

PDSI - 2024

PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS: EFEITOS EM INSTRUMENTOS MUSICAIS

Artur Matos, Davi de Jesus, Marcelo Henrique e
Luis de Lima

TOPICOS ABORDADOS:

Introdução	3
Chorus	4
Tremolo	5
Delay	6
Wah-Wah	7
Reverb	8
Conclusão	10

Introdução

Desde a década de 1950, com a introdução de efeitos como reverb, delay e distorção, os músicos foram capazes de explorar novas dimensões sonoras, dando origem a gêneros e estilos inteiramente novos.



“Os pedais de efeitos permitiram aos guitarristas criar paisagens sonoras únicas e expressivas, transformando a guitarra de um mero instrumento de cordas em uma fonte quase orquestral de som.”

A distorção, por exemplo, foi um catalisador fundamental para o desenvolvimento do rock and roll e, posteriormente, do heavy metal.



Assim como o Wah-Wah de Hendrix marcou a época de 60



FUNDAMENTOS

Teorema de Nyquist-Shannon

“Um sinal contínuo pode ser capturado e reconstruído a partir de suas amostras se a taxa de amostragem ao menos o dobro da frequência máxima presente no sinal.”

$$f_s > 2f_{max}$$

se um sinal tem frequência máxima f_{max} , então a taxa de amostragem f_s (taxa de nyquist) deve satisfazer o dobro de f_{max}

Chorus

O efeito chorus em guitarras é uma técnica de processamento de áudio que cria a ilusão de que várias guitarras estão tocando simultaneamente, quando, na realidade, é apenas uma. O resultado, é um timbre mais espesso, com uma sensação tridimensional que pode adicionar profundidade e calor à música.

Esse efeito é alcançado duplicando o sinal da guitarra e atrasando ligeiramente uma das cópias, geralmente em milissegundos. Além disso, essa cópia atrasada é modulada em termos de tempo e, às vezes, em amplitude, criando um som ondulante e rico.

$$y[n] = x[n] + x[n - \Delta n(t)]$$

y[n]: Este é o sinal de saída em um determinado ponto no tempo n . É o resultado do processamento do efeito chorus.

x[n]: Este é o sinal de entrada original (ou sinal seco) no ponto no tempo n .

x[n - Δn(t)]: Este é o sinal modulado (ou sinal molhado). Aqui, $n - \Delta n(t)$ representa o sinal de entrada atrasado por um valor que varia ao longo do tempo. O $\Delta n(t)$ é o atraso aplicado ao sinal, que é modulado ao longo do tempo t , normalmente por um oscilador de baixa frequência (LFO). Isso cria o efeito de variação na tonalidade e no tempo, característico do chorus.

Tremolo

O efeito tremolo em guitarras é uma técnica de processamento de áudio que cria uma variação rítmica no volume do som, produzindo um efeito pulsante ou vibratório. Este efeito não altera a tonalidade da nota, mas sim a sua amplitude (volume) de maneira periódica.

O tremolo é conseguido através da modulação da amplitude do sinal de entrada em uma taxa (velocidade) e profundidade (intensidade) definidas. A fórmula ou o algoritmo do efeito tremolo para guitarra envolve a modulação do volume do sinal original.

$$y[n] = x[n] \cdot m[n] \quad \text{onde } m[n]: \quad m[n] = 1 + \alpha \sin(2\pi f_m n),$$

y[n]: Este é o sinal de saída no ponto no tempo n , ou seja, o sinal após a aplicação do efeito tremolo.

x[n]: Este é o sinal de entrada original no ponto no tempo n .

m[n]: Esta é a função de modulação no ponto de amostra n . No contexto do tremolo, ela modula a amplitude do sinal de entrada.

α : Este é o fator de profundidade do tremolo. Ele determina o quanto a amplitude do sinal será modulada.

Delay

O efeito delay em guitarras é uma técnica de processamento de áudio que grava um sinal de entrada e o reproduz após um período de tempo definido, criando ecos ou repetições do som original.

O delay é um efeito extremamente versátil, usado em diversos gêneros musicais para adicionar ritmo, profundidade e textura às linhas melódicas. Ele pode ser utilizado para criar padrões rítmicos complexos, ecoar frases musicais, ou simplesmente adicionar uma dimensão espacial ao som da guitarra.

$$y[n] = x[n] + \alpha x[n - N_d]$$

y[n]: Representa o sinal de saída

x[n]: É o sinal original no ponto de amostra n

α (alpha): Este é o fator de atenuação aplicado ao sinal delay. Ele controla a intensidade (volume) do eco.

x[n - Nd]: Representa o sinal de entrada atrasado por Nd amostras. Este termo é o que cria o efeito de "eco" ou "delay". Nd determina o tempo de atraso do eco. Um valor maior de Nd resulta em um tempo de delay maior.

Nd: É o número de amostras de atraso. Este valor determina o tempo de delay do efeito. O tempo de atraso real em segundos pode ser calculado como Nd dividido pela taxa de amostragem do sinal.

Wah-Wah

O efeito Wah-Wah em guitarras é uma técnica de processamento de áudio que produz uma variação tonal distinta, semelhante ao som de uma voz humana dizendo "wah". O Wah-Wah é único por ser frequentemente controlado por um pedal expressão, permitindo ao guitarrista ajustar o efeito em tempo real. Este efeito é alcançado através da modulação do filtro de frequência do sinal da guitarra, enfatizando certas frequências enquanto atenua outras.

Parâmetros

Filtro Passa-Banda Variável: O núcleo do efeito Wah-Wah é um filtro passa-banda que altera sua frequência central. Este filtro cria um pico na resposta de frequência que pode ser movido para cima e para baixo no espectro de frequência.

Controle do Pedal (ou Manual): O movimento do pedal Wah-Wah altera a frequência central do filtro passa-banda. Ao mover o pedal, o guitarrista varia a frequência em que o pico ocorre, criando o efeito característico de "wah".

Q (Qualidade ou Largura da Banda): O parâmetro Q do filtro determina a nitidez do pico de frequência. Um Q alto resulta em um pico mais estreito e pronunciado, enquanto um Q baixo resulta em um pico mais amplo e suave.

$$y[n] = x[n] \cdot F(f_c, Q)$$

$y[n]$: É o sinal de saída

$x[n]$: É o sinal original

$F(f_c, Q)$: Representa a função do filtro passa-banda, onde f_c é a frequência central variável (modulada pelo pedal) e Q é a qualidade ou largura da banda do filtro.

Reverb

O efeito reverb em guitarras é uma técnica de processamento de áudio que simula a reflexão do som em um espaço físico, criando uma sensação de ambiente e profundidade. O reverb artificial busca replicar a experiência de quando tocamos em um ambiente, como uma sala ou um hall, onde o som se propaga e reflete nas superfícies, retornando ao ouvinte em diferentes tempos e intensidades, criando o efeito de reverberação.

Parâmetros

Geração de Reflexões de Eco: O reverb é criado ao gerar múltiplas reflexões atrasadas do sinal original. Estas reflexões são ajustadas para simular como o som seria refletido em diferentes tipos de ambientes, desde pequenas salas até grandes catedrais.

Decaimento (Decay): O decaimento controla quanto tempo as reflexões vão durar antes de desaparecer. Em espaços maiores, o som reverbera por mais tempo, enquanto em espaços menores, o decaimento é mais rápido.

Densidade e Difusão: Estes parâmetros ajustam a densidade e a dispersão das reflexões, contribuindo para a sensação de tamanho e textura do espaço simulado.

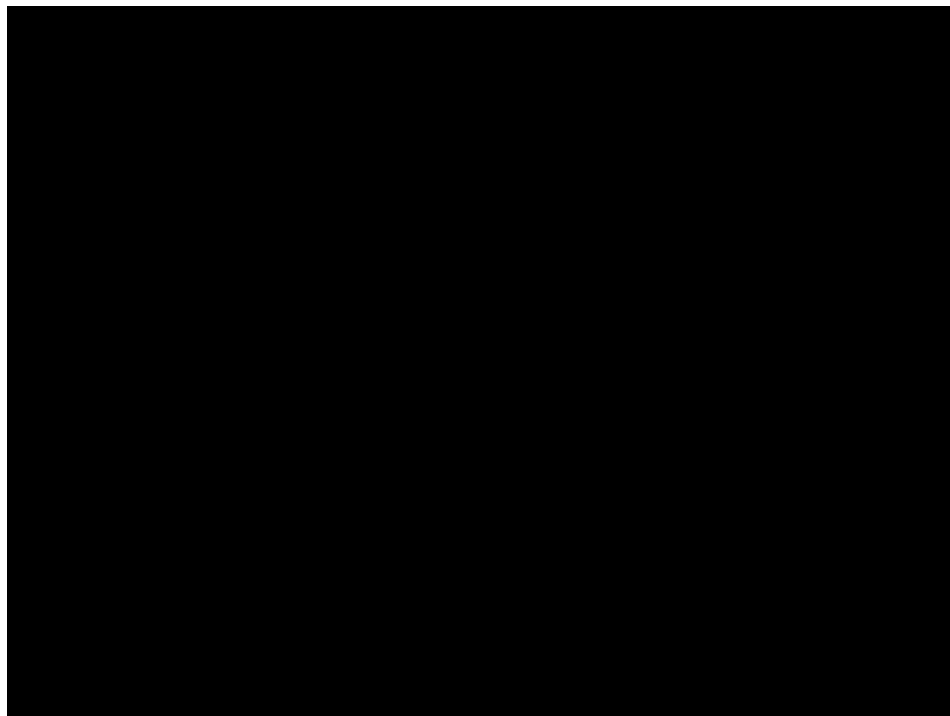
$$y[n] = x[n] * h[n] = \sum_{k=0}^{N-1} x[k]h[n - k]$$

x[n]: é o sinal de entrada

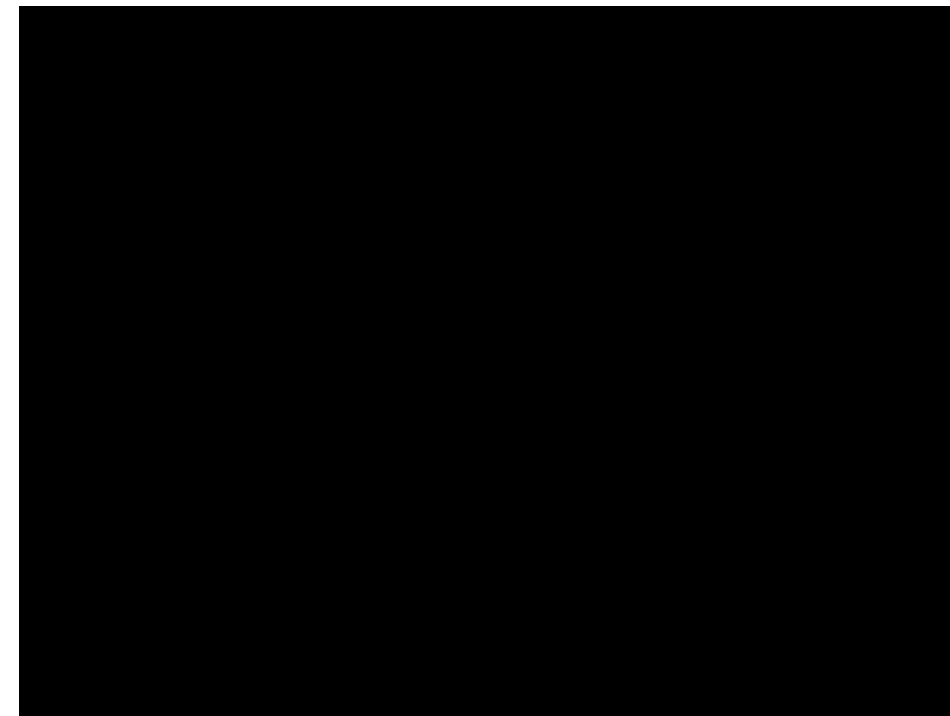
h[n]: resposta ao impulso

y[n]: sinal de saída

REVERB (DEMO)



Trecho de música sem Reverb



Trecho de música com Reverb

Conclusão

- 1- Chorus adiciona dimensão e profundidade, criando a ilusão de múltiplas vozes a partir de uma única fonte.**
- 2- Tremolo modula a amplitude do sinal, gerando um efeito pulsante que traz ritmo e movimento.**
- 3- Reverb simula o ambiente acústico, desde pequenas salas até grandes catedrais, adicionando espaço e ressonância.**
- 4- Delay cria ecos e repetições, uma ferramenta poderosa para adicionar complexidade e textura.**
- 5- Wah-Wah oferece controle expressivo sobre a frequência do sinal, emulando a expressão vocal humana.**