

TEMA 2: Las funciones lógicas**OBJETIVOS**

Comprobar de forma práctica el funcionamiento de las diferentes puertas lógicas. Para ello se usarán los correspondientes circuitos integrados que las contienen, y los montajes de los esquemas se realizarán sobre el entrenador Universal Trainer de MK Electrónica o en una plataforma de experimentación similar.

RELACIÓN DE MATERIALES

- Entrenador Universal Trainer o plataforma equivalente para experimentación de circuitos digitales.
- C. Integrados: CD4077B; SN74XXX00; SN74XXX02; SN74XXX04; SN74XXX08; SN74XXX32; SN74XXX86;

INDICE GENERAL**P1: CLASIFICACIÓN DE LOS C.INTEGRADOS DEL KIT DE PRÁCTICAS****P2: LA PUERTA NOT 74XXX04**

P2-1 Encapsulado

P2-2 Montaje y comprobación

P2-Doble negación o función YES (SI)

P3: LA PUERTA AND 74XXX08

P3-1 Encapsulado

P3-2 Montaje y comprobación

P3-3 Función AND con 4 entradas

P3-4 Salida controlada de una señal de reloj.

P4: LA PUERTA OR 74XXX32

P4-1 Encapsulado

P4-2 Montaje y comprobación

P4-3 Alarma con 4 sensores

P5: LA PUERTA XOR 74XXX86

- P5-1 Encapsulado
- P5-2 Montaje y comprobación
- P5-3 Función XOR de 3 entradas
- P5-4 Circuito experimental

P6: LA PUERTA NAND 74XXX00

- P6-1 Encapsulado
- P6-2 Montaje y comprobación
- P6-3 Función NOT con puertas NAND
- P6-4 Función YES (SI) con puertas NAND

P7: LA PUERTA NOR 74XXX02

- P7-1 Encapsulado
- P7-2 Montaje y comprobación
- P7-3 Función NOT con puertas NOR
- P7-4 Función YES (SI) con puertas NOR

P8: LA PUERTA XNOR 4077B

- P8-1 Encapsulado
- P8-2 Montaje y comprobación
- P8-3 Función XNOR de 3 entradas

P9: MONTAJE DE CIRCUITOS DIGITALES

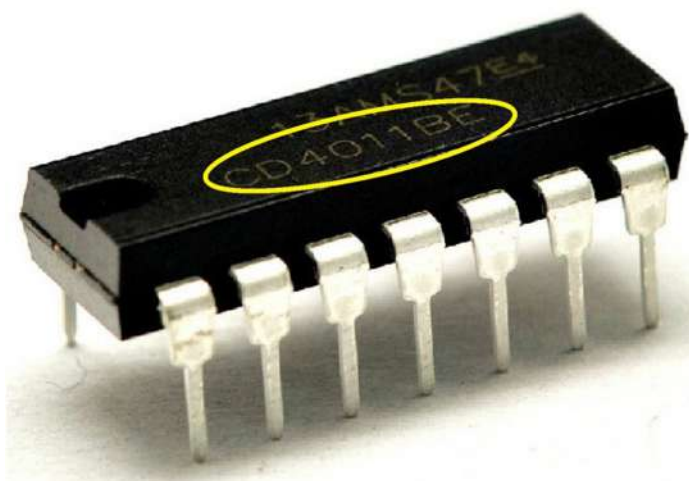
- P9-1 Montar y comprobar este circuito experimental (I)
- P9-2 Montar y comprobar este circuito experimental (II)
- P9-3 Montar y comprobar este circuito experimental (III)
- P9-4 Montar y comprobar este circuito experimental (IV)

TEMA 2: Las funciones lógicas

P1: CLASIFICACIÓN DE LOS C.INTEGRADOS DEL KIT DE PRÁCTICAS

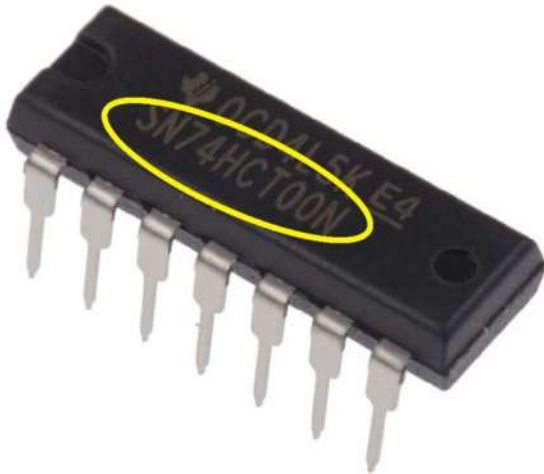
En el kit de materiales que se propone para completar las prácticas de este curso de Electrónica Digital, aparecen unos pocos componentes discretos (resistencias, condensadores, etc...) y una variada colección de circuitos integrados que contienen diferentes puertas lógicas así como sistemas digitales completos derivados de ellas.

Vamos a usar dos "*familias*" de circuitos integrados digitales: la CMOS y la TTL. De momento no te preocupes demasiado sobre qué es esto de las familias. Lo veremos más adelante. Lo que sí debes de saber es que el "*nombre*" o "*nomenclatura*", el que está escrito en el encapsulado de los circuitos integrados de la familia CMOS, empieza por CD40XXX, donde XXX suele ser un número de dos, tres o más dígitos que definen al circuito en particular. Por ejemplo, si tienes el circuito CD4011, basta con que localices su datasheet para saber que en su interior contiene cuatro puertas NAND de dos entradas cada una. Sin embargo, el datasheet del circuito integrado CD4077B nos informa de que en su interior hay cuatro puertas XNOR de dos entradas cada una.



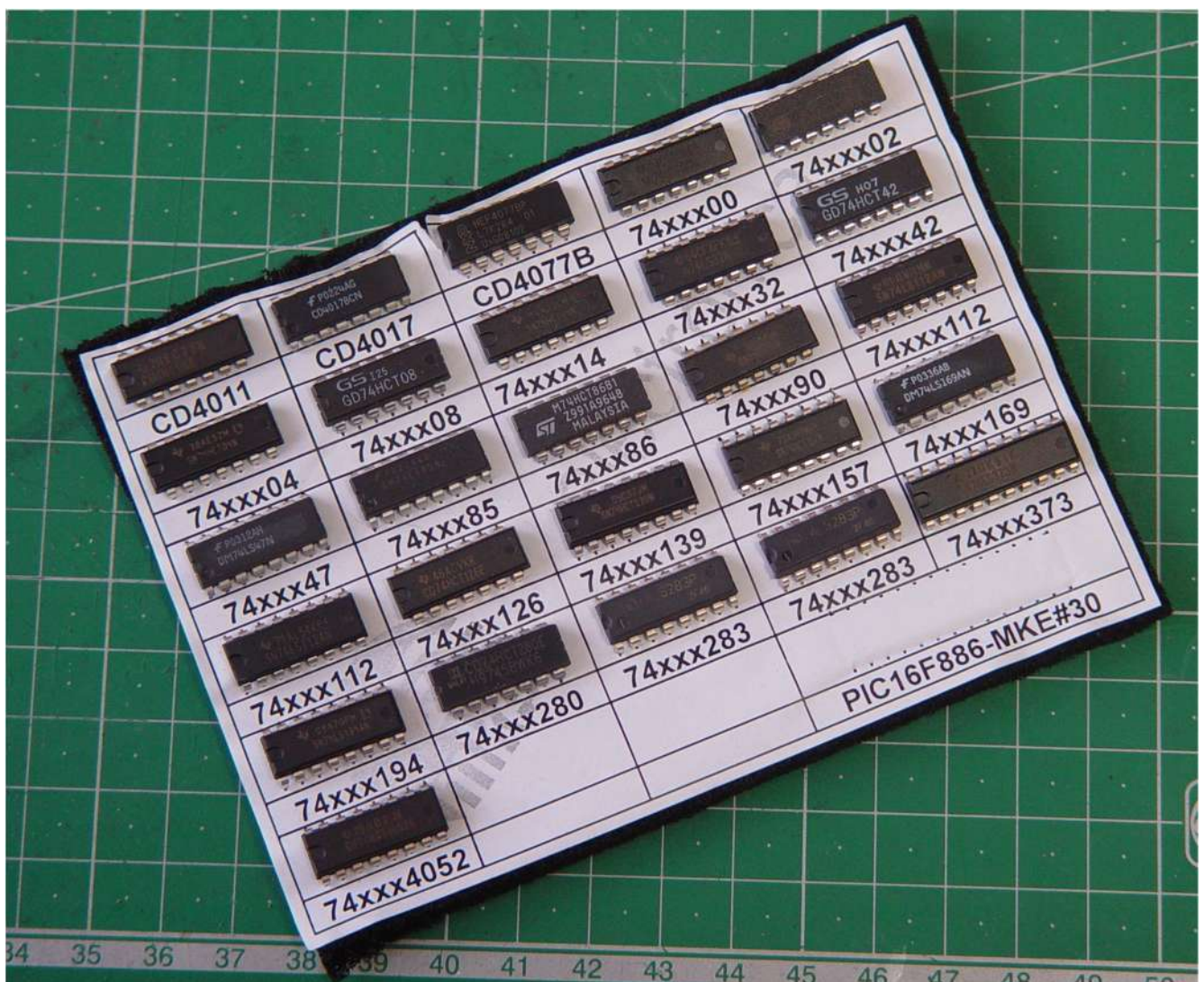
Algunos fabricantes, en lugar de empezar por CD, colocan sus propias abreviaturas. Por ejemplo, Toshiba los denomina como TC40XXX y SGS Thomson como HCF4011. Con el tiempo irás cogiendo el "*tranquillo*".

Por su parte, la nomenclatura de los circuitos integrados de la familia TTL empieza por 74XXXNNN. Puede contener, o no, 1, 2, o 3 letras que identifican una subfamilia dentro de la familia TTL (XXX). A continuación van 2, 3 o 4 dígitos que especifican la función en particular de ese circuito integrado. Por ejemplo, un circuito cuya nomenclatura es 74HCT04, nos indica que pertenece a la subfamilia HCT de la familia TTL y, según el datasheet, en su interior contiene 6 puertas inversoras o funciones NOT.



Texas Instrumentes es probablemente el fabricante que más ha desarrollado esta familia. Sus circuitos integrados digitales suelen empezar con las letras SN (SN74HCT04). Otros fabricantes pueden emplear sus propias letras e incluso dibujar su logo en el propio encapsulado.

En esta práctica te proponemos que localices todos los circuitos integrados del kit de prácticas y los identifiques. También los puedes clasificar en orden numérico. De esta forma, según los vayas necesitando, los podrás buscar rápidamente.



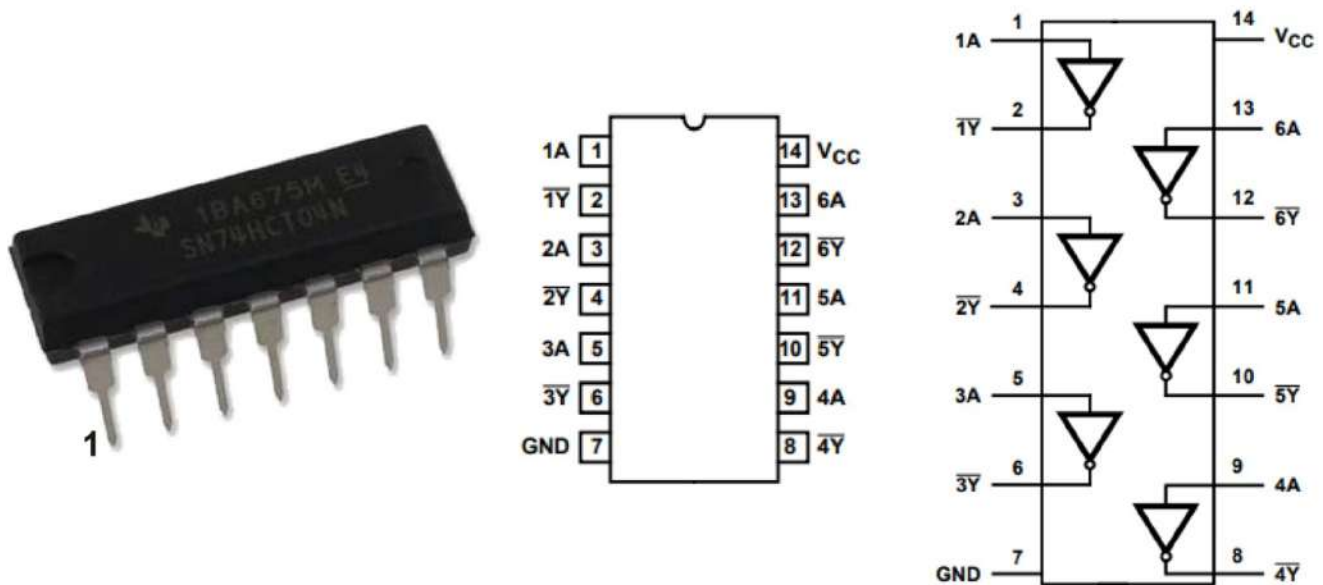
P2: LA PUERTA NOT 74XXX04

Vamos a experimentar con la primera y más sencilla de las puertas lógicas, la función NOT contenida en el circuito integrado 74XXX04.

P2-1 Encapsulado

En todos los circuitos propuestos en las prácticas, vamos a emplear circuitos integrados con encapsulados del tipo DIP (Dual In line Package). Son fáciles de conseguir, económicos y, sobre todo, fáciles de manipular, lo que los hace idóneos en ámbitos educativos como el nuestro.

Independientemente del fabricante, es un encapsulado de 14 patillas con un paso o separación entre ellas de 2.54 mm, lo que lo hace perfecto para insertar en el módulo board del entrenador Universal Trainer o plataforma de experimentación similar.



El circuito contiene 6 inversores en su interior. En la figura puedes ver cómo están distribuidos y qué patillas se corresponden con cada una de las 6 entradas (1A, 2A,... 6A) y cuáles son las correspondientes salidas (/1Y, 2Y,... /6Y).

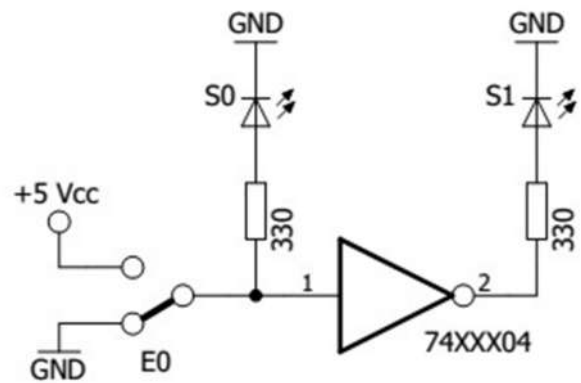
ii IMPORTANTE !! Independientemente de lo que hagas con las entradas y salidas de las puertas, todos los circuitos integrados necesitan ser alimentados. La familia TTL trabaja con una tensión de +5 Vcc. En el caso del modelo 74XXX04 esta se aplica por la patilla 7 (GND) y por la 14 (+Vcc).

P2-2 Montaje y comprobación

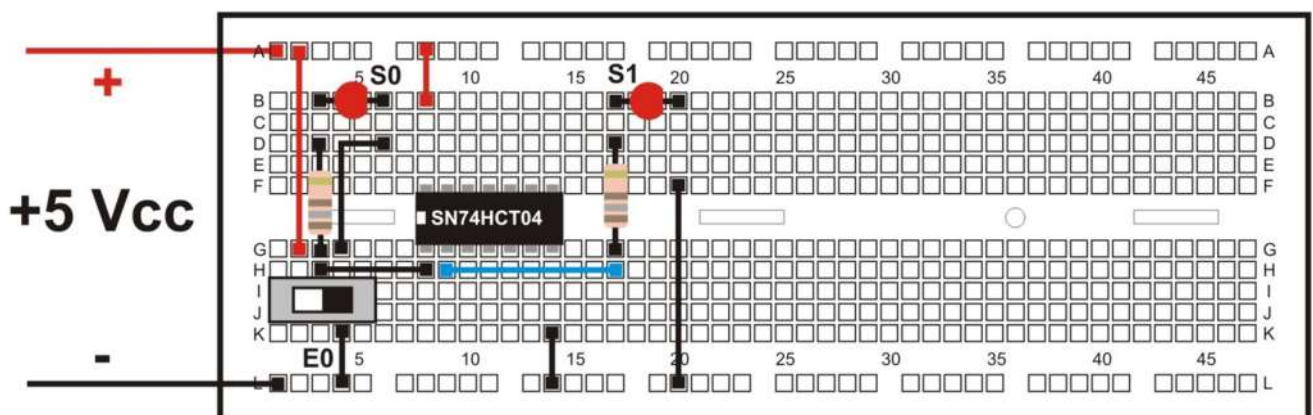
Para comprobar el funcionamiento de la puerta NOT (o cualquier otra) te propongo uno de estos dos montajes: sobre un módulo board o sobre el Universal Trainer. Presta un poco de atención porque cualquiera de ellos te puede servir de referencia para realizar el resto de prácticas del curso.

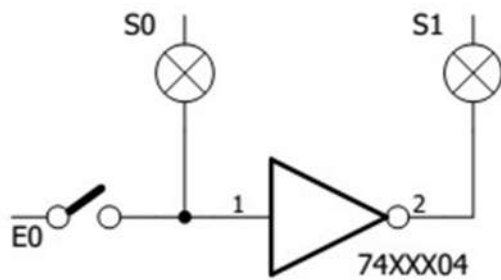
Módulo Board

Lo debes de realizar sobre un módulo board al que debes añadir las resistencias, los leds y el conmutador, además de un alimentador de +5 Vcc. Este sería el esquema teórico. De los 6 inversores contenidos en el 74XXX04 hemos empleado el primero de ellos: entrada por la patilla 1 y salida por la 2. El conmutador aplica a la entrada +5 Vcc (nivel "1") o GND (nivel "0"). Este nivel lógico de entrada se visualiza en el led S0 mientras que el nivel de salida se visualiza en el led S1. **No te olvides de alimentar al circuito integrado por sus correspondientes patillas.**



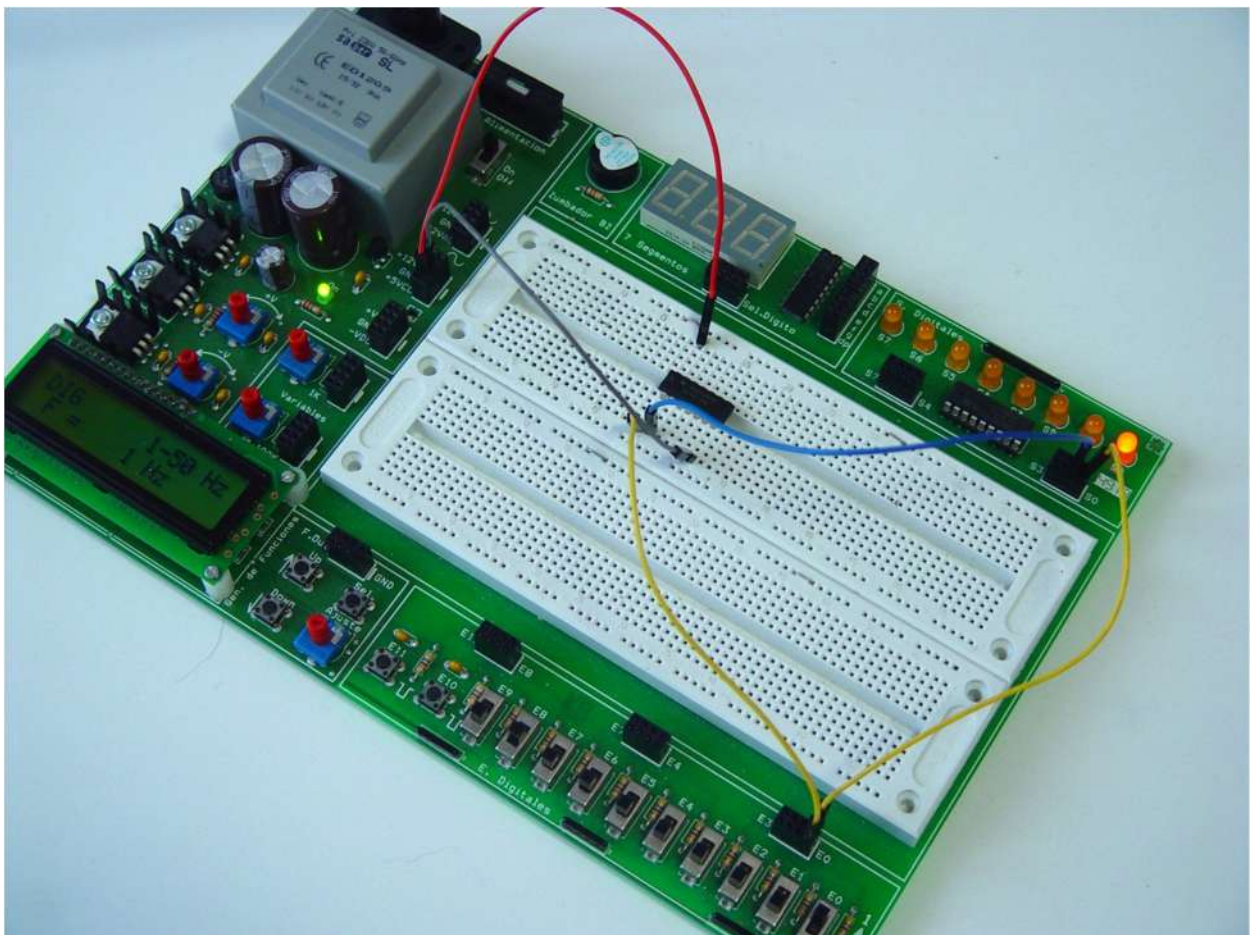
Este es el montaje práctico. Estúdialo con cuidado y comprueba que se corresponde con el esquema teórico anterior. Es el que manda.



Universal Trainer

Es otra solución para el montaje y experimentación de todo tipo de circuitos. El esquema teórico es el que tienes en la imagen.

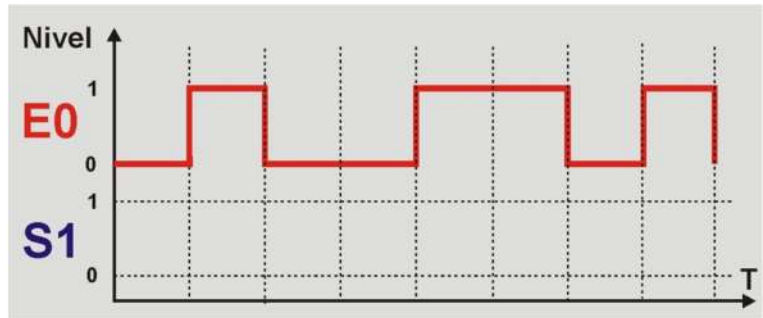
Es bastante más sencillo, sólo necesitas 5 cables de conexión, ya que es el propio entrenador quien aporta los conmutadores, los leds y los componentes asociados. También aporta la alimentación de +5 Vcc entre otras tensiones. Simplemente conectas un interruptores de entrada, el E0, con la patilla 1 del circuito 74XXX04 que es la entrada del primer inversor, y con el led S0 para monitorizar el nivel lógico de esa entrada. La patilla 2 la conectas con otro led, el S1, para monitorizar el nivel de salida del inversor. **En cualquier caso no te olvides de alimentar al circuito integrado. ¡ Hay que hacerlo siempre !!**



Sea como fuere que hayas realizado el montaje, vamos con el desarrollo de la práctica para comprobar el funcionamiento de un inversor o puerta NOT. Basta que con el interruptor de entrada E0 introduces los niveles "0" y "1" para ver cómo responde la salida. Completa la tabla de la verdad y el diagrama de tiempos.

$$S1 = \overline{E0}$$

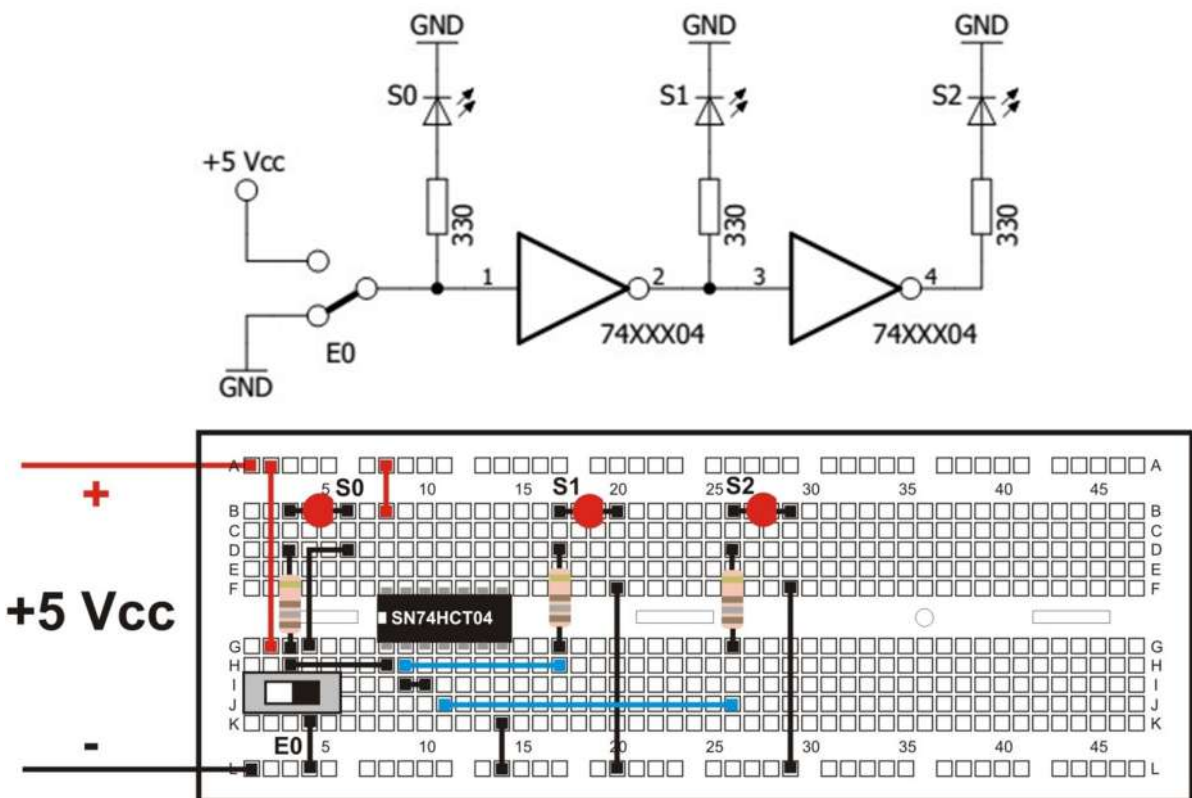
ENTRADA		SALIDA
E0	S0	S1
0		
1		



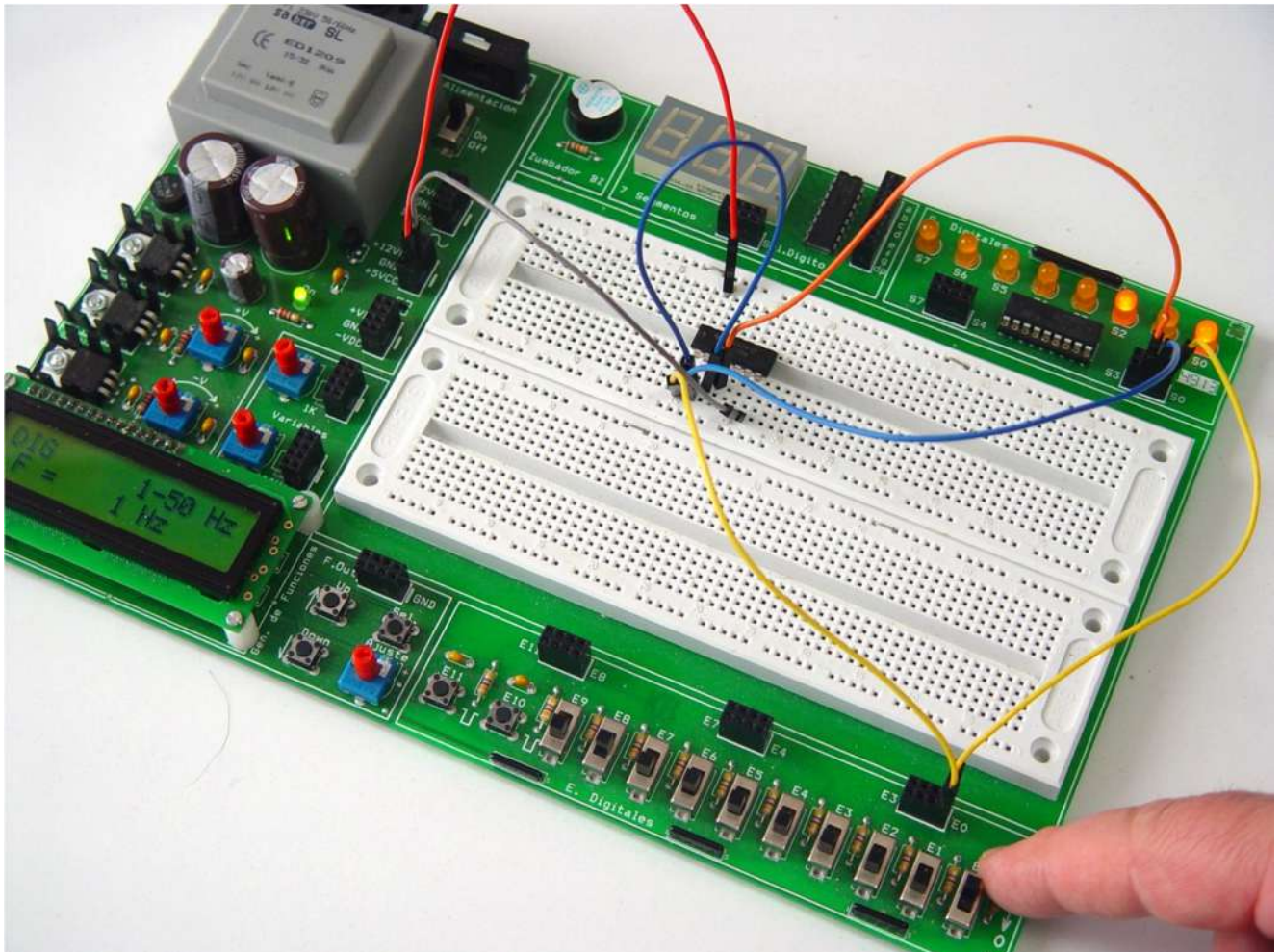
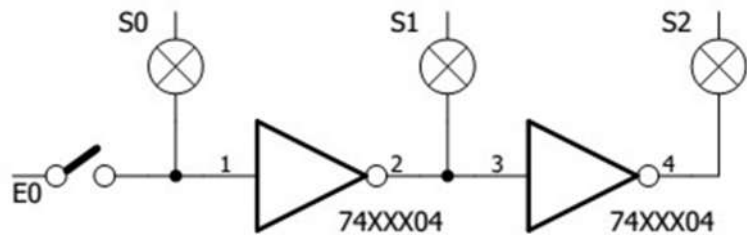
P2-3 Doble negación o función YES (SI)

Una doble negación es una afirmación. Si la salida de una puerta NOT la conectas con la entrada de otra, obtienes una doble inversión que equivale a una afirmación o función YES (SI).

Este sería el esquema teórico y el montaje práctico si lo realizas sobre un módulo board con todos los componentes auxiliares: cables, conmutadores, resistencias, leds y alimentación de +5V.



La versión del circuito montado sobre el Universal Trainer es mucho más simple.



Al igual que antes, comprueba su funcionamiento y completa la tabla de la verdad y el diagrama de tiempos.

$$S1 = \overline{E0}; S2 = \overline{S1}; S2 = E0$$

ENTRADA		SALIDAS	
E0	S0	S1	S2
0			
1			

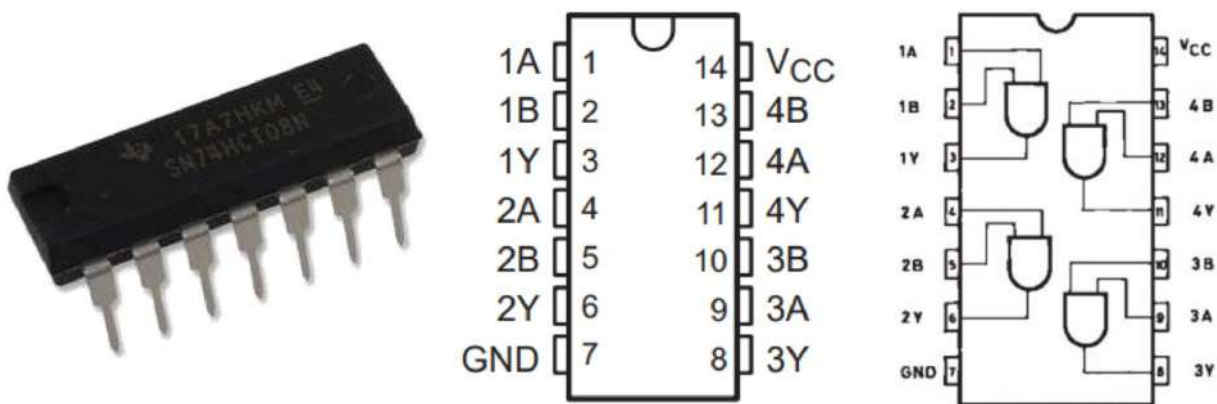


P3: LA PUERTA AND 74XX08

Su salida es de nivel "1" cuando **TODAS** las entradas están a nivel "1". Realiza el producto lógico e las entradas.

P3-1 Encapsulado

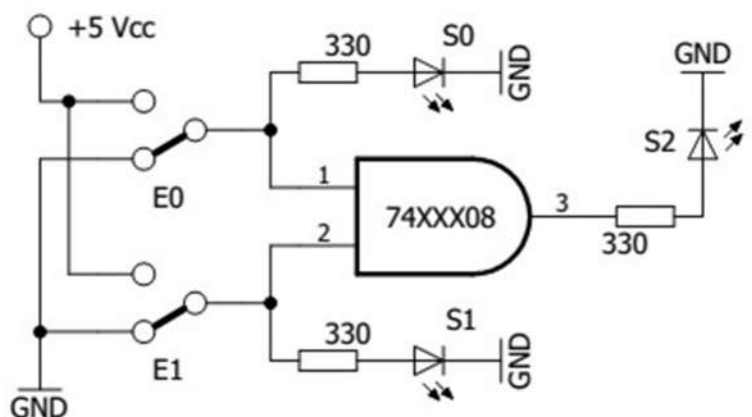
El circuito integrado 74XX08 integra cuatro puertas AND de dos entradas y está encapsulado en 14 patillas.

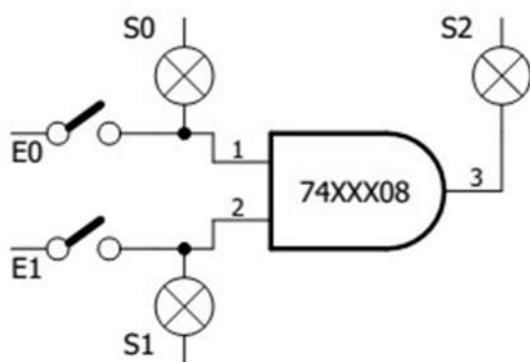
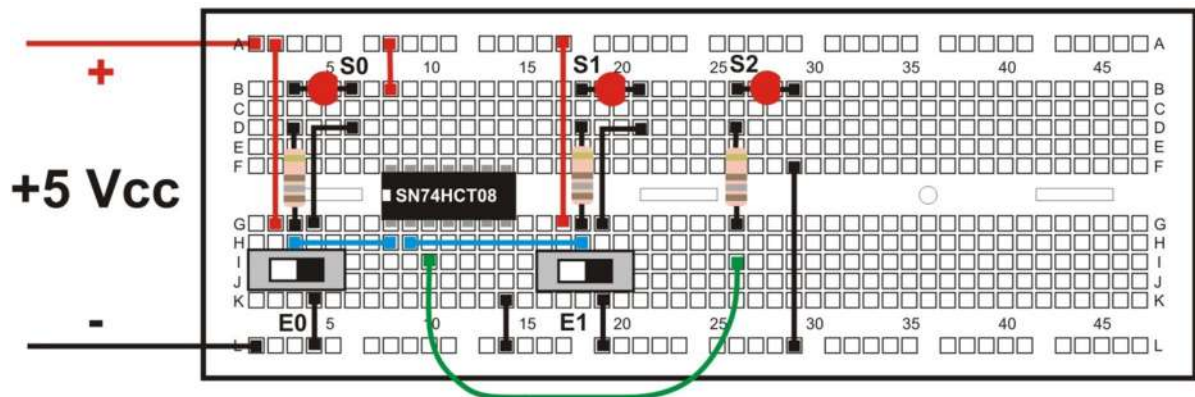


Las entradas de cada puerta están referenciadas como 1A y 1B, 2A y 2B, 3A y 3B y 4A y 4B. Las salidas se referencian como 1Y, 2Y, 3Y y 4Y. **No te olvides de la alimentación: patilla 7 (GND) y patilla 14 (+5 VCC).**

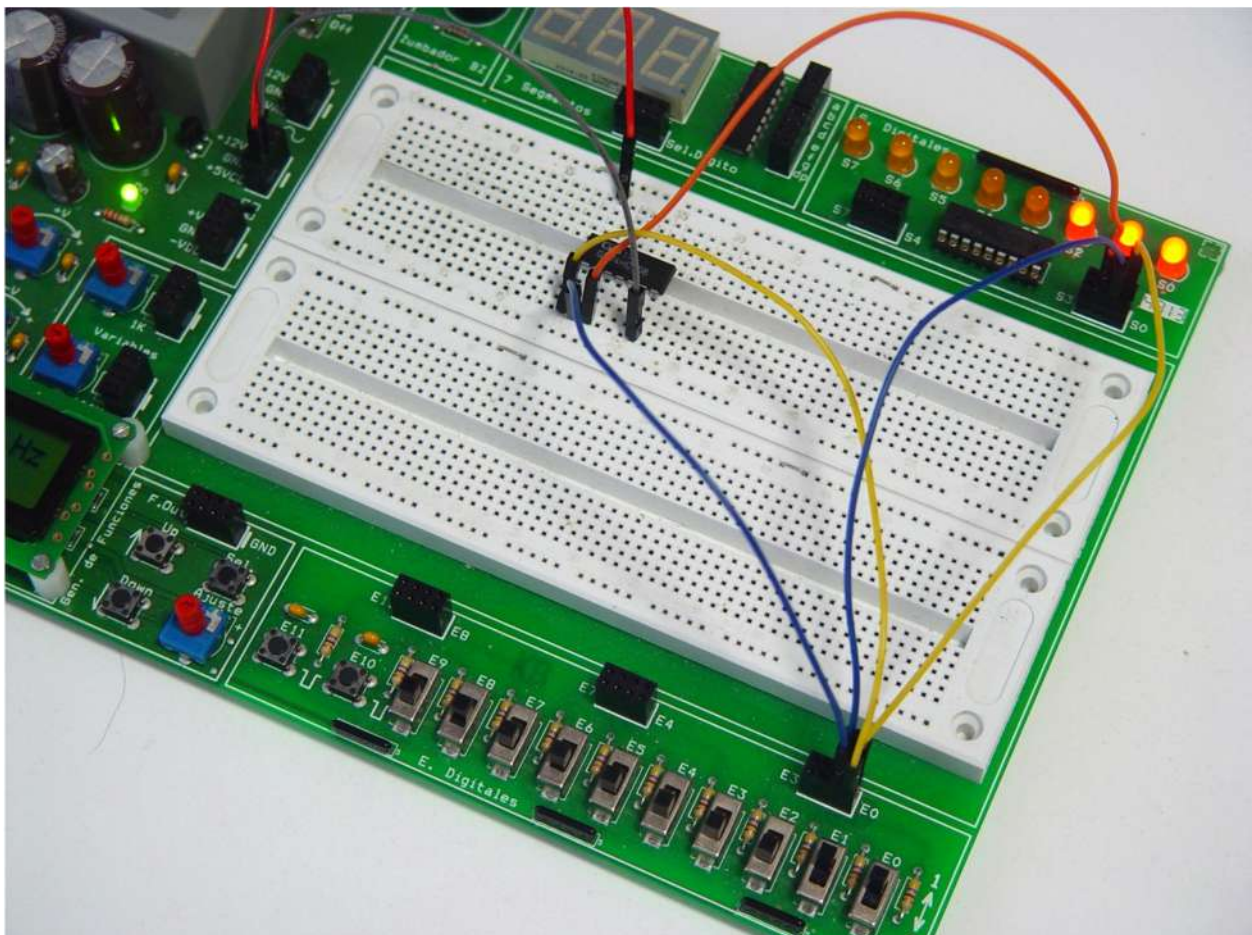
P3-2 Montaje y comprobación

Para comprobar el funcionamiento de esta puerta puedes optar por el montaje sobre un módulo board. Mediante dos conmutadores, E0 y E1, introduces niveles lógicos por las entradas de la primera de las puertas contenidas en el integrado. Los leds S0 y S1 te ayudarán a visualizar el estado actual de esas entradas. La salida de la puerta por la patilla 3 la conectas al led S2. Monitorizará el estado de la salida de la puerta en función del estado de las entradas.





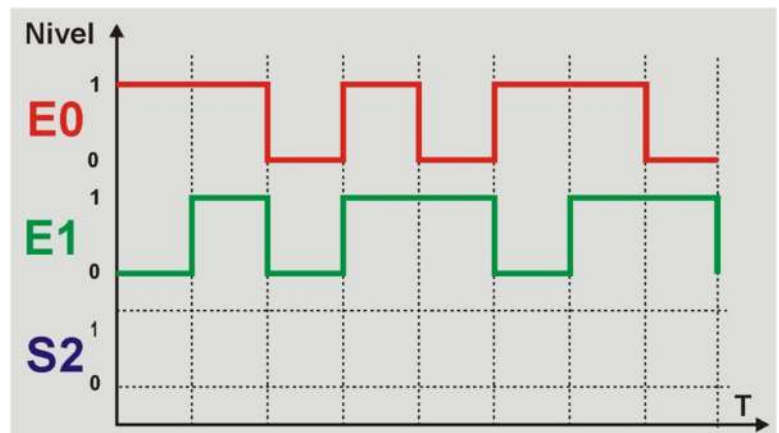
También puedes emplear los recursos del entrenador Universal Trainer. En este caso el esquema y el montaje es más sencillo. Los interruptores E0 y E1 se conectan con las entradas 1 y 2 de la puerta y con los leds S0 y S1. La salida por la patilla 3 se conecta con el led S2. Únicamente necesitas unos pocos cables de conexión.



Una vez hayas hecho el montaje podrás comprobar su funcionamiento y completar tanto la tabla de la verdad como el correspondiente diagrama de tiempos.

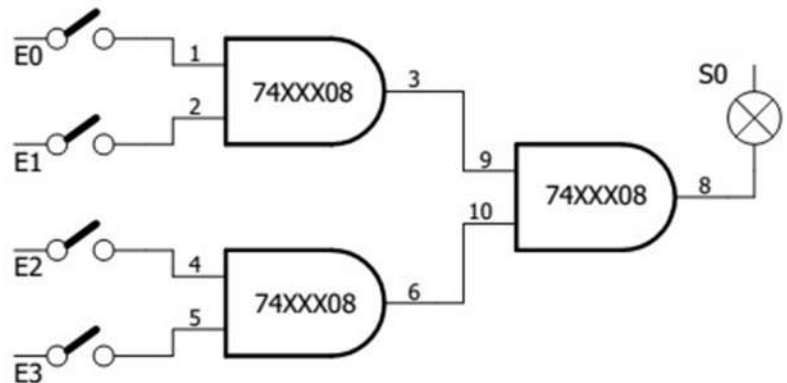
$$S2 = E0 \cdot E1$$

ENTRADAS		SALIDA
E1	E0	S2
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	



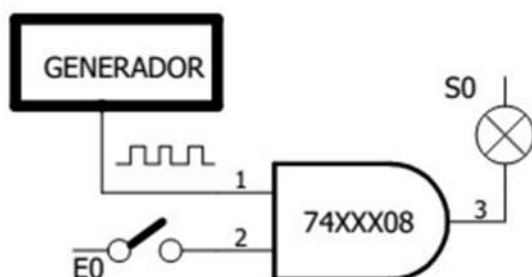
P3-3 Función AND con 4 entradas

Mira el siguiente esquema. Se trata de un función AND de 4 entradas construida con tres puertas AND de dos entradas. Es un ejemplo de interconexión de puertas entre sí. En este caso se emplean tres de las cuatro puertas contenidas en el mismo circuito integrado 74XXX08. Una vez que lo montes pruébalo y contesta...



¿En qué ocasión u ocasiones la salida S0 vale nivel "1"?

P3-4 Salida controlada de una señal de reloj.



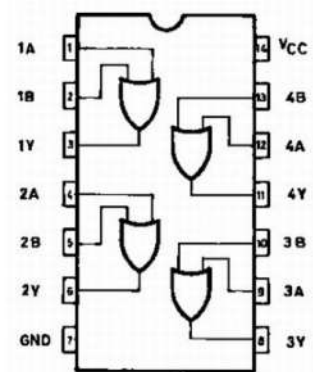
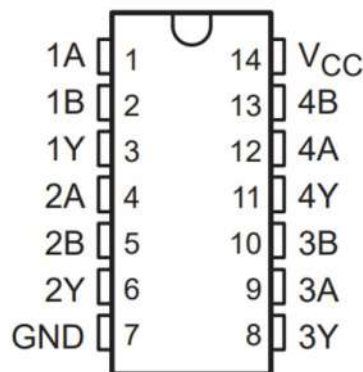
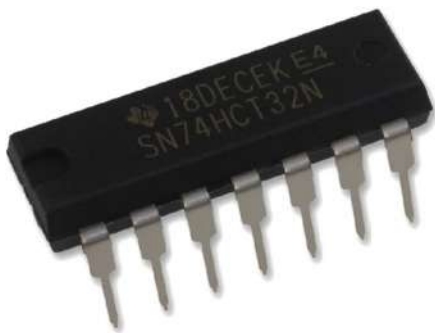
Un ejemplo práctico. La puerta AND se emplea como "llave de paso" para que la señal digital que produce el generador del entrenador Universal Trainer aparezca en el led de salida S0.

P4: LA PUERTA OR 74XXX32

La salida es de nivel "1" cuando **CUALQUIERA** de sus entradas está a nivel "1". Realiza la suma lógica de las entradas.

P4-1 Encapsulado

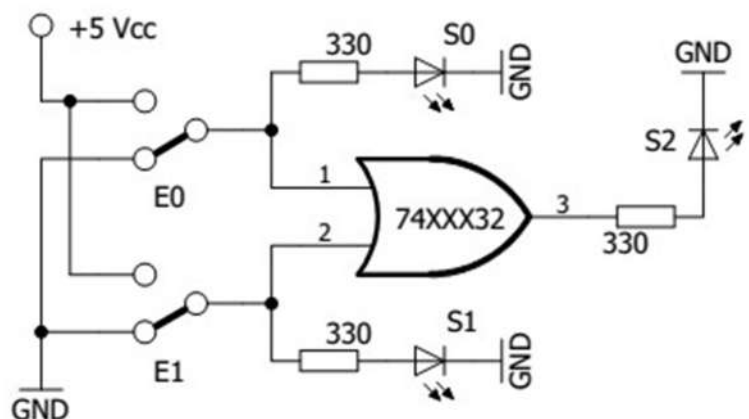
El circuito integrado 74XXX32 contiene 4 puertas OR independientes con dos entradas cada una.

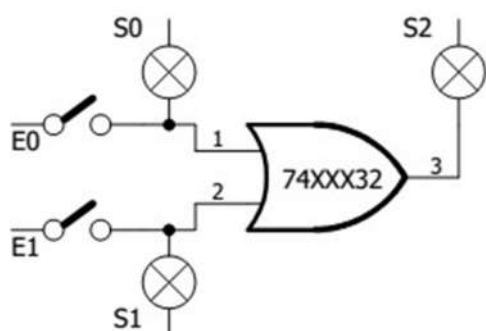
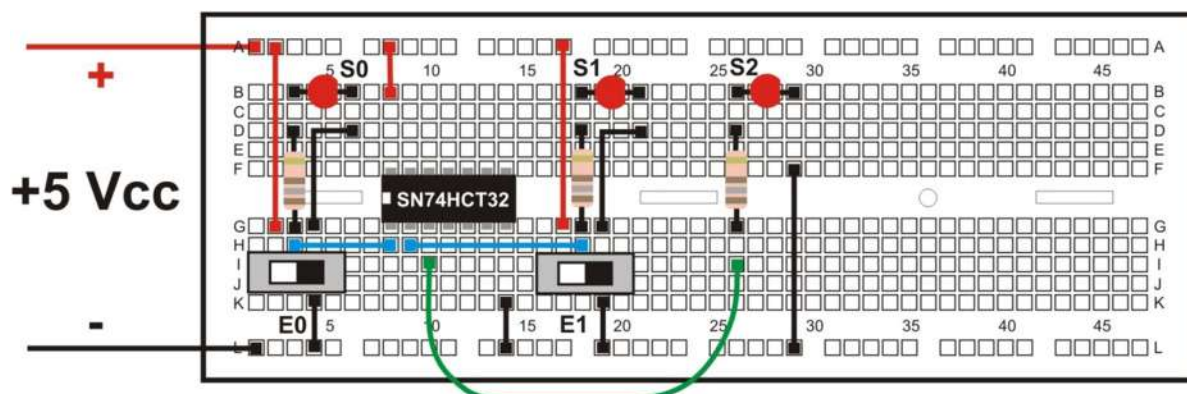


Las entradas de cada puerta están referenciadas como 1A y 1B, 2A y 2B, 3A y 3B y 4A y 4B. Las salidas se referencian como 1Y, 2Y, 3Y y 4Y. **No te olvides de la alimentación: patilla 7 (GND) y patilla 14 (+5 VCC).**

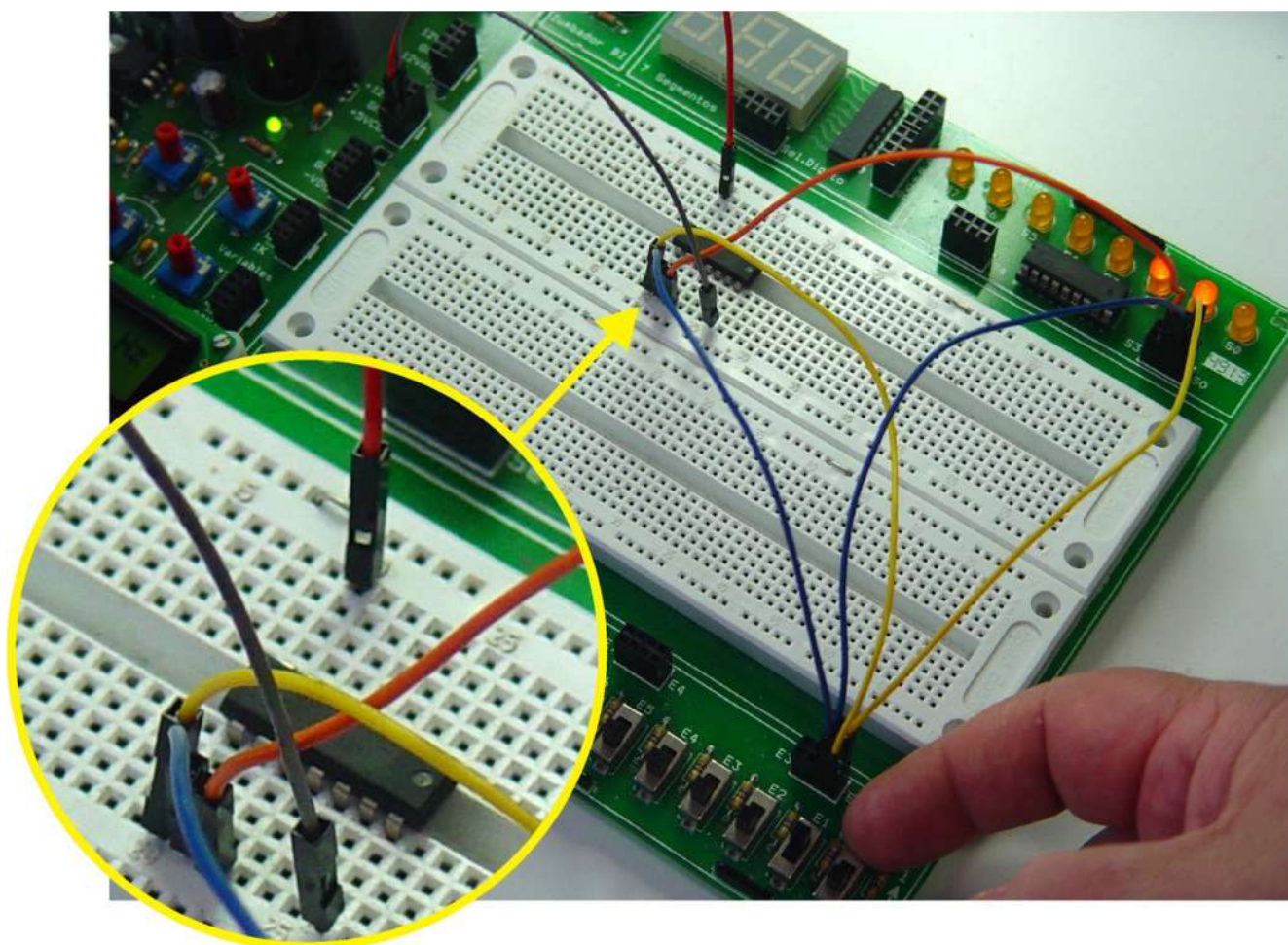
P4-2 Montaje y comprobación

Nuevamente puedes comprobar el funcionamiento de esta puerta realizando el montaje sobre un módulo board. Mediante dos conmutadores, E0 y E1, introduces niveles lógicos por las entradas de la primera de las puertas contenidas en el integrado. Los leds S0 y S1 monitorizan el estado actual de esas entradas. La salida de la puerta por la patilla 3 se conecta con el led S2. Monitorizará el estado de la salida de la puerta OR en función del estado de las entradas.





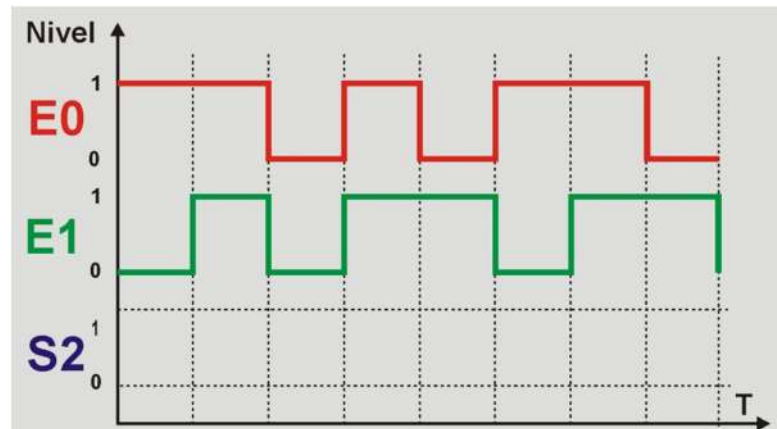
Si optas por usar el Universal Trainer para la comprobación y experimentación con la puerta OR, este sería el esquema teórico y su montaje práctico.



Completa tanto la tabla de la verdad como el correspondiente diagrama de tiempos.

$$S2 = E0 + E1$$

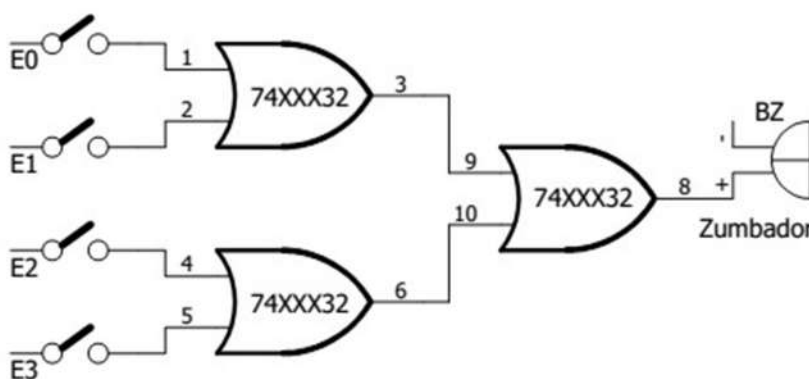
ENTRADAS		SALIDA
E1	E0	S2
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	



P4-3 Alarma con 4 sensores

Imagina una alarma que vigila una determinada estancia, local, vivienda o lo que sea. El sistema dispone de cuatro sensores que los vamos a simular mediante 4 interruptores:

- Sensor de inundación = E0
- Sensor de incendios = E1
- Sensor de apertura de una ventana = E2
- Sensor de apertura de la puerta = E3



Cuando se produce una situación de alarma se activa el zumbador a modo de señal acústica de aviso. Supongamos el siguiente circuito. Móntalo y responde a la pregunta:

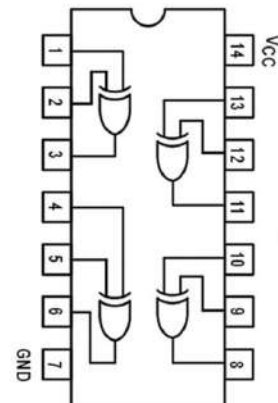
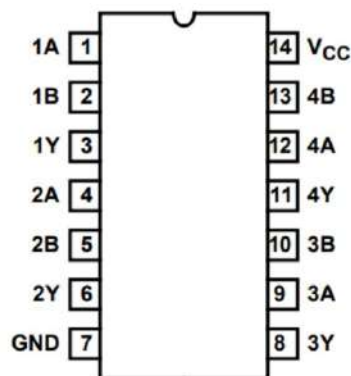
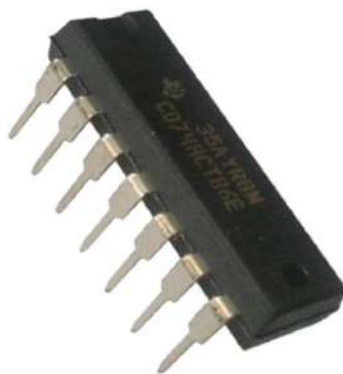
¿En qué ocasión u ocasiones se activa la señal acústica de alarma?

P5: LA PUERTA XOR 74XXX86

La salida es de nivel "1" cuando el número de entradas que valen nivel "1" es impar. Si tuviera dos entradas también se suele decir que la salida es "1" cuando las entradas tienen un nivel lógico diferente. Es una suma lógica exclusiva OR de las entradas.

P5-1 Encapsulado

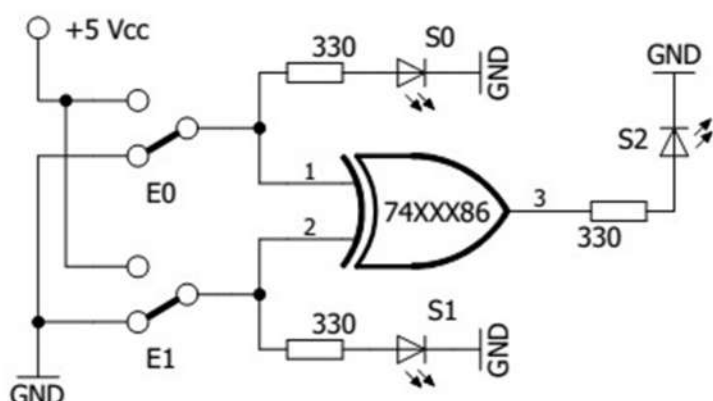
El circuito integrado 74XXX86 contiene 4 puertas XOR independientes con dos entradas cada una.

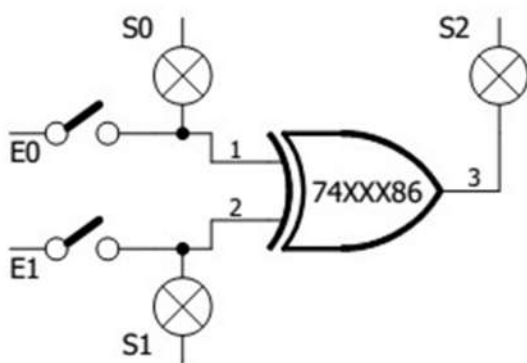
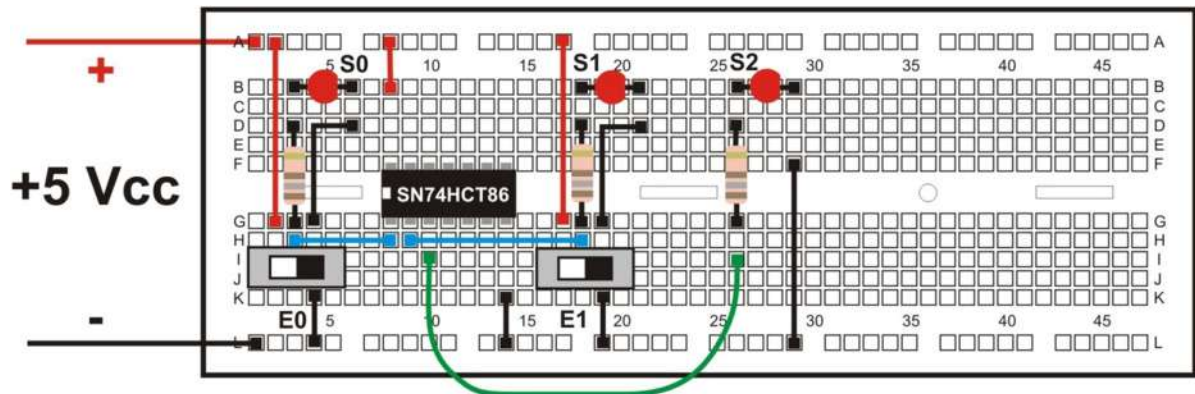


Las entradas de cada puerta están referenciadas como 1A y 1B, 2A y 2B, 3A y 3B y 4A y 4B. Las salidas se referencian como 1Y, 2Y, 3Y y 4Y. **No te olvides de la alimentación: patilla 7 (GND) y patilla 14 (+5 VCC).**

P4-2 Montaje y comprobación

Comprueba el funcionamiento de esta puerta realizando el montaje sobre un módulo board. Mediante dos conmutadores, E0 y E1, introduces niveles lógicos por las entradas de la primera de las puertas contenidas en el integrado. Los leds S0 y S1 monitorizan el estado actual de esas entradas. La salida de la puerta por la patilla 3 se conecta con el led S2. Monitorizará el estado de la salida de la puerta XOR en función del estado de las entradas.



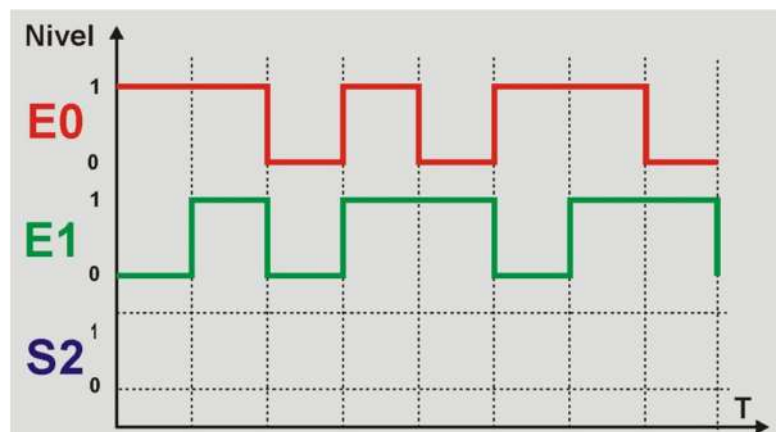


Si dispones de él, puede realizar el montaje y la comprobación de la puerta XOR sobre el entrenador Universal Trainer. En la imagen tienes el esquema correspondiente.

Hagas como hagas el montaje completa tanto la tabla de la verdad como el correspondiente diagrama de tiempos.

$$S2 = E0 \oplus E1$$

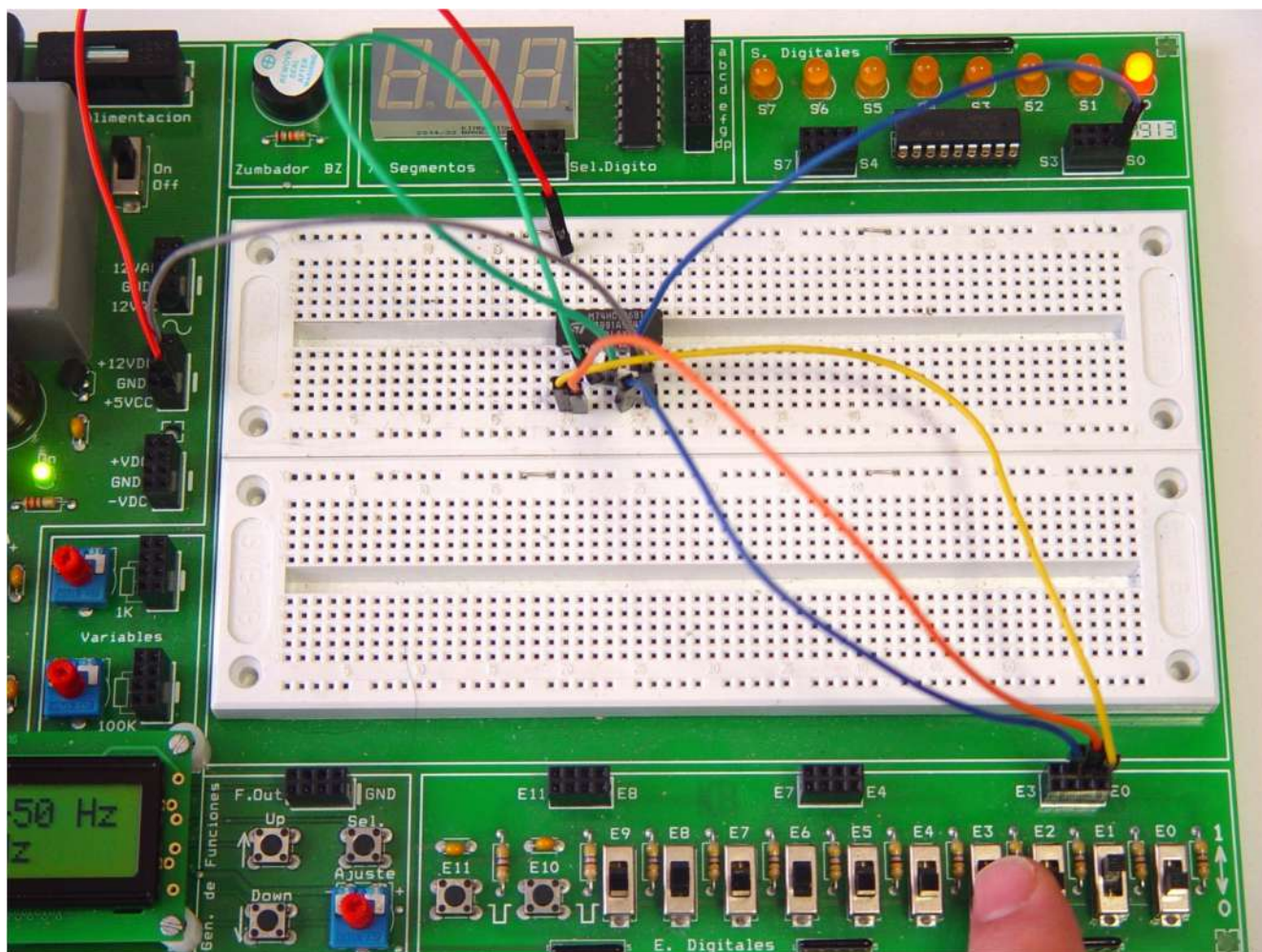
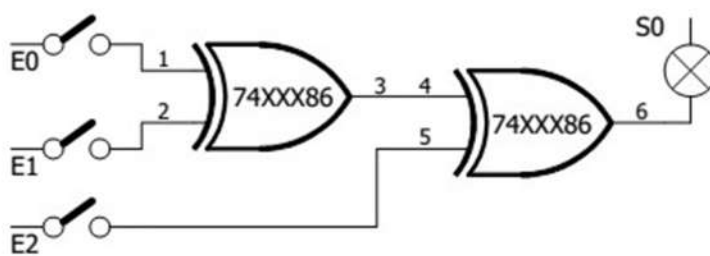
ENTRADAS		SALIDA
E1	E0	S2
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	



P5-3 Función XOR de 3 entradas

Al igual que puedes hacer con otras puertas, puedes combinar varias puertas XOR para obtener una puerta con más entradas. Monta el circuito de la figura y comprueba su tabla de la verdad.

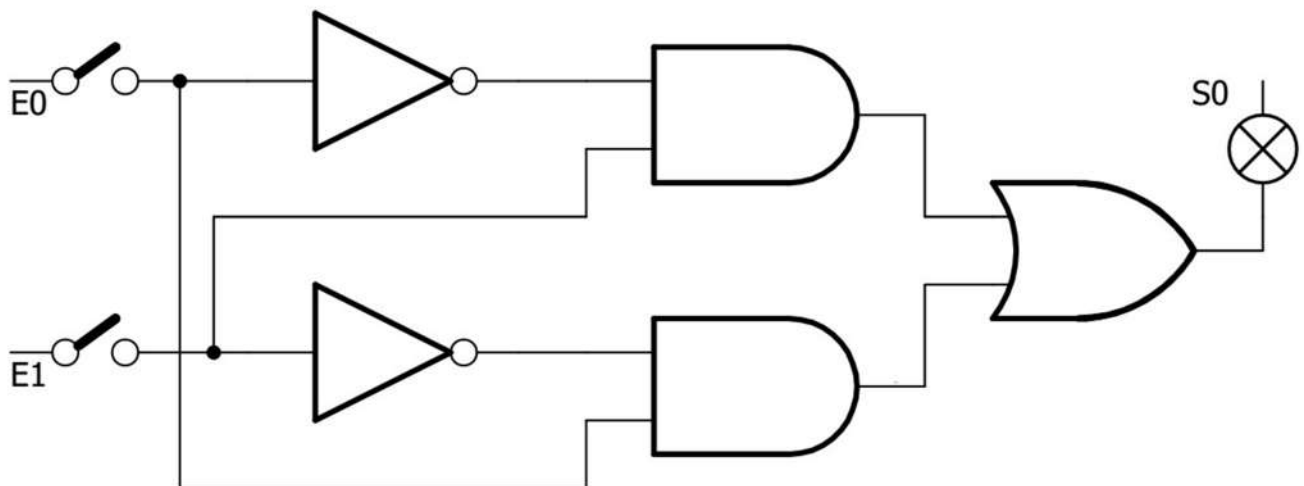
ENTRADAS			SALIDA
E2	E1	E0	S0
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	



¿Cómo podrás definir el momento en que la salida S0 es de nivel "1"?

P5-4 Circuito experimental

Te propongo que realices el montaje de la figura. Observa que no se ha indicado ni el modelo de circuito integrado ni las patillas de las puertas. Espero que con lo que has visto hasta ahora, seas capaz de completar el esquema por ti mismo anotando en él el nombre de los circuitos y el patillaje de las puertas que vayas a emplear.



Una vez realices el montaje completa la tabla de la verdad. Estúdiala con cuidado...

ENTRADAS		SALIDA
E1	E0	S0
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

¿Cuál sería la puerta lógica que equivale a este circuito?

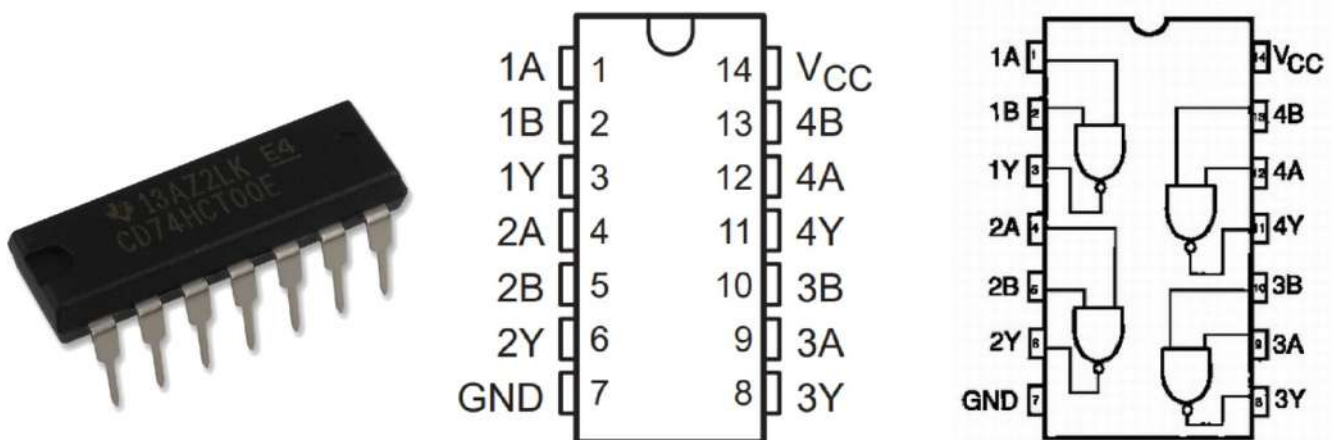
Con esto ya hemos visto y experimentado con las puertas lógicas fundamentales. Nos quedan otras tres, las conocidas como puertas "**complementarias**". A partir de ahora, y para no repetirnos demasiado, únicamente presentaremos los esquemas de montaje sobre el entrenador Universal Trainer.

P6: LA PUERTA NAND 74XXX00

Si a la salida de una puerta AND le conectamos una puerta NOT, obtenemos una puerta NAND. Podemos resumir diciendo que su salida es de "1" cuando **CUALQUIER** de las entradas valen nivel "0". Realiza el producto lógico invertido de las entradas.

P6-1 Encapsulado

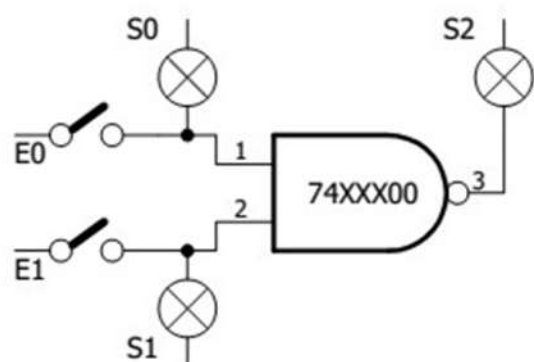
El circuito integrado 74XXX00 contiene 4 puertas NAND independientes con dos entradas cada una.



Las entradas de cada puerta están referenciadas como 1A y 1B, 2A y 2B, 3A y 3B y 4A y 4B. Las salidas se referencian como 1Y, 2Y, 3Y y 4Y. **No te olvides de la alimentación: patilla 7 (GND) y patilla 14 (+5 VCC).**

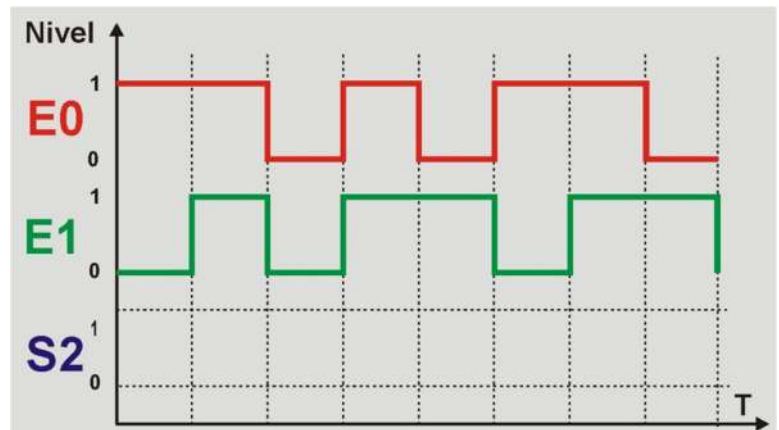
P6-2 Montaje y comprobación

Este es el esquema de montaje sobre el entrenador Universal Trainer. Móntalo y completa la tabla de verdad así como el diagrama de tiempos.



$$S2 = \overline{E0 \cdot E1}$$

ENTRADAS		SALIDA
E1	E0	S2
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

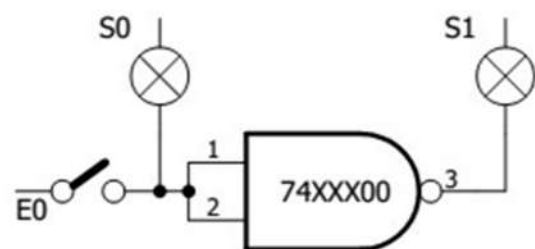


P6-3 Función NOT con puertas NAND

Mediante una puerta NAND puedes construir una función NOT. Mira el esquema y estúdialo. Lo montas y completa la tabla de la verdad.

$$S1 = \overline{E0}$$

ENTRADA		SALIDA
E0	S0	S1
0		
1		

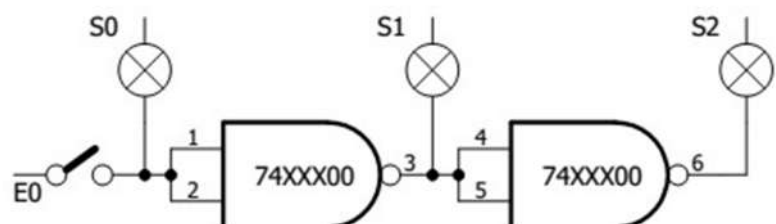


P6-4 Función YES (SI) con puertas NAND

Por el mismo motivo, mediante puertas NAND podrás construir una función YES (SI). Mira el esquema, lo analizas, lo montas y completas su tabla de la verdad.

$$S1 = \overline{E0}; S2 = \overline{S1}; S2 = E0$$

ENTRADA		SALIDAS	
E0	S0	S1	S2
0			
1			

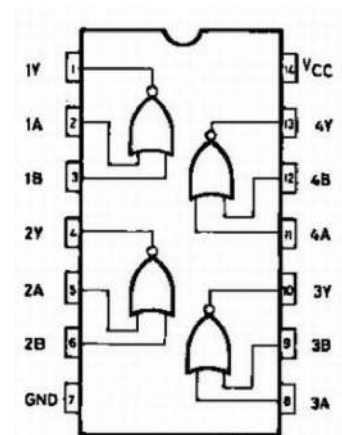
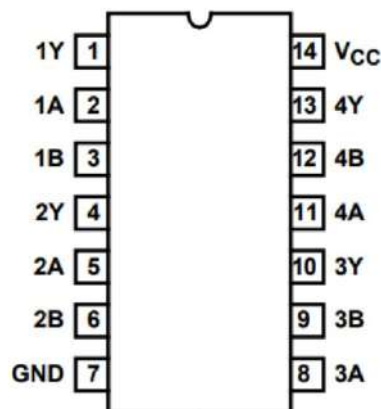


P7: LA PUERTA NOR 74XXX02

Si a la salida de una puerta OR le conectamos una puerta NOT, obtenemos una puerta NOR. Podemos resumir diciendo que su salida es de "1" cuando **TODAS** las entradas valen nivel "0". Realiza suma lógica invertida de las entradas.

P7-1 Encapsulado

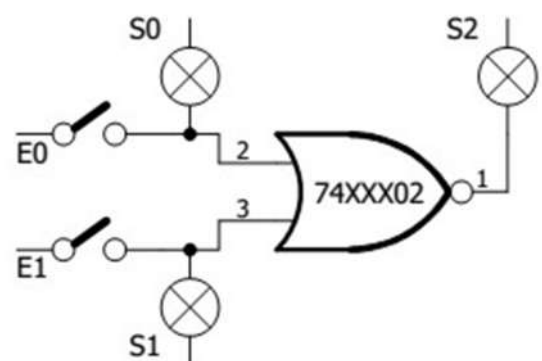
El circuito integrado 74XXX02 contiene 4 puertas NOR independientes con dos entradas cada una.



Las entradas de cada puerta están referenciadas como 1A y 1B, 2A y 2B, 3A y 3B y 4A y 4B. Las salidas se referencian como 1Y, 2Y, 3Y y 4Y. Te hago notar que la orientación de las puertas es justo la contraria que la de los circuitos que hemos visto hasta ahora. **No te olvides de la alimentación: patilla 7 (GND) y patilla 14 (+5 VCC).**

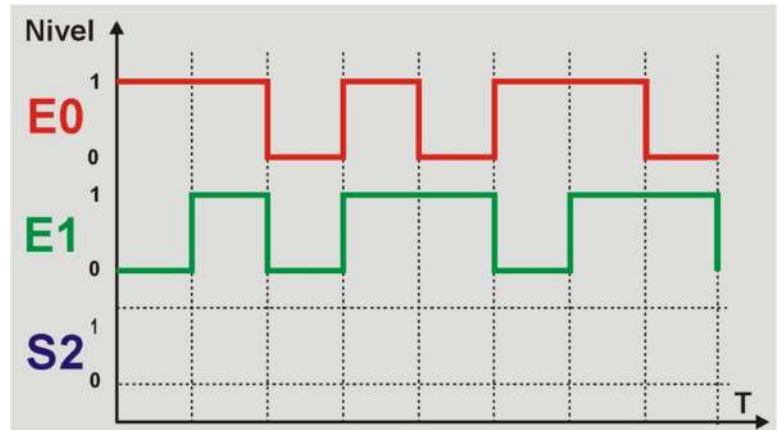
P7-2 Montaje y comprobación

Este es el esquema de montaje sobre el entrenador Universal Trainer. Móntalo y completa la tabla de verdad así como el diagrama de tiempos.



$$S2 = \overline{E0 + E1}$$

ENTRADAS		SALIDA
E1	E0	S2
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

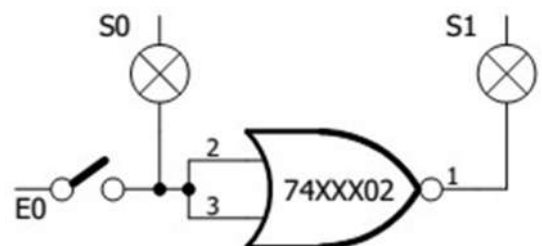


P7-3 Función NOT con puertas NOR

Mediante una puerta NOR puedes construir una función NOT. Mira el esquema y estúdialo. Lo montas y completas la tabla de la verdad.

$$S1 = \overline{E0}$$

ENTRADA		SALIDA
E0	S0	S1
0		
1		

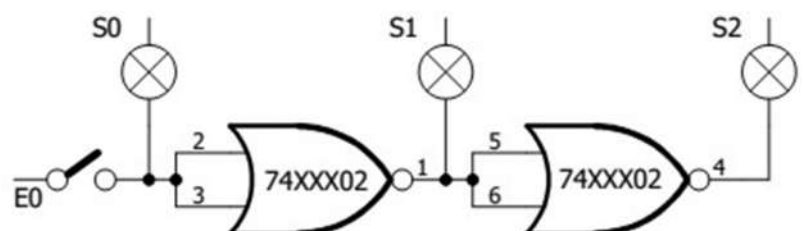


P7-4 Función YES (SI) con puertas NOR

Por el mismo motivo, mediante puertas NAND podrás construir una función YES (SI). Mira el esquema, lo analizas, lo montas y completas su tabla de la verdad.

$$S1 = \overline{E0}; S2 = \overline{S1}; S2 = E0$$

ENTRADA		SALIDAS	
E0	S0	S1	S2
0			
1			

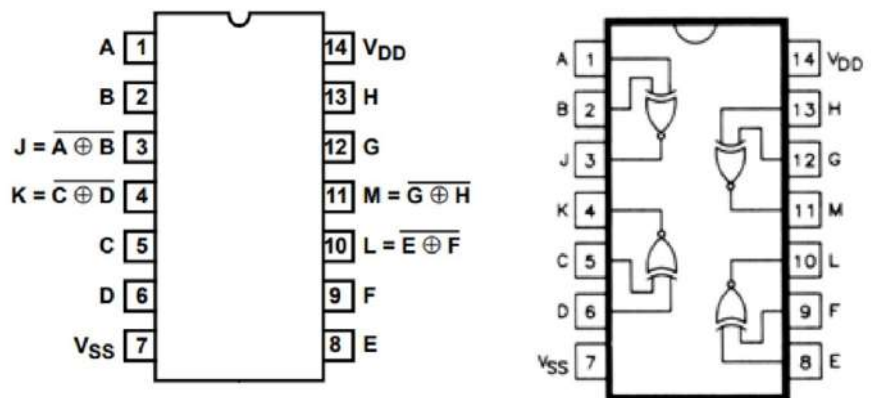
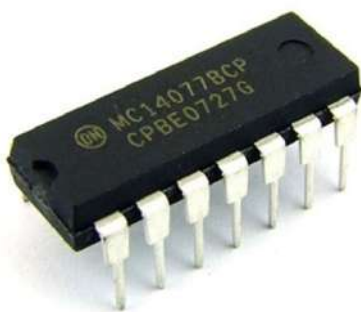


P8: LA PUERTA XNOR 4077B

Esta es nuestra última puerta. Si a la salida de una puerta XOR le conectamos una puerta NOT, obtenemos una puerta XNOR. Podemos resumir diciendo que su salida es de nivel "1" cuando el número de entradas que valen "1" es par.

P8-1 Encapsulado

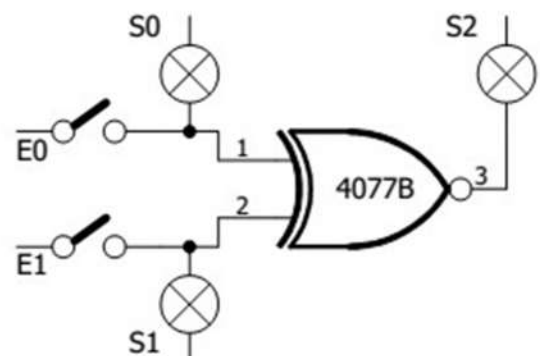
El circuito integrado 4077B contiene 4 puertas XNOR independientes con dos entradas cada una. Se trata de un circuito de la familia CMOS.



Las entradas de cada puerta están referenciadas como A y B, C y D, E y F y G y H. Las salidas se referencian como J, K, L y M respectivamente. **No te olvides de la alimentación: patilla 7 (GND o VSS) y patilla 14 (+5 VCC o VDD).**

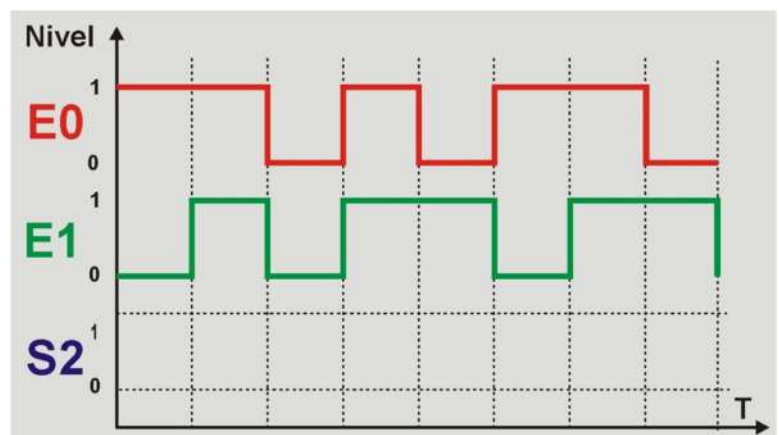
P8-2 Montaje y comprobación

Este es el esquema de montaje sobre el entrenador Universal Trainer. Móntalo y completa la tabla de verdad así como el diagrama de tiempos.



$$S2 = \overline{E0 \oplus E1}$$

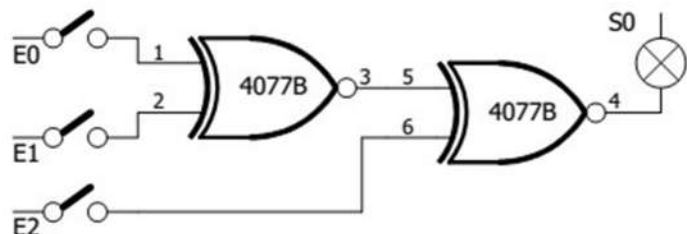
ENTRADAS		SALIDA
E1	E0	S2
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	



P8-3 Función XNOR de 3 entradas

Al igual que puedes hacer con otras puertas, puedes combinar varias puertas XNOR para obtener una puerta de más entradas. Monta el circuito de la figura y comprueba su tabla de la verdad.

ENTRADAS			SALIDA
E2	E1	E0	S0
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

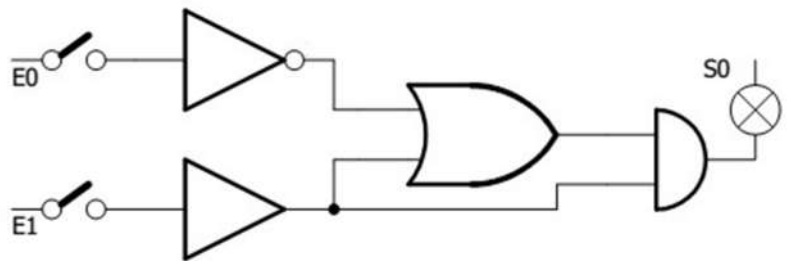


P9: MONTAJE DE CIRCUITOS DIGITALES

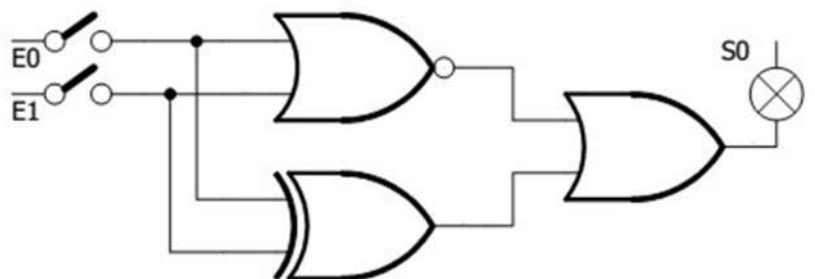
En esta práctica vas a hacer una serie de ejercicios de "entrenamiento" similar a alguno que ya has hecho anteriormente. Te presentaré una serie de esquemas con diferentes tipos de puertas. Simplemente se trata de que completes cada esquema indicando los modelos de circuitos integrados y el patillaje de cada puerta. Luego los montas y completas la tabla de la verdad para cada uno.

P9-1 Montar y comprobar este circuito experimental (I)

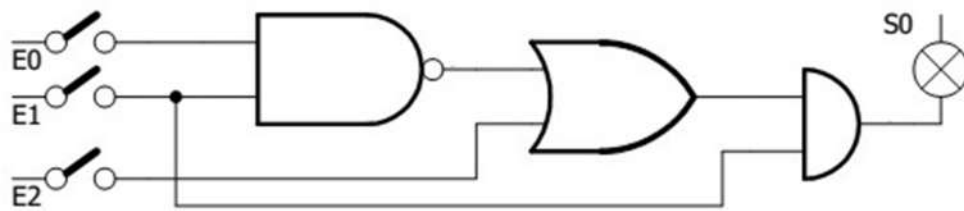
ENTRADAS		SALIDA
E1	E0	S0
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

**P9-2 Montar y comprobar este circuito experimental (II)**

ENTRADAS		SALIDA
E1	E0	S0
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

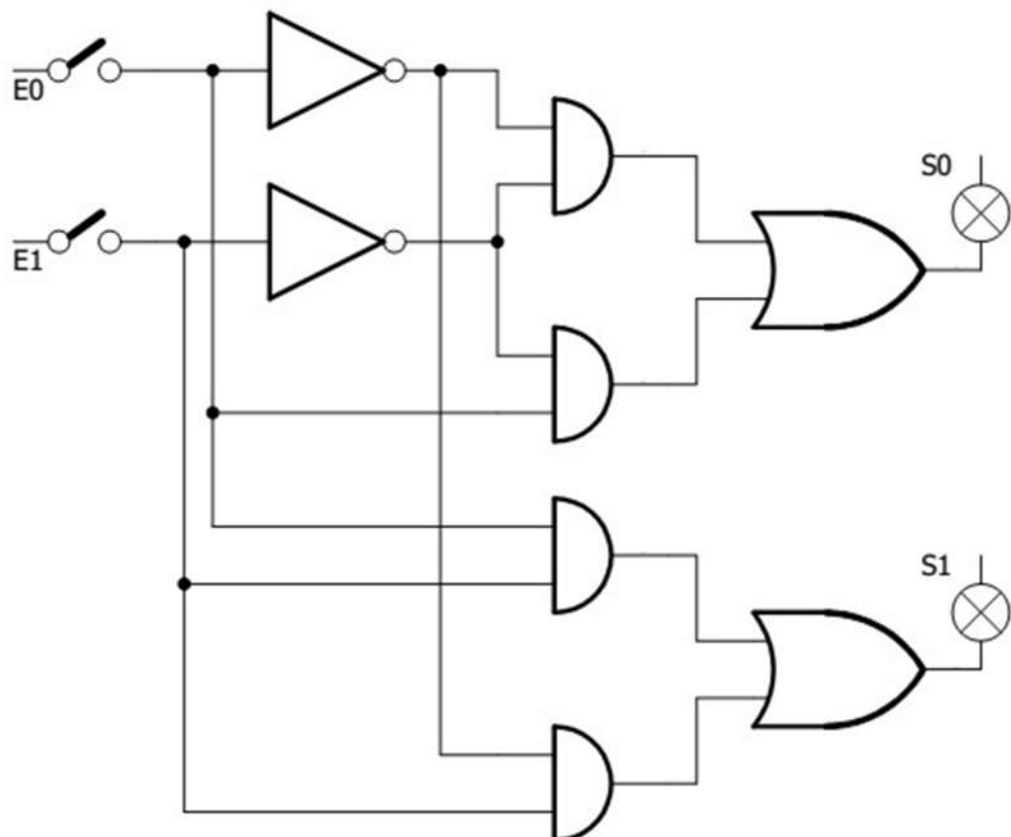


P9-3 Montar y comprobar este circuito experimental (III)



ENTRADAS			SALIDA
E2	E1	E0	S0
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

P9-4 Montar y comprobar este circuito experimental (IV)



ENTRADAS		SALIDAS	
E1	E0	S0	S1
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		