



图形指南

LUFScale macOS 版 - 版本 2.2.3

快速开始

LUFScale 有什么作用？

LUFScale 测量文件响度；使用“标准化”时，它会在控制真峰值的同时，把感知音量实际调整到 LUFS 目标。每个源文件都会进行全时长分析，输出随后会被重新测量和验证。结果不依赖标签或兼容播放器：文件之间的音量更一致，偏差会被标出，原文件保持不变。

自由软件与再分发

LUFScale 是依据 GNU GPL-3.0-or-later 发布的自由软件。用户可按许可证条款使用、研究、修改和再分发。发行包包含源代码、声明及第三方许可证。本软件不提供担保。



1

添加音频文件

添加音频文件或文件夹。

2

目标位置

选择输出文件夹。

3

设置

选择预设和操作。

4

开始

开始处理并查看进度。

主要功能

- 支持 MP3、FLAC、WAV、AIFF、M4A、OGG 和 Opus 的均一化、ReplayGain 或分析。
- 每个文件单独测量并处理到所选目标。
- 保留目录、兼容元数据和封面；原文件不变。
- 并行处理、缓存、续传、质检、CSV、进度、CPU 和 LUFS 历史。
- 十二种语言的界面与 PDF 指南。

macOS 提供 Apple Silicon (arm64) 和 Intel (x86_64) 两个发行版。请选择与您的 Mac 处理器匹配的版本。

- macOS 应用已内置 Python、PySide6/Qt、FFmpeg、编解码器、指南和许可证；最终用户无需安装任何额外工具。

设置 - 音频 / 选项

主要功能

适用格式

LUFScale 支持 MP3、FLAC、WAV、AIFF、M4A、OGG 和 Opus。响度测量、LUFS 目标、均衡模式下的 True Peak 上限、处理设置和质量检查适用于支持的格式，而非仅限 MP3。编码器及部分修正取决于输出格式。MP3 示例只是特定案例，并不表示通用功能仅支持 MP3。

预设

一次应用一致的响度目标、最大真峰值和 MP3 质量。任何手动修改都会选择“自定义”。

逐文件处理

每个文件按自身测量计算增益，在 True Peak 上限内接近目标 LUFS。

ITU-R BS.1770

LUFScale 自动使用完整的历史测量方法，这是唯一在参考语料上验证过的方法。

操作

均一化会实际改变音频；ReplayGain 复制音频流并添加标签；仅分析不创建音频。

音量

此设置是响度目标的快捷方式，不会改变 Mac 的播放音量。

- 柔和：-18 LUFS - 更平静，动态余量更大，较少触发限制器。
- 标准：-16 LUFS - 均衡折中，适合作为个人音乐库的起点。
- 响亮：-14 LUFS - 播放更突出，但更可能需要限制。
- 自定义 - 直接输入其他 LUFS 目标。

这些是实用选择，并非通用标准。

响度目标

响度目标是整首曲目的目标综合响度，以 LUFS 表示。数值越不负，文件听起来越响：-14 LUFS 比 -16 LUFS 响。2 LU 的差值在峰值限制前约等于 2 dB 的电平差。

参考：-18 LUFS 更平静、更有动态；-16 LUFS 适合一般均衡；-14 LUFS 适合较响亮的流媒体风格。平台之后可能应用自己的播放标准化。

目标本身不会压平曲目内部的动态。如果最大真峰值不允许在不削波的情况下达到目标，结果可能略低。

最大真峰值

最大真峰值是上限，而不是要达到的电平。它以 dBTP 限制重建波形的最高峰值，包括采样点之间的峰值，以减少编码或转码后的削波。

- -1.0 dBTP - 常见交付上限。
- -1.5 dBTP - MP3 的谨慎默认值。
- -2.0 dBTP - 为再次编码或较高响度目标提供额外余量。
- 0 dBTP - 没有余量，不建议用于 MP3。

更负的值更安全，但可能使高动态曲目无法精确达到 LUFS 目标。

均衡时的 True Peak 上限适用于所有格式。MP3 示例也有助于理解 M4A/AAC、OGG/Vorbis 和 Opus 的注意事项。附录中的额外 1 dB 内部余量仅用于 MP3 输出的动态处理。

音频质量

设置压缩格式在质量与大小之间的取舍。数字越小，质量和码率越高。此设置不会改变 LUFS 目标或最大 True Peak。

- 0 - 最高质量，建议用于保留细节。
- 1 到 2 - 很高质量。
- 3 到 4 - 质量/大小的良好平衡。
- 5 到 9 - 文件更小，但损失更多。

无论数值如何，FLAC 始终无损。WAV 和 AIFF 会忽略此设置，并保留与源文件兼容的 PCM 采样率和位深。对于 MP3、M4A、OGG 和 Opus，较小数值可能要求高于源文件的码率，使输出更大。较大数值通常会减小文件，但这些编码器常使用 VBR，因此不能保证字节数相同。重新编码有损格式无法恢复已经丢失的信息。

并行进程

决定可以同时处理多少个文件。

- Auto 最多从 4 个任务开始。有 CPU 测量时，每秒检查一次：使用率低于 70% 时增加一个任务，高于 92% 时减少一个。
- Auto 不会超过检测到的逻辑 CPU 数，绝对上限为 16。
- 无法测量 CPU 时，直接使用检测到的上限，不做动态调整。
- 数字值固定并发任务的最大数量，并不是 CPU 使用率目标。

按 - 直到显示 Auto。

设置 - 音频 / 选项

主要功能

覆盖现有文件

允许替换目标位置中已经存在的 MP3。源文件绝不会被覆盖。

中断后继续

识别使用相同设置已经完成的文件，不再重复处理。

自动质量控制

质量检查适用于所有支持的格式。M4A、OGG 和 Opus 也会接受检查，但不使用动态 MP3 或 FLAC/WAV/AIFF 专用的修正循环。ReplayGain 模式检查信号保留情况和标签，并不保证实际音频已被均衡到目标响度。

启用质量控制时，动态MP3最多可重新计算三次。FLAC/WAV/AIFF最多可校正两次。每次尝试都会重新测量，并保留最佳输出。

关闭QC时，不声明合规，也不进行校正重试。均衡后的输出仍会为日志和CSV重新测量。仅分析不创建输出，因此不执行输出QC。

创建 CSV 报告

只创建包含测量、耗时和警告的CSV，不再附加诊断JSON。

拖放或粘贴后自动开始

已选择目标位置时，通过拖放或粘贴添加来源后自动开始处理。

不重新编码已符合要求的文件

目标 ± 0.10 LU内且不超过True Peak上限的文件直接复制，不重编码。

处理过程中发生什么

LUFScale 自动使用完整的历史测量方法，这是唯一在参考语料上验证过的方法。



并行进程

决定可以同时处理多少个文件。

- Auto 最多从 4 个任务开始。有 CPU 测量时，每秒检查一次：使用率低于 70% 时增加一个任务，高于 92% 时减少一个。
- Auto 不会超过检测到的逻辑 CPU 数，绝对上限为 16。
- 无法测量 CPU 时，直接使用检测到的上限，不做动态调整。
- 数字值固定并发任务的最大数量，并不是 CPU 使用率目标。

按 - 直到显示 Auto。

处理期间每秒更新一次的 Mac 总 CPU 使用率。

分析

仅分析每次都用FFmpeg完整复测每个源文件。处理前图和进度逐文件更新；没有输出文件和输出质检。

处理过程中发生什么

LUFScale 自动使用完整的历史测量方法，这是唯一在参考语料上验证过的方法。

中断后继续

识别使用相同设置已经完成的文件，不再重复处理。

自动质量控制

质量检查适用于所有支持的格式。M4A、OGG 和 Opus 也会接受检查，但不使用动态 MP3 或 FLAC/WAV/AIFF 专用的修正循环。ReplayGain 模式检查信号保留情况和标签，并不保证实际音频已被均衡到目标响度。

启用质量控制时，动态MP3最多可重新计算三次。FLAC/WAV/AIFF最多可校正两次。每次尝试都会重新测量，并保留最佳输出。

关闭QC时，不声明合规，也不进行校正重试。均衡后的输出仍会为日志和CSV重新测量。仅分析不创建输出，因此不执行输出QC。

响度变化

每个文件都会在右侧添加一个点。“之前”始终显示测得的源文件。使用标准化时，“之后”显示实际复测的输出。使用 ReplayGain 时，第二个虚线图估算播放效果：源响度加上写入的 Track Gain。☒符号和“兼容播放器”说明表明这不是交付文件的物理测量。播放器不兼容时仍使用原始音量；兼容播放器也可能因前置增益或削波保护而改变结果。两个图表保持相同的固定 ± 6 LU 标尺。仅分析模式没有“之后”输出。

仅分析

仅分析时，每完成一个文件，处理前图表、日志和进度条都会更新；处理后图表保持不动。

处理日志

每一行描述一个文件或一般处理步骤。

- 成功行直接以文件名开头，不再重复“成功”。
- 合规、已续传、已跳过、已取消和错误只在能提供有用信息时显示。
- 电平显示输入 -> 重新测量的输出，随后显示可能的质量控制结果。
- “警告”和“错误”分别打开含文件名、路径和详情的列表；暂停期间或处理结束后可用，每个列表都能保存。

颜色：绿色=成功；橙色=警告；红色=文件未完成；蓝紫色=续传；灰色=信息、跳过或取消。

QC 警告-响度表示重新测量的输出与预期值相差超过 ± 0.60 LU。数值越负越安静，越不负越响。偏差取绝对值：目标 -14.00、结果 -14.69 的偏差为 0.69 LU。文件仍会创建，这不是转换失败。若听感可接受，无需强制处理；若目标必须严格，请查看详情和 CSV，核对目标与 True Peak 上限后重试。仅凭这条消息不能确定原因是上限、编码器还是修正能力限制。

QC 警告-峰值表示重新测量的 True Peak 超出所选上限 0.25 dB 以上。文件仍会创建。若警告持续，请选择更低的 LUFS 目标或更稳妥的峰值上限（例如 -2.0 dBTP），再重新处理。

累计时间是所有并行任务工作量之和；总时间是实际经过的时长。

在 ReplayGain 模式下，日志会显示未改变的物理响度、写入元数据的增益以及设定目标。启用质量控制时，“音频未改变且标签已验证”表示已将响度和峰值与源文件比较，并重新读取了标签；这不表示文件的物理测量值达到了目标。

预计总时间：正在计算…

预计总时间：12分钟 -

约14:30完成。“12分钟”是预计总时长，“14:30”是预计结束时刻。跨过午夜时，会自动在时刻前加入天数，例如“2天. 14:30”。

处理日志颜色说明

成功	处理完成，未检测到异常。
已符合	音频未改动并直接复制：源文件已满足目标值和峰值上限。
警告	输出文件已生成，但有一项测量超出预期容差。
已取消	处理由用户主动停止；这不是错误。
错误	无法完成相关文件的处理。

建议设置和参考值

预设	响度目标	最大真峰值	音频质量
音乐库 - 推荐	-16 LUFS	-1.5 dBTP	0
更响亮的流媒体	-14 LUFS	-1 dBTP	0
动态音乐	-18 LUFS	-2 dBTP	0

这些预设是应用中的实用选择，不是通用标准。

三项实用检查

未开始处理

请确认已选择至少一个受支持的音频源以及不同的输出位置。

未找到 FFmpeg

请重新运行应用程序构建器或安装 FFmpeg，然后重新启动。

峰值警告

请选择更低的真峰值上限或更低的响度目标，然后重新处理文件。

官方技术参考资料

FFmpeg滤镜 - loudnorm / ebur128:
<https://ffmpeg.org/ffmpeg-filters.html>

FFmpeg编解码器 - libmp3lame及音频编码器:
<https://ffmpeg.org/ffmpeg-codecs.html>

ITU-R BS.1770-5 (11/2023) , 节目响度和真实峰值:
<https://www.itu.int/rec/R-REC-BS.1770-5-202311-I/en>

EBU R 128 v5.0 (21/11/2023) :
<https://tech.ebu.ch/publications/r128>

ReplayGain原始规范:
https://wiki.hydrogenaudio.org/index.php?title=Original_ReplayGain_specification

技术附录

源文件绝不会被移动或修改。

操作

均一化逐个处理文件并复测输出。ReplayGain不改变采样。仅分析生成测量和可选CSV，不生成音频。

启用质量控制后，ReplayGain会重新测量交付文件，确认其物理响度和峰值没有变化，然后检查 Track 标签。成功表示音频得到保留且标签存在，并不表示物理响度达到了目标。

关闭QC时，不声明合规，也不进行校正重试。均衡后的输出仍会为日志和CSV重新测量。仅分析不创建输出，因此不执行输出QC。

ITU-R BS.1770

FFmpeg loudnorm依据ITU-R BS.1770测量综合响度L、LRA范围、阈值和真实峰值TP。

基准分析

LUFScale 自动使用完整的历史测量方法，这是唯一在参考语料上验证过的方法。

逐文件处理

每个文件按自身测量计算增益，在True Peak上限内接近目标LUFS。

仅限 MP3：动态处理

不适用线性路径的MP3会采用低1.00 dB的内部真实峰值目标，但不低于-9 dBTP。设定目标仍是用户和QC的参考。

音频质量

MP3使用LAME，M4A使用FFmpeg AAC，OGG使用Vorbis，Opus使用libopus。FLAC保持无损；WAV/AIFF保持与源兼容的PCM。

不重新编码已符合要求的文件

目标±0.10 LU内且不超过True Peak上限的文件直接复制，不重新编码。

自动质量控制

质量检查适用于所有支持的格式。M4A、OGG 和 Opus 也会接受检查，但不使用动态 MP3 或 FLAC/WAV/AIFF 专用的修正循环。ReplayGain 模式检查信号保留情况和标签，并不保证实际音频已被均衡到目标响度。

启用质量控制时，动态MP3最多可重新计算三次。FLAC/WAV/AIFF最多可校正两次。每次尝试都会重新测量，并保留最佳输出。

并行进程

FFmpeg任务并行运行。累计时间是任务工时之和，不是实际时长。缓存和续传会核对源文件、设置和输出；仅分析会有意忽略缓存。

为Apple Silicon Mac和Intel Mac编译

路径均相对于已解压源代码包的根目录：

Apple Silicon Mac (arm64) - 在macOS 12或更高版本中运行：

```
./Create_Community_Distribution_macOS.command
```

创建的文件：

```
dist/LUFScale.app
dist/LUFScale-2.2.3-macOS-arm64-community.zip
dist/LUFScale-2.2.3-macOS-arm64-community.zip.sha256
```

Intel Mac (x86_64) - 在Intel Mac上运行：

```
./Create_Community_Distribution_macOS.command
```

如果macOS安装Xcode工具，请保持Terminal开启，构建器会自动继续。

创建的文件：

```
dist/LUFScale.app
dist/LUFScale-2.2.3-macOS-x86_64-community.zip
dist/LUFScale-2.2.3-macOS-x86_64-community.zip.sha256
```

.app (用于本地测试或日常使用的自包含应用程序)

.zip (用于共享或发布的压缩包，包含应用程序、源代码、许可证和说明)

.sha256 (.zip文件的SHA-256指纹)

技术附录 - 计算与公式

L = LUFS, TP = dBTP, G = dB

ITU-R BS.1770

$$z_i = (1/T_g) \int x_i^2(t) dt$$
$$L_K = -0.691 + 10 \log_{10}(\sum G_i z_i)$$

将经过K加权的各声道能量合并，用于计算综合响度。

ITU-R BS.1770 - 门限筛选

$$T_g = 400 \text{ ms}; \text{overlap} = 75 \%$$
$$\Gamma_a = -70 \text{ LKFS}; \Gamma_r = \Gamma_{\text{loud}} - 10 \text{ LU}$$

绝对门限和相对门限于选择综合测量所采用的时间块。

逐文件处理

$$G_{\text{file}} = L_{\text{target}} - L_{\text{input}}$$

每个文件按自身测量计算增益，在True Peak上限内接近目标LUFS。

无输出估算

$$G_{\text{est}} = L_{\text{target}} - L_{\text{input}}$$
$$TP_{\text{est}} = \min(TP_{\text{input}} + G_{\text{est}}, TP_{\text{limit}})$$

仅分析可估算结果，但不创建音频或输出质检。

不重新编码已符合要求的文件

$$|L_{\text{in}} - T| \leq 0.10 \text{ LU}$$
$$TP_{\text{in}} \leq TP_{\text{max}}$$

目标±0.10 LU内且不超过True Peak上限的文件直接复制，不重编码。

响度变化

$$\Delta = L - T$$
$$R_{\text{display}} = [-6, +6] \text{ LU}; \tau_{\text{QC}} = \pm 0.60 \text{ LU}$$

“之前”显示物理响度。ReplayGain的第二个图表根据写入的增益估算兼容播放器的播放效果。

自动质量控制

$$|L_{\text{out}} - L_{\text{expected}}| > 0.60 \text{ LU}$$
$$TP_{\text{out}} > TP_{\text{limit}} + 0.25 \text{ dB}$$

质量检查适用于所有支持的格式。M4A、OGG 和 Opus 也会接受检查，但不使用动态 MP3 或 FLAC/WAV/AIFF 专用的修正循环。ReplayGain 模式检查信号保留情况和标签，并不保证实际音频已被均衡到目标响度。

启用质量控制时，动态MP3最多可重新计算三次。FLAC/WAV/AIFF最多可校正两次。每次尝试都会重新测量，并保留最佳输出。

关闭QC时，不声明合规，也不进行校正重试。均衡后的输出仍会为日志和CSV重新测量。仅分析不创建输出，因此不执行输出QC。

ReplayGain - 不重新编码音频

$$G_{\text{tag}} = L_{\text{target}} - L_{\text{input}}$$
$$P_{\text{peak}} = 10^{TP/20}$$

ReplayGain计算增益并写入REPLAYGAIN_TRACK_GAIN/PEAK。音频不重编码（-c:a copy），只有兼容播放器会应用标签，因此物理LUFS和True Peak不变。

ReplayGain适合在兼容播放器中对资料库进行可逆、无重编码的播放音量统一。若要交付在所有播放器中都能实际测得目标值的文件，请使用标准化。

技术附录 - 自动质量控制

L_t = LUFS目标; TP_{req} = 设定上限; TP_g = 0.05 dB余量

适用格式

测量和质量阈值适用于支持的格式。标注“仅限 MP3”的内部目标与反馈修正公式描述动态 MP3 循环。修正次数上限单独说明
FLAC/WAV/AIFF, 不应套用于 M4A、OGG 或 Opus。

线性loudnorm适用条件

$$\begin{aligned} G &= L_t - I \\ TP_{pred} &= TP_{in} + G \\ m_{TP} &= TP_{req} - TP_{pred} \geq 0.05 \\ m_{LRA} &= LRA_t - LRA_{in} \geq 0.05 \end{aligned}$$

只有预测真实峰值余量和LRA余量都至少为0.05时,才使用线性模式。

MP3 - 初始内部真实峰值

$$\begin{aligned} TP_{safe} &= TP_{req} - 1.00 \text{ dB} \\ TP_{int,0} &= \max(-9 \text{ dBTP}, TP_{safe}) \end{aligned}$$

动态MP3的内部目标从设定上限低1.00 dB处开始,并以-9 dBTP为下限。

严格合规

$$\begin{aligned} |L_{out} - L_t| &\leq 0.50 \text{ LU} \\ TP_{out} &\leq TP_{req} \end{aligned}$$

输出响度在目标±0.50 LU内且真实峰值不超过设定上限时,才严格合规。

MP3 - 峰值校正

$$\begin{aligned} TP_g &= 0.05 \text{ dB} \\ e_{TP} &= TP_{out} - (TP_{req} - TP_g) \\ TP_{int,n+1} &= TP_{int,n} - e_{TP} \end{aligned}$$

若峰值超限,下一个内部目标将降低超出量再加0.05 dB余量。

MP3 - 低响度校正

$$\begin{aligned} r &= \min[(L_t - 0.45) - L_{out}, \\ &\quad (TP_{req} - 0.05) - TP_{out}] \\ TP_{int,n+1} &= TP_{int,n} + r \end{aligned}$$

若响度过低,内部目标在峰值余量允许范围内升向 $L_t - 0.45$ LU; 小于0.01 dB的步长不执行。

最佳尝试

$$\begin{aligned} p &= \max(0, TP_{out} - TP_{req}) \\ e_L &= \max(0, |L_{out} - L_t| - 0.50) \\ d_L &= |L_{out} - L_t| \\ \text{score} &= (p > 0, e_L > 0, p, e_L, d_L) \end{aligned}$$

在可用尝试中,评分依次优先考虑峰值上限、响度容差以及与目标的绝对差值。这适用于动态 MP3 和 FLAC/WAV/AIFF 的修正。

校正次数上限

$$N_{MP3} \leq 3; N_{lossless} \leq 2$$

动态MP3最多重试三次; FLAC、WAV和AIFF最多校正两次。满足条件时可提前停止。

QC警告与重试目标

$$\begin{aligned} \Delta L &= L_{out} - L_t \\ QC_{alert} &\Leftrightarrow |\Delta L| > 0.60 \vee TP_{out} > TP_{req} + 0.25 \\ strict_{OK} &\Leftrightarrow |\Delta L| \leq 0.50 \wedge TP_{out} \leq TP_{req} \\ retry_{MP3} &\Leftrightarrow \neg strict_{OK} \wedge |TP_{int,n+1} - TP_{int,n}| \geq 0.01 \end{aligned}$$

QC在±0.60 LU和+0.25 dB时警告; 重试以至少0.01 dB的步长追求严格上限。