

# Programmer's Guide

## DLPC8445 和 DLPC8445V



### 摘要

本指南详细介绍了基于 DLPC8445 和 DLPC8445V 控制器的系统的软件接口要求。该指南包括通信协议、初始化、常见用例和命令说明。

### 内容

<b>1 范围</b>	3
<b>2 引言</b>	3
2.1 系统概述	3
2.2 系统初始化	3
<b>3 软件概述</b>	4
3.1 接口协议	4
<b>4 首字母缩写词</b>	6
<b>5 命令协议</b>	7
5.1 命令数据包	7
5.2 响应数据包	9
5.3 错误处理和恢复	10
5.4 系统繁忙 - I <sup>2</sup> C 场景	10
5.5 支持可变数据大小	11
<b>6 命令说明</b>	11
<b>7 BootROM 命令</b>	12
7.1 BootROM	12
<b>8 常用命令</b>	17
8.1 通用	17
<b>9 主应用程序命令</b>	19
9.1 系统	19
9.2 颜色处理	23
9.3 TPG	35
9.4 源	47
9.5 启动界面	57
9.6 照明	58
9.7 显示	60
9.8 序列	68
9.9 图像处理	72
9.10 混合	75
9.11 外设	78
9.12 变形	82
9.13 XPR	85
<b>10 用例说明</b>	91
10.1 编程闪存映像过程	91
10.2 源设置过程	92
10.3 可变刷新率 (VRR)	92
10.4 3D	93
10.5 高动态范围 (HDR)	93
<b>11 错误代码</b>	94
<b>12 修订历史记录</b>	100

### 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 范围

本编程人员指南 (PG) 定义了可与一个或多个 DLPC8445 和 DLPC8445V 控制器配合使用的各种接口支持的所有命令。

- I<sup>2</sup>C 和 USB 是可用于向控制器发送命令的接口。可通过这些接口接受所有命令。
- I<sup>2</sup>C 始终可用，USB 可用性取决于系统配置。
- 可通过 TSTPT 配置使用 USB 接口。

本 PG 专门适用于使用单个控制器，其器件型号如下表所示。本 PG 不支持双 DMD、双 DLPA PMIC、激光荧光色轮 (LPCW) 或颜色重叠。

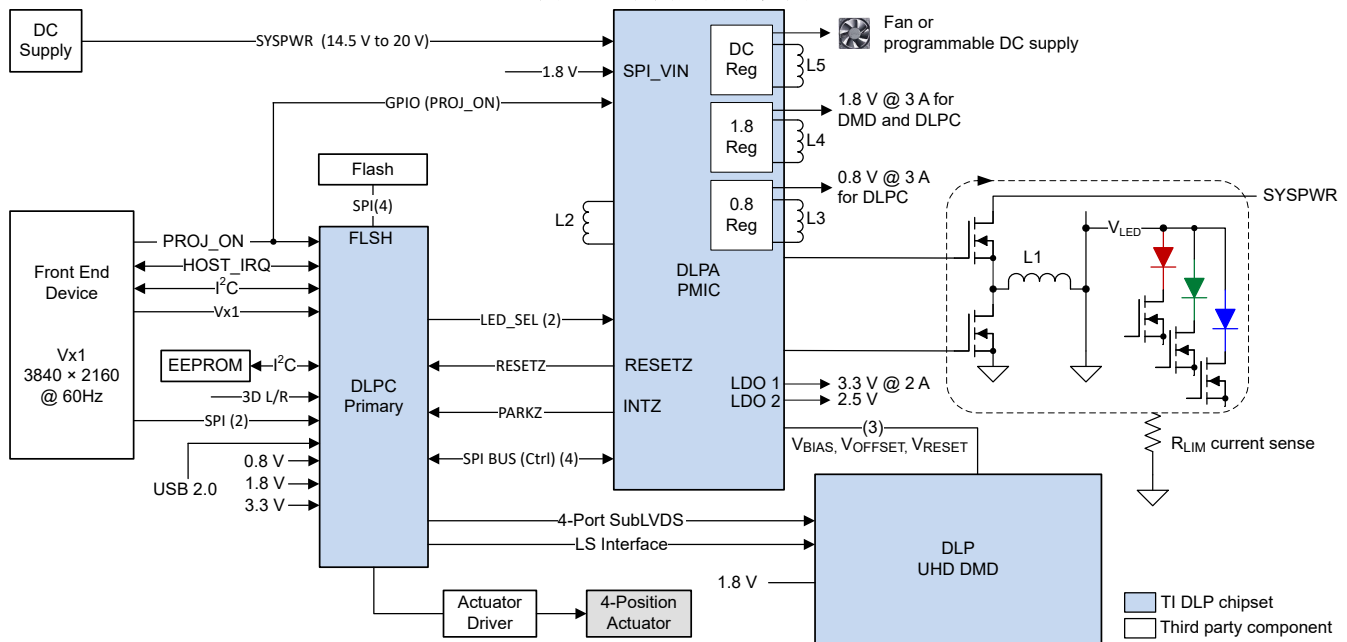
有关芯片组中芯片的其他信息，请访问 [ti.com](http://ti.com) 并查看相关的器件产品文件夹。

## 2 引言

### 2.1 系统概述

典型的 TI DLP® Pico™ 芯片组由控制器、PMIC 和 DMD 组成。DMD 和 PMIC 由控制器控制。图 2-1 显示了系统的简要结构。DLP 控制器通过各种接口支持的命令与应用处理器进行通信。

图 2-1. 示例应用方框图



### 2.2 系统初始化

#### 2.2.1 引导 ROM

控制器采用引导 ROM 及关联的引导软件。该常驻启动代码包含所需的最少代码，用于在上电时将程序从闪存载入内部 RAM。因此，需要一个外部闪存器件来存储器件固件。

引导 ROM 还包含在上电时接收 I<sup>2</sup>C/USB 接口命令的软件，其中的命令专门用于对控制器的闪存器件进行编程或重新编程。在进行编程或重新编程之前，闪存器件可能具有有效固件或固件损坏，或者闪存器件可能为空白。

引导 ROM 命令仅在系统处于引导暂停模式时适用。当设置了引导暂停引脚 (STAY\_IN\_BOOT)、闪存为空或辅助引导固件损坏或者主应用程序 (MainApp) 明确转到引导 ROM 进行固件升级时，系统可能进入引导暂停模式。在其他情况下，引导软件将加载有效的 MainApp，并将控制权转移至 MainApp 或次级引导。引导 ROM 中的命令支持将受到限制。

---

**备注**

如节 10.1 中所述，每当系统退出 MainApp 时，都必须对闪存程序进行重新编程。

---

### 2.2.2 次级引导

次级引导加载程序是添加到 DLPC8445 和 DLPC8445V 嵌入式软件的备用功能，用于支持对引导过程进行修改。在引导 ROM 中，建议对闪存升级过程使用次级引导。

可通过以下方式从引导 ROM 访问次级引导：

1. 在 STAY\_IN\_BOOT 设置为 1 的情况下初始化到引导 ROM
  - a. 对于 DLPC8445 和 DLPC8445V 控制器，这是 TSTPT0
2. 通过写入系统类型命令将系统类型设置为闪存系统（请参阅节 7.1.12）
3. 将应用程序设置为次级引导（从引导 ROM）（请参阅节 8.1.3）
  - a. 然后应在读取模式命令中返回“0x02 - 次级引导应用程序”（请参阅节 8.1.1）

或者，如果 STAY\_IN\_BOOT 被设置为 0，则可以通过发出切换应用程序命令（请参阅节 8.1.3）来切换到次级引导应用程序，从而从主应用程序访问次级引导。如果发现主应用程序固件损坏或丢失，系统也会转换至次级引导。

---

**备注**

为了使用 STAY\_IN\_BOOT，控制器的 TSTPT0 需要在原理图中使用一个模拟开关以进行外部上拉。

---

### 2.2.3 主应用程序

引导过程正常完成并且 STAY\_IN\_BOOT 设置为 0 后，将在初始化过程中到达嵌入式软件中包含的主应用程序。此模式是 DLP® 系统的主要用例，它是用于投射图像的模式。

### 2.2.4 DLPC8445 和 DLPC8445V 控制器启动

- 控制器输出一个称为 HOST\_IRQ 的信号。在复位时，HOST\_IRQ 启动为高电平，然后软件会将其设置为低电平以指示其处于忙状态，然后在其为接受命令做好准备时将其拉至高电平。
- 上电时的自动初始化是指引导 ROM 从闪存器件读取控制器固件并将其传输到 IRAM 的过程。然后 ARM 处理器开始执行从闪存读取的主应用程序。一旦主应用程序执行到通过应用处理器进行命令处理的程度，自动初始化就完成了。如果在闪存中找不到有效的闪存器件和主应用程序，BootRom 会将 HOST\_IRQ 置为高电平，以便可以发送 I2C 或 USB 命令来对闪存进行编程或重新编程。
- 控制器初始化通常在 RESETZ 被置为高电平后的 500ms 内完成（HOST\_IRQ 变为高电平）。但是，此时间可能会因软件版本和控制器在上电时执行的用户可配置自动初始化批处理文件的内容而异。

## 3 软件概述

控制器包含一个 Arm® Cortex R4F 处理器以及用于图像处理和芯片组控制的附加功能块。TI 提供软件作为固件存储在连接到控制器的 SPI 闪存中。固件包含 MainApp 代码（由 Arm 处理器使用）以及系统正常运行所需的其他配置和操作数据。控制器及其随附的 DLP 芯片组元件需要此专有软件才能运行。

固件必须编程到 SPI 闪存中。DLPC8445 和 DLPC8445V 在上电时将主应用程序从闪存下载到 Arm 处理器指令 RAM 中，并且还会在运行时定期访问闪存中的操作数据。可用的控制器功能取决于闪存中的固件版本。不同的芯片组合（例如使用不同的 DMD 或 PMIC 器件时）需要不同的固件。请访问 [ti.com](http://ti.com) 上的适用控制器产品文件夹，访问 [DLP Pico 固件选择器](#) 或联系 TI 获取最新固件。

### 3.1 接口协议

#### 3.1.1 支持的接口

控制器支持的通信接口包括符合 Philips I<sup>2</sup>C 规范且频率高达 400kHz 的串行数据总线、USB 2.0 和 UART（作为调试端口）接口。Phillips I<sup>2</sup>C 和 USB 接口支持命令，而 UART 仅显示调试日志。除了控制命令之外，这些接口还支持串行闪存编程。

### 3.1.2 I<sup>2</sup>C 目标

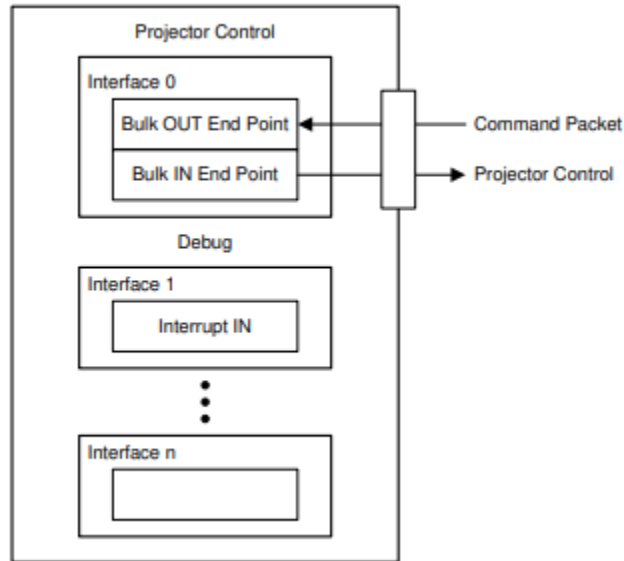
写入到在 I<sup>2</sup>C 目标配置中运行的控制器时，起始条件后的第一个字节应为控制器器件写入地址 (36h)。可以将器件地址更改为 34h 或 36h。这应该通过在启动时锁存的 TSTPT 引脚 (TSTPT\_2) 正确地指示给控制器 (如果该引脚被设置为低电平，则器件地址为 36h，否则如果被设置为高电平，则器件地址为 34h)。只有当 TSTPT 被设置为与用户在 DLP 工具套件中设置的地址匹配的值时，才会进行通信。

其余字节按照下面的命令协议部分中的要求发送。从 I<sup>2</sup>C 目标配置中的控制器读取时，起始条件后的第一个字节应为控制器器件写入地址 +1 (默认为 37h)，然后是标头和操作码字节 (如本档后面所述)。

### 3.1.3 USB

DLPC8445 和 DLPC8445V 控制器具有符合 USB OTG2.0 标准的硬件。连接到 USB 主机后，控制器配置为高速 (480Mb/s) 运行的 USB 器件 (目标) 模式。控制器将其中一个接口枚举为具有两个批量端点的通用 WinUSB 器件。USB 批量传输功能通过这些端点发送命令和响应数据包。输出端点用于命令数据包，而输入端点用于响应数据包。USB 传输大小可以从 1 字节到 512 字节不等。当主机发送 USB 输入请求时，控制器采用 NAK 响应，直到软件的响应数据包准备就绪。

图 3-1. USB 内核



### 3.1.4 UART 设置

建议使用以下设置通过 UART 访问控制器调试日志：

- 波特率：115200
- 数据位：7
- 停止位：一个
- 奇偶校验：无
- 流量控制：无

## 4 首字母缩写词

本指南使用以下首字母缩写词：

表 4-1. 使用的首字母缩写词

首字母缩写词	全称 (说明)
ALPF	每帧有效扫描行数
APPL	每行有效像素数
CCA	色彩坐标调整
CFI	通用闪存接口
CLK	时钟
CRC	循环冗余校验
DB	DynamicBlack™
DLPA	DLP 电源管理 IC
DMD	数字微镜器件
DSI	显示串行接口 (视频接口)
HDR	高动态范围
HLG	混合 Log Gamma (HDR 传递函数)
HSG	色相饱和度增益
Hsync	水平同步

表 4-1. 使用的首字母缩写词 (续)

首字母缩写词	全称 (说明)
HW	硬件
I <sup>2</sup> C	内部集成电路 (命令接口)
WRP	变形
LUT	查找表
3DLR	3D 左/右同步
PCC	原色校正
PMIC	电源管理集成电路
PQ	感知量化器 (HDR 传递函数)
RGB	红绿蓝 (颜色空间)
SPI	串行外设接口 (命令接口)
SSP	同步串行端口
TPG	测试图形发生器
TPPL	每行总像素数
UART	通用异步接收器-发送器
Vsync	垂直同步
WPC	白点校正
XPR	扩展像素分辨率 (像素偏移技术)
VBO	V-by-One
YCbCr	(颜色空间)

## 5 命令协议

本部分介绍了针对 DLPC8445 和 DLPC8445V 实现的命令协议。此协议由应用处理器使用，通过使用任一受支持的命令来控制 DLPC8445 和 DLPC8445V。该协议适用于所有受支持的外设接口。

此协议指定灵活长度的标头。最小标头长度为一个字节。第一个标头字节指明如何解释其余字节，例如操作码、数据和校验和 (用于错误检测)。标头中还有一个目标参数用于将命令定向到投影仪应用程序中的不同实体。

对于需要最少开销字节的应用程序，使用这种灵活的标头长度方法可以选择一个字节的标头。对于更稳健的应用程序，可以配置一个包括数据长度和/或校验和的更大标头。

### 5.1 命令数据包

命令数据包定义了将命令发送到控制器时需遵循的数据包格式。始终存在的字段以**粗体**显示，可选字段以正常字体显示。

关于存在哪些字段的定义基于 1 个字节的标头字段。如果命令被定义为具有可变数据大小，则必须具有长度字段。

表 5-1. 命令数据包格式

字段	大小 (字节)	说明
<b>接头</b>	1	请参阅下面的表 5-2
<b>操作码</b>	1	命令操作码
长度	2 或 0，基于标头中的存在数据长度字段	此字节之后的命令数据长度 (以字节为单位)。校验和不包含在长度中。例如，长度设置为 10 表示在这个长度字段之后有 10 个字节的数据。应先发送长度 LSB，然后是 MSB。

表 5-1. 命令数据包格式 (续)

字段	大小 (字节)	说明
数据	0-511 (整个消息中包括标头和校验和在內总计最多 512 个字节)	参数/数据
校验和	1 或 0 (可选, 作为标头的存在校验和字段)	消息中所有字节的校验和 (包括标头字节)。Fletcher 校验和实现方式如下: <pre>uint32 SimpleChecksum = 0; uint32 SumofSumChecksum = 0; uint08 *Addr = (uint08 *) StartAddress; while (NumBytes--) { SimpleChecksum += *Addr++; SumofSumChecksum += SimpleChecksum; }</pre>

表 5-2. 命令标头字节

位	字段名称	值
0:2	目标	适用命令的数字目标代码
3	操作码长度	0 = 一字节操作码
4	存在数据长度	1 = 扩展标头中存在长度字段 0 = 不存在长度字段
5	存在校验和	1 = 数据字节之后存在校验和 0 = 不存在校验和
6	已请求回复	1 = 器件将向每个写入命令发送一个响应数据包。此字段仅适用于写入命令。 0 = 不针对写入命令发送响应数据包
7	读取命令	1 = 读取命令 0 = 写入命令

如上面的命令标头说明中所述, 写入响应是可选项。如果请求了响应, 则必须在相应的命令数据包之后立即读取响应 (包括写入响应和读取响应)。一旦控制器从主机接收到另一组字节, 命令的响应就会丢失。

下面提供了读取 LED 启用命令 (请参阅节 9.6.2) 的命令数据包示例:

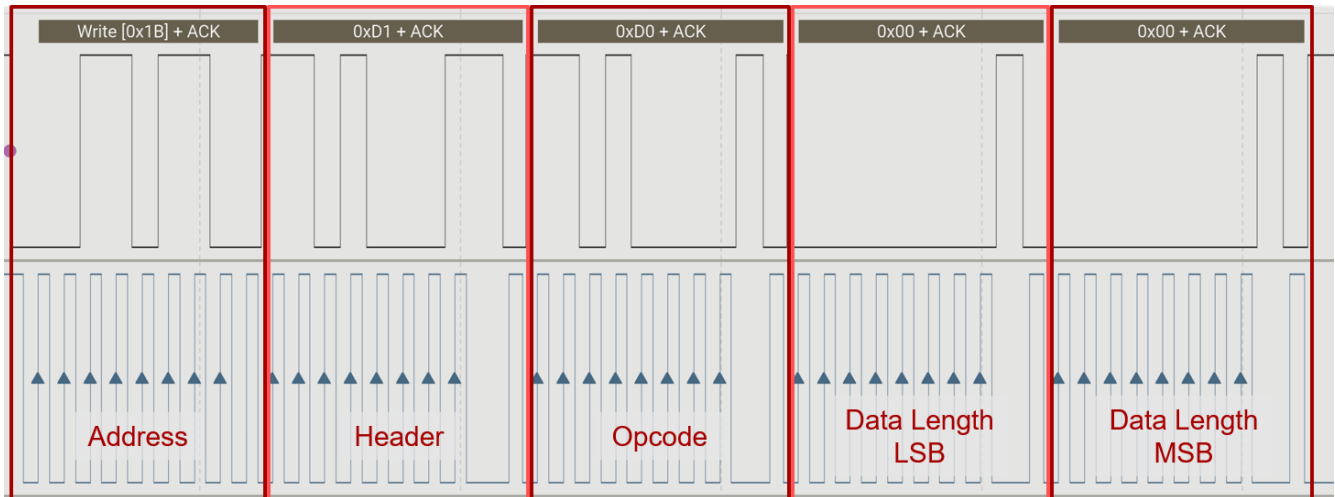


图 5-1. 命令数据包示例



## 5.2 响应数据包

响应数据包是控制器应答主机的格式。写入响应和读取响应都遵循响应数据包格式。对于写入命令，只有在命令标头中设置了“已请求应答”位时才会发送响应数据包。D 控制器将响应标头匹配为与传入命令数据包标头相同的格式。但有一个例外：如果响应数据包用于需要可变数据字节数的命令，则响应数据包将始终包含长度字段（无论命令数据包是否提及长度）。有关可变大小命令的信息，请参阅 [可变数据大小支持](#) 部分。

与命令数据包的定义类似，**粗体** 字段表示始终存在的字段。

**表 5-3. 响应数据包格式**

字段	大小 (字节)	说明
接头	1	请参阅下面的 <a href="#">表 5-4</a>
长度	2 或 0 (可选, 根据标头中的“预设的数据长度”字段而定)	此字节之后的命令数据长度 (以字节为单位)。校验和不包含在长度中。 例如, 长度设置为 10 表示在这个长度字段之后有 10 个字节的数据。应先发送长度 LSB, 然后是 MSB。
数据	0-511 (整个消息中包括标头和校验和在最多 512 个字节)	响应数据字节取决于命令代码。如果设置了标头中的错误位, 则将只有一个数据字节。此字节将指示导致命令无应答的错误代码。下面的 <a href="#">表 5-5</a> 列出了错误代码定义。
校验和	1 或 0 (可选, 根据标头字节的“存在校验和”字段而定)	消息中所有字节的校验和 (包括标头字节) ( <a href="#">Fletcher 校验和</a> )

**表 5-4. 响应标头字节**

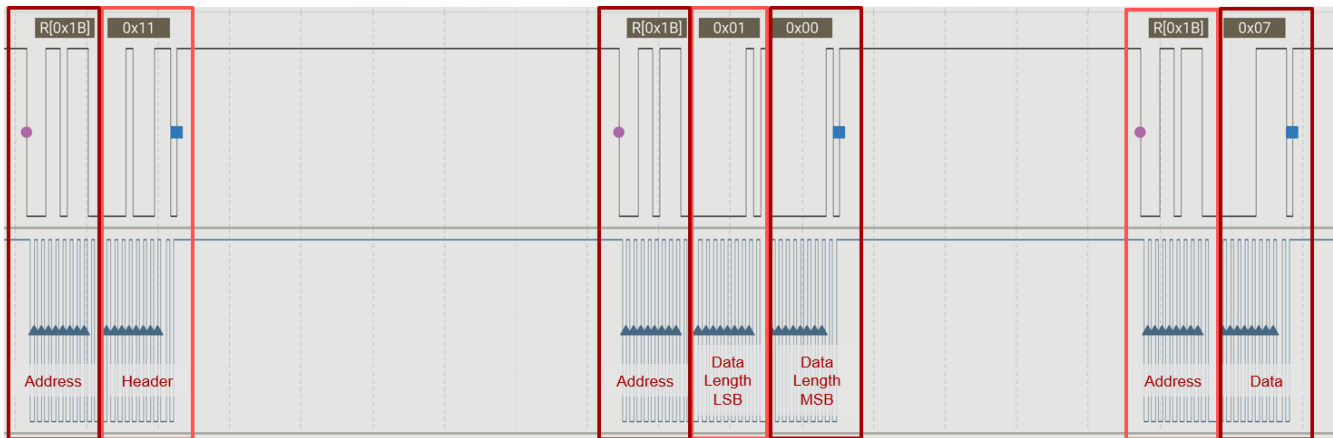
位	字段名称	值
0:2	目标	适用命令的数字目标代码。
3	保留	不适用
4	存在数据长度	1 = 扩展标头中存在长度字段 0 = 无长度字段
5	存在校验和	1 = 数据字节之后存在校验和 0 = 不存在校验和
6	错误	1 = 错误。第一个数据字节将包含错误代码, 此代码可提供有关失败的更多信息 0 = 无错误
7	忙	1 = 系统繁忙/响应未就绪 0 = 响应就绪 仅适用于基于 I <sup>2</sup> C 的通信

**表 5-5. 错误代码定义**

错误代码	含义
1	无效目标
2	无效/未知命令
3	无效长度
4	分配的缓冲区不足以存储命令
5	大小可变的命令缺少长度信息
6	校验和不匹配
7	超时错误
8	不支持读取
9	不支持写入
10	执行失败
11	无效的响应长度
12	缓冲区已满

下面提供了读取 LED 启用 ( 请参阅节 9.6.2 ) 的响应数据包示例：

图 5-2. 响应数据包示例



### 5.3 错误处理和恢复

所有物理接口都支持相同的协议，因此并非所有启动条件都相同。此外，根据有效载荷大小，一个命令数据包可以通过多个数据包发送。对于控制器而言，了解命令从何处开始很重要，这样才能够成功解析和执行命令。这意味着主机和控制器应始终保持同步，如果主机和控制器同时复位并加电，也应保持同步。但是，如果任一侧发生错误，或者主机/控制器之一发生异步复位，则将失去同步。由于未监控物理接口专用的启动条件，因此当发生此类错误时，需要另一种恢复机制。为了支持这种用例，控制器会监控每组字节的到达时间。如果任何一组字节与上一组相比超出了定义的超时时间 (750ms)，则会将其视为新命令的开始。

该超时时间始终从最后接收的字节组开始算起，而不是从遇到错误的字节组开始算起。这意味着，如果主机一个接一个地发送命令而没有发生超时，则所有命令都会被丢弃。

将多个命令包含在单个组中或将命令背靠背发送而不等待定义的超时时间，都是有效的做法。这两种情况都由命令处理程序进行控制，命令处理程序将按照接收到的顺序执行所有此类链接命令。

### 5.4 系统繁忙 - I<sup>2</sup>C 场景

当使用 I<sup>2</sup>C 协议时，目标元件在需要指明自身正在忙于执行处理而无法接收来自主机的更多数据时，将时钟线路拉至低电平。请注意，当同一总线上有多个目标器件时，总线上的整个通信将暂停，直到繁忙的外设元件将总线释放。为了防止发生这种不良影响，控制器支持主机的以下选项：

#### 5.4.1 HOST\_IRQ 实现

单独的控制器的引脚 (HOST\_IRQ) 向主机元件报告控制器是否处于繁忙状态。上电复位后，前端通信器件必须等待，直到信号变为高电平状态。当信号持续保持低电平时，这表示控制器引导序列有问题。再继续操作之前，必须解决问题的根源。

发送命令后，HOST\_IRQ 会拉至低电平，直至命令完成执行。如果用户在执行第一条命令时尝试发送另一条命令，则应用处理器应确认 HOST\_IRQ 是处于高电平还是低电平，然后相应地决定是否发送该命令。此过程不仅确保时钟没有延长，I<sup>2</sup>C 总线上的其他器件不受影响，还保证了命令处理程序被占用，此时不能发送其他命令。

#### 5.4.2 短缺状态响应

当 I<sup>2</sup>C 主机请求读取数据时，Busy 标志 ( 标头字节中的位 7 ) 指示短缺状态。如果设置了该标志，则控制器正忙，还没有发回任何响应。主机可以使用系统繁忙位来检查控制器是否可以接收。当该位被设置，响应标头的其余位将视为无关位，无需读取更多字节。预期主机将继续从控制器读取响应，直到清除该位。发生这种情况时，响应标头是有效的，其余数据根据命令而定。

如果主机在中途放弃读取命令或在发送读取命令后立即发送另一条命令，则控制器缓冲区中的响应字节将被丢弃并会处理新命令。

对于 USB 通信层，控制器通过对读取请求发出 NAK 响应来指示繁忙状态。

## 5.5 支持可变数据大小

对于闪存下载和闪存读取等大型数据处理命令，用户可以允许一些命令来支持可变数量的数据字节。为了支持这种用例，那些需要可变数据大小的命令会被强制要求将长度作为命令数据包标头的一部分。命令处理程序使用给定的长度对接收到的命令数据包进行解码并正确执行。与命令数据包类似，响应数据包中的数据也可以是可变的。命令处理程序在这些命令的响应数据包标头中包含长度。

命令协议旨在支持最长为 65535 字节 ( 2 字节长度的字段 ) 的命令。但是，由于存储器分段，命令处理程序实现方案被限制为一个命令数据包中的最大大小为 512 字节 ( 这包括命令中的所有字节，如标头、校验和等 )。

## 6 命令说明

请注意以下适用于本文档后续所有命令说明的指南。

- 字节顺序：只要参数被指定为长度超过 1 个字节，就必须按照 LSB 在前、MSB 在后的顺序进行发送/读取。
- 读取命令的参数：除非指定，否则并非所有读取命令都需要读取参数。
- 当命令的输入参数为定点格式时，需要将输入参数指定为格式 = s8.2 或格式 = u12.4 等，其中 s 代表有符号，u 代表无符号。

### 定点表示法：

这种表示法对于整数和小数都具有固定的位数。负数以二进制补码格式表示。

定点表示法 - [整数][小数]

**示例：**假设格式为有符号并使用 32 位格式，其中整数部分为 16 位，小数部分为 16 位。这种格式称为 s15.16 格式。

在这种情况下，-43.625 和 43.625 表示如下：

[1111111111010101][1010000000000000] = 0xFFD5A000 = -43.625

[0000000000101011][1010000000000000] = 0x002BA000 = +43.625

## 7 BootROM 命令

可以在处于引导暂停模式时执行以下命令。

### 7.1 BootROM

BootROM 命令表	
命令	部分
读取引导暂停原因	节 7.1.1
读取闪存 ID	节 7.1.2
读取获取闪存扇区信息	节 7.1.3
写入解锁闪存更新	节 7.1.4
读取解锁闪存更新	节 7.1.5
写入擦除扇区	节 7.1.6
写入初始化闪存读写设置	节 7.1.7
写入闪存写入	节 7.1.8
读取闪存写入	节 7.1.9
读取校验和	节 7.1.10
写入完整闪存擦除	节 7.1.11
写入系统类型	节 7.1.12
读取系统类型	节 7.1.13
写入清除错误历史	节 7.1.14
读取错误历史	节 7.1.15

#### 7.1.1 读取引导暂停原因 (12h)

此命令用于返回指明处于引导加载程序模式的原因的代码。

##### 7.1.1.1 返回参数

获取引导暂停原因	
返回参数	
字节	说明
字节 0	引导暂停原因 2 = 需要对主应用程序进行编程 4 = 初始化失败 8 = 一直处于设置的引导引脚 16 = 闪存映像无效 32 = 闪存通信故障

#### 7.1.2 读取闪存 ID (20h)

此命令用于返回闪存器件和制造商 ID。

##### 7.1.2.1 返回参数

获取闪存 ID	
返回参数	
字节	说明
字节 0	制造商 ID
字节 1	器件 ID
字节 2-3	容量 ID

### 7.1.3 读取获取闪存扇区信息 (21h)

此命令用于返回从符合 CFI 标准的闪存器件读取的闪存扇区信息。

#### 7.1.3.1 返回参数

获取获取闪存扇区信息	
返回参数	
字节	说明
字节 0	闪存大小 0 = 4Mb 1 = 8Mb 2 = 16Mb 3 = 32Mb 4 = 64Mb 5 = 128Mb 6 = 256Mb 7 = 512Mb
字节 1-4	扇区大小 (字节)
字节 5-6	扇区数

### 7.1.4 写入解锁闪存更新 (22h)

此命令用于解锁闪存更新操作 ( 下载、擦除 )。默认情况下, 闪存更新操作是锁定的。这是为了防止意外修改闪存内容。如需解锁, 应发送预定义的密钥作为解锁码。使用任何其他参数来调用此命令将锁定闪存更新命令。

#### 7.1.4.1 写入参数

设置解锁闪存更新	
写入参数	
字节	说明
字节 0-3	Unlock 0 = 锁定闪存更新操作 4154802215 = 解锁闪存更新操作

### 7.1.5 读取解锁闪存更新 (22h)

此命令用于返回闪存是否处于未锁定状态。

#### 7.1.5.1 返回参数

获取解锁闪存更新	
返回参数	
字节	说明
字节 0	已解锁 范围 = 0 至 1, 步长为 1

### 7.1.6 写入擦除扇区 (23h)

此命令用于擦除给定地址的闪存扇区。此命令是一种闪存更新命令, 需要使用解锁闪存更新命令来解锁闪存操作。扇区地址应指定为相对于闪存起始地址的偏移量。例如, 在所有扇区大小均为 64KB 的闪存器件中, 扇区地址应指定如下:

扇区 0 = 0

扇区 1 = 0x10000

扇区 2 = 0x20000

...

#### 7.1.6.1 写入参数

设置擦除扇区	
写入参数	
字节	说明
字节 0-3	扇区地址

#### 7.1.7 写入初始化闪存读写设置 (24h)

此命令用于初始化闪存读取/写入操作。应在发送闪存写入或闪存读取命令之前调用此命令。注意：对于闪存写入/读取，设置的起始地址和字节数都应为 4 的倍数。

##### 7.1.7.1 写入参数

设置初始化闪存读写设置	
写入参数	
字节	说明
字节 0-3	用于数据编程的起始地址，其中偏移量 0 表示闪存中的第一个字节，1 表示第二个字节。
字节 4-7	这用于指定闪存写入命令需要的字节数或闪存读取命令应该返回的字节数。该数必须是 4 的倍数。

#### 7.1.8 写入闪存写入 (25h)

此命令用于将数据编程到闪存。只有在使用初始化闪存读写设置命令设置起始地址和大小后，才能调用此命令。此命令是一种闪存更新命令，需要使用解锁闪存更新命令来解锁闪存操作。可以链接闪存写入命令，直到初始化的字节数完成编程。BootROM 会自动递增每条命令的地址和大小。即使提供了更多数据，也只会对初始化的字节数进行编程。为确保写入所有字节，仅为每条闪存写入命令发送 4 的倍数个字节，这些非常重要。这样做是为了根据闪存器件支持的多字写入来优化所有闪存写入。对于 SPI 通信，SSP 缓冲区大小为 64 字节。主机需要发送 65 个字节 (64 字节数据 + 1 个虚拟字节 - 模式 0 操作需要)。此命令支持可变大小的有效载荷。要写入的字节数始终应为 4 字节的倍数。如果请求写入的字节数不是 4 字节的倍数，则此命令会失败。

##### 7.1.8.1 写入参数

设置闪存写入	
写入参数	
字节	说明
字节 0 - *	要写入闪存的数据

#### 7.1.9 读取闪存写入 (25h)

此命令用于从闪存中读取数据。只有在使用初始化闪存读写命令设置起始地址和大小后，才能调用此命令。可以链接闪存读取命令，直到返回初始化的字节数。BootROM 会自动递增每条命令的地址和大小。只会返回初始化的字节数。在返回请求的数据后调用该函数会导致命令失败的。此命令用于支持可变大小的响应。要写入的字节数始终应为 4 字节的倍数。如果该字节数不是 4 的倍数，则命令返回错误。

##### 7.1.9.1 读取参数

获取闪存写入	
读取参数	
字节	说明
字节 0-1	此命令中待读取的字节数

### 7.1.9.2 返回参数

获取闪存写入	
返回参数	
字节	说明
字节 0 - *	从闪存读取的字节数

### 7.1.10 读取校验和 (26h)

此命令用于计算并返回从给定地址开始的指定字节数的校验和。校验和的计算方式如下：-

```

uint32 SimpleChecksum = 0;
uint32 SumofSumChecksum = 0;
uint08 *Addr = (uint08 *) StartAddress;

while (NumBytes--)
{
  SimpleChecksum += *Addr++;
  SumofSumChecksum += SimpleChecksum;
}
  
```

#### 7.1.10.1 读取参数

获取校验和	
读取参数	
字节	说明
字节 0-3	用于校验和计算的起始地址偏移量，其中偏移量 0 表示闪存中的第一个字节，1 表示第二个字节。
字节 4-7	用于计算校验和的字节数。这应为 4 的倍数。

#### 7.1.10.2 返回参数

获取校验和	
返回参数	
字节	说明
字节 0-3	简单加法校验和
字节 4-7	在每个地址计算的简单加法校验和的总和

### 7.1.11 写入完整闪存擦除 (28h)

此命令用于执行完整芯片擦除。此命令是一种闪存更新命令，需要使用解锁闪存更新命令来解锁闪存操作。

#### 7.1.11.1 写入参数

设置完整闪存擦除	
写入参数	
此命令没有写入参数。	

### 7.1.12 写入系统类型 (03h)

此命令可用于输入所需的系统类型。系统类型只能选择一次。对此函数的后续调用将被忽略，并且在不进行系统重启的情况下无法切换。

### 7.1.12.1 写入参数

设置系统类型	
写入参数	
字节	说明
字节 0-3	系统类型 2118808358 = 闪存系统
字节 4	启用调试消息 范围 = 0 至 1，步长为 1

### 7.1.13 读取系统类型 (03h)

此命令用于返回系统类型。

#### 7.1.13.1 返回参数

获取系统类型	
返回参数	
字节	说明
字节 0	系统类型信息 位 0-2：系统类型 0 = 未定义 1 = 闪存系统 bit3：启用调试消息

### 7.1.14 写入清除错误历史 (05h)

此命令用于清除错误历史中的所有条目。32 位参数是用于防止意外调用的签名。

#### 7.1.14.1 写入参数

设置清除错误历史	
写入参数	
字节	说明
字节 0-3	清除错误历史 0xDDCCBBAA = 清除错误历史

### 7.1.15 读取错误历史 (06h)

此命令用于读取错误历史。

#### 7.1.15.1 返回参数

获取错误历史记录	
返回参数	
字节	说明
字节 0	错误数
字节 1-248	数据 位 0-12：错误代码 bit13：命令错误 bit14：运行错误 bit15：初始化错误



## 8 常用命令

可以在引导保持模式或主应用程序模式下执行以下命令。

### 8.1 通用

通用命令表	
命令	部分
读取模式	<a href="#">节 8.1.1</a>
读取版本	<a href="#">节 8.1.2</a>
写入切换应用程序	<a href="#">节 8.1.3</a>
读取扩展软件版本	<a href="#">节 8.1.4</a>

#### 8.1.1 读取模式 (00h)

此命令用于返回控制器软件是处于引导 ROM 模式还是处于主应用程序模式。

##### 8.1.1.1 返回参数

获取模式	
返回参数	
字节	说明
字节 0	模式信息 位 0-2：应用程序模式 0 = BootROM 1 = 主应用程序 2 = 次级引导应用程序 位 3-5：控制器配置 0 = 单个 1 = 保留 2 = 双通道主要 3 = 双通道辅助 4 = 四通道主要 5 = 四通道辅助 1 6 = 四通道辅助 2 7 = 四通道辅助 3

#### 8.1.2 读取版本 (01h)

此命令用于返回当前有效应用程序的版本。可以使用获取模式命令来查询当前的有效应用程序。

##### 8.1.2.1 返回参数

获取版本	
返回参数	
字节	说明
字节 0	主要
字节 1	次要
字节 2	补丁

#### 8.1.3 写入切换应用程序 (02h)

此命令用于在 BootROM 和应用程序之间进行切换。当对引导应用程序发出硬复位并且引脚 TSTPT\_0 保持高电平时，控制器将转换至 BootROM。复位或上电后，仅对 TSTPT\_0 进行 1us 采样。如果在发出该命令时 TSTPT\_0 为低电平，控制器将转换至次级引导。

警告：如果发出用于从主应用程序跳转到引导应用程序的命令，那么如果不对主应用程序重新编程，则无法返回到主应用程序。

#### 8.1.3.1 写入参数

设置切换应用程序	
写入参数	
字节	说明
字节 0	应用程序切换选项 0 = 引导应用程序 (通过复位) 1 = 主应用程序 (通过软复位) 3 = 次级引导 (从 BootROM)

#### 8.1.4 读取扩展软件版本 (04h)

此命令用于返回控制器中驻留的软件版本的预发布信息 and 提交 ID。

##### 8.1.4.1 返回参数

获取扩展软件版本	
返回参数	
字节	说明
字节 0	0 - 量产 ; A - $\alpha$ ; B - $\beta$ 0 = 量产 10 = $\alpha$ 11 = $\beta$
字节 1	0 - 量产 ; 1-255 - $\alpha / \beta$
字节 2	0 - 非测试内部版本 ; 1-255 - 测试内部版本号
字节 3-9	提交 ID 的前 7 个字符

## 9 主应用程序命令

可以在处于主应用程序模式时执行以下命令。

### 9.1 系统

系统命令表	
命令	部分
读取控制器 ID	<a href="#">节 9.1.1</a>
读取 DMD ID	<a href="#">节 9.1.2</a>
读取 PMIC ID	<a href="#">节 9.1.3</a>
读取 DMD 训练结果	<a href="#">节 9.1.4</a>
写入 DMD True Global 复位	<a href="#">节 9.1.5</a>
读取 DMD True Global 复位	<a href="#">节 9.1.6</a>
读取系统错误	<a href="#">节 9.1.7</a>
读取系统状态	<a href="#">节 9.1.8</a>
读取闪存版本	<a href="#">节 9.1.9</a>
读取系统温度	<a href="#">节 9.1.10</a>
读取最后一条命令结果	<a href="#">节 9.1.11</a>
读取 DLPA 主状态	<a href="#">节 9.1.12</a>

#### 9.1.1 读取控制器 ID (40h)

此命令用于返回控制器的器件 ID。

##### 9.1.1.1 返回参数

获取控制器 ID	
返回参数	
字节	说明
字节 0-3	控制器器件 ID
字节 4-7	保留
字节 8-11	保留
字节 12-15	保留

#### 9.1.2 读取 DMD ID (41h)

此命令用于返回 DMD 的器件 ID 和保险丝 ID。

##### 9.1.2.1 返回参数

获取 DMD ID	
返回参数	
字节	说明
字节 0-3	DMD 器件 ID
字节 4-7	DMD 保险丝 ID
字节 8-11	保留 0
字节 12-15	保留 1

### 9.1.3 读取 PMIC ID (42h)

此命令用于返回 PMIC 的器件 ID。

#### 9.1.3.1 返回参数

获取 PMIC ID	
返回参数	
字节	说明
字节 0	PMIC 器件 ID

### 9.1.4 读取 DMD 训练结果 (43h)

此命令用于返回 DMD 训练结果。

#### 9.1.4.1 读取参数

获取 DMD 训练结果	
读取参数	
字节	说明
字节 0	DMD 通道
字节 1	DMD 引脚

#### 9.1.4.2 返回参数

获取 DMD 训练结果	
返回参数	
字节	说明
字节 0	表示通道有效值 bit0 : 表示通道有效
字节 1	表示引脚有效值 bit0 : 表示引脚有效
字节 2	最后一个已知良好的 DII 值 bit0 : 最后一个已知良好的 DII
字节 3-6	位结果 63 32
字节 7-10	位结果 31 00
字节 11	高通
字节 12	低通
字节 13	DII 延迟
字节 14-15	错误 有关错误代码的说明, 请参阅节 11。

### 9.1.5 写入 DMD True Global 复位 (44h)

此命令用于将显示模式设置为 True Global。True Global 模式应仅在工厂/组装操作期间设置为 True，主要用于在进行测试或组装的系统中保护 DMD，但代价是需要提高图像质量。

请注意，在重新引导系统之前，不会出现 True Global 模式。这意味着系统必须包含可存储 True Global 模式设置的 EEPROM。

### 9.1.5.1 写入参数

设置 DMD True Global 复位	
写入参数	
字节	说明
字节 0	True Global 模式 bit0 : 0 = 禁用 True Global 复位模式 ; 1 = 启用 True Global 复位模式。

### 9.1.6 读取 DMD True Global 复位 (44h)

此命令用于返回是否启用了 True Global 模式。

#### 9.1.6.1 返回参数

获取 DMD True Global 复位
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.1.7 读取系统错误 (45h)

此命令用于返回整体系统错误。

#### 9.1.7.1 返回参数

获取系统错误	
返回参数	
字节	说明
字节 0	DMD 错误 bit0 : DMD 器件 ID 与 Composer 工程不匹配 bit1 : DMD 初始化错误 bit2 : DMD 低速接口错误 bit3 : DMD 高速接口错误 bit4 : DMD 训练错误 bit5 : DMD 断电错误
字节 1	控制器错误 bit0 : 产品配置失败 bit1 : DLPC 初始化错误 bit2 : 序列发生器错误 bit3 : 序列选择失败 bit4 : 检测到温度过冲 bit5 : 序列停滞
字节 2	芯片组错误 bit0 : EEPROM 初始化错误 bit1 : DLPA 通信错误 ( 如果 DLPA 存在 ) bit2 : 照明故障错误 bit3 : 占空比更新错误 ( DC 无效 ) bit4 : Reserved1 误差 bit5 : Reserved2 误差 bit6 : Reserved3 误差

获取系统错误	
返回参数	
字节	说明
字节 3	数据端口错误 bit0 : UART 端口 0 通信错误 ( 如果启用端口 ) bit1 : SSP 端口 0 通信错误 ( 如果启用端口 ) bit2 : SSP 端口 1 通信错误 ( 如果启用端口 ) bit3 : I2C 端口 0 通信错误 bit4 : I2C 端口 1 通信错误 bit5 : USB 端口通信错误 ( 如果启用端口 )

### 9.1.8 读取系统状态 (46h)

此命令用于从控制器读取整体系统状态。

#### 9.1.8.1 返回参数

获取系统状态	
返回参数	
字节	说明
字节 0	系统状态 bit0 : 系统初始化完成位, 指示系统启动完成并且 HOST_IRQ 引脚被拉高。 bit1 : 系统错误位, 指示系统错误 ( 控制器芯片组或 LED 等由芯片组控制的外设硬件 )。可以使用获取系统错误命令获取有关系统错误的详细信息。 bit2 : 视频端口错误位, 指示有效视频端口上的输入时序无效。可以使用源时序和错误命令获取有关视频端口错误的详细信息。
字节 1	系统模式 bit0 : 执行器校准模式位, 指示系统当前处于执行器校准模式。在该模式下将绕过多个系统功能。
字节 2	序列发生器和 LED 状态 bit0 : 序列发生器相位锁定位, 指示序列发生器相位已使用传入视频源 Vsync 锁定。对于启动界面输入或异步输入源, 不会发生相位锁定。 bit1 : 序列发生器频率锁定位, 指示序列发生器频率已使用传入视频源 Vsync 锁定。对于启动界面输入或异步输入源, 不会发生频率锁定。 bit2 : 启用红色 bit3 : 启用绿色 bit4 : 启用蓝色

### 9.1.9 读取闪存版本 (48h)

此命令用于读取唯一标识闪存映像的版本号。

#### 9.1.9.1 返回参数

获取闪存版本	
返回参数	
字节	说明
字节 0	闪存版本主要版本
字节 1	闪存版本次要版本
字节 2	闪存版本子次要版本

### 9.1.10 读取系统温度 (4Ah)

此命令用于通过 DLPA 使用外部热敏电阻 ( 如有 ) 读取系统温度。

### 9.1.10.1 返回参数

获取系统温度	
返回参数	
字节	说明
字节 0-1	这是一个 12 位数字，其中 0-10 位提供数值，第 11 位提供数字的符号。1 表示负，0 表示正。其余的位 15 至 12 将为零。值需要除以 10，以获得以摄氏度为单位的温度。

### 9.1.11 读取最后一条命令结果 (4Dh)

此命令用于返回最后一条命令的执行结果。

#### 9.1.11.1 返回参数

获取最后一条命令结果	
返回参数	
字节	说明
字节 0	最新命令目标
字节 1-2	最新命令 ID
字节 3-4	最新命令错误代码 有关错误代码的说明，请参阅节 11。

### 9.1.12 读取 DLPA 主状态 (4Eh)

此命令用于获取 DLPA 的主状态。

#### 9.1.12.1 返回参数

获取 DLPA 主状态	
返回参数	
字节	说明
字节 0	PMIC 主状态 bit0 : 芯片温度超过 123 摄氏度 bit1 : 芯片温度超过 156 摄氏度，或 V5V0 中存在违例 bit2 : VIN 大于 LOWBATT_SEL 4 : 0 bit3 : VIN 大于 UVLO_SEL 4 : 0 bit4 : DMD 故障 bit5 : Proj On 初始化 bit6 : 照明故障 bit7 : LV 电源的 PG 故障

## 9.2 颜色处理

颜色处理命令表	
命令	部分
写入 HDR 源配置	<a href="#">节 9.2.1</a>
读取 HDR 源配置	<a href="#">节 9.2.2</a>
写入系统亮度范围设置	<a href="#">节 9.2.3</a>
读取系统亮度范围设置	<a href="#">节 9.2.4</a>
写入 WPC 启用	<a href="#">节 9.2.5</a>
读取 WPC 启用	<a href="#">节 9.2.6</a>
读取 WPC 占空比	<a href="#">节 9.2.7</a>

颜色处理命令表	
读取 WPC 传感器输出	节 9.2.8
写入图像 CCA 坐标	节 9.2.9
读取图像 CCA 坐标	节 9.2.10
写入图像 HSG	节 9.2.11
读取图像 HSG	节 9.2.12
写入图像 CCA HSG 启用模式	节 9.2.13
读取图像 CCA HSG 启用模式	节 9.2.14
写入 WPC LED 校准矩阵	节 9.2.15
读取 WPC LED 校准矩阵	节 9.2.16
写入 WPC 传感器校准矩阵	节 9.2.17
读取 WPC 传感器校准矩阵	节 9.2.18
写入 WPC 目标手动模式	节 9.2.19
读取 WPC 目标手动模式	节 9.2.20
写入 WPC 目标手动色点	节 9.2.21
读取 WPC 目标手动色点	节 9.2.22
读取 WPC 目标色点	节 9.2.23
读取 WPC 系统色点	节 9.2.24

### 9.2.1 写入 HDR 源配置 (71h)

HDR 将 HDR 源更宽的亮度和颜色范围映射到投影仪亮度和颜色范围。映射需要多个源组和系统组来分别定义 HDR 源和投影设备属性。此命令用于设置源属性，并根据此信息选择最接近的源组进行映射。

#### 9.2.1.1 写入参数

设置 HDR 源配置	
写入参数	
字节	说明
字节 0	HDR 启用 bit0 : 启用 HDR 处理
字节 1	传递函数 0 = PQ 1 = HLG
字节 2-5	主显示黑电平 (尼特) 范围 = 0.0000 至 10000.0 格式 = u16.16
字节 6-9	主显示白电平 (尼特) 范围 = 0.0000 至 10000.0 格式 = u16.16
字节 10-11	主显示色域红色 x 轴 范围 = 0.0000 至 1.0000 格式 = u1.15
字节 12-13	主显示色域红色 y 轴 范围 = 0.0000 至 1.0000 格式 = u1.15



设置 HDR 源配置	
写入参数	
字节	说明
字节 14-15	主显示色域绿色 x 轴 范围 = 0.0000 至 1.0000 格式 = u1.15
字节 16-17	主显示色域绿色 y 轴 范围 = 0.0000 至 1.0000 格式 = u1.15
字节 18-19	主显示色域蓝色 x 轴 范围 = 0.0000 至 1.0000 格式 = u1.15
字节 20-21	主显示色域蓝色 y 轴 范围 = 0.0000 至 1.0000 格式 = u1.15
字节 22-23	主显示色域白色 x 轴 范围 = 0.0000 至 1.0000 格式 = u1.15
字节 24-25	主显示色域白色 y 轴 范围 = 0.0000 至 1.0000 格式 = u1.15

### 9.2.2 读取 HDR 源配置 (71h)

此命令用于返回元数据信息。

#### 9.2.2.1 返回参数

获取 HDR 源配置
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.2.3 写入系统亮度范围设置 (73h)

此命令用于设置系统亮度范围 (以尼特为单位)。这些用于确定要应用于 HDR 源的相应传递函数。只需要为 HDR 功能进行此设置。

#### 9.2.3.1 写入参数

设置系统亮度范围	
写入参数	
字节	说明
字节 0-3	最低亮度 (尼特) 范围 = 0.0000 至 10000.0 格式 = u16.16
字节 4-7	最高亮度 (尼特) 范围 = 0.0000 至 10000.0 格式 = u16.16

### 9.2.4 读取系统亮度范围设置 (73h)

此命令用于返回当前设置的 HDR 系统亮度范围。

#### 9.2.4.1 返回参数

获取系统亮度范围设置

返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.2.5 写入 WPC 启用 (74h)

此命令用于启用 WPC 功能。

白点校正 (WPC) 是一项自动调整红色、绿色和蓝色 LED 的占空比，直到达到目标白点的功能。固件中设置了每个外观的目标白点。使用命令获取外观来读取有效外观的目标白点。

启用后，WPC 会连续运行。控制器定期从光传感器读取测量数据并更新占空比。持续运行可确保消除白点随时间推移而产生的任何漂移（例如由于 LED 发热而导致），从而始终保持目标白点。

为了实现 WPC 算法的正确收敛和运行，必须在启用 WPC 之前通过设置 WPC 校准命令或通过 EEPROM 加载 WPC 传感器校准数据。

请注意，动态纯黑命令优先于其他颜色处理算法。

#### 9.2.5.1 写入参数

设置 WPC 启用

写入参数

字节	说明
字节 0	WPC 设置 bit0 : 0 - 禁用 WPC 1 - 启用 WPC

### 9.2.6 读取 WPC 启用 (74h)

此命令用于返回 WPC 是启用还是禁用。

#### 9.2.6.1 返回参数

获取 WPC 启用

返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.2.7 读取 WPC 占空比 (76h)

此命令用于在使用 WPC 算法进行调整后读取 LED 占空比。

通过设置 WPC 启用命令启用 WPC 后，WPC 会自动调整 LED 占空比，直到达到目标白点。嵌入在系统中的光传感器用于监测施加到 DMD 的照明光。

在使用此命令读取占空比之前，请确保已启用 WPC。

可以通过命令获取外观来读取目标白点和标称实现该白点的目标占空比。为了维持目标白点，WPC 使用的实际 LED 占空比会因需要而与目标值不同，以补偿系统的光学机械容差和随温度和老化而产生的 LED 性能漂移。

### 9.2.7.1 返回参数

获取 WPC 占空比	
返回参数	
字节	说明
字节 0-1	实际红色占空比 格式 = u8.8
字节 2-3	实际绿色占空比 格式 = u8.8
字节 4-5	实际蓝色占空比 格式 = u8.8

### 9.2.8 读取 WPC 传感器输出 (77h)

此命令用于从集成光传感器读取红光、绿光和蓝光的测量输出数据。

返回的值是控制器直接从光传感器器件中的寄存器读取的值。有关字节数据格式，请参阅适用的传感器器件数据表。

#### 9.2.8.1 返回参数

获取 WPC 传感器输出	
返回参数	
字节	说明
字节 0-3	红色
字节 4-7	绿色
字节 8-11	蓝色

### 9.2.9 写入图像 CCA 坐标 (78h)

此命令允许独立调整主坐标、次坐标和白色坐标。此调用将覆盖先前调用所进行的任何 CCA 设置。

注意：由于性能问题，不建议对颜色重叠系统使用 CCA，建议对颜色重叠系统使用 HSG。

#### 9.2.9.1 写入参数

设置图像 CCA 坐标	
写入参数	
字节	说明
字节 0-1	原点坐标红色 x 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 2-3	原点坐标红色 y 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 4-5	原点坐标红色亮度 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 6-7	原点坐标绿色 x 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15

设置图像 CCA 坐标	
写入参数	
字节	说明
字节 8-9	原点坐标绿色 y 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 10-11	原点坐标绿色亮度 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 12-13	原点坐标蓝色 x 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 14-15	原点坐标蓝色 y 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 16-17	原点坐标蓝色亮度 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 18-19	原点坐标白色 x 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 20-21	原点坐标白色 y 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 22-23	原点坐标白色亮度 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 24-25	目标坐标红色 x 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 26-27	目标坐标红色 y 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 28-29	目标坐标红色增益 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 30-31	目标坐标绿色 x 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 32-33	目标坐标绿色 y 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 34-35	目标坐标绿色增益 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 36-37	目标坐标蓝色 x 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15

设置图像 CCA 坐标	
写入参数	
字节	说明
字节 38-39	目标坐标蓝色 y 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 40-41	目标坐标蓝色增益 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 42-43	目标坐标青色 x 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 44-45	目标坐标青色 y 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 46-47	目标坐标青色增益 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 48-49	目标坐标洋红色 x 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 50-51	目标坐标洋红色 y 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 52-53	目标坐标洋红色增益 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 54-55	目标坐标黄色 x 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 56-57	目标坐标黄色 y 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 58-59	目标坐标黄色增益 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 60-61	目标坐标白色 x 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 62-63	目标坐标白色 y 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15
字节 64-65	目标坐标白色增益 范围 = 0.0 至 1.99996948242，步长为 0.00003051757 格式 = u1.15

### 9.2.10 读取图像 CCA 坐标 (78h)

此命令用于返回当前颜色坐标配置。

#### 9.2.10.1 返回参数

获取图像 CCA 坐标

返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.2.11 写入图像 HSG (79h)

此命令用于为所有颜色应用给定的色调、饱和度和增益值。该命令不会影响增益为零的颜色。

注意：此调用将覆盖先前调用所进行的任何 CCA 设置。

#### 9.2.11.1 写入参数

设置图像 HSG	
写入参数	
字节	说明
字节 0-1	HSG 红色增益 范围 = 0.0 至 1.99993896485，步长为 0.00006103515 格式 = s2.14
字节 2-3	HSG 红色饱和度 范围 = 0.0 至 1.99993896485，步长为 0.00006103515 格式 = s2.14
字节 4-5	HSG 红色色调 范围 = -1.0 至 1.0，步长为 0.00006103515 格式 = s2.14
字节 6-7	HSG 绿色增益 范围 = 0.0 至 1.99993896485，步长为 0.00006103515 格式 = s2.14
字节 8-9	HSG 绿色饱和度 范围 = 0.0 至 1.99993896485，步长为 0.00006103515 格式 = s2.14
字节 10-11	HSG 绿色色调 范围 = -1.0 至 1.0，步长为 0.00006103515 格式 = s2.14
字节 12-13	HSG 蓝色增益 范围 = 0.0 至 1.99993896485，步长为 0.00006103515 格式 = s2.14
字节 14-15	HSG 蓝色饱和度 范围 = 0.0 至 1.99993896485，步长为 0.00006103515 格式 = s2.14
字节 16-17	HSG 蓝色色调 范围 = -1.0 至 1.0，步长为 0.00006103515 格式 = s2.14
字节 18-19	HSG 青色增益 范围 = 0.0 至 1.99993896485，步长为 0.00006103515 格式 = s2.14

设置图像 HSG	
写入参数	
字节	说明
字节 20-21	HSG 青色饱和度 范围 = 0.0 至 1.99993896485，步长为 0.00006103515 格式 = s2.14
字节 22-23	HSG 青色色调 范围 = -1.0 至 1.0，步长为 0.00006103515 格式 = s2.14
字节 24-25	HSG 洋红色增益 范围 = 0.0 至 1.99993896485，步长为 0.00006103515 格式 = s2.14
字节 26-27	HSG 洋红色饱和度 范围 = 0.0 至 1.99993896485，步长为 0.00006103515 格式 = s2.14
字节 28-29	HSG 洋红色色调 范围 = -1.0 至 1.0，步长为 0.00006103515 格式 = s2.14
字节 30-31	HSG 黄色增益 范围 = 0.0 至 1.99993896485，步长为 0.00006103515 格式 = s2.14
字节 32-33	HSG 黄色饱和度 范围 = 0.0 至 1.99993896485，步长为 0.00006103515 格式 = s2.14
字节 34-35	HSG 黄色色调 范围 = -1.0 至 1.0，步长为 0.00006103515 格式 = s2.14
字节 36-37	HSG 白色红色增益 范围 = 0.0 至 1.99993896485，步长为 0.00006103515 格式 = s2.14
字节 38-39	HSG 白色绿色增益 范围 = 0.0 至 1.99993896485，步长为 0.00006103515 格式 = s2.14
字节 40-41	HSG 白色蓝色增益 范围 = 0.0 至 1.99993896485，步长为 0.00006103515 格式 = s2.14

### 9.2.12 读取图像 HSG (79h)

此命令用于返回当前为所有颜色应用的色调、饱和度和增益值。如果颜色的增益为零，则 HSG 不会应用于该颜色。

#### 9.2.12.1 返回参数

获取图像 HSG
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.2.13 写入图像 CCA HSG 启用模式 (7Bh)

此命令用于设置 CCA/HSG 所需的 PCC 硬件启用模式。

### 9.2.13.1 写入参数

设置图像 CCA HSG 启用模式	
写入参数	
字节	说明
字节 0	PCC 启用 bit0 : CCA HSG 启用
字节 1	当前 PCC 算法 0 = 无 PCC 1 = CCA 2 = HSG

### 9.2.14 读取图像 CCA HSG 启用模式 (7Bh)

此命令用于设置 CCA/HSG 所需的 PCC 硬件启用模式。

#### 9.2.14.1 返回参数

获取图像 CCA HSG 启用模式
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.2.15 写入 WPC LED 校准矩阵 (7Ch)

此命令用于设置预先计算的 LED 校准矩阵。

#### 9.2.15.1 写入参数

设置 WPC LED 校准矩阵	
写入参数	
字节	说明
字节 0-3	字节 0-3 - 矩阵值为 (0,0) (格式 = s1.30) 格式 = s2.30
字节 4-7	字节 4-7 - 矩阵值为 (0,1) (格式 = s1.30) 格式 = s2.30
字节 8-11	字节 8-11 - 矩阵值为 (0,2) (格式 = s1.30) 格式 = s2.30
字节 12-15	字节 12-15 - 矩阵值为 (1,0) (格式 = s1.30) 格式 = s2.30
字节 16-19	字节 16-19 - 矩阵值为 (1,1) (格式 = s1.30) 格式 = s2.30
字节 20-23	字节 20-33 - 矩阵值为 (1,2) (格式 = s1.30) 格式 = s2.30
字节 24-27	字节 24-27 - 矩阵值为 (2,0) (格式 = s1.30) 格式 = s2.30
字节 28-31	字节 28-31 - 矩阵值为 (2,1) (格式 = s1.30) 格式 = s2.30
字节 32-35	字节 32-35 - 矩阵值为 (2,2) (格式 = s1.30) 格式 = s2.30



### 9.2.16 读取 WPC LED 校准矩阵 (7Ch)

此命令用于返回预先计算的 LED 校准矩阵。

#### 9.2.16.1 返回参数

获取 WPC LED 校准矩阵
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.2.17 写入 WPC 传感器校准矩阵 (7Dh)

此命令用于设置预先计算的传感器校准矩阵。

#### 9.2.17.1 写入参数

设置 WPC 传感器校准矩阵	
写入参数	
字节	说明
字节 0-3	字节 0-3 - 矩阵值为 (0,0) (格式 = s8.23 ) 格式 = s9.23
字节 4-7	字节 4-7 - 矩阵值为 (0,1) (格式 = s8.23 ) 格式 = s9.23
字节 8-11	字节 8-11 - 矩阵值为 (0,2) (格式 = s8.23 ) 格式 = s9.23
字节 12-15	字节 12-15 - 矩阵值为 (1,0) (格式 = s8.23 ) 格式 = s9.23
字节 16-19	字节 16-19 - 矩阵值为 (1,1) (格式 = s8.23 ) 格式 = s9.23
字节 20-23	字节 20-33 - 矩阵值为 (1,2) (格式 = s8.23 ) 格式 = s9.23
字节 24-27	字节 24-27 - 矩阵值为 (2,0) (格式 = s8.23 ) 格式 = s9.23
字节 28-31	字节 28-31 - 矩阵值为 (2,1) (格式 = s8.23 ) 格式 = s9.23
字节 32-35	字节 32-35 - 矩阵值为 (2,2) (格式 = s8.23 ) 格式 = s9.23

### 9.2.18 读取 WPC 传感器校准矩阵 (7Dh)

此命令用于获取传感器校准矩阵。

#### 9.2.18.1 返回参数

获取 WPC 传感器校准矩阵
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.2.19 写入 WPC 目标手动模式 (87h)

此命令用于启用 WPC 目标手动模式，以在运行时使用 WPC 目标手动色点。

启用该模式时，工程中指定的所有目标色点都会被忽略。软件将只设置用户指定的目标手动色点，直到使用这一相同命令复位手动模式为止。

### 9.2.19.1 写入参数

设置 WPC 目标手动模式	
写入参数	
字节	说明
字节 0	WPC 手动模式启用 bit0 : 0 - 已禁用 1 - 已启用

### 9.2.20 读取 WPC 目标手动模式 (87h)

此命令用于返回是否启用了 WPC 目标手动模式。

#### 9.2.20.1 返回参数

获取 WPC 目标手动模式
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.2.21 写入 WPC 目标手动色点 (88h)

此命令用于设置将在 WPC 目标手动模式下使用的目标色点。

#### 9.2.21.1 写入参数

设置 WPC 目标手动色点	
写入参数	
字节	说明
字节 0-1	色度 x 范围 = 0.0000 至 1.0000 格式 = u1.15
字节 2-3	色度 y 范围 = 0.0000 至 1.0000 格式 = u1.15

### 9.2.22 读取 WPC 目标手动色点 (88h)

此命令用于获取将在 WPC 目标手动模式下使用的目标色点。

#### 9.2.22.1 返回参数

获取 WPC 目标手动色点
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.2.23 读取 WPC 目标色点 (89h)

此命令用于读取目标白点颜色坐标。

返回的值将通过算法提供当前目标白点。固件中设置了每个外观的目标白点。使用命令获取外观来读取有效外观的目标白点。

### 9.2.23.1 返回参数

获取 WPC 目标色点	
返回参数	
字节	说明
字节 0-1	实际色度 x 坐标 范围 = 0.0000 至 1.0000 格式 = u1.15
字节 2-3	实际色度 y 坐标 范围 = 0.0000 至 1.0000 格式 = u1.15

### 9.2.24 读取 WPC 系统色点 (8Ah)

此命令用于读取根据嵌入式光传感器数据得出的白点颜色坐标。

在使用此命令读取白点之前，WPC 传感器校准数据必须可用。

固件中设置了每个外观的目标白点。使用命令获取 WPC 目标色点或获取外观来读取有效外观的目标白点。

#### 9.2.24.1 返回参数

获取 WPC 系统色点	
返回参数	
字节	说明
字节 0-1	实际色度 x 坐标 范围 = 0.0000 至 1.0000 格式 = u1.15
字节 2-3	实际色度 y 坐标 范围 = 0.0000 至 1.0000 格式 = u1.15
字节 4-5	实际亮度 Y 坐标

## 9.3 TPG

TPG 命令表	
命令	部分
写入 TPG 预定义时序 (已排队)	<a href="#">节 9.3.1</a>
读取 TPG 预定义时序 (已排队)	<a href="#">节 9.3.2</a>
写入 TPG 帧速率	<a href="#">节 9.3.3</a>
读取 TPG 帧速率	<a href="#">节 9.3.4</a>
写入 TPG 预定义图形	<a href="#">节 9.3.5</a>
读取 TPG 预定义图形	<a href="#">节 9.3.6</a>
写入 TPG 边框	<a href="#">节 9.3.7</a>
读取 TPG 边框	<a href="#">节 9.3.8</a>
写入 TPG 纯色域	<a href="#">节 9.3.9</a>
读取 TPG 纯色域	<a href="#">节 9.3.10</a>
写入 TPG 水平斜坡	<a href="#">节 9.3.11</a>
读取 TPG 水平斜坡	<a href="#">节 9.3.12</a>
写入 TPG 垂直斜坡	<a href="#">节 9.3.13</a>

TPG 命令表	
读取 TPG 垂直斜坡	节 9.3.14
写入 TPG 水平线	节 9.3.15
读取 TPG 水平线	节 9.3.16
写入 TPG 对角线	节 9.3.17
读取 TPG 对角线	节 9.3.18
写入 TPG 垂直线	节 9.3.19
读取 TPG 垂直线	节 9.3.20
写入 TPG 网格	节 9.3.21
读取 TPG 网格	节 9.3.22
写入 TPG 棋盘	节 9.3.23
读取 TPG 棋盘	节 9.3.24
写入 TPG 色条	节 9.3.25
写入 TPG 多色水平斜坡	节 9.3.26
读取 TPG 多色水平斜坡	节 9.3.27
写入 TPG 固定阶跃水平斜坡	节 9.3.28
读取 TPG 固定阶跃水平斜坡	节 9.3.29
写入 TPG 菱形对角线	节 9.3.30
阅读 TPG 菱形对角线	节 9.3.31

### 9.3.1 写入 TPG 预定义时序 (已排队) (A0h)

此命令用于选择存储在闪存中的预定义 TPG 时序。此命令将验证和设置帧速率、活动分辨率和消隐。

要应用此命令，此命令必须后跟一条写入执行显示命令。

#### 9.3.1.1 写入参数

设置 TPG 预定义时序 (已排队)	
写入参数	
字节	说明
字节 0	闪存映像中存储的预定义 TPG 时序的索引。

### 9.3.2 读取 TPG 预定义时序 (已排队) (A0h)

此命令用于选择存储在闪存中的预定义 TPG 时序。此命令将验证和设置帧速率、活动分辨率和消隐。

#### 9.3.2.1 返回参数

获取 TPG 预定义时序 (已排队)
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.3.3 写入 TPG 帧速率 (A1h)

此命令用于指定显示测试图形发生器 (TPG) 图像时要使用的帧速率。

### 9.3.3.1 写入参数

设置 TPG 帧速率	
写入参数	
字节	说明
字节 0-1	测试图形的帧速率 (Hz) 范围 = 9 至 240，步长为 1

### 9.3.4 读取 TPG 帧速率 (A1h)

此命令用于返回当前测试图形的帧速率 (以 Hz 为单位)。

#### 9.3.4.1 返回参数

获取 TPG 帧速率
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.3.5 写入 TPG 预定义图形 (A2h)

此命令将用于设置存储在闪存中的其中一种预定义测试图形。该函数用于选择要从闪存加载到测试图形发生器硬件中的图形。从闪存中检索到的信息包括图形定义、颜色定义和分辨率。在使用此命令之前或之后，必须调用设置执行显示命令以将显示模式从其他模式切换到 TPG。

#### 9.3.5.1 写入参数

设置 TPG 预定义图形	
写入参数	
字节	说明
字节 0-1	要显示的预定义测试图形编号

### 9.3.6 读取 TPG 预定义图形 (A2h)

此命令用于返回预定义测试图形的当前选择。

#### 9.3.6.1 返回参数

获取 TPG 预定义图形
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.3.7 写入 TPG 边框 (A3h)

此命令用于在给定宽度的测试图形周围启用白色边框。这仅适用于选择 TPG 作为显示源的情况。

#### 9.3.7.1 写入参数

设置 TPG 边框	
写入参数	
字节	说明
字节 0	边框宽度 (以像素数为单位) 范围 = 0 至 63，步长为 1

### 9.3.8 读取 TPG 边框 (A3h)

命令以像素数数为单位返回 TPG 边框宽度。

### 9.3.8.1 返回参数

<b>获取 TPG 边框</b>
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.3.9 写入 TPG 纯色域 (A4h)

此命令用于通过选择每种原色的强度来设置纯色域测试图形的颜色。

#### 9.3.9.1 写入参数

<b>设置 TPG 纯色域</b>	
<b>写入参数</b>	
字节	说明
字节 0-1	纯色红色值 范围 = 0 至 1023，步长为 1
字节 2-3	纯色绿色值 范围 = 0 至 1023，步长为 1
字节 4-5	纯色蓝色值 范围 = 0 至 1023，步长为 1

### 9.3.10 读取 TPG 纯色域 (A4h)

此命令用于返回由测试图形发生器设置的当前纯色域的颜色。如果未通过 TPG 启用纯色域，将返回错误。

#### 9.3.10.1 返回参数

<b>获取 TPG 纯色域</b>
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.3.11 写入 TPG 水平斜坡 (A5h)

此命令用于设置水平斜坡测试图形及其相关参数。

#### 9.3.11.1 写入参数

<b>设置 TPG 水平斜坡</b>	
<b>写入参数</b>	
字节	说明
字节 0	1 = TPG 水平斜坡
字节 1	测试图形的颜色 0 = 黑色 1 = 红色 2 = 绿色 3 = 黄色 4 = 蓝色 5 = 洋红色 6 = 青色 7 = 白色
字节 2	不适用。第 0 组

设置 TPG 水平斜坡	
写入参数	
字节	说明
字节 3-4	斜坡阶跃 1 = 每 2 个像素递增 1 2 = 每个像素递增 1 3 = 每个像素递增 2 5 = 每 4 个像素递增 1
字节 5-6	不适用。第 0 组
字节 7-8	不适用。第 0 组
字节 9-10	不适用。第 0 组

### 9.3.12 读取 TPG 水平斜坡 (A5h)

此命令用于获取水平斜坡测试图形及其相关参数。

#### 9.3.12.1 返回参数

获取 TPG 水平斜坡
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.3.13 写入 TPG 垂直斜坡 (A5h)

此命令用于设置垂直斜坡测试图形及其相关参数。

#### 9.3.13.1 写入参数

设置 TPG 垂直斜坡	
写入参数	
字节	说明
字节 0	2 = TPG 垂直斜坡
字节 1	测试图形的颜色 0 = 黑色 1 = 红色 2 = 绿色 3 = 黄色 4 = 蓝色 5 = 洋红色 6 = 青色 7 = 白色
字节 2	不适用。第 0 组
字节 3-4	斜坡阶跃 1 = 每行递增 1 2 = 每行递增 2 3 = 每行递增 4
字节 5-6	不适用。第 0 组
字节 7-8	不适用。第 0 组
字节 9-10	不适用。第 0 组

### 9.3.14 读取 TPG 垂直斜坡 (A5h)

此命令用于获取垂直斜坡测试图形及其相关参数。

### 9.3.14.1 返回参数

#### 获取 TPG 垂直斜坡

返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.3.15 写入 TPG 水平线 (A5h)

此命令用于设置水平线测试图形及其相关参数。

#### 9.3.15.1 写入参数

设置 TPG 水平线	
写入参数	
字节	说明
字节 0	3 = TPG 水平线
字节 1	测试图形的前景颜色 0 = 黑色 1 = 红色 2 = 绿色 3 = 黄色 4 = 蓝色 5 = 洋红色 6 = 青色 7 = 白色
字节 2	测试图形的背景颜色 0 = 黑色 1 = 红色 2 = 绿色 3 = 黄色 4 = 蓝色 5 = 洋红色 6 = 青色 7 = 白色
字节 3-4	线宽
字节 5-6	线之间的距离
字节 7-8	不适用。第 0 组
字节 9-10	不适用。第 0 组

### 9.3.16 读取 TPG 水平线 (A5h)

此命令用于获取水平线测试图形及其相关参数。

#### 9.3.16.1 返回参数

#### 获取 TPG 水平线

返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.3.17 写入 TPG 对角线 (A5h)

此命令用于设置对角线测试图形及其相关参数。



### 9.3.17.1 写入参数

设置 TPG 对角线	
写入参数	
字节	说明
字节 0	4 = TPG 对角线
字节 1	测试图形的前景颜色 0 = 黑色 1 = 红色 2 = 绿色 3 = 黄色 4 = 蓝色 5 = 洋红色 6 = 青色 7 = 白色
字节 2	测试图形的背景颜色 0 = 黑色 1 = 红色 2 = 绿色 3 = 黄色 4 = 蓝色 5 = 洋红色 6 = 青色 7 = 白色
字节 3-4	线之间的距离 - ( 应比 2 的幂小 1 )
字节 5-6	不适用。第 0 组
字节 7-8	不适用。第 0 组
字节 9-10	不适用。第 0 组

### 9.3.18 读取 TPG 对角线 (A5h)

此命令用于获取对角线测试图形及其相关参数。

#### 9.3.18.1 返回参数

获取 TPG 对角线
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.3.19 写入 TPG 垂直线 (A5h)

此命令用于设置垂直线测试图形及其相关参数。

#### 9.3.19.1 写入参数

设置 TPG 垂直线	
写入参数	
字节	说明
字节 0	5 = TPG 垂直线

设置 TPG 垂直线	
写入参数	
字节	说明
字节 1	测试图形的前景颜色 0 = 黑色 1 = 红色 2 = 绿色 3 = 黄色 4 = 蓝色 5 = 洋红色 6 = 青色 7 = 白色
字节 2	测试图形的背景颜色 0 = 黑色 1 = 红色 2 = 绿色 3 = 黄色 4 = 蓝色 5 = 洋红色 6 = 青色 7 = 白色
字节 3-4	线之间的距离
字节 5-6	不适用。第 0 组
字节 7-8	不适用。第 0 组
字节 9-10	不适用。第 0 组

### 9.3.20 读取 TPG 垂直线 (A5h)

此命令用于获取垂直线测试图形及其相关参数。

#### 9.3.20.1 返回参数

获取 TPG 垂直线
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.3.21 写入 TPG 网格 (A5h)

此命令用于设置网格线测试图形及其相关参数。

#### 9.3.21.1 写入参数

设置 TPG 网格	
写入参数	
字节	说明
字节 0	6 = TPG 网格

设置 TPG 网格	
写入参数	
字节	说明
字节 1	测试图形的前景颜色 0 = 黑色 1 = 红色 2 = 绿色 3 = 黄色 4 = 蓝色 5 = 洋红色 6 = 青色 7 = 白色
字节 2	测试图形的背景颜色 0 = 黑色 1 = 红色 2 = 绿色 3 = 黄色 4 = 蓝色 5 = 洋红色 6 = 青色 7 = 白色
字节 3-4	线的水平宽度
字节 5-6	线的垂直宽度
字节 7-8	线之间的水平距离
字节 9-10	线之间的垂直距离

### 9.3.22 读取 TPG 网格 (A5h)

此命令用于获取网格线测试图形及其相关参数。

#### 9.3.22.1 返回参数

获取 TPG 网格
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.3.23 写入 TPG 棋盘 (A5h)

此命令用于设置棋盘测试图形及其相关参数。如果所需图形未在 DMD 上均匀划分，则边框处可能会出现明显的错位。

#### 9.3.23.1 写入参数

设置 TPG 棋盘	
写入参数	
字节	说明
字节 0	7 = TPG 棋盘

设置 TPG 棋盘	
写入参数	
字节	说明
字节 1	左上方棋盘格的颜色 0 = 黑色 1 = 红色 2 = 绿色 3 = 黄色 4 = 蓝色 5 = 洋红色 6 = 青色 7 = 白色
字节 2	下一个棋盘格的颜色 0 = 黑色 1 = 红色 2 = 绿色 3 = 黄色 4 = 蓝色 5 = 洋红色 6 = 青色 7 = 白色
字节 3-4	水平棋盘格数量
字节 5-6	垂直棋盘格数量
字节 7-8	不适用。第 0 组
字节 9-10	不适用。第 0 组

### 9.3.24 读取 TPG 棋盘 (A5h)

此命令用于获取棋盘测试图形及其相关参数。

#### 9.3.24.1 返回参数

获取 TPG 棋盘
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.3.25 写入 TPG 色条 (A5h)

此命令用于设置色条测试图形及其相关参数。

#### 9.3.25.1 写入参数

设置 TPG 色条	
写入参数	
字节	说明
字节 0	8 = TPG 色条
字节 1	不适用。第 0 组
字节 2	不适用。第 0 组
字节 3-4	不适用。第 0 组
字节 5-6	不适用。第 0 组
字节 7-8	不适用。第 0 组
字节 9-10	不适用。第 0 组

### 9.3.26 写入 TPG 多色水平斜坡 (A5h)

此命令用于设置多色水平斜坡测试图形及其相关参数。

#### 9.3.26.1 写入参数

设置 TPG 多色水平斜坡	
写入参数	
字节	说明
字节 0	9 = TPG 多色水平斜坡
字节 1	不适用。第 0 组
字节 2	不适用。第 0 组
字节 3-4	斜坡阶跃 1 = 每 2 个像素递增 1 2 = 每个像素递增 1 3 = 每个像素递增 2 5 = 每 4 个像素递增 1
字节 5-6	不适用。第 0 组
字节 7-8	不适用。第 0 组
字节 9-10	不适用。第 0 组

### 9.3.27 读取 TPG 多色水平斜坡 (A5h)

此命令用于获取多色水平斜坡测试图形及其相关参数。

#### 9.3.27.1 返回参数

获取 TPG 多色水平斜坡
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.3.28 写入 TPG 固定阶跃水平斜坡 (A5h)

此命令用于设置固定阶跃水平斜坡测试图形及其相关参数。

#### 9.3.28.1 写入参数

设置 TPG 固定阶跃水平斜坡	
写入参数	
字节	说明
字节 0	10 = TPG 固定阶跃水平斜坡
字节 1	测试图形的颜色 0 = 黑色 1 = 红色 2 = 绿色 3 = 黄色 4 = 蓝色 5 = 洋红色 6 = 青色 7 = 白色
字节 2	不适用。第 0 组
字节 3-4	初始强度值 范围 = 0 至 1023，步长为 1
字节 5-6	水平阶跃数

设置 TPG 固定阶跃水平斜坡	
写入参数	
字节	说明
字节 7-8	不适用。第 0 组
字节 9-10	不适用。第 0 组

### 9.3.29 读取 TPG 固定阶跃水平斜坡 (A5h)

此命令用于获取固定阶跃水平斜坡测试图形及其相关参数。

#### 9.3.29.1 返回参数

获取 TPG 固定阶跃水平斜坡
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.3.30 写入 TPG 菱形对角线 (A5h)

此命令用于设置菱形对角线测试图形及其相关参数。

#### 9.3.30.1 写入参数

设置 TPG 菱形对角线	
写入参数	
字节	说明
字节 0	11 = TPG 菱形对角线
字节 1	测试图形的正向对角线起始颜色 1 = 起始为红色，然后是蓝色，接着是绿色 2 = 起始为绿色，然后是红色，接着是蓝色 4 = 起始为蓝色，然后是绿色，接着是红色
字节 2	测试图形的背景对角线固定颜色 1 = 红色 2 = 绿色 4 = 蓝色
字节 3-4	双线模式启用： 0 = 正常线模式 1 = 双线模式
字节 5-6	线之间的距离 - ( 应比 2 的幂小 1 )
字节 7-8	不适用。第 0 组
字节 9-10	不适用。第 0 组

### 9.3.31 读取 TPG 菱形对角线 (A5h)

此命令用于获取菱形对角线测试图形及其相关参数。

#### 9.3.31.1 返回参数

获取 TPG 菱形对角线	
返回参数	
字节	说明
字节 0	11 = TPG 菱形对角线

获取 TPG 菱形对角线	
返回参数	
字节	说明
字节 1	测试图形的正向对角线起始颜色 1 = 起始为红色，然后是蓝色，接着是绿色 2 = 起始为绿色，然后是红色，接着是蓝色 4 = 起始为蓝色，然后是绿色，接着是红色
字节 2	测试图形的背景对角线固定颜色 1 = 红色 2 = 绿色 4 = 蓝色
字节 3-4	双线模式启用： 0 = 正常线模式 1 = 双线模式
字节 5-6	线之间的距离 - ( 应比 2 的幂小 1 )
字节 7-8	不适用。第 0 组
字节 9-10	不适用。第 0 组

## 9.4 源

源命令表	
命令	部分
读取输入源状态	<a href="#">节 9.4.1</a>
读取源时序和错误	<a href="#">节 9.4.2</a>
写入启用 3D	<a href="#">节 9.4.3</a>
读取启用 3D	<a href="#">节 9.4.4</a>
写入外部源同步极性	<a href="#">节 9.4.5</a>
读取外部源同步极性	<a href="#">节 9.4.6</a>
写入 VBO 通道配置	<a href="#">节 9.4.7</a>
读取 VBO 通道配置	<a href="#">节 9.4.8</a>
写入 VBO 配置	<a href="#">节 9.4.9</a>
读取 VBO 配置	<a href="#">节 9.4.10</a>
读取 VBO 状态	<a href="#">节 9.4.11</a>
读取帧 CRC	<a href="#">节 9.4.12</a>
写入 VRR 启用 ( 已排队 )	<a href="#">节 9.4.13</a>
读取 VRR 启用 ( 已排队 )	<a href="#">节 9.4.14</a>

### 9.4.1 读取输入源状态 (B1h)

此命令用于返回当前视频源和所显示源的状态。

此命令指示系统是否显示内部源、是否正在尝试检测外部源、是否检测到外部源或者是否处于待机模式。主机处理器可以使用此命令随时查询状态并执行必要的操作。预计主机将在设置所需的源后使用此命令，确保在设置源以显示或读取检测到的时序之前建立源有效性。

### 9.4.1.1 返回参数

获取输入源状态	
返回参数	
字节	说明
字节 0	当前正在显示的源。 0 = 外部源 1 = TPG 2 = 启动界面
字节 1	源的状态。 0 = 源配置错误 1 = 正在检测源 2 = 源已锁定

### 9.4.2 读取源时序和错误 (B2h)

此命令用于读取硬件检测到的当前选定源的源时序和错误。对于内部源 ( TPG、启动界面 )，此命令会报告硬件生成的时序。对于这些源，时序选择命令会在允许用户选择时序之前验证时序，因此不会出现时序错误。对于外部源，此命令将返回检测到的参数。其中一些参数直接由硬件获取，而其中的一些参数则是在软件中根据硬件检测到的参数计算得出的。这些是连接源时系统看到的时序。如果系统检测到任何无效参数或遇到任何测量错误，它将报告检测到的值并标记错误。此命令从不返回失败，以便我们可以在任何时间点获取系统检测到的参数。如果系统处于待机模式或正在进行源检测，则获取源状态命令将报告该状态。在正常情况下，仅当获取源状态命令显示有效的源状态时才应使用此命令。不过，如果获取源状态命令一直处于外部源检测状态，则此命令可用于检查是否存在任何异常或错误。

水平和垂直后沿可能比前端配置小 1。这是由于从这些消息推断了 Vsync 宽度和 Hsync 宽度。

#### 9.4.2.1 返回参数

获取源时序和误差	
返回参数	
字节	说明
字节 0-3	像素时钟速率 (Hz)
字节 4-5	每行有效像素数 (像素)
字节 6-7	每帧有效扫描行数 (行)
字节 8-9	帧速率 (Hz)
字节 10-13	水平同步速率 (Hz)
字节 14-15	垂直前沿 (行)
字节 16-17	垂直后沿 (行)
字节 18-19	垂直同步宽度 (行)
字节 20-21	水平前沿 (像素)



获取源时序和误差	
返回参数	
字节	说明
字节 22-23	水平后沿 ( 像素 )
字节 24-25	水平同步宽度 ( 像素 )
字节 26-27	每行总像素数 ( 像素 )
字节 28-29	每帧总行数 ( 行 )
字节 30-31	时序错误 bit0 : APPL 无效 bit1 : ALPF 无效 bit2 : 水平消隐无效 bit3 : 垂直消隐无效 bit4 : Hsync 宽度无效 bit5 : Vsync 宽度无效 bit6 : 无效时钟 bit7 : TPPL 不稳定 bit8 : 有效区域不稳定活 bit9 : 系统测量错误

### 9.4.3 写入启用 3D (B3h)

此命令用于在控制器中启用 3D 图像处理和同步功能。

对于有效视频端口的 3D 输入，左 (L) 和右 (R) 眼图帧在备用控制器输入帧上输入。可以在 V-by-One 上接收 3D 帧输入。控制器接收一个 L/R 输入同步信号 ( 在 GPIO 上 ) 来识别 L 与 R 输入帧。对于 3D 同步，没有要从通过 V-by-One 或 FPD-Link 接收的数据中解码的字。

控制器根据 3D 立体眼镜的需要存储左右图像。在这些眼镜中，一只眼睛看到黑暗的快门，而另一只眼睛看到 DMD 的投射图像。当图像加载到 DMD 中时，来自左右帧的光按顺序发送到屏幕。控制器输出同步信息以告诉眼镜哪个图像是左图像，哪个图像是右图像。

使用 DLP Link 时，控制器接受的帧速率为 100+/-2Hz 和 120+/-2Hz。

不使用 DLP Link 时，3D L/R 帧序列输入支持非 3D 应用支持的完整控制器输入帧速率范围。例如，在使用单控制器时，1080p DMD 的 L/R 帧序列输入可以是 240Hz。

### 9.4.3.1 写入参数

设置启用 3D	
写入参数	
字节	说明
字节 0	启用 3D 配置 bit0 : TRUE = 启用 3D 处理 FALSE = 禁用 3D 处理 位 1-2 : 优先帧 0 = 左帧优先 1 = 右帧优先 2 = 未定义优先帧

### 9.4.4 读取启用 3D (B3h)

此命令用于返回控制器中 3D 图像处理的当前状态。

#### 9.4.4.1 返回参数

获取启用 3D
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.4.5 写入外部源同步极性 (B4h)

此命令用于为所有外部源的 VSync 和 HSync 信号设置输入极性检测模式。控制器要求同步信号具有高电平有效极性。软件可以自动检测并校正极性。用户应选择自动模式才能使用此功能。默认模式为自动模式。否则，用户可以选择手动模式并提供输入极性。提供的输入极性仅在手动模式下生效。硬件将使用它来校正极性。

#### 9.4.5.1 写入参数

设置外部源同步极性	
写入参数	
字节	说明
字节 0	源同步极性参数 bit0 : 如果手动提供极性，则设置为 True。如果为 False，则自动检测极性 bit1 : 当前 VSync 极性 bit2 : 当前 HSync 极性

### 9.4.6 读取外部源同步极性 (B4h)

此命令用于为所有外部源的 VSync 和 HSync 信号返回输入极性检测模式。对于自动模式，它会将硬件检测到的极性返回为当前 VSync 和 HSync 极性。对于手动模式，它将返回用户提供的极性。

#### 9.4.6.1 返回参数

获取外部源同步极性	
返回参数	
字节	说明
字节 0	源同步极性 bit0 : 如果手动提供极性，则设置为 True。如果为 False，则自动检测极性 bit1 : 当前 VSync 极性 bit2 : 当前 HSync 极性

### 9.4.7 写入 VBO 通道配置 (BAh)

此命令用于根据通道配置设置单独的 V-by-One 混合设置。

必须在此命令之后执行设置 VBO 配置命令才能进行通道混合。必须在 VBO 命令之后执行设置执行显示命令才能更新这些设置。

#### 9.4.7.1 写入参数

设置 VBO 通道配置	
写入参数	
字节	说明
字节 0	通道数 1 = 一通道 2 = 双通道 4 = 四通道 8 = 八通道
字节 1	TX 通道 0 0 = VBO 通道 0 1 = VBO 通道 1 2 = VBO 通道 2 3 = VBO 通道 3 4 = VBO 通道 4 5 = VBO 通道 5 6 = VBO 通道 6 7 = VBO 通道 7
字节 2	Tx 通道 1 0 = VBO 通道 0 1 = VBO 通道 1 2 = VBO 通道 2 3 = VBO 通道 3 4 = VBO 通道 4 5 = VBO 通道 5 6 = VBO 通道 6 7 = VBO 通道 7
字节 3	Tx 通道 2 0 = VBO 通道 0 1 = VBO 通道 1 2 = VBO 通道 2 3 = VBO 通道 3 4 = VBO 通道 4 5 = VBO 通道 5 6 = VBO 通道 6 7 = VBO 通道 7

设置 VBO 通道配置	
写入参数	
字节	说明
字节 4	Tx 通道 3 0 = VBO 通道 0 1 = VBO 通道 1 2 = VBO 通道 2 3 = VBO 通道 3 4 = VBO 通道 4 5 = VBO 通道 5 6 = VBO 通道 6 7 = VBO 通道 7
字节 5	Tx 通道 4 0 = VBO 通道 0 1 = VBO 通道 1 2 = VBO 通道 2 3 = VBO 通道 3 4 = VBO 通道 4 5 = VBO 通道 5 6 = VBO 通道 6 7 = VBO 通道 7
字节 6	Tx 通道 5 0 = VBO 通道 0 1 = VBO 通道 1 2 = VBO 通道 2 3 = VBO 通道 3 4 = VBO 通道 4 5 = VBO 通道 5 6 = VBO 通道 6 7 = VBO 通道 7
字节 7	Tx 通道 6 0 = VBO 通道 0 1 = VBO 通道 1 2 = VBO 通道 2 3 = VBO 通道 3 4 = VBO 通道 4 5 = VBO 通道 5 6 = VBO 通道 6 7 = VBO 通道 7
字节 8	Tx 通道 7 0 = VBO 通道 0 1 = VBO 通道 1 2 = VBO 通道 2 3 = VBO 通道 3 4 = VBO 通道 4 5 = VBO 通道 5 6 = VBO 通道 6 7 = VBO 通道 7

### 9.4.8 读取 VBO 通道配置 (BAh)

此命令用于根据通道配置获取单独的 V-by-One 混合设置。

#### 9.4.8.1 读取参数

获取 VBO 通道配置	
读取参数	
字节	说明
字节 0	通道数 1 = 一通道 2 = 双通道 4 = 四通道 8 = 八通道

#### 9.4.8.2 返回参数

获取 VBO 通道配置	
返回参数	
字节	说明
字节 0	Tx 通道 0 0 = VBO 通道 0 1 = VBO 通道 1 2 = VBO 通道 2 3 = VBO 通道 3 4 = VBO 通道 4 5 = VBO 通道 5 6 = VBO 通道 6 7 = VBO 通道 7
字节 1	Tx 通道 1 0 = VBO 通道 0 1 = VBO 通道 1 2 = VBO 通道 2 3 = VBO 通道 3 4 = VBO 通道 4 5 = VBO 通道 5 6 = VBO 通道 6 7 = VBO 通道 7
字节 2	Tx 通道 2 0 = VBO 通道 0 1 = VBO 通道 1 2 = VBO 通道 2 3 = VBO 通道 3 4 = VBO 通道 4 5 = VBO 通道 5 6 = VBO 通道 6 7 = VBO 通道 7

获取 VBO 通道配置	
返回参数	
字节	说明
字节 3	Tx 通道 3 0 = VBO 通道 0 1 = VBO 通道 1 2 = VBO 通道 2 3 = VBO 通道 3 4 = VBO 通道 4 5 = VBO 通道 5 6 = VBO 通道 6 7 = VBO 通道 7
字节 4	Tx 通道 4 0 = VBO 通道 0 1 = VBO 通道 1 2 = VBO 通道 2 3 = VBO 通道 3 4 = VBO 通道 4 5 = VBO 通道 5 6 = VBO 通道 6 7 = VBO 通道 7
字节 5	Tx 通道 5 0 = VBO 通道 0 1 = VBO 通道 1 2 = VBO 通道 2 3 = VBO 通道 3 4 = VBO 通道 4 5 = VBO 通道 5 6 = VBO 通道 6 7 = VBO 通道 7
字节 6	Tx 通道 6 0 = VBO 通道 0 1 = VBO 通道 1 2 = VBO 通道 2 3 = VBO 通道 3 4 = VBO 通道 4 5 = VBO 通道 5 6 = VBO 通道 6 7 = VBO 通道 7
字节 7	Tx 通道 7 0 = VBO 通道 0 1 = VBO 通道 1 2 = VBO 通道 2 3 = VBO 通道 3 4 = VBO 通道 4 5 = VBO 通道 5 6 = VBO 通道 6 7 = VBO 通道 7

### 9.4.9 写入 VBO 配置 (BBh)

此命令用于配置 V-by-One (VBO) 外部视频源的特性。

字节模式是由前端设置的颜色深度。

数据映射是从视频前端传输的颜色格式。

数据速率频率范围是比特率窗口。如果前端未定义，那么可以使用以下公式得出比特率窗口：总像素时钟乘以字节模式数再乘以 10。

通道数通常由视频源设置。选择通道数时，请注意源时钟频率、每通道链路时钟频率以及每通道链路传输速率（或比特率）限制。通过将总像素时钟乘以每像素字节数（字节模式）再除以通道数，可以计算出源时钟频率。每通道链路频率是总像素时钟除以通道数。每通道链路传输速率是数据速率频率除以通道数。

这些参数的最小值和最大值规格可以在控制器数据表的 V-by-One 接口时序要求部分中找到。需要调整 VBO 配置，以满足源帧时序要求以及上述参数要求。源帧时序要求也可以在控制器数据表中找到。

视频源的水平总数必须是 8 的倍数。

要正确应用此命令，此命令必须后跟一条写入执行显示命令。

#### 9.4.9.1 写入参数

设置 VBO 配置	
写入参数	
字节	说明
字节 0	字节模式 0 = 8 位模式 (= 3 字节模式) 1 = 10 位模式 (= 4 字节模式) 2 = 12 位模式 (= 5 字节模式)
字节 1	数据映射 0 = 36bpp RGB 1 = 36bpp Y Cb Cr 444 2 = 30bpp RGB 3 = 30bpp Y Cb Cr 444 4 = 24bpp RGB 5 = 24bpp Y Cb Cr 444 6 = 32bpp Y Cb Cr 422 7 = 24bpp Y Cb Cr 422 8 = 20bpp Y Cb Cr 422 9 = 16bpp Y Cb Cr 422
字节 2	数据速率频率范围 0 = 4Gbps 至 2Gbps 1 = 2Gbps 至 600Mbps
字节 3	要使用的通道数

### 9.4.10 读取 VBO 配置 (BBh)

此命令用于返回 VBO 源的特性。

#### 9.4.10.1 返回参数

获取 VBO 配置	
返回参数	
字节	说明
字节 0	字节模式 0 = 8 位模式 (= 3 字节模式) 1 = 10 位模式 (= 4 字节模式) 2 = 12 位模式 (= 5 字节模式)
字节 1	数据映射 0 = 36bpp RGB 1 = 36bpp Y Cb Cr 444 2 = 30bpp RGB 3 = 30bpp Y Cb Cr 444 4 = 24bpp RGB 5 = 24bpp Y Cb Cr 444 6 = 32bpp Y Cb Cr 422 7 = 24bpp Y Cb Cr 422 8 = 20bpp Y Cb Cr 422 9 = 16bpp Y Cb Cr 422
字节 2	Frange 0 = 4Gbps 至 2Gbps 1 = 2Gbps 至 600Mbps
字节 3	使用的通道数

#### 9.4.11 读取 VBO 状态 (BCh)

此命令用于返回 V-by-One 源锁定的状态。

##### 9.4.11.1 返回参数

获取 VBO 状态	
返回参数	
字节	说明
字节 0	VBO 锁定状态 bit0 : VBO 是否 CDR 锁定。 bit1 : VBO 是否数据锁定。

#### 9.4.12 读取帧 CRC (BDh)

此命令用于返回所显示图像的 CRC。

##### 9.4.12.1 返回参数

获取帧 CRC	
返回参数	
字节	说明
字节 0-3	映像的 CRC。CRC 种子 = 0xA5A5A5A5

#### 9.4.13 写入 VRR 启用 (已排队) (BEh)

此命令用于启用/禁用 VRR (可变刷新率)。

它是已排队的命令, 因此必须在启用/禁用后设置执行显示。



### 9.4.13.1 写入参数

设置 VRR 启用 (已排队)	
写入参数	
字节	说明
字节 0	VRR 设置 bit0 : 0 - 禁用 VRR 1 - 启用 VRR

### 9.4.14 读取 VRR 启用 (已排队) (BEh)

此命令用于返回 VRR (可变刷新率) 是启用还是禁用。

#### 9.4.14.1 返回参数

获取 VRR 启用 (已排队)
返回的数据与写入参数的格式相同。

## 9.5 启动界面

启动界面命令表	
命令	部分
写入启动界面选择	<a href="#">节 9.5.1</a>
读取启动界面选择	<a href="#">节 9.5.2</a>
读取启动界面标题	<a href="#">节 9.5.3</a>

### 9.5.1 写入启动界面选择 (C1h)

此命令用于指定要显示存储在固件图像中的启动界面图像中的哪个启动界面。

启动界面通过闪存接口进行读取并沿着控制器图像处理路径发送一次，然后存储在帧缓冲区中。因此，所有图像处理设置 (例如图像裁剪、图像方向、显示尺寸、启动界面参考编号) 都应由用户设置。

启动界面的可用性受到闪存可用空间的限制，并且所有启动界面都必须采用横排方向。

闪存存储允许的最小启动界面图像尺寸为水平分辨率 640、垂直分辨率 360。支持的最大尺寸与 DMD 上可用的全显示分辨率相匹配，启动界面通常会被设置为全分辨率。全分辨率对于支持光学测试启动界面很有用。

用户必须指定启动界面图像在屏幕上的显示方式。用于此操作的主要命令为设置图像裁剪和设置显示尺寸。

当向控制器发出此命令时，会将启动界面作为要显示的有效源。然后，控制器会存储指定的启动界面参考编号，控制器软件还会从闪存读取此启动界面的标题信息，并将此信息存储在内部存储器中。

此命令必须后跟一条写入执行显示命令。

#### 9.5.1.1 写入参数

设置启动界面选择	
写入参数	
字节	说明
字节 0	启动界面图像索引号

## 9.5.2 读取启动界面选择 (C1h)

此命令用于返回启动界面图像索引。

### 9.5.2.1 返回参数

获取启动界面选择	
返回的数据与写入参数的格式相同。	

## 9.5.3 读取启动界面标题 (C2h)

此命令用于从索引返回启动界面图像标题信息。如果帧缓冲区中没有为命令设置启动界面给出的选择存储启动界面，那么这会被视为错误。命令获取通信错误将返回命令参数无效错误。

### 9.5.3.1 读取参数

获取启动界面标题	
读取参数	
字节	说明
字节 0	启动界面图像索引号

### 9.5.3.2 返回参数

获取启动界面标题	
返回参数	
字节	说明
字节 0-1	启动界面图像的水平分辨率
字节 2-3	启动界面图像的垂直分辨率
字节 4	启动界面图像的像素格式 0 = 启动界面图像像素采用 16 位 RGB 格式 1 = 启动界面图像像素采用 16 位 YCrCb 格式 3 = 启动界面图像像素采用 24 位 RGB 格式
字节 5	启动界面图像的压缩类型 0 = 无压缩 1 = Rle 2 0

## 9.6 照明

照明命令表	
命令	部分
写入 LED 启用	<a href="#">节 9.6.1</a>
读取 LED 启用	<a href="#">节 9.6.2</a>
写入 LED 电流	<a href="#">节 9.6.3</a>
读取 LED 电流	<a href="#">节 9.6.4</a>
写入 LED 最大电流	<a href="#">节 9.6.5</a>
读取 LED 最大电流	<a href="#">节 9.6.6</a>
读取 LED 最小电流	<a href="#">节 9.6.7</a>

### 9.6.1 写入 LED 启用 (D0h)

此命令用于启用或禁用单个 LED。

### 9.6.1.1 写入参数

设置 LED 使能	
写入参数	
字节	说明
字节 0	LED 通道使能 bit0 : 红色 bit1 : 绿色 bit2 : 蓝色 bit3 : 保留 0 bit4 : 保留 1

### 9.6.2 读取 LED 启用 (D0h)

此命令用于返回 LED 是启用还是禁用。

#### 9.6.2.1 返回参数

获取 LED 启用
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.6.3 写入 LED 电流 (D1h)

此命令用于设置每个 LED 的驱动电平。仅当 LED 通道有效时，才会设置驱动电平。

可以单独控制每个 LED 的电流。电流电平设置的限制由闪存映像中为系统指定的最小值和最大值决定。如果电流超出预期范围，该命令不会返回错误。相反，如果值小于最小限值，它将自动限制为最小限值；如果值大于最大限值，它将自动限制为最大限值。读回这些值将保证是直接应用还是针对最小值和最大值进行限制。必须启用适用的 LED 才能在显示屏上看到效果。

禁用颜色处理算法 ( WPC 和动态纯黑 ) 时，此命令会直接设置 LED 电流 ( 提供的 10 位 R、G 和 B 值由控制器通过 SPI 直接发送到 DLPA PMIC )。如果启用了颜色处理算法，此命令不会立即生效。

当显示全白图像且禁用颜色处理算法时，此命令允许调整系统白点，同时确定显示模块的 LED 总功率。

#### 9.6.3.1 写入参数

设置 LED 电流	
写入参数	
字节	说明
字节 0-1	红色电平
字节 2-3	绿色电平
字节 4-5	蓝色电平
字节 6-7	保留 0
字节 8-9	保留 1
字节 10-11	保留 2

### 9.6.4 读取 LED 电流 (D1h)

此命令用于获取每个 LED 的驱动电平。

#### 9.6.4.1 返回参数

<b>获取 LED 电流</b>
返回的数据与写入参数的格式相同。

#### 9.6.5 写入 LED 最大电流 (D5h)

此命令用于指定显示模块中每个 LED 允许的最大 10 位电流。

此命令用于设置当 DB 启用或禁用时可以使用的最大 LED 电流。启用 DB 后，最大 LED 电流可能会受到闪存中存储的 DB 密度到电流 LUT 的进一步限制。

此命令可防止用户在使用命令设置 RGB LED 电流时意外将 LED 电流设置为高于系统可以处理的值。

##### 9.6.5.1 写入参数

<b>设置 LED 最大电流</b>	
<b>写入参数</b>	
<b>字节</b>	<b>说明</b>
字节 0-1	红色
字节 2-3	绿色
字节 4-5	蓝色

#### 9.6.6 读取 LED 最大电流 (D5h)

返回的数据与命令设置 RGB LED 最大电流的写入参数具有相同的格式。

##### 9.6.6.1 返回参数

<b>获取 LED 最大电流</b>
返回的数据与写入参数的格式相同。

#### 9.6.7 读取 LED 最小电流 (D6h)

此命令用于返回显示模块中每个 LED 允许的最小电流。

##### 9.6.7.1 返回参数

<b>获取 LED 最小电流</b>	
<b>返回参数</b>	
<b>字节</b>	<b>说明</b>
字节 0-1	红色
字节 2-3	绿色
字节 4-5	蓝色

## 9.7 显示

<b>显示命令表</b>	
<b>命令</b>	<b>部分</b>
写入执行显示	<a href="#">节 9.7.1</a>
读取执行显示状态	<a href="#">节 9.7.2</a>
写入输入图像尺寸 (已排队)	<a href="#">节 9.7.3</a>
读取输入图像尺寸 (已排队)	<a href="#">节 9.7.4</a>
写入图像裁剪 (已排队)	<a href="#">节 9.7.5</a>

显示命令表	
读取图像裁剪 (已排队)	节 9.7.6
写入显示尺寸 (已排队)	节 9.7.7
读取显示尺寸 (已排队)	节 9.7.8
写入显示图像方向 (已排队)	节 9.7.9
读取显示图像方向 (已排队)	节 9.7.10
写入显示幕布	节 9.7.11
读取显示幕布	节 9.7.12
写入图像冻结	节 9.7.13
读取图像冻结	节 9.7.14
写入边框颜色	节 9.7.15
读取边框颜色	节 9.7.16

### 9.7.1 写入执行显示 (E1h)

此命令用于启动排队的显示命令执行。

由于设置和重新配置时间较长，某些显示命令已被放入排队的命令中。这意味着在调用执行显示命令之前不会执行这些命令。对多个排队的命令进行分组可以缩短配置时间。

排队的命令包括但不限于：

1. 设置输入图像尺寸 (已排队)
2. 设置图像裁剪 (已排队)
3. 设置显示尺寸 (已排队)
4. 设置预定义时序 (已排队)
5. 任何 XPR 控制命令
6. 设置 VBO 配置
7. 写入启动界面选择

建议此命令后跟读取执行显示状态，以确认此命令的执行没有错误。

#### 9.7.1.1 写入参数

设置执行显示
写入参数
此命令没有写入参数。

### 9.7.2 读取执行显示状态 (E2h)

此命令用于返回上一条执行显示命令的状态。

### 9.7.2.1 返回参数

获取执行显示状态	
返回参数	
字节	说明
字节 0	执行命令状态 0 - 未启动 1 = 更改源后执行挂起 2 = 处于排队模式 3 = 正在执行 4 = 执行成功 5 = 执行失败。请参阅错误代码
字节 1-2	错误代码 有关错误代码的说明，请参阅节 11。

### 9.7.3 写入输入图像尺寸 (已排队) (E3h)

此命令用于指定控制器的内部/外部输入图像的有效数据大小。

参数值基于 1 (例如，值 1280 像素指定每行 1280 像素)。

要应用此命令，此命令必须后跟一条写入执行显示命令。

#### 9.7.3.1 写入参数

设置输入图像尺寸 (已排队)	
写入参数	
字节	说明
字节 0-1	内部/外部输入图像有效区域的每行像素数
字节 2-3	内部/外部输入图像有效区域的每帧行数

### 9.7.4 读取输入图像尺寸 (已排队) (E3h)

此命令用于返回当前设置的内部/外部输入图像尺寸。

#### 9.7.4.1 返回参数

获取输入图像尺寸 (已排队)
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.7.5 写入图像裁剪 (已排队) (E4h)

此命令用于指定应用于输入图像的裁剪。

此命令适用于所有源，包括测试图形、启动界面和外部源。

在控制器中，裁剪是在缩放功能之前完成的。因此，如果启用了使用 WRP 缩放，则裁剪图像尺寸与显示图像尺寸之间的尺寸差异确定了两个维度上所需的缩放量。

要应用此命令，此命令必须后跟一条写入执行显示命令。

下图展示了裁剪规则。

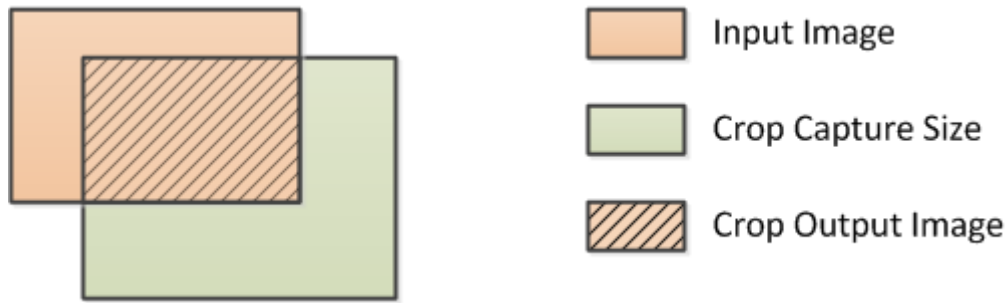


图 9-1. 裁剪超过输入尺寸时的裁剪规则

### 9.7.5.1 写入参数

设置图像裁剪 (已排队)	
写入参数	
字节	说明
字节 0-1	捕获起始像素 (基于 0, 指示行的第一个有效像素)
字节 2-3	捕获起始行 (基于 0, 指示帧的第一个有效行)
字节 4-5	每行像素数 (基于 1, 这样, 指定每行像素值为 854 表示要裁剪 854 个像素)
字节 6-7	每帧行数 (基于 1, 这样, 指定每帧行数值为 480 表示要裁剪 480 行)

### 9.7.6 读取图像裁剪 (已排队) (E4h)

此命令用于返回在控制器图像处理之前应用于输入图像的裁剪。

#### 9.7.6.1 返回参数

获取图像裁剪 (已排队)
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.7.7 写入显示尺寸 (已排队) (E5h)

此命令用于指定要在显示模块上输出的有效图像分辨率, 指定要从标量函数输出的未经梯形校正的非变形图像尺寸。这是显示的矩形或正方形图像的分辨率。控制器将根据输入图像的大小确定 x 和 y 中所需的缩放量。对于来自外部视频端口的源图像, 控制器将根据 DATEN 信号测量源图像的尺寸。但是, 如果使用设置图像裁剪命令裁剪了图像, 则控制器将使用该较小的尺寸进行缩放, 以填充 DMD。

参数值将基于 1, 因此, 值 1280 像素值每行显示 1280 个像素。

如果启用梯形校正或变形, 则 DMD 上产生的非矩形图像将全部适应命令设置显示尺寸指定的有效显示区域。

如果显示尺寸超过 DMD 上提供的分辨率, 则会被视为错误, 该命令不会执行。会在两个旋转图像方向 (不旋转和旋转) 上根据 DMD 可用分辨率检查显示尺寸参数, 如果在任一方向上超出 DMD 分辨率, 则被视为错误。系统不会检查图像方向设置是否正确。

如果源、裁剪和显示参数组合超过标量的能力范围, 则系统会尽力实现用户请求, 显示的图像可能会损坏。用户必须提供更新的参数来修复图像。

要应用此命令, 此命令必须后跟一条写入执行显示命令。

### 9.7.7.1 写入参数

设置显示尺寸 (已排队)	
写入参数	
字节	说明
字节 0-1	显示区域每行像素数
字节 2-3	显示区域每帧行数

### 9.7.8 读取显示尺寸 (已排队) (E5h)

此命令用于返回有效图像显示尺寸。

#### 9.7.8.1 返回参数

获取显示尺寸 (已排队)
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.7.9 写入显示图像方向 (已排队) (E6h)

此命令用于指定 DMD 上显示的图像的方向。

此命令用于旋转和/或翻转 DMD 上显示的图像。旋转对于竖排源图像 (例如在手机内) 非常有用。提供翻转是为了支持天花板安装和背投用例。

横排图像通常不应旋转, 但控制器允许旋转, 因为它可能适合某些情况或配置。

图像旋转可以在梯形校正或变形启用期间使用; 不过, 它可能并不适用于所有情况或配置。

用户负责确定这些命令生成的图像是否可以接受。

用户可以使用显示尺寸命令使图像居中。

要应用此命令, 此命令必须后跟一条写入执行显示命令。

下图展示了长轴翻转。

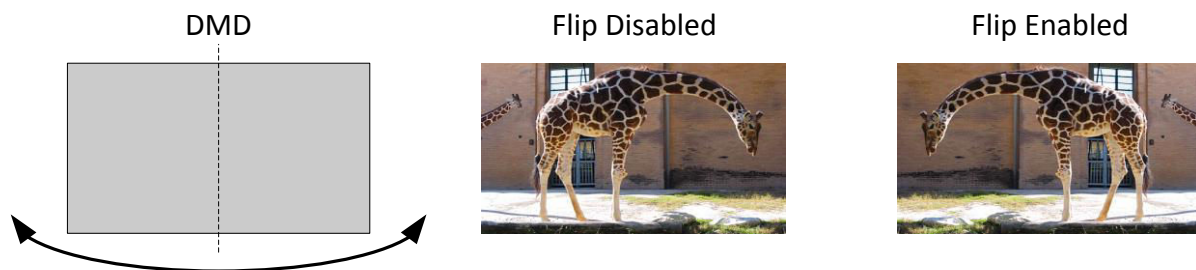


图 9-2. 长轴翻转

下图显示了短轴翻转。





图 9-3. 短轴翻转

### 9.7.9.1 写入参数

设置显示图像方向 (已排队)	
写入参数	
字节	说明
字节 0	方向 bit0 : 旋转 0 - 不旋转 1 - 减 90 度旋转 bit1 : 长轴图像翻转 0 - 图像不翻转 1 - 图像翻转 bit2 : 短轴图像翻转 0 - 图像不翻转 1 - 图像翻转

### 9.7.10 读取显示图像方向 (已排队) (E6h)

返回的数据与命令设置显示图像方向的写入参数具有相同的格式。

#### 9.7.10.1 返回参数

获取显示图像方向 (已排队)
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.7.11 写入显示幕布 (E7h)

此命令用于控制 DMD 上显示的图像幕布。

图像幕布会使用用户指定的颜色来填充整个 DMD。此命令为幕布指定的颜色与命令设置边框颜色定义的边框颜色是分开的。

请注意，缩放或裁剪的图像可能会影响边框颜色。

### 9.7.11.1 写入参数

设置显示幕布	
写入参数	
字节	说明
字节 0	幕布设置 bit0：幕布启用 0 - 禁用幕布 1 - 启用幕布 位 1-3：幕布颜色 0 = 黑色 3 = 蓝色 4 = 青色 2 = 绿色 5 = 洋红色 1 = 红色 7 = 白色 6 = 黄色

### 9.7.12 读取显示幕布 (E7h)

返回的数据与命令显示幕布的写入参数具有相同的格式。

#### 9.7.12.1 返回参数

获取显示幕布
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.7.13 写入图像冻结 (E8h)

此命令用于冻结图像，从而在每个后续帧中显示接收到的最后一个图像。

图像冻结功能主要有两个用途。第一个用途就是冻结屏幕上的当前图像。第二个用途是帮助用户在有限的系统配置变化期间减少显示伪影。在上述第二种情况下，图像会被冻结，然后进行系统更改，完成后会将图像解冻。当图像解冻时，显示屏显示最新的输入图像帧。冻结点和解冻点之间的输入数据会丢失。但是，由于命令可能会立即影响 DMD，建议在转换期间禁用 LED。

除非收到命令设置图像冻结发出的明确指示，否则控制器软件不会冻结或解冻图像。无论控制器软件是主动更新系统还是在执行通过 I2C 接口命令的任何操作期间进行更新，都是如此。

包含使用设置图像冻结命令的概述。

利用图像冻结减少屏幕上的伪影：

当命令需要很长时间来处理，则需要从闪存加载大量数据，或者会更改系统的帧时序时，从而可能导致屏幕上出现伪影。设置图像冻结命令可以最大限度地减少或消除这些伪影。具体过程如下：

1. 发送设置图像冻结命令以启用冻结
2. 发送可能创建图像的命令
3. 发送设置图像冻结命令以禁用冻结

由于发送到控制器的命令会逐一处理，因此这些命令之间不需要特殊的时序或延迟。冻结和解冻之间的命令数量应较少，因为长时间冻结图像并不可取。注意：命令设置显示幕布或任何需要幕布的操作都将覆盖冻结，使得冻结的显示图像丢失。以下操作需要幕布并将覆盖冻结：

- 1.源类型切换 ( 标准 - XPR - 3D )
- 2.切换到启动界面显示
- 3.源重新锁定
- 4.切换至待机模式

#### 9.7.13.1 写入参数

设置图像冻结	
写入参数	
字节	说明
字节 0	冻结 bit0 : 0 - 禁用图像冻结 1 - 启用图像冻结

#### 9.7.14 读取图像冻结 (E8h)

返回的数据与命令设置图像冻结的写入参数具有相同的格式。

##### 9.7.14.1 返回参数

获取图像冻结
<i>返回的数据与写入参数的格式相同。</i>

#### 9.7.15 写入边框颜色 (E9h)

此命令用于指定 DMD 上显示的边框颜色。

每当显示的图像小于 DMD 上的有效微镜阵列时，所有非图像像素便会使用边框颜色。使用边框的一些示例包括窗台花盆箱、邮筒和信箱图像。

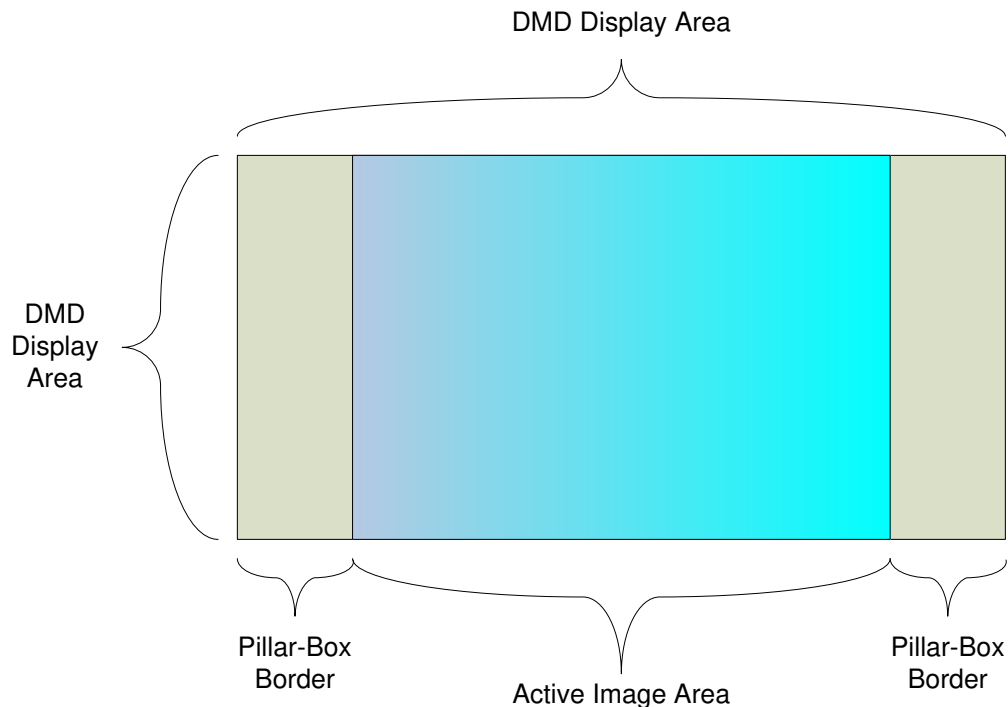


图 9-4. 邮筒边框示例

### 9.7.15.1 写入参数

设置边框颜色	
写入参数	
字节	说明
字节 0	边框颜色 位 0-2：显示边框颜色 0 = 黑色 3 = 蓝色 4 = 青色 2 = 绿色 5 = 洋红色 1 = 红色 7 = 白色 6 = 黄色

### 9.7.16 读取边框颜色 (E9h)

返回的数据与命令设置边框颜色的写入参数具有相同的格式。

#### 9.7.16.1 返回参数

获取边框颜色
返回的数据与写入参数的格式相同。

## 9.8 序列

序列命令表	
命令	部分
读取离散占空比是否受支持	<a href="#">节 9.8.1</a>
写入系统外观索引	<a href="#">节 9.8.2</a>

序列命令表	
读取系统外观索引	节 9.8.3
写入颜色占空比	节 9.8.4
读取颜色占空比	节 9.8.5
写入离散占空比索引	节 9.8.6
读取离散占空比索引	节 9.8.7
读取支持的最小/最大占空比	节 9.8.8
读取 LED 照明延迟	节 9.8.9

### 9.8.1 读取离散占空比是否受支持 (57h)

此命令用于返回当前源是否具有受支持的离散占空比

#### 9.8.1.1 返回参数

获取离散占空比是否受支持	
返回参数	
字节	说明
字节 0	离散占空比受支持 bit0 : 启用或禁用

### 9.8.2 写入系统外观索引 (F0h)

此命令用于通过用户尝试写入外观选择值 ( 这将触发序列选择 ) 来更改显示图像的外观。该值应处于固件映像中指定的外观范围之内。

如果此命令要后跟颜色占空比命令，则建议在此命令之后添加大约 50ms 的延迟。

#### 9.8.2.1 写入参数

设置系统外观索引	
写入参数	
字节	说明
字节 0-1	序列的外观索引值

### 9.8.3 读取系统外观索引 (F0h)

此命令用于返回序列选择的当前外观索引值。

#### 9.8.3.1 返回参数

获取系统外观索引
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.8.4 写入颜色占空比 (F1h)

此命令用于定义照明光颜色的占空比。输入值采用 u9.23 定点格式。占空比的下限和上限内置在固件映像中。

### 9.8.4.1 写入参数

设置颜色占空比	
写入参数	
字节	说明
字节 0-3	红色占空比 范围 = 0.0 至 100，步长为 0.00000008 格式 = u9.23
字节 4-7	绿色占空比 范围 = 0.0 至 100，步长为 0.00000008 格式 = u9.23
字节 8-11	蓝色占空比 范围 = 0.0 至 100，步长为 0.00000008 格式 = u9.23
字节 12-15	青色占空比 范围 = 0.0 至 100，步长为 0.00000008 格式 = u9.23
字节 16-19	品红色占空比 范围 = 0.0 至 100，步长为 0.00000008 格式 = u9.23
字节 20-23	黄色占空比 范围 = 0.0 至 100，步长为 0.00000008 格式 = u9.23

### 9.8.5 读取颜色占空比 (F1h)

此命令用于返回照明光颜色的占空比。

#### 9.8.5.1 返回参数

获取颜色占空比
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.8.6 写入离散占空比索引 (F2h)

此命令用于更改将触发序列选择的占空比。该值应处于固件映像中指定的离散值数范围之内。仅当对所选源启用离散 DC 支持时，此命令才有效。

#### 9.8.6.1 写入参数

设置离散占空比索引	
写入参数	
字节	说明
字节 0-1	序列的外观索引值

### 9.8.7 读取离散占空比索引 (F2h)

此命令用于返回序列选择的当前占空比索引值。该命令仅对离散占空比条目起作用，对占空比范围条目不起作用。

#### 9.8.7.1 返回参数

获取离散占空比索引
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.8.8 读取支持的最小/最大占空比 (F4h)

此命令用于返回所选照明器支持的最小和最大占空比。

#### 9.8.8.1 读取参数

获取支持的最小/最大占空比	
读取参数	
字节	说明
字节 0	照明器类型 0 = 红色 1 = 绿色 2 = 蓝色 3 = 青色 4 = 洋红色 5 = 黄色

#### 9.8.8.2 返回参数

获取支持的最小/最大占空比	
返回参数	
字节	说明
字节 0-3	最小占空比 范围 = 0.0 至 100，步长为 0.00000008 格式 = u9.23
字节 4-7	最大占空比 范围 = 0.0 至 100，步长为 0.00000008 格式 = u9.23

### 9.8.9 读取 LED 照明延迟 (F5h)

此命令用于返回在工程中所有照明器的序列中编程的延迟值。

#### 9.8.9.1 读取参数

获取 LED 照明延迟	
读取参数	
字节	说明
字节 0	照明器类型 0 = 红色 1 = 绿色 2 = 蓝色 3 = 青色 4 = 洋红色 5 = 黄色

#### 9.8.9.2 返回参数

获取 LED 照明延迟	
返回参数	
字节	说明
字节 0-1	启用延迟 (us)

获取 LED 照明延迟	
返回参数	
字节	说明
字节 2-3	上升时间 (us)
字节 4-5	禁用延迟 (us)
字节 6-7	下降时间 (us)

## 9.9 图像处理

图像处理命令表	
命令	部分
写入动态纯黑启用	<a href="#">节 9.9.1</a>
读取动态纯黑启用	<a href="#">节 9.9.2</a>
写入图像像素亮度	<a href="#">节 9.9.3</a>
读取图像像素亮度	<a href="#">节 9.9.4</a>
写入图像像素对比度	<a href="#">节 9.9.5</a>
读取图像像素对比度	<a href="#">节 9.9.6</a>
写入去伽玛校正表	<a href="#">节 9.9.7</a>
读取去伽玛校正表	<a href="#">节 9.9.8</a>
写入图像锐度	<a href="#">节 9.9.9</a>
读取图像锐度	<a href="#">节 9.9.10</a>
写入图像 CSC 索引值	<a href="#">节 9.9.11</a>
读取图像 CSC 索引值	<a href="#">节 9.9.12</a>
写入 XPR 滤波强度命令	<a href="#">节 9.9.13</a>
读取 XPR 滤波强度命令	<a href="#">节 9.9.14</a>

### 9.9.1 写入动态纯黑启用 (D2h)

此命令用于指定动态纯黑启用或禁用。

启用动态纯黑时，会自动控制 LED 电流，无法使用设置 LED 电流命令设置电流。每种模式支持的命令如下所示。

动态纯黑禁用 - 设置 RGB LED 启用、获取 RGB LED 启用、设置 RGB LED 电流、获取 RGB LED 电流、设置 RGB LED 最大电流、获取 RGB LED 最大电流、获取 RGB LED 最小电流

动态纯黑启用 - 设置 RGB LED 启用、获取 RGB LED 启用、获取 RGB LED 电流、设置 RGB LED 最大电流、获取 RGB LED 最大电流、获取 RGB LED 最小电流。

请注意，动态纯黑命令优先于其他颜色处理算法，该算法需要动态内容才能正常工作。DB 将不会对启动界面等静态图像产生任何影响。



### 9.9.1.1 写入参数

设置动态纯黑启用	
写入参数	
字节	说明
字节 0	动态纯黑启用 bit0 : 0 - 动态纯黑禁用 1 - 动态纯黑启用

### 9.9.2 读取动态启用 (D2h)

返回的数据与命令设置动态纯黑启用的写入参数具有相同的格式。

#### 9.9.2.1 返回参数

获取动态纯黑启用
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.9.3 写入图像像素亮度 (F6h)

此命令用于通过为每个像素提供附加增益来控制像素亮度。指定的亮度值会均匀地影响红色、绿色和蓝色分量。对于 YCbCr 图像，亮度设置在转换为 RGB 后应用。

#### 9.9.3.1 写入参数

设置图像像素亮度	
写入参数	
字节	说明
字节 0-1	亮度

### 9.9.4 读取图像像素亮度 (F6h)

此命令用于返回当前应用的图像亮度值（应用于像素值的偏移）。添加到红色、绿色和蓝色的偏移相同。将 YCbCr 图像转换为 RGB 后，会对其应用亮度。

#### 9.9.4.1 返回参数

获取图像像素亮度
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.9.5 写入图像像素对比度 (F7h)

此命令用于通过为每个像素提供乘性增益来控制像素对比度。指定的对比度值会均匀地影响红色、绿色和蓝色分量。对于 YCbCr 图像，对比度设置在转换为 RGB 后应用。

#### 9.9.5.1 写入参数

设置图像像素对比度	
写入参数	
字节	说明
字节 0	对比度 (%) 范围 = 0 至 200，步长为 1

### 9.9.6 读取图像像素对比度 (F7h)

此命令用于返回当前应用的图像对比度值（增益乘以像素值）。红色、绿色和蓝色的增益相同。将 YCbCr 图像转换为 RGB 后，会对其应用对比度。

#### 9.9.6.1 返回参数

获取图像像素对比度
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.9.7 写入去伽玛校正表 (F8h)

此命令用于指定显示图像时要使用的去伽玛校正查找表 (LUT)。此命令会使给定索引的去伽玛校正表从闪存中读取并加载到控制器的内部去伽玛校正 LUT 中。

表索引基于 0（从 0 开始）。最大值可以为 254。值 255 将禁用去伽玛校正操作。

#### 9.9.7.1 写入参数

设置去伽玛校正表	
写入参数	
字节	说明
字节 0	去伽玛校正表索引

### 9.9.8 读取去伽玛校正表 (F8h)

此命令用于返回当前应用的去伽玛校正表。

#### 9.9.8.1 返回参数

获取去伽玛校正表
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.9.9 写入图像锐度 (F9h)

此命令用于配置锐度滤波器。值 0 表示最不清晰（最平滑），而值 31 表示最清晰。此滤镜位于数据路径的后端，因此视频和图形都会受到影响。TI 建议禁用图形源的锐度滤波器（锐度值=16）。

#### 9.9.9.1 写入参数

设置图像锐度	
写入参数	
字节	说明
字节 0	要应用的锐度值。 范围 = 0 至 31，步长为 1

### 9.9.10 读取图像锐度 (F9h)

此命令用于返回当前锐度值。

#### 9.9.10.1 返回参数

获取图像锐度
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.9.11 写入图像 CSC 索引值 (FAh)

此命令用于通过设置当前应用的 CSC 矩阵索引来控制应用的 CSC 矩阵。所有索引都可以按照客户在闪存中定义的方式进行填充。

#### 9.9.11.1 写入参数

设置图像 CSC 索引值	
写入参数	
字节	说明
字节 0	CSC 索引值
字节 1	CSC 启用 bit0 : 用户 CSC 启用

### 9.9.12 读取图像 CSC 索引值 (FAh)

此命令用于返回当前应用的 CSC 矩阵索引。

#### 9.9.12.1 返回参数

获取图像 CSC 索引值
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.9.13 写入 XPR 滤波强度命令 (FBh)

此命令用于设置 XPR 滤波段长度。

有关滤波段长度的更多信息，请参阅执行器用户指南或联系您的执行器制造商。

#### 9.9.13.1 写入参数

设置 XPR 滤波强度命令	
写入参数	
字节	说明
字节 0	滤波强度设置决定了需过滤掉的高频内容量。有效范围为 0-7。设置为 0 表示过滤掉的高频内容最少（图像最清晰；闪烁较多）；设置为 7 表示过滤掉的高频内容最多（图像最平滑；闪烁最少）

### 9.9.14 读取 XPR 滤波强度命令 (FBh)

此命令用于返回 XPR 滤波段长度。

#### 9.9.14.1 返回参数

获取 XPR 滤波强度命令
返回的数据与写入参数的格式相同。

## 9.10 混合

混合命令表	
命令	部分
写入混合功能控制	<a href="#">节 9.10.1</a>
读取混合功能控制	<a href="#">节 9.10.2</a>
写入混合映射控制点	<a href="#">节 9.10.3</a>

混合命令表	
读取混合映射控制点	节 9.10.4
写入混合映射增益值	节 9.10.5
读取混合映射增益值	节 9.10.6
写入混合映射偏移值	节 9.10.7
读取混合映射偏移值	节 9.10.8

### 9.10.1 写入混合功能控制 (58h)

此命令用于禁用或启用 EBF 处理。

#### 9.10.1.1 写入参数

设置混合功能控制	
写入参数	
字节	说明
字节 0	混合功能启用 bit0 : 启用或禁用

### 9.10.2 读取混合功能控制 (58h)

此命令用于返回 EBF 处理启用状态。

#### 9.10.2.1 返回参数

获取混合功能控制
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.10.3 写入混合映射控制点 (59h)

此命令用于将水平和垂直方向上用户定义控制点位置的输入作为混合映射的一部分

#### 9.10.3.1 写入参数

设置混合映射控制点	
写入参数	
字节	说明
字节 0 - *	混合映射水平控制点位置数组 此数组中的点数等于 32。这些控制点都是基于 0 的。
字节 0 - *	混合映射垂直控制点位置数组 此数组中的点数等于 32。这些控制点都是基于 0 的。

### 9.10.4 读取混合映射控制点 (59h)

此命令用于获取 EEPROM 中存储的用户定义混合映射控制点位置。

#### 9.10.4.1 返回参数

获取混合映射控制点	
返回参数	
字节	说明
字节 0-63	混合映射水平控制点位置数组。 此数组中的点数等于 32

获取混合映射控制点	
返回参数	
字节	说明
字节 64-127	混合映射垂直控制点位置数组。 此数组中的点数等于 32

### 9.10.5 写入混合映射增益值 (5Ah)

此命令从用户处获取控制点的增益值作为混合映射的一部分

#### 9.10.5.1 写入参数

设置混合映射增益值	
写入参数	
字节	说明
字节 0	颜色通道选择 0 = 绿色 1 = 红色 2 = 蓝色
字节 1-2	待写入数据的表内起始索引
字节 3 - *	控制点的增益。输入格式应是这样的，所需增益 ( 0 到 1.99 之间的值 ) 在通过命令传递之前乘以 4096。

### 9.10.6 读取混合映射增益值 (5Ah)

此命令用于使用 `CMD_WriteBlendMapGainValues` 命令从已加载的混合映射表中读取数据。可以从表内的任何位置一次性读取 N 个混合映射增益值 ( 不超过命令数据包大小 )。

#### 9.10.6.1 读取参数

获取混合映射增益值	
读取参数	
字节	说明
字节 0	颜色通道选择 0 = 绿色 1 = 红色 2 = 蓝色
字节 1-2	要从中读取数据的混合映射通道增益值中的起始索引
字节 3-4	待读取的条目数

#### 9.10.6.2 返回参数

获取混合映射增益值	
返回参数	
字节	说明
字节 0 - *	所选颜色通道的增益值

### 9.10.7 写入混合映射偏移值 (5Bh)

此命令从用户处获取控制点的偏移值作为混合映射的一部分

### 9.10.7.1 写入参数

设置混合映射偏移值	
写入参数	
字节	说明
字节 0	颜色通道选择 0 = 绿色 1 = 红色 2 = 蓝色
字节 1-2	待写入数据的表内起始索引
字节 3 - *	控制点的偏移。输入格式应使偏移值使用内部浮点格式 <b>s1m7e4</b> 。

### 9.10.8 读取混合映射偏移值 (5Bh)

此命令用于使用 **CMD\_WriteBlendMapOffsetValues** 命令从已加载的混合映射表中读取数据。可以从表内的任何位置一次性读取 N 个混合映射偏移值 (不超过命令数据包大小)。

#### 9.10.8.1 读取参数

获取混合映射偏移值	
读取参数	
字节	说明
字节 0	颜色通道选择 0 = 绿色 1 = 红色 2 = 蓝色
字节 1-2	要从中读取数据的混合映射通道偏移值中的起始索引
字节 3-4	待读取的条目数

#### 9.10.8.2 返回参数

获取混合映射偏移值	
返回参数	
字节	说明
字节 0 - *	所选颜色通道的偏移值

## 9.11 外设

外设命令表	
命令	部分
写入用户设置提交模式	<a href="#">节 9.11.1</a>
读取用户设置提交模式	<a href="#">节 9.11.2</a>
写入下次上电时使用出厂默认设置	<a href="#">节 9.11.3</a>
写入更新锁定状态	<a href="#">节 9.11.4</a>
读取更新锁定状态	<a href="#">节 9.11.5</a>
写入数据失效	<a href="#">节 9.11.6</a>
写入提交数据	<a href="#">节 9.11.7</a>
读取数据操作状态	<a href="#">节 9.11.8</a>
读取 DMD 温度	<a href="#">节 9.11.9</a>
写入校准数据	<a href="#">节 9.11.10</a>

外设命令表	
读取校准数据	节 9.11.11

### 9.11.1 写入用户设置提交模式 (92h)

此命令用于在运行时在提交模式 (立即和通过命令更新) 之间切换。此命令仅在数据存储模式为 EEPROM 时适用。在立即模式下, 数据在更新时会存储在 EEPROM 中。在命令模式下, 仅在发出提交数据命令后才会存储更新的数据。

#### 9.11.1.1 写入参数

设置用户设置提交模式	
写入参数	
字节	说明
字节 0	提交模式立即/命令 0 = 立即 1 = 命令

### 9.11.2 读取用户设置提交模式 (92h)

此命令用于返回当前用户设置提交模式。

#### 9.11.2.1 返回参数

获取用户设置提交模式
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.11.3 写入下次上电时使用出厂默认设置 (93h)

设置该标志后, 默认出厂设置将在下一次上电时应用, 而不会使存储在 EEPROM/闪存中的设置失效 (擦除)。上电时, 无论提交模式如何, 任何设置更改都不会更新到 EEPROM/闪存中。如果数据存储模式为 EEPROM 并且提交模式为立即, 设置该标志将立即重新启动系统。如果数据存储为闪存, 则需要发出提交数据命令, 系统不会立即开始重新启动。

#### 9.11.3.1 写入参数

设置下次上电时使用出厂默认设置	
写入参数	
字节	说明
字节 0	默认模式 bit0 : 0 - 正常数据加载 1 - 下次下电上电时将使用出厂默认设置。

### 9.11.4 写入更新锁定状态 (94h)

此命令用于设置 EEPROM/闪存的当前数据更新锁定状态。

设置锁定后, 从应用软件写入的所有 EEPROM/闪存设置和/或校准数据都不会实际写入到 EEPROM/闪存。锁定模式只能在工厂内使用, 方便用户使用各种不同的设置, 而不将这些设置实际记录到 EEPROM/闪存中。在正常使用模式下, 不应设置锁定。

#### 9.11.4.1 写入参数

设置更新锁定状态	
写入参数	
字节	说明
字节 0	锁定状态 bit0 : 0 - 更新已解锁 1 - 更新已锁定

#### 9.11.5 读取更新锁定状态 (94h)

此命令用于返回 EEPROM/闪存的当前数据更新锁定状态。

##### 9.11.5.1 返回参数

获取更新锁定状态
返回的数据与写入参数的格式相同。

#### 9.11.6 写入数据失效 99h

此命令用于根据输入参数使 EEPROM 数据的用户设置部分和/或 EEPROM 数据的校准部分或两者都失效，并重新启动系统。如果未选择任何设置或校准数据，该命令将不执行任何操作。

##### 9.11.6.1 写入参数

设置数据失效	
写入参数	
字节	说明
字节 0	使用户设置数据失效 bit0 : 使用户设置失效
字节 1	使校准数据失效 bit0 : 使 SSI 校准数据失效 bit1 : 使 WPC 校准数据失效 bit2 : 使 WPC 校准矩阵数据失效 bit3 : 使 XPR 校准数据失效 bit4 : 使 XPR 波形校准数据失效 bit5 : 使表面校正数据失效

#### 9.11.7 写入提交数据 (9Ah)

如果数据存储模式为 EEPROM，则无论提交模式如何，都会立即写入校准数据。但是，如果提交模式为命令，则用户设置仅在传递此命令时存储在 EEPROM 中。如果数据存储模式为闪存，则不存在立即提交模式。仅当发出命令时才会存储用户设置和校准数据。

##### 9.11.7.1 写入参数

设置提交数据
写入参数
此命令没有写入参数。

#### 9.11.8 读取数据操作状态 (9Bh)

此命令用于返回 EEPROM/闪存的当前工作状态。



### 9.11.8.1 返回参数

获取数据操作状态	
返回参数	
字节	说明
字节 0	写入操作状态 bit0 : 0 - 可以完成更新 1 - 禁用更新被 bit1 : 0 - 使用出厂默认设置已禁用 1 - 使用出厂默认设置已启用
字节 1-2	暂存区偏移
字节 3-6	(以字节为单位的大小)
字节 7	通信状态 bit0 : 0 - 不成功 1 - 成功
字节 8	数据存储模式 0 = EEPROM 1 = 闪存
字节 9	更新 bit0 : 0 - 没有待处理的提交 1 - 数据已更新, 但提交待处理。

### 9.11.9 读取 DMD 温度 (9Ch)

此命令仅适用于系统中安装了 TMP411A 温度传感器的情形。如果配置正确, 热敏电阻不应返回负值。

本地读取意味着读取直接在 TMP411 上进行。远程读取意味着读取是在 DMD 的测试点引脚上 (间接在 DMD 上) 进行的。

#### 9.11.9.1 读取参数

获取 DMD 温度	
读取参数	
字节	说明
字节 0	定义 TMP411 从中读取值的温度传感器 0 = 本地温度传感器 1 = 远程温度传感器

#### 9.11.9.2 返回参数

获取 DMD 温度	
返回参数	
字节	说明
字节 0-1	摄氏温度值 范围 = -256 至 255, 步长为 1

### 9.11.10 写入校准数据 (9Dh)

此命令用于设置所选块的校准数据。

#### 9.11.10.1 写入参数

设置校准数据	
写入参数	
字节	说明
字节 0	校准数据块 0 = SSI 数据 1 = WPC 校准数据 2 = WPC 校准矩阵数据 3 = XPR 数据 4 = XPR 波形数据 5 = 表面校正数据
字节 1-2	需写入的字节数
字节 3-4	相对于校准块起始位置的偏移
字节 5 - 传递的字节数	数据

### 9.11.11 读取校准数据 (9Dh)

此命令用于设置所选块的校准数据。

#### 9.11.11.1 读取参数

获取校准数据	
读取参数	
字节	说明
字节 0	校准数据块 0 = SSI 数据 1 = WPC 校准数据 2 = WPC 校准矩阵数据 3 = XPR 数据 4 = XPR 波形数据 5 = 表面校正数据
字节 1-2	需写入的字节数
字节 3-4	相对于校准块起始位置的偏移

#### 9.11.11.2 返回参数

获取校准数据	
返回参数	
字节	说明
字节 0 - 传递的字节数	数据

## 9.12 变形

变形命令表	
命令	部分
写入变形功能控制 (已排队)	<a href="#">节 9.12.1</a>
读取变形功能控制 (已排队)	<a href="#">节 9.12.2</a>
写入光学参数 (已排队)	<a href="#">节 9.12.3</a>

变形命令表	
读取光学参数 (已排队)	节 9.12.4
写入梯形角度 (已排队)	节 9.12.5
读取梯形角度 (已排队)	节 9.12.6
写入梯形角 (已排队)	节 9.12.7
读取梯形角 (已排队)	节 9.12.8

### 9.12.1 写入变形功能控制 (已排队) (61h)

此命令用于选择控制器中的变形或梯形校正图像处理。

#### 9.12.1.1 写入参数

设置变形功能控制 (已排队)	
写入参数	
字节	说明
字节 0	功能 1 = 梯形校正
字节 1	变形功能启用 bit0 : 启用或禁用

### 9.12.2 读取变形功能控制 (已排队) (61h)

返回的数据与同一命令的写入参数具有相同的格式。

#### 9.12.2.1 读取参数

获取变形功能控制 (已排队)	
读取参数	
字节	说明
字节 0	功能 1 = 梯形校正

#### 9.12.2.2 返回参数

获取变形功能控制 (已排队)	
返回参数	
字节	说明
字节 0	变形功能启用 bit0 : 启用或禁用

### 9.12.3 写入光学参数 (已排队) (62h)

此命令用于在投影仪的投射比和垂直偏移已知时配置梯形校正的光学参数。

要调整图像以补偿投影仪的俯仰和偏航运动，1D/2D 梯形校正和变形必须知道投影仪的光投射比和光垂直偏移。

#### 9.12.3.1 写入参数

设置光学参数 (已排队)	
写入参数	
字节	说明
字节 0-1	投射比 格式 = u8.8

设置光学参数 (已排队)	
写入参数	
字节	说明
字节 2-3	垂直偏移 格式 = s8.8

#### 9.12.4 读取光学参数 (已排队) (62h)

此命令用于返回当前设置的光学参数。

##### 9.12.4.1 返回参数

获取光学参数 (已排队)
返回的数据与写入参数的格式相同。

#### 9.12.5 写入梯形角度 (已排队) (63h)

此命令用于在校正图像的俯仰、偏航和翻滚已知时配置梯形校正。梯形校正用于消除投影仪与投影面 (屏幕) 未正交时造成的失真。翻滚校正用于消除投影仪在投射图像时旋转造成的扭曲。3D 梯形校正用于消除投影仪旋转且不垂直于投影表面时的失真。

此命令根据需要提供俯仰角和偏航角输入, 以便控制器执行 1D 或 2D 梯形校正。此命令根据需要提供翻滚角输入, 以便控制器执行翻滚校正。如果还输入俯仰角和偏航角, 则会执行 3D 梯形校正。

为了让控制器软件正确理解投影仪的俯仰角、偏航角和翻滚角, 必须使用命令设置光学参数输入投影仪的光投射比和光垂直偏移。

选择和启用命令设置变形功能控制设置后, 会启用梯形校正功能。

##### 9.12.5.1 写入参数

设置梯形角度 (已排队)	
写入参数	
字节	说明
字节 0-1	俯仰角 (以度为单位) 范围 = -128 至 127.9960375, 步长为 0.00390625 格式 = s8.8
字节 2-3	对于 1D 校正, 偏航角 (以度为单位) 设置为 0 范围 = -128 至 127.9960375, 步长为 0.00390625 格式 = s8.8
字节 4-5	对于 1D/2D 校正, 翻滚角 (以度为单位) 设置为 0 范围 = -128 至 127.9960375, 步长为 0.00390625 格式 = s8.8

#### 9.12.6 读取梯形角度 (已排队) (63h)

此命令用于返回当前设置的梯形配置参数。

##### 9.12.6.1 返回参数

获取梯形角度 (已排队)
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.12.7 写入梯形角 (已排队) (64h)

此命令用于在校正图像的角已知时配置 2D 梯形校正。梯形校正用于消除投影仪与投影面 (屏幕) 未正交时造成的失真。如需产生效果, 必须启用梯形特性。

#### 9.12.7.1 写入参数

设置梯形角 (已排队)	
写入参数	
字节	说明
字节 0-1	左上角的 X 位置
字节 2-3	左上角的 Y 位置
字节 4-5	右上角的 X 位置
字节 6-7	右上角的 Y 位置
字节 8-9	左下角的 X 位置
字节 10-11	左下角的 Y 位置
字节 12-13	右下角的 X 位置
字节 14-15	右下角的 Y 位置

### 9.12.8 读取梯形角 (已排队) (64h)

此命令用于返回当前设置的梯形配置参数。

#### 9.12.8.1 返回参数

获取梯形角 (已排队)
返回的数据与写入参数的格式相同。

## 9.13 XPR

XPR 命令表	
命令	部分
写入 XPR 启用模式 (已排队)	<a href="#">节 9.13.1</a>
读取 XPR 启用模式 (已排队)	<a href="#">节 9.13.2</a>
写入 XPR 校准模式	<a href="#">节 9.13.3</a>
写入 XPR 执行器位置	<a href="#">节 9.13.4</a>
读取 XPR 执行器位置	<a href="#">节 9.13.5</a>
写入 XPR 执行器 DAC 增益	<a href="#">节 9.13.6</a>
读取 XPR 执行器 DAC 增益	<a href="#">节 9.13.7</a>
写入 XPR 执行器子帧延迟	<a href="#">节 9.13.8</a>
读取 XPR 执行器子帧延迟	<a href="#">节 9.13.9</a>
写入 XPR 执行器 DAC 偏移	<a href="#">节 9.13.10</a>
读取 XPR 执行器 DAC 偏移	<a href="#">节 9.13.11</a>
写入 XPR 执行器固定输出电平	<a href="#">节 9.13.12</a>
读取 XPR 执行器固定输出电平	<a href="#">节 9.13.13</a>

### 9.13.1 写入 XPR 启用模式 (已排队) (80h)

此命令用于设置 XPR 模式。

在 XPR 开启模式下，执行器驱动器始终处于启用状态。在 XPR 关闭模式下，执行器驱动器始终处于禁用状态。在 XPR 自动模式下，系统决定是否应驱动执行器驱动器。

当控制器配置为 1080p 且使用超过 62Hz 的帧速率时，将看不到 XPR 波形。

请注意，如果启用了 XPR 且检测到不稳定的 FSync 或无效配置，则预计固定输出为 1.65V。

要应用此命令，此命令必须后跟一条写入执行显示命令。

### 9.13.1.1 写入参数

设置 XPR 启用模式 (已排队)	
写入参数	
字节	说明
字节 0	XPR 启用模式 0 = XPR 自动 1 = XPR 始终开启 2 = XPR 始终关闭

### 9.13.2 读取 XPR 启用模式 (已排队) (80h)

此命令用于返回当前 XPR 启用模式。

#### 9.13.2.1 返回参数

获取 XPR 启用模式 (已排队)
返回的数据与写入参数的格式相同。

### 9.13.3 写入 XPR 校准模式 (81h)

此命令用于启用要在 XPR 校准期间使用的图像处理绕过模式。

此命令使控制器绕过所有图像处理 (包括 XPR 图像处理) 并在源图像像素和 DMD 上的微镜之间建立一一对应关系。当执行 XPR 校准时，该模式有助于查看 XPR 子帧之间的清晰分割。需要进行 XPR 校准，以便在系统显示每个空间移位子帧图像时确保机械执行器能够实现最佳对齐。

要应用此命令，此命令必须后跟一条写入执行显示命令，以及特殊校准启动界面或外部图像集。

此设置没有读回命令，因为无法退出该绕过模式。要退出绕过模式，需要重新启动系统。

#### 9.13.3.1 写入参数

设置 XPR 校准模式
写入参数
此命令没有写入参数。

### 9.13.4 写入 XPR 执行器位置 (82h)

此命令用于设置 XPR 机械执行器的位置以进行校准。4 路执行器有 24 个可能的机械位置。在使用 TI 提供的 XPR 校准启动界面图像来执行 XPR 校准时使用此命令。

为了使此命令生效，必须启用命令设置 XPR 校准模式。

#### 9.13.4.1 写入参数

设置 XPR 执行器位置	
写入参数	
字节	说明
字节 0	机械位置编号。范围 0 - 23 ( 对于 4 向执行器 ) 和 0 - 1 ( 对于 2 向执行器 ) 。

#### 9.13.5 读取 XPR 执行器位置 (82h)

此命令用于设置 XPR 机械执行器的位置以进行校准。

##### 9.13.5.1 返回参数

获取 XPR 执行器位置
返回的数据与写入参数的格式相同。

#### 9.13.6 写入 XPR 执行器 DAC 增益 (83h)

此命令用于配置执行器波形 0 和 1 的 DAC 增益。

要应用此命令，此命令必须后跟一条写入执行显示命令。

##### 9.13.6.1 写入参数

设置 XPR 执行器 DAC 增益	
写入参数	
字节	说明
字节 0	必须应用命令参数的执行器波形控制通道 0 = 1 1 = 2
字节 1	DAC 增益。范围 0 - 255 格式 u1.7 ( 0 至 1.9921875 ) 范围 = 0.0000 至 1.9921875 格式 = u1.7

#### 9.13.7 读取 XPR 执行器 DAC 增益 (83h)

此命令用于配置执行器波形 0 和 1 的 DAC 增益。

##### 9.13.7.1 读取参数

获取 XPR 执行器 DAC 增益	
读取参数	
字节	说明
字节 0	必须应用命令参数的执行器波形控制通道 0 = 1 1 = 2

### 9.13.7.2 返回参数

获取 XPR 执行器 DAC 增益	
返回参数	
字节	说明
字节 0	DAC 增益。范围 0 - 255 格式 u1.7 ( 0 至 1.9921875 ) 范围 = 0.0000 至 1.9921875 格式 = u1.7

### 9.13.8 写入 XPR 执行器子帧延迟 (84h)

此命令用于配置执行器波形 0 和 1 的子帧延迟。

要应用此命令，此命令必须后跟一条写入执行显示命令。

#### 9.13.8.1 写入参数

设置 XPR 执行器子帧延迟	
写入参数	
字节	说明
字节 0	必须应用命令参数的执行器波形控制通道 0 = 1 1 = 2
字节 1-4	子帧延迟。范围 0 - 4000，单位为微秒 (us) 范围 = 0 至 4000

### 9.13.9 读取 XPR 执行器子帧延迟 (84h)

此命令用于配置执行器波形 0 和 1 的子帧延迟。

#### 9.13.9.1 读取参数

获取 XPR 执行器子帧延迟	
读取参数	
字节	说明
字节 0	必须应用命令参数的执行器波形控制通道 0 = 1 1 = 2

#### 9.13.9.2 返回参数

获取 XPR 执行器子帧延迟	
返回参数	
字节	说明
字节 0-3	子帧延迟。范围 0 - 4000，单位为微秒 (us) 范围 = 0 至 4000

### 9.13.10 写入 XPR 执行器 DAC 偏移 (85h)

此命令用于配置执行器波形 0 和 1 的子帧延迟。



要应用此命令，此命令必须后跟一条写入执行显示命令。

### 9.13.10.1 写入参数

设置 XPR 执行器 DAC 偏移	
写入参数	
字节	说明
字节 0	必须应用命令参数的执行器波形控制通道 0 = 1 1 = 2
字节 1	DAC 偏移。范围 0 至 255 格式 s7.0 ( -128 至 127 ) 范围 = -128 至 127

### 9.13.11 读取 XPR 执行器 DAC 偏移 (85h)

此命令用于配置执行器波形 0 和 1 的子帧延迟。

#### 9.13.11.1 读取参数

获取 XPR 执行器 DAC 偏移	
读取参数	
字节	说明
字节 0	必须应用命令参数的执行器波形控制通道 0 = 1 1 = 2

#### 9.13.11.2 返回参数

获取 XPR 执行器 DAC 偏移	
返回参数	
字节	说明
字节 0	DAC 偏移。范围 0 至 255 格式 s7.0 ( -128 至 127 ) 范围 = -128 至 127

### 9.13.12 写入 XPR 执行器固定输出电平 (86h)

此命令用于配置执行器波形 0 和 1 的固定输出电平。

请注意，如果启用了 XPR 且检测到不稳定的 FSync 或无效配置，则预计固定输出为 1.65V。如果禁用了 XPR 或为启动配置了 1080p 分辨率，则预计输出为 0V。

要应用此命令，此命令必须后跟一条写入执行显示命令。

#### 9.13.12.1 写入参数

设置 XPR 执行器固定输出电平	
写入参数	
字节	说明
字节 0	必须应用命令参数的执行器波形控制通道 0 = 1 1 = 2

设置 XPR 执行器固定输出电平	
写入参数	
字节	说明
字节 1	固定输出电平。范围 0 至 255 格式 s7.0 ( -128 至 127 ) 范围 = -128 至 127

### 9.13.13 读取 XPR 执行器固定输出电平 (86h)

此命令用于配置执行器波形 0 和 1 的固定输出电平。

#### 9.13.13.1 读取参数

获取 XPR 执行器固定输出电平	
读取参数	
字节	说明
字节 0	必须应用命令参数的执行器波形控制通道 0 = 1 1 = 2

#### 9.13.13.2 返回参数

获取 XPR 执行器固定输出电平	
返回参数	
字节	说明
字节 0	固定输出电平。范围 0 至 255 格式 s7.0 ( -128 至 127 ) 范围 = -128 至 127

## 10 用例说明

以下各节提供了有关控制器特定用例的指导。

### 10.1 编程闪存映像过程

要正确更新 DLP® 闪存映像，应在系统通电时执行以下步骤：

1. 转换到引导应用程序 ( 请参阅 [节 8.1.3](#) )。

---

  - a. 

	<b>备注</b>
系统进入引导模式后，必须对闪存映像进行重新编程，因为一旦发生此转换，闪存映像的一个扇区始终会损坏。	
2. 为要根据闪存映像数据进行编程的所有扇区构建校验和列表或字典。
  - a. 有关计算校验和的详细信息，请参阅 [节 7.1.10](#)。
3. 解锁闪存更新操作 ( 请参阅 [节 7.1.4](#) )。
4. ( 可选 ) 根据需要按照以下步骤备份 DLP® 系统上的闪存映像：
  - a. 初始化闪存读写设置 ( 请参阅 [节 7.1.7](#) )，对于闪存写入命令，为起始地址使用 0，为字节数使用 4096 ( 因为将存储整个映像 )。
  - b. 使用读取闪存写入命令 ( 请参阅 [节 7.1.9](#) ) 循环读取并存储整个闪存映像。
5. 按以下步骤完全擦除闪存映像或按扇区擦除：
  - a. 初始化闪存读写设置 ( 请参阅 [节 7.1.7](#) )。
  - b. 循环擦除各个扇区 ( 请参阅 [节 7.1.6](#) ) 或一次擦除整个映像 ( 请参阅 [节 7.1.11](#) )。
6. 按照以下步骤对闪存映像扇区数据进行编程：
  - a. 初始化闪存读写设置 ( 请参阅 [节 7.1.7](#) )。
  - b. 使用写入闪存写入命令将新数据写入闪存 ( 请参阅 [节 7.1.8](#) )。
7. 锁定闪存更新操作 ( 请参阅 [节 7.1.4](#) )。
8. 通过使用读取校验和命令 ( 请参阅 [节 7.1.10](#) ) 循环遍历闪存映像的各个扇区并与步骤 2 中记录的校验和进行比较，来验证校验和是否匹配。
9. 转换到主应用程序 ( 请参阅 [节 8.1.3](#) )。

## 10.2 源设置过程

### 备注

在初始化过程完成之前，控制器不应接收 V-by-One 数据。在初始化完成之前发出 V-by-One 数据可能会危及硬件。

为获得最佳性能，建议执行以下过程来配置源：

1. 通过写入 LED 启用来禁用所有 LED，以隐藏转换痕迹 ( 节 9.6.1 )
2. 设置源配置
  - a. 为 V-by-One 写入 VBO 配置 ( 节 9.4.9 )
  - b. 为启动界面写入启动界面选择 ( 节 9.5.1 )
  - c. 为测试图形写入 TPG 预定义图形 ( 节 9.3.5 ) 或特定 TPG 命令
3. 发送写入执行显示 ( 节 9.7.1 ) 命令
  - a. 此时发出写入执行显示命令可能不是完全必要的，但可以提高下一步中的锁定性能。
4. 通过读取输入源状态检查是否存在源锁定 ( 节 9.4.1 )
5. 设置显示和缓冲区命令，其中包括：
  - a. 写入显示尺寸 ( 已排队 ) ( 节 9.7.7 )
  - b. 写入图像裁剪 ( 已排队 ) ( 节 9.7.5 )
  - c. 写入 XPR 模式 ( 已排队 ) ( 节 9.13.1 )
6. 发送写入执行显示 ( 节 9.7.1 ) 命令
  - a. 建议在继续之前检查读取执行显示状态 ( 节 9.7.2 ) 是否执行成功
7. 通过写入 LED 启用来启用 LED ( 节 9.6.1 )

### 备注

在使用流式 XPR 分辨率时，可能需要调整图像锐度 ( 节 9.9.9 )，以校正阴影或闪烁伪影。默认情况下，该值将设置为 0，这应该是清除这些伪影的最佳选择。如果 XPR 图像上出现任何模糊，则可能需要调整图像锐度以提高性能。

虽然控制器可能支持控制器数据表中所述的时序，但以下标准时序已经过明确验证：

- VESA 1280x720 (60Hz)
- VESA 1920x1080 (60Hz)
- EIA 3840x2160 (30Hz)
- EIA 3840x2160 (50Hz)
- EIA 3840x2160 (60Hz)

### 10.2.1 视频源丢失

如果视频数据突然断开或停止，控制器将继续传输最后收到的有效数据。这可能会导致图像伪影。建议通过控制视频前端或 VBO 状态 ( 请参阅节 9.4.11 ) ( 对于 V-by-One 前端 ) 的主处理器来监控视频源，以确保视频源的状态。如果发现此视频源丢失，建议将该源切换至图像幕布、测试图案或启动界面。

## 10.3 可变刷新率 (VRR)

DLP® 是一种色彩时序系统，与采样保持显示相比，需要相对更长的时间才能“完全”显示帧内容，因为全部 3 种颜色分量都需要一个接一个地显示。这增加了 VRR 可以支持的最小分辨率，因为变化的阶跃将是显示全部三种颜色的最短时间。为了克服这种限制，DLP® 采用了位平面抖动 ( 可以在短时间内显示某个色域的完整帧内容 ) 和滚动缓冲区操作。在低延迟 VRR 模式下运行系统会产生更高的刷新率和更短的颜色整合周期。这将等于或超过奈奎斯特采样频率。该方法可确保没有最小阶跃限制，DLP® 系统仍然可以显示每个帧的完整图像。产生该行为的原因是颜色顺序是循环的。换句话说，系统可以为帧投射 RGB、GBR 或 BRG，并且可以每帧更改，而不会影响屏幕上显示的图像内容。

在非 VRR 情况下，在默认模式下运行时，帧速率不变，因此只要该频率处于定义的频率间隔内，DLPC 就会将序列锁定到帧周期。

## 10.4 3D

为了感知三维图像，控制器按顺序投射不同的左右帧。一个完整的 3D 帧将包含一个左子帧和一个右子帧，通过 3D 眼镜进行显示或阻挡。因此，控制器将以 120Hz 的频率发送帧，使 60Hz 帧能够被感知。为了正确使用，外部触发信号必须驱动到用作左/右帧同步触发器（称为 3DLR 触发器）的 GPIO 中。对于 DLPC8445，该输入为 GPIO\_21。

正确的 3D 视频传输设置如下：

1. 将振荡信号连接到控制器左/右帧同步触发器 GPIO。
2. 引导 DLP® 电路。
3. 设置源并配置 V-by-One。
  - a. 对于 3D，可接受的源是 1080p 100Hz 或 120Hz 帧序列交替流。必须通过视频前端配置序列交替流。
  - b. 有关 V-by-One 源设置的信息，请参阅节 10.2。
4. 根据前端和同步信号发送启用 3D 命令（节 9.4.3）。

---

### 备注

运行 3DLR 触发器时，需要在触发脉冲和 VSYNC 之间使用最短 1 毫秒的间隔来实现稳定锁定。

---

### 备注

测试表明，当消隐等于或超过 144 时，3D 不起作用。

---

## 10.5 高动态范围 (HDR)

为了正确设置 HDR，应执行以下步骤：

1. 确保为所使用的外观启用 HDR。
  - a. 默认情况下外观通常启用 HDR。
2. 设置系统亮度范围设置（节 9.2.3）。典型值介于 0.1 尼特和 400 尼特之间。
3. 设置 HDR 源配置（节 9.2.1）
4. 设置 HDR 强度（写入 HDR 强度设置 (72h)）

## 11 错误代码

下表包含从命令返回的错误代码。此表中缺少的任何代码均为内部错误代码。如果报告了任何未披露的错误，请联系 DLP 工程师。

**表 11-1. 错误代码表**

错误代码表	
错误代码	说明
2	RTP 外设无效
3	闪存操作被锁定
4	系统处于忙状态
5	闪存通信失败
6	闪存 R/W 未初始化
7	参数无效
8	IRAM R/W 未初始化
9	IRAM 通信失败
10	IQC 中止异常
11	IQC 预取异常
12	IQC 未定义异常
13	BootROM CRC 错误
14	闪存超出范围
15	闪存读取超时
16	闪存 SFC 忙
17	闪存 SFC 状态超时
18	闪存状态超时
19	地址无效
20	字节计数无效
21	无效命令类型
22	无效命令格式
23	闪存时钟速率无效
24	闪存写入序列无效
26	操作码无效
27	签名无效
28	命令不匹配
30	有效载荷不匹配
31	无可命令
32	未找到有效命令
33	软件 FIFO 满
34	TXFIFO 已满
36	RTP GPIO 引脚访问无效
37	RTP GPIO 双重用途引脚访问无效
38	SSF 外设无效
39	SSF 引导配置类型无效
40	DDP 标志 ID 无效
41	输入参数错误类型无效
42	RTP GPT 错误
43	闪存表 ID 错误
44	闪存表被锁定
617	I2C 从器件挂起

表 11-1. 错误代码表 (续)

错误代码表	
801	UART 端口无效
802	UART 波特率无效
803	UART 奇偶校验无效
804	UART 数据位无效
805	UART 停止位无效
806	UART 流控制无效
807	UART RX 触发电平无效
808	UART TX 触发电平无效
809	UART 端口被禁用
810	UART 帧错误
811	UART 奇偶校验错误
812	UART 线中止错误
813	UART 溢出错误
814	UART 超时
815	UART 意外错误
817	UART 组超时无效
818	UART RX 数据极性无效
819	UART 功能在此模式下无效
820	UART 端口正在使用中
821	UART 流程控制无效
822	UART RX 数据源无效
1001	SSP 端口无效
1002	SSP 端口被禁用
1003	SSP 端口模式无效
1004	SSP 双工无效
1005	SSP 传输模式无效
1006	SSP 芯片选择无效的
1007	SSP 数据位无效
1008	SSP 时钟速率无效
1009	SPI 时钟极性无效
1010	SPI 时钟相位无效
1011	SSP 超时
1012	SSP 接收超限错误
1013	SSP 组超时无效
1014	SSP 组事件失败
1015	SSP 意外错误
1016	SSP 自动传输大小无效
1017	SSP DS 未组装
1018	SSP 协议无效
1019	SSP 字节数无效
1201	SPI 未启用
1202	SPI 辅助端口无效
1203	SPI 端口芯片选择无效
1204	SPI 监听命令无效

**表 11-1. 错误代码表 (续)**

错误代码表	
1401	USB 端点号无效
1402	USB 数据包大小无效
1403	USB 端点类型无效
1404	USB 一个或多个参数无效
1405	USB 器件超时
1406	没有可分配的空闲硬件端点
1407	USB 器件未就绪
1901	找不到有效的闪存表
1902	闪存初始化失败
1903	提供的索引 BIGGER_THAN 闪存中存在的块实例数
1904	提供的 BlockType 无效
1905	应用程序二进制文件和闪存表的修订版本不匹配
2201	未配置 DLPA 器件
2202	DLPA SSP 芯片选择冲突
2203	无法对只读 DLPA 寄存器进行写入
2204	DLPA 寄存器访问无效
2205	DLPA 寄存器超出范围值
2206	DLPA 器件索引超出范围
2207	DLPA 照明驱动电平超出范围
2208	DLPA 照明驱动通道超出范围
2209	DLPA 器件 ID 无效
2210	DLPA 器件类型不正确
2211	DLPA 器件数量超出范围
2212	DLPA 功能不受支持
2214	检测到 DLPA 故障情况
2215	检测到 DLPA 照明故障
2619	闪存中不存在 SRC VBO 配置块
2620	选择的 VBO 通道数无效。有效的通道模式配置为 1、2、4 和 8
2621	选择的 VBO 字节模式无效。有效的字节模式配置为 3 字节、4 字节和 5 字节
2622	选择的 VBO 数据映射无效
2623	选择的 VBO FRange 无效
2624	通道映射无效。VBO 通道配置应遵循 1-1 映射
3402	显示源无效
3403	显示宽度大于有效最大宽度
3404	显示第一个像素加宽度大于有效最大宽度
3405	显示第一行加高度大于有效最大高度
3406	显示第一行加高度大于有效最大高度
3407	显示宽度小于有效最小宽度
3408	显示高度小于有效最小高度
3409	裁剪宽度大于图像宽度
3410	裁剪第一个像素加裁剪宽度大于图像宽度
3411	裁剪高度大于图像高度
3412	裁剪第一行加裁剪行大于图像高度
3413	裁剪宽度小于有效最小裁剪宽度
3414	裁剪高度小于有效最小裁剪高度



表 11-1. 错误代码表 (续)

错误代码表	
3415	输入图像宽度大于有效图像宽度
3416	输入图像高度大于有效图像高度
3417	输入图像宽度小于有效图像宽度
3418	输入图像高度小于有效图像高度
3430	源显示分辨率不匹配
3431	显示颜色无效
3432	变形计算错误
3433	显示的 XPR 模式不受支持
3434	帧同步无效或不存在
3435	缩放操作的帧时序不受支持
3501	输入水平分辨率小于允许的最小值
3502	输入水平分辨率大于允许的最大值
3503	输入垂直分辨率小于允许的最小值
3504	输入垂直分辨率大于允许的最小值
3505	对于变形, 仅支持梯形校正特性
3506	启用变形后, 不支持图像旋转
3507	扭曲被禁用
3508	对于提供的梯形角, 角坐标不能为负值或超过显示分辨率
3509	对于提供的梯形角, 两个角坐标相同, 这不受支持
3510	无法从角读取角度, 只能从角度和光学参数输入读取角
3511	无法从角读取光学参数, 只能从角度和光学参数输入读取角
3512	提供的梯形角度超出解决方案空间
3513	提供的投射比输入不受支持
3514	提供的垂直偏移输入不受支持
3515	提供的梯形角度输入超出 DMD 的范围
3516	提供的梯形角输入会产生扭曲的图像或超出 DMD 范围
3517	提供的左上角输入不受支持
3518	提供的右上角输入不受支持
3519	提供的左下角输入不受支持
3520	提供的右下角输入不受支持
3521	对于提供的梯形角, 角坐标不能为负值或超过显示分辨率
3522	为梯形校正操作提供的输入或显示分辨率不受支持
3523	变形算法计算错误
3524	变形算法计算错误
3525	变形算法计算错误
3818	在启用 DMD 电源之前 DMD 未停止
3819	在启用 DMD 电源之前启用了序列
3820	启用 DMD 低速接口失败
3821	DMD 低速接口通信错误
3822	DMD 保险丝读取错误
3823	DMD 对于在系统中检测到的配置无效
3824	启用 DMD 电压失败
3825	向 DMD 发送全局 VBIAS 命令失败
3826	DMD 高速接口上电失败
3827	DMD 高速接口通信错误

**表 11-1. 错误代码表 (续)**

错误代码表	
3828	解除停止 DMD 微镜失败
3829	停止 DMD 微镜失败
3830	DMD 高速接口断电失败
3831	禁用 DMD 低速接口失败
3832	禁用 DMD 电压失败
3833	True Global 在 DMD 中受不支持
3834	在更改 True Global 模式之前, DMD 已上电
3835	DMD 时钟设置失败
3836	在 DMD 上电之前, 控制器无效或尚未经过验证
3837	微镜保护电路初始化失败
3838	DMD 器件 ID 不匹配
4001	选择的外观索引 BIGGER_THAN 固件中的外观数量
4002	当前外观中不存在选择的源类型
4003	当前外观/源中不存在选择的照明器
4004	所需的颜色时间在当前外观/源/FrameRateBin 中无效
4018	序列启动未在内部触发
4019	输入 Vsync 未提供明确定义的 Vsync
4020	输入帧速率在任何现有分级中都不受支持
4021	选择的源类型不支持离散 DC
4022	在闪存中指定的黑暗时间百分比小于 TI 指定的最小值
4023	未找到设置系统亮度分级
4024	设置占空比超出范围
4901	选择的源在 TPG 启动界面外部源中不受支持
4902	未找到 Composer 工程中的配置块
4903	图像处理 YCbCr 参数无效
4904	图像处理输入参数超出范围
4905	色相饱和度增益输入参数超出范围
4906	CCA 值导致未成功测量的亮度不等于 1 或计算错误
4907	HDR 配置无效或超出范围
4908	Composer 工程中未启用 HDR
4909	未通过命令设置系统亮度
4910	配置问题。HDR 被禁用
5201	图形编号的值无效
5202	指定的边框宽度太大
5203	斜坡配置无效
5204	与当前测试图形不匹配
5205	水平分辨率无效
5206	垂直分辨率无效
5207	水平沿无效
5208	垂直沿无效
5209	帧速率的值无效
5210	颜色值不正确
5211	未成功接收到 AOM 数据
5212	超过的像素时钟大于最大限值
5213	当前测试图形的参数无效

表 11-1. 错误代码表 (续)

错误代码表	
5301	启动界面宽度超出有效范围
5302	启动界面高度超出有效范围
5304	像素格式无效。仅 RGB 888、RGB 565 和 YUV 422 像素格式有效
5305	使用 FDMA 无法正确地将启动界面图像从闪存传输到邮箱
5306	无法从 AOM 获取缓冲器模式
5307	设置了启动界面以外的源
5308	尝试访问的启动界面索引无效
5311	启动界面图像的水平前沿超出有效范围
5312	未设置启动界面索引
5313	为内部 FGen 设置的帧速率超出有效范围
5401	系统中不存在块
5402	SSI 通道值超过 6
5403	颜色的 SSI 最小驱动电平超过最大驱动电平值
5404	PMIC 类型无效 ( $\geq 3$ )
5405	LED 连接错误
8000	产品配置错误
12000	WPC 配置无效或不可用
12001	LED 和/或传感器的 WPC 校准数据无效或不可用
12002	启用了 WPC 功能以执行该操作，首先需要禁用 WPC 功能
12003	禁用了 WPC 功能以执行该操作，首先需要启用 WPC 功能
12004	WPC 传感器初始化失败。这可能是由于缺少传感器或传感器配置无效
12005	WPC 传感器同步信号初始化失败
12006	无法读取 WPC 传感器输出
12008	WPC 计算的 DC 未就绪。需要启用 WPC 功能才能读取计算的占空比
12009	WPC 校准矩阵计算失败
12010	WPC 系统色点未就绪。需要启用 WPC 功能才能读取系统色点
12011	WPC 计算的 DC 未就绪。需要启用 WPC 功能才能读取计算的占空比
12012	WPC 计时器配置失败
12013	WPC 目标白点无效或未设置
12014	系统中禁用了 WPC 功能
12015	WPC 目标色点增益不应大于 0
12016	指定的 LED 类型无效
12201	DB 初始化失败
12202	DB 配置无效或不可用
12203	系统中禁用了 DB 功能
12204	DB 配置无效或不可用
12205	系统中禁用了 DB 功能
12206	禁用了 DB 功能以执行该操作，首先需要启用 DB 功能
12207	未完全处理 DB 输出
12208	DB 配置无效
12401	照明配置无效或不可用
12402	占空比无效或不在支持的范围内
12403	占空比无效或不在支持的范围内
12404	自动电流调节已启用，不允许进行手动更新
12405	占空比由 WPC 功能控制，不允许进行手动占空比调整

**表 11-1. 错误代码表 (续)**

错误代码表	
12406	系统在离散 DC 模式下运行，仅可通过支持的离散 DC 集选择占空比
12407	系统在 DC 范围模式下运行，不允许进行离散 DC 索引选择
12408	设置的电流电平无效
12409	设置的占空比无效
12410	尚未处理电流调整
12411	电流调整失败
12412	无法处理占空比调整
12601	传感器类型不受支持
12602	传感器初始化失败
12603	从传感器读取的芯片 ID 不正确
12604	无法与传感器通信
12605	提供的传感器 I2C 端口无效
12606	提供的传感器配置无效
12607	来自传感器的数据尚未就绪
12701	热敏电阻不可用
12720	EEPROM I2C 端口无效
12721	EEPROM 驱动器故障
12722	EEPROM 地址无效
12723	EEPROM I2C 信标获取失败
12724	EEPROM I2C API 调用错误
12725	EEPROM 器件类型无效
12726	EEPROM 暂存区读取大小应介于 1 字节和 2048 字节之间
13000	EEPROM 初始化失败
13001	EEPROM 通信失败
13002	辅助 EEPROM 初始化超时
13003	提供的偏移无效
13004	运行时数据写入被禁用
13005	EEPROM 写入操作失败
13006	EEPROM 读取操作失败
13007	在使用默认模式时请求无效
13008	EEPROM 中不存在请求的校准数据块
13009	数据管理器无法在数据存储模式设置为闪存时更新提交模式
13010	与辅助 EEPROM 通信失败
13011	闪存扇区读取失败
13012	闪存扇区擦除失败
13013	闪存扇区写入失败
13014	超出闪存设置覆盖限值
32767	无效/超出范围错误类型

## 12 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

---

**Changes from AUGUST 24, 2024 to NOVEMBER 30, 2024 (from Revision \* (August 2024) to Revision A (November 2024))**

**Page**

- 
- 添加了 VRR 启用 ( 已排队 ) 命令.....3
  - 编辑了命令说明.....3
-

## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司