



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR  
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y CIRCUITOS  
LABORATORIO DE CIRCUITOS DIGITALES EC-2072

**INFORME - PRÁCTICA #5**  
**VOLTÍMETRO DC DIGITAL Y CONTROL DE MOTOR DC**  
**INTRODUCCIÓN A LAS CONVERSIONES ADC Y DAC**

**Profesor**  
Mauricio Pérez

**Estudiante**  
Giancarlo Torlone 20-10626

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
MARCO TEÓRICO	4
METODOLOGÍA	10
ANÁLISIS DE RESULTADOS	12

## INTRODUCCIÓN

Los convertidores de señal son utilizados normalmente en automatización de procesos para convertir una señal de entrada en una señal de salida de naturaleza distinta, normalmente de tipo analógica.

Un conversor de señal o ADC es un sistema que puede transformar señales de tipo analógico en otras de tipo digital. Un convertidor de señal puede transformar la señal física de un dispositivo como un sensor en un parámetro analógico. De esta interacción es precisamente de la que puede obtenerse la función del medio desde una lectura “física” de sus parámetros.

Así pues, aunque la mayoría de sensores son de tipo analógico, elementos como los microprocesadores procesan la información obtenida de ellos. Estos son elementos digitales y pueden procesar de forma binaria. Es por eso que la función de un convertidor de señal es la de convertir una señal que en su origen era analógica en otra digital.

En esta práctica se diseñará un voltímetro digital, que mida los cambios de potencial, producidos por las variaciones de posición del eje rotativo de un potenciómetro conectado a una fuente de 5V. Las lecturas serán mostradas en dos displays de 7 segmentos que representarán dos dígitos, un entero y un decimal. Por lo tanto la escala de este voltímetro estará entre 0,0V y 5,0V.

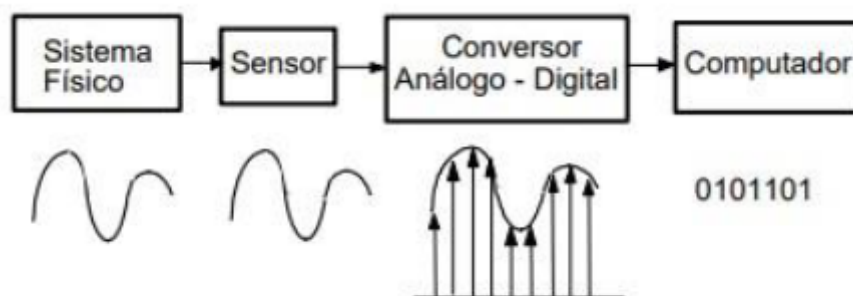
## MARCO TEÓRICO

### Conversión ADC Y DAC

- **Convertidores analógicos-digitales (ADC):** Un conversor o convertidor de señal analógica a digital (*Analog-to-Digital Converter*, ADC) es un dispositivo electrónico capaz de convertir una señal analógica, ya sea de tensión o corriente, en una señal digital mediante un cuantificador y codificándose en muchos casos en un código binario en particular. Donde un código es la representación unívoca de los elementos, en este caso, cada valor numérico binario hace corresponder a un solo valor de tensión o corriente.

En la cuantificación de la señal se produce pérdida de la información que no puede ser recuperada en el proceso inverso, es decir, en la conversión de señal digital a analógica y esto se debe a que se truncan los valores entre 2 niveles de cuantificación, mientras mayor cantidad de bits mayor resolución y por lo tanto menor información perdida.

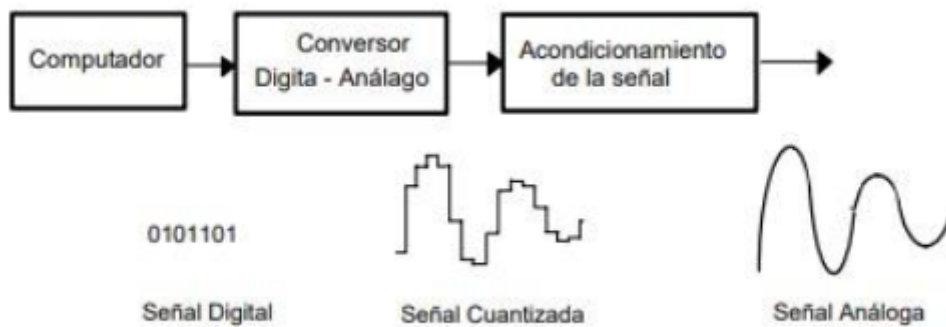
Se utiliza en equipos electrónicos como computadoras, grabadores de sonido y de vídeo, y equipos de telecomunicaciones.



**Figura 1.** Conversor ADC

- **Convertidores digitales-analógicos (DAC):** Un conversor de señal digital a analógica o conversor digital analógico, DAC (del inglés, *digital to analogue converter*) es un dispositivo para convertir señales digitales con datos binarios en señales de corriente o de tensión analógica. Hay distintos componentes que pueden intervenir en este proceso, como interruptores simples, red de resistores, fuentes

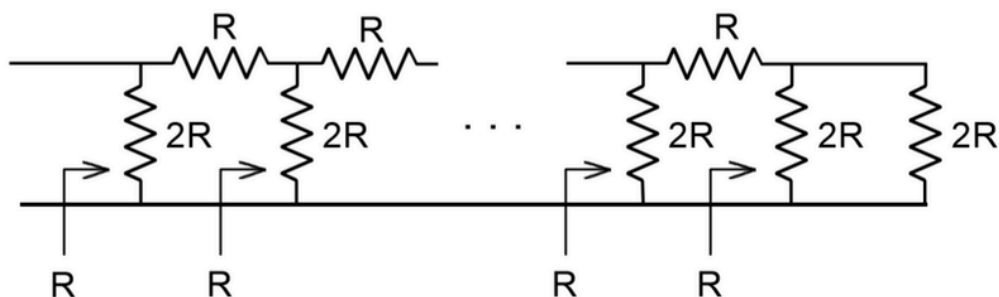
actuales o condensadores. Las señales en la naturaleza tienen las características de ser continuas en su magnitud y en el diagrama temporal. La digitalización es necesaria para el procesamiento, almacenamiento y filtrado de señales analógicas con los beneficios que las señales digitales conllevan, como mayor inmunidad al ruido, circuitos electrónicos más simples para el procesamiento y almacenamiento. Representación unívoca de los elementos, cuya cantidad de símbolos es proporcional a  $2^n$ , siendo n la cantidad de bits.



**Figura 2.** Conversor DAC

### Redes R-2R

Una red resistiva, como la indicada en la **figura 3**, tiene la particularidad de que cualquiera sea el número de secciones la resistencia vista (excepto al final) es R. Este circuito puede usarse como se muestra en la figura 6 para obtener un convertor digital analógico muy eficiente.

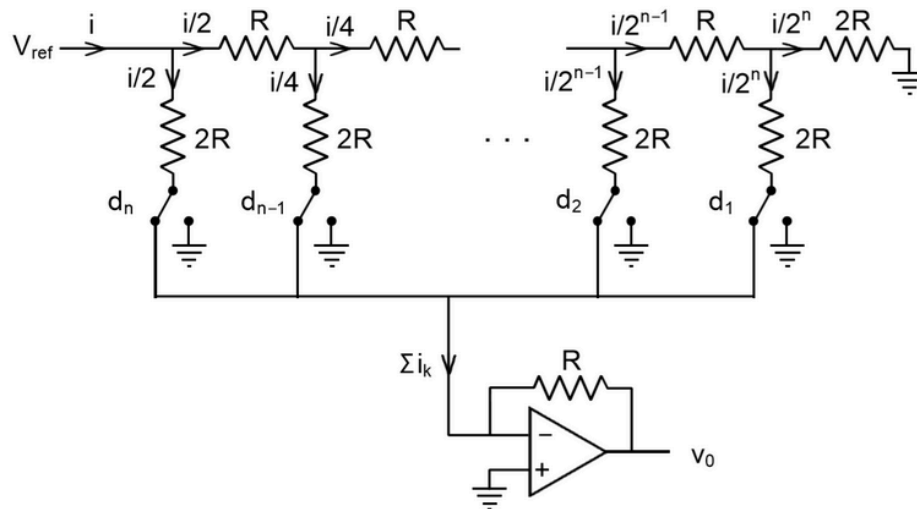


**Figura 3.** Red R-2R

Una implementación de la red R-2R en corriente es como se muestra en la **figura 4**. La masa virtual en la entrada inversora del amplificador operacional garantiza que la propiedad de la red R-2R se cumpla. Que el régimen sea igual al de la red escalera original lo garantiza el hecho de que ya sea que la llave esté en una u otra posición, el terminal de abajo de cada resistencia esta a un potencial 0 (ya sea masa real o virtual). Dado que la corriente suministrada por el potencial de referencia es  $i = V_{ref} / R$ , la forma en que se reparten dichas corrientes permite concluir que

$$V_0 = -R \sum_{k=1}^n d_k \frac{I}{2^k} = -\frac{V_{ref}}{2^n} \sum_{k=1}^n d_k 2^{k-1}$$

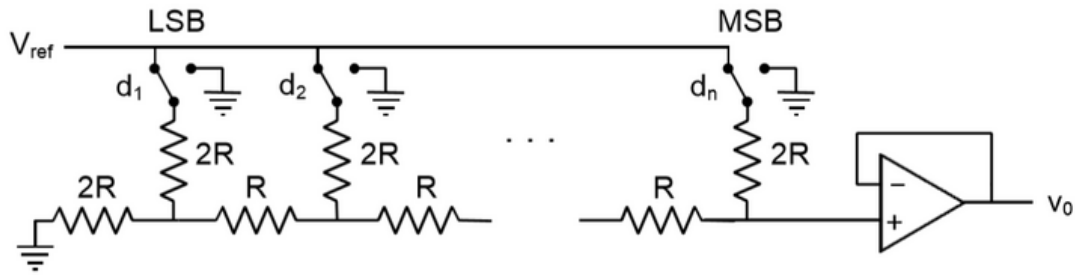
Siendo la ecuación anterior la implementación del método de las corrientes ponderadas.



**Figura 4.** Implementación R-2R en modo corriente

Es también posible implementar el conversor R-2R en modo de tensión, como se muestra en la **figura 5**. El análisis de la operación de este circuito se realiza por superposición. Obteniéndose a la salida:

$$V_0 = \sum_{k=1}^n d_k \frac{V_{ref}}{2^{n-k+1}} = \frac{V_{ref}}{2^n} \sum_{k=1}^n d_k 2^{k-1}$$



**Figura 5.** Implementación R-2R en modo tensión

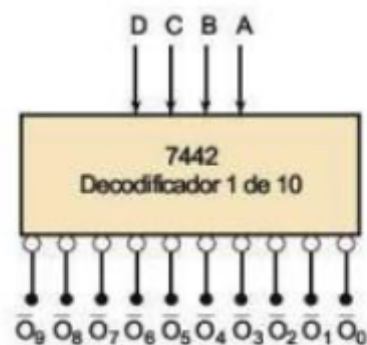
### Técnicas de conversión

- **Técnica de conversión BCD**

Consiste en codificar en binario natural cada dígito que compone el número decimal. Cada dígito decimal está representado por un número binario de 4 bits. Cualquier número binario puede convertirse en su equivalente decimal con sólo sumar todos los pesos de las diversas posiciones en el número binario que contengan 1.

$$\begin{array}{ccccccc}
 1 & 1 & 0 & 1 & 1_2 & & \\
 2^4 & + & 2^3 & + & 0 & + & 2^1 + 2^0 = 16 + 8 + 2 + 1 \\
 & & & & & & = 27_{10}
 \end{array}$$

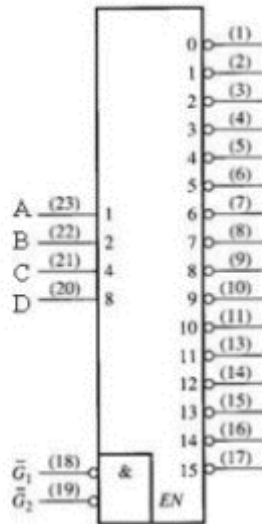
Ya existen dispositivos que realizan esta conversión, entre ellos el 7442.



**Figura 6.** IC 7442

- **Conversión BCD/7SEG**

Para este tipo de conversión se utiliza un dispositivo que cumple la función de un decodificador, es decir, ante una combinación concreta binaria de entrada (correspondiente a una combinación de algún código binario), activar una salida correspondiente al número que identifica esa combinación.



**Figura 7.** IC 74154

Un ejemplo puede ser el circuito integrado 74154. Las entradas que dispone el circuito integrado son seis, cuatro correspondientes al número a decodificar y otras dos para activar el circuito. Las salidas son 16.

- **Conversión de binario a hexadecimal**

El número binario se separa en grupos de cuatro bits, y cada grupo se convierte en su dígito hexadecimal equivalente. Se agregan ceros (los que se muestran ensombrecidos en la siguiente imagen) según sea necesario para completar un grupo de cuatro bits.

$$1110100110_2 = \underbrace{0011}_3 \underbrace{1010}_A \underbrace{0110}_6 = 3A6_{16}$$



- **Conversión de binario a ASCII**

El código ASCII es un código alfanumérico, es decir, que se utiliza para representar tanto números como otro tipo de caracteres. Inicialmente el código ASCII se componía de 128 caracteres, por lo tanto para asignar a cada carácter una combinación binaria hacen falta 7 bits. Estos caracteres se identifican con las letras del alfabeto en mayúsculas y minúsculas (26 + 26), los números (9), comandos no gráficos y otro tipo de comandos gráficos (puntuación, paréntesis...).

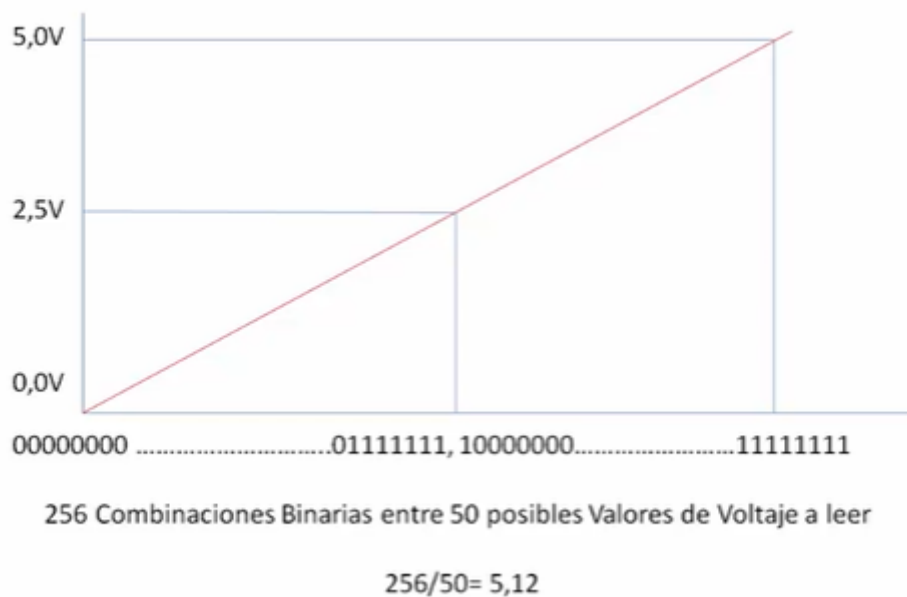
Convertir de binario a ASCII es muy sencillo ya que cada símbolo tiene una única equivalencia en el alfabeto ASCII. Sólo se debe guiar de la tabla ASCII e ir buscando el símbolo que corresponda en cada combinación de unos y ceros.

CODIFICACIÓN BINARIA ASCII									
Character	Binary Code	Character	Binary Code	Character	Binary Code	Character	Binary Code	Character	Binary Code
A	01000001	Q	01010001	g	01100111	w	01110111	-	00101101
B	01000010	R	01010010	h	01101000	x	01111000	.	00101110
C	01000011	S	01010011	i	01101001	y	01111001	/	00101111
D	01000100	T	01010100	j	01101010	z	01111010	0	00110000
E	01000101	U	01010101	k	01101011	!	00100001	1	00110001
F	01000110	V	01010110	l	01101100	"	00100010	2	00110010
G	01000111	W	01010111	m	01101101	#	00100011	3	00110011
H	01001000	X	01011000	n	01101110	\$	00100100	4	00110100
I	01001001	Y	01011001	o	01101111	%	00100101	5	00110101
J	01001010	Z	01011010	p	01110000	&	00100110	6	00110110
K	01001011	a	01100001	q	01110001	'	00100111	7	00110111
L	01001100	b	01100010	r	01110010	(	00101000	8	00111000
M	01001101	c	01100011	s	01110011	)	00101001	9	00111001
N	01001110	d	01100100	t	01110100	*	00101010	?	00111111
O	01001111	e	01100101	u	01110101	+	00101011	@	01000000
P	01010000	f	01100110	v	01110110	,	00101100	_	01011111

**Figura 8.** Tabla con codificación Binaria-ASCII

## METODOLOGÍA

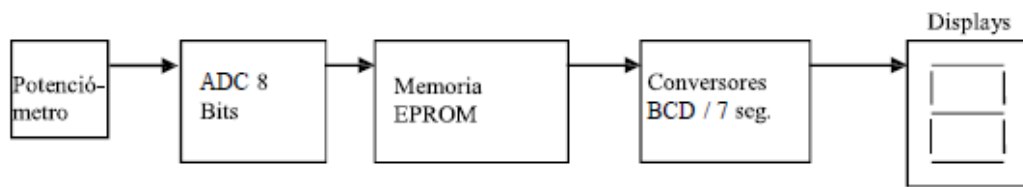
Se diseñará un voltímetro digital, que mida los cambios de potencial, producidos por las variaciones de posición del eje rotativo de un potenciómetro conectado a una fuente de 5V. Las lecturas serán mostradas en dos displays de 7 segmentos que representarán dos dígitos, un entero y un decimal. Por lo tanto la escala de este voltímetro estará entre 0,0V y 5,0V.



**Figura 9.** Combinaciones binarias para los valores de voltaje a leer (0,0 V - 5,0V)

Para realizar este montaje, se utilizará un conversor ADC para transformar la lectura de potencial en un número digital que será procesado posteriormente. De este conversor se obtendrá una palabra de 8 bits en formato Binario Natural (BN) que va desde 00h a FFh (256 valores en los cuales quedarán distribuidos los 5V medidos). Esta palabra BN, debe ser convertida en dos dígitos BCD que serán introducidos a los dos conversores BCD/7SEG, los cuales manejarán los dos displays 7 segmentos del voltímetro. Como no existe forma de hacer esta conversión BN a BCD directamente, la manera más simple de hacerlo es introducir esta palabra que está en formato BN en el bus de direcciones de una memoria EPROM, en la cual se habrá grabado previamente la tabla de datos equivalentes en BCD, que serán introducidos a los conversores BCD/7SEG. Con esto se logra la conversión deseada de la palabra BN de 8 bits producida por el conversor ADC, utilizando este número para ubicar la

posición de la memoria donde está el dato equivalente en formato BCD de los dos dígitos del voltímetro, listo para ser introducido a los conversores BCD/7SEG.



**Figura 10.** Diagrama de bloques del montaje

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

### Configuración de la memoria EPROM

Se realiza primero la configuración de la memoria EPROM, para ello, se utiliza el programa Hex editor neo.

Cada 5 espacios subirá el valor de 0.1 en 0.1 hasta llegar a los 5.1v el cual será el valor tope que pueda medir el multímetro digital que será diseñado.

Ya teniendo el archivo BIN guardado, se procede a colocar ésta configuración dentro de la memoria 2732 del simulador proteus.

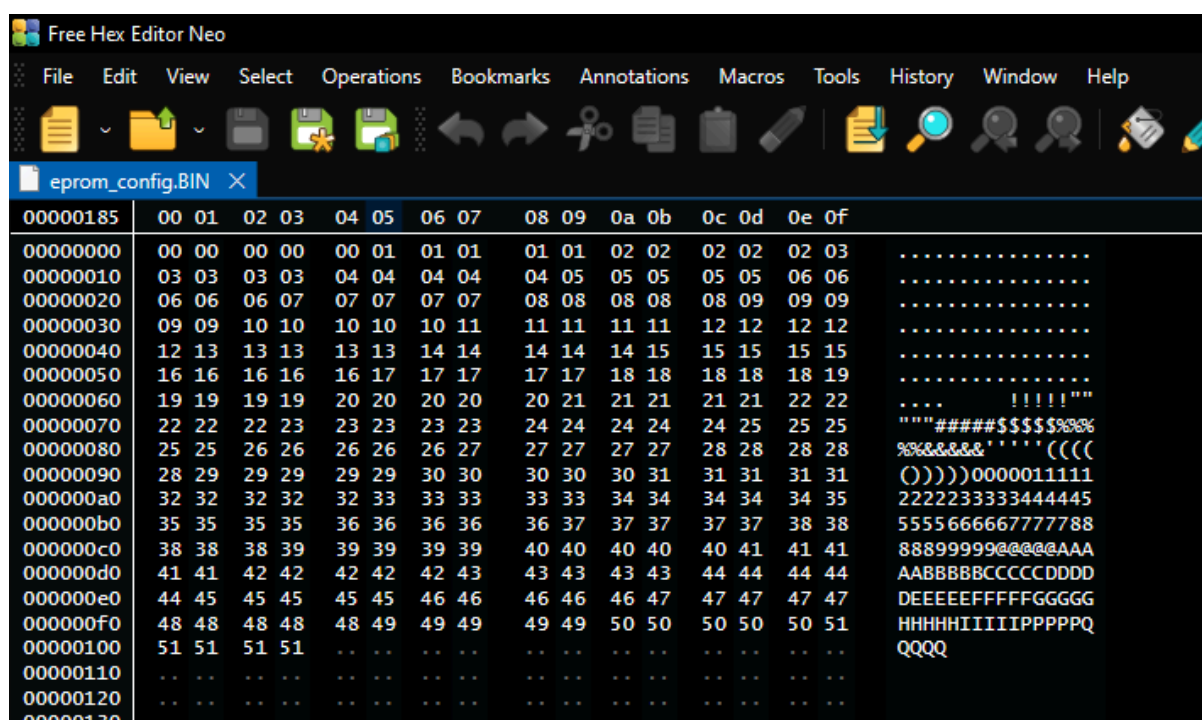
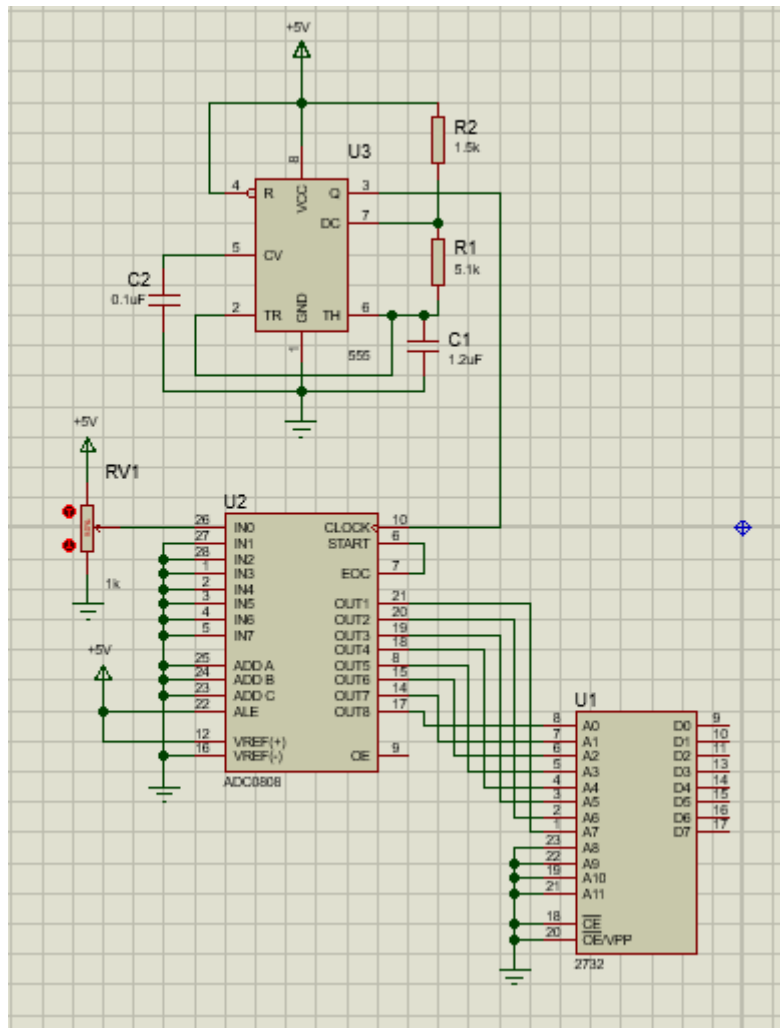


Figura 11. Configuración memoria EPROM

### Conversor ADC

Lo siguiente será montar el conversor de ADC, en este caso se utilizó un ADC0808 alimentado con +5v y su reloj será llevado con un ic 555 en configuración astable, su frecuencia será de aproximadamente 100 Hz, esto permite que el voltímetro dé una medida con mayor velocidad.

El potenciómetro será quien determine la amplitud de la señal analógica que entra por el ADC0808.



**Figura 12.** Circuito con los primeros 3 bloques (Potenci3metro, ADC, EPROM)

### Conversores BCD/7SEG y displays de 7 segmentos

S3lo quedar3a conectar los conversores BCD/7SEG, para este caso se utiliz3 el 74LS47 con un alimentaci3n de +5v. Su funci3n ser3 la de tomar los bits que lleguen para convertirlos en se3ales que se proyectar3n en los displays. Ya que se representan dos cantidades (n3mero entero y decimal) se requieren de dos displays, lo cual quiere decir, que tambi3n se necesitar3n de dos conversores BCD/7SEG 74LS47. Cada una de ella posee en su salida una resistencia de 220 ohms con la intenci3n de proteger los displays (estos tambi3n est3n alimentados a +5v). A estos conversores, se conectar3n los dos displays de 7 segmentos, los cuales ser3n de 3nodo com3n.

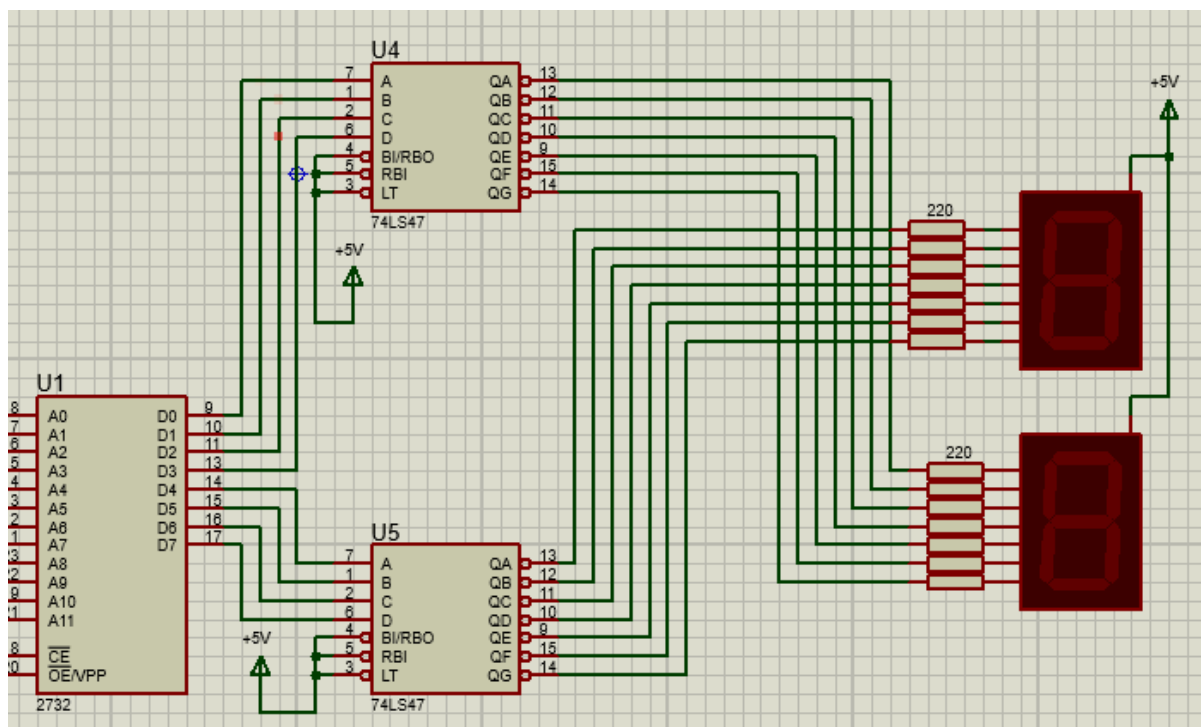


Figura 13. Circuito con últimos dos bloques (convertidores BCD/SEG y displays de 7 segmentos)

## Circuito final

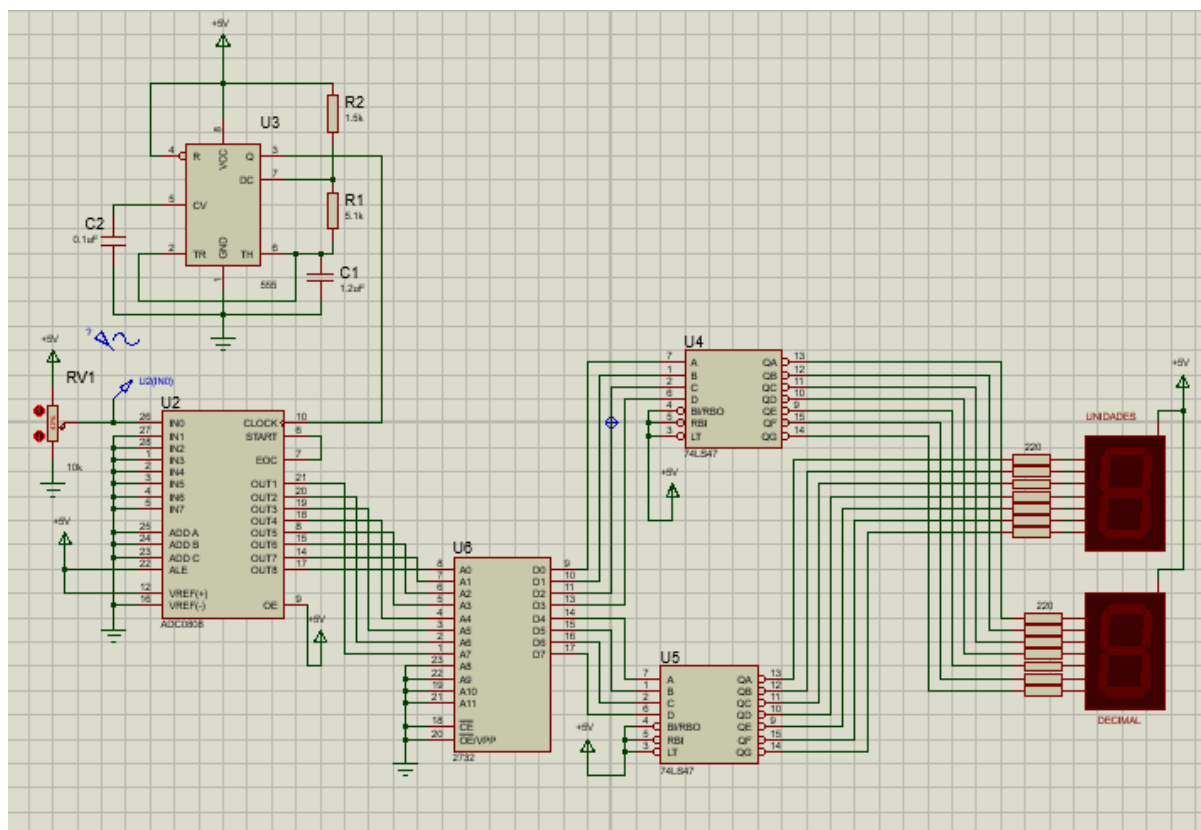


Figura 14. Circuito completo

## Pruebas

Ahora, se procede a comprobar el funcionamiento del voltímetro digital. Sólo basta con mover el potenciómetro y observar el voltaje de entrada en la punta de prueba para compararlo con la cifra arrojada en los displays.

Punta de prueba: 2,09 V

Display: 2,1 V

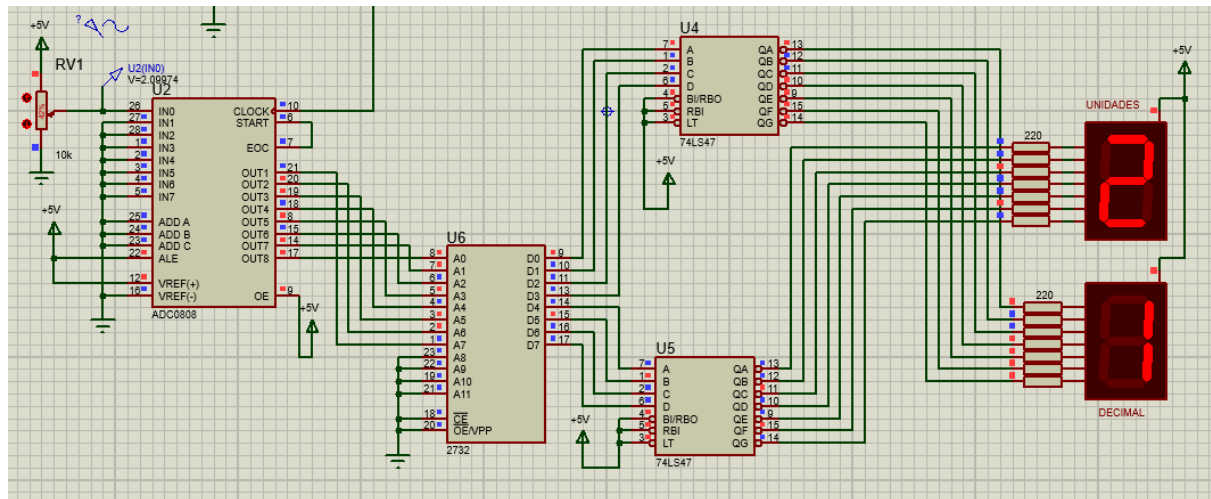


Figura 15. Prueba 1

Punta de prueba: 4,14 V

Display: 4,2 V

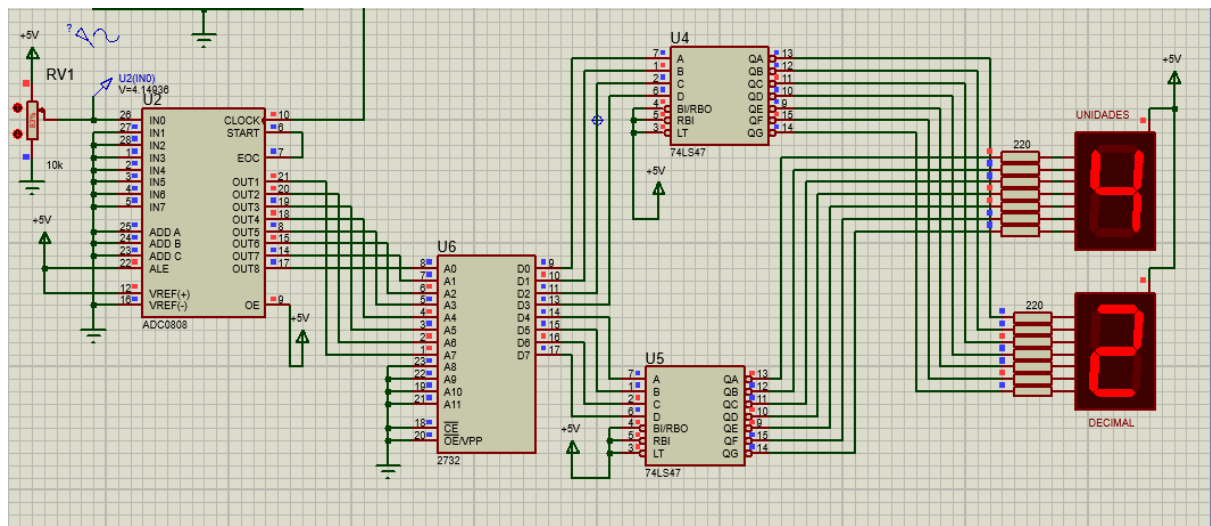


Figura 16. Prueba 2

## Control de motor DC

Finalmente, se diseña el control de un motor DC con la implementación de una red R-2R.

Dicho motor variará su velocidad conforme se varía el potenciómetro. También puede utilizarse una señal senoidal, con la cuál la velocidad del motor irá aumentando conforme la amplitud de la señal aumenta e irá disminuyendo conforme la amplitud caiga.

Se utilizará además el voltímetro diseñado previamente para medir el voltaje.

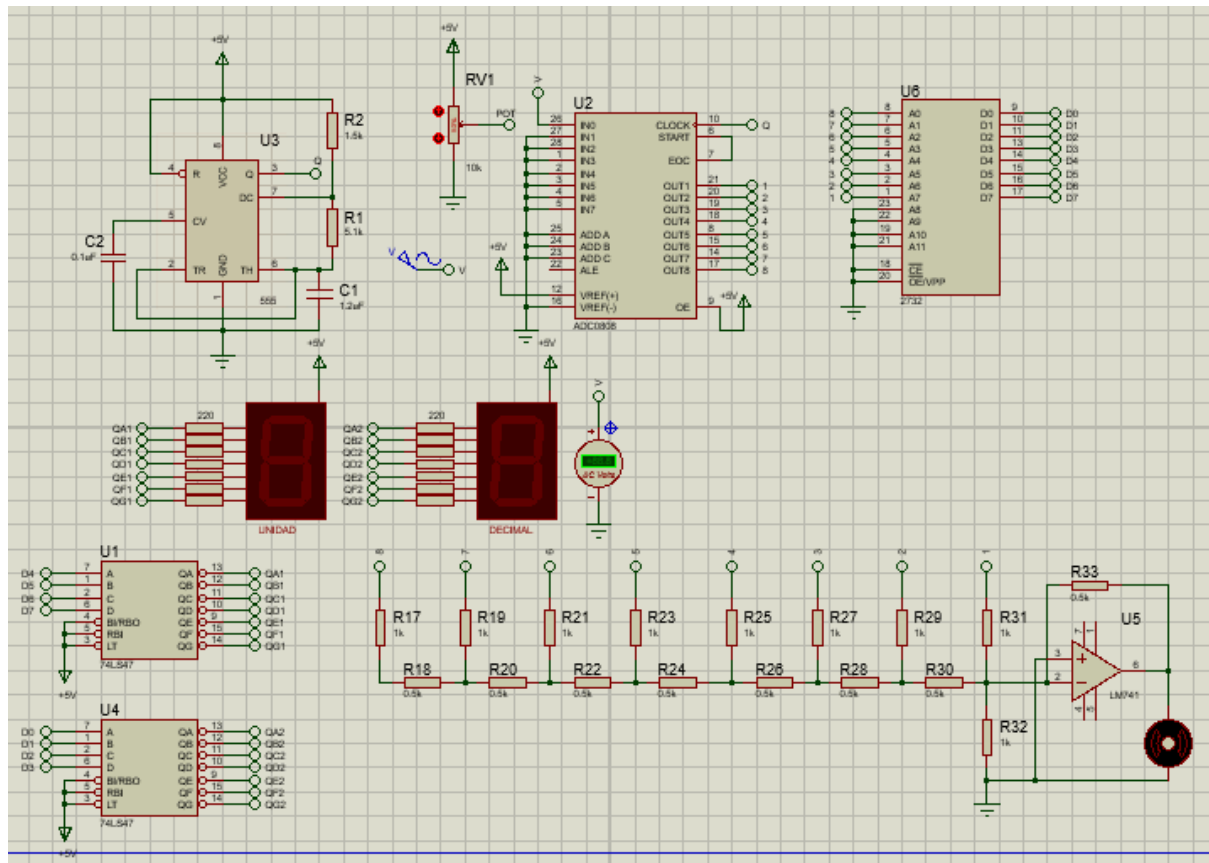


Figura 17. Circuito para control de motor DC