

ÍNDICE MEMÓRIA

Índice memoria	1
Resum.....	3
Resumen	4
Abstract	5
Agradecimientos.....	7
CAPÍTULO 1: Introducción	9
1.1. Historia de los efectos de guitarra	9
1.1.1. Décadas '40 y '50.....	9
1.1.2. Sonido 'Fuzz'	10
1.1.3. Consolidación del pedal analógico.....	11
1.2. Tipos de efectos.....	12
1.2.1. Saturación.....	12
1.2.2. Modulación.	12
1.2.3. Filtración y dinámica.....	13
1.2.4. Repetición.	15
1.2.5. Atemperamiento.	15
CAPÍTULO 2: EL PEDAL WAH-WAH.....	17
2.1. Diseño electrónico.....	17
2.1.1. Diseño del Wah-Wah.	18
2.1.2. Diseño del grabador.	20
2.2. Diseño físico.....	21
2.2.1. Diseño y fabricación de las PCB.....	21
2.2.2. Diseño y fabricación de la carcasa.	22
2.2.3. Ensamblaje del pedal.....	23
CAPÍTULO 3: Grabador y reproductor de secuencias	25
3.1. Programación del dsPIC.....	25
3.1.1. Función grabar.....	25
3.1.2. Función reproducir.	26
3.2. Carga del programa en el dsPIC.....	27
Conclusiones	28
Bibliografía.....	29

Bibliografía de Consulta29

RESUM

En aquest treball s'ha dissenyat i construït un pedal electrònic per a guitarra elèctrica del tipus *Wah-Wah*, degut al seu so característic i versatilitat a l'hora de tocar.

Es detallaran els diferents tipus d'efectes que existeixen, com es van descobrir i quina és la seva utilitat.

Es centra en el tipus *Wah-Wah* i es veurà el procés que s'ha seguit per al seu disseny i la seva posterior construcció.

A part, el pedal incorpora un sistema de gravació i reproducció de seqüències, mitjançant un micrcontrolador dsPIC.

Per últim, es farà una avaluació econòmica, ja que es pretén comercialitzar el prototip.

RESUMEN

En éste trabajo se ha diseñado y construido un pedal electrónico para guitarra eléctrica del tipo *Wah-Wah*, debido a su sonido característico y a su versatilidad a la hora de tocar.

Se detallarán los diferentes tipos de efectos que existen, cómo se descubrieron y cuál es su utilidad.

Se centra en el tipo *Wah-Wah* y se verá el proceso seguido para su diseño y su posterior construcción.

A parte, el pedal incorpora un sistema de grabación y reproducción de secuencias, mediante un microcontrolador dsPIC.

Por último, se hará una evaluación económica, ya que se pretende comercializar el prototipo.

ABSTRACT

In this project, I have designed and manufactured an electronic pedal for electric guitar. It is a Wah-Wah pedal, it has been chosen because of its characteristic sound and its versatility when playing it.

Here I will be detailing the different types of effects that exist, how they had been discovered and what is their utility.

The project focuses on Wah effect and you will see the process taken to design and manufacture it.

Besides, the pedal incorporates a system to recording and playback sequences through a dsPIC microcontroller.

Finally, an economic evaluation will be done, as I intend to commercialize the prototype.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas las personas que han hecho posible el desarrollo de éste Trabajo Final de Grado, facilitando información, dándome consejos e incluso motivación para sacarlo a delante. No habría sido posible sin la colaboración de las siguientes personas y entidades.

A Herminio Martínez, tutor de mi proyecto "Diseño e implementación de un pedal electrónico para guitarra eléctrica".

Al grupo de música "*Magret de Paco*", ya que sin él no habría tenido la motivación para que me quisiera dedicar a esto.

I a Oriol Resina, persona que disfrutará con el pedal, por darme la idea de hacer éste trabajo y por la paciencia que ha tenido durante todo éste tiempo que no lo ha podido disfrutar.

CAPÍTULO 1:

INTRODUCCIÓN

Los efectos para guitarra (o manipulación de señal) son alteraciones ya sean digitales, analógicas o acústicas en el tono o sonido de una guitarra, normalmente eléctrica. Los efectos para guitarra pueden producirse, bien por causas físicas, como la reverberación, o bien por procesadores destinados a cumplir una función específica en la señal, tales como los pedales o los procesadores en formato rack. Muchos efectos han ayudado a caracterizar muy bien a la música contemporánea desde la década de 1950.

1.1. Historia de los efectos de guitarra

El concepto de manipulación de la señal comenzó en los años '40, con la interacción de la saturación. Para ese entonces, los amplificadores de guitarra eran de baja fidelidad, y sólo producían el efecto de distorsión por error al superar el umbral de volumen que el sistema electrónico podía permitir (conocido ahora como Overdrive). En esa época, la distorsión era vista como un error en el sonido que debía ser reparado inmediatamente.

1.1.1. Décadas '40 y '50.

No fue hasta los años '50 que comenzó a usarse la saturación a conciencia. Es a Willie Kizart, a quien se le atribuye el primer sonido distorsionado grabado, en 1951, con el single *Rocket 88* de *Ike Turner & His Kings of Rhythm*. La banda, por accidente descompuso una de las dos válvulas de salida de un amplificador Fender, en el camino al estudio. Como no tenía repuestos a mano, Kizert usó el tono de una sola válvula, naciendo el primer tono 'Fuzz' conocido en la historia.

Sin embargo, la masificación del concepto de 'saturación' en la señal surgió en 1961. En ese año, el guitarrista Grady Martin se disponía a grabar un solo, sin embargo, el canal de bulbos de la mesa de grabación comenzó a fallar, dándole una saturación natural. Dicho sonido le gustó a Martin, quien grabó la canción "*Don't Worry*" junto a Marty Robbins con este sonido, que fue todo un

éxito. Tras este incidente, la banda *The Ventures* consiguió uno de los primeros pedales de efectos que simulaba la distorsión accidental de Martin. Así se comenzó a comercializar en 1962 el primer pedal de Fuzz conocido, el "Maestro Fuzztone FZ-1".



Figura 1. Pedal "Maestro Fuzztone FZ-1" de 1965.

1.1.2. Sonido 'Fuzz'

A partir de ese entonces, fueron muchísimas bandas las que usaron el sonido de saturación y, especialmente, el "Fuzz" fue todo un éxito durante los años '60, en plena revolución de la música. Grandes temas como *Think For Yourself* (El efecto esta en bajo) de The Beatles, *I can't get no (Satisfaction)* de Rolling Stones, *"You really got me"* de The Kinks, en la que Dave Davies rompió los altavoces de un Vox AC30 con una afeitadora; *Jack the Ripper*, de Screaming Lord Sutch and the Savages. Link Wray, agujereó los altavoces de su amplificador con un lápiz a fin de obtener distorsión, cuyo resultado se puede escuchar en el instrumental *"Rumble"*. A principios de los '60, era común destrozarse los conos de los amplificadores para darles ese tono distorsionado, sin embargo, este hecho quedó en el pasado tras la aparición de los pedales de pulsar para el pie, que simulan los mismos efectos. Con esto, también nacieron en ésta época una gran cantidad de efectos que son usados hoy en día.

No sólo el "Fuzz" fue famoso en ese tiempo; el Overdrive también había logrado una gran aceptación gracias al Rock and Roll, al Rockabilly y al Surf Rock. Con el tiempo, nacieron exponentes del uso de overdrive, así como también se estableció como sonido clásico del rock británico. Durante los '70 las bandas como Led Zeppelin, Deep Purple, Black Sabbath y las bandas de punk emergentes, se expandió el uso de la alta-distorsión, quedando consolidada con la expansión del Heavy Metal.

1.1.3. Consolidación del pedal analógico.

El resto de los efectos surgió por diferentes formas de manipulación recurrente en el sonido. En los '60 y '70 nacieron las empresas más reconocidas de producción de pedales multiefectos y de pulsar, y varias marcas sacaron al comercio sus innovaciones.

Por una parte, los amplificadores Fender incorporaron el *reverb* en sus amplificadores "Twin" y mejoraron el sonido produciendo un saturado suave que no aumentaba a mayor volumen, lo que le valió convertirse en el pionero del sonido surf.

En Gran Bretaña, ante la creciente fama de los Fender Twin, la empresa fabricante Vox lanzó el amplificador Vox AC30, precursor e icono de la invasión musical británica, en 1959.

Mientras, Jim Marshall buscó un sonido de mayor distorsión que los Fender, para incorporarlo a un amplificador; fue así como nació la industria de los amplificadores Marshall en 1962, la que tuvo que abrir su primera fábrica dos años después, por el disparo de las ventas.



Figura 2. Amplificador VOX AC30 de 1963.

Por otra parte, ya en los años '60 se masificaron los pedales de todo tipo de saturación, consolidándose con ello la simplificación de los efectos de sonido en los pedales de circuito electrónico para pulsar. El hecho de poder pulsarlos con el pie fue un factor determinante por la facilidad que da para usar muchos efectos sin mayor problema.

Fuzz Face (Dunlop), fue uno de los más grandes precursores del "Fuzz", lanzado en 1966 y masificado por Hendrix. Un año después, nació la empresa Electro-Harmonix, siendo 1969 el año de lanzamiento de sus primeros pedales analógicos. La empresa MXR, fundada en 1973, lanzó en ese mismo año el pedal *Phase 90*, siendo un innovador en dicho efecto, que hasta ese entonces solo era posible alterando cintas de audio. Boss, creador directo del efecto "Chorus", lanzó en 1976 el pedal *CE-1 Chorus Ensemble*.

Esto, en conjunto con varios otros efectos hicieron que el pedal analógico se estableciera y consolidara completamente, como una opción fácil, económica y accesible para la nueva generación de guitarristas que, por aquellos años demandaba cada vez más y nuevas formas de colorear su sonido.

1.2. Tipos de efectos

Hay seis tipos de efectos: Saturación, modulación, filtración y dinámica, repetición, atemperamiento y ecualización.

1.2.1. Saturación.

Afecta al nivel de saturación o ganancia del sonido en cualquier medida. Dependiendo de las características, se logran alterar distintos armónicos y se opaca la nota fundamental en distintos niveles. La saturación en la guitarra ha sido fundamental en el desarrollo contemporáneo de la música.

Dentro de la saturación podemos encontrar tres tipos diferentes:

- **Overdrive:** Afecta sobre todo al segundo armónico en una cantidad moderada, lo que genera picos irregulares en la señal. Los tonos se centran en los bajos y medios. En teoría, el sonido es más "sucio", pero la nota fundamental es distinguible y la saturación no es muy dura, por lo que aún se distingue un sonido natural de la guitarra. Caracteriza mucho al sonido de la invasión británica de los años '70.
- **Distorsión:** Se realzan el segundo y tercer armónicos. La señal se satura mucho, la nota fundamental es indistinguible y la onda es totalmente irregular. Se destacan los tonos medios altos, aunque a mayor distorsión, también hay bajos notables. Sin embargo, los picos realzados son uniformes y compactos, por lo que, aunque en teoría el sonido es totalmente sucio, es agradable al oído. Se ha usado en prácticamente todo el espectro musical actual, y especialmente en los sonidos duros. Sobreexplotado en la década de 1980, es el más reconocido efecto de sonido en la guitarra eléctrica.
- **Fuzz:** Realza el segundo armónico en forma exagerada, y los picos de la señal se generan en mayor cantidad que en un overdrive. Los tonos se centran en los bajos y medios, no así en los agudos. El sonido es más denso, con poca nitidez. Dentro del Rock estadounidense del siglo XXI es muy usado.

1.2.2. Modulación.

Los cambios en la modulación son alteraciones del sonido basadas en la amplitud, la frecuencia y la fase de una señal, mezcladas con la señal original. Varios de estos efectos son parecidos puesto que siguen principios básicamente iguales, teniendo diferencias muy pequeñas en los parámetros manipulados.

Dentro de la modulación se encuentran los siguientes tipos:

- **Chorus:** Mezcla de una señal, con una desafinada y retardada en baja medida con respecto a la original. Por lo general este retardo se comprende de 15 a 25 milisegundos. El resultado práctico es el sonido de dos instrumentos que tocan al unísono, de modo que uno de ellos desafina ligeramente.
- **Flange:** Al igual que en el *chorus*, se duplica la señal, la desafina y la retarda, la diferencia reside en el tiempo de retardo, que en el *flanging* es mucho menos, desde 1 hasta 15 milisegundos. En el *flange*, las frecuencias medias y altas se modifican de forma que la señal sufre un cambio de fase aritmético, lo que afecta a la onda pendularmente, por la alteración solo de ondas bajas y medias. Surgió como un desperfecto en grabaciones magnetofónicas en cinta de bobina abierta.
- **Phase:** El *phase* consiste en duplicar una señal, la inversión exponencial de fase en la señal duplicada, el retardo de ésta en un rango de 1 hasta 15 milisegundos, y la mezcla entre las dos señales, provocando cancelaciones en toda la onda del sonido. El resultado en el sonido final es un efecto de "barrido de aspa" que resulta agradable al oído. Cabe destacar que el *phasing* es muy confundido con el *flanging*, puesto que ambos efectos siguen los mismos principios de modulación. La diferencia está en la inversión de la fase, que en el *phase* es exponencial, mientras que en el *flange* es aritmético. Aun así, en los pedales de *phase* el nivel de inversión de fase es muy variable, al punto que si la inversión es muy poca puede realmente llegar a ser un efecto *flanger*.
- **Trémolo:** Consiste en generar oscilaciones periódicas en la amplitud de una señal en función del tiempo. También provoca pequeños cambios de fase que afectan principalmente a las ondas bajas. Se confunde con el efecto *vibrato*, en donde se altera la frecuencia de un sonido en función del tiempo, no así el volumen de éste.
- **Rotación:** Se crea este efecto al hacer girar un altavoz sobre su propio eje, lo que provoca variaciones en la fase del sonido final de la guitarra. En cuanto a sus principios físicos, se basa en cierta medida en una mezcla del efecto Doppler y el efecto Trémolo, en menor grado.

1.2.3. Filtración y dinámica.

En términos técnicos, la filtración consiste precisamente en aplicar un umbral a la ecualización de la señal, eligiendo la cantidad de frecuencias altas y bajas que tendrá el sonido final. Dentro de la filtración en guitarra, el más reconocido es el efecto '*Wah*', además de otros reguladores de la ecualización, como la compresión/limitación y supresión de ruido.

Aquí podemos ver los siguientes tipos:

- **Wah:** La filtración en la señal se volvió muy recurrente en la década de 1960, con el uso del efecto '*Wah*' como pionero. El efecto en sí se originó en el jazz, con el uso de la sordina en un trombón o en la trompeta. Con la invención del pedal con un potenciómetro dentro, el sonido '*Wah*' se volvió mucho más dinámico. Actualmente, el *Wah* se divide, a grandes rasgos, en el *Wah* a pedal, y el "*Auto-Wah*". El *Auto-Wah* necesita estar previamente configurado antes de tocar guitarra, y a diferencia del *Wah*

manual, no posee un potenciómetro, sino que utiliza un oscilador de frecuencias bajas y trabaja en función del tiempo, aunque depende del pedal específico.

- **Talk-Box:** Sigue el mismo principio de filtración que el *Wah*, con la diferencia de que abarca un espectro de filtro muchísimo más grande que el *Wah* normal, que corresponde al de la voz y habla humana. Para esto se necesita precisamente un micrófono cerca o dentro de la boca de una persona, conectada a un pedal de pulsar y a la guitarra.
- **Compresión:** La compresión de una señal es un proceso electrónico de sonido donde a la señal de la guitarra se le aplica una 'marca' para nivelar la amplitud de ésta en toda su longitud. Como consecuencia, la diferencia entre las partes más y menos amplias de la señal se reducen con la compresión aplicada, y el volumen del sonido es igualado en la medida de los parámetros a los que está sujeto el efecto.

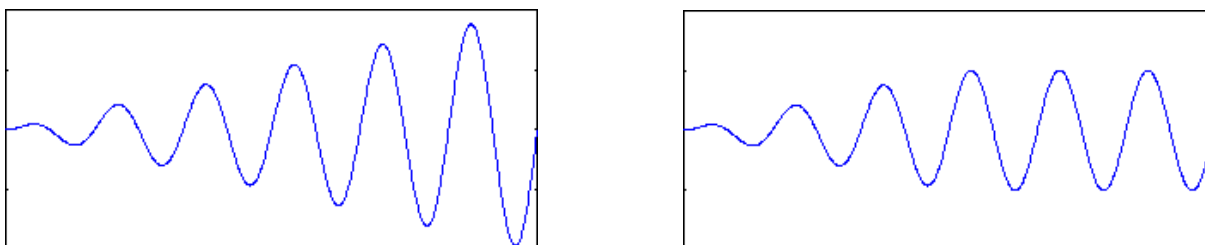


Figura 3. Señal de audio original y comprimida.

- **Limitación:** La limitación está muy asociada a la compresión, siendo, de hecho, un factor fundamental dentro de la misma. En la limitación, a partir del umbral, la señal se reduce de forma brusca, y no contempla el aumento del volumen en las partes más bajas; en términos prácticos, la limitación solo reduce el volumen o pone un tope o máximo, no lo amplifica.
- **Sustain:** El *sustain* o mantenimiento de la nota se denomina al tiempo que una nota, tocada una sola vez, puede seguir sonando hasta que deja de ser audible al oído humano. En términos más técnicos, es la propiedad de una cuerda de mantener la vibración, y depende de la cantidad de energía de vibración de las cuerdas que logra ser absorbida y no devuelta por la madera de la guitarra. Aunque el *sustain* es más bien un efecto físico que se busca más en las guitarras de buena calidad, hay efectos destinados a alargar la duración de la nota, siendo más común encontrarlos en formato rack para un mayor abanico de opciones sonoras.
- **Swelling:** También *volume swell*, es el equivalente a un crescendo en guitarra. Las notas tocadas en una guitarra se caracterizan por tener un 'ataque' inicial, en donde se producen frecuencias altas que deforman la nota fundamental y que dan un sonido golpeado al principio de cada nota. A medida que la vibración siga, dichas frecuencias bajan su intensidad y, en consecuencia, la nota al final suena más suave que al principio. El *swelling* invierte este proceso reduciendo los altos del sonido inicial. Hay dos formas de realizarlo: el más común y práctico es utilizando el control

de volumen de la guitarra eléctrica; o bien usando un pedal de volumen destinado a invertir el ataque de la señal.

1.2.4. *Repetición.*

Dentro de los efectos de repetición encontramos dos tipos:

- **Reverberación:** La reverberación o *reverb*, originalmente es un efecto producto de la reflexión del sonido. Cuando el sonido choca contra un material y no es capaz de atravesarlo fácilmente, éste material absorbe parte de las vibraciones, mientras que el resto retorna en sentido contrario. En consecuencia, al provocar un sonido en un lugar lo suficientemente cerrado para que el sonido no escape, da la sensación de escuchar un eco del sonido pero difuminado. Hay dos tipos de reverberación: la natural y la artificial. La natural siempre se produce, aunque no siempre es percibida por el oído humano; y la artificial es la creada por dispositivos que distorsionan la señal recibida y repiten dicha señal, pero distorsionada o "difuminada", por un lapso de tiempo.
- **Delay:** Es un efecto que consiste en la multiplicación de una señal de guitarra tomada previamente, y que se reproduce con un retraso variable una o más veces. Es uno de los primeros efectos que nacieron gracias a la manipulación de las cintas de grabación de estudio alrededor de los años 1950; sin embargo, la demanda de este efecto para los directos hizo que se innovara con varios artefactos, y culminando con el efecto análogo que comenzó a comercializarse en los años 1970.

1.2.5. *Atemperamiento.*

El *atemperamiento* o *atemperación* del sonido es cambiar la frecuencia de un sonido, cambiándolo directamente o agregándolo al original formando una armonía.

Hay tres tipos de *atemperamiento*:

- **Vibrato:** El *vibrato* es la forma más sencilla de *atemperamiento* y la más suave. En el *vibrato*, la frecuencia de una nota varía periódicamente y de forma leve, aumentando y disminuyendo, generalmente no más allá de 1/4 de tono, produciendo una especie de "vaivén" u "ondeo" del sonido. El *vibrato* es notable y "natural" en la voz humana, por ejemplo, pero no en la guitarra eléctrica. Se pueden utilizar *vibratos* electrónicos en la amplificación, pero es más recurrente hacerlo de forma manual, moviendo el dedo en el traste de la guitarra.
- **Wahmmy:** El *whammy* es la exageración del *vibrato* a diferencias mucho más grandes de frecuencias que éste último. Mientras que el *vibrato* abarca diferencias de no más de 1/4 de tono respecto al sonido original, el *whammy* puede llegar tan lejos como se pretenda o se pueda llegar con la guitarra. Existe la *barra trémolo* en las guitarras que, curiosamente, no hacen un efecto trémolo, sino que ejecutan un *vibrato* o *whammy* cambiando la tensión las notas y, en consecuencia, bajando o subiendo la frecuencia a la que vibran las cuerdas. Existen dispositivos de efectos destinados a cambiar la frecuencia de las notas en reemplazo de la barra trémolo en donde, si la guitarra carece de microafinación o de un puente

especializado en mantener la tensión primitiva, puede ir desentonando y descalibrando la guitarra progresivamente.

- **Armonización:** La armonización es una forma de *atemperamiento* distinta del *vibrato* y el *whammy* porque no se refiere a modificar la señal de sonido original, sino a agregar otros tonos a la misma fuente de amplificación. Se entiende como un efecto a utilizar dispositivos de efectos en la cadena de amplificación, a producir armonías en guitarra. Dentro de ésta categoría entran los octavadores, y los armonizadores más recurrentes son los de intervalos de quintas y terceras.

CAPÍTULO 2:

EL PEDAL WAH-WAH

Como efecto electrónico, consiste en un filtro pasa banda cuya frecuencia central es variable. Cuando esa frecuencia central del filtro varía de un valor bajo a uno alto, produce un sonido similar a una voz humana pronunciando "uaaa". A medida que el pedal es presionado, aumenta la amplitud de las frecuencias altas y la de los bajos de la señal que son recortados. Un *wah-wah* funcionando correctamente no debe alterar el volumen de la señal.

En éste apartado se van a especificar los pasos seguidos para su diseño, tanto electrónico, cómo físico.

2.1. Diseño electrónico.

El diseño del pedal se basado en un modelo comercial, ya que todos los *Wah-Wah* tienen el mismo esquema electrónico y sólo varían los valores de los componentes. Para ello se ha escogido el modelo "Cry Baby" de Dunlop, debido a que es el pedal para guitarra más vendido de la historia.

Pero, en éste caso, se han hecho algunas modificaciones para conseguir un sonido característico:

- Incorporación de una segunda bobina. Esto hace que se puedan seleccionar dos sonidos diferentes, uno moderno y otro más *vintage*.
- Variación de los valores de algunos componentes.
- Incorporación de un microcontrolador dsPIC para grabar y reproducir secuencias del potenciómetro, pudiendo tener la libertad de estar utilizando el Wah-Wah sin tener que mover el pie todo el rato.



Figura 4. Pedal "Cry Baby" de Dunlop.

2.1.1. Diseño del Wah-Wah.

Cómo ya se ha especificado anteriormente el diseño se basa en el esquema del "Cry Baby" de Dunlop que podemos ver a continuación (**Figura 5.**).

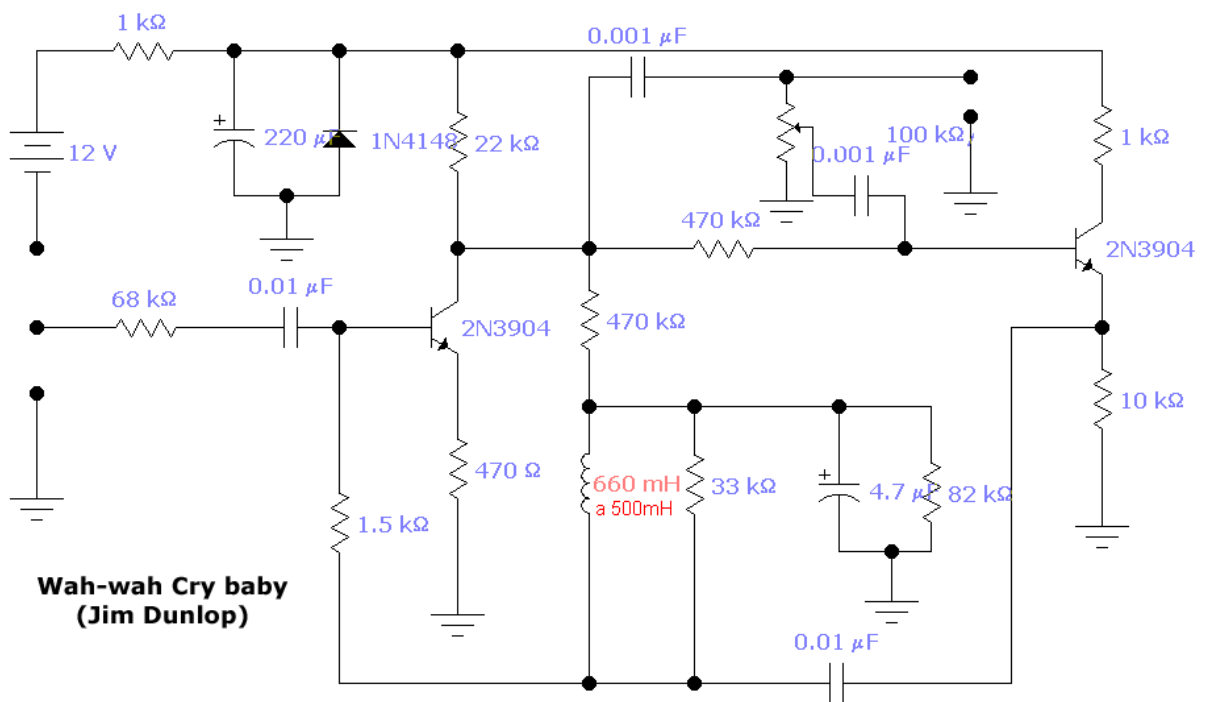


Figura 5. Esquema del "Cry Baby" de Dunlop.

El diseño de nuestro pedal es ligeramente distinto, ya que incorpora nuevos componentes y modifica otros que ya estaban en él.

El circuito es un filtro pasa banda cuya frecuencia central es variable. Ésta se modifica a través de un potenciómetro que es movido por el pie del usuario.

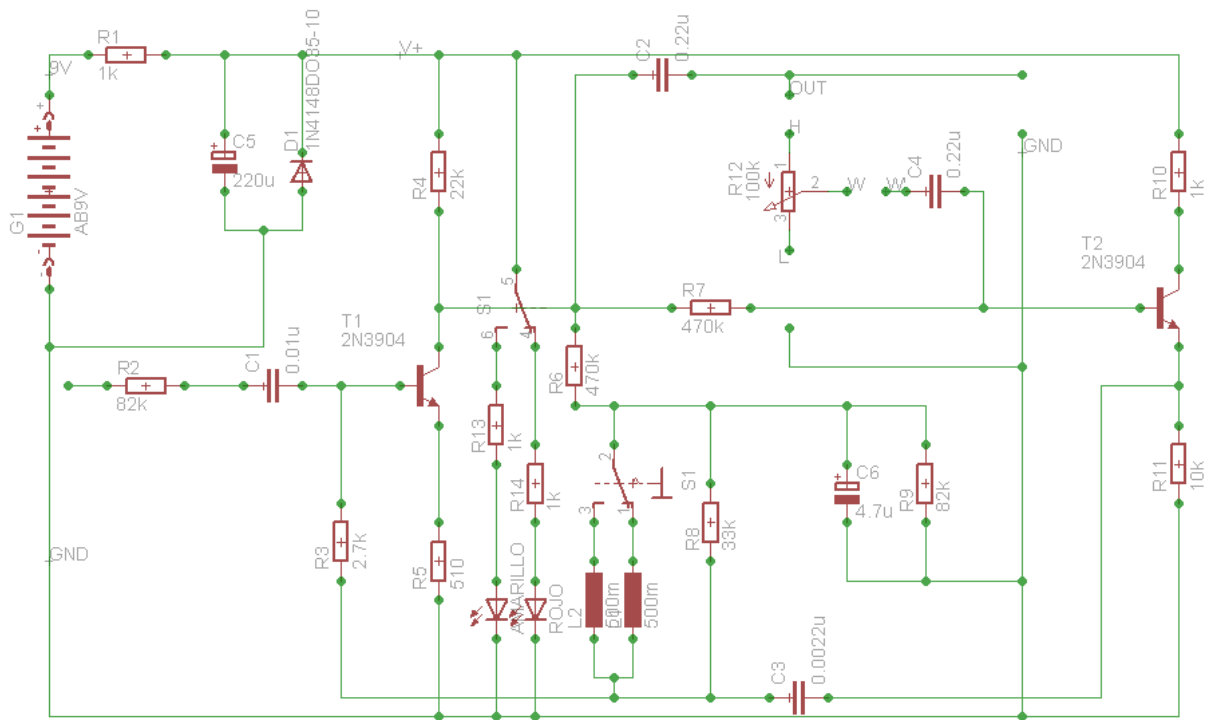


Figura 6. Esquema de Wah-Wah.

A continuación se hará una explicación de cómo funciona el circuito y que función tiene cada componente:

- **T1:** Transistor amplificador. Determina parcialmente la ganancia de voltaje en lazo abierto.
- **T2:** Transistor seguidor de emisor. No tiene efecto sobre el sonido.
- **R1:** Resistencia limitadora de corriente.
- **R2:** Resistencia de entrada. Afecta al nivel de salida de la señal.
- **R3:** Rango de tonos medios.
- **R4:** Determina el punto de trabajo y la ganancia de **T1**.
- **R5:** Determina el punto de trabajo y la ganancia de **T1**.
- **R6:** Resistencia de polarización primaria de **T1**.
- **R7:** Resistencia de polarización de **T2**.
- **R8:** Determina el factor de calidad del filtro.
- **R9:** Resistencia de polarización secundaria de **T1**.
- **R10:** Provee aislamiento de ruido para **T2**.
- **R11:** Resistencia de emisor de **T2**.
- **R12:** Potenciómetro del *Wah-Wah*. Varía la frecuencia central del filtro.
- **R13:** Resistencia para el LED amarillo.

- **R14:** Resistencia para el LED rojo.
- **C1:** Condensador de entrada.
- **C2:** Condensador de salida.
- **C3:** Determina la frecuencia central del *Wah-Wah*
- **C4:**
- **C5:** Se encarga de aislar alimentación y masa.
- **C6:** Si se quita el *Wah-Wah* se convierte en un pedal de volumen.
- **D1:** Se encarga de aislar alimentación y masa.
- **L1:** Proporciona la **L** al filtro. Sonido *vintage*.
- **L2:** Proporciona la **L** al filtro. Sonido moderno.
- **S1:** Cambia de bobina.

2.1.2. Diseño del grabador.

Se ha utilizado un circuito externo al wah-wah para que las señales no interfieran en el sonido del pedal si el grabador no está activo. Éste está compuesto por un dsPIC (modelo 33FJ128MC802) y un potenciómetro digital (X9C104).

El dsPIC se encarga de leer el valor del potenciómetro del pedal durante el proceso de grabación y compararlo con el del potenciómetro digital durante el proceso de reproducción, a parte, tiene la función de controlar el movimiento del potenciómetro digital a través de pulsos PWM.

El potenciómetro digital, a través de los pulsos PWM que recibe del dsPIC, modifica su resistencia hasta llegar al valor que tenía el potenciómetro del pedal en el mismo instante de la secuencia de grabación.

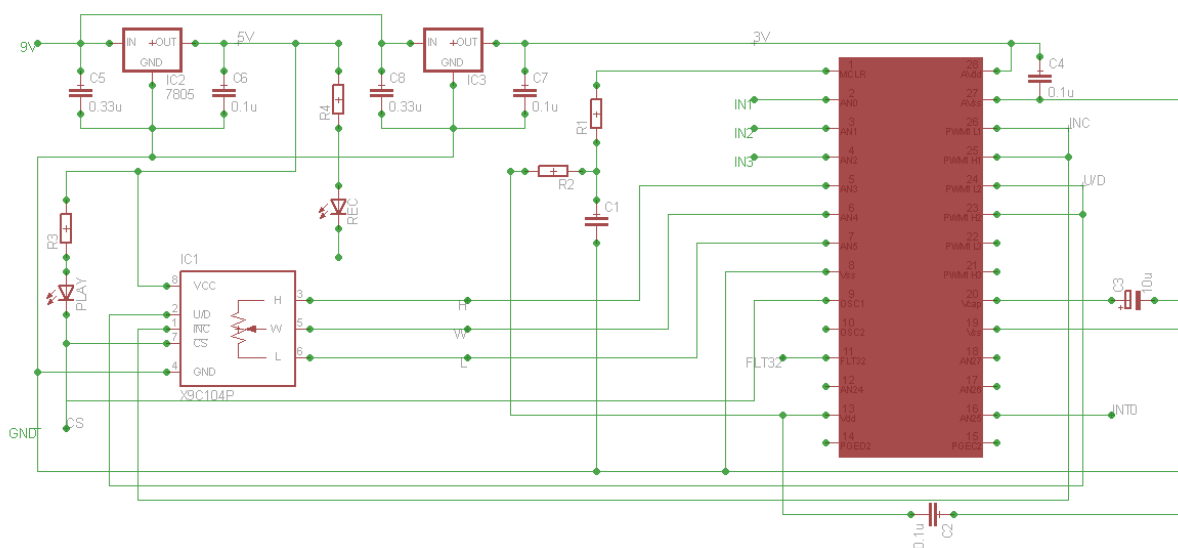


Figura 7. Esquema del grabador.

A parte de los componentes principales ya descritos anteriormente, en la **Figura 7.** podemos observar otros cuya función es asegurar el correcto funcionamiento del circuito. Los condensadores y resistencias adjuntos al dsPIC, son el conexionado mínimo necesario para que el dsPIC funcione.

Los demás componentes son: dos reguladores de tensión, 5 V y 3 V respectivamente, ya que el pedal se alimenta a 9 V y, el circuito grabador comparte alimentación. El regulador de 5 V es para alimentar el potenciómetro digital, mientras que el de 3 V es para alimentar el dsPIC.

También se puede observar dos LED, con su correspondiente resistencia, que indican cuando está activa la grabación o reproducción de secuencias.

2.2. Diseño físico.

Éste apartado se puede dividir en dos partes diferenciadas: El diseño y montaje de las PCB y el diseño y fabricación de la estructura del pedal.

2.2.1. Diseño y fabricación de las PCB.

Para el diseño de las PCB, se ha utilizado el software de diseño *Eagle*.

Primeramente, se han dibujado los esquemas electrónicos de los dos circuitos que se usarán en el pedal (**Figura 6.** y **Figura 7.**).

Posteriormente, usando el mismo software, se ha procedido a distribuir cada uno de los componentes en el espacio "físico" de la PCB y de han dibujado las pistas de interconexión de los componentes.

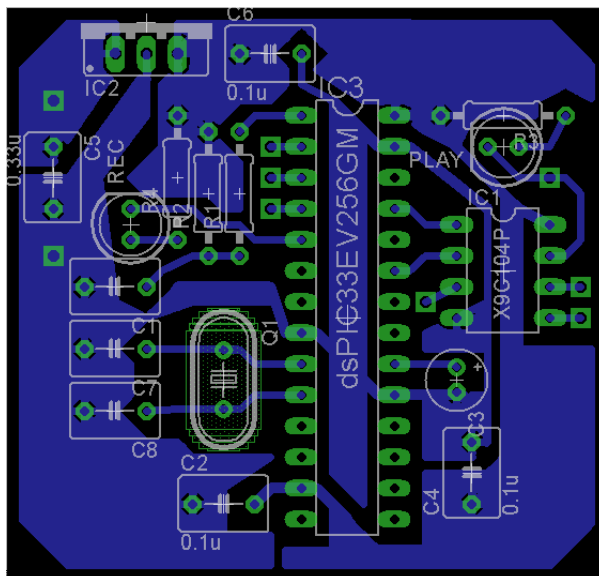


Figura 8. Esquema del wah-wah.

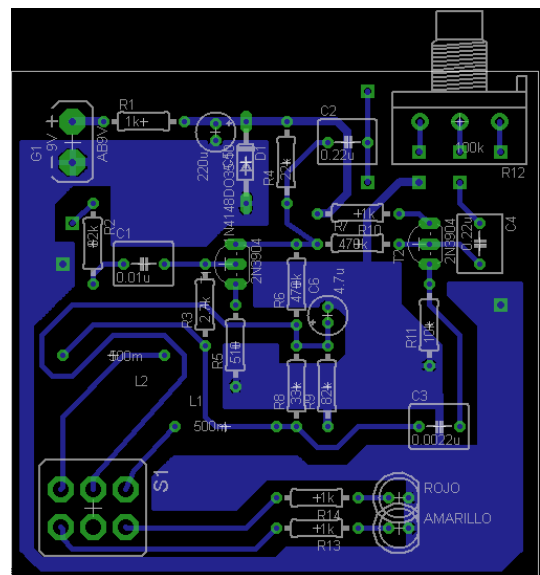


Figura 9. Esquema del grabador.

Una vez terminados los dos diseños, se imprimen las pistas con tóner para poder transferirlas a la placa de cobre correspondiente. Para ello, primero se pule la placa con un estropajo metálico, para que el tóner quede bien fijado.

Al no disponer de una insoladora, la transferencia de las pistas al cobre, se ha realizado usando una plancha, aplicando calor y vapor al tóner durante aproximadamente 2 minutos.

Posteriormente, se enfría la PCB sumergiéndola en agua durante unos 5 minutos.

Después, se retira el papel de la impresión, comprobando que se ha transferido la tinta al cobre. En caso que quede alguna pista sin transferir, se puede repasar con un rotulador permanente.

Una vez repasada la placa, se procede a sumergirla en el ácido en una bandeja. A falta de ácido, se puede usar una solución de agua, sulfamán y agua oxigenada. Se va moviendo la bandeja, con cuidado de no salpicarnos, ya que la solución es corrosiva, hasta que ya no queda cobre en la placa y sólo se ven las pistas de tóner.

A continuación se limpia la placa con agua abundante para retirar los restos de ácido. Y con un cepillo de dientes o un estropajo metálico (con cuidado de no arrancar el cobre), se retira el tóner de la placa y se procede a secar bien la placa.

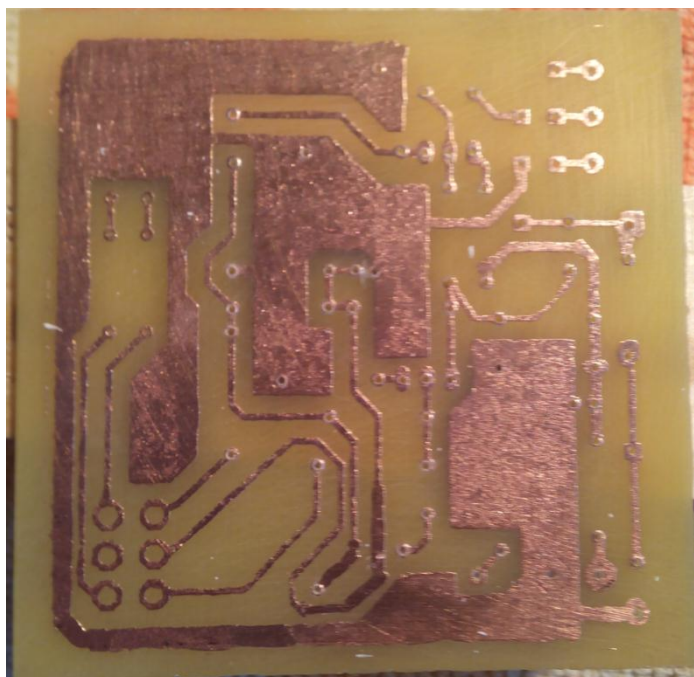


Figura 10. PCB del wah-wah.

Una vez la placa está bien seca, se procede a hacer los agujeros correspondientes dónde irán fijados los componentes. Posteriormente, se sueldan los componentes empezando por los de menor tamaño.

2.2.2 *Diseño y fabricación de la carcasa.*

Para el diseño de la carcasa, se han usado dos cajas de plástico, una de ellas para albergar toda la circuitería y conexiones y la otra para la parte móvil (pedal).

Para la fabricación del pedal, se ha cortado la caja transversalmente en tres partes. Las dos partes externas, se han unido, desechando la parte central, con la finalidad de estrecharla.

Posteriormente, se ha procedido a cortar la parte inferior, con la finalidad que se convierta en un balancín, con la parte frontal más larga que la trasera, para así aprovechar el máximo recorrido del potenciómetro.



Figura 11. *Parte móvil del pedal.*

Para la base, únicamente se han tenido que hacer los correspondientes agujeros de los *Jacks* de entrada y salida, el *Jack* de alimentación, los *switches* y LEDs y un agujero para interconectar el potenciómetro con la barra dentada que lo mueve.

Ésta barra va sujeta al pedal y provoca que el movimiento de pie varíe la resistencia del potenciómetro.

Finalmente, colocando el pedal encima de la carcasa, se han añadido unas bisagras, con la finalidad de sujetar el pedal.

2.2.3 *Ensamblaje del pedal.*

Una vez todas las partes están fabricadas, se procede al ensamblaje del prototipo.

Primero se han cablean los componentes que van fijados a la carcasa con las PCBs. Posteriormente, se ha procedido a atornillar las PCBs a la base de la carcasa, para así evitar movimientos innecesarios de los componentes.

Por último, se ha fijado el pedal móvil a la parte superior de la carcasa.



Figura 12. *Pedal Wah-Wah.*

La distribución de los *switches* y su correspondiente LED se pueden ver en la siguiente tabla (**Tabla 1.**)

Tabla 1. *Distribución de los switches y LEDs según Figura 12.*

	SW1	SW2	SW3	SW4
Función	REC	PLAY	Cambio de Bobina	ON/OFF
Color de LED	Rojo	Verde	Amarillo/Rojo	Amarillo/Rojo

CAPÍTULO 3: GRABADOR Y REPRODUCTOR DE SECUENCIAS

Una vez comprobado el funcionamiento del pedal. Se procede a la programación del dsPIC, para poder grabar y reproducir secuencias de movimiento del pie.

3.1. Programación del dsPIC.

En un principio, para la realización del programa, se ha escogido el software propio del fabricante del dsPIC (Microchip), MPLABX IDE. Pero, debido a problemas con las librerías, se ha decidido cambiar al software PIC C Compiler.

El código se ha escrito en lenguaje C, debido a que es el lenguaje más usado en programación de microprocesadores.

El programa se divide en dos funciones principales: Grabar y Reproducir

3.1.1. Función grabar.

Cuando se presiona el *switch* SW1 (REC), la variable de entrada del dsPIC INT_0, es cortocircuitada a masa.

En éste instante, el dsPIC lee las señales procedentes del potenciómetro, cada 1 ms y las guarda en la memoria del dsPIC.

También se activa un contador (t_1), el cual nos indica el número de capturas que se realizan durante la secuencia de grabación (t_2).

```

50 void rec()
51 { /*REC*/
52
53     IN_1 = 5648;
54     IN_2 = 5649;
55     IN_3 = 5712;
56
57     //SETUP_CAPTURE( 5648, 0x0001);
58     setup_capture( 5649, 0x0001);
59     //SETUP_CAPTURE( 5712, 0x0001);
60
61     if (INT_0==0)
62     {
63
64         if (IN_2==0)
65         {
66             t_1 = 0;
67         }
68         else
69         {
70             Almacena = 1;
71         }
72     }
73
74     else
75     {
76         Almacena = 0;
77     }
78
79     if (Almacena==1)
80     {
81         /*habilitar registro*/
82         while (INT_0==0)
83         {
84             //GET_CAPTURE( 5648);
85             GET_CAPTURE( 5649);
86             //GET_CAPTURE( 5712);
87             /*lee las señales*/
88             t_1 = t_1 + 1; /*Incrementa t_1*/
89         }
90     }
91     else
92     {
93         t_2 = t_1;
94     }
95 }

```

Figura 13. Función REC.

3.1.2. Función reproducir.

Cuando el *switch* SW2 (PLAY) es presionado la variable de entrada del dsPIC CS (*Chip Select*) es cortocircuitada a masa, activando el potenciómetro digital y activando la función PLAY.

En este instante, el dsPIC, lee las señales del potenciómetro digital y las compara con el valor leído, en el mismo instante de secuencia del proceso de grabación.

Si el valor de la resistencia es el mismo no hace nada pero, si es diferente se activan los pulsos PWM que controlan el potenciómetro digital, haciendo subir o bajar su valor.

Éste proceso de comparación se hace cada 2 μ s, así durante el milisegundo durante el que el valor de referencia es el mismo, se puede aproximar el valor lo máximo posible.

```

97 void play() {
98     H = 5713;
99     W = 5714;
100    L = 5715;
101    //IN_2 = RA1;
102    5650 == CS;
103    5725 == WIP;
104
105    //setup_capture(5713, 0x0001);
106    setup_capture(5714, 0x0001);
107    //setup_capture(5715, 0x0001);
108
109    if (CS==0)
110    {
111        t_1 = 0;
112        for (t_1 = 0; t_1 == t_2; t_1++)
113        {
114            while(1)
115            {
116                setup_motor_pwm( 1, 0, 1);
117                //get_capture(5713);
118                get_capture(5714);
119                //get_capture(5715);
120
121                if (IN_2 == W)
122                {
123                    setup_motor_pwm( 1, 0, 1);
124                }
125                else
126                {
127                    if (IN_2 > W)
128                    {
129                        setup_motor_pwm( 2, 0x8001, 1000);
130                        WIP = 0; // wiper up
131                        setup_motor_pwm( 1, 0x8002, 20); // increment activo
132                    }
133                    else
134                    {
135                        setup_motor_pwm( 2, 0x8001, 1000);
136                        WIP = 1; // wiper down
137                        setup_motor_pwm( 1, 0x8002, 20); // increment activo
138                    }
139                }
140            }
141        }
142    }
143    }

```

Figura 14. Función PLAY.

3.2. Carga del programa en el dsPIC.

Una vez finalizado el programa, se ha procedido a compilarlo. En cuanto ya no ha habido ningún error de compilación, se ha procedido a cargar el archivo .HEX, que contiene las instrucciones del programa, en el dsPIC

Para la carga del programa realizado se ha utilizado el programador de Microchip ICD 3 (In Circuit Debugger).

La comunicación con el programador se ha realizado a través del propio software PIC C COMPILER, ya que es compatible con los productos de Microchip.

Una vez cargado el archivo .HEX se procede a probar el pedal.

Tras varios ajustes en los tiempos de captura, se consigue el objetivo.

CONCLUSIONES

Éste diseño, principalmente, tiene un problema, ya que el músico que esté usando el pedal, en el momento de reproducir la secuencia, tiene que ir al mismo tiempo con el cual hizo la grabación, ya que si no, aunque la secuencia del pedal sea la misma, el sonido no será el mismo.

Las posibles mejoras de éste prototipo serían:

- Mejora de la carcasa: Ya que para la fabricación del prototipo, se ha hecho un "invento", usando dos cajas de plástico y modificando una de ellas. Para futuros prototipos, se intentaría hacer más práctico y estético.
- Mejora de la calidad de las PCB: Debido a que las PCB se han fabricado de forma casera, la calidad no es óptima.

BIBLIOGRAFIA

Bibliografía de Consulta

https://es.wikipedia.org/wiki/Efectos_de_guitarra

https://www.instructables.com/id/Modify-Your_Wah-Pedal/?ALLSTEPS

www.forosdeelectronica.com/tutoriales/circuitos-impresos.htm

<https://stackoverflow.com/questions/1921539/using-boolean-values-in-c>

www.geofex.com/article_folders/wahpedl/wahped.htm

https://en.wikipedia.org/wiki/effects_unit

www.electrosmash.com/crybaby-gbc-95

www.electrosmash.com/vox-v847-wah-wah/pedals/filter/Cvox-v847-analysis.html

https://es.wikipedia.org/wiki/Pedal_de_efectos

<https://es.wikipedia.org/wiki/Wah-wah>

https://es.wikipedia.org/wiki/Dunlop_Cry_Baby