

MADZINE MULTIVERSE Module Manual

Version 2.3.0

English

Overview

The MULTIVERSE module is a quad-channel GPU-accelerated audio visualizer with real-time waveform rendering and frequency-based color mapping. It transforms four independent audio signals into synchronized visual displays with advanced blending modes, spatial rotation, and external window support for high-resolution visualization. Designed for live performance and studio visualization with comprehensive CV control over visual parameters.

Features

- Quad-channel audio input with independent parameter control per channel
- GPU-accelerated external window rendering (macOS) with 1024×512 resolution
- Frequency-based color mapping using octave cycling through full spectrum
- Real-time pitch detection and octave-down pitch shifting (up to 10 octaves)
- Four advanced color blending modes (Add, Screen, Difference, Color Dodge)
- Spatial rotation control with scaling compensation per channel
- Global phase modulation affecting all channels simultaneously
- Trigger system with signal-based or external trigger sources
- Autocorrelation-based frequency detection for accurate color mapping
- Comprehensive CV control with dedicated inputs for all major parameters

Controls

Channel Controls (CH 1-4)

Each of the four channels contains identical parameter sets:

- **Audio Input:** Audio signal input ($\pm 5V$ range, optimized for audio signals)
- **CURVE Knob:** Waveform curve shaping parameter (0.0-1.0, default: 0.0)
- **RAT Knob:** Frequency ratio control for pitch shifting (0.0-1.0, default: 1.0)
 - 0.0: 10 octaves down (pitch rate: 0.0009765625x)
 - 1.0: No pitch shift (pitch rate: 1.0x)
- **ANG Knob:** Spatial rotation angle (-180° to $+180^\circ$, default: 0°)
- **LEVEL Knob:** Channel intensity/brightness (0.0-10.0, default: 1.0)

CV Inputs (Per Channel)

- **CURVE CV:** Curve parameter modulation (0-10V, scaled $\times 0.1$)
- **RAT CV:** Ratio parameter modulation (0-10V, scaled $\times 0.1$)
- **ANG CV:** Angle parameter modulation ($\pm 5V = \pm 90^\circ$)

- **LEVEL CV:** Level parameter modulation (0-10V, scaled $\times 0.15$)

Global Controls

- **TRIGGER Button:** Enable/disable trigger capture mode with LED indicator
 - Off (dark): Continuous capture mode
 - On (bright): Triggered capture mode (waits for trigger events)
- **MIX Knob:** Global blending mode selection (0.0-3.0)
 - 0.0-0.5: Add mode
 - 0.5-1.5: Add \rightarrow Difference transition
 - 1.5-2.5: Difference \rightarrow Screen transition
 - 2.5-3.0: Screen \rightarrow Light (Color Dodge) transition
- **BRIGHT Knob:** Global brightness multiplier (0.0-4.0, default: 1.0)

Global Inputs

- **TRIGGER Input:** External trigger input for synchronized capture
- **MIX CV:** Mix mode modulation (0-10V, scaled $\times 0.4$)
- **PHASE CV:** Global phase offset for all channels (0-10V = 0-360°)

Visual Processing System

Frequency Detection and Color Mapping

The module employs advanced autocorrelation-based pitch detection:

- **Buffer Size:** 1024 samples for frequency analysis
- **Detection Range:** 20Hz to 2000Hz with automatic RMS gating
- **Update Rate:** Frequency analysis updated every 1024 samples
- **Color Mapping:** Octave-based hue cycling relative to middle C (261.63Hz)

Pitch Shifting Algorithm

Each channel features real-time pitch shifting capabilities:

- **Buffer Size:** 4096 samples with circular buffer management
- **Shift Range:** Up to 10 octaves down (exponential rate scaling)
- **Interpolation:** Linear interpolation for smooth pitch transition
- **Rate Calculation:** $\text{pitchRate} = \text{pow}(0.5, \text{octaveDown})$ where $\text{octaveDown} = (1.0 - \text{ratio}) \times 10.0$

Display Processing

- **Resolution:** 1024 \times 512 pixels for external window, scaled for module display
- **Update Rate:** Fixed 50ms data window ($\text{samplesPerPixel} = \text{sampleRate} \times 0.05 / 1024$)
- **Buffer Management:** Circular buffer with automatic wraparound
- **Signal Range:** $\pm 10\text{V}$ input automatically normalized to display range

Spatial Rotation System

Advanced rotation with automatic scaling compensation:

- **Rotation Matrix:** Standard 2D rotation using $\cos A / \sin A$ calculations
- **Scale Compensation:** Automatic scaling to prevent clipping during rotation

- **Center Point:** Rotation around display center (512, 256)
- **Interpolation:** Nearest-neighbor sampling for performance

Blending Modes

Add Mode (0.0-0.5)

- Standard additive blending with clipping protection
- Formula: $\min(1.0, \text{color1} + \text{color2})$ for each RGB channel
- Best for: Layering bright elements, creating light accumulation effects

Screen Mode (1.5-2.5)

- Inverted multiply blend, always brightens result
- Formula: $1 - (1 - \text{color1}) \times (1 - \text{color2})$
- Best for: Soft light effects, avoiding pure black areas

Difference Mode (1.5-2.5)

- Absolute difference between color values
- Formula: $\text{abs}(\text{color1} - \text{color2})$ for each channel
- Best for: High contrast effects, edge detection-like visuals

Color Dodge Mode (2.5-3.0)

- Dramatic brightening with controlled saturation
- Formula: $\text{color1} / \max(0.001, 1.0 - \text{color2})$ with clamping
- Best for: Intense highlight effects, dramatic lighting

Trigger System

Signal-Based Triggering

- **Threshold:** 0V crossing detection using Schmitt trigger
- **Per-Channel:** Independent trigger detection for each audio input
- **Hysteresis:** Built-in hysteresis prevents trigger chatter

External Triggering

- **Input:** Dedicated trigger input overrides signal-based triggering
- **Threshold:** Standard gate/trigger detection ($>1V$)
- **Global:** Single external trigger affects all channels simultaneously

Freeze Functionality

- **Buffer State:** Maintains last captured waveform when triggered
- **Per-Channel:** Independent freeze state for each channel
- **Reset:** New trigger event unfreezes and restarts capture

External Window System (macOS)

GPU Acceleration

- **Platform:** macOS-specific external window implementation
- **Resolution:** Full 1024×512 pixel rendering
- **Performance:** Hardware-accelerated rendering for smooth real-time display
- **Color Depth:** Full 32-bit RGBA color space

Window Management

- **Control:** Right-click context menu for window open/close
- **Persistence:** Window state maintained across module sessions
- **Updates:** 512-sample update intervals for optimal performance
- **Synchronization:** Parameter changes immediately reflected in external window

Technical Specifications

- **Input Range:** $\pm 5V$ (audio), $\pm 10V$ (CV), $>1V$ (triggers)
- **Display Resolution:** 1024×512 pixels (external), 400×380 pixels (module)
- **Frequency Detection:** 20Hz-2000Hz range with autocorrelation algorithm
- **Pitch Shift Range:** 1.0x to 0.0009765625x (10 octaves down)
- **Color Space:** 360° hue mapping with full saturation and variable brightness
- **Update Rate:** 50ms waveform window, 512-sample parameter updates
- **Buffer Sizes:** 1024 (frequency), 4096 (pitch shift), 1024 (display width)
- **Processing:** 32-bit floating point with hardware acceleration (external window)

日本語

概要

MULTIVERSEモジュールは、リアルタイム波形レンダリングと周波数ベースのカラーマッピングを備えた4チャンネルGPUアクセラレーションオーディオビジュアライザーです。4つの独立したオーディオ信号を同期ビジュアルディスプレイに変換し、高度なブレンドモード、空間回転、高解像度視覚化のための外部ウィンドウサポートを提供します。ライブパフォーマンスとスタジオ視覚化用に設計され、ビジュアルパラメーターの包括的CVコントロールを備えています。

機能

- チャンネル毎独立パラメーターコントロール付き4チャンネルオーディオ入力
- 1024×512解像度GPUアクセラレーション外部ウィンドウレンダリング (macOS)
- フルスペクトラム通過オクターブサイクリング使用周波数ベースカラーマッピング
- リアルタイムピッチ検出と最大10オクターブダウンピッチシフト
- 4つの高度カラーブレンドモード (Add、Screen、Difference、Color Dodge)
- チャンネル毎スケーリング補償付き空間回転制御
- 全チャンネルに影響するグローバル位相変調
- 信号ベースまたは外部トリガーソース付きトリガーシステム
- 正確なカラーマッピングのための自己相関ベース周波数検出

- ・ 全主要パラメーター専用入力付き包括的CVコントロール
コントロール

チャンネルコントロール (CH 1-4)

4つのチャンネルはそれぞれ同一のパラメーターセットを含みます：

- ・ **オーディオ入力**: オーディオ信号入力 ($\pm 5V$ 範囲、オーディオ信号用最適化)
- ・ **CURVEノブ**: 波形カーブシェーピングパラメーター (0.0-1.0、デフォルト：0.0)
- ・ **RATノブ**: ピッチシフト用周波数比率制御 (0.0-1.0、デフォルト：1.0)
 - 0.0: 10オクターブダウン (ピッチレート：0.0009765625x)
 - 1.0: ピッチシフトなし (ピッチレート：1.0x)
- ・ **ANGノブ**: 空間回転角度 ($-180^{\circ} \sim +180^{\circ}$ 、デフォルト： 0°)
- ・ **LEVELノブ**: チャンネル強度/明度 (0.0-10.0、デフォルト：1.0)

CV入力 (チャンネル毎)

- ・ **CURVE CV**: カーブパラメーター変調 (0-10V、 $\times 0.1$ スケール)
- ・ **RAT CV**: 比率パラメーター変調 (0-10V、 $\times 0.1$ スケール)
- ・ **ANG CV**: 角度パラメーター変調 ($\pm 5V = \pm 90^{\circ}$)
- ・ **LEVEL CV**: レベルパラメーター変調 (0-10V、 $\times 0.15$ スケール)

グローバルコントロール

- ・ **TRIGGERボタン**: LED表示付きトリガーキャプチャーモード有効/無効
 - オフ (暗)：連続キャプチャーモード
 - オン (明)：トリガーキャプチャーモード (トリガーイベント待機)
- ・ **MIXノブ**: グローバルブレンドモード選択 (0.0-3.0)
 - 0.0-0.5: Addモード
 - 0.5-1.5: Add→Difference移行
 - 1.5-2.5: Difference→Screen移行
 - 2.5-3.0: Screen→Light (Color Dodge) 移行
- ・ **BRIGHTノブ**: グローバル明度乗数 (0.0-4.0、デフォルト：1.0)

グローバル入力

- ・ **TRIGGER入力**: 同期キャプチャー用外部トリガー入力
- ・ **MIX CV**: ミックスモード変調 (0-10V、 $\times 0.4$ スケール)
- ・ **PHASE CV**: 全チャンネル用グローバル位相オフセット (0-10V = $0-360^{\circ}$)

ビジュアル処理システム

周波数検出とカラーマッピング

モジュールは高度な自己相関ベースピッチ検出を採用：

- ・ **バッファサイズ**: 周波数解析用1024サンプル

- ・ **検出範囲:** 自動RMSゲーティング付き20Hz～2000Hz
- ・ **更新レート:** 1024サンプル毎の周波数解析更新
- ・ **カラーマッピング:** 中央C (261.63Hz) 相対オクターブベース色相サイクリング

ピッチシフトアルゴリズム

各チャンネルはリアルタイムピッチシフト機能の特徴とします：

- ・ **バッファサイズ:** 循環バッファ管理付き4096サンプル
- ・ **シフト範囲:** 最大10オクターブダウン (指数レートスケーリング)
- ・ **補間:** スムーズピッチ移行用線形補間
- ・ **レート計算:** $\text{pitchRate} = \text{pow}(0.5, \text{octaveDown})$ ここで $\text{octaveDown} = (1.0 - \text{ratio}) \times 10.0$

ディスプレイ処理

- ・ **解像度:** 外部ウィンドウ1024×512ピクセル、モジュールディスプレイ用スケール
- ・ **更新レート:** 固定50msデータウィンドウ ($\text{samplesPerPixel} = \text{sampleRate} \times 0.05 / 1024$)
- ・ **バッファ管理:** 自動ラップアラウンド付き循環バッファ
- ・ **信号範囲:** ±10V入力自動正規化してディスプレイ範囲へ

空間回転システム

自動スケーリング補償付き高度回転：

- ・ **回転マトリクス:** $\cos A / \sin A$ 計算使用標準2D回転
- ・ **スケール補償:** 回転中のクリッピング防止自動スケーリング
- ・ **中心点:** ディスプレイ中心 (512、256) 周辺回転
- ・ **補間:** パフォーマンス用最近傍サンプリング

ブレンドモード

Addモード (0.0-0.5)

- ・ クリッピング保護付き標準加算ブレンド
- ・ 数式: 各RGBチャンネル用 $\min(1.0, \text{color1} + \text{color2})$
- ・ 最適用途: 明るい要素のレイヤー、光蓄積効果作成

Screenモード (1.5-2.5)

- ・ 反転乗算ブレンド、常に結果を明るくする
- ・ 数式: $1 - (1 - \text{color1}) \times (1 - \text{color2})$
- ・ 最適用途: ソフトライト効果、純黒領域回避

Differenceモード (1.5-2.5)

- ・ カラー値間の絶対差

- ・ 数式: 各チャンネル用 $\text{abs}(\text{color1} - \text{color2})$
- ・ 最適用途: 高コントラスト効果、エッジ検出様ビジュアル

Color Dodgeモード (2.5-3.0)

- ・ 制御された飽和度での劇的明度上昇
- ・ 数式: クランピング付き $\text{color1} / \max(0.001, 1.0 - \text{color2})$
- ・ 最適用途: 強烈ハイライト効果、劇的照明

トリガーシステム

信号ベーストリガー

- ・ 閾値: シュミットトリガー使用0Vクロッシング検出
- ・ チャンネル毎: 各オーディオ入力用独立トリガー検出
- ・ ヒステリシス: 内蔵ヒステリシスでトリガーチャッター防止

外部トリガー

- ・ 入力: 専用トリガー入力が信号ベーストリガーを上書き
- ・ 閾値: 標準ゲート/トリガー検出 ($>1\text{V}$)
- ・ グローバル: 単一外部トリガーが全チャンネルに同時影響

フリーズ機能

- ・ バッファ状態: トリガー時最後にキャプチャーした波形を維持
- ・ チャンネル毎: 各チャンネル独立フリーズ状態
- ・ リセット: 新しいトリガーイベントでアンフリーズしてキャプチャー再開

外部ウィンドウシステム (macOS)

GPUアクセラレーション

- ・ プラットフォーム: macOS特化外部ウィンドウ実装
- ・ 解像度: フル1024×512ピクセルレンダリング
- ・ パフォーマンス: スムーズリアルタイムディスプレイ用ハードウェアアクセラレーション
- ・ カラー深度: フル32ビットRGBAカラー空間

ウィンドウ管理

- ・ コントロール: ウィンドウ開閉用右クリックコンテキストメニュー
- ・ 持続性: モジュールセッション間でウィンドウ状態維持
- ・ 更新: 最適パフォーマンス用512サンプル更新間隔
- ・ 同期: パラメーター変更が外部ウィンドウに即座反映

技術仕様

- ・ 入力範囲: $\pm 5\text{V}$ (オーディオ)、 $\pm 10\text{V}$ (CV)、 $>1\text{V}$ (トリガー)
- ・ ディスプレイ解像度: 1024×512ピクセル (外部)、400×380ピクセル (モジュール)

- **周波数検出:** 自己相関アルゴリズム付き20Hz-2000Hz範囲
- **ピッチシフト範囲:** 1.0x~0.0009765625x (10オクターブダウン)
- **カラー空間:** フル飽和度と可変明度での360°色相マッピング
- **更新レート:** 50ms波形ウィンドウ、512サンプルパラメーター更新
- **バッファサイズ:** 1024 (周波数) 、4096 (ピッチシフト) 、1024 (ディスプレイ幅)
- **処理:** ハードウェアアクセラレーション (外部ウィンドウ) 付き32ビット浮動小数点

中文

概述

MULTIVERSE模組是一個四通道GPU加速音頻可視化器，具備即時波形渲染和基於頻率的顏色映射功能。它將四個獨立的音頻信號轉換為同步視覺顯示，具有高級混合模式、空間旋轉以及高解析度視覺化的外部視窗支援。專為現場演出和錄音室視覺化設計，提供視覺參數的全面CV控制。

功能特色

- 每通道獨立參數控制的四通道音頻輸入
- 1024x512解析度GPU加速外部視窗渲染 (macOS)
- 使用八度音程循環通過全光譜的基於頻率的顏色映射
- 即時音調檢測和八度音程降調移調 (最多10個八度音程)
- 四種高級顏色混合模式 (加法、螢幕、差異、顏色閃避)
- 每通道縮放補償的空間旋轉控制
- 影響所有通道的全域相位調變
- 具有基於信號或外部觸發源的觸發系統
- 基於自相關的頻率檢測，用於精確的顏色映射
- 所有主要參數專用輸入的全面CV控制

控制項目

通道控制 (CH 1-4)

四個通道各包含相同的參數集：

- **音頻輸入:** 音頻信號輸入 (±5V範圍，針對音頻信號優化)
- **CURVE旋鈕:** 波形曲線塑形參數 (0.0-1.0，預設：0.0)
- **RAT旋鈕:** 音調移調的頻率比率控制 (0.0-1.0，預設：1.0)
 - 0.0: 10個八度音程降調 (音調率：0.0009765625x)
 - 1.0: 無音調移調 (音調率：1.0x)
- **ANG旋鈕:** 空間旋轉角度 (-180°至+180°，預設：0°)

- **LEVEL旋鈕:** 通道強度/亮度 (0.0-10.0，預設：1.0)

CV輸入 (每通道)

- **CURVE CV:** 曲線參數調變 (0-10V，縮放×0.1)
- **RAT CV:** 比率參數調變 (0-10V，縮放×0.1)
- **ANG CV:** 角度參數調變 ($\pm 5V = \pm 90^\circ$)
- **LEVEL CV:** 電平參數調變 (0-10V，縮放×0.15)

全域控制

- **TRIGGER按鈕:** 具LED指示器的觸發捕獲模式啟用/停用
 - 關閉 (暗)：連續捕獲模式
 - 開啟 (亮)：觸發捕獲模式 (等待觸發事件)
- **MIX旋鈕:** 全域混合模式選擇 (0.0-3.0)
 - 0.0-0.5: 加法模式
 - 0.5-1.5: 加法→差異轉換
 - 1.5-2.5: 差異→螢幕轉換
 - 2.5-3.0: 螢幕→光 (顏色閃避) 轉換
- **BRIGHT旋鈕:** 全域亮度倍數 (0.0-4.0，預設：1.0)

全域輸入

- **TRIGGER輸入:** 同步捕獲的外部觸發輸入
- **MIX CV:** 混合模式調變 (0-10V，縮放×0.4)
- **PHASE CV:** 所有通道的全域相位偏移 (0-10V = 0-360°)

視覺處理系統

頻率檢測和顏色映射

模組採用高級基於自相關的音調檢測：

- **緩衝區大小:** 頻率分析用1024個樣本
- **檢測範圍:** 帶自動RMS門控的20Hz至2000Hz
- **更新速率:** 每1024個樣本更新頻率分析
- **顏色映射:** 基於中央C (261.63Hz) 的八度音程色調循環

音調移調演算法

每個通道都具有即時音調移調功能：

- **緩衝區大小:** 具循環緩衝區管理的4096個樣本
- **移調範圍:** 最多10個八度音程降調 (指數速率縮放)
- **插值:** 平滑音調轉換的線性插值
- **速率計算:** $\text{pitchRate} = \text{pow}(0.5, \text{octaveDown})$ 其中 $\text{octaveDown} = (1.0 - \text{ratio}) \times 10.0$

顯示處理

- **解析度:** 外部視窗1024×512像素，模組顯示縮放
- **更新速率:** 固定50ms數據窗口 ($\text{samplesPerPixel} = \text{sampleRate} \times 0.05 / 1024$)
- **緩衝區管理:** 帶自動環繞的循環緩衝區
- **信號範圍:** ±10V輸入自動正規化至顯示範圍

空間旋轉系統

帶自動縮放補償的高級旋轉：

- **旋轉矩陣:** 使用 $\cos A / \sin A$ 計算的標準2D旋轉
- **縮放補償:** 旋轉期間防止裁剪的自動縮放
- **中心點:** 圍繞顯示中心 (512, 256) 旋轉
- **插值:** 性能用最近鄰採樣

混合模式

加法模式 (0.0-0.5)

- 帶裁剪保護的標準加法混合
- 公式：每個RGB通道的 $\min(1.0, \text{color1} + \text{color2})$
- 最適用於：分層明亮元素，創建光積累效果

螢幕模式 (1.5-2.5)

- 反向乘法混合，總是使結果變亮
- 公式： $1 - (1 - \text{color1}) \times (1 - \text{color2})$
- 最適用於：柔光效果，避免純黑區域

差異模式 (1.5-2.5)

- 顏色值之間的絕對差異
- 公式：每個通道的 $\text{abs}(\text{color1} - \text{color2})$
- 最適用於：高對比度效果，類邊緣檢測視覺

顏色閃避模式 (2.5-3.0)

- 具受控飽和度的劇性增亮
- 公式：帶限制的 $\text{color1} / \max(0.001, 1.0 - \text{color2})$
- 最適用於：強烈高光效果，戲劇性照明

觸發系統

基於信號的觸發

- **閾值:** 使用施密特觸發器的0V交叉檢測
- **每通道:** 每個音頻輸入的獨立觸發檢測
- **滯後:** 內建滯後防止觸發抖動

外部觸發

- **輸入:** 專用觸發輸入覆蓋基於信號的觸發
- **閾值:** 標準閘門/觸發檢測 (>1V)
- **全域:** 單一外部觸發同時影響所有通道

凍結功能

- **緩衝區狀態:** 觸發時維持最後捕獲的波形
- **每通道:** 每個通道的獨立凍結狀態
- **重置:** 新觸發事件解凍並重新開始捕獲

外部視窗系統 (macOS)

GPU加速

- **平台:** macOS特化外部視窗實現
- **解析度:** 完整1024×512像素渲染
- **性能:** 平滑即時顯示的硬體加速渲染
- **顏色深度:** 完整32位元RGBA顏色空間

視窗管理

- **控制:** 視窗開啟/關閉的右鍵上下文選單
- **持續性:** 模組會話間維持視窗狀態
- **更新:** 最佳性能的512樣本更新間隔
- **同步:** 參數變更立即反映在外部視窗

技術規格

- **輸入範圍:** ±5V (音頻) , ±10V (CV) , >1V (觸發)
- **顯示解析度:** 1024×512像素 (外部) , 400×380像素 (模組)
- **頻率檢測:** 帶自相關演算法的20Hz-2000Hz範圍
- **音調移調範圍:** 1.0x至0.0009765625x (10個八度音程降調)
- **顏色空間:** 具完整飽和度和可變亮度的360°色調映射
- **更新速率:** 50ms波形窗口, 512樣本參數更新
- **緩衝區大小:** 1024 (頻率) , 4096 (音調移調) , 1024 (顯示寬度)
- **處理:** 帶硬體加速 (外部視窗) 的32位元浮點

Version 2.3.0 MADZINE © 2025