

## **PRÁCTICA 2**

### **FUNCIÓN COMBINACIONAL CON PUERTAS INTEGRADAS**

#### **Descripción**

En esta práctica se utilizarán circuitos integrados con puertas lógicas para realizar una función combinacional, se comprobará su funcionamiento, se observará un azar estático y se medirán los tiempos de propagación.

#### **Estudio Teórico**

En este apartado vamos a analizar el circuito que será montado en el estudio experimental.

#### Enunciado

Se pide implementar y comprobar el funcionamiento de un circuito combinacional que realice la función lógica  $f = a b + a' c$ . El circuito debe ser implementado empleando únicamente puertas NAND.

#### Circuito con NAND

Empezaremos diseñando el circuito empleando puertas NAND. Necesitamos realizar una suma de productos, dado que la expresión de  $f$  de la que partimos lo es. Si tenemos en cuenta que  $(x y)' = x' + y'$ , tenemos que para realizar una suma con puertas NAND basta introducir negados los términos a sumar:  $x + y = (x' y')'$ . En nuestro caso los términos a sumar son:  $x = a b$ ,  $y = b c$ , luego  $x' = (a b)'$ ,  $y' = (a' c)'$ . Es decir,  $x'$  e  $y'$  se pueden realizar directamente con puertas NAND. Por otra parte también es fácil obtener el término  $z = a'$  con una NAND, ya que  $a' = (a a)'$ . El circuito, entonces, quedará como se muestra en la Figura 1.

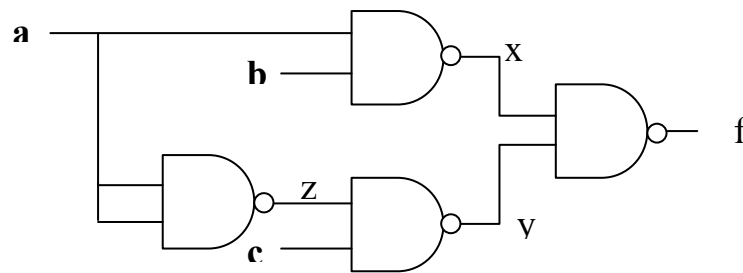


Figura 1

### Test del circuito

Para comprobar el funcionamiento del circuito en el laboratorio fijaremos dos de las tres entradas a valores constantes, mientras que la tercera irá tomando una secuencia de valores ...010101...

Si elegimos que **b** y **c** sean las entradas que tomarán valores constantes, tendremos los siguientes cuatro casos:

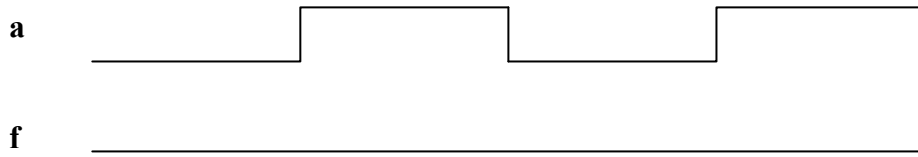
caso 1	$b = 0 \quad c = 0$	$f = a b + a' c = a 0 + a' 0 = 0$	$f = 0$
caso 2	$b = 0 \quad c = 1$	$f = a b + a' c = a 0 + a' 1 = a'$	$f = a'$
caso 3	$b = 1 \quad c = 0$	$f = a b + a' c = a 1 + a' 0 = a + 0 = a$	$f = a$
caso 4	$b = 1 \quad c = 1$	$f = a b + a' c = a 1 + a' 1 = a + a' = 1$	$f = 1$

Para fijar **b** = 0 ó **c** = 0, bastará conectar los cables de dichas entradas a 0V; para fijar **b** = 1 ó **c** = 1, se conectarán a 5V. Ambas tensiones deben obtenerse de la fuente de polarización que también nos servirá para polarizar el circuito (pin de VCC a 5V y pin de GND a 0V).

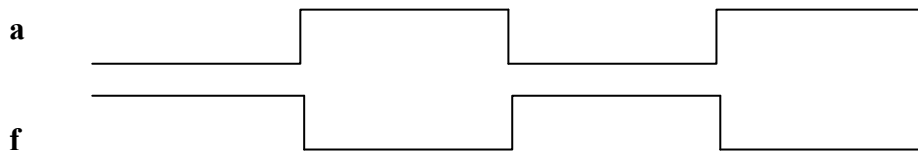
Para que **a** tome la secuencia de valores ...010101..., conectaremos el cable de esta entrada a una señal cuadrada que oscile entre 0V y 5V.

Finalmente, para comprobar que el circuito funciona basta con ver simultáneamente la señal **a** y la salida **f**. En cada uno de los 4 casos debemos obtener lo siguiente:

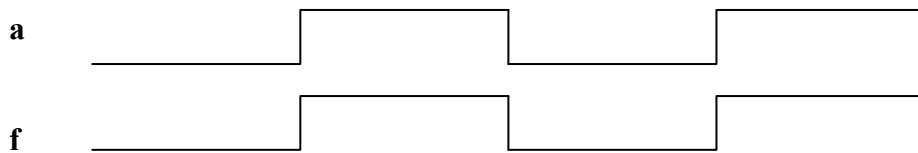
Caso 1: ( $\mathbf{b} = 0, \mathbf{c} = 0$ ).



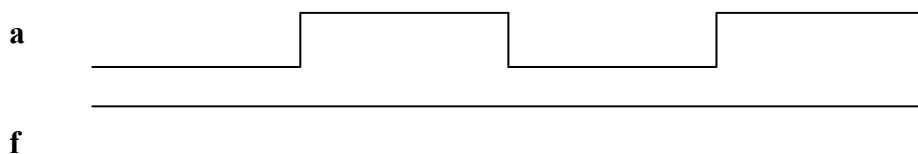
Caso 2: ( $\mathbf{b} = 0, \mathbf{c} = 1$ ).



Caso 3: ( $\mathbf{b} = 1, \mathbf{c} = 0$ ).



Caso 4: ( $\mathbf{b} = 1, \mathbf{c} = 1$ ).



### Existencia de azar estático

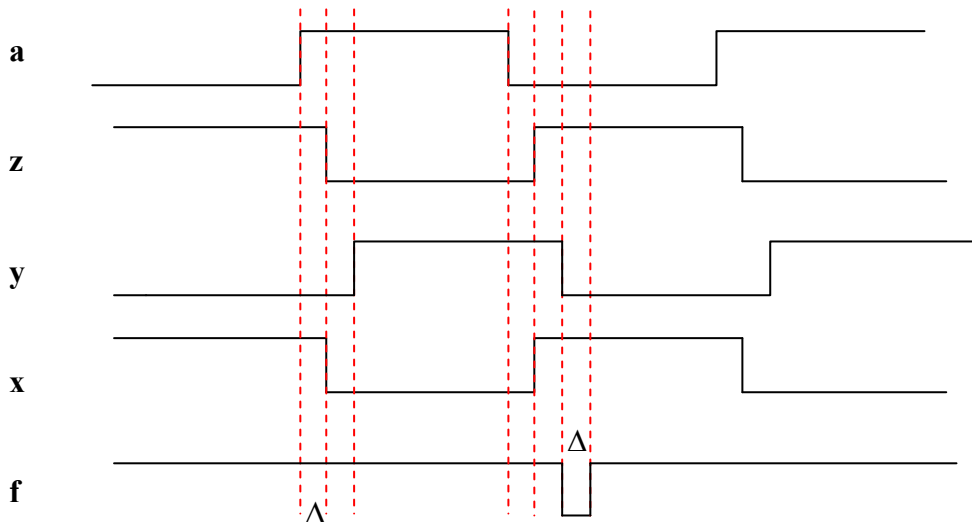
El retraso o tiempo de propagación de las puertas reales no se ha tenido en cuenta en el análisis anterior. Debido a ello, es posible que el circuito montado en el laboratorio muestre algunos comportamientos que en el análisis lógico o ideal no se han puesto de manifiesto.

En concreto, el circuito con el que estamos trabajando presenta un **azar estático** bajo ciertas condiciones de operación ( $\mathbf{b} = 1, \mathbf{c} = 1$ ). Vamos a realizar ahora un análisis más realista de este caso donde tendremos en cuenta el retraso de las puertas. Para ello, observemos que en el circuito de la Figura 1 se han marcado las señales **x**, **y**, **z**. Estas se corresponden con cada una de las salidas de las puertas NAND por las que las señales se propagan desde la entrada del circuito hasta alcanzar la NAND de salida. En cada una

de estas puertas la señal propagada sufre un retraso de valor  $\Delta$ . Veamos a continuación como afectarán estos retrasos a la salida del circuito:

Caso 4 (**b** = 1, **c** = 1) considerando retraso en las puertas NAND:

En el análisis han de considerarse las señales x, y, z



Hemos introducido un retraso  $\Delta$  por cada nivel de puertas atravesado, y observamos que la salida, en lugar de mantenerse constante a 1, presenta un pulso de pequeña duración en 0 (azar). Este pulso se produce debido a que la señal **a** se propaga por dos caminos diferentes, y en cada uno de estos caminos sufre un retardo distinto (Figura 2). De este modo, las señales **x** e **y**, que idealmente deberían tener transiciones simultáneas y ser señales complementarias, toman a la vez el valor 1, y a la salida de la función se produce un 0. La duración de este 0, será mayor cuanto mayor sea la diferencia de retraso entre los caminos recorridos por **a**. Debido a esto podemos agrandarlo colocando un condensador en el camino de mayor retraso: en los nudos **z** o **y**.

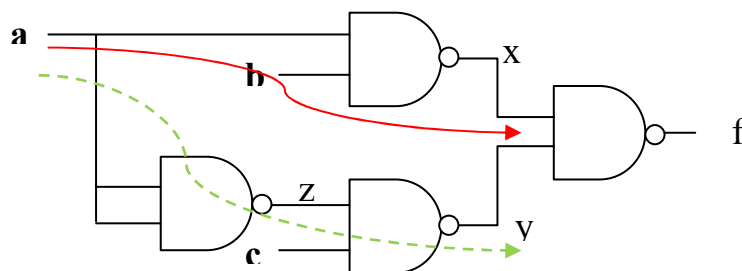


Figura 2

El pulso de azar puede ser observado en el osciloscopio (Figura 3), y será más fácil de medir a altas frecuencias. **Intente justificar por qué aumentar la frecuencia, nos ayuda a apreciar el azar.**

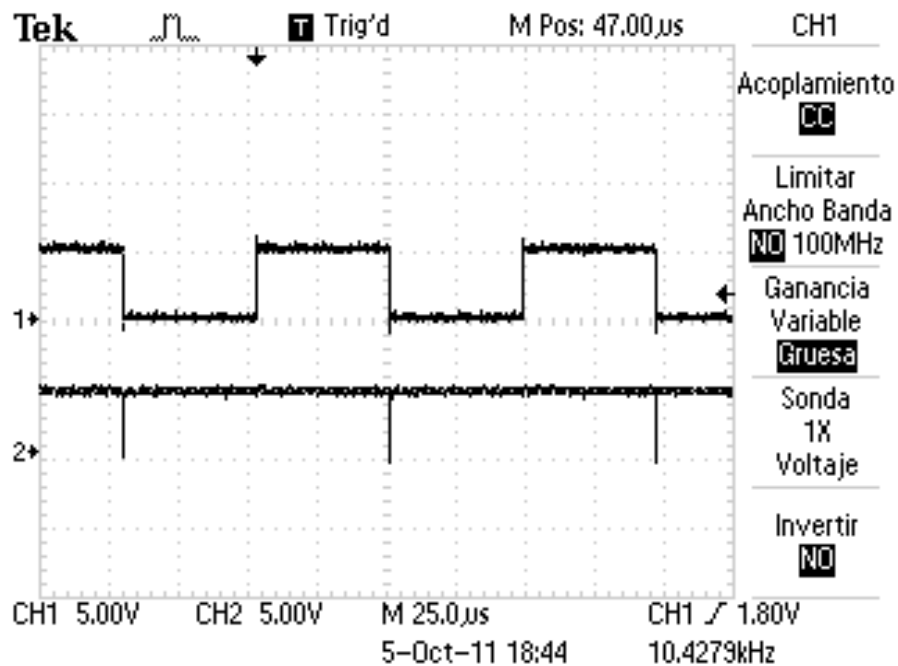


Figura 3

### Montaje

El circuito ha de montarse con un único circuito integrado: el 7400 (Figura 4).

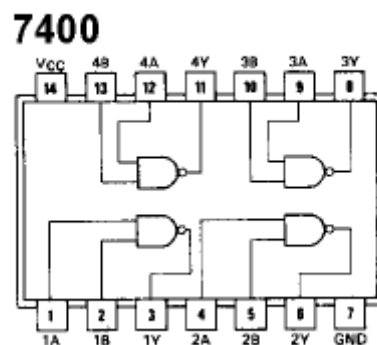


Figura 4

## Estudio Experimental

Consejos previos:

- No olvide polarizar el circuito: GND = 0V, VCC = 5V.
- Visualice en el osciloscopio las señales **antes** de conectarlas al circuito
- Razone los resultados obtenidos y compruebe si coinciden con los que esperaba.

1. Realice un esquema sobre la Figura 5, que indique cómo va a montar el circuito combinacional descrito en el estudio teórico. Se pide que indique claramente dónde va a colocar entradas y salida y cómo conectará las puertas.

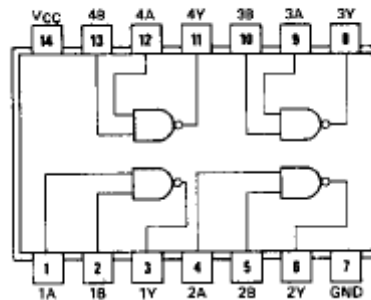
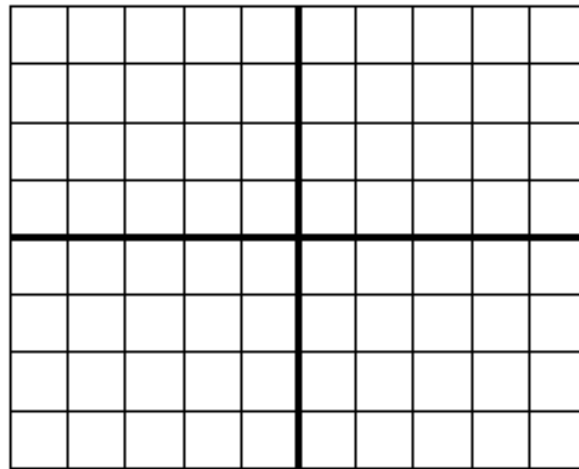


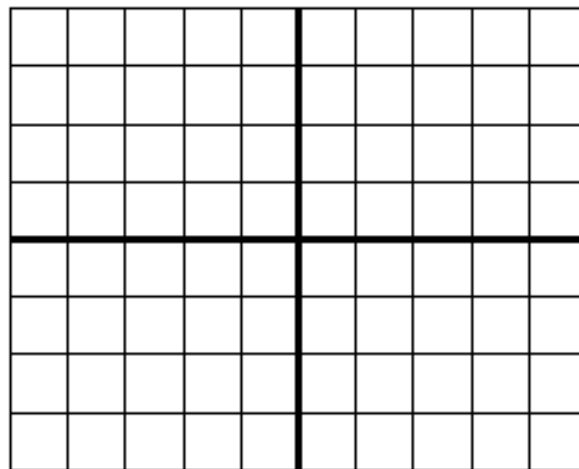
Figura 5

2. Avise a su profesor cuando haya comprobado que el montaje funciona correctamente. Para ello considere los 4 casos que se le plantean en el estudio teórico. Recuerde: la señal cuadrada para la entrada **a** debe oscilar entre 0V y 5V, fije como frecuencia 10 KHz y visualice la señal en el osciloscopio para asegurarse de que ha sido correctamente generada **antes** de conectarla al circuito.

3. Complete las plantillas para los casos [**b** = 0, **c** = 1] y [**b** = 1, **c** = 0], muestre simultáneamente **a** y **f**. No olvide indicar la situación de la línea de tierra (0V).

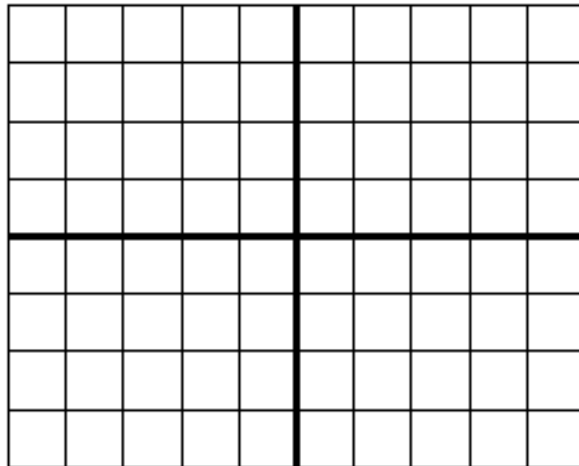


Escala de tiempo: \_\_\_\_\_  
Escala de tensión: \_\_\_\_\_



Escala de tiempo: \_\_\_\_\_  
Escala de tensión: \_\_\_\_\_

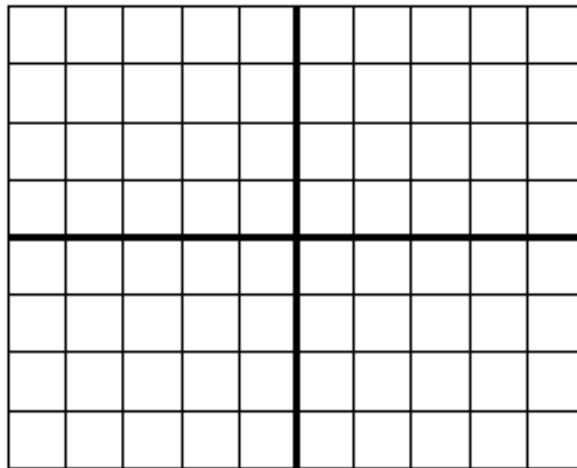
4. Para el caso [**b** = 1, **c** = 1], compruebe la existencia de azar. Aumente la frecuencia de la señal **a** hasta poder medir la anchura del pulso de azar. Utilice la plantilla (siguiente página) para reflejar sus resultados.



Escala de tiempo: \_\_\_\_\_

Escala de tensión: \_\_\_\_\_

5. Mida el tiempo de propagación del circuito para el caso  $\mathbf{b} = 1$ ,  $\mathbf{c} = 0$ , cuando la entrada  $\mathbf{a}$  cambia de nivel bajo a nivel alto y dibuje en la plantilla la pantalla del osciloscopio en el momento de tomar la medida.



Escala de tiempo: \_\_\_\_\_

Escala de tensión: \_\_\_\_\_

6. A partir del resultado obtenido en el apartado anterior, estime el retraso de propagación introducido por cada puerta NAND.

Valor: \_\_\_\_\_