

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE  
TELECOMUNICACIÓN**

**PRACTICA:**

**CONVERSIÓN  
ANALÓGICO  
DIGITAL**

**r.3**

**Autor:**  
**José M<sup>a</sup> Grima Palop**

**Departamento de Ingeniería Electrónica**

**Alumno:**



## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>2. MATERIAL NECESARIO .....</b>	<b>5</b>
<b>3. MÓDULO DE PRÁCTICAS ICL-7106 .....</b>	<b>5</b>
3.1. TERMINALES DE CONEXIÓN .....	5
3.2. CONMUTADORES .....	6
<b>4. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA.....</b>	<b>7</b>
4.1. FUNCIONAMIENTO BÁSICO.....	7
4.1.1. <i>CONVERSIÓN DIRECTA</i> .....	7
4.1.2. <i>RELACION DE RECHAZO AL MODO NORMAL</i> .....	8
4.2. APLICACIÓN .....	9
<b>5. HOJA DE RESULTADOS .....</b>	<b>11</b>



## 1. INTRODUCCIÓN

En la presente práctica el alumno se familiarizará con la técnica de conversión analógico-digital mediante integración en doble rampa. El convertidor se ha implementado en el circuito integrado ICL 7106 y se tiene disponible en un módulo con las entradas principales accesibles. En la práctica se trabajarán dos de las características más importantes, el funcionamiento básico y el rechazo al ruido, para finalmente realizar una aplicación como la medida de temperatura.

## 2. MATERIAL NECESARIO

Para la realización de la práctica, será necesario disponer;

- ✓ Multímetro digital 6 ½ dígitos marca HP modelo 34401A.
- ✓ Generador de funciones arbitrarias marca HP modelo 33120A.
- ✓ Módulo de prácticas: Convertidor A/D 3 ½ dígitos, con 7106 y display.
- ✓ Fuente de alimentación: 0-30 Vdc , 0-3 A. +15 V. + 5 V.
- ✓ LM35 con cables y bananas.
- ✓ 4 cables de conexión banana-cocodrilo (rojo, negro, azul y amarillo).
- ✓ 3 cables de conexión banana-banana (rojo, negro y verde).
- ✓ 2 convertidores doble-banana BNC.
- ✓ 1 cable coaxial BNC-BNC.
- ✓ 1 cable coaxial BNC-cocodrilo.
- ✓ Destornillador plano pequeño.

## 3. MÓDULO DE PRÁCTICAS ICL-7106

El módulo de prácticas es un convertidor A/D de integración en doble rampa, de 3 ½ dígitos con display LCD. Dicho módulo se basa en el C.I. 7106 y ofrece la posibilidad de disponer al 100% las posibilidades del mencionado integrado, teniendo en cuenta que la visualización está integrada en el módulo.

El módulo se ha diseñado especialmente para la realización de prácticas y por lo tanto incluye una serie de conmutadores para que tenga un amplio espectro de utilidad. El circuito permite tener accesible, además de las entradas del convertidor, las entradas de la tensión de referencia. Así mismo, está diseñado para funcionar como voltímetro con dos fondos de escala seleccionables, 0,2V y 2V.

### 3.1. TERMINALES DE CONEXIÓN

El módulo dispone de tres conectores de entrada/salida de 2 terminales. El conector más cercano al fusible corresponde con los terminales de alimentación, siendo el positivo el más cercano al fusible (cable rojo) y conectan directamente con los correspondientes terminales del integrado 7106, además de suministrar tensión al circuito de referencia interna. El circuito integrado admite cualquier tensión entre +6 V y +15 V, no debiendo superar el máximo bajo ningún concepto.

El conector de 2 terminales etiquetado como REF; son los terminales dedicados a las entradas de tensión de referencia externa que permiten acceder desde el exterior a los terminales correspondientes del integrado. El terminal REF LO es el situado a la izquierda (cable azul) y REF HI (cable amarillo) el de la derecha.

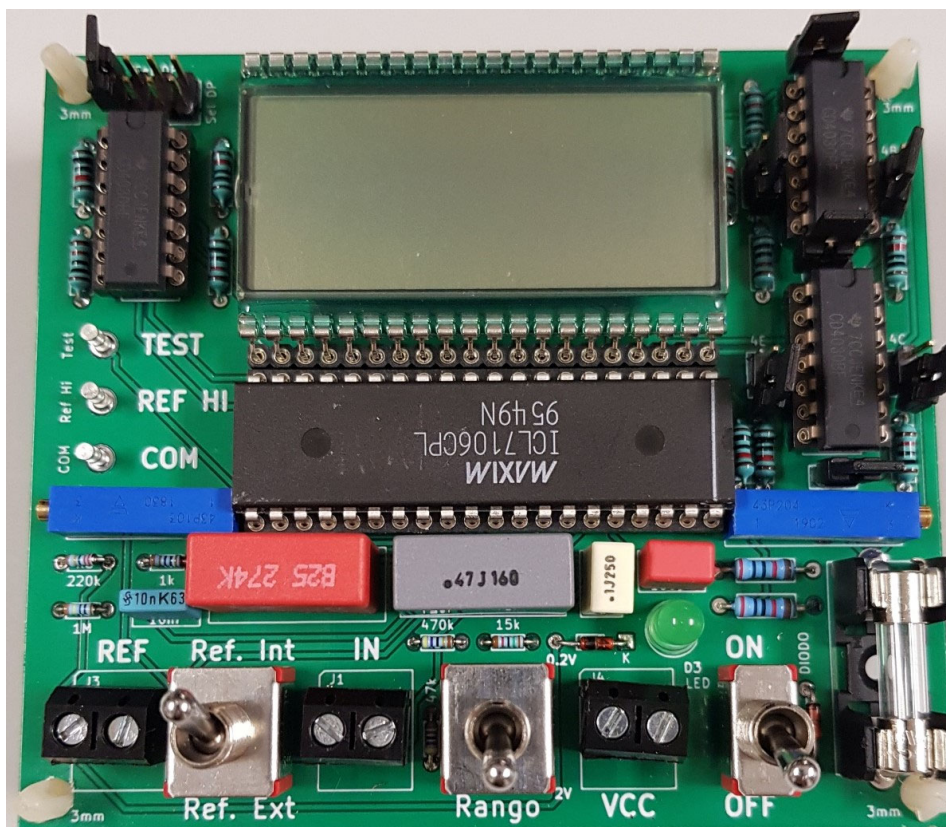


Figura 3-1. Módulo de prácticas.

El conector de dos pines del medio es el de entrada al convertidor “IN Hi” (cable verde) e “IN Lo” (cable negro).

### 3.2. CONMUTADORES

El módulo dispone de 3 interruptores/conmutadores:

- “ON/OFF” es el interruptor de alimentación del módulo. Con este conmutador se desconecta completamente el módulo de la alimentación. Hay que tener especial cuidado con la desconexión debido a que si hay tensión apreciable entre los terminales de entrada, +IN y -IN, puede dañar irreversiblemente al integrado.
- “Ref. Int/Ext” es el conmutador que selecciona tensión de referencia interna o tensión de referencia externa. En el caso de que se seleccione “Ref. Int”, ésta se puede ajustar mediante el potenciómetro multivuelta de la izquierda (el más cercano al conmutador “Ref. Ext/Int.”) y dicha tensión está accesible en el pin designado como "REF HI" tomando como referencia el pin “COM”. En el caso de seleccionar “Ref. Ext”, se accede a los terminales de referencia REF HI y REF LO de forma directa desde el terminal de 2 pines “REF”. Habrá que tener la precaución de no tocar dichos terminales con las manos ni de introducir una tensión superior a la máxima establecida por el fabricante.
- “RANGO” selecciona 0,2 V ó 2 V de fondo de escala (cuando el conmutador de selección de referencia está en “Ref. Int”). Cuando se pase de un fondo de escala a otro se debe reajustar el potenciómetro correspondiente.

## 4. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

### 4.1. FUNCIONAMIENTO BÁSICO

En este apartado se abordará el funcionamiento básico del convertidor Analógico-Digital como multímetro y se comprobará la especificación relación de rechazo al modo normal.

#### 4.1.1. CONVERSIÓN DIRECTA

En un convertidor de doble rampa (Figura 4-1), la muestra de entrada se integra durante un tiempo fijo marcado por el contador digital ( $T_{ck} \cdot N_1$ ). Cuando el contador desborda la cuenta, un interruptor conmuta la tensión de entrada por la de referencia (de signo contrario al de la entrada) y se aplica al integrador, al mismo tiempo el contador se pone a cero. Cuando la salida del integrador llega a cero (completamente descargado) un comparador cambia de estado y el valor del contador,  $N_2$ , queda almacenado en el latch, siendo dicho valor el resultado de la conversión.

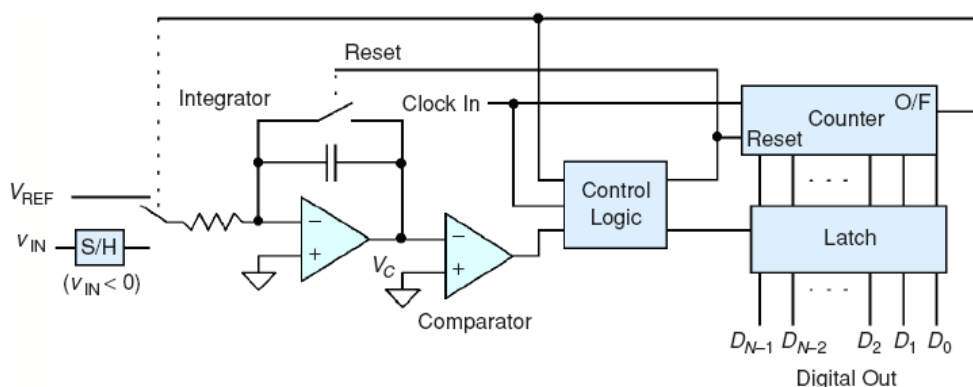


Figura 4-1. Arquitectura de integración en doble rampa.

La salida  $N_2$  del ADC obedece a la siguiente expresión:

$$N_2 = N_1 \frac{V_{IN}}{V_{REF}}$$

Para el caso del 7106, el valor  $N_1 = 1000$  y el valor máximo de  $N_2 = 1999$  (al ser de  $3\frac{1}{2}$  dígitos). Teniendo en cuenta que la  $V_{REF}$  se puede ajustar al valor que deseemos, el módulo se puede convertir en un multímetro, siempre que el valor de tensión de entrada esté comprendido dentro del fondo de escala.

1. Seleccionar referencia interna con el conmutador. "Ref. Int".
2. Seleccionar rango 2 V con el conmutador "Rango".
3. Cortocircuitar las entradas "IN Hi" e "IN Lo".
4. Alimentar el módulo con 0 V y + 15 V y encenderlo. AVISO: Si ya está conectado, no tocar los cables de alimentación.
5. Configurar el multímetro en modo de alta impedancia ( $>10 \text{ G}\Omega$ ): Pulsar [SHIFT], [MENU], se visualizará "A:Measurement". Pulsar [▼], [►] dos veces hasta que visualice "3: INPUT R", [▼] y aparecerá "10 MOHM", [►] hasta que se visualice ">10 GOHM" y finalmente [ENTER] para aceptar. Si se apaga el multímetro será necesario reconfigurarlo.
6. Conectar el adaptador doble-banana a BNC a la entrada de tensión del multímetro. Con el cable coaxial BNC-cocodrilo conectar el multímetro al pin "REF HI" y

- “COM”. Con el potenciómetro del módulo ajustar la  $V_{REF}$  hasta que la tensión medida con el multímetro sea lo más próximo a 1,000 V.
7. Anotar en la hoja de resultados el valor de la tensión de referencia final, el valor visualizado por el módulo ante el cortocircuito y el valor que, según el fabricante, debería visualizarse.
  8. Conectar el otro convertidor doble-banana a BNC a los terminales de salida de tensión variable de la fuente de alimentación. Unir con cable coaxial BNC-BNC la entrada del multímetro con la salida de la fuente. Ajustar 0,200 V con el mando variable de la fuente de alimentación (no conectar al módulo todavía).
  9. Desconectar el cortocircuito de la entrada al módulo. Conectar las entradas “IN Hi” e “IN Lo” del módulo a los terminales de salida variable de la fuente con 2 cables banana-banana. Aplicar la tensión variable de la fuente (se indica en la tabla de la hoja de resultados) Rellenar la tabla con el valor visualizado por multímetro, el display y el valor teórico que debería visualizar teniendo en cuenta el valor de  $V_{REF}$  ajustado.
  10. Una vez finalizado, desconectar las entradas “IN Hi” e “IN Lo” de la fuente de alimentación

#### 4.1.2. RELACION DE RECHAZO AL MODO NORMAL

La conexión de una fuente de señal a la entrada de un ADC puede ser en modo normal y en modo común, según se puede observar en la Figura 4-2.

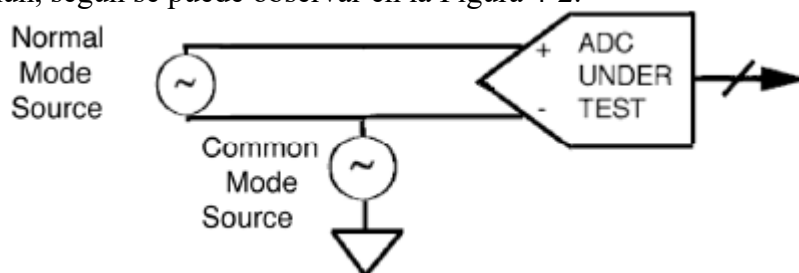


Figura 4-2

En la medida de tensiones continuas de bajo valor, cualquier efecto externo se dejará sentir en el circuito de medida. Las posibles tensiones que se pueden inducir son de dos tipos, continuas y alternas. Las tensiones continuas superpuestas a la tensión a medir, son imposibles de rechazar, aunque se pueden minimizar teniendo cuidado en el montaje. Por contra las tensiones alternas, como son de otra naturaleza a la que se desea medir, son más fáciles de rechazar.

El rechazo de las señales indeseadas se puede efectuar antes, durante o después de la conversión mediante técnicas analógicas o digitales. La técnica de conversión A/D de integración en doble rampa se caracteriza por rechazar el ruido durante la conversión. La forma de cuantificar el comportamiento ante el ruido se realiza mediante el parámetro NMRR (*NORMAL MODE RATIO REJECTION*).

1. Conectar el módulo con un fondo de escala de 2 V y ajustar la tensión de referencia a 1 V (exactamente como estaba en la primera parte).
2. Configurar el generador 33120A para que visualice la tensión en alta impedancia: Pulsar [SHIFT], [MENU], se visualizará “A: MOD MENU“, pulsar [▶] hasta que se visualice “D:SYS MENU”. Pulsar [▼] y se visualiza “1:OUT TERM”, pulsa [▼] y



visualizará “50 OHM”, Pulsar [►] hasta que visualice “HIGH Z” y finalmente [ENTER] para aceptar

3. Seleccionar en el generador señal senoidal (sin componente continua), amplitud  $2 V_{pp}$  (con el generador configurado en alta impedancia) y 1 Hz. Conectarlo a las entradas “IN Hi” e “IN Lo” con el cable coaxial terminado en BNC a doble-banana. Rellenar la tabla de la Hoja de Resultados para las diferentes frecuencias, teniendo en cuenta que el valor no será estable en el display. Para ello observar el display durante unos segundos identificando el valor máximo visualizado en el display. NOTA: El valor visualizado se registrará en voltios.
4. Debido a que la tabla presenta saltos de frecuencia discretos, no identificaremos con exactitud las frecuencias para las que obtenemos un cero en el visualizador. Una vez rellenada la tabla se identificarán de forma aproximada las frecuencias con las que se obtiene un cero. Se variará de forma continua la frecuencia hasta que visualicemos 000 (o casi). Identificar las frecuencias correspondientes a los 6 primeros nulos y anotarlas en la tabla de resultados con resolución 0,01 Hz.
5. Mediante la expresión siguiente se obtiene el NMRR en dB. Abrir una hoja Excell y representar el NMRR, en dB, en función de la frecuencia, en escala logarítmica, e insertar la gráfica en la hoja de resultados.

$$NMRR(dB) = 20 \log \frac{V_{IN \max}}{V_{out}} = 20 \log \frac{1 V}{V_{out}}$$

6. A la vista de los resultados indicar cuál es el tiempo de integración de la señal de entrada del multímetro.

## 4.2. APLICACIÓN

Una de las ventajas de la topología del convertidor en doble rampa es su capacidad de visualizar directamente la salida de la conversión en un display, que junto con la posibilidad de ajustar la tensión de referencia, permite implementar instrumentos completos.

Obsérvese que el valor visualizado,  $N_2$ , es la relación entre la tensión de entrada y la de referencia. Ajustando adecuadamente el valor de  $V_{ref}$  podemos conseguir que la visualización sea precisamente la magnitud original del transductor, siempre y cuando sea lineal.

Se pide:

1. Determinar el valor de la tensión de referencia  $V_{ref}$  para que el convertidor AD 7106 represente en el display la temperatura a la que se encuentra el sensor LM35 para el caso de querer una resolución de  $\pm 1^\circ\text{C}$  y  $\pm 0,1^\circ\text{C}$  y anotarlas en la Hoja de Resultados.
2. Selecciona la  $V_{ref}$  que puedas implementar en esta placa y ajusta dicha tensión en la placa.
3. Conecta el sensor LM35 a + 5 V de la fuente de alimentación según se indica en la Figura 4-3.
4. Selecciona el punto decimal y las unidades para que en el display se vea la medida de temperatura tal y como se vería en un termómetro. Los jumpers que hay en la placa permiten seleccionar el punto decimal y encender/apagar los segmentos del dígito más a la derecha del display. **Avisa al profesor cuando esté configurado y funcionando correctamente.**

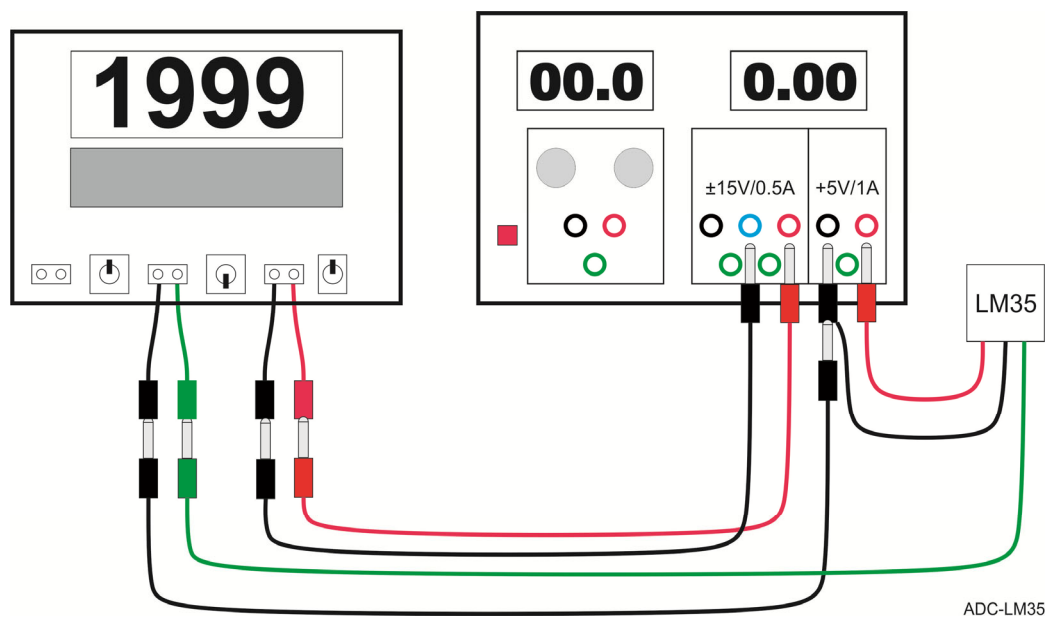


Figura 4-3. Conexión del LM35 a la placa y la fuente de alimentación

## 5. HOJA DE RESULTADOS

ALUMNO:

FECHA:

GRUPO:

PUESTO:

1- Conversión directa.

$V_{REF}$ (V)	
$N_2$ (Corto)	
$N_{2max}$ (Corto)	

$V_{dc}$ (nominal)	$V_{dc}$ (real)	$N_2$ visualizado	$N_2$ teórico
0,200 V			
0,600 V			
1,000 V			
1,400 V			
1,800 V			

2- NMRR.

FREC (Hz)	$N_2$ (V)	FREC (Hz)	$N_2$ (V)	FREC (Hz)	$N_2$ (V)
1		38		100	
2		40		120	
4		42		140	
6		44		160	
8		46		180	
10		48		200	
12		50		220	
14		52		240	
16		54		260	
18		56		280	
20		58		300	
22		60		340	
24		65		380	
26		70		420	
28		75		460	
30		80		500	
32		85		600	
34		90		700	
36		95		800	

Frecuencias, en Hz, a las que se obtiene un valor  $N_2 = 000$ .

F1	F2	F3	F4	F5	F6

Insertar la gráfica Excell (en formato jpg o png) representando el NMRR, en dB, respecto a la frecuencia, en escala logarítmica:

Tiempo de integración de la señal de entrada

$T_{INT}$ (ms)	
----------------	--

3- Aplicación. Termómetro.

$V_{ref}$ para $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$	$V_{ref}$ para $\pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$

Justificación:

ALUMNO:

FECHA:

GRUPO:

PUESTO:

ÍTEM		PUNTUACIÓN
¿Ha ajustado correctamente Vref?		
¿Valor $N_2$ (Corto) viable?		
¿Valor $N_{2\max}$ (Corto) correcto?		
¿Valores $N_2$ visualizados viables?		
¿Valores $N_2$ teóricos correctos?		
¿Tabla de valores $N_2$ viables en CMRR?		
¿Frecuencias donde se obtiene $N_2$ acordes con los valores de la tabla?		
¿Gráfica correctamente dibujada?		
¿Tiempo de integración correctamente calculado?		
¿Tensiones de referencia bien calculadas en la aplicación del termómetro?		
¿Termómetro funcionando con la presentación correcta (decimales y unidad)?		

## BIBLIOGRAFÍA.

MAXIM. Hoja de datos del fabricante. “ICL7106/ICL7107 3 ½ Digit A/D Converter”.

J.M. Grima. Apuntes de clase “Adquisición de datos r0” 2014