

## 摘要

本文详细介绍了基于 DLPC143x DLP® Pico™ 3D 打印技术的系统的软件接口要求。DLPC143x DLP Pico 3D 打印控制器借助 DLP300S 或 DLP301S DMD 芯片来支持各种 3D 打印应用。

## 内容

<b>1 引言</b> .....	3
<b>2 系统概述</b> .....	4
2.1 初始化.....	4
2.2 I <sup>2</sup> C 接口规范.....	4
<b>3 系统写入/读取命令</b> .....	5
概述.....	5
3.1 常规操作命令.....	8
3.2 照明控制命令.....	26
3.3 3D 打印命令.....	31
3.4 一般设置命令.....	40
3.5 FPGA Commands.....	49
3.6 闪存更新命令.....	59
<b>4 SPI 数据传输</b> .....	66
4.1 SPI 像素视频规范.....	66
4.2 SPI 数据格式.....	66

## 插图清单

图 2-1. HOST_IRQ 时序图.....	4
图 3-1. 固定步长垂直斜坡测试图形示例.....	12
图 3-2. 水平线测试图形示例.....	12
图 3-3. 垂直线测试图形示例.....	12
图 3-4. 对角线测试图形示例.....	13
图 3-5. 网格线测试图形示例.....	13
图 3-6. 棋盘测试图形示例.....	13
图 3-7. 短轴翻转.....	18
图 3-8. 长轴翻转.....	18
图 3-9. 系统温度的位顺序和定义.....	47

## 表格清单

表 2-1. I <sup>2</sup> C 写入和读取事务.....	4
表 3-1. 系统写入/读取软件命令列表.....	5
表 3-2. 前景和背景颜色使用.....	10
表 3-3. 参数 1-4 的说明和位分配.....	10
表 3-4. 根据图形选择而需要的字节数量.....	11
表 3-5. 启动界面标题定义.....	17
表 3-6. 可能会因使用图像冻结功能而受益的部分命令列表.....	22
表 3-7. 使用图像冻结功能的测试图形发生器示例.....	22
表 3-8. 不能用在批处理文件中的命令列表.....	24
表 3-9. DMD 器件 ID 参考表.....	46
表 4-1. SPI 数据流格式.....	66
表 4-2. SPI 数据流命令.....	66

表 4-3. SPI 数据流行和列索引位 (8 - 39).....	67
表 4-4. SPI 数据第一次传输.....	67
表 4-5. SPI 数据第 N 次传输.....	67
表 4-6. SPI 数据最后一次传输.....	67

## 商标

Pico™ is a trademark of Texas Instruments.

DLP® is a registered trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 引言

DLPC143x 具有三种可在 3D 打印应用中使用的模式：

- 用于故障排除的测试图形发生器模式
- 启动界面图形模式
- 外部打印模式
- 待机模式

外部打印模式会显示以下图形数据：FPGA 设备上存储或通过 FPGA 设备流化的图形数据，或者直接输入 DLPC 并行数据引脚的图形数据。

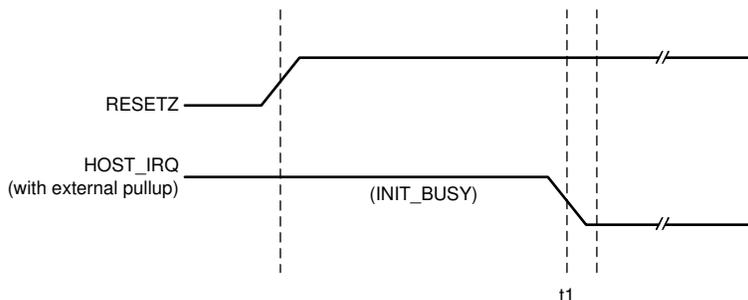
启动界面模式会显示以图像形式存储在闪存中的 2D 图形。

## 2 系统概述

### 2.1 初始化

DLPC143x 采用引导 ROM 及关联的启动软件。此常驻启动代码包含所需的最少代码，用于将软件从闪存载入内部 RAM 以供执行。对于大多数 DLPC143x 产品配置，外部闪存设备可以存储主应用程序代码，以及系统正常运行所需的其他配置和操作数据。

HOST\_IRQ 信号提供了 DLPC143x 系统上电时的系统初始化完成状态。在 PROJ\_ON 为高电平时，HOST\_IRQ 会通过外部上拉电阻变为三态。在施加 RESETZ 后，控制器会在初始化期间将 HOST\_IRQ 驱动为高电平，然后在初始化完成后将其驱动为低电平。初始化周期由引导配置决定，并会因系统而异。



t1 : HOST\_IRQ 的第一个下降沿指示自动初始化完成

图 2-1. HOST\_IRQ 时序图

#### 备注

确保在 HOST\_IRQ 变为低电平之前，不会开始通过 I<sup>2</sup>C 访问 DLPC143x。在 HOST\_IRQ 为低电平时期间发送 I<sup>2</sup>C 命令可以防止系统启动。

### 2.2 I<sup>2</sup>C 接口规范

与 DLPC143x 进行通信所用的协议包括符合 Philips I<sup>2</sup>C 规范且频率高达 100kHz 的串行数据总线。命令会使用 I<sup>2</sup>C 执行，其中 DLPC143x 用作目标器件。

表 2-1 展示了写入和读取所支持的 I<sup>2</sup>C 事务类型。I<sup>2</sup>C 接口支持可变大小的事务（即以可变字节数量作为参数），具体取决于命令。下一节中列出并讨论了受支持的命令。

表 2-1. I<sup>2</sup>C 写入和读取事务

传输	地址 (一个字节) <sup>(1)</sup>	子地址 (一个字节) <sup>(2)</sup>	其余数据字节 <sup>(3)</sup>
写入或读取请求	36h (或 3Ah)	命令操作码	参数值 (0 → N 个字节)
读取响应	37h (或 3Bh)		

(1) 该地址对应于控制器的芯片地址。默认地址为 36h，如果需要备用地址，请联系 TI。

(2) 该子地址对应于一个命令。

(3) 该数据（若存在）对应于任何所需的命令参数。

标准参数字节格式如下所示：

msb	参数字节						lsb
b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0

### 3 系统写入/读取命令

#### 概述

表 3-1. 系统写入/读取软件命令列表

命令类型	命令描述	操作码 (十六进制)	参考章节
<b>常规操作命令</b>			
写入	写入工作模式选择	05	节 3.1.1
读取	读取工作模式选择	06	节 3.1.2
写入	写入测试图形选择	0B	节 3.1.3
读取	读取测试图形选择	0C	节 3.1.4
写入	写入启动界面选择	0D	节 3.1.5
读取	读取启动界面选择	0E	节 3.1.6
读取	读取启动界面标题	0F	节 3.1.7
写入	写入显示图像方向	14	节 3.1.8
读取	读取显示图像方向	15	节 3.1.9
写入	写入显示图像幕布	16	节 3.1.10
读取	读取显示图像幕布	17	节 3.1.11
写入	写入图像冻结	1A	节 3.1.12
读取	读取图像冻结	1B	节 3.1.13
写入	写入执行批处理文件	2D	节 3.1.14
写入	写入启动界面执行	35	节 3.1.15
<b>照明控制命令</b>			
写入	写入照明器 LED 启用	52	节 3.2.1
读取	读取照明器 LED 启用	53	节 3.2.2
写入	写入照明器 LED 电流 PWM	54	节 3.2.3
读取	读取照明器 LED 电流 PWM	55	节 3.2.4
写入	写入照明器 LED 最大电流 PWM	5C	节 3.2.5
读取	读取照明器 LED 最大电流 PWM	5D	节 3.2.6
<b>3D 打印命令</b>			
写入	写入触发输出配置	92	节 3.3.3
读取	读取触发输出配置	93	节 3.3.4
读取	读取光控制序列版本	9B	节 3.3.5
写入	写入外部打印配置	A8	节 3.3.6
读取	读取外部打印配置	A9	节 3.3.7
写入	写入外部打印控制	C1	节 3.3.8
读取	读取外部打印控制	C2	节 3.3.9
写入	写入并行视频	C3	节 3.3.10
读取	读取并行视频	C4	节 3.3.11
写入	写入活跃缓冲器	C5	节 3.3.12
读取	读取活跃缓冲器	C6	节 3.3.13
写入	写入 FPGA 控制	CA	节 3.3.14
读取	读取 FPGA 控制	CB	节 3.3.15
读取	读取 FPGA SPI CRC16	CE	节 3.3.16
<b>管理命令</b>			
读取	读取短暂状态	D0	节 3.4.1.1
读取	读取系统状态	D1	节 3.4.1.2

表 3-1. 系统写入/读取软件命令列表 (continued)

命令类型	命令描述	操作码 (十六进制)	参考章节
读取	读取系统软件版本	D2	节 3.4.1.3
读取	读取通信状态	D3	节 3.4.1.4
读取	读取控制器器件 ID	D4	节 3.4.1.5
读取	读取 DMD 器件 ID	D5	节 3.4.1.6
读取	读取系统温度	D6	节 3.4.1.7
读取	读取闪存构建版本	D9	节 3.4.1.8
写入	写入闪存批处理文件延迟	DB	节 3.4.1.9
<b>FPGA 命令</b>			
读取	读取 FPGA 版本	64	节 3.5.1
读取	读取 FPGA 状态	6F	节 3.5.2
写入	写入 FPGA TPG	67	节 3.5.3
读取	读取 FPGA TPG	68	节 3.5.4
<b>激励器命令</b>			
写入	写入激励器延迟	70	节 3.5.5.1
读取	读取激励器延迟	71	节 3.5.5.2
写入	写入激励器增益	72	节 3.5.5.3
读取	读取激励器增益	73	节 3.5.5.4
写入	写入激励器段长度	74	节 3.5.5.5
读取	读取激励器段长度	75	节 3.5.5.6
写入	写入激励器子帧延迟	76	节 3.5.5.7
读取	读取激励器子帧延迟	77	节 3.5.5.8
写入	写入激励器偏移	78	节 3.5.5.9
读取	读取激励器偏移	79	节 3.5.5.10
写入	写入激励器配置选择	A2	节 3.5.5.11
读取	读取激励器配置选择	A3	节 3.5.5.12
写入	写入激励器固定输出电平	A4	节 3.5.5.13
读取	读取激励器固定输出电平	A5	节 3.5.5.14
写入	写入激励器段数	A6	节 3.5.5.15
读取	读取激励器段数	A7	节 3.5.5.16
写入	写入激励器输出选择	AA	节 3.5.5.17
读取	读取激励器输出选择	AB	节 3.5.5.18
读取	读取激励器控制	AF	节 3.5.5.19
读取	读取激励器温度	C7	节 3.5.5.20
写入	写入激励器方向	C8	节 3.5.5.21
读取	读取激励器方向	C9	节 3.5.5.22
<b>闪存更新命令</b>			
读取	读取闪存更新预检验	DDh	节 3.6.1
写入	写入闪存数据类型选择	DEh	节 3.6.2
写入	写入闪存数据长度	DFh	节 3.6.3
写入	写入擦除闪存数据	E0h	节 3.6.4
写入	写入闪存开始	E1h	节 3.6.5
写入	写入闪存继续	E2h	节 3.6.6
读取	读取闪存开始	E3h	节 3.6.7

**表 3-1. 系统写入/读取软件命令列表 (continued)**

命令类型	命令描述	操作码 (十六进制)	参考章节
读取	读取闪存继续	E4h	<a href="#">节 3.6.8</a>

以下各节将详细介绍上面列出的每条命令。

### 3.1 常规操作命令

#### 3.1.1 写入工作模式选择 (05h)

此命令用于选择系统的工作模式。

##### 3.1.1.1 写入参数

字节 1	工作模式
00h	保留
01h	显示 - 测试图形发生器模式
02h	显示 - 启动界面模式
03h - 05h	保留
06h	3D 打印 - 外部打印模式
07h - FEh	保留
FFh	待机模式

待机模式会禁用照明功率并以 50-50 刷新占空比设置 DMD，其中镜片会在 50% 的时间处于打开状态并在其余时间处于关闭状态。该 50-50 刷新状态有助于延长 DMD 的寿命。

其他工作模式都带有关联的命令，这些命令仅适用于对应的模式，并且必须运行才能正确配置所选的模式。下面列出了相关的命令：

- 显示 - 测试图形发生器：
  - 写入测试图形选择 (0Bh) - 节 3.1.3
- 显示 - 启动界面：
  - 写入启动界面选择 (0Dh) - 节 3.1.5
  - 写入启动界面执行 (35h) - 节 3.1.15
- 显示 - 外部打印模式
  - 按照节 3.3.1 (对于不含 FPGA 的配置) 或节 3.3.2 (对于包含 FPGA 的配置) 所述的步骤进行操作，确保正确使用此模式。

建议在发送写入工作模式选择命令之前，先发送与源相关的命令。这类命令 (写入启动界面执行除外) 描述了相关源的独特特性，在定义这些设置后，它们会以易失方式进行存储。如果在源并未处于活跃状态时发送源相关命令，控制器软件会保存新设置，但不会执行这些命令。当相应源变为处于活跃状态 (通过写入工作模式选择命令实现) 时，控制器会应用这些设置。每次选择一种工作模式时，系统都会检索之前定义的设置并自动应用这些设置。因此，只有首次需要定义源时，或者需要更改该端口的源特性时，用户才需要发送这些相关命令。请务必注意，当源特性发生变化时，必须更新适用的相关命令。

请参阅写入图像冻结 (节 3.1.12.1)，以了解如何在选择输入源时隐藏屏幕上的伪影。

#### 3.1.2 读取工作模式选择 (06h)

此命令用于读取系统的工作模式。

##### 3.1.2.1 读取参数

此命令没有参数。

##### 3.1.2.2 返回参数

字节 1	工作模式
00h	保留
01h	显示 - 测试图形发生器模式
02h	显示 - 启动界面模式
03h - 05h	保留
06h	3D 打印 - 外部打印模式
07h - FEh	保留

字节 1	工作模式
FFh	待机模式

- 1.此命令可以在所有工作模式下使用，不会影响当前的系统配置。
- 2.在此命令之后发出的任何命令都需要等待 **System\_Ready**。

### 3.1.3 写入测试图形选择 (0Bh)

此命令用于指定显示模块上待显示的内部测试图形。

#### 3.1.3.1 写入参数

参数字节	说明
字节 1	测试图形发生器 (TPG) 图形选择
字节 2	保留
字节 3	参数 1 ( 请参阅表 3-3 )
字节 4	参数 2 ( 请参阅表 3-3 )
字节 5	参数 3 ( 请参阅表 3-3 )
字节 6	参数 4 ( 请参阅表 3-3 )

字节 1	TPG 图形选择	
b(7)	测试图案边框 :	b(3:0) 图形选择 :
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 00h : 禁用</li> <li>• 01h : 启用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 00h : 纯色域</li> <li>• 01h : 固定步长水平斜坡</li> <li>• 02h : 固定步长垂直斜坡</li> <li>• 03h : 水平线</li> <li>• 04h : 对角线</li> <li>• 05h : 垂直线</li> <li>• 06h : 水平网格和垂直网格</li> <li>• 07h : 棋盘格</li> <li>• 08h : 色条</li> <li>• 09h-0Fh : 保留</li> </ul>
b(6:4)	保留	

表 3-2. 前景和背景颜色使用

图形	字节 2	
	前景颜色	背景颜色
纯色域	是	否
固定步长水平斜坡	是	否
固定步长垂直斜坡	是	否
水平线	是	是
垂直线	是	是
对角线	是	是
网格线	是	是
棋盘格	是	是

表 3-3. 参数 1-4 的说明和位分配

图形	字节 6 ( 参数 4 )		字节 5 ( 参数 3 )		字节 4 ( 参数 2 )		字节 3 ( 参数 1 )	
	说明	位	说明	位	说明	位	说明	位
纯色域	不适用		不适用		不适用		不适用	
固定步长水平斜坡	不适用		不适用		最亮像素值	8	最暗像素值	8
固定步长垂直斜坡	不适用		不适用		最亮像素值	8	最暗像素值	8
水平线	不适用		不适用		背景线宽	8	前景线宽	8
垂直线	不适用		不适用		背景线宽	8	前景线宽	8
对角线	不适用		不适用		垂直间距	8	水平间距	8
网格线	垂直背景线宽	8	垂直前景线宽	8	水平背景线宽	8	水平前景线宽	8

表 3-3. 参数 1-4 的说明和位分配 (continued)

图形	字节 6 (参数 4)		字节 5 (参数 3)		字节 4 (参数 2)		字节 3 (参数 1)	
	说明	位	说明	位	说明	位	说明	位
棋盘格	垂直棋盘格数量 (MSB)	3	垂直棋盘格数量 (LSB)	8	水平棋盘格数量 (MSB)	3	水平棋盘格数量 (LSB)	8
色条	不适用		不适用		不适用		不适用	

1. 此命令与写入工作模式选择命令 (节 3.1.1) 结合使用。此命令指定当写入工作模式选择命令选择“测试图形发生器”作为图像源时要显示的测试图形。控制器会保留此命令的设置，直到使用此命令进行了更改。控制器会在每次选择“测试图形发生器”时自动应用这些设置。
2. 批处理文件 (节 3.1.14) 可以在闪存中创建和存储，并用于调用预定义测试图形的设置。
3. 测试图形边框选项会在指定的测试图形周围创建单个像素高宽的白色边框。
4. 用户务必要查看“写入工作模式选择”命令 (节 3.1.1) 的注释，以便了解源相关命令的概念。此概念确定系统何时执行源相关命令。请注意，此命令是一个源相关命令。
5. 不使用前景或背景颜色时，控制器会忽略相应位的值。要使用的参数字节数量取决于所选图形。表 3-4 展示了根据指定图形而要使用的字节数量。

表 3-4. 根据图形选择而需要的字节数量

指定的图形	纯色域	固定步长水平斜坡	固定步长垂直斜坡	水平线	垂直线	对角线	网格线	棋盘格	色条
所需的字节数	2	4	4	4	4	4	6	6	1

6. 固定步长垂直斜坡图形的颜色使用前景颜色来指定。正如表 3-3 中所述，用户指定了斜坡的起始值和终止值。对于此图形，系统会自动根据显示 (DMD) 的起始值和终止值以及尺寸来确定步长。最小起始值为 0，最大终止值为 255，起始值必须始终小于终止值。例如，如果起始值为 0，终止值为 255，并且 DMD 分辨率为 768 高，那么步长为 3 (768 像素/256 值 = 3)。因此，从 0 到 255 的每个值都具有 3 个像素的步长 (这样每个步长都包含 3 行具有相同灰度值的像素)。对于起始值和终止值之间的每个步长，灰度值始终以 1 递增。图 3-1 展示了一个固定步长垂直斜坡图形示例。



图 3-1. 固定步长垂直斜坡测试图形示例

7. 水平线图形的颜色使用前景颜色和背景颜色来指定。前景颜色用于水平线，背景颜色用于线条之间的空间。正如表 3-3 中所述，用户指定了前景线宽和背景线宽。用户必须确定每个分辨率显示的线条间距。例如，如果前景线宽为 1，并且背景线宽为 9，则每十行存在一条单像素水平线。图 3-2 展示了一个水平线图形示例。

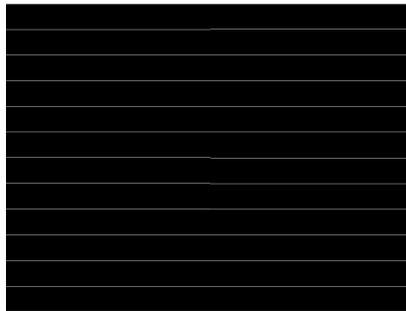


图 3-2. 水平线测试图形示例

8. 垂直线图形的颜色使用前景颜色和背景颜色来指定。前景颜色用于垂直线，背景颜色用于线条之间的空间。正如表 3-3 中所述，用户指定了前景线宽和背景线宽。用户必须确定每个分辨率显示的线条间距。例如，如果前景线宽为 1，并且背景线宽为 9，则每十行存在一条单像素垂直线。图 3-3 展示了一个垂直线图形示例。

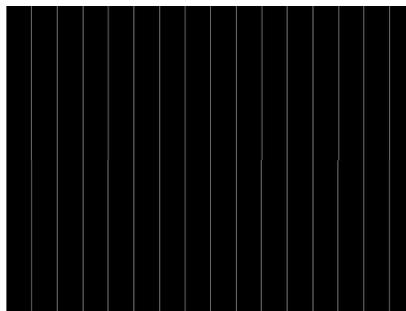


图 3-3. 垂直线测试图形示例

9. 对角线图形的颜色使用前景颜色和背景颜色来指定。前景颜色用于对角线，背景颜色用于线条之间的空间。正如表 3-3 中所述，用户指定了水平线间距和垂直线间距。线宽始终为一个像素。用户负责确定每个分辨率显示的线条间距。水平线间距和垂直线间距都必须使用相同的值，并仅限于 3、7、15、31、63、127 和 255。无效值会导致通信错误（无效命令参数）。图 3-4 展示了一个对角线图形示例。

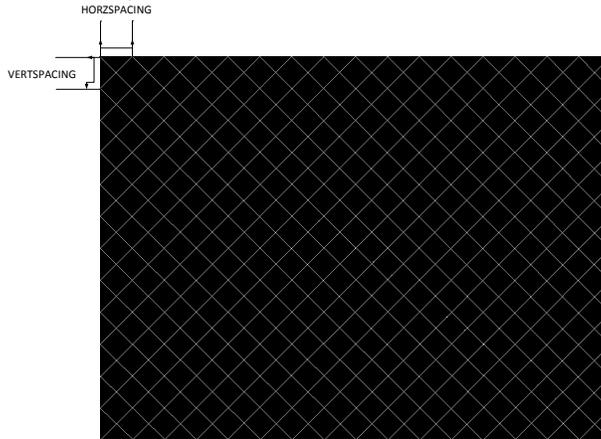


图 3-4. 对角线测试图形示例

10. 网格线图形的颜色使用前景颜色和背景颜色来指定。前景颜色用于网格线，背景颜色用于线条之间的空间。正如表 3-3 中所述，用户指定了水平前景和背景线宽，以及垂直前景和背景线宽。用户负责确定每个分辨率显示的线条间距。例如，如果水平前景线宽为 1，并且背景线宽为 9，则每十行存在一条单像素水平线。如果垂直前景线宽为 1，并且背景线宽为 9，则每十行存在一条单像素垂直线。图 3-5 展示了一个网格线图形示例。

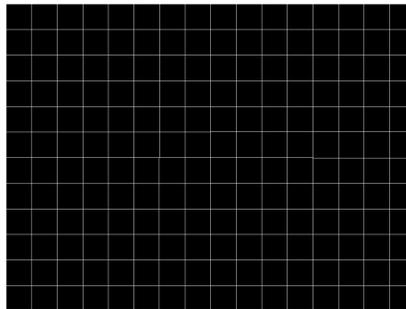


图 3-5. 网格线测试图形示例

11. 棋盘图形的颜色使用前景颜色和背景颜色来指定。前景颜色用于其中一些棋盘格，而背景颜色用于交错的棋盘格。正如表 3-3 中所述，用户指定了水平棋盘格数量和垂直棋盘格数量。对于此图形，系统会自动根据棋盘格数量和显示 (DMD) 尺寸来确定每个方向上的棋盘格尺寸。例如，如果水平棋盘格数量为 4，垂直棋盘格数量为 4，并且 DMD 分辨率为 1280x720，则水平棋盘格尺寸为 320 像素，而垂直棋盘格尺寸为 180 像素 (1280 像素/4 棋盘格 = 320 像素；720 像素/4 棋盘格 = 180 像素)。图 3-6 展示了一个棋盘图形 (16 × 12 个棋盘格) 示例。

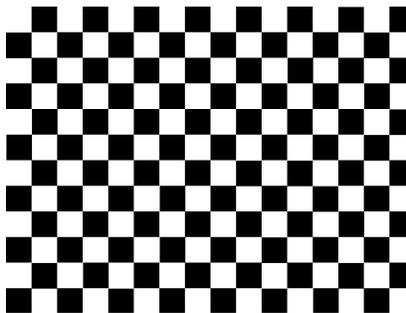


图 3-6. 棋盘测试图形示例

### 3.1.4 读取测试图形选择 (0Ch)

此命令用于读取为显示模块而选择的测试图形的状态。

#### 3.1.4.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.1.4.2 返回参数

参数字节	说明
字节 1	TPG 图形选择
字节 2	前景和背景颜色 ( 请参阅表 3-2 )
字节 3	参数 1 ( 请参阅表 3-3 )
字节 4	参数 2 ( 请参阅表 3-3 )
字节 5	参数 3 ( 请参阅表 3-3 )
字节 6	参数 4 ( 请参阅表 3-3 )

此命令始终会返回六个字节，因为在选择图形之前，主机并不知道有多少字节是有效的。所有不必要的字节 ( 请参阅表 3-4 ) 都会设为 0。

### 3.1.5 写入启动界面选择 (0Dh)

#### 3.1.5.1 写入

此命令用于从存储器中选择要显示的启动界面。

#### 3.1.5.2 写入参数 (0Dh)

参数字节	说明
字节 1	启动界面参考编号 ( 整数 )

1. 此命令与 [写入工作模式选择 \( 节 3.1.1 \)](#) 和 [写入启动界面执行 \( 节 3.1.15 \)](#) 命令结合使用。它指定了 **输入源选择** 命令选择启动界面作为图像源时要显示的启动界面。控制器会保留此命令的设置，直到使用此命令进行了更改。
2. 显示启动界面所需的步骤如下：选择所需的启动界面 ( 此命令 )，将输入源更改为启动界面 ( 使用 [写入工作模式选择](#) )，并开始启动界面检索流程 ( 使用 [写入启动界面执行](#) )。
3. 启动界面是一个唯一源，因为它从闪存中读取并会一次性发送到控制器的下游处理路径，它存储在内存中，并在处理路径结束时显示。因此，用户必须先设置 **所有图像处理设置 ( 例如图像裁剪、图像方向、显示尺寸、启动界面选择、外观选择、启动界面作为输入源 )**，然后再执行“写入启动界面执行”命令。
4. 用户务必要查看“写入工作模式选择”命令 ( [节 3.1.1](#) ) 的注释，以便了解源相关命令的概念。此概念确定系统何时执行源相关命令。请注意，此命令是一个源相关命令。
5. 启动界面的可用情况受到闪存中空闲空间的限制。
6. 所有启动界面都必须为 **横向** 模式。
7. 在启动界面为活跃源期间收到此命令时，控制器软件的唯一操作是从所选启动界面获取标题信息并将此信息存储在内部存储器上，而不是存储指定的启动界面值。然后，在收到 [写入启动界面执行](#) 命令时，控制器软件会使用这个存储的信息来设置处理路径，然后再从闪存调取启动界面数据。

#### 备注

DLPC143x 仅支持原生分辨率的启动界面图像。对于 DLPC1438，此分辨率为 1280x720。如果输入的分辨率不是 DMD 的原生分辨率，则系统不会得到正确配置。

### 3.1.6 读取启动界面选择 (0Eh)

此命令用于读取最后选择的启动界面索引。

#### 3.1.6.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.1.6.2 返回参数

参数字节	说明
字节 1	启用界面索引

### 3.1.7 读取启动界面标题 (0Fh)

此命令用于读取所选启动界面的标题信息。

#### 3.1.7.1 读取参数

参数字节	说明
字节 1	启动界面参考编号 ( 整数 )

读取参数用于指定要为其返回标题参数的启动界面。如果提供的启动界面值没有对应的启动界面，控制器会发出错误 ( 无效命令和参数值 - 通信状态 ) ，并且不会执行命令。

#### 3.1.7.2 返回参数

参数字节	说明
字节 1	启动界面图像宽度 ( 以像素为单位 ) (LSByte)
字节 2	启动界面图像宽度 ( 以像素为单位 ) (MSByte)
字节 3	启动界面图像高度 ( 以像素为单位 ) (LSByte)
字节 4	启动界面图像高度 ( 以像素为单位 ) (MSByte)
字节 5	启动界面图像大小 ( 以字节为单位 ) (LSByte)
字节 6	启动界面图像大小 ( 以字节为单位 )
字节 7	启动界面图像大小 ( 以字节为单位 )
字节 8	启动界面图像大小 ( 以字节为单位 ) (MSByte)
字节 9	像素格式
字节 10	压缩类型
字节 11	色彩顺序
字节 12	色度等级
字节 13	字节顺序

引用的参考定义位于表 3-5 中。

**表 3-5. 启动界面标题定义**

参数	值
像素格式	0h = 24 位 RGB 非紧凑 ( 未使用 ) 1h = 24 位 RGB 紧凑 ( 未使用 ) 2h = 16 位 RGB 5-6-5 3h = 16 位 YCbCr 4:2:2
压缩类型	0h = 未压缩 1h = RGB RLE 压缩 2h = 用户定义 ( 未使用 ) 3h = YUV RLE 压缩
色彩顺序	0h = 00RRGGBB 1h = 00GGRRBB
色度等级	0h = Cr 为第一个像素 1h = Cb 为第一个像素
字节顺序	0h = 小端字节序 1h = 大端字节序

### 3.1.8 写入显示图像方向 (14h)

此命令用于指定所显示图像的图像方向。此设置不适用于内部图形模式。

#### 3.1.8.1 写入参数

**参数字节**

- b(7:3) 保留
- 短轴图像翻转：
  - 0：图像未翻转。
  - 1：图像已翻转。
- 长轴图像翻转：
  - 0：图像未翻转。
  - 1：图像已翻转。
- b(1)
- b(0)



图 3-7. 短轴翻转



图 3-8. 长轴翻转

### 3.1.9 读取显示图像方向 (15h)

此命令用于读取指定的显示图像方向。

#### 3.1.9.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.1.9.2 返回参数

##### 参数字节

b(7:3)	保留
	短轴图像翻转：
b(2)	<ul style="list-style-type: none"><li>• 0：图像未翻转。</li><li>• 1：图像已翻转。</li></ul>
	长轴图像翻转：
b(1)	<ul style="list-style-type: none"><li>• 0：图像未翻转。</li><li>• 1：图像已翻转。</li></ul>
b(0)	保留

### 3.1.10 写入显示图像幕布 (16h)

此命令使用用户指定的颜色来填充整个显示屏。

#### 3.1.10.1 写入参数

##### 参数字节

b(7:4)	保留
	选择幕布颜色：
b(3:1)	<ul style="list-style-type: none"><li>• 0h：黑色</li><li>• 7h：白色</li></ul>
	幕布启用：
b(0)	<ul style="list-style-type: none"><li>• 0：幕布禁用</li><li>• 1：幕布启用</li></ul>

- “图像幕布”会使用用户指定的颜色来填充整个显示屏。

### 3.1.11 读取显示图像幕布 (17h)

此命令用于读取图像幕布控制功能的状态。

#### 3.1.11.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.1.11.2 返回参数

##### 参数字节

b(7:4)	保留
	选择幕布颜色：
b(3:1)	<ul style="list-style-type: none"><li>• 0h：黑色</li><li>• 7h：白色</li></ul>
	幕布启用：
b(0)	<ul style="list-style-type: none"><li>• 0：幕布禁用</li><li>• 1：幕布启用</li></ul>

### 3.1.12 写入图像冻结 (1Ah)

此命令用于启用或禁用图像冻结功能。

#### 3.1.12.1 写入参数

##### 参数字节

b(7:1)	保留
	图像冻结：
b(0)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0：图像冻结禁用</li> <li>• 1：图像冻结启用</li> </ul>

默认值：00h

- “图像冻结”能力通常体现在两个主要功能上。第一项功能让最终用户可以冻结屏幕上当前的图像以供自己使用。第二项功能让用户可以减少或防止系统更改作为视觉伪影显示在显示屏上。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。在所有情况下，当图像解冻时，显示屏便会开始显示最近重新发送的输入图像。因此，冻结点和解冻点之间的输入数据会丢失。节 3.1.12.2 中讨论了可能有必要使用图像冻结命令来隐藏伪影的图像变更类型以及对主机系统的相关建议。
- 控制器软件绝不会（*自动以及在后台*）冻结或解冻图像。这适用于软件自行对系统进行更新时以及通过 I<sup>2</sup>C 发出的任何操作命令。控制器软件不会出于任何原因冻结或解冻图像，除非收到写入图像冻结命令发出的明确指示。
- 如果用户选择使用“图像冻结”，则在更改图像参数之前，建议先更改源本身，以最大限度地减少转换伪影。

#### 3.1.12.2 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。写入图像冻结命令可以尝试最大限度地减少（如果无法消除）这些伪影。具体过程如下：

- 发送写入图像冻结命令来启用冻结。
- 发送可能造成伪影的命令。
- 发送写入图像冻结命令来禁用冻结。

系统会逐一处理发送到控制器的命令，因此无需特殊的时序，这些命令之间也无需延迟。确保冻结和解冻之间的命令数量较少，因为“长”时间冻结图像可能并不可取。表 3-6 列出了可能产生图像伪影的命令列表。不过，这并不是完整的列表，并且要由用户自行确定是否以及何时使用图像冻结命令来满足其产品需求。

**表 3-6. 可能会因使用图像冻结功能而受益的部分命令列表**

命令	命令操作码
写入输入源选择	05h
写入外部视频源格式选择 <sup>(1)</sup>	07h
写入测试图形选择 <sup>(1)</sup>	0Bh
写入启动界面选择 <sup>(1)</sup>	0Dh
写入外观选择	22h

(1) 如果在这是活跃源的情况下做了更改

表 3-7 如何使用图像冻结命令的示例。

**表 3-7. 使用图像冻结功能的测试图形发生器示例**

命令	注意事项
写入图像冻结 = 冻结	
写入图像裁剪、写入显示尺寸、写入显示图像方向、写入测试图形选择。	正确显示测试图形图像可能需要的数据处理命令。可以在适当的情况下使用这些命令。建议在使用“写入工作模式选择”命令之前设置这些命令。
写入工作模式选择 = 测试图形发生器	
写入图像冻结 = 解冻	

### 3.1.13 读取图像冻结 (1Bh)

此命令用于读取图像冻结功能的状态。

#### 3.1.13.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.1.13.2 返回参数

##### 参数字节

b(7:1)	保留
	图像冻结：
b(0)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0：图像冻结禁用</li> <li>• 1：图像冻结启用</li> </ul>

### 3.1.14 写入执行闪存批处理文件 (2Dh)

此命令用于执行闪存中存储的批处理文件。

#### 3.1.14.1 写入参数

参数字节	说明
字节 1	批处理文件编号

1. 本文中指定的大多数系统写入命令只要能够由自身发出，便可以与其他系统命令或命令参数一同整合到同一个闪存批处理文件中。有关无法在批处理文件中使用的命令列表，请参阅表 3-8。
2. 上电后系统初始化所需的命令和命令参数就是闪存批处理文件的一个例子。
3. 此字节中指定的闪存批处理文件编号是枚举值 (0,1,2,3...)
4. 闪存批处理文件 0 是一种特殊的自动初始化批处理文件，由 DLPC148X 软件在系统初始化完成后立即自动运行。控制器通常不会使用写入执行闪存批处理文件命令来调用闪存批处理文件 0 (尽管系统允许这样做)。这个特殊的闪存批处理文件通常指定系统要初始化至的默认工作模式。
5. 不允许闪存批处理文件中存在嵌套闪存批处理文件调用 (即不允许在一个批处理文件中调用另一个批处理文件)。通过发送多个执行批处理文件命令可以连续执行多个批处理文件。
6. 系统提供了在闪存批处理文件内的命令之间添加执行延迟的功能。这是使用写入闪存批处理文件延迟 (DBh) 命令 (请参阅节 3.4.1.9) 来完成的。
7. 闪存批处理文件内命令的命令执行顺序跟通过 I<sup>2</sup>C 端口收到这些命令时相同。

表 3-8. 不能用在批处理文件中的命令列表

命令	操作码
写入执行闪存批处理文件	2D
写入闪存数据类型选择	DE
写入闪存数据长度	DF
写入擦除闪存数据	E0
写入闪存开始	E1
写入闪存继续	E2
所有读取命令	各种

### 3.1.15 写入启动界面执行 (35h)

此命令用于开始从闪存检索显示用启动界面的过程。

#### 3.1.15.1 写入参数

此命令没有参数。

关于此命令要注意以下几点：

1. 此命令与“写入工作模式选择”（节 3.1.1）和“写入启动界面选择”（节 3.1.6）命令结合使用。它用于开始从闪存检索显示用启动界面的过程。
2. 启动界面是一个唯一源，因为它从闪存中读取并会一次性发送到控制器的下游处理路径，它存储在内存中，以供在处理路径结束时显示。在执行此命令之前，应设置所有图像处理设置（例如图像尺寸、图像裁剪、图像方向、显示尺寸、启动界面选择、外观选择、启动界面作为输入源）。如果任何数据路径处理在执行启动界面后发生改变，则需要重新执行此命令，控制器才会显示结果。因此，控制器会在每次收到此命令时，重复启动界面检索过程。
3. 从 SPI 闪存检索启动界面的过程可能需要大量的时间，具体取决于闪存中存储的压缩图像大小。在此期间，控制器不会接受任何新的 I2C 命令。用户必须确保启动界面已成功显示，才能发送任何其他命令。
4. 在“显示 - 启动界面”模式中处理此命令时，系统会自动根据启动界面标题信息初始化系统颜色处理，然后再向数据路径下游发送启动界面图像。不过，在“光控制 - 启动界面图形”模式中，不管图像是以 RGB565 格式还是 YCrCb（16 位）格式存储，都不会执行颜色处理，存储的位图会按原样显示。因此，要在启动界面图形模式中准确地呈现输入图像，图像必须以 RGB565 格式存储在闪存中。
5. 用户务必要查看“写入工作模式选择”命令（节 3.1.1）的注释，以便了解源相关命令的概念。此概念确定系统何时执行源相关命令。请注意，此命令是一个源相关命令；不过，此命令的特殊之处在于它不会维护状态或历史记录。因此，此命令没有要供系统设置或重复使用的“设置”。

## 3.2 照明控制命令

### 3.2.1 写入照明器 LED 启用 (52h)

此命令用于启用或禁用单个 LED。在外部打印模式下进行打印期间，无法更改此设置。

#### 3.2.1.1 写入参数

##### 字节 1

b(7:3)	保留
b(2)	LED 1 启用： <ul style="list-style-type: none"><li>• 0 : LED 1 禁用</li><li>• 1 : LED 1 启用</li></ul>
b(1)	LED 2 启用： <ul style="list-style-type: none"><li>• 0 : LED 2 禁用</li><li>• 1 : LED 2 启用</li></ul>
b(0)	LED 3 启用： <ul style="list-style-type: none"><li>• 0 : LED 3 禁用</li><li>• 1 : LED 3 启用</li></ul>

默认值：固件已指定

### 3.2.2 读取照明器 LED 启用 (53h)

此命令用于读取 LED 启用的状态。

#### 3.2.2.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.2.2.2 返回参数

##### 字节 1

b(7:3)	保留
b(2)	LED 1 启用 : <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 : LED 1 禁用</li> <li>• 1 : LED 1 启用</li> </ul>
b(1)	LED 2 启用 : <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 : LED 2 禁用</li> <li>• 1 : LED 2 启用</li> </ul>
b(0)	LED 3 启用 : <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 : LED 3 禁用</li> <li>• 1 : LED 3 启用</li> </ul>

### 3.2.3 写入照明器 LED 电流 PWM (54h)

此命令用于设置 LED 1、2 和 3 的 PWM 值。

#### 3.2.3.1 写入参数

参数字节	说明	
字节 1	LED 1 PWM 参数	LSByte
字节 2	LED 1 PWM 参数	MSByte
字节 3	LED 2 PWM 参数	LSByte
字节 4	LED 2 PWM 参数	MSByte
字节 5	LED 3 PWM 参数	LSByte
字节 6	LED 3 PWM 参数	MSByte

1. 显示全白图像时，此命令使系统能够调整白点，同时建立 LED 总功率。
2. 此命令指定的参数具有 10 位分辨率，并由相应的 PMIC 规范定义。

### 3.2.4 读取照明器 LED 电流 PWM (55h)

此命令用于读取显示模块照明器 LED 的 PWM 参数。

#### 3.2.4.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.2.4.2 返回参数

参数字节	说明	
字节 1	LED 1 PWM 参数	LSByte
字节 2	LED 1 PWM 参数	MSByte
字节 3	LED 2 PWM 参数	LSByte
字节 4	LED 2 PWM 参数	MSByte
字节 5	LED 3 PWM 参数	LSByte
字节 6	LED 3 PWM 参数	MSByte

有关返回参数的详细说明，请参阅 [节 3.2.3](#)。

将未使用的最高有效位设为 0。

### 3.2.5 写入照明器 LED 最大电流 PWM (5Ch)

此命令用于指定每个 LED 允许的最大 LED PWM。

#### 3.2.5.1 写入参数

参数字节	说明	
字节 1	最大 LED 1 PWM	LSByte
字节 2	最大 LED 1 PWM	MSByte
字节 3	最大 LED 2 PWM	LSByte
字节 4	最大 LED 2 PWM	MSByte
字节 5	最大 LED 3 PWM	LSByte
字节 6	最大 LED 3 PWM	MSByte

默认值：固件已指定

1. 此命令指定的参数具有 10 位分辨率，并由相应的 PMIC 规范定义。
2. 将未使用的最高有效位设为 0。

### 3.2.6 读取照明器 LED 最大电流 PWM (5Dh)

此命令用于读取每个 LED 允许的最大 LED PWM 额定值。

#### 3.2.6.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.2.6.2 返回参数

参数字节	说明	
字节 1	最大 LED 1 PWM	LSByte
字节 2	最大 LED 1 PWM	MSByte
字节 3	最大 LED 2 PWM	LSByte
字节 4	最大 LED 2 PWM	MSByte
字节 5	最大 LED 3 PWM	LSByte
字节 6	最大 LED 3 PWM	MSByte

1. 有关返回参数的详细说明，请参阅“写入 RGB LED PWM 控制”命令。
2. 将未使用的最高有效位设为 0。

### 3.3 3D 打印命令

本节介绍了 3D 打印模式中使用的命令。用于 3D 打印的命令包括：

1. 触发输出配置
  - a. 写入触发输出配置 ( 请参阅节 3.3.3 )
  - b. 读取触发输出配置 ( 请参阅节 3.3.4 )
2. 传感序列信息
  - a. 读取传感序列版本 ( 请参阅节 3.3.5 )
3. 外部打印控制
  - a. 写入外部打印配置 ( 请参阅节 3.3.6 )
  - b. 读取外部打印配置 ( 请参阅节 3.3.7 )
  - c. 写入外部打印控制 ( 请参阅节 3.3.8 )
  - d. 读取外部打印控制 ( 请参阅节 3.3.9 )
4. FPGA SPI 过程控制
  - a. 写入并行视频 ( 请参阅节 3.3.10 )
  - b. 读取并行视频 ( 请参阅节 3.3.11 )
  - c. 写入活跃缓冲器 ( 请参阅节 3.3.12 )
  - d. 读取活跃缓冲器 ( 请参阅节 3.3.13 )
  - e. 写入 FPGA 控制 ( 请参阅节 3.3.14 )
  - f. 读取 FPGA 控制 ( 请参阅节 3.3.15 )
  - g. 读取 FPGA SPI CRC16 ( 请参阅节 3.3.16 )

#### 3.3.1 没有 FPGA 前端时的 3D 打印过程

在没有 FPGA 来控制所馈送数据的前端时，若要将 DLPC143x 控制器正确配置用于外部打印模式，应按顺序发送以下命令：

第一层：

1. 设置外部打印配置 ( 请参阅节 3.3.6 )
2. 将视频数据发送到 DLP143x 并行输入线路
3. 将工作模式设为外部打印 ( 请参阅节 3.1.1 )

#### 备注

在此命令之后发出的任何命令都需要等待 System\_Ready

4. 设置外部打印层控制以及所需的暗帧和曝光帧 ( 请参阅节 3.3.8 )

后续层：

1. 将视频数据发送到 DLP143x 并行输入线路
2. 设置外部打印层控制以及所需的暗帧和曝光帧（请参阅节 3.3.8）
3. 继续发送各个层，直到最后一层

注意：在没有 FPGA 用作缓冲器的情况下，DLPC1438 会立即显示并行数据线路上收到的任何变化图像数据，并且不支持激励器功能。建议在运行完整的帧数后，再更改并行输入上的视频数据。

### 3.3.2 具有 FPGA 前端时的 3D 打印过程

在通过 FPGA 来控制所馈送数据的前端时，若要正确配置 DLPC143x 控制器以将其用于外部打印模式，应按顺序发送以下命令：

第一层：

1. 确保启用了 CRC16 算法（请参阅节 3.3.14）
2. 确保缓冲器活跃编号为 0（请参阅节 3.3.12）
  - a. 请注意，如果在步骤 5 中将活跃缓冲器设为 0，则可以将该处设为活跃缓冲器 1。
3. 设置外部打印配置（请参阅节 3.3.6）
4. 将图像发送到缓冲器
  - a. SPI 传输速度可以设置为高达 50MB/s
  - b. 根据 SPI 规范配置视频数据（请参阅节 4.1）
  - c. 遵循格式设置指南（请参阅节 4.2）
  - d. SPI 图像将发送到非活跃缓冲器
5. 将 FPGA 活跃缓冲器写为 1（请参阅节 3.3.12）
  - a. 这使 FPGA 能够读取并传输缓冲器 0 上的数据，同时将数据写入缓冲器 1
6. 将并行缓冲器设为“读取和发送缓冲器”（请参阅节 3.3.10）
7. 将工作模式设为外部打印（请参阅节 3.1.1）

---

#### 备注

在此命令之后发出的任何命令都需要等待 `System_Ready`

8. 设置外部打印层控制以及所需的暗帧和曝光帧（请参阅节 3.3.8）
  - a. FPGA 数据会在序列开始时更新，因此 FPGA 中存储的先前数据会先于新数据发送。这可能导致在投影目标图像前会先投影不需要的图像。因此建议在曝光帧之前存在 3 或以上的暗帧，以等待数据到达 ASIC。
9. 在需要时检查 FPGA SPI CRC16 值（请参阅节 3.3.16）或检查 SPI CRC 错误（请参阅节 3.5.2）

后续层：

1. 将图像发送到缓冲器
2. 写入 FPGA 活跃缓冲器（请参阅节 3.3.12）
  - a. 如果在上述步骤 2 中将缓冲器活跃编号设为 0 并在上述步骤 5 中将用于写入的活跃缓冲器设为 1，则针对后续偶数层，将 FPGA 活跃缓冲器写为 0。
  - b. 如果在上述步骤 2 中将缓冲器活跃编号设为 0 并在上述步骤 5 中将用于写入的活跃缓冲器设为 1，则针对后续奇数层，将 FPGA 活跃缓冲器写为 1。
3. 设置外部打印层控制以及所需的暗帧和曝光帧（请参阅节 3.3.8）
4. 在需要时检查 FPGA SPI CRC16 值（请参阅节 3.3.16）或检查 SPI CRC 错误（请参阅节 3.5.2）
5. 继续发送偶数层和奇数层，直到最后一层

### 3.3.3 写入触发输出配置 (92h)

此命令用于定义触发输出特性。

#### 3.3.3.1 写入参数 (92h)

参数字节	说明	
字节 1	触发配置	
字节 2	延迟 (μs)	LSByte
字节 3	延迟 (μs)	
字节 4	延迟 (μs)	
字节 5	延迟 (μs)	MSByte

字节 1	触发配置
b(7:3)	保留
b(2)	触发器反转 0 : 不反转 1 : 反转
b(1)	触发器启用 0 : 禁用 1 : 启用
b(0)	触发选择 0 : 触发输出 1 1 : 触发输出 2

默认值：闪存设置已定义

1. 仅当用户发送 *写入工作模式选择* 命令并选择外部打印模式时，才会应用触发输出设置。
2. 控制器会保留并使用该触发输出设置，直到收到下一个 *写入触发输出配置* 命令。
3. 触发输出 1 的延迟范围：[0, Pattern Period]
4. 触发输出 2 的延迟范围：[-Pre-Illumination Dark Time, Pattern Period]
5. 触发输出 2 支持负值，这意味着可以提前发送触发信号。延迟会作为带符号的 16 位整数进行处理。

### 3.3.4 读取触发输出配置 (93h)

此命令用于读取指定触发器的触发输出配置。

#### 3.3.4.1 读取参数

##### 参数字节

b(7:1)	保留
b(0)	触发选择
	0 : 触发输出 1
	1 : 触发输出 2

#### 3.3.4.2 返回参数

参数字节	说明	
字节 1	触发配置	
字节 2	延迟 (μs)	LSByte
字节 3	延迟 (μs)	
字节 4	延迟 (μs)	
字节 5	延迟 (μs)	MSByte

##### 字节 1 触发配置

b(7:3)	保留
b(2)	触发器反转
	0 : 不反转
	1 : 反转
b(1)	触发器启用
	0 : 禁用
	1 : 启用
b(0)	触发选择
	0 : 触发输出 1
	1 : 触发输出 2

触发输出 2 支持负值，这意味着可以提前发送触发信号。延迟会作为带符号的 16 位整数进行处理。

### 3.3.5 读取传感序列版本 (9Bh)

此命令用于读取 3D 打印序列二进制版本的状态。

#### 3.3.5.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.3.5.2 返回参数

参数字节	说明	
字节 1	传感序列二进制版本	保留
字节 2	传感序列二进制版本	补丁
字节 3	传感序列二进制版本	次要
字节 4	传感序列二进制版本	主要

### 3.3.6 写入外部打印配置 (A8h)

此命令用于设置去伽马校正系数并指定要用于外部打印模式的照明器。

注意：此命令无法在外部打印模式下正确执行，以避免在打印序列期间更改打印模式。因此，必须先在测试图形发生器模式或待机模式中完成外部打印配置设置，然后再进入外部打印模式，如节 3.3.1 和节 3.3.2 中所述。

### 3.3.6.1 写入参数

参数字节	说明
字节 1	去伽马校正传递函数索引选择
字节 2	照明器 LED 启用

字节 1	去伽马校正传递函数索引选择
00h	线性
01h	均匀性校正优化

1. 线性去伽马校正传递函数指标对应于线性 CMT LUT，值范围为 0 至 255。
2. “均匀性校正优化”传递函数指标对应于针对 3D 打印应用优化的 CMT LUT。这些表格均以 0 值开头。表格的下一个值会输出约为最大值 (128) 一半的光强度，然后以线性方式增加到最大强度。

字节 2	说明
b(7:2)	保留
b(2)	照明器 LED 3 启用： • 0：LED 禁用 • 1：LED 启用
b(1)	照明器 LED 2 启用： • 0：LED 禁用 • 1：LED 启用
b(0)	照明器 LED 1 启用： • 0：LED 禁用 • 1：LED 启用

1. 注意：该 3D 打印软件设计为仅支持一个 LED。多个 LED 不能同时启用。

### 3.3.7 读取外部打印配置 (A9h)

此命令用于读取要用于外部打印模式的去伽马校正系数和照明器。

#### 3.3.7.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.3.7.2 返回参数

参数字节	说明
字节 1	去伽马校正传递函数索引选择
字节 2	照明器 LED 启用

字节 1	去伽马校正传递函数索引选择
00h	线性
01h	均匀性校正优化

1. 线性去伽马校正传递函数指标对应于线性 CMT LUT，值范围为 0 至 255。
2. “均匀性校正优化”传递函数指标对应于针对 3D 打印应用优化的 CMT LUT。这些表格均以 0 值开头。表格的下一个值会输出约为最大值 (128) 一半的光强度，然后以线性方式增加到最大强度。

字节 2	说明
b(7:2)	保留

字节 2	说明
b(2)	照明器 LED 3 启用： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0：LED 禁用</li> <li>• 1：LED 启用</li> </ul>
b(1)	照明器 LED 2 启用： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0：LED 禁用</li> <li>• 1：LED 启用</li> </ul>
b(2)	照明器 LED 3 启用： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0：LED 禁用</li> <li>• 1：LED 启用</li> </ul>

1. 注意：该 3D 打印软件设计为仅支持一个 LED。多个 LED 不能同时启用。

### 3.3.8 写入外部打印控制 (C1h)

此命令用于指定针对 3D 打印外部打印层的控制。这包括启用打印控制、设置暗帧数量和设置曝光帧数量。在建立外部打印配置后，发送此命令会开始曝光帧计数。

#### 3.3.8.1 写入参数

参数字节	说明	
字节 1	外部打印控制	
字节 2	暗帧数量	LSByte
字节 3	暗帧数量	MSByte
字节 4	曝光帧数量	LSByte
字节 5	曝光帧数量	MSByte

字节 1	说明
b(7:1)	保留
b(0)	外部打印控制： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0：启动</li> <li>• 1：停止</li> </ul>

1. FPGA 数据会在序列开始时更新，因此 FPGA 中存储的先前数据会先于新数据发送。这可能导致在投影目标图像前会先投影不需要的图像。因此建议在曝光帧之前存在 3 或以上的暗帧，以等待数据到达 ASIC。

#### 备注

如果将“曝光帧数量”设置为 0xFFFF ( 16 位 MAD 值 )，则曝光帧数量将是无限的。可以通过进入待机模式来退出此状态。

### 3.3.9 读取外部打印控制 (C2h)

此命令用于读取 3D 外部打印的状态。这包括启用打印控制、设置待运行的暗帧数量和曝光帧数量，以及已运行的暗帧数量和曝光帧数量。

#### 3.3.9.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.3.9.2 返回参数

参数字节	说明	
字节 1	外部打印控制	
字节 2	暗帧数量	LSByte
字节 3	暗帧数量	MSByte
字节 4	曝光帧数量	LSByte

参数字节	说明	
字节 5	曝光帧数量	MSByte
字节 1	说明	
b(7:1)	保留	
b(0)	外部打印控制： <ul style="list-style-type: none"> <li>0：启动</li> <li>1：停止</li> </ul>	

### 3.3.10 写入并行视频 (C3h)

此命令用于启用 FPGA 并行视频接口。此命令无法与“写入 FPGA TPG”命令 ( 请参阅节 3.5.3 ) 同时启用。若要禁用此命令，请通过“工作模式选择”将 DLPC1438 置于待机模式 ( 请参阅节 3.1.1 )。

#### 3.3.10.1 写入参数

参数字节	说明
字节 1	FPGA 并行视频缓冲器启用
字节 1	说明
b(7:1)	保留
b(0)	并行缓冲器活跃 <ul style="list-style-type: none"> <li>0：不读取缓冲器</li> <li>1：读取和发送缓冲器</li> </ul>

### 3.3.11 读取并行视频 (C4h)

此命令用于读取并行视频接口启用。

#### 3.3.11.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.3.11.2 返回参数

参数字节	说明
字节 1	FPGA 并行视频缓冲器启用
字节 1	说明
b(7:1)	保留
b(0)	并行缓冲器活跃 <ul style="list-style-type: none"> <li>0：不读取缓冲器</li> <li>1：读取和发送缓冲器</li> </ul>

### 3.3.12 写入活跃缓冲器 (C5h)

此命令选择用于 SPI 写入的 FPGA 活跃缓冲器编号。

#### 3.3.12.1 写入参数

参数字节	说明
字节 1	FPGA 活跃缓冲器

1. 活跃缓冲器从 SPI 前端接收传入数据。
2. 非活跃缓冲器包含主动发送到 ASIC 的数据。

### 3.3.13 读取活跃缓冲器 (C6h)

此命令用于返回针对 SPI 写入的 FPGA 活跃缓冲器编号。

#### 3.3.13.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.3.13.2 返回参数

参数字节	说明
字节 1	FPGA 活跃缓冲器

1. 活跃缓冲器从 SPI 前端接收传入数据。
2. 非活跃缓冲器包含正在发送到 ASIC 的数据。

### 3.3.14 写入 FPGA 控制 (CAh)

此命令用于写入从 SPI 接口到 ASIC 的像素数据流的 FPGA 控制参数。

#### 3.3.14.1 写入参数

参数字节	说明
b(7:4)	保留
b(3)	FPGA CRC16 错误注入 : <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 : 无错误注入</li> <li>• 1 : 错误注入</li> </ul>
b(2)	FPGA CRC16 计算 : <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 : 禁用 CRC16 计算</li> <li>• 1 : 启用 CRC16 计算</li> </ul>
b(1)	FPGA 复位 : <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 : 不复位</li> <li>• 1 : 复位 FPGA</li> </ul>
b(0)	FPGA 复位解锁 : <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 : 不允许复位</li> <li>• 1 : 允许复位</li> </ul>

### 3.3.15 读取 FPGA 控制 (CBh)

此命令用于返回从 SPI 接口到 ASIC 的像素数据流的 FPGA 控制参数。

#### 3.3.15.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.3.15.2 返回参数

参数字节	说明
b(7:4)	保留
b(3)	FPGA CRC16 错误注入 : <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 : 无错误注入</li> <li>• 1 : 错误注入</li> </ul>
b(2)	FPGA CRC16 计算 : <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 : 禁用 CRC16 计算</li> <li>• 1 : 启用 CRC16 计算</li> </ul>

参数字节	说明
b(1)	FPGA 复位 : <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 : 不复位</li> <li>• 1 : 复位 FPGA</li> </ul>
b(0)	FPGA 复位解锁 : <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 : 不允许复位</li> <li>• 1 : 允许复位</li> </ul>

### 3.3.16 读取 FPGA SPI CRC16 (CEh)

此命令用于返回像素数据流的 FPGA SPI CRC16 结果。必须在发送 SPI 数据之前按照节 3.3.14 中所述启用 FPGA CRC16 计算，才能收到此命令的有效返回。

#### 3.3.16.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.3.16.2 返回参数

参数字节	说明	
字节 1	FPGA SPI CRC16 值	LSByte
字节 2	FPGA SPI CRC16 值	MSByte

### 3.4 一般设置命令

#### 3.4.1 管理命令

##### 3.4.1.1 读取短暂状态 (D0h)

此命令用于提供短暂系统状态。

###### 3.4.1.1.1 读取参数

此命令没有参数。

###### 3.4.1.1.2 返回参数

参数字节	说明
字节 1	短暂系统状态

#### 字节 1

b(7) 引导/主应用程序 0: 引导 1: 主例程	b(3) 系统错误 0: 无错误 1: 错误
b(6) 3D 打印序列错误 0: 无错误 1: 错误	b(2) 保留 0: 无错误 1: 错误
b(5) 闪存错误 0: 无错误 1: 错误	b(1) 通信错误。 0: 无错误 1: 错误
b(4) 闪存擦除完成 0: 完整 1: 不完整	b(0) 系统初始化 0: 不完整 1: 完整

1. 控制器会在闪存擦除过程开始时设置 *闪存擦除完成* 状态位，并在擦除过程完成时清除该位。可以在擦除过程中或完成后获取闪存状态。若要在擦除过程中获取此状态，只能在闪存擦除开始后发送此命令。如果用户在擦除过程中发送任何其他命令，控制器会保持命令而不进行处理，直到闪存擦除过程完成（因此，会阻止任何后续状态请求，直到它处理好之前发送的命令）。
2. *闪存错误位* 指示任何闪存操作期间出现的错误。对于闪存写入操作，控制器会在每个写入事务结束时更新此位。不过，当控制器检测到错误时，此位会保持错误状态，直到被清除。此错误状态使用户能够选择在每一写入事务之间或更新结束时检查状态。当一个写入事务开始时，闪存状态（和此错误位）无法访问，直到写入事务完成。
3. *通信错误位* 指示 I<sup>2</sup>C 命令接口上出现错误。*读取通信状态命令* 用于提供关于通信错误的具体详细信息。
4. *系统错误位* 指示 *闪存错误* 和 *通信错误* 之外的任何其他错误。*读取通信状态命令* 用于提供关于通信错误的具体细节。
5. 在执行 *读取短暂状态命令* 后，控制器会清除 *闪存错误*、*通信错误* 和 *系统错误位*。
6. 当设置 *3D 打印序列错误位* 时，读取 *系统状态 (D1h)* 以了解所选外部打印模式中的具体错误。
7. 定期检查 *读取短暂状态命令*，而非连续检查。连续访问会使系统性能严重降低。

### 3.4.1.2 读取系统状态 (D1h)

此命令用于读取系统状态信息。

#### 3.4.1.2.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.4.1.2.2 返回参数

参数字节	说明
字节 1	DMD 接口状态
字节 2	LED 状态
字节 3	内部中断状态
字节 4	其他状态

读取系统状态 命令会清除所有系统状态错误位。

字节 1	光控制和 DMD 接口状态
b(7:3)	保留
b(2)	DMD 训练错误 0: 无错误 1: 错误
b(1)	DMD 接口错误 0: 无错误 1: 错误
b(0)	DMD 器件错误 0: 无错误 1: 错误

- 系统会针对以下条件设置 DMD 器件错误：
  - 系统无法从 DMD 读取 DMD 器件 ID
  - 固件指定的 DMD 器件 ID 与实际的 DMD 器件 ID 不匹配
- 当此接口上存在电源管理设置冲突时，系统会设置 DMD 接口错误。
- 当训练算法找不到符合指定要求的数据眼时，系统会设置 DMD 训练错误。

字节 2	LED 状态
b(7:6)	保留
b(5)	蓝色 LED 错误
b(4)	绿色 LED 错误
b(3)	红色 LED 错误 0: 无错误 1: 错误
b(2)	蓝色 LED 状态
b(1)	绿色 LED 状态
b(0)	红色 LED 状态 0: 关闭 1: 闭合

**字节 3 内部中断状态**

b(7:3)	光控制错误 (仅适用于光控制工作模式)
	0h : 无错误
	1h : 照明时间不受支持
	2h : 照明前黑暗时间不受支持
	3h : 照明后黑暗时间不受支持
	4h : 触发输出 1 延迟不受支持
	5h : 触发输出 2 延迟不受支持
b(2)	直流电源
	0 : 电源电压位于正常范围
	1 : 电源电压低
b(1)	序列错误
	0 : 无错误
	1 : 错误
b(0)	序列中止错误
	0 : 无错误
	1 : 错误

b(2) 中报告的直流电源电压状态基于 DLPA300x PMIC 芯片，该芯片使用 BAT\_LOW\_WARN 芯片功能来监控直流电源电压。b(2) 的状态与 DLPA300x PMIC 芯片状态中断寄存器中 BAT\_LOW\_WARN 位的值相匹配。

**字节 4 其他状态**

b(7)	保留	b(3)	主要或次级操作
	0 : 无错误		0 : 主要
	1 : 错误		1 : 次级
b(6)	激励器子帧错误	b(2)	单或双控制器配置
	0 : 无错误		0 : 单
	1 : 错误		1 : 双
b(5)		b(1)	
	0 : 无错误		0 : 无错误
	1 : 错误		1 : 错误
b(4)	产品配置错误	b(0)	
	0 : 无错误		0 : 无错误
	1 : 错误		1 : 错误

1. 在单控制器和双控制器配置中，系统会在适当的情况下设置主要或次级位。
2. 如果确定其中一些产品配置不正确，系统会设置“产品配置错误”位。一些示例为：
  - 控制器和 DMD 组合无效
  - 控制器和 DLPAX000 组合无效
  - 针对当前控制器、DMD 或 DLPAX000 配置的闪存构建无效
3. 如果检测到 AWG\_ERROR 状况，系统会设置“激励器子帧错误”位。

### 3.4.1.3 读取系统软件版本 (D2h)

此命令用于读取主应用软件版本信息。

#### 3.4.1.3.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.4.1.3.2 返回参数

参数字节	说明		
字节 1	控制器主应用软件版本	补丁	LSByte
字节 2	控制器主应用软件版本	补丁	MSByte
字节 3	控制器主应用软件版本	次要	
字节 4	控制器主应用软件版本	主要	

### 3.4.1.4 读取通信状态 (D3h)

#### 3.4.1.4.1 读取参数

参数字节	说明
字节 1	命令总线选择

字节 1	命令总线选择
b(7:2)	保留
b(1:0)	10 : I <sup>2</sup> C

#### 3.4.1.4.2 返回参数

参数字节	说明
字节 1 - 4	保留
字节 5	I <sup>2</sup> C 通信状态
字节 6	命令中止或命令操作码无效

读取此命令时，系统会清除所有通信状态错误位。

字节 5	I <sup>2</sup> C 通信状态
b(7)	保留
b(3)	闪存批处理文件错误
0 : 无错误	0 : 无错误
1 : 错误	1 : 错误
b(6)	I <sup>2</sup> C 总线超时错误
b(2)	命令处理错误
0 : 无错误	0 : 无错误
1 : 错误	1 : 错误
b(5)	无效命令参数数量
b(1)	无效命令参数值
0 : 无错误	0 : 无错误
1 : 错误	1 : 错误
b(4)	读取命令错误
b(0)	无效命令错误
0 : 无错误	0 : 无错误
1 : 错误	1 : 错误

1. 系统会在无法识别命令操作码时设置“无效命令错误”位。字节 6 包含控制器收到的无效操作码。
2. 当检测到命令参数的值无效（例如超出允许的范围）时，系统会设置“无效命令参数错误”位。
3. 在处理命令期间检测到故障时，系统会设置“命令处理错误”位。在这种情况下，系统会中止命令并前往下一个命令。字节 6 包含已中止命令的操作码。
4. 当处理闪存批处理文件期间发生错误时，系统会设置“闪存批处理文件错误”位。当系统设置此位时，它通常会设置另一个位，用于指示检测到的错误类型（例如：无效命令错误）。
5. 当主机在系统提供所有请求的数据之前终止读取操作时，或者如果主机在系统提供了所有请求的数据后继续请求读取数据，系统会设置“读取命令错误”位。
6. 当收到的命令参数过多或过少时，系统会设置“无效命令参数数量错误”位。在这种情况下，系统会中止命令并前往下一个命令。字节 6 包含已中止命令的操作码。
7. 当系统因为超出了总线超时值而释放对总线的控制时，便会设置“总线超时错误”位。

### 3.4.1.5 读取控制器器件 ID (D4h)

此命令用于读取控制器器件 ID。

#### 3.4.1.5.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.4.1.5.2 返回参数

##### 字节 1

b(7:4) 保留

b(3:0) 控制器器件 ID

未使用的控制器器件 ID 值会保留。

### 3.4.1.6 读取 DMD 器件 ID (D5h)

此命令用于读取 DMD 器件 ID。

#### 3.4.1.6.1 读取参数

字节 1	DMD 寄存器选择
b(7:1)	保留
b(0)	0 : DMD 器件 ID 1 : 保留

#### 3.4.1.6.2 返回参数

参数字节	说明
字节 1 - 4	请参阅 <a href="#">表 3-9</a>

**表 3-9. DMD 器件 ID 参考表**

DMD 器件 ID				器件描述
字节 1 (标识符)	字节 2 (字节计数)	字节 3 (ID-MSByte)	字节 4 (ID-LSByte)	分辨率和类型
60h	0Dh	00h	68h/72h/87h	0.3 720p ( 1280x720 , Sub-LVDS )

### 3.4.1.7 读取系统温度 (D6h)

此命令用于使用外部热敏电阻读取系统温度 ( 如有 )。

#### 3.4.1.7.1 读取参数

此命令没有读取参数。

#### 3.4.1.7.2 读取参数

参数字节	说明
字节 1	LSByte
字节 2	MSByte

图 3-9 展示了带符号幅度系统温度数据的位顺序和定义，该数据以摄氏度形式返回。将未指定的 MSbit ( 位 15:12 ) 设为 0。

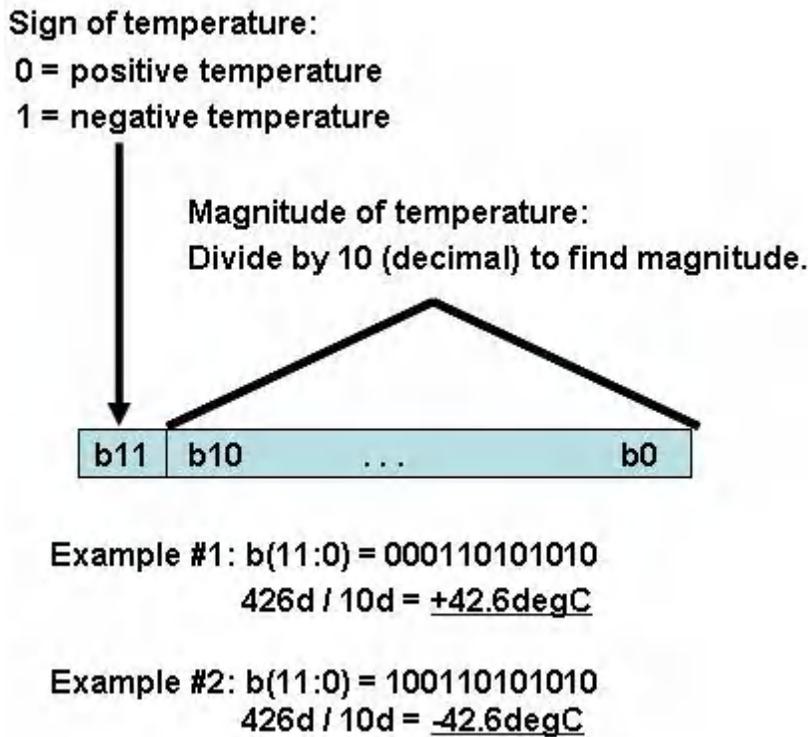


图 3-9. 系统温度的位顺序和定义

### 3.4.1.8 读取闪存构建版本 (D9h)

此命令用于读取控制器闪存版本。

#### 3.4.1.8.1 读取参数

此命令没有读取参数。

#### 3.4.1.8.2 返回参数

参数字节	说明		
字节 1	闪存构建版本	补丁	LSByte
字节 2	闪存构建版本	补丁	MSByte
字节 3	闪存构建版本	次要	
字节 4	闪存构建版本	主要	

### 3.4.1.9 写入闪存批处理文件延迟 (DBh)

此命令用于指定闪存批处理文件中的执行时间延迟。

#### 3.4.1.9.1 写入参数

参数字节	说明
字节 1	闪存批处理文件延迟 (LSB)
字节 2	闪存批处理文件延迟 (MSB)

1. 闪存批处理文件延迟以 1ms 为单位来指定 (例如 500ms = 01F4h)。
2. 此命令用于指定闪存批处理文件中的执行延迟时间。该命令只能在闪存批处理文件中使用,而不是 I2C 接口上的有效命令。
3. 通常,此命令用在“自动初始化闪存”批处理文件(批处理文件 0)中,但也可用于任何其他批处理文件(请参阅节 3.1.14)。

## 3.5 FPGA Commands

This section covers the commands issued through the DLPC1438 to the FPGA. The FPGA on the system is tasked with formatting external test patterns, actuator control, and SPI pixel data streaming.

### 3.5.1 读取 FPGA 版本 (64h)

此命令用于读取当前所刷写 FPGA 固件的版本号。

#### 3.5.1.1 读取参数

此命令没有读取参数。

#### 3.5.1.2 返回参数

参数字节	说明		
字节 1	FPGA 构建版本	补丁	LSByte
字节 2	FPGA 构建版本	补丁	MSByte
字节 3	FPGA 构建版本	次要	
字节 4	FPGA 构建版本	主要	

### 3.5.2 读取 FPGA 状态 (6Fh)

此命令用于读取 FPGA 主状态。

#### 3.5.2.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.5.2.2 返回参数

参数字节	说明
b(15:11)	保留
b(10)	读取 FIFO 已满 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0: FIFO 未满</li> <li>• 1: FIFO 已满</li> </ul>
b(9:6)	保留
b(5)	写入 FIFO 已满 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0: FIFO 未满</li> <li>• 1: FIFO 已满</li> </ul>
b(4)	激励器波形错误 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0: 无错误</li> <li>• 1: 错误</li> </ul>

参数字节	说明
b(3)	SPI CRC 错误 <ul style="list-style-type: none"> <li>0: 无错误</li> <li>1: 错误</li> </ul>
b(2)	内存初始化错误 <ul style="list-style-type: none"> <li>0: 无错误</li> <li>1: 错误</li> </ul>
b(1)	Mem PLL 已锁定 <ul style="list-style-type: none"> <li>0: 无错误</li> <li>1: 错误</li> </ul>
b(0)	智能 PLL 已锁定 <ul style="list-style-type: none"> <li>0: 无错误</li> <li>1: 错误</li> </ul>

### 3.5.3 写入 FPGA TPG (67h)

此命令用于配置 FPGA 测试图形参数。此图形的使用方式如下：通过“工作模式选择”（请参阅节 3.1.1）将 DLPC1438 置于外部打印模式，设置“外部打印配置”（请参阅节 3.3.6），以及写入“外部打印层控制”（请参阅节 3.3.8）。外部 FPGA TPG 模式主要用于调试目的。此命令与“写入并行视频”（请参阅节 3.3.10）无法同时启用。若要禁用此命令，请通过“工作模式选择”将 DLPC1438 置于待机模式（请参阅节 3.1.1）。

#### 3.5.3.1 写入参数

参数字节	说明
字节 1	测试图形发生器 (TPG) 和边框启用
字节 2	测试图形选择

字节 1	说明
b(7:2)	保留
b(1)	边框启用： <ul style="list-style-type: none"> <li>0: 边框禁用</li> <li>1: 边框启用</li> </ul>
b(0)	TPG 启用： <ul style="list-style-type: none"> <li>0: 禁用</li> <li>1: 启用</li> </ul>

字节 2	说明
b(7:4)	保留
b(3:0)	图形选择 <ul style="list-style-type: none"> <li>0x4: 循环激励器校准图形 0-3</li> <li>0x8: 网格</li> <li>0x9: 水平斜坡</li> <li>0xA: 垂直斜坡</li> <li>0xB: 棋盘格</li> <li>0xC: 框架和交叉</li> <li>0xD: 水平线</li> <li>0xE: 垂直线</li> <li>0xF: 网格, 45 度</li> </ul>

### 3.5.4 读取 FPGA TPG (68h)

此命令用于读取测试图形发生器 (TPG) 配置参数。

#### 3.5.4.1 读取参数

此命令不包含参数。

#### 3.5.4.2 返回参数

参数字节	说明
字节 1	测试图形发生器 (TPG) 和边框启用
字节 2	测试图形选择

字节 1	说明
b(7:2)	保留
b(1)	边框启用： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0：边框禁用</li> <li>• 1：边框启用</li> </ul>
b(0)	TPG 启用： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0：禁用</li> <li>• 1：启用</li> </ul>

字节 2	说明
b(7:4)	保留
b(3:0)	图形选择 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0x4：循环激励器校准图形 0-3</li> <li>• 0x8：电网</li> <li>• 0x9：水平斜坡</li> <li>• 0xA：垂直斜坡</li> <li>• 0xB：棋盘格</li> <li>• 0xC：框架和交叉</li> <li>• 0xD：水平线</li> <li>• 0xE：垂直线</li> <li>• 0xF：网格，45 度</li> </ul>

### 3.5.5 激励器命令

本节介绍了通过 DLPC1438 向 FPGA 发出的用于设置和控制激励器的命令。

#### 3.5.5.1 写入激励器延迟 (70h)

此命令用于写入激励器延迟。

##### 3.5.5.1.1 写入参数

参数字节	说明	
字节 1	激励器同步 GPIO 时钟周期延迟，步长为 133.333ns	LSByte
字节 2	激励器同步 GPIO 时钟周期延迟，步长为 133.333ns	
字节 3	激励器同步 GPIO 时钟周期延迟，步长为 133.333ns	
字节 4	激励器同步 GPIO 时钟周期延迟，步长为 133.333ns	MSByte
字节 5	激励器延迟自动调节	

字节 3	激励器延迟自动调节
b(7:1)	保留

字节 3	激励器延迟自动调节
b(0)	调节启用 <ul style="list-style-type: none"> <li>0: 无调节</li> <li>1: 调节</li> </ul>

### 3.5.5.2 读取激励器延迟 (71h)

此命令用于读取激励器延迟。

#### 3.5.5.2.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.5.5.2.2 返回参数

参数字节	说明	
字节 1	激励器同步 GPIO 时钟周期延迟, 步长为 133.333ns	LSByte
字节 2	激励器同步 GPIO 时钟周期延迟, 步长为 133.333ns	
字节 3	激励器同步 GPIO 时钟周期延迟, 步长为 133.333ns	
字节 4	激励器同步 GPIO 时钟周期延迟, 步长为 133.333ns	MSByte
字节 5	激励器延迟自动调节	

字节 3	激励器延迟自动调节
b(7:1)	保留
b(0)	调节启用 <ul style="list-style-type: none"> <li>0: 无调节</li> <li>1: 调节</li> </ul>

### 3.5.5.3 写入激励器增益 (72h)

此命令用于写入激励器增益值。

#### 3.5.5.3.1 写入参数

参数字节	说明
字节 1	激励器增益值

1. 此参数的范围是 0 至 1.9921875。
2. 0x80 表示增益为 1。

### 3.5.5.4 读取激励器增益 (73h)

此命令用于读取激励器增益值。

#### 3.5.5.4.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.5.5.4.2 返回参数

参数字节	说明
字节 1	激励器增益值

1. 此参数的范围是 0 至 1.9921875。
2. 0x80 表示增益为 1。

### 3.5.5.5 写入激励器段长度 (74h)

此命令用于写入激励器段长度。

#### 3.5.5.5.1 写入参数

这些参数定义了激励器功能每个阶跃 ( 级别 ) 的持续时间。

参数字节	说明	
字节 1	激励器段长度值	LSByte
字节 2	激励器段长度值	MSByte

1. 此参数的范围是 17 至 4095。

### 3.5.5.6 读取激励器段长度 (75h)

此命令用于读取激励器段长度的值。

#### 3.5.5.6.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.5.5.6.2 返回参数

这些参数定义了激励器功能每个阶跃 ( 级别 ) 的持续时间。

参数字节	说明	
字节 1	激励器段长度值	LSByte
字节 2	激励器段长度值	MSByte

1. 此参数范围是 17 至 4095。

### 3.5.5.7 写入激励器子帧延迟 (76h)

此命令用于写入激励器子帧延迟。

#### 3.5.5.7.1 写入参数

参数字节	说明	
字节 1	激励器子帧延迟	LSByte
字节 2	激励器子帧延迟	
字节 3	激励器子帧延迟	
字节 4	激励器子帧延迟	MSByte

1. 激励器子帧的延迟以时钟周期为单位。
2. 每个阶跃为 0.0198 毫秒。

### 3.5.5.8 读取激励器子帧延迟 (77h)

此命令用于读取激励器子帧延迟。

#### 3.5.5.8.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.5.5.8.2 返回参数

参数字节	说明	
字节 1	激励器子帧延迟	LSByte
字节 2	激励器子帧延迟	
字节 3	激励器子帧延迟	
字节 4	激励器子帧延迟	MSByte

1. 激励器子帧的延迟以时钟周期为单位。
2. 每个阶跃为 0.01984 毫秒。

### 3.5.5.9 写入激励器偏移 (78h)

此命令用于写入激励器偏移值。

### 3.5.5.9.1 写入参数

参数字节	说明
字节 1	激励器偏移

1. 此参数以 8 位带符号格式显示，范围为 -128 至 127。二进制补码格式用于表示负值。

### 3.5.5.10 读取激励器偏移 (79h)

此命令用于读取激励器偏移值。

#### 3.5.5.10.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.5.5.10.2 返回参数

参数字节	说明
字节 1	激励器偏移

1. 此参数以 8 位带符号格式显示，范围为 -128 至 127。二进制补码格式用于表示负值。

### 3.5.5.11 写入激励器配置选择 (A2h)

此命令用于为后续配置命令选择轴 0 上的 AWC0 或轴 1 上的 AWC1。

#### 3.5.5.11.1 写入参数

参数字节	说明
字节 1	激励器波形发生器选择

字节 1	说明
b(7:1)	保留
b(0)	激励器波形轴选择： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0：轴 0</li> <li>• 1：轴 1</li> </ul>

### 3.5.5.12 读取激励器配置选择 (A3h)

此命令用于返回为后续配置选择的 AWC。

#### 3.5.5.12.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.5.5.12.2 返回参数

参数字节	说明
字节 1	激励器波形发生器选择

字节 1	说明
b(7:1)	保留
b(0)	激励器波形轴选择： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0：轴 0</li> <li>• 1：轴 1</li> </ul>

### 3.5.5.13 写入激励器固定输出电平 (A4h)

此命令用于写入激励器固定输出值。该值定义了选择固定输出启用时 PWM 或 DAC 数据总线上输出的电平 ( 请参阅节 3.5.5.17 ) 。

### 备注

PWM 配置的固定激励器输出不会显示，直到控制器置于外部打印模式为止，这时会应用存储的值。在进入该模式之前，该输出的值将为 0。

#### 3.5.5.13.1 写入参数

参数字节	说明
字节 1	激励器固定输出值

1. 此参数以 8 位带符号格式显示，范围为 -128 至 127。二进制补码格式用于表示负值。

#### 3.5.5.14 读取激励器固定输出电平 (A5h)

此命令用于读取激励器固定输出值。

##### 3.5.5.14.1 读取参数

此命令没有参数。

##### 3.5.5.14.2 返回参数

参数字节	说明
字节 1	激励器固定输出值

1. 此参数以 8 位带符号格式显示，范围为 -128 至 127。二进制补码格式用于表示负值。

#### 3.5.5.15 写入激励器段数 (A6h)

此命令定义了激励器段数。

##### 3.5.5.15.1 写入参数

参数字节	说明
字节 1	激励器段数的值 1

1. 此值在 2 至 255 之间，步长为 1。
2. 仅当用户向打印外部层 (请参阅节 3.1.1) 发送写入工作模式选择时，才会应用激励器段数设置。激励器段数的值会在调用写入工作模式选择 - 外部打印模式时发送。如果没有发送此命令，软件会存储这些设置，直到调用此命令为止。

#### 3.5.5.16 读取激励器段数 (A7h)

此命令用于返回段数选择。

##### 3.5.5.16.1 读取参数

此命令没有参数。

##### 3.5.5.16.2 返回参数

参数字节	说明
字节 1	激励器段数的值 1

1. 此值在 2 至 255 之间，步长为 1。

#### 3.5.5.17 写入激励器输出选择 (AAh)

此命令用于写入激励器输出选择类型。若要设置固定输出电平，请参阅节 3.5.5.13。

##### 3.5.5.17.1 写入参数

参数字节	说明
字节 1	固定输出启用

字节 1	说明
b(7:1)	保留

字节 1	说明
b(0)	固定输出启用： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0：固定输出禁用</li> <li>• 1：固定输出启用</li> </ul>

### 备注

MCU 和 EEPROM 激励器可能已预先配置固定输出。如果是这种情况，在 DLPC 进入“外部打印模式”（节 3.1.1）后，将会加载激励器中存储的设置。建议在进入外部打印模式后发出此命令、

### 3.5.5.18 读取激励器输出选择 (ABh)

此命令用于读取激励器输出选择类型。

#### 3.5.5.18.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.5.5.18.2 返回参数

参数字节	说明
字节 1	固定输出启用

字节 1	说明
b(7:1)	保留
b(0)	固定输出启用： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0：固定输出禁用</li> <li>• 1：固定输出启用</li> </ul>

### 3.5.5.19 读取激励器控制 (AFh)

此命令用于读取激励器输出启用字段。

#### 3.5.5.19.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.5.5.19.2 返回参数

参数字节	说明
字节 1	激励器类型
字节 2	激励器输出选择

字节 1	说明
b(7:2)	保留
b(1:0)	激励器类型： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0x0：无</li> <li>• 0x1：独立</li> <li>• 0x2：TI 常见激励器接口 (MCU)</li> <li>• 0x3：TI 常见激励器接口 (EEPROM)</li> </ul>

字节 2	说明
b(7:2)	保留

字节 2	说明
b(1)	激励器波形功能 <ul style="list-style-type: none"> <li>0 : 禁用</li> <li>1 : 启用</li> </ul>

### 3.5.5.20 读取激励器温度 (C7h)

此命令仅用于读取 TI 常见激励器的温度。

#### 3.5.5.20.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.5.5.20.2 返回参数

参数字节	说明	
字节 1	激励器温度, 单位为摄氏度	LSByte
字节 2	激励器温度, 单位为摄氏度	MSByte
字节 3	激励器照明类型	
字节 4	配置更新数量	LSByte
字节 5	配置更新数量	MSByte
字节 6	用于配置的温度	LSByte
字节 7	用于配置的温度	MSByte

### 3.5.5.21 写入激励器方向 (C8h)

此命令用于写入像素数据和激励器位置的子帧方向。

#### 3.5.5.21.1 写入参数

参数字节	说明
字节 1	激励器子帧顺序 <a href="#">1</a>
字节 2	像素子帧顺序 (无翻转) <a href="#">2</a>
字节 3	像素子帧顺序 (含长轴翻转) <a href="#">3</a>
字节 4	像素子帧顺序 (含短轴翻转) <a href="#">4</a>
字节 5	像素子帧顺序 (含两轴翻转) <a href="#">5</a>

1. 定义激励器子帧位置的枚举值。可用激励器子帧顺序 : 0x1、0x3、0x6、0xb、0xc、0x11、0x14、0x16
2. 定义像素子帧位置 (无翻转) 的枚举值。可用的像素子帧顺序 (无翻转) : 0x1、0x3、0x6、0xb、0xc、0x11、0x14、0x16
3. 定义像素子帧位置 (含长轴翻转) 的枚举值。可用的像素子帧顺序 (含长轴翻转) : 0x1、0x3、0x6、0xb、0xc、0x11、0x14、0x16
4. 定义像素子帧位置 (含短轴翻转) 的枚举值。可用的像素子帧顺序 (含短轴翻转) : 0x1、0x3、0x6、0xb、0xc、0x11、0x14、0x16
5. 定义像素子帧位置 (含两轴翻转) 的枚举值。可用的像素子帧顺序 (含两轴翻转) : 0x1、0x3、0x6、0xb、0xc、0x11、0x14、0x16

### 3.5.5.22 读取激励器方向 (C9h)

此命令用于读取像素数据和激励器位置的执行子帧顺序。

#### 3.5.5.22.1 读取参数

此命令没有参数。

#### 3.5.5.22.2 返回参数

参数字节	说明
字节 1	激励器子帧顺序 <a href="#">1</a>

参数字节	说明
字节 2	像素子帧顺序 ( 无翻转 ) 2
字节 3	像素子帧顺序 ( 含长轴翻转 ) 3
字节 4	像素子帧顺序 ( 含短轴翻转 ) 4
字节 5	像素子帧顺序 ( 含两轴翻转 ) 5

1. 定义激励器子帧位置的枚举值。可用激励器子帧顺序 : 0x1、0x3、0x6、0xb、0xc、0x11、0x14、0x16
2. 定义像素子帧位置 ( 无翻转 ) 的枚举值。可用的像素子帧顺序 ( 无翻转 ) : 0x1、0x3、0x6、0xb、0xc、0x11、0x14、0x16
3. 定义像素子帧位置 ( 含长轴翻转 ) 的枚举值。可用的像素子帧顺序 ( 含长轴翻转 ) : 0x1、0x3、0x6、0xb、0xc、0x11、0x14、0x16
4. 定义像素子帧位置 ( 含短轴翻转 ) 的枚举值。可用的像素子帧顺序 ( 含短轴翻转 ) : 0x1、0x3、0x6、0xb、0xc、0x11、0x14、0x16
5. 定义像素子帧位置 ( 含两轴翻转 ) 的枚举值。可用的像素子帧顺序 ( 含两轴翻转 ) : 0x1、0x3、0x6、0xb、0xc、0x11、0x14、0x16

### 3.6 闪存更新命令

本节介绍了更新闪存中所存储内部图形数据所需的命令。若要成功更新图形数据，必须遵循以下步骤：

1. 使用 **DLP® 显示和光控制 EVM GUI** 命令来生成图形数据。该 .bin 文件通过使用 GUI 中的“Save Pattern Data”（保存图形数据）按钮生成，其中包含要通过 I2C 发送的图形数据。
2. 确保内部图形当前未在运行。
3. 使用 **写入闪存数据类型选择 (DEh)** 命令将闪存数据类型设为图形数据块。
4. 使用 **读取闪存更新预检验 (DDh)** 命令，检查生成的 .bin 文件是否能放入现有的图形数据闪存块。
5. 使用 **写入擦除闪存数据 (E0h)** 命令来擦除现有的图形数据。
6. 使用 **写入闪存数据长度 (DFh)** 命令将闪存数据长度设为 1024 个字节。
7. 使用 **写入闪存开始 (E1h)** 命令来写入图形数据的前 1024 个字节。
8. 使用 **写入闪存继续 (E2h)** 命令以 1024 个字节数据块形式写入其余数据。

---

#### 备注

如果图形数据的大小不是 1024 个字节的倍数，则最后一个“写入闪存继续”命令少于 1024 个字节。在这种情况下，发出最后一个“写入闪存继续”命令之前，请先使用 **写入闪存数据长度 (DFh)** 命令来更新闪存数据长度。

---

请注意，本节中介绍的闪存命令不能在批处理文件中使用。



### 3.6.2 写入闪存数据类型选择 (DEh)

此命令用于指定要写入闪存的数据的类型。在 DLPC143x 中，通过 I2C 进行更新时唯一受支持的闪存数据类型是内部图形数据。

#### 3.6.2.1 写入参数

参数字节	说明
字节 1	闪存数据类型 ( D0h 用于图形数据 )
字节 2	( 00h 用于图形数据 )
字节 3	( 00h 用于图形数据 )
字节 4	( 00h 用于图形数据 )

### 3.6.3 写入闪存数据长度 (DFh)

此命令用于指定要写入闪存的数据的长度，以字节为单位。

#### 3.6.3.1 写入参数

参数字节	说明
字节 1	闪存数据长度 (LSB)
字节 2	闪存数据长度 (MSB)

默认值：0000h

1. 闪存数据长度必须是 4 字节的倍数。
2. 闪存数据长度适用于每个写入事务，而不是所选数据类型的长度。
3. 每个写入事务允许的最大数据长度为 1024 个字节。

### 3.6.4 写入擦除闪存数据 (E0h)

此命令用于擦除闪存中的指定数据块。

#### 3.6.4.1 写入参数

参数字节	说明
字节 1	签名：值 = AAh
字节 2	签名：值 = BBh
字节 3	签名：值 = CCh
字节 4	签名：值 = DDh

1. 执行此命令时，系统会擦除与 [写入闪存数据类型选择 \(节 3.6.2\)](#) 命令指定的数据类型相关联的所有扇区。因此，此命令不使用“闪存数据长度”参数。
2. 签名字节用于最大限度地减少意外的闪存擦除。必须正确收到命令操作码和四个签字字节，才能识别和执行此命令。

---

#### 备注

擦除闪存扇区的过程需要消耗大量时间，因此需要定期（而不是连续）检查 [读取短暂状态命令 \(节 3.4.1.1\)](#) 中的“闪存擦除完成”状态位，以确定此任务何时完成。此位会在擦除过程开始时设置，并在擦除过程完成时清零。在擦除过程完成之前，闪存写入操作不会开始。

---

### 3.6.5 写入闪存开始 (E1h)

此命令用于开始将数据写入闪存。

#### 3.6.5.1 写入参数

参数字节	说明
字节 1	数据字节 1
字节 2	数据字节 2
字节 3	数据字节 3
字节 4	数据字节 4
字节 5 ... n	数据字节 5 ... n

1. 必须使用 **写入闪存数据长度** 命令来指定此命令发送的数据字节数量。
2. **写入闪存开始** 命令用于写入从所选数据类型的第一个地址开始、多达 **1024** 个字节的数据。如果要写入的数据超过 **1024** 个字节，则必须使用 **写入闪存继续** 命令。使用每个 **写入闪存继续** 命令可以写入多达 **1024** 个字节的数据，从所写最后一个数据的结尾开始。
3. **读取短暂状态** 命令的闪存错误位指示闪存更新是否成功。每次写入事务结束时只要出错，此位便会设置；不过，在检测到错误后，此位会保持错误状态，直到选择了新的数据类型（选择新的数据类型会清除该位）。这使用户能够选择在每一写入事务之间或在更新指定数据类型结束时检查状态。写入事务开始后，闪存状态（和此错误位）无法访问，直到写入事务完成。

### 3.6.6 写入闪存继续 (E2h)

如果要写入闪存的数据超过 **1024** 个字节，则使用此命令。

#### 3.6.6.1 写入参数

参数字节	说明
字节 1	数据字节 1
字节 2	数据字节 2
字节 3	数据字节 3
字节 4	数据字节 4
字节 5 ... n	数据字节 5 ... n

1. 必须使用 **写入闪存数据长度** 命令来指定此命令发送的数据字节数量。
2. **写入闪存开始** 命令用于写入从所选数据类型的第一个地址开始、多达 **1024** 个字节的数据。如果要写入的数据超过 **1024** 个字节，则必须使用 **写入闪存继续** 命令。使用每个 **写入闪存继续** 命令可以写入多达 **1024** 个字节的数据，从所写最后一个数据的结尾开始。
3. **读取短暂状态** 命令的闪存错误位指示闪存更新是否成功。每次写入事务结束时只要出错，便会设置此位；不过，在检测到错误后，此位会保持错误状态，直到选择了新的数据类型（选择新的数据类型会清除该位）。这让用户可以选择在每次写入事务之间或在更新指定数据类型结束时检查状态。写入事务开始后，闪存状态（和此错误位）无法访问，直到写入事务完成。

### 3.6.7 读取闪存开始 (E3h)

此命令用于开始从闪存读取数据。

#### 3.6.7.1 读取参数

此命令没有读取参数。

#### 3.6.7.2 返回参数

参数字节	说明
字节 1	数据字节 1
字节 2	数据字节 2
字节 3	数据字节 3
字节 4	数据字节 4
字节 5 ... n	数据字节 5 ... n

1. 必须使用 *写入闪存数据长度* 命令来指定此命令发送的数据字节数量。
2. *读取闪存开始* 命令用于读取从所选数据类型的第一个地址开始、多达 256 个字节的数据。如果要读取的数据超过 256 个字节，则必须使用 *读取闪存继续* 命令。使用每个 *读取闪存继续* 命令可以读取多达 256 个字节的数据，从所写最后一个数据的结尾开始。

### 3.6.8 读取闪存继续 (E4h)

如果要从闪存读取的数据超过 256 个字节，则使用此命令。

#### 3.6.8.1 读取参数

此命令没有读取参数。

#### 3.6.8.2 返回参数

参数字节	说明
字节 1	数据字节 1
字节 2	数据字节 2
字节 3	数据字节 3
字节 4	数据字节 4
字节 5 ... n	数据字节 5 ... n

1. 必须使用 *写入闪存数据长度* 命令来指定此命令发送的数据字节数量。
2. *读取闪存开始* 命令用于读取从所选数据类型的第一个地址开始、多达 256 个字节的数据。如果要读取的数据超过 256 个字节，则必须使用 *读取闪存继续* 命令。使用每个 *读取闪存继续* 命令可以读取多达 256 个字节的数据，从所写最后一个数据的结尾开始。

## 4 SPI 数据传输

本节介绍了从 SPI 发送器传输到 DLPC1438 系统上的 FPGA 时采用的正确 SPI 数据传输格式。本节涵盖的主题包括：

1. SPI 像素视频规范 ( 请参阅节 4.1 )
2. SPI 数据格式 ( 请参阅节 4.2 )

### 4.1 SPI 像素视频规范

DLPC1438 上并行数据引脚处的外部打印数据流需要采用正确的格式。前端视频源必须使用以下设置：

- 水平后沿：645
- 水平前沿：645
- 垂直后沿：107
- 垂直前沿：107
- 每行像素：1280
- 每帧行数：720

### 4.2 SPI 数据格式

通过 SPI 接口发送的数据必须通过以下方式进行格式化，才能在 FPGA 上正确解析：

**表 4-1. SPI 数据流格式**

布局：	命令	行/列索引	空	长度 1	数据字段 2	CRC16 3
位：	0-7	8-39	40-47	48-79	80 -336/16.777297E6	337/16.777298E6 - 369/16.777329E6

1. 长度字段是数据字段字节数的十六进制表示。
2. 数据字段最小为 256 位，最大为 16,777,216 位。
3. CRC16 是 16 位冗余检验。这些位始终位于数据流的末尾。

例如，TI 的 DLP 团队使用 Python 脚本中 `crcmod` 的 `mkCrcFun` 函数。用于生成该函数的参数如下：

多项式：0x18005

初始值：0xFFFF

最终 XOR 值：0x0

输入翻转：False

结果翻转：False

正向或反向：Forward

FPGA SPI CRC16 结果可以按照节 3.3.16 所述进行检验

4. 这些命令参数均以小端字节序格式发送。
5. 由于 SPI 发送器缓冲器的大小受到限制，可能有必要划分成多个更小的部分来发送这些命令。相关说明，请参阅节 4.2.1。

**表 4-2. SPI 数据流命令**

命令代码	说明
00	空闲
04	数据流

SPI 数据流可能会替换整个图像缓冲器，也可能有选择地更新图像缓冲器的矩形窗口部分。`Column Start Index` 设置待更新矩形的左上像素一列，具体形式为列编号 `128 x Column Start Index`。`Row Start Index` 设置待更新矩形的左上像素一行，具体形式为 `2 x Row Start Index`。`Column End Index` 设置待更新矩形的最右侧一列，具体形式为列编号 `128 x Column End Index - 1`。`Length` 确定待更新矩形的右下角，并且必须设置为“高度 x 宽度 x 每像素位数”。

例如，若要更新 8 位值的整个 2560 x 1440 帧，请使用以下设置：

`Column Start Index` : 0

`Column End Index` : 19

Start Row Index : 0

Length : 3686400

例如，若要更新 8 位值的 1280 x 720 帧，请使用以下设置：

Column Start Index : 5

Column End Index : 14

Start Row Index : 180

Length : 921600

**表 4-3. SPI 数据流行和列索引位 (8 - 39)**

位	说明	使用 DLPC1438 时的有效值
b(8:12)	Column Start Index 左上像素一列 = 128 x Column Start Index	0 至 19
b(13:17)	Column End Index 最右侧一列 = 128 x Column End Index - 1	0 至 19, 必须大于或等于 Column Start Index
b(18:28)	Start Row Index 左上像素一行 = 2 x Start Row Index	0 至 719
b(29:35)	空位全部为 0	
b(36:39)	数据流校验全部为 1	

#### 4.2.1 拆分 SPI 数据

当命令大小超过前端缓冲器大小时，可以将该命令拆分成受支持的大小并分段发送。在这类分段式命令中，命令必须始终以命令操作码、行和列索引以及空位开头，后跟数据。可以根据需要重复这种格式，直到整个命令数据全部发送完毕且以 CRC 作为最后两个字节。

样式类似如下：

**表 4-4. SPI 数据第一次传输**

命令	行/列索引	空位	长度 1	要发送的图像数据 0 (x1)
1 字节操作码	4 个字节，采用小端字节序格式	7 个位全部为 0	4 个字节，采用小端字节序格式	高达 FPGA 缓冲器大小 - 79 位，采用小端字节序格式

1. 长度字段是要在所有传输中针对图像发送的整个数据的位数（以十六进制表示）。

**表 4-5. SPI 数据第 N 次传输**

命令	行/列索引	空位	从 (xN-1) 到 (xN) 的图像数据
1 字节操作码	4 个字节，采用小端字节序格式	7 个位全部为 0	高达 SPI 发送器缓冲器大小 - 47 位，采用小端字节序格式

**表 4-6. SPI 数据最后一次传输**

命令	行/列索引	空位	图像数据 (xN) 到结尾	CRC16
1 字节操作码	4 个字节，采用小端字节序格式	7 个位全部为 0	高达 SPI 发送器缓冲器大小 - 63 位，采用小端字节序格式	2 个字节，采用小端字节序格式

## 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 © 2022，德州仪器 (TI) 公司