|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ipn** | **INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  **ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO** |  |

**Teoría de Comunicaciones y Señales**

**“Multiplicación”**

Resumen

Multiplicación de 2 archivos WAV (mono – mono, stereo – stereo), generando un archivo nuevo con la longitud del archivo más grande.

**Por:**

**Joel Mauricio Romero Gamarra**

Profesor:

EDUARDO GUTIÉRREZ ALDANA

Noviembre 2017

**Índice**

Contenido

[Introducción: 1](#_Toc476313175)

[Análisis Teórico: 2](#_Toc476313176)

[Software (librarias, paquetes, herramientas): 4](#_Toc476313177)

[Procedimiento: 4](#_Toc476313178)

[Resultados 1](#_Toc476313179)

[Discusión: 1](#_Toc476313180)

[Conclusiones: 2](#_Toc476313181)

[Referencias: 2](#_Toc476313182)

[Código 2](#_Toc476313183)

# Introducción:

Multiplicar 2 señales puede tener distintas ventajas, uno de ellos podría ser el obtener información de ellas en el dominio de la frecuencia, por ejemplo, podemos calcular la transformada de Fourier de una señal f(t) para pasarla al dominio de la frecuencia y obtener F(W), posteriormente, crear una señal que represente al sonido de una vocal en el dominio de la frecuencia, y si al hacer la multiplicación queda 0, entonces eso quiere decir que las señales no tienen nada en común y por lo tanto descartamos esa vocal.

Otro uso que se le puede dar a la multiplicación de señales, es multiplicarla por un tren de impulsos en el dominio del tiempo, ya que hacer la multiplicación de cualquier señal con un tren de impulsos es muestrear la señal, por lo tanto, nos sirve para hacer un muestreo de señales.

La estructura de un archivo WAV nos permite ver muy fácilmente la forma en la que 2 señales se van a multiplicar, dependiendo si es mono o stereo, ya que, como sabemos, un archivo de tipo mono utiliza únicamente 1 canal a diferencia de un stereo que utiliza los 2, en la Figura 1 se observa la estructura de un archivo WAV.

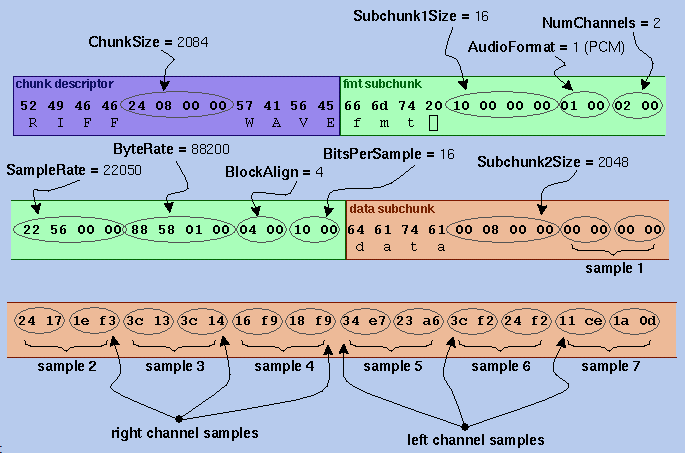


Figura . Estructura de un archivo stereo1

Como se puede observar, dice que el número de canales es 2, esto quiere decir que es un archivo estéreo y por lo tanto cada muestra se va a componer de 2 canales, el canal izquierdo y el canal derecho, en la Figura 2 se muestra un ejemplo de un archivo stereo.

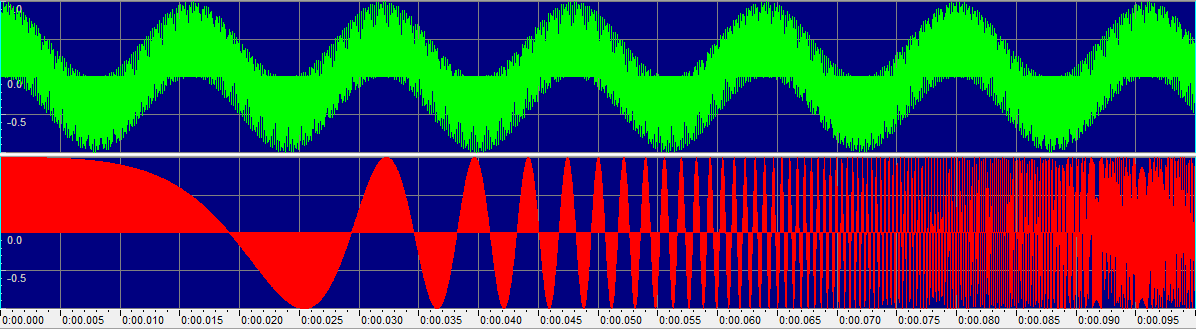


Figura . Ejemplo de archivo stereo (2 canales)

Como podemos ver, hay 2 señales distintas arriba y abajo, la señal que se encuentra arriba (la de color verde) representa al canal izquierdo en una muestra, mientras que la señal que se encuentra abajo (la de color rojo) representa al canal derecho de la muestra, como se puede ver podemos tener 2 señales distintas en cada canal. A continuación, en la Figura 3, se muestra un ejemplo de un archivo mono para que quede un poco más clara la diferencia.

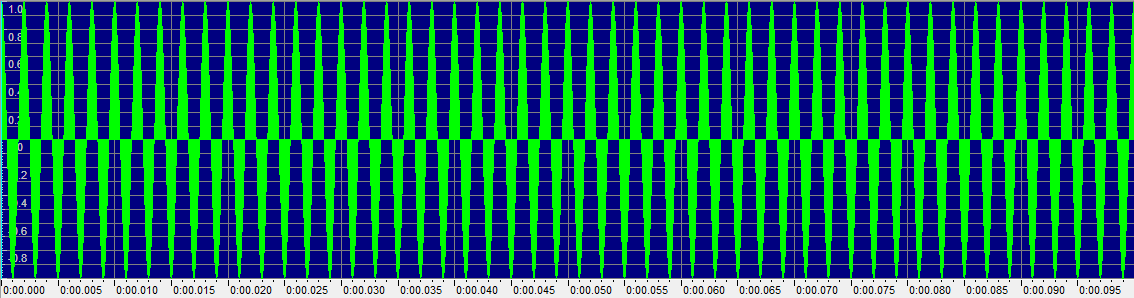


Figura . Ejemplo de archivo mono (1 canal)

Podemos ver que, en este tipo de archivo, solo existe un “color”, esto quiere decir que únicamente se está utilizando un canal y por lo tanto cada muestra podríamos decir que representa solamente 1 canal. En la siguiente sección, se explica cómo se tomarán los archivos para hacer la multiplicación de las señales.

# Análisis Teórico:

Como ya se mencionó en la Introducción, el archivo de tipo mono utiliza 1 canal mientras que el de tipo stereo utiliza 2, por lo tanto para realizar la multiplicación vamos a cada muestra del archivo mono como cualquier número real que toma valores entre -32, 767 y 32, 767, y al tomarlos como un real, entonces vamos a hacer la multiplicación de 2 números como la hacemos comúnmente, el único error que podría haber es cuando ambas muestras sean 32, 767 (de los 2 archivos) y esto es un problema debido a que el valor más grande que puede tomar un short es 32, 767, y al hacer la multiplicación nos quedaría 1, 073, 676, 289, y esto no puede ser representado en un short por lo cual se estaría regresando al valor más pequeño (-32, 767) hasta dar toda la vuelta y regresar hasta obtener un valor dentro del rango que puede tomar, lo cual sería incorrecto.

Para corregir este detalle, lo único que se tiene que hacer es un simple re – dimensionamiento de cada muestra, es decir que cada muestra que sea leída la voy a dividir entre 32, 767 (máximo valor de un short) para que nos de un 1, y al multiplicar 1 \* 1 (que serían valores máximos), nos queda 1. Posteriormente, el valor final de la multiplicación va a estar en el rango de -1 a 1, y volvemos a multiplicar por 32, 767 para que la herramienta pueda hacer la graficación correctamente de cada multiplicación.

Este mismo principio aplicará para las muestras de un archivo stereo, sin embargo el cambio está en que en 2 archivos de tipo mono la multiplicación es tan sencilla como lo que se acaba de explicar, la primer muestra del primer archivo se multiplica por la primer muestra del segundo archivo y nos dará como resultado la primer muestra del archivo de salida, la segunda muestra del primer archivo por la segunda muestra del segundo archivo nos dará como resultado la segunda muestra del archivo de salida y así sucesivamente ya que como se mencionó anteriormente, estas muestras se van a tomar como números reales.

En el caso de los archivos stereo, al manejar 2 canales para hacer una correcta multiplicación se va a tomar 1 muestra (formada por 2 canales, el izquierdo y el derecho) como un número complejo, esto quiere decir que tendría su parte real y la parte imaginaria, en el caso de un archivo mono se mencionó que cada muestra era formada por 1 canal y en este caso de 2, entonces, el principio de hacer la multiplicación muestra a muestra se sigue cumpliendo, solamente que, ahora al tener un par de números complejos, la multiplicación no se hace de forma tan inmediata como si fueran 2 números reales, la fórmula que representa la multiplicación de 2 números complejos se muestra a continuación:

(a + ib) · (c + id) = σ + iω

Realizamos la multiplicación como si se tratara de una multiplicación de binomios, es decir que todos los elementos se multiplican, se agrupan los elementos y se realiza la suma:

a·c + ia·d + ib·c + i2b·d

Pero, sabemos que i2 = -1, por lo tanto, nos queda de la siguiente forma:

a·c + ia·d + ib·c - b·d

Agrupando términos:

(a·c - b·d) + i (a·d + b·c) = σ + iω

Donde:

* i: Parte imaginaria del número complejo (ω)
* a: Canal izquierdo de la muestra del primer archivo
* b: Canal derecho de la muestra del primer archivo
* c: Canal izquierdo de la muestra del segundo archivo
* d: Canal derecho de la muestra del segundo archivo

Como podemos ver, para obtener solamente el canal izquierdo de la muestra en el archivo de salida, es necesario a, c, b y d, esto quiere decir que es necesario leer la muestra completa de cada archivo para poder encontrar solo 1 canal, sin embargo, en cada **fread** se lee un canal y esto hará que el ciclo se modifique un poco porque se van a hacer 2 fread por cada iteración en vez de 1.

# Software (librarías, paquetes, herramientas):

* Sublime Text 32
* GoldWave versión 4.263

# Procedimiento:

Lo primero que debemos hacer es recibir los 2 archivos y leer su cabecera (ya que aquí tenemos los datos importantes que servirán para todo el programa), por ejemplo, el número de canales que tiene el archivo (ya que de esto depende si es un archivo mono o un archivo stereo) y por lo tanto, de que forma hacer la multiplicación.

Posteriormente, debemos verificar cuál de los archivos tiene la mayor longitud, ya que nos quedaremos con el archivo que sea mayor y tomaremos esa longitud para que no haya problemas (el excedente, quedará con puros ceros a la salida ya que está multiplicando algo por 0).

El crear el archivo de salida no es tan simple como había sido para los primeros 2 programas, debido a que en esos la cabecera únicamente se copiaba del archivo de entrada al de salida, en este caso hay que copiar la cabecera del archivo mayor, así que, la función que habíamos creado para hacer la lectura y copiado de la cabecera se va a cambiar un poco para hacerlo después de verificar cual de los archivos es el mayor.

Una vez que ya tenemos copiada la cabecera, ya sabemos que tipo de archivo es, por lo que debemos comenzar a codificar el algoritmo propuesto en el análisis teórico para hacer la multiplicación de 2 archivos mono (mostrado a continuación):

**for** (i = 0; i < (cab\_1.SubChunk2Size / 2); i ++)

{

fread (&real1, **sizeof** (**short**), 1, archivo\_1);

real1\_1 = (real1 / max);

**if** (i >= (cab\_2.SubChunk2Size / 2))

real2 = 0;

**else**

fread (&real2, **sizeof** (**short**), 1, archivo\_2);

real2\_1 = (real2 / max);

real1 = (real1\_1 \* real2\_1 \* max);

fwrite (&real1, **sizeof** (**short**), 1, archivoSalida);

}

En la parte superior, se muestra el código en lenguaje C para hacer la multiplicación de 2 archivos mono en caso de que el archivo 1 sea mayor o igual al archivo 1. Como podemos ver, la variable “real” se multiplica al final por max que es 32, 767 (valor máximo de short) para volver a escribir los datos en su dimensión correcta. Como ya se había mencionado, al tratarse de 1 canal cada muestra se toma como un real y por lo tanto la multiplicación es literalmente multiplicar 2 reales.

A continuación, se muestra la codificación del algoritmo para hacer la multiplicación de 2 archivos stereo:

**for** (i = 0; i < (cab\_1.SubChunk2Size / 4); i ++)

{

//Guardamos la parte real del n�mero complejo

fread (&real1, **sizeof** (**short**), 1, archivo\_1);

real1\_1 = (real1 / max);

**if** (i >= (cab\_2.SubChunk2Size / 4))

{

real2 = 0;

imaginario2 = 0;

}**else**

{

fread (&real2, **sizeof** (**short**), 1, archivo\_2);

fread (&imaginario2, **sizeof** (**short**), 1, archivo\_2);

}

real2\_1 = (real2 / max);

//Guardamos la parte imaginaria del n�mero complejo

fread (&imaginario1, **sizeof** (**short**), 1, archivo\_1);

imaginario1\_1 = (imaginario1 / max);

imaginario2\_1 = (imaginario2 / max);

real1 = (((real1\_1 \* real2\_1) - (imaginario1\_1 \* imaginario2\_1)) \* max);

imaginario1 = (((real1\_1 \* imaginario2\_1) + (imaginario1\_1 \* real2\_1)) \* max);

fwrite (&real1, **sizeof** (**short**), 1, archivoSalida);

fwrite (&imaginario1, **sizeof** (**short**), 1, archivoSalida);

}

Como podemos ver, está explícitamente el proceso en las últimas 2 líneas (antes de los fwrite) de como se calcula tanto la parte real como la parte imaginaria y posteriormente se hace únicamente la estructura, es fácil ver como la programación es prácticamente la fórmula mostrada en la sección del análisis teórico.

En la sección de resultados, se muestran varios ejemplos de 2 señales de entrada (tanto de archivos con 1 canal y con 2 canales), así como la salida de la multiplicación de esas 2 señales. Como recordatorio, en las Figuras 4 a \_ se muestra como crear distintos tipos de señales.

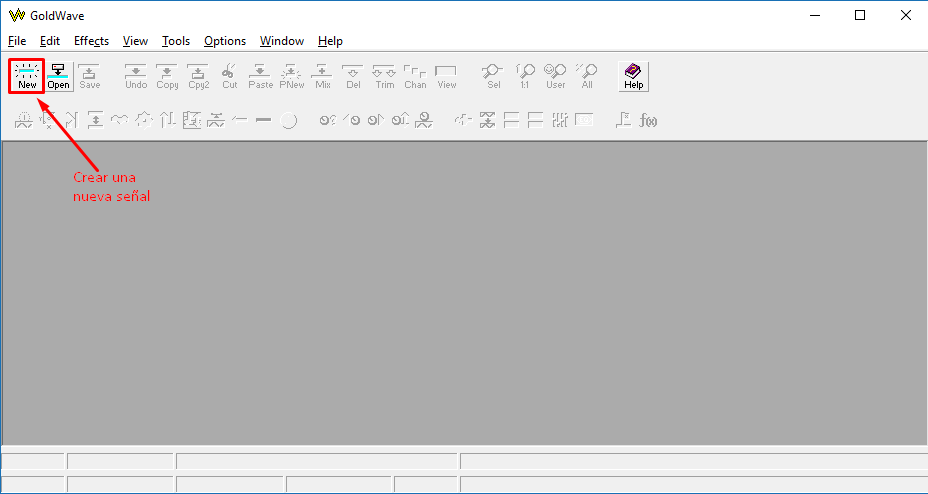


Figura . Generar señal en GoldWave3 (1)

Primero debemos dar click en el botón que dice **New**, posteriormente, nos aparecerá la siguiente ventana mostrada en la Figura 5 para asignar las características a nuestra señal a crear:

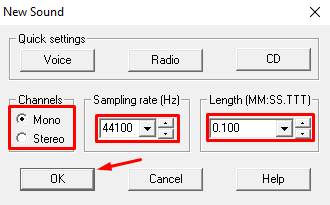


Figura . Generar señal en GoldWave3 (2)

En la ventana, vemos que tenemos 3 opciones para modificar, como la frecuencia de muestreo, la longitud y el número de canales o tipo de archivo. Posteriormente al dar click en **Ok**, nos generará un archivo como el siguiente:

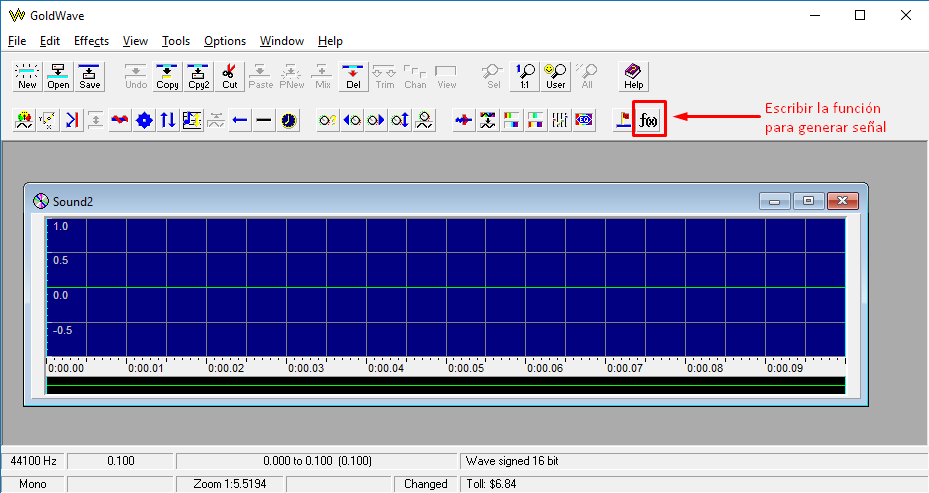


Figura . Generar una señal en GoldWave3 (3)

Como podemos ver, la señal en la Figura 6 se encuentra en 0, sin embargo, para cambiarlo damos click en el botón f(x) y escribimos una función para generarla. Por ejemplo, la función cos(2\*pi\*f\*t) y quedará la siguiente señal creada mostrada en la Figura 7:

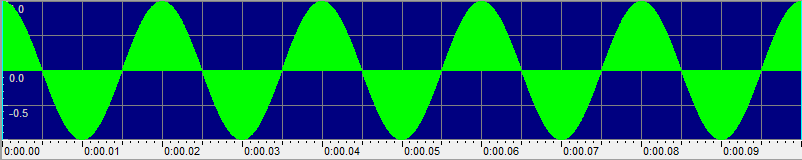


Figura . Señal generada en GoldWave3

Ya que sabemos como crear señales, procedemos a realizar las pruebas con varias señales mostrando las salidas de las multiplicaciones en la sección de resultados.

# Resultados

Como ya sabemos, Gold Wave únicamente grafica valores entre -1 y 1, por lo tanto, para probar al programa crearemos 2 señales muy simples (estéreo), ya que como ya se mencionó anteriormente, se toman como números complejos, y en teoría, si tenemos los números complejos: 1 + i y 1 + i, al hacer la multiplicación de estos 2 números complejos, el resultado será: **2i**

Este resultado, no se podría graficar, sin embargo, es una buena prueba para el programa ya que esto provocaría un desbordamiento y se regresaría el valor a los números negativos. La señal de entrada (ya que es la misma), se muestra en la Figura 8.

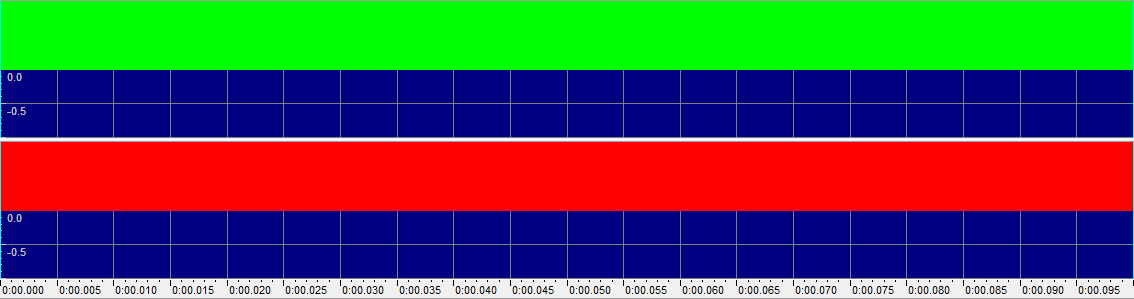


Figura . Señales de entrada estéreo

El resultado de hacer la multiplicación de estas señales se muestra en la Figura 9.

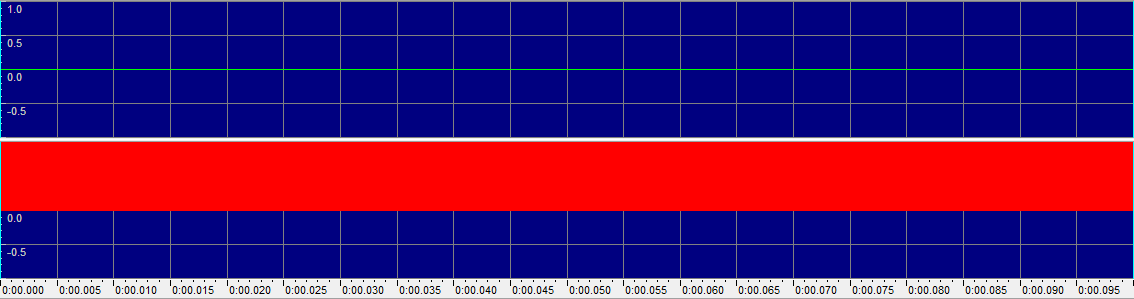


Figura . Señal de salida resultado de multiplicar (1 + i) \* (1 + i)

Como podemos ver, la multiplicación fue de manera exitosa ya que el valor no regresó a los números negativos y en su lugar se quedó en 1.

A continuación, en las Figuras 10 y 11 se muestran las señales de entrada 1 y 2 que serán multiplicadas.

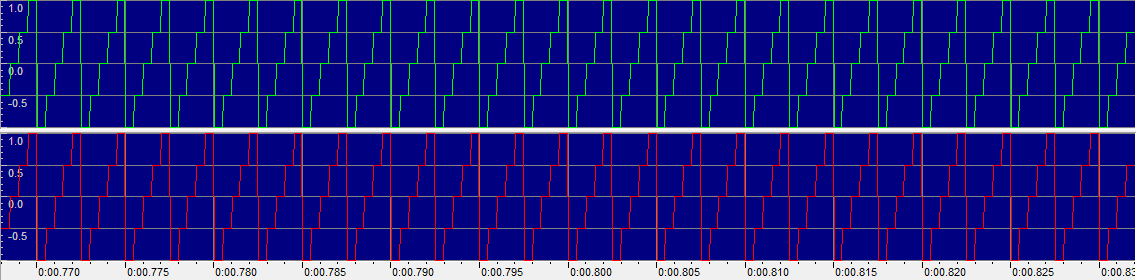


Figura . Señal de entrada 1

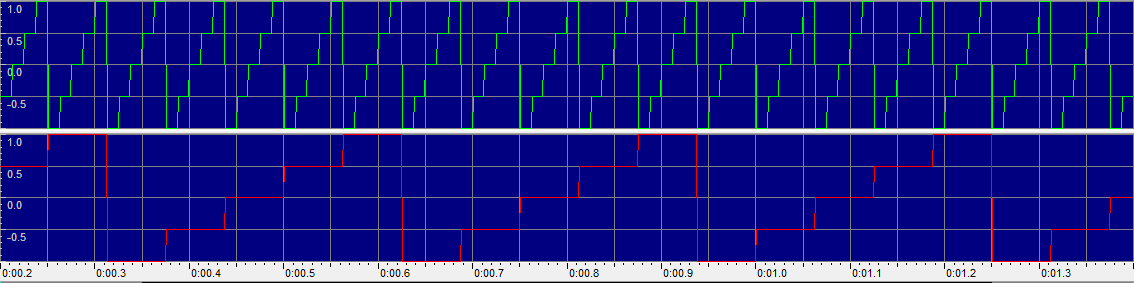


Figura . Señal de entrada 2

A continuación, en la Figura 12 se muestra el resultado de multiplicar las señales de las Figuras 10 y 11,

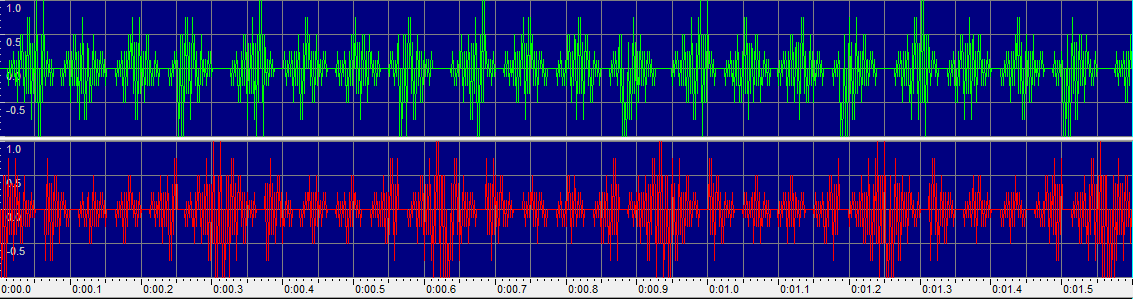


Figura . Señal de salida (sin zoom)

En la Figura 13, se muestra el mismo resultado de la Figura 12 pero aplicando un zoom para observar un poco mejor la señal.

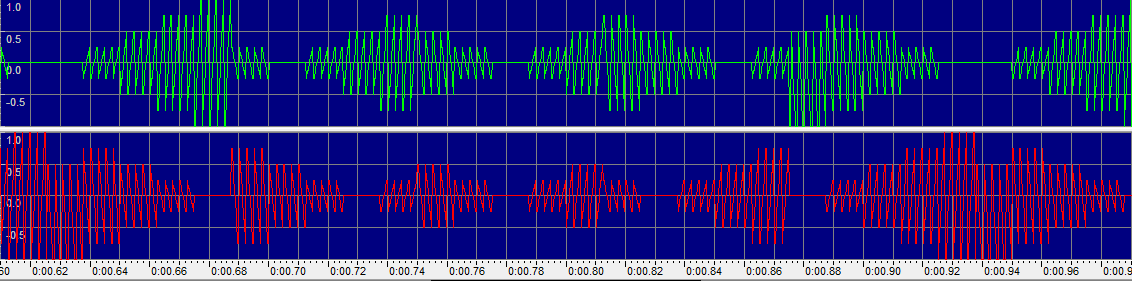


Figura . Señal de salida (con zoom)

a

# Discusión:

La sección de discusión tiene 2 objetivos principales:

* Interpretar y explicar los resultados del estudio.
* Explorar la importancia del estudio, encontrando, calificando y explorando la importancia teórica de los resultados.

La discusión es también un espacio en el reporte donde cualquier calificación o reservación que se tiene sobre la investigación debe ser mencionada.

# Conclusiones:

* Lista una cosa que hayas aprendido y describe como lo aplicarías a una situación de la vida real.
* Discute los posibles errores que podrían haber ocurrido en la colección de los datos (errores experimentales).
* ¿Cómo se aplicarían los resultados obtenidos generalmente?
* ¿Hubo algún defecto en el diseño experimental o en el procedimiento?

# Referencias:

**[1]** craig@ccrma.stanford.edu,‘WAVE PCM soundfile format’. [Online]. Disponible en: <http://soundfile.sapp.org/doc/WaveFormat/>.

**[2]** Sublime HQ, ‘Download’, [Online]. Disponible en: <https://www.sublimetext.com/3>.

**[3]** Eduardo Gutiérrez Aldana, ‘Software’ [Online]. Disponible en: <http://148.204.58.221/ealdana/gwave426.exe>.

# Código

Incluir todo el código fuente, comentar todo el código reutilizado y mostrar referencias.

Se debe usar el siguiente link para darle formato al código.

<https://tohtml.com/c/>

\*Acerca de las tablas y/o figuras\*

Utilizar figuras como diagramas, tablas, gráficos, gráficos o mapas puede ser una forma muy útil de mostrar y enfatizar la información en el reporte.

Las figuras esenciales para el informe deben integrarse sin problemas y correctamente, además deben explicarse y mencionarse en el cuerpo principal del reporte.

Ejemplo:

