

Manipulación y modificación de ondas sonoras

Josué Marcelo Castillo Acosta
Kaylee Michelle Díaz Rodríguez
Juliana Hernández Hernández
Hugo Jesús Navarro Hernández
Cesar David Salas Martínez

Fecha: 18 de mayo de 2025

Palabras clave

- Transistor.
- Resistencia.
- Diodo.
- Ondas sonoras.
- Manipulación de ondas.

Introducción

Los transistores BJT y JFET son fundamentales para circuitos de procesamiento de señales analógicas. La configuración de emisor común en un BJT NPN es una de las que más se emplean para amplificación de señales de pequeña potencia, mientras que en los JFET de canal N existe una técnica de polarización por realimentación (del drenador) que estabiliza el punto de trabajo. Por esto es importante explicar en detalle ambas configuraciones y su aplicación en circuitos de audio (amplificadores, filtros, osciladores, etc.), para analizarlas y diseñar el proyecto.

Pregunta de investigación

¿Cómo se modifica la onda de sonido de una guitarra por medio de un pedal de distorsión?

Esta pregunta busca analizar los efectos que tiene un pedal de distorsión en una señal eléctrica generada por una guitarra. Se pretende comprender los procesos de amplificación, recorte, realce de frecuencias y modificaciones de la onda sonora. Un pedal de distorsión, mediante componentes como transistores y diodos, transforma la señal sinusoidal original en una forma de más cuadrada, generando el sonido con un efecto de saturación. Así, se investigan las alteraciones la señal, relacionándolas con los principios electrónicos que rigen su funcionamiento.

Objetivos

El objetivo principal del presente proyecto, se enfocn en diseñar e implementar un circuito que permita al usuario manipular ondas sonoras con el fin de modificar, analizar o controlar sus propiedades físicas (como **frecuencia**, **amplitud**, y/o **fase**, para aplicaciones en comunicación, procesamiento de audio, reducción de ruido o generación de efectos acústicos.

- Modificar en tiempo real las características de las ondas sonoras (como **tono**, **volumen** o **reverberación**) para mejorar la calidad o alterar efectos del audio.
- Observar los efectos de la variación de frecuencia, amplitud y/o fase, promoviendo así un aprendizaje significativo para estudiantes de nivel medio o superior.
- Comprender el comportamiento de las ondas sonoras mediante su manipulación.

Justificación

En un mundo donde el audio digital es indispensable, la manipulación de ondas sonoras permite mejorar la calidad de grabaciones, desarrollar efectos especiales y/o adaptar el sonido a distintos entornos y situaciones. Este proyecto ofrece una solución para experimentar con parámetros como la frecuencia, la amplitud y el tono, facilitando así su comprensión y aplicación práctica en campos como la producción musical, la educación y la comunicación. La integración de sensores acústicos en sistemas electrónicos permite crear dispositivos adaptativos que responden a las ondas sonoras captadas. Este proyecto justifica su relevancia en la búsqueda de soluciones innovadoras en el ámbito electrónica, aprovechando la manipulación de ondas sonoras como medio de entrada natural e intuitiva.

Antecedentes

Un pedal de guitarra es un dispositivo electrónico utilizado para alterar el sonido de una fuente, en este caso de una guitarra, los primeros

modelos de la historia se basaban en transistores los cuales surgieron a mediados del siglo XX obteniendo una gran revolución en el ámbito del sonido. En nuestra recreación de un pedal, elegimos el pedal de distorsión, ahora bien, tomando en cuenta los inicios de la historia el primer pedal de guitarra fue en 1964 el cual era el DeArmond Tremolo Control fabricado por la compañía Rowe Industries el verdadero diseñador fue Harry DeArmond. Ya en 2008 se fundó JHS Pedals por Joshua Heath Scott en Mississippi donde se reparaban y modificaban sus propios pedales, entre sus primeros modelos estaba el overdrive Morning Glory. Un caso reciente de recreación es el de un proyecto o tesis de un alumno de la Universidad Politécnica de Madrid. Pérez Olea, Carlos (2021). Diseño de un pedal de efectos analógico para guitarra. Trabajo Fin de Grado / Proyecto Fin de Carrera, E.T.S.I. de Sistemas Informáticos (UPM), Madrid. El cual nos platicó del diseño de un pedal de distorsión tipo fuzz nos motivó a recrear nuestro propio pedal analógico.

Metodología

Transistor BJT NPN en Configuración Emisor Común

En un amplificador de emisor común, el emisor se conecta a tierra, la señal de entrada se aplica a la base y la salida se toma del colector. En esta configuración, el BJT opera en la región activa (polarizado con $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$) y proporciona una alta ganancia de corriente y una moderada ganancia de voltaje. El comportamiento característico es inversor, es decir: la señal de salida está desfasada 180° respecto a la entrada. Típicamente se ocupa una resistencia de colector (R_C) y, opcionalmente, una de emisor (R_E) para estabilizar la polarización.

Las características principales del emisor común son: alta ganancia de corriente, ganancia de voltaje ajustable (por R_C/R_E), entrada de impedancia media-baja y salida de impedancia media. Por ejemplo, con un β grande, la ganancia de corriente es igual a β , permitiendo amplificar señales débiles; la corriente de colector es β veces la de base.

Para el diseño y análisis, se fija un punto Q deseado (I_{CQ} , V_{CEQ}) y se aplican las leyes de Kirchhoff. Por ejemplo, en polarización con divisor de voltaje se cumple:

A partir de ello se obtienen las resistencias apropiadas para que el transistor opere en su región activa.

Transistor JFET de Canal N: Fuente Común y Polarización con Realimentación

En un JFET de canal N, la configuración equivalente al emisor común es la fuente común: la fuente se conecta a tierra, la señal de entrada va a la compuerta (gate) y la salida se toma del drenador (drain). Este amplificador invierte la señal (180° de desfase) y ofrece alta impedancia de entrada y ganancia de voltaje moderada.

La compuerta del JFET consume prácticamente cero corriente, por lo que la impedancia de entrada es extremadamente alta (del orden de $10^{10} \Omega$), ideal para etapas de entrada en audio. El JFET se polariza con V_{DS} positivo y V_{GS} negativo o cero.

Polarización por realimentación del drenador: Se conecta una resistencia R_D entre la alimentación y el drenador, y se enlaza el drenador con la compuerta. Como la puerta no consume corriente, $V_G = V_D$ y por tanto $V_{GS} = V_{DS}$. Si I_D aumenta, V_D disminuye, haciendo V_{GS} más negativo y estabilizando el punto de polarización.

La ecuación para dimensionar R_D es:

Usualmente, $I_{D(on)}$ y $V_{DS(on)}$ se toman del datasheet del JFET.

Aplicaciones en Manipulación de Ondas Sonoras

- **Amplificadores de audio:** Los BJT en emisor común son comunes en previos y amplificadores de ganancia. Los JFET se usan como entrada por su alta impedancia y en VCA para compresores de audio.
- **Filtros y ecualizadores:** Se aprovecha la baja corriente y capacitancia del FET. La variación de V_{GS} altera la capacitancia puerta-drenador, sintonizando circuitos RC. Los BJT CE se usan en filtros activos.
- **Osciladores:** Los BJT CE se usan en osciladores tipo puente de Wien. Los JFET aparecen en osciladores controlados por tensión en sintetizadores.

- **Conmutación y ganancia variable:** El JFET puede comportarse como interruptor o resistencia controlada. Amplificadores operacionales como el TL071 usan entrada JFET para bajo ruido.

Proceso Metodológico de Análisis y Diseño

1. **Determinación del punto Q:** Se elige I_{CQ} , V_{CEQ} o I_{DQ} , V_{DSQ} adecuados.
2. **Aplicación de leyes de Kirchhoff:**
 - Para BJT: $V_{CC} = I_C R_C + V_{CEQ} + I_E R_E$, $V_B = V_{BE} + I_E R_E$, $I_E = (\beta + 1)I_B$.
 - Para JFET: Usar $V_{DD} - I_D R_D = V_{DS}$, y $I_D = I_{DSS}(1 - V_{GS}/V_P)^2$.
3. **Verificación del punto Q:** Comparar con curvas características.
4. **Análisis de pequeña señal:** Calcular ganancia de voltaje según el modelo de pequeña señal.
5. **Estabilidad:** Verificar que R_E o R_D proporcionen estabilidad ante variaciones de parámetros.

Una vez completado el análisis teórico, se procederá con simulaciones digitales para validar el funcionamiento, y finalmente se implementará el montaje en protoboard antes de trasladarlo a placa.

Referencias

- Colaboradores de Wikipedia. (2025). *JFET*. Wikipedia, la Enciclopedia Libre. <https://es.wikipedia.org/wiki/JFET>
- Effects, C. (2021). *Arbiter Fuzz Face*. Catalinbread Effects. <https://catalinbread.com/blogs/kulas-cabinet/arbiter-fuzz-face>
- Everest, F. A., & Pohlmann, K. C. (2014). *Master Handbook of Acoustics* (6th ed.). McGraw-Hill Education.

- *JHS Pedals*. (s. f.). Guitar Gear. https://www.guitargear.com.mx/tienda/index.php?dispatch=product_features.view&variant_id=39
- Kinsler, L. E., Frey, A. R., Coppens, A. B., & Sanders, J. V. (1999). *Fundamentals of Acoustics* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Libretexts. (2022). 7.3: *Amplificador de emisor común*. LibreTexts Español. [https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Libro%3A_Dispositivos_semiconductores_-_Teoria_y_Aplicacion_\(Fiore\)/07%3A_Amplificadores_de_se%C3%B1al_peque%C3%B1a_BJT/7.3%3A_Amplificador_de_emisor_com%C3%BAn](https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Libro%3A_Dispositivos_semiconductores_-_Teoria_y_Aplicacion_(Fiore)/07%3A_Amplificadores_de_se%C3%B1al_peque%C3%B1a_BJT/7.3%3A_Amplificador_de_emisor_com%C3%BAn)
- Libretexts. (2022). 4.2: *El transistor de unión bipolar (BJT) como interruptor*. LibreTexts Español. [https://espanol.libretexts.org/Vocacional/Tecnologia_Electronica/Libro:_Circuitos_Electricos_III_-_Semiconductores_\(Kuphaldt\)/04:_Transistores_de_uni%C3%B3n_bipolar/4.02:_El_transistor_de_uni%C3%B3n_bipolar_\(BJT\)_como_interruptor](https://espanol.libretexts.org/Vocacional/Tecnologia_Electronica/Libro:_Circuitos_Electricos_III_-_Semiconductores_(Kuphaldt)/04:_Transistores_de_uni%C3%B3n_bipolar/4.02:_El_transistor_de_uni%C3%B3n_bipolar_(BJT)_como_interruptor)
- Perez, C. (2021). *Diseño de un pedal de efectos analógico para guitarra. Trabajo Fin de Grado / Proyecto Fin de Carrera*. E.T.S.I. de Sistemas Informáticos (UPM), Madrid.
- R, D. (s. f.). *Amplificador en fuente común del JFET canal N*. Scribd. <https://ro.scribd.com/.../Amplificador-en-fuente-comun-del-JFET>
- Rossing, T. D., Moore, F. R., & Wheeler, P. A. (2002). *The Science of Sound* (3rd ed.). Addison Wesley.
- *Tema 3, BJT y FET*. (2023). Genially. <https://view.genially.com/64e7f870d3ef4d0011f6f9c4/presentation-tema-3-bjt-y-fet>
- *Unit 5: Field effect transistors (FET) and its Biasing*. (2022). https://rngpit.ac.in/wp-content/uploads/2024/04/BE_FET.pdf
- Valedes, A. (s. f.). *Aplicaciones del transistor JFET*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/205936840/Aplicaciones-Del-Transistor-Jfet>
- Vega, M. (2022). *¿Cuál fue el primer pedal de guitarra de la historia?*. Guitarristas.info. <https://www.guitarristas.info>