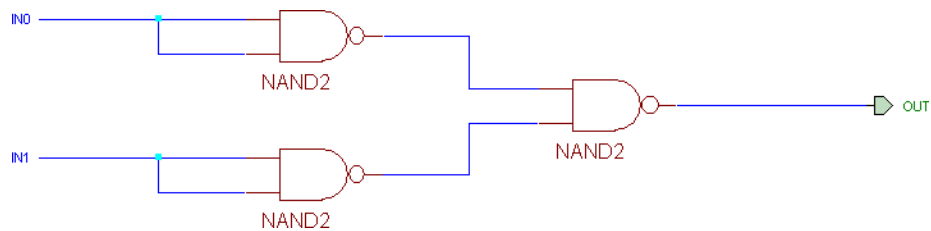


**ALBERTO DAZA MÁRQUEZ**

# ***PRÁCTICAS DE FUNDAMENTOS DE ELECTRÓNICA***



## **PRÁCTICAS DE FUNDAMENTOS DE ELECTRÓNICA.**

*Primera edición, Octubre de 2013*

© Autor, Editor e Ilustrador: Alberto Daza Márquez

I.S.B.N. 13: 978-84-695-8851-2

I.S.B.N. 10: 84-695-8851-6

Depósito Legal: MA-1990-2013

## **ÍNDICE.**

### **PRÁCTICA 2. DIODO.**

#### **PARTE 1. SIMULACIÓN CON LTSPICE.**

	<b>3</b>
1.1. ESTUDIO DE LA CURVA CARACTERÍSTICA DE UN DIODO.	3
1.2. RECTIFICADOR DE CORRIENTE ALTERNA.	6
1.3. SUBIR LA SIMULACIÓN DE LA PRÁCTICA 2 AL CAMPUS VIRTUAL.	7

#### **PARTE 2. MONTAJE EN LABORATORIO CON DIODOS.**

	<b>8</b>
2.1. ESTUDIO DE LA CURVA CARACTERÍSTICA DE UN DIODO.	8
2.2. MONTAJE DE UNA PUERTA LÓGICA OR.	11
2.3. RECTIFICADOR DE CORRIENTE ALTERNA.	13

## **Práctica 2. Diodo.**

### **Documentación.**

La **documentación** debe conservarse como material de la asignatura para el alumno y en ella se deben anotar las soluciones obtenidas para que el alumno tenga una copia de los resultados obtenidos.

La **práctica** consiste en el análisis de varios circuitos mediante **simulación con el programa LTSpice**. Los resultados se recogerán en este documento PDF, el cual se entregará antes de acceder al laboratorio el día que esté señalado como corrección de esta práctica. **Se deberán subir al campus virtual los ficheros de las simulaciones (esquemáticos y gráficas de cada apartado)**, para ello se debe crear un directorio separado para cada nueva simulación, y todos estos directorios se comprimirán en un único archivo .ZIP que se subirá al Campus Virtual antes de entrar al laboratorio. **Además, se incluirán en dicho archivo .ZIP este documento PDF, con todos sus campos de formulario debidamente cumplimentados.**

## Parte 1. Simulación con LTSpice.

### Material Necesario

- Ordenador Personal
- Simulador LTSpice

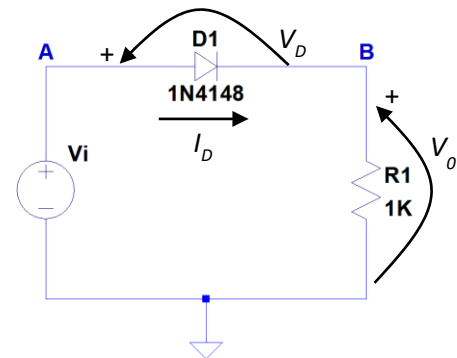
### Objetivos

- Conocer el manejo del simulador LTSpice para realizar análisis en continua (.DC) y transitorios (.TRAN), aplicado en circuitos con diodos.

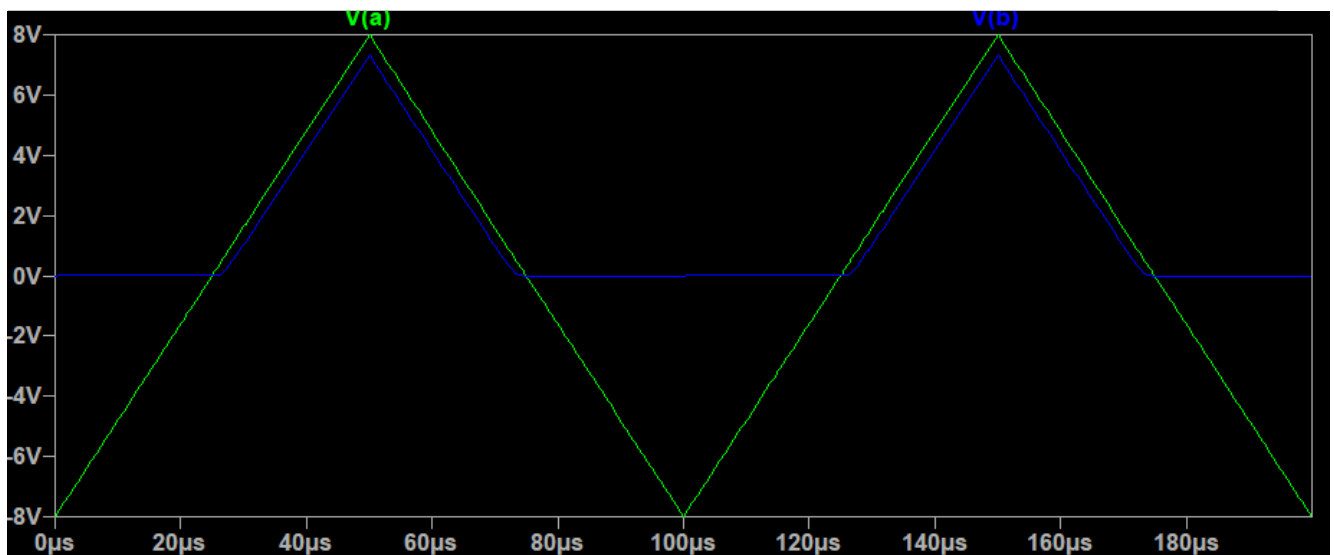
### 1.1. Estudio de la curva característica de un diodo.

Simular el siguiente circuito con el diodo modelo 1N4148. Para ello pondremos en el circuito del LTSpice el elemento de la librería "DIODE", pincharemos con el botón derecho sobre el mismo y escogeremos la opción "Pick New Diode", tras lo cual aparecerá una lista de modelos disponibles, de la que se elegirá el modelo 1N4148.

Se creará el esquemático utilizando el simulador LTSpice y se obtendrá la medida que se pide a continuación.



1.1.1. Dibuja las señales  $V_i$  y  $V_o$  en función del tiempo en la siguiente gráfica. Configura como señal de entrada  $V_i$ , una señal triangular de 8V de amplitud de pico, sin Offset, y de 10 KHz de frecuencia (la señal oscilará por tanto entre  $-8V$  y  $+8V$ , con 16V de amplitud pico-a-pico). Simula dos periodos completos de las señales.



Explica el comportamiento observado en la gráfica:

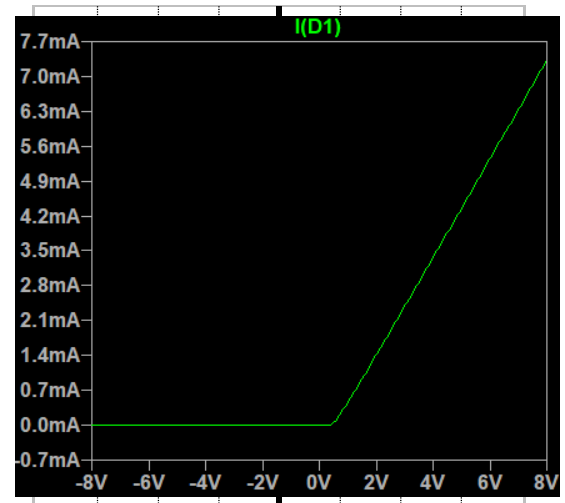
La  $V_i$  varía en el tiempo dependiendo de la fuente de intensidad  $V_i$ .

La  $V_o$  depende del estado del diodo y no toma valores negativos puesto que ahí está polarizado a la inversa y actúa como un circuito abierto, hasta que se supera la tensión umbral.

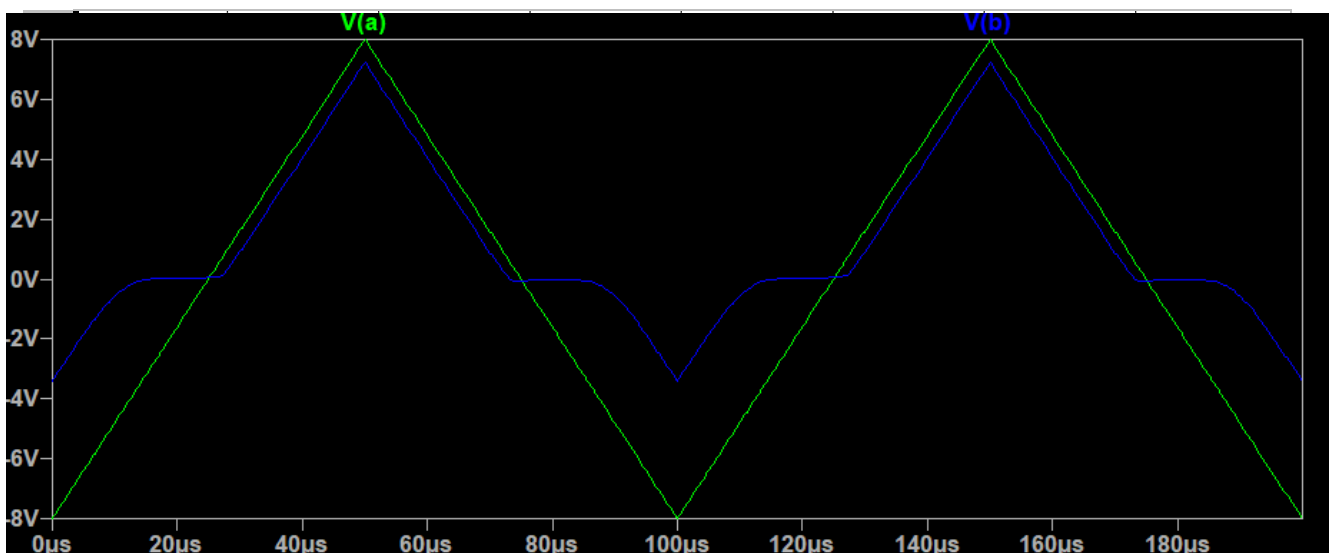
**1.1.2. Dibuja la gráfica de la intensidad del diodo  $I_D$  en función de la tensión de entrada  $V_i$ . Ayuda:** Para ello se debe realizar un análisis en continua, efectuando un barrido sobre la señal  $V_i$  de entrada entre  $-8V$  y  $8V$  (análisis .DC Sweep). Utilizar un incremento de  $0.05V$  por ejemplo.

Calcula el valor de la intensidad del diodo cuando  $V_i = 6V$ .

$I_D = 5.3mA$ .....

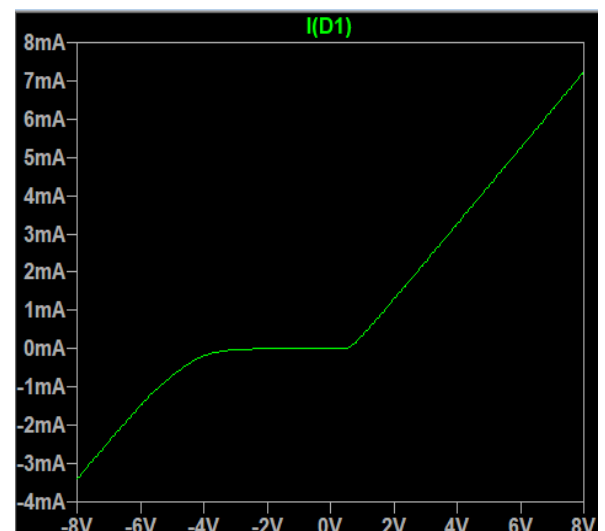


**1.1.3. Sustituye el diodo 1N4148 por un diodo Zener 1N750 y repite los análisis anteriores.**

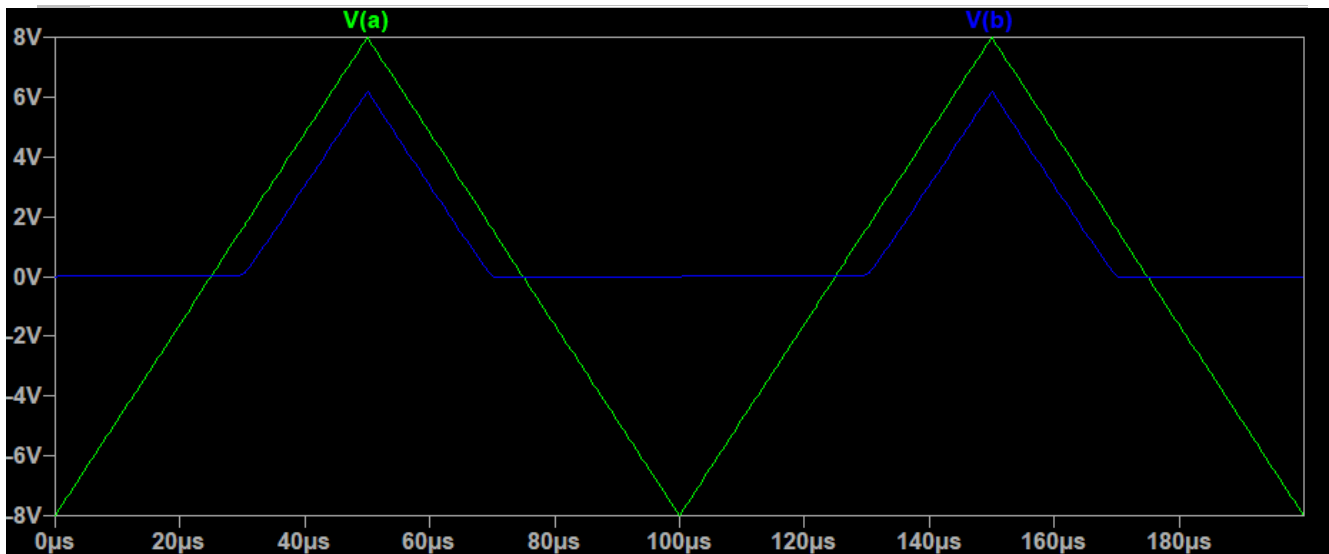


Indica las diferencias observadas frente al comportamiento del diodo 1N4148.

En este caso a diferencia del diodo 1N4148 es que el  $V_0$  si toma valores negativos. Ya que en los Zener, el diodo conduce a partir de un determinado valor de tensión de polarización inversa, denominado tensión de ruptura ( $V_z$ ):.....

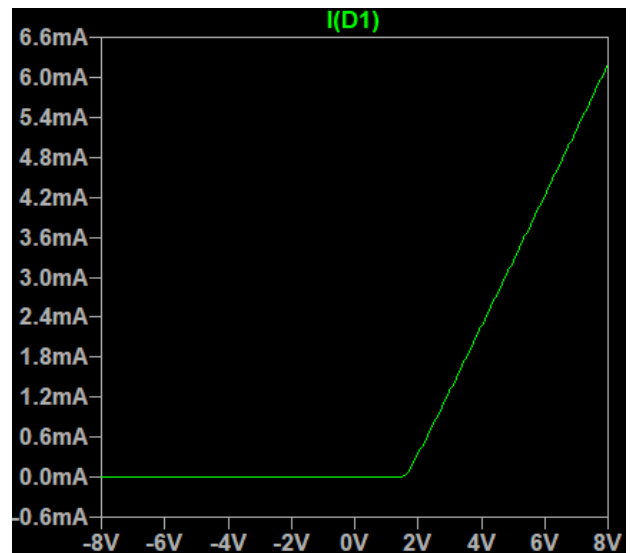


**1.1.4. Repite nuevamente los mismos análisis, pero utilizando ahora un diodo LED QTLP690C. Dibuja las gráficas correspondientes.**



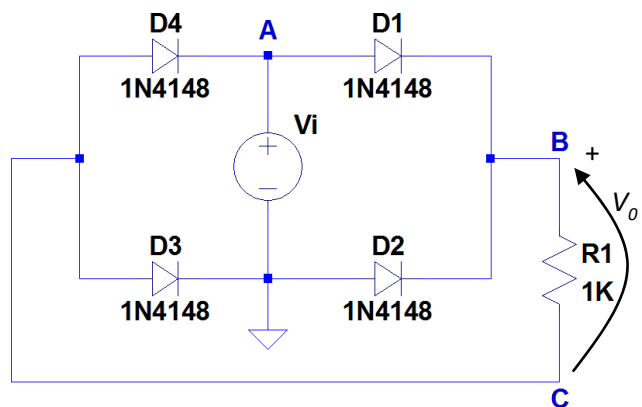
Comenta las diferencias de su comportamiento con respecto a los anteriores diodos.

En este caso es similar que con el diodo modelo 1N4148, la única diferencia es la tensión umbral (Von), que se supera más tarde .....



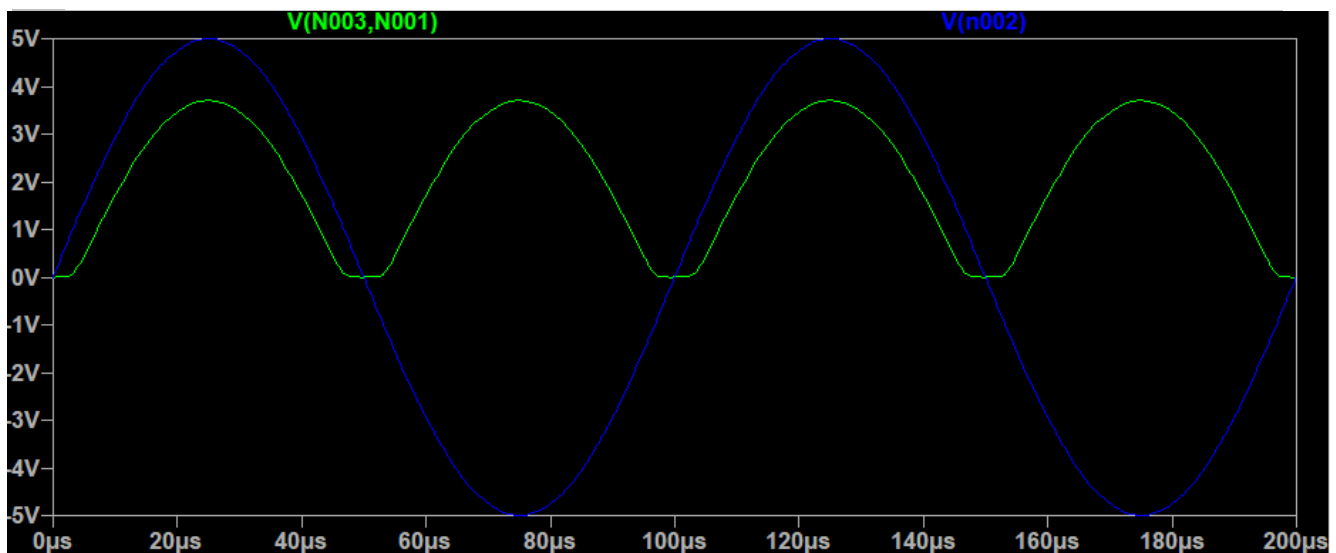
## 1.2. Rectificador de corriente alterna.

El circuito más común para rectificar la corriente alterna es el rectificador de onda completa o puente de diodos, por lo que simularemos, en el programa LTSpice, el circuito mostrado usando el modelo de diodo 1N4148, con las siguientes características:



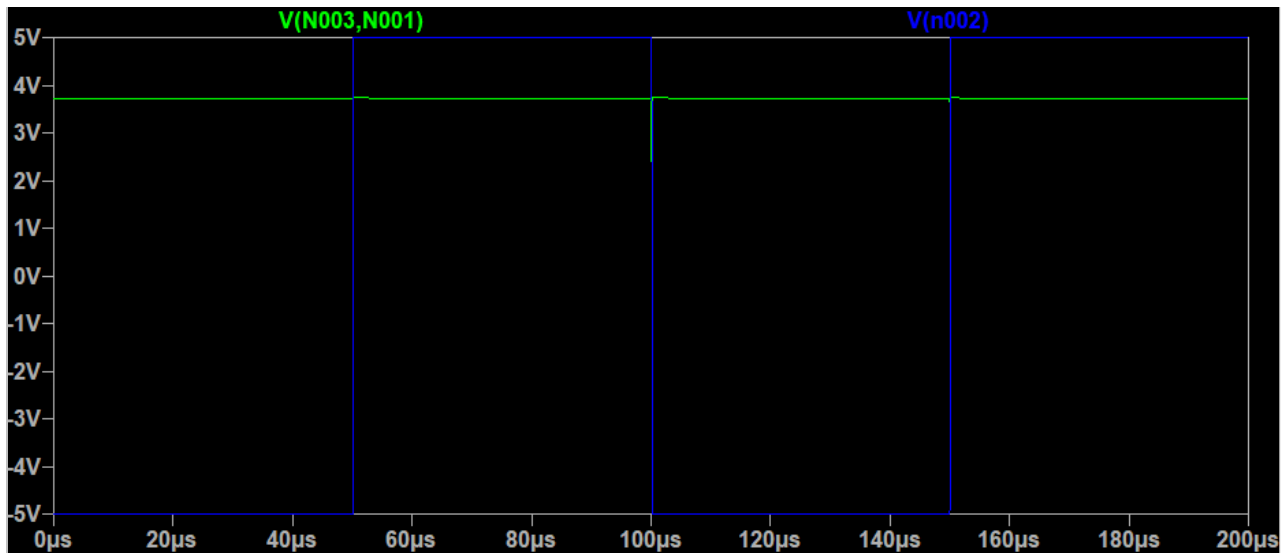
- La fuente de entrada  $V_i$  se definirá como una señal sinusoidal simétrica (sin 'DC Offset') de 5V de amplitud de pico (oscilará por tanto entre  $-5V$  y  $+5V$ ) y 10 KHz de frecuencia. Nota: En el LTSpice pulsa con el botón derecho sobre la fuente de tensión normal, pincha en "Advanced" y ahí podrás definir fácilmente la señal sinusoidal con las características dadas.
- El tipo de análisis a realizar será un transitorio (.TRAN) con un tiempo de simulación de 200 $\mu$ s.
- **Tener en cuenta que el punto C (el negativo de la medida de  $V_o$ ) NO ES TIERRA**, por lo que será necesario calcular la diferencia de potencial entre los puntos B y C tal y como se explicó en el tutorial de la práctica 1.

**1.2.1. Dibuja la señal de entrada  $V_i$  superpuesta con la señal de salida  $V_o$ , ambas en función del tiempo.**





**1.2.2. Cambia la señal de entrada a una onda cuadrada, para lo cual definiremos una señal de tipo pulso (PULSE), con una tensión mínima de  $-5V$  y máxima de  $+5V$ , tiempo de *rise* y *fall* de 100 nanosegundos, un periodo igual a la sinusoidal anterior (recordar que el periodo es el inverso de la frecuencia), siendo  $T_{Delay}$  y  $Ton$  la mitad de dicho periodo. Dibuja la gráfica de  $V_i$  superpuesta con la señal de salida  $V_o$  ambas en función del tiempo.**



### 1.3. Subir la simulación de la práctica 2 al Campus Virtual.

Crear un directorio llamado “Practica2”, en cuyo interior se encontrarán los circuitos que ya se han simulado y que se llamarán como cada uno de los apartados. Los pasos que se seguirán para cada uno de ellos serán los siguientes:

- Ejecutar el LTSpice
- Abrir uno de los ficheros de los circuitos a simular
- Ejecutar la simulación de dicho circuito
- Obtener las gráficas de salida que se pidan en el apartado correspondiente
- Guardar estas gráficas con la opción “File → Save Plot Settings”, generándose un fichero con extensión .PLT para este apartado de la práctica
- Repetir el proceso con el resto de archivos .ASC (uno diferente por cada apartado)

Los ficheros que habrá generado el LTSpice tendrán el mismo nombre que se le haya dado al archivo .ASC, pero con extensión .LOG, .RAW y .PLT. Todo el contenido del directorio se archivará finalmente en un fichero ZIP ó RAR, subiéndolo a la tarea creada para tal caso en el Campus Virtual. Añade al archivo comprimido el archivo .PDF con los resultados obtenidos y los comentarios solicitados.

## Parte 2. Montaje en Laboratorio con Diodos.

### Material Necesario

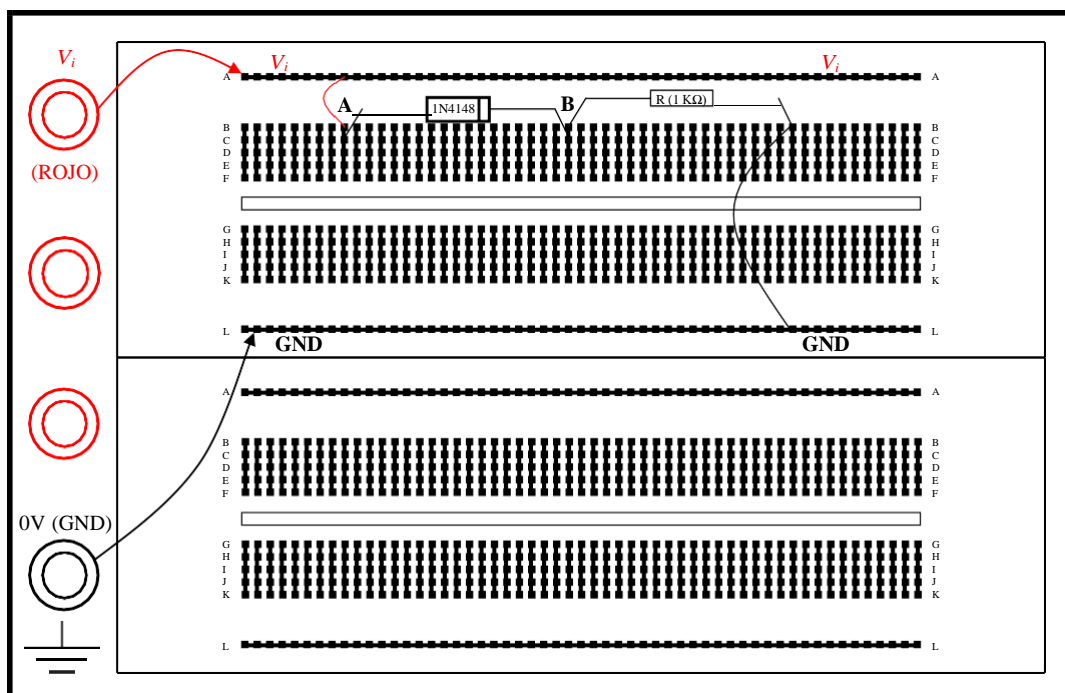
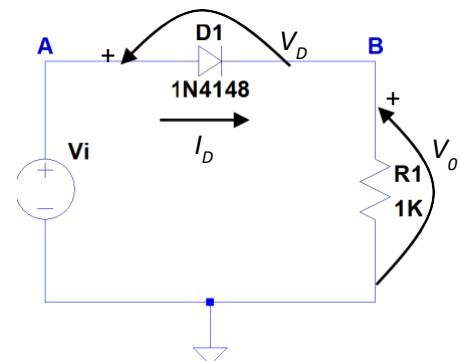
- Fuente de Alimentación
- Generador de funciones
- Osciloscopio
- Material de la caja del puesto: Protoboard, cables, etc.
- 4 Diodos 1N4148, 1 Diodo Zéner BZX85-C3V3 y 2 Diodos LED
- 1 Resistencia de 1 K $\Omega$

### Objetivos

- Conocer el funcionamiento de la placa de montaje protoboard
- Montar un circuito básico con un diodo para comprender el significado de curva característica de un dispositivo
- Realizar el estudio de una aplicación típica del diodo como la rectificación de corriente alterna mediante el montaje de un puente de diodos
- Estudiar el posible uso de diodos para implementar una puerta lógica OR

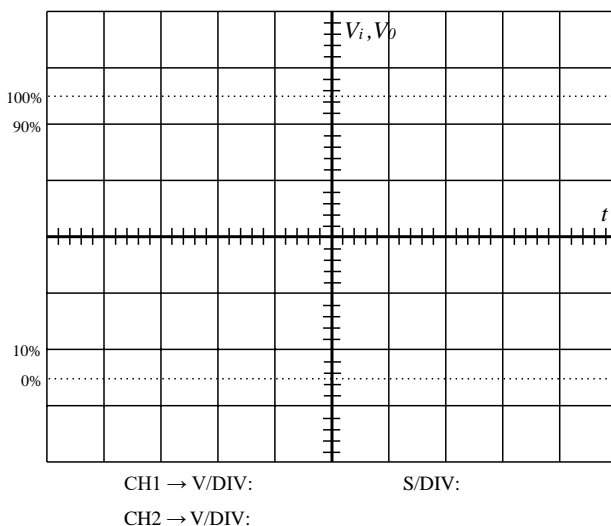
### 2.1. Estudio de la curva característica de un diodo.

En este apartado se pretende obtener en la pantalla del osciloscopio la curva característica de un diodo como la obtenida en la simulación del LTSpice. Para ello se debe montar en la protoboard el siguiente circuito utilizando el diodo 1N4148. A continuación se propone un esquema de montaje para este apartado, y las instrucciones a seguir para obtener las señales en función del tiempo así como la característica de transferencia del circuito (pasos ya descritos en la práctica 1):

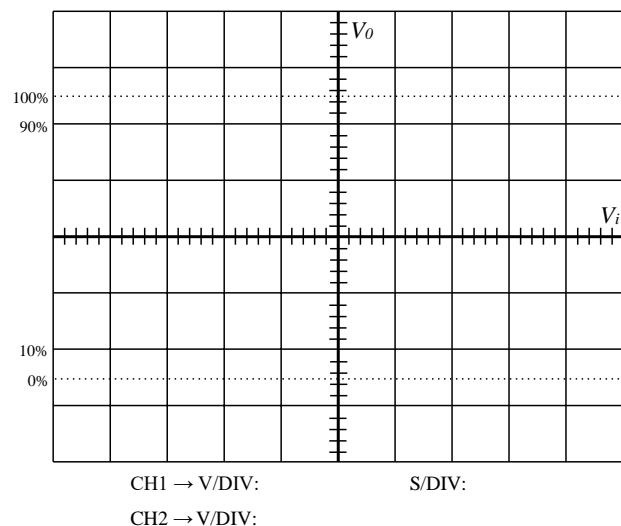


1. **Configura una señal en el generador de funciones con las siguientes características: Onda triangular, de 8V de amplitud de pico, sin Offset, y de 10 KHz de frecuencia (la señal oscilará por tanto entre -8V y +8V, con 16V de amplitud pico-a-pico)**
2. Aplica la sonda del **canal 1** del osciloscopio al **punto A** del circuito, por lo que estaremos representando en dicho canal 1 (eje X) la tensión entre A y GND, es decir, la propia  **$V_i$  de entrada**
3. Aplica la sonda del **canal 2** del osciloscopio al **punto B** del circuito. **¿Qué estamos representando en este canal 2 (eje Y)? Pues la tensión entre B y tierra, es decir, la caída de tensión en la resistencia de 1 K $\Omega$  ( $V_o$ )**
4. Coloca el osciloscopio en la posición base para ambos canales, ajustando el nivel de 0V (también para ambos canales) en el centro de la pantalla. Para ver los dos canales simultáneamente mueve la palanca **MODE a la posición BOTH o DUAL** (en otros modelos de osciloscopio activar el canal 2 pulsando su botón correspondiente dentro del menú VERTICAL)
5. Gira los selectores de VOLTS/DIV de los dos canales (dentro del menú VERTICAL) y SEC/DIV (en el menú HORIZONTAL) hasta lograr una correcta visualización de las ondas
6. **Representa las gráficas visualizadas en “Medida 1:  $V_i$  y  $V_o$  en función del tiempo”**
7. **Pulsa el botón X-Y** dentro del menú HORIZONTAL del osciloscopio o, según modelos, mueve la rueda de SEC/DIV a la posición X-Y; en osciloscopios digitales hay que activar el modo X-Y a través del menú HORIZONTAL o del menú PANTALLA, según modelos
8. Presiona el botón GND en ambos canales (en algunos modelos, en otros mueve la palanca marcada con AC-GND-DC o seleccionar el acoplamiento en GND o tierra para otros modelos), verás aparecer un punto en pantalla el cual representa el origen del eje de coordenadas, es decir, el punto (0,0). Gira los mandos POSITION  $\blacktriangle$   $\blacktriangledown$  de ambos canales hasta que el punto esté en el centro de la pantalla (en algunos modelos hay que girar también el mando POSITION  $\blacktriangleleft$   $\blacktriangleright$  para mover horizontalmente dicho punto). Luego libera el botón GND pulsado anteriormente o vuelve a accionar la palanca hacia el modo DC
9. **La gráfica resultante es la característica de transferencia del circuito, de manera que en el eje X está representada la función del canal 1 ( $V_i$ ) y en el eje Y está el canal 2 ( $V_o$ ).** Si se aprecian 2 gráficas superpuestas, siendo una de ellas una línea recta oblicua, es que el osciloscopio está representando tanto el canal 1 como el canal 2 en función del canal 1, por lo que la gráfica del canal 1 sobra (sería  $V_i$  en función de  $V_i$ , lo cual no nos aporta información) y para eliminarla de la pantalla sólo hay que mover la palanca MODE a la posición del canal 2 (CH2).
10. **Representa la gráfica visualizada en “Medida 2: Modo X-Y ( $V_o$  en función de  $V_i$ )”**

### Medida 1: $V_i$ y $V_o$ en func. del tiempo



### Medida 2: Modo X-Y ( $V_o$ en func. de $V_i$ )



¿Qué estamos observando en la Medida 2? En realidad, es la tensión que cae en la resistencia en función de la tensión de entrada, es decir:

$$V_o = f(V_i)$$

pero si tenemos presente la Ley de Ohm:

$$V_o = I_D * R \rightarrow I_D = V_o / R \rightarrow I_D = V_o / 1\text{ K}\Omega$$

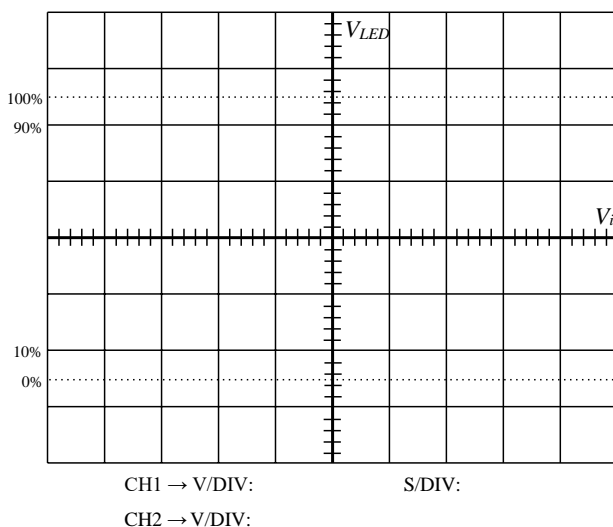
Quiere decir esto que la intensidad  $I_D$  es exactamente igual a la tensión  $V_o$  que estamos representando en la pantalla del osciloscopio pero dividida por 1000, por lo que si usamos una escala vertical de 2 Voltios/División en realidad estamos representando 2 mA/División.

Con la información anterior, calcula el valor de la intensidad del diodo cuando  $V_i = 6\text{V}$ , y compáralo con la misma medida de intensidad en el LTSpice.

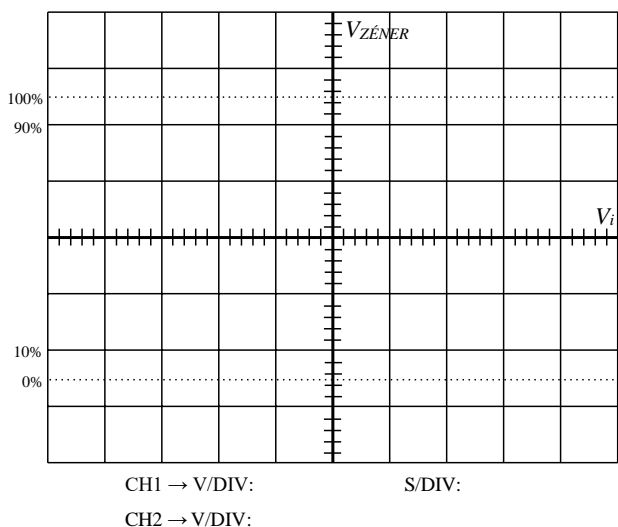
$I_D = \dots\dots\dots$

A continuación sustituye el diodo por un LED (recuerda que el lado P es el terminal más largo), observa la nueva característica de transferencia y dibújla en la Medida 3. Posteriormente, cambia el diodo LED por el Zéner BZX85-C3V3 y repite la misma medición, anotándola en la Medida 4.

### Medida 3: Modo X-Y (Diodo LED)

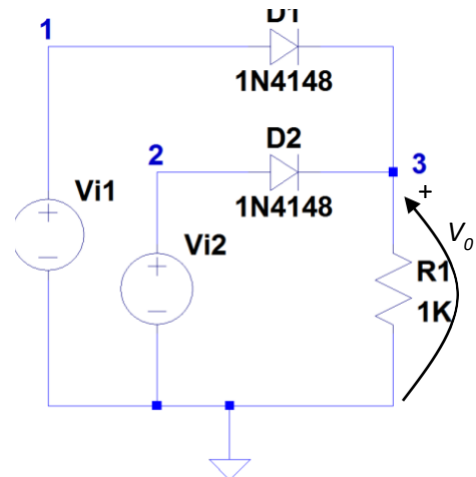


### Medida 4: Modo X-Y (Diodo Zéner)

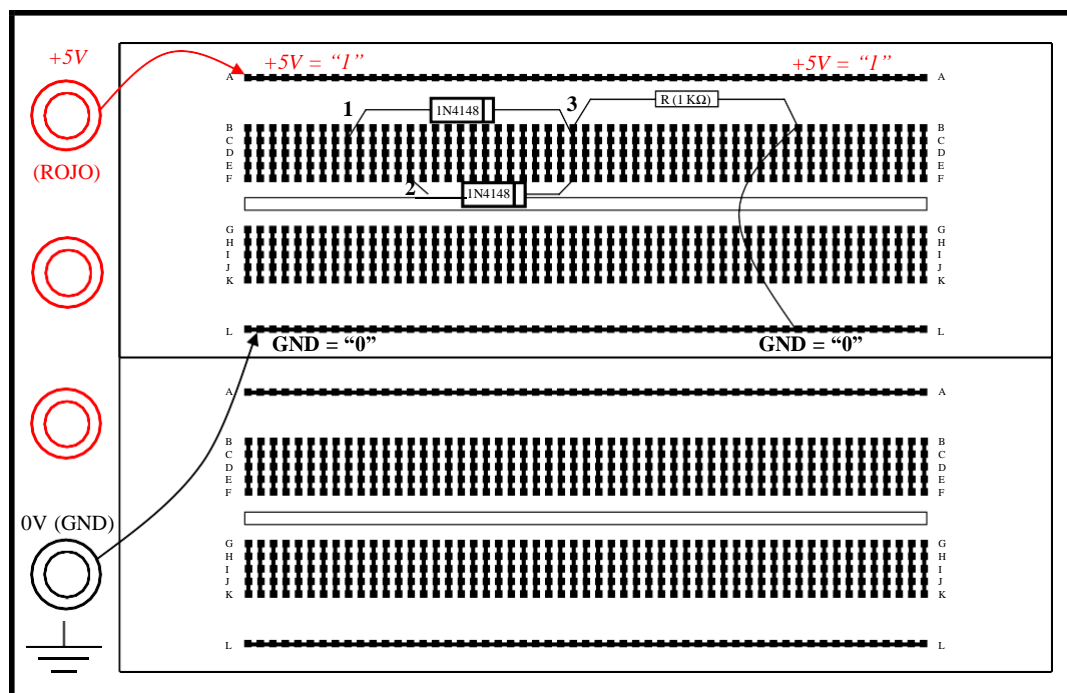


## 2.2. Montaje de una puerta lógica OR.

El objetivo de este montaje es comprobar si utilizando diodos podríamos montar una puerta lógica del tipo OR, y analizar los posibles problemas que puedan surgir. Para ello realiza el siguiente montaje en la protoboard utilizando diodos 1N4148:



En los puntos 1 y 2 lo que haremos será introducir el valor de 0V ó de 5V fijos que representarán “0” y “1” lógico respectivamente. Para ello nos valdremos de la salida de 5 Voltios fija de la fuente de alimentación, e introduciremos en las filas exteriores de la protoboard (la “A” y la “L”) los dos posibles valores lógicos, uno en cada uno, de tal forma que conectando un extremo de un cable en el punto 1 y el otro extremo a la fila “A” o la “L” proporcionaremos respectivamente un “1” ó un “0” lógico a la entrada del diodo D1, y lo mismo se haría usando un cable distinto para el punto 2.



Para cada combinación de valores en los diodos D1 y D2, anota en la Medida 9 la medición que realices con el osciloscopio en el valor de  $V_0$ :

**Medida 9: Puerta Lógica OR con Diodos 1N4148:**

$D1$	$D2$	$V_o$
0 V	0 V	
0 V	5 V	
5 V	0 V	
5 V	5 V	

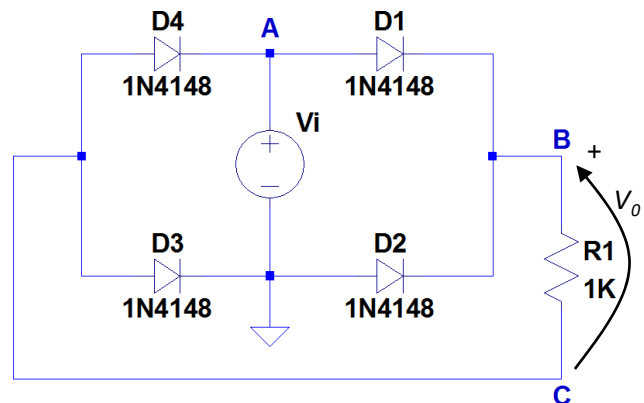
Cambia los diodos 1N4148 por diodos LED y repite el proceso, anotando los resultados en la Medida 10:

**Medida 10: Puerta Lógica OR con Diodos LED:**

$D1 (LED)$	$D2 (LED)$	$V_o$
0 V	0 V	
0 V	5 V	
5 V	0 V	
5 V	5 V	

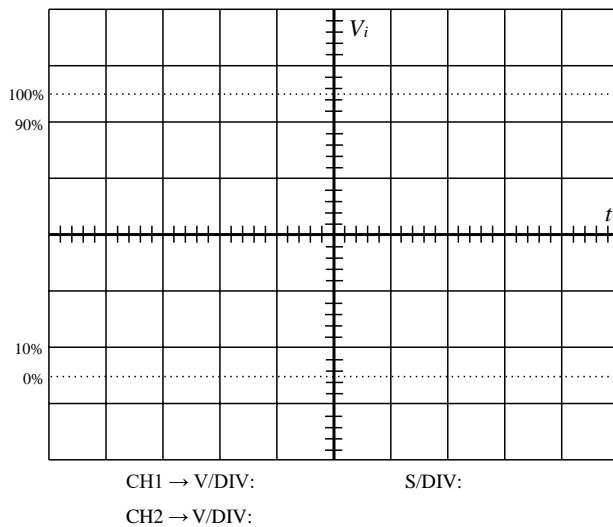
### 2.3. Rectificador de corriente alterna.

A continuación, monta el circuito correspondiente a un puente de diodos con los diodos 1N4148. Para obtener la característica de transferencia del circuito ( $V_o$  en función de  $V_i$ ) será necesario calcular la diferencia de potencial entre los puntos B y C utilizando las dos sondas del osciloscopio (resta de señales), ya que ninguno de esos dos puntos es tierra (situación ya descrita en la práctica 1). Las instrucciones quedarían como siguen:

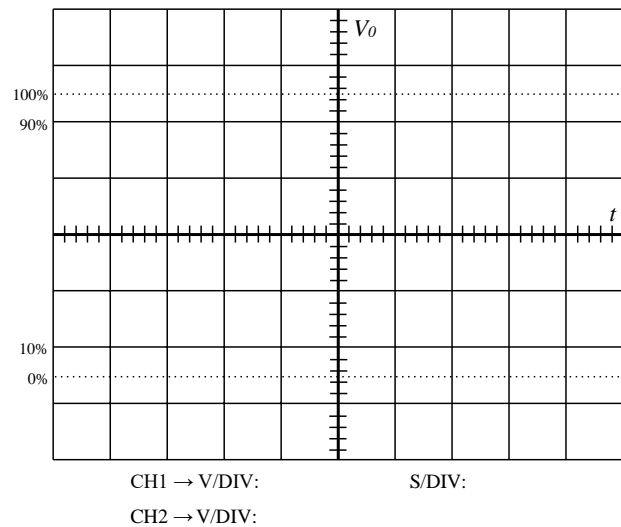


1. **Configura una señal en el generador de funciones con las siguientes características: Onda senoidal, de 5V de amplitud de pico, sin Offset, y de 10 KHz de frecuencia (la señal oscilará por tanto entre  $-5V$  y  $+5V$ , con 10V de amplitud pico-a-pico)**
2. Aplica la sonda del **canal 1** del osciloscopio al **punto A** del circuito para verificar que la señal que estamos introduciendo coincide con la descrita en el punto anterior. Para ello, gira los selectores de VOLTS/DIV del canal 1 (dentro del menú VERTICAL) y SEC/DIV (en el menú HORIZONTAL) hasta lograr una correcta visualización de la onda. **Dibújala en la “Medida 5: Entrada Sinusoidal  $V_i$ ”.**
3. Cambia la sonda del **canal 1** del osciloscopio al **punto B** del circuito, por lo que estaremos representando en el mismo la tensión entre B y GND, es decir,  $V_B$
4. Aplica la sonda del **canal 2** del osciloscopio al **punto C** del circuito. **¿Qué estamos representando en este canal 2? Pues la tensión entre C y tierra, es decir,  $V_C$**
5. Coloca el osciloscopio en la posición base para ambos canales, ajustando el nivel de 0V (también para ambos canales) en el centro de la pantalla. Para ver los dos canales simultáneamente mueve la palanca **MODE a la posición BOTH o DUAL** (en otros modelos de osciloscopio activar el canal 2 pulsando su botón correspondiente dentro del menú VERTICAL)
6. Movemos la palanca **MODE a la posición ADD** (en la mayoría de osciloscopios, en otros pulsaremos el botón ADD y pondremos en ON la opción correspondiente del menú en pantalla, o entraremos en el menú “Math” y activaremos la suma de los canales). Veremos aparecer por tanto una señal que es la suma de los canales 1 y 2
7. **En la mayoría de osciloscopios veremos cómo se representa una sola señal en pantalla correspondiente a la suma de los canales 1 y 2;** en los digitales se quedarán superpuestas 3 señales, la del canal1, la del canal 2 y la de la suma, así que para apreciar mejor esta última habrá que quitar de pantalla las señales de los canales 1 y 2 (pulsando CH1 -> WAVEFORM OFF y CH2 -> WAVEFORM OFF, en algunos modelos, en otros simplemente pulsando 2 veces los botones marcados con 1 y 2).
8. Finalmente, como lo que queremos ver es la **resta** y no la suma de los canales 1 y 2, debemos invertir la señal del canal 2, para lo cual pulsaremos el **botón INVERT, CH2 INVERT o CH2 INV** (según modelos de osciloscopios), o tiraremos del mando PULL-INVERT en otros modelos; todos estos mandos se encuentran en la zona del menú VERTICAL del canal 2. En los osciloscopios digitales entraremos en el menú del canal 2 y pondremos en ON la opción de CH2 INV.
9. **Representa finalmente en la Medida 6 la pantalla visualizada con la tensión  $V_o$  (la resta entre el canal 1 y el canal 2)**

### Medida 5: Entrada Sinusoidal $V_i$ (en función del tiempo)

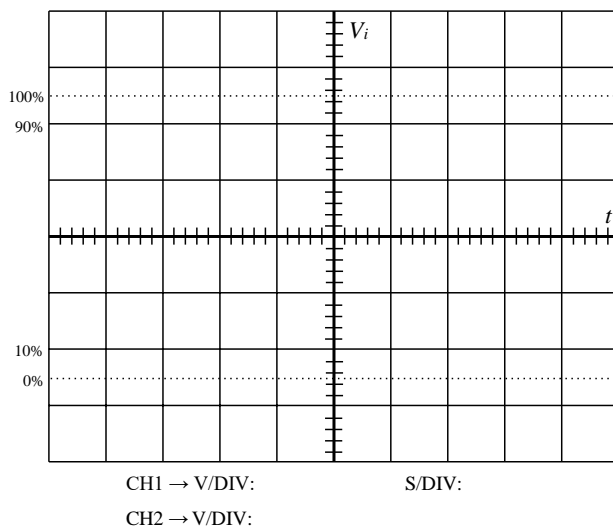


### Medida 6: Salida $V_o$ (en función del tiempo)

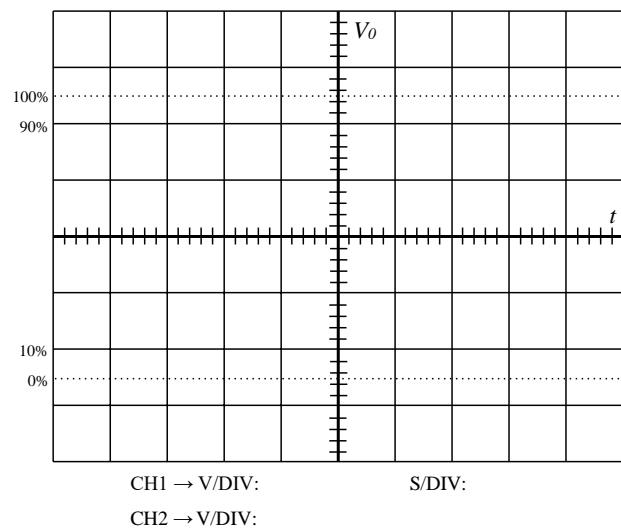


Repita el proceso anterior utilizando una señal cuadrada de las mismas características, dibujando en Medida 7 y en Medida 8 las pantallas observadas en función del tiempo.

### Medida 7: Entrada Onda Cuadrada $V_i$ (en función del tiempo)



### Medida 8: Salida $V_o$ (en función del tiempo)





# ***PRÁCTICAS DE FUNDAMENTOS DE ELECTRÓNICA***

EL MUNDO DE LA ELECTRÓNICA ES MUY AMPLIO, Y EN ESTE MANUAL SE PRETENDE ABORDAR UNA PRIMERA TOMA DE CONTACTO CON EL MISMO. ES POR ELLO QUE SE HAN PREPARADO UNA SERIE DE PRÁCTICAS DE SIMULACIÓN Y MONTAJE ENFOCADAS A INTRODUCIR AL ALUMNO EN LOS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS MÁS BÁSICOS (FUENTES DE TENSIÓN E INTENSIDAD, RESISTENCIAS, DIODOS Y TRANSISTORES) ASÍ COMO EN LA BASE DE CUALQUIER CIRCUITO DIGITAL (PUERTAS LÓGICAS Y ELEMENTOS DE MEMORIA, ESTO ES, BIESTABLES). LA PRIMERA PARTE DE ESTE MANUAL SE ENFOCA A REALIZAR PRÁCTICAS PARA TOMAR DESTREZA EN LA SIMULACIÓN E IMPLEMENTACIÓN FÍSICA EN EL LABORATORIO DE CIRCUITOS BASADOS EN DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS BÁSICOS Y EN SEMICONDUCTORES, CON EL OBJETIVO DE PODER CREAR PUERTAS LÓGICAS CON LOS MISMOS, TRAS LO CUAL LAS ANALIZAREMOS Y ESTUDIAREMOS SU COMPORTAMIENTO. LA SEGUNDA PARTE DE ESTE MANUAL SE ENCAMINA A DOTARLE AL ALUMNO DE LOS CONOCIMIENTOS NECESARIOS PARA PODER CREAR UN ESQUEMÁTICO CON UN CIRCUITO DIGITAL REALIZADO A BASE DE PUERTAS LÓGICAS Y ELEMENTOS DE MEMORIA (BIESTABLES), ASÍ COMO PARA SIMULARLO E INCLUSO PODER PROBARLO FÍSICAMENTE EN EL LABORATORIO A TRAVÉS DEL USO DE UNA PLATAFORMA DIGITAL PROGRAMABLE COMO ES UNA CPLD.

