

# **FUNDAMENTOS TECNOLÓGICOS DE LOS COMPUTADORES**

## **GUIÓN DE PRÁCTICAS**

**JESÚS JAVIER NUÑO GARCÍA  
INGENIERÍA INFORMÁTICA, GRUPO B**

## ÍNDICE

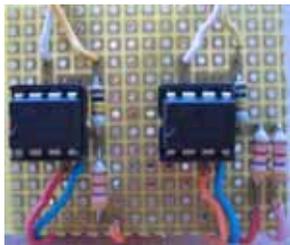
⊕	Práctica 1: Aplicaciones del amplificador operacional I.....	Pág.1
✖	Sesión 1.1: Aplicaciones del amplificador operacional.....	Pág.1
⊕	Amplificador en configuración no inversora.....	Pág.1
⊕	Amplificador en configuración inversora.....	Pág.4
⊕	Amplificador sumador inversor.....	Pág.6
✖	Sesión 1.2: Aplicaciones del amplificador operacional II.....	Pág.9
⊕	1.2.1 Circuito derivador.....	Pág.9
⊕	1.2.2 Circuito integrador (filtro paso baja).....	Pág.12
⊕	1.2.3 Amplificador logarítmico.....	Pág.16
⊕	Práctica nº 2: concentración de impurezas de una unión PN.....	Pág.19
⊕	Práctica nº 3: familias lógicas.....	Pág.21
✖	Sesión 3.1: Lógica nMOS y CMOS.....	Pág.21
⊕	3.1.1 Inversor nMOS.....	Pág.22
⊕	3.1.2 Lógica CMOS.....	Pág.25
⊕	NOR CMOS.....	Pág.28
⊕	NAND CMOS.....	Pág.30
✖	Sesión 3.2: Lógicas bipolares.....	Pág.32
⊕	3.2.1 Inversor bipolar básico.....	Pág.33
⊕	3.2.2 Lógica TTL.....	Pág.35
⊕	Práctica nº 4: conversión D/A.....	Pág.39
✖	4.1: Conversor D/A: configuración no inversora.....	Pág.39
✖	4.2 Conversor D/A: configuración inversora.....	Pág.41
⊕	Apéndice.....	Pág.43

## PRÁCTICA N° 1: APLICACIONES DEL AMPLIFICADOR OPERACIONAL

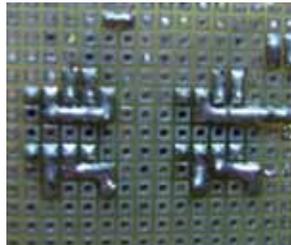
### Sesión 1.1: Aplicaciones del amplificador operacional I

Instrumental de laboratorio:

- Osciloscopio
- Polímetro
- Fuente de tensión continua
- Generador de señal alterna



Placa con los circuitos de la sesión 1.1



Cara de pista con los circuitos de la sesión 1.1

#### 1.1.1 Amplificador en configuración no inversora:

Para realizar el circuito se ha tenido en cuenta:

- Suponemos que el amplificador operacional es ideal
- La realimentación es negativa  $V^- = V^+ = 0V$

Mediante los lemas de Kirchhoff se obtiene que:

$$I_1 = I_2 \quad \text{Así que} \quad \frac{0 - V_i}{R_1} = \frac{V_i - V_0}{R_2} \quad \text{de donde se obtiene} \quad V_0 = 1 + \frac{R_2}{R_1} V_i$$

$$\text{Y la ganancia en la zona lineal es} \quad A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Como la ganancia es mayor que cero el circuito no invierte la señal.

Valores usados en el circuito:

Resistencias

Condición  $\rightarrow$  Elegir valores para que  $R_2 > R_1$

$$R_1 = 4.7 K\Omega \quad R_2 = 100 K\Omega$$

Con estos valores de resistencias la ganancia es  $A_v = 22.28V$

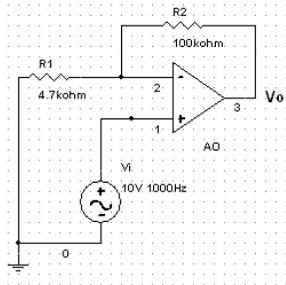
Características de  $V_i$ :

$$A = 10V \quad \omega = 2\pi f \quad f = 1000Hz$$

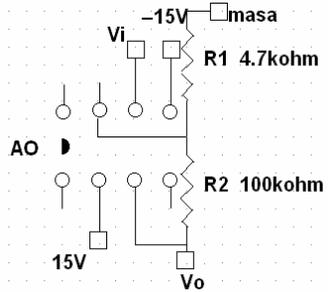
$$V_i(t) = 10 \text{sen}(\omega t) \text{ (V)}$$

Estado del amplificador operacional:

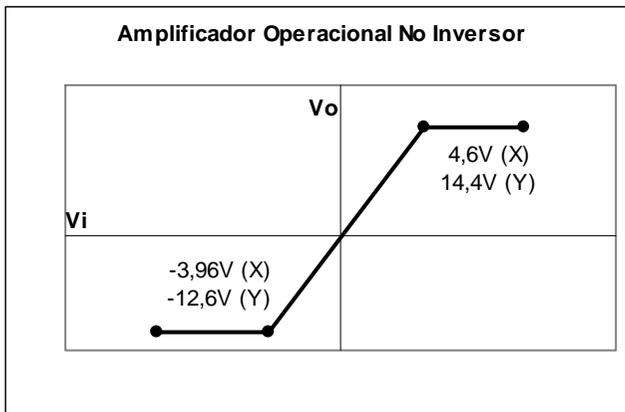
Midiendo con el polímetro se obtiene  $V_{SAT} = 14.96V$   $-V_{SAT} = -14.89V$



Esquema del circuito



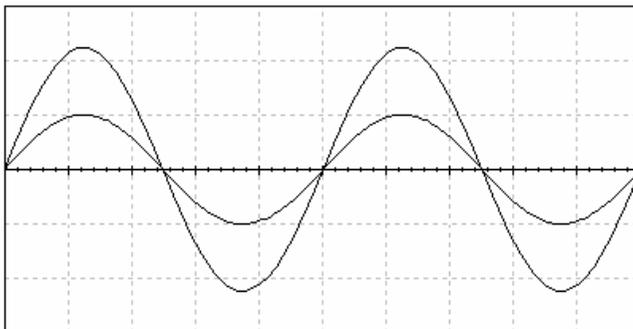
Circuito cara pista



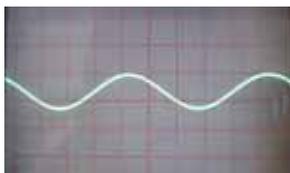
Característica del amplificador operacional en configuración no inversora

La pendiente de la gráfica es 28.32 que teóricamente vale 21.27

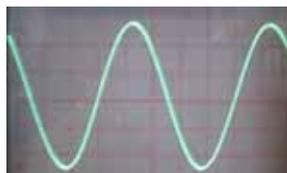
La señal de entrada tiene una amplitud de 10V y la de salida 222.5V



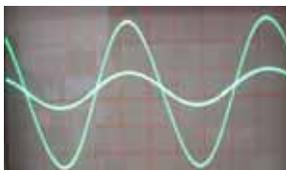
Representación de la señal de entrada y salida con el osciloscopio



Entrada ( $V_i$ )



Salida ( $V_o$ )



Entrada y Salida

Coste del circuito:

- 1 amplificador operacional = 0.22€
- 2 Resistencias = 0.08€
- 1 Zócalo de 8 pines = 0.05€
- 50cm de cable fino = 0.03€
- 7.875cm<sup>2</sup> de placa = 0.38€
- Total = 0.76€

### 1.1.2 Amplificador en configuración inversora

Para realizar el circuito se ha tenido en cuenta:

Suponemos que el amplificador operacional es ideal

La realimentación es negativa  $V^- = V^+ = 0V$

Mediante los lemas de Kirchoff se obtiene que:

$$I_1 = I_2 \quad \text{Así que} \quad \frac{V_i - 0}{R_1} = \frac{-V_0}{R_2} \quad \text{de donde se obtiene} \quad V_0 = \frac{-R_2}{R_1} V_i$$

$$\text{Y la ganancia en la zona lineal es} \quad A_v = \frac{-R_2}{R_1}$$

Como la ganancia es menor que cero el circuito invierte la señal.

Valores usados en el circuito:

Resistencias

Condición  $\rightarrow$  Elegir valores para que  $R_2 > R_1$

$$R_1 = 4.7K\Omega \quad R_2 = 100K\Omega$$

Con estos valores de resistencias la ganancia es  $A_v = -21.28V$

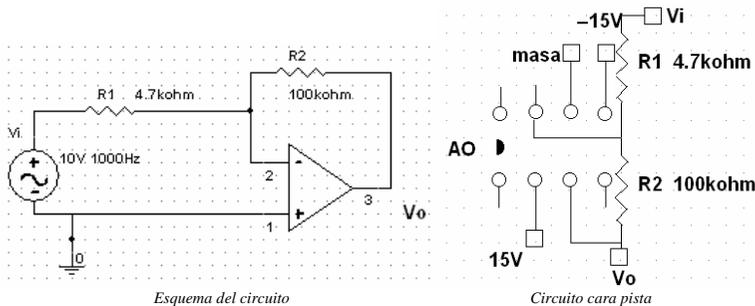
Características de  $V_i$ :

$$A = 10V \quad \omega = 2\pi f \quad f = 1000Hz$$

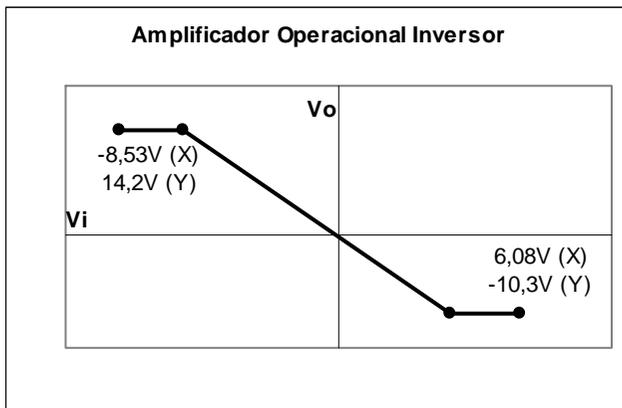
$$V_i(t) = 10 \text{sen}(\omega t) \text{ (V)}$$

Estado del amplificador operacional:

Midiendo con el polímetro se obtiene  $V_{SAT} = 14.96V \quad -V_{SAT} = -14.89V$

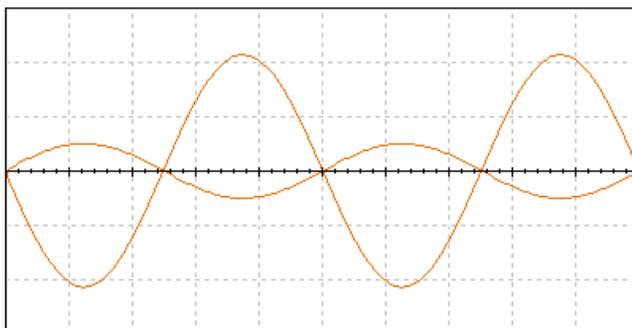


La pendiente de la gráfica es 28.52 que teóricamente vale 21.27

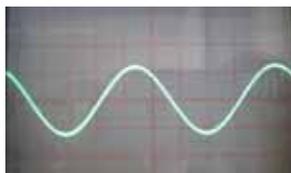


Característica del amplificador operacional en configuración no inversora

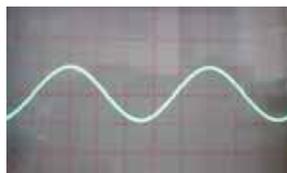
La señal de entrada tiene una amplitud de 10V y la de salida -212.7V



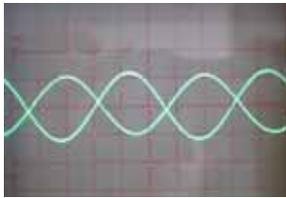
Representación de la señal de entrada y salida con el osciloscopio



Entrada ( $V_i$ )



Salida ( $V_o$ )



Entrada y Salida

Coste del circuito:

El coste de este circuito es nulo ya que se ha reutilizado el del apartado anterior simplemente conectando  $V^+$  a masa y no a la fuente de tensión; y un extremo de  $R_1$  a la fuente de tensión y no a masa. Esto puede observarse en el dibujo del circuito.

### 1.1.3 Amplificador sumador inversor

Para realizar el circuito se ha tenido en cuenta:

Suponemos que el amplificador operacional es ideal

La realimentación es negativa  $V^- = V^+ = 0V$

La ganancia en la zona lineal es  $A_v = -R_2 \left( \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_3} \right)$

Valores usados en el circuito:

Resistencias

Condición-> Elegir valores para que  $R_3 = R_1 < R_2$

$$R_1 = R_3 = 4.7K\Omega \quad R_2 = 100K\Omega$$

Con estos valores de resistencias la ganancia es  $A_v = 22.28V$

Características de  $V_i$ :

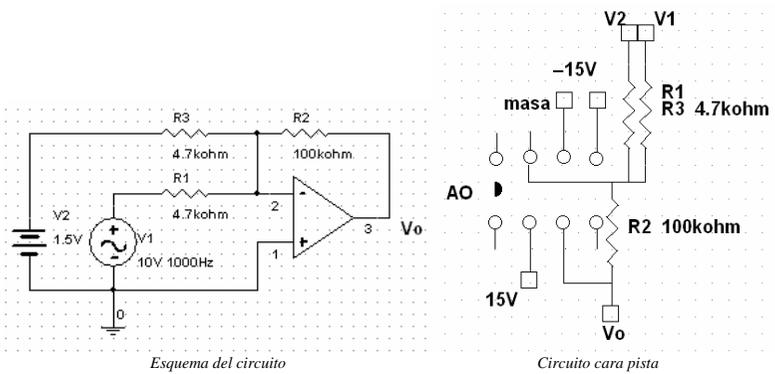
$$A = 10V \quad \omega = 2\pi f \quad f = 1000Hz$$

$$V_i(t) = 10 \text{sen}(\omega t) \text{ (V)}$$

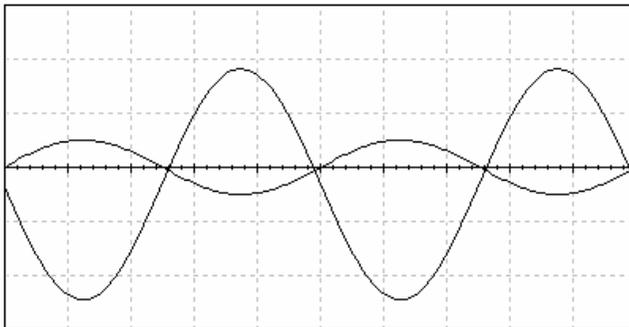
$$V_2 = 1.5V \quad V_2(\text{saturación}) = 3V$$

Estado del amplificador operacional:

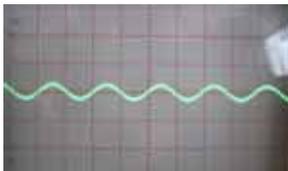
Midiendo con el polímetro se obtiene  $V_{SAT} = 14.96V$   $-V_{SAT} = -14.89V$



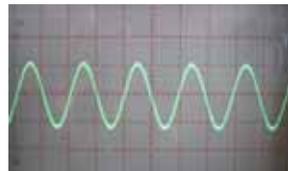
La señal de entrada tiene una amplitud de 10V y la de salida -244.6V



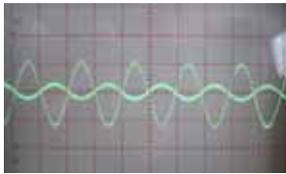
*Representación de la señal de entrada y salida con el osciloscopio*



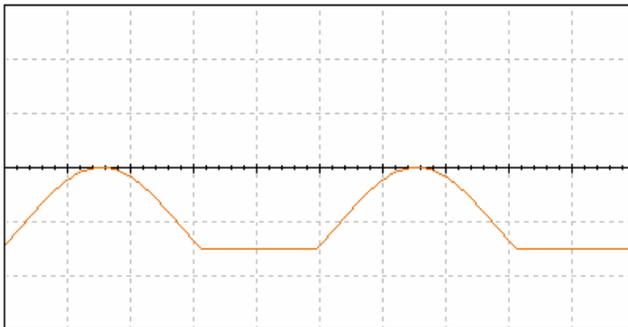
*Entrada (Vi)*



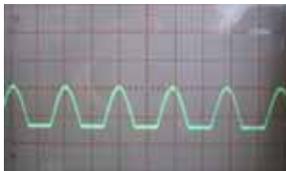
*Salida (Vo)*



*Entrada y Salida*



*Representación de la señal de salida saturada con el osciloscopio*



*Salida saturada si aumentamos la fuente  $V_2$*

Coste del circuito:

1 amplificador operacional = 0.22€

3 Resistencias = 0.12€

1 Zócalo de 8 pines = 0.05€

50cm de cable fino = 0.03€

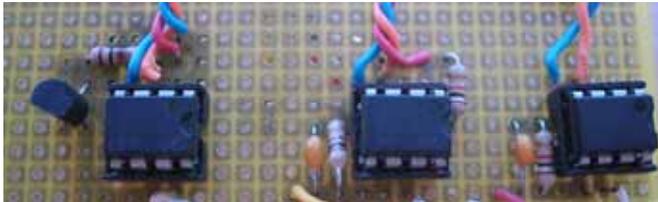
7.875cm<sup>2</sup> de placa = 0.38€

Total = 0.80€

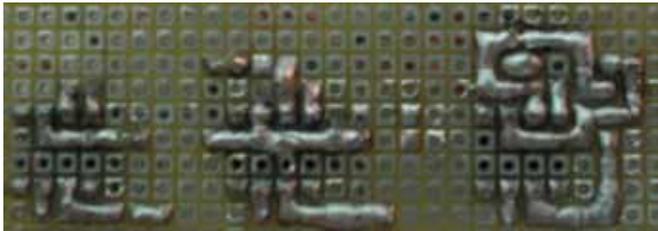
## Sesión 1.2: Aplicaciones del amplificador operacional II

Instrumental de laboratorio:

- Osciloscopio
- Polímetro
- Fuente de tensión continua
- Generador de señal alterna



*Placa con los circuitos de la sesión 1.2*



*Cara de pista con los circuitos de la sesión 1.2*

### 1.2.1 Circuito derivador

Para realizar el circuito se ha tenido en cuenta:

Suponemos que el amplificador operacional es ideal

La realimentación es negativa  $V^- = V^+ = 0V$

Como indica el guión  $V_0(t) = -RC \frac{dV_i(t)}{dt}$  Esta es la ecuación resultante de resolver el circuito en el dominio del tiempo teniendo en cuenta que la intensidad que atraviesa el condensador es la misma que la que pasa por la resistencia.

Si resolvemos este mismo circuito en el dominio de la frecuencia obtenemos que  $V_0(s) = -RCS \cdot V_i(s)$

La señal de salida esta desfasada  $\frac{\pi}{2}$  con respecto a la señal de entrada. Podemos obtener la ganancia de la siguiente forma  $A_v = -RCj\omega$  donde evidentemente  $\omega = 2\pi f$  siendo f la frecuencia de la señal de entrada.

Valores usados:

Resistencias  $R = 1k\Omega$

Condensadores  $C = 100nF$

Características de  $V_i$ :

$$A = 10V \quad \omega = 2\pi f \quad f = 1000Hz$$

$$V_i(t) = 10\text{sen}(\omega t)$$

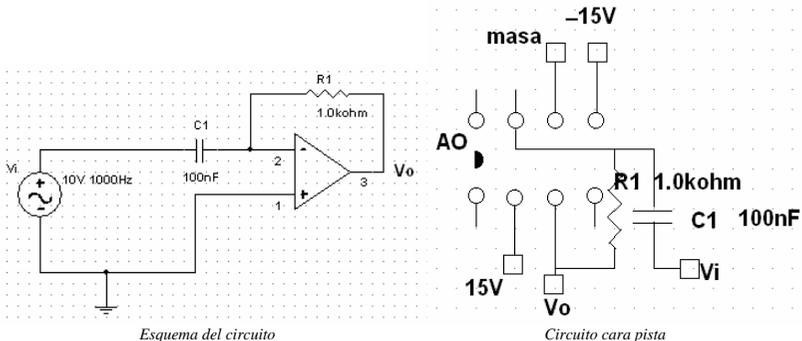
$$dV_i = 10\cos(\omega t) \cdot \omega$$

Si utilizamos  $V_i(t) = 10\text{sen}(\omega t)$  sustituyendo en la fórmula obtenemos que  $V_o(t) = -RC \cdot 10\omega \cos(\omega t)$

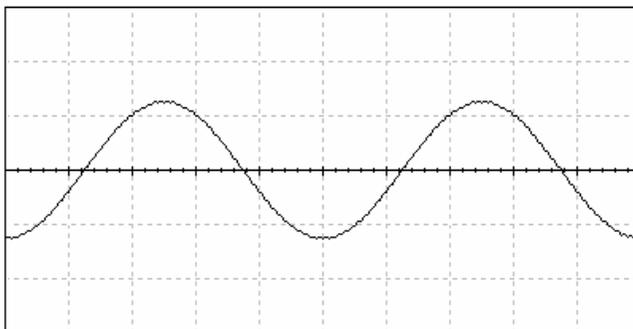
Donde una aproximación numérica sería  $V_o(t) = 2\pi \cos(\omega t)$

Estado del amplificador operacional:

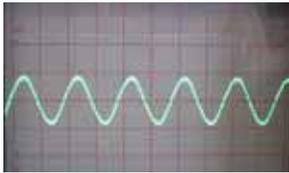
Midiendo con el polímetro se obtiene  $V_{SAT} = 14.96V$   $-V_{SAT} = -14.89V$



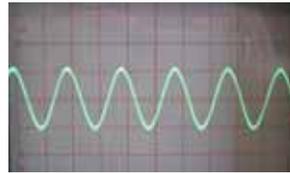
Esta señal de salida tiene una amplitud de 6.4V que teóricamente es de  $2\pi \approx 6.28V$



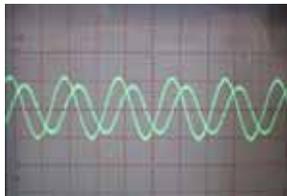
Representación de la señal de salida con el osciloscopio



*Entrada ( $V_i$ )*

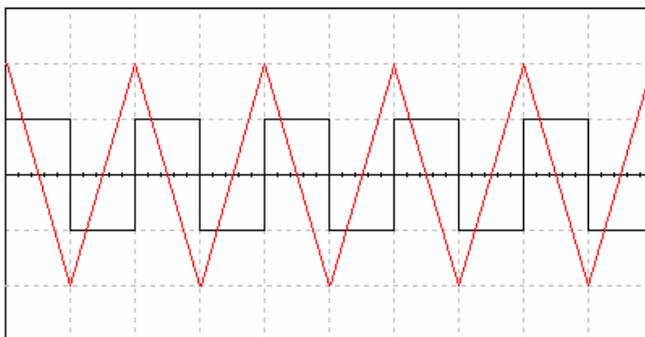


*Salida ( $V_o$ )*

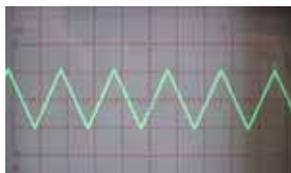


*Entrada y Salida*

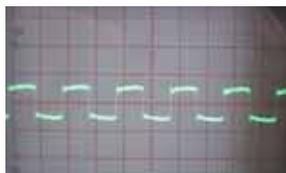
Si utilizamos como señal de entrada una señal triangular el resultado es el siguiente



*Representación de la señal de entrada y salida con el osciloscopio*



Entrada ( $V_i$ )



Salida ( $V_o$ )



Entrada y Salida

La señal triangular se puede descomponer en subfunciones lineales, que al derivarlas se obtienen constantes que dependiendo de la función lineal son negativas o positivas, originando como resultado una señal cuadrada.

Coste del circuito:

1 amplificador operacional = 0.22€

1 Resistencia = 0.04€

1 Condensador = 0.13€

1 Zócalo de 8 pines = 0.05€

50cm de cable fino = 0.03€

5.83cm<sup>2</sup> de placa = 0.28€

Total = 0.75€

### 1.2.2 Circuito integrador (filtro paso baja)

Para realizar el circuito se ha tenido en cuenta:

Suponemos que el amplificador operacional es ideal

La realimentación es negativa  $V^- = V^+ = 0V$

Con la resistencia este circuito es estable ya que la realimentación negativa nunca se pierde.

Valores usados:

Resistencias  $R_1 = R_2 = 1k\Omega$

Condensadores  $C = 100nF$

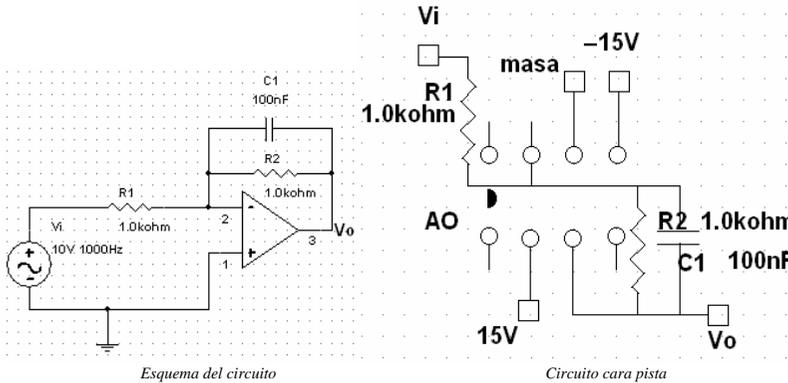
Características de  $V_i$ :

$$A = 10V \quad \omega = 2\pi f \quad f = 1000Hz$$

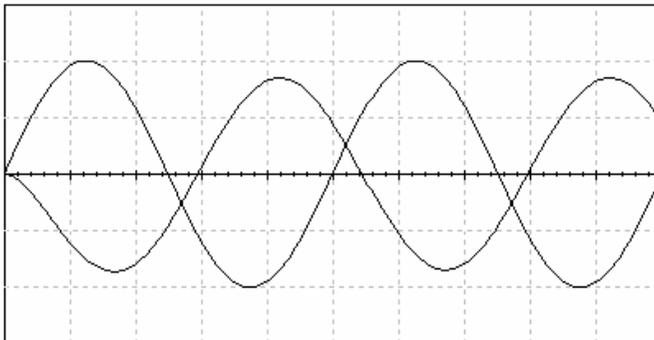
$$V_i(t) = 10\text{sen}(\omega t)$$

Estado del amplificador operacional:

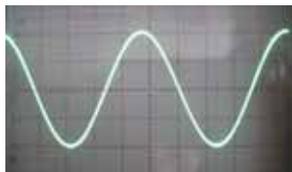
Midiendo con el polímetro se obtiene  $V_{SAT} = 14.96V$   $-V_{SAT} = -14.89V$



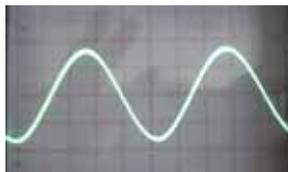
La señal de entrada tiene una amplitud de 10V y la de salida -8.6V



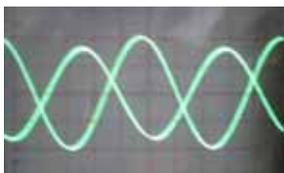
Representación de la señal de entrada y salida con el osciloscopio



*Entrada ( $V_i$ )*

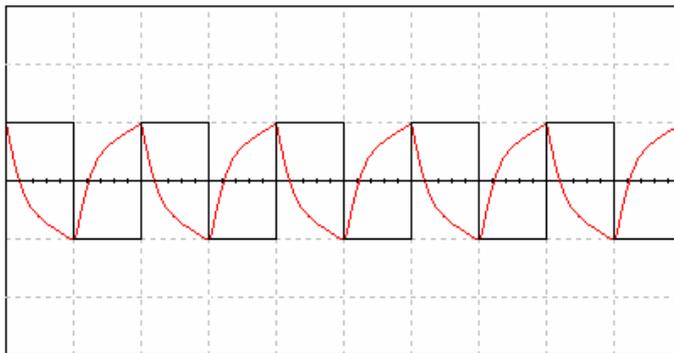


*Salida ( $V_o$ )*



*Entrada y Salida*

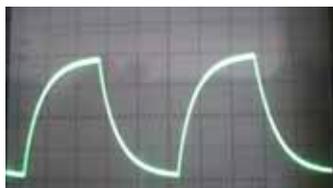
Si utilizamos como señal de entrada una señal cuadrada el resultado es el siguiente



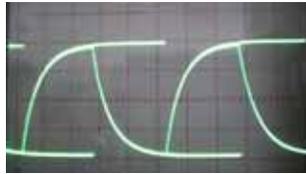
*Representación de la señal de entrada y salida con el osciloscopio*



*Entrada ( $V_i$ )*



*Salida ( $V_o$ )*



Entrada y Salida

Esto se debe al que integrar la señal de entrada que es una constante se obtiene una función lineal.

Para obtener el diagrama de Bode es necesario disponer de la función de transferencia que es:

$$T(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{R_2 C s + 1}$$

Donde se obtiene un polo simple que crea una pendiente de -20dB/dc

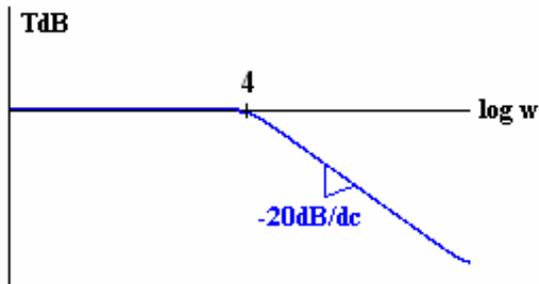
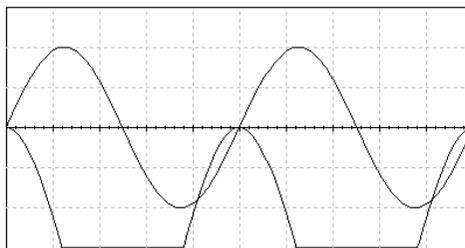


Diagrama de Bode en módulo

Si se eliminase la resistencia  $R_2$ , el circuito se saturaría, ya que la función de la resistencia es evitar que el condensador que tiene en paralelo pudiera quedarse en abierto puesto que la entrada  $V_i$  puede contener alguna componente continua lo que provocaría la saturación del amplificador operacional en el caso de no existir esta resistencia.



Entrada y Salida saturada

Coste del circuito:

- 1 amplificador operacional = 0.22€
- 2 Resistencias = 0.08€
- 1 Condensador = 0.13€
- 1 Zócalo de 8 pines = 0.05€
- 50cm de cable fino = 0.03€
- 5.83cm<sup>2</sup> de placa = 0.28€
- Total = 0.79€

### 1.2.3 Amplificador logarítmico

Para realizar el circuito se ha tenido en cuenta:

Suponemos que el amplificador operacional es ideal

La realimentación es negativa  $V^- = V^+ = 0V$

En este circuito la tensión de salida es la siguiente:

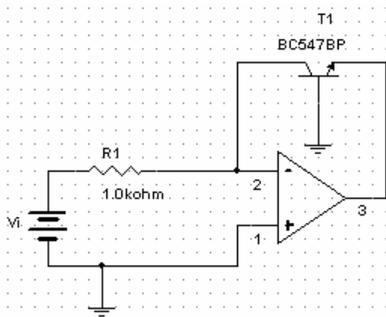
$$V_o = -V_T \ln(K \cdot V_i / R_i)$$

Donde  $V_T$  y  $K$  son constantes dependientes de la temperatura y del transistor usado.

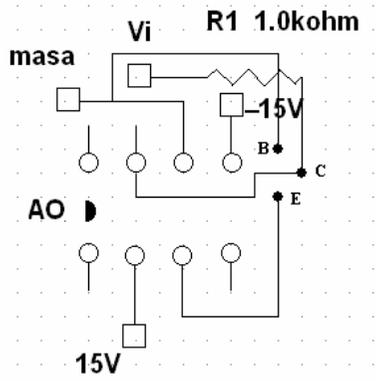
En nuestro caso  $V_T = 0.025V$

Características de  $V_i$ :

En este caso la tensión de entrada es continua y se varia desde 0 hasta +15V.



Esquema del circuito

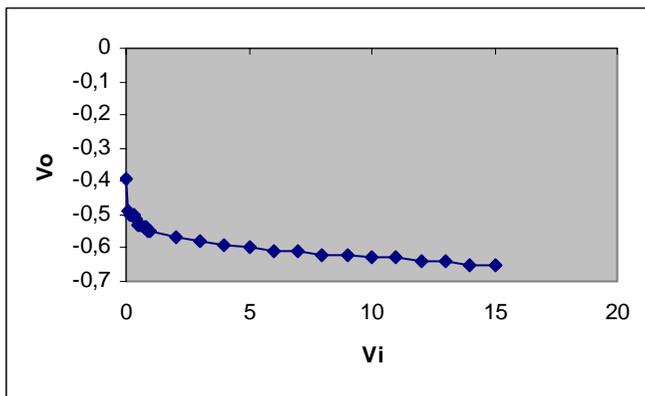


Circuito cara pista

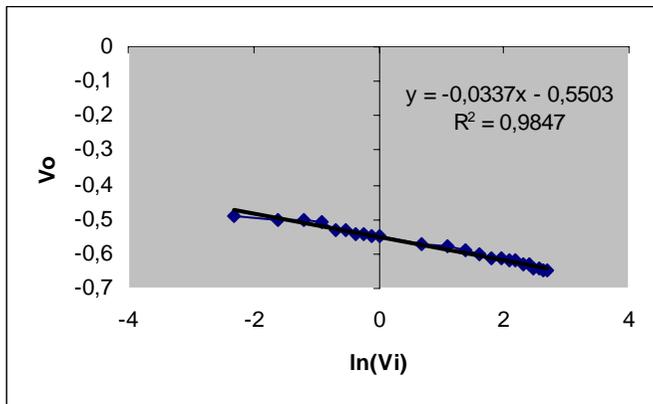
La siguiente tabla presenta los diferentes valores de señal de entrada y el valor de salida obtenido.

$V_i$ (V)	$V_o$ (V)	$\ln(V_i)$
0.0	-0.39	$no\exists$
0.1	-0.49	-2.30
0.2	-0.50	-1.60
0.3	-0.50	-1.20
0.4	-0.51	-0.92
0.5	-0.53	-0.69
0.6	-0.53	-0.51
0.7	-0.54	-0.36
0.8	-0.54	-0.22
0.9	-0.55	-0.11
1	-0.55	0
2	-0.57	0.69
3	-0.58	1.10
4	-0.59	1.39
5	-0.60	1.61
6	-0.61	1.79
7	-0.61	1.95
8	-0.62	2.08
9	-0.62	2.20
10	-0.63	2.30
11	-0.63	2.40
12	-0.64	2.48
13	-0.64	2.56
14	-0.65	2.64
15	-0.65	2.71

Tabla con los valores de entrada y salida



$V_o$  frente  $V_i$



$V_o$  frente  $\ln(V_i)$

Coste del circuito:

- 1 Resistencia = 0.04€
- 1 Transistor bipolar BC547 = 0.05€
- 1 Zócalo de 8 pines = 0.05€
- 40cm de cable fino = 0.02€
- 5.83cm<sup>2</sup> de placa = 0.28€
- Total = 0.44€

## **PRÁCTICA Nº 2: CONCENTRACIÓN DE IMPUREZAS DE UNA UNIÓN PN**

Instrumental de laboratorio:

Medidor de impedancias MZ-705  
Polímetro  
Fuente de tensión continua

Componentes usados:

Diodo 1N4002

Cálculo de concentración de impurezas mayoritarias:

$$N = \frac{2}{q\epsilon_s A^2} \left( \frac{d(1/C^2)}{dV_a} \right)^{-1}$$

donde  $q = 1.6 \times 10^{-19}$  C es la carga del electrón.

$\epsilon = 10^{-12}$  F/cm es la constante dieléctrica del Silicio.

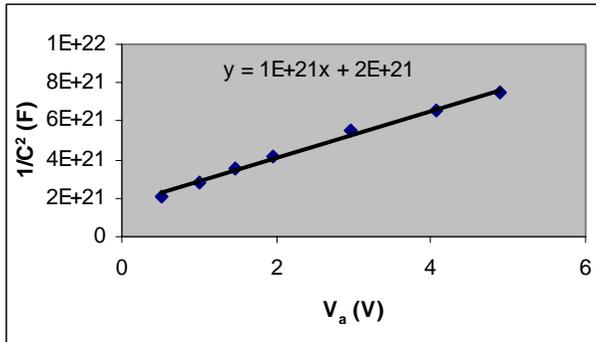
$A = 7 \times 10^{-4}$  cm<sup>2</sup> es el área de la unión pn.

Para calcular la concentración de impurezas N, se mide la capacidad para varias polarizaciones en inverso.

Se han obtenido las siguientes medidas:

Voltaje	Rango (pf = 10 <sup>-12</sup> f)
0.506 Voltios	22.10 pf
0.997 Voltios	18.77 pf
1.455 Voltios	16.86 pf
1.95 Voltios	15.50 pf
2.97 Voltios	13.50 pf
4.07 Voltios	12.35 pf
4.89 Voltios	11.54 pf

El voltaje de la tabla es el obtenido desde el polímetro ya que no se debe confiar en los resultados que aparecen en el display de la fuente de tensión y por eso, para adquirir una mayor precisión en el experimento, se realiza este procedimiento.



Gráfica de  $1/C^2$  frente a la tensión de polarización

Como se observa la pendiente de esta función es  $10^{21}$  y por tanto a partir de este valor se calcula la concentración de impurezas

$$N = \frac{2}{1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{cm}} (7 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2)^2} \cdot (10^{21})^{-1} = 2.55 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$$

Coste del circuito:

1 diodo = 0.03€

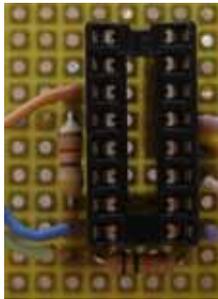
Total = 0.03€

## PRÁCTICA Nº 3: FAMILIAS LÓGICAS

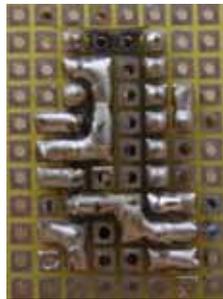
### Sesión 3.1: Lógica nMOS y CMOS

Instrumental de laboratorio:

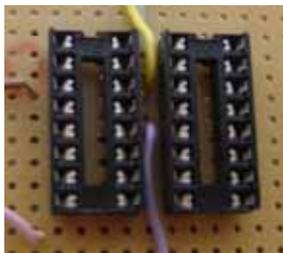
- Osciloscopio
- Polímetro
- Fuente de tensión continua
- Generador de señal alterna



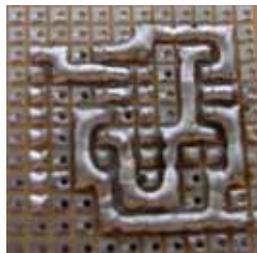
*Placa con los circuitos de la sesión 3.1.1 y 3.1.2*



*Cara de pista con los circuitos de la sesión 3.1.1 y 3.1.2*



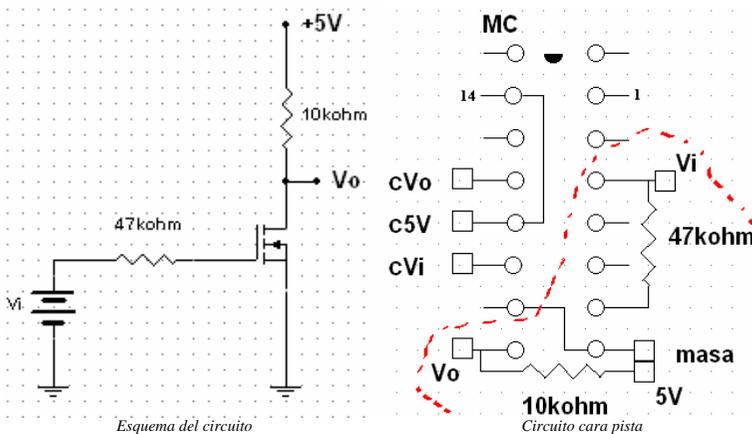
*Placa con los circuitos de una puerta CMOS*



*Cara de pista de una puerta CMOS*

### 3.1.1 Inversor nMOS:

Para construir este inversor se usa uno de los transistores nMOS del integrado MC14007UB.



En la placa de este circuito se ha podido soldar el circuito de otra sesión gracias a la posibilidad de que el integrado contiene varios transistores y el diseño realizado permite el funcionamiento de los dos circuitos independientemente uno del otro. La sección rodeada de color rojo corresponde a este inversor nMOS y las entradas/salidas que tiene una ‘c’ antes de su nombre son las del siguiente circuito, la masa es común a los dos. Con esto se obtiene un gran ahorro de material.

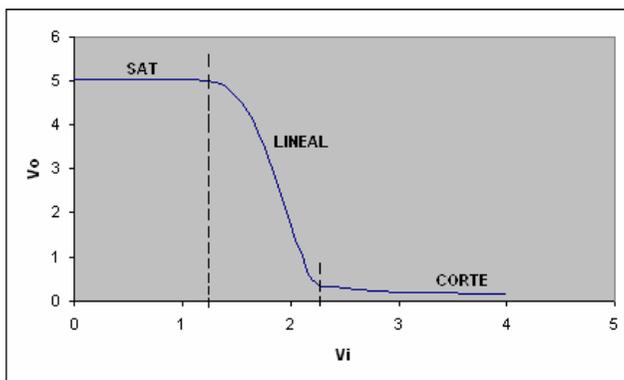
En esta placa también se cometió un error de montaje ya que el chip se tiene que colocar en el zócalo despreciando las dos patillas mas cercanas a la muesca, como se aprecia en la imagen del cara de pista, en vez de despreciar las 2 patillas mas alejadas de esta muesca ya que el zócalo es de 16 pines y el integrado de 14.

A continuación se muestra la tabla con los distintos valores de entrada y los resultados obtenidos:

$V_i$ (V)	$V_o$ (V)	$V_B$ (V)
0.0	5.05	0.05
0.2	5.04	0.20
0.4	5.04	0.41
0.6	5.04	0.60
0.8	5.04	0.75
1.0	5.04	0.97
1.2	5.02	1.16
1.4	4.85	1.42
1.6	4.32	1.56
1.8	3.27	1.79
2.0	1.73	1.99

2.2	0.47	2.12
2.4	0.33	2.47
2.6	0.25	2.62
2.8	0.22	2.73
3.0	0.20	2.98
3.2	0.18	3.21
3.4	0.17	3.43
3.6	0.16	3.57
3.8	0.15	3.71
4.0	0.14	3.96

Tabla de tensiones de entrada/salida/base



Grafica  $V_o$  frente  $V_i$

$$V_{IH} = 2.2V$$

$$V_{IL} = 1.4V$$

$$V_{OH} = 5.04V$$

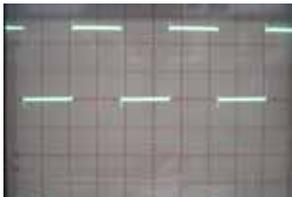
$$V_{OL} = 0.20V$$

$$NMH = V_{OH} - V_{IH} = 2.84V$$

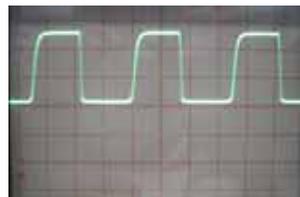
$$NML = V_{IL} - V_{OL} = 1.2V$$



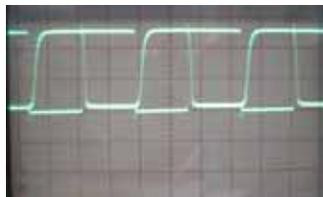
Representación de la señal de entrada y salida con el osciloscopio



Entrada ( $V_i$ )



Salida ( $V_o$ )



Entrada y Salida

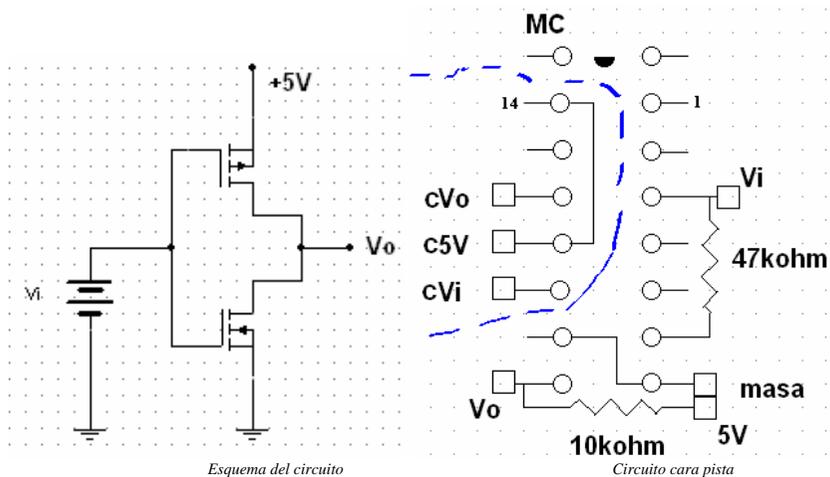
Se obtuvo que  $t_{pHL} \approx 3.29 \mu s$   $t_{pLH} \approx 0,61 \mu s$

Coste del circuito:

- 2 Resistencias = 0.08€
- 1 Zócalo de 16 pines = 0.09€
- 1 Integrado MC14007UB = 0.26€
- 40cm de cable fino = 0.02€
- 5cm<sup>2</sup> de placa = 0.24€
- Total = 0.69€

### 3.1.2 Lógica CMOS:

Se construye un inversor CMOS haciendo uso de los transistores del integrado MC14007UB.



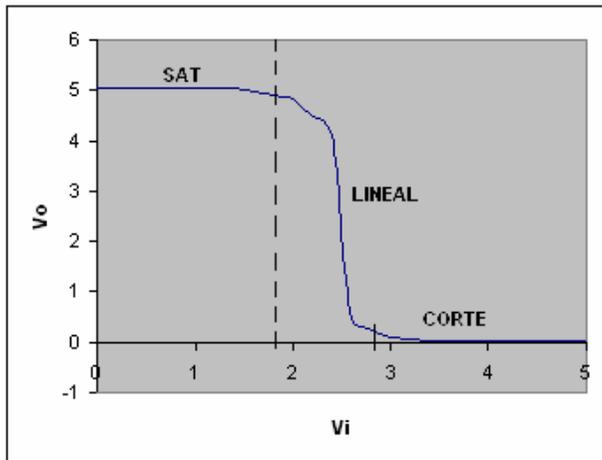
Este circuito está compartido en el mismo zócalo que el ejercicio anterior. Ahora, la sección rodeada de azul es el inversor CMOS con su entrada  $V_i$  y 5V y la salida  $V_o$ . La masa es común como se mencionó antes.

Dependiendo de la señal de entrada, la salida obtenida es la siguiente:

$V_i$ (V)	$V_o$ (V)
0.0	5.05
0.2	5.05
0.4	5.05
0.6	5.05
0.8	5.05
1.0	5.05
1.2	5.04
1.4	5.03
1.6	4.98
1.8	4.90
2.0	4.81
2.2	4.48
2.4	4.10
2.6	0.48
2.8	0.24

3.0	0.13
3.2	0.06
3.4	0.02
3.6	0.006
3.8	0
4.0	0

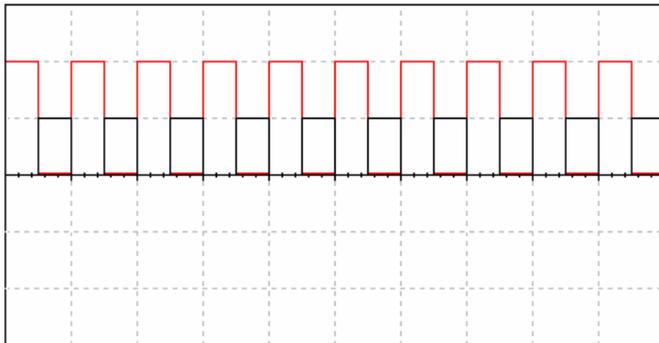
Tabla de tensiones de entrada/salida



Grafica  $V_o$  frente  $V_i$

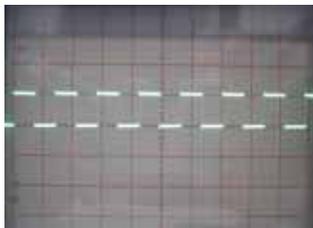
$V_{IH} = 2.9V$   
 $V_{IL} = 2.1V$   
 $V_{OH} = 5.05V$   
 $V_{OL} = 0.13V$

$NMH = V_{OH} - V_{IH} = 2.15V$   
 $NML = V_{IL} - V_{OL} = 1.97V$

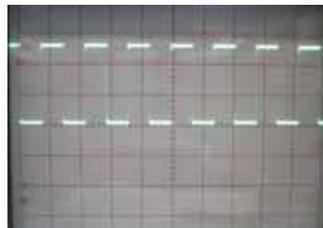


Representación de la señal de entrada y salida con el osciloscopio

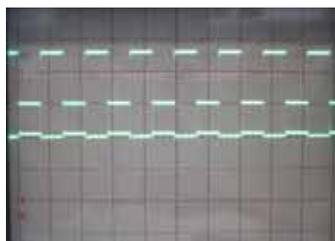
La señal de entrada y salida tienen diferentes voltios por división para apreciar que es un inversor.



Entrada ( $V_i$ )



Salida ( $V_o$ )



Entrada y Salida

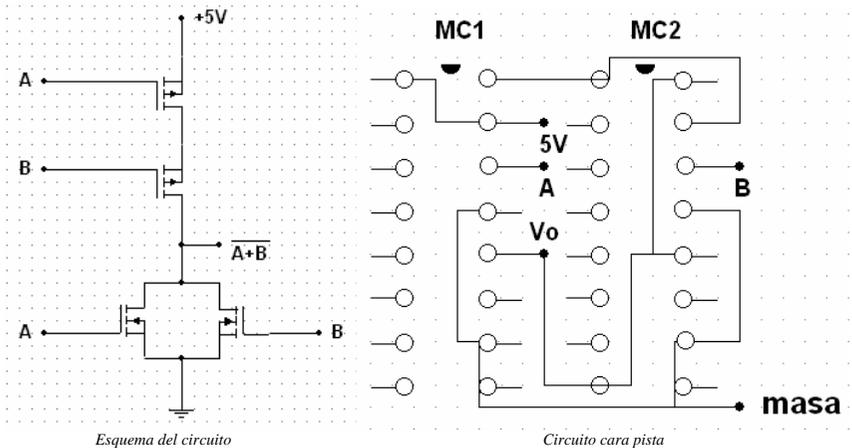
Se obtuvo que  $t_{pHL} \approx 3.6 \mu s$   $t_{pLH} \approx 7 \mu s$

Coste del circuito:

El coste es casi nulo ya que se utilizan la placa del circuito anterior, simplemente se gastan 0.02€ en 30cm de cable fino.

### NOR CMOS

Este circuito también se monta con transistores del integrado MC14007UB.



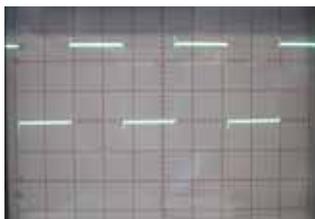
A la entrada A se le a colocado como señal una cuadrada de entre 0 y 5V y la entrada B se ira variando entre cero lógico que corresponde a 0V y uno lógico que son 5V.

Si usamos B = '0' y A una señal cuadrada se obtiene lo siguiente:

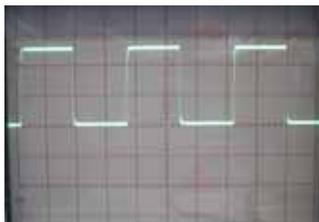


*A = cuadrada, B = 0*

La señal mas gruesa es la de salida y la más fina la señal A cuadrada. Al valer B 0 la puerta NOR actúa como un inversor de A. B actúa como valor inversor de la puerta.

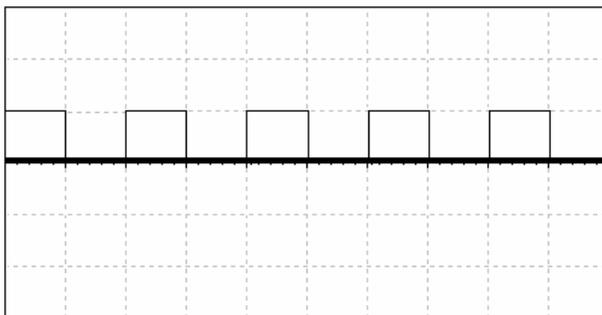


Señal A (V)



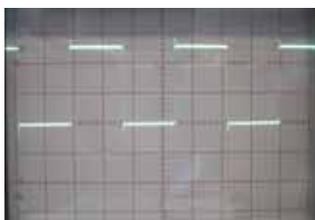
Salida (V<sub>o</sub>)

Si usamos B = '1' y A una señal cuadrada se obtiene lo siguiente:



A = cuadrada, B = 1

La señal mas gruesa es la de salida y la más fina la señal A cuadrada. Al valer B 1 la puerta NOR siempre da '0'.



Señal A (V)



Salida (V<sub>o</sub>)

La tabla de verdad es la siguiente:

NOR	B = '0'	B = '1'
A = '0'	'1'	'0'
A = '1'	'0'	'0'

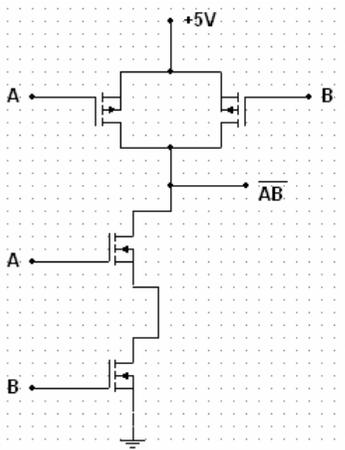
Tabla de verdad de la puerta NOR

Coste del circuito:

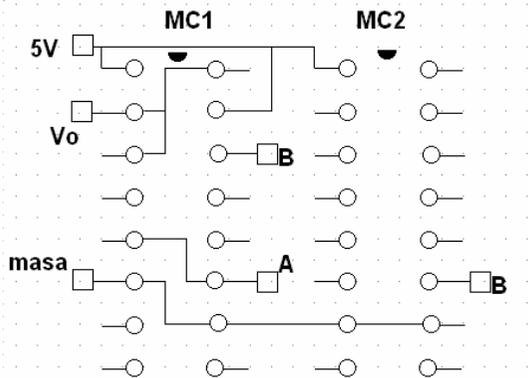
- 2 Zócalos de 16 pines = 0.19€
- 1 Integrado MC14007UB = 0.26€
- 50cm de cable fino = 0.03€
- 7.5cm<sup>2</sup> de placa = 0.36€
- Total = 0.84€

### NAND CMOS

Este circuito también se monta con transistores del integrado MC14007UB.



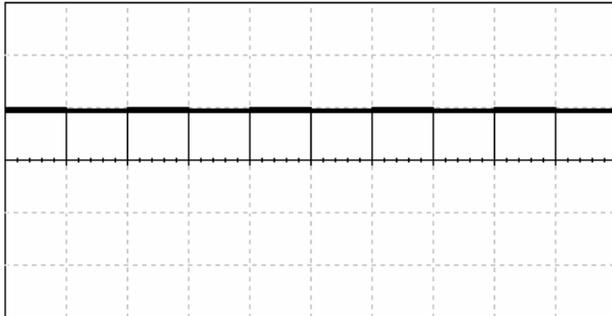
Esquema del circuito



Circuito cara pista

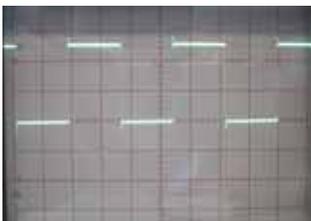
A la entrada A se le a colocado como señal una cuadrada de entre 0 y 5V y la entrada B se ira variando entre cero lógico que corresponde a 0V y uno lógico que son 5V.

Si usamos  $B = '0'$  y A una señal cuadrada se obtiene lo siguiente:

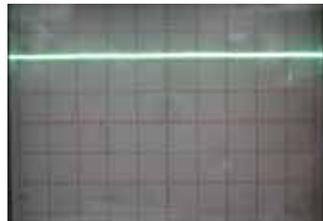


*A = cuadrada, B = 0*

La señal mas gruesa es la de salida y la más fina la señal A cuadrada. Al valer B 0 la puerta NAND siempre da '1'.



*Señal A (V)*



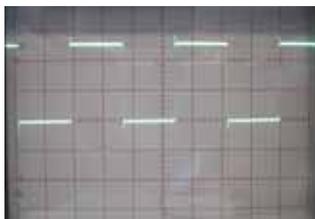
*Salida (V<sub>o</sub>)*

Si usamos  $B = '1'$  y A una señal cuadrada se obtiene lo siguiente:

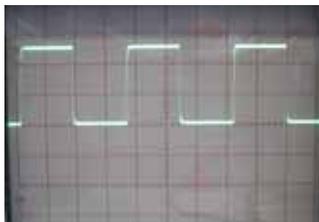


*A = cuadrada, B = 1*

La señal mas gruesa es la de salida y la más fina la señal A cuadrada. Al valer B 1 la puerta NAND actúa como un inversor de A. B actúa como valor inversor de la puerta.



Señal A (V)



Salida (V<sub>o</sub>)

La tabla de verdad es la siguiente:

NAND	B = '0'	B = '1'
A = '0'	'1'	'1'
A = '1'	'1'	'0'

Tabla de verdad de la puerta NAND

Coste del circuito:

2 Zócalos de 16 pines = 0.19€

60cm de cable fino = 0.04€

7.5cm<sup>2</sup> de placa = 0.36€

Total = 0.59€

### Sesión 3.2: Lógicas bipolares

Instrumental de laboratorio:

Osciloscopio

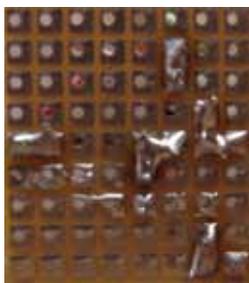
Polímetro

Fuente de tensión continua

Generador de señal alterna



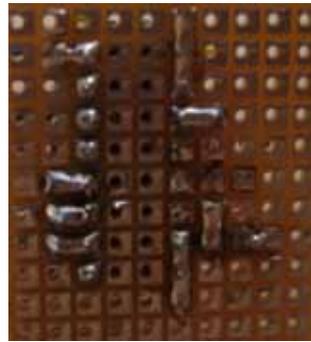
Placa con el circuito de la sesión 3.2.1



Cara de pista del circuito de la sesión 3.2.1



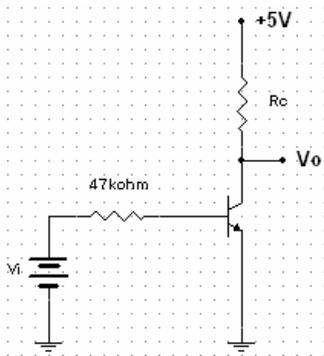
Placa con el circuito de la sesión 3.2.2



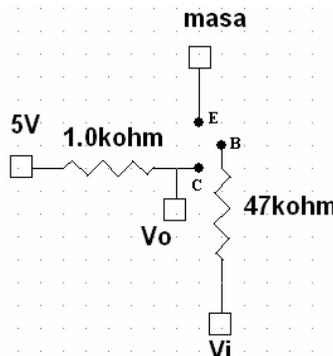
Cara de pista del circuito de la sesión 3.2.2

### 3.2.1 Inversor bipolar básico

En este circuito se hará uso de un transistor bipolar BC547B



Esquema del circuito



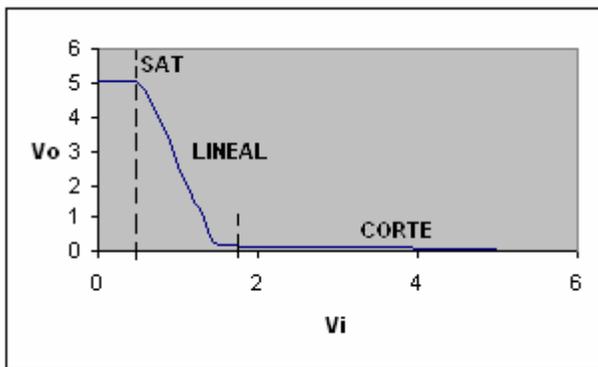
Circuito cara pista

Variando la señal de entrada se obtienen los siguientes valores de la tensión de salida y base:

$V_i$ (V)	$V_o$ (V)	$V_B$ (V)
0.0	5.05	0
0.2	5.05	0.27
0.4	5.05	0.45
0.5	4.98	0.54
0.6	4.74	0.59
0.7	4.29	0.61

0.8	3.84	0.63
0.9	3.27	0.64
1.0	2.49	0.64
1.1	2.21	0.65
1.2	1.46	0.66
1.3	1.09	0.67
1.4	0.41	0.67
1.5	0.19	0.67
1.6	0.16	0.68
1.8	0.14	0.68
2.0	0.13	0.68
2.0	0.12	0.68
2.4	0.11	0.68
2.6	0.11	0.68
2.8	0.10	0.68
3.0	0.10	0.68
3.2	0.10	0.69
3.4	0.09	0.69
3.6	0.09	0.69
3.8	0.09	0.69
4.0	0.08	0.69

Tabla de tensiones de entrada/salida/base



Grafica  $V_o$  frente  $V_i$

$$V_{IL} = 0.6V$$

$$V_{IH} = 1.5V$$

$$V_{OL} = 0.09V$$

$$V_{OH} = 5.05V$$

$$NMH = V_{OH} - V_{IH} = 3.55V$$

$$NML = V_{IL} - V_{OL} = 0.51V$$

Se obtuvo que  $t_{pHL} \approx 4,04 \mu s$   $t_{pLH} \approx 0,64 \mu s$

Coste del circuito:

- 2 Resistencias = 0.08€
- 1 Transistor bipolar BC547 = 0.05€
- 50cm de cable fino = 0.03€
- 5cm<sup>2</sup> de placa = 0.24€
- Total = 0.40€

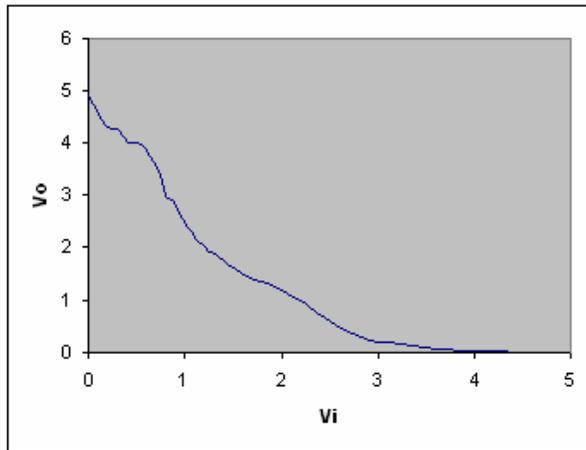
### 3.2.2 Lógica TTL

Para este circuito usamos puertas NAND del integrado TTL 74LS00

Primeramente, conectando las dos entradas de una puerta NAND del integrado al mismo sitio se comprobará el funcionamiento de una NAND como inversor. Variando la tensión de entrada desde 0 hasta 5V los diferentes valores de la salida son los siguientes:

$V_i$ (V)	$V_o$ (V)
0	4,93
0,1	4,58
0,2	4,32
0,3	4,25
0,4	4,01
0,5	3,98
0,6	3,87
0,7	3,53
0,8	3,01
0,9	2,82
1	2,51
1,2	2,01
1,7	1,39
2	1,2
2,5	0,59
2,7	0,39
3	0,21
3,5	0,08
4	0,03
5	0,01

*Tabla de tensiones de entrada/salida/base*



Grafica  $V_o$  frente  $V_i$

$$V_{OH} = 4.93V$$

$$V_{OL} = 0.01V$$

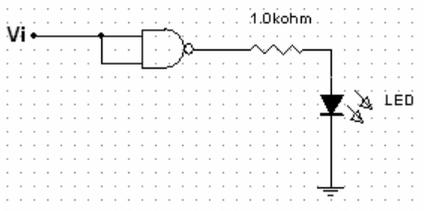
$$V_{IL} = 0.7V$$

$$V_{IH} = 2.5V$$

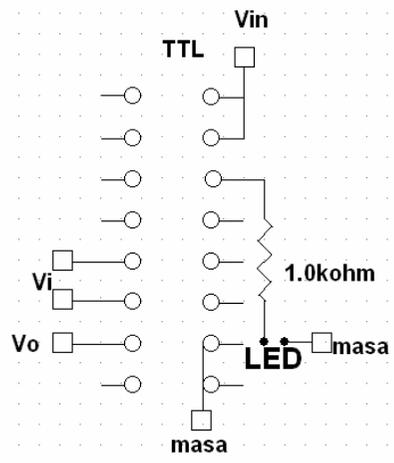
$$NMH = V_{OH} - V_{IH} = 2.43V$$

$$NML = V_{IL} - V_{OL} = 0.69V$$

Ahora se conecta un LED y una resistencia de  $1K\Omega$  y comprobamos su funcionamiento como inversor.



Esquema del circuito

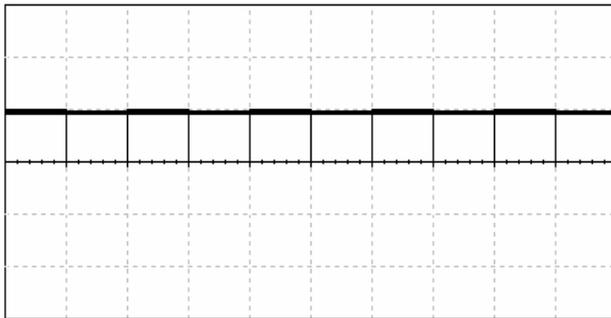


Circuito cara pista

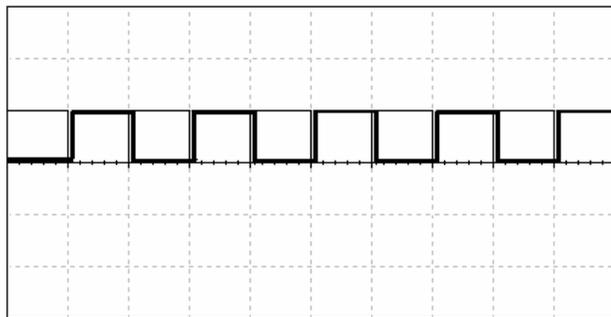
El LED conectado al circuito se enciende si la señal de entrada es '0' y no se enciende si la señal es '1'. El circuito funciona correctamente.

Analizando el comportamiento dinámico del inversor TTL usando una señal de entrada cuadrada de entre 0 y 5V se obtiene que  $t_{pHL} \approx 18$  ns  $t_{pLH} \approx 29$   $\mu$ s

También se ha de comprobar el correcto funcionamiento de la puerta NAND usando la fuente en una de sus entradas con una señal escalón de 0 a 5V y en su otra entrada la fuente fija de 5V para crear '1' y su referencia para crear '0'.



Señal cuadrada y referencia



Señal cuadrada y 5V

La tabla de verdad es la siguiente:

NAND	'0'	'1'
'0'	'1'	'1'
'1'	'1'	'0'

Tabla de verdad de la puerta NAND

Coste del circuito:

1 Resistencia = 0.04€  
1 Zócalos de 16 pines = 0.09€  
70cm de cable fino = 0.05€  
1 Diodo LED = 0.09€  
1 Integrado NAND TTL = 0.28€  
7.5cm<sup>2</sup> de placa = 0.36€  
Total = 0.91 €

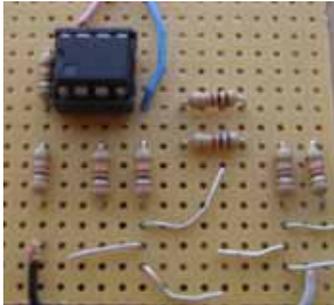
## PRÁCTICA N° 4: CONVERSIÓN D/A

### Sesión 4.1: Conversor D/A: configuración no inversora

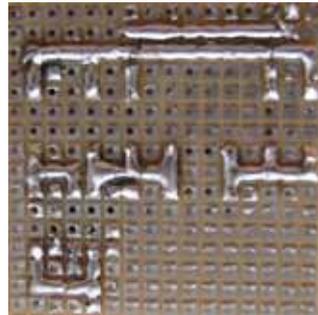
Instrumental de laboratorio:

Polímetro

Fuente de tensión continua



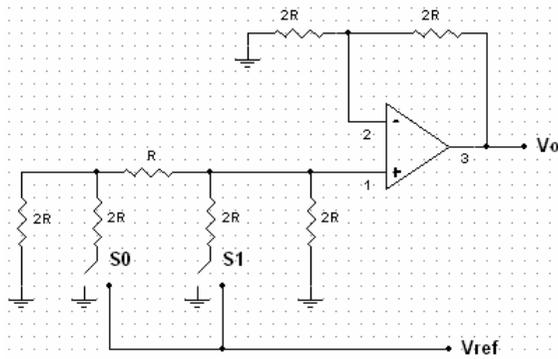
Placa con un conversor D/A



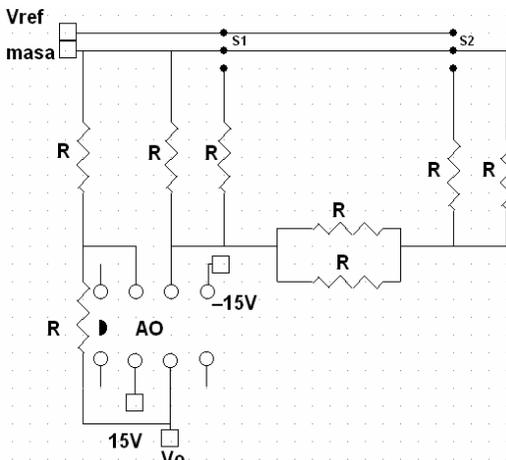
Cara de pista de un conversor D/A

#### 4.1 Conversor D/A: configuración no inversora

Se comprobará el funcionamiento de un conversor D/A en escalera mediante un amplificador operacional 741 y una serie de resistencias.



Esquema del circuito



Circuito cara pista

Las resistencias utilizadas son de  $1k\Omega$

Haciendo balance en los terminales positivo y negativo del amplificador operacional, se obtiene la siguiente ecuación:

$$V_0 = \frac{1}{3}(S_0 + 2S_1)$$

El bit menos significativo es  $S_0$  y el más significativo  $S_1$

Usando  $V_{ref} = 5V$  y alterando los valores de  $S_0$  y  $S_1$  se obtienen los siguientes resultados:

$$\text{Si } S_0 = S_1 = 0V \rightarrow V_0 = 0V$$

$$\text{Si } S_0 = 5V \text{ y } S_1 = 0V \rightarrow V_0 = 1.66V$$

$$\text{Si } S_0 = 0V \text{ y } S_1 = 5V \rightarrow V_0 = 3.33V$$

$$\text{Si } S_0 = S_1 = 5V \rightarrow V_0 = 5V$$

Usando  $V_{ref} = 3V$  y alterando los valores de  $S_0$  y  $S_1$  se obtienen los siguientes resultados:

$$\text{Si } S_0 = S_1 = 0V \rightarrow V_0 = 0V$$

$$\text{Si } S_0 = 3V \text{ y } S_1 = 0V \rightarrow V_0 = 1V$$

$$\text{Si } S_0 = 0V \text{ y } S_1 = 3V \rightarrow V_0 = 2V$$

$$\text{Si } S_0 = S_1 = 3V \rightarrow V_0 = 3V$$

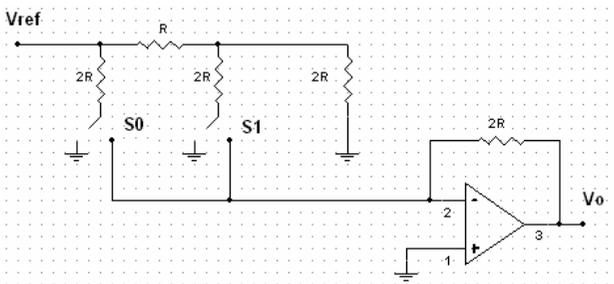
Al cambiar la tensión de referencia a un valor inferior, se ha comprobado que la tensión de salida se atenúa.

Coste del circuito:

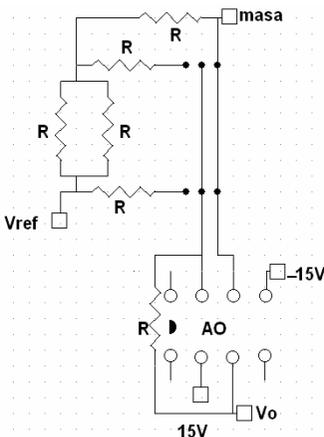
- 1 Zócalo de 8 pines = 0.05€
- 8 Resistencias = 0.32€
- 50cm de cable fino = 0.03€
- 16cm<sup>2</sup> de placa = 0.78€
- Total = 1.18€

### 4.2 Conversor D/A: configuración inversora

Se comprobará el funcionamiento de un conversor D/A en escalera mediante un amplificador operacional 741 y una serie de resistencias.



Esquema del circuito



Circuito cara pista

Las resistencias utilizadas son de  $1k\Omega$

Haciendo balance en los terminales positivo y negativo del amplificador operacional, se obtiene la siguiente ecuación:

$$V_0 = \frac{1}{4}(-6V_{ref} + 4S_0 + 3S_1)$$

El bit menos significativo es  $S_1$  y el más significativo  $S_0$

Usando  $V_{ref} = 5V$  y alterando los valores de  $S_0$  y  $S_1$  se obtienen los siguientes resultados:

$$\text{Si } S_0 = S_1 = 0V \rightarrow V_0 = -7'5V$$

$$\text{Si } S_0 = 5V \text{ y } S_1 = 0V \rightarrow V_0 = -2'5V$$

$$\text{Si } S_0 = 0V \text{ y } S_1 = 5V \rightarrow V_0 = -3'75V$$

$$\text{Si } S_0 = S_1 = 5V \rightarrow V_0 = 1'25V$$

Usando  $V_{ref} = 3V$  y alterando los valores de  $S_0$  y  $S_1$  se obtienen los siguientes resultados:

$$\text{Si } S_0 = S_1 = 0V \rightarrow V_0 = -4'5V$$

$$\text{Si } S_0 = 3V \text{ y } S_1 = 0V \rightarrow V_0 = -1'5V$$

$$\text{Si } S_0 = 0V \text{ y } S_1 = 3V \rightarrow V_0 = -2'25V$$

$$\text{Si } S_0 = S_1 = 3V \rightarrow V_0 = 0'5V$$

Al cambiar la tensión de referencia a un valor inferior, se ha comprobado que la tensión de salida se atenúa.

Coste del circuito:

1 Zócalo de 8 pines = 0.05€

6 Resistencias = 0.24€

50cm de cable fino = 0.03€

15cm<sup>2</sup> de placa = 0.73€

Total = 1.05€

## APÉNDICE

- Aspectos relevantes del guión:

Las imágenes de los circuitos en cara de pista han sido realizadas con el programa Electronics Workbench a escala 2:1.

Las imágenes de los esquemas de los circuitos también han sido realizadas con el Electronics Workbench.

Durante el montaje de las prácticas se rompieron 2 condensadores del total que se compraron, por eso aparecen de más en las facturas adjuntas.

El suministrador de componentes electrónicos erró al cobrarnos 1 integrado CMOS de menos, en las facturas adjuntas se puede comprobar.

En la elaboración de los presupuestos no se han tenido en cuenta los descuentos que aparecen en determinadas facturas por el hecho de ser universitarios.

Una estimación del tiempo de mano de obra, incluyendo horas extras, son 38h. Suponiendo la jornada de trabajo de 2h/día, un aspirante mayor de 16 años, según el convenio colectivo de las industrias siderometalúrgicas de la provincia de Granada, tiene un salario base de 21.00€por día. El total del salario a cobrar serían 399.00€

Presupuesto total:

Concepto	Coste
Práctica 1	3.54€
Práctica 2	0.03€
Práctica 3	3.45€
Práctica 4	2.23€
Materiales (soldador y soporte, estaño)	19.00€
Sueldo	399.00€
<b>TOTAL</b>	<b>427.25€</b>

FACTURAS



