

## Práctica 2. Diodo.

### Documentación

La **documentación** debe ser impresa y llevada el día que se asista al laboratorio. Esta documentación debe conservarse como material de la asignatura para el alumno y en ella se deben anotar las soluciones obtenidas (además de anotarlas en **las hojas de entrega previas y finales de práctica**) para que el alumno tenga una copia de los resultados obtenidos.

#### Primera parte de la práctica

Consiste en el análisis del circuito mediante **simulación con el programa LTSpice**. Los resultados se recogerán en las hojas de entrega previas, las cuales se entregarán en el momento de acceder al laboratorio el día que esté señalado como corrección de esta práctica. Además, **deben subirse al campus virtual los ficheros de las simulaciones**, 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.

#### Segunda parte de la práctica

Consiste en el **montaje experimental** del circuito. **Se realizará obligatoriamente en el laboratorio** y en el horario asignado a la práctica, si bien será necesario acudir previamente al laboratorio para ir practicando los montajes y recopilando resultados para que, el día de la corrección de la práctica, el montaje se haga de manera inmediata ya que estará practicado suficientemente por el alumno.

En el laboratorio se obtendrán las capturas de pantalla del osciloscopio que se han ido indicando en cada apartado. Como se ha indicado estas imágenes se habrán almacenado en el PenDrive insertado en el conector USB del Osciloscopio.

Estas imágenes deben renombrarse con el nombre CAPTURA\_1, CAPTURA\_2, CAPTURA\_3, CAPTURA\_4, CAPTURA\_5, CAPTURA\_6, CAPTURA\_7, CAPTURA\_8 respectivamente tal como se indica en cada apartado.

Finalmente se comprimirán todas ellas en un único fichero que será subido al Campus Virtual al final de la sesión de laboratorio.

Página intencionalmente en blanco

## Parte 1. Simulación con LTSpice.

### Material Necesario

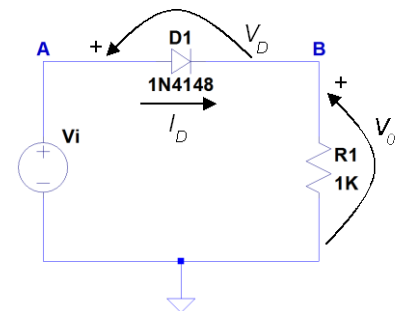
- Ordenador Personal
- Simulador LTSpice

### 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:

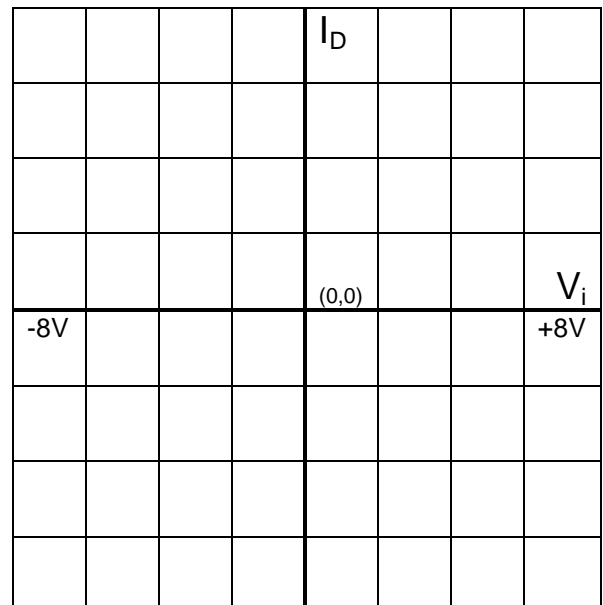


Se creará el esquemático utilizando el simulador LTSpice y se obtendrá la medida que se pide a continuación.

**1.1.1.** 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.

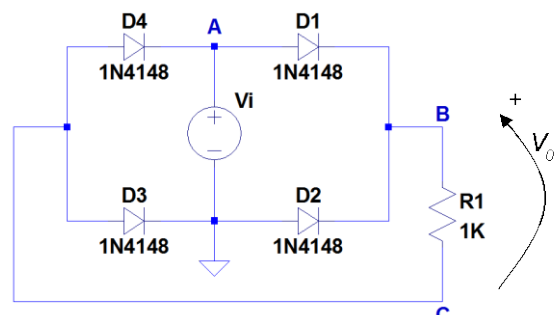
Calcula el valor de la intensidad del diodo cuando  $V_i = 6V$ .

$I_D = \dots\dots\dots$



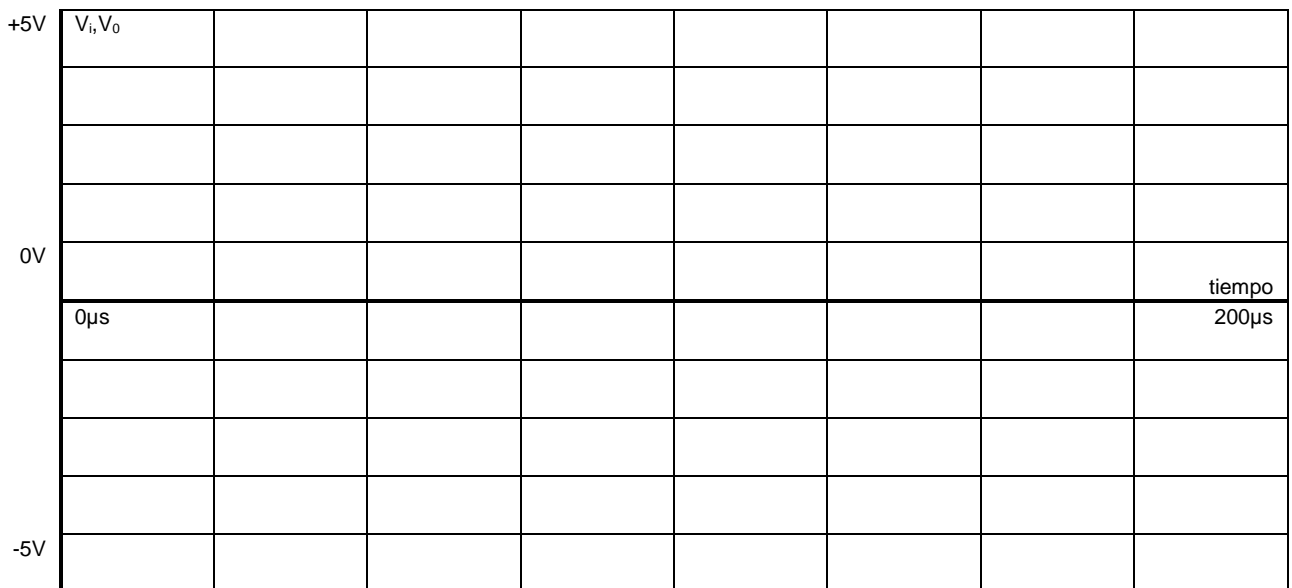
#### 1.2. Rectificador de corriente alterna.

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:

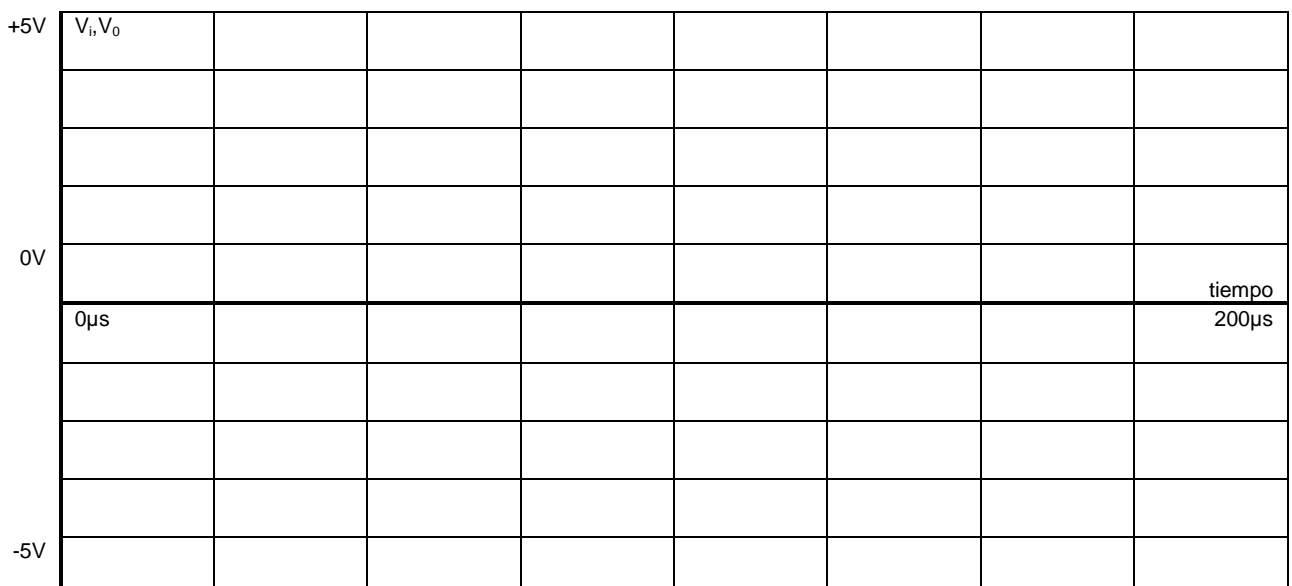


- La fuente de entrada  $V_i$  se definirá como una señal sinusoidal simétrica (sin 'DC Offset') de 5V de amplitud de pico (oscilará por tanto entre  $-5V$  y  $+5V$ ) y 10 KHz de frecuencia. Nota: En el LTSpice pulsa con el botón derecho sobre la fuente de tensión normal, pincha en "Advanced" y ahí 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  $T_{on}$  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.

**Apartados a simular: 1.1.1, 1.2.1 y 1.2.2.**

Página intencionalmente en blanco

## Parte 2. Montaje en Laboratorio con Diodos.

### Material Necesario

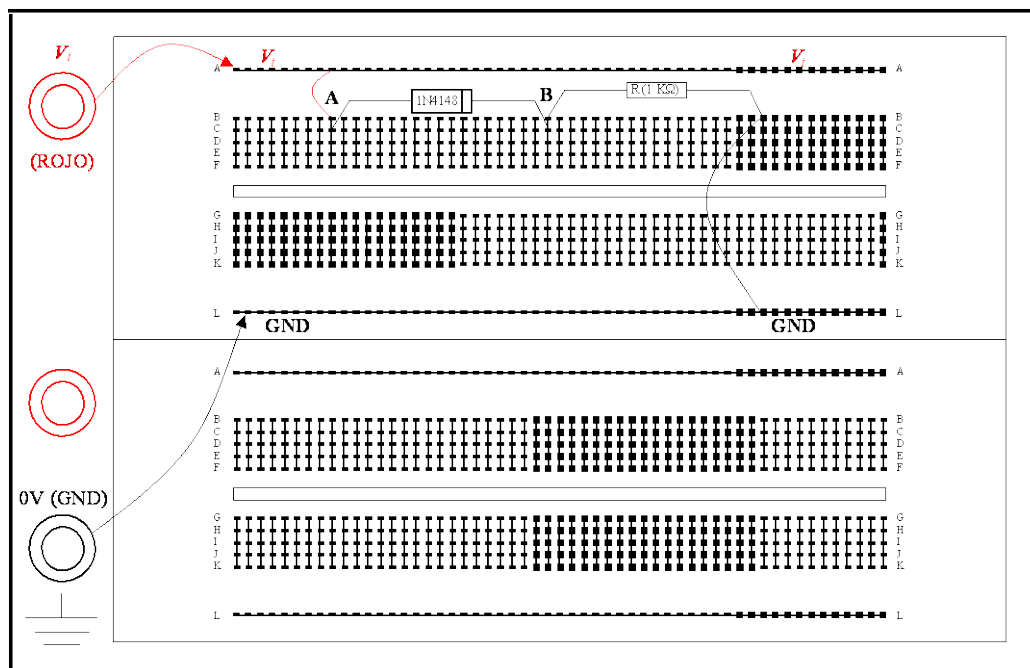
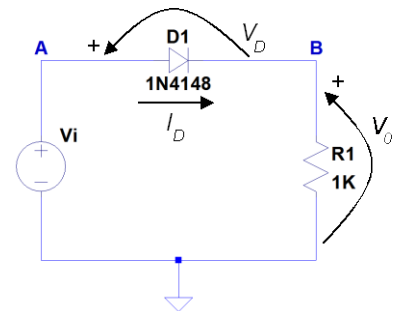
- Fuente de Alimentación
- Generador de funciones
- Osciloscopio
- Material de la caja del puesto: Protoboard, cables, etc.
- 4 Diodos 1N4148, 1 Diodo Zéner BZX85-C3V3 y 2 Diodos LED
- 1 Resistencia de 1 K $\Omega$

### 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 **canal1** del osciloscopio al **punto A** del circuito, por lo que estaremos representando en dicho canal1 (eje X) la tensión entre A y GND, es decir, la propia  **$V_i$  de entrada**. Pulsa Autoset para visualizar correctamente la señal.
3. Aplica la sonda del **canal2** del osciloscopio al **punto B** del circuito. **¿Qué estamos representando en este canal2 (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. Selecciona como medidas para ambos canales: Vpico-pico Min. Max.
5. Visualiza ambos canales.
6. 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 ( $V_i$  y  $V_o$  en función del tiempo) y realiza una captura de pantalla (**CAPTURA\_1**)
7. Coloca el osciloscopio en modo X-Y con una escala vertical de 2 Voltios/División para ambos canales. La gráfica resultante es la característica de transferencia del circuito, de manera que en el eje X está representada la función del canal1 ( $V_i$ ) y en el eje Y está el canal2 ( $V_o$ ) ( $V_o$  en función de  $V_i$ ). Realiza una captura de pantalla (**CAPTURA\_2**).

¿Qué estamos observando en la CAPTURA\_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:

$$V_o = I_D * R \Rightarrow I_D = V_o / R \Rightarrow I_D = V_o / 1K\Omega$$

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  $V_i = 6V$ , y compáralo con la misma medida de intensidad en el LTSpice.

$I_D =$  .....

A continuación sustituye el diodo por un LED (recuerda que el lado P es el terminal más largo), observa la nueva característica de transferencia (modo X-Y) y efectúa la **CAPTURA\_3**.

Posteriormente, cambia el diodo LED por el Zéner BZX85-C3V3 y repite la misma medición (modo X-Y), efectuando la **CAPTURA\_4**.

*Comenta las diferencias que aprecias en ambas gráficas respecto a la del diodo 1N4148.*

.....

.....

.....

.....

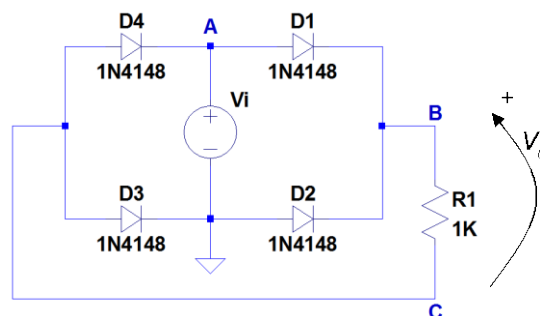
.....

.....



## 2.2. 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 **canal1** 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 canal1 (dentro del menú VERTICAL) y SEC/DIV (en el menú HORIZONTAL) hasta lograr una correcta visualización de la onda. Realiza una captura de pantalla (**CAPTURA\_5**) (Entrada Sinusoidal  $V_i$  en función del tiempo).
3. Cambia la sonda del **canal1** 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 **canal2** del osciloscopio al **punto C** del circuito.
5. Visualiza únicamente la resta de la señal del canal1 menos la señal del canal2 quitando para ello la visualización del canal1 y la del canal2.
6. Selecciona como medidas para Math: Vpico-pico Min. Max
7. Realiza una captura de pantalla (**CAPTURA\_6**) (diferencia de tensión entre el punto B y el punto C).

Repite el proceso anterior utilizando una señal cuadrada de las mismas características, realizando la captura de pantalla (**CAPTURA\_7**) (Entrada cuadrada  $V_i$  en función del tiempo) y una segunda captura de pantalla (**CAPTURA\_8**) (Salida  $V_o$  en función del tiempo).

¿Qué efecto está produciendo el circuito sobre la señal de entrada?

.....

.....

.....

.....

.....

¿Coinciden estas señales exactamente con las obtenidas en la simulación de LTSpice? ¿Qué diferencias aprecias?

.....

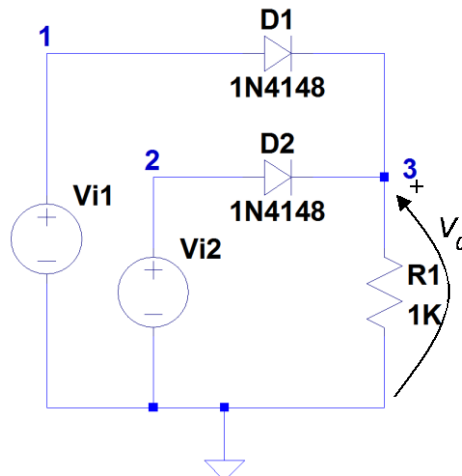
.....

.....

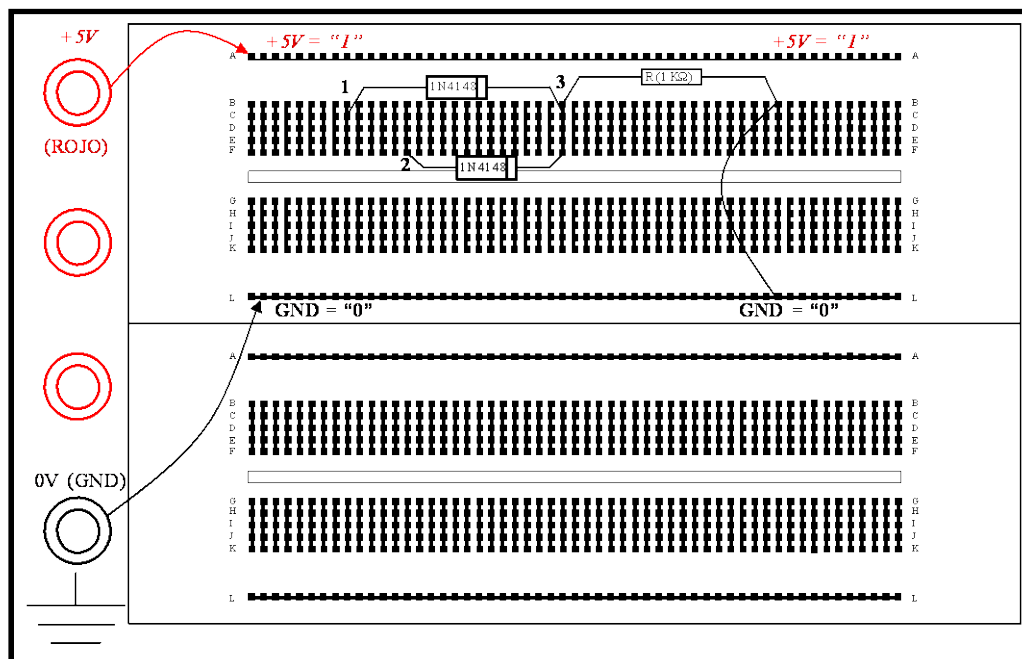
.....

### 2.3. 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  $V_o$ :

**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	

¿Qué problemas observas en el funcionamiento de esta puerta lógica?

.....

.....

.....

.....

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	

¿Qué ocurre ahora en el circuito montado con diodos LED, comparado con la anterior puerta OR?

.....

.....

.....

.....

## Resumen de Toma de Resultados en el laboratorio.

Las **hojas de entrega final de práctica** deben ser impresas y llevadas el día de la práctica al laboratorio. Una vez en el laboratorio se rellenarán con sus soluciones y se entregarán al profesor al final de la sesión del laboratorio.

En el laboratorio se obtendrán las capturas de pantalla del osciloscopio que se han ido indicando en cada apartado. Como se ha indicado estas imágenes se habrán almacenado en el PenDrive insertado en el conector USB del Osciloscopio.

Estas imágenes deben renombrarse con el nombre CAPTURA\_1, CAPTURA\_2, CAPTURA\_3, CAPTURA\_4, CAPTURA\_5, CAPTURA\_6 respectivamente tal como se indica en cada apartado.

Finalmente se comprimirán todas ellas en un único fichero que será subido al Campus Virtual al final de la sesión de laboratorio.

Este es el resumen de capturas, por apartados:

Estudio de la curva característica de un diodo 1N4148.

- $V_i$  y  $V_o$  en función del tiempo. (**CAPTURA\_1**)
- Modo X-Y:  $V_o$  en función de  $V_i$ . (**CAPTURA\_2**)

Estudio de la curva característica de un diodo LED.

- Modo X-Y:  $V_o$  en función de  $V_i$ . (**CAPTURA\_3**)

Estudio de la curva característica de un diodo Zéner BZX85-C3V3.

- Modo X-Y:  $V_o$  en función de  $V_i$ . (**CAPTURA\_4**)

Rectificador de corriente alterna.

- Entrada Sinusoidal:  $V_i$  en función del tiempo. (**CAPTURA\_5**)
- Entrada Sinusoidal: diferencia de tensión entre el punto B y el punto C. (**CAPTURA\_6**).
- Entrada señal cuadrada:  $V_i$  en función del tiempo. (**CAPTURA\_7**).
- Entrada señal cuadrada:  $V_o$  en función del tiempo. (**CAPTURA\_8**).

## Hojas de entrega previa.

Las **hojas de entrega previa** deben ser impresas, rellenadas con sus soluciones y entregadas a la entrada de la sesión de prácticas.

### Parte 1. Simulación SPICE.

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

**1.1.1.** 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  $V_i = 6V$ .

$I_D = \dots\dots\dots$

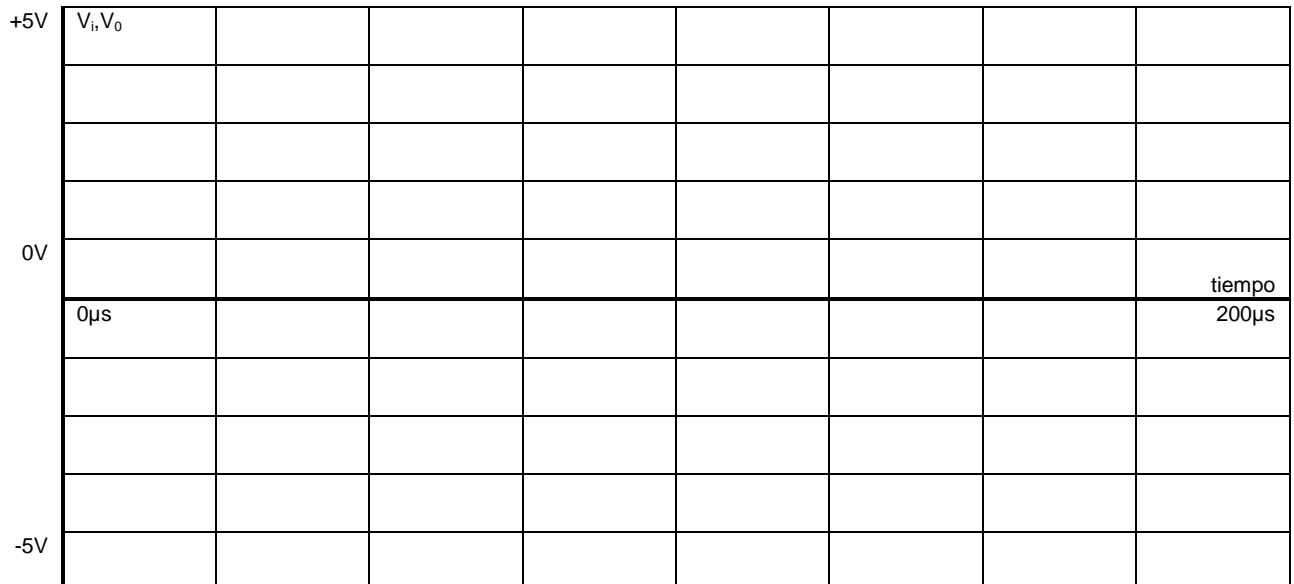
				$I_D$			
				(0,0)			$V_i$
-8V							+8V

#### 1.2. Rectificador de corriente alterna.

**1.2.1.** Dibuja la señal de entrada  $V_i$  superpuesta con la señal de salida  $V_0$ , ambas en función del tiempo.

+5V	$V_i, V_0$						
0V							tiempo
	0 $\mu s$						200 $\mu s$
-5V							

**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  $TDelay$  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.

**Apartados a simular: 1.1.1, 1.2.1 y 1.2.2.**

## Parte 2. Montaje en Laboratorio con Diodos.

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

Calcula el valor de la intensidad del diodo cuando  $V_i = 6V$ , y compáralo con la misma medida de intensidad en el LTSpice.  $I_D = \dots\dots\dots$

Comenta las diferencias que aprecias en ambas gráficas respecto a la del diodo 1N4148.

.....

.....

.....

.....

.....

### 2.2. Rectificador de corriente alterna.

¿Qué efecto está produciendo el circuito sobre la señal de entrada?

.....

.....

.....

.....

¿Coinciden estas señales exactamente con las obtenidas en la simulación de LTSpice? ¿Qué diferencias aprecias?

.....

.....

.....

.....

### 2.3. Montaje de una puerta lógica OR.

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	

¿Qué problemas observas en el funcionamiento de esta puerta lógica?

.....

.....

.....

.....

**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	

¿Qué ocurre ahora en el circuito montado con diodos LED, comparado con la anterior puerta OR?

.....

.....

.....

.....