



MEMORIA DE PRÁCTICAS EXTERNAS

David Ortiz de Latierro Delgado
Grado en Ingeniería de Tecnologías Específicas de Telecomunicación
E.T.S.I.T.
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



1. Datos generales de la práctica

Código de la práctica: 16/512-024C

Tipo de práctica (curricular o extracurricular): Curricular

Tutor académico: Iván Santos Tejido

Datos personales del estudiante

Apellidos y nombre: Ortiz de Latierro Delgado, David

DNI: 71710341K

Dirección: C/ Antigua, 4, 1º

Localidad: Toro (Zamora)

Teléfono: 637163183

Correo electrónico: david.ortiz-latierro@alumnos.uva.es

Datos de la empresa

Razón social: Universidad de Valladolid

Centro de trabajo: ETSI de Telecomunicación, biblioteca del departamento de Electrónica, Parque Científico UVA, GIR de Nuevas Tecnologías para la mejora de la calidad de la enseñanza

Dirección: Universidad de Valladolid

Localidad: Valladolid

Tutor de la entidad: Miguel Ángel González Rebollo

Cargo en la entidad: Tutor Empresa

Teléfono: 983184956(ext. 4956)

Correo electrónico: mrebollo@eii.uva.es

Calendario de la práctica

Fecha de inicio: 07/11/2016

Fecha de fin: 03/02/2017

Horario: 9:00 – 13:00

Total horas realizadas: 150

2. Descripción de la entidad de acogida (breve historia, ubicación, sector y actividades de la entidad, así como otros datos que considere relevantes)

La entidad en la que he realizado las prácticas es el GIR de Nuevas Tecnologías para la mejora de la calidad de la enseñanza.

Grupo de Innovación Docente TIA

TIA (Tecnología, Innovación y Aprendizaje), es un grupo multidisciplinar creado en 2014, formado por profesores de la UVa de diferentes Centros (E.I. Informática., F. Ciencias, E.I. Industrial) y Departamentos (Informática, Física Aplicada, Física de la Materia Condensada). Además, colabora habitualmente con otros profesores de distintas disciplinas.

Objetivos del Grupo

El trabajo experimental en ciencia y tecnología es una herramienta clave para el aprendizaje. Por ello los laboratorios de prácticas resultan imprescindibles para el aprendizaje de estas disciplinas. Sin embargo, no siempre se dispone de las instalaciones o los medios adecuados para que los estudiantes puedan “aprender haciendo”. El objetivo fundamental del grupo está centrado en estudiar como las TICs (Tecnologías de la Información y la Comunicación) pueden facilitar y hacer accesible al mayor número posible de estudiantes esta estrategia basada en el aprendizaje práctico.

Líneas de investigación en curso

En estos momentos el Grupo TIA centra sus esfuerzos en el desarrollo de entornos y herramientas de bajo coste que permitan el diseño de prácticas docentes, fundamentalmente de física, tanto en entornos formales (Laboratorios de prácticas), como en entornos informales. Para ello se centra principalmente en la utilización tanto de sensores y electrónica (*Raspberry Pi*, *Arduino*), como de los dispositivos móviles (Smartphones, Tablets, wearables).

Actualmente cuenta con una dilatada experiencia en este campo y numerosas publicaciones en revistas y congresos tanto nacionales como internacionales.

3. Descripción concreta y detallada de las tareas, trabajos desarrollados y departamentos de la entidad a los que ha estado asignado.

Resumen

Durante las prácticas en empresa, se estudiaron las diferentes alternativas y requisitos para desarrollar una aplicación de osciloscopio digital en el Sistema Operativo Android.

El plan de trabajo se dividió en cuatro fases diferenciadas que se detallan a continuación:

- Documentación: En la fase de documentación se estudiaron algunas de las soluciones ya existentes desarrolladas, o en desarrollo, de osciloscopios digitales en Smartphones y Tablets, basadas en Android. Para ello se realizó una búsqueda de información sobre varias alternativas reparando en distintos aspectos fundamentales como son: el medio de adquisición de datos, el número de canales disponibles y como se consiguen, resolución máxima y rango de medidas, sistemas de protección contra sobrecargas, medidas que puede realizar, o fabricación de una sonda (en el caso de no utilizar una comercial).
Se puso también interés en la forma de la interfaz de control del osciloscopio, para así poder obtener ideas a la hora de realizar una propia.
- Caracterización del hardware disponible: En la segunda fase se analizaron las especificaciones del Smartphone disponible para pruebas, con el objetivo de caracterizar sus principales componentes y averiguar cuáles eran sus ventajas y limitaciones a la hora de su uso con el osciloscopio.
- Acceso a la toma de audio: En esta tercera fase se investigó como es el acceso a la toma de audio de los dispositivos Android, y como podemos utilizar este conector como entrada de datos para la adquisición de las señales y su posterior tratamiento.
- Planteamiento de la opción más adecuada: Para la última fase, una vez vistas las diferentes soluciones existentes y analizados los medios de los que disponemos, planteamos cual sería la opción más adecuada a desarrollar en el posterior Trabajo Fin de Grado, eligiendo las funciones y características más relevantes a incluir en nuestra aplicación.

Objetivos

El objetivo principal de las prácticas en empresa es analizar distintas alternativas ya existentes de soluciones para el desarrollo de un osciloscopio digital en Android, poniendo especial interés en averiguar cuáles son sus ventajas y limitaciones en cuanto a sus características y especificaciones y sus principales funciones.

A continuación, se realizará un estudio del hardware del que disponemos, para comprobar qué funciones podremos realizar con sus características técnicas y cuáles son las limitaciones que nos presenta.

Después, tocaremos el tema de la programación en Android, centrándonos en la captación de las señales a través de la toma de audio de los dispositivos como vía de entada.

Por último, una vez exploradas las diferentes aplicaciones ya resueltas y teniendo en cuenta el hardware disponible, buscaremos la solución que mejor se adecue a nuestro caso concreto, lo cual sentará las bases para la realización del posterior Trabajo Fin de Grado, que contendrá el desarrollo y la realización del osciloscopio digital.

¿Qué es un osciloscopio?

Un osciloscopio es un instrumento utilizado para visualizar, medir y analizar tensiones variables en el tiempo. Podemos distinguir dos tipos:

- Osciloscopios analógicos (CRO, “Cathode Ray Oscilloscope”).
- Osciloscopios digitales (DSO, “Digital Storage Oscilloscope”).

En concreto nos vamos a centrar en los digitales, cuyas características principales son las siguientes:

- Muestran la señal de entrada y almacenan la información hasta tener un número de puntos suficientes para representarla.
- La representación no es en tiempo real.
- La velocidad de actualización de la pantalla está limitada por el procesamiento de las muestras.
- Son adecuados para visualizar señales de baja frecuencia, transitorios y la parte de la señal anterior al punto de disparo.

Alternativas existentes de osciloscopios digitales

Primeramente, estudiaremos algunas de las soluciones comerciales que existen en el mercado, analizando sus principales características y funcionalidades.

Osciloscopio Imex Micsig Tablet



Figura 1. Osciloscopio Micsig tBook T02041

Este osciloscopio tiene formato de Tablet, lo cual le dota de gran portabilidad y comodidad de uso. Además, cuenta con un ancho de banda de hasta 1GHz y una tasa de muestreo de hasta 5GS/s (Giga muestras por segundo). Según la web del fabricante está orientado a

cubrir aplicaciones de comunicaciones, semiconductores, informática, instrumentación e investigación/docencia entre otras.

Su pantalla es una LCD táctil de 10,1" con una resolución de hasta 1024*600px.

Entre sus principales características destacan:

- Ancho de banda de hasta 1GHz
- Tasa de muestreo de 1GS/s – 5GS/s
- Dos canales o hasta 4 aislados
- Tiempos de subida < 5ns
- Acoplo de entrada DC, AC y GND
- Resolución vertical de 8bits, entre 2mV/div y 5V/div
- Resolución horizontal de 200ps/div a 1000s/div
- Modo de disparo: flanco, pulso, lógico, etc.
- Modo de decodificación de protocolos: UART, LIN, CAN, SPI, I2C, 1553B, 429
- Funciones matemáticas: +, -, *, / y FFT
- Sonda: x10, 13pF, 10MΩ mediante BNC

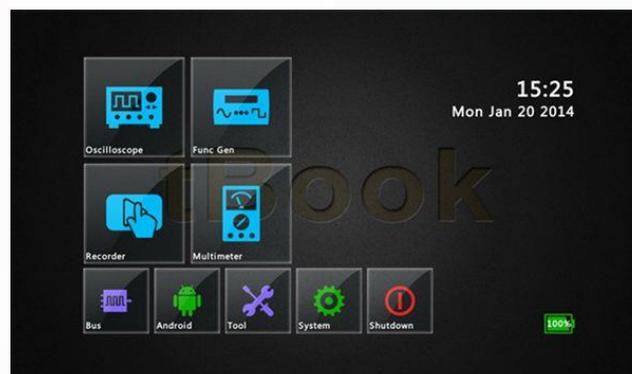


Figura 2. Interfaz de usuario en el tBook T02041

Además de estas funciones, el equipo puede utilizarse también como generador de señales, multímetro y grabador de señales, gracias a su memoria interna. Por último comentar que tiene una autonomía de unas 8 horas continuadas y que también soporta conectividad WIFI, LAN y USB 2.0. Su precio es de unos 875,00€.

DSO NANO V3

Este es un osciloscopio digital de bolsillo, de un tamaño similar al de un Smartphone, aunque con algo más de grosor, muy fácil de operar.



Figura 3. Osciloscopio DSO NANO v3 (Accesorios incluidos en la izquierda)

Está basado en un microcontrolador de 32bits ARM Cortex-M3 y equipado con una pantalla a color de 320*240px no táctil. Lleva un puerto USB para conectarse con el ordenador y cargar su batería. Sus aplicaciones principales son la docencia, reparaciones eléctricas e ingeniería. Sus características más importantes son:

- Ancho de banda de hasta 200KHz
- Tasa de muestreo de 1MS/s (12bits)
- Un canal
- Acoplo de entrada DC
- Resolución vertical entre 0,5V/div y 10V/div
- Resolución horizontal de 1us/div a 10s/div
- Modo de disparo: 6 (Auto, Normal, Simple, Ninguno, Escaneo y Ajuste)
- Sonda: x10, 500KΩ mediante jack de audio

Este otro osciloscopio también puede utilizarse como generador de señales gracias a una tarjeta de memoria externa donde podemos grabar nuestras señales, aunque son muy limitadas. Su precio es de unos 90,00€.

LabNation SmartScope

En este caso, el dispositivo también realiza funciones extras a la del osciloscopio, como son la de analizador lógico y generador de ondas. El *SmartScope* permite que cualquier persona posea un laboratorio personal de alta tecnología tan solo conectándolo a un PC, portátil, Tablet o Smartphone.

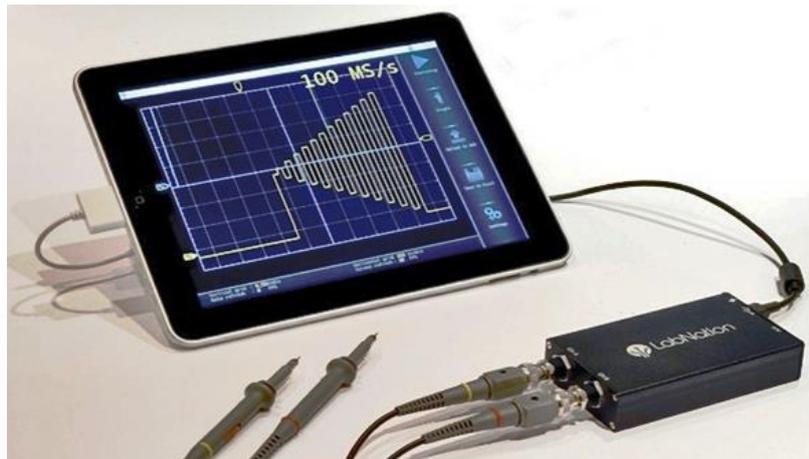


Figura 4. SmartScope conectado a iPad mediante USB

A pesar de analizarlo como un dispositivo comercial, lo único que adquirimos es la placa controladora y las sondas, ya que el proyecto es de código abierto y todas las APIs están a disposición del usuario, tanto para Windows como para Linux, MacOS, Android o iOS, así como el acceso completo a su FPGA que lo hace funcionar.

Por lo tanto, necesitamos un terminal al cual conectarlo, mediante USB. Como buscamos soluciones basadas en Android, nos centramos en su conexión con los Smartphones y Tablets.

En este caso, la conexión es como hemos mencionado mediante USB (USB-OTG, "On The Go"), una funcionalidad requerida pero que se está convirtiendo en un estándar para dispositivos Android, donde es compatible desde Android v3.1, aunque depende de la antigüedad y la calidad del Smartphone el que éste sea compatible con el estándar.

Aunque vemos que tiene varias aplicaciones, nos centraremos en analizar sus características como osciloscopio:

- Ancho de banda de 30MHz (En el punto de -3dB)
- Tasa de muestreo de 100MS/s (por canal)
- Dos canales
- Acoplo de entrada DC, AC y GND
- Resolución vertical de 8bits, entre 20mV/div y 10V/div
- Modo de disparo: flanco, pulso, lógico, etc. + Externo
- Sonda: x10, 10pF, 10MΩ mediante BNC

Además de esto, también podemos grabar formas de onda y almacenarlas en archivos disponibles para ser tratados con Matlab o Excel. Su precio oficial es de 299,00€.

Osciprime

Este proyecto es una plataforma hardware para la adquisición de datos a alta velocidad basada en Android, *Open Source*. La plataforma es capaz de conectarse a dispositivos Android a través de su puerto USB y convertir un Smartphone o Tablet en un auténtico osciloscopio.

El proyecto se inició en la Universidad de Ciencias Aplicadas del Noroeste de Suiza en 2010, donde fue galardonado con el premio a la mejor tesis de licenciatura de la Facultad Técnica. Desde entonces ha sido desarrollado y mantenido por *Nexus-Computing Suiza* donde sus creadores trabajan como ingenieros. A pesar de que el proyecto se define como *Open Source* y tanto el código software como el esquema hardware está disponible para cualquier persona, también es posible comprar tanto la placa *OsciPrime* como la app Android directamente.

El hardware consta de dos partes: el *front-end* analógico donde se captura una señal y se adapta para los conectores A/D, y un *front-end* digital donde los datos son cuantificados y preparados para la transmisión por USB. Los componentes clave son un *CPLD Xilinx Coolrunner* (Dispositivo Lógico Programable Complejo) y un microcontrolador *Cypress FX2*.

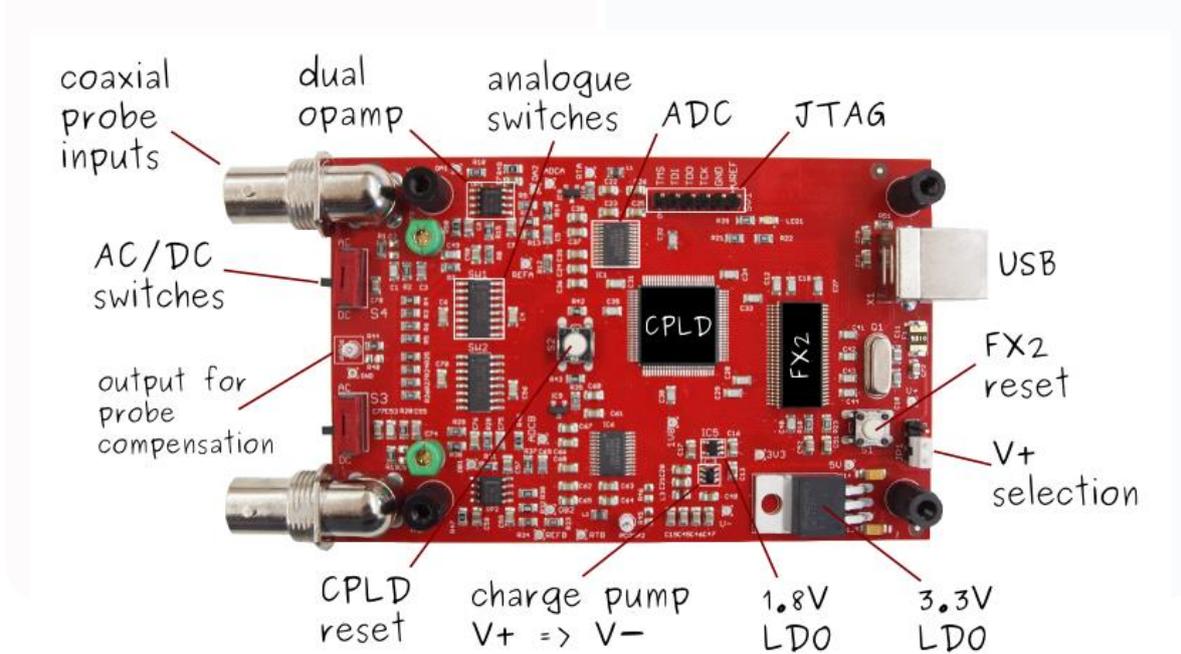


Figura 5. Placa controladora del Osciprime

Como hemos dicho, la forma en la que el hardware se conecta a nuestros terminales Android es mediante USB, haciendo uso de la API de Android para el USB Host, con lo que está limitado el uso a los dispositivos compatibles con este estándar.

De momento lo han testeado con un *Acer A500*, un *Galaxy Nexus* y con la *Nexus7*, utilizando un convertidor OTG, todos ellos incluso sin la necesidad de tener el acceso "root" activado. Aunque los propios desarrolladores advierten que aquellos Smartphones o Tablets que hagan uso del USB OTG deberán tener en cuenta que no dispondrán de una fuente externa, por lo que al utilizar el osciloscopio gastarán la batería rápidamente.

La aplicación para Android puede comprarse y se encuentra disponible en *Google Play*, aunque también podemos acceder al código fuente como dijimos anteriormente.

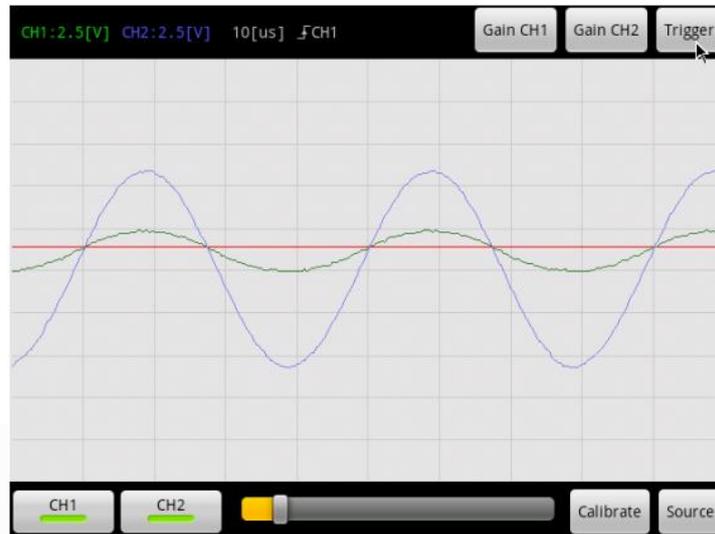


Figura 6. Interfaz de usuario de la app del Osciprime

Por otra parte, en su informe técnico disponible en su web, podemos entender mejor su funcionamiento (hardware y software), así como encontrar entre otras cosas sus especificaciones como osciloscopio, que es el tema que nos ocupa:

- Ancho de banda de 3,3MHz a 8MHz (dependiendo de la ganancia)
- Tasa de muestreo de hasta 48MHz
- Dos canales
- Acoplo de entrada DC, AC y GND
- Resolución vertical de 8bits, con V_{in} máximo de $\pm 16V$
- Resolución horizontal de $5\mu s/div$ a $1ms/div$
- Modo de disparo: flanco, CH1/CH2
- Medidas: Voltaje, Frecuencia y Tiempo
- Sonda: x10, mediante BNC
- Alimentación y transmisión de datos por USB
- Consumo total aproximado de 1W (880mW)

Su precio va desde los 269,00€, aunque actualmente se encuentra fuera de stock.

Proyectos DIY de osciloscopios digitales basados en Android

A continuación, veremos algunos osciloscopios digitales DIY (*“Do It Yourself”*, Hágalo usted mismo) desarrollados por diferentes usuarios, analizando diversos puntos, como sus funcionalidades y características, su forma de adquirir y transmitir los datos y su interfaz de usuario, de manera que podamos establecer cuáles son sus puntos fuertes y débiles en comparación con el resto.

Proyectos basados en la entrada de audio

Existen numerosos proyectos en Internet basados en la captación de señales para su posterior visualización a través de la entrada de audio de los terminales Android. Sin embargo, la mayoría utilizan una aplicación que analiza el espectro de audio y simplemente te dan una orientación de la frecuencia a la que se está reproduciendo la señal de entrada, por lo que resultan extremadamente limitados en cuanto a funcionalidad.

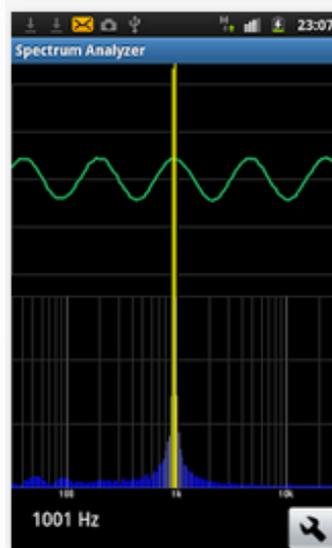


Figura 7. Salida en app para analizar espectros de audio captado por el micrófono

Nosotros vamos a centrarnos en proyectos más elaborados como pueden ser los siguientes.

iPod Oszi

Este es un proyecto creado por un usuario alemán, que se basa en la construcción de una sonda para medir y adaptar señales a la entrada de audio de los dispositivos móviles Android e iOS, para su posterior análisis en el mismo.

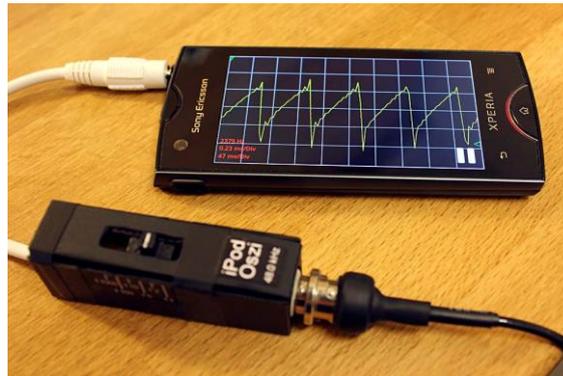


Figura 8. Sonda iPod Oszi conectada a Smartphone

Para poder utilizar esto como un osciloscopio se utiliza la entrada de micrófono, lo cual permite una medición de hasta unos 44,1 – 48KHz.

Sin embargo, esta entrada de micrófono solo puede manejar tensiones de hasta 2,1V. Por ello, necesitamos de esta sonda, para adaptar las tensiones y poder medir tensiones más altas. El esquema que utiliza es muy simple y se basa en un divisor de tensión, donde una de las resistencias es fija (1200Ω) y la otra es variable y seleccionable mediante un interruptor deslizable, que nos muestra las diferentes relaciones de voltaje de entrada/salida.

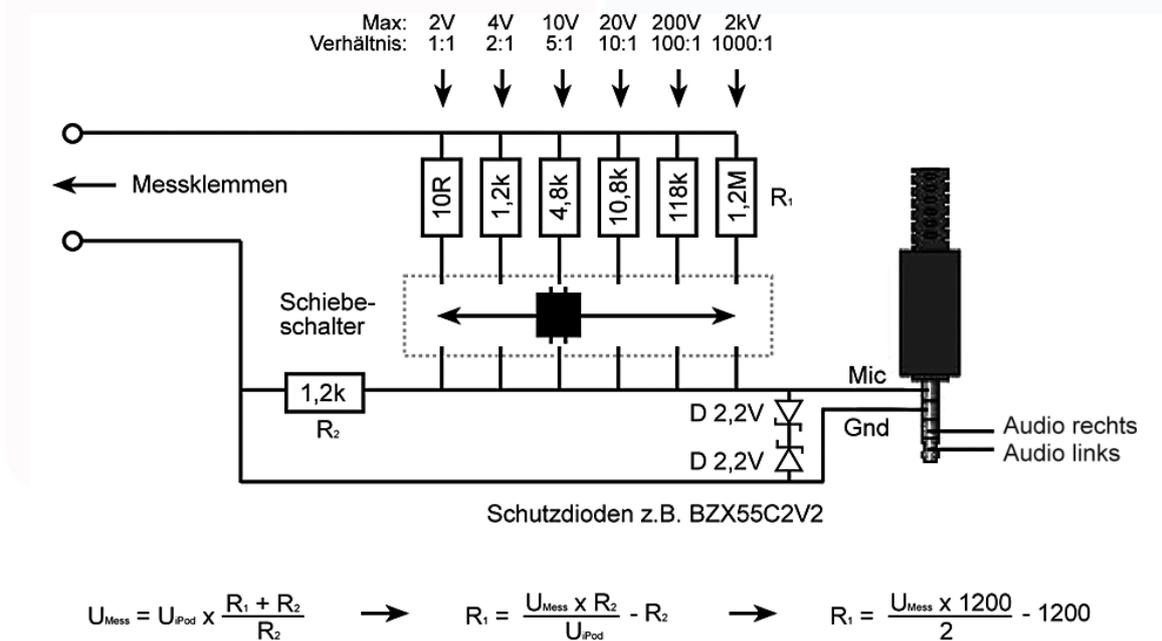


Figura 9. Diagrama eléctrico del circuito de la sonda

El motivo, según explica este usuario, de colocar una resistencia fija de este valor, es que la mayoría de los dispositivos Android e iOS necesitan de una impedancia de entrada de aproximadamente 1KΩ para detectar la entrada de micrófono.

Como está pensado para que podamos medir tensiones más altas, no se debe descuidar la seguridad frente a sobrevoltajes, por lo que ha instalado también dos diodos Zener justo a la entrada de la clavija de entrada al terminal.

Como vemos, las ventajas de este proyecto son:

- Fácil desarrollo y producción
- Proyecto económico
- Gran rango de tensiones disponible
- Versatilidad en gran número de terminales móviles

No obstante, también presenta grandes desventajas o limitaciones:

- El terminal móvil y la sonda no están aislados eléctricamente
- El rango de frecuencias a medir solo llega hasta unas decenas de KHz

Por último comentar que la aplicación con la que el usuario realiza las medidas es "Oscilloscope Pro", de NFX Development y que tiene un precio en Google Play de 5,99€. Ya que varias de las alternativas estudiadas utilizan esta aplicación, comentaremos su interfaz de usuario más adelante.

OscilloPhone: Oscilloscope / Signal Generator

En este caso, el usuario que ha desarrollado el proyecto ha creado una estación portátil que hace las veces de generador de funciones y osciloscopio todo en uno.

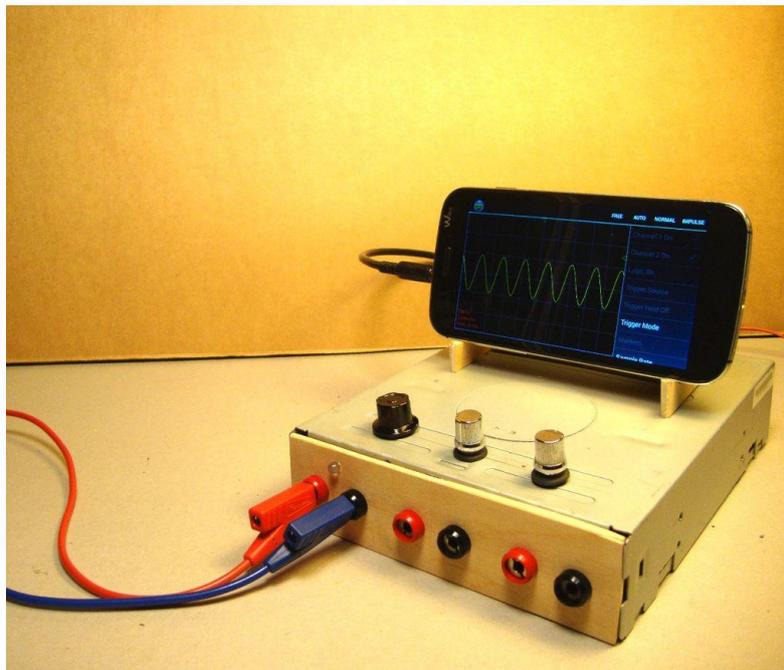


Figura 10. Estación portátil OscilloPhone conectada y midiendo

Se conecta con el terminal Android mediante el jack de audio e incluye:

- Una entrada de osciloscopio
 - Desde 150Hz a 15KHz (Frecuencias mayores tendrán peor calidad de señal)
 - Para entradas de hasta $\pm 50V$ (Entradas mayores a través de circuito auxiliar)
- Dos salidas del generador de funciones
 - Una para señales cuadradas, triangulares y sinusoidales hasta 15KHz
 - Otra para las mismas señales, pero de mayor potencia (corrientes hasta 2A)

En este caso el usuario, pone en nuestro conocimiento dos aplicaciones para Android para utilizar el generador de funciones (una de pago y otra gratuita) y dos más para la opción del osciloscopio, de nuevo una de ellas la de *"Oscilloscope Pro"*.

En cuanto al circuito electrónico que utiliza para adecuar las señales de entrada y salida del dispositivo Android, solo nos centraremos en la parte del osciloscopio, que es la que nos ocupa.

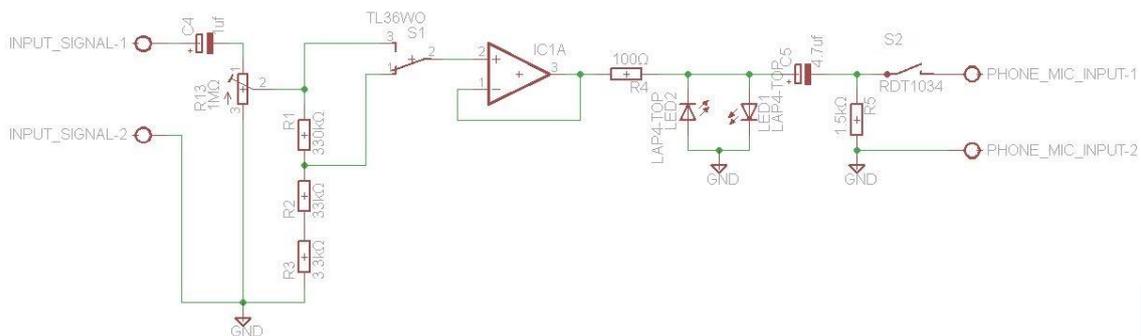


Figura 11. Diagrama eléctrico del circuito para la sonda del osciloscopio

En el circuito podemos diferenciar 4 etapas:

- Condensador de $1\mu\text{F}$, potenciómetro y *array* de resistencias: se utilizan para reducir el voltaje de entrada hasta uno apto para la entrada de audio del terminal, así como bloquear la componente DC de la señal.
- Amplificador operacional: se usa como buffer para ajustar la impedancia del circuito.
- Resistencia de 100Ω y LEDs: Se utilizan para limitar el voltaje que alcance al terminal y avisarnos de si este es más alto de la cuenta para que utilicemos la reducción de la primera etapa (interruptor S1).
- Condensador de $4,7\mu\text{F}$ y resistencia de $1,5\text{K}\Omega$: son utilizados para aislar la entrada del micrófono y para que el terminal Android reconozca una fuente externa conectada.

Al igual que en el proyecto anterior, observamos que al utilizar la entrada de audio del terminal móvil, solo podemos procesar señales de hasta unas decenas de KHz, ya que a partir de la mitad del ancho de banda total del procesador, las señales serán más débiles y de peor calidad. Otra de las limitaciones que tiene el proyecto es que no se pueden usar los dos aparatos a la vez, excepto en aquellos dispositivos que permitan la multitarea.

Como sugerencias de mejora se destaca el posible uso de optoacopladores para aislar completamente de manera eléctrica el circuito del terminal.

Oscilloscope Pro

Esta alternativa desarrollada por *NFX Development* es el proyecto del que surgió la aplicación para dispositivos Android mencionada en proyectos anteriores y que toma el mismo nombre, y es utilizada como herramienta para los ingenieros electrónicos o de audio, de manera que se puedan analizar y monitorizar señales electrónicas o de audio.

Originalmente el proyecto estaba enfocado a la conexión mediante la entrada de micrófono de los dispositivos Android, aunque más recientemente se ha dado soporte a la conexión mediante USB, la cual comentaremos más adelante.

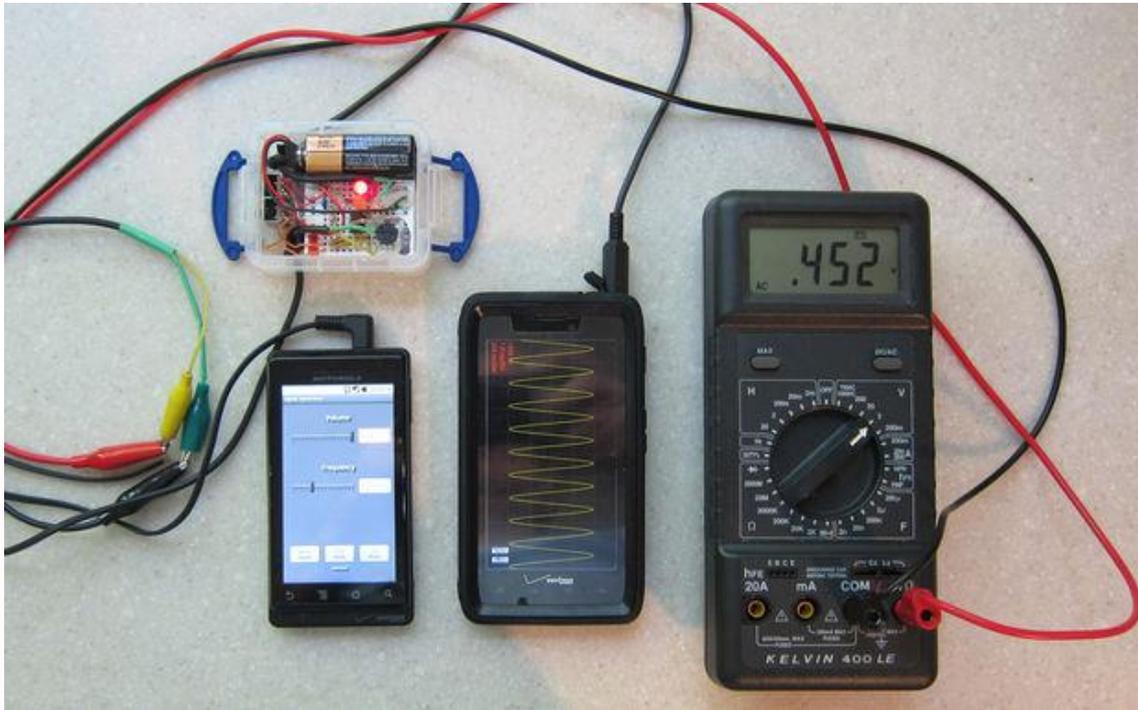


Figura 12. Oscilloscope Pro midiendo a través de la entrada de audio

Básicamente se dedicó el desarrollo a la fabricación de un preamplificador que adaptase las señales de interés, a la entrada de audio de los Smartphones mediante el jack de 3.5mm. Y es que, aunque estemos analizando el mismo concepto de soluciones anteriores, es de este proyecto del que toman idea el resto.

El objetivo del proyecto fue realizar un osciloscopio para móviles más versátil, útil y altamente resistente a transferencias de voltaje dañinas para nuestros terminales.

En cuanto a la fabricación del preamplificador, primero se partió de un circuito simple al que se le fueron añadiendo diversas mejoras:

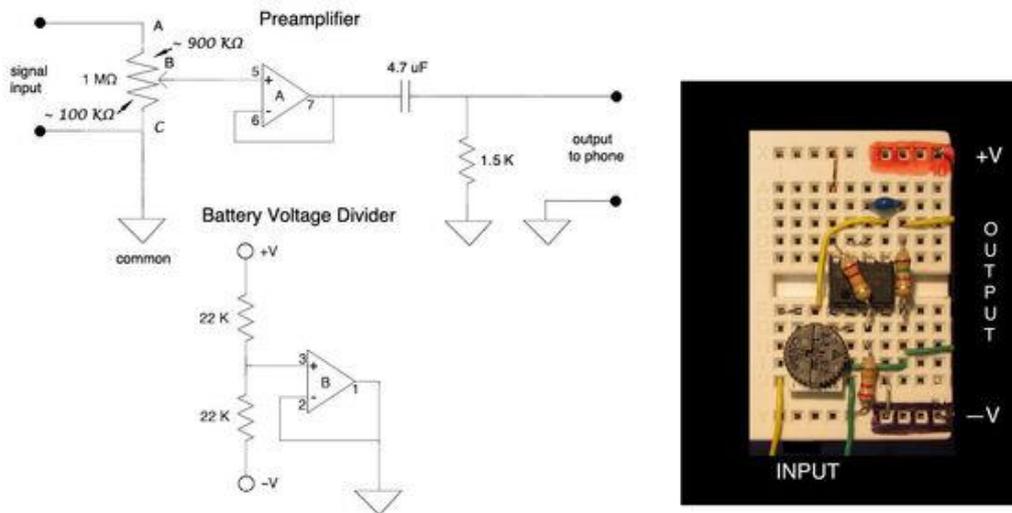


Figura 13. Diagrama del circuito básico

Este primer circuito es el núcleo principal y consta de dos operacionales y un potenciómetro, además de algunas resistencias y condensadores. El funcionamiento principal es:

- El operacional B es un divisor de tensión que da a su salida el voltaje mitad de la entrada invertido.
- El potenciómetro fija la impedancia de entrada de manera que no le llegue un sobrevoltaje al operacional A, el cual sirve de buffer adaptando la impedancia en su salida.
- Por último el filtro formado por el condensador y la resistencia, aíslan la entrada del micrófono de la componente DC del preamplificador y sirve para que el dispositivo reconozca la fuente de entrada externa.

Al analizarlo, vemos que tiene sus limitaciones, como que solo funciona con voltajes de unos $\pm 10V$ a la entrada, el jack del dispositivo está expuesto a transitorios de voltajes altos.

Para mejorar estos aspectos, se llevó a cabo una ampliación del circuito con algunos elementos a mayores.

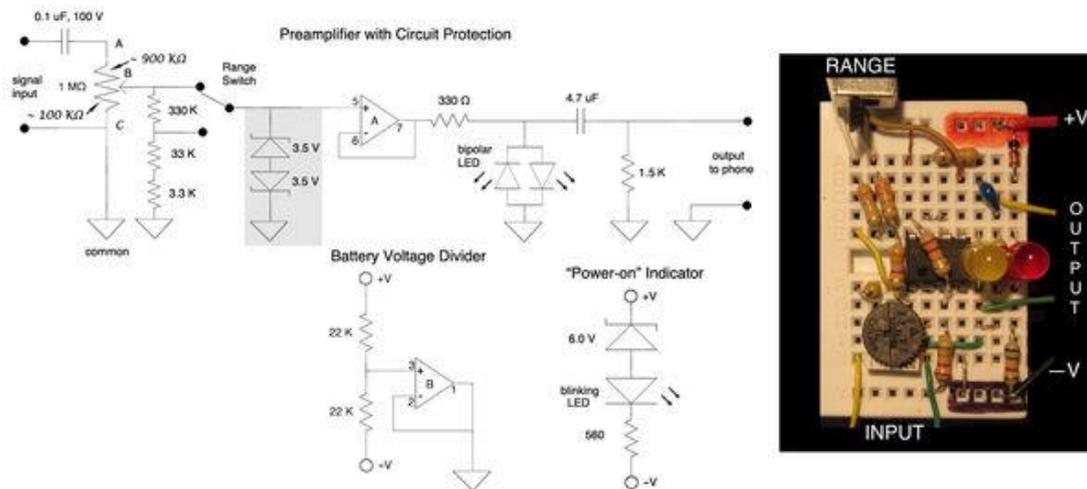


Figura 14. Diagrama de la ampliación del circuito (circuito final)

En este circuito se incluyeron:

- Una serie de resistencias controladas por un interruptor de dos posiciones, con las cuales podemos obtener un ratio de atenuación de 10 a 1 adicional, con lo cual aumentamos el rango de valores a la entrada en un factor 10. Y un condensador a la entrada para eliminar la componente continua de las señales de entrada.
- Un par de diodos Zener (parte gris en el diagrama) que ofrecen un nivel adicional de protección, pero que aumentan el ruido del circuito.
- La resistencia de 330Ω y los diodos LED para limitar el voltaje a la entrada del micrófono y advertir voltajes mayores.
- Un indicador de batería para monitorizar el estado de la misma y saber cuándo está baja, aunque esto último no nos importa mucho para nuestro estudio.

En cuanto a la aplicación, tiene tres modos diferentes que son accesibles presionando el botón de menú de los dispositivos:

- **Auto:** Muestra continuamente la señal de entrada, aunque también puede disparar señales que excedan el umbral fijado.
- **Trigger:** Designado a monitorear señales continuas, como senos o cosenos.
- **Impulse:** Tiene un rango de tiempo mayor que el modo anterior. También posee un indicador que puede fijarse para disparar solo una vez y detener la monitorización. En este modo se puede arrastrar la línea de tiempo y ver los datos después del disparo.

Las lecturas que nos da son de voltaje y frecuencia, aunque también nos permite colocar cursores para poder medir tiempos en las señales o amplitudes.

Una vez vistas diferentes soluciones basadas en la entrada de audio, podemos intentar resumir sus ventajas y limitaciones.

- Ventajas
 - No necesitamos de un procesador externo
 - Valido para cualquier terminal con conexión jack de 3,5mm (la gran mayoría)
 - Componentes para el circuito de adaptación muy económicos
- Limitaciones
 - Solo disponemos de un canal
 - Necesidad de circuitos de protección y adaptación para rangos de voltaje elevados
 - Terminal no aislado eléctricamente del resto del circuito
 - Solo valido para rango de frecuencias pequeño
 - Solo para acoplo AC

Proyectos basados en USB

Oscilloscope Pro

Para empezar, vamos a analizar el mismo proyecto anterior que, como habíamos dicho, más recientemente ha incluido un nuevo soporte para la conexión por USB entre el circuito y el terminal Android y que según comentan los desarrolladores es una mejor opción de entrada de datos.

La solución se basa en el uso del modo *USB Host* en los terminales y un hardware específico para la conexión USB proporcionado por *Gabotronics* llamado *XMEGA Xprotolab*, un dispositivo que para sus pequeñas dimensiones (2,5*4cm) cuenta con 2 entradas analógicas y 8 digitales (para su uso como analizador lógico), y numerosas funciones.

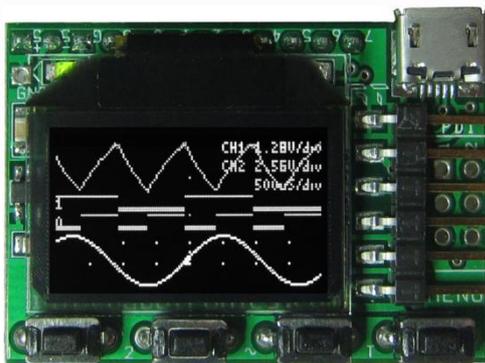


Figura 15. Placa de circuito impreso de la tarjeta XMEGA Xprotolab

Entre sus principales características (nos centramos en su uso como osciloscopio) y funciones se encuentran:

- Características
 - 2 canales
 - Máxima tasa de muestreo de 2MS/s
 - Ancho de banda de hasta 200kHz

- Resolución de 8 bits
- Impedancia de entrada de $1M\Omega$
- Rango de voltaje de entrada de -14V a 20V
- Funciones
 - Modos de disparo
 - Normal
 - Simple (con umbral)
 - Auto
 - Flanco
 - Medición de amplitudes (media y pico a pico) y frecuencias
 - Modo XY
 - Figuras de *Lissajous*
 - Diferencias de fase
 - Curvas V/I
 - Cálculos de FFT

En cuanto a la aplicación, en este caso tiene cuatro modos diferentes que están resaltados en color azul:

- Free: Sin disparos
- Auto: Igual que en el caso anterior con el jack
- Trigger: También como en el caso anterior
- Impulse: De nuevo como en el caso anterior

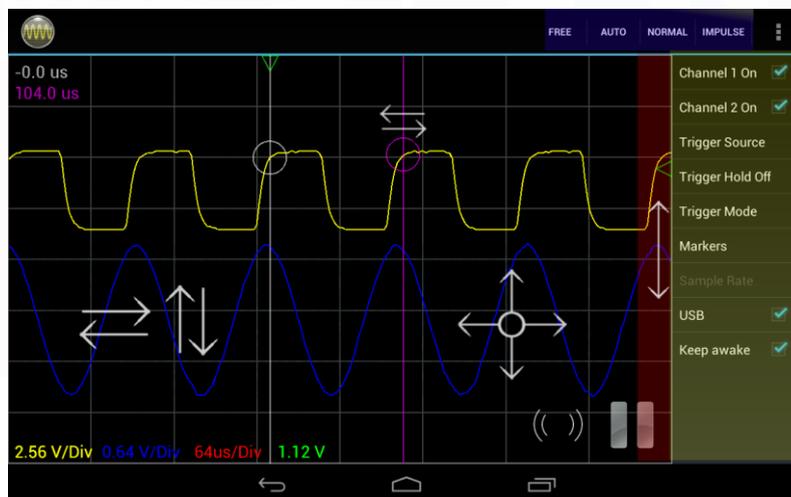


Figura 16. Interfaz de usuario de la app Oscilloscope Pro conectada por USB

La diferencia es que como ahora podemos representar dos señales, además de las medidas de amplitud y frecuencia, también podemos realizar medidas entre señales: tiempos de subida, desfases, etc.

Con este tipo de conexión para el dispositivo Android, encontramos algunas mejoras y algunos inconvenientes con respecto a la opción de la entrada de audio:

- Ventajas
 - Aumentamos el rango de frecuencias que podemos medir
 - Podemos muestrear más rápido
 - Aumentamos el número de canales → Operaciones entre señales
- Inconvenientes
 - Necesitamos procesador externo → Componentes más caros
 - No todos los terminales son compatibles
 - Seguimos necesitando circuitos de protección contra sobrevoltajes

Por último destacar que desde la página de descarga de la aplicación, nos indican que solo ha sido testada en algunos modelos (*Samsung Galaxy Nexus, Asus Transformer, Asus Nexus 7, Samsung Galaxy S3*) y que es probable que necesitemos un cable USB OTG para conectarlo.

Proyectos basados en Bluetooth

Finalmente veremos alguna alternativa que utiliza la conexión mediante Bluetooth como medio de transmisión de la información.

OscBox

Este es un proyecto desarrollado por *Oltex Ltd. Co.*, el cual consta de dos partes, un hardware (el *OscBox-1600*) y la aplicación software *AR-Oscilloscope*, que combinadas nos proporcionan un osciloscopio Android por Bluetooth.

Este dispositivo puede ser utilizado además en otros sistemas como Windows, Linux o Mac si nuestro ordenador tiene conexión inalámbrica Bluetooth.



Figura 17. Hardware del OscBox-1600

El dispositivo es lo suficientemente pequeño para poder introducirlo dentro de cualquier sistema móvil. Esto abre nuevas posibilidades de medición para cualquier persona que trabaje en campos como robótica o drones. Además, la API de Java está disponible de manera que cualquiera puede construir su propio software e implementar cualquier análisis de datos que necesite.

Las medidas que se pueden realizar con este dispositivo son:

- Tensión continua/alterna
- Corriente continua/alterna
- Tiempos y retardos
- Fases y diferencias de fase
- Frecuencias

Básicamente la captura de señales se realiza en el hardware que hemos visto, donde se procesan y se realizan los cálculos. A continuación, los resultados son enviados por Bluetooth al terminal de destino donde son representados, según las necesidades del usuario.

Esto lo hace extremadamente portable, intuitivo y fácil de usar. Seguidamente podemos ver la interfaz de usuario, donde vienen representadas las diferentes medidas tomadas.

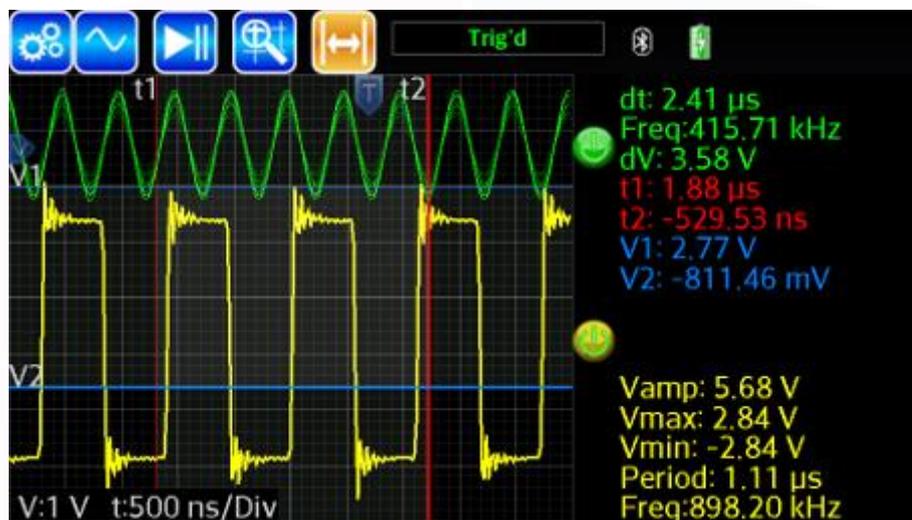


Figura 18. Interfaz de usuario de la app AR-Oscilloscope

Android Bluetooth Oscilloscope

Esta última solución también está basada en Bluetooth como medio de transmisión. La placa controladora consta de un *dsPIC33FJ16GS504* para la conversión analógica a digital de los dos canales que tiene disponibles, así como su posterior procesado. Después los datos procesados son transmitidos al terminal Android a través de un módulo SPP Bluetooth *LMX9838*.



Figura 19. Placa controladora del osciloscopio con módulo Bluetooth

En este caso el rango de voltajes de entrada depende de la configuración del preamplificador externo, pero por defecto tan solo tiene un rango de $\pm 8V$.

En cuanto a la resolución que muestra la aplicación tenemos:

- Vertical: 10mV, 20mV, 50mV, 100mV, 200mV, 500mV, 1V y 2V
- Horizontal: 5 μ s – 50ms

Como vemos en la siguiente imagen la interfaz es muy sencilla, ya que solo nos permite variar las escalas utilizadas, la posición vertical de las señales y controlar solo una señal cada vez. Además se puede pausar la captura para ver la instantánea de las señales.

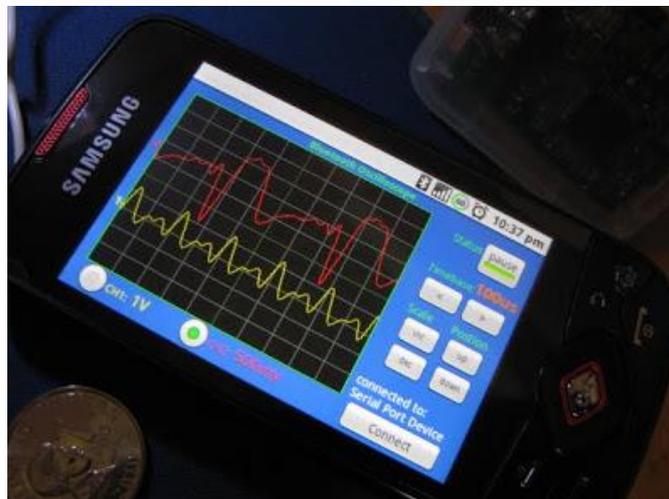


Figura 20. Interfaz de usuario del osciloscopio

A la vista de estas soluciones Bluetooth podemos sacar de nuevo nuestras conclusiones acerca de las diferencias que presentan con el resto de propuestas que utilizan un medio de transmisión distinto.

- Ventajas
 - El terminal Android y el circuito están aislados eléctricamente → No hay problemas de sobrevoltajes
 - Podemos representar más de una señal (Tantas como podamos capturar con nuestro circuito)
 - Muchos terminales son compatibles con Bluetooth
- Limitaciones
 - Necesitamos de un circuito de procesamiento externo → Encarece el precio total del proyecto
 - Necesitamos de un transmisor inalámbrico y por lo tanto adaptar los resultados para la transmisión con el mismo

¿Cuáles son las funciones más relevantes a incluir?

Una vez estudiadas las diferentes alternativas existentes, podemos hacer una lista de las funciones más importantes que utilizan estos dispositivos, en cuanto a medidas y caracterizaciones.

Sistema Vertical	Controles	Acoplo	DC
			AC
	Volts/Div.		
	Medidas	Tensiones	Pico
Cursores		Media	
Sistema Horizontal	Controles	Tiempo/Div.	
	Medidas	Frecuencia	
		Periodo	
		Tiempos	Subida
Sistema de Trigger	Controles	Modo	Bajada
			Δ Tiempo
			Flanco
			Pulso
			Normal
			Auto
Funciones	Simple		
	Externo		
	Invertir CH		
	+, -, *, /		
	FFT		
	X/Y (2 canales)		
	Run/Stop		
Decodificador de protocolos			
Medida de fases			

Caracterización del hardware disponible

En este próximo apartado estudiaremos cuáles son las características del hardware del que disponemos, para analizar cuál podría ser la opción más interesante que implementar.

Samsung Galaxy S4 mini GT-I9195

En concreto el modelo del que disponemos para realizar las pruebas es un Smartphone de gama media de Samsung denominado *Galaxy S4 mini*, cuya aparición en el mercado data del año 2013. Se trata de una versión más compacta del modelo de gama superior *Samsung Galaxy S4*.

Sus principales características son las siguientes:

- Tamaño: 61,3*124,6*8,94mm
- Peso: 107g
- Micro-SIM
- Redes
 - GSM 850/900/1800/1900MHz
 - UMTS 850/900/1900/2100MHz
 - LTE 800/850/900/1800/2100/2600MHz
- Redes móviles
 - UMTS
 - EDGE clase 12
 - GPRS clase 12
 - HSPA+
 - LTE Cat3
- Sistema Operativo
 - Android 4.2.2 *Jelly Bean* de fabrica
 - Android 4.4.2 *KitKat* actualizado
- Soc
 - *Qualcomm Snapdragon 400 MSM8930AB*
- Memoria
 - Interna 8GB
 - Ampliable por microSD/microSDHC/microSDXC
- Pantalla
 - Super AMOLED
 - 4,3"
 - 16:9
 - Resolución 540*960px
 - 256 ppi
 - 24 bits de color
 - Capacitiva, multitáctil y anti arañazos (*Corning Gorilla Glass 2*)
- Formatos de video
 - MPEG4, H.264, MP43, VC-1, WMV 7/8, Sorenson Spark, H.263, VP8
- Formatos de audio
 - MP3, AMR-NB / WB, AAC / AAC+ / eAAC+, WMA, OGG, FLAC, WAV
- Sensores

- Proximidad
- Luz
- Acelerómetro
- Brújula
- Giróscopo
- Cámaras
 - Principal CMOS BSI de 8MP (3264*2448p) 30fps
 - Secundaria de 2MP (1920*1080p)
- Conectividad
 - Radio RDS
 - GPS / A-GPS / GLONASS
 - Wi-Fi 802.11a/b/g/n, Wi-Fi Hotspot, Wi-Fi Direct
 - Bluetooth 4.0
 - Micro USB 2.0 (Carga (5V, 1A) y Almacenamiento Masivo)
 - NFC
- Batería
 - 1900mAh Li-ión Extraíble

Como nosotros estamos estudiando las diferentes formas mediante las cuales conectarnos con el terminal para transmitir o capturar los datos, nos fijamos en tres puntos principales:

- USB: Vemos que la conexión de nuestro terminal en este caso es Micro USB 2.0, aunque nos especifican que solamente se puede usar para la carga del dispositivo o para el uso del mismo como medio de almacenamiento masivo. En ningún sitio aparece que sea compatible con OTG.
Para reforzar esta información, podemos hacer uso de aplicaciones con las que comprobar si nuestro dispositivo es compatible con OTG, como *USB OTG Checker*, una app gratuita con la que averiguaremos si nuestro Smartphone tiene la API necesaria.

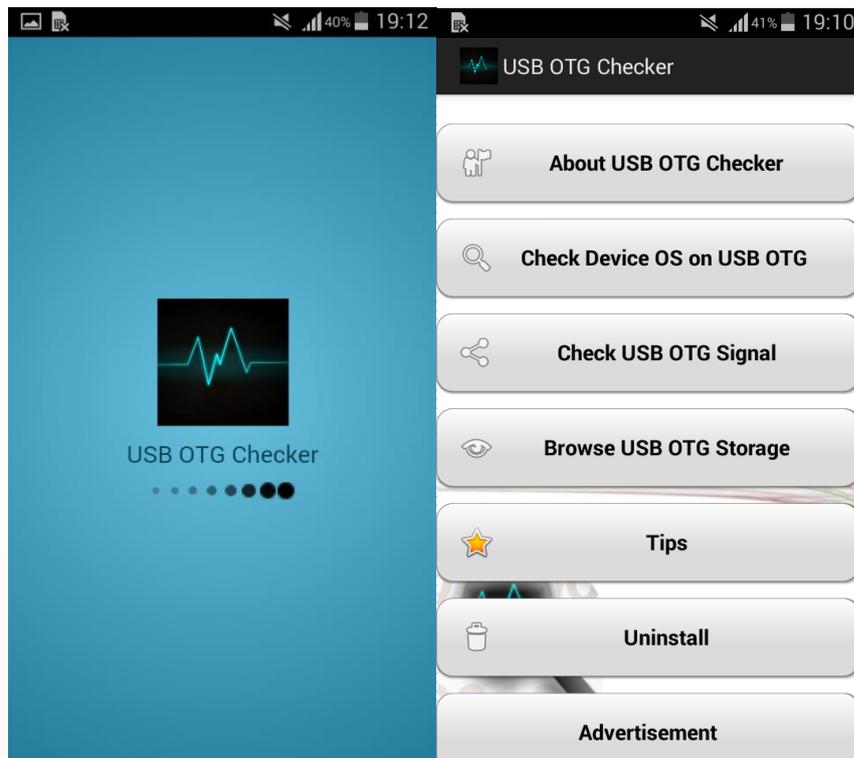


Figura 21. Portada y menú principal de la app USB OTG Checker

Una vez instalada la aplicación, procedemos a pulsar en “Check Device OS on USB OTG”.

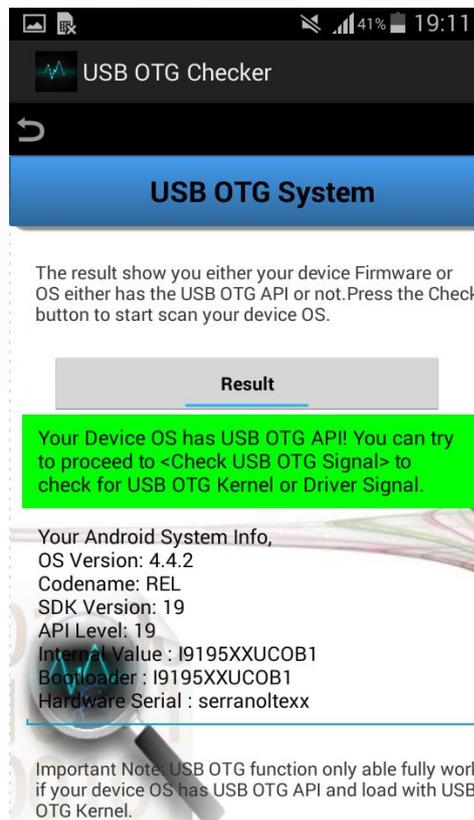


Figura 22. Resultado de la comprobación del OTG

Y como vemos nos dice que nuestro dispositivo sí que tiene la API necesaria y que podemos proceder a probar si detecta la señal de un dispositivo conectado mediante USB OTG. Como no tenemos un cable compatible para poder probarlo, quedaremos a la espera de conocer la compatibilidad total del Smartphone por esta vía de comunicación.

➤ Bluetooth: En la sección referente a la conectividad Bluetooth solo nos especifican que la versión que ocupa este terminal es la 4.0, pero si indagamos un poco más, podemos conocer los perfiles y protocolos que se soportan en el dispositivo:

- A2DP (Advanced Audio Distribution Profile)
- AVRCP (Audio/Visual Remote Control Profile)
- DIP (Device ID Profile)
- HFP (Hands-Free Profile)
- HID (Human Interface Profile)
- HSP (Headset Profile)
- LE (Low Energy)
- MAP (Message Access Profile)
- OPP (Object Push Profile)
- PAN (Personal Area Networking Profile)
- PBAP/PAB (Phone Book Access Profile)
- SAP/SIM/rSAP (SIM Access Profile)

➤ Conector de Audio: Por ultimo nos fijamos en el conector de audio y vemos que el Smartphone cuenta con un conector jack de 3,5mm para auriculares desde el que podemos capturar las señales externas para ser procesadas. Por lo tanto, debemos fijarnos también en el procesador.

En este caso cuenta con un *Qualcomm Snapdragon 400 MSM8930AB*, de 2 núcleos a una velocidad de reloj de 1,7GHz, que rinde bastante bien en multitarea.

Tiene una arquitectura *Harvard* y su CPU principal es una *Qualcomm Krait 300*. Por otro lado, también posee una *GPU Qualcomm Adreno 305*, encargada de la creación acelerada de imágenes hacia la pantalla, procesando varios bloques en paralelo.

Pero lo que nos interesa realmente es el tratamiento de las señales analógicas como las de audio, video o banda ancha del móvil, y de eso se encarga el DSP especializado que monta este procesador, un *Qualcomm Hexagon QDSP6V4* a 500MHz. Este DSP se ocupa de procesar cada señal analógica convertida en digital, con una latencia muy baja y utilizando la menor potencia posible en el dispositivo. Es un DSP que puede ejecutar 3 hilos simultáneamente y que en nuestro caso también podría ser el encargado de realizar las FFTs.

Hasta lo visto ahora podríamos pensar que el ancho de banda de nuestra aplicación podría ser elevado, ya que la frecuencia de reloj del DSP es de 500MHz, sin embargo, aquí quien impone el cuello de botella es la entrada de micrófono, ya que está pensada para muestrear señales a unos 48KHz (aunque según varios artículos solo se garantiza una frecuencia máxima de muestro de 44.100Hz en todos los dispositivos Android), y como sabemos debemos cumplir el teorema de Nyquist, donde la frecuencia de muestreo debe ser al menos 2 veces la máxima frecuencia de la señal a

muestrear. A la vista de estos datos vemos que nuestra aplicación tendrá un ancho de banda, al igual que las que habíamos visto en soluciones anteriores, de unos pocos KHz (0 a 22.050Hz en sentido estricto).

Una vez analizado el hardware que tenemos a nuestra disposición, podemos intuir cuáles serán las características más comunes que se mantendrán en otros dispositivos similares. No obstante, sería útil el poder averiguar las características del dispositivo Android que estamos utilizando a través de la propia aplicación, y de esta manera, poder decidir ciertos aspectos de la interfaz de usuario como la resolución, o el número de controles en pantalla, o advertir al usuario de las limitaciones que tiene al usar ese dispositivo en concreto.

Para realizar esta tarea podemos ayudarnos de la clase Android *“Build”*, la cual nos permite obtener información acerca de la versión y características del terminal. A continuación, podemos ver algunas directivas utilizadas para poder obtener datos del sistema operativo y del dispositivo en concreto o para comprobar la resolución de pantalla.

```
System.getProperty("os.version"); // OS version
android.os.Build.VERSION.SDK      // API Level
android.os.Build.DEVICE          // Device
android.os.Build.MODEL           // Model
android.os.Build.PRODUCT         // Product

getWindow().getWindowManager().getDefaultDisplay().getWidth();
getWindow().getWindowManager().getDefaultDisplay().getHeight();
```

Figura 23. Segmento de código para obtener los datos del dispositivo

Acceso a la toma de audio

El conector de audio, o jack de audio, como lo hemos venido llamando, se utiliza para conectar elementos que usan señales analógicas como micrófonos, auriculares y otros sistemas de señal analógica a dispositivos electrónicos.

Su principal aplicación es el audio (reproducir música) pero existe otro uso que no debemos descartar y es que también podemos utilizarlo para transmitir y recibir datos. Actualmente existen numerosos productos periféricos que utilizan el jack de audio para intercambiar información: glucómetros, controles remotos por infrarrojos, lectores de NFC, etc.

Cuando tratamos su uso en Smartphones o dispositivos móviles, donde los auriculares que conectamos también incluyen micrófono, se le denomina igualmente conector TRRS (*“Tip-Ring-Ring-Sleeve”*, Punta-Anillo-Anillo-Cuerpo).

Aunque existen diferentes diámetros, la mayoría de dispositivos móviles utilizan el de 3,5mm y donde encontramos la principal diferencia es en el estándar que utiliza cada dispositivo, que tiene que ver con la posición del conexionado eléctrico. Existen dos estándares para la interfaz del jack de audio:

- OMTP: Se considera el estándar internacional

- CTIA: Es un estándar americano que utilizan entre otros los productos de Apple como iPhone o iPad

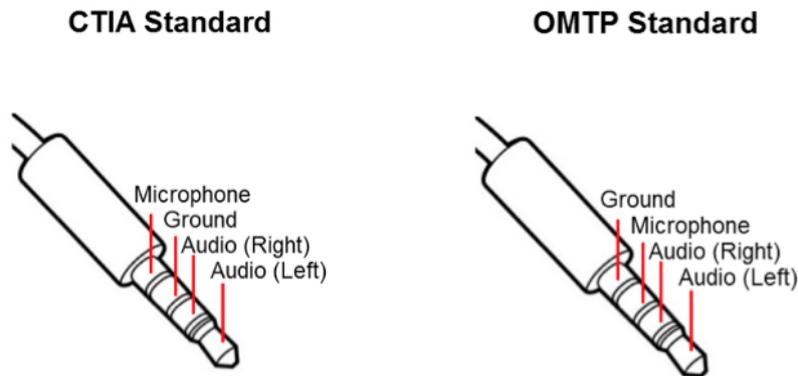


Figura 24. Conexiones en los dos estándares del jack de audio

En este apartado, nos vamos a centrar en explorar las opciones que tiene este conector para poder intercambiar información. La idea básica es hacer que nuestro dispositivo Android pueda transmitir información (actuando como reproductor de audio) o recibirla (actuando como grabador de audio), “transportando” esa información en ondas de audio. Pero como sabemos, mientras que los datos son digitales, las ondas de audio son analógicas, por lo que necesitamos de algún tipo de modulación como la FSK.

¿Cómo transmitir datos?

Cuando queremos enviar datos a través de audio, el primer paso que debemos hacer es convertir la información digital a una señal analógica, es decir modular los datos. Normalmente se usan portadoras sinusoidales para la señal analógica.

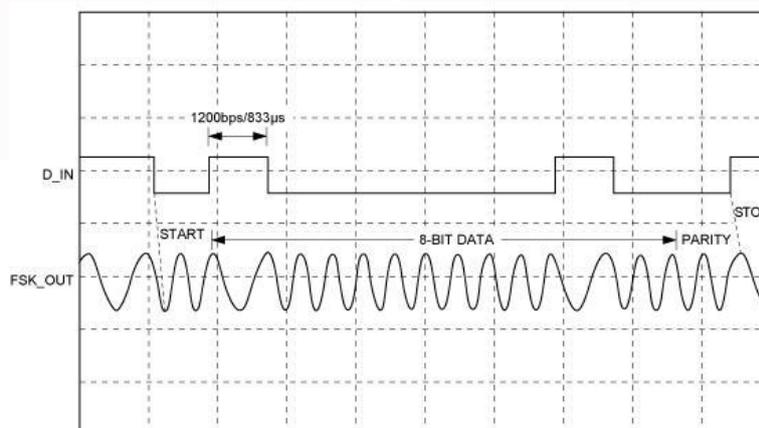


Figura 25. Diagrama representativo para la transmisión de datos

El siguiente paso, ya en el dispositivo Android, es llamar a la función de la API de audio “audioTrack” para reproducir el buffer que hayamos creado con la información. En el siguiente segmento de código podemos ver las sentencias necesarias para enviar datos desde el buffer usando la función citada anteriormente.

```

01 public void send(byte[] bytes_pkg) {
02     int bufsize = AudioTrack.getMinBufferSize(8000,
03         AudioFormat.CHANNEL_OUT_MONO,
04         AudioFormat.ENCODING_PCM_16BIT);
05     AudioTrack trackplayer = new AudioTrack(AudioManager.STREAM_MUSIC,
06         8000, AudioFormat.CHANNEL_OUT_MONO,
07         AudioFormat.ENCODING_PCM_16BIT, bufsize,
08     AudioTrack.MODE_STREAM);
09     trackplayer.play();
10     trackplayer.write(bytes_pkg, 0, bytes_pkg.length);
11 }

```

Figura 26. Segmento de código para la transmisión de datos a través de la toma de audio

Debemos comentar también que el rango de frecuencias disponibles para transmitir esa información dependerá del hardware que estemos utilizando.

¿Cómo recibir datos?

En este caso, para actuar como receptor necesitamos “traducir” la señal analógica recibida a valores digitales. Para ello debemos demodular la señal y decodificar los datos según el protocolo que estemos utilizando.

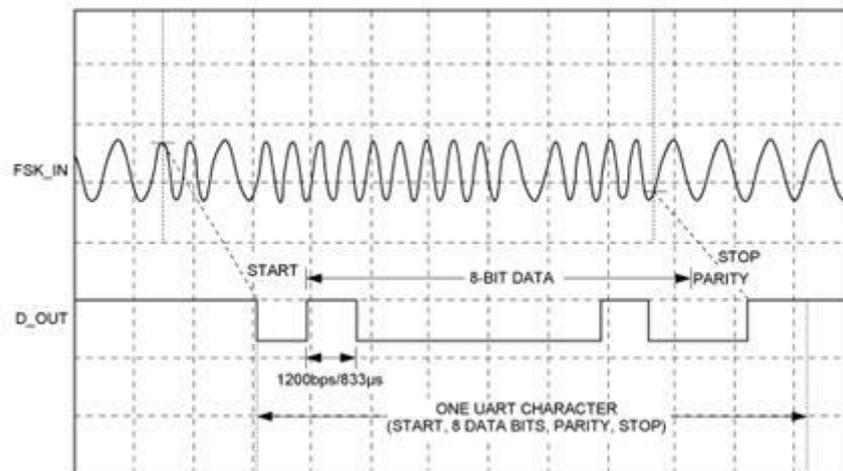


Figura 27. Diagrama representativo para la transmisión de datos

Cuando nuestro terminal recibe la señal analógica debe muestrearla para convertirla a digital. Como dijimos en apartados anteriores, el número total de veces que la señal es muestreada en 1s se define con la frecuencia de muestreo y para los dispositivos Android la máxima garantizada es de unos 44KHz. Como debemos cumplir el teorema de Nyquist la máxima frecuencia de la señal recibida ha de ser de la mitad, es decir de unos 22KHz.

En los dispositivos Android podemos usar la función “*audioRecord*” de la API de audio para grabar la señal de entrada. Con el siguiente segmento de código podemos muestrear las señales procedentes de la entrada del micrófono y grabar los valores en el buffer.

```
// construct AudioRecord to record audio from microphone with sample rate of 44100Hz
int minSize = AudioRecord.getMinBufferSize(sampleRate,AudioFormat.
    CHANNEL_CONFIGURATION_MONO,
    AudioFormat.ENCODING_PCM_16BIT);
AudioRecord audioInput = new AudioRecord(MediaRecorder.AudioSource.MIC, sampleRate,
    AudioFormat.CHANNEL_CONFIGURATION_MONO,
    AudioFormat.ENCODING_PCM_16BIT);
    minSize);

...
short[] buffer = new short[readSize];
audioInput.startRecording();
audioInput.read(buffer, index, readSize); // record data from mic into buffer
```

Figura 28. Segmento de código para la recepción de datos a través de la toma de audio

Por último, además de tener las muestras, con las que podemos representar las señales capturadas y operando con sus valores obtener sus parámetros característicos, también podemos utilizar un algoritmo para calcular la FFT (*Fast Fourier Transform*) y convertir nuestras señales al dominio de la frecuencia.

Como vemos, utilizar el conector de audio como medio de transmisión de información tiene sus ventajas:

- Cero transmisión de potencia
- Menos uso de batería comparado con Bluetooth o Wi-Fi
- Puede funcionar con cualquier dispositivo de audio
- Tan simple como conectarlo a un Smartphone o Tablet

Planteamiento de la opción más adecuada

Finalmente, una vez analizadas las ventajas y limitaciones de cada alternativa tomamos una decisión sobre cuál sería la opción más adecuada a desarrollar en nuestro proyecto. Para ello nos basamos en una serie de puntos clave a tener en cuenta:

- La aplicación será desarrollada para un ámbito docente a nivel de Bachillerato y primeros cursos Universitarios, esto hace que debamos disponer de al menos 2 canales de entrada.
- El rango de frecuencias de las señales a analizar no deberá ser muy grande, pero si superar las decenas de KHz. Un rango adecuado estaría en torno a unos 50 – 100MHz.
- En el caso de necesitar una depuración a la hora de resolver problemas de malfuncionamiento del sistema, una alternativa con menor número de componentes será más fácil de analizar y resolver. Además, con circuitos más simples el diseño y fabricación del mismo será más sencillo.
- Cuanto más económico sea el sistema final, mayor número de ellos podremos conseguir.
- La idea de poder conseguir una mayor portabilidad hace que debamos utilizar baterías externas o conseguir la alimentación del dispositivo al que nos conectemos. En ambos casos, un menor número de elementos reducirá el consumo del circuito.

Por todas estas razones, la solución elegida es la realización de un osciloscopio digital conectado por USB (principalmente) al dispositivo Android, donde la captación y procesamiento de las señales a analizar se realizará mediante un DSP externo.

Las alternativas de transmisión de datos a través de la entrada de audio o mediante Bluetooth quedan descartadas debido a los inconvenientes relacionados con el número de canales, los rangos de frecuencias, o la mayor complejidad y coste del circuito.

Aunque, debido a que cabe la posibilidad de que no todos los terminales soporten el estándar de USB escogido, se incluirá una solución alternativa basada en la conexión a través de la toma de audio, a pesar de las ventajas que ésta presenta.



4. Adecuación de las tareas desarrolladas a los conocimientos y competencias adquiridos en relación con los estudios universitarios.

Durante la formación en el Grado hemos cursado varias asignaturas sobre instrumentación electrónica y equipos electrónicos de medida y alimentación, que han hecho que el estudio de las especificaciones y funciones de los diferentes osciloscopios hayan resultado más sencillas, gracias al conocimiento previo de estos sistemas.

En estas asignaturas también hemos tratado el tema de las sondas, así como los circuitos de adaptación de impedancias de las mismas, lo que ha ayudado también a la comprensión clara y más rápida de los circuitos analizados.

En otras de las asignaturas, como es el caso de Ampliación de Instrumentación y Equipos Electrónicos, hemos podido estudiar cómo funcionan los contadores electrónicos universales (de donde se puede comprender mejor el modo que usan los osciloscopios como frecuencímetro), equipos generadores de señal (donde podemos ver la manera de discretizar una señal, ya sea para transmitirla o recibirla), o los equipos analizadores de señal (los cuales nos ayudaron a comprender como se realizan cálculos como las FFTs).

Además, también hemos cursado asignaturas acerca de Ingeniería de sistemas electrónicos, en las que veíamos métodos de diseño y fabricación de circuitos impresos, lo que ha hecho que, al analizar los diferentes componentes y circuitos de las soluciones estudiadas, éstos no fuesen desconocidos y agilizase el proceso de documentación.

Otra de las asignaturas que me han ayudado bastante a la hora de entender cómo funcionaban algunos componentes ha sido Microcontroladores y Procesadores de Señal Digital. También me ha servido para ser más ágil en la búsqueda de información relacionada con microprocesadores y DSPs en páginas especializadas.

Por último, me gustaría añadir que, gracias a tener varias asignaturas con formación en los laboratorios de la escuela, hemos podido trabajar en investigar con osciloscopios comerciales con los que hemos realizado numerosas prácticas, por lo que el desarrollo y destreza adquirida con ellos ha ayudado mucho, sobre todo para hacerse una idea de lo que necesitas principalmente en estos equipos o las funciones utilizadas más habitualmente.

5. Identificación de las aportaciones que, en materia de aprendizaje, han supuesto las prácticas.

Dado que dentro de la Mención en Sistemas Electrónicos del Grado, o al menos en las asignaturas que he cursado, no se estudian asignaturas en las que se vea programación en Android, durante la realización de las prácticas he adquirido muchos conocimientos en este aspecto, tras consultar diferentes propuestas y soluciones software existentes en el desarrollo de aplicaciones tanto para osciloscopios digitales, como para muchos otros campos: domótica, monitorización y actuación sobre diferentes dispositivos, etc.

Además, después de consultar tantos artículos especializados, he aprendido, además de las soluciones utilizadas, cómo afrontar la resolución de problemas que van surgiendo y avanzar en el transcurso del diseño desde cero de este tipo de aplicaciones.

Otra de las cosas que he notado mientras realizaba el estudio de las diferentes alternativas es que, cuando veía un circuito que ya parecía bastante completo en cuanto a funcionalidades, se me iban ocurriendo soluciones de mejora que añadir a esos circuitos para poder mejorar su funcionalidad y compatibilidad con otros sistemas u otras técnicas de captación de señales.

Por último comentar también que, debido a que la mayor parte de la información que he encontrado está en inglés (he incluso algunas páginas consultadas en alemán), he mejorado bastante mi nivel de inglés, aumentando en gran medida el vocabulario técnico utilizado en el sector de la electrónica y las comunicaciones.

6. Evaluación de las prácticas y sugerencias de mejora.

Para la realización de este apartado se adjunta una hoja con el *Informe de Alumno de Prácticas Externas*.





INFORME DE PRÁCTICAS EXTERNAS



Universidad de Valladolid

INFORME ALUMNO

A) DATOS DE LA PRÁCTICA

Código	Entidad	Nombre del Estudiante	Nombre del Tutor de Empresa	Nombre del Tutor UVA
16/512-024C	UVA	DAVID ORTIZ DE LATORRE DELEGADO	HIGUEZ ANGEZ GONZALEZ REBOLLO	JUAN SANTOS TEJIDO

B) RELACIÓN CON LA UNIVERSIDAD

- Frecuencia de los contactos con el tutor UVA

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Ninguna | <input type="checkbox"/> Cada dos meses |
| <input type="checkbox"/> Uno (al final de la práctica) | <input type="checkbox"/> Cada mes |
| <input type="checkbox"/> Dos (al principio y al final de la práctica) | <input checked="" type="checkbox"/> Mas de una vez al mes |

- Principal forma de los contactos con el tutor UVA

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> No ha habido contacto | <input checked="" type="checkbox"/> Vía mail |
| <input checked="" type="checkbox"/> Personal | <input type="checkbox"/> Otros |
| <input type="checkbox"/> Telefónico | |

- Valoración de la información prestada por la UVA a través de la web o de sus servicios administrativos

Muy Negativa	Negativa	Correcta	Positiva	<input checked="" type="checkbox"/> Muy Positiva
--------------	----------	----------	----------	--

C) RELACIÓN CON LA EMPRESA

- Frecuencia de los contactos con el tutor empresa

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Diario | <input type="checkbox"/> Más de una vez al mes |
| <input type="checkbox"/> Más de una vez a la semana | <input checked="" type="checkbox"/> Mensual |
| <input type="checkbox"/> Semanal | <input type="checkbox"/> Menos de una vez al mes |

- Principal forma de los contactos con el tutor empresa

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> No ha habido contacto | <input checked="" type="checkbox"/> Vía mail |
| <input type="checkbox"/> Personal | <input type="checkbox"/> Otros |
| <input type="checkbox"/> Telefónico | |

- Valoración de la información recibida por la empresa

Muy Negativa	Negativa	Correcta	Positiva	<input checked="" type="checkbox"/> Muy Positiva
--------------	----------	----------	----------	--

D) VALORACION DE LA PRÁCTICA (siendo 1 muy negativo y 10 muy positivo)

Cumplimiento de las condiciones de la oferta	Valoración: 10
Adecuación del contenido de la práctica a la titulación	Valoración: 8
Formación recibida durante la práctica en la empresa/entidad	Valoración: 7
Implicación del tutor de la empresa en la práctica	Valoración: 10
Nivel de satisfacción general	Valoración: 9

E) OBSERVACIONES

Fecha y firma: 23 Febrero 2017



MEMORIA DE PRÁCTICAS EXTERNAS



7. Declaración de responsabilidad

Yo, D. / D^a. DAVID ORTIZ DE LATIERRO DELCADO, alumno/a del Grado/Master en ING. TECNOLOGÍAS ESPECÍFICAS TELECOMUNICACIONES en la Universidad de Valladolid, asumo la responsabilidad sobre la veracidad de los datos e informaciones recogidos en la presente Memoria de la asignatura de Prácticas Externas. Al mismo tiempo declaro y manifiesto que soy consciente de las consecuencias académicas que pudieran derivarse de la falsificación de cualquiera de los datos y/o información anteriormente referidos.

En Valladolid a 23 de FEBRERO de 2017

Fdo.: