



# **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.



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

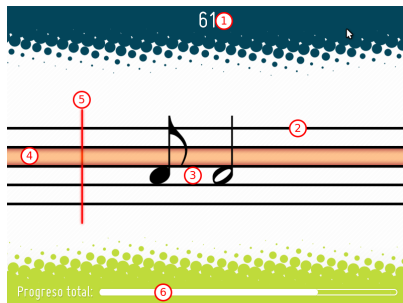
Para tocar un Do Grave, es decir, el do que está más abajo en la partitura, debes cerrar todos los orificios de la flauta.



 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

# Planificación

## 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

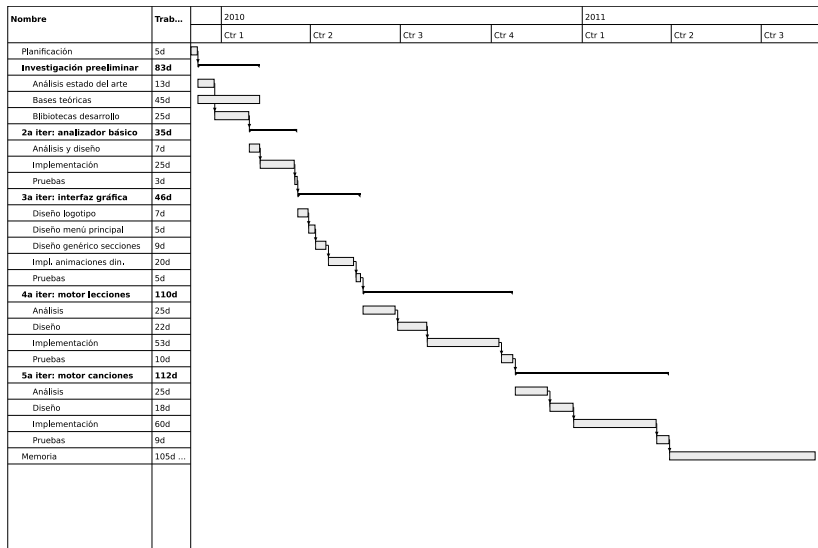
# Planificación

## 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

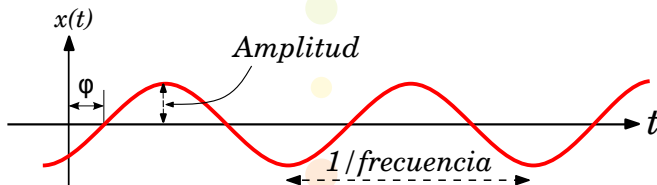
Conclusiones y difusión

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.

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.

**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.

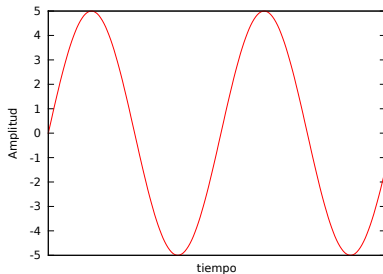
La **transformada de Fourier** es la herramienta más conocida: descompone una señal en sus componentes senoidales.

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

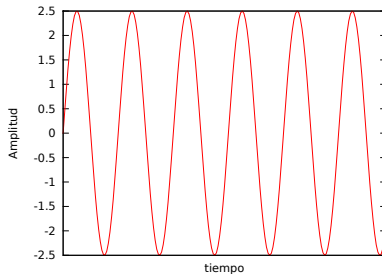
o flute

# Ejemplo de aplicación de FFT

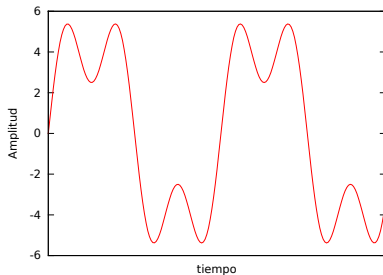
Seno, Frecuencia = 10Hz, Amplitud = 5



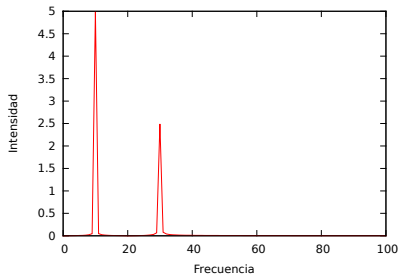
Seno, Frecuencia = 30Hz, Amplitud = 2.5



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

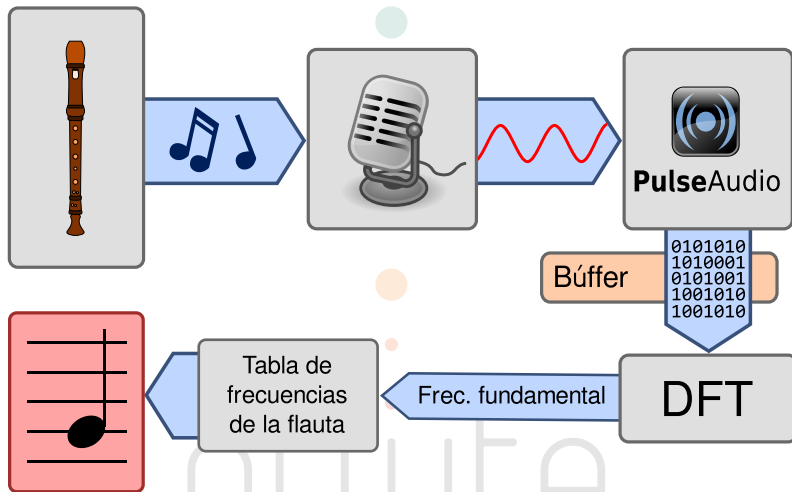
# Analizador básico

## Objetivo

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

o flute

# 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.

oflute

## 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.

A vertical line of seven colored dots in the center of the slide. From top to bottom, the colors are: light blue, light green, yellow, orange, light orange, light pink, and red.

oFlute

# Carga de fuentes TrueType

oFlute utiliza **Gosu** como sistema gráfico.

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

oflute

# Carga de fuentes TrueType

oFlute utiliza **Gosu** como sistema gráfico.

**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

oFlute utiliza **Gosu** como sistema gráfico.

**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
```

# 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

---

<sup>1</sup><http://hdl.handle.net/10498/10772>

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

**Solución:** se utilizó **GNU Gettext** como sistema estándar de internacionalización.

o flute

---

<sup>1</sup><http://hdl.handle.net/10498/10772>

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

**Solución:** se utilizó **GNU Gettext** como sistema estándar de internacionalización.

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

---

<sup>1</sup><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.

oftute

# 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.

o flute

# 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 reales.

oflute

# Conocimiento generado●

Se ha generado mucho conocimiento a raíz del proyecto.

o flute

# Conocimiento generado●

Se ha generado mucho conocimiento a raíz del proyecto.

## Taller de Boost

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

oflute

# Conocimiento generado●

Se ha generado mucho conocimiento a raíz del proyecto.

## **Taller de Boost**

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

## **Taller de Gosu**

Afluencia de más de 50 personas, se desarrolló un clon del Arkanoid.

o flute

# Conocimiento generado

Se ha generado mucho conocimiento a raíz del proyecto.

## Taller de Boost

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

## Taller de Gosu

Afluencia de más de 50 personas, se desarrolló 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 el proyecto **Freegemas**, un clon libre y multiplataforma de Bejeweled.



Su desarrollo dio lugar a **tres publicaciones** en la revista Linux Magazine, y su inclusión oficial en **Guadalinex**.



# Difusión

## Social media

- Blog: [oflute.wordpress.com](http://oflute.wordpress.com), 5500 visitas en total.
- 3 vídeos en YouTube, aprox. 700 reproducciones.

oflute

# Difusión

## Social media

- Blog: [oflute.wordpress.com](http://oflute.wordpress.com), 5500 visitas en total.
- 3 vídeos en YouTube, aprox. 700 reproducciones.

## Concurso Universitario de Software Libre

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

oflute

# Difusión

## Social media

- Blog: [oflute.wordpress.com](http://oflute.wordpress.com), 5500 visitas en total.
- 3 vídeos en YouTube, aprox. 700 reproducciones.

## 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



Demostración



Gracias por su atención  
¿Preguntas?

<http://oflute.googlecode.com>

<http://oflute.wordpress.com>