



oFlute: reconocimiento de señales aplicado al aprendizaje de la flauta dulce

José Tomás Tocino García
Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas

Septiembre de 2011



Índice

Introducción

Descripción

Calendario

Fundamentos teóricos

Desarrollo

Herramientas

Conclusiones y difusión

Bibliografía

oFlute

Índice

Introducción

Descripción

Calendario

Fundamentos teóricos


Desarrollo

Herramientas

Conclusiones y difusión

Bibliografía

oFlute



Jóvenes en plena simbiosis con las nuevas tecnologías.

o flute

Contexto social

Jóvenes en plena simbiosis con las nuevas tecnologías.

Las TIC están llegando a los centros educativos.

o flute

Contexto social

Jóvenes en plena simbiosis con las nuevas tecnologías.

Las TIC están llegando a los centros educativos.

Técnicas docentes basadas en recursos multimedia e informáticos.

Concepción del proyecto

Idea

Hacer un juego educativo.

A vertical line of seven colored dots in shades of blue, green, yellow, orange, and red, positioned to the right of the 'Idea' section.

o flute

Concepción del proyecto

Idea

Hacer un juego educativo.

Primera cuestión

¿Sobre qué aspecto educativo? ¿Qué asignatura se beneficia?

o flute

Concepción del proyecto

Idea

Hacer un juego educativo.

Primera cuestión

¿Sobre qué aspecto educativo? ¿Qué asignatura se beneficia?

Música

o flute

Concepción del proyecto

Idea

Hacer un juego educativo.

Primera cuestión

¿Sobre qué aspecto educativo? ¿Qué asignatura se beneficia?

Música

Aprendizaje de la flauta dulce

oFlute

Objetivos

- Adquisición de base de conocimientos.

o flute

Objetivos

- Adquisición de base de conocimientos.
- Módulo de análisis de sonido.

o flute

Objetivos

- Adquisición de base de conocimientos.
- Módulo de análisis de sonido.
- Sistema de interpretación de canciones.

oflute

Objetivos

- Adquisición de base de conocimientos.
- Módulo de análisis de sonido.
- Sistema de interpretación de canciones.
- Sistema de lecciones ampliable.

o flute

Objetivos

- Adquisición de base de conocimientos.
- Módulo de análisis de sonido.
- Sistema de interpretación de canciones.
- Sistema de lecciones ampliable.
- Interfaz de usuario amigable y fluida.

o flute

Motivaciones personales

- Representación digital del sonido.
- Programación de audio.

o flute

Motivaciones personales

- Representación digital del sonido.
- Programación de audio.
- Bases del DSP (Procesamiento digital de señales).
- Técnicas básicas de análisis de audio.

o flute

Motivaciones personales

- Representación digital del sonido.
- Programación de audio.
- Bases del DSP (Procesamiento digital de señales).
- Técnicas básicas de análisis de audio.
- Ampliar conocimientos sobre desarrollo de videojuegos.
- Aprender nuevas tecnologías.
- Aportar al software libre.

o flute

Índice

Introducción

Descripción

Calendario

Fundamentos teóricos

Desarrollo

Herramientas

Conclusiones y difusión

Bibliografía

oFlute

Herramienta
lúdico-educativa para el
aprendizaje de la flauta
dulce.

Interacción del alumno con
la flauta en tiempo real.



Analizador de notas



Analiza las notas en tiempo real, de forma individual.

Motor de lecciones

Listado de lecciones



Lección nº1

Descripción:
Aprende a tocar la
nota Do grave.

Comenzar lección 

Siguiente lección 

Anterior lección 

 Volver al menú

Lección 1:

Las notas: Do grave

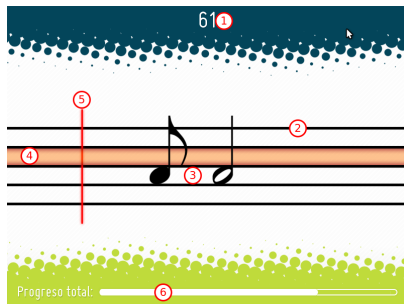
Para tocar un Do Grave, es decir, el do que está más abajo en la partitura, debes cerrar todos los orificios de la flauta.



 Volver al menú

Motor de lecciones con recursos multimedia, totalmente ampliable y personalizable.

Motor de canciones



Motor de canciones ampliable, permite la interpretación interactiva de canciones.

Índice

Introducción

Descripción

Calendario

Fundamentos teóricos

Desarrollo

Herramientas

Conclusiones y difusión

Bibliografía

oFlute

Planificación

Desarrollo iterativo.

o flute

Planificación

Desarrollo iterativo.

- 1 Adquisición de base de conocimientos.

o flute

Planificación

Desarrollo iterativo.

- 1 Adquisición de base de conocimientos.
- 2 Desarrollo de analizador básico.

oflute

Planificación

Desarrollo iterativo.

- 1 Adquisición de base de conocimientos.
- 2 Desarrollo de analizador básico.
- 3 Interfaz gráfica de usuario.

oflute

Desarrollo iterativo.

- 1 Adquisición de base de conocimientos.
- 2 Desarrollo de analizador básico.
- 3 Interfaz gráfica de usuario.
- 4 Motor de lecciones.

oflute

Planificación

Desarrollo iterativo.

- 1 Adquisición de base de conocimientos.
- 2 Desarrollo de analizador básico.
- 3 Interfaz gráfica de usuario.
- 4 Motor de lecciones.
- 5 Motor de canciones.

oflute

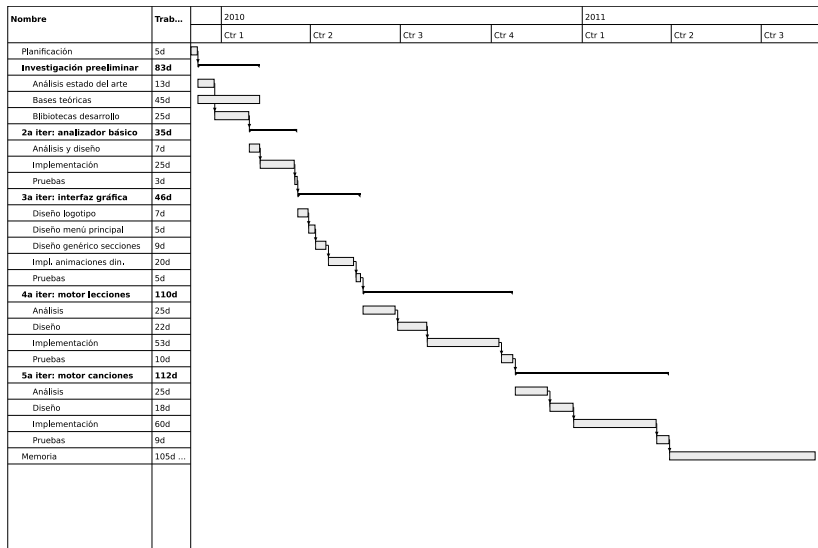
Planificación

Desarrollo iterativo.

- 1 Adquisición de base de conocimientos.
- 2 Desarrollo de analizador básico.
- 3 Interfaz gráfica de usuario.
- 4 Motor de lecciones.
- 5 Motor de canciones.

oflute

Diagrama de Gantt



Índice

Introducción

Descripción

Calendario

Fundamentos teóricos

Desarrollo

Herramientas

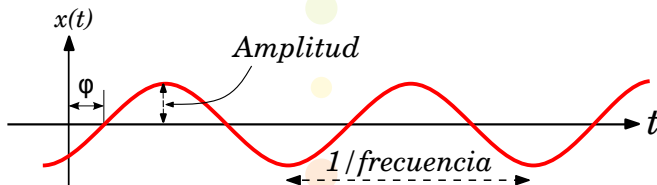
Conclusiones y difusión

Bibliografía

oFlute

El sonido

El **sonido** es una vibración en forma de onda.



Frecuencia Oscilaciones por unidad de tiempo.

Amplitud Energía que transporta la onda.

Fase Desplazamiento respecto del origen.

Descomposición de sonidos

Los sonidos no suelen ser ondas puras,
se componen de **parciales**.

o flute

Descomposición de sonidos

Los sonidos no suelen ser ondas puras,
se componen de **parciales**.

La **frecuencia fundamental** es el menor de esos parciales.
Dicta la **altura** general del sonido, esto es, la **nota**.

o flute

Descomposición de sonidos

Los sonidos no suelen ser ondas puras,
se componen de **parciales**.

La **frecuencia fundamental** es el menor de esos parciales.
Dicta la **altura** general del sonido, esto es, la **nota**.

Los **armónicos** son parciales múltiplos de la frecuencia
fundamental, enriquecen y caracterizan el sonido.

oflute

Descomposición de sonidos

Los sonidos no suelen ser ondas puras,
se componen de **parciales**.

La **frecuencia fundamental** es el menor de esos parciales.
Dicta la **altura** general del sonido, esto es, la **nota**.

Los **armónicos** son parciales múltiplos de la frecuencia fundamental, enriquecen y caracterizan el sonido.

Objetivo: Descomponer el sonido para obtener la **frecuencia fundamental**.

oFlute

Herramientas de análisis armónico

Trabajan en el **dominio de la frecuencia**: se representa una señal respecto a su espectro de frecuencias.

o flute

Herramientas de análisis armónico

Trabajan en el **dominio de la frecuencia**: se representa una señal respecto a su espectro de frecuencias.

La **transformada de Fourier** es la herramienta más conocida: descompone una señal en sus componentes senoidales.

o flute

Herramientas de análisis armónico

Trabajan en el **dominio de la frecuencia**: se representa una señal respecto a su espectro de frecuencias.

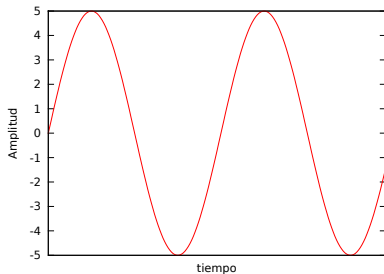
La **transformada de Fourier** es la herramienta más conocida: descompone una señal en sus componentes senoidales.

Algoritmo más habitual: **FFT - Fast Fourier Transform**.
En nuestro caso usamos la versión discreta,
DFT - Discrete Fourier Transform.

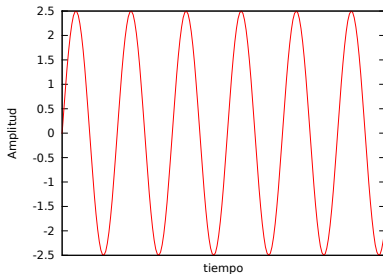
o flute

Ejemplo de aplicación de FFT

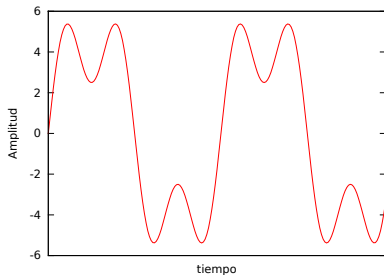
Seno, Frecuencia = 10Hz, Amplitud = 5



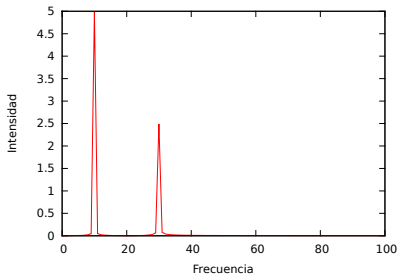
Seno, Frecuencia = 30Hz, Amplitud = 2.5



Seno 10Hz + Seno 30Hz



Espectro de frecuencias



Función ventana

Se aplica sobre el conjunto de entrada, suaviza la señal.

Hay muchos tipos, según la respuesta de salida: Hann, Hamming, gaussiana, Tukey, Lanczos...

Ejemplo de ventana de Hann:



En oFlute no se utiliza.

Índice

Introducción

Descripción

Calendario

Fundamentos teóricos

Desarrollo

Herramientas

Conclusiones y difusión

Bibliografía

oFlute

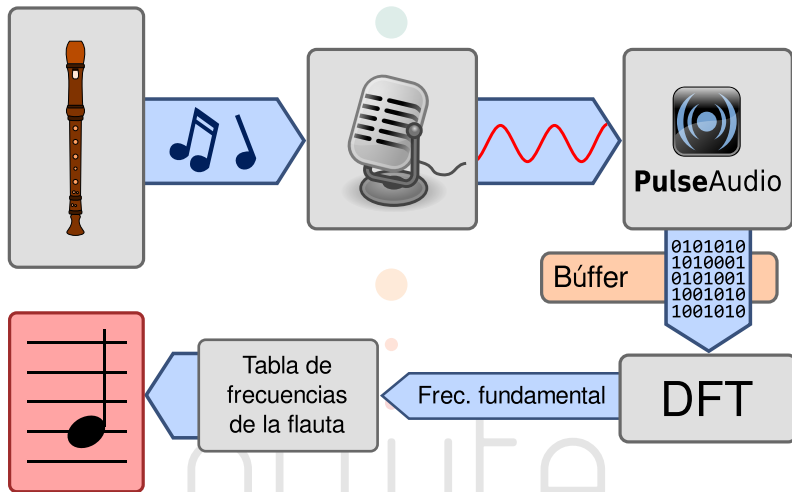
Analizador básico

Objetivo

Desarrollar un módulo que capture el sonido del micrófono, lo analice y detecte la nota que se está tocando.

oFlute

Analizador básico



Primer paso: capturar el audio

- Se utilizó la API de PulseAudio.
- Abrimos un flujo de entrada.
- Creamos un búffer para recoger los datos.
- Procesamos los datos cuando se llena el búffer.

o flute

Segundo paso: analizar el sonido

- Trabajamos con el contenido del búffer.
- Aplicamos el algoritmo DFT.
- Aislamos la frecuencia fundamental.
- Comparamos la frecuencia fundamental con una tabla de frecuencias para la flauta dulce.
- Devolvemos la nota detectada.

oflute

Carga de fuentes TrueType

oFlute utiliza **Gosu** como sistema gráfico.

- Open Source.
- Ofrece renderizado 2D con aceleración por hardware.
- Acceso a la entrada del usuario.
- Multiplataforma: Windows, Linux, Mac.
- API muy sencilla, orientada a objetos.
- Desarrollo ágil.


oFlute

Carga de fuentes TrueType

Problema: Gosu no permite cargar fuentes TrueType en GNU/Linux.

oFlute

Carga de fuentes TrueType



Problema: Gosu no permite cargar fuentes TrueType en GNU/Linux.

Solución: se implementa un módulo propio para carga y pintado de fuentes TrueType.

oFlute

Carga de fuentes TrueType

Problema: Gosu no permite cargar fuentes TrueType en GNU/Linux.

Solución: se implementa un módulo propio para carga y pintado de fuentes TrueType.

Este módulo se liberó y pasó a formar **parte oficial** de Gosu.

```
// Used for custom TTF files
// Adapted from customFont class by Jose Tomas Tocino Garcia
class SDLTTFRenderer : boost::noncopyable
```

oFlute

Animaciones dinámicas

Problema: uno de los objetivos era tener interfaces amigables, fluidas y minimalistas.

o flute

Animaciones dinámicas●

Problema: uno de los objetivos era tener interfaces amigables, fluidas y minimalistas.

Solución: se desarrolla un sistema de animaciones mediante interpolaciones de movimiento.

o flute

Animaciones dinámicas

Problema: uno de los objetivos era tener interfaces amigables, fluidas y minimalistas.

Solución: se desarrolla un sistema de animaciones mediante interpolaciones de movimiento.

Permite movimientos de aceleración, deceleración, uniformes, etcétera. Es extensible a un número arbitrario de atributos.

o flute

Animaciones dinámicas

Problema: uno de los objetivos era tener interfaces amigables, fluidas y minimalistas.

Solución: se desarrolla un sistema de animaciones mediante interpolaciones de movimiento.

Permite movimientos de aceleración, deceleración, uniformes, etcétera. Es extensible a un número arbitrario de atributos.

Se basó en las ecuaciones de Robert Penner, liberadas bajo licencia BSD.

oFlute

Problema: con miras a otros países, resultaría necesario internacionalizar el proyecto.

o flute

¹<http://hdl.handle.net/10498/10772>

Problema: con miras a otros países, resultaría necesario internacionalizar el proyecto.

Solución: GNU Gettext como sistema de internacionalización.

Es el sistema de i18n más popular, con multitud de herramientas y comunidades de traducción colaborativa, como Launchpad.

¹<http://hdl.handle.net/10498/10772>

Problema: con miras a otros países, resultaría necesario internacionalizar el proyecto.

Solución: **GNU Gettext** como sistema de internacionalización.

Es el sistema de i18n más popular, con multitud de herramientas y comunidades de traducción colaborativa, como Launchpad.

Su estudio derivó en la publicación del documento *Traducción de proyectos con GNU gettext en 15 minutos*¹.

¹<http://hdl.handle.net/10498/10772>

Índice

Introducción

Descripción

Calendario

Fundamentos teóricos

Desarrollo

Herramientas

Conclusiones y difusión

Bibliografía

oFlute

Lenguaje de programación: C++

- Pros**
- Mayor familiaridad.
 - Muy eficiente.
 - Gran cantidad de herramientas y soporte.

- Contras**
- Desarrollo más lento que en lenguajes de script.
 - Gestión de memoria manual.

o flute

Biblioteca gráfica: Gosu

Pros

- Multiplataforma.
- Muy orientada a objetos.
- Aceleración gráfica por hardware.

Contras

- Alcance limitado: solo gráficos y E/S.
- Inconsistencias entre sistemas.
- Poco soporte.

oflute

Herramientas

Acceso a flujos de audio

PulseAudio, muy bajo nivel.

Procesado de XML

PugiXML, sencilla y rápida, con acceso XPath.

Cálculo de DFT

Tras probar una implementación propia, se pasó a KissFFT, por eficiencia.

Propósito general

Boost se utilizó de forma extensa.

oFlute

Índice

Introducción

Descripción

Calendario

Fundamentos teóricos

Desarrollo

Herramientas

Conclusiones y difusión

Bibliografía

oFlute

Conclusiones a nivel de proyecto

Objetivos cumplidos

Se completaron todos los objetivos propuestos:

- Se creó un módulo de análisis de notas eficiente.
- El sistema de canciones integró el módulo de análisis de forma efectiva.
- Desarrollamos un sistema de lecciones muy completo.
- Se mantuvo en todo momento una interfaz agradable y fluida.

oflute

Conclusiones a nivel de proyecto

Posibles mejoras

Hay lugar para ampliar el proyecto:

- Extender el sistema de lecciones para añadir, por ejemplo, vídeos y otros elementos multimedia.
- Mejorar la jugabilidad del sistema de canciones.
- Portar el juego a otras plataformas.

oflute

Conclusiones a nivel personal

- Proyecto muy longevo.
- Mucho conocimiento nuevo adquirido: DSP, programación de audio, hilos, matemáticas...
- Mucho conocimiento generado.
- Cercano a proyectos comerciales.

oflute

Conocimiento generado●



o flute

Conocimiento generado

Taller de Boost

Se explicaron las partes más importantes de esta colección de bibliotecas, con numerosos ejemplos.

o flute

Conocimiento generado

Taller de Boost

Se explicaron las partes más importantes de esta colección de bibliotecas, con numerosos ejemplos.

Taller de Gosu

Más de 50 asistentes, desarrollo de un clon del Arkanoid.

o flute

Conocimiento generado●

Taller de Boost

Se explicaron las partes más importantes de esta colección de bibliotecas, con numerosos ejemplos.

Taller de Gosu

Más de 50 asistentes, desarrollo de un clon del Arkanoid.

Tutorial de Gettext

Completo manual de internacionalización de proyectos.
También se hizo un taller sobre el mismo tema.

oFlute

Proyectos derivados

A partir del código de oFlute se desarrolló **Freegemas**, clon libre y multiplataforma de Bejeweled.



- **Tres publicaciones** en Linux Magazine.
- **Inclusión oficial** en Guadalinex v8.

Difusión

Social media

- Blog: oflute.wordpress.com, 5500 visitas en total.
- 3 vídeos en YouTube, aprox. 700 reproducciones.

oflute

Difusión

Social media

- Blog: oflute.wordpress.com, 5500 visitas en total.
- 3 vídeos en YouTube, aprox. 700 reproducciones.

Forja

- <http://oflute.googlecode.com>
- Más de 270 revisiones.
- Aprox. 8000 líneas de código.

oflute

Difusión

Social media

- Blog: oflute.wordpress.com, 5500 visitas en total.
- 3 vídeos en YouTube, aprox. 700 reproducciones.

Forja

- <http://oflute.googlecode.com>
- Más de 270 revisiones.
- Aprox. 8000 líneas de código.

Referencia del código

- Generada con **Doxygen**.
- Disponible en la forja.
- Accesible en <http://www.josetomastocino.com/oflute>.

Concurso Universitario de Software Libre

- Mención especial a nivel nacional.
- Accésit al mejor proyecto de innovación en la fase local.

o flute

Difusión

Concurso Universitario de Software Libre

- Mención especial a nivel nacional.
- Accésit al mejor proyecto de innovación en la fase local.

Guadalinux

- oFlute se encuentra en los repositorios de **Guadalinux**.

oFlute

Índice

Introducción

Descripción

Calendario

Fundamentos teóricos

Desarrollo

Herramientas

Conclusiones y difusión

Bibliografía

oFlute

Bibliografía y referencia



Comp.DSP Newsgroup

<http://www.dsprelated.com/compdsp.php>



Learning UML 2.0

Miles & Hamilton, O'Reilly, 2006



Digital Signal Processing, a Computer Science Perspective
Jonathan Stein, Wiley-Interscience, 2000



Understanding Digital Signal Processing
Richard Lyons, Prentice Hall, 2001.



Design Patterns

Erich Gamma y asociados., Addison Wesley, 1994

oFlute



oflute

Demostración



Gracias por su atención
¿Preguntas?

<http://oflute.googlecode.com>

<http://oflute.wordpress.com>