

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN OSCILOSCOPIO DIGITAL IMPLEMENTADO EN MATLAB

RESUMEN

La experimentación, diseño, construcción y pruebas de laboratorio de sistemas electrónicos, requiere de la utilización mancomunada de diferentes equipos que aseguren la calidad de las actividades realizadas.

Uno de tales equipos es el Osciloscopio, instrumento indispensable en el desarrollo de sistemas analógicos o digitales; cuyo uso permite el monitoreo constante de señales en cualquier etapa de las diferentes secciones que conforman dichos sistemas.

El Osciloscopio es fundamental para la determinación de parámetros y características propios de señales periódicas como: frecuencia, amplitud máxima, nivel DC y forma de onda.

Así mismo su uso se hace recurrente en la medición de variables eléctricas; hecho por el cual se requiere el acceso permanente a equipos como el Osciloscopio que permiten monitorear diferentes tipos de señales en tiempo real.

A raíz de lo anterior se plantea el diseño y construcción de un Osciloscopio Digital, implementado por software a través de una aplicación en Matlab cuyas entradas están asociadas a la tarjeta de Sonido de un PC.

PALABRAS CLAVE: Valor Pico, Frecuencia, Onda, Período, Fase, Análogo, Digital, Sonda, Señales DC (Corriente Directa) y AC (Corriente Alterna).

ABSTRACT

The experimentation, design, construction and laboratory tests of electronic systems require the use of different kinds of equipment that assures the quality of the made activities.

One of such equipment is the Oscilloscope, indispensable instrument in the development of analog or digital systems; whose use allows the constant observation of signals in any stage of the different sections that form these systems.

The Oscilloscope is fundamental for the determination of parameters and own characteristics of periodic signal such as: frequency, maximum amplitude, DC value and waveform. Also its use is made recurrent in the measurement of electrical variables; a fact which requires permanent access to equipment like the Oscilloscope to observe different types from signals in real time.

As a result of the previous justifications is considered the design and construction of a Digital Oscilloscope, implemented by software through an application in Matlab whose inputs are associated to the card of Sound of a PC.

KEYWORDS: Peak Value, Frequency, Wave, Phase, Analog, Digital, DC Signals (Direct Current) and AC Signals (Altern Current).

1 INTRODUCCIÓN

El osciloscopio es un instrumento versátil utilizado por profesionales de diferentes áreas como la electrónica, la medicina y la mecánica entre otras.

Un osciloscopio puede medir indirectamente un gran número de variables físicas, por medio del uso de

JIMMY ALEXANDER CORTÉS OSORIO

Ingeniero Electricista.
Universidad Tecnológica de Pereira.
Candidato a Magíster en Instrumentación Física.
Universidad Tecnológica de Pereira.
Profesor Asistente
Universidad Tecnológica de Pereira.
jcortes@utp.edu.co

JOSÉ ANDRÉS CHAVES OSORIO

Ingeniero Electricista.
Universidad Tecnológica de Pereira.
Especialista en Pedagogía.
Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
Candidato a Magíster en Instrumentación Física.
Universidad Tecnológica de Pereira.
Profesor Asistente.
Universidad Tecnológica de Pereira.
jachaves@utp.edu.co

FRANCISCO ALEJANDRO MEDINA A.

Ingeniero de Sistemas.
Universidad Antonio Nariño.
Candidato a Magíster en Instrumentación Física.
Universidad Tecnológica de Pereira.
Profesor Auxiliar.
Universidad Cooperativa.
fmedina@utp.edu.co

transductores adecuados (elementos que convierten una magnitud física cualquiera en una señal eléctrica) de tal modo que a través de su implementación es posible determinar valores como: presión, ritmo cardiaco, potencia de sonido, nivel de vibraciones en un vehículo, etc¹.

¹ <http://usuarios.iponet.es/agusbo/osc/osc.htm>

Los equipos electrónicos se dividen en dos tipos: Analógicos y Digitales; los primeros trabajan con variables continuas, mientras que los segundos lo hacen con variables discretas; así por ejemplo un tocadiscos es un equipo analógico y un lector de disco compacto es un equipo digital.

De igual forma los Osciloscopios pueden ser analógicos o digitales. Los primeros trabajan directamente con la señal aplicada, esto significa que esta señal entra al sistema, después de lo cual es amplificada y posteriormente se desvía un haz de electrones en sentido vertical y de forma proporcional a dicho valor de entrada.

En contraste los osciloscopios digitales utilizan un conversor analógico-digital (A/D) para almacenar digitalmente la señal de entrada, reconstruyendo posteriormente esta información en la pantalla¹.

Los usos principales que se le dan al osciloscopio son:

- Diagnosticar averías en un circuito electrónico.
- Medir la fase entre dos señales eléctricas.
- Determinar el nivel DC de una señal eléctrica.
- Construir figuras de Lissajous.
- Determinar directamente el período y el voltaje pico de una señal.
- Determinar indirectamente la frecuencia de una señal.
- Determinar la forma de onda de señales DC y AC.
- Determinar que parte de la señal es ruido y la variación que presenta este ruido en el tiempo.

Este trabajo presenta una discusión acerca del uso de una tarjeta de sonido convencional de PC para la implementación de un osciloscopio digital mediante la utilización del software MATLAB, ya que en la literatura especializada se encuentran muy pocos reportes al respecto y los que se encuentran, discuten principalmente alrededor de la utilización de FPGAs y tarjetas especializadas para la adquisición de las señales eléctricas.

De tal forma que este proyecto busca mostrar una aplicación sencilla y económica de las tarjetas de sonido convencionales para el desarrollo de osciloscopios digitales y sintetizadores de señal de baja frecuencia.

2. DEFINICIONES

2.1 El Osciloscopio

El osciloscopio es básicamente un dispositivo de visualización gráfica que muestra señales eléctricas variables en el tiempo.

El eje vertical, denominado Y, representa el voltaje; mientras que el eje horizontal, denominado X, representa el tiempo.

2.1.1 Partes Principales del Osciloscopio Típico.

Fundamentalmente el osciloscopio posee dos partes una pantalla de visualización de resultados en forma de imágenes y controles que permiten y facilitan la lectura de resultados; un ejemplo de estas dos partes puede observarse en la Figura 1 y una descripción de cada una se realiza a continuación.

La pantalla está dividida en una malla cuadrículada, que permite medir, por medio de una relación preestablecida entre distancia y voltaje.

De otro lado se encuentran los controles, los cuales se distribuyen de forma tradicional en cinco secciones (vertical, horizontal, disparo, visualización y conexión), cuya función básica es la de ajustar la lectura al nivel deseado.

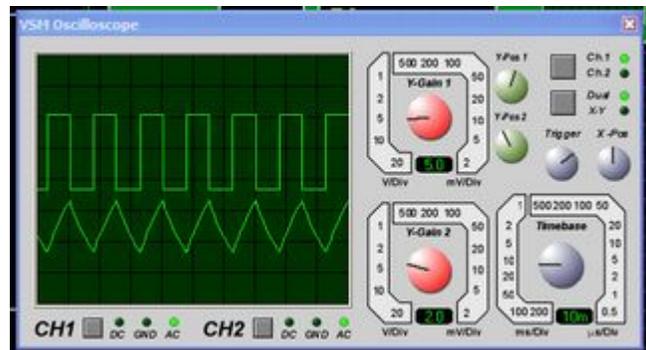


Figura 1. Pantalla y Controles en un Osciloscopio

2.1.2 Tipos de Osciloscopio y su Funcionamiento

Como se mencionó anteriormente, los osciloscopios son fundamentalmente de dos tipos Analógicos y Digitales; lo cual depende de la forma en que cada uno trata la señal a ser medida y que no influye dramáticamente en el tipo de señales que el instrumento puede medir.

Para entender el funcionamiento de cada tipo de osciloscopio es necesario detenerse en los procesos internos llevados a cabo por el instrumento. Por lo anterior se define a continuación cada uno de dichos tipos.

2.1.2 .1 Osciloscopio Analógico

El osciloscopio analógico es un instrumento electrónico y como tal está constituido por bloques interconectados que realizan funciones específicas tal como se presenta en la Figura 2.

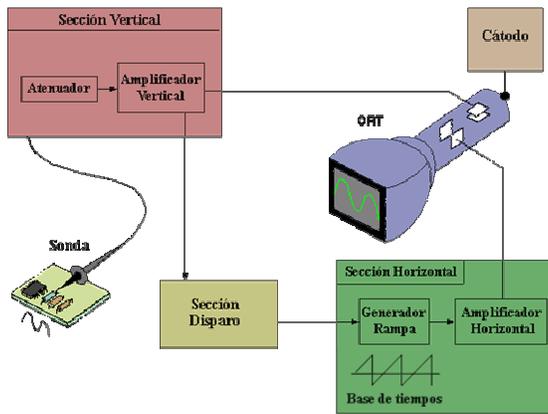


Figura 2. Interior de un Osciloscopio Analógico

En la figura 2 se puede observar que cuando se conecta la sonda a un circuito eléctrico, la señal eléctrica la atraviesa y se dirige a la sección vertical; dependiendo de donde se sitúe el mando del amplificador vertical la señal será atenuada o amplificada².

En la salida de este bloque ya se dispone de la suficiente señal eléctrica para atacar las placas de deflexión verticales (que generalmente están en posición horizontal) y que son las encargadas de desviar el haz de electrones, que surgen del cátodo e impactan la capa fluorescente del interior de la pantalla en sentido vertical.

El movimiento descrito es hacia arriba si la tensión es positiva con respecto al punto de referencia (GND) ó hacia abajo si es negativa. La señal también atraviesa la sección de disparo y de este modo se inicia el barrido horizontal (encargado de mover el haz de electrones desde la parte izquierda de la pantalla a la parte derecha en un determinado tiempo).

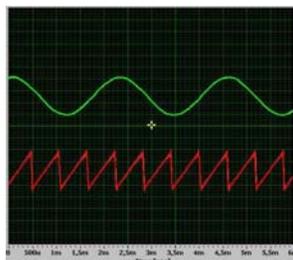


Figura 3. Ejemplo de señales leídas

El trazado (recorrido de izquierda a derecha) se consigue aplicando la parte ascendente de una señal diente de sierra a las placas de deflexión horizontal (las que están en posición vertical), la cual puede ser regulable en tiempo actuando sobre el mando TIME-BASE².

El retrazado (recorrido de derecha a izquierda) se realiza de forma mucho más rápida con la parte descendente de la misma señal diente de sierra, de esta forma la acción

combinada del trazado horizontal y de la deflexión vertical traza la gráfica a medir de la señal en la pantalla, como se muestra en la figura 3.

La sección de disparo se requiere para estabilizar las señales repetitivas (asegurando que el trazado comience en el mismo punto de la señal repetitiva).

Así que para utilizar de forma correcta un osciloscopio analógico, se requiere la implementación de cuatro ajustes básicos, como se explica a continuación:

Sobre la atenuación ó amplificación que necesita la señal eléctrica. En este ajuste se utiliza el mando AMPL. Para ajustar la amplitud de la señal antes de que sea aplicada a las placas de deflexión vertical. Conviene que la señal ocupe una parte importante de la pantalla sin llegar a sobrepasar los límites.

Sobre la base de tiempos. En este ajuste se emplea el mando TIMEBASE para ajustar lo que representa en tiempo una división horizontal de la pantalla. Para señales repetitivas es conveniente que en la pantalla se puedan observar aproximadamente un par de ciclos.

Sobre el sistema de disparo de la señal. En este ajuste se usan los mandos TRIGGER LEVEL (nivel de disparo) y TRIGGER SELECTOR (tipo de disparo) para estabilizar lo mejor posible señales repetitivas.

Sobre los controles que afectan a la visualización: FOCUS (enfoco), INTENS (intensidad, la cual nunca debe ser excesiva), Y-POS (posición vertical del haz) y X-POS (posición horizontal del haz).

2.1.2 .1 Osciloscopio Digital

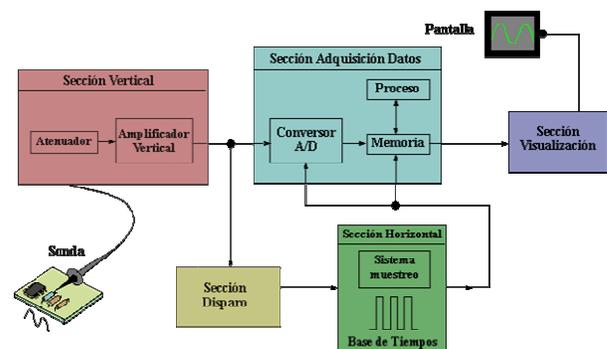


Figura 4. Interior de un Osciloscopio Digital

Los osciloscopios digitales poseen un sistema de procesamiento digital de la señal; el cual realiza una toma de datos, dichos datos se almacenan y posteriormente se visualizan reconstruyendo la señal original, tal como se observa en la Figura 4.

Cuando se conecta la sonda de un osciloscopio digital a un circuito, la sección vertical ajusta la amplitud de la

² http://usuarios.iponet.es/agusbo/osc/osc_1.htm

señal de la misma forma que lo hace el osciloscopio analógico.

El conversor analógico-digital del sistema de adquisición de datos muestrea la señal a intervalos de tiempo determinados y convierte la señal continua de voltaje en una serie de valores digitales llamados muestras.

En la sección horizontal una señal de reloj determina cuando el conversor A/D toma una muestra. La velocidad de este reloj se denomina velocidad de muestreo y se mide en muestras por segundo, tal como se aprecia en la Figura 5.

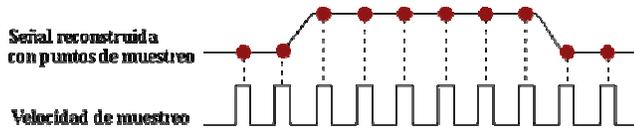


Figura 5. Reconstrucción de una señal muestreada

Los valores digitales muestreados se almacenan en una memoria como puntos de señal. El número de los puntos de señal utilizados para reconstruir la señal en pantalla se denomina registro.

La sección de disparo determina el comienzo y el final de los puntos de señal en el registro. La sección de visualización recibe estos puntos del registro, una vez almacenados en la memoria, para presentar en pantalla la señal. Dependiendo de las capacidades del osciloscopio se pueden tener procesos adicionales sobre los puntos muestreados, incluso se puede disponer de un predisparo para observar procesos que tengan lugar antes del disparo.

Fundamentalmente, un osciloscopio digital se maneja de una forma similar a uno analógico, para poder tomar las medidas se necesita ajustar el mando AMPL., el mando TIMEBASE así como los mandos que intervienen en el disparo.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

3.1. Diseño DEL Osciloscopio

Para la adquisición de datos en el Osciloscopio asistido por computador se optó por utilizar la tarjeta de sonido del PC debido a su fácil acceso, la cual cuenta con las siguientes especificaciones:

Descripción	Audigy 2 ZS platinum sound blaster PCI sound card sb0350
Fabricante	Creative
URL	http://www.creative.com
Tipo de Sistema	PC
Tipo de Ranura	PCI
Tipo de Interface	Audio - Headphone Out 1/4 Audio - Line In (1/8" Mini) Audio - Line In (RCA Phono)

	Audio - Line Out (1/8" Mini) Audio - RCA Digital Coax (S/PDIF) Audio - Toslink Optical Digital Audio Internal - Digital CD Audio Game - 15 pin D-shell (MIDI/Joystick) MIDI - 5 pin mini-DIN
Número de Bits	24 Bits
Generación Musical	Wave Table Synthesis
Relación Ruido - Señal	108 dB
Tecnología de Sonido	Creative Labs EAX Advanced HD Dolby Digital DTS [Digital Theater Systems]

En la Figura 6, puede observarse una imagen de la ventana principal del Osciloscopio.

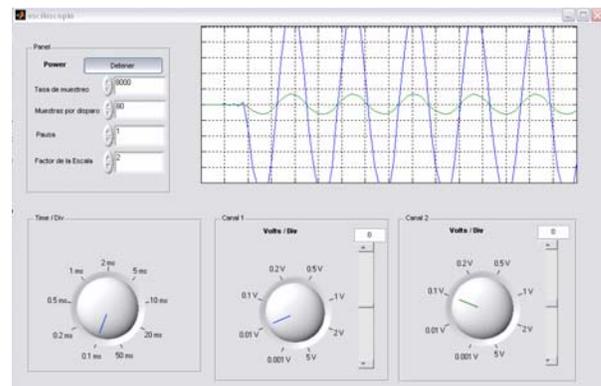


Figura 6. Ventana del Osciloscopio

Para la generación de las señales analógicas se siguieron los siguientes pasos:

3.1.1. Creación del objeto de entrada analógica.

Para crear el objeto de adquisición de entrada de señales analógicas por la tarjeta de sonido se utilizó el comando analoginput. De la siguiente manera:

```
AO = analoginput('winsound',0);
```

3.1.2. Parámetros de Configuración de la Adquisición de Datos

Los parámetros de la adquisición de datos se establecen mediante el uso de las siguientes instrucciones:

```
muestras = tiempo(tiempindex)* handles.sonido.frec
set(AO,'SampleRate',handles.sonido.frec );
set(AO,'TriggerType','manual');
set(AO,'SamplesPerTrigger',handles.sonido.muestras);
```

A continuación se describe la función realizada por cada una de dichas instrucciones:

Tiempoindex toma los valores del control que permite manejar el período de la señal ampliándolo o reduciéndolo lo que repercute en una disminución o aumento de la frecuencia en la señal visualizada.

El control se realiza cambiando el Botón de control de tiempo de barrido que cambia el rango de tiempo por cada división en la pantalla del osciloscopio, como se aprecia en la Figura 7.

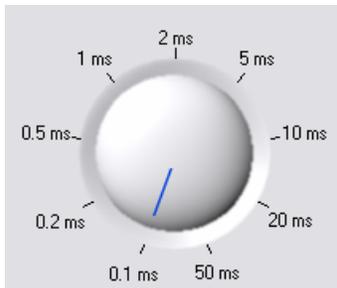


Figura 7. Control Tiempo de barrido

SampleRate indica la frecuencia de Muestreo en Hz, por defecto, dicho muestreo inicia en 8.000 Hz y puede subir hasta 44.100 Hz (tasa máxima de muestreo de la tarjeta utilizada empleando el control, que se indica en la Figura 8). Dicho rango de frecuencias en la adquisición se estableció de manera practica al realizar pruebas al sistema diseñado, con fin de determinar características propias del Osciloscopio terminado.



Figura 8. Indicador Tasa de muestreo

TriggerType configura el inicio de la adquisición por disparo manual.

SamplesPerTrigger indica el número de muestras por disparo, por defecto, el conteo inicia en 80muestras por disparo y puede subir hasta 800 muestras por disparo, utilizando el control que se aprecia en la Figura 9. El rango de valores anteriormente enunciado es de gran importancia ya que permite al aplicativo funcionar con apropiadas rapidez, fidelidad y confiabilidad.



Figura 9. Indicador Muestras por disparo

3.1.3. Inicio de Adquisición

Los parámetros para el inicio de la adquisición de datos se establecen mediante el uso de las siguientes instrucciones:

```
start(AO);
trigger(AO);
data = getdata(AO);
canal1 = data(:,1);
canal2 = data(:,2);
ganancia=[0.001 0.01 0.1 0.2 0.5 1 2 5];
data(:,1)= data(:,1)/ganancia(gananciaindex1) +
handles.osc.dcc1/ganancia(gananciaindex1)*5;
data(:,2)= data(:,2)/ ganancia(gananciaindex2) +
handles.osc.dcc2/ganancia(gananciaindex2)*5;
plot(data);
pause(handles.sonido.pausa/10);
```

A continuación se describe la función realizada por cada una de dichas instrucciones:

Start(AO); Configura la tarjeta de sonido para iniciar la adquisición de datos.

trigger(AO); Inicia la adquisición de datos

getdata(AO); Configura el voltaje de entrada en los canales

canal1 = data(:,1); Captura los datos del canal 1 y se hace lo mismo para el canal 2.

gananciaindex1; Controla el rango de voltios por cada división de la señal de voltaje que va a ser leída en la pantalla del osciloscopio diseñado como se aprecia en la Figura 10.

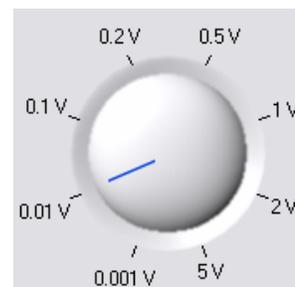


Figura 10. Control amplitud de voltaje

handles.osc.dcc1 desplaza verticalmente la señal según los requerimientos de quien realiza lecturas, tal como se observa en la Figura 11.



Figura 11. Botón deslizando

plot(data); permite graficar las señales adquiridas por la tarjeta de sonido, tal como puede observarse en la Figura 12

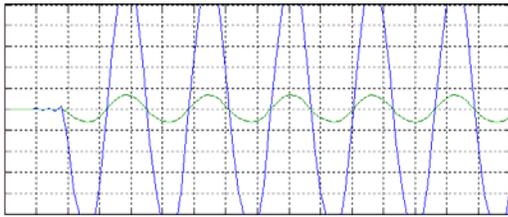


Figura 12. Pantalla del Osciloscopio

pause(handles.sonido.pausa/10); controla el tiempo de espera entre los ciclos de adquisición, por defecto inicia en 1 y puede subir hasta 10, dicho control se realiza por medio sistema indicado en la Figura 13.



Figura 13. Control Muestras por disparo

3.1.4. Finaliza la generación y elimina el objeto de adquisición.

Mediante la implementación de las siguientes instrucciones, se da fin a la adquisición de datos a través de la tarjeta de sonido:

```
delete(AO);
clear AO;
```

A continuación se describe la función realizada por cada una de dichas instrucciones:

delete(AO); Elimina la configuración del objeto creado.
clear AO; Elimina el objeto de adquisición.

4. CONCLUSIONES

El diseño implementado a través de Matlab 7.0, presenta algunas limitaciones tecnológicas importantes que restringen el diseño al espacio académico, las cuales están relacionadas con las características eléctricas de la tarjeta de sonido utilizada

La adquisición de datos esta restringida a realizar su muestreo a una frecuencia máxima de 22 kHz, ya que la tarjeta de sonido utilizada en el diseño toma muestras a una tasa máxima de 44 kHz. Esta característica esta asociada al Teorema del muestreo, el cual plantea que como mínimo se debe muestrear una señal al doble de su frecuencia a fin de garantizar la apropiada reconstrucción de dicha señal.

La tarjeta de sonido resulta útil para el diseño de prototipos de sistemas básicos de adquisición de datos analógicos, donde la frecuencia y la amplitud de la señal

de entrada no sean un criterio relevante; lo anterior se debe a sus limitaciones técnicas así como a sus necesidades en el acondicionamiento de señales al implementar aplicaciones más sofisticadas.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] <http://usuarios.iponet.es/agusbo/osc/osc.htm>
- [2] http://usuarios.iponet.es/agusbo/osc/osc_1.htm
- [3] http://www.mathwords.com/r/root_mean_square.htm
Referencia estadística sobre el tratamiento de los Datos RMS
- [4] <http://www.ieeeproteus.com/img/spice006.jpg>
- [5] SERWAY, Raymond A, JEWETT Jhon W, Física II, Texto basado en Cálculo, Tercera edición, 544 páginas, Thomson, 2004
- [6] PROAKIS, MANOLAKIS, Digital Signal Processing, Tercera edición, 1016 páginas, Prentice Hall.