ugr | Universidad de Granada

TRABAJO FIN DE GRADO

INGENIERÍA EN INGENIERIA INFORMÁTICA

Sintetizador virtual

Subtitulo del Proyecto

Autor
Miguel García Tenorio

Directores
Carlos Ureña Almagro

Aqui se puede incluir nombre y logo del Departamento responsable del proyecto

Escuela Técnica Superior de Ingenierías Informática y de Telecomunicación

—

Granada, Junio de 2021

Alternativamente, el logo de la UGR puede sustituirse / complementarse con uno específico del

Sintetizador Virtual

Subtítulo del proyecto.

Autor
Miguel García Tenorio

Directores
Carlos Ureña Almagro

Título del Proyecto: Subtítulo del proyecto

Nombre Apellido1 Apellido2 (alumno)

Palabras clave: palabra clave1, palabra clave2, palabra clave3, ...

Resumen

Poner aquí el resumen.

Project Title: Project Subtitle

First name, Family name (student)

Keywords: Keyword1, Keyword2, Keyword3, ...

Abstract

Write here the abstract in English.

Yo, **Miguel García Tenorio**, alumno de la titulación TITU- LACIÓN de la **Escuela Técnica Superior de Ingenierías Informáti- ca y de Telecomunicación de la Universidad de Granada**, con DNI 75576490P, autorizo la ubicación de la siguiente copia de mi Trabajo Fin de Grado en la biblioteca del centro para que pueda ser consultada por las personas que lo deseen.

Fdo: Miguel García Tenorio

Granada a X de mes de 201 .

D. **Nombre Apellido1 Apellido2 (tutor1)**, Profesor del Área de XXXX del Departamento YYYY de la Universidad de Granada.

D. **Nombre Apellido1 Apellido2 (tutor2)**, Profesor del Área de XXXX del Departamento YYYY de la Universidad de Granada.

Informan:

Que el presente trabajo, titulado ***Título del proyecto, Subtítulo del proyecto***, ha sido realizado bajo su supervisión por **Nombre Apellido1 Apellido2 (alumno)**, y autorizamos la defensa de dicho trabajo ante el tribunal que corresponda.

Y para que conste, expiden y firman el presente informe en Granada a X de mes de 201 .

Los directores:

Nombre Apellido1 Apellido2 (tutor1) **Nombre Apellido1 Apellido2 (tutor2)**

Agradecimientos

Poner aquí agradecimientos...

Índice

Contenido

Capítulo 1: Introducción

Capítulo 2: Objetivos

Capítulo 3: Planificación y presupuesto

3.1. Planificación Inicial

Inicialmente se realiza una planificación en la que se opta por dividir el desarrollo del proyecto en 6 fases o iteraciones, las cuales se dividen en 2 Sprint de dos semanas, excepto la primera iteración y la última que contienen un Sprint, en la que se planifican 8 bloques principales que conllevarán una serie de tareas a realizar.
Se realiza esta división, debido a que se seguirá una metodología ágil de desarrollo, Scrum, que será expuesta en secciones posteriores (ver …).
El proyecto comienza la semana del 15/02/2021 y termina la semana del 5/07/2021, por lo que se planifican 20 semanas en total. La planificación consta de 8 bloques principales. La figura 3.1 muestra la temporización de la realización de cada uno de los bloques de acuerdo a esta división

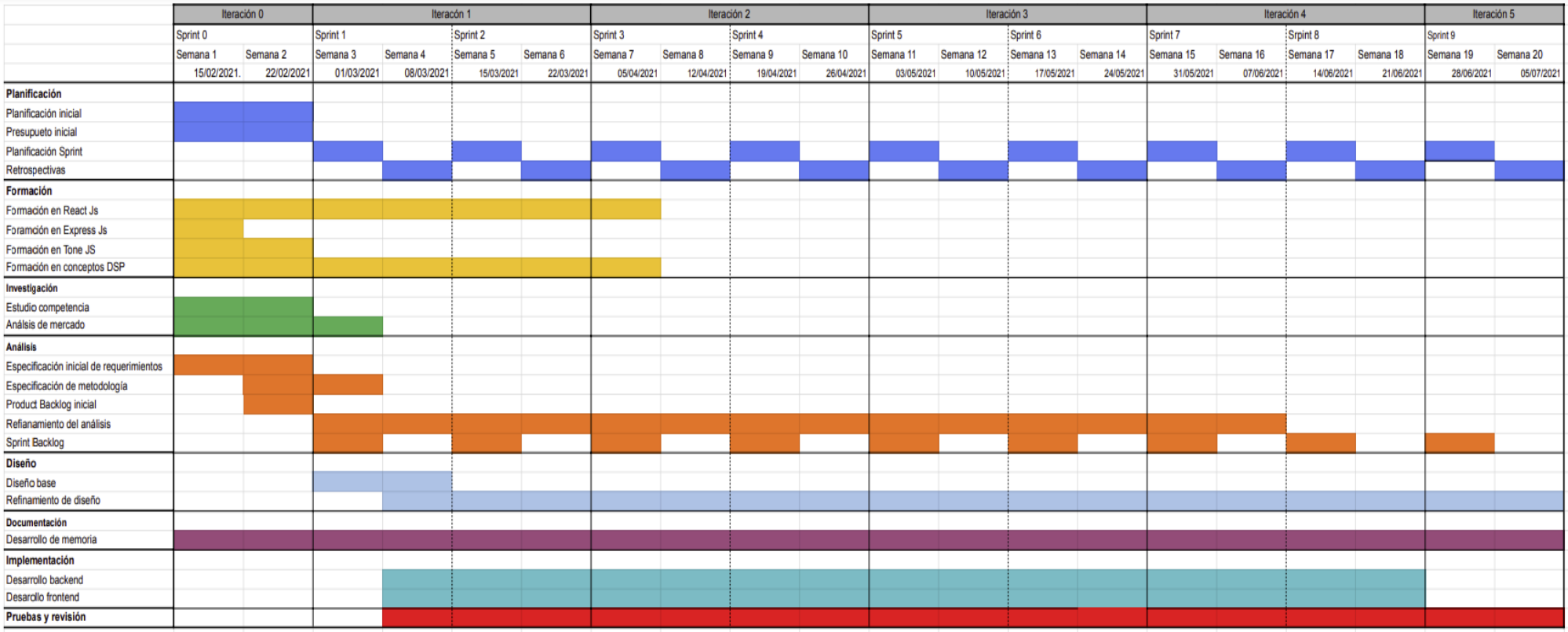


Figura 3.1. Diagrama Gantt planificación inicial

De acuerdo con esta planificación inicial se estiman las horas que será necesarias para la realización de cada uno de los bloques. De acuerdo con el Plan de Ordenación Docente del curso 2020/201 de la UGR 1 crédito ECTS se corresponde con 25 horas de trabajo, por lo que 12 créditos ECTS del Trabajo Final de Grado se corresponden con 300 horas de trabajo que hay que planificar. En la tabla 3.1 se muestra la correspondencia en horas para cada uno de los bloques planificados.

	HORAS	PORCENTAJE TOTAL
Planificación	22	7,3
Formación	21	7
Investigación	7	2,3
Análisis	40	13,3
Diseño	41	13,6
Documentación	32,5	10,83
Implementación	109	36,3
Revisión y Pruebas	27,5	9,17
TOTAL	300	100

Tabla 3.1. Horas planificadas

3.2. Presupuesto

Se estima que el precio del proyecto ronde los 5490€

Elementos	Coste	Total
Ordenador	780 €	780 €
Teclado MIDI	100 €	100 €
Auriculares estudio	60 €	60 €
Espacio de coworking (4 meses)	100 € / mes	400 €
Trabajo autónomo (4 meses)	13,5 € / hora	4050 €
Bibliografía	100 €	100 €
Total		5490 €

Tabla 3.2. Presupuesto del proyecto

3.2.1. Justificación del presupuesto

A continuación, se justifica cada elemento del presupuesto:

- **Ordenador:** Será necesario un ordenador de gama media/alta ya que se requiere de capacidad computacional para ejecutar el entorno de programación, lanzar el servidor para realizar pruebas y ejecutar el programa.
- **Teclado MIDI:** Se requiere un teclado MIDI para probar alguna de la

funcionalidad que ofrece el sistema. Basta con un teclado MIDI de gama media/baja para realizar las pruebas que rondan entorno a los 100 €
- **Auriculares de estudio:** Es preciso comprar unos auriculares de estudio de gama media para tener un sonido claro y limpio de los sonidos producidos por el software que se esta desarrollando. Este tipo de auriculares rondan los 60€ en el mercado.
- **Espacio de coworking:** Se supone que no se dispone de espacio de trabajo, por lo que se opta por alquilar una plaza en un espacio coworking en la que se dispondrá de electricidad, agua, calefacción, internet y sala de reuniones entre otros. Aproximadamente la tarifa ronda entre los 100 € mensuales.
- **Trabajo autónomo:** Como se planificaron 300 horas de trabajo (ver Tabla 3.1), y el salario de un Ingeniero informático Junior ronda los 13,5 € la hora y el proyecto tiene una duración de 4 meses, se estiman unos 4050 € de trabajo autónomo.
- **Bibliografía:** Serán necesarias fuentes que no se encuentran en Internet y no se encuentran en bibliotecas públicas (salvo en la de la UGR) que conllevarán un coste adicional.

Capítulo 4: Análisis

4.1. Metodología de desarrollo

4.2. Análisis del entorno

Antes de entrar en el análisis de los requerimientos del sistema o las historias de usuario, es necesario analizar el entorno para conocer cómo se comportan los usuarios al utilizar un sintetizador virtual y lograr un software más adaptado a los usuarios.

4.2.1. Análisis competitivo

En primer lugar, se realiza un análisis de la competencia para encontrar puntos fuertes y débiles de estos sistemas.
Antes de empezar con el análisis competitivo, hay que destacar que los softwares de síntesis digital más populares están diseñados para ser extensiones de programas DAW, por lo que muchos de estos no se pueden utilizar sin un programa de este tipo, o bien se pueden utilizar, pero con una funcionalidad limitad. A pesar de esto, podemos encontrar otras opciones que no necesitan de un DAW para su funcionamiento.
De esta manera, podemos clasificar los sintetizadores en dos grandes bloques:

- Aquellos que necesitan de un DAW para su utilización.
- Aquellos que no necesitan un DAW para su utilización.

De acuerdo con esta clasificación, para cada grupo, se analiza el sintetizador más popular:

- **Serum:**
  - Esta dentro del primer grupo (no necesita un DAW).
  - Diseñado por la empresa Xfer Records.

- Implementado en C++ usando JUCE [1] como framework.
- Puntos fuertes
  - En cuanto a síntesis digital, es de los mas sofisticados en el mercado.
  - Tiene dos osciladores.
  - Interfaz bastante sencilla e intuitiva.
  - Posibilidad de elegir distintos tipos de onda.
  - Ofrece la posibilidad de modificar la onda de audio de cada oscilador a nuestro antojo.
  - Sistema de modulación bastante versátil, permite arrastrar el componente de modulación a lo que se quiera modular e incluso cuenta con una matriz de modulación.
  - Permite guardar configuraciones de sonidos.
  - Posee un banco de configuraciones preestablecidas, es decir, de sonido ya diseñados que se pueden buscar y filtrar por categorías u otros criterios.
  - Cuenta con gran variedad de efectos que se pueden aplicar a la vez a un mismo sonido.
  - En la parte inferior de la interfaz hay una simulación de un piano que nos va indicando que nota estamos pulsando encada momento.
  - Posee gráficos que se sincronizan con el sonido producido.
  - Permite insertar muestras de sonido (simples) para su síntesis.
- Puntos débiles
  - Solo se puede utilizar a través de un DAW, es decir, es un plugin
  - Tiene bastantes parámetros que se pueden modificar por lo que se requiere un conocimiento alto en síntesis digital.
  - Debido a que es un plugin sus funciones se limitan a crear sonidos y enviarlos al DAW.
  - Elevado coste, actualmente $189 USD.

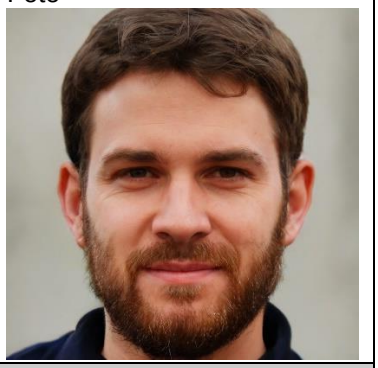
- **Midi.city:**
  - Esta dentro del segundo grupo (no necesita un DAW).
  - Es un sintetizador en la nube, que puede usarse en cualquier dispositivo que disponga de un navegador web.
  - Constituye una comunidad, en la que puedes crearte una cuenta para participar en foros, votar para nuevas características, acceder al registro de cambios, reportar algún fallo etc.…
  - Principalmente se basa en JavaScript usando ToneJS como Framework.
  - Puntos fuertes:
    - Se puede utilizar en cualquier dispositivo con navegador web.
    - Es open source, su utilización no requiere comprar ninguna licencia.
    - Posee todas las octavas.
    - Posee gráficos que se sincronizan con el sonido producido
    - Los sonidos generados se pueden reproducir, con el teclado, pulsando con el ratón en la nota o conectando un teclado MIDI.
    - Cuenta con un metrónomo .
    - Es capaz de secuenciar archivos MIDI.
    - Podemos reproducir una secuencia de percusión a la vez que

[1] JUCE: Framework basado en C++ para el desarrollo de Plugins para DAWS

reproducimos los sonidos sintetizados.
        - Cuanta con un banco de sonidos bien clasificados.
    - Puntos débiles:
        - No se pueden crear nuevos sonidos, los sonidos se limitan a los que vienen por defecto.
        - No se pueden grabar piezas musicales tocadas con los sonidos sintetizados.
        - No se pueden modificar los parámetros de los sonidos, la síntesis es invisible al usuario se realiza en un segundo plano.
        - En ocasiones presenta latencia.

4.2.2. Personas y escenarios

Para identificar las metas y los puntos débiles de nuestro usuario objetivo, se crean dos personas que interaccionaran con Serum y Midi.city.

PERSONA 01		
Nombre	Javier Pérez	Foto 
Edad	23	
Sexo	M	
Educación	Graduado en comunicación audiovisual. Master en producción musical	
Contexto de uso		
Cuándo	En horario laboral	
Dónde	En el estudio	
Dispositivo	Ordenador de sobremesa	
Misión		
Objetivo	Quiere diseñar nuevos sonidos para sus producciones	
Expectativas	Obtener sonidos de calidad y de manera sencilla	
Motivación		
Urgencia	Lo necesita cuanto antes	
Deseo	Quiere diseñar sonidos nuevos por el mismo	

Actitud hacia la tecnología
Esta siempre a la última, tiene bastante soltura con el uso de las tecnologías

Tabla 4.X. Persona 01

PERSONA 02		
Nombre	Ava Miller	Foto 
Edad	27	
Sexo	10	
Educación	Graduado en Bellas Artes. Master en artes escénicas	
Contexto de uso		
Cuándo	En su tiempo libre	
Dónde	En casa	
Dispositivo	Portátil/ Móvil	
Misión		
Objetivo	Quiere poder tocar el piano con su nuevo teclado MIDI	
Expectativas	No gastar dinero en software adicional y poder grabar sus piezas	
Motivación		
Urgencia	Está aprendiendo de manera autodidacta a tocar el piano y necesita empezar a tocar cuanto antes	
Deseo	Poner en práctica las habilidades aprendidas al piano y experimentar con variedad de sonidos	
Actitud hacia la tecnología		
Se desenvuelve, pero tampoco es una experta		

Tabla 4.X. Persona 02

A partir de estas dos personas se definen los siguientes escenarios

<table>
<tr><th colspan="3">ESCENARIO 01</th></tr>
<tr><td>Nombre persona</td><td>Javier Pérez</td><td rowspan="2">Foto
  </td></tr>
<tr><td>Objetivo persona</td><td>Diseñar nuevos sonidos para sus producciones</td></tr>
<tr><td colspan="3">Escenario</td></tr>
<tr><td colspan="3">Javier es un joven productor de Granada. Estudió el grado de Comunicación Audiovisual en la UGR y posteriormente hizo un master privado en producción musical, ya que desde pequeño ha sido un amante de la música y su sueño era llegar a ser alguien importante en el panorama musical.
Paralelamente a sus estudios, Javier trabajaba como camarero de un pub para ganarse un sueldo y así ahorrar para su proyecto musical. Gracias a estos ahorros, recientemente ha montado un pequeño estudio en un local para comenzar su proyecto. Dentro de esta inversión incluyo Ableton Live y Serum para lograr más calidad en sus producciones ya que hasta ahora solo contaba con una guitarra y un teclado.

Dispuesto a crear su primera pieza musical en su nueva etapa de productor profesional, abre el DAW Ableton Live y el sintetizador Serum. Su objetivo es lograr un sonido parecido al de una campana.
Para ello enciende los dos osciladores, selecciona el tipo de onda que cree más conveniente para cada oscilador, establece los parámetros básicos de la envolvente y selecciona un tipo de filtro. Encuentra muchos parámetros que no sabe como funcionan por lo que no los toca, ya que él es productor musical y no es un experto en ingeniería de audio, pero tiene conocimientos medios.
Para terminar añade reverb, delay y un compresor para hacer más interesante el sonido. Una vez terminado guarda el sonido como “Campana propia”. El resultado ha sido óptimo, pero no está convencido del todo, así que selecciona una de las campanas que vienen ya creadas por el sintetizador y la modifica un poco hasta conseguir el sonido que buscaba.</td></tr>
</table>

Tabla 4.X. Escenario 01

ESCENARIO 02		
Nombre persona	Ava Miller	Foto
Objetivo persona	Tocar el piano, probar sonidos diferentes y grabar piezas musicales	
Escenario		
Ava es chica de 27 nacida en Londres, que trabaja para una compañía española de macro-festivales que incluye espectáculos escénicos en sus festivales realizados por todo el mundo. Debido a la situación de pandemia, la empresa no puede realizar su actividad por lo que Ava se encuentra en un ERTE. Ava es una persona inquieta y curiosa y debido a esta situación ha necesitado buscarse un entretenimiento, el piano. Ava ha comenzado a aprender a tocar el piano de manera autodidacta a través de un teclado MIDI que tenía su hermano. Este tipo de teclados requieren de un software para que se escuche “algo”. Existen muchas alternativas de pago, pero Ava no quiere gastarse dinero ya que la situación económica no es favorable y además necesita algo que pueda usarlo en varios ordenadores ya que no siempre usa el mismo. Investigando por la red, encontró Midi.city. Para poner a prueba lo que esta aprendiendo, conectó su teclado al ordenador y comenzó a tocar notas. Se dio cuenta que había una biblioteca de sonidos, así que eligió el piano. Para su sorpresa, a la vez que tocaba podía establecer una percusión que le iba acompañando mientras tocaba, además de poder establecer la velocidad a la que iba, había un metrónomo. Por desgracia, su experiencia no fue satisfactoria al completo, ya que no encontró ningún botón donde poder grabar lo que iba tocando.		

Tabla 4.X. Escenario 02

4.2.3. Aspectos a tratar

A partir del análisis competitivo y de la creación y propuesta de personas y escenarios, se establecen los siguientes aspectos que deberían tratarse a la hora de definir la funcionalidad de nuestro sistema ya que vana a aportar un valor añadido al producto final:

Interesante/relevante	Criticas
• La portabilidad del software es una ventaja competitiva • Existencia de gráficos que acompañen al audio • Uno o más osciladores • Uno o más efectos • Existencia de filtros • Posibilidad de usar un teclado MIDI para reproducir los sonidos generados	• Demasiados parámetros hacen compleja la interfaz y el diseño de sonido • Las interfaces no son accesibles y no se adaptan al usuario • El coste de estos programas es muy elevado, no existen muchas opciones open source • Muchos requieren de otros programas de pago para

• Biblioteca de sonidos ya diseñados para poder usar alguno y/o modificarlos • Opción para guardar aquellos sonidos creados o modificados • Existencia de un metrónomo • Posibilidad de importar sonidos para realizar una síntesis a partir de estos • Grabación de las piezas musicales tocadas • Están disponibles todas las octavas	funcionar, hay usuarios que no quieren esto. • Problemas frecuentes relacionados con la latencia

Tabla 4.X. Aspectos a tratar

4.3. Requisitos del sistema

A continuación, se especifican los requisitos que debe cumplir el sistema:

4.3.1. Requisitos Funcionales

RF-1. Gestión de las “Fuentes”. El sistema será capaz de generar señales de audio mediante la síntesis digital mediante el uso de osciladores.

> **RF-1.1.** Uso de uno o dos osciladores. El usuario podrá encender y apagar cualquiera de los dos osciladores, permitiendo que los dos estén encendidos simultáneamente.
>
> > **RF- 1.1.1.** Elección del tipo de onda. Para cada oscilador se podrá elegir entre una onda con forma de seno, triangulo, cuadrado, o diente de sierra.
> > **RF- 1.1.2.** Los osciladores generarán todas las frecuencias correspondientes a todas las octavas de un piano.
>
> **RF-1.2.** Polifonía. El sistema será capaz de generar polifonía, es decir, será capaz de generar la señal de audio correspondiente a un acorde o a una nota por separado.
>
> **RF-1.3.** Suma de señales. El audio generado por las fuentes será la suma de las señales de audio generadas por las fuentes.

RF-2. Gestión de los “Modificadores”. El sistema podrá alterar la señal de audio que las fuentes generan.

> **RF-2.1.** Aplicación de la envolvente. Para cada uno de los osciladores existirá una envolvente de la amplitud de audio que controlará la evolución temporal de la seña generada.

RF-2.2. Uso de reverberación (Reverb). El usuario podrá aplicar un efecto de Reverberación sobre la señal de audio generada por las fuentes.

RF-2.2.1. Encendido y apagado. Se podrá encender y apagar la reverberación en cada momento.

RF-2.3. Uso de Delay. El usuario podrá aplicar un efecto de Delay sobre la señal de audio generada por las fuentes.

RF-2.3.1. Encendido y apagado. Se podrá encender y apagar el Delay en cada momento.

RF-2.4. Uso de compresor. El usuario podrá aplicar un efecto de Compresor que controle la dinámica sobre la señal de audio generada por las fuentes.

RF-2.4.1. Encendido y apagado. Se podrá encender y apagar el compresor en cada momento.

RF-2.4. Uso de compresor. El usuario podrá aplicar un efecto de Compresor que controle la dinámica sobre la señal de audio generada por las fuentes.

RF-2.4.1. Encendido y apagado. Se podrá encender y apagar el compresor en cada momento.

RF-2.5. Uso de filtros. El usuario podrá aplicar filtros de frecuencia sobre la señal de audio generada por las fuentes.

RF-2.5.1. El usurario podrá aplicar un filtro pasa bajos (Low Pass), es decir un filtro que filtra las frecuencias aguadas
RF-2.5.2. El usurario podrá aplicar un filtro pasa altos (High Pass), es decir un filtro que filtra las frecuencias aguadas

RF-2.4. Uso de ecualizador de 3 bandas. El usuario podrá aplicar ecualización de 3 bandas sobre la señal de audio generada por las fuentes.

RF-2.4.1. Encendido y apagado. Se podrá encender y apagar el ecualizador en cada momento.

RF-3. Gestión de los “Controladores”. El sistema permitirá al usuario controlar los modificadores y las fuentes

RF-3.1. Control de la envolvente. Para cada envolvente se podrán modificar los valores de Attack, Decay, Sustain, Release.

RF-3.1.1. Modificar el tiempo de ataque (Attack). El sistema permitirá modificar tiempo de ataque de una envolvente, el tiempo que tarda la señal en alcanzar su máximo valor de amplitud. Este valor se podrá modificar entre los 0 y los 2 ms.

RF-3.1.2. Modificar el tiempo de caída (Decay). El sistema permitirá modificar tiempo de caída de una envolvente, el tiempo que tarda la señal en caer a un valor sostenido después de superar la fase de ataque. Este valor se podrá modificar entre los 0 y los 2 ms.
RF-3.1.3. Modificar el tiempo de sostenimiento (Sustain). El sistema permitirá modificar tiempo de sostenimiento de una envolvente, el tiempo que la señal se mantiene constante después de superar la fase de caída. Este valor se podrá modificar entre los 0 y los 1 ms.
RF-3.1.4. Modificar el tiempo de relajación (Release). El sistema permitirá modificar tiempo de relajación de una envolvente, el tiempo que la señal tarda en perder toda su amplitud. Este valor se podrá modificar entre los 0 y los 5 ms.

RF-3.2. Control del efecto de Reverberación. Para el efecto de reverberación se podrá modificar el Decay, Predelay, HiCut, LowCut.

RF-3.2.1. Modificar Predelay. El sistema permitirá modificar el valor de predelay de la reverberación, es decir el tiempo a partir del cual el efecto de reverberación empieza actuar. Este valor se podrá modificar en proporción a la duración de la señal de audio que producen los osciladores, por lo que esta comprendido entre 0% y 100%.
RF-3.2.2. Modificar Decay. El sistema permitirá modificar el valor de Decay de la reverberación, es decir el tiempo de duración del efecto.
RF-3.2.3. Modificar HiCut. El sistema permitirá modificar el valor de la frecuencia donde se comienza a filtrar la reverberación. Este valor estará dentro del intervalo de 20k-0hz.
RF-3.2.4. Modificar LowCut. El sistema permitirá modificar el valor de la frecuencia donde se comienza a filtrar la reverberación. Este valor estará dentro del intervalo de 0-20khz.

RF-3.3. Control del efecto de Delay. Para el efecto de Delay se podrá modificar el FeedBack.

RF-3.3.1. Modificar FeedBack. El sistema permitirá modificar la cantidad de FeedBack de efecto Delay, es decir, durante cuánto tiempo tendrá lugar el Delay. Este valor está comprendido entre el 0% y el 100%

RF-3.4. Control del Compresor. Para el compresor se podrá modificar el Ratio, Threshold, Attack, Release.

RF-3.4.1. Modificar Ratio. El sistema permitirá modificar el valor de ratio, es decir, como se va a comprimir la onda. Este valor está comprendido entre 1 y 20 Uds.
RF-3.4.2. Modificar Threshold. El sistema permitirá modificar el valor de Threshold, es decir, a que altura en el eje y de la amplitud de la onda se va a colocar el ratio. Este valor está comprendido entre -100 y 0 dB.
RF-3.4.2. Modificar Ataque (Attack). El sistema permitirá modificar el valor de ataque, es decir, cuando empieza a actuar el compresor. Este valor está comprendido entre 0 y 1 ms.
RF-3.4.3. Modificar Release. El sistema permitirá modificar el valor de reléase para el compresor, es decir, durante cuánto tiempo actúa el compresor antes de volver a actuar (antes de volver a la fase de ataque). Este valor está comprendido entre 0 y 1 ms.

RF-3.5. El sistema permitirá modificar la cantidad de efecto que se aplica para cada uno de ellos, es decir, valor de dry/wet. Este valor es proporcional al efecto y está comprendido entre el 0% y el 100%.

RF-3.6. El sistema permitirá alterar el valor de volumen maestro del programa. Este valor oscilará entre los -100 y 0 dB.

RF-3.7. Modificar las bandas del ecualizador. Cada banda aceptará valores entre -100 y 0 dB.

RF-3.8. Control oscilador. Para cada oscilador se podrá modificar el Paneo y el volumen.

RF-3.8.1. Modificar el paneo, se podrá establecer cuanto sonido sale por el canal L y cuanto sale por el canal R. Este valor va del -100 a 100 Uds.
RF-3.8.2. Modificar volumen, se podrá se podrá ajustar la cantidad de sonido que se quiera (el volumen del sonido que está produciendo). Este valor está comprendido en el intervalo de -100db-0dB.

RF-4. Gestión de gráficos. El programa pintará de manera gráfica, siguiendo un determinado algoritmo, el espectro frecuencial de la onda que producen los osciladores

RF-5. Gestión de almacenamiento. El sistema gestionará todo lo relacionado con lo referente a los sonidos y los usuarios de este.

RF-5.1. Guardar un sonido creado o modificado. Se guardarán en base de datos todos los valores que producen la señal de audio final. Además, se podrá asignar un nombre y una categoría, valoración

RF-5.2. Cargar un sonido guardado en base de datos

RF-5.3. Buscar un sonido previamente guardado.

RF-5.3.1. Aplicar filtro por categoría o valoración en la búsqueda.

RF-6. Gestión “MIDI”. El sistema será capaz de procesar información MIDI o de control.

RF-6.1. El sistema será capaz de comunicarse con un controlador MIDI de manera que se pueda utilizar este con las señales de audio producidas.

RF-6.2. Cuando se pulsa una tecla del teclado, si hay algún oscilador encendido, se produce un sonido correspondiente a una nota, simulando un teclado MIDI. Será posible tocar hasta dos octavas desde el teclado.

RF-6.3. El sistema podrá leer y procesar archivos MIDI

RF-7. El sistema permitirá grabar los sonidos producidos y descargarlos en mp3.
RF-8. El sistema permitirá a un usuario registrarse.
RF-9. El sistema permitirá a un usuario hacer login y logout.

4.3.2. Requisitos no funcionales

Interfaz

RN-1. Cuando se modifique cualquier valor se debe de mostrar en la interfaz simultáneamente el valor que se es está modificando

RN-2. La interfaz debe ser sencilla, accesible e intuitiva

RN-3. Cuando se modifica un sonido aparecerá un asterisco al lado de su nombre para indicar que se ha modificado y se puede guardar

RN-4. La interfaz debe mostrar un piano

Rendimiento

RN-5. El sistema deberá ocuparse de la sincronización entre gráficos y audio, la latencia no puede ser superior a 1 segundo

RN-6. La latencia entre que se pulsa una tecla del teclado del ordenador, del controlador MIDI o se clica en una tecla de la interfaz, hasta que se reproduce el sonido correspondiente no puede exceder los 700ms.

Disponibilidad

RN-7. El sistema debe poder utilizarse en cualquier dispositivo que disponga de un navegador web

RN-8. El sistema debe estar siempre en ejecución.

Implementación

RN-9. Se deben de usar lenguajes de programación que puedan ser interpretados por navegadores web

Seguridad

RN-10. Solo podrán acceder al sistema los usuarios dados de alta

Usabilidad

RN-11. Siempre se cargará un sonido por defecto cuando se entra en el sistema

Físicos

RN-7. El sistema requiere de un servidor para almacenar la base de datos y ejecutar tanto el backend como el forntend.

Capítulo 5: Diseño

5.1. Product Backlog

A partir de la fase de análisis en la que se especificaron los requerimientos del sistema se realiza un listado priorizado de las historias de usuario que se llevarán a acabo durante le desarrollo del sistema.

La prioridad está expresada entre 1 y 5, siendo 1 las historias más prioritarias y 5 las menos prioritarias. A continuación, se muestra el Product Backlog ordenado por prioridad

ID	Nombre de la historia	Prioridad

Capítulo 6: Implementación y pruebas

6.1. Tecnologías seleccionadas

6.1.1. Análisis de tecnologías

Para llevar a cabo la implementación del sistema software que se requiere, se necesita una tecnología que nos ofrezca lo siguiente:

- Soluciones para desarrollar un sistema de tiempo real (multiprocesamiento, temporizadores, semáforos, señales de tiempo real, entrada/salida síncrona y asíncrona etc..)
- Métodos y variables para comunicarnos con el sistema de audio del computador
- Métodos eficientes para el procesamiento de señales digitales (DSP)
- Documentación para el tratamiento de audio
- Facilidades para implementar una interfaz de usuario
- Facilidades para implementar gráficos complejos

Múltiples lenguajes de programación como Java o Python, ofrecen parcialmente soluciones a los puntos comentados, pero debido a la complejidad del procesamiento de señales digitales es preciso utilizar Frameworks y librerías nativas que simplifiquen esta tarea.
Existen dos lenguajes de programación que nos proporcionan lo expuesto en este punto:

- C++
- JavaScript

A continuación, se describen las ventajas e inconvenientes de estos lenguajes

6.1.1.1. C++

Ventajas

- Dispone de librerías para trabajar con el tiempo, como chrono.
- Ofrece soluciones bastante eficientes para el multiprocesamiento y la sincronización.
- Dispone de librerías para comunicarnos con el sistema de audio del computador.
- Dispone de librerías DSP, como IIPP de Intel.
- La gran mayoría de sistemas software para el procesamiento de audio están implementados en C++ o se basan en este.
- Existen librerías para el procesamiento de gráficos, como Open GL .
- Existen múltiples Frameworks para el desarrollo de interfaces.
- Permite aprovechar al máximo los recursos del ordenador.

Desventajas

- No es portable en nuestro sistema a realizar, necesitaremos realizar una versión para cada SO ya que el sonido se trata de distinta forma en cada uno de estos.
- Los Frameworks existentes no dan soporte a la solución que se busca, ya que están muy limitados a la realización de plugins para DAWS existentes. Con estos Frameworks solo podremos usar nuestro sistema software dentro de un DAW y no podremos realizar una interfaz desde cero.
- Si se usa esta tecnología, el resultado final será de bajo nivel por lo que la dificultad y el tiempo para realizarlo se eleva con creces.
- Debido a la ausencia de Frameworks específicos, se requiere demasiado conocimiento en cuestiones matemáticas y físicas para el tratamiento de las señales de audio digital.

6.1.1.2. JavaScript

Ventajas

- Portable, si se utiliza esta tecnología el software estará disponible para cualquier dispositivo con un navegador.
- Existe un Framework específico, llamado Tonejs, destinado a la creación de sonido digital en el ámbito del navegador, el cual se ajusta bastante bien al sistema a desarrollar, ya que ofrece soluciones a alto nivel de síntesis digital que no requerirían de un excesivo conocimiento en cuestiones matemáticas y físicas. Además, da soporte a la comunicación con el sistema de audio del computador.
- Existen Frameworks para trabajar con gráficos como Three js .
- Existen Frameworks que proporcionan herramientas para el desarrollo de una aplicación en la nube como React.
- En general, hay una alta disponibilidad de librerías.

Desventajas

- Las capacidades de tiempo real son más limitadas, los callbacks no están sincronizadas con precisión. Tonejs es capaz de solucionar este problema.
- El ámbito de ejecución, se limita al navegador, por lo que los recursos estarán limitados a este.
- No existen muchas alternativas a Tonejs.
- Poco software de audio utilizando este lenguaje.
- Da problemas para programas no triviales, al no ser fuertemente tipado.

6.1.2. Conclusión del análisis de tecnologías

Sopesadas las ventajas y desventajas de las tecnologías analizadas en el punto anterior, se llegan a las siguientes conclusiones:

1. Pese a que C++, ofrece más capacidades de tiempo real que JavaScript, Tonejs soluciona el problema de la sincronización y el tiempo real de manera sencilla por lo que se podría llegar a alcanzar el grado estas capacidades usando este Framework
2. El grado de dificultad en la implementación de la interfaz en JavaScript es más bajo
3. La ventaja de la total e inmediata disponibilidad de JavaScript aporta un gran valor añadido al producto final.
4. El Framework Tonejs ofrece muchas soluciones a un nivel más alto que C++, permitiendo que la implementación de este sea más asequible
5. Debido a la alta disponibilidad de librerías para JavaScript, podremos encontrar soporte y soluciones para gran variedad de los requisitos del programa.

A partir de estas primeras conclusiones, se llega a la conclusión final:

Se elige JavaScript como lenguaje de programación para la implementación del sintetizador, utilizando como Frameworks **Tonejs**, para trabajar con las señales de audio, **React** para el Frontend y **Express** para el Backend.

Capítulo 7: Conclusiones y vías futuras

Capítulo 8: Bibliografía final

https://software.intel.com/content/www/us/en/develop/tools/oneapi/components/ipp.html

https://xferrecords.com/products/serum -SERUM

https://midi.city/ Midi.city

https://tonejs.github.io/ - Tonejs

https://es.reactjs.org/ react

https://expressjs.com/es/ express