

Autor: Pedro I. López  
Contacto: dreilopz@gmail.com | www.dreilopz.me  
Licencia: Creative Commons Attribution 3.0 Unported (CC BY 3.0  
<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>)  
Fecha: Febrero 2012.

En ninguna circunstancia el autor se hace responsable de cualquier daño a cualquier persona o hardware causado por realizar lo descrito en este documento.

## Práctica 9

# Salidas analógicas de sistemas DAQ

## Objetivo

Que el estudiante conozca el funcionamiento, obtenga una metodología y la aplique para poder hacer uso de las salidas analógicas de un sistema DAQ.

## Desarrollo

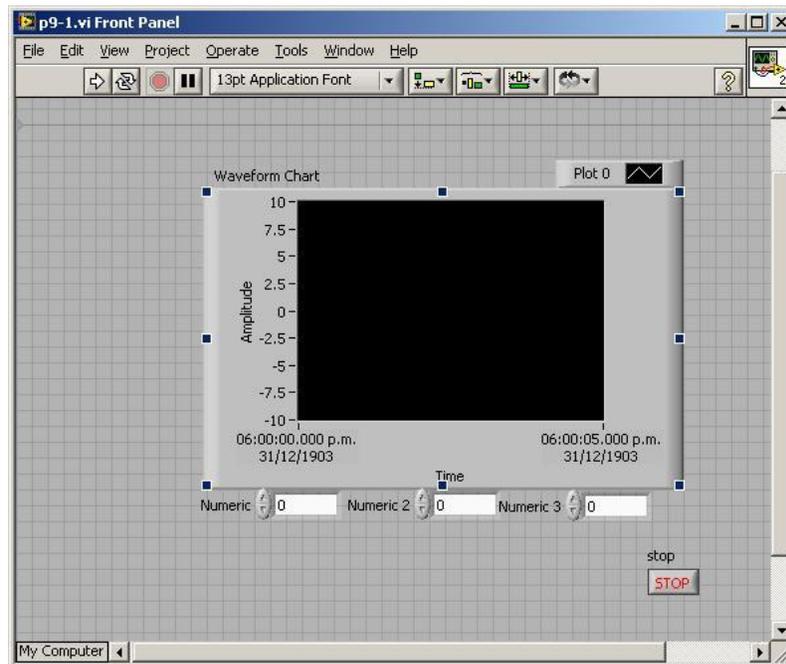
### Sección 1 – Generación de señales por medio de la DAQ de la NI ELVIS

En esta sección se realizara un generador de funciones con la DAQ interna de la NI ELVIS, el cual tendrá las funciones básicas de un generador, tales como selección de amplitud, frecuencia, tipo de onda etc.

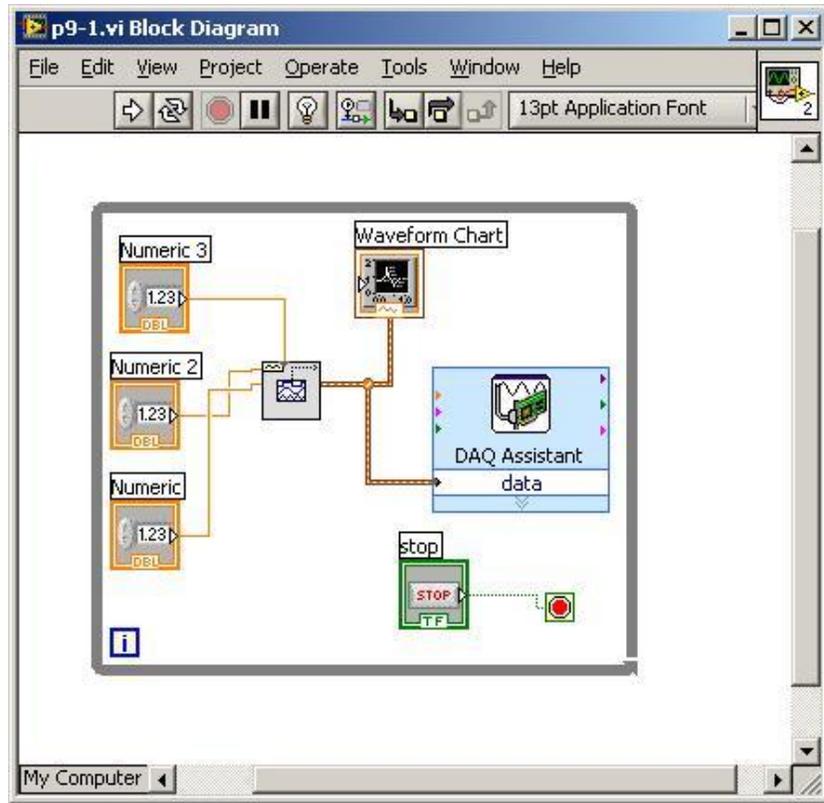
Materiales:

- NI ELVIS.
- LabView.
- Alambre.

Con LabView se codificó el programa, y las imágenes de tal proceso se incluyen a continuación.



*f9- 1. Imagen de proceso de codificación*

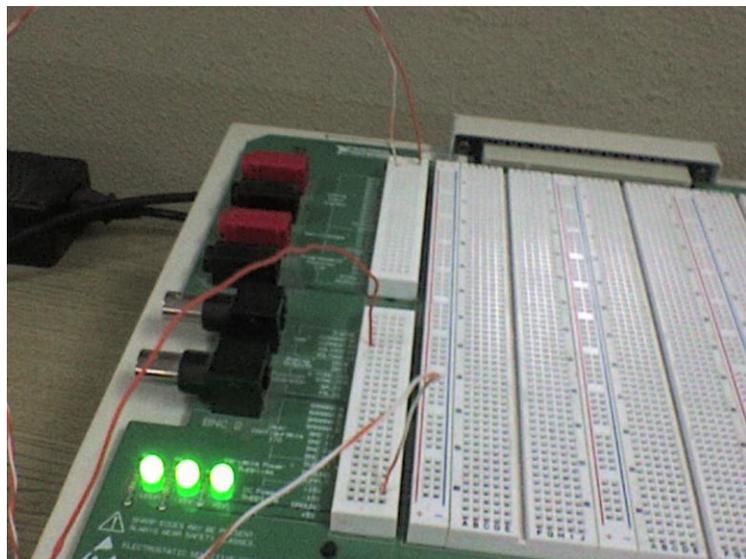


f9- 2. Captura de programa codificado

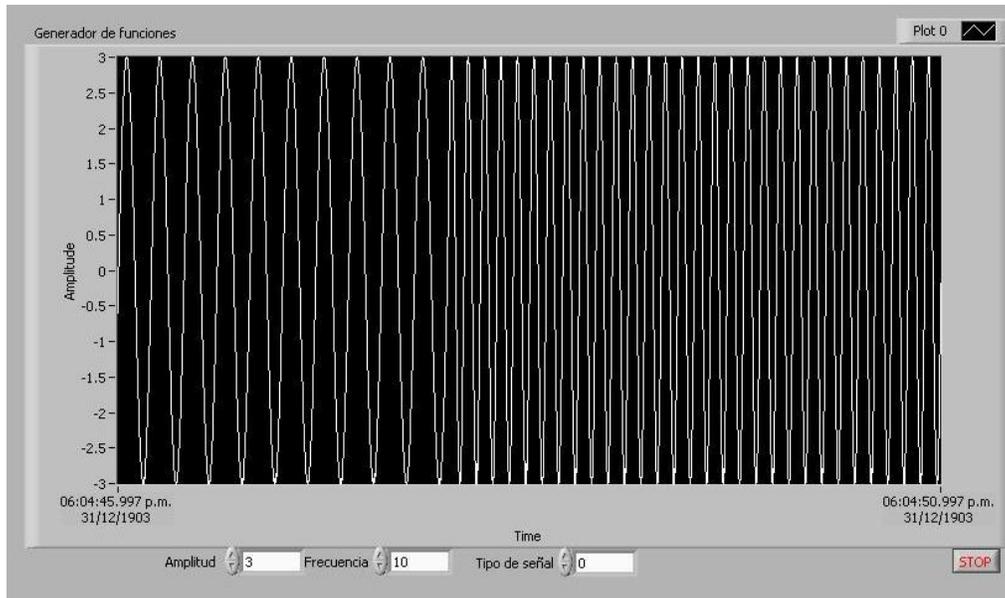
Durante la codificación se realizaron todas las configuraciones pertinentes para el correcto funcionamiento del sistema. Físicamente, las conexiones se realizaron de la siguiente manera:



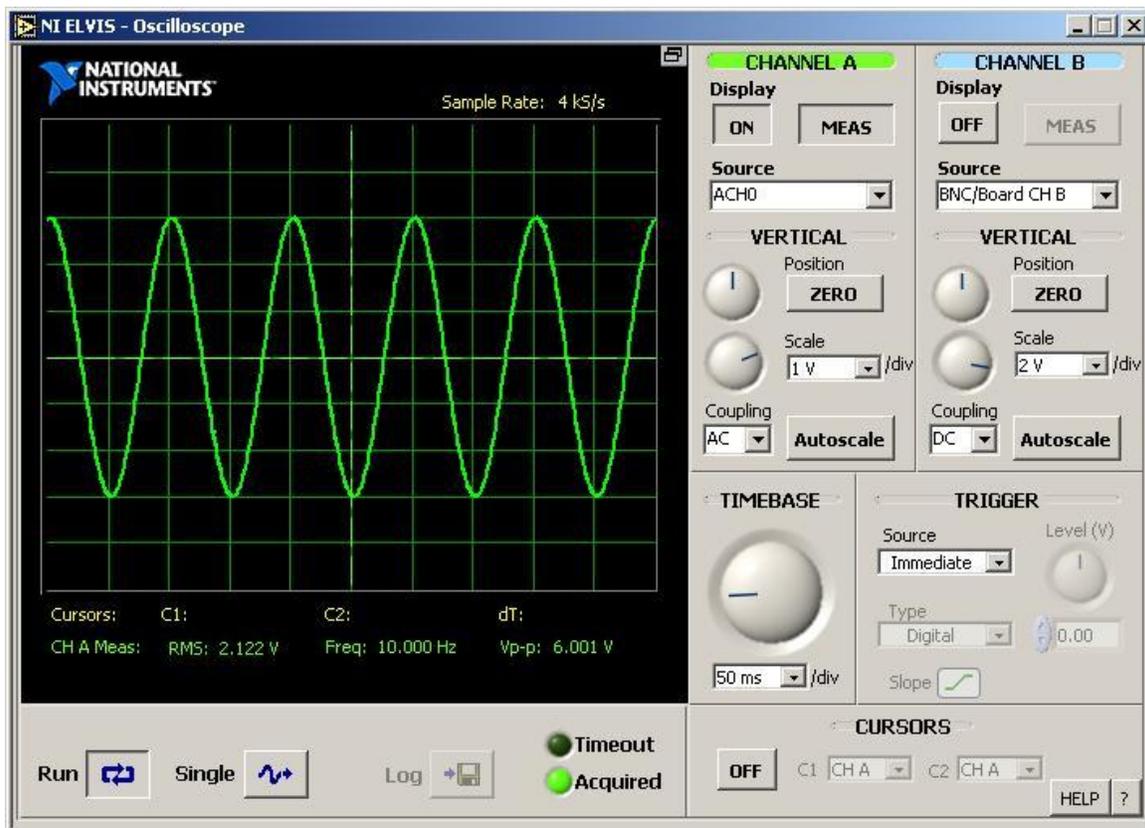
El propósito del programa es generar ondas con LabView, y para comprobar que tales ondas son aceptables en frecuencia y amplitud (y tipo) de acuerdo a los parámetros de entrada del panel frontal, las ondas generadas son registradas también con el osciloscopio virtual de la NI ELVIS. Las imágenes de la ejecución del programa se incluyen en esta sección también.



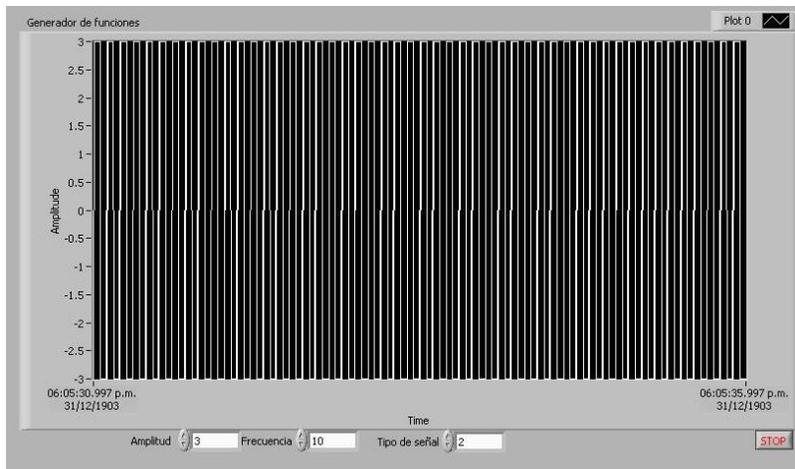
f9- 3. Fotografía de implementación (cableado)



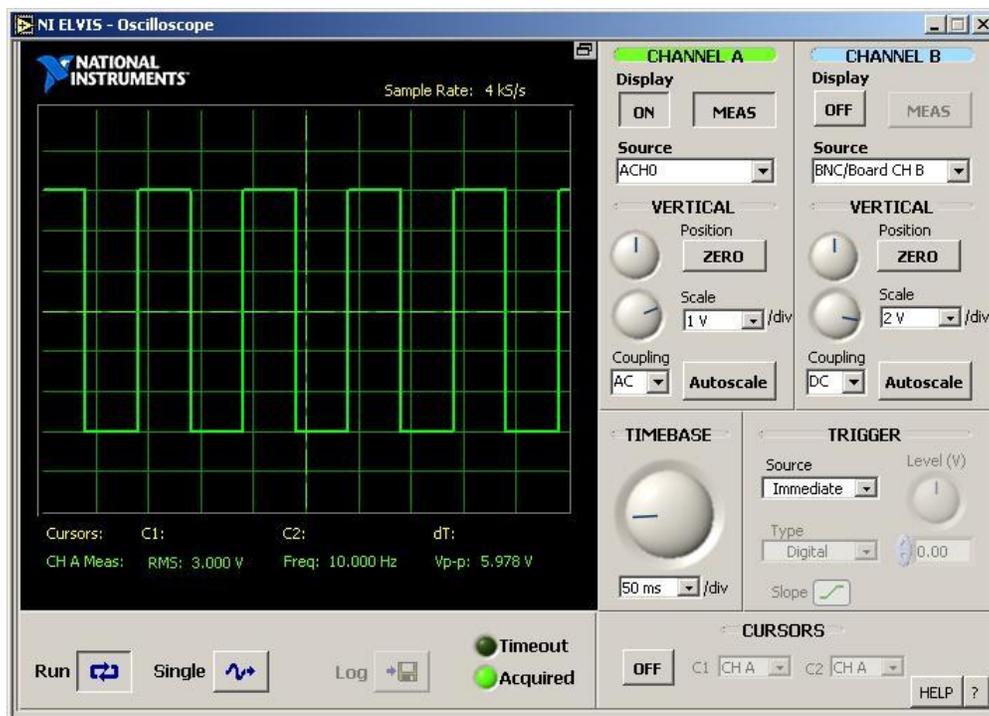
*f9- 4. Panel frontal del instrumento virtual en ejecución*



*f9- 5. Captura de osciloscopio de señal generada*



f9- 6. Imagen de instrumento virtual en ejecución (onda cuadrada)



f9- 7. Captura de osciloscopio con señal cuadrada generada

Observaciones:

Al cambiar la señal en la simulación del LabView, el osciloscopio tarda alrededor de 10.5-10.7 segundos en desplegar el cambio (cambios de amplitud, frecuencia o tipo de onda). Ya que el osciloscopio virtual de la NI ELVIS tiene respuesta rápida, lo que debe estar pasando es que la señal saliente de DAC0 tiene un retardo, y ocasiona la demora de la salida de la señal a como la estamos especificando.

Además, pude identificar un muy pequeño error en las amplitudes de la señal generada (las frecuencias son muy exactas), los valores están registrados en t9-1.

Comando instrumento virtual	Osciloscopio	Error
Amplitud p-p (V)	Amplitud p-p (V)	%
6	5,979	0.35
4	3,986	0.35
8	7,971	0.3625

t9- 1. Tabla con valores para determinar error de amplitud.

El error promedio es 0.354 %.

## Sección 2 - Implementación de una salida analógica por medio de un microprocesador

En esta sección se realizara un ejercicio muy útil, el cual es generar una onda senoidal con el PIC 16F84, los pasos a seguir permitirán que el estudiante comprenda el proceso interno de una salida analógica.

Material:

- Modulo PIC 16F84.
- PIC 16F84.
- DAQ5.
- NI ELVIS.
- Alambre.

Se utilizarán las tarjetas del módulo PIC y la tarjeta del convertor D/A. Básicamente, generaremos una secuencia digital con resolución de 8 bits (un puerto completo del microcontrolador) consistente con el tipo de onda que queremos lograr, secuencia que será enviada directamente al convertidor D/A, para recoger en su salida analógica los diferentes valores respecto al tiempo, para visualizarlos en el osciloscopio de la NI ELVIS y comprobar que la onda generada es la misma a la que queremos realizar. Un análisis similar al presentado en la página 129 fue realizado para planear la programación del PIC en este ejercicio y los posteriores. A continuación se muestra el código utilizado.

```
'Programa de módulo PIC para práctica 9 de laboratorio de
'adquisición de datos

'La finalidad de este programa es comprender el funcionamiento
'interno de una salida analógica

'=====
'==== CHIP SETUP
'=====
#chip 16F84A, 4
#config _CP_OFF & _PWRTE_ON & _WDT_OFF & _HS_OSC
#define time 40

dim i as byte           'indice de valores para la onda
dim cic as byte         'variable para el ciclo de repeticiones
dim seno(32)           'define un arreglo para los puntos de la onda

'=====
'==== in/out
'=====
dir PORTB out

'=====
'==== puntos de la onda
```

```
'=====
seno(0)= 127
seno(1)= 141
seno(2)= 154
seno(3)= 167
seno(4)= 180
seno(5)= 191
seno(6)= 202
seno(7)= 212
seno(8)= 222
seno(9)= 230
seno(10)=238
seno(11)=243
seno(12)=249
seno(13)=252
seno(14)=253
seno(15)=255
seno(16)=125
seno(17)=111
seno(18)=98
seno(19)=85
seno(20)=72
seno(21)=63
seno(22)=52
seno(23)=42
seno(24)=32
seno(25)=24
seno(26)=17
seno(27)=6
seno(28)=3
seno(29)=2
seno(30)=0
wait 2 s

'=====
'==== MAIN PROGRAM LOOP
'=====
Main:
  cic=0
  i=0

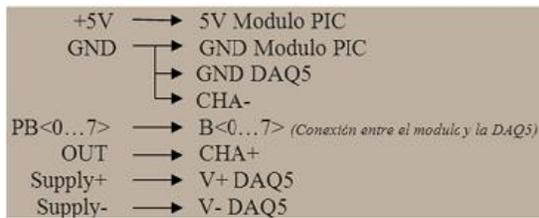
  'se escribe en PORTB el primer cuarto del ciclo de la onda
  for cic=0 to 15
    PORTB=seno(i)
    wait time us
    i=i+1
  next

  cic=0
  'se escribe en PORTB el segundo cuarto de la onda
  for cic=0 to 15
    i=i-1
    PORTB=seno(i)
    wait time us
  next

  cic=0
  i=16
  'se escribe en PORTB el tercer cuarto de la onda
  for cic=0 to 14
    PORTB=seno(i)
    wait time us
    i=i+1
  next

  cic=0
  'se escribe en el puerto B el ultimo cuarto de la onda
  for cic=0 to 14
    i=i-1
    PORTB=seno(i)
    wait time us
  next

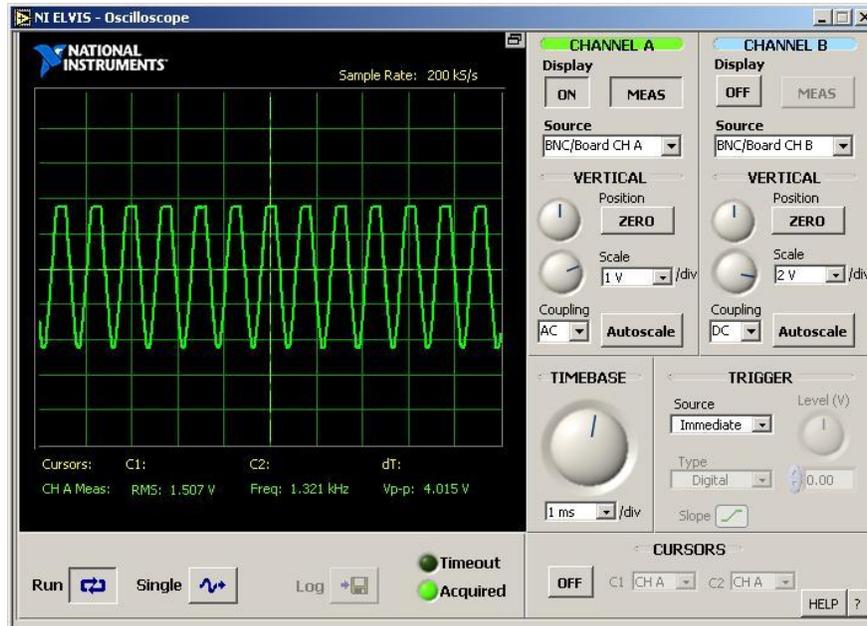
Goto Main
```



f9- 8. Conexiones

Nótese que la elección de los puntos para la secuencia digital en este tipo de onda es más complicada que las que se verán posteriormente. Después de programar el PIC, se realizaron las conexiones como indica f9-8.

Se inicia la NI ELVIS y corremos el osciloscopio virtual y la fuente variable de voltaje, ajustemos los valores a +5 V y -5 V, energizamos el protoboard, y observemos la señal resultante.



f9- 9. Imagen de onda senoidal generada

Observaciones:

Evidentemente, la señal no es una onda senoidal perfecta, pero se puede apreciar en el osciloscopio que su forma y contorno son aceptables, comprobando el correcto funcionamiento del programa del PIC. Nótese que la amplitud pico a pico es 4.015 V. y la frecuencia es 1.321 kHz, lo cual está directamente relacionada con la programación de la secuencia digital enviada por el PIC (tiempos de retardo y en mayor medida, los datos digitales). Cambié los valores simétricos de la fuente variable a  $\pm 8$  V, y el resultado fue el mostrado en f9-12.

Observaciones:

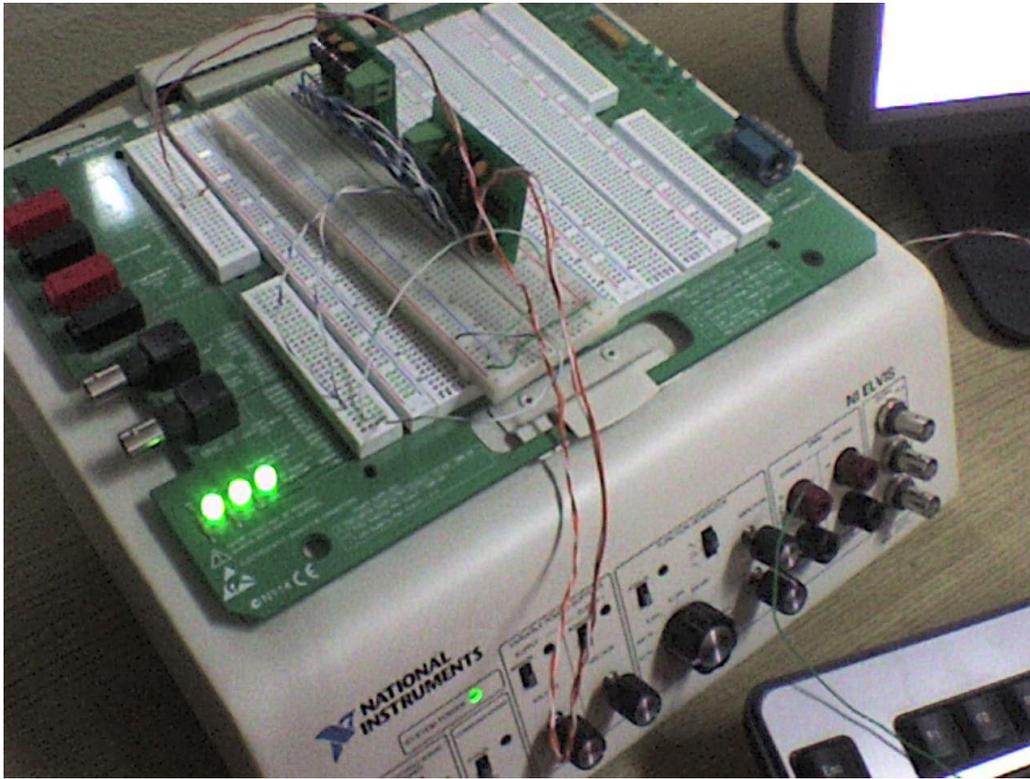
La frecuencia es la misma que en el experimento anterior (1.321 kHz), pero la amplitud pico a pico cambió a 5.267 V. La forma de la señal no cambió mucho. Ver siguiente pág. para fotografías.

## Reporte

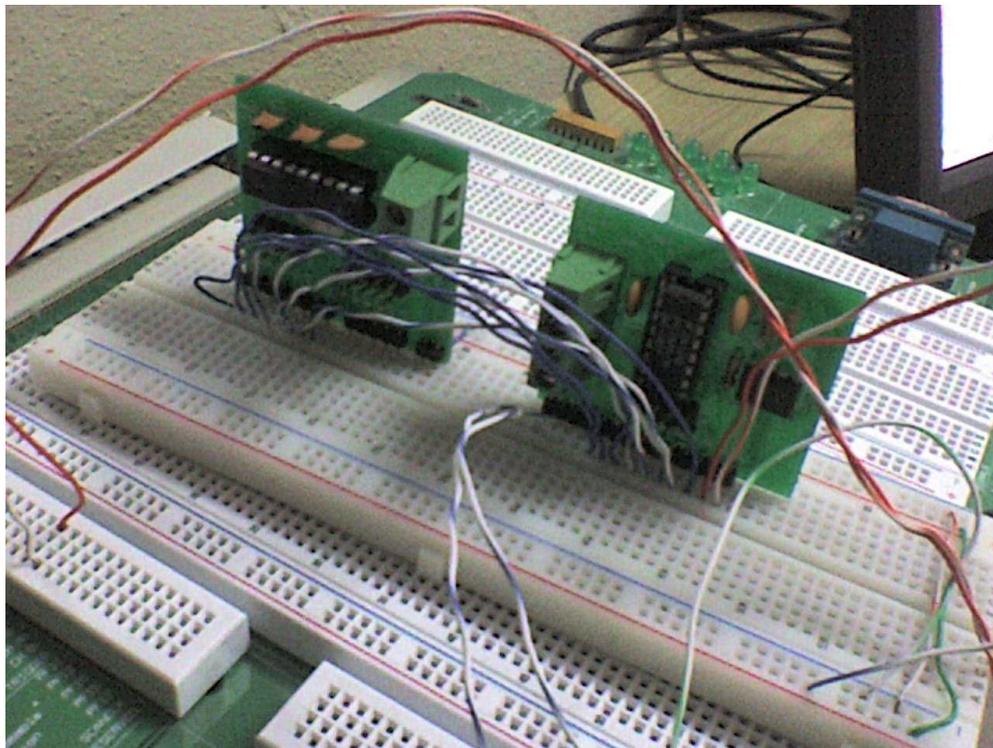
### Sección 1 – Generación de señales por medio de la DAQ de la NI ELVIS

Agregue imágenes de la codificación y el panel de control final de su instrumento, así como diagrama de bloques y de flujo del programa.

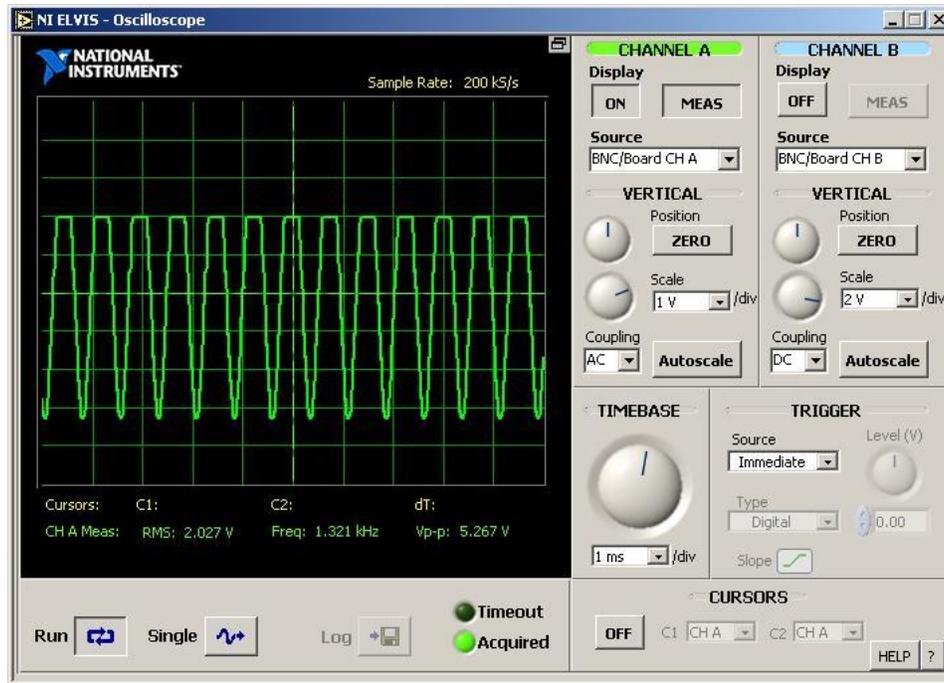
(Ver sección Desarrollo, f9-13 y f9-14)



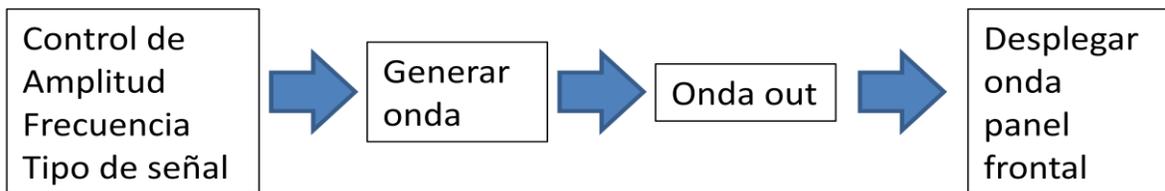
*f9- 10. Fotografía de implementación*



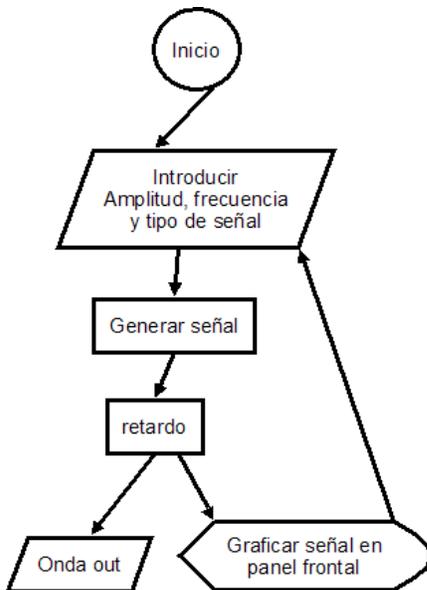
*f9- 11. Fotografía de implementación*



f9- 12. Imagen de onda senoidal generada (2)



f9- 13. Diagrama de bloques de programa sección 2



f9- 14. Diagrama de flujo de programa sección 2

*Que errores encontró entre la onda simulada y la generada.  
(Ver observaciones en sección Desarrollo).*

*Como califica el tiempo de respuesta del instrumento.  
Lento, como se menciona en la sección Reporte, la señal real de salida tienen un retardo de actualización de alrededor de 10.5-10.7 segundos.*

*Que método de generación se utilizo.  
Generación de una serie de valores.*

*En que consiste el método utilizado  
Consiste en que el sistema se configure al principio de la ejecución de la tarea para independizar la frecuencia de variación de las salidas de la velocidad de respuesta del software. Se selecciona la salida física del sistema DAQ, el*

canal o canales, el tamaño del buffer en memoria para guardar los valores, un retardo, para posteriormente iniciar la generación de la señal analógica. A partir de aquí el software automatiza la generación de la onda y frecuentemente revisa las entradas del programa (como por ejemplo los controles de amplitud, frecuencia y tipo de onda en nuestro programa ejemplo). Al terminar, el programa deja de utilizar los recursos ocupados para dejarlos disponibles de nuevo.

## Sección 2 - Implementación de una salida analógica por medio de un microprocesador

*Agregue una imagen de la onda generada.  
Ver f9-9 y f9-12.*

*Que errores encontró en la onda generada.*

Los picos positivos de la señal están algo planos y las pendientes positivas y negativas son muy iguales (el cambio de mayor a menor pico es muy lineal). No hay que olvidar que este experimento produce ondas solamente en el dominio positivo (de 0 al límite positivo impuesto por la fuente de voltaje).

*A que se deben*

A que solamente ubicamos 30 puntos de la onda en el PIC:

*Como los solucionaría.*

Como ya fue mencionado, el comportamiento de la onda está directamente relacionado con la programación de la secuencia digital en el puerto de salida del microcontrolador. Recordemos que la onda fue generada ubicando puntos de la onda antes de enviarlos al puerto, y solo se utilizaron 30. Si en el programa se hubieran calculado más puntos de la onda, tal señal sería más parecida a una verdadera onda senoidal (de hecho la calidad no aumentaría mucho debido a las limitaciones de RAM del PIC).

*Cual es la frecuencia de la onda generada.*

1.3 kHz aproximadamente.

*Que parámetros debe modificar en la programación para cambiar la frecuencia aproximada de 100 Hz.*

El valor de retardo después de cargar el byte al puerto de salida en la programación del PIC debe ser modificado para que la rutina principal se ejecute cada 10 ms. Para una ejecución correcta se recomienda una simulación rápida en MPLAB.

*Ejercicio:*

*Realizar un generador de ondas tipo sierra y triangular, con una amplitud de 5V pico a pico y una frecuencia aproximada de 100 Hz. Incluir diagrama de bloques, de flujo, la programación utilizada e imágenes de las ondas generadas.*

Se hicieron dos programas más para PIC y se muestran a continuación.

```
'para onda triangular
'Programa de módulo PIC para práctica 9 de laboratorio de
'adquisición de datos

'La finalidad de este programa es comprender el funcionamiento
'interno de una salida analógica

'=====
'==== CHIP SETUP
'=====
#chip 16F84A, 4
#config _CP_OFF & _PWRTE_ON & _WDT_OFF & _HS_OSC
#define time 35

dim i as byte          'indice para fors

'=====
'==== in/out
'=====
dir PORTB out

'=====
'==== MAIN PROGRAM LOOP
'=====
Main:
  PORTB=66
  'wait time us

  for i=1 to 123
    PORTB=PORTB+1
    wait time us
  next

  PORTB=190
  'wait time us

  for i=1 to 123
    PORTB=PORTB-1
    wait time us
  next
Goto Main
```

```
'para onda sierra
'Programa de módulo PIC para práctica 9 de laboratorio de
'adquisición de datos

'La finalidad de este programa es comprender el funcionamiento
'interno de una salida analógica

'=====
'==== CHIP SETUP
'=====
#chip 16F84A, 4
#config _CP_OFF & _PWRTE_ON & _WDT_OFF & _HS_OSC
#define time 74

dim i as byte          'indice para fors

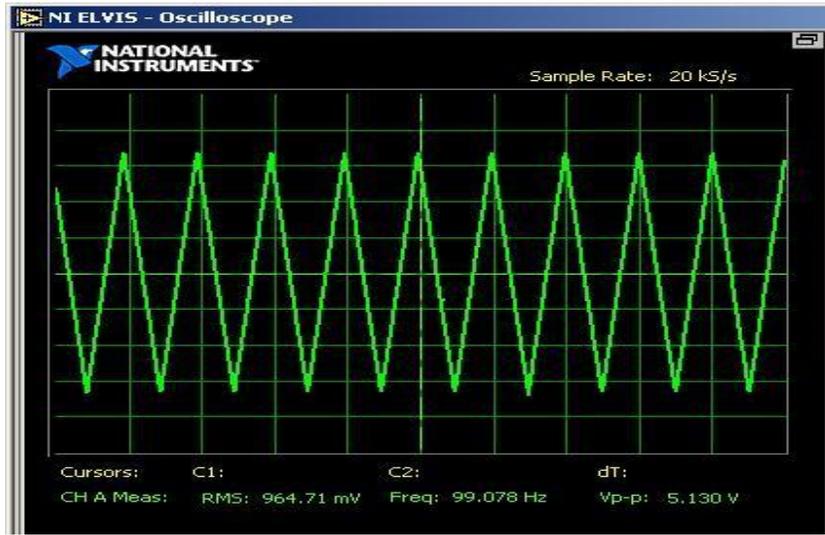
'=====
'==== in/out
'=====
dir PORTB out

'=====
'==== MAIN PROGRAM LOOP
'=====
Main:
  i=0
  PORTB=66
  wait time us

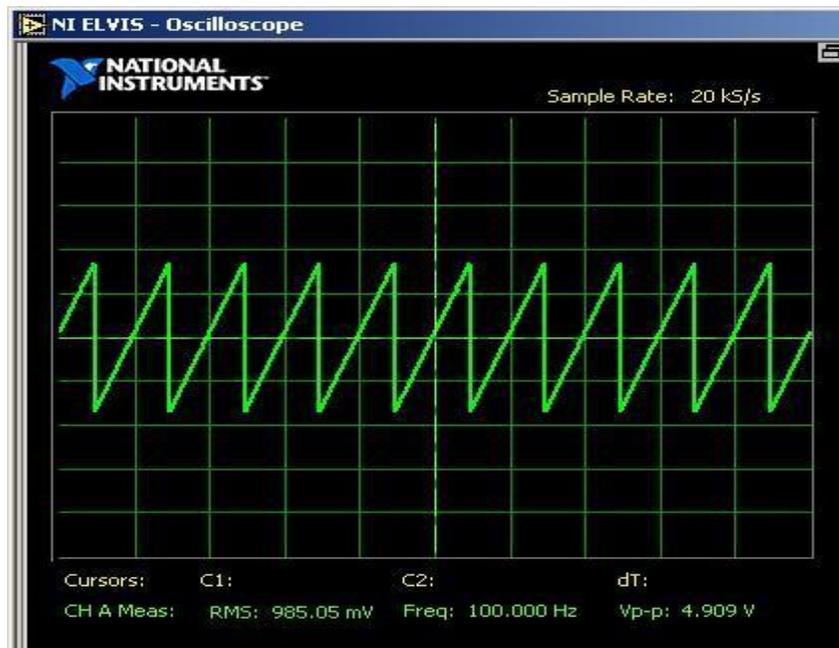
  for i=0 to 123
    PORTB=PORTB+1
    wait time us
  next

Goto Main
```

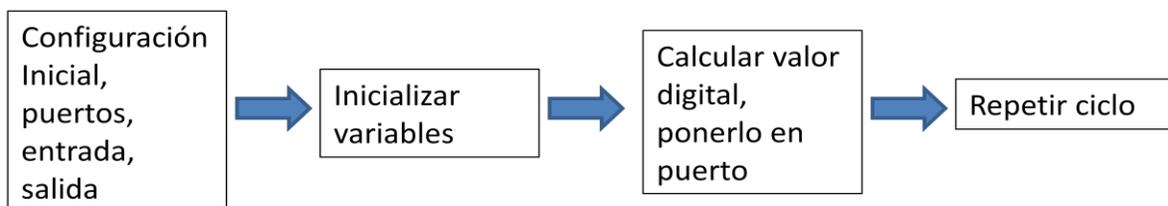
Veamos ahora las imágenes



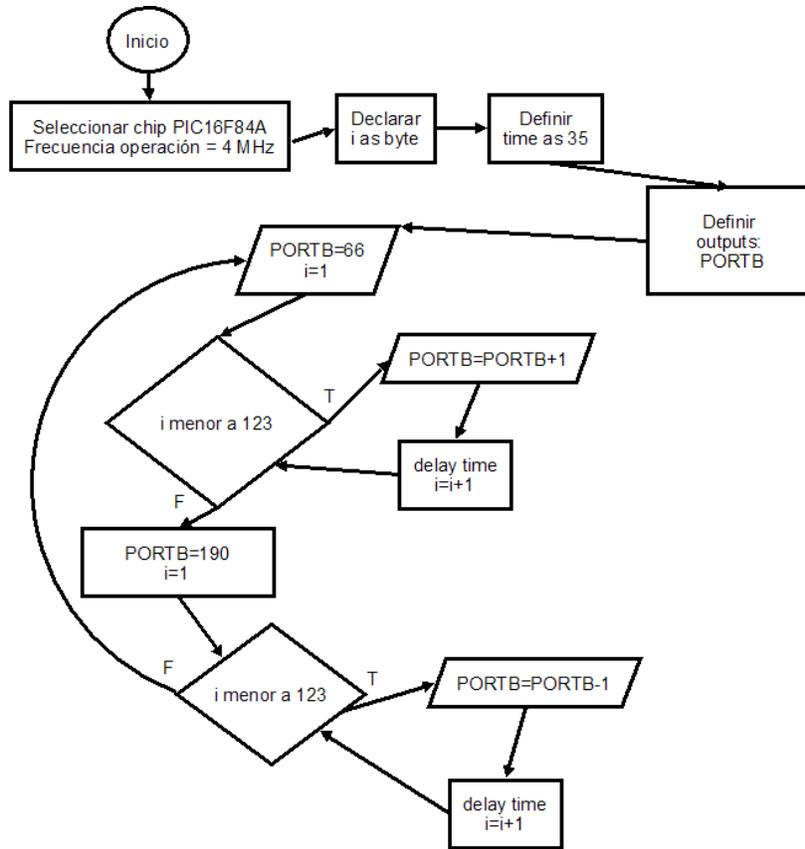
f9- 15. Captura de onda triangular generada



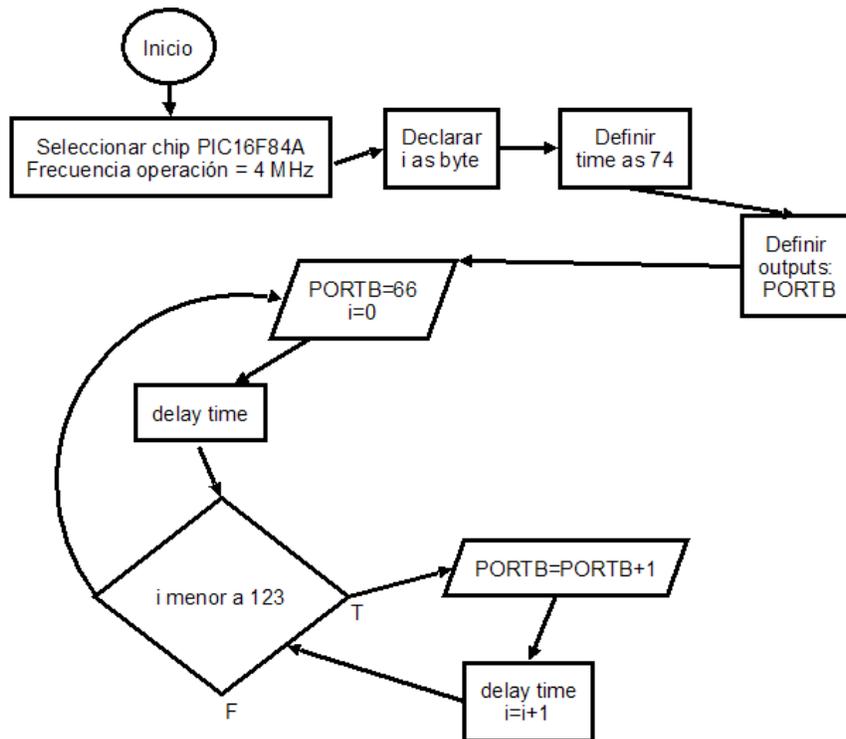
f9- 16. Captura de onda tipo sierra generada



f9- 17. Diagrama de bloques



f9- 18. Diagrama de flujo de programa PIC para generar onda triangular



f9- 19. Diagrama de flujo de programa para generar onda tipo sierra

Nota: aunque los programas del PIC no ocupan el byte de salida en su rango completo (0 a 255), la amplitud de la onda se logró aumentando el valor de la fuente dual que alimenta el convertidor D/A.

## Conclusión

---

Un sistema de Adquisición de Datos como el que se tiene en el Laboratorio de Mecatrónica (hardware NI ELVIS y software LabView) tiene puertos destinados específicamente para originar señales analógicas en base a una correcta configuración del software de control. Durante el desarrollo de esta práctica, se aprendió el procedimiento para configurar los puertos analógicos de salida de la NI ELVIS con el LabView, codificando un instrumento virtual, y además recogiendo tal señal de nuevo en una entrada analógica y muestreándola (osciloscopio virtual de la NI ELVIS)

En la sección 2, se pudo acercar al estudiante a la manera de originar señales analógicas a más bajo nivel (proceso que ocurre también en la sección 1, pero que no se puede apreciar tan de cerca). En pocas palabras, originar una secuencia digital en paralelo determinada por la frecuencia, amplitud y forma de la onda que se desea, a un convertidor D/A con respuesta o slew rate aceptable, producirá nuestras señales que analizadas con respecto al tiempo, crearán la onda deseada. Se practicó la programación en PIC y LabView.

## Bibliografía

---

- **Documento de práctica de laboratorio**  
**Práctica 9 – Salidas analógicas de sistemas DAQ**  
Laboratorio de Adquisición de Datos  
FIME – UANL
- **PIC16F84A – Data Sheet**  
**Microchip**  
2001
- **DAC0800/DAC0802**  
**8-Bit Digital-to-Analog Converters**  
National Semiconductor  
September 2006.