
Sistema Inteligente para Medir Volumen de Líquidos utilizando Sensores de Ultrasonido

Hugo Vega Huerta^{1,2}, Augusto Cortez Vásquez^{1,2}, Ronald Melgarejo Solís¹, Wilber Maquera¹, Tommy Arakaki Namisato¹

¹Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

²Universidad Ricardo Palma
Facultad de Ingeniería

hugovegahuerta@hotmail.com, acortezv@unmsm.edu.pe,
mrs_44@hotmail.com, wildersis@hotmail.com, tarakaki83@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente artículo es explicar la tecnología de vanguardia para calcular volúmenes, utilizando sensores ultrasonidos, que pueden determinar el diferencial del volumen de agua en un recipiente de tronco de cilindro, esto se logra mediante la programación de componentes electrónicos, el sensor ultrasonido está montado sobre un pequeño circuito que registra la altura del recipiente con respecto al agua, el sensor envía esta información al circuito principal que contiene un Pic, programado en Pic BASIC; el Pic maneja y trata la información que recibe de los sensores, enviándose al Chip Max, un chip especial que convertirá la información del Pic Basic en código ASCII, para que pueda trasladarse a la computadora a través del puerto serial; en la computadora, un programa codificado en visual Basic, muestra la información que ingresa a través del puerto serial, mostrando el volumen y el diferencial del volumen.

Palabras clave: Sensor ultrasonido, pic, pic basic, chip max, puerto serial, volumen, visual basic.

ABSTRACT

The purpose of this article is to explain the latest technology to calculate volumes, using ultrasonic sensors that can determine the differential volume of water in a container of truncated cylinder, this is achieved through programming of electronic components, the ultrasonic sensor is mounted on a small circuit that records the height of the container with respect to water, the sensor sends this information to the main circuit containing a Pic Pic programmed in BASIC, the Pic manages and handles the information it receives from the sensors are sent to Chip Max, a special chip that will convert the Pic Basic information in ASCII code, so you can move to the computer through the serial port on a computer by a program coded in Visual Basic, shows the information that enters through the serial port, showing the volume and the volume differential.

Key words: Ultrasonic sensor, pic, pic basic, max chip, serial port, volume, visual basic.

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo presenta la utilización de un sensor ultrasonido para calcular volúmenes y diferencial de volúmenes, utilizando tecnología de vanguardia.

Todo sensor es capaz de transformar magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas, estas magnitudes físicas o químicas pueden ser de distancia, temperatura, humedad o torsión.

Esta vez, el sensor ultrasonido de distancia se encargará de calcular la altura del sensor respecto al agua, la altura, junto con los datos del recipiente, sea radios mayor y menor, servirán para calcular mediante un programa elaborado en Visual Basic el volumen de agua contenido en el tronco de cono.

Para ello, debe existir una conexión entre el sensor y la computadora, utilizando un Pic 16F628A, programado en Pic Basic, que recoge la altura del sensor, un Chip Max 232, que transforma en código ASCII la información del Pic Basic, enviando esta información a la computadora a través del puerto serial.

En la computadora, mediante un programa elaborado en Visual Basic, donde se ha programado la fórmula del volumen de tronco de cono, se observará la altura del volumen, ingresaremos las medidas de los radios mayor y menor del recipiente, como también la distancia del sensor hacia el piso. Una vez ingresado aquellos datos del recipiente, el programa mostrará el volumen calculado; además, existe la alternativa de agregar y quitar volumen de agua, donde el programa captará el volumen inicial y final, donde con una simple resta nos mostrará el diferencial de volumen.

Hemos utilizado las siguientes tecnologías:

- Sensor ultrasonido
- PIC 16F628A
- Lenguaje de programación Basic: Entorno de programación del pic: PIC Basic
- Conector Chip Max 232
- Puerto Serial
- Lenguaje de programación Basic – Visual Basic

Lo más importante es que nosotros podemos variar el tipo de recipiente, es decir, podemos medir volúmenes de recipientes con agua, de forma rectangular, piramidal o cuadrada, podrían ser paralelepípedos, hexaedros regulares, poliedros regulares, etc.

Bastaría con modificar la codificación del cálculo de volumen del programa mostrador de volumen.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Definición de Sensor Ultrasonido

Un sensor ultrasónico calcula la distancia utilizando un transductor que emite “paquetes” de ultrasonido que guardan dentro una serie de ondas sonoras intermitentes. El paquete se emite en forma cónica, rebota en la superficie objetivo y regresa en un transductor. El tiempo requerido por el sonido para ir y volver se mide y se convierte a unidades de distancia; este tiempo se mide en milisegundos.

La medición con ultrasonido es afectada por el tipo de superficie, el ángulo que forma la onda con el sensor y la distancia del sensor hacia una superficie objetivo (en nuestro caso será el agua del recipiente). Para un cálculo óptimo de la distancia, se debe tener una superficie con agua de forma lisa, para que se refleje una mayor cantidad de señal, evitando el eco débil del sensor, lo que calcularía una distancia inexacta.

El patrón del haz que el sensor ha producido se expresa en número de grados que el haz se separa de la línea central del sensor. Aquí, claramente, nos damos cuenta que la abertura de las ondas de emisión y recepción afectan de modo significativo la altura del sensor respecto al nivel de agua, considerando un margen de error de un 3%. [WEB-07]

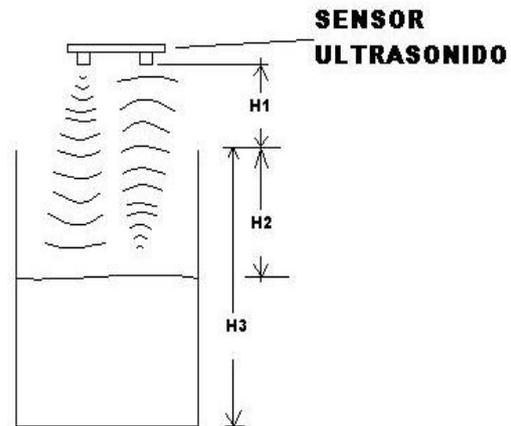


Figura N.º 1. Emisión de paquetes de ultrasonido



Figura N.º 2. Sensor ultrasonido BW 40-12P, 40-16P.

2.2. Características del Pic

Elegimos el PIC 16F628A porque es el que presenta mayor conectividad con una PC; además, este PIC presenta mucho más memoria de programa que otros PIC mundialmente conocidos, como el PIC 16F84A; además, presenta más RAM, más EEPROM, lo que permite el almacenamiento de mayor información; además, es el típico PIC utilizado para la conexión con un sensor ultrasonido.

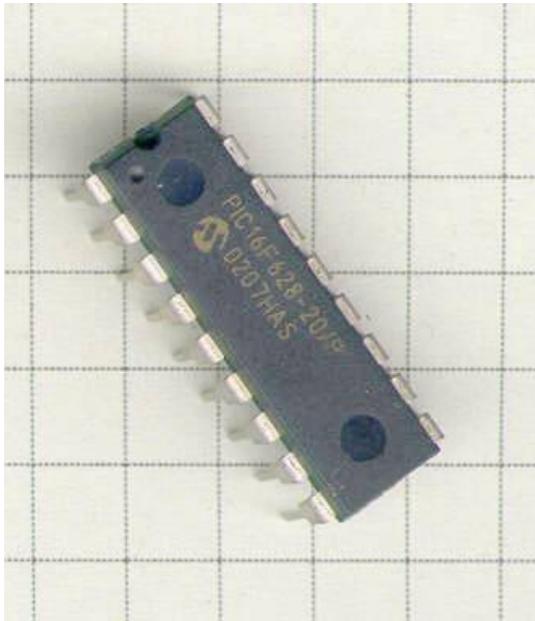


Figura N.º 3. PIC 16F628A.

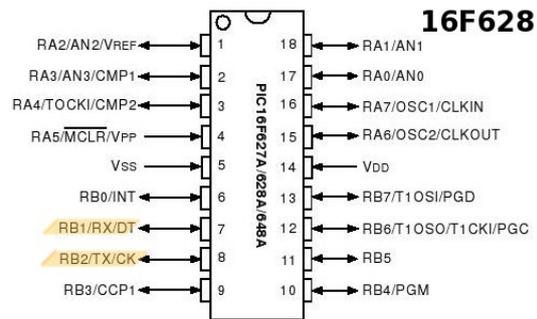


Figura N.º 4. Arquitectura interna del PIC 16F628A.

2.3. Entorno de programación: PIC BASIC

El PIC BASIC es el Entorno de programación en lenguaje, especialmente para programar cualquier PIC. El sensor ultrasonido envía el dato de la distancia respecto al nivel del agua como también envía la variación de volúmenes, para que mediante un programa elaborado en el PIC BASIC maneje la información del sensor el cual mediante un programa podrá calcular la altura del sensor en formato decimal.

Ejemplo:

Veamos un ejemplo sencillo eje1.bas

'Para Test1

'***Usar compilador PBP***

'Enciende S1 durante un segundo

'Declaracion de variables

S0 VAR PortB.0

S1 VAR PortB.1

S2 VAR PortB.2

S3 VAR PortB.3

S4 VAR PortB.4

S5 VAR PortB.5

S6 VAR PortB.6

S7 VAR PortB.7

'Define todos los bits del Puerto B como salidas

TrisB = %00000000

Inicio:

PortB=0

S1=1

Pause 1000

S1=0

End

El objetivo de este programa es que al energizar la tarjeta se encienda el bit 0 del Puerto B durante un segundo. Para luego pasar a la compilación mediante DOS y, posteriormente, grabar o quemar los datos en el PIC. [WEB-08]

2.4. Características del Conector CHIP MAX 232

Este chip permite conectar un PC con un microcontrolador. Solo se necesita este chip y 4 condensadores electrolíticos de 22 micro-faradios. En el gráfico, se muestra claramente que el PIC traspasa información al CHIPMAX 232, para que este envíe la altura calculada en formato ascii a la PC.

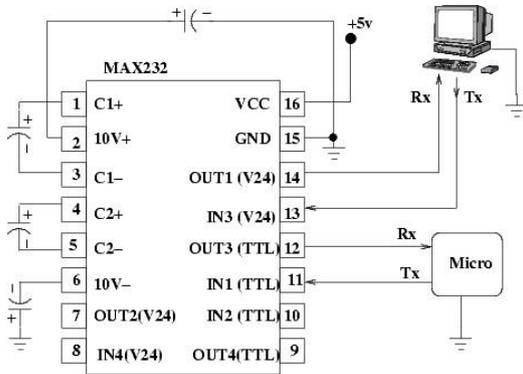


Figura N.º 5. Arquitectura Interna del Chip Max 232

2.5. Tecnología puerto serial

Utilizaremos el puerto serial como un camino en donde el CHIP MAX 232 enviara código ascii a la PC. Un puerto serial es una interfaz de comunicaciones de datos digitales, es utilizado por computadoras y periféricos, en donde la información se transmite bit a bit enviando un solo bit a la vez, en contrario con el puerto paralelo, el cual envía varios bits de manera simultánea.



Figura N.º 5. Puerto Serial.

El cable serial, para realizar la conexión entre el PC y nuestro circuito podemos usar diferentes alternativas.

Una manera es utilizar un cable serie macho-hembra no cruzado, y en el circuito un conector hembra db9 para circuito impreso:



Figura N.º 6. Cable Serial.

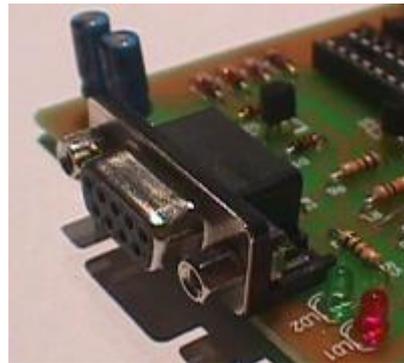


Figura N.º 7. Conexión serial en el Circuito.

Valor 6 bits	Carácter codificado										
0	000000	A	16	010000	Q	32	100000	g	48	110000	w
1	000001	B	17	010001	R	33	100001	h	49	110001	x
2	000010	C	18	010010	S	34	100010	i	50	110010	y
3	000011	D	19	010011	T	35	100011	j	51	110011	z
4	000100	E	20	010100	U	36	100100	k	52	110100	0
5	000101	F	21	010101	V	37	100101	l	53	110101	1
6	000110	G	22	010110	W	38	100110	m	54	110110	2
7	000111	H	23	010111	X	39	100111	n	55	110111	3
8	001000	I	24	011000	Y	40	101000	o	56	111000	4
9	001001	J	25	011001	Z	41	101001	p	57	111001	5
10	001010	K	26	011010	a	42	101010	q	58	111010	6
11	001011	L	27	011011	b	43	101011	r	59	111011	7
12	001100	M	28	011100	c	44	101100	s	60	111100	8
13	001101	N	29	011101	d	45	101101	t	61	111101	9
14	001110	O	30	011110	e	46	101110	u	62	111110	+
15	001111	P	31	011111	f	47	101111	v	63	111111	/
										(Relleno)	=

Tabla de codificación en Base 64

Figura N.º 8. Tabla de códigos ASCII.

2.6. Entorno de programación: VISUAL BASIC

Si programamos el PIC en lenguaje BASIC; utilizando el PIC BASIC, era lógico determinar que para la aplicación en la computadora, debíamos utilizar una herramienta del mismo lenguaje, pero con entorno gráfico adecuado y estético; por eso, elegimos el visual basic, el cual es un lenguaje de programación caracterizado por su sencillez de codificación y ahora, en estos tiempos, es abismalmente potente y evolucionado, ya que se puede utilizar para aplicaciones de cualquier índole.

3. METODOLOGÍA

3.1. Arquitectura

Aquí describimos la arquitectura del sensor medidor de volumen y de diferencial de volumen, con todas las conexiones y programaciones.



Figura N.º 9. Arquitectura del sensor calculador de volúmenes.

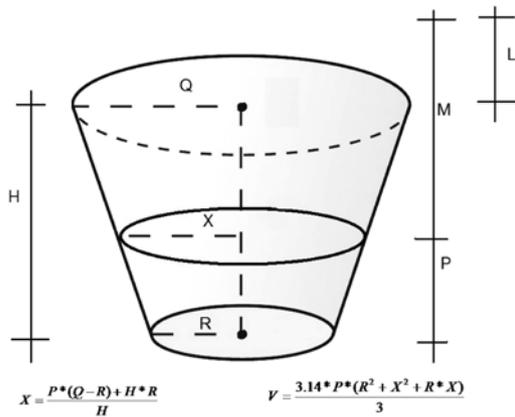


Figura N.º 10. Fórmula calculadora del volumen del tronco de cono.

3.2. Codificación en el Pic Basic

Device 16F628A

XTAL=4

ALL_DIGITAL=TRUE

Dim	NUMERO	As	DWord
Dim	TIEMPO	As	100
Dim	U	As	Byte
Dim	D	As	Byte
Dim	C	As	Byte
Dim	M	As	Byte
Dim	UM	As	Byte
Dim	DM	As	Byte
Dim	CM	As	Byte
Dim	MM	As	Byte
Dim	ECO1	As	DWord
Dim	DISTANCIA	As	DWord
Dim	VOLUMEN	As	DWord
Dim	H2	As	Word
Dim	ALTURA	As	DWord

TRISB=%00100000

'RB4:DISPARO, RB5:LETTURA DE PULSO

SPBRG=129

'9600 BAUDIOS A 20MHZ

TXSTA=%00100100

'CONFIGURACION DE LOS REGISTROS Q

RCSTA=%10010000

'MANEJAN EL USAR DEL PIC

ECO1=0

DISTANCIA=0

VOLUMEN=0

START:

'ROUTINA DE DISPARO DEL SENSOR DE ULTRASONIDO

PORTB.4=0

DelayUS 10

```

PORTB.4=1
DelayUS 20
PORTB.4=0
DelayUS 10

ATRAS:
ECO1=PulsIn PORTB.5,1
ECO1=10*ECO1
DISTANCIA=ECO1/30
DISTANCIA=DISTANCIA/10
GoSub TX
DelayMS 2000
GoTo START

TX:
HRSOut "#"
DelayMS TIEMPO
HRSOut Dec DISTANCIA
DelayMS TIEMPO
Return

3.3. Codificación Visual Basic

VERSION 5.00
Begin VB.Form btnV2
    Caption = "VOLUMEN"
    ClientHeight = 4785
    ClientLeft = 60
    ClientTop = 420
    ClientWidth = 9945
    LinkTopic = "Form1"
    ScaleHeight = 4785
    ScaleWidth = 9945
    StartupPosition = 3 'Windows Default
Begin VB.CommandButton btnV2
    Caption = "volumen 2"
    Height = 495
    Left = 7560
    TabIndex = 19
    Top = 3600
    Width = 1215
End
Begin VB.CommandButton btnV1
    Caption = "volumen1"
    Height = 495
    Left = 5880
    TabIndex = 18
    Top = 3600
    Width = 1215
End
Begin VB.Timer Timer1
    Interval = 1
    Left = 9600
    Top = 6960
End
Begin VB.TextBox Text1
    Height = 495
    Left = 7800
    TabIndex = 10
    Top = 720
    Width = 1215
End
Begin VB.TextBox TXTV1
    Height = 495
    Left = 7800
    TabIndex = 9
    Top = 1440
    Width = 1215
End
Begin VB.TextBox TXTV2
    Height = 495
    Left = 7800
    TabIndex = 8
    Top = 2160
    Width = 1215
End
Begin VB.TextBox difVolumen
    Height = 495
    Left = 7800

```

```

    TabIndex = 7
    Top = 2880
    Width = 1215
End
Begin VB.TextBox TXTL
    Height = 495
    Left = 2280
    TabIndex = 6
    Top = 3000
    Width = 1215
End
Begin VB.TextBox TXTRM
    Height = 495
    Left = 2280
    TabIndex = 5
    Top = 2040
    Width = 1215
End
Begin VB.TextBox TXTV
    Height = 495
    Left = 2280
    TabIndex = 4
    Top = 3840
    Width = 1215
End
Begin VB.TextBox TXTR
    Height = 495
    Left = 2280
    TabIndex = 2
    Top = 1320
    Width = 1215
End
Begin VB.TextBox TXTH
    Height = 495
    Left = 2280
    TabIndex = 1
    Top = 600
    Width = 1215
End
End
Begin VB.Label Label9
    Caption = "RADIO MENOR"
    Height = 495
    Left = 600
    TabIndex = 17
    Top = 1920
    Width = 1215
End
Begin VB.Label Label8
    Caption = "DISTANCIA ENTRE RE-
    CIPIENTE Y SENSOR"
    Height = 735
    Left = 720
    TabIndex = 16
    Top = 2760
    Width = 1215
End
Begin VB.Label Label7
    Caption = "VOLUMEN"
    Height = 495
    Left = 600
    TabIndex = 15
    Top = 3840
    Width = 1215
End
Begin VB.Label Label6
    Caption = "UMBRAL"
    Height = 495
    Left = 5880
    TabIndex = 14
    Top = 840
    Width = 1215
End
Begin VB.Label Label5
    Caption = "VOLUMEN INICIAL"
    Height = 495
    Left = 5880

```

```

    TabIndex    =    13
    Top        =    1440
    Width      =    1215
End
Begin VB.Label Label4
    Caption     =    "VOLUMEN FINAL"
    Height     =    495
    Left       =    5880
    TabIndex   =    12
    Top        =    2040
    Width      =    1215
End
Begin VB.Label Label3
    Caption     =    "VARIACION"
    Height     =    495
    Left       =    5760
    TabIndex   =    11
    Top        =    2880
    Width      =    1215
End
Begin VB.Label Label2
    Caption     =    "RADIO MAYOR"
    Height     =    495
    Left       =    600
    TabIndex   =    3
    Top        =    1320
    Width      =    1215
End
Begin VB.Label Label1
    Caption     =    "ALTURA DE RECIPIEN-
    TE"
    Height     =    495
    Left       =    600
    TabIndex   =    0
    Top        =    600
    Width      =    1095
End
Attribute VB_Name = "btnV2"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
Private Sub btnV1_Click()
    aux1 = TXTV.Text
    TXTV1.Text = aux1
End Sub
Private Sub btnV2_Click()
    aux2 = TXTV.Text
    TXTV2.Text = aux2
    difVolumen.Text = Val(aux2) - Val(TXTV1.Text)
End Sub
Private Sub Timer1_Timer()
    Dim sEvento As String, sError As String
    Dim x As Double
    Dim m As Integer
    Dim H As Integer
    Dim L As Integer
    Dim p As Integer
    Dim r As Integer
    r = Val(TXTRM.Text)
    H = Val(TXTH.Text)
    L = Val(TXTL.Text)
    m = Val(Text1.Text)
    q = Val(TXTR.Text)
    p = H + L - m
    If H = 0 Then
        H = 1
    End If
    x = (p * (q - r) + r * H) / H
    TXTV = 3.14 * p / 3 * (r ^ 2 + x ^ 2 + r * x)

```

```
'aux1 = TXTV.Text
'aux2 = TXTV.Text

'difVolumen.Text = aux1 - aux2
' Dim vector(3) As Double
' vector(1) = aux1
' vector(2) = aux2
' vector(3) = vector(2) - vector(1)
'difVolumen.Text = vector(3)
```

End Sub

4. CONCLUSIONES

Con el resultado de este trabajo, podemos concluir que se puede mezclar 3 disciplinas de las ciencias e ingeniería: Ciencias Físicas, Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Electrónica.

Con el presente medidor de volúmenes y diferenciales de volúmenes de sólidos de volumen de calculable, podemos solucionar el problema de calcular exactamente el volumen retirado de agua, el volumen agregado, el volumen inicial y el volumen final en el recipiente.

La debilidad que presenta el medidor es que necesitaríamos de sensores de más alta potencia y calidad, para que muestre cálculos más exactos y firmes, puesto que estamos trabajándolo con un margen de error del 3%.

La debilidad mencionada viene siendo tratada, puesto que estamos investigando sobre tecnologías de sensores ultrasonido, con margen de error 0%, para que en un posterior estudio se logre optimizar los cálculos.

5. REFERENCIAS

INTERNET

[WEB-01] Ciencia Ficción. Pruebas de Laboratorio con PIC 16F628A.

http://axxon.com.ar/rob/Prueba_PIC628-RS232.htm

[WEB-02] MICROCHIP. Especificaciones del Chip 16F628A.

<http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en010210>

[WEB-03] Wikipedia. Definición de Sensor.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>

[WEB-04] Especificaciones técnicas del CHIP MAX 232.

<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/max232.pdf>

[WEB-05] Manual de programación del PIC BASIC.

<http://www.todopic.com.ar/proyectos/>

[WEB-06] Juan Gonzales Gomes. (2004). Comunicaciones serie (HW).

<http://www.iearobotics.com/proyectos/cuadernos/ct1/ct1.html>

[WEB-07] ¿Cómo funciona un sensor de nivel y distancia ultrasónico?

<http://www.metroinstruments.com/descargas/descarga.php?id=28>

[WEB-08] Gonzales Bonilla, Wilfrido. Ingeniería Electrónica y Proyectos PIC micro. Manual PIC BASIC PRO.

<http://www.electronicaestudio.com/docs/09basic.pdf>