

# ÍNDICE MEMORIA

Índice memoria .....	1
Resumen .....	3
Resum.....	3
Abstract .....	3
<b>CAPÍTULO 1: Introducción.....</b>	<b>5</b>
1.1. Osciloscopio .....	5
1.1.1. Escalado de la señal .....	6
1.1.2. Modo de filtrado AC o DC .....	6
1.1.3. Eje de referencia X e Y.....	7
1.1.4. Función de disparo. Trigger .....	7
1.1.5. Función Hold.....	7
1.1.6. Ancho de banda .....	7
1.2. Justificación del proyecto .....	8
<b>CAPÍTULO 2: ESTUDIO DEL ARTE.....</b>	<b>9</b>
2.1. Osciloscopios analógicos .....	9
2.1.1. Osciloscopios analógicos de tiempo real (ART) .....	9
2.1.2. Osciloscopios analógicos de muestreo (ASO) .....	10
2.2. Osciloscopios digitales .....	11
2.2.1. Osciloscopio digital de almacenamiento (DSO) .....	11
2.2.2. Osciloscopio digital de muestreo (TDS) .....	12
2.2.3. Osciloscopio digital de fósforo (DPO).....	13
2.3. Osciloscopio de señal mixta (MSO).....	14
2.4. Analizadores de señal digital (DSA) .....	14
2.5. Osciloscopios de mano .....	14
2.6. Osciloscopios basados en ordenador.....	15
2.6.1. Captura de señal externa .....	15
2.6.2. Captura de señal por tarjeta interna .....	16
2.6.3. Captura mediante tarjeta de audio .....	16
2.7. Interfaces basadas en osciloscopios .....	16
2.7.1. Adquisición por dispositivos USB .....	17
2.7.2. Adquisición por tarjeta de audio .....	17

<b>CAPÍTULO 3: Tarjetas de audio.....</b>	<b>21</b>
3.1. Rango de frecuencias .....	21
3.2. Rango de tensiones.....	22
3.3. Impedancia de entrada.....	22
3.4. Comparativa del mercado .....	22
<b>CAPÍTULO 4: Diagrama de bloques del sistema .....</b>	<b>23</b>
4.1. Módulo de calibrado y adaptación .....	23
4.2. Interface de usuario .....	25
4.2.1. Lectura de datos .....	27
4.2.2. Guardado de datos .....	27
4.2.3. Operaciones matemáticas .....	27
4.2.4. Opciones de la traza .....	27
4.2.5. Modo de disparo.....	28
4.2.6. Interface visual .....	28
<b>CAPÍTULO 5: Coste aproximado del proyecto .....</b>	<b>29</b>
5.1. Costes marginales.....	29
5.2. Costes totales .....	30
<b>CAPÍTULO 6: Bibliografía.....</b>	<b>33</b>
6.1. Referencias bibliográficas.....	33
6.2. Bibliografía de Consulta .....	34
ANEXO I: Diagrama de Gantt	

## **RESUMEN**

En el siguiente proyecto se tratará la problemática que tienen, hoy día, los aficionados y estudiantes de electrónica a la hora de adquirir un osciloscopio para realizar sus medidas. Este problema tiene su raíz en el coste de los instrumentos.

Se planteará la solución de realizar dichas medidas a través de la tarjeta de audio de un ordenador común, transformando ésta en una tarjeta de adquisición de datos y mediante la aplicación de una interface de usuario que simule el instrumento.

Para poder llevar a cabo la realización del proyecto se deberán estudiar antes el mercado actual de osciloscopios y tarjetas de audio existentes.

## **RESUM**

En el següent projecte es tractarà la problemàtica que tenen, avui dia, els aficionats i estudiants d'electrònica a l'hora d'adquirir un oscil·loscopi per realitzar les seves mesures. Aquest problema te la seva arrel al cost dels instruments.

Es plantejarà la solució de realitzar les mesures a través de la tarja d'àudio d'un ordinador comú, transformant aquesta en una tarja d'adquisició de dades i mitjançant l'aplicació d'una interfície d'usuari que simuli el instrument.

Per poder portar a terme la realització del projecte s'hauran d'estudiar abans el mercat actual d'oscil·loscopis i targes d'àudio existents.

## **ABSTRACT**

In the following project will deal with the problematic that have today day, the amateurs and students of electronic to the hour to purchase an oscilloscope to realize his measures. This problem has his root in the cost of the instruments.

Will expose the solution to realize the measures through the common computer's sound card, transforming this in a data acquisition card and by means of the application of a user interface that simulate the instrument.

Stop can do the realization of the project will have to study before the oscilloscopes and sound cards' current markets.



# CAPÍTULO 1:

# INTRODUCCIÓN

Este proyecto tiene como objetivo reunir la información básica para estructurar la idea del diseño de un osciloscopio a través del PC, empleando como entrada la tarjeta de audio del mismo.

## 1.1. Osciloscopio

El osciloscopio es una de las herramientas más importantes de la electrónica industrial, junto con el analizador de espectro de señales y el multímetro.

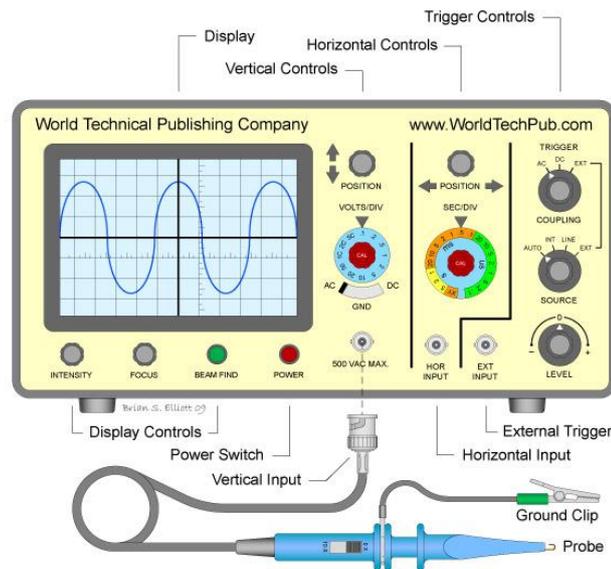
Un osciloscopio es un sistema de captura de señales eléctricas y electrónicas, tomadas en forma de diferencia de potencial o tensiones, con el fin de ser estudiadas en un monitor que puede estar integrado en el propio aparato o hacer uso de un monitor auxiliar mediante un PC u ordenador portátil.

Las señales analógicas muestran características como su forma de onda, su fase, su amplitud o su frecuencia.

Las señales digitales muestran características como su estado de nivel lógico, su frecuencia o su sincronismo con respecto a otras señales digitales.

Al permitir medir las señales, estudiando su forma de onda, lo hace un valioso aliado a la hora de detectar alteraciones indeseadas: pulsos indeseados que perjudicarían a los circuitos, ruido debido a interferencias del entorno o del propio circuito, transitorios perjudiciales, etc.

En la *Figura 1*, podemos observar los controles de la pantalla (intensidad de la traza, enfoque y búsqueda de traza), los controles del eje horizontal y vertical y los controles de disparo.



**Figura 1.** Esquema básico del panel frontal de un osciloscopio analógico.

### 1.1.1. Escalado de la señal

El escalado de la señal, en los osciloscopios analógicos, se lleva a cabo con ayuda de una retícula formada por cuadrados que servirán de referencia. Los digitales normalmente numeran la escala, eliminando la retícula para una mejor lectura.

Para poder escalar correctamente la señal a estudiar, el osciloscopio dispone de una base de tiempos graduada en Time/Div, o tiempo por división, para el eje X; y de un amplificador individual para cada canal graduado en V/Div, o Volts por división, para el eje Y.

Para lograr la variación de V/Div se debe variar la ganancia del amplificador del canal representado con tal de adaptar la señal a la escala que se desee.

Para llevar a cabo el escalado de Time/Div se emplean multiplicadores y divisores de frecuencia que modifican la señal de entrada, manteniendo una proporción con respecto a la escala marcada, con tal de no falsear la medida.

### 1.1.2. Modo de filtrado AC o DC

Debido a que las señales capturadas pueden disponer de componente continua y alterna al mismo tiempo, hay veces que es necesario realizar el filtrado de alguna de esas componentes.

Esto lo consigue el osciloscopio activando tres modos diferentes:

- Modo DC, en el que no se filtra ningún componente de la señal.
- Modo AC, en el que se filtra la componente continua –más concretamente las bajas frecuencias-.
- Modo GND, el cual filtra todo tipo de entrada y su uso es básicamente para referenciar la componente vertical de la señal.

### 1.1.3. Eje de referencia X e Y

En ocasiones es necesario variar la posición vertical y horizontal de la señal mostrada en la pantalla, ya sea para desplazarse a través de un zoom, para variar la referencia de 0V o para visualizar mejor la fase de una señal.

### 1.1.4. Función de disparo. Trigger

El Trigger o disparador de los osciloscopios corresponde a una señal de control, ya sea por flanco de subida, de bajada o por un impulso, que indica al osciloscopio el momento en el cual debe comenzar el muestreo en la pantalla.

Esta señal puede ser controlada por el usuario de forma interna mediante un selector o bien de forma externa mediante una entrada adicional destinada a este fin.

### 1.1.5. Función Hold

Esta función se controla mediante un pulsador y permite al usuario dejar reflejada en la pantalla la señal a estudio, ignorando los futuros desencadenadores de nuevas lecturas y variaciones en la señal.

### 1.1.6. Ancho de banda

El ancho de banda, BW, es una de las características más importantes de un osciloscopio y representa la gama de frecuencias que es capaz de mostrar sin atenuación. Esta atenuación es debida a los componentes que forman el osciloscopio, debido a que a frecuencias muy altas la mayoría de componentes electrónicos tienden a sufrir una caída en el valor de la tensión en sus bornes. Esto provoca que la señal medida se vea afectada y muestre valores no reales. Esta atenuación se considera aceptable siempre y cuando no supere los 3dB de ganancia, lo que corresponde a unas 0,707 veces el valor de la sensibilidad del aparato.

En aparatos analógicos viene determinado por el amplificador vertical y por el tubo de rayos catódicos. Se mediría por la capacidad de medir tiempos de subida de señales según la siguiente relación:

$$BW \text{ (Hz)} \cdot T_{SUBIDA} \text{ (s)} = 0,35 \quad (1)$$

En aparatos digitales viene definido por la capacidad de conversión de los convertidores analógico/ digitales. Esta capacidad está relacionada por el número de muestreos por segundo y los fabricantes la dan en forma de MS/s (megasamples/segundos). Esta capacidad debe ser diez veces superior a la frecuencia mostrada. Así una tasa de 20MS/s, por ejemplo, equivaldría a una capacidad de lectura de señales de 2MHz.

## 1.2. Justificación del proyecto

Este proyecto se ideó para satisfacer las necesidades del alumnado de ingeniería en electrónica industrial -y en general, para los estudiantes de electrónica- de realizar pruebas en su propio domicilio sobre dispositivos reales sin un coste añadido a sus estudios. Este material de soporte no debe comportar un diseño de un sistema electrónico complejo de captación de señal, dado que el alumno puede no estar cualificado para realizarlo.

Teniendo en cuenta las condiciones anteriores, se opta por el diseño de un software de libre distribución que emplee como medio de adquisición de datos la tarjeta de audio de la que dispone cualquier ordenador convencional.

Debido a las limitaciones que sufren las tarjetas de audio para ser empleadas como osciloscopios, se marcará a lo largo del proyecto las condiciones mínimas a tener en cuenta, tanto del ordenador que se empleará como del circuito que será objeto de estudio.

Para enfocar el diseño, se realizará un estudio del mercado de los osciloscopios y se estudiarán las características y calidades actuales de las tarjetas de audio más convencionales a disposición de los usuarios.

# CAPÍTULO 2:

## ESTUDIO DEL ARTE

Actualmente, en el mercado, se encuentran diversos tipos de osciloscopios con diferentes tecnologías, tanto para la captura, como para el tratado y la visualización de señales.

A continuación se muestran los diversos tipos de osciloscopios:

### 2.1. Osciloscopios analógicos

Son osciloscopios, en los cuales, tanto la captura como el tratado de la señal se hace mediante señales analógicas.

Entre ellos encontramos dos tipos: osciloscopios analógicos de tiempo real y osciloscopios analógicos de muestreo.

#### 2.1.1. *Osciloscopios analógicos de tiempo real (ART)*

Este tipo de osciloscopios realiza una captura constante en tiempo real de la señal completa y lo muestra en una pantalla de fósforo con cierta permanencia, empleando un tubo de rayos catódicos. Este tubo proyecta un haz de electrones sobre la pantalla de fósforo provocando una reacción en su superficie y volviendo luminiscente el trazado de la señal. Esta señal se muestra debidamente escalada mediante una cuadrícula de 10 de ancho por 8 de alto.

La permanencia del fósforo se puede, o bien ajustar para que dure un tiempo prolongado de varios minutos o más, o bien se puede borrar de la pantalla, todo ello mediante un circuito electrónico.

Estos osciloscopios fueron comercialmente substituidos por los osciloscopios analógicos de muestreo, no obstante permiten ver con mayor detalle señales de carácter transitorio o no repetitivas.

Su ancho de banda se encuentra alrededor de los 20MHz de frecuencia. Esto muestra un gran retraso frente a los avances tecnológicos de hoy día que emplean frecuencias del orden de GHz.

Los precios de mercado de estos aparatos se encuentran des de los 250 € en anchos de banda de 10MHz, a los 500 € en anchos de banda de 20MHz.

### 2.1.2. *Osciloscopios analógicos de muestreo (ASO)*

El teorema de muestreo desarrollado por Nyquist da origen al principio de muestreo en los osciloscopios. Este consiste en muestrear pequeñas porciones de la señal de entrada, llamado periodo de muestreo, en lugar de su totalidad como se hace en los osciloscopios analógicos. Posteriormente estas muestras se montan, superponiéndolas, para formar la señal completa.

Esto supone varias limitaciones:

- Las señales deben ser periódicas para poder tener una traza estable en la pantalla, ya que es esta periodicidad la que refresca la traza.
- Las señales extremadamente rápidas reducen el brillo de la traza dificultando su estudio.
- Las señales lentas no forman una traza debido a que la persistencia del fosforo es limitada y la retina no es capaz de retener la traza completa debido a su baja frecuencia.
- Solo se pueden ver transitorios repetitivos. Puede que el objeto de estudio sea precisamente una alteración de la señal momentánea, en forma de pulso, por ejemplo, que afecte a nuestro circuito. Mediante este tipo de osciloscopios dicha alteración se vería obviada debido a la superposición de las muestras.

Estos osciloscopios son capaces de alcanzar anchos de banda de 300MHz, aumentando así su campo de aplicación.

El precio de este tipo de osciloscopios varía desde los 550 €, con un ancho de banda de 35MHz, a los 3.000 €, con un ancho de banda de 300MHz.



**Figura 2.** *Osciloscopio Analógico HAMEG 2005-2 de 200MHz de ancho de banda.*

## 2.2. Osciloscopios digitales

A diferencia de los osciloscopios analógicos, los digitales trabajan con señales binarias correspondientes a los valores de la señal medida en cada momento. Esto se consigue transformando la señal de entrada analógica a una señal digital mediante un dispositivo llamado convertidor analógico/digital (A/D).

La entrada vertical, en lugar de ser llevada al amplificador del deflector vertical del tubo de rayos catódicos directamente, antes, es transformada por el convertidor A/D y almacenada en la memoria del microprocesador. Esto permite que la duración del almacenaje de la señal esté determinada por el tamaño de la memoria. Esto es una gran ventaja ya que nos permite ver con mayor detalle la evolución de una señal.

Entre los osciloscopios digitales podemos encontrar tres tipos: los osciloscopios digitales de almacenamiento, los osciloscopios digitales de muestreo y los osciloscopios digitales de fósforo.

### 2.2.1. *Osciloscopio digital de almacenamiento* (DSO)

Este es el tipo de osciloscopio más empleado en la actualidad para la mayoría de aplicaciones industriales.

Se han substituido las pantallas de rayos catódicos por pantallas LCD, las cuales permiten colores diferentes para cada canal, y un consumo menor de energía del aparato. Además de que no se necesita un segundo convertidor digital/analógico dado que este tipo de pantallas trabaja con señales digitales.

Al ser tratada la información de forma digital permite transportarla, ya sea a una red de telecomunicaciones o a un aparato de impresión o almacenaje externo al propio osciloscopio.

Los osciloscopios digitales están limitados por la circuitería analógica de captura de la señal, por la frecuencia de muestreo del mismo, la velocidad de trabajo del microprocesador y la eliminación de información aportada por la variación de intensidad de la traza.

Este tipo de osciloscopios permiten también capturar la señal de muestra en modo de tiempo equivalente. Es decir, a pesar de que cada muestra equivaldrá a la señal completa, podremos equiparar este tiempo de muestreo a la frecuencia de la señal con la ayuda de un reloj de frecuencia. Lo que obtendremos es una señal que se va actualizando, superponiéndose una muestra sobre otra -teniendo siempre en cuenta que es la señal completa- y proporcionando una definición mucho más clara de la señal que observamos. Esto nos ayudará a reducir la amplitud del ruido que interfiere en la señal muy pequeña, con respecto a la muestra que obteníamos mediante el modo de muestreo en tiempo real.

Ventajas sobre el osciloscopio analógico:

- Una pantalla más grande, con mayor brillo y con color para ver diferentes trazas.

- Muestreo de tiempo equivalente, el cual permite una mejor definición para  $\mu\text{V}$ .
- Detección de pico (dado que tenemos todos los datos digitalizados solo debemos señalar cuál es el mayor).
- Pre-Trigger (disparador de almacenamiento previo al que se activa por defecto, tomando así datos de la señal anteriores a los mostrados en modo normal).
- Permite el uso de ampliaciones de múltiples señales.
- Permite mayores duraciones de almacenamiento (con memorias mayores).

Estos Osciloscopios son capaces de alcanzar los 200MHz, dependiendo de la circuitería analógica de captura.

Sus precios oscilan entre los 155€, para anchos de banda de 25MHz, a los 1.200€, para anchos de banda de 200MHz.

### 2.2.2. *Osciloscopio digital de muestreo (TDS)*

Son osciloscopios muy similares a los osciloscopios analógicos de muestreo ya que se basan en el mismo principio. Se usan básicamente para altas frecuencias, es decir, para aquellas frecuencias que superan la frecuencia de muestreo de un osciloscopio digital de almacenamiento.

Al tomar muestras de la señal fraccionada y después superponerlas para la obtención de la señal completa, con la velocidad que facilitan las señales digitales, permite alcanzar los anchos de banda más altos del mercado.

Estos anchos de banda alcanzan los 1GHz y el precio de estos osciloscopios llegan hasta los 16.800€.



**Figura 3.** Osciloscopios digitales de Tektronix, modelo TDS2000B y TDS1000B.

### 2.2.3. *Osciloscopio digital de fósforo (DPO)*

Es el tipo de osciloscopios más reciente del mercado digital. Fueron introducidos por la compañía Tektronix, una de las grandes referencias en el mundo de las compañías de instrumentación electrónica.

Emplea un procesamiento en paralelo de la información capturada, lo cual le permite tratar mejor los transitorios manteniendo grandes anchos de banda. Además combina este tipo de tratamiento de la señal con la tecnología del fósforo digital; con una visualización muy similar a la empleada por los dispositivos analógicos, ampliando así, mediante la variación de la intensidad de la traza, la información extraída de una misma señal.

Como se realizaba en los osciloscopios de almacenamiento digital, la primera etapa de un osciloscopio de fósforo digital es el envío de la señal a un amplificador vertical precedido de un convertidor A/D. No obstante la continuación del proceso varía enormemente con respecto a los DSO que posteriormente envían la señal al microprocesador y este limita la velocidad de trabajo.

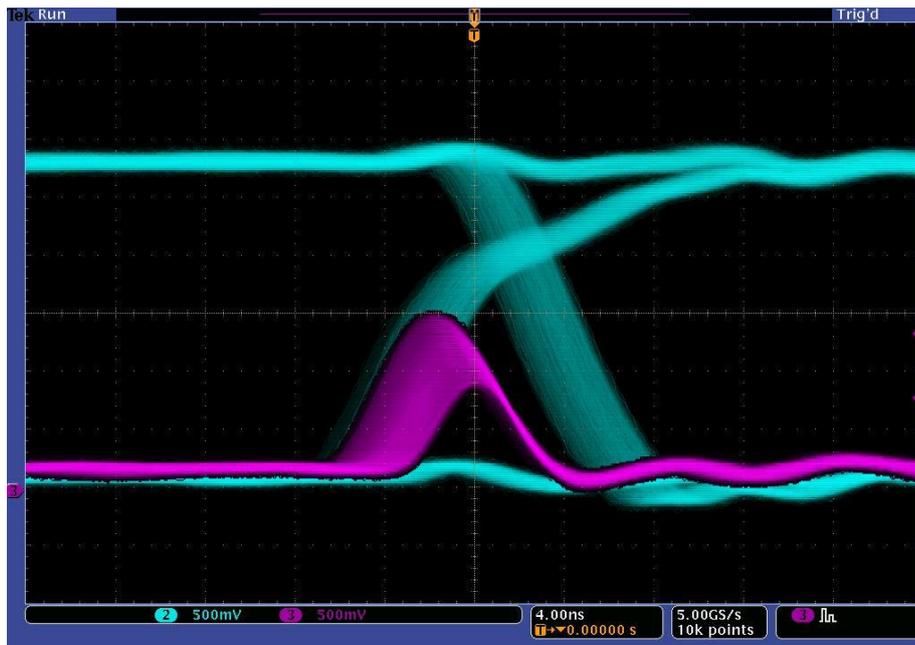
En el caso de los DPO, existen dos procesadores en paralelo para el tratado de la señal, de este modo la información que se está mostrando en pantalla, ocupando uno de los procesadores para este proceso, no interfiere con la continuación de captura y almacenamiento de la señal. De este modo la velocidad de visualización puede ser más lenta sin perder información y a la vez se amplía el campo de señal que se captura y almacena.

Este modo de captura disminuye en 1/30 por segundo el tiempo de captura, con lo que define mejor la señal real sin pérdida de información suplementaria.

El hecho de que el nombre del aparato sea osciloscopio de fósforo digital muchas veces induce al error de pensar que la pantalla emplea este componente químico para su visualización, como en el caso de los osciloscopios analógicos. El nombre se deriva de la similitud de traza entre ellos.

Los DPO emplean un sistema de visualización matricial, dividiendo el área de la pantalla en células compuestas por un conjunto de píxeles. A cada célula se le envía la información de la intensidad –y en algunos casos el color- con que deben iluminarse cada uno de los píxeles que la componen, creando un efecto de difusión y remarcando la señal principal y las alteraciones que la acompañan.

Debido a todas estas características, tanto de velocidad de muestreo, como de información visualizada, los DPO pueden alcanzar los 3,5GHz de ancho de banda con precios de hasta 33.900€.



**Figura 4.** Detalle de la pantalla de un Osciloscopio DPO, modelo DPO4000 de Tektronix.

### 2.3. Osciloscopio de señal mixta (MSO)

Son un tipo derivado de los osciloscopios de fósforo digital. Al ampliar los anchos de banda hasta los órdenes de GHz, se descubre la posibilidad de poder visualizar comunicaciones electrónicas en formato digital.

Esto induce a la creación de los MSO, que combinan canales analógicos y digitales según las necesidades de la medida. Esta innovación permite redistribuir el ancho de banda por los canales, en función de la aplicación que se les dé a éstos.

Los anchos de banda que emplean llegan hasta 1GHz y su precio de mercado alcanza los 17.000€.

### 2.4. Analizadores de señal digital (DSA)

Según la evolución que se ha visto, el siguiente paso es el análisis de la comunicación entre puertos de un sistema electrónico o de telecomunicaciones. Para ello hablamos de anchos de banda extremadamente grandes dado a las velocidades que estos ámbitos manejan.

Otra derivación de los DPO permiten estos análisis: los DSA. Los cuales muestran por pantalla el tipo de puerto y el estado de la comunicación a través de él.

Sus anchos de banda alcanzan los 80GHz y los precios ascienden hasta los 160.000€.

### 2.5. Osciloscopios de mano

En muchas ocasiones el usuario de estos aparatos no dispone de un lugar cómodo para realizar las medidas, o de una fuente externa de alimentación al

alcance. Por estas razones se hicieron necesarios los Osciloscopios portables o de mano.

Estos aparatos disponen de baterías con autonomía limitada y de tecnologías minimizadas para poder ser transportados y empleados cómodamente.

Por norma general se emplean para estudios más básicos de las señales de los que se pueden llevar a cabo en un centro de trabajo preparado para albergar los dispositivos no portables, y es por ello que se minimizan funciones y se eliminan componentes más complejos.

Guardan en memorias internas los datos obtenidos en las mediciones para ser transportados a un centro con más prestaciones y poseen conectores USB para poder realizar el traslado de la información.

Sus anchos de banda llegan hasta los 40MHZ y su precio alcanza los 1.500€.



**Figura 5.** *Osciloscopio de mano PCE-Ibérica, modelo PCE-OC1*

## 2.6. Osciloscopios basados en ordenador

Este tipo de osciloscopios tienen como objetivo el aprovechamiento de los recursos de un ordenador común para obtener un osciloscopio. Esto se consigue empleando, o bien dispositivos de captura de la señal vía conexión externa, o tarjetas integradas en el interior del propio ordenador; empleando como visualizador la propia pantalla del mismo.

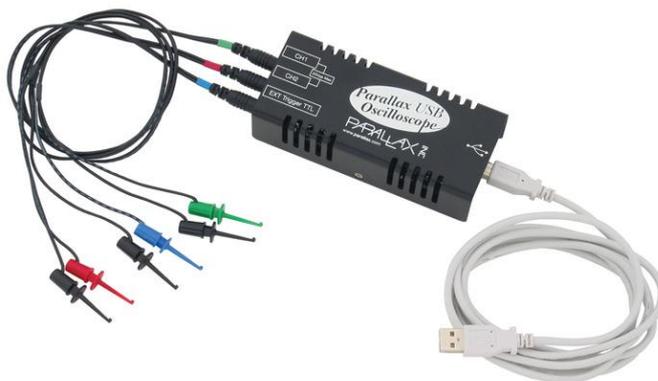
Estos dispositivos buscan abaratar el uso de un osciloscopio, los cuales, como se ha visto, son de un coste en ocasiones verdaderamente elevado.

### 2.6.1. *Captura de señal externa*

Para realizar de forma externa la captura de la señal a medir, existen hoy día diversos dispositivos periféricos, que se conectan mediante USB dado que es el modo más eficiente y rápido actualmente de enviar grandes cantidades de información empaquetada digitalmente.

Existen otros medios externos como el empleado vía puerto paralelo, puerto serie, Ethernet u otros pero no resultan tan efectivos a nivel de respuesta de escritura/lectura de los mismos.

Los anchos de banda de estos dispositivos llegan actualmente hasta los 200MHz con un coste de 220€.



**Figura 6.** *Dispositivo de adquisición de datos para osciloscopio por puerto USB de Parallax .*

### 2.6.2. *Captura de señal por tarjeta interna*

Los dispositivos que actúan integrados dentro de una tarjeta conectada directamente al ordenador deben estar debidamente protegidos y diseñados para que no afecte al resto de circuitería propia del ordenador.

Estos dispositivos disponen de conectores mediante los cuales se accederá a los circuitos. Estos dispositivos son más raros de encontrar en el mercado y normalmente están diseñados, de acuerdo a las necesidades del usuario, por un ingeniero.

### 2.6.3. *Captura mediante tarjeta de audio*

Existe una forma de obtener un osciloscopio, muy limitado en ancho de banda y tensiones de entrada respecto a los anteriores. Esta consiste en la utilización de la tarjeta de sonido que ofrece, hoy día, cualquier ordenador común como tarjeta de adquisición de datos. Dichas tarjetas, al estar diseñadas para el tratamiento de señales acústicas, disponen de un ancho de banda de decenas de kHz de frecuencia correspondiente al espectro audible del ser humano. Estos dispositivos carecen de coste adicional.

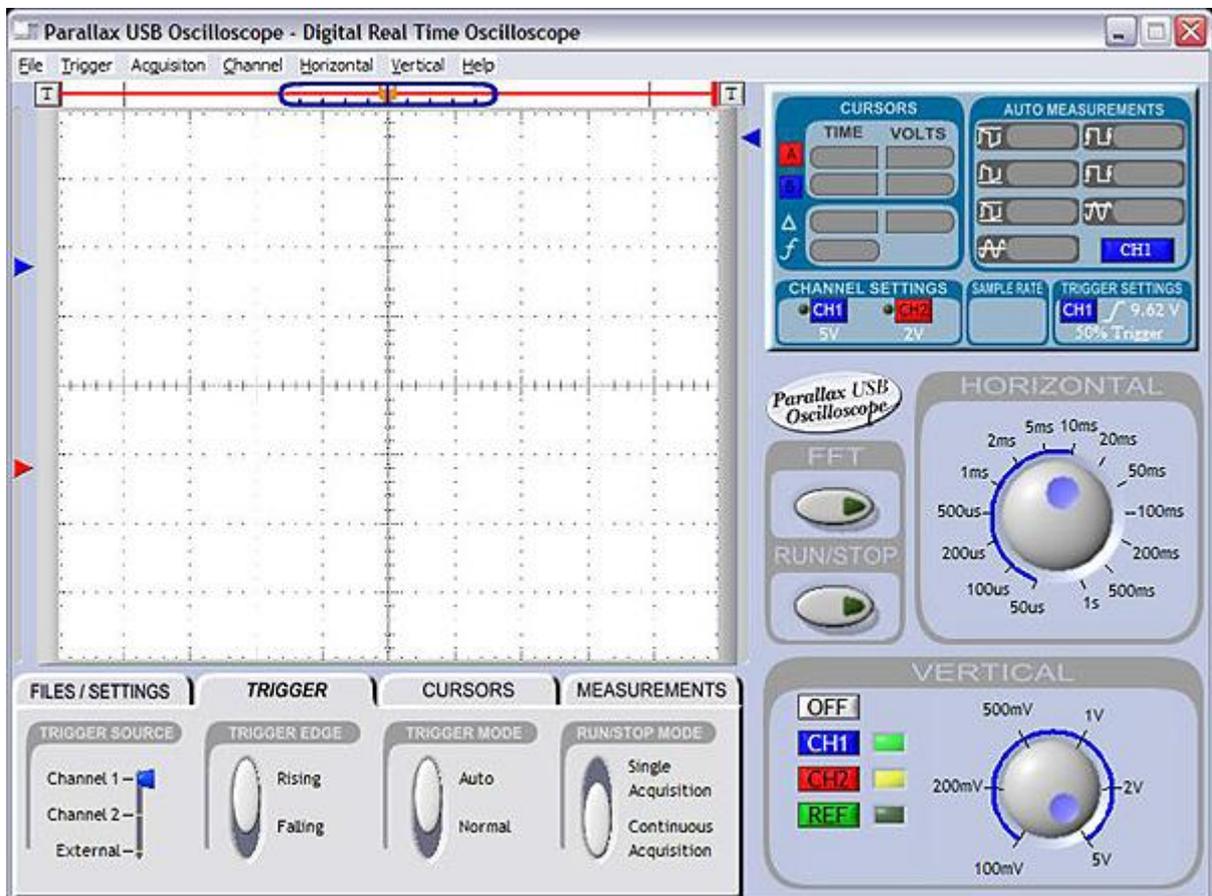
## 2.7. Interfaces basadas en osciloscopios

Todos los sistemas de osciloscopio basados en un ordenador deben disponer de un software que actúe como interface con el usuario. Esta interface debe estar diseñada de tal forma que se identifiquen claramente los mandos habituales de un osciloscopio convencional, y por cuestiones de una familiarización más rápida, acostumbran a parecerse bastante a los osciloscopios convencionales.

Entre estas interfaces existen muy diversos tipos: desde las proporcionadas por el fabricante del los osciloscopios que efectúan la captura por puerto USB, a las muy diversas interfaces que se encuentran hoy día en internet para adaptar las entradas de línea de la tarjeta de audio del ordenador a tal fin.

### 2.7.1. Adquisición por dispositivos USB

Por norma general este tipo de interfaces están creadas por la misma compañía que diseña la adquisición de datos por USB. Esto provoca que haya multitud de interfaces, una para cada marca dedicada a este tipo de Osciloscopios. Se pondrá el ejemplo del software que aporta la empresa Parallax.



**Figura 7.** Captura de la interface correspondiente al software aportado por la compañía Parallax.

Se pueden observar la retícula de la pantalla en formato 10x8, los selectores correspondientes al escalado del eje vertical y horizontal y la función Trigger en las pestañas del menú.

Existen otras marcas, como USBee que van más allá, incluyendo en el software un sistema de analizador de espectros y un sistema analizador lógico para buses de comunicaciones.

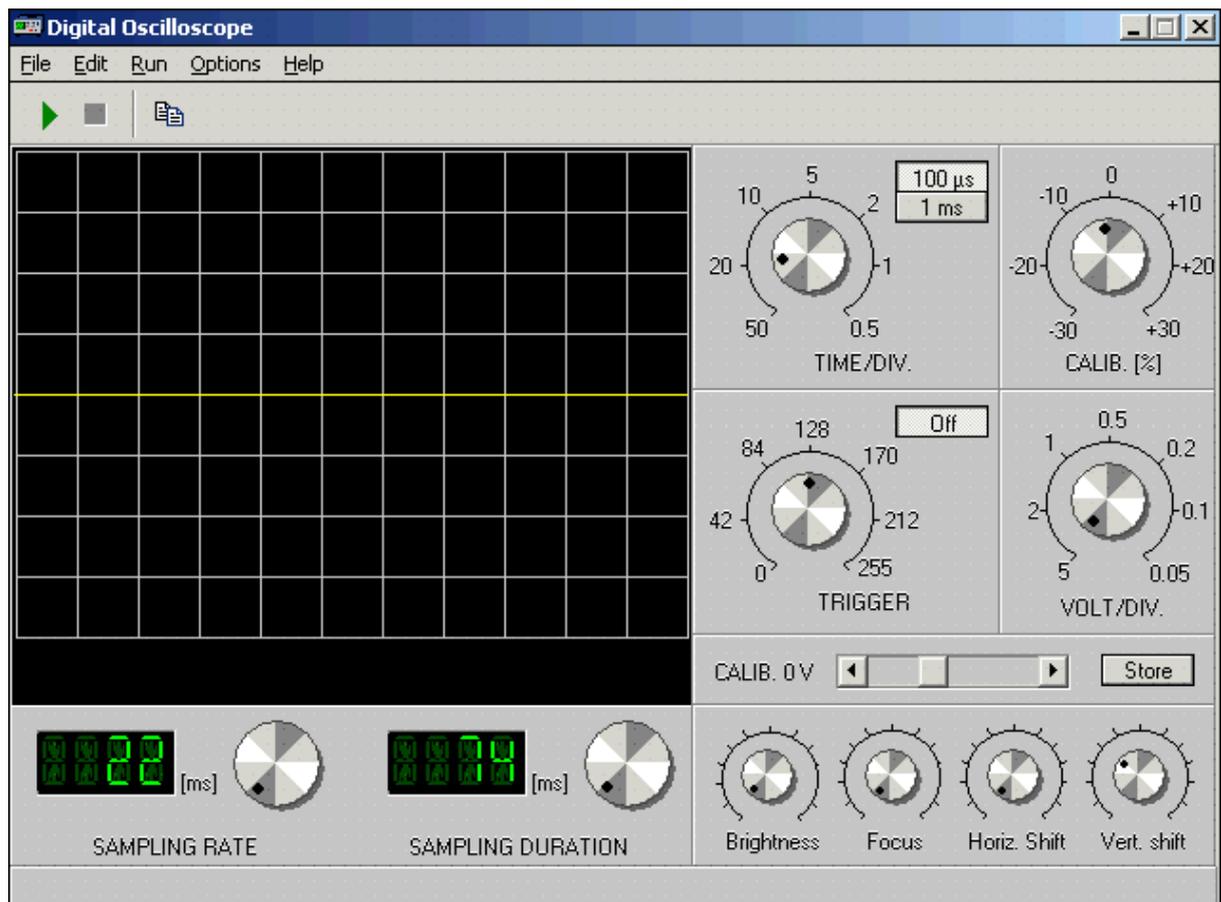
Estos software entran dentro del precio del propio sistema de adquisición de datos.

### 2.7.2. Adquisición por tarjeta de audio

El diseño de estos software es independiente con las prestaciones o las limitaciones que puedan tener las tarjetas de audio. En principio estos software están preparados para comunicarse con ellas y analizar cualquier tipo de señal que se introduzca en el puerto de línea de las tarjetas.

En el mercado de internet existen interfaces para aficionados a la electrónica y estudiantes, que van desde la sencillez de las características básicas de un osciloscopio hasta algunos diseños más elaborados.

Por norma general estos programas más sencillos son de libre distribución. Por el contrario, las interfaces más elaboradas normalmente son de pago, y tarifican sus precios en función del número de usuarios que los disfrutarán. Entre éstos últimos se encuentran Zelscope y Audio Tester, recomendados por multitud de usuarios.



**Figura 8.** Captura de la pantalla de interface del software de libre distribución BipOscilloscope 3.0.

En la *Figura 8* se puede apreciar como el diseño es más rudimentario pero no por ello menos práctico. Solo dispone de un canal de entrada. No dispone de filtrado AC/DC debido a la imposibilidad de las tarjetas de audio de leer una señal continua, a causa del condensador de filtrado que incorporan todas ellas en su entrada.

Estos programas basados en tarjeta de audio son susceptibles a las variaciones en la amplificación del volumen del propio ordenador, lo que provoca que muchos de ellos indiquen que la única escala fiable sea la de tiempos; dado que la amplitud de la señal vendrá afectada por la posición del selector de volumen. Únicamente los que tienen un coste adicional recomiendan una calibración previa y envían a otras páginas que aportan circuitos de solución.

Muchos de ellos no obstante incluyen la opción de realizar capturas de la pantalla y de memorizar los datos de la traza en un archivo de texto (.txt). Los más

elaborados, dentro de los de libre distribución, incluyen la opción zoom en algunos puntos de la traza.

El software que se propone en este proyecto adjuntará la calibración con opción de ser memorizada por el programa, adjuntando el hardware necesario para llevarla a cabo. Además se incorporará un analizador de espectros basado en la transformada de Fourier, un zoom de la señal a medir, y un cursor que indique el valor de la señal en el punto indicado por el usuario. Permitirá realizar capturas de la pantalla y guardar la información de la traza en forma de archivo de texto (.txt) para su posterior tratado en otra sesión.

Como gran novedad, el diseño propuesto permitirá, mediante la opción de "Medición en DC" y una adaptación vía hardware, que se comentará en el capítulo referente al mismo, adquirir capturas de corriente continua.



# CAPÍTULO 3:

## TARJETAS DE AUDIO

Una parte muy importante de este proyecto es conocer aquello con lo que vamos a trabajar. Para poder emplear una tarjeta de sonido como tarjeta de adquisición de datos es necesario conocer todas sus limitaciones técnicas. Asegurándose, así, de no provocar desperfectos en la misma o en el ordenador que la contenga.

Hay tres factores claves a tener en cuenta en este tipo de tarjetas para ser empleadas como tarjetas de adquisición de datos, y estas son: su rango de frecuencias, su limitación en tensiones de entrada y su impedancia de entrada.

### 3.1. Rango de frecuencias

En todos los osciloscopios, como se ha visto, impera, por encima de otras de sus cualidades, su ancho de banda. Esto lleva a informarse sobre la gama de frecuencias a la que puede trabajar una tarjeta de audio con el fin de ser empleada como adquisición de datos.

Estas frecuencias entran dentro del espectro audible por el ser humano llegando hasta los 20 kHz. No obstante, debido a protecciones contra muy bajas frecuencias, que perjudicarían a las tarjetas o bien provocarían un mal funcionamiento, estas tarjetas contienen condensadores a la entrada de la señal de línea lo que impide que vea señales del orden de 1 Hz, frecuencias inferiores y señales continuas (DC).

Los períodos de muestreo de dichas tarjetas viene determinado por el convertidor AC/DC que incorporan, por lo que su frecuencia de muestreo no superará los 46 kHz, dependiendo de la calidad de la misma.

Esta característica es una de las limitaciones del presente proyecto, su ancho de banda no superará los 20 kHz.

## 3.2. Rango de tensiones

Esta es una de las informaciones más difíciles de hallar, dado que la gran variedad de tarjetas de audio no informan del rango de tensiones de entrada de que dispone la entrada de línea. Asumiendo que dicha entrada será empleada para señales de audio de 1 V de pico a pico como máximo.

No obstante esa correspondería a la limitación de la entrada de micrófono. La entrada de línea, asumiendo que la señal puede provenir de una pequeña etapa de amplificación, asume valores de pico a pico de hasta  $\pm 5$  V. Pierden por tanto sensibilidad con respecto a la entrada de micrófono.

## 3.3. Impedancia de entrada

Las impedancias de entrada de las tarjetas de audio varían con respecto al coste del modelo y la antigüedad de la misma. Pueden oscilar des de los 600  $\Omega$  a los 47 k $\Omega$ .

Esto hace que para ser empleadas como tarjetas de adquisición de datos se les deba proteger con un seguidor de tensión a su entrada, evitando corrientes elevadas que puedan dañar la circuitería de la tarjeta.

## 3.4. Comparativa del mercado

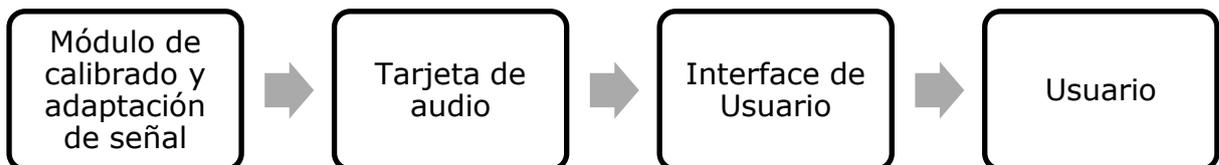
A continuación se adjunta una tabla de tarjetas de audio en el mercado remarcando estas tres características principales:

**Taula 1.** *Esta tabla recoge los valores de las características relevantes para el proyecto de algunas tarjetas de audio.*

Marca	Modelo	Rango de frecuencias	Rango de tensiones (V <sub>PP</sub> )	Impedancia de entrada (k $\Omega$ )
<b>Asus</b>	Xonar Essence ST	10 Hz -90 kHz	5,65	5,2
<b>Creative</b>	PCI Express Xtreme XFI	12 Hz -96 kHz	5,60	10
<b>TerraTec</b>	AudioSystem EWX 24/96	12 Hz -96 kHz	5,50	2,3

# CAPÍTULO 4: DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA

En la figura siguiente se puede observar la estructura básica en la que consistirá el proyecto.



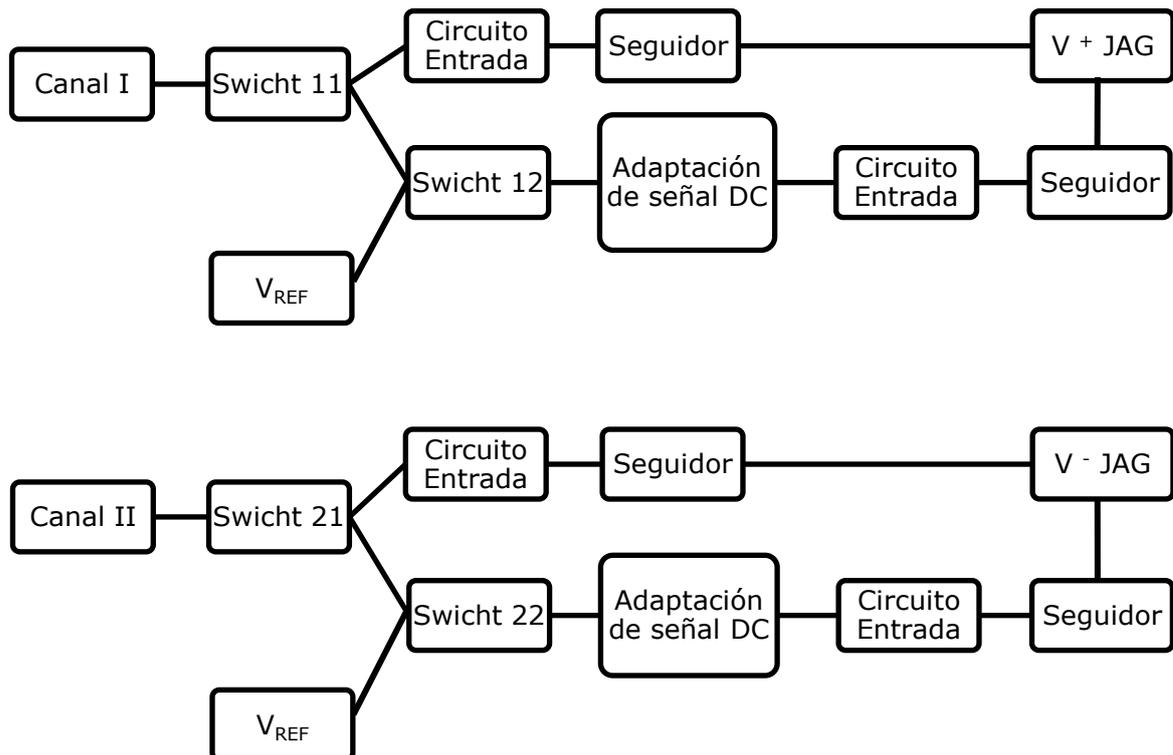
**Figura 9.** *Diagrama de bloques del sistema siguiendo el flujo de la señal a medir.*

## 4.1. Módulo de calibrado y adaptación

Teniendo en cuenta las limitaciones antes comentadas de las tarjetas de sonido, se impone la necesidad de proteger la misma con dispositivos mínimos de seguridad. También se debe incluir en este módulo el circuito de calibrado antes comentado que nos permitirá ajustar el nivel de amplitud real de la señal al visualizarlo en la pantalla.

Como novedad también se incluye en este módulo un tercer camino distinto al de protección y de calibrado consistente en adaptar la señal continua para que pueda ser visualizada por la entrada de la tarjeta de audio.

En base a estas consideraciones se deben incorporar al módulo dos selectores por canal: uno que permita a la entrada redirigirse hacia una medida AC o una salida DC/calibrado; y otro para que permita, una vez seleccionada la entrada DC/calibrado, recibir la señal de una referencia o de la entrada de continua que deseamos medir.



**Figura 10.** Diagrama de bloques del módulo de adaptación de señal y calibrado.

En el diagrama de la figura 10 se observa como los dos canales tienen idéntica disposición.

La tensión de alimentación del sistema, al no requerir de grandes corrientes de alimentación, se toma del voltaje proporcionado por el puerto USB del propio ordenador. Esta tensión nos proporciona una alimentación de 5 V, lo cual será insuficiente para poder alimentar los seguidores de tensión. Por esta razón se empleará un convertidor DC/DC que aumentará este voltaje a unos 12 V, a partir de los cuales se generará una tensión simétrica de  $\pm 6V$ .

Teniendo en cuenta que una vez saturados los amplificadores operacionales no alcanzan el valor de alimentación, si no que normalmente están 1 V por debajo, esto asegurará que a la salida de los seguidores no habrá más de  $5 V_{pp}$ .

La adaptación de la señal continua para que pueda ser vista por la tarjeta de sonido se efectúa mediante un circuito en el que se tiene un multivibrador 555, trabajando como biestable con ciclo de trabajo del 50%, a cuya salida se conectará un MOSFET que trabajará en modo corte/saturación. Este circuito obtendrá a la salida una señal cuadrada que, perdiendo algunos armónicos, la tarjeta de audio estará capacitada para leer. Este mismo circuito se aplicará a la tensión constante de calibrado obtenida mediante una referencia de tensión integrada.

El circuito de entrada que se incluye en el diagrama representa la impedancia de entrada que se encuentra en un osciloscopio convencional y que corresponde a  $1\text{ M}\Omega$  de resistencia y a una capacidad de  $20\text{ pF}$ .

## 4.2. Interface de usuario

Como ya se ha visto, este proyecto requerirá una interface de usuario que se comunicará con la tarjeta de audio, de la que mostrará los datos de la señal, y mostrará la señal visualizada para estudiarla.

Esta muestra debe tener diferentes opciones de escalado, zoom posición, disparo o Trigger y operaciones matemáticas como el cálculo del valor eficaz, medio o su transformada de Fourier para poder mostrar su espectro.

Para llevar a cabo todo esto, se requerirá el siguiente diagrama de bloques jerárquico, correspondiente a un diseño previo del programa y que será susceptible a modificaciones durante el proceso de diseño y programación hasta obtener su diagrama de bloques funcional definitivo, el cual contemplará todos los posibles caminos que seguirá la ejecución del mismo.

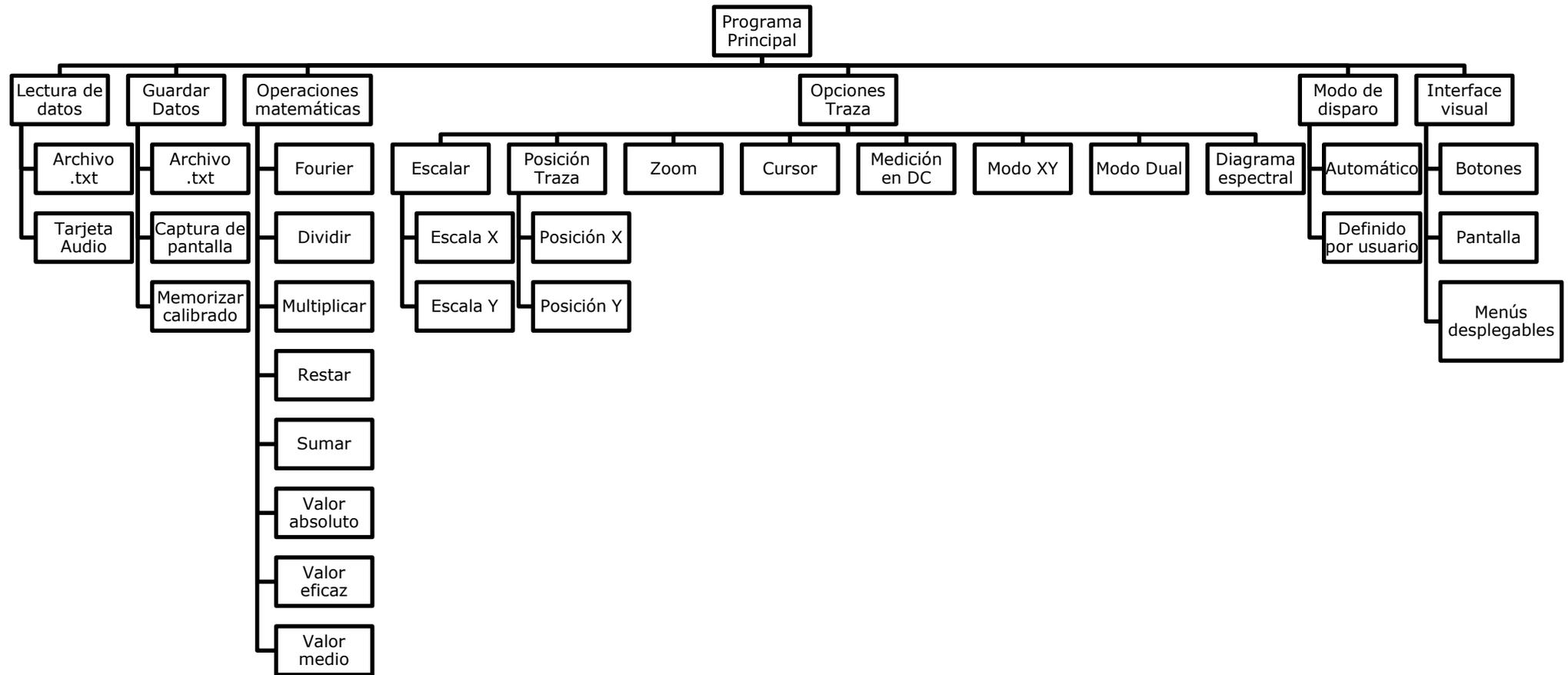


Figura 11. Diagrama de bloques de la interface a diseñar.

#### 4.2.1. *Lectura de datos*

La lectura de los datos se puede obtener mediante dos fuentes, extrayéndolos de un archivo de texto de una sesión anterior, o bien tomar la medida en tiempo real desde la entrada de línea de la tarjeta de audio.

Este bloque será el encargado de comunicar la interface con el ordenador con el fin de obtener la traza que se llevará a estudio. Podrá considerarse la opción mixta, es decir, que en el canal I se esté visualizando una traza tomada en tiempo real mientras que en el canal II se haya cargado una traza desde un archivo de texto. Esto permitirá superponer más de dos trazas, independientemente del número de canales de que se disponga.

#### 4.2.2. *Guardado de datos*

Con la finalidad de poder ser abierto posteriormente, los datos de cualquier traza tomada deberán ser almacenados en forma de archivo de texto con formato ".txt". Este sistema de guardado deberá mantener íntegra la traza por lo que no se debe perder información.

El sistema tendrá no obstante otra opción más visual de guardado de la información que permitirá transportarla a otras aplicaciones de Windows u ofimática por medio del portapapeles. Lo que se generará en este caso es una copia de la imagen representada en la pantalla, tal y como se muestra. Esta opción no permitirá que la traza sea integrada de nuevo en una nueva sesión ni que se someta a estudio mediante las herramientas de este software.

Para asegurar las correctas mediciones, deberemos realizar un guardado del calibrado al que hayamos sometido nuestro sistema, de esta forma habiendo calibrado en la primera medida nos evitará tener que variar el calibrado para cada nueva medida, guardando los parámetros de volumen de sonido que tenía nuestro ordenador en ese momento y volviendo a ellos.

#### 4.2.3. *Operaciones matemáticas*

El sistema requerirá de un bloque puramente matemático donde se efectuarán las operaciones básicas empleadas por los otros bloques en forma de llamada a funciones o procedimientos. Estas funciones consistirán en las básicas, como sumar, restar, dividir y multiplicar, y otras más complejas pero muy usadas por la electrónica como son: valor absoluto, valor medio, valor eficaz y transformada de Fourier.

#### 4.2.4. *Opciones de la traza*

Este bloque controlará la visualización de la traza en la pantalla. Está diseñada en base a las necesidades que puedan surgirle al usuario a la hora de analizar una señal como son:

- Variar su escala, tanto vertical como horizontal.
- Moverse a través de la pantalla, ya sea en la dirección horizontal o vertical.
- Hacer zoom de una zona determinada de la pantalla.

- Disponer de un cursor que indique los valores instantáneos de la traza en un punto fijado por el usuario.
- Realizar la corrección por software de una entrada previamente identificada por hardware como señal continua.
- Representar un canal en función de otro, substituyendo la escala de tiempos por la magnitud variable y el eje vertical por la magnitud dependiente.
- Representar dos canales a la vez, un solo canal (I o II) o incluso un tercero proveniente de un archivo.
- Mostrar en pantalla el espectro de la señal en frecuencia, basado en la transformada de Fourier.

#### *4.2.5. Modo de disparo*

Este bloque permitirá el ajuste del modo de disparo al que deseará someter el usuario a la medición. Este modo de disparo marcará el momento a partir del cual se comenzará a tomar la señal de entrada como valor de la señal a medir y, por tanto, a guardarse en memoria.

#### *4.2.6. Interface visual*

La interface visual engloba todos aquellos componentes puramente estéticos y visuales que aportan una simplificación y claridad a la hora de manejar el programa. Estos incluyen los botones, los menús desplegables, la zona de representación de la traza, la zona donde se mostrarán los datos más significativos de la señal tomada, etc.

# CAPÍTULO 5:

## COSTE APROXIMADO DEL PROYECTO

En este capítulo se reflejan los costes que deberá asumir el proyectista, costes totales, y los que deberán asumir los usuarios que deseen aplicarlo, costes marginales.

### 5.1. Costes marginales

Estos son los correspondientes a la realización del módulo de calibrado y adaptación de la señal. Este módulo incluye los siguientes elementos tabulados con sus precios estimados:

**Tabla 2.** *Lista de componentes del módulo de calibrado y sus precios aproximados de mercado.*

<b>Componente</b>	<b>Precio Unidad(€)</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio (€)</b>
Cable Jack macho/macho 3,5mm	1,65	1	1,65
Cable USB 'A' macho-USB 'A' macho, 2m	3,70	1	3,70
Hembra estéreo de 3.5 mm para fijación chasis a rosca	0,43	1	0,43

Conector BNC Hembra Chasis C/Tuerca	1,20	2	2,40
Conector USB 'A' montaje horizontal	2,00	1	2,00
OP07 Amplificador operacional DIP8	0,74	4	2,96
Referencia de tensión AD1403A 2,5V	4,25	1	4,25
Circuito integrado 555	0,60	2	1,20
Circuito convertidor DC/DC de 5V a 12V	12,00	1	12,00
Resistencias	0,10	10	1,00
Condensadores	0,10	12	1,20
Placa de circuito impreso de baquelita	5,30	1	5,30

En total se obtiene un coste marginal de unos 40 € teniendo en cuenta márgenes de error en los precios.

## 5.2. Costes totales

Como se ha visto el coste del montaje del módulo será de 40 € más su caracterización que puede aumentar unos 10 € el precio total del módulo. Esta caracterización se ha deducido del coste marginal ya que queda a elección del usuario del producto.

Para poder calcular el coste total del proyecto se deberá añadir, a estos 50 € del hardware, la cantidad correspondiente al gasto que representa el software necesario para realizar la interface informática.

Este software será Microsoft Visual Studio 2010 Professional, el cual incluye las herramientas de lenguaje de programación Visual C++ y Visual Basic, además de otras características que facilitan la elaboración y el diseño de este tipo de aplicaciones.

El coste total del software es de 800 € correspondiente a su adquisición permanente. Hay que tener en cuenta, no obstante, que este tipo de software tiende a desfasarse, respecto a los productos que salen al mercado, en un periodo de 5 años. Con lo que se podría reducir la vida útil de dicho producto, en el peor de los casos, a ese periodo de tiempo.

Si se considera la duración del proyecto, 6 meses, podemos comprobar como corresponde a una décima parte de la vida útil del mismo, con lo que aún podrían realizarse 9 proyectos más antes de que este software se desfasase.

Por tanto el coste proporcional a esos 9 proyectos es deducible del total, con lo que el coste del software para realizar la aplicación informática es una décima parte del coste total. Así pues, el coste a tener en cuenta por la adquisición del software es de 80 €.

Se comprueba entonces que el coste total del proyecto está estimado en unos 130 €.



# CAPÍTULO 6:

# BIBLIOGRAFÍA

## 6.1. Referencias bibliográficas

Hickman, Ian. 1997. *Digital Storage Oscilloscope*. Ed. Newnes.

Quiroga González, J. Enrique. 2002. *Sistema de adquisición de datos por tarjeta de sonido*. TEINCO, Corporación Tecnológica Industrial Colombiana,

<http://www.docstoc.com/docs/3172437/Sistema-de-adquisici%C3%B3n-de-datos-por-tarjeta-de-sonido-La>.

Tektronix, "Oscilloscope Types", [www.radio-electronics.com](http://www.radio-electronics.com),

[http://www.radio-electronics.com/info/t\\_and\\_m/oscilloscope/oscilloscope\\_types.php](http://www.radio-electronics.com/info/t_and_m/oscilloscope/oscilloscope_types.php) (Visitada en 15 Mayo de 2010)

Tektronix, "XYZs of Oscilloscopes Primer", [www.tektronix.com](http://www.tektronix.com)

[http://www.tek.com/Measurement/App\\_Notes/XYZs/03W\\_8605\\_3.pdf](http://www.tek.com/Measurement/App_Notes/XYZs/03W_8605_3.pdf) (Visitada en 12 Abril de 2010)

Tektronix, "XYZs of Oscilloscopes", [www.tektronix.com](http://www.tektronix.com),

[http://socrates.berkeley.edu/~phylabs/bsc/Supplementary/Lab1/xyz\\_scopes.pdf](http://socrates.berkeley.edu/~phylabs/bsc/Supplementary/Lab1/xyz_scopes.pdf) (Visitada en 20 Abril 2010)

## 6.2. Bibliografía de Consulta

- Electronics Labs, "Measurements Using PC", [www.electronics-lab.com, http://www.electronics-lab.com/downloads/pc/index.html](http://www.electronics-lab.com/downloads/pc/index.html)
- Grocutt, Thomas. 2000. *Digital storage Oscilloscope*. Proyecto realizado en Abril de 2000.  
[http://www3.telus.net/Harley\\_Davidson/oscilloscope/Building%20a%20digital%20storage%20oscilloscope.pdf](http://www3.telus.net/Harley_Davidson/oscilloscope/Building%20a%20digital%20storage%20oscilloscope.pdf)
- Hameg, "Osciloscopios, Innovación desde el inicio". [www.hameg.com](http://www.hameg.com), HAMEG Instruments.  
[http://www.hameg.com/osci\\_main.0.html?&L=4](http://www.hameg.com/osci_main.0.html?&L=4) (Visitada el 15 de Mayo de 2010)
- Laplante, Phillip A. 2007. *What Every Engineer Should Know about Software Engineering*. CRC Press, Taylor and Francis Group.
- Parallax INC, "Parallax USB Oscilloscope", [www.parallax.com](http://www.parallax.com),  
<http://www.parallax.com/ProductInfo/Microcontrollers/BASICStampSoftware/ParallaxUSBOscilloscopev4/ParallaxUSBOscilloscopev5/tabid/532/Default.aspx>
- Walter, Stephan. 2008. *Digital oscilloscope module with PC interface*. Proyecto realizado en Enero de 2008. <http://stephan.walter.name/files/publications/walter-dso-project.pdf>
- Tektronix, "Tektronix Announces Innovative Digital Phosphor Oscilloscope", [www.tektronix.com](http://www.tektronix.com),  
<http://www2.tek.com/cmswpt/prdetails.lotr?ct=PR&cs=nwr&ci=12939&lc=EN> (Visitada el 15 de Mayo 2010)
- USBee: USB-Based Electrical Engineer, "USBee Suite Pro and Standard", [www.usbee.com](http://www.usbee.com).  
<http://www.usbee.com/usbeesuitemanual.pdf>
- Zelscope, "Oscilloscope and spectrum analyzer", K.Zeldovich y N.Shusharina.  
<http://www.zelscope.com>