



Mi-Log 影像白皮书

V1.0

2025 年 01 月

文档版本历史		
修订日期	作者	变更说明
2024-11	张钧凯 & 赵桂东	初稿创建
2024-12	刘涛源 & 栾野	明确 Mi-Log 曲线反射率范围，定义编解码函数，新增硬件编码章节。拓展有效编码范围，补充相关物理意义说明，更新编解码函数参数
2025-01	文嘉豪 & 刘涛源	优化文档表述，调整文档外观

目录

1 前言	1
2 硬件编码	2
3 传递函数	3
3.1 编码函数	5
3.2 解码函数	6
4 色彩空间	7

1 前言

Mi-Log 是一套基于对数（Log）曲线编码与广色域技术构建的场景参考（Scene-referred）编码系统，意图使用对数曲线压缩亮度级别，在有限的位深下拓展视频的动态范围。使用 Mi-Log 拍摄的素材不适合直接观看，而应作为后期制作流程中的源素材使用。

2 硬件编码

图 1 呈现了小米旗舰系列手机影像模块中使用的硬件编码曲线。为了清晰起见，图中仅展示了其中一条完整范围硬件编码曲线，实际包含多条曲线。

此外，提供硬件编码曲线仅为说明 Mi-Log 相关图像信号的编码机制，对于 Mi-Log 的第三方实现，请参考第 3 与 4 节。

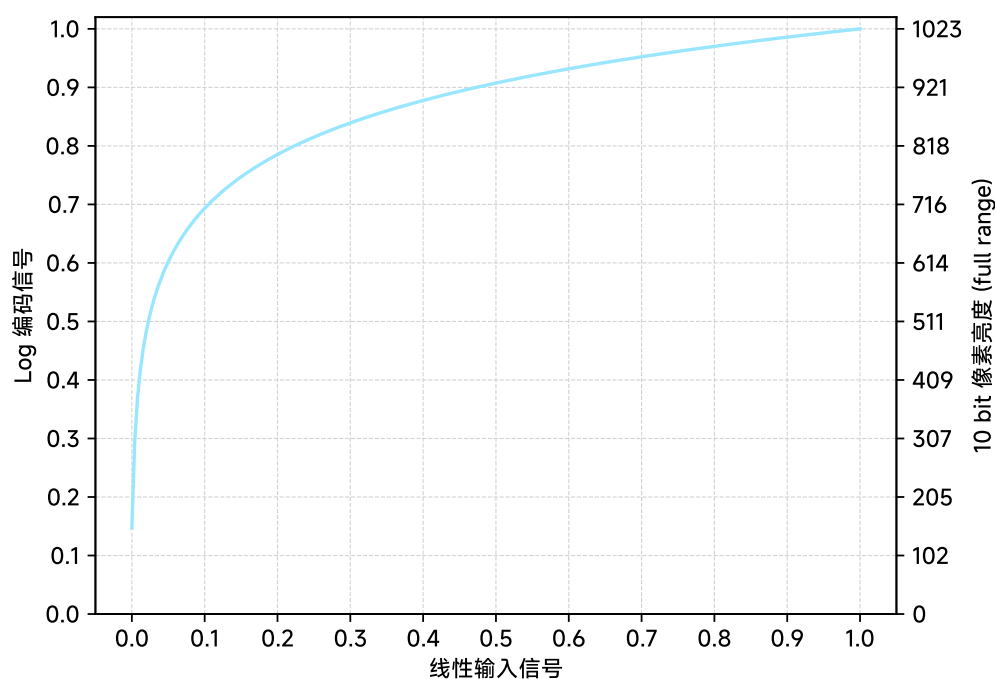


图 1: 用于线性信号的硬件编码曲线.

3 传递函数

Mi-Log 曲线是一种基于场景的对数函数，在 Mi-Log 编码系统中承担核心传递函数功能，通过一组专用的编码与解码函数定义。其曲线专为 10 位色深编码设计，以确保在有限位深下的信号精度和动态范围表现。

图 2 和图 3 展示了 Mi-Log 曲线的实际性能。其中，图 2 显示了 18% 灰的档位与其对应亮度级别之间的相对关系，图 3 展示了场景反射率与曲线的浮点数输出值之间的相对关系。

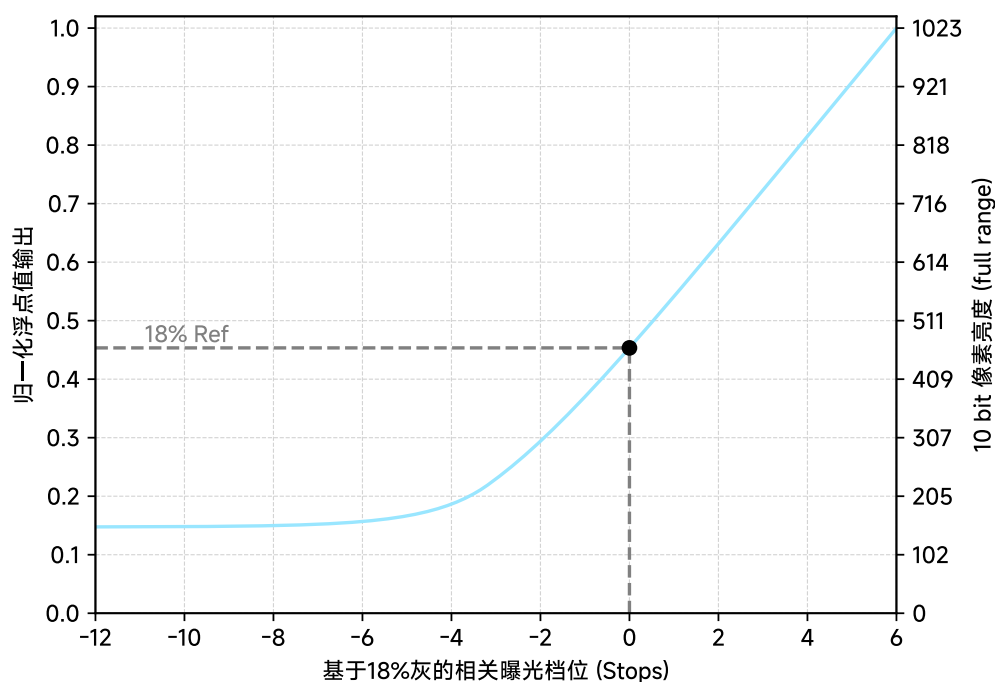


图 2: 用于曝光级数 (stops) 的 Mi-Log 曲线

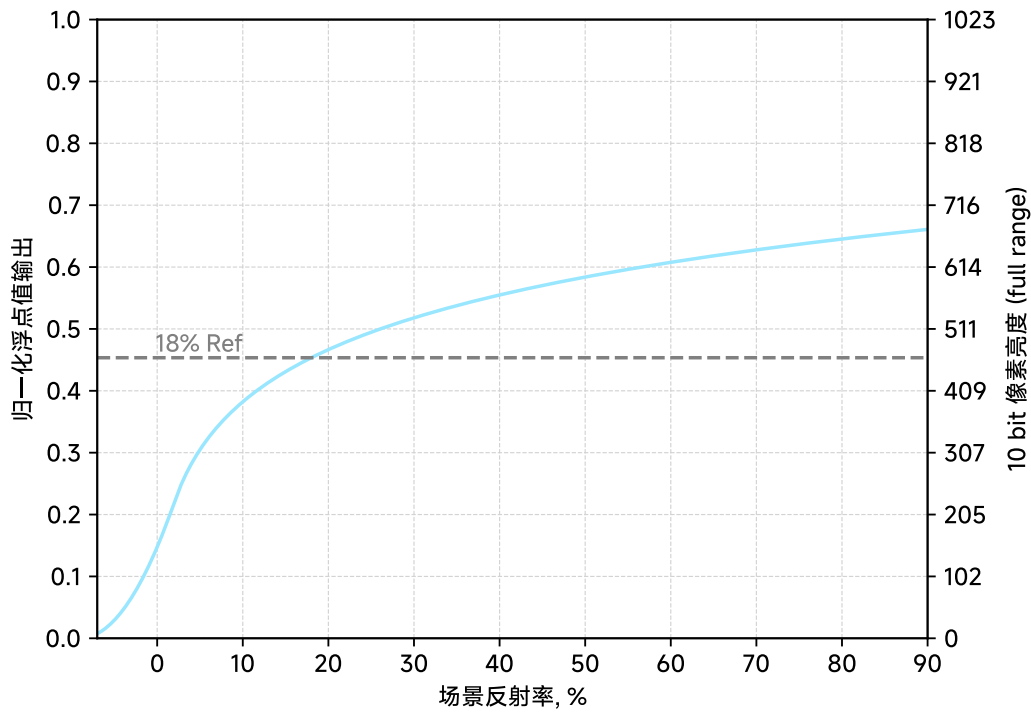


图 3: 用于场景反射的 Mi-Log 曲线（以归一化浮点数信号形式呈现）

场景反射率 (%)	编码信号	
	归一化浮点值	10-bit 整型 (full range)
0	0.14742742	150
18	0.45345968	463
90	0.66086763	676
1152	1.0	1023

表 1: 应用场景反射的 Mi-Log 曲线编码信号

表 1 中，最大的场景反射率 1152% 的推导公式如下：

$$1152\% = 18\% \times 2^6 = Scene_{Ref} \times 2^{Stop_{Max}}$$

3.1 编码函数

编码函数主要用于实现相对场景线性值的标准化编码，已被预先集成在影像模块中。为确保信息呈现的专业性和清晰性，在此处对该函数进行详尽阐述，其正式定义如下：

$$P = f(R) = \begin{cases} \gamma \log_2(R + \beta) + \delta, & \text{if } R \geq R_t \\ c(R - R_0)^2, & \text{if } R_0 \leq R < R_t \\ 0, & \text{if } R < R_0 \end{cases}$$

其中

$$R_0 = -0.09023729$$

$$R_t = 0.01974185$$

$$c = 18.10531998$$

$$\gamma = 0.09271529$$

$$\beta = 0.01384578$$

$$\delta = 0.67291850$$

整个编码函数分为两段，以阈值 R_t 为分界点：高于 R_t 时，反射率与编码值的关系用自然对数关系表示；低于 R_t 时，因其编码值需要具有更高的增长率，反射率与编码值之间呈现为二次函数关系。

3.2 解码函数

解码函数可用于还原拍摄画面中的线性场景反射信号，由以下方程定义：

$$\mathbf{R} = f^{-1}(\mathbf{P}) = \begin{cases} 2^{\frac{\mathbf{P}-\delta}{\gamma}} - \beta, & \text{if } \mathbf{P} \geq \mathbf{P}_t \\ \sqrt{\frac{\mathbf{P}}{c}} + \mathbf{R}_0, & \text{if } 0 \leq \mathbf{P} < \mathbf{P}_t \\ \mathbf{R}_0, & \text{if } \mathbf{P} < 0 \end{cases}$$

此处

$$\mathbf{P}_t = c(\mathbf{R}_t - \mathbf{R}_0)^2$$

像素值 \mathbf{P} 使用浮点编码，并归一化到 $[0,1]$ 范围内。

4 色彩空间

色彩空间是对颜色的组织方式。

Mi-Log 采用 ITU-R BT.2020-2 规范中所述的 RGB 原色 (RGB primaries) 与色彩转换矩阵。白点与 D65 标准光源一致，所有色度值均使用 CIE 1931 2° 标准观察者比色法进行规定。

CIE 色度坐标		
	x	y
红色原色 (R)	0.708	0.292
绿色原色 (G)	0.170	0.797
蓝色原色 (B)	0.131	0.046
白点 (D65)	0.3127	0.3290

$$Y = 0.2627R + 0.6780G + 0.0593B$$

$$C_B = \frac{B - Y}{1.8814}$$

$$C_R = \frac{R - Y}{1.4746}$$