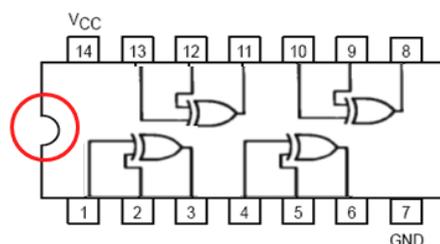


Figura 5

Como se puede ver en la figura 7, este circuito integrado tiene en su interior cuatro puertas XOR de dos entradas cada una y en el exterior 14 patillas, cada una de las cuales tiene una función.

- Las patillas 14 y 7 son las encargadas de alimentar al circuito (darle energía) para que funcione: Conectar Vcc a 5V (normalmente) y GND a tierra.

- El resto de las patillas son las entradas y salidas de las cuatro puertas XOR tal y como indican los dibujos

Para saber la numeración de las patillas en un “chip” hay que buscar una muesca como la que se ve en el dibujo de la figura 7. Colocando el “chip” en la misma dirección que en dicha figura, la numeración siempre empieza por la patilla inferior izquierda y continúa en sentido antihorario.

Montaje:

Llegados a este punto hay que montar el circuito. Con el entrenador apagado, se pincharán en la placa cada uno de los chips necesarios y a continuación, se irán pinchando los cables necesarios uno a uno

Para que un chip funcione adecuadamente debe tenerse en cuenta que:

- Tiene que estar alimentado ($V_{cc} = +5V$ y $GND = 0V$).
- Puede tener salidas que no estén interconectadas a nada.
- Si se está utilizando una puerta lógica todas sus entradas se utilicen o no deben estar conectadas a un valor.
- Las puertas lógicas que no se estén utilizando no necesitan tener sus entradas conectadas a un valor.

Prueba:

Una vez montado el circuito hay que comprobar que funciona. Para ello, se encenderá el entrenador y se irán introduciendo mediante los switches las diferentes combinaciones de valores de la tabla de verdad y se irá comprobando en los leds si el resultado es el que corresponde.

Si la tabla de verdad calculada por el circuito es ya misma que la tabla de verdad fijada por la especificación, el circuito es correcto. En otro caso será incorrecto y deberá depurarse. A continuación, se explican los pasos a seguir para encontrar errores en circuitos combinatoriales.

Depuración de un circuito combinatorial

Si al comprobar el funcionamiento del circuito se detecta que el estado de una de las salidas no se corresponde con el esperado para la configuración binaria presente en las entradas, se debe buscar la causa del error. Para ello se procede del siguiente modo:

- I. Se debe repasar el diseño que se está implementando para ver si se ha producido un error en la fase de diseño. En caso contrario, se debe pasar al punto ii.
- II. Una vez que se está seguro que el error se encuentra en la implementación hardware o física del circuito, se debe introducir al circuito la configuración binaria de entrada que produce la salida incorrecta. A continuación, se aísla la salida incorrecta S. Para ello se desconecta esta salida de todos los puntos del circuito donde estuviera conectada. En este momento pueden ocurrir dos cosas:
 - a. La salida S cambia y da el valor correcto. Luego esta salida seguramente esté conectada a otra salida del circuito que la está “forzando”, pasar a la fase iii.
 - b. La salida S sigue dando un valor incorrecto, luego hay un módulo que produce una salida incorrecta, pasar a la fase iv.
- III. La salida S sigue dando un valor incorrecto, luego hay un módulo que produce una salida incorrecta, pasar a la fase iv.

iii) La salida S está siendo “forzada” por la salida de otro módulo, está conectada a tierra o está conectada a polarización. Para localizar donde está el error, hay dos procedimientos:

- a. Seguir en la implementación de donde viene cada uno de los cables conectados a la salida S.

- b. Aislar la salida S e ir conectando, uno por uno, los cables a la salida. En el momento en el que el valor de la salida S vuelva a ser incorrecto se habrá identificado la conexión errónea. Corregir la conexión errónea.

iv) Se ha localizado un módulo M que produce una salida incorrecta. Si la salida del módulo lógico se corresponde con el valor de sus entradas significa que el módulo está funcionando correctamente. Por tanto, alguna de las entradas debe tener un valor lógico incorrecto. Esta entrada se corresponde con una salida de otro módulo lógico. Repítase el proceso a partir del paso II para esta nueva salida. Si la salida del módulo M no se corresponde con el de las entradas, entonces la puerta no está funcionando correctamente debido a que el “chip” está mal polarizado o está estropeado.

El procedimiento de depuración de sistemas combinatoriales se presenta esquemáticamente en el siguiente organigrama

