

# 适用于显示应用的 **DLPC230-Q1/DLPC230S-Q1/DLPC231S-Q1**

## *Programmer's Guide*

---



Literature Number: ZHCUC56G  
APRIL 2016 - REVISED JULY 2024





<b>1 引言</b> .....	15
1.1 文档概览.....	15
1.2 软件概述.....	15
1.3 抬头显示概述.....	16
<b>2 电气接口</b> .....	18
2.1 加电信号.....	18
2.1.1 STAY-IN-BOOT (TSTPT_0).....	18
2.1.2 HOST_IF_SEL.....	18
2.1.3 CRCZ_CHKSUM_SEL.....	18
2.1.4 HOST_SPI_MODE.....	18
2.1.5 SPREAD-SPECTRUM-DISABLE (TSTPT_5).....	20
2.2 系统信号.....	21
2.2.1 HOST_IRQ.....	21
2.2.2 GPIO.....	21
<b>3 通信协议</b> .....	22
3.1 命令协议.....	22
3.2 SPI 规格.....	22
3.3 I <sup>2</sup> C 规范.....	23
3.4 写入.....	23
3.4.1 短写入.....	23
3.4.2 批量写入.....	25
3.4.3 写入命令处理.....	27
3.5 读取.....	29
3.5.1 读取预取.....	29
3.5.2 读取激活.....	30
3.5.3 短状态读取.....	32
3.5.4 读取命令处理.....	34
3.6 CRC 和校验和.....	36
3.6.1 CRC 计算.....	36
3.6.2 校验和计算.....	36
3.7 命令标签.....	37
<b>4 系统运行</b> .....	38
4.1 工作模式.....	38
4.1.1 待机.....	39
4.1.2 显示.....	39
4.1.3 校准.....	39
4.2 软件启动过程.....	39
<b>5 应用和用例</b> .....	42
5.1 显示和源.....	42
5.1.1 显示图像.....	42
5.1.2 支持的图像处理.....	42
5.1.3 外部视频.....	45
5.1.4 测试模式.....	45
5.1.5 启动界面图像.....	49
5.1.6 边框调整.....	49
5.1.7 图像翻转.....	51

5.2 批处理命令集.....	52
5.3 闪存编程.....	53
5.3.1 闪存程序 - 主应用程序.....	53
5.3.2 闪存读取 - 主应用程序.....	54
5.3.3 闪存程序 - 引导应用程序.....	55
5.4 温度管理.....	56
5.4.1 DMD 停止/解除停止温度管理.....	56
5.4.2 PWM 温度管理功能.....	57
5.4.3 调光级别覆盖温度管理.....	58
5.5 ADC 测量.....	59
5.5.1 序列对齐的 ADC 测量.....	59
5.5.2 单个 ADC 测量.....	59
<b>6 测试和诊断.....</b>	<b>60</b>
6.1 概述.....	60
6.2 紧急关闭.....	60
6.2.1 紧急关闭原因.....	60
6.3 诊断存储器接口.....	62
6.4 测试说明.....	64
6.4.1 周期性测试.....	65
6.4.2 非周期性测试.....	92
6.4.3 接口测试.....	100
<b>7 命令 - 引导应用程序.....</b>	<b>102</b>
7.1 命令表.....	102
7.2 命令定义.....	102
7.2.1 系统复位 - 写入 (00h).....	102
7.2.2 读取预取 - 写入 (01h).....	103
7.2.3 读取激活 (02h).....	103
7.2.4 系统软件版本 - 读取 (B0h).....	103
7.2.5 闪存器件 ID - 读取 (B1h).....	104
7.2.6 短状态 - 读取 (C0h).....	105
7.2.7 错误历史 - 读取 (C1h).....	108
7.2.8 清除短状态错误 - 写入 (C2h).....	109
7.2.9 清除错误历史 - 写入 (C3h).....	109
7.2.10 闪存完全擦除 - 写入 (E0h).....	110
7.2.11 闪存数据写入 - 写入 (E1h).....	110
7.2.12 闪存数据验证 - 写入 (E2h).....	111
7.2.13 闪存接口速率 - 写入 (E3h).....	111
7.2.14 闪存接口速率 - 读取 (E4h).....	112
<b>8 命令 - 主应用程序.....</b>	<b>113</b>
8.1 模式可用性.....	113
8.2 命令定义.....	117
8.2.1 系统复位 - 写入 (00h).....	117
8.2.2 读取预取 - 写入 (01h).....	117
8.2.3 读取激活 (02h).....	118
8.2.4 运行模式 - 写入 (03h).....	118
8.2.5 运行模式 - 读取 (04h).....	119
8.2.6 源选择 - 写入 (05h).....	119
8.2.7 源选择 - 读取 (06h).....	119
8.2.8 准备源切换 - 写入 (07h).....	120
8.2.9 显示图像方向 - 写入 (18h).....	120
8.2.10 显示图像方向 - 读取 (19h).....	120
8.2.11 系统模式选择 - 写入 (1Ch).....	121
8.2.12 系统模式选择 - 读取 (1Dh).....	121
8.2.13 边框调整 - 写入 (1Fh).....	121
8.2.14 边框调整 - 读取 (20h).....	122
8.2.15 执行批处理命令集 - 写入 (21h).....	122

8.2.16 执行延迟 - 写入 (22h).....	123
8.2.17 GPIO 配置 - 写入 (23h).....	124
8.2.18 GPIO 配置 - 读取 (24h).....	125
8.2.19 GPIO 输出 - 写入 (25h).....	126
8.2.20 GPIO 输出 - 读取 (26h).....	127
8.2.21 GPIO 保留 - 读取 (27h).....	127
8.2.22 执行非周期性 BIST - 写入 (28h).....	128
8.2.23 外部视频校验和控制 - 写入 (29h).....	128
8.2.24 外部视频校验和控制 - 读取 (2Ah).....	128
8.2.25 外部视频校验和设置 - 写入 (2Bh).....	130
8.2.26 外部视频校验和设置 - 读取 (2Ch).....	130
8.2.27 DMD 插座连通性测试 - 写入 (2Dh).....	131
8.2.28 DMD 插座连通性测试 - 读取 (2Eh).....	133
8.2.29 画面平均值控制 - 写入 (2Fh).....	136
8.2.30 画面平均值控制 - 读取 (30h).....	137
8.2.31 调光 控制丢失 - 写入 (33h).....	137
8.2.32 调光 控制丢失 - 读取 (34h).....	137
8.2.33 PWM 温度管理使能 - 写入 (35h).....	137
8.2.34 PWM 温度管理使能 - 读取 (36h).....	138
8.2.35 PWM 温度管理源 - 写入 (37h).....	138
8.2.36 PWM 温度管理源 - 读取 (38h).....	138
8.2.37 PWM 温度管理占空比 - 读取 (39h).....	138
8.2.38 调光级别覆盖温度管理使能 - 写入 (40h).....	139
8.2.39 调光级别覆盖温度管理使能 - 读取 (41h).....	139
8.2.40 调光级别覆盖温度管理源 - 写入 (42h).....	139
8.2.41 调光级别覆盖温度管理源 - 读取 (43h).....	139
8.2.42 调光级别覆盖温度管理占空比 - 读取 (44h).....	140
8.2.43 调光级别 - 写入 (50h).....	141
8.2.44 调光级别 - 读取 (51h).....	141
8.2.45 对比度 - 写入 (52h).....	142
8.2.46 对比度 - 读取 (53h).....	142
8.2.47 去伽马选择 - 写入 (54h).....	142
8.2.48 去伽马选择 - 读取 (55h).....	143
8.2.49 调光补偿温度源选择 - 写入 (58h).....	143
8.2.50 调光补偿温度源选择 - 读取 (59h).....	143
8.2.51 补偿用主机覆盖温度 - 写入 (5Ah).....	143
8.2.52 补偿用主机覆盖温度 - 读取 (5Bh).....	144
8.2.53 ADC 测量 - 读取 (5Ch).....	144
8.2.54 过亮控制 - 写入 (5Dh).....	145
8.2.55 过亮控制 - 读取 (5Eh).....	145
8.2.56 ADC 单次测量 - 读取 (63h).....	147
8.2.57 照度分级选择 - 写入 (70h).....	148
8.2.58 照度分级选择 - 读取 (71h).....	148
8.2.59 TPS99000-Q1 RGB DAC 级别 - 写入 (80h).....	149
8.2.60 TPS99000-Q1 RGB DAC 级别 - 读取 (81h).....	149
8.2.61 TPS99000-Q1 RGB 限值 - 写入 (82h).....	150
8.2.62 TPS99000-Q1 RGB 限值 - 读取 (83h).....	150
8.2.63 TPS99000-Q1 空白电流电平 - 写入 (84h).....	151
8.2.64 TPS99000-Q1 空白电流电平 - 读取 (85h).....	151
8.2.65 TPS99000-Q1 TIA1 修整 - 写入 (86h).....	152
8.2.66 TPS99000-Q1 TIA1 修整 - 读取 (87h).....	152
8.2.67 TPS99000-Q1 TIA1 增益 - 写入 (88h).....	153
8.2.68 TPS99000-Q1 TIA1 增益 - 读取 (89h).....	153
8.2.69 TPS99000-Q1 TIA1 电容 - 写入 (8Ah).....	154
8.2.70 TPS99000-Q1 TIA1 电容 - 读取 (8Bh).....	154
8.2.71 TPS99000-Q1 TIA1 暗偏移 - 写入 (8Ch).....	154

8.2.72 TPS99000-Q1 TIA1 暗偏移 - 读取 (8Dh).....	155
8.2.73 TPS99000-Q1 TIA1 输入偏移 - 写入 (8Eh).....	155
8.2.74 TPS99000-Q1 TIA1 输入偏移 - 读取 (8Fh).....	156
8.2.75 TPS99000-Q1 DM 脉宽 - 写入 (90h).....	157
8.2.76 TPS99000-Q1 DM 脉宽 - 读取 (91h).....	157
8.2.77 TPS99000-Q1 驱动模式 - 写入 (92h).....	157
8.2.78 TPS99000-Q1 驱动模式 - 读取 (93h).....	158
8.2.79 TPS99000-Q1 ADC 配置 - 写入 (94h).....	158
8.2.80 TPS99000-Q1 ADC 配置 - 读取 (95h).....	158
8.2.81 TPS99000-Q1 照明同步控制 - 写入 (96h).....	159
8.2.82 TPS99000-Q1 照明同步控制 - 读取 (97h).....	159
8.2.83 TPS99000-Q1 TIA2 控制 - 写入 (98h).....	160
8.2.84 TPS99000-Q1 TIA2 控制 - 读取 (99h).....	161
8.2.85 LED 驱动错误 - 读取 (9Ah).....	162
8.2.86 LED 驱动错误清除 - 写入 (9Bh).....	163
8.2.87 TPS99000-Q1 测试多路复用选择 - 写入 (9Ch).....	164
8.2.88 TPS99000-Q1 测试多路复用选择 - 读取 (9Dh).....	166
8.2.89 TPS99000-Q1 TIA1 偏移 - 写入 (9Eh).....	167
8.2.90 TPS99000-Q1 TIA1 偏移 - 读取 (9Fh).....	168
8.2.91 闪存数据类型选择 - 写入 (A0h).....	168
8.2.92 闪存数据擦除 - 写入 (A1h).....	170
8.2.93 闪存数据写入 - 写入 (A2h).....	170
8.2.94 闪存数据读取 - 读取 (A3h).....	171
8.2.95 闪存数据验证 - 写入 (A4h).....	173
8.2.96 闪存块计数 - 读取 (A5h).....	173
8.2.97 闪存块 CRC - 读取 (A6h).....	175
8.2.98 闪存结构版本 - 读取 (A7h).....	175
8.2.99 闪存数据大小 - 读取 (A9h).....	176
8.2.100 系统软件版本 - 读取 (B0h).....	177
8.2.101 闪存器件 ID - 读取 (B1h).....	177
8.2.102 DLPC230-Q1 器件 ID - 读取 (B2h).....	178
8.2.103 DMD 器件 ID - 读取 (B3h).....	179
8.2.104 TPS99000-Q1 器件 ID - 读取 (B4h).....	180
8.2.105 系统温度 - 读取 (B5h).....	180
8.2.106 当前源信息 - 读取 (B6h).....	181
8.2.107 当前显示信息 - 读取 (B8h).....	184
8.2.108 系统信息 - 读取 (BAh).....	184
8.2.109 闪存接口速率 - 读取 (BBh).....	186
8.2.110 短状态 - 读取 (C0h).....	187
8.2.111 错误历史 - 读取 (C1h).....	190
8.2.112 清除短状态错误 - 写入 (C2h).....	193
8.2.113 清除错误历史 - 写入 (C3h).....	193
<b>9 命令 - 诊断接口</b> .....	<b>194</b>
9.1 诊断命令读取过程.....	194
9.2 命令表.....	194
9.3 命令定义.....	195
9.3.1 读取预取 - 写入 (01h).....	195
9.3.2 读取激活 (02h).....	195
9.3.3 诊断接口状态 - 读取 (F0h).....	196
9.3.4 诊断接口状态清除 - 写入 (F1h).....	197
<b>10 闪存配置</b> .....	<b>198</b>
10.1 概述.....	198
10.2 系统模式概述.....	198
10.3 校准数据.....	200
10.3.1 概述.....	200
10.3.2 顶层数据布局.....	201

10.3.3 校准表数据布局.....	203
10.3.4 调光级别数据布局.....	203
10.4 暂存区数据.....	205
10.4.1 CRC.....	205
10.4.2 块编号.....	206
10.4.3 版本 (主要、次要、补丁).....	206
10.4.4 自定义数据.....	206
<b>A 错误代码.....</b>	<b>207</b>
A.1 引导应用程序.....	207
A.2 主应用程序.....	209
<b>修订历史记录.....</b>	<b>218</b>

## 插图清单

图 1-1. HUD 系统方框图.....	16
图 2-1. SPI 模式时序.....	19
图 2-2. 引导流程调试.....	20
图 3-1. SPI 短写入.....	24
图 3-2. I <sup>2</sup> C 短写入.....	24
图 3-3. SPI 批量写入.....	25
图 3-4. I <sup>2</sup> C 批量写入.....	26
图 3-5. 写入命令处理程序.....	27
图 3-6. SPI 读取预取.....	29
图 3-7. I <sup>2</sup> C 读取预取.....	29
图 3-8. SPI 读取激活.....	30
图 3-9. I <sup>2</sup> C 读取激活.....	31
图 3-10. SPI 短状态.....	32
图 3-11. I <sup>2</sup> C 短状态.....	33
图 3-12. 读取命令处理程序.....	34
图 4-1. DLPC230-Q1 状态图.....	38
图 4-2. 通信就绪检查.....	40
图 4-3. 引导应用程序执行流程.....	41
图 4-4. 主应用程序执行流程.....	41
图 5-1. DLP4620S-Q1 镜像图.....	43
图 5-2. 经过预处理的 Quincunx 示例.....	44
图 5-3. 高分辨率曼哈顿示例.....	44
图 5-4. 分辨率低于 DMD 的曼哈顿信号源.....	44
图 5-5. 测试模式 - 纯色.....	46
图 5-6. 测试模式 - 色条.....	46
图 5-7. 测试模式 - 棋盘.....	46
图 5-8. 测试模式 - 水平斜坡.....	47
图 5-9. 测试模式 - 垂直斜坡.....	47
图 5-10. 测试模式 - 网格白色.....	47
图 5-11. 测试模式 - 网格黑色.....	48
图 5-12. 测试模式 - 对角线白色.....	48
图 5-13. 测试模式 - 对角线黑色.....	48
图 5-14. 边框偏移示例.....	50
图 5-15. 短轴翻转.....	51
图 5-16. 长轴翻转.....	51
图 5-17. 闪存程序主应用程序.....	53
图 5-18. 闪存读取主应用程序.....	54
图 5-19. 闪存程序引导应用程序.....	55
图 5-20. 温度操作.....	56
图 5-21. PWM 占空比温度管理示例.....	57
图 5-22. 2D LUT 调光级别覆盖温度示例.....	58
图 5-23. 序列对齐的 ADC 示例.....	59
图 6-1. 测试覆盖范围系统方框图.....	65

图 6-2. 视频信号灯校验和配置.....	69
图 6-3. 一像素帧计数器.....	71
图 6-4. 七像素帧计数器.....	72
图 6-5. 视频帧计数器校验和配置.....	73
图 6-6. 测试覆盖范围系统方框图.....	92
图 6-7. 测试覆盖范围系统方框图.....	100
图 7-1. 短状态位定义.....	106
图 7-2. 错误历史记录详细信息.....	109
图 8-1. 短状态位定义.....	188
图 8-2. 错误历史记录详细信息.....	191
图 9-1. 诊断接口的读取过程.....	194
图 10-1. 系统模式示例.....	199
图 10-2. 校准块.....	200

## 表格清单

表 2-1. STAY-IN-BOOT 配置.....	18
表 2-2. HOST_IF_SEL 配置.....	18
表 2-3. CRCZ_CHKSUM_SEL 配置.....	18
表 2-4. HOST_SPI_MODE 配置.....	19
表 2-5. SPI 模式定义.....	19
表 2-6. SPREAD-SPECTRUM-DISABLE 配置.....	20
表 3-1. SPI 配置.....	22
表 3-2. I <sup>2</sup> C 配置.....	23
表 3-3. SPI 短写 MOSI 字节.....	23
表 3-4. SPI 短写 MISO 字节.....	23
表 3-5. I <sup>2</sup> C 短写入字节.....	24
表 3-6. SPI 批量写入 MOSI 字节.....	25
表 3-7. SPI 批量写入 MISO 字节.....	25
表 3-8. I <sup>2</sup> C 批量写入字节.....	26
表 3-9. SPI 读取激活 MOSI 字节.....	30
表 3-10. SPI 读取激活 MISO 字节.....	30
表 3-11. I <sup>2</sup> C 读取激活写入字节.....	31
表 3-12. I <sup>2</sup> C 读取激活读取字节.....	31
表 3-13. SPI 短状态 MOSI 字节.....	32
表 3-14. SPI 短状态 MISO 字节.....	32
表 3-15. I <sup>2</sup> C 短状态写入字节.....	33
表 3-16. I <sup>2</sup> C 短状态读取字节.....	33
表 3-17. CRC 示例计算.....	36
表 3-18. 命令标签分配.....	37
表 4-1. 软件模式功能摘要.....	39
表 5-1. 图像处理模式.....	44
表 5-2. 不能用在批处理中的命令.....	52
表 6-1. 紧急关闭原因.....	60
表 6-2. 诊断存储器定义.....	62
表 6-3. 周期性测试概述.....	66
表 6-4. 视频源丢失参数.....	67
表 6-5. 视频源损耗故障.....	67
表 6-6. 视频源丢失检测错误代码.....	68
表 6-7. 视频信号灯校验和错误代码.....	70
表 6-8. 视频帧计数器校验和错误代码.....	74
表 6-9. 平均图片水平错误代码.....	74
表 6-10. 调光丢失错误代码.....	75
表 6-11. TPS99000-Q1 亮度过高监视器错误代码.....	76
表 6-12. 照片反馈监测错误条件.....	76
表 6-13. 光学传感器故障监测错误代码.....	77
表 6-14. DLPC230-Q1 处理器存储器 ECC 错误代码.....	78

表 6-15. 闪存表传输 CRC 错误代码.....	79
表 6-16. 帧缓冲区交换看门狗错误代码.....	80
表 6-17. 序列发生器指令读取看门狗错误代码.....	80
表 6-18. 序列发生器指令读取看门狗错误代码.....	81
表 6-19. DLPC230-Q1 系统电压监测错误代码.....	82
表 6-20. DLPC230-Q1 DMD 电压监测错误代码.....	83
表 6-21. DLPC230-Q1 TPS99000-Q1 带隙监视器错误代码.....	84
表 6-22. DMD 温度监测错误代码.....	85
表 6-23. DMD 时钟监视器错误代码.....	86
表 6-24. DMD 高速接口训练错误代码.....	87
表 6-25. DMD 低速接口测试错误代码.....	87
表 6-26. TPS99000-Q1 DLPC230-Q1 处理器看门狗错误代码.....	88
表 6-27. TPS99000-Q1 DLPC230-Q1 序列发生器看门狗错误代码.....	88
表 6-28. TPS99000-Q1 温度警告/错误的错误代码.....	89
表 6-29. TPS99000-Q1 时钟比率监视器错误代码.....	89
表 6-30. TPS99000-Q1 寄存器校验和错误代码.....	90
表 6-31. 软件监视器线程错误代码.....	91
表 6-32. 非周期性测试概述.....	92
表 6-33. 非周期性测试执行时间.....	93
表 6-34. 非周期性测试设置时间.....	93
表 6-35. DLPC230-Q1 前端功能 BIST 错误代码.....	93
表 6-36. DLPC230-Q1 后端功能 BIST 错误代码.....	94
表 6-37. DLPC230-Q1 存储器 BIST 错误代码.....	94
表 6-38. TPS99000-Q1 接口信号连接测试错误代码.....	95
表 6-39. DAC 至 ADC 环路 BIST 错误代码.....	96
表 6-40. DMD 存储器测试通过/未通过标准.....	96
表 6-41. DMD 存储器测试错误代码.....	97
表 6-42. 闪存数据验证错误代码.....	97
表 6-43. DLPC230-Q1 引导 ROM CRC 错误代码.....	98
表 6-44. DLPC230-Q1 闪存表 CRC 错误代码.....	98
表 6-45. DLPC230-Q1 主应用程序传输 CRC 错误代码.....	98
表 6-46. DLPC230-Q1 命令和闪存接口测试错误代码.....	99
表 6-47. 接口测试概述.....	100
表 7-1. 命令摘要 - 引导应用程序.....	102
表 7-2. 系统复位写入参数 (引导).....	102
表 7-3. 读取预取写入参数 (引导).....	103
表 7-4. 读取激活返回参数 (引导).....	103
表 7-5. System Software Version 返回参数 (引导).....	103
表 7-6. 闪存器件 ID 返回参数 (引导).....	104
表 7-7. 闪存存储器大小值.....	104
表 7-8. 短状态返回参数 (引导).....	105
表 7-9. 短状态字段说明 (引导).....	106
表 7-10. 错误历史返回参数 (引导).....	108
表 7-11. 错误详细信息位描述 (引导).....	108
表 7-12. 清除短状态错误写入参数 (引导).....	109
表 7-13. 清除错误历史写入参数 (引导).....	109
表 7-14. 闪存完全擦除写入参数 (引导).....	110
表 7-15. 闪存数据写入参数 (引导).....	110
表 7-16. 闪存接口速率写入参数 (引导).....	111
表 7-17. 闪存读取指令操作码.....	112
表 7-18. 闪存接口速率返回参数 (引导).....	112
表 8-1. 命令摘要 - 主应用程序.....	113
表 8-2. 系统复位写入参数.....	117
表 8-3. 读取预取写入参数.....	117
表 8-4. 读取激活返回参数.....	118
表 8-5. 运行模式写入参数.....	118

表 8-6. 运行模式返回参数.....	119
表 8-7. 源选择写入参数.....	119
表 8-8. 源选择返回参数.....	119
表 8-9. 显示图像方向写入参数.....	120
表 8-10. 显示图像方向返回参数.....	120
表 8-11. 系统模式选择写入参数.....	121
表 8-12. 系统模式选择返回参数.....	121
表 8-13. 边框调整写入参数.....	121
表 8-14. 边框调整返回参数.....	122
表 8-15. 执行批处理命令集写入参数.....	122
表 8-16. 执行延迟写入参数.....	123
表 8-17. GPIO 配置写入参数.....	124
表 8-18. GPIO 配置写入值.....	124
表 8-19. GPIO 配置返回参数.....	125
表 8-20. GPIO 配置返回值.....	125
表 8-21. GPIO 输出写入参数.....	126
表 8-22. GPIO 掩码值.....	126
表 8-23. GPIO 输出值.....	126
表 8-24. GPIO 输出返回参数.....	127
表 8-25. GPIO 值.....	127
表 8-26. GPIO 保留返回参数.....	127
表 8-27. GPIO 保留状态值.....	127
表 8-28. 执行非周期性 BIST 写入参数.....	128
表 8-29. 非周期性 BIST 值.....	128
表 8-30. 执行视频校验和控制写入参数.....	128
表 8-31. 执行视频校验和控制返回参数.....	129
表 8-32. 外部视频校验和设置写入参数.....	130
表 8-33. 外部视频校验和设置返回参数.....	130
表 8-34. 插座连通性测试写入参数.....	131
表 8-35. DMD 插座连通性测试返回参数.....	134
表 8-36. 画面平均值控制写入参数.....	136
表 8-37. 画面平均值控制返回参数.....	137
表 8-38. 调光 控制丢失写入参数.....	137
表 8-39. 调光 控制丢失返回参数.....	137
表 8-40. PWM 温度管理使能.....	138
表 8-41. PWM 温度管理使能.....	138
表 8-42. PWM 温度管理源.....	138
表 8-43. PWM 温度管理源.....	138
表 8-44. PWM 温度管理占空比.....	139
表 8-45. 调光级别覆盖温度管理使能.....	139
表 8-46. 调光级别覆盖温度管理使能.....	139
表 8-47. 调光级别覆盖温度管理源.....	139
表 8-48. 调光级别覆盖温度管理源.....	140
表 8-49. 调光级别覆盖温度管理占空比.....	140
表 8-50. 调光级别写入参数.....	141
表 8-51. 调光级别返回参数.....	141
表 8-52. 对比度写入参数.....	142
表 8-53. 对比度返回参数.....	142
表 8-54. 去伽马选择写入参数.....	142
表 8-55. 去伽马选择返回参数.....	143
表 8-56. 调光补偿温度源选择写入参数.....	143
表 8-57. 调光补偿温度源选择返回参数.....	143
表 8-58. 补偿用主机覆盖温度写入参数.....	144
表 8-59. 补偿用主机覆盖温度返回参数.....	144
表 8-60. ADC Measurements 命令参数.....	144
表 8-61. ADC Measurements 返回参数.....	145

表 8-62. 过亮控制写入参数.....	145
表 8-63. 过亮控制返回参数.....	146
表 8-64. ADC 单次测量命令参数.....	147
表 8-65. ADC 单次测量返回参数.....	147
表 8-66. 照度分级选择写入参数.....	148
表 8-67. 照度分级选择返回参数.....	148
表 8-68. TPS99000-Q1 照明等级写入参数.....	149
表 8-69. TPS99000-Q1 照明等级命令参数.....	149
表 8-70. TPS99000-Q1 照明等级返回参数.....	149
表 8-71. TPS99000-Q1 照明限值写入参数.....	150
表 8-72. TPS99000-Q1 照明限值返回参数.....	150
表 8-73. TPS99000-Q1 空白电流电平写入参数.....	151
表 8-74. TPS99000-Q1 空白电流电平返回参数.....	151
表 8-75. TPS99000-Q1 TIA1 修整写入参数.....	152
表 8-76. TPS99000-Q1 TIA1 修整返回参数.....	152
表 8-77. TPS99000-Q1 TIA1 增益写入参数.....	153
表 8-78. TIA1 增益值.....	153
表 8-79. TPS99000-Q1 TIA1 增益返回参数.....	153
表 8-80. TPS99000-Q1 TIA1 电容写入参数.....	154
表 8-81. TPS99000-Q1 TIA1 电容返回参数.....	154
表 8-82. TPS99000-Q1 TIA1 暗偏移写入参数.....	154
表 8-83. TPS99000-Q1 TIA1 暗偏移返回参数.....	155
表 8-84. TPS99000-Q1 TIA1 输入偏移写入参数.....	155
表 8-85. TPS99000-Q1 TIA1 输入偏移返回参数.....	156
表 8-86. TPS99000-Q1 DM 脉宽写入参数.....	157
表 8-87. TPS99000-Q1 DM 脉宽返回参数.....	157
表 8-88. TPS99000-Q1 驱动模式写入参数.....	157
表 8-89. TPS99000-Q1 驱动模式返回参数.....	158
表 8-90. TPS99000-Q1 ADC 配置写入参数.....	158
表 8-91. TPS99000-Q1 ADC 配置返回参数.....	158
表 8-92. TPS99000-Q1 照明同步控制写入参数.....	159
表 8-93. TPS99000-Q1 照明同步控制读取参数.....	159
表 8-94. TPS99000-Q1 TIA2 控制写入参数.....	160
表 8-95. TIA2 增益值.....	160
表 8-96. TPS99000-Q1 TIA2 控制返回参数.....	161
表 8-97. LED 驱动错误返回参数.....	162
表 8-98. LED 驱动错误清除写入参数.....	163
表 8-99. TPS99000-Q1 测试多路复用选择写入参数.....	164
表 8-100. TPS99000-Q1 测试多路复用选择返回参数.....	166
表 8-101. TPS99000-Q1 TIA1 偏移写入参数.....	167
表 8-102. TPS99000-Q1 TIA1 偏移命令参数.....	168
表 8-103. TPS99000-Q1 TIA1 偏移返回参数.....	168
表 8-104. 闪存数据类型选择写入参数.....	168
表 8-105. 闪存数据类型值.....	169
表 8-106. 闪存擦除写入参数.....	170
表 8-107. 闪存数据写入参数.....	170
表 8-108. 闪存数据读取命令参数.....	171
表 8-109. 闪存数据类型值.....	171
表 8-110. 闪存数据读取返回参数.....	172
表 8-111. 闪存数据验证写入参数.....	173
表 8-112. 闪存数据类型值.....	173
表 8-113. 闪存块计数返回参数.....	174
表 8-114. 闪存块 CRC 返回参数.....	175
表 8-115. 闪存结构版本返回参数.....	175
表 8-116. 闪存数据大小命令参数.....	176
表 8-117. 闪存数据类型值.....	176

表 8-118. 闪存数据大小返回参数.....	176
表 8-119. 系统软件版本返回参数.....	177
表 8-120. 闪存器件 ID 返回参数.....	177
表 8-121. 闪存存储器大小值.....	177
表 8-122. DLPC230-Q1 器件 ID 命令参数.....	178
表 8-123. DLPC230-Q1 器件 ID 返回参数 0x0.....	178
表 8-124. DLPC230-Q1 器件 ID.....	178
表 8-125. DLPC230-Q1 器件 ID 返回参数 0x1.....	178
表 8-126. DLPC230-Q1 保险丝 ID 定义.....	178
表 8-127. DMD 器件 ID 命令参数.....	179
表 8-128. DMD 器件 ID 返回参数.....	179
表 8-129. DMD 器件 ID.....	179
表 8-130. TPS99000-Q1 器件 ID 返回参数.....	180
表 8-131. 系统温度命令参数.....	180
表 8-132. 系统温度返回参数.....	180
表 8-133. 当前源信息返回参数 ( 外部视频 ).....	181
表 8-134. 当前源信息返回参数 ( 测试模式 ).....	182
表 8-135. 测试模式前景色/背景色使用.....	183
表 8-136. 当前源信息返回参数 ( 启动界面 ).....	183
表 8-137. 当前显示信息返回参数.....	184
表 8-138. 系统信息返回参数.....	184
表 8-139. 闪存接口速率返回参数.....	186
表 8-140. 闪存读取指令操作码.....	186
表 8-141. 短状态返回参数.....	187
表 8-142. 短状态字段说明.....	188
表 8-143. 错误历史返回参数.....	190
表 8-144. 错误详细信息位描述.....	190
表 8-145. 信息位定义命令或通信.....	191
表 8-146. 信息位定义系统电压.....	191
表 8-147. 信息位定义 DMD HS 接口训练.....	192
表 8-148. 清除短状态错误写入参数.....	193
表 8-149. 清除错误历史写入参数.....	193
表 9-1. 命令摘要 - 诊断接口.....	194
表 9-2. 读取预取写入参数.....	195
表 9-3. 读取激活返回参数.....	195
表 9-4. 诊断接口状态命令参数.....	196
表 9-5. 诊断接口状态返回参数.....	196
表 9-6. 诊断接口状态清除写入参数.....	197
表 9-7. 诊断接口清除值.....	197
表 10-1. 校准数据顶层.....	201
表 10-2. 温度补偿源值.....	202
表 10-3. 校准表布局.....	203
表 10-4. 调光级别布局.....	203
表 10-5. CMODE 启用值.....	205
表 10-6. 同步周期值.....	205
表 10-7. 暂存区数据.....	205
表 A-1. 引导应用程序错误代码.....	207
表 A-2. 主应用程序错误代码.....	209

## 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

This page intentionally left blank.



## 1.1 文档概览

本指南适用于为控制显示应用所用 DMD 而开发主机软件软件编程人员。这包括 DLP5530-Q1 和 DLP4620S-Q1 等 DMD，它们分别与 DLPC230-Q1 和 DLPC231S-Q1 控制器配对使用。请注意，“S”表示元件提供功能安全支持。它包括通信协议、命令说明和与软件功能相关的硬件引脚。提供了其他用例信息，以解释常规命令使用场景以及如何修改软件设置以满足必要的产品目标。

在本文档的其余部分中，DLP5530-Q1、DLPC230-Q1 和 TPS99000-Q1 与 DLP5530S 或 DLP4620S-Q1 等任何显示 DMD 或 DLPC230S-Q1、DLPC231S-Q1 或 TPS99000S-Q1 等替代控制器互换使用，除非另有说明。有关 DLP5530S-Q1 或 DLP4620S-Q1 芯片组功能安全的更多详细信息，请参阅芯片组的芯片组安全手册。

## 1.2 软件概述

DLPC230-Q1 软件由两个部分组成：引导应用程序和主应用程序。控制器的 BOOTHOLD 模式将控制器置于其引导应用程序中，以使其绝不会到达主应用程序。在此模式下，用户可以对空或损坏的闪存器件进行编程。引导应用程序还允许对空的或损坏的闪存进行编程，在此期间主应用程序将不可用。大部分系统功能都位于主应用程序中。这两种应用共用一个硬件支持的通用 SPI 和 I<sup>2</sup>C 通信协议，以允许从主机处理器进行控制，但每个应用程序都包含一组不同的命令定义，以支持其功能。

外部 SPI 闪存存储器用于配置 DLPC230-Q1 软件的所有功能。闪存数据包含的信息包括默认设置、DMD 序列发生器指令、启动界面图像数据批处理命令集以及校准数据。



**TMP411** - 从内置于 DMD 中的温度检测二极管读取 DMD 温度。DLPC230-Q1 在运行过程中持续轮询 TMP411 远程通道的温度，采取措施将 DMD 停驻在极端温度下。还可以从 DLPC230-Q1 读取 DMD 温度。

**HOST\_IRQ** - 一种中断信号，可提醒主机某错误导致了 DLPC230-Q1 软件切换到待机模式，并停止 DMD。更多有关此信号的信息，请参阅节 2.2.1。

**PROJ\_ON** - 整个芯片组的主机控制复位信号。有关此信号的更多信息，请参阅 DLPC230-Q1 数据表。

**GPIO** - DLPC230-Q1 包含多个可由主机处理器使用 SPI 或 I<sup>2</sup>C 命令控制的备用 GPIO。



## 2.1 加电信号

DLPC230-Q1 包含可用于修改软件和硬件功能的硬件引脚。DLPC230-Q1 软件在启动过程中读取这些引脚的值，以配置通信接口和软件启动行为。

### 2.1.1 STAY-IN-BOOT (TSTPT\_0)

引导应用程序使用 STAY-IN-BOOT 信号来确定系统是应保持引导执行状态，还是尝试在上电期间加载并转换到主应用程序。

如果任何系统级问题阻止了在主应用程序执行期间进行重新编程，则仍然留在引导应用程序中的时间可能需要对 SPI 闪存进行重新编程，包括对主应用程序进行重新编程。

表 2-1. STAY-IN-BOOT 配置

系统上电时的值	系统操作
0	从闪存加载主应用程序。正常运行模式。
1	保持在引导应用程序中并等待命令指令。

### 2.1.2 HOST\_IF\_SEL

DLPC230-Q1 硬件在系统上电期间使用 HOST\_IF\_SEL 信号来确定要用于主机控制系统的接口 ( SPI 或 I<sup>2</sup>C )。未选择用于主机控制的接口将配置为诊断接口，可用于读取诊断存储器信息。

表 2-2. HOST\_IF\_SEL 配置

系统上电时的值	系统操作
0	SPI = 主机控制接口，I2C = 诊断接口
1	SPI = 诊断接口，I2C = 主机控制接口

### 2.1.3 CRCZ\_CHKSUM\_SEL

引导应用程序在系统上电期间使用 CRCZ\_CHKSUM\_SEL 信号来确定主机将使用 8 位 CRC 还是 8 位校验和来验证命令事务。主应用程序还将在上电期间使用该值来确定诊断控制接口将使用 8 位 CRC 还是 8 位校验和。

表 2-3. CRCZ\_CHKSUM\_SEL 配置

系统上电时的值	系统操作
0	主机控制接口对所有事务使用 CRC 诊断控制接口对所有事务使用 CRC
1	主机控制接口对所有事务使用校验和 诊断控制接口对所有事务使用校验和

### 2.1.4 HOST\_SPI\_MODE

引导应用程序在系统上电期间使用 HOST-SPI-MODE 信号来确定将使用哪种 SPI 模式 ( 时钟极性和相位 ) 进行主机 SPI 通信。在引导应用程序读取此信号的值后，它会配置为输出，并在软件初始化阶段切换以进行调试。节

[2.1.4.1](#) 中介绍了此调试用法。

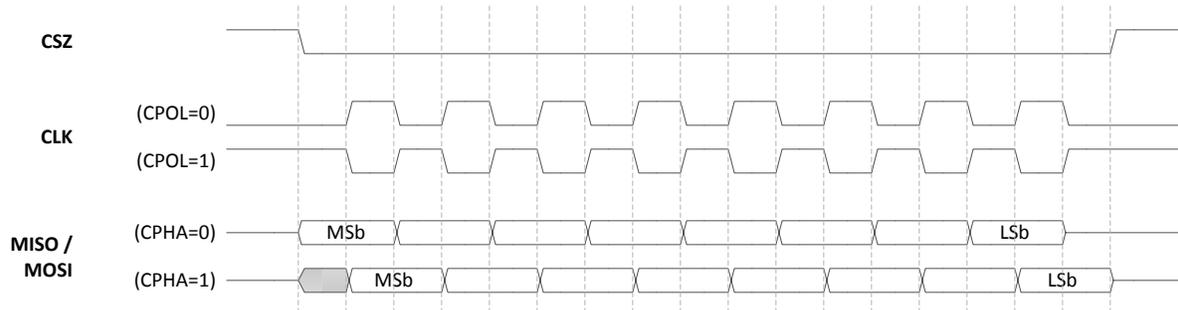
**表 2-4. HOST\_SPI\_MODE 配置**

系统上电时的值	系统操作
0	主机 SPI 端口可以使用 SPI 模式 0 或 3
1	主机 SPI 端口可以使用 SPI 模式 1 或 2

表 2-5 中定义了 SPI 模式。

**表 2-5. SPI 模式定义**

模式	时钟极性	时钟相位
0	0	0
1	0	1
2	1	0
3	1	1


**图 2-1. SPI 模式时序**

### 2.1.4.1 引导流程调试

HOST\_SPI\_MODE 会配置为输出并在 DLPC230-Q1 软件初始化期间进行切换，以协助进行调试。这会在该值被读取为输入后立即开始。图 2-2 展示了初始化事件和关联的 HOST\_SPI\_MODE 信号。无论可选事件是启用还是禁用，都会对这些事件进行切换，以便仍然可以正确识别以下事件。

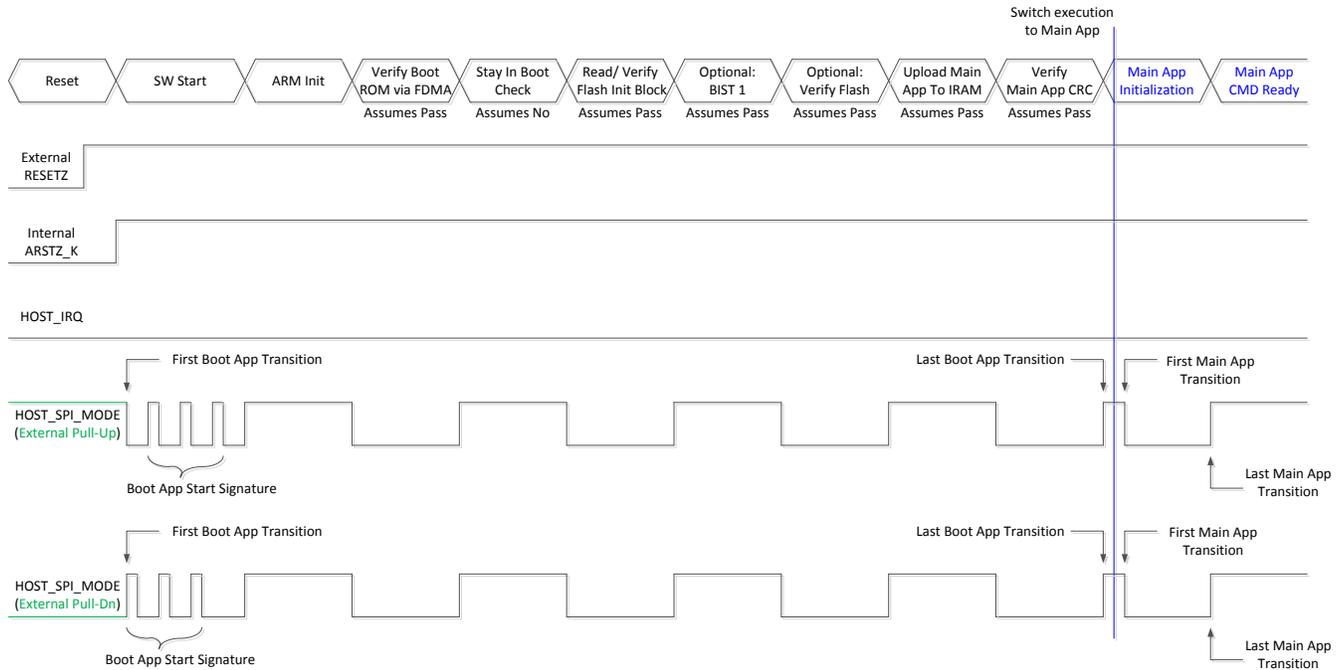


图 2-2. 引导流程调试

节 6.4.2 中介绍了这些测试。BIST 1 是 DLPC230-Q1 命令和闪存接口存储器测试。

### 2.1.5 SPREAD-SPECTRUM-DISABLE (TSTPT\_5)

SPREAD-SPECTRUM-DISABLE 由 TSTPT\_5 DLPC230-Q1 引脚的状态进行控制。这可被视为展频功能的硬件覆盖。如果设置为高电平，则将从闪存存储器中读取展频设置。如果此设置为低电平，则展频设置将被忽略，展频将始终保持禁用状态。

请注意，该信号为高电平不一定会启用展频，因为闪存设置也可以禁用它。

表 2-6. SPREAD-SPECTRUM-DISABLE 配置

系统上电时的值	系统操作
0	禁用展频
1	软件将从闪存存储器中读取展频设置

## 2.2 系统信号

本节介绍与软件操作相关的硬件信号。

### 2.2.1 HOST\_IRQ

HOST\_IRQ 信号是来自 DLPC230-Q1 的中断，用于通知主机发生了严重的系统错误。这通常会导致紧急关闭。在这种情况下，HOST\_IRQ 信号将设置为高电平。有关紧急关闭的更多信息，请访问[节 6.2](#)。

### 2.2.2 GPIO

DLPC230-Q1 有 32 个 GPIO。其中一些 GPIO 是根据产品配置保留的，但非保留引脚可供主机根据系统需求进行控制。DLPC230-Q1 数据表中介绍了每个产品的保留和可用 GPIO。

以下命令用于 GPIO 控制：

- [GPIO 配置 - 写入](#) - 将每个 GPIO 引脚配置为输入或输出。
- [GPIO 配置 - 读取](#) - 返回每个 GPIO 是设置为输入、输出还是备用功能。
- [GPIO 配置 - 写入](#) - 设置每个 GPIO 的值。
- [GPIO 配置 - 读取](#) - 读取每个 GPIO 的值。
- [GPIO 保留 - 读取](#) - 返回每个 GPIO 是保留还是可供主机使用。

在开发过程中，可通过读取 [GPIO 保留](#) 命令来确定保留的 GPIO。可通过闪存配置或发送 [GPIO 配置](#) 命令将可用的 GPIO 配置为输入或输出。

应发送 [GPIO 输出](#) 命令，以在系统运行期间更改任何 GPIO 的高电平/低电平状态。此命令包括每个 GPIO 的屏蔽位，以便仅设置所需的 GPIO 值。



### 3.1 命令协议

DLPC230-Q1 可由主机处理器使用 SPI 或 I<sup>2</sup>C 控制。这两种通信类型的通用命令结构都是相同的。以下各节概述了读取和写入命令的命令协议和字节图。

每个命令事务都受 SPI 芯片选择或 I<sup>2</sup>C 启动/停止条件的限制。

传输的命令数据包括命令操作码、命令标签、有效载荷长度、有效载荷数据以及 CRC 或校验和字节。标签和 CRC/校验和用于通信接口上的错误检查，以增加稳健性。

- 命令标签是一个唯一值，可通过系统在短状态和错误历史中的执行进行跟踪，以确定命令是否成功或是否发生任何错误。更多有关命令标签的信息，请参阅节 3.7。
- 如果数据线路上出现电噪声或其他字节级损坏，CRC 或校验和字节可确保所传输数据的完整性。

接收到的命令数据包括重复命令操作码、重复命令标签、返回有效载荷长度、返回有效载荷数据以及所返回字节的 CRC 或校验和。

系统初始化时外部信号 [CRCZ-CHKSUM-SEL](#) 的状态将决定命令是需要 CRC 还是有效载荷数据校验和。

### 3.2 SPI 规格

SPI 信号规范如下：

表 3-1. SPI 配置

参数	值
时钟频率	最大值 10MHz
模式 ( 时钟相位和极性 )	支持时钟相位和极性的所有 4 种组合。必须在启动时正确配置外部信号 <a href="#">HOST-SPI-MODE</a> ，才能设置所需模式。
数据字长	8 位
位顺序	一个字节内的最高有效位优先
字节顺序	最低有效字节优先
芯片选择极性	低电平有效
虚拟字节	来自控制器 ( 主机 ) : 0x00。来自外设 (DLPC230) : 0xFF

### 3.3 I<sup>2</sup>C 规范

I<sup>2</sup>C 信号规范如下所示：

**表 3-2. I<sup>2</sup>C 配置**

参数	值
时钟频率	100kHz、400kHz (快速模式)
器件地址 (目标地址和写入/读取位)	36/37h
数据字长	8 位
位顺序	一个字节内的最高有效位优先
字节顺序	最低有效字节优先

### 3.4 写入

有两种类型的写入事务协议：短写入和批量写入。短写入用于 64 字节或更少的数据有效载荷。这几乎用于所有引导和主应用程序命令。批量写入用于 65 字节至 256 字节的数据有效载荷。批量写入仅用于对闪存数据进行编程。

节 3.4.3 定义了将任何数据写入 DLPC230-Q1 的命令处理流程。

#### 3.4.1 短写入

短写入协议用于数据有效载荷不超过 64 字节的写入命令。典型的工作命令使用此协议。

##### 3.4.1.1 SPI 短写入

表 3-3、表 3-4 和图 3-1 介绍了 SPI 短写入协议。

**MOSI 控制器输出、外设输入 (例如主机输出、DLPC230 输入)：**

**表 3-3. SPI 短写 MOSI 字节**

数据字节	说明
CMD	1 字节写入命令操作码
标签	1 字节标识符，用于唯一标记主机发送的每个命令。
长度	有效载荷数据的长度。
Data1(a:n)	待发送的有效载荷数据。长度和内容因命令操作码而异，最多为 64 字节。
CRC	写入字节的 CRC 或校验和。此值必须涵盖所有字节，包括操作码、标签、长度和数据字节。

**MISO 控制器输入、外设输出 (例如主机输入、DLPC230 输出)：**

**表 3-4. SPI 短写 MISO 字节**

数据字节	说明
CMD (ACK)	回显从主机控制器接收到的命令操作码。
Tag (ACK)	回显从主机控制器接收到的标签。
LengthR	返回数据的长度。对于短写入，该值始终为零。
CRC-R	响应字节的 CRC 或校验和。该值包含操作码、标签和长度。

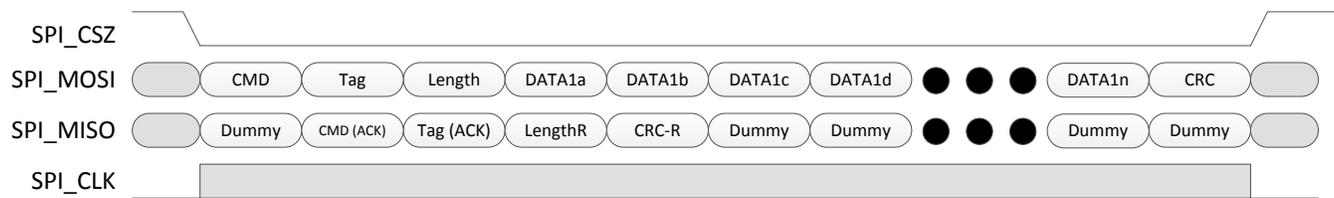


图 3-1. SPI 短写入

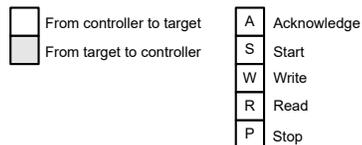
### 3.4.1.2 I<sup>2</sup>C 短写入

表 3-5 和图 3-2 介绍了 I<sup>2</sup>C 短写入协议。

数据：

表 3-5. I<sup>2</sup>C 短写入字节

数据字节	说明
CMD	1 字节写入命令操作码
Tag	1 字节标识符，用于唯一标记主机发送的每个命令。
Length	有效载荷数据的长度。
Data1(a:n)	待发送的有效载荷数据。长度和内容因命令操作码而异，最多为 64 字节。
CRC	写入字节的 CRC 或校验和。此值必须涵盖所有字节，包括操作码、标签、长度和数据字节。

图 3-2. I<sup>2</sup>C 短写入

### 3.4.2 批量写入

“批量写入”协议用于数据有效载荷大于 64 字节至含 256 字节的写入命令。

#### 3.4.2.1 SPI 批量写入

表 3-6、表 3-7 和图 3-3 介绍了 SPI 批量写入协议。

**MOSI 控制器输出、外设输入 (例如主机输出、DLPC230 输入) :**

表 3-6. SPI 批量写入 MOSI 字节

数据字节	说明
CMD	1 字节写入命令操作码
标签	1 字节标识符, 用于唯一标记主机发送的每个命令。
长度	批量头数据的长度 (数据 1a、数据 1b)。对于批量写入, 该长度始终为 2。
Data1(a:b)	批量标头数据。值指定批量有效载荷的长度 (1-256 字节)。LSByte = “a”。
CRC1	写入标头的 CRC 或校验和。包括操作码、标签、长度和标头数据字节。
Data2(a:n)	批量写入有效载荷数据。字节数会有所不同, 并且应该与存储在 Data1(a:b) 中的值相匹配。
CRC2	批量有效载荷的 CRC 或校验和。这包括批量有效载荷 (Data2)。

**MISO 控制器输入、外设输出 (例如主机输入、DLPC230 输出) :**

表 3-7. SPI 批量写入 MISO 字节

数据字节	说明
CMD (ACK)	回显从主机控制器接收到的命令操作码。
Tag (ACK)	回显从主机控制器接收到的标签。
LengthR	返回数据的长度。对于批量写入, 该长度始终为 0。
CRC-R	响应字节的 CRC 或校验和。该值包含操作码、标签和长度。

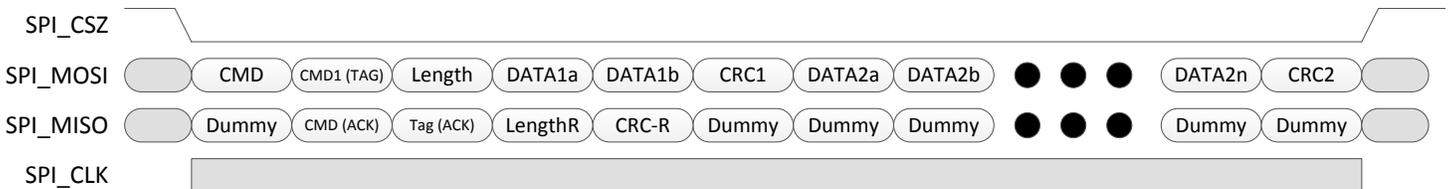


图 3-3. SPI 批量写入

### 3.4.2.2 I<sup>2</sup>C 批量写入

表 3-8 和图 3-4 介绍了 I<sup>2</sup>C 批量写入协议。

数据：

表 3-8. I<sup>2</sup>C 批量写入字节

数据字节	说明
CMD	1 字节写入命令操作码
标签	1 字节标识符，用于唯一标记主机控制器发送的每个命令。
长度	批量头数据的长度（数据 1a、数据 1b）。对于批量写入，该长度始终为 2。
Data1(a:b)	批量标头数据。值指定批量有效载荷的长度（1-256 字节）。
CRC1	写入标头的 CRC 或校验和。包括操作码、标签、长度以及标头数据字节 (Data1)。
Data2(a:n)	批量写入有效载荷数据。字节数会有所不同，并且应该与存储在 Data1(a:b) 中的值相匹配。
CRC2	批量有效载荷的 CRC 或校验和。这只包括批量有效载荷 (Data2)。

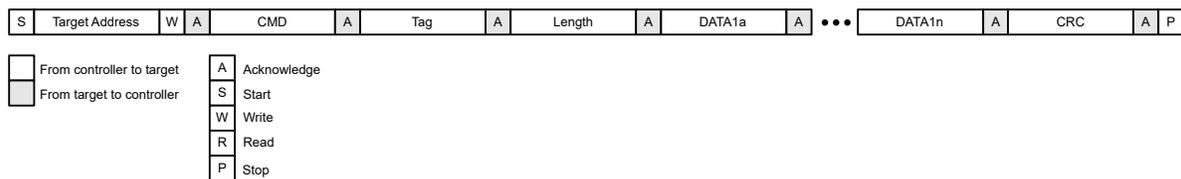


图 3-4. I<sup>2</sup>C 批量写入

### 3.4.3 写入命令处理

写入命令处理程序必须检查短状态，以确保系统不再因之前的事务而繁忙，并检查是否发生任何错误。错误可能与当前命令事务或其他后台系统进程有关。图 3-5 介绍了使用短写入或批量写入协议的任何写入命令的命令处理程序流程。

有关短状态的更多详情，可以在节 8.2.110 (主应用程序) 和节 7.2.6 (引导应用程序) 中找到。此命令处理程序流程对两种应用程序都有效。

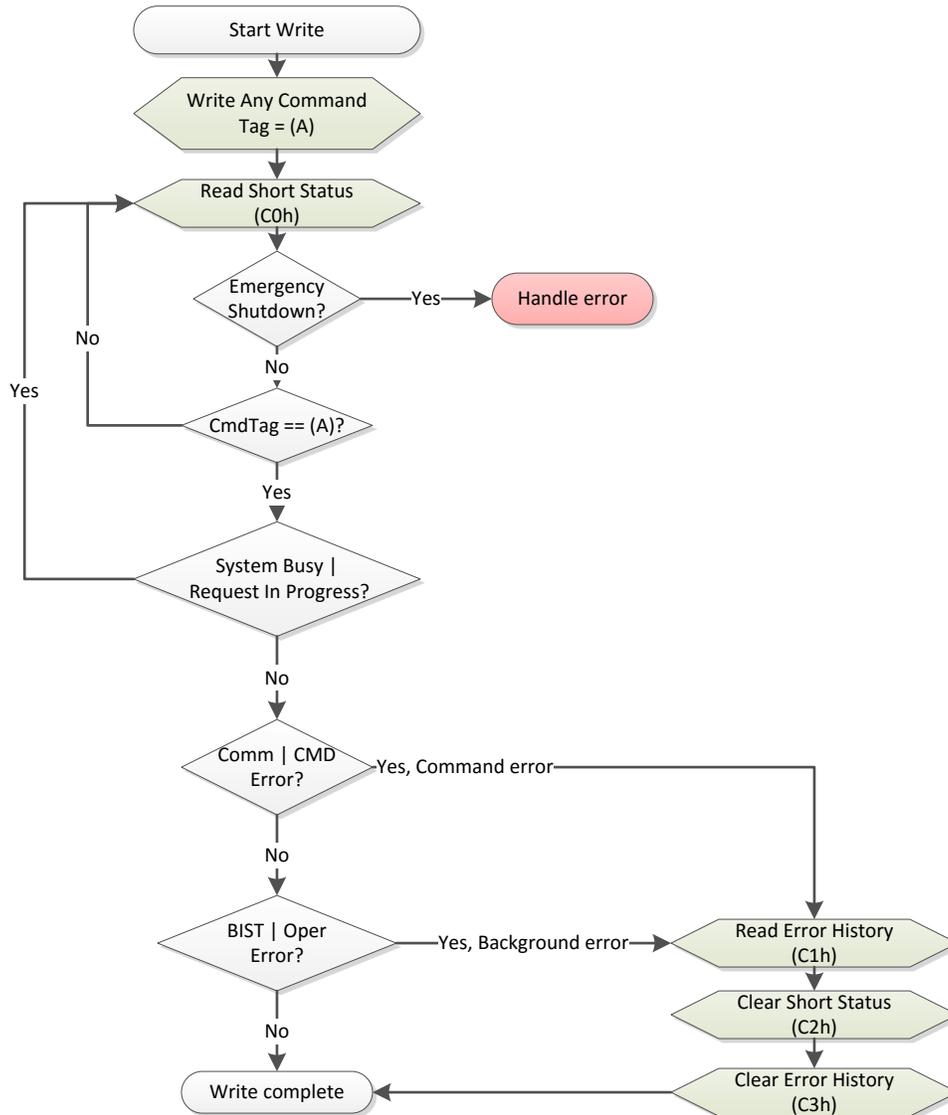


图 3-5. 写入命令处理程序

- **写入任意命令** - 根据特定命令的要求，使用 [短写入协议](#) 或 [批量写入协议](#) 写入所需的命令。记录为该命令选择的标签 (A)。
- **读取短状态** - 使用 [短状态读取协议](#) 读取“短状态”。
- **紧急关闭?** - 此“短状态”位指示是否发生了紧急关闭情况。如果发生这种情况，命令处理应停止，以便处理紧急关闭。如果发生这种情况，`HOST_IRQ` 信号也将触发。有关紧急关闭的更多信息，请参阅 [节 6.2](#)。

- **CmdTag == (A)?** - 检查“短状态”是否包含与写入命令一起发送的标签。这表示命令由软件执行，无论命令是否成功。如果这与所需的标签 (A) 不匹配，请继续轮询“短状态”，直到标签匹配。
- **系统繁忙 | 请求正在进行中?** - 检查是否设置了 *系统繁忙* 或 *请求正在进行中* 短状态位。如果设置了这些位，系统仍然在处理写入命令，且不应该发送新命令。如果设置了这些位中的一个，则继续轮询短状态，直到这两个位都被清除。
- **COMM | CMD 错误?** - 检查 *通信错误* 或 *命令错误* 短状态位。如果设置了任一位，则写入命令已失败。在这种情况下，应读取 *错误历史* 以确定特定的错误详细信息。读取“错误历史”后，“错误历史”和“短状态”应在下一个事务之前清除先前的错误。然后，主机可以确定要执行什么操作，例如重新发送命令或重新启动系统。
- **BIST | 运行错误?** - 检查 *BIST 错误* 或 *运行错误* 短状态位。如果任一位置位，表示后台进程出现错误。如果设置了任一错误位但未设置 **CMD 错误** 位，则该错误与当前命令事务无关。这方面的一个示例是常规主应用程序轮询期间的温度传感器故障。在这种情况下，仍应读取“错误历史”以确定错误原因，但并不意味着当前的写入命令事务已失败。

请注意，只有 *命令错误* 和 *通信错误* 短状态位应视为命令失败。如果设置了 *BIST Error* 或 *Operational Error* 位，但未设置 **Command Error** 或 **Communication Error** 位，则另一个进程收到了错误，但命令仍已完成。

### 3.5 读取

读取数据通过两个主要事务来完成：*读取预取* 命令和 *读取激活* 命令。进行这种双命令读取的原因是为了防止主机绑定到命令执行。主机可以在 DLPC230-Q1 嵌入式软件执行请求时请求数据，处理其他进程，然后读取请求的数据。节 3.5.4 定义了使用这两个事务和“短状态”从 DLPC230-Q1 读取任何数据的命令处理流程。

#### 3.5.1 读取预取

*读取预取* 是一个用于请求读取特定命令操作码的“短写入”命令。成功写入 *读取预取* 将启动读取数据过程。传输的数据有效载荷是所需的读取命令操作码及其相关命令参数。命令参数因命令而异，并在节 7.2 (引导应用程序) 和节 8.2 (主应用程序) 中进行了介绍。没有从该读取预取步骤接收到读取有效载荷。

##### 3.5.1.1 SPI 读取预取

图 3-6 介绍了 SPI 读取预取协议。

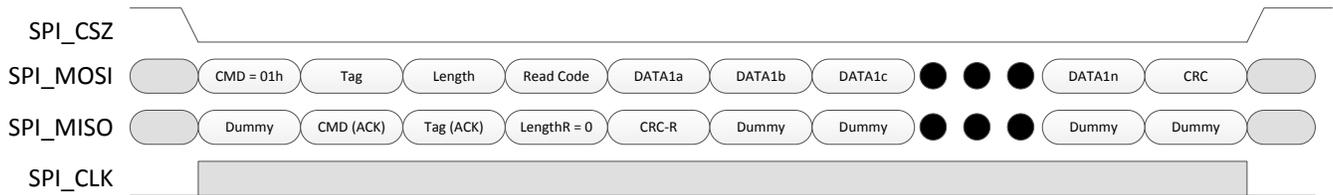


图 3-6. SPI 读取预取

##### 3.5.1.2 I<sup>2</sup>C 读取预取

图 3-7 介绍了 I<sup>2</sup>C 读取预取协议。

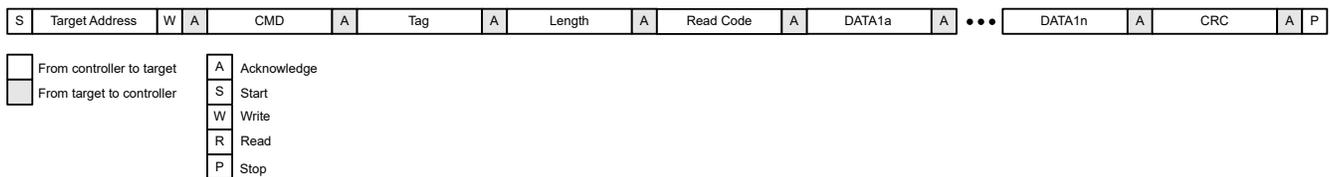


图 3-7. I<sup>2</sup>C 读取预取

### 3.5.2 读取激活

读取激活命令会读取读取预取命令所请求的数据。无论要读取何种数据，都使用相同的操作码，但读取的数据长度将因请求的数据而异。

#### 3.5.2.1 SPI 读取激活

表 3-9、表 3-10 和图 3-8 介绍了 SPI 读取激活协议。

**MOSI 控制器输出、外设输入（例如主机输出、DLPC230 输入）：**

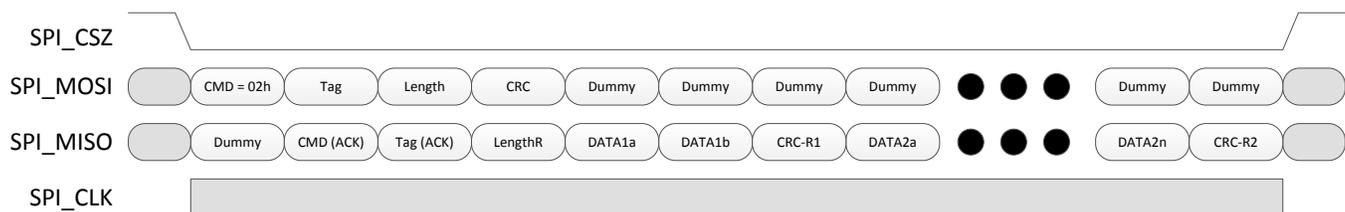
**表 3-9. SPI 读取激活 MOSI 字节**

数据字节	说明
CMD	1 字节写入命令操作码。对于读取激活，这是 02h。
标签	1 字节标识符，用于唯一标记主机发送的每个命令。
长度	发送的数据有效载荷的长度。对于读取激活，该长度始终为 0。
CRC	读取标头数据的 CRC 或校验和。其中包括操作码、标签和长度。

**MISO 控制器输入、外设输出（例如主机输入、DLPC230 输出）：**

**表 3-10. SPI 读取激活 MISO 字节**

数据字节	说明
CMD (ACK)	回显从主机控制器接收到的命令操作码。
Tag (ACK)	回显从主机控制器接收到的标签。
LengthR	读取标头数据的长度 (Data1a, Data1b)。对于 read activate，该值始终为 2。
Data1(a:b)	读取标头数据。指定读取返回有效载荷的长度 (0-256 字节)。LSByte = “a”。
CRC-R1	标头响应字节的 CRC 或校验和。这包括操作码、标签、长度和读取返回标头数据 (Data1)。
Data2(a:n)	读取返回有效载荷。字节数因读取命令而异，由 Data1(a:b) 中的值指定。
CRC-R2	读取返回有效载荷的 CRC 或校验和。这包括读取返回有效载荷 (Data2) 字节。



**图 3-8. SPI 读取激活**

### 3.5.2.2 I<sup>2</sup>C 读取激活

表 3-11、表 3-12 和图 3-9 介绍了 I<sup>2</sup>C 读取激活协议。

数据写入：

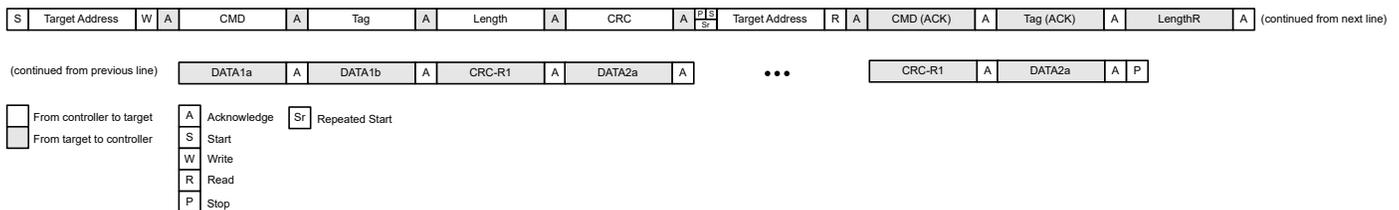
**表 3-11. I<sup>2</sup>C 读取激活写入字节**

数据字节	说明
CMD	1 字节写入命令操作码
标签	1 字节标识符，用于唯一标记主机控制器发送的每个命令。
长度	发送的数据有效载荷的长度。对于读取激活，该长度始终为 0。
CRC	读取标头数据的 CRC 或校验和。其中包括操作码、标签和长度。

数据读取：

**表 3-12. I<sup>2</sup>C 读取激活读取字节**

数据字节	说明
CMD (ACK)	回显从主机控制器接收到的操作码。
Tag (ACK)	回显从主机控制器接收到的标签。
LengthR1	读取标头数据的长度 (Data1a, Data1b)。对于读取激活，该长度始终为 2。
Data1(a:b)	读取标头数据。指定读取返回有效载荷的长度 (0-256 字节)。
CRC-R1	读取标头数据的 CRC 或校验和。这包括操作码、标签、长度和读取返回标头数据 (Data1)。
Data2(a:n)	读取返回有效载荷。
CRC-R2	读取返回有效载荷的 CRC 或校验和。这包括读取返回有效载荷 (Data2)。



**图 3-9. I<sup>2</sup>C 读取激活**

### 3.5.3 短状态读取

短状态是一个独特的读取事务，受硬件支持，不需要嵌入式软件干预。这意味着，与需要两个事务的典型读取事务不同，可以在固定的时间内在一个事务中接收状态数据。有关短状态内容的更多详细信息，可以在[节 8.2.110](#)（主应用程序）和[节 7.2.6](#)（引导应用程序）中找到。该协议类似于读取激活命令，如[节 3.5.3.1](#)所示：

#### 3.5.3.1 SPI 短状态读取

[表 3-13](#)、[表 3-14](#) 和 [图 3-10](#) 介绍了 SPI 短状态读取协议。

**MOSI 控制器输出、外设输入（例如主机输出、DLPC230 输入）：**

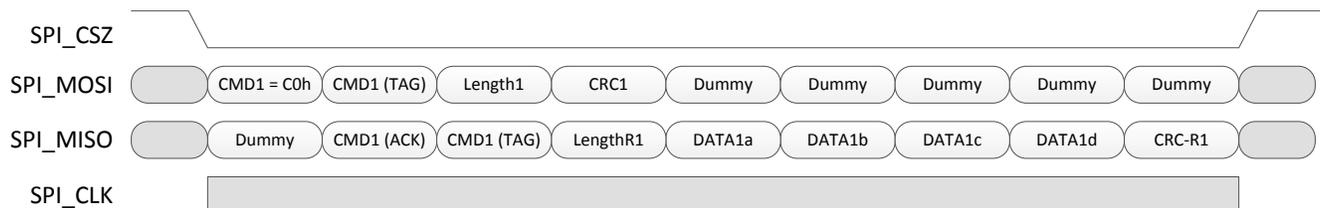
**表 3-13. SPI 短状态 MOSI 字节**

数据字节	说明
CMD1	1 字节写入命令操作码。这是短状态的 C0h。
标签	1 字节标识符，用于唯一标记主机控制器发送的每个命令。
Length1	发送的数据有效载荷的长度。对于短状态，该长度始终为 0。
CRC1	读取标头数据的 CRC 或校验和。其中包括操作码、标签和长度。

**MISO 控制器输入、外设输出（例如主机输入、DLPC230 输出）：**

**表 3-14. SPI 短状态 MISO 字节**

数据字节	说明
CMD1	回显从主机控制器接收到的命令操作码。
标签	回显从主机控制器接收到的标签。
LengthR1	短状态的长度。该值始终为 4 个字节。
Data1(a:d)	短状态数据。在 <a href="#">节 8.2.110</a> （主应用程序）和 <a href="#">节 7.2.6</a> （引导应用程序）中定义了此数据。
CRC-R1	读取数据的 CRC 或校验和。这包括操作码、标签、长度和短状态数据。



**图 3-10. SPI 短状态**

### 3.5.3.2 I<sup>2</sup>C 短状态读取

表 3-15、表 3-16 和图 3-11 介绍了 I<sup>2</sup>C 短状态读取协议。

数据写入：

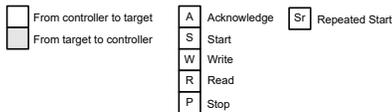
**表 3-15. I<sup>2</sup>C 短状态写入字节**

数据字节	说明
CMD	1 字节写入命令操作码。这是短状态的 C0h。
标签	1 字节标识符，用于唯一标记主机控制器发送的每个命令。
长度	发送的数据有效载荷的长度。对于短状态，该长度始终为 0。
CRC	读取标头数据的 CRC 或校验和。其中包括操作码、标签和长度。

数据读取：

**表 3-16. I<sup>2</sup>C 短状态读取字节**

数据字节	说明
CMD (ACK)	回显从主机控制器接收到的操作码。
Tag (ACK)	回显从主机控制器接收到的标签。
LengthR	短状态数据的长度。(Data1a, Data1b)。对于短状态，该长度始终为 4。
Data1(a:d)	短状态数据。在节 8.2.110 (主应用程序) 和节 7.2.6 (引导应用程序) 中定义了此数据。
CRC-R	读取标头数据的 CRC 或校验和。这包括操作码、标签、长度和短状态数据。



**图 3-11. I<sup>2</sup>C 短状态**

### 3.5.4 读取命令处理

读取命令处理程序必须检查 **短状态**，以确定读取数据是否可用以及是否发生了任何错误。错误可能与当前命令事务或其他后台软件进程有关。图 3-12 介绍了读取命令的命令处理程序流程。

有关短状态的更多详情，可以在节 8.2.110 (主应用程序) 和节 7.2.6 (引导应用程序) 中找到。此命令处理程序流程对两种应用程序都有效。

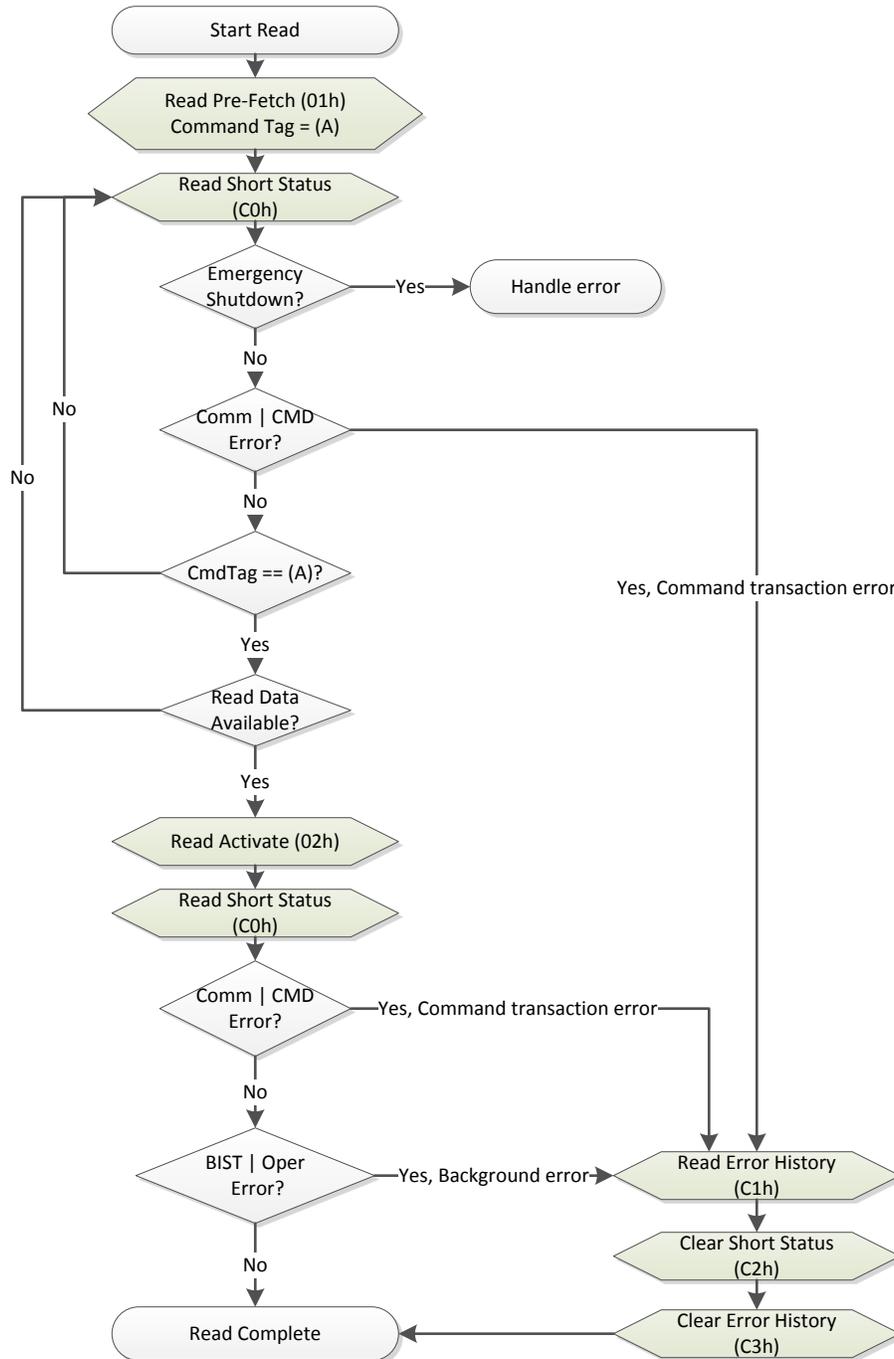


图 3-12. 读取命令处理程序

- **读取预取** - 使用 [读取预取协议](#) 发送读取命令操作码及其关联的命令参数。记录为该命令选择的标签 (A)。
- **读取短状态** - 使用 [短状态读取协议](#) 读取“短状态”。
- **紧急关闭?** - 此“短状态”位指示是否发生了紧急关闭情况。如果发生这种情况，命令处理应停止，以便处理紧急关闭。如果发生这种情况，`HOST_IRQ` 信号也将触发。有关紧急关闭的更多信息，请参阅 [节 6.2](#)。
- **COMM | CMD 错误?** - 检查 [通信错误](#) 或 [命令错误](#) 短状态位。如果设置了任一位，则“读取预取”命令失败。在这种情况下，应读取 [错误历史](#) 以确定特定的错误详细信息。读取“错误历史”后，“错误历史”和“短状态”应在下一个事务之前清除先前的错误。然后，主机可以确定要执行什么操作，例如重新发送“读取预取”命令或重新启动系统。
- **CmdTag == (A)?** - 检查“短状态”是否包含与“读取预取”命令一起发送的标签。这表示“读取预取”已由软件执行。如果这与所需的标签 (A) 不匹配，请继续轮询“短状态”，直到标签匹配。
- **读取数据可用?** - 检查是否在“短状态”中设置了 [读取数据可用](#) 位。如果设置了该位，则可以获取所请求的读数据。如果未设置该位，则继续轮询“短状态”。
- **读取激活** - 一旦读取数据可用，便可以使用“读取激活”命令通过 [读取激活协议](#) 读取所请求的数据。
- **读取短状态** - 使用 [短状态读取协议](#) 读取“短状态”，以检查“读取激活”后是否存在任何错误。
- **COMM | CMD 错误?** - 检查 [通信错误](#) 或 [命令错误](#) 短状态位。如果设置了任一位，则“读取激活”命令失败。在这种情况下，应读取“错误历史”以确定特定的错误详细信息。
- **BIST | 运行错误?** - 检查 [BIST 错误](#) 或 [运行错误](#) 短状态位。如果任一位置位，表示后台进程遇到了错误。如果设置了这些错误位但未设置 **CMD 错误** 位，则该错误与当前命令事务无关。这方面的一个示例是常规主应用程序轮询期间的温度传感器故障。在这种情况下，仍应读取“错误历史”以确定错误原因，但并不意味着当前的读取命令事务已失败。

请注意，只有 [命令错误](#) 和 [通信错误](#) 短状态位应视为命令失败。如果设置了 [BIST 错误](#) 或 [运行错误](#) 位，但未设置“命令错误”或“通信错误”位，则另一个进程收到了错误，但命令仍已完成。

### 3.6 CRC 和校验和

可以在启动时根据外部 DLPC230-Q1 信号 `CRCZ_CHKSUM_SEL` 的状态选择 CRC 或校验和的用法。

#### 3.6.1 CRC 计算

CRC 使用 CRC-8 CCITT，其实现如下：

- 多项式  $x^8 + x^2 + x + 1$  (正常多项式表示 = 0x07)
- 初始值为 0xFF

##### 3.6.1.1 CRC 示例实现

以下伪代码演示了一种实现 CRC 计算的可能方法。

“^” 代表按位异或运算符。

“in” 是包含在 CRC 中的数据字节。

“crc” 是正在计算的 CRC 字节。

```
CRC(0)(7:0)=0xFF; # Initial seed value is 0xFF.
FOR x=1 to N; # Loop through all "N" data bytes that are included in the CRC.
CRC(x)(0)=IN(x)(0)^IN(x)(6)^IN(x)(7)^CRC(x-1)(0)^CRC(x-1)(6)^CRC(x-1)(7);
CRC(x)(1)=IN(x)(0)^IN(x)(1)^IN(x)(6)^CRC(x-1)(0)^CRC(x-1)(1)^CRC(x-1)(6);
CRC(x)(2)=IN(x)(0)^IN(x)(1)^IN(x)(2)^IN(x)(6)^CRC(x-1)(0)^CRC(x-1)(1)^CRC(x-1)(2)^CRC(x-1)(6);
CRC(x)(3)=IN(x)(1)^IN(x)(2)^IN(x)(3)^IN(x)(7)^CRC(x-1)(1)^CRC(x-1)(2)^CRC(x-1)(3)^CRC(x-1)(7);
CRC(x)(4)=IN(x)(2)^IN(x)(3)^IN(x)(4)^CRC(x-1)(2)^CRC(x-1)(3)^CRC(x-1)(4);
CRC(x)(5)=IN(x)(3)^IN(x)(4)^IN(x)(5)^CRC(x-1)(3)^CRC(x-1)(4)^CRC(x-1)(5);
CRC(x)(6)=IN(x)(4)^IN(x)(5)^IN(x)(6)^CRC(x-1)(4)^CRC(x-1)(5)^CRC(x-1)(6);
CRC(x)(7)=IN(x)(5)^IN(x)(6)^IN(x)(7)^CRC(x-1)(5)^CRC(x-1)(6)^CRC(x-1)(7);
END FOR;
```

##### 3.6.1.2 CRC 示例

该示例演示了由 CRC 计算生成的值。

“IN” 数据字节 = 0xC0、0x3A、0x04、0x89、0x39、0x13、0x30。

表 3-17. CRC 示例计算

IN(x)	CRC(x)	注释
	0xFF	初始种子 CRC 值
0xC0	0xBD	字节 1 之后的 CRC
0x3A	0x9C	字节 2 之后的 CRC
0x04	0xC1	字节 3 之后的 CRC
0x89	0xFF	字节 4 之后的 CRC
0x39	0x5C	字节 5 之后的 CRC
0x13	0xEA	字节 6 之后的 CRC
0x30	0x08	字节 7 之后的 CRC

该数据的最终 CRC 为 0x08。

#### 3.6.2 校验和计算

命令校验和的计算方法是对要包含在校验和中的所有字节求和。 应使用 0xFF 屏蔽该总和值，以接收校验和值。

字节校验和计算示例：0xA0、0xBD、0xCF、0x85。

总和 = 0x2B1。

校验和 = 0xB1。

### 3.7 命令标签

为了跟踪命令执行情况，需要与每条命令一起发送命令标签。主机命令接口只能使用可用字节值的特定子集，如表 3-18 所示。其他值保留用于其他系统用途，例如从闪存中存储的批处理命令集执行的命令。

在典型使用期间，对于发送的每个命令，主机应将标签从 01h 递增到 CFh，然后循环回 01h。这为命令事务提供了唯一的标识值，以便主机可以验证命令是否已完成。

**表 3-18. 命令标签分配**

标签源	标签范围	说明
保留	00h	系统初始化时和短状态清除时的默认值。
主机	01h - CFh	主机命令接口
批处理命令集	D0h - DFh	来自闪存的批处理命令集。这些是由嵌入式软件自动确定的。
诊断接口	E0h - EFh	诊断只读主机接口
保留	F0h - FEh	保留
短状态下的空标签响应	FFh	标签未知或已损坏。不能由主机使用。



### 4.1 工作模式

DLPC230-Q1 嵌入式软件由两个应用程序组成：引导应用程序和主应用程序。主应用程序包括多种状态或模式，这些状态或模式决定系统在运行期间的任意时刻允许的命令和功能。通常，[运行模式选择](#) 命令用于在模式之间转换，但还有其他系统条件可以自动触发模式转换。以下各节将介绍这些模式及其交互。

图 4-1 中的状态图概述了 DLPC230-Q1 上电过程和各种软件状态转换。

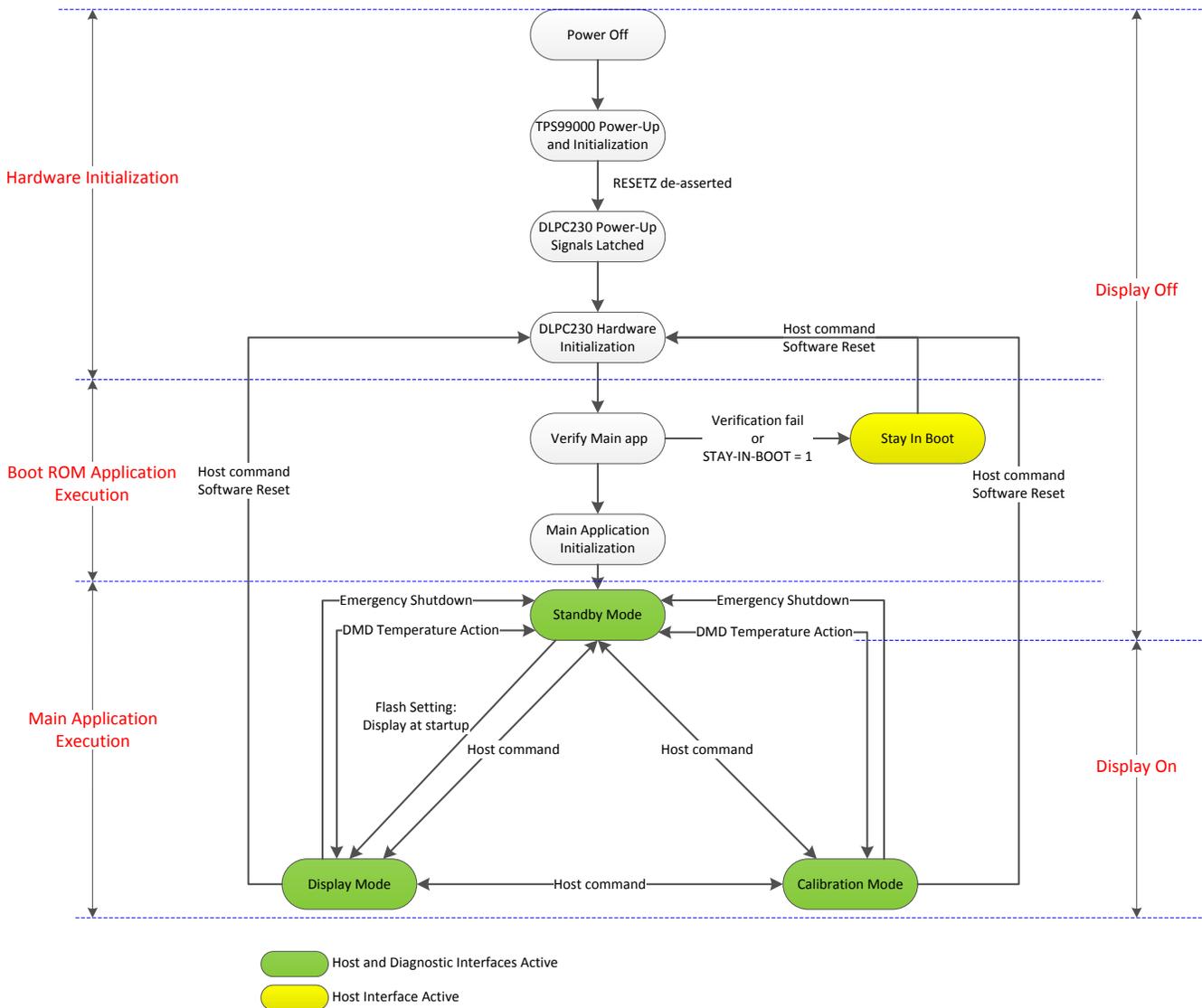


图 4-1. DLPC230-Q1 状态图

下表总结了每个软件应用和工作模式的一般特性可用性。这不是完整的特性列表，可能存在例外情况。这可作为每种模式通用用途的初始基准。章节 7 和章节 8 中的命令可用性表提供了有关命令可用模式的更多详细信息。

**表 4-1. 软件模式功能摘要**

	引导应用程序	主应用程序 - 待机	主应用程序 - 显示	主应用程序 - 校准
短状态/错误历史	是	是	是	是
完整闪存程序	是	是	否	否
部分闪存程序	否	是	否	否
非周期性 BIST	否	是	否	否
HUD 调光执行	否	否	是	否
源显示	否	否	是	是
周期性 BIST	否	否	是	是
校准命令	否	否	否	是

#### 4.1.1 待机

待机模式是引导应用程序执行到主应用程序的转换时，主应用程序进入的第一种模式。不显示视频，照明已禁用，DMD 仍处于停止状态。待机模式的主要特性是闪存编程和非周期性 BIST 执行，在其他工作模式下无法执行。

进入待机模式后，可根据闪存选项自动执行一系列非周期性 BIST。完成后，闪存选项将确定软件是保持在待机模式还是自动转换到显示模式。如果未选择用于转换到显示模式的闪存选项，软件将在待机模式下等待，直到主机发送命令以转换到另一种模式为止。

#### 4.1.2 显示

显示模式是显示视频数据的主要运行模式。将根据闪存中存储的校准数据执行调光计算。周期性 BIST (例如视频源检查) 将在此模式下执行。在此模式下不能执行以下命令：

- 闪存编程
- 非周期性 BIST
- 校准命令

#### 4.1.3 校准

校准模式是一种已开启显示但不执行调光的模式。在此模式下提供其他命令，以允许对用于校准系统照明的 DLPC230-Q1 和 TPS99000-Q1 设置进行低级访问。通常，每个系统都会执行一次校准，将所需的设置编程到系统的闪存中，然后系统将在显示模式下运行。

## 4.2 软件启动过程

启动时，一旦在“短状态”中设置了 *系统已初始化* 标志，主机便可以开始发送命令来控制器件。这可由引导应用程序或主应用程序设置。有关短状态的更多详情，可以在节 8.2.110 (主应用程序) 和节 7.2.6 (引导应用程序) 中找到。在设置 *系统已初始化* 标志之前，主机应该期望接收 NAK (I<sup>2</sup>C) 或无效数据 (SPI)。图 4-2 演示了主机在启动时应执行的操作。节 2.1.4.1 描述了一个可用于调试启动时序和进度的硬件信号。

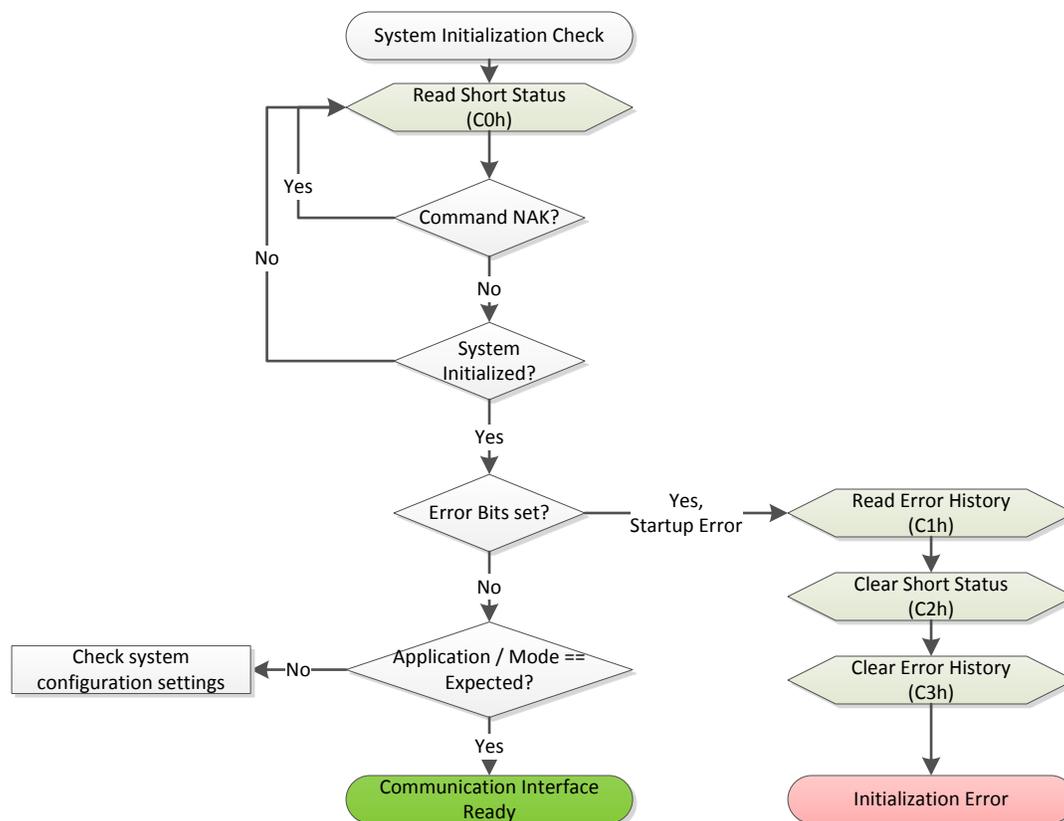


图 4-2. 通信就绪检查

- **读取短状态** - 尝试从硬件读取“短状态”。
- **命令 NAK ?** - 如果通信硬件尚未初始化，将收到 NAK 或无效数据。
- **系统是否已初始化 ?** - 如果成功接收到“短状态”，则检查系统已初始化位。如果该位被清除，则继续轮询“短状态”，直到该位被设置。
- **是否设置了错误位 ?** - 如果设置了任何短状态错误位，则会发生启动错误。可能的启动错误示例包括启动 BIST 故障或自动初始化批处理命令集执行错误。应读取 [错误历史](#)，了解有关错误的详细信息，然后应清除“短状态”和“错误历史”，以清除之前的错误标志。然后，主机可以根据错误条件确定要采取的操作。
- **应用程序 / 模式 == 符合预期 ?** - 如果没有设置错误位，则应检查应用程序和运行模式，以确认软件是否处于预期状态。如果应用程序或模式不正确且未设置错误，则可以检查几个系统配置参数。检查 STAY-IN-BOOT 信号是否被拉至所需状态。这可确定是否执行主应用程序，或者是否仍在引导应用程序中执行。检查闪存头文件是否指示为初始启动模式选择了正确的主应用程序工作模式（待机或显示）。

引导应用程序驻留在 DLPC230-Q1 的引导 ROM 中。在 DLPC230-Q1 硬件在启动时完成初始化后，执行引导应用程序。引导应用程序的目的是从闪存加载主应用程序，并在启动期间验证其内容。引导应用程序的执行流程如图 4-3 所示。它会读取节 2.1 中所述的硬件引脚信号以配置主机通信接口，然后确定是否已设置 STAY-IN-BOOT。如果设置了 STAY-IN-BOOT，引导应用程序将进入一个循环，等待主机命令的指令。如果未设置 STAY-IN-BOOT 信号，引导应用程序将从闪存加载主应用程序并对其进行验证。如果验证失败，错误将记录在“错误历史”中，引导应用程序将进入 wait-for-command 循环。如果验证成功，将执行主应用程序。

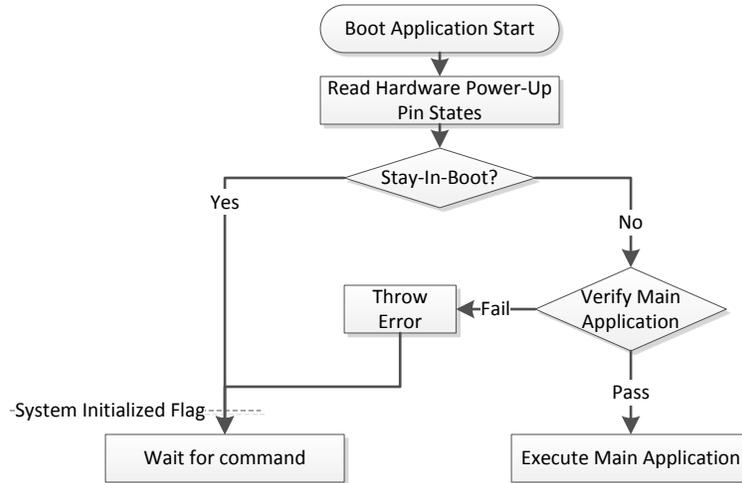


图 4-3. 引导应用程序执行流程

主应用程序执行流程如图 4-4 所示。主应用程序首先初始化时钟，然后从硬件检索上次复位的原因。然后，它执行通过闪存选项选择的任何非周期性 BIST。主应用程序将检查闪存选项以确定它是应保持在待机模式还是自动切换到显示模式。进入所需模式后，自动初始化批处理命令集将从闪存存储器运行。有关批处理命令集的更多信息，请参阅节 5.2。如果在启动期间没有要执行的命令，则自动初始化批处理命令集可以为空。自动初始化批处理命令集也可以更改工作模式。完成自动初始化批处理命令集后，主应用程序将设置系统已初始化短状态标志，以指示可以从主机发送命令事务。

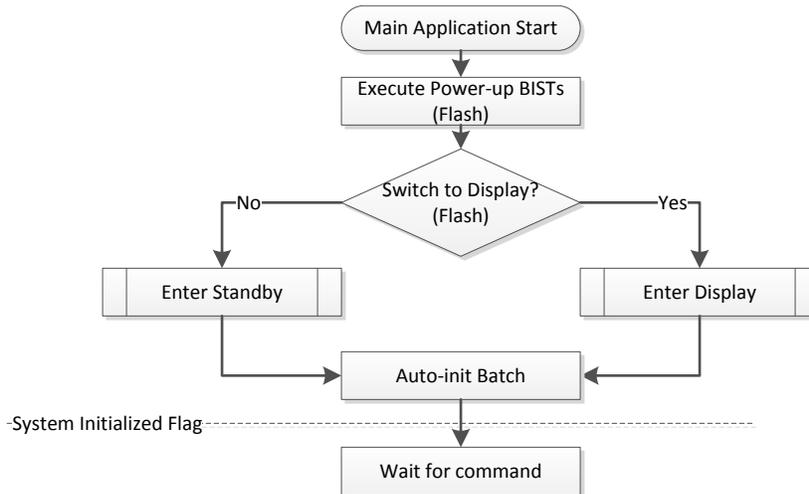


图 4-4. 主应用程序执行流程



## 5.1 显示和源

DLPC230-Q1 支持多种视频源类型：外部并行和 OpenLDI 视频接口、内部测试模式生成和闪存中存储的启动界面图像。

### 5.1.1 显示图像

可用源配置的参数存储在闪存中的批处理命令集中。要配置源，应执行所需的批处理命令集索引。执行批处理命令集后，*准备源切换* 命令将禁用照明，软件将保持配置参数，直到发送*源选择* 命令为止。此双命令过程提供了准备外部视频源信号的时间，而不会显示损坏的视频数据，也不会导致软件引发视频源检测错误。在正常运行期间，应在这两条命令之间调整外部视频源。

图像只能在显示模式或校准模式下显示。

源变更步骤总结如下：

1. *执行批处理命令集* 命令 - 配置所需的显示源参数。此配置将由软件保持，并且在发送*源选择* 命令之前不会应用。
2. *准备源切换* 命令 - 禁用照明和外部源错误检查以进行转换，而不显示损坏的视频数据。
3. 如果显示外部视频源，则根据需要配置外部视频信号。例如，调整视频分辨率以匹配新的批处理命令集配置。
4. *源选择* 命令 - 应用源配置。然后，照明将重新启用，并且所需的源将显示在显示屏上。

如果使用多个外部视频输入，则必须使用以下步骤在它们之间切换。这假设显示了源 1：

1. *运行模式* 命令 - 转换到待机模式。
2. *执行批处理命令集* 命令 - 为源 2 配置所需的显示源参数。
3. 配置外部视频信号。
4. *源选择* 命令 - 保持源配置，直到选择工作模式。
5. *运行模式* 命令 - 转换到显示模式或校准模式。然后，照明将重新启用，并且所需的源将显示在显示屏上。

### 5.1.2 支持的图像处理

某些 DMD (例如 DLP5530S-Q1 和 DLP4620S-Q1) 具有菱形镜配置。这些类型的 DMD 允许光直接从 DMD 的底部进入，从而实现更小、更高效的光学设计。示例请参考图 5-1。

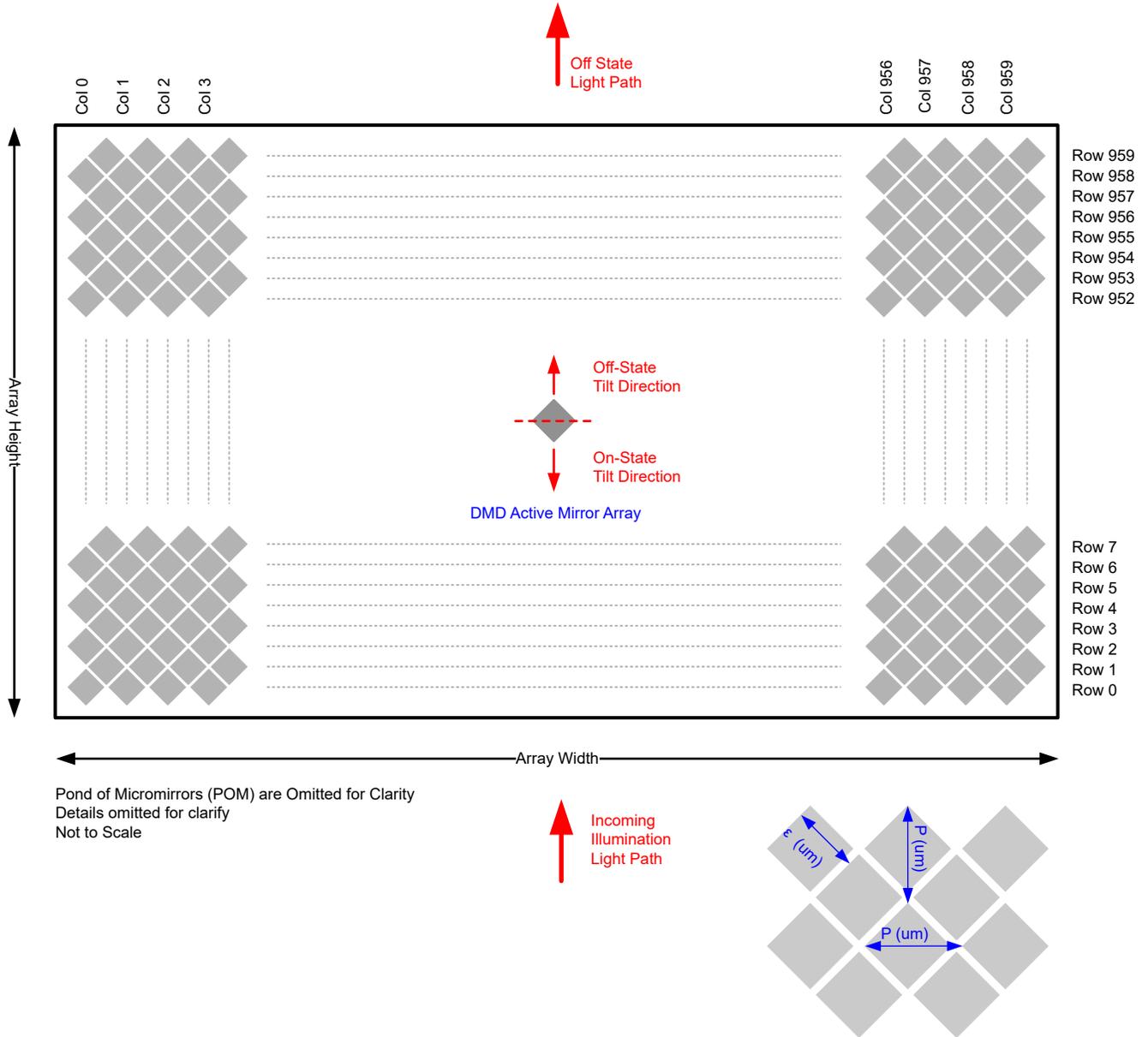


图 5-1. DLP4620S-Q1 镜像图

菱形镜配置支持 Quincunx 处理，可实现比镜片总数更高的有效分辨率。具体而言，数据的水平和垂直表示代表的分辨率可能是镜片数的两倍。在这种完全最大化模式下，会牺牲对角线信息，但由于人类视觉系统的限制，对角线的分辨率降低不太容易被普通观看者察觉到。Quincunx 处理广泛用于消费类电子产品，可更大限度地提高最少数量的物理像素（例如包括智能手机）的分辨率。

在表 5-1 中可以看到，DLPC23x-Q1 与具有菱形配置的 DMD 结合使用时支持的不同处理模式。

表 5-1. 图像处理模式

模式	输入源描述	DLPC23x-Q1 和 DMD 执行的操作
Quincunx 预处理数据 有关将源数据从曼哈顿配置转换为菱形配置的示例，请参阅图 5-2	主机 MCU 执行 Quincunx 处理 示例：源数据从 1920 x 960 曼哈顿转换为 960 x 960 菱形	数据传递到 DMD 上的显示，无需进一步处理
DLPC23x-Q1 会执行 Quincunx 处理（可在内部缩放的图像小于 1.5Mb 时执行） 有关更高分辨率曼哈顿配置的示例，请参阅图 5-3	示例：1358 x 566 曼哈顿输入源数据	DLPC23x-Q1 会将数据缩放高达 1920 x 800，并应用菱形带通滤波器以消除高频对角线内容，然后 DLP4620S-Q1 会每隔一个像素（用于显示的物理镜数量为 960 x 800）进行抽取
必须按比例放大才能显示在 DMD 上的较低分辨率曼哈顿输入 有关分辨率低于 DMD 的曼哈顿源配置的示例，请参阅图 5-4。	示例：960 x 480 输入，可在 960 x 960 菱形 DMD 上显示	DLPC23x-Q1 可将数据缩放高达 960 x 960，其中 DMD 显示了缩放信息

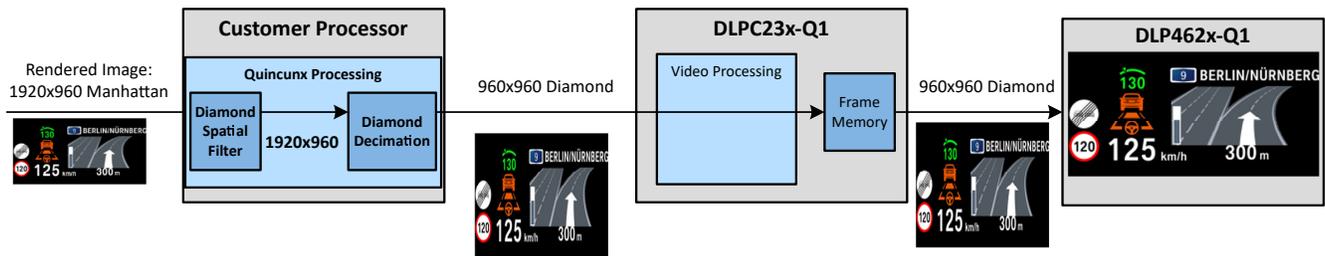


图 5-2. 经过预处理的 Quincunx 示例

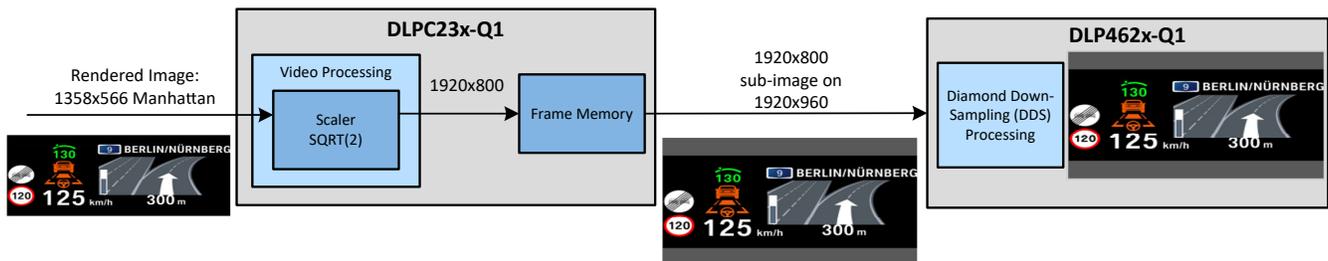


图 5-3. 高分辨率曼哈顿示例

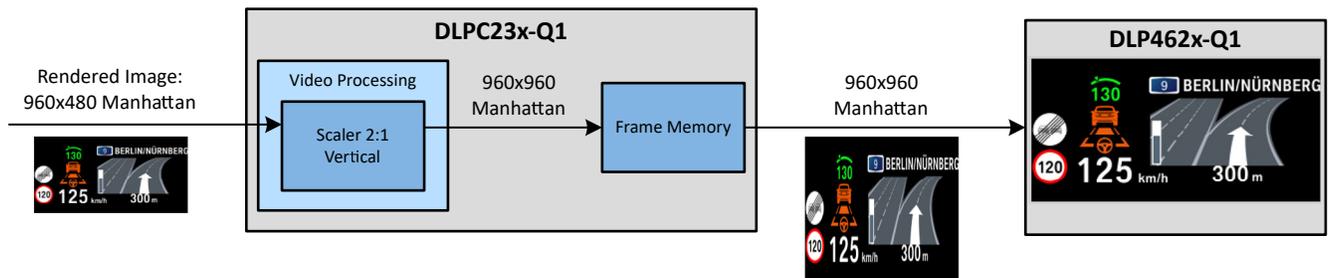


图 5-4. 分辨率低于 DMD 的曼哈顿信号源

请联系 TI (E2E)，进一步了解 Quincunx 处理技术在提高分辨率方面的优势。

### 5.1.3 外部视频

并行和 OpenLDI 接口可配置为各种分辨率。DLPC230-Q1 数据表中介绍了支持的分辨率。

**DLP462xx-Q1 系列 DMD 的重要说明。** 所选的输入分辨率必须与所选的 DMD 兼容。例如，DLP4620S-Q1 DMD 将支持高达 1358x566 的输入分辨率。但是，其他 DMD 可能会限制最大输入分辨率。当所选分辨率高于特定 DMD 的限值时，系统不会转换到外部视频模式。请查看具体的 DMD 数据表，以确定该 DMD 支持的分辨率。

### 5.1.4 测试模式

DLPC230-Q1 包含一个内部测试模式发生器，可用于显示基本测试图像并验证系统功能，而无需外部视频源。图 5-5 至图 5-13 显示了可能生成的测试模式。

请注意，以下测试模式假定系统使用红色、绿色和蓝色光源。使用单色系统（包括全白光系统）显示的测试模式可能不会如下图所示。

纯色 (白色、红色、绿色、蓝色)



图 5-5. 测试模式 - 纯色

色条 (8 色)

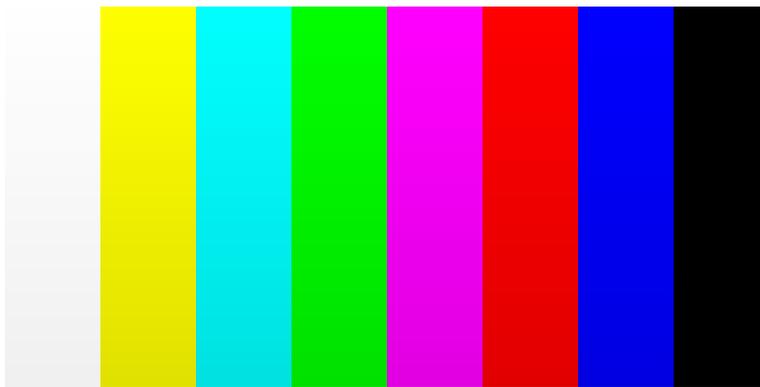


图 5-6. 测试模式 - 色条

棋盘 (白色/黑色)

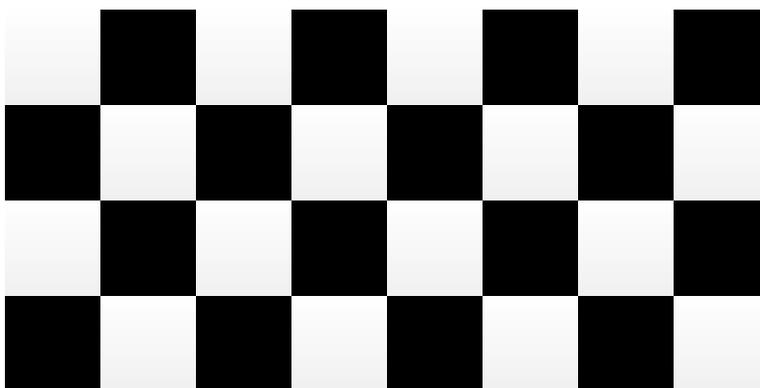


图 5-7. 测试模式 - 棋盘

水平斜坡 ( 白色/黑色 )

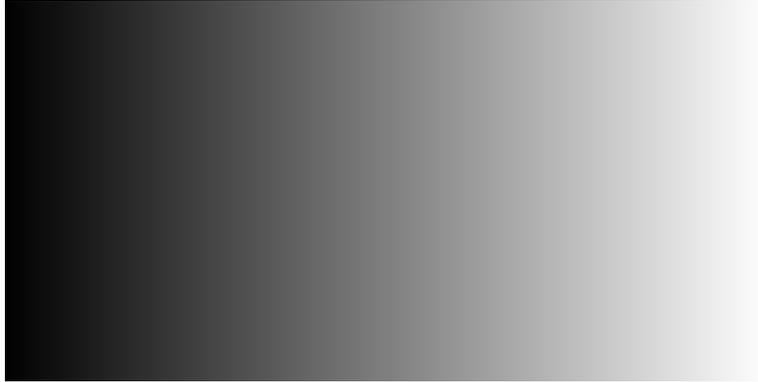


图 5-8. 测试模式 - 水平斜坡

垂直斜坡 ( 白色/黑色 )



图 5-9. 测试模式 - 垂直斜坡

网格线 ( 白色、黑色 )

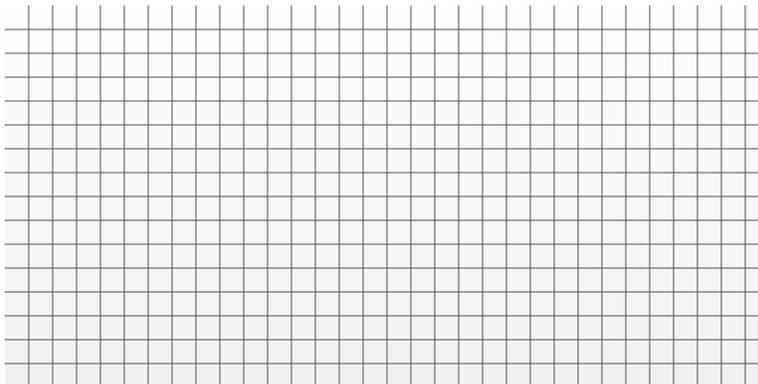


图 5-10. 测试模式 - 网格白色

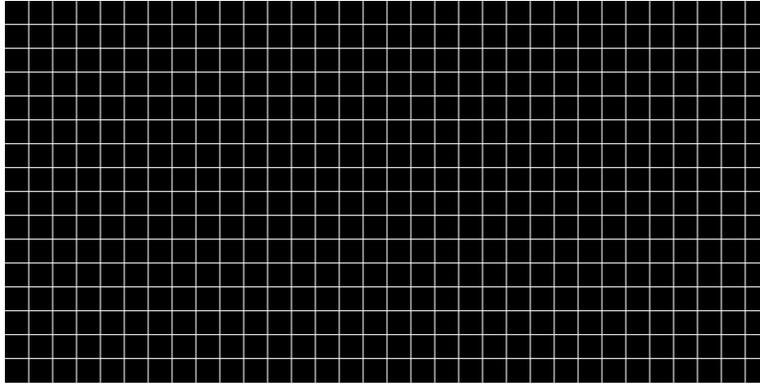


图 5-11. 测试模式 - 网格黑色

对角线 (白色、黑色)

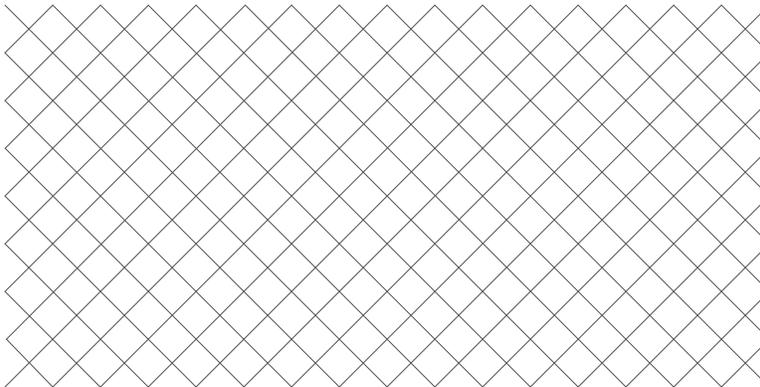


图 5-12. 测试模式 - 对角线白色

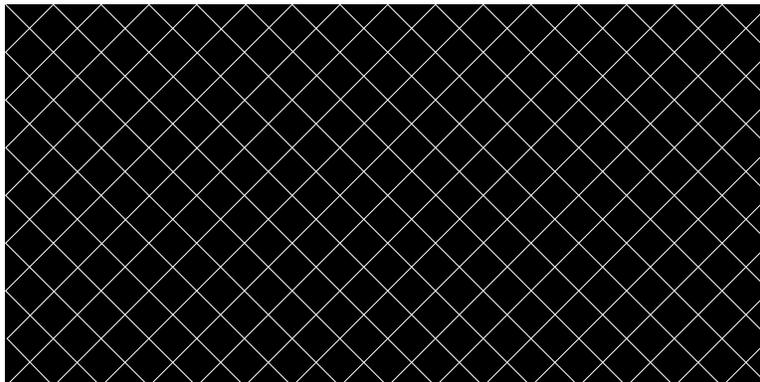


图 5-13. 测试模式 - 对角线黑色

### 5.1.5 启动界面图像

启动界面图像是存储在闪存存储器中的各个二进制图像。如果有足够的存储空间，则闪存中最多可存储 8 个启动界面图像。需要时，从闪存加载启动界面图像所需的时间略小于 0.5 秒，在此期间将禁用照明。

支持不同的启动界面分辨率，具体取决于 DMD 器件型号。例如，对于 0.55" DMD，启动界面分辨率包括：

- 1152 x 576
- 1152 x 1152 (无缩放。由于采用菱形像素架构，1:1 宽高比输入图像将在 DMD 上以 2:1 宽高比显示)

对于 0.46" DMD，启动界面分辨率包括：

- 480 x 240
- 960 x 480
- 960 x 960 (无缩放。由于采用菱形像素架构，1:1 宽高比输入图像将在 DMD 上以 2:1 宽高比显示)
- 1358 x 566 和 1220 x 610 - 适用于支持菱形向下采样的器件型号

不受支持的分辨率在存储到闪存存储器中之前，可以缩放为受支持的分辨率、裁剪或用黑色像素镶边。

支持的图像格式包括：

- RGB 888
- YCbCr 422

YCbCr 像素格式可实现更小的二进制尺寸。这可以降低闪存大小要求和闪存编程时间，但图像转换可能会略微降低图像质量。

### 5.1.6 边框调整

边框调整可用于以数字方式偏移 DMD 上显示的图像。使用 [边框调整](#) 命令设置边框调整值。

[图 5-14](#) 展示了两个边框偏移示例。正水平偏移将在正像素方向移动图像，负水平偏移将在负像素方向移动图像。正垂直偏移将使图像沿正线方向移动，负垂直偏移将使图像沿负线方向移动。如果图像发生翻转以使内容显示正确，则图像将分别右移和下移以进行正向水平和垂直调整。

偏移超出 DMD 显示区域的任何图像数据部分都将被切断。不包含图像数据的 DMD 区域将用黑色像素填充。

水平偏移限制为输入水平分辨率的  $\pm 10\%$ ，并且必须是 2 的倍数 (... , -2, 0, 2, 4, ...)。垂直偏移限制为输入垂直分辨率的  $\pm 50\%$ ，并且它必须是 4 的倍数 (... , -4, 0, 4, 8, ...)。

重要说明：对于 DLP4620S-Q1 或相同阵列尺寸的 DMD，当输入分辨率为 1358x566 时，水平像素偏移必须以 32 个像素为增量。

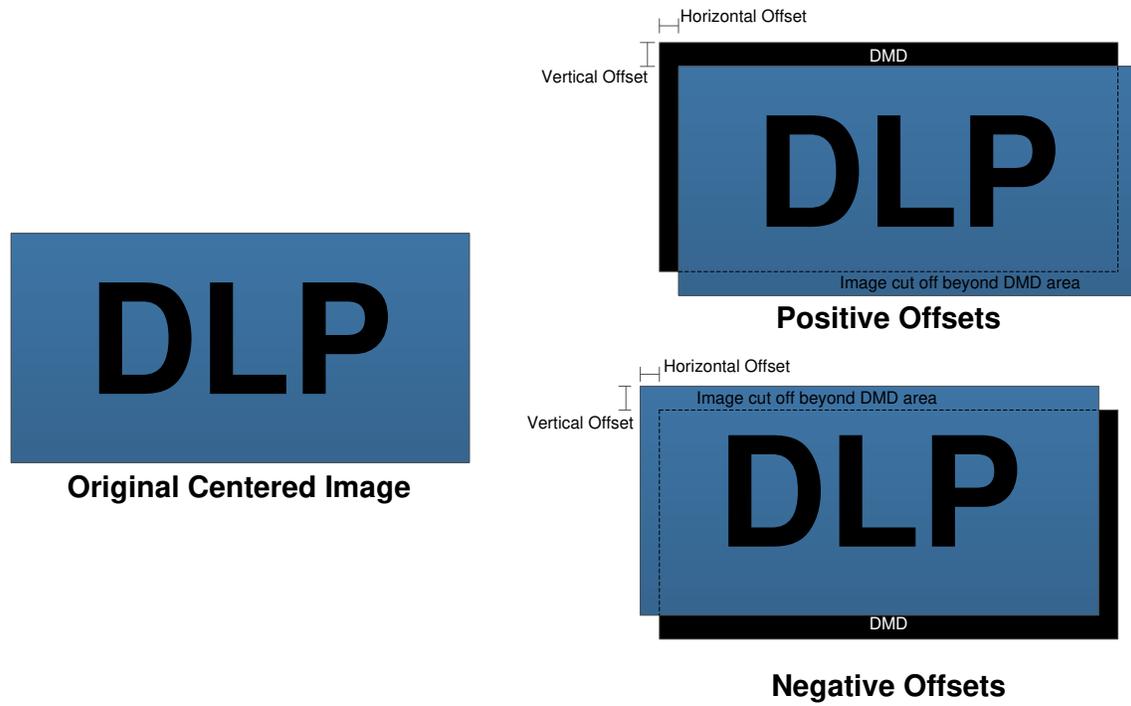


图 5-14. 边框偏移示例

### 5.1.7 图像翻转

图像翻转可用于补偿光学路径中的折叠。默认图像翻转设置存储在闪存中，并在闪存头文件中指定值。也可以使用 **显示图像方向** 命令来设置图像翻转值。此命令是一个“保持源”命令，这意味着在更改源之前不会应用更改。为此，应先发送 **准备源切换** 命令，然后发送 **源选择** 命令，以便应用源更改。这些步骤如下所示：

1. **显示图像方向** 命令 - 设置所需的新翻转设置。
2. **准备源切换** 命令 - 禁用照明以准备源更新，而不出现图像伪影。
3. **源选择** 命令 - 选择所需的源并显示具有更新后的翻转设置的图像。

可以沿两个轴执行翻转：短轴翻转和长轴翻转。图 5-15 和图 5-16 显示了沿这两个轴的翻转。允许这两种翻转设置的任何组合。



图 5-15. 短轴翻转



图 5-16. 长轴翻转

## 5.2 批处理命令集

批处理命令集是存储在闪存中的命令组。执行存储在闪存中的批处理命令集需要从主机发送一个命令：[执行批处理命令集](#)命令。一旦主机请求执行所需的批处理索引，DLPC230-Q1 软件将循环执行该批处理命令集中存储的所有指令。在此执行期间，将在短状态中设置 *请求正在进行* 标志，以指示批处理命令集正在执行并且不应从主机发送任何其他命令。

批处理命令集的主要用途是将视频源配置为存储在闪存中的预配置参数。例如，一个批处理命令集可以配置 1152 x 576 并行视频，另一个命令集可以配置稳定的白色测试模式。可用的批处理命令集及其索引可能会根据闪存配置而变化。

只有主应用程序写入命令可以用于批处理命令集。引导应用程序无法执行批处理命令集。无法通过批处理命令集读取命令。下表介绍了无法通过批处理命令集执行的命令。

**表 5-2. 不能用在批处理中的命令**

命令	操作码
系统复位	00h
读取预取	01h
读取激活	02h
执行批处理命令集	21h
执行非周期性 BIST	28h
闪存数据类型选择	A0h
闪存数据擦除	A1h
闪存数据写入	A2h
闪存数据验证	A4h
所有读取命令	各种
所有引导应用程序命令	各种

批处理索引 0 是为自动初始化批处理命令集保留的，当软件主应用程序在启动过程中进入待机模式时，它会自动运行该命令集。

闪存文件中可用的批处理命令集可在与闪存数据一同提供的闪存头文件中找到。

## 5.3 闪存编程

闪存编程可由引导应用程序或处于待机模式的主应用程序执行。每个应用程序都有自己的过程，后续章节中将介绍这些过程。在任何模式下，只能使用主应用程序来完成对闪存的读取。

### 5.3.1 闪存程序 - 主应用程序

主应用程序可以在待机模式下执行闪存编程。可以对整个闪存进行编程，也可以选择闪存块进行部分闪存更新。主应用程序在使用中确定每个闪存块是存储在闪存还是 EEPROM 中。因此，该过程与 EEPROM 编程相同。

以下命令用于擦除、编程和验证闪存块：

- [闪存数据类型选择](#)
- [闪存数据擦除](#)
- [闪存数据写入](#)
- [闪存数据验证](#)

图 5-17 演示了闪存编程步骤。写入每条命令的步骤必须遵循节 3.4.3 中所述的写入命令处理程序过程。

1. 写入 [闪存数据类型选择](#) - 设置要擦除和重新编程的一个或多个闪存块。
2. 写入 [闪存数据擦除](#) - 擦除选定的闪存块。此过程可能需要很长时间才能完成。[写入命令处理程序](#) 应该会有额外的时间轮询短状态，以确认命令标签已更改为适当的值，并且 *请求正在进行中* 位已被清除，然后再执行下一步。
3. [闪存数据写入](#) - 最多重复写入一页 ( 256 字节 ) 的闪存数据。要写入的数据大小必须是 4 的倍数。在写入每段数据后，重复读取短状态，直到写入完成。继续操作，直到没有剩余闪存数据。
4. [闪存数据验证](#) - 开始验证闪存。此过程可能需要很长时间才能完成。[写入命令处理程序](#) 应该会有额外的时间轮询短状态，以确认命令标签已更改为适当的值，并且 *请求正在进行中* 位已被清除。闪存验证错误将在短状态下标记 *命令错误* 位。这应该会在写入命令过程中检测到。

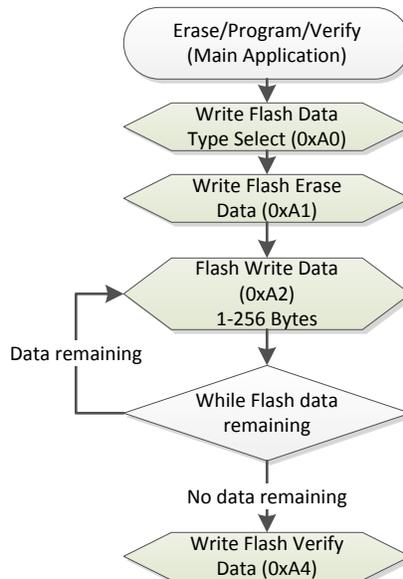


图 5-17. 闪存程序主应用程序

### 5.3.2 闪存读取 - 主应用程序

主应用程序可以在待机模式下执行闪存读取。可读取整个闪存，也可选择读取一个闪存块。主应用程序在使用中确定每个闪存块是存储在闪存还是 EEPROM 中。因此，读取 EEPROM 的过程是相同的。

以下命令用于读取闪存数据：

- [闪存数据大小](#)
- [闪存数据读取](#)
- [读取预取](#)
- [读取激活](#)

图 5-18 演示了闪存编程步骤。

1. 读取闪存数据大小 - 读取所需闪存数据类型的大小。这决定需要执行多少次读取。
2. 闪存数据读取 - 最多读取一页 ( 256 字节 ) 的闪存数据。请注意，数据长度从 0 开始，因此 0 = 1 个字节。以字节为单位的长度必须是 4 的倍数。
3. 数据读取  $\geq$  闪存数据大小 - 一旦已读取的数据量等于闪存数据大小，读取应该终止。

对于每个读取命令事务都应使用节 3.5.4 中所述的读取命令处理程序流程，以确保在检索尝试之前可以获取读取数据。

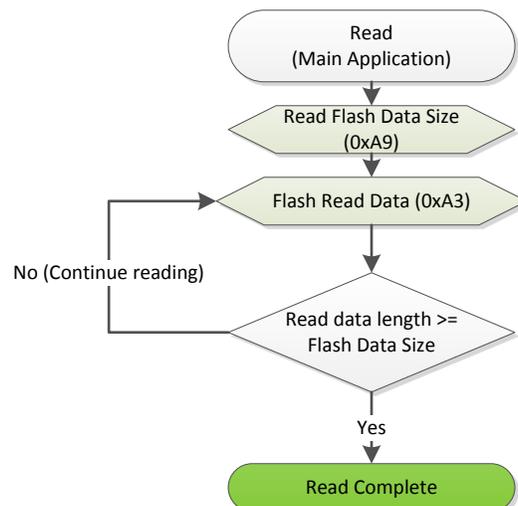


图 5-18. 闪存读取主应用程序

### 5.3.3 闪存程序 - 引导应用程序

闪存编程也可由引导应用程序执行。引导应用程序只能对整个闪存进行编程；它无法对部分闪存进行更新，也无法对 EEPROM 数据进行编程。引导闪存编程的主要用途是系统无法转换到主应用程序的情况，例如闪存为空或损坏。

以下命令用于擦除、编程和验证闪存：

- [闪存接口速率](#)
- [闪存完全擦除](#)
- [闪存数据写入](#)
- [闪存数据验证](#)

图 5-19 演示了闪存编程步骤。

1. 写入 [闪存接口速率](#) - 向引导应用程序通知闪存器件支持的最大允许闪存接口速度和读取模式。这用于最大化闪存 SPI 带宽，从而根据所选闪存器件的能力缩短闪存编程时间。如果未在闪存编程之前发送此命令，则将使用默认速度 10MHz 并仅使用快速读取，这可能会显著降低编程操作的速度。此默认值也可能导致闪存验证步骤出现问题，因为它不符合 DLPC230 最小闪存带宽要求。
2. 写入 [闪存完全擦除](#) - 擦除整个闪存。
3. [闪存数据写入](#) - 重复写入一页 ( 256 字节 ) 的闪存数据。如果所需数据小于 256 个字节，则其余字节应设置为 0xFF。在写入每段数据后，重复读取短状态，直到写入完成。继续操作，直到没有剩余闪存数据。
4. 写入 [闪存接口速率](#) - 如果需要四路读取模式，则需要执行此步骤。在写入操作期间，引导应用程序将在某些闪存器件中禁用四路模式。此步骤可确保在闪存验证之前在闪存器件中启用四路模式。可以为此步骤和步骤 1 写入相同的数据。
5. [闪存数据验证](#) - 开始验证闪存数据。此过程可能需要很长时间才能完成。[写入命令处理程序](#) 应该会有额外的时间轮询短状态，以确认命令标签已更改为适当的值，并且 *请求正在进行中* 位已被清除。闪存验证错误将标记短状态中的命令错误位。这应该会在写入命令过程中检测到。

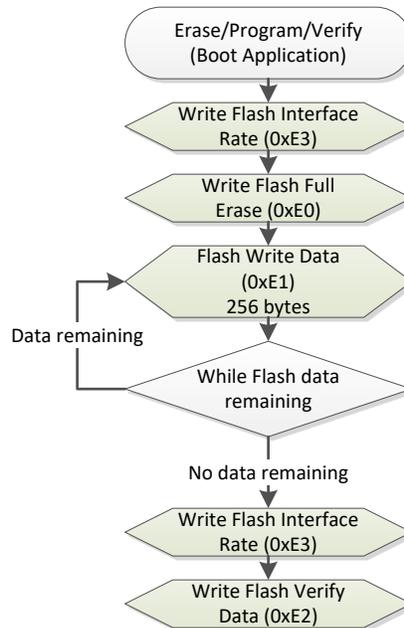


图 5-19. 闪存程序引导应用程序

## 5.4 温度管理

DLPC230-Q1 芯片组支持汽车应用中的宽工作温度范围。以下功能用于温度管理。这些功能包括在工作温度过高或过低时停止和解除停止 DMD 的功能。PWM 功能用于根据温度反馈控制风扇速度和调光级别覆盖以降低亮度。

### 5.4.1 DMD 停止/解除停止温度管理

以下命令用于温度管理，在工作温度过高或过低时使 DMD 停止，在温度处于建议的工作温度范围内时使 DMD 解除停止。

- **系统温度 - 读取** - 读取 DMD 和系统温度。此命令还会在序列停止计时器激活时通知主机。

在系统运行期间，主应用程序通过与连接到内置于 DMD 中的温度检测二极管的外部 TMP411 进行 I<sup>2</sup>C 通信来监测 DMD 温度。该值在多个样本之间使用加权平均法进行滤波，以减少信号噪声的影响。

与闪存数据一起提供的闪存头文件定义最高和最低停止温度条件。如果满足最高或最低停止温度条件，主应用程序将立即进入待机模式以停止 DMD 并禁用照明。主应用程序将保持待机模式，直到主机请求切换到任何其他模式。在 DMD 温度达到相关的解除停止温度之前，主机将无法切换到显示模式。

DMD 数据表指定了 DMD 的工作温度范围。如果修改了这些阈值配置，则闪存项目中设置的最高和最低 DMD 停止温度可能与 DMD 工作温度范围不匹配。无论阈值温度设置如何，DMD 都只能在其数据表规定的温度限值范围内运行。

下图概述了整个 DMD 温度范围和主应用程序所执行的操作。

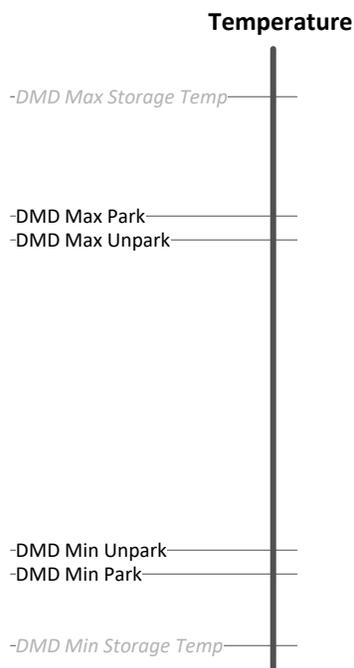


图 5-20. 温度操作

### 5.4.2 PWM 温度管理功能

有些应用在较高温度下会产生副作用，并需要风扇等主动冷却解决方案。对于使用由 PWM 信号控制的变速风扇的系统，DLPC230-Q1 提供了 PWM 温度管理功能。它旨在对系统温度等级进行自监控，并通过 PWM 占空比自动更新风扇速度。此实现避免了过度设计并减少了一个固定速度风扇的噪声电平。此功能还支持迟滞，以避免在温度区域和占空比电平之间来回切换。仅在温度降低时应用该迟滞。存储在 DLPC230 闪存内的二维 LUT 决定了转换温度和 PWM 占空比，以实现此自动功能。必须在 Automotive DLP Composer (TM) 工具中指定这些参数，其中包括启用/禁用、温度阈值、PWM 占空比百分比、PWM GPIO 引脚和迟滞。图 5-21 展示了一个示例用例。请参阅从节 8.2.33 开始讨论的 PWM 温度管理命令 35h-39h。

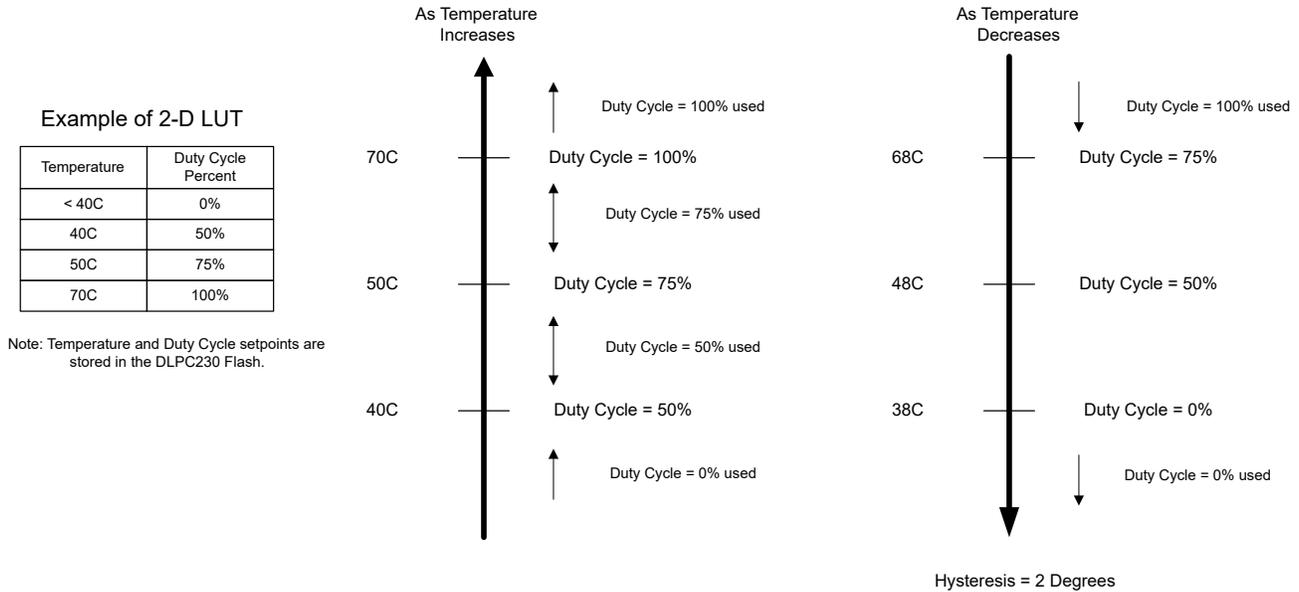


图 5-21. PWM 占空比温度管理示例

### 5.4.3 调光级别覆盖温度管理

有些应用对温度敏感，在较高温度下会产生副作用，需要风扇等主动冷却解决方案。对于使用调光的系统，DLPC230-Q1 可提供调光级别覆盖功能。它旨在自监控系统温度等级并自动更新调光级别。通常，较低的调光级别会因亮度较低而导致发热降低。请注意，此功能还支持迟滞，以避免在温度区域和调光级别之间来回切换。仅当温度降至“更安全”的条件时，才会应用该迟滞。存储在 DLPC230 闪存内的二维 LUT 定义了转换温度和调光覆盖电平，用于实现此自动功能。这些参数包括启用/禁用、温度阈值、调光级别百分比和迟滞，必须在 Automotive DLP Composer(TM) 汽车工具中指定。图 5-22 展示了一个示例。请参阅从节 8.2.38 开始讨论的调光级别覆盖命令 40h-44h。

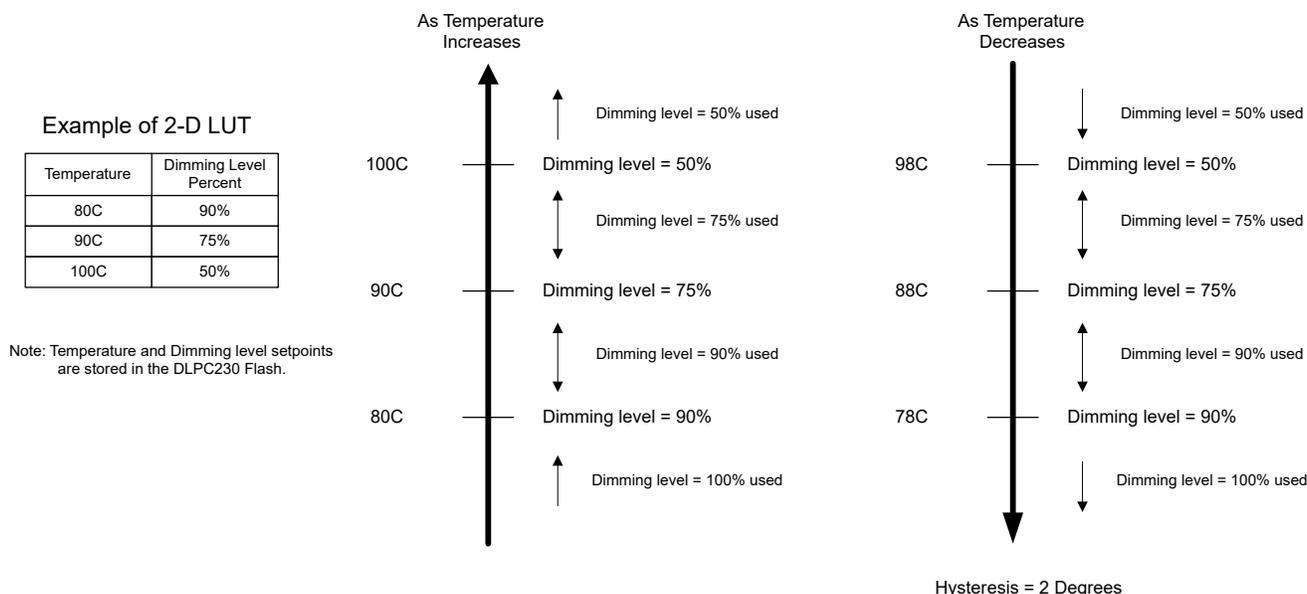


图 5-22. 2D LUT 调光级别覆盖温度示例

## 5.5 ADC 测量

TPS99000-Q1 包含一个具有 32:1 输入多路复用器的模数转换器块。DLPC230-Q1 使用专用高速串行控制接口控制该块中 ADC 测量的时序，以便在显示图像时每帧捕获多达 63 个序列对齐样本。在命令接口上，有两条 ADC 读取命令。这两个命令的用法取决于是否显示图像：

- **ADC 测量 - 读取** - 在显示图像时使用。这允许访问对齐了序列的 ADC 测量采集结果的最后一帧。测量采集时序由命令本身决定，因为结果已在前一个视频帧中采集。
- **ADC 单次测量 - 读取** - 在待机模式下使用。此命令会命令 DLPC230-Q1 主应用程序软件在收到命令后读取单个 ADC 测量值并返回结果。

### 5.5.1 序列对齐的 ADC 测量

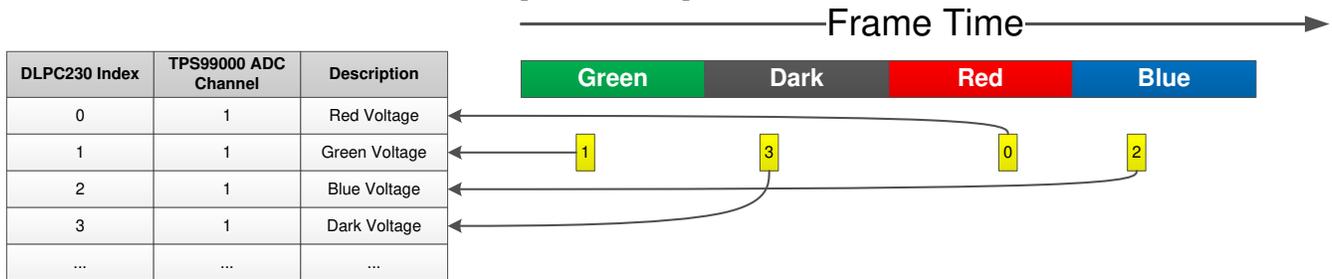
DLPC230-Q1 会持续命令 TPS99000-Q1 捕获每个视频帧中的特定 ADC 测量值。这些测量值与 DMD 序列中的事件（例如照明使能或黑暗时间）对齐。DLPC230-Q1 硬件将 ADC 测量值存储在缓冲存储器中。存储器缓冲区会交换每个视频帧，以便 DLPC230-Q1 软件连续读取前一帧的 ADC 测量数据。

捕获每个 ADC 测量值的顺序取决于给定序列中事件的顺序。图 5-23 演示了两个示例序列，使用序列对齐的 ADC 测量来捕获各种照明电压电平。在每个序列期间捕获相同的测量值，并将结果放置在相同的 DLPC230-Q1 存储器索引中，但 DLPC230-Q1 检索测量值的顺序会发生变化以适应序列时序。

ADC 测量命令的命令参数指定了 DLPC230-Q1 存储器中的所需测量索引范围（从 0 到 63）。

闪存头文件为特定闪存构建定义 DLPC230-Q1 索引及其关联的 TPS99000-Q1 ADC 通道。

### Example Sequence 1



### Example Sequence 2

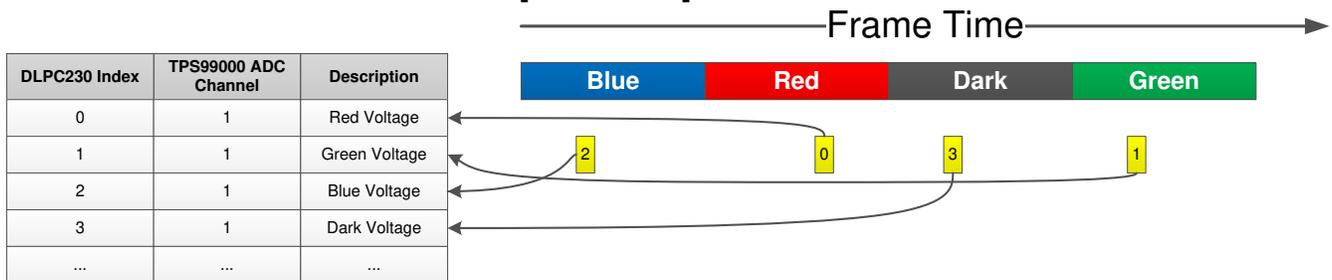


图 5-23. 序列对齐的 ADC 示例

### 5.5.2 单个 ADC 测量

当 DLPC230-Q1 主应用程序接收到 ADC 单次测量命令时，它将请求 TPS99000-Q1 针对该命令指定的特定 ADC 多路复用器索引（从 0 到 31）进行 ADC 捕获。请注意，该索引与 DLPC230-Q1 存储器索引不同，后者与单个 ADC 测量无关。



## 6.1 概述

DLPC553X-Q1 芯片组包括许多测试和诊断功能，用于验证系统是否正常运行，例如视频接口测试、通信接口测试和自检。以下各节介绍了可用的功能。

## 6.2 紧急关闭

DLPC230-Q1 主应用程序在发生严重系统错误（例如，与芯片组信号接口的通信中断）时执行紧急关闭。导致中断的特定错误可从 [错误历史](#) 命令中检索，除非该错误导致系统复位。如果错误导致了系统复位，可使用 [系统信息](#) 命令来读取上次复位的原因。如果错误未导致系统复位，则可能会发生其他错误，作为导致紧急关闭的故障机制的副作用。如果可能，这些副作用错误也会包含在错误历史记录中。

DLPC230-Q1 主应用程序在紧急关闭时会执行以下操作：

- LED 禁用
- DMD 已停止并断电
- 主应用程序模式过渡到待机模式
- [错误历史](#) 中捕获的错误
- 在 [短状态](#) 中设置紧急关闭位
- [HOST\\_IRQ](#) 信号设置为高电平状态

要从紧急关闭状态中恢复，系统需要使用发送到 TPS99000-Q1 的 PROJ\_ON 信号进行完整的下电上电。有关 PROJ\_ON 信号时序要求的详细信息，请参阅 DLPC230-Q1 数据表和 TPS99000-Q1 数据表。主机应尝试在此次完全复位之前从 DLPC230-Q1 获取 [错误历史](#)。

[节 6.4](#) 定义了执行的测试并记录可能导致紧急关闭的测试。在运行期间，应定期检查 [短状态](#) 是否存在任何错误，包括导致紧急关闭的错误。

### 6.2.1 紧急关闭原因

表 6-1. 紧急关闭原因

INDEX	说明
1	前端 BIST 失败
2	后端 BIST 失败
3	DMD 存储器 BIST 失败
4	TPS99000-Q1 接口 BIST 失败
5	DLPC230-Q1 存储器 BIST 失败
6	DMD 时钟超出范围
7	视频信号灯校验和失败
8	TPS99000-Q1 看门狗 1 错误
9	TPS99000-Q1 看门狗 2 错误
10	TPS99000-Q1 时钟比率监视器误差
11	帧存储器缓冲区交换看门狗错误
12	序列发生器指令看门狗错误

**表 6-1. 紧急关闭原因 (续)**

INDEX	说明
13	DMD 复位指令看门狗错误
14	TPS99000-Q1 寄存器校验和错误
15	TPS99000-Q1 传感器故障错误
16	TPS99000-Q1 SPI 接口奇偶校验错误
17	TPS99000-Q1 ADC 接口奇偶校验错误
18	DLPC230-Q1 存储器中的多位 ECC 错误
19	DLPC230-Q1 存储器中的多位 ECC 错误
20	温度传感器远程通道开路
21	温度传感器读取错误
22	画面平均值错误
23	DMD 超出电压范围
40	TPS99000-Q1 亮度过高错误
41	DAC 至 ADC 环回 BIST 失败

### 6.3 诊断存储器接口

诊断接口提供对 64 字节存储器的访问，该存储器在运行期间由 DLPC230-Q1 主应用程序更新。此诊断存储器信息旨在总结运行情况，并允许监控主机独立检查系统和主主机控制器的运行。

诊断存储器可通过独立于主机命令接口的单独端口进行访问。此接口的通信协议是 I<sup>2</sup>C 或 SPI，并且始终是主机命令接口未选择使用的协议。协议选择由上电时 *HOST\_IF\_SEL* 硬件信号的状态确定。对诊断接口进行访问和清除存储器内容的通信请求完全由 DLPC230-Q1 硬件处理。存储器中设置的值由 DLPC230-Q1 主应用程序软件更新。[章节 9](#) 中介绍了诊断接口命令。读取和写入协议与主机命令接口相同。

以下命令用于诊断存储器接口：

- **诊断接口状态 - 读取** - 从诊断存储器读取所需的字节。
- **诊断接口状态清除 - 写入** - 将诊断存储器中所需的字节清除为 0。任何字节都可以被清除，但是只有在字节有可能达到最大值的情况下（例如计数器）才将它们清零。所有值都将以指定的速率更新，但清除某个值也可以让人更确信该值正在更新，以防该值在相当长的时间间隔后没有变化。

诊断存储器内容也可通过主机命令接口来读取，方法是从 DLPC230-Q1 主应用程序软件请求数据。请注意，主机命令接口没有用于清除诊断存储器的命令。该存储器只能通过专用诊断接口进行清除。

- **诊断接口状态 - 读取** - 从诊断存储器读取所需的字节。

[表 6-2](#) 定义了诊断存储器内容。

**表 6-2. 诊断存储器定义**

字节	说明	更新速率	应清除
0	<b>运行模式</b> 0x0：保留以供清除 0x1：主应用程序 - 待机 0x2：主应用程序 - 显示 0x3：主应用程序 - 校准	模式更改	否
2:1	<b>软件活动计数器</b> 递增计数器以确认主应用程序仍处于活动状态。0-65535，滚动到 0。	大约 16ms	否
3	<b>TPS99000-Q1 状态</b> 0 - 7：关闭 8：待机 9 - 11：为 DMD 供电 12：显示就绪 13：显示打开 14 - 17：停止	状态变化	否
4	<b>上次复位原因</b> 0x0：下电上电 0x1：PROJ_ON 0x2：TPS99000-Q1 看门狗软件错误 0x3：TPS99000-Q1 看门狗序列错误 0x4：超出 TPS99000-Q1 芯片温度 0x5：软件控制的下电上电 0x7：主机控制的复位 0x8：仅软件控制的 DLPC230-Q1 复位 0x9 - 0xFF：保留	软件初始化	否
10:5	<b>保留</b>		

表 6-2. 诊断存储器定义 (续)

字节	说明	更新速率	应清除
11	<b>错误历史记录计数</b> 自上次通过主机命令接口清除错误历史记录以来接收到的错误数。请注意，清除此诊断字节不会重置计数。清除此诊断字节只会将该值设置为 0，直到主应用程序重新写入该值为止。	出错时	否
13:12	<b>上一次的错误代码</b> 出现的最新错误代码。有关错误代码说明，请参阅 <a href="#">节 A.2</a> 。 <b>位 15:12</b> - 未使用 <b>位 11:0</b> - 错误代码。	出错时	否
14	<b>ECC 错误计数</b> 自上次系统复位以来接收到的一位或多位 ECC 错误的数量。	出错时	否
15	<b>紧急关闭</b> 0x0：未发生紧急关闭 0x1：发生了紧急关闭	出错时	否
19:16	<i>保留</i>		
23:20	<b>外部视频校验和结果</b> 上次计算的外部视频校验和。	每帧	否
24	<b>画面平均值结果</b> 上次计算得出的画面平均值。	每帧	否
25	<b>源类型</b> <b>位 3</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0x1：外部源丢失</li> </ul> <b>位 2:0</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0x0：不适用（待机模式或源转换）</li> <li>• 0x1：外部视频并行</li> <li>• 0x2：外部视频 OpenLDI</li> <li>• 0x3：测试模式</li> <li>• 0x4：启动界面</li> </ul>	源更改	否
27:26	<b>外部源 - 每行总像素数</b> 使用启动界面或测试模式时设置为 0。	源更改	否
29:28	<b>外部源 - 每帧总扫描行数</b> 使用启动界面或测试模式时设置为 0。	源更改	否
31:30	<b>外部源 - 每行有效像素数</b> 使用启动界面或测试模式时设置为 0。	源更改	否
33:32	<b>外部源 - 每帧有效扫描行数</b> 使用启动界面或测试模式时设置为 0。	源更改	否
35:34	<b>序列最高温度</b> 当前强制执行的最高序列温度。 <b>位 15:8</b> - 温度的二进制补码整数部分，以摄氏度为单位 <b>位 7:4</b> - 1/16 摄氏度步长始终添加到整数部分。请注意，即使整数部分为负，仍会添加此小数。 <b>位 3:0</b> - 未使用	每帧	否
37:36	<i>保留</i>		

**表 6-2. 诊断存储器定义 (续)**

字节	说明	更新速率	应清除
39:38	<b>DMD 滤波温度</b> 位 15:8 - 温度的二进制补码整数部分，以摄氏度为单位 位 7:4 - 1/16 摄氏度步长始终添加到整数部分。请注意，即使整数部分为负，仍会添加此小数。 位 3:0 - 未使用	温度读取 大约 125ms	否
41:40	<b>TMP411 本地滤波温度</b> 位 15:8 - 温度的二进制补码整数部分，以摄氏度为单位 位 7:4 - 1/16 摄氏度步长始终添加到整数部分。请注意，即使整数部分为负，仍会添加此小数。 位 3:0 - 未使用	温度读取 大约 125ms	否
43:42	<b>DMD VBIAS ADC 值</b> 位 15:0 - 二进制补码整数格式。1mV 刻度。	每帧	否
45:44	<b>DMD VRESET ADC 值</b> 位 15:0 - 二进制补码整数格式。1mV 刻度。	每帧	否
47:46	<b>DMD VOFFSET ADC 值</b> 位 15:0 - 二进制补码整数格式。1mV 刻度。	每帧	否
53:48	<i>保留</i>		
55:54	<b>调光级别</b> 最后接收到的调光级别	调光命令	否
64:56	<i>保留</i>		

## 6.4 测试说明

DLP553X-Q1 芯片组包含诊断功能，可协助检测潜在故障。这些比较器分为两个类别：

- 非周期性 - 在系统未显示图像时运行，通常在开机或关机时进行。
- 周期性 - 在显示图像时连续执行。

### 6.4.1 周期性测试

这些测试可以在某些模式下连续执行。这些测试不会损坏或干扰系统的正常运行。有些测试可能由主机控制，但其他测试将在使用相关功能时连续运行。例如，在使用帧存储器时，将始终启用帧存储器缓冲区交换看门狗。

图 6-1 展示了一个包含 DLPC230-Q1 内部模块和各种系统元件标签的方框图。表 6-3 中使用这些标签来标识每个测试的覆盖范围。

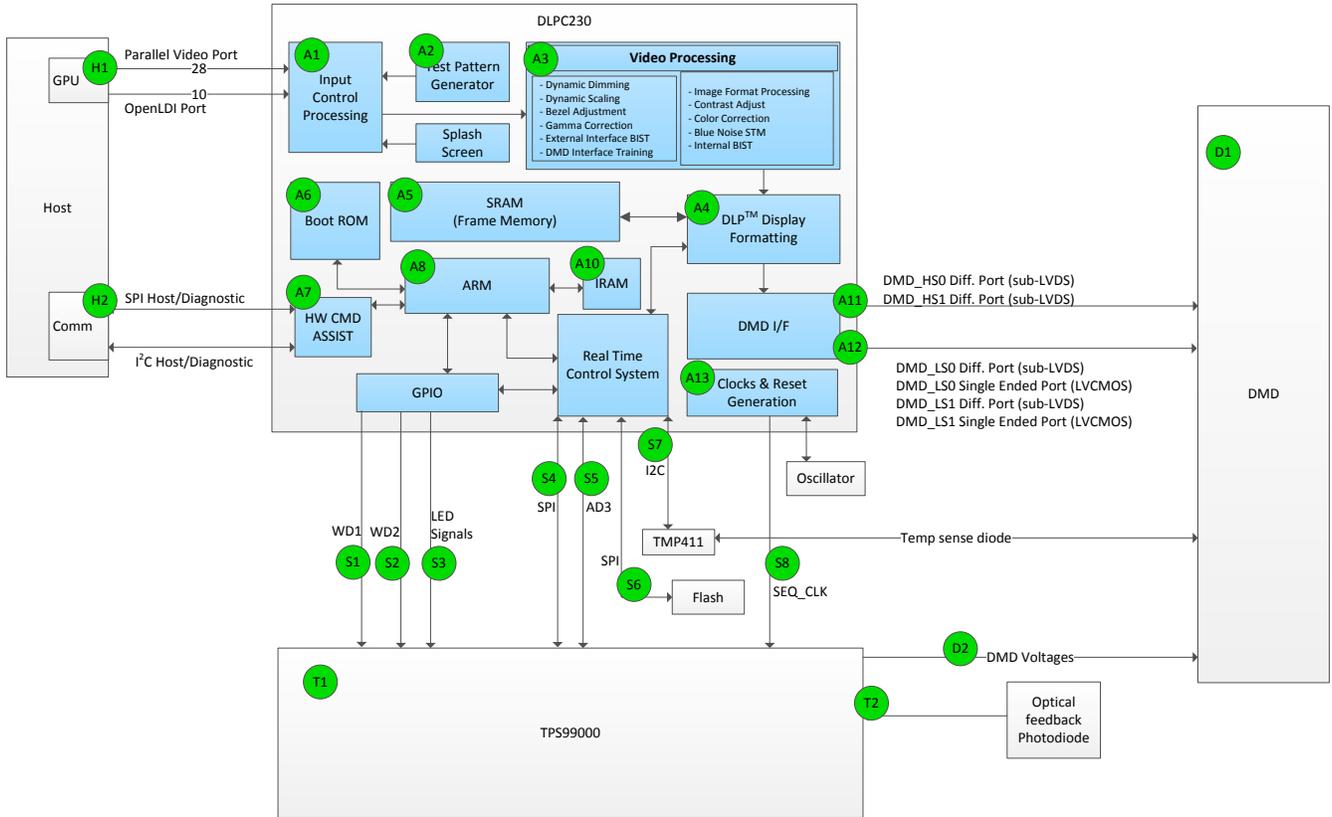


图 6-1. 测试覆盖范围系统方框图

表 6-3. 周期性测试概述

测试	覆盖范围	主机控制	失败操作	章节
视频源丢失	H1、A1、A3	连续运行	替代源	节 6.4.1.1
视频信号灯校验和	H1、A1、A3	是	日志错误 / 替代源 / 紧急关闭	节 6.4.1.2
视频帧计数器校验和	H1、A1、A3	是	日志错误 / 替代源 / 紧急关闭	节 6.4.1.2
画面平均值	H1、A1、A3	是	日志错误/紧急关闭	节 6.4.1.4
调光命令丢失	H2	是	待机模式	节 6.4.1.5
TPS99000-Q1 亮度过高监视器	T2	是	日志错误	节 6.4.1.6
照片反馈监视器	T2	连续运行	紧急关闭	节 6.4.1.7
DLPC230-Q1 处理器存储器 ECC	A10	连续运行	紧急关闭	节 6.4.1.8
闪存表传输 CRC	S6	连续运行	日志错误	节 6.4.1.9
帧缓冲区交换看门狗	A4、A5	连续运行	紧急关闭	节 6.4.1.10
序列发生器指令读取看门狗	A4	连续运行	紧急关闭	节 6.4.1.11
DMD 复位指令看门狗	A4、A11	连续运行	紧急关闭	节 6.4.1.12
DLPC230-Q1 系统电压监控器	电压轨、S5	连续运行	日志错误	节 6.4.1.13
DLPC230-Q1 DMD 电压监控器	D2、S5	连续运行	紧急关闭	节 6.4.1.14
DLPC230-Q1 TPS99000-Q1 带隙监视器	T1、S5	连续运行	日志错误	节 6.4.1.15
DMD 温度监测器	D1	连续运行	待机模式	节 6.4.1.16
DMD 时钟监测器	A13	连续运行	紧急关闭	节 6.4.1.17
DMD 高速接口训练	A11、A12、D1	连续运行	日志错误	节 6.4.1.18
DMD 低速接口信号	A12、D1	连续运行	日志错误	节 6.4.1.19
TPS99000-Q1 DLPC230-Q1 处理器看门狗 (WD1)	A8、S1	连续运行	系统复位	节 6.4.1.20
TPS99000-Q1 DLPC230-Q1 序列发生器看门狗 (WD2)	A4、S2	连续运行	尝试纠正 紧急关闭	节 6.4.1.21
TPS99000-Q1 温度警告/错误	T1	连续运行	日志错误 系统复位	节 6.4.1.22
TPS99000-Q1 时钟比率监视	A13、S8	连续运行	日志错误	节 6.4.1.23
TPS99000-Q1 寄存器密码锁定	T1	连续运行		节 6.4.1.24
TPS99000-Q1 寄存器校验和	T1	连续运行	尝试纠正 紧急关闭	节 6.4.1.25
软件监控器线程	A8	连续运行	日志错误	节 6.4.1.26

#### 6.4.1.1 视频源损耗检测

显示外部视频时，该测试监控外部源 VSYNC、像素时钟、每帧有效扫描行数和每行每帧有效像素数，以验证源信号是否稳定。

在以下情况下，测试将执行相应操作：

- VSYNC 超出范围
- 像素时钟超出范围
- 每帧有效扫描行数与预期值不匹配
- 每行有效像素数与预期值不匹配

##### 6.4.1.1.1 配置

以下配置选项在闪存中设置。这些参数的值可在随闪存二进制文件一起提供的闪存头文件中找到。

**表 6-4. 视频源丢失参数**

参数	说明
出现故障时的备用源	将在源丢失时显示的任何测试模式或启动界面图像。
自动恢复	0x0：测试失败后，即使外部源返回到有效范围，备用源也会继续显示。发生故障后，需要主机操作才能更改为外部源。 0x1：如果测试在失败后通过，系统将返回显示外部源。这不需要主机操作。
像素时钟最大值、最小值	允许的最大和最小像素时钟频率。这通常设置为标称像素时钟的 $\pm 2\%$ 。
VSYNC 最大值、最小值	允许的最大和最小 VSYNC 频率。此值设置为 DLPC230-Q1 数据表中指定的 VSYNC 范围。
每帧有效扫描行数	外部源的垂直分辨率。
每行有效像素数	外部源的水平分辨率。

##### 6.4.1.1.2 执行

此测试始终在外部源正在使用时执行。

##### 6.4.1.1.3 失败操作

如果源最初处于范围内，故障将触发显示另一个内部视频源。这可以配置为闪存中存储的任何测试模式或启动界面图像。如果源在配置期间或过渡到显示期间最初超出范围，则不会显示任何图像。

表 6-5 描述了各种源场景以及将要执行的操作。

**表 6-5. 视频源损耗故障**

配置	事件	操作
源有效	待机至显示转换	显示外部源
源无效	待机至显示转换	保持待机状态 日志错误
源有效	源选择命令	显示外部源
源无效	源选择命令	照明禁用 日志错误
源有效	源有效至无效	显示备用图像 日志错误
源无效	源无效到有效	如果自动恢复，则显示外部源

##### 6.4.1.1.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-6. 视频源丢失检测错误代码**

错误代码	说明
665	外部源测量的每帧有效扫描行数与源定义不一致。
666	外部源每行测得的有效像素数与源定义不一致。
671	外部源 Open LDI 端口像素时钟频率不在允许的范围内。
674	外部源并行端口像素时钟频率不在允许的范围内。
676	外部源像素时钟高于允许范围。
677	外部源像素时钟低于允许范围。
678	外部源 VSYNC 频率大于定义的最大值。
679	外部源 VSYNC 频率小于定义的最小值。
913	外部源已丢失。
914	外部源已丢失，尝试转换到备用源失败。
946	预期的 VSYNC 信号未在分配的时间内到达。

### 6.4.1.2 视频信号灯校验和

该测试对预期在多帧间保持静态的指定视频像素数据区域内的像素进行校验和。主机提供指定像素区域的预期校验和。DLPC230-Q1 硬件会计算每帧在指定区域的校验和，并将其与主机指定的校验和进行比较。如果在任何视频帧之后检测到预期校验和与计算出的校验和之间不匹配，该测试将采取措施。

#### 6.4.1.2.1 配置

[外部视频校验和设置](#) 命令用于指定所需的视频像素窗口和预期的校验和，还可读取确认当前视频数据的实际校验和。

图 6-2 演示了校验和区域配置。

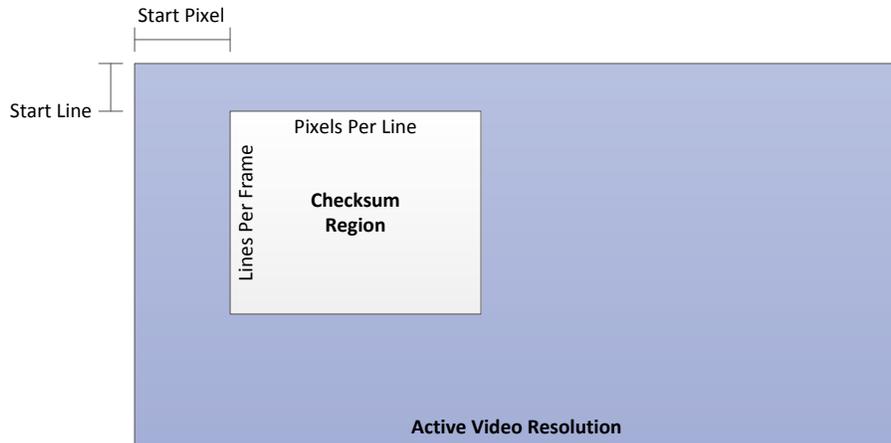


图 6-2. 视频信号灯校验和配置

以下公式用于计算校验和。对于指定窗口中的每个像素，对红色、绿色和蓝色电平求和，然后将其添加到校验和中。如果该值超过 32 位 (0xFFFFFFFF)，校验和会回滚至 0。

$$CS(n) = (CS(n-1) + R(n) + G(n) + B(n)) \& 0xFFFFFFFF$$

其中：

- “N” 是要添加到校验和的当前像素
- “CS(n)” 是当前校验和
- “CS(n-1)” 是之前的校验和。初始值为 0。
- “R(n)”、“G(n)” 和 “B(n)” 是当前像素的红色、绿色和蓝色分量，每个分量的值为 0 至 255。

只能在测试被禁用时修改设置。如果需要更改设置，则应禁用测试，然后在应用设置后重新启用测试。

#### 6.4.1.2.2 执行

[外部视频校验和控制](#) 命令用于启用或禁用测试。请注意，视频信号灯和视频帧计数器不能同时执行。

#### 6.4.1.2.3 失败操作

故障操作可通过闪存配置。软件可能会记录错误，切换到备用显示源或执行紧急关闭。

#### 6.4.1.2.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-7. 视频信号灯校验和错误代码**

错误代码	说明
238	命令错误：已尝试更改外部视频校验和设置，但已启用外部视频校验和。
535	由于校验和不匹配，外部视频校验和失败。

### 6.4.1.3 视频帧计数器校验和

此测试利用视频信号灯校验和硬件来确认视频帧正由输入图形处理器更新。它无法与视频信号灯校验和同时执行，因为它们依赖于相同的硬件。

像素区域由主机命令指定，该区域内像素数据的校验和必须每帧递增 1，直到该值达到其最大值为止。校验和达到最大值后，必须将该值滚动到 0 并重复该模式。如果该值未在某帧中递增，则测试将采取措施。最大和最小帧计数值是闪存设置。

以下公式用于计算校验和。对于指定窗口中的每个像素，对红色、绿色和蓝色电平求和，然后将其添加到校验和中。

$$CS(n) = ( CS(n-1) + R(n) + G(n) + B(n) ) \& 0xFFFFFFFF$$

其中：

- “N” 是要添加到校验和的当前像素
- “CS(n)” 是当前校验和
- “CS(n-1)” 是之前的校验和。初始值为 0。
- “R(n)”、“G(n)” 和 “B(n)” 是当前像素的红色、绿色和蓝色分量，每个分量的值为 0 至 255。

此帧计数器有多种可能的实现方式，图形处理器可以使用这些实现来满足此测试的要求。

#### 6.4.1.3.1 一像素帧计数器

此实现在有效视频的一角使用了一个像素。该像素的红色和绿色值设置为 0，每帧蓝色值从 0 递增到 7。由于最大像素值较低(R 0, G 0, B 7)，该像素在所有帧中都有效保持黑色。帧计数器校验和的值等于此单个像素的蓝色值，因为它是校验和区域中的唯一像素，且其红色和绿色值为 0。

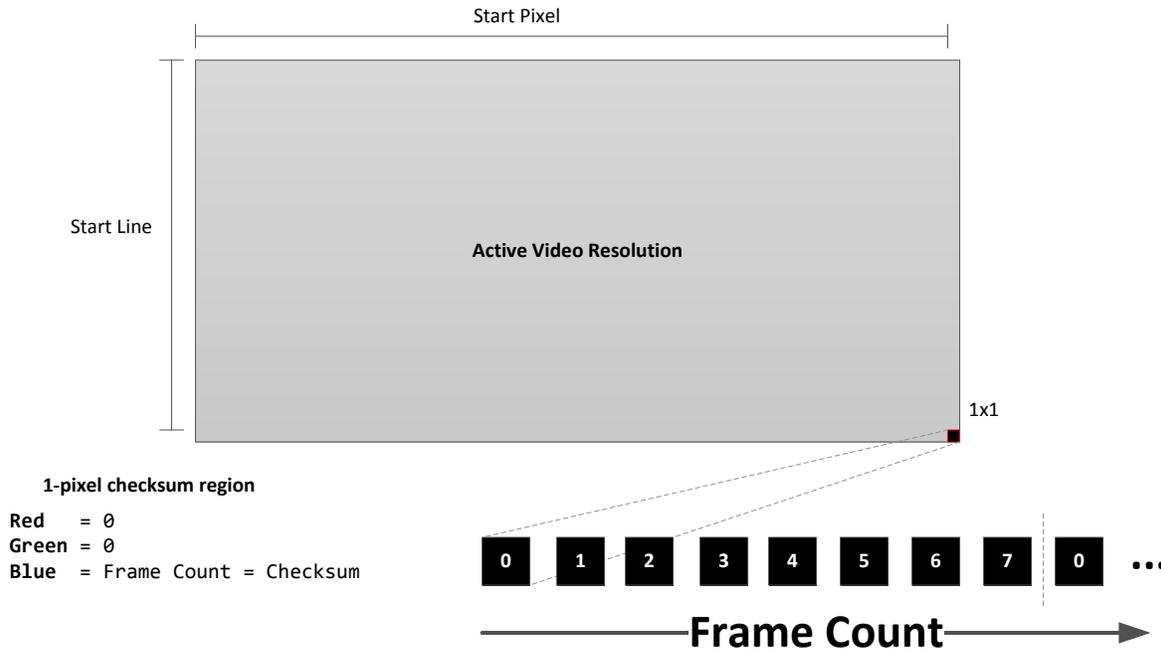


图 6-3. 一像素帧计数器

#### 6.4.1.3.2 七像素帧计数器

此实现在有效视频的一角使用了七个像素。这些像素的红色和绿色值设置为 0，每帧的蓝色值设置为 0 或 1。每一帧都有一个额外的蓝色像素被设置为 1，用于将校验和从 0 增加到 7。此实现的优点是每个像素的最大值为 (R 0, G 0, B 1)。缺点是它需要更大的校验和区域，让这些像素实际上显示为黑色，并且无法用于其他视频内容。

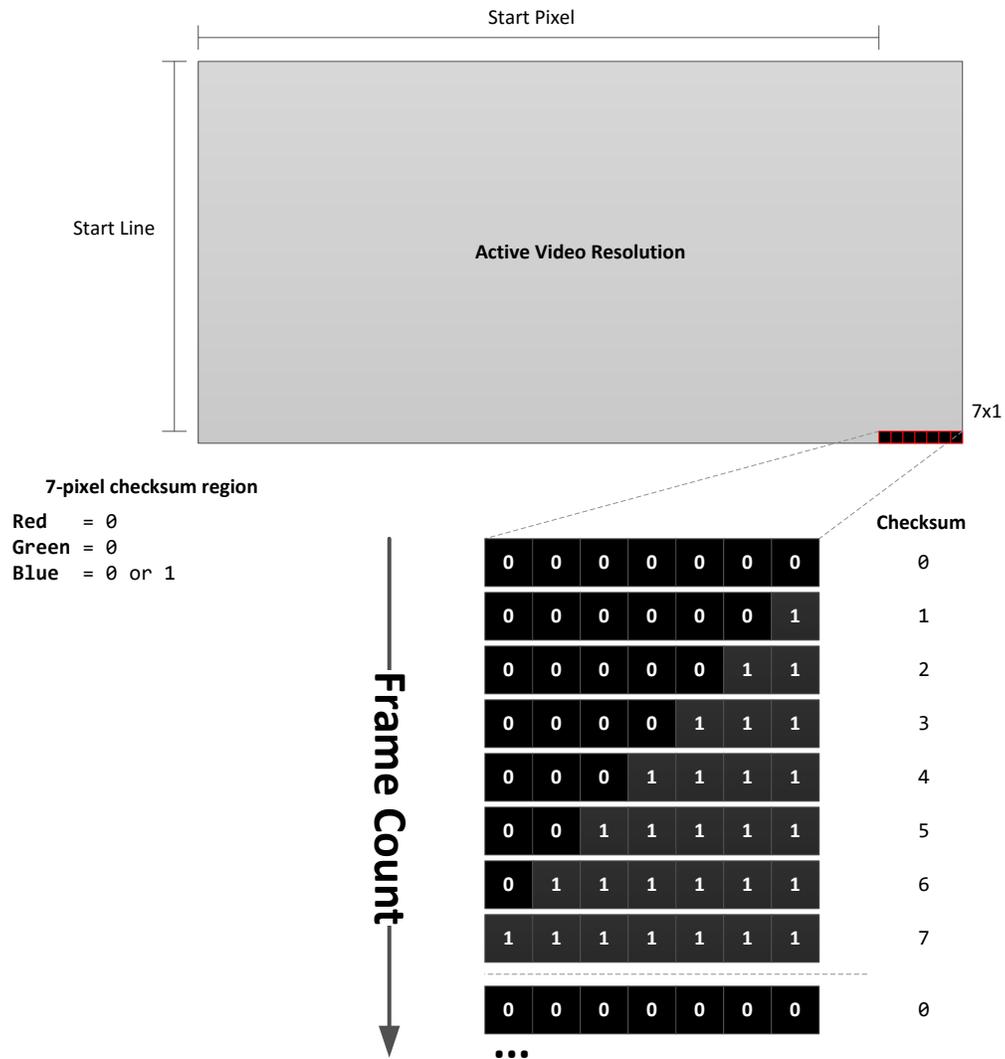


图 6-4. 七像素帧计数器

### 6.4.1.3.3 配置

外部视频校验和设置命令用于指定所需的视频像素窗口，还可读取确认当前视频数据的实际校验和。

图 6-5 演示了校验和区域配置。

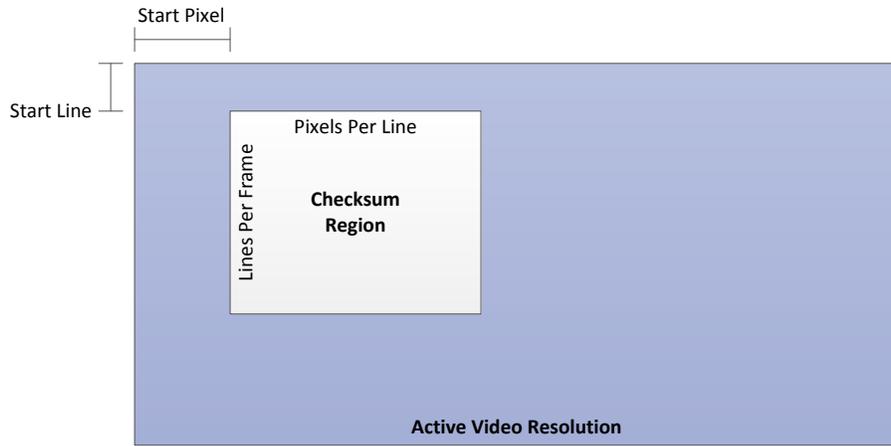


图 6-5. 视频帧计数器校验和配置

只能在测试被禁用时修改设置。如果需要更改设置，则应禁用测试，然后在应用设置后重新启用测试。

#### 6.4.1.3.4 执行

[外部视频校验和控制](#) 命令用于启用或禁用测试。请注意，视频信号灯和视频帧计数器不能同时执行。

#### 6.4.1.3.5 失败操作

故障操作可通过闪存配置。软件可能会记录错误，切换到备用显示源或执行紧急关闭。

#### 6.4.1.3.6 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-8. 视频帧计数器校验和错误代码**

错误代码	说明
558	外部视频帧计数超出序列。
760	由于值超出范围，视频帧计数器无法锁定。

#### 6.4.1.4 画面平均值

该测试检查传入视频像素数据的平均值。主机为输入数据指定预期的最大平均值。主应用程序会将主机指定的最大值与每个帧的实际值进行比较。如果实际画面值超过主机指定的最大值，该测试将执行相应操作。

##### 6.4.1.4.1 配置

[画面平均值控制](#) 命令用于配置此测试。

以下过程用于计算视频帧中所有有效像素的画面平均值。

- $\text{Pixel\_Brightness} = \text{Round}((\text{Red} + \text{Green} + \text{Blue}) / 3)$   
- 其中，红色、绿色、蓝色是 0-255 之间的 8 位值
- $\text{Line\_Brightness} = \text{Round}(\text{Sum}(\text{Pixel\_Brightness}[0:\text{Horizontal\_Resolution}]) / \text{Horizontal\_Resolution})$
- $\text{Picture\_Brightness} = \text{Round}(\text{Sum}(\text{Line\_Brightness}[0:\text{Vertical\_Resolution}]) / \text{Vertical\_Resolution})$

生成的 `Picture_Brightness` 应为一个 8 位值，范围为 0 到 255。

##### 6.4.1.4.2 执行

[画面平均值控制](#) 命令用于启用或禁用此测试。

##### 6.4.1.4.3 失败操作

该测试可以配置为在超出阈值时执行两项操作：

- 记录错误，但继续显示外部源
- 执行紧急关闭

##### 6.4.1.4.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-9. 平均图片水平错误代码**

错误代码	说明
915	平均图片水平超出其指定限制。

#### 6.4.1.5 调光命令丢失

该测试在指定的毫秒数内监视调光命令。每次接收到命令时，计时器都会复位为零。如果计时器达到指定的最大时间，则测试将执行操作。这将用作主机通信上的看门狗超时。

##### 6.4.1.5.1 配置

**调光控制丢失** 命令用于指定一个时间段，在该时间段内，必须发送每个命令，并启用或禁用此测试。

也可以将时间窗口指定为闪存中的默认值。

##### 6.4.1.5.2 执行

**调光控制丢失** 命令也用于启用或禁用此测试。默认的启用或禁用状态也可在闪存中指定。

**调光等级 - 写入** 命令用于定期满足超时条件。

##### 6.4.1.5.3 失败操作

如果无法停止 DMD，主应用程序将进入待机模式。

##### 6.4.1.5.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-10. 调光丢失错误代码**

错误代码	说明
222	调光丢失 BIST 失败。在配置的时间范围内未收到调光/ping 命令。

### 6.4.1.6 TPS99000-Q1 亮度过高监视器

此测试使用 TIA2 监控 TPS99000-Q1 的光电二极管反馈。此测试由主机控制，主机可以设置比较阈值电平。如果发生故障，系统会记录错误，以便主机确定要执行的操作。

#### 6.4.1.6.1 配置

**过亮控制** 命令用于指定亮度阈值并选择高带宽或低带宽 TIA 输出，以与指定的阈值进行比较。

#### 6.4.1.6.2 执行

**过亮控制** 命令用于启用或禁用此测试。

#### 6.4.1.6.3 失败操作

出现故障时将记录一个错误。

#### 6.4.1.6.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-11. TPS99000-Q1 亮度过高监视器错误代码**

错误代码	说明
917	亮度过高检测器指示过亮的故障情况。

### 6.4.1.7 照片反馈监视器

该 BIST 用于检测连接到 TIA1 的光电二极管的故障和 HUD 中光源的故障，从而检测可能导致意外亮度水平的情况。TPS99000-Q1 ADC 通道用于测量每个帧的 LED 电流、电压和光电二极管输出电平。DLPC230-Q1 会监视这些值，以检查可能发生的总越界情况。

表 6-12 定义了在此监控中检查的所有条件。

**表 6-12. 照片反馈监测错误条件**

故障模式	信息位	操作	模式	条件									
				电流			电压			TIA 输出			其它
				R	G	B	R	G	B	R	G	B	
光电二极管已断开连接、被阻止或对地短路	1	紧急关闭	CM	≥CL	≥CL	≥CL				≤Min	≤Min	≤Min	
			DM										CNL
LED 阳极对地短路	2	日志错误	CM	≤Min	≤Min	≤Min				≤Min	≤Min	≤Min	
红色 LED 已断开	3	日志错误	CM				≥LAT			≤Min			
绿色 LED 已断开	4	日志错误	CM					≥LAT		≤Min			
蓝色 LED 已断开	5	日志错误	CM						≥LAT			≤Min	
红色 LED 短接	6	日志错误	CM	≥CL			<Max			≤Min	>Min	>Min	
绿色 LED 短接	7	日志错误	CM		≥CL			<Max		>Min	≤Min	>Min	
绿色 LED 短接	8	日志错误	CM			≥CL			<Max	>Min	>Min	≤Min	
LED 关闭期间检测到光	9	紧急关闭	CM / DM										在 LED 关闭时间期间，TIA 输出大于阈值

#### 6.4.1.7.1 配置

闪存参数用于指定：

- **电流限制百分比阈值** - 如果测得的 LED 电流高于电流限制的此百分比，则假定 LED 在电流限制下运行。
- **LED 最小电流** - 如果测得的 LED 电流低于此毫安值，则 LED 被视为在其最小电流下运行。
- **帧阈值** - 必须满足故障条件才能考虑采取故障操作的连续帧数。这用于滤除测量中的潜在瞬时噪声并避免错误故障。
- **TIA 输出电压最小值** - 如果测得的 TIA 电压低于该电压值，则将 TIA 视为处于最小输出。
- **LED 阳极电压阈值** - 在最大电压下考虑 LED 的电压阈值。

#### 6.4.1.7.2 执行

此测试始终在显示模式下执行。

#### 6.4.1.7.3 失败操作

如果闪存指定的帧阈值计数的条件持续存在，则将执行该行中指定的故障操作。紧急关闭也会记录错误。达到帧阈值计数后，每帧都会记录错误。

#### 6.4.1.7.4 错误代码

一个错误代码用于指示此监控检测到的任何故障。当此错误代码被记录时，其错误信息位指定发生了哪种故障模式。表 6-12 定义了“Info Bits”列中信息位的值。

**表 6-13. 光学传感器故障监测错误代码**

错误代码	说明
1080	照片反馈 BIST 失败。

#### 6.4.1.8 DLPC230-Q1 处理器存储器 ECC

DLPC230-Q1 ARM 处理器的存储器包括 ECC，供硬件检测多位错误并校正 1 位错误。如果发生多位错误，主应用程序将尝试采取措施。

##### 6.4.1.8.1 配置

无需配置。

##### 6.4.1.8.2 执行

ECC 检测在工作期间始终运行。

##### 6.4.1.8.3 失败操作

主应用程序将尝试执行紧急关闭。

##### 6.4.1.8.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-14. DLPC230-Q1 处理器存储器 ECC 错误代码**

错误代码	说明
954	检测到多位 ECC 存储器错误。
955	检测到一位 ECC 存储器错误。

### 6.4.1.9 闪存表传输 CRC

序列等查询表在从闪存传输时经过 CRC 验证。将表写入内部存储器后，硬件会计算数据的 CRC 并将其与从闪存读取表时计算出的 CRC 值进行比较。如果 CRC 不正确，该测试将采取措施。

#### 6.4.1.9.1 配置

无需配置。

#### 6.4.1.9.2 执行

此测试始终在表数据传输期间执行。

#### 6.4.1.9.3 失败操作

将重新加载表，并且主应用程序将记录错误。

#### 6.4.1.9.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-15. 闪存表传输 CRC 错误代码**

错误代码	说明
526	闪存表传输 CRC 失败。从闪存传输表时发生 CRC 错误。
653	闪存表类型 1 CRC 失败。
658	闪存表类型 5 存储器访问失败。
659	闪存表类型 5 CRC 失败。
660	闪存表类型 6 CRC 失败。
661	闪存表类型 7 CRC 失败。
663	闪存表类型 8 CRC 失败。
664	闪存表类型 9 访问失败。

#### 6.4.1.10 帧缓冲区交换看门狗

DLPC230-Q1 视频帧存储器是双缓冲的。主应用程序会为缓冲区交换配置看门狗计时器，每个缓冲区交换事件都会将计时器复位。如果计时器到期，缓冲区未按预期交换，主应用程序会执行相应操作。计时器配置为长度大约 9 帧时间。

##### 6.4.1.10.1 配置

无需配置。

##### 6.4.1.10.2 执行

此测试始终在显示外部源和测试模式时执行。显示启动界面图像时不会执行测试，因为启动界面图像需要更长的缓冲区交换时间。

##### 6.4.1.10.3 失败操作

出现故障时将执行紧急关闭。

##### 6.4.1.10.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-16. 帧缓冲区交换看门狗错误代码**

错误代码	说明
969	帧存储器缓冲区交换看门狗错误。

#### 6.4.1.11 序列发生器指令读取看门狗

此测试会监视视频序列发生器指令的处理过程。主应用程序会设置一个硬件计时器，每个序列发生器指令都会将此计时器复位。计时器配置为长度大约 9 帧时间。

##### 6.4.1.11.1 配置

无需配置。

##### 6.4.1.11.2 执行

显示图像时始终执行此测试。

##### 6.4.1.11.3 失败操作

出现故障时将执行紧急关闭。

##### 6.4.1.11.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-17. 序列发生器指令读取看门狗错误代码**

错误代码	说明
968	序列发生器指令看门狗错误。

#### 6.4.1.12 DMD 复位指令看门狗

此测试监控从 DLPC230-Q1 发送到 DMD 的 DMD 偏置和复位指令，同时显示图像。失败表示 DMD 镜像可能未按预期移动，因为未发送复位指令。

##### 6.4.1.12.1 配置

无需配置。

##### 6.4.1.12.2 执行

显示图像时始终执行此测试。

**6.4.1.12.3 失败操作**

出现故障时将执行紧急关闭。

**6.4.1.12.4 错误代码**

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-18. 序列发生器指令读取看门狗错误代码**

错误代码	说明
967	DMD 复位指令看门狗错误。

#### 6.4.1.13 DLPC230-Q1 系统电压监控器

该测试使用 TPS99000-Q1 ADC 测量值监测每帧的系统电压电平。以下电压会受到监测：

- P1P1V
- P1P8V
- P3P3V
- VMAIN
- DVDD
- LDOT\_M8
- ADC\_VREF
- DRVR\_PWR

如果这些电压中的任何一个是在指定的最大和最小值之外测得的，此测试将执行相应操作。监视范围在随闪存二进制文件一同提供的闪存头文件中指定。DLPC230-Q1 数据表和 TPS99000-Q1 数据表中指定了真实电压工作范围。考虑到测量容差，设置的用于此测试的监视器范围要比真实电压工作范围宽。

##### 6.4.1.13.1 配置

无需配置。

##### 6.4.1.13.2 执行

此测试始终在显示模式下执行。

##### 6.4.1.13.3 失败操作

出现故障时将记录一个错误。

##### 6.4.1.13.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-19. DLPC230-Q1 系统电压监测错误代码**

错误代码	说明
843	系统 1.1V 电源轨超出范围。
844	系统 1.8V 电源轨超出范围。
845	系统 3.3V 电源轨超出范围。
846	ADC 外部 VREF 电压超出范围。
847	DVDD 电压超出范围。
848	LDOT_M8 电压超出范围。
849	VMAIN 电压超出范围。
1015	驱动器电源电压超出范围。

#### 6.4.1.14 DLPC230-Q1 DMD 电压监控器

此测试使用 TPS99000-Q1 ADC 测量值来监测每帧的 DMD 复位电压电平。以下电压会受到监测：

- VBIAS
- VRESET
- VOFFSET

如果这些电压中的任何一个是在指定的最大和最小值之外测得的，此测试将执行相应操作。允许的范围在随闪存二进制文件一同提供的闪存头文件中指定。

##### 6.4.1.14.1 配置

无需配置。

##### 6.4.1.14.2 执行

此测试始终在显示和校准模式下执行。

##### 6.4.1.14.3 失败操作

出现故障时将执行紧急关闭。

##### 6.4.1.14.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-20. DLPC230-Q1 DMD 电压监测错误代码**

错误代码	说明
949	DMD VRESET 电压读数超出范围。
950	DMD VOFFSET 电压读数超出范围。
951	DMD VBIAS 电压读数超出范围。

#### 6.4.1.15 DLPC230-Q1 TPS99000-Q1 带隙监视器

TPS99000-Q1 包含两个带隙电压基准：一个用于 ADC 测量系统，另一个用于控制系统。ADC 测量控制带隙基准的调节电压。使用 ADC 系统来测量控制带隙，以确保两个带隙基准相匹配。DLPC230-Q1 在每帧读取该 ADC 测量值。如果这个带隙基准电压是在指定的最大和最小值之外测得，则测试将采取措施。监视范围在随闪存二进制文件一同提供的闪存头文件中指定。

##### 6.4.1.15.1 配置

无需配置。

##### 6.4.1.15.2 执行

此测试始终在显示模式下执行。

##### 6.4.1.15.3 失败操作

出现故障时将记录一个错误。

##### 6.4.1.15.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-21. DLPC230-Q1 TPS99000-Q1 带隙监视器错误代码**

错误代码	说明
1008	外部带隙电压超出范围。

#### 6.4.1.16 DMD 温度监测器

DLPC230-Q1 使用外部 TMP411 通过内置到 DMD 中的温度检测二极管来定期读取 DMD 温度。主应用程序会监视以下条件以采取措施：

- DMD 超过最大停驻温度
- DMD 低于最低停驻温度

节 5.4 进一步介绍了温度管理。

##### 6.4.1.16.1 配置

最大和最小阈值温度在闪存中设置。

##### 6.4.1.16.2 执行

此测试始终执行。

##### 6.4.1.16.3 失败操作

主应用程序将进入待机模式以停止 DMD。主应用程序将保持待机状态，直到主机请求不同的工作模式。如果尚未达到相应的 DMD 解除停驻温度，工作模式命令可能会收到错误消息。这是为了避免在启用和禁用照明时 DMD 温度变化可能导致的重复温度相关故障。如果达到 DMD 最大阈值温度，DMD 电压将在待机模式下关闭。

##### 6.4.1.16.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-22. DMD 温度监测错误代码**

错误代码	说明
895	温度低于最低 DMD 停驻温度。
896	温度高于最高 DMD 停驻温度。

### 6.4.1.17 DMD 时钟监测器

DMD 时钟发生器会受到监控，确保它在指定频率范围内持续运行。主应用程序会设置硬件监控频率上限和下限。如果时钟频率不在这个指定窗口，硬件将标记一个错误。

#### 6.4.1.17.1 配置

无需配置。

#### 6.4.1.17.2 执行

此测试始终在高速 DMD 接口使用时执行。

#### 6.4.1.17.3 失败操作

出现故障时将执行紧急关闭。

#### 6.4.1.17.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-23. DMD 时钟监视器错误代码**

错误代码	说明
898	DMD 时钟超出范围。

#### 6.4.1.18 DMD 高速接口训练

主应用在使用 DMD 高速接口时执行高速 Sub-LVDS 数据眼图训练。这可以在温度等环境条件下保持优化的时钟对齐。在该调优过程中，会执行高速和低速总线上的每个引脚，因此训练中应检测到所有连接故障。在低速总线上读回训练结果。如果未找到一个或多个通道的有效训练数据，主应用程序将执行相应操作。

##### 6.4.1.18.1 配置

无需配置。

##### 6.4.1.18.2 执行

此测试始终在显示模式下执行。

##### 6.4.1.18.3 失败操作

出现故障时将记录一个错误。

##### 6.4.1.18.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-24. DMD 高速接口训练错误代码**

错误代码	说明
556	DMD HS 训练失败：返回无效结果。
573	DMD HS 训练失败：实时测试控制器 HS 训练错误 1。
574	DMD HS 训练失败：实时测试控制器 HS 训练错误 2。
575	DMD HS 训练失败：实时测试控制器 HS 训练错误 3。
576	DMD HS 训练失败：实时测试控制器 HS 训练处理错误。

#### 6.4.1.19 DMD 低速接口信号

主应用程序将数据写入保留的 DMD 寄存器，然后从同一寄存器中读取该值，以确认该值与写入的值相匹配。主应用程序还会定期读取 DMD 配置寄存器，以验证 DMD 寄存器内容是否保持正确编程。如果在其中任何一个寄存器中检测到不正确的值，主应用程序将采取措施。

##### 6.4.1.19.1 配置

无需配置。

##### 6.4.1.19.2 执行

此测试始终在 DMD 低速接口使用中时（显示和校准模式）执行。

##### 6.4.1.19.3 失败操作

系统将重新写入寄存器值，并记录错误。

##### 6.4.1.19.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-25. DMD 低速接口测试错误代码**

错误代码	说明
577	DMD 低速验证失败：处理错误。

#### 6.4.1.20 TPS99000-Q1 DLPC230-Q1 处理器看门狗 (WD1)

TPS99000-Q1 包含一个看门狗，该看门狗使用 DLPC230-Q1 GPIO 引脚监测 DLPC230-Q1 产生的周期性脉冲。这用于确认 DLPC230-Q1 主应用程序是否正常工作。主应用程序在系统初始化期间配置看门狗窗口。如果在指定窗口内未检测到脉冲，TPS99000-Q1 将执行相应操作。

#### 6.4.1.20.1 配置

DLPC230-Q1 GPIO 连接到 TPS99000-Q1 WD1 信号以进行此监测。有关特定的 GPIO，请参阅 DLPC230-Q1 数据表 GPIO 配置。

#### 6.4.1.20.2 执行

此测试始终执行。

#### 6.4.1.20.3 失败操作

TPS99000-Q1 将发出 DMD 停止和复位芯片组的信号。主应用程序将从 TPS99000-Q1 读取复位原因，并在复位初始化期间将 HOST\_IRQ 置为有效。

#### 6.4.1.20.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-26. TPS99000-Q1 DLPC230-Q1 处理器看门狗错误代码**

错误代码	说明
1011	TPS99000-Q1 看门狗 1 未在预期触发窗口内检测到上升沿。

#### 6.4.1.21 TPS99000-Q1 DLPC230-Q1 序列发生器看门狗 (WD2)

TPS99000-Q1 包括看门狗，用于监控 DLPC230-Q1 序列发生器运行。主应用程序将 TPS99000-Q1 看门狗窗口配置为大约 7 帧时间。如果在指定窗口内未检测到 SEQ\_START 脉冲，TPS99000-Q1 将中断 DLPC230-Q1 主应用程序以执行相应操作。

#### 6.4.1.21.1 配置

来自 DLPC230-Q1 的 SEQ\_START 连接到 TPS99000-Q1 WD2 信号以进行此监控。

#### 6.4.1.21.2 执行

显示图像时始终执行此测试。

#### 6.4.1.21.3 失败操作

序列发生器将尝试在连续 3 次故障时禁用并重新启用序列发生器。在发生第四次故障时，将执行紧急关闭。当序列发生器被禁用时，显示将暂时丢失。

#### 6.4.1.21.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-27. TPS99000-Q1 DLPC230-Q1 序列发生器看门狗错误代码**

错误代码	说明
1012	TPS99000-Q1 看门狗 2 未在预期触发窗口内检测到上升沿。

#### 6.4.1.22 TPS99000-Q1 温度警告/错误

TPS99000-Q1 包括针对警告和错误阈值温度的温度检测。温度警告将设置状态寄存器并通知 DLPC230-Q1 主应用程序，后者将执行初始警告操作。如果超过误差阈值，TPS99000-Q1 将执行错误操作。TPS99000-Q1 数据表指定了警告和错误阈值温度水平。

##### 6.4.1.22.1 配置

无需配置。

##### 6.4.1.22.2 执行

此测试始终执行。

##### 6.4.1.22.3 失败操作

警告：将记录错误以通知 TPS99000-Q1 温度警告。

错误：TPS99000-Q1 将停止 DMD 并进入关断状态。在温度恢复到有效工作温度之前，TPS99000-Q1 不会退出此状态。

##### 6.4.1.22.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-28. TPS99000-Q1 温度警告/错误的错误代码**

错误代码	说明
890	TPS99000-Q1 芯片上的热条件已达到警告级别。如果温度继续升高，系统将达到芯片过热错误温度，TPS99000-Q1 将采取紧急措施。

#### 6.4.1.23 TPS99000-Q1 时钟比率监视

TPS99000-Q1 会计算其内部时钟和外部 DLPC230-Q1 时钟输入之间的比率，以验证主 DLPC230-Q1 时钟源的频率运行是否正确。DLPC230-Q1 主应用程序会定期读取该比率，如果该比率超出预期范围，则会执行相应操作。

##### 6.4.1.23.1 配置

无需配置。

##### 6.4.1.23.2 执行

此测试始终执行。

##### 6.4.1.23.3 失败操作

如果比率超出范围，则记录该错误。

##### 6.4.1.23.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-29. TPS99000-Q1 时钟比率监视器错误代码**

错误代码	说明
961	序列时钟比率不在指定限制范围内。

#### 6.4.1.24 TPS99000-Q1 寄存器密码锁定

TPS99000-Q1 在寄存器组上包含密码锁定功能，可防止意外更改寄存器。在运行期间，主应用程序将寄存器值写入 TPS99000-Q1，然后设置密码锁定，直到必须执行下一次寄存器更新。

##### 6.4.1.24.1 配置

无需配置。

##### 6.4.1.24.2 执行

写入 TPS99000-Q1 寄存器时始终执行此功能。

##### 6.4.1.24.3 失败操作

无故障操作。

##### 6.4.1.24.4 错误代码

无相关的错误代码。

#### 6.4.1.25 TPS99000-Q1 寄存器校验和

TPS99000-Q1 包括与照明相关的关键寄存器的校验和覆盖范围。在运行期间，主应用程序将寄存器值写入 TPS99000-Q1，然后更新校验和值以匹配新写入的值。如果 TPS99000-Q1 检测到并报告校验和错误，主应用程序将执行操作。

##### 6.4.1.25.1 配置

无需配置。

##### 6.4.1.25.2 执行

此测试始终在写入 TPS99000-Q1 寄存器时执行。

##### 6.4.1.25.3 失败操作

主应用程序将尝试重写所有寄存器 3 次。如果故障仍然存在，主应用程序将执行紧急关闭。

##### 6.4.1.25.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-30. TPS99000-Q1 寄存器校验和错误代码**

错误代码	说明
938	第 1 组寄存器组中出现 TPS99000-Q1 校验和错误。
939	第 2 组寄存器组中出现 TPS99000-Q1 校验和错误。
940	第 3 组寄存器组中出现 TPS99000-Q1 校验和错误。

#### 6.4.1.26 软件监控器线程

主应用程序使用实时操作系统 (RTOS)，并创建线程以支持功能的各个方面。还会创建一个监视线程，以检查其他线程是否按预期运行。每个线程必须在指定的时间内与监视线程联系，否则将执行故障操作。

##### 6.4.1.26.1 配置

无需配置。

##### 6.4.1.26.2 执行

此测试始终执行。

##### 6.4.1.26.3 失败操作

主应用程序将记录错误。

**6.4.1.26.4 错误代码**

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-31. 软件监视器线程错误代码**

错误代码	说明
634	线程在超时内无响应。

### 6.4.2 非周期性测试

系统不显示图像时会运行非周期性测试，通常在开机或关机时执行一次。主应用程序处于待机模式时，必须执行可由主机命令的非周期性测试。这些测试的覆盖范围需要充分利用数据路径和特定内部配置，而在显示图像时无法完成这些配置。可通过闪存设置或主机命令来设置可选测试。将始终执行非可选 BIST。

图 6-6 展示了一个包含 DLPC230-Q1 内部模块和各种系统元件编号的方框图。表 6-32 中使用此编号来标识每个测试的覆盖范围。

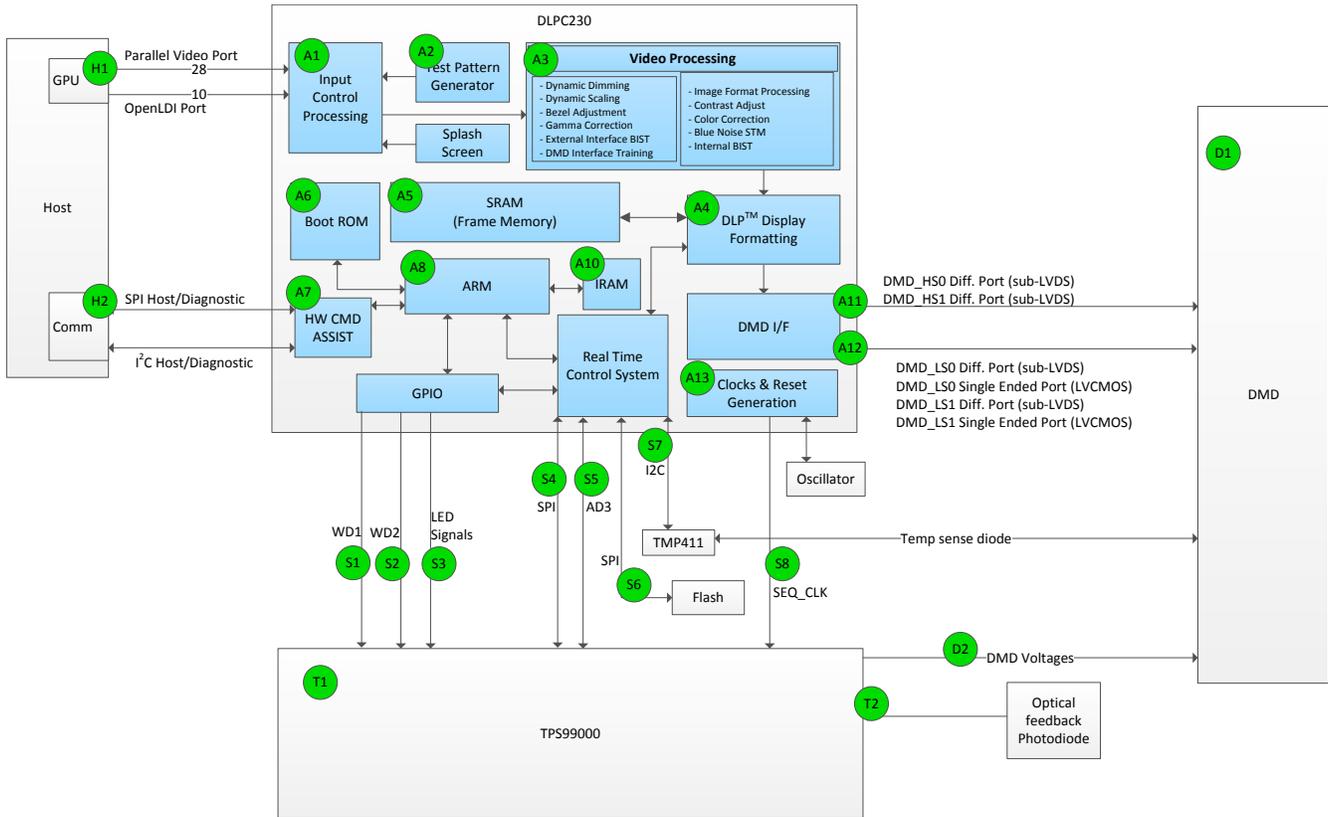


图 6-6. 测试覆盖范围系统方框图

表 6-32. 非周期性测试概述

测试	覆盖范围	应用	命令	闪存选项	失败操作	章节
DLPC230-Q1 前端功能测试	A1、A2、A3	主	是	是	保持待机	节 6.4.2.2
DLPC230-Q1 后端功能测试	A3、A4	主	是	是	保持待机	节 6.4.2.3
DLPC230-Q1 存储器 BIST	A3、A4、A5	主	是	是	保持待机	节 6.4.2.4
TPS99000-Q1 信号接口测试	S3	主	是	是	保持待机	节 6.4.2.5
DAC 至 ADC 环路 BIST	S5	主	是	是	保持待机	节 6.4.2.6
DMD 存储器测试	A12、D1	主	是	是	保持待机	节 6.4.2.7
闪存数据验证	S6	主/引导	是	是	保持待机 (主) 保持引导 (引导)	节 6.4.2.8
DLPC230-Q1 引导 ROM CRC	A6	引导	始终执行		保持引导状态	节 6.4.2.9
DLPC230-Q1 闪存表 CRC	S6	引导	始终执行		保持引导状态	节 6.4.2.10
DLPC230-Q1 主应用程序 CRC	A10、A6	引导	始终执行		保持引导状态	节 6.4.2.11
DLPC230-Q1 命令和闪存接口存储器测试	A7	引导	否	是	保持引导状态	节 6.4.2.12

### 6.4.2.1 执行时间

可选的非周期性测试会影响加电时间，从而影响显示图像内容的时间。表 6-33 提供了非周期性测试的大致执行时间，以供设计时考虑。这些值不是规格值，实际执行时间将会有所不同。

由于测试数据存储在闪存中，闪存带宽会影响测试速度。带宽的计算方式为读取线路数乘以 SPI 数据速率。例如，49.41MHz 的四路 I/O SPI 的带宽为 197.64Mbps。

如果执行任何数量的测试，则必须将测试设置时间考虑在内一次。请参考表 6-34。执行时间的计算公式为  $t_{\text{Test\_Setup}} + \sum t_{\text{Test}}$ 。测试设置时间不适用于引导应用程序测试或 DAC 至 ADC 环路 BIST。

**表 6-33. 非周期性测试执行时间**

测试	时间 (ms)	
	低闪存带宽 (50.92Mbps)	高闪存带宽 (197.64Mbps)
DLPC230-Q1 前端功能测试	20	18
DLPC230-Q1 后端功能测试	10	7
DLPC230-Q1 存储器 BIST	47	28
TPS99000-Q1 信号接口测试	3	2
DAC 至 ADC 环路 BIST	27	26
DMD 存储器测试	42	38
闪存数据验证 (引导)		180
DLPC230-Q1 命令和闪存接口存储器测试 (引导)		1

**表 6-34. 非周期性测试设置时间**

测试	时间 (ms)	
	低闪存带宽 (50.92Mbps)	高闪存带宽 (197.64Mbps)
测试设置	2	1

### 6.4.2.2 DLPC230-Q1 前端功能 BIST (主)

这组测试会生成测试模式并通过整个视频处理块运行它们。对于每个数据帧，都会生成 CRC 并与预期值进行比较。如果任何 CRC 值与预期值不匹配，主应用程序将采取措施。

#### 6.4.2.2.1 配置

无需配置。

#### 6.4.2.2.2 执行

闪存选项决定是否在显示图像之前的初始化期间执行此测试。此闪存选项的值在与闪存数据一起提供的闪存头文件中指定。

**执行非周期性 BIST** 命令可用于在待机模式下执行此测试。

#### 6.4.2.2.3 失败操作

主应用程序将保持待机模式，即使它收到主机命令以转换到另一种模式也是如此。

#### 6.4.2.2.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-35. DLPC230-Q1 前端功能 BIST 错误代码**

错误代码	说明
524	前端 BIST 失败。

### 6.4.2.3 DLPC230-Q1 后端功能 BIST (主)

这组测试使用视频处理块通过整个后端格式化块输出测试数据。对于每个数据帧，都会生成 CRC 并与预期值进行比较。如果任何 CRC 值与预期值不匹配，主应用程序将采取措施。

#### 6.4.2.3.1 配置

无需配置。

#### 6.4.2.3.2 执行

闪存选项决定是否在显示图像之前的初始化期间执行此测试。此闪存选项的值在与闪存数据一起提供的闪存头文件中指定。

[执行非周期性 BIST](#) 命令可用于在待机模式下执行此测试。

#### 6.4.2.3.3 失败操作

主应用程序将保持待机模式，即使它收到主机命令以转换到另一种模式也是如此。

#### 6.4.2.3.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-36. DLPC230-Q1 后端功能 BIST 错误代码**

错误代码	说明
512	后端 BIST 失败。

### 6.4.2.4 DLPC230-Q1 存储器 BIST (主)

这些测试针对大多数内部存储器进行了一系列写入、延迟和读取操作。如果读取的任何值与预期结果不匹配，主应用程序将执行相应操作。

#### 6.4.2.4.1 配置

无需配置。

#### 6.4.2.4.2 执行

闪存选项决定是否在显示图像之前的初始化期间执行此测试。此闪存选项的值在与闪存数据一起提供的闪存头文件中指定。

[执行非周期性 BIST](#) 命令可用于在待机模式下执行此测试。

#### 6.4.2.4.3 失败操作

主应用程序将保持待机模式，即使它收到主机命令以转换到另一种模式也是如此。

#### 6.4.2.4.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-37. DLPC230-Q1 存储器 BIST 错误代码**

错误代码	说明
519	存储器 BIST 17 失败。
520	存储器 BIST 18 失败。
521	存储器 BIST 19 失败。
522	存储器 BIST 20 失败。
523	存储器 BIST 21 失败。
530	存储器 BIST 1 失败。
531	存储器 BIST 2 失败。
533	存储器 BIST 22 失败。

表 6-37. DLPC230-Q1 存储器 BIST 错误代码 (续)

错误代码	说明
536	存储器 BIST 23 失败。
537	存储器 BIST 24 失败。
538	存储器 BIST 26 失败。
539	存储器 BIST 25 失败。
540	存储器 BIST 3 失败。
541	存储器 BIST 12 失败。
542	存储器 BIST 13 失败。
543	存储器 BIST 14 失败。
544	存储器 BIST 15 失败。
545	存储器 BIST 16 失败。
546	存储器 BIST 4 失败。
547	存储器 BIST 5 失败。
548	存储器 BIST 6 失败。
549	存储器 BIST 7 失败。
550	存储器 BIST 8 失败。
551	存储器 BIST 9 失败。
552	存储器 BIST 10 失败。
553	存储器 BIST 11 失败。

#### 6.4.2.5 TPS99000-Q1 接口信号连接测试 (主)

DLPC230-Q1 主应用程序将每个 LEDSEL、SEN 和 DEN 信号上的值强制设置为 TPS99000-Q1。然后，它使用 SPI 从 TPS99000-Q1 读回信号状态。

如果所有返回的信号状态都与预期值匹配，则该测试被视为通过。这可验证器件之间的照明信号连接。此外，还通过向 TPS99000-Q1 写入值并读回相同的值来测试 DLPC230-Q1 与 TPS99000-Q1 SPI 的连接。

##### 6.4.2.5.1 配置

无需配置。

##### 6.4.2.5.2 执行

闪存选项决定是否在显示图像之前的初始化期间执行此测试。此闪存选项的值在与闪存数据一起提供的闪存头文件中指定。

*执行非周期性 BIST* 命令可用于在待机模式下执行此测试。

##### 6.4.2.5.3 失败操作

主应用程序将保持待机模式，即使它收到主机命令以转换到另一种模式也是如此。

##### 6.4.2.5.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

表 6-38. TPS99000-Q1 接口信号连接测试错误代码

错误代码	说明
532	TPS99000-Q1 信号接口 BIST 失败。

#### 6.4.2.6 DAC 至 ADC 环路 BIST (主)

DLPC230-Q1 主应用程序通过分别设置三个 TPS99000-Q1 DAC 中的每个位来测试 TPS99000-Q1 DAC 电压。对于在 DAC 上设置的每个值，使用 TPS99000-Q1 ADC 读回 DAC 电压以检查是否存在高电压故障。所有三个 TPS99000-Q1 DAC 都经过测试，其中包括：电流控制 DAC、照片反馈 DAC 和亮度过高 DAC。

##### 6.4.2.6.1 配置

无需配置。

##### 6.4.2.6.2 执行

闪存选项决定是否在显示图像之前的初始化期间执行此测试。此闪存选项的值在与闪存数据一起提供的闪存头文件中指定。

[执行非周期性 BIST](#) 命令可用于在待机模式下执行此测试。

##### 6.4.2.6.3 失败操作

主应用程序将保持待机模式，即使它收到主机命令以转换到另一种模式也是如此。

##### 6.4.2.6.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-39. DAC 至 ADC 环路 BIST 错误代码**

错误代码	说明
1070	电流控制 DAC 误差
1071	照片反馈 DAC 错误
1072	过亮 DAC 错误

#### 6.4.2.7 DMD 存储器测试 (主)

主应用程序命令 DMD 进入测试模式，然后 DMD 将已知值写入其像素以下的存储器单元。然后，DMD 读回每个存储器单元的状态并向 DLPC230-Q1 驱动信号，以指示 DMD 存储器每列的通过或未通过状态。列是存储器单元的从上到下、宽度为 1 的数组（按照 DMD 设计惯例称为 DMD 行）。如果一列中的一个或多个存储器单元读取了错误的值，则该列将报告为“未通过”。然后，DLPC230-Q1 主应用程序对未通过的列数求和。请注意，由于结果仅以列级粒度传输到 DLPC230-Q1，因此不能按存储器单元详细级别报告结果。

此过程执行四次，并将每次执行的未通过列数相加。这四次执行包括 DMD 两半部分上的两个相反棋盘图形。使用两个棋盘图形可确保每个存储器单元在高电平和低电平状态下进行测试。尽管将这四个测试的结果相加，但每个测试的数据都是唯一的，这意味着不应多次计数存储器单元故障。

通过/未通过标准如表 6-40 所示。

**表 6-40. DMD 存储器测试通过/未通过标准**

未通过列数	测试结果
0 或 1	通过
2 个或更多	失败

##### 6.4.2.7.1 配置

无需配置。

##### 6.4.2.7.2 执行

闪存选项决定是否在显示图像之前的初始化期间执行此测试。此闪存选项的值在与闪存数据一起提供的闪存头文件中指定。

[执行非周期性 BIST](#) 命令可用于在待机模式下执行此测试。

#### 6.4.2.7.3 失败操作

主应用程序将保持待机模式，即使它收到主机命令以转换到另一种模式也是如此。

#### 6.4.2.7.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障。如果测试失败，将在一次执行测试时接收到这两个错误。一个错误是提示指定失败的实际列数。

**表 6-41. DMD 存储器测试错误代码**

错误代码	说明
220	DMD 存储器 BIST 列失败。此错误的信息位指示失败的列数。
221	DMD 存储器 BIST 失败。

#### 6.4.2.8 闪存数据验证 (引导/主)

引导应用程序和主应用程序都支持闪存验证，方法是生成闪存数据块的 CRC 并将其与存储在每个闪存块中的预期值进行比较。这通常在闪存编程后立即执行，但也可以在上电或断电过程中执行。请注意，此测试需要读取整个闪存映像，因此可能会使上电时间显著增加。时间将随着闪存映像的大小而增加。

##### 6.4.2.8.1 配置

无需配置。

##### 6.4.2.8.2 执行

- 闪存选项确定在引导应用程序初始化期间是否执行此测试。
- [闪存数据验证 \(主\)](#) 命令可用于在主应用程序处于待机模式时执行此测试。
- [闪存数据验证 \(引导\)](#) 命令可用于在引导应用程序中执行此测试。

这些闪存选项的值在与闪存数据一起提供的闪存头文件中指定。

##### 6.4.2.8.3 失败操作

引导应用程序：系统将保持在引导应用程序执行状态。

主应用程序：系统将保持待机模式，即使它收到主机命令以转换到另一种模式也是如此。

##### 6.4.2.8.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-42. 闪存数据验证错误代码**

错误代码	说明
134	在验证闪存内容时检测到 CRC 错误。
762	闪存数据验证 CRC 失败。

#### 6.4.2.9 DLPC230-Q1 引导 ROM CRC (引导)

引导应用程序对引导 ROM 数据运行 CRC，并将其与引导 ROM 存储器中存储的预期值进行比较。

##### 6.4.2.9.1 配置

无需配置。

##### 6.4.2.9.2 执行

在引导应用程序初始化期间，在运行任何引导应用程序功能之前，始终执行此测试。

##### 6.4.2.9.3 失败操作

如果此测试失败，系统将保持在引导应用程序执行状态。

#### 6.4.2.9.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-43. DLPC230-Q1 引导 ROM CRC 错误代码**

错误代码	说明
131	将引导应用程序传输至 RAM 时检测到 CRC 错误。

#### 6.4.2.10 DLPC230-Q1 闪存表 CRC ( 引导 )

引导应用程序始终在闪存顶部运行闪存表的 CRC，并将计算出的 CRC 与存储在闪存表中的 CRC 进行比较。这个闪存表指向运行期间所使用的闪存内的其他地址。如果 CRC 值不匹配，引导应用程序将采取措施。

##### 6.4.2.10.1 配置

无需配置。

##### 6.4.2.10.2 执行

此测试始终由引导应用程序执行。

##### 6.4.2.10.3 失败操作

如果此测试失败，系统将保持在引导应用程序执行状态。

##### 6.4.2.10.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-44. DLPC230-Q1 闪存表 CRC 错误代码**

错误代码	说明
30	验证闪存表时检测到 CRC 错误。

#### 6.4.2.11 DLPC230-Q1 主应用程序 CRC ( 引导 )

DLPC230-Q1 引导应用程序会在主应用程序数据从闪存传输到 IRAM 后从 IRAM 读取该数据，从而运行该数据的 CRC。如果此测试失败，引导应用程序将采取措施。

##### 6.4.2.11.1 配置

无需配置。

##### 6.4.2.11.2 执行

此测试始终由引导应用程序执行。

##### 6.4.2.11.3 失败操作

如果此测试失败，系统将保持在引导应用程序执行状态。

##### 6.4.2.11.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-45. DLPC230-Q1 主应用程序传输 CRC 错误代码**

错误代码	说明
132	将主应用程序传输到 RAM 时检测到 CRC 错误。
133	将主应用程序传输到 RAM 后检测到 CRC 错误。

#### 6.4.2.12 DLPC230-Q1 命令和闪存接口存储器测试 ( 引导 )

DLPC230-Q1 引导应用程序可以选择对命令接口存储器和闪存数据访问存储器运行存储器测试。这些测试是对存储器的一系列写入、延迟和读取。如果这些测试中的任何一项失败，引导应用程序将执行相应操作。

**6.4.2.12.1 配置**

无需配置。

**6.4.2.12.2 执行**

闪存选项决定了是否执行此测试。

**6.4.2.12.3 失败操作**

如果此测试失败，系统将保持在引导应用程序执行状态。

**6.4.2.12.4 错误代码**

以下错误代码指示检测到故障：

**表 6-46. DLPC230-Q1 命令和闪存接口测试错误代码**

错误代码	说明
534	DLPC230-Q1 命令和闪存接口存储器测试失败。

### 6.4.3 接口测试

接口测试是通信协议中内置的功能，用于确认芯片之间的通信正确。

图 6-7 展示了一个包含 DLPC230-Q1 内部模块和各种系统元件编号的方框图。表 6-47 中使用此编号来标识每个测试的覆盖范围。

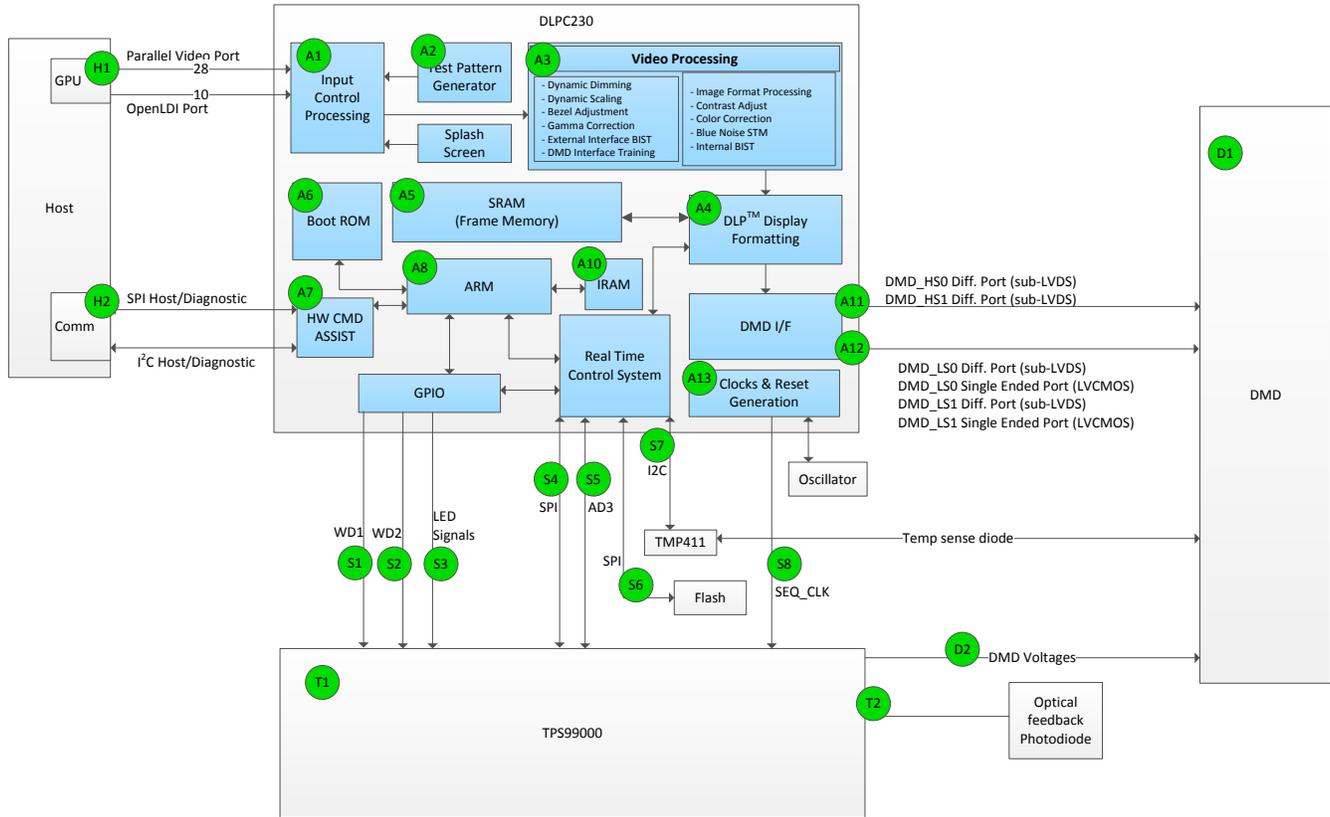


图 6-7. 测试覆盖范围系统方框图

表 6-47. 接口测试概述

测试	覆盖范围	失败操作	章节
温度传感器接口	S7	紧急关闭	节 6.4.3.1
DLPC230-Q1 至 TPS99000-Q1 SPI 接口	S4	DLPC230-Q1 复位	节 6.4.3.2
DLPC230-Q1 至 TPS99000-Q1 ADC 接口	S5	紧急关闭	节 6.4.3.3
DMD 插座连通性测试	DMD 插座	日志错误	节 6.4.3.4

#### 6.4.3.1 温度传感器接口

DLPC230-Q1 使用 I<sup>2</sup>C 与 TMP411 温度传感器进行通信。如果在通信尝试期间接收到 NAK，则该命令最多将重新尝试 3 次。如果这些尝试失败，主应用程序将执行相应操作。

##### 6.4.3.1.1 失败操作

主应用程序将执行紧急关闭。

### 6.4.3.2 DLPC230-Q1 至 TPS99000-Q1 SPI 接口

DLPC230-Q1 是与 TPS99000-Q1 之间 SPI 通信接口的主机控制器。此 SPI 协议使用 9 位字节，每个字节一个奇偶校验位。每个写入和读取事务都会从 TPS99000-Q1 返回奇偶校验错误状态。返回的奇偶校验错误状态和返回字节的奇偶校验必须正确，命令才会被视为成功。如果连续 3 个命令帧出现故障，主应用程序将执行相应操作。

#### 6.4.3.2.1 失败操作

主应用程序将停止为 TPS99000-Q1 处理器看门狗 (WD1) 提供服务，以便 TPS99000-Q1 复位 DLPC230-Q1。

### 6.4.3.3 DLPC230-Q1 至 TPS99000-Q1 ADC 接口

DLPC230-Q1 通过类似 SPI 的专用接口从 TPS99000-Q1 接收 ADC 数据。该接口上的每个写入事务都包括重复的命令位和奇校验位。两个命令数据包必须匹配并且奇偶校验位必须正确才能将写入事务视为有效。返回的数据包括前一个事务的错误位状态、重复的数据和错误位以及奇校验位。读取数据的两个副本和错误位必须匹配，并且奇偶校验位必须正确才能将写入事务视为有效。如果连续 3 个命令帧出现故障，主应用程序将执行操作。

#### 6.4.3.3.1 失败操作

主应用程序将执行紧急关闭。

### 6.4.3.4 DMD 插座连通性测试

此测试用于测试 DLPC230-Q1 和 DMD 插座之间的连接性。此测试不能在操作过程中使用。可以将 DMD 高速接口、低速接口、DEN\_ARSTZ 和 DMD 复位电压的每个引脚或差分对设置为高电平或低电平，以用于测试目的。这些信号可由万用表、示波器或其他探头等测试设备检查，以确保 DMD 插座和 DLPC230S-Q1 之间的连接。

#### 6.4.3.4.1 配置

节 8.2.27 可用于写入每个引脚、引脚对的状态或电压，以用于测试目的。此测试只能在系统中没有 DMD 的情况下执行。

#### 6.4.3.4.2 执行

只有在没有 DMD 连接到插座时，用户才可以执行此测试

#### 6.4.3.4.3 失败操作

出现故障时将记录一个错误

#### 6.4.3.4.4 错误代码

以下错误代码指示检测到故障：

错误代码	说明
246	DMD 插座连通性测试能够读取 DMD ID。在插座中插入一个 DMD。
247	不进行插座测试后需要复位。



## 7.1 命令表

表 7-1 汇总了引导应用程序命令。

表 7-1. 命令摘要 - 引导应用程序

命令	类型	操作码	章节
系统复位	写入	00h	节 7.2.1
读取预取	写入	01h	节 7.2.2
读取激活	读取	02h	节 7.2.3
系统软件版本	读取	B0h	节 7.2.4
闪存器件 ID	读取	B1h	节 7.2.5
短状态	读取	C0h	节 7.2.6
错误历史	读取	C1h	节 7.2.7
清除短状态错误	写入	C2h	节 7.2.8
清除错误历史	写入	C3h	节 7.2.9
闪存完全擦除	写入	E0h	节 7.2.10
闪存数据写入	写入 ( 批量 )	E1h	节 7.2.11
闪存数据验证	读取	E2h	节 7.2.12
闪存接口速率	写入	E3h	节 7.2.13
闪存接口速率	读取	E4h	节 7.2.14

## 7.2 命令定义

### 7.2.1 系统复位 - 写入 (00h)

此命令用于复位 DLPC230-Q1。必须传输正确的字节签名以启动复位，从而防止意外的系统复位。

收到命令时，DLPC230-Q1 将执行完全复位，主 PLL 除外。这不会使 DMD 或 TPS99000-Q1 复位。为了复位整个芯片组，应该使用外部 PROJ\_ON 信号。

#### 写入参数

表 7-2. 系统复位写入参数 ( 引导 )

字节	位	说明
1	7:0	签名字节 1 0xAA
2	7:0	签名字节 2 0xBB
3	7:0	签名字节 3 0xCC
4	7:0	签名字节 4 0xDD

### 7.2.2 读取预取 - 写入 (01h)

此命令用于发送所需的读取命令操作码和相关的命令参数，以从嵌入式软件启动读取请求。在此命令事务期间不会返回所需的读取数据。有关读取过程的更多信息，请参阅节 3.5。

#### 写入参数

表 7-3. 读取预取写入参数 (引导)

字节	位	说明
1	7:0	读取命令操作码
2 ... n		读取命令参数 根据读取操作码，预计将有特定数量的命令参数字节。每个读取命令都会记录所需的字节参数。

### 7.2.3 读取激活 (02h)

此命令用于激活读取操作，以便检索以前所请求的读取数据。此通用命令用于检索所有请求的读取数据，但短状态命令除外。有关读取过程的更多信息，请参阅节 3.5。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 7-4. 读取激活返回参数 (引导)

字节	位	说明
1 ... n		数据字节 1...n 读取数据字节。字节数将根据当前正在读取的命令而变化。

### 7.2.4 系统软件版本 - 读取 (B0h)

此命令用于读取引导应用程序的软件版本。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 7-5. System Software Version 返回参数 (引导)

字节	位	说明
2:1	7:0	DLPC230-Q1 引导应用程序版本 - 补丁 LSByte = 1
3	7:0	DLPC230-Q1 引导应用程序版本 - 次要
4	7:0	DLPC230-Q1 引导应用程序版本 - 主要

### 7.2.5 闪存器件 ID - 读取 (B1h)

此命令用于读取闪存器件信息。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 7-6. 闪存器件 ID 返回参数 (引导)

字节	位	说明
1	7:0	闪存制造商 ID
2	7:0	闪存存储器类型
3	7:0	闪存存储器容量

制造商 ID 和存储器类型可以在所选闪存器件规格中找到。

闪存存储器大小可根据表 7-7 确定。

表 7-7. 闪存存储器大小值

内存容量 (字节 3)	实际大小
0x15	16Mb
0x16	32Mb
0x17	64Mb
0x18	128Mb
0x19	256Mb <sup>(1)</sup>

(1) 只有前 128Mb 地址空间可用。

### 7.2.6 短状态 - 读取 (C0h)

此命令用于从硬件读取短状态。这是唯一不需要使用 *读取预取* 和 *读取激活* 命令的读取命令。有关短状态协议的更多信息，请参阅节 3.5。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 7-8. 短状态返回参数 (引导)

字节	位	说明
1	7:6	<b>应用程序/模式</b> 0x0 : 引导应用程序 0x1 : 主应用程序 - 待机 0x2 : 主应用程序 - 显示 0x3 : 主应用程序 - 校准
	5	<b>紧急关闭</b> 0x0 : 未激活 0x1 : 已激活
	4	<b>保留</b>
	3	<b>读取数据可用</b> 0x0 : 无可用的数据 0x1 : 数据可用
	2	<b>系统繁忙</b> 0x0 : 不忙 0x1 : 忙
	1	<b>请求正在进行</b> 0x0 : 未进行 0x1 : 正在进行中
	0	<b>系统是否已初始化</b> 0x0 : 未初始化 0x1 : 已初始化
2	7:0	<b>执行命令标签</b>
4:3	15	<b>BIST 错误</b> 0x0 : 无错误 0x1 : 错误
	14	<b>运行错误</b> 0x0 : 无错误 0x1 : 错误
	13	<b>命令错误</b> 0x0 : 无错误 0x1 : 错误
	12	<b>通信错误</b> 0x0 : 无错误 0x1 : 错误
	11:0	<b>CMD/COMM 错误代码</b>

这些短状态位的图表如图 7-1 所示。

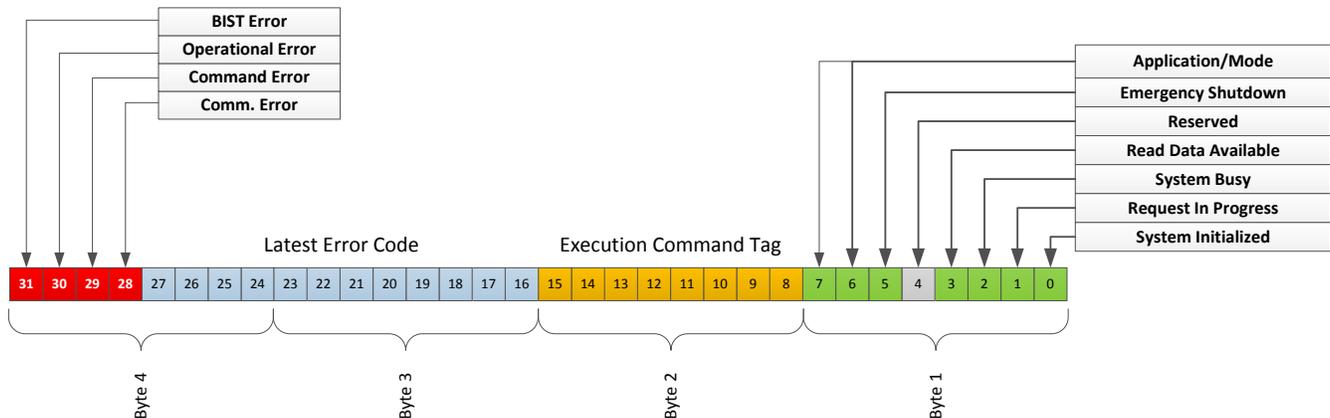


图 7-1. 短状态位定义

表 7-9 中介绍了这些位。

表 7-9. 短状态字段说明 (引导)

位字段	定义
系统是否已初始化	表示系统软件已准备好接受用于处理的命令。通常，这将由主应用程序设置，除非系统被强制保持在引导状态。
请求正在进行	该位用于通知主机一个指令任务正在执行。当该任务被启动时，此位将设为 1；当该操作完成时，此位将被清零。如果任务是 BIST，则所请求测试的结果将在此位被嵌入式软件清除后有效。此后可启动其他请求。
系统繁忙	此位用于通知主机系统的接收 FIFO 已满。当系统繁忙或命令及关联的数据可能会丢失时，主机不应再发送任何命令。主机可在系统不忙时随意发送命令。
读取数据可用	指示在主机发送“读取预取”命令后读取数据何时可用。当数据可用时，主机应发送“读取激活”命令来获取请求的数据。在发送另一个读取预取命令之前，主机应始终使用“读取激活”命令来获取请求的数据。如果在提取以前的读取预取命令中的数据之前发送了读取预取命令，则将刷新以前的数据，并使所请求的最新数据可通过“读取激活”来获取。将不会出现错误指示，表明发生了这种情况。
紧急关闭	此位用于指示系统已由于重大系统错误自动进入待机模式。错误的细节可通过“错误历史”获得。
应用程序/模式	这些位指示正在执行引导应用程序还是主应用程序。在主应用程序执行期间，还指定了当前的运行模式。
执行命令标签	此字节包含接收到的最后一个已执行写入命令的命令标签，无论是否成功。此标签与错误代码一同使用，以确定与此标签关联的命令是否已成功执行。随着新命令的接收和执行，该字节将持续更新。在引导应用程序中，此字节也用于任何系统错误。对于命令标签有效的错误，将使用实际的标签。对于没有命令标签或命令标签可能无效的错误，将在此字段中提供 null (0h) 命令标签。在这两种情况下，将在错误代码字段中提供相应的错误代码。
错误代码	12 位错误代码用于指定系统操作期间接收到的最后一个错误。错误代码可以指示无错误 (错误代码 = 0h)，或指示最近发生的错误的错误代码。出现新错误时，此错误代码将持续更新。 <a href="#">错误历史</a> 命令可用于获取有关先前错误的详细信息。对于任何通信错误，该字段中还将提供此错误的错误代码。
通信错误	一个标志集，用于指示通信错误，即命令的发送/接收问题。一些示例为： <ul style="list-style-type: none"> <li>RXFIFO 溢出</li> <li>命令传输提前终止 (主机未为所有请求的数据提供足够的 SPI 时钟脉冲)。</li> <li>命令传输延迟终止 (主机为请求的数据提供了过多的 SPI 时钟脉冲)。</li> </ul>

**表 7-9. 短状态字段说明 (引导) (续)**

位字段	定义
命令错误	一个标志集，用于指示命令错误或命令所请求的操作中的错误。一些示例为： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 在无效运行模式下执行的命令</li> <li>• 命令标头中的 CRC 错误</li> <li>• 有效载荷中的 CRC 错误 (批量命令)</li> <li>• 命令操作码无效</li> <li>• 无效的命令参数 (例如，超出范围)</li> <li>• 命令参数数量不正确</li> <li>• BIST 由命令启动时的非周期性 BIST 故障</li> <li>• 在收到命令时擦除、写入或读取闪存时出错</li> <li>• 闪存溢出错误</li> </ul>
运行错误	用于指示运行错误的标志集，运行错误是指任何不属于其他三个错误类别之一的错误。一些示例为： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 序列 CRC 错误</li> <li>• CMT CRC 错误</li> <li>• 序列 /CMT 不匹配错误</li> <li>• 周期性 BIST 故障</li> <li>• 无法与 TPS99000-Q1 通信</li> <li>• 无法与温度传感器通信</li> </ul>
BIST 错误	用于指示非周期性或周期性 BIST 错误的标志集。

### 7.2.7 错误历史 - 读取 (C1h)

此命令用于读取系统遇到的前 62 个错误的详细信息。前 62 个错误之后的后续错误将不会被存储，但错误计数将继续增加，以指示发生了更多的错误。每个错误都分配了四个字节。可以使用 [清除错误历史](#) 命令清除错误历史记录。无论错误历史记录中当前包含的错误数量如何，该命令将始终返回 249 字节。

节 A.1 中定义了引导应用程序错误代码。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 7-10. 错误历史返回参数 (引导)

字节	位	说明
1	7:0	<b>错误计数</b> 自上次下电上电或清除错误历史记录后接收的错误计数。如果错误计数大于 62，由于存储已满，某些错误详细信息不可用。
5:2	31:0	<b>错误 1 详细信息</b> LSByte = 2
9:6	31:0	<b>错误 2 详细信息</b> LSByte = 6
...	...	<b>错误 n 详细信息</b>
249:246	31:0	<b>错误 62 详细信息</b> LSByte = 246

每组错误详细信息包括一个唯一的错误代码、类别标志和附加信息位，这些信息位会因错误类型而异。每个错误的位定义如下所示：

表 7-11. 错误详细信息位描述 (引导)

位	说明
31	<b>BIST 错误</b> 0x1：此错误被归为 BIST 错误
30	<b>运行错误</b> 0x1：错误被归为运行错误
29	<b>命令错误</b> 0x1：错误被归为命令错误
28	<b>通信错误</b> 0x1：错误被归为通信错误
27	<b>保留</b> 始终为 0
26:16	<b>错误代码</b> 用于识别错误的唯一错误代码。
15:0	<b>信息位</b> 这些错误可能因错误类别和特定类型而异。

错误详细信息字段的图表如图 7-2 所示：

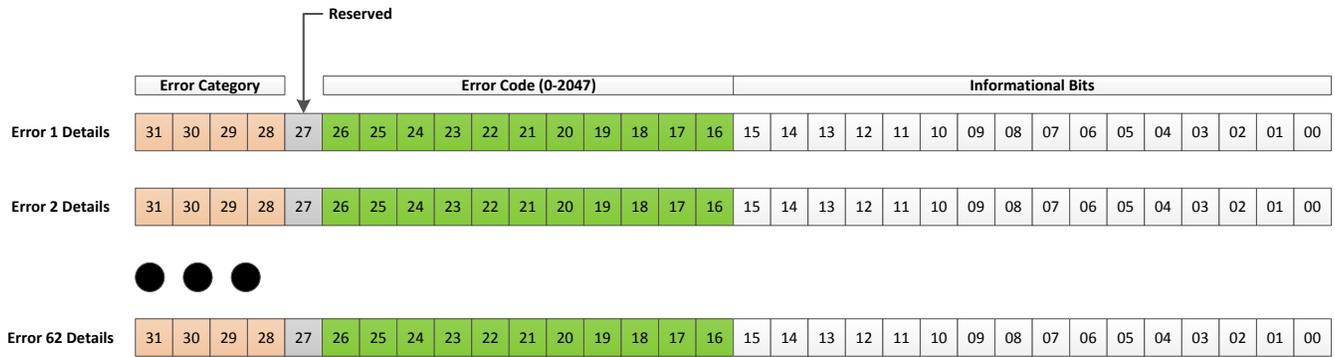


图 7-2. 错误历史记录详细信息

### 7.2.8 清除短状态错误 - 写入 (C2h)

此命令用于清除短状态错误位。这包括短状态的字节 3 和 4。

写入参数

表 7-12. 清除短状态错误写入参数 ( 引导 )

字节	位	说明
1	7:0	签名字节 1 0xAA
2	7:0	签名字节 2 0xBB
3	7:0	签名字节 3 0xCC
4	7:0	签名字节 4 0xDD

### 7.2.9 清除错误历史 - 写入 (C3h)

此命令用于清除“错误历史”、“错误计数”和“短状态”错误位。

写入参数

表 7-13. 清除错误历史写入参数 ( 引导 )

字节	位	说明
1	7:0	签名字节 1 0xAA
2	7:0	签名字节 2 0xBB
3	7:0	签名字节 3 0xCC
4	7:0	签名字节 4 0xDD

### 7.2.10 闪存完全擦除 - 写入 (E0h)

此命令会指示启动应用程序擦除闪存器件的所有内容。

短状态的 *请求正在进行中* 位将在闪存擦除过程开始时设置，并在擦除过程完成时清除。

短状态中的错误位便可用于确定擦除过程中是否发生了错误。

如需更多有关闪存编程的信息，请参阅节 5.3.3。

#### 写入参数

表 7-14. 闪存完全擦除写入参数 (引导)

字节	位	说明
1	7:0	签名字节 1 0xAA
2	7:0	签名字节 2 0xBB
3	7:0	签名字节 3 0xCC
4	7:0	签名字节 4 0xDD

### 7.2.11 闪存数据写入 - 写入 (E1h)

此批量写入命令指示引导应用程序将包含的 256 字节有效载荷数据写入闪存器件。闪存擦除后的第一个写入事务将从第一个闪存地址 (0x0) 开始。后续每个命令都将写入一页闪存数据，闪存地址将递增到下一页。如果数据量小于 256 字节，主机应使用 0xFF 填充剩余的字节。

短状态的 *请求正在进行中* 位将在闪存写入过程开始时设置，并在每个写入事务完成时清除。在清除 *请求正在进行中* 位之前，下一次闪存写入不应开始。

如需更多有关闪存编程的信息，请参阅节 5.3.3。

#### 写入参数

表 7-15. 闪存数据写入参数 (引导)

字节	位	说明
1	7:0	数据字节 1
2	7:0	数据字节 2
...	...	数据字节...
256	7:0	数据字节 256

### 7.2.12 闪存数据验证 - 写入 (E2h)

此命令会告知引导应用程序验证闪存器件的内容。

短状态的 *请求正在进行中* 位将在闪存验证过程开始时设置，并在验证过程完成时清除。

一旦验证过程完成，短状态中的错误位便可用于确定验证过程中是否发生了错误。

如需更多有关闪存编程的信息，请参阅节 5.3.3。

#### 写入参数

无写入参数。

### 7.2.13 闪存接口速率 - 写入 (E3h)

此命令用于指定支持的最大闪存时钟速率并指示支持的存储器读取命令。通常，该信息存储在闪存信息中，但在闪存损坏或为空的情况下，无法从闪存数据访问这些值。在这些情况下，此命令可以显著减少闪存编程和验证时间。

DLPC230-Q1 数据表中规定了最低接口带宽要求。开发人员应确保所选的闪存器件能够满足这些最低要求。

#### 写入参数

表 7-16. 闪存接口速率写入参数 (引导)

字节	位	说明
1	7:5	保留 设置为 0x0
	4	四路输入/输出读取 0x0：不支持 0x1：支持
	3	四路输出读取 0x0：不支持 0x1：支持
	2	双路输入/输出读取 0x0：不支持 0x1：支持
	1	双路输出读取 0x0：不支持 0x1：支持
	0	快速读取 0x0：不支持 0x1：支持
3:2	15:0	最大闪存时钟速率 LSByte = 字节 2 具有两位小数精度的 MHz 频率应乘以 100。例如，50.25MHz * 100 = 5025 = 0x13A1。

由于闪存指令名称因制造商而异，因此表 7-17 为每个读取指令定义相应的闪存操作码。

**表 7-17. 闪存读取指令操作码**

闪存指令名称	闪存操作码
快速读取	0x0B
双路输出读取	0x3B
双路输入/输出读取	0xBB
四路输出读取	0x6B
四路输入/输出读取	0xEB

### 7.2.14 闪存接口速率 - 读取 (E4h)

此命令用于读取闪存接口速率设置。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

**表 7-18. 闪存接口速率返回参数 (引导)**

字节	位	说明
1	7:5	保留 始终为 0x0
	4	四路输入/输出读取 0x0：不支持 0x1：支持
	3	四路输出读取 0x0：不支持 0x1：支持
	2	双路输入/输出读取 0x0：不支持 0x1：支持
	1	双路输出读取 0x0：不支持 0x：支持
	0	快速读取 0x0：不支持 0x1：支持
3:2	15:0	最大闪存时钟速率 LSByte = 字节 2 该值应除以 100 才能读取 MHz 值。例如，0x13A1 = 5025 / 100 = 50.25MHz。



## 8.1 模式可用性

**表 8-1** 总结了主要应用命令并指明了这些命令可用的运行模式。如果在正常运行模式之外使用了命令，嵌入式软件将标记错误。

模式键：

- **是** - 命令可用，并且将尽快应用或检索值
- **否** - 命令不可用，如果使用该命令，则会提供错误
- **保持模式** - 命令值将被保持，但不会应用，直到运行模式更改为显示“是”的模式。这可用于在切换模式和应用模式之前配置某些系统参数。
- **保持源** - 在更改源之前，命令值将被保持。这样做是为了协调所有源参数的应用。

读取命令始终会返回最后写入的值，如果自启动后没有写入任何值，则会返回存储在闪存中的值。由于数据保持，该值可能与实际显示的值不同。例如，如果将新的翻转值写入 [显示图像方向](#)，但没有要求更改源，则读回的值将与当前应用的值不匹配。[当前源信息](#)和[当前显示信息](#)命令允许主机读回当前应用于所显示图像的设置。

**表 8-1. 命令摘要 - 主应用程序**

命令	类型	操作码	待机	显示	校准	章节
系统复位	写入	00h	是	是	是	<a href="#">节 8.2.1</a>
读取预取	写入	01h	是	是	是	<a href="#">节 8.2.2</a>
读取激活	读取	02h	是	是	是	<a href="#">节 8.2.3</a>
运行模式	写入	03h	是	是	是	<a href="#">节 8.2.4</a>
运行模式	读取	04h	是	是	是	<a href="#">节 8.2.5</a>
源选择	写入	05h	保持模式	是	是	<a href="#">节 8.2.6</a>
源选择	读取	06h	是	是	是	<a href="#">节 8.2.7</a>
准备源切换	写入	07h	否	是	是	<a href="#">节 8.2.8</a>
显示图像方向	写入	18h	保持模式	保持源	保持源	<a href="#">节 8.2.9</a>
显示图像方向	读取	19h	是	是	是	<a href="#">节 8.2.10</a>
系统模式选择	写入	1Ch	保持模式	保持源	保持源	<a href="#">节 8.2.11</a>
系统模式选择	读取	1Dh	是	是	是	<a href="#">节 8.2.12</a>
边框调整	写入	1Fh	保持模式	是	是	<a href="#">节 8.2.13</a>
边框调整	读取	20h	是	是	是	<a href="#">节 8.2.14</a>
执行批处理命令集	写入	21h	是	是	是	<a href="#">节 8.2.15</a>
GPIO 配置	写入	23h	是	是	是	<a href="#">节 8.2.17</a>
GPIO 配置	读取	24h	是	是	是	<a href="#">节 8.2.18</a>
GPIO 输出	写入	25h	是	是	是	<a href="#">节 8.2.19</a>
GPIO 输出	读取	26h	是	是	是	<a href="#">节 8.2.20</a>
GPIO 保留	读取	27h	是	是	是	<a href="#">节 8.2.21</a>
执行非周期性 BIST	写入	28h	是	否	否	<a href="#">节 8.2.22</a>
外部视频校验和控制	写入	29h	保持模式	是	是	<a href="#">节 8.2.23</a>

表 8-1. 命令摘要 - 主应用程序 (续)

命令	类型	操作码	待机	显示	校准	章节
外部视频校验和控制	读取	2Ah	是	是	是	节 8.2.24
外部视频校验和设置	写入	2Bh	保持模式	是	是	节 8.2.25
外部视频校验和设置	读取	2Ch	是	是	是	节 8.2.26
DMD 插座连通性测试	写入	2Dh	是	否	否	节 8.2.27
DMD 插座连通性测试	读取	2Eh	是	否	否	节 8.2.27
平均画面亮度控制	写入	2Fh	保持模式	是	是	节 8.2.29
调光/Ping 控制丢失	写入	33h	保持模式 是	是	是	节 8.2.31
PWM 温度管理使能	写入	35h	是	是	是	节 8.2.33
PWM 温度管理使能	读取	36h	是	是	是	节 8.2.34
PWM 温度管理源	写入	37h	是	是	是	节 8.2.35
PWM 温度管理源	读取	38h	是	是	是	节 8.2.36
PWM 温度管理占空比	读取	39h	是	是	是	节 8.2.37
调光级别覆盖温度管理使能	写入	40h	是	是	是	节 8.2.38
调光级别覆盖温度管理使能	读取	41h	是	是	是	节 8.2.39
调光级别覆盖温度管理源	写入	42h	是	是	是	节 8.2.40
调光级别覆盖温度管理源	读取	43h	是	是	是	节 8.2.41
调光级别覆盖温度管理占空比	读取	44h	是	是	是	节 8.2.42
未使用		4B - 4Fh				
调光级别	写入	50h	保持模式	是	保持模式	节 8.2.43
调光级别	读取	51h	是	是	是	节 8.2.44
对比度	写入	52h	保持模式	是	是	节 8.2.45
对比度	读取	53h	是	是	是	节 8.2.46
去伽玛选择	写入	54h	保持模式	是	是	节 8.2.47
未使用		56 - 57h				
调光补偿温度源选择	写入	58h	保持模式	是	保持模式	节 8.2.49
调光补偿温度源选择	读取	59h	是	是	是	节 8.2.50
补偿用主机覆盖温度	写入	5Ah	保持模式	是	保持模式	节 8.2.51
补偿用主机覆盖温度	读取	5Bh	是	是	是	节 8.2.52
ADC 测量	读取	5Ch	否	是	是	节 8.2.53
过亮控制	写入	5Dh	保持模式	是	是	节 8.2.54
未使用		5F - 62h				
ADC 单次测量	读取	63h	是	否	否	节 8.2.56
照度分级选择	写入	70h	保持模式	否	是	节 8.2.57
调光自动更新控制 (TI 内部) (HUD)	读取	7Fh	是	是	是	
TPS99000-Q1 RGB DAC 级别	写入	80h	否	否	是	节 8.2.59
TPS99000-Q1 RGB DAC 级别	读取	81h	是	是	是	节 8.2.60
TPS99000-Q1 RGB 限值	写入	82h	否	否	是	节 8.2.61
TPS99000-Q1 RGB 限值	读取	83h	是	是	是	节 8.2.62
TPS99000-Q1 RGB 空白电流电平	写入	84h	否	否	是	节 8.2.63
TPS99000-Q1 RGB 空白电流电平	读取	85h	是	是	是	节 8.2.64
TPS99000-Q1 TIA1 修整	写入	86h	否	否	是	节 8.2.65

表 8-1. 命令摘要 - 主应用程序 (续)

命令	类型	操作码	待机	显示	校准	章节
TPS99000-Q1 TIA1 修整	读取	87h	是	是	是	节 8.2.66
TPS99000-Q1 TIA1 增益	写入	88h	否	否	是	节 8.2.67
TPS99000-Q1 TIA1 增益	读取	89h	是	是	是	节 8.2.68
TPS99000-Q1 TIA1 电容	写入	8Ah	否	否	是	节 8.2.69
TPS99000-Q1 TIA1 电容	读取	8Bh	是	是	是	节 8.2.70
TPS99000-Q1 TIA1 暗偏移	写入	8Ch	否	否	是	节 8.2.71
TPS99000-Q1 TIA1 暗偏移	读取	8Dh	是	是	是	节 8.2.72
TPS99000-Q1 TIA1 输入偏移	写入	8Eh	否	否	是	节 8.2.73
TPS99000-Q1 TIA1 输入偏移	读取	8Fh	是	是	是	节 8.2.74
TPS99000-Q1 DM 脉宽	写入	90h	否	否	是	节 8.2.75
TPS99000-Q1 DM 脉宽	读取	91h	是	是	是	节 8.2.76
TPS99000-Q1 驱动模式	写入	92h	否	否	是	节 8.2.77
TPS99000-Q1 驱动模式	读取	93h	是	是	是	节 8.2.78
TPS99000-Q1 ADC 配置	写入	94h	否	否	是	节 8.2.79
TPS99000-Q1 ADC 配置	读取	95h	是	是	是	节 8.2.80
TPS99000-Q1 照明同步控制	写入	96h	否	否	是	节 8.2.81
TPS99000-Q1 照明同步控制	读取	97h	是	是	是	节 8.2.82
TPS99000-Q1 TIA2 控制	写入	98h	是	是	是	节 8.2.83
TPS99000-Q1 TIA2 控制	读取	99h	是	是	是	节 8.2.84
LED 驱动错误	读取	9Ah	否	是	是	节 8.2.85
LED 驱动错误清除	写入	9Bh	否	是	是	节 8.2.86
TPS99000-Q1 测试多路复用选择	写入	9Ch	是	是	是	节 8.2.87
TPS99000-Q1 测试多路复用选择	读取	9Dh	是	是	是	节 8.2.88
TPS99000-Q1 TIA1 偏移	写入	9Eh	是	是	是	节 8.2.89
TPS99000-Q1 TIA1 偏移	读取	9Fh	是	是	是	节 8.2.90
闪存数据类型选择	写入	A0h	是	否	否	节 8.2.91
闪存数据擦除	写入	A1h	是	否	否	节 8.2.92
闪存数据写入	写入 (批量)	A2h	是	否	否	节 8.2.93
闪存数据读取	读取	A3h	是	是	是	节 8.2.94
闪存数据验证	读取	A4h	是	否	否	节 8.2.95
闪存块计数	读取	A5h	是	是	是	节 8.2.96
闪存块 CRC	读取	A6h	是	是	是	节 8.2.97
未使用		AA - AFh				
系统软件版本	读取	B0h	是	是	是	节 8.2.100
闪存器件 ID	读取	B1h	是	是	是	节 8.2.101
DLPC230-Q1 器件 ID	读取	B2h	是	是	是	节 8.2.102
DMD 器件 ID	读取	B3h	是	是	是	节 8.2.103
TPS99000-Q1 器件 ID	读取	B4h	是	是	是	节 8.2.104
系统温度	读取	B5h	是	是	是	节 8.2.105
系统信息	读取	BAh	是	是	是	节 8.2.108
未使用		BC - BFh				
短状态	读取	C0h	是	是	是	节 8.2.110

表 8-1. 命令摘要 - 主应用程序 (续)

命令	类型	操作码	待机	显示	校准	章节
错误历史	读取	C1h	是	是	是	<a href="#">节 8.2.111</a>
清除短状态错误	写入	C2h	是	是	是	<a href="#">节 8.2.112</a>
未使用		F4 - FFh				

## 8.2 命令定义

### 8.2.1 系统复位 - 写入 (00h)

此命令用于复位 DLPC230-Q1。必须传输正确的字节签名以启动复位，从而防止意外的系统复位。

收到命令时，DLPC230-Q1 将执行完全复位，主 PLL 和诊断端口存储器除外。这不会使 DMD 或 TPS99000-Q1 复位。为了复位整个芯片组，应该使用外部 *PROJ\_ON* 信号。

#### 写入参数

表 8-2. 系统复位写入参数

字节	位	说明
1	7:0	签名字节 1 0xAA
2	7:0	签名字节 2 0xBB
3	7:0	签名字节 3 0xCC
4	7:0	签名字节 4 0xDD

### 8.2.2 读取预取 - 写入 (01h)

此命令用于发送所需的读取命令操作码和相关的命令参数，以从嵌入式软件启动读取请求。在此命令事务期间不会返回所需的读取数据。有关读取过程的更多信息，请参阅节 3.5。

#### 写入参数

表 8-3. 读取预取写入参数

字节	位	说明
1	7:0	读取命令操作码
2 ... n		读取命令参数 根据读取操作码，预计将有特定数量的命令参数字节。每个读取命令都会记录所需的字节参数。

### 8.2.3 读取激活 (02h)

此命令用于激活读取操作，以便检索以前所请求的读取数据。此通用命令用于检索所有请求的读取数据，但短状态命令除外。有关读取过程的更多信息，请参阅节 3.5。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-4. 读取激活返回参数

字节	位	说明
1 ... n		数据字节 1...n 读取数据字节。字节数将根据当前正在读取的命令而变化。

### 8.2.4 运行模式 - 写入 (03h)

此命令用于设置嵌入式软件运行模式。有关运行模式的说明，请参阅节 4.1。

#### 写入参数

表 8-5. 运行模式写入参数

字节	位	说明
1	7:2	保留
	1:0	运行模式 0x0 : 待机 0x1 : 显示 0x2 : 校准 0x3 : 保留

### 8.2.5 运行模式 - 读取 (04h)

此命令用于读取嵌入式软件工作模式。有关运行模式的说明，请参阅节 4.1。

**短状态** 命令也可以用于读取当前的工作模式。使用短状态命令比使用此命令更快，因为可以在一个事务中读取短状态。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-6. 运行模式返回参数

字节	位	说明
1	7:2	<b>保留</b>
	1:0	<b>运行模式</b> 0x0 : 待机 0x1 : 显示 0x2 : 校准 0x3 : 保留

### 8.2.6 源选择 - 写入 (05h)

此命令用于选择显示源。有关源配置的说明，请参阅节 5.1。

#### 写入参数

表 8-7. 源选择写入参数

字节	位	说明
1	7:2	<b>保留</b>
	1:0	<b>显示源类型</b> 0x0 : 外部视频 0x1 : 测试模式发生器 0x2 : 启动界面 0x3 : 保留

### 8.2.7 源选择 - 读取 (06h)

此命令用于读取显示源类型的主机指定值。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-8. 源选择返回参数

字节	位	说明
1	7:2	<b>保留</b>
	1:0	<b>显示源类型</b> 0x0 : 外部视频 0x1 : 测试模式发生器 0x2 : 启动界面 0x3 : 保留

### 8.2.8 准备源切换 - 写入 (07h)

此命令用于启动源切换过程。它将禁用照明并禁用源错误检查，直到发送 [源选择](#) 命令为止。有关源配置的说明，请参阅 [节 5.1](#)。

#### 写入参数

无写入参数。

### 8.2.9 显示图像方向 - 写入 (18h)

此命令用于设置所显示图像的图像翻转方向。在请求源更改之前，不会应用此命令。有关执行图像翻转的更多信息，请参阅 [节 5.1.7](#)。

#### 写入参数

**表 8-9. 显示图像方向写入参数**

字节	位	说明
1	7:2	<b>保留</b>
	1	<b>短轴图像翻转</b> 0x0 : 图像未翻转 0x1 : 图像已翻转
	0	<b>长轴图像翻转</b> 0x0 : 图像未翻转 0x1 : 图像已翻转

### 8.2.10 显示图像方向 - 读取 (19h)

此命令用于读取显示图像翻转方向的主机指定值。默认图像翻转设置在随闪存数据一起提供的闪存头文件中指定。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

**表 8-10. 显示图像方向返回参数**

字节	位	说明
1	7:2	<b>保留</b>
	1	<b>短轴图像翻转</b> 0x0 : 图像未翻转 0x1 : 图像已翻转
	0	<b>长轴图像翻转</b> 0x0 : 图像未翻转 0x1 : 图像已翻转

### 8.2.11 系统模式选择 - 写入 (1Ch)

此命令用于指定系统模式索引。可用的系统模式在与闪存数据一同包含的闪存头文件中指定。在请求源更改之前，不会应用此命令。节 10.2 概述了系统模式。

#### 写入参数

表 8-11. 系统模式选择写入参数

字节	位	说明
1	7:0	系统模式索引 第一个索引 = 0

### 8.2.12 系统模式选择 - 读取 (1Dh)

此命令用于回读主机指定的系统模式索引。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-12. 系统模式选择返回参数

字节	位	说明
1	7:0	系统模式索引 第一个索引 = 0

### 8.2.13 边框调整 - 写入 (1Fh)

此命令用于指定所显示图像的水平 and 垂直位置的偏移量。

正水平偏移会将显示的图像向右移动，负水平偏移会将显示的图像向左移动。正垂直偏移值会将显示的图像下移，负垂直偏移值会将显示的图像上移。

如果请求的偏移要求图像超出显示区域的范围，部分图像将被切断。

水平偏移限制为输入水平分辨率的  $\pm 10\%$ ，并且必须是 2 的倍数 (... , -2, 0, 2, 4, ...)。垂直偏移限制为输入垂直分辨率的  $\pm 50\%$ ，并且它必须是 4 的倍数 (... , -4, 0, 4, 8, ...)。

有关边框调整的更多详细信息，请参阅节 5.1.6。

#### 写入参数

表 8-13. 边框调整写入参数

字节	位	说明
2:1	15:0	<b>水平边框偏移</b> 水平偏移的像素计数 LSByte = 字节 1 二进制补码表示法用于实现负像素偏移 允许的最大偏移为输入视频水平分辨率的 $\pm 10\%$ 例如：向右 10 个像素为 0x000A，向左 10 个像素为 0x7FF6。 <u>重要说明：对于 DLP4620S-Q1 或相同阵列尺寸的 DMD，当输入分辨率为 1358x566 或 1220x610 时，像素偏移必须以 32 个像素为增量。</u>
4:3	15:0	<b>垂直边框偏移</b> LSByte = 字节 3 二进制补码表示法用于允许负值 允许的最大偏移为输入视频垂直分辨率的 $\pm 50\%$ 例如：下面的 10 个像素为 0x000A，上面的 10 个像素为 0x7FF6。

### 8.2.14 边框调整 - 读取 (20h)

此命令用于读取边框调整功能的主机指定值。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

**表 8-14. 边框调整返回参数**

字节	位	说明
2:1	15:0	<b>水平边框偏移</b> LSByte = 字节 1 二进制补码表示法
4:3	15:0	<b>垂直边框偏移</b> LSByte = 字节 3 二进制补码表示法

### 8.2.15 执行批处理命令集 - 写入 (21h)

此命令用于执行存储在闪存中的批处理命令集。有关批处理命令集的更多信息，请参见[节 5.2](#)。

#### 写入参数

**表 8-15. 执行批处理命令集写入参数**

字节	位	说明
1	7:0	<b>批处理索引</b> 存储在闪存中的批处理命令集的索引 (从 0 开始)。

### 8.2.16 执行延迟 - 写入 (22h)

此命令用于在批处理命令集执行中或在 SPI 或 I2C 主机通信接口上指定最短延时时间。这只是最短延迟时间，由于正在进行的其他软件进程以及处理命令所需的时间，不应将该时间视为精确的延迟。

#### 写入参数

**表 8-16. 执行延迟写入参数**

字节	位	说明
2:1	15:0	<b>延迟时间</b> 0x0 - 0xFFFFE : 以毫秒为单位的时间 (500ms = 0x1F4) 0xFFFF : 无效

### 8.2.17 GPIO 配置 - 写入 (23h)

此命令用于将非保留的 GPIO 引脚配置为输入或输出。默认 GPIO 配置存储在闪存中，并在启动时由 DLPC230-Q1 主应用程序进行设置。可以在随闪存数据一同提供的闪存头文件中，或通过在系统运行期间读取 GPIO 配置命令，来找到默认 GPIO 配置。

应为所有保留的 GPIO 指定“无变化 (0x0)”。保留 GPIO 的任何其他配置都将导致命令错误，并且不会设置相关值。

有关 GPIO 用法的更多详细信息，请参阅节 2.2.2。

#### 写入参数

表 8-17 指示每对配置位的 GPIO 索引。表 8-18 展示了每个 GPIO 可用的配置选项。

**表 8-17. GPIO 配置写入参数**

字节	BIT(7:6)	BIT(5:4)	BIT(3:2)	BIT(1:0)
1	03	02	01	00
2	07	06	05	04
3	11	10	09	08
4	15	14	13	12
5	19	18	17	16
6	23	22	21	20
7	27	26	25	24
8	31	30	29	28

表 8-18 展示了每个非保留 GPIO 引脚可用的配置选项。

**表 8-18. GPIO 配置写入值**

GPIO 配置值	说明
0x0	没有变化。先前的 GPIO 配置将被保留。
0x1	输入
0x2	输出 (标准)
0x3	输出 (开漏)

### 8.2.18 GPIO 配置 - 读取 (24h)

此命令用于读回 GPIO 引脚的当前驱动状态。默认 GPIO 配置存储在闪存中，并在启动时由 DLPC230-Q1 主应用程序进行设置。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-19 指示每对配置位的 GPIO 索引。表 8-20 展示了每个 GPIO 可用的配置选项。

**表 8-19. GPIO 配置返回参数**

字节	BIT(7:6)	BIT(5:4)	BIT(3:2)	BIT(1:0)
1	03	02	01	00
2	07	06	05	04
3	11	10	09	08
4	15	14	13	12
5	19	18	17	16
6	23	22	21	20
7	27	26	25	24
8	31	30	29	28

**表 8-20. GPIO 配置返回值**

GPIO 配置值	说明
0x0	替代功能。不能应用任何 GPIO 配置。
0x1	输入
0x2	输出 ( 标准 )
0x3	输出 ( 开漏 )

### 8.2.19 GPIO 输出 - 写入 (25h)

此命令用于设置非保留 GPIO 的输出值。

32 个 GPIO 引脚中的每一个都有一个掩码位 ( 字节 4:1 ) 和一个值位 ( 字节 8:5 )。如果掩码位设置为 0x1，则会应用该值位。如果未设置掩码位，则将忽略该值。

对于所有保留 GPIO，应将掩码设置为 0x0。保留 GPIO 的任何其他掩码配置都将导致命令错误，并且不会设置相关值。

如果为配置为输入的 GPIO 指定了某个值，则在 GPIO 配置为输出之前，不会应用该值。

有关 GPIO 用法的更多详细信息，请参阅节 2.2.2。

#### 写入参数

表 8-21 表示每个写入位的 GPIO 索引。每个字节均注明为掩码字节或值字节。

**表 8-21. GPIO 输出写入参数**

字节	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
1 ( 掩码 )	07	06	05	04	03	02	01	00
2 ( 掩码 )	15	14	13	12	11	10	09	08
3 ( 掩码 )	23	22	21	20	19	18	17	16
4 ( 掩码 )	31	30	29	28	27	26	25	24
5 ( 值 )	07	06	05	04	03	02	01	00
6 ( 值 )	15	14	13	12	11	10	09	08
7 ( 值 )	23	22	21	20	19	18	17	16
8 ( 值 )	31	30	29	28	27	26	25	24

表 8-22 定义了掩码位值。

**表 8-22. GPIO 掩码值**

GPIO 掩码值	说明
0x0	未选择 - 写入的值将被忽略。
0x1	已选择 - 写入的值将被使用。

表 8-23 定义了 GPIO 值。

**表 8-23. GPIO 输出值**

GPIO 值	说明
0x0	设为低电平。
0x1	设为高电平。

### 8.2.20 GPIO 输出 - 读取 (26h)

此命令用于读回 GPIO 引脚的当前值。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-24 指示每个返回位的 GPIO 索引。

表 8-24. GPIO 输出返回参数

字节	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
1 ( 值 )	07	06	05	04	03	02	01	00
2 ( 值 )	15	14	13	12	11	10	09	08
3 ( 值 )	23	22	21	20	19	18	17	16
4 ( 值 )	31	30	29	28	27	26	25	24

表 8-25 定义了 GPIO 值。

表 8-25. GPIO 值

GPIO 值	说明
0x0	设为低电平。
0x1	设为高电平。

### 8.2.21 GPIO 保留 - 读取 (27h)

此命令用于读取 32 个 GPIO 引脚中保留的引脚和可供主机使用的引脚。

有关 GPIO 用法的更多详细信息，请参阅节 2.2.2。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-26 表示每个返回位的 GPIO 索引。

表 8-26. GPIO 保留返回参数

字节	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
1	07	06	05	04	03	02	01	00
2	15	14	13	12	11	10	09	08
3	23	22	21	20	19	18	17	16
4	31	30	29	28	27	26	25	24

表 8-27 展示了 GPIO 保留状态值。

表 8-27. GPIO 保留状态值

GPIO 保留状态	说明
0x0	未保留
0x1	保留

### 8.2.22 执行非周期性 BIST - 写入 (28h)

此命令用于执行选定非周期性 BIST。

#### 写入参数

表 8-28. 执行非周期性 BIST 写入参数

字节	位	说明
1	7:0	非周期性 BIST 选择要执行的 BIST 的值

表 8-29 指定非周期性 BIST 值。

表 8-29. 非周期性 BIST 值

字节 1 (十六进制)	测试名称	测试说明
28	DMD MBIST	DMD 存储器 BIST 在 0.55" ES1 DMD 样片上不受支持。
29	TPS99000-Q1 接口测试	测试 TPS99000-Q1 LED 控制和 SPI 接口。
40	DLPC230-Q1 存储器 BIST	测试 DLPC230-Q1 内部存储器。
41	前端功能 BIST	测试 DLPC230-Q1 视频处理块。
42	后端功能 BIST	测试 DLPC230-Q1 格式化块。
43	DAC ADC 环路 BIST	测试 TPS99000-Q1 DAC 输出。

### 8.2.23 外部视频校验和控制 - 写入 (29h)

此命令用于启用或禁用外部视频校验和功能：视频信号灯校验和和视频帧校验和。只有在显示外部视频时才启用这些功能。显示内部测试模式或启动界面图像时，应禁用此类任务。有关这些测试的更多详细信息，请参阅节 6.4.1.2 和节 6.4.1.3。

#### 写入参数

表 8-30. 执行视频校验和控制写入参数

字节	位	说明
1	7:0	启用/禁用 0x0：禁用 0x1：启用视频信号灯校验和 0x2：启用视频帧计数器校验和 0x3：仅校验和信息 - 每一帧更新实际校验和值，但选中此模式时，软件不会记录错误。

### 8.2.24 外部视频校验和控制 - 读取 (2Ah)

此命令用于读回外部视频校验和功能的主机指定状态。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

**表 8-31. 执行视频校验和控制返回参数**

字节	位	说明
1	7:0	启用/禁用 0x0 : 禁用 0x1 : 视频信号灯校验和已启用 0x2 : 视频帧计数器校验和已启用 0x3 : 仅校验和信息

### 8.2.25 外部视频校验和设置 - 写入 (2Bh)

此命令用于指定外部视频校验和功能的设置：视频信号灯校验和和视频帧计数器校验和。有关这些测试的更多详细信息，请参阅节 6.4.1.2 和节 6.4.1.3。

#### 写入参数

表 8-32. 外部视频校验和设置写入参数

字节	位	说明
2:1	15:0	<b>起始像素校验和</b> 要计算校验和的有效视频数据中的起始像素坐标。这从 0 开始。 LSByte = 字节 1
4:3	15:0	<b>起始行校验和</b> 要计算校验和的有效视频数据中的起始行坐标。这从 0 开始。 LSByte = 字节 3
6:5	15:0	<b>每行总像素数校验和</b> 要计算校验和的每个有效扫描行中的像素数。这从 1 开始。 LSByte = 字节 5
8:7	15:0	<b>每帧总扫描行数校验和</b> 要计算校验和的每个帧中的有效扫描行数。这从 1 开始。 LSByte = 字节 7
12:9	31:0	<b>预期校验和</b> 指定范围内所有像素的预期校验和值。此值仅用于视频信号灯校验和。可将其设置为 0 以用于视频帧计数器校验和。 LSByte = 字节 9

### 8.2.26 外部视频校验和设置 - 读取 (2Ch)

此命令用于读回外部视频校验和设置的主机指定值。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-33. 外部视频校验和设置返回参数

字节	位	说明
2:1	15:0	<b>起始像素校验和</b> 要计算校验和的有效视频数据中的起始像素坐标。 LSByte = 字节 1
4:3	15:0	<b>起始行校验和</b> 要计算校验和的有效视频数据中的起始行坐标。 LSByte = 字节 3
6:5	15:0	<b>每行总像素数校验和</b> 要计算校验和的每个有效扫描行中的像素数。 LSByte = 字节 5
8:7	15:0	<b>每帧总扫描行数校验和</b> 要计算校验和的每个帧中的有效扫描行数。 LSByte = 字节 7
12:9	31:0	<b>预期校验和</b> 指定范围内所有像素的预期校验和值。 LSByte = 字节 9

表 8-33. 外部视频校验和设置返回参数 (续)

字节	位	说明
16:13	31:0	<b>实际校验和</b> 输入视频数据的最新测得的校验和。这可用于与输入预期校验和进行比较。 LSByte = 字节 13

### 8.2.27 DMD 插座连通性测试 - 写入 (2Dh)

该命令可以针对高速接口、低速接口、DEN\_ARSTZ 和 DMD 复位电压启用或禁用每个引脚或差分引脚对。

#### 写入参数

表 8-34. 插座连通性测试写入参数

字节	位	说明
3	7:5	保留
	4	<b>RST 电压</b> 启用或禁用 DMD 复位电压 0x0 : 禁用 0x1 : 启用
	3	保留
	2	<b>DEN_ARSTZ</b> 启用或禁用 DEN_ARSTZ 0x0 : 禁用 0x1 : 启用
	1	<b>LS TX 对</b> 将 LS TX 对设置为高电平 (启用) 或低电平 (禁用) 0x0 : 禁用 0x1 : 启用
	0	<b>LS CLK</b> 将 LS CLK 设置为高电平 (启用) 或低电平 (禁用) 0x0 : 禁用 0x1 : 启用

表 8-34. 插座连通性测试写入参数 (续)

字节	位	说明
2	7:5	保留
	4	<b>CH1 CLK</b> 将 CH1 CLK 设置为高电平 (启用) 或低电平 (禁用) 0x0 : 禁用 0x1 : 启用
	3	<b>CH1 7 线对</b> 将 CH1 7 线对设置为高电平 (启用) 或低电平 (禁用) 0x0 : 禁用 0x1 : 启用
	2	<b>CH1 6 线对</b> 将 CH1 6 线对设置为高电平 (启用) 或低电平 (禁用) 0x0 : 禁用 0x1 : 启用
	1	<b>CH1 5 线对</b> 将 CH1 5 线对设置为高电平 (启用) 或低电平 (禁用) 0x0 : 禁用 0x1 : 启用
	0	<b>CH1 4 线对</b> 将 CH1 4 线对设置为高电平 (启用) 或低电平 (禁用) 0x0 : 禁用 0x1 : 启用
1	7	<b>CH1 3 线对</b> 将 CH1 3 线对设置为高电平 (启用) 或低电平 (禁用) 0x0 : 禁用 0x1 : 启用
	6	<b>CH1 2 线对</b> 将 CH1 2 线对设置为高电平 (启用) 或低电平 (禁用) 0x0 : 禁用 0x1 : 启用
	5	<b>CH1 1 线对</b> 将 CH1 1 线对设置为高电平 (启用) 或低电平 (禁用) 0x0 : 禁用 0x1 : 启用
	4	<b>CH1 0 线对</b> 将 CH1 0 线对设置为高电平 (启用) 或低电平 (禁用) 0x0 : 禁用 0x1 : 启用
	3:1	保留
	0	<b>CH0 CLK</b> 将 CH0 CLK 设置为高电平 (启用) 或低电平 (禁用) 0x0 : 禁用 0x1 : 启用

表 8-34. 插座连通性测试写入参数 (续)

字节	位	说明
0	7	<b>CH0 7 线对</b> 将 CH0 7 线对设置为高电平 (启用) 或低电平 (禁用) 0x0 : 禁用 0x1 : 启用
	6	<b>CH0 6 线对</b> 将 CH0 6 线对设置为高电平 (启用) 或低电平 (禁用) 0x0 : 禁用 0x1 : 启用
	5	<b>CH0 5 线对</b> 将 CH0 5 线对设置为高电平 (启用) 或低电平 (禁用) 0x0 : 禁用 0x1 : 启用
	4	<b>CH0 4 线对</b> 将 CH0 4 线对设置为高电平 (启用) 或低电平 (禁用) 0x0 : 禁用 0x1 : 启用
	3	<b>CH0 3 线对</b> 将 CH0 3 线对设置为高电平 (启用) 或低电平 (禁用) 0x0 : 禁用 0x1 : 启用
	2	<b>CH0 2 线对</b> 将 CH0 2 线对设置为高电平 (启用) 或低电平 (禁用) 0x0 : 禁用 0x1 : 启用
	1	<b>CH0 1 线对</b> 将 CH0 1 线对设置为高电平 (启用) 或低电平 (禁用) 0x0 : 禁用 0x1 : 启用
	0	<b>CH0 0 线对</b> 将 CH0 0 线对设置为高电平 (启用) 或低电平 (禁用) 0x0 : 禁用 0x1 : 启用

### 8.2.28 DMD 插座连通性测试 - 读取 (2Eh)

此命令可用于读取由插座连通性测试写入命令设置的每个引脚、差分引脚对、DEN\_ARSTZ 以及 DMD 复位电压的状态。

#### 命令参数

无命令参数

#### 返回参数

表 8-35. DMD 插座连通性测试返回参数

字节	位	说明
3	7:5	保留
	4	<b>RST 电压</b> DMD 复位电压状态 0x0 : 禁用 0x1 : 启用
	3	保留
	2	<b>DEN_ARSTZ</b> DEN_ARSTZ 状态 0x0 : 禁用 0x1 : 启用
	1	<b>LS TX 对</b> LS TX 对状态 0x0 : 禁用 ( 低电平 ) 0x1 : 启用 ( 高电平 )
	0	<b>LS CLK</b> LS CLK 状态 0x0 : 禁用 ( 低电平 ) 0x1 : 启用 ( 高电平 )
2	7:5	保留
	4	<b>CH1 CLK</b> CH1 CLK 状态 0x0 : 禁用 ( 低电平 ) 0x1 : 启用 ( 高电平 )
	3	<b>CH1 7 线对</b> CH1 7 线对状态 0x0 : 禁用 ( 低电平 ) 0x1 : 启用 ( 高电平 )
	2	<b>CH1 6 线对</b> CH1 6 线对状态 0x0 : 禁用 ( 低电平 ) 0x1 : 启用 ( 高电平 )
	1	<b>CH1 5 线对</b> CH1 5 线对状态 0x0 : 禁用 ( 低电平 ) 0x1 : 启用 ( 高电平 )
	0	<b>CH1 4 线对</b> CH1 4 线对状态 0x0 : 禁用 ( 低电平 ) 0x1 : 启用 ( 高电平 )

**表 8-35. DMD 插座连通性测试返回参数 (续)**

字节	位	说明
1	7	<b>CH1 3 线对</b> CH1 2 线对状态 0x0 : 禁用 (低电平) 0x1 : 启用 (高电平)
	6	<b>CH1 2 线对</b> CH1 2 线对状态 0x0 : 禁用 (低电平) 0x1 : 启用 (高电平)
	5	<b>CH1 1 线对</b> CH1 1 线对状态 0x0 : 禁用 (低电平) 0x1 : 启用 (高电平)
	4	<b>CH1 0 线对</b> CH1 0 线对状态 0x0 : 禁用 (低电平) 0x1 : 启用 (高电平)
	3:1	保留
	0	<b>CH0 CLK</b> CH0 CLK 状态 0x0 : 禁用 (低电平) 0x1 : 启用 (高电平)

表 8-35. DMD 插座连通性测试返回参数 (续)

字节	位	说明
0	7	<b>CH0 7 线对</b> CH0 7 线对状态 0x0 : 禁用 (低电平) 0x1 : 启用 (高电平)
	6	<b>CH0 6 线对</b> CH0 6 线对状态 0x0 : 禁用 (低电平) 0x1 : 启用 (高电平)
	5	<b>CH0 5 线对</b> CH0 5 线对状态 0x0 : 禁用 (低电平) 0x1 : 启用 (高电平)
	4	<b>CH0 4 线对</b> CH0 4 线对状态 0x0 : 禁用 (低电平) 0x1 : 启用 (高电平)
	3	<b>CH0 3 线对</b> CH0 3 线对状态 0x0 : 禁用 (低电平) 0x1 : 启用 (高电平)
	2	<b>CH0 2 线对</b> CH0 2 线对状态 0x0 : 禁用 (低电平) 0x1 : 启用 (高电平)
	1	<b>CH0 1 线对</b> CH0 0 线对状态 0x0 : 禁用 (低电平) 0x1 : 启用 (高电平)
	0	<b>CH0 0 线对</b> CH0 0 线对状态 0x0 : 禁用 (低电平) 0x1 : 启用 (高电平)

### 8.2.29 画面平均值控制 - 写入 (2Fh)

此命令用于控制画面平均值功能。有关此测试的更多详细信息，请参阅节 6.4.1.4。

#### 写入参数

表 8-36. 画面平均值控制写入参数

字节	位	说明
1	7:0	<b>APL 控制</b> 0x0 : 禁用 0x1 : 启用 - 如果超过阈值，则记录错误 0x2 : 启用 - 如果超过阈值，则记录错误并执行紧急关闭
2	7:0	<b>APL 阈值</b> 阈值图片水平。如果传入的视频超过此阈值，将按照控制位中的规定执行故障操作。

### 8.2.30 画面平均值控制 - 读取 (30h)

此命令用于读回画面平均值功能的主机指定值。它还返回该功能的最新画面平均值。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-37. 画面平均值控制返回参数

字节	位	说明
1	7:0	<b>APL 控制</b> 0x0 : 禁用 0x1 : 启用 - 如果超过阈值, 则记录错误 0x2 : 启用 - 如果超过阈值, 则记录错误并执行紧急关闭
2	7:0	<b>APL 阈值</b> 主机指定的阈值图片水平。
3	7:0	<b>APL 值</b> 最新的画面平均值。

### 8.2.31 调光 控制丢失 - 写入 (33h)

此命令用于启用 loss-of-dimming 命令 测试, 以及指定调光 命令之间允许的最大间隔时间。闪存数据中指定了该函数的默认值。

节 6.4.1.5 更详细地介绍了调光损耗测试。

#### 写入参数

表 8-38. 调光 控制丢失写入参数

字节	位	说明
1	7:0	<b>超时长度</b> 调光 命令传输之间允许的最长时间 (以毫秒为单位)。 0 = 禁用 例如, 16 = 主机必须在 16ms 时间范围内连续发送命令。

### 8.2.32 调光 控制丢失 - 读取 (34h)

此命令用于读回 loss-of-dimming 命令 功能的主机指定值。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-39. 调光 控制丢失返回参数

字节	位	说明
1	7:0	<b>超时长度</b> 调光 命令传输之间允许的最长时间 (以毫秒为单位)。 0 = 禁用

### 8.2.33 PWM 温度管理使能 - 写入 (35h)

此命令用于启用或禁用 PWM 温度管理功能。

有关用例的信息, 请参阅节 5.4.2。

## 写入参数

**表 8-40. PWM 温度管理使能**

字节	位	说明
1	7:0	0x0 : 禁用 0x1 : 启用

### 8.2.34 PWM 温度管理使能 - 读取 (36h)

此命令用于读取 PWM 温度管理使能的状态。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

**表 8-41. PWM 温度管理使能**

字节	位	说明
1	7:0	0x0 : 禁用 0x1 : 启用

### 8.2.35 PWM 温度管理源 - 写入 (37h)

此命令用于选择 PWM 温度管理功能的源。

#### 写入参数

**表 8-42. PWM 温度管理源**

字节	位	说明
1	7:0	0x0 : 设置原始 DMD 温度的源 0x1 : 设置滤波后的 DMD 温度的源 0x2 : 设置原始本地温度的源 0x3 : 设置滤波后的本地温度的源

### 8.2.36 PWM 温度管理源 - 读取 (38h)

此命令用于读取所选的 PWM 温度管理源。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

**表 8-43. PWM 温度管理源**

字节	位	说明
1	7:0	0x0 : 原始 DMD 温度的源 0x1 : 滤波后的 DMD 温度的源 0x2 : 原始本地温度的源 0x3 : 滤波后的本地温度的源

### 8.2.37 PWM 温度管理占空比 - 读取 (39h)

此命令返回用于 PWM 温度管理功能的 PWM 信号的当前占空比。

#### 命令参数

无命令参数。

返回参数

**表 8-44. PWM 温度管理占空比**

字节	位	说明
1	7:0	返回 PWM 温度管理占空比。对于 0% 至 100%，返回的值为 0-100。例如，0x1 为 1%，0x63 为 99%。

### 8.2.38 调光级别覆盖温度管理使能 - 写入 (40h)

此命令用于启用或禁用调光级别覆盖温度管理功能。

有关用例的信息，请参阅节 5.4.3。

写入参数

**表 8-45. 调光级别覆盖温度管理使能**

字节	位	说明
1	7:0	0x0 : 禁用 0x1 : 启用

### 8.2.39 调光级别覆盖温度管理使能 - 读取 (41h)

此命令用于读取调光级别覆盖温度管理使能的状态。

命令参数

无命令参数。

返回参数

**表 8-46. 调光级别覆盖温度管理使能**

字节	位	说明
1	7:0	0x0 : 禁用 0x1 : 启用

### 8.2.40 调光级别覆盖温度管理源 - 写入 (42h)

此命令用于选择调光级别覆盖温度管理功能的源。

写入参数

**表 8-47. 调光级别覆盖温度管理源**

字节	位	说明
1	7:0	0x0 : 设置原始 DMD 温度的源 0x1 : 设置滤波后的 DMD 温度的源 0x2 : 设置原始本地温度的源 0x3 : 设置滤波后的本地温度的源

### 8.2.41 调光级别覆盖温度管理源 - 读取 (43h)

此命令用于读取调光级别覆盖温度管理的源。

命令参数

无命令参数。

返回参数

表 8-48. 调光级别覆盖温度管理源

字节	位	说明
1	7:0	0x0 : 原始 DMD 温度的源 0x1 : 滤波后的 DMD 温度的源 0x2 : 原始本地温度的源 0x3 : 滤波后的本地温度的源

### 8.2.42 调光级别覆盖温度管理占空比 - 读取 (44h)

此命令用于返回调光级别覆盖温度管理功能的当前占空比。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-49. 调光级别覆盖温度管理占空比

字节	位	说明
1	7:0	返回调光温度管理覆盖占空比。对于 0% 至 100%，返回的值为 0-100。例如，0x1 为 1%，0x63 为 99%。

### 8.2.43 调光级别 - 写入 (50h)

该命令用于指定所需的调光值。它与校准数据一起用于配置系统亮度。默认调光级别在闪存数据中指定。该命令还可在启用此超时后实现调光丢失命令超时功能。

#### 写入参数

**表 8-50. 调光级别写入参数**

字节	位	说明
2:1	15:0	调光级别 LSByte = 字节 1

### 8.2.44 调光级别 - 读取 (51h)

此命令用于读回主机指定的调光值。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

**表 8-51. 调光级别返回参数**

字节	位	说明
2:1	15:0	调光级别 LSByte = 字节 1

### 8.2.45 对比度 - 写入 (52h)

此命令用于配置数字对比度功能。

#### 写入参数

表 8-52. 对比度写入参数

字节	位	说明
1	7:0	<b>启用</b> 0x0 : 禁用 0x1 : 启用
3:2	15:7	<b>增益</b> 范围为 0.0 至 1.996x。 增益 = 值 * 2 <sup>-8</sup> LSByte = 字节 2
	6:0	<b>保留</b>
4	7:0	<b>偏移</b> 范围为 -128 至 127。 二进制补码表示法。

### 8.2.46 对比度 - 读取 (53h)

此命令用于读回数字对比度功能的主机指定配置。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-53. 对比度返回参数

字节	位	说明
1	7:0	<b>使能</b> 0x0 : 禁用 0x1 : 启用
3:2	15:7	<b>增益</b> 范围为 0.0 至 1.996x。 增益 = 值 * 2 <sup>-8</sup> LSByte = 字节 2
	6:0	<b>保留</b>
4	7:0	<b>偏移</b> 范围为 -128 至 127。 二进制补码表示法。

### 8.2.47 去伽马选择 - 写入 (54h)

此命令用于指定所应用的去伽马曲线索引。去伽马曲线可在闪存中配置。可用的去伽马曲线在与闪存数据一同包含的闪存头文件中指定。

#### 写入参数

表 8-54. 去伽马选择写入参数

字节	位	说明
1	7:0	<b>去伽马曲线索引</b> 第一个索引 = 0

### 8.2.48 去伽马选择 - 读取 (55h)

此命令用于读回主机指定的去伽马曲线索引。去伽马曲线可在闪存中配置。可用的去伽马曲线在与闪存数据一同包含的闪存头文件中指定。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-55. 去伽马选择返回参数

字节	位	说明
1	7:0	去伽马曲线索引 第一个索引 = 0

### 8.2.49 调光补偿温度源选择 - 写入 (58h)

此命令用于选择调光补偿温度源。

#### 写入参数

表 8-56. 调光补偿温度源选择写入参数

字节	位	说明
1	7:0	温度源选择 0x0 : DMD 原始温度 0x1 : DMD 滤波温度 (典型值) 0x2 : TMP411 本地原始温度 0x3 : TMP411 本地滤波温度 0x4 : 主机指定的温度。使用 <a href="#">补偿用主机覆盖温度</a> 命令指定的温度。

### 8.2.50 调光补偿温度源选择 - 读取 (59h)

此命令用于读回主机指定的调光补偿温度源。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-57. 调光补偿温度源选择返回参数

字节	位	说明
1	7:0	温度源选择 0x0 : DMD 原始温度 0x1 : DMD 滤波温度 0x2 : TMP411 本地原始温度 0x3 : TMP411 本地滤波温度 0x4 : 主机指定的温度

### 8.2.51 补偿用主机覆盖温度 - 写入 (5Ah)

此命令用于指定要用于调光补偿的覆盖温度值。

#### 写入参数

表 8-58. 补偿用主机覆盖温度写入参数

字节	位	说明
2:1	15:8	<b>温度整数摄氏度</b> 温度的二进制补码整数部分 127 = 127 摄氏度 128 = -1 摄氏度
	7:4	<b>温度小数摄氏度</b> 1/16 摄氏度步长始终添加到整数部分。请注意，即使整数部分为负，仍会添加此小数。 1 = 0.0625 摄氏度 2 = 0.125 摄氏度
	3:0	<b>保留</b>

### 8.2.52 补偿用主机覆盖温度 - 读取 (5Bh)

此命令用于读回调光补偿的主机指定覆盖温度值。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-59. 补偿用主机覆盖温度返回参数

字节	位	说明
2:1	15:8	<b>温度整数摄氏度</b> 温度的二进制补码整数部分
	7:4	<b>温度小数摄氏度</b> 1/16 摄氏度步长
	3:0	<b>保留</b>

### 8.2.53 ADC 测量 - 读取 (5Ch)

此命令用于读取由 TPS99000-Q1 ADC 块捕获并报告给 DLPC230-Q1 的最新 ADC 测量值。每帧可捕获总共 63 个 ADC 测量索引。每个 ADC 索引的定义由闪存数据定义，此信息可在闪存头文件中找到。

返回的 ADC 测量是经过转换和缩放的电压值，采用二进制补码整数格式。来自除通道 0 之外的所有其他 TPS99000-Q1 通道的测量值以 1mV 刻度表示。TPS99000-Q1 通道 0 具有较高的增益，因此以 10 $\mu$ V 刻度表示。

**注意：**TPS99000-Q1 通道 0 与该命令的索引 0 不同。这两个值的映射可在闪存头文件中找到。有关此映射的示例，请参阅 [节 5.5.1](#)。

#### 命令参数

表 8-60. ADC Measurements 命令参数

字节	位	说明
1	7:0	<b>起始索引</b> 要返回的第一个 ADC 测量的索引。 0 - 62
2	7:0	<b>测量计数</b> 待返回的测量数 1 - 63 起始索引 + 测量计数必须小于或等于 63。

#### 返回参数

表 8-61. ADC Measurements 返回参数

字节	位	说明
1	7:0	<b>帧计数</b> 递增计数以允许主机检查更新速率。
3:2	15:0	<b>ADC 测量 1</b> 首次返回的 ADC 测量。此测量的索引由 <b>Start Index</b> 命令参数指定。 二进制补码整数格式。所有 TPS99000-Q1 ADC 通道都将以 1mV 刻度报告，但通道 0 除外，该通道将以 10μV 刻度报告。 LSByte = 2
4	7:5	<b>保留</b>
	4	<b>测量索引未使用</b> 0x1：未使用 ADC 测量索引。测量未分配给 ADC 通道。此测量的其他字段（包括值和误差位）应被忽略。 0x0：使用了 ADC 测量索引。
	3:0	<b>ADC 测量 1 误差位</b> b1xxx = 此测量的奇偶校验错误。所有其他位和测量值应被视为无效。 b0001 = 在最大值饱和时的 ADC 值 b0010 = 在最小值下溢时的 ADC 值 b0011 = ADC 时序错误（触发的测量值太接近） b0100 = 上一次测量不匹配错误 b0101 = 上一次测量奇偶校验错误 b0110 = 上一次测量停止位错误 b0111 = 收到的输入 ADC 不匹配错误
...	...	<b>ADC 测量...</b>
n*3 : n*3 - 1	15:0	<b>ADC 测量 n</b> 最终 ADC 测量。“n”由测量计数命令参数指定。
n*3 + 1	7:4	<b>保留</b>
	3:0	<b>ADC 测量 n 误差位</b> 最终 ADC 测量误差位。

### 8.2.54 过亮控制 - 写入 (5Dh)

此命令用于配置 TPS99000-Q1 过亮检测功能。

#### 写入参数

表 8-62. 过亮控制写入参数

字节	位	说明
1	7:2	<b>保留</b>
	1	<b>TIA 选型</b> 0x0：保留 0x1：保留 0x2：TIA2 高带宽输出 0x3：TIA2 低带宽输出
	0	<b>启用/禁用</b> 0x0：禁用 0x1：启用
2	7:0	<b>阈值</b>

### 8.2.55 过亮控制 - 读取 (5Eh)

此命令用于读回 TPS99000-Q1 过亮检测功能的主机指定值。

**命令参数**

无命令参数。

**返回参数****表 8-63. 过亮控制返回参数**

字节	位	说明
1	7:2	<b>保留</b>
	1	<b>TIA 选型</b> 0x0 : 保留 0x1 : 保留 0x2 : TIA2 高带宽输出 0x3 : TIA2 低带宽输出
	0	<b>启用/禁用</b> 0x0 : 禁用 0x1 : 启用
2	7:0	<b>阈值</b>

### 8.2.56 ADC 单次测量 - 读取 (63h)

此命令用于读取 TPS99000-Q1 ADC 的单个通道。显示视频时无法执行此操作。在显示视频时，每帧由序列对齐的查询表指定 ADC 捕获。

返回的 ADC 测量是经过转换和缩放的电压值，采用二进制补码整数格式。来自除通道 0 之外的所有其他 TPS99000-Q1 通道的测量值以 1mV 刻度表示。通道 0 具有较高的增益，因此以 10 $\mu$ V 刻度表示。

#### 命令参数

表 8-64. ADC 单次测量命令参数

字节	位	说明
1	7:0	<b>TPS99000-Q1 ADC 通道</b> 0 - 31

#### 返回参数

表 8-65. ADC 单次测量返回参数

字节	位	说明
2:1	15:0	<b>ADC 测量</b> LSByte = 字节 1 二进制补码整数格式。所有 TPS99000-Q1 ADC 通道都将以 1mV 刻度报告，但通道 0 除外，该通道将以 10 $\mu$ V 刻度报告。
3	7:4	<b>保留</b>
	3:0	<b>ADC 测量误差位</b> b1xxx = 此测量的奇偶校验错误。所有其他位和测量值应被视为无效。 b0001 = 在最大值饱和时的 ADC 值 b0010 = 在最小值下溢时的 ADC 值 b0011 = ADC 时序错误 (触发的测量值太接近) b0100 = 上一次测量不匹配错误 b0101 = 上一次测量奇偶校验错误 b0110 = 上一次测量停止位错误 b0111 = 收到的输入 ADC 不匹配错误

### 8.2.57 照度分级选择 - 写入 (70h)

此命令用于指定所需的照度分级。节 10.2 介绍了照度分级的功能。

#### 写入参数

表 8-66. 照度分级选择写入参数

字节	位	说明
1	7:0	照度分级索引

### 8.2.58 照度分级选择 - 读取 (71h)

此命令用于读回上次应用的照度分级。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-67. 照度分级选择返回参数

字节	位	说明
1	7:0	照度分级索引

### 8.2.59 TPS99000-Q1 RGB DAC 级别 - 写入 (80h)

此命令用于设置 TPS99000-Q1 RGB DAC 级别。在一个序列中可以使用多个 RGB DAC 级别组。一个组被指定后，该组内的三个 DAC 级别也已确定。请注意，序列可能至少使用一个组。设置未用组的 DAC 级别的值对显示的图像没有影响。通常，所有序列都使用组 0。

#### 写入参数

表 8-68. TPS99000-Q1 照明等级写入参数

字节	位	说明
1	1:0	组 0 - 3。
3:2	11:0	红色组 DAC 级别 12 位, 0 - 4095。
5:4	11:0	绿色组 DAC 级别 12 位, 0 - 4095。
7:6	11:0	蓝色组 DAC 级别 12 位, 0 - 4095。

### 8.2.60 TPS99000-Q1 RGB DAC 级别 - 读取 (81h)

此命令用于读回上次应用的 TPS99000-Q1 RGB DAC 级别。

必须指定所需的 DAC 组，并返回该组内的红色、绿色、蓝色 DAC 级别。

#### 命令参数

表 8-69. TPS99000-Q1 照明等级命令参数

字节	位	说明
1	1:0	组 0 - 3。

#### 返回参数

表 8-70. TPS99000-Q1 照明等级返回参数

字节	位	说明
2:1	11:0	红色组 DAC 级别
4:3	11:0	绿色组 DAC 级别
6:5	11:0	蓝色组 DAC 级别

### 8.2.61 TPS99000-Q1 RGB 限值 - 写入 (82h)

此命令用于设置 TPS99000-Q1 RGB 限值。

#### 写入参数

表 8-71. TPS99000-Q1 照明限值写入参数

字节	位	说明
2:1	9:0	红色限制 10 位, 0 - 1023。
4:3	9:0	绿色限制 10 位, 0 - 1023。
6:5	9:0	蓝色限制 10 位, 0 - 1023。

### 8.2.62 TPS99000-Q1 RGB 限值 - 读取 (83h)

此命令用于读回上次应用的 TPS99000-Q1 RGB 限值。

#### 返回参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-72. TPS99000-Q1 照明限值返回参数

字节	位	说明
2:1	9:0	红色限制
4:3	9:0	绿色限制
6:5	9:0	蓝色限制

### 8.2.63 TPS99000-Q1 空白电流电平 - 写入 (84h)

此命令用于设置 TPS99000-Q1 RGB 空白电流电平。

#### 写入参数

**表 8-73. TPS99000-Q1 空白电流电平写入参数**

字节	位	说明
2:1	9:0	红色空白 10 位, 0 - 1023。
4:3	9:0	绿色空白 10 位, 0 - 1023。
6:5	9:0	蓝色空白 10 位, 0 - 1023。

### 8.2.64 TPS99000-Q1 空白电流电平 - 读取 (85h)

此命令用于读回上次应用的 TPS99000-Q1 RGB 空白电流电平。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

**表 8-74. TPS99000-Q1 空白电流电平返回参数**

字节	位	说明
2:1	9:0	红色空白
4:3	9:0	绿色空白
6:5	9:0	蓝色空白

### 8.2.65 TPS99000-Q1 TIA1 修整 - 写入 (86h)

此命令用于设置 TPS99000-Q1 TIA1 RGB 修整增益乘法器。修整值范围为线性 1.0x 至 0.2x。这些修整也可以由 DLPC230-Q1 主应用程序自动计算。

#### 写入参数

表 8-75. TPS99000-Q1 TIA1 修整写入参数

字节	位	说明
1	7:0	<b>红色修整</b> 修整增益 = $1 - N \times (0.8 / 255)$ 0x0 : 1.0x 0xFF : 0.2x
2	7:0	<b>绿色修整</b> 修整增益 = $1 - N \times (0.8 / 255)$ 0x0 : 1.0x 0xFF : 0.2x
3	7:0	<b>蓝色修整</b> 修整增益 = $1 - N \times (0.8 / 255)$ 0x0 : 1.0x 0xFF : 0.2x
4	0	<b>自动计算使能</b> 0x0 : 直接应用此命令中指定的修整值。 0x1 : DLPC230-Q1 软件将自动计算修整值。此命令中的其他字段将被忽略。

### 8.2.66 TPS99000-Q1 TIA1 修整 - 读取 (87h)

此命令用于读回上次应用的 TPS99000-Q1 TIA1 修整增益。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-76. TPS99000-Q1 TIA1 修整返回参数

字节	位	说明
1	7:0	红色修整
2	7:0	绿色修整
3	7:0	蓝色修整
4	0	自动计算使能

### 8.2.67 TPS99000-Q1 TIA1 增益 - 写入 (88h)

此命令用于设置 TPS99000-Q1 TIA1 增益级别。

#### 写入参数

**表 8-77. TPS99000-Q1 TIA1 增益写入参数**

字节	位	说明
1	3:0	增益索引 <a href="#">表 8-78</a> 定义了增益级别设置。

有关增益规格的详细信息，请参阅 TPS99000-Q1 数据表。

**表 8-78. TIA1 增益值**

增益索引	增益 (kV/A) <sup>(1)</sup>
0	0.75
1	1.5
2	3
3	6
4	9
5	12
6	18
7	24
8	36
9	48
10	72
11	96
12	144
13	288

(1) 修整设置为 1.0。

### 8.2.68 TPS99000-Q1 TIA1 增益 - 读取 (89h)

此命令用于读回上次应用的 TPS99000-Q1 TIA1 增益级别。

#### 写入参数

**表 8-79. TPS99000-Q1 TIA1 增益返回参数**

字节	位	说明
1	3:0	增益索引 <a href="#">表 8-78</a> 定义了增益级别设置。

### 8.2.69 TPS99000-Q1 TIA1 电容 - 写入 (8Ah)

此命令用于设置 TPS99000-Q1 TIA1 电容以进行光电二极管电容补偿。

#### 写入参数

表 8-80. TPS99000-Q1 TIA1 电容写入参数

字节	位	说明
1	5:0	<b>TIA1 电容</b> 电容 = $N \times 0.5\text{pF}$ 0x0 : 0.0pF 0x3F : 31.5pF

### 8.2.70 TPS99000-Q1 TIA1 电容 - 读取 (8Bh)

此命令用于读回上次应用的 TPS99000-Q1 TIA1 电容。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-81. TPS99000-Q1 TIA1 电容返回参数

字节	位	说明
1	5:0	<b>TIA1 电容</b>

### 8.2.71 TPS99000-Q1 TIA1 暗偏移 - 写入 (8Ch)

此命令用于设置 TPS99000-Q1 TIA1 RGB 偏移以补偿光电二极管暗电流。

#### 写入参数

表 8-82. TPS99000-Q1 TIA1 暗偏移写入参数

字节	位	说明
1	7:0	<b>红色暗偏移</b> 偏移 = $(N+1) \times 1.5\text{mV}$
2	7:0	<b>绿色暗偏移</b> 偏移 = $(N+1) \times 1.5\text{mV}$
3	7:0	<b>蓝色暗偏移</b> 偏移 = $(N+1) \times 1.5\text{mV}$

### 8.2.72 TPS99000-Q1 TIA1 暗偏移 - 读取 (8Dh)

此命令用于读回上次应用的 TPS99000-Q1 TIA1 RGB 暗偏移，以补偿光电二极管暗电流。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

**表 8-83. TPS99000-Q1 TIA1 暗偏移返回参数**

字节	位	说明
1	7:0	红色暗偏移
2	7:0	绿色暗偏移
3	7:0	蓝色暗偏移

### 8.2.73 TPS99000-Q1 TIA1 输入偏移 - 写入 (8Eh)

此命令用于设置 TPS99000-Q1 TIA1 RGB 输入偏移。

#### 写入参数

**表 8-84. TPS99000-Q1 TIA1 输入偏移写入参数**

字节	位	说明
1	2:0	<b>红色输入偏移</b> 偏移 = $(N+1) \times 20\text{mV}$ 0x7 = 0mV。该值排除在上述公式之外，不应使用，因为放大器需要偏移。
2	2:0	<b>绿色输入偏移</b> 偏移 = $(N+1) \times 20\text{mV}$ 0x7 = 0mV。该值排除在上述公式之外，不应使用，因为放大器需要偏移。
3	2:0	<b>蓝色输入偏移</b> 偏移 = $(N+1) \times 20\text{mV}$ 0x7 = 0mV。该值排除在上述公式之外，不应使用，因为放大器需要偏移。
4	2:0	<b>默认输入偏移</b> 当在序列期间没有照明使能处于活动状态时，使用此默认值。 偏移 = $(N+1) \times 20\text{mV}$ 0x7 = 0mV。该值排除在上述公式之外，不应使用，因为放大器需要偏移。

### 8.2.74 TPS99000-Q1 TIA1 输入偏移 - 读取 (8Fh)

此命令用于读取上次应用的 TPS99000-Q1 TIA1 RGB 输入偏移。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-85. TPS99000-Q1 TIA1 输入偏移返回参数

字节	位	说明
1	2:0	红色输入偏移
2	2:0	绿色输入偏移
3	2:0	蓝色输入偏移
4	2:0	默认输入偏移

### 8.2.75 TPS99000-Q1 DM 脉宽 - 写入 (90h)

此命令用于设置 TPS99000-Q1 不连续模式最大脉宽。

#### 写入参数

表 8-86. TPS99000-Q1 DM 脉宽写入参数

字节	位	说明
1:0	15:0	<b>DM 最大 SEN 脉宽</b> 定义 SEN 在不连续模式下保持低电平的最长时间。一旦该时间结束，DLPC230-Q1 将强制 SEN 为高电平。 时间 = N × SEQ_CLK 周期 ( 大约为 30MHz, 受时钟扩展的影响 )

### 8.2.76 TPS99000-Q1 DM 脉宽 - 读取 (91h)

此命令用于读取上次应用的 TPS99000-Q1 不连续模式最大脉宽。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-87. TPS99000-Q1 DM 脉宽返回参数

字节	位	说明
1:0	15:0	<b>DM 最大 SEN 脉宽</b>

### 8.2.77 TPS99000-Q1 驱动模式 - 写入 (92h)

此命令用于启用或禁用照片反馈模式，配置最小 COMPOUT 低电平时间，以及启用或禁用来自 TPS99000-Q1 的 CMODE 信号。

#### 写入参数

表 8-88. TPS99000-Q1 驱动模式写入参数

字节	位	说明
1	0	<b>照片反馈模式启用</b> 0x0 : 禁用 0x1 : 启用
2	7:0	<b>COMPOUT 低电平</b> 最小 COMPOUT 低电平时间 = (N+2) * (SEQ_CLK 周期) 最小值为 4 个 SEQ_CLK 周期 : 0x0 - 0x2 将产生 4 个 SEQ_CLK 周期。
3	0	<b>CMODE 启用</b> 该值决定是否在光驱动电路中启用额外的电容值。该值通常会在连续模式和不连续模式运行之间变化，其中对连续模式使用小电容。 0x0 : TPS99000-Q1 CMODE 信号 = 0 ( 通常用于连续模式 ) 0x1 : TPS99000-Q1 CMODE 信号 = 1 ( 通常用于不连续模式 )

### 8.2.78 TPS99000-Q1 驱动模式 - 读取 (93h)

此命令用于读回上次应用的照片反馈模式值、最小 COMPOUT 低电平时间和 CMODE 设置。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-89. TPS99000-Q1 驱动模式返回参数

字节	位	说明
1	0	照片反馈模式已启用
2	7:0	COMPOUT 低电平
3	0	CMODE 启用

### 8.2.79 TPS99000-Q1 ADC 配置 - 写入 (94h)

此命令用于配置 TIA1 级监视器的 ADC 选择和 TPS99000-Q1 中的低侧电流检测增益。

#### 写入参数

表 8-90. TPS99000-Q1 ADC 配置写入参数

字节	位	说明
1	7:4	保留
	3:2	低侧电流检测增益 ADC0 输入的增益。 0x0 : 24x 0x1 : 12x 0x2 : 9x 0x3 : 24x
	1:0	TIA1 级监视器选择 TIA1 内的电压监测点。ADC30 输入。 0x0 : A 级 (输入偏移输出, 修整输入) 0x1 : B 级 (修整输出, 暗偏移输入) 0x2 : C 级 (增益 #2 输出, 增益 #3 输入) 0x3 : D 级 (增益 #3 输出, TIA 输出)

### 8.2.80 TPS99000-Q1 ADC 配置 - 读取 (95h)

此命令用于读回上次应用的 ADC 配置设置。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-91. TPS99000-Q1 ADC 配置返回参数

字节	位	说明
1	7:4	保留
	3:2	低侧电流检测增益
	1:0	TIA1 级监视器选择

### 8.2.81 TPS99000-Q1 照明同步控制 - 写入 (96h)

此命令用于配置 TPS99000-Q1 照明同步。

#### 写入参数

**表 8-92. TPS99000-Q1 照明同步控制写入参数**

字节	位	说明
1	3:0	<b>DRV_EN 低电平时间</b> DRV_EN 低电平时间 = (N+1) * (SEQ_CLK 周期) 0x0 : 1 个 SEQ_CLK 周期 0x15 : 16 个 SEQ_CLK 周期
2	3:0	<b>SYNC 脉宽</b> SYNC 时钟高脉宽 SYNC 脉宽 = N * (SEQ_CLK 周期) 0x0 : SYNC 引脚低电平 0xF : 15 * SEQ_CLK 周期
3	7:0	<b>SYNC 周期</b> SYNC 时钟周期 0x0 : SYNC 引脚低电平 0x1 - 0x8 : 无效, 请勿使用。 0x9 - 0xFF : SYNC 周期 = (N+1) * (SEQ_CLK 周期)

### 8.2.82 TPS99000-Q1 照明同步控制 - 读取 (97h)

此命令用于读回 TPS99000-Q1 照明同步的上次应用的值。

#### 写入参数

**表 8-93. TPS99000-Q1 照明同步控制读取参数**

字节	位	说明
1	3:0	<b>DRV_EN 低电平时间</b>
2	3:0	<b>同步脉宽</b>
3	7:0	<b>同步周期</b>

### 8.2.83 TPS99000-Q1 TIA2 控制 - 写入 (98h)

此命令用于配置 TPS99000-Q1 跨阻放大器 2 (TIA2)。

#### 写入参数

**表 8-94. TPS99000-Q1 TIA2 控制写入参数**

字节	位	说明
1	0	<b>启用</b> 启用 TIA2。当被禁用时，TIA2 进入低功耗状态。 0x0：禁用 0x1：启用
2	3:0	<b>增益索引</b> 表 8-95 定义了增益级别设置。
3	7:0	<b>修整</b> 修整增益 = $1 - N * (0.8 / 255)$ 0x0：1.0x 0xFF：0.2x
4	2:0	<b>输入偏移</b> 偏移 = $(N+1) * 20\text{mV}$ 0x7 = 0mV。该值排除在上述公式之外，不应使用，因为放大器需要偏移。
5	7:0	<b>暗偏移</b> 偏移 = $N * 1.5\text{mV}$
6	5:0	<b>电容</b> 电容 = $N * 0.5\text{pF}$ 0x0：0.0pF 0x3F：31.5pF
7	1:0	<b>级监视器选择</b> TIA2 内的电压监测点。ADC31 输入。 0x0：A 级（输入偏移输出，修整输入） 0x1：B 级（修整输出，暗偏移输入） 0x2：C 级（增益 #2 输出，增益 #3 输入） 0x3：D 级（增益 #3 输出，TIA 输出）

**表 8-95. TIA2 增益值**

增益索引	增益 (kV/A) <sup>(1)</sup>
0	0.75
1	1.5
2	3
3	6
4	9
5	12
6	18
7	24
8	36
9	48
10	72
11	96
12	144
13	288

(1) 修整设置为 1.0。

### 8.2.84 TPS99000-Q1 TIA2 控制 - 读取 (99h)

此命令用于读回 TPS99000-Q1 跨阻放大器 2 (TIA2) 的上次应用的配置。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

**表 8-96. TPS99000-Q1 TIA2 控制返回参数**

字节	位	说明
1	0	启用
2	3:0	增益索引
3	7:0	修整
4	2:0	输入偏移
5	7:0	暗偏移
6	5:0	电容
7	1:0	级监视器选择

### 8.2.85 LED 驱动错误 - 读取 (9Ah)

此命令用于在不连续模式下运行时读回当前照明脉冲错误信息。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

**表 8-97. LED 驱动错误返回参数**

字节	位	说明
1	7:3	<b>保留</b>
	2	<b>脉宽错误标志</b> 表示 SEN 信号保持低电平的时间长于单个脉冲的最大允许时间，因此被强制为高电平。这通常表示光脉冲无法在分配的脉冲时间内实现所需的照片反馈级别。 0x0：无错误 0x1：错误
	1	<b>脉冲计数错误标志</b> 表示在位切片内生成的脉冲太少。 0x0：无错误 0x1：错误
	0	<b>无比较错误标志</b> 表示 COMPOUT 在位切片内从未变为低电平。 0x0：无错误 0x1：错误

### 8.2.86 LED 驱动错误清除 - 写入 (9Bh)

此命令用于清除照明脉冲错误标志。向任何位写入 1 将清除指定的标志。

#### 写入参数

表 8-98. LED 驱动错误清除写入参数

字节	位	说明
1	7:3	保留
	2	脉宽错误清除掩码 0x0 : 不清除 0x1 : 将错误标志清零
	1	脉冲计数错误清除掩码 0x0 : 不清除 0x1 : 将错误标志清零
	0	无比较错误清除掩码 0x0 : 不清除 0x1 : 将错误标志清零

### 8.2.87 TPS99000-Q1 测试多路复用选择 - 写入 (9Ch)

此命令用于选择 TPS99000-Q1 测试多路复用输出信号。

#### 写入参数

**表 8-99. TPS99000-Q1 测试多路复用选择写入参数**

字节	位	说明
1	7:0	<b>AMUX0 选择</b> 0x0 : TIA1 输出电压 0x1 : TIA1 经滤波的输出电压 0x2 : TIA2 输出电压 0x3 : TIA2 经滤波的输出电压 0x1B : 电流检测放大器输出
2	7:0	<b>AMUX1 选择</b> 0x0 : 照片反馈 DAC 0x1 : 电流反馈 DAC 0x3 : TIA1 输入偏移 0x4 : TIA2 输入偏移 0xC : VMAIN
3	7:0	<b>DMUX0 选择</b> 0x0 : DLPC230-Q1 至 TPS99000-Q1 SPI 奇偶校验错误 0x1C : 3.3V 监测电源正常 0x1E : 1.8V 监测电源正常 0x20 : 1.1V 监测电源正常 0x40 : 过亮故障 0x79 : 2MHz 内部振荡器 0x7A : 15MHz 状态机时钟 0x7B : 2.5MHz ADC 时钟 0x7C : SPI1 时钟 0x7D : SPI2 时钟 0x7E : 30MHz 序列发生器时钟 0x84 : 看门狗 1 错误 0x86 : 看门狗 2 错误 0x9C : ADC 接口奇偶校验错误 0xA2 : ADC 通道 1 饱和 0xA3 : ADC 通道 1 下溢 0xAD : ADC 转换结束 0xB3 : 状态机更改 0xD0 : 状态机索引位 0 0xD1 : 状态机索引位 1 0xD2 : 状态机索引位 2 0xD3 : 状态机索引位 3 0xD4 : 状态机索引位 4

**表 8-99. TPS99000-Q1 测试多路复用选择写入参数 (续)**

字节	位	说明
4	7:0	<b>DMUX1 选择</b> 0x0 : DLPC230-Q1 至 TPS99000-Q1 SPI 奇偶校验错误 0x1C : 3.3V 监测电源正常 0x1E : 1.8V 监测电源正常 0x20 : 1.1V 监测电源正常 0x40 : 过亮故障 0x79 : 2MHz 内部振荡器 0x7A : 15MHz 状态机时钟 0x7B : 2.5MHz ADC 时钟 0x7C : SPI1 时钟 0x7D : SPI2 时钟 0x7E : 30MHz 序列发生器时钟 0x84 : 看门狗 1 错误 0x86 : 看门狗 2 错误 0x9C : ADC 接口奇偶校验错误 0xA2 : ADC 通道 1 饱和 0xA3 : ADC 通道 1 下溢 0xAD : ADC 转换结束 0xB3 : 状态机更改 0xD0 : 状态机索引位 0 0xD1 : 状态机索引位 1 0xD2 : 状态机索引位 2 0xD3 : 状态机索引位 3 0xD4 : 状态机索引位 4

### 8.2.88 TPS99000-Q1 测试多路复用选择 - 读取 (9Dh)

此命令用于读回上次应用的 TPS99000-Q1 测试多路复用器索引。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

**表 8-100. TPS99000-Q1 测试多路复用选择返回参数**

字节	位	说明
1	7:0	<b>AMUX0</b> 选择
2	7:0	<b>AMUX1</b> 选择
3	7:0	<b>DMUX0</b> 选择
4	7:0	<b>DMUX1</b> 选择

### 8.2.89 TPS99000-Q1 TIA1 偏移 - 写入 (9Eh)

此命令用于设置将用于 TIA1 偏移的值的源。TIA1 偏移是在主应用程序初始化期间启动时测得的。可以选择使用这些测量值，这些值也可以存储在校准数据中，或者可以由此命令直接提供。仅当偏移源设置为 0x2 时，才使用此命令提供的偏移值。

#### 写入参数

表 8-101. TPS99000-Q1 TIA1 偏移写入参数

字节	位	说明
1	7:2	<b>保留</b>
	1:0	<b>TIA1 偏移源</b> 0x0：使用来自校准数据的 TIA1 偏移（默认） 0x1：使用在主应用程序初始化期间计算出的 TIA1 偏移 0x2：使用此命令提供的 TIA1 偏移
3:2	15:13	<b>TIA1 1 级偏移整数</b> 偏移的二进制补码整数部分，单位为毫伏。
	12:0	<b>TIA1 1 级偏移小数</b> 偏移的小数部分，单位为毫伏。这始终会作为二进制补码值的一部分添加到整数部分。 1 = 1 / 8192 2 = 2 / 8192
5:4	15:13	<b>TIA1 2 级偏移整数</b> 偏移的二进制补码整数部分，单位为毫伏。
	12:0	<b>TIA1 2 级偏移小数</b> 偏移的小数部分，单位为毫伏。这始终会作为二进制补码值的一部分添加到整数部分。 1 = 1 / 8192 2 = 2 / 8192

### 8.2.90 TPS99000-Q1 TIA1 偏移 - 读取 (9Fh)

此命令用于从请求的源读取 TIA1 偏移值，并回读主应用程序用于计算的选定偏移源。

主机请求从中读取 TIA1 偏移的源。这意味着此命令返回的 TIA1 偏移可能不是主应用程序当前使用的偏移。为了读取当前正在使用的偏移，请确保请求的源与当前选择的源匹配。

#### 命令参数

表 8-102. TPS99000-Q1 TIA1 偏移命令参数

字节	位	说明
1	7:2	保留
	1:0	请求的 TIA1 偏移源 0x0：从校准数据读取 TIA1 偏移 0x1：读取主应用程序初始化期间计算出的 TIA1 偏移 0x2：读取此命令提供的 TIA1 偏移

#### 返回参数

表 8-103. TPS99000-Q1 TIA1 偏移返回参数

字节	位	说明
1	7:2	保留
	1:0	所选 TIA1 偏移源 0x0：使用来自校准数据的 TIA1 偏移 0x1：使用在主应用程序初始化期间计算出的 TIA1 偏移 0x2：使用此命令提供的 TIA1 偏移
3:2	15:13	请求的 TIA1 1 级偏移整数 偏移的二进制补码整数部分，单位为毫伏。
	12:0	请求的 TIA1 1 级偏移小数 偏移的小数部分，单位为毫伏。这始终会作为二进制补码值的一部分添加到整数部分。 1 = 1 / 8192 2 = 2 / 8192
5:4	15:13	请求的 TIA1 2 级偏移整数 偏移的二进制补码整数部分，单位为毫伏。
	12:0	请求的 TIA1 2 级偏移小数 偏移的小数部分，单位为毫伏。这始终会作为二进制补码值的一部分添加到整数部分。 1 = 1 / 8192 2 = 2 / 8192

### 8.2.91 闪存数据类型选择 - 写入 (A0h)

此命令用于指定要写入闪存存储器的数据的类型。如需更多有关闪存编程的信息，请参阅节 5.3。

#### 写入参数

表 8-104. 闪存数据类型选择写入参数

字节	位	说明
1	7:0	闪存数据类型 有关选项，请参阅表 8-105。
5:2	31:0	闪存数据包大小 要写入闪存的二进制文件中的字节数。
21:6	127:0	数据标头 要写入的闪存数据包的前 16 个字节。这些标头字节允许嵌入式软件识别和验证二进制文件中存储的数据。

表 8-105 中介绍了闪存数据类型。

**表 8-105. 闪存数据类型值**

闪存数据类型值	说明
0x00	整个闪存
0x01	除校准数据和暂存区数据之外的整个闪存
0x30	主应用程序
0x40	配置数据 0
0x50	配置数据 1
0x60	批处理命令集
0x90	启动界面数据 0
0x91	启动界面数据 1
0x92	启动界面数据 2
0x93	启动界面数据 3
0x94	启动界面数据 4
0x95	启动界面数据 5
0x96	启动界面数据 6
0x97	启动界面数据 7
0xA0	暂存区数据 0
0xA1	暂存区数据 1
0xA2	暂存区数据 2
0xA3	暂存区数据 3
0xB0	校准数据

### 8.2.92 闪存数据擦除 - 写入 (A1h)

此命令会指示软件擦除使用 [闪存数据类型选择](#) 命令选择的闪存数据。

短状态的 *请求正在进行中* 位将在闪存擦除过程开始时设置，并在擦除过程完成时清除。

短状态中的 *运行错误* 位便可用于确定擦除过程中是否发生了错误。

如需更多有关闪存编程的信息，请参阅 [节 5.3](#)。

#### 写入参数

表 8-106. 闪存擦除写入参数

字节	位	说明
1	7:0	签名字节 1 0xAA
2	7:0	签名字节 2 0xBB
3	7:0	签名字节 3 0xCC
4	7:0	签名字节 4 0xDD

### 8.2.93 闪存数据写入 - 写入 (A2h)

此批量写入命令指示系统向闪存器件写入多达 256 字节的有效载荷数据。字节数必须为 4 的倍数。[闪存数据擦除](#) 命令之后的第一个写入事务将从使用 [闪存数据类型选择](#) 命令选择的闪存数据类型的第一个地址开始。后续的命令都将写入一页闪存数据，闪存地址将递增到下一页。

请注意，此命令与引导应用程序闪存写入命令不同，因为此命令允许发送可变数量的字节数。

短状态的 *请求正在进行中* 位将在闪存写入过程开始时设置，并在每个写入事务完成时清除。在清除 *请求正在进行中* 位之前，下一次闪存写入不应开始。

如需更多有关闪存编程的信息，请参阅 [节 5.3](#)。

#### 写入参数

表 8-107. 闪存数据写入参数

字节	位	说明
1	7:0	数据字节 1
2	7:0	数据字节 2
...	...	数据字节...
n	7:0	数据字节 n 字节数 n 必须为 4 的倍数。

### 8.2.94 闪存数据读取 - 读取 (A3h)

此命令用于从闪存器件中读取数据。选择读取一个闪存数据块，系统将相对于该块在闪存中的位置进行读取操作。

对于大多数闪存数据类型，起始地址有两个可能的值：0x0000 指示从所选块类型的开头开始。0xFFFF 表示连续读取时上次读取操作结束的起始位置。

对于暂存区数据类型，起始地址可以是任何 32 位对齐的地址 (0x0、0x4、0x8、...)。这种独特的情况允许部分读取暂存区数据的特定区域。

#### 命令参数

表 8-108. 闪存数据读取命令参数

字节	位	说明
1	7:0	<b>闪存数据类型</b> 有关选项，请参阅表 8-109。
3:2	15:0	<b>起始地址</b> 要读取的闪存存储器的第一个字节 大多数闪存数据类型： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0x0000：从闪存数据类型的开头开始</li> <li>• 0x0001 - 0xFFFFE：保留</li> <li>• 0xFFFF：从最后一次读取操作结束处开始 (继续读取)</li> </ul> 暂存区数据类型：相对 32 位对齐的地址 (0x0、0x4、0x8、...)
4	15:0	<b>读取数据长度</b> 要读取的从 0 开始的字节数 (0x0 = 1 个字节) 必须是 4 的倍数且最多为 256 个字节 (0xFF)

表 8-109 中介绍了闪存数据类型。

表 8-109. 闪存数据类型值

闪存数据类型值	说明
0x00	整个闪存
0x01	除校准数据和暂存区数据之外的整个闪存
0x30	主应用程序
0x40	配置数据 0
0x48	配置数据 0 闪存信息字段
0x50	配置数据 1
0x58	配置数据 1 闪存信息字段
0x60	批处理命令集
0x68	批处理命令集闪存信息字段
0x78	系统数据闪存信息字段
0x90	启动界面数据 0
0x91	启动界面数据 1
0x92	启动界面数据 2
0x93	启动界面数据 3
0x94	启动界面数据 4
0x95	启动界面数据 5
0x96	启动界面数据 6
0x97	启动界面数据 7

表 8-109. 闪存数据类型值 (续)

闪存数据类型值	说明
0x98	启动界面数据 0 闪存信息字段
0x99	启动界面数据 1 闪存信息字段
0x9A	启动界面数据 2 闪存信息字段
0x9B	启动界面数据 3 闪存信息字段
0x9C	启动界面数据 4 闪存信息字段
0x9D	启动界面数据 5 闪存信息字段
0x9E	启动界面数据 6 闪存信息字段
0x9F	启动界面数据 7 闪存信息字段
0xA0	暂存区数据 0
0xA1	暂存区数据 1
0xA2	暂存区数据 2
0xA3	暂存区数据 3
0xB0	校准数据
0xB8	校准数据闪存信息字段

## 返回参数

表 8-110. 闪存数据读取返回参数

字节	位	说明
1 ... n		<b>读取数据字节</b> 从闪存中命令的起始地址开始处读取的数据字节。 字节数 n 由命令的读取数据长度决定。

### 8.2.95 闪存数据验证 - 写入 (A4h)

此命令用于验证闪存器件的内容。

短状态的 *请求正在进行中* 位将在闪存验证过程开始时设置，并在验证过程完成时清除。可以读取短状态的错误位，以确定在闪存验证期间是否发生了错误。

如需更多有关闪存编程的信息，请参阅节 5.3。

#### 写入参数

表 8-111. 闪存数据验证写入参数

字节	位	说明
1	7:0	<b>闪存数据类型</b> 有关选项，请参阅表 8-112。

表 8-112 中介绍了闪存数据类型。

表 8-112. 闪存数据类型值

闪存数据类型值	说明
0x00	整个闪存
0x01	除校准数据和暂存区数据之外的整个闪存
0x30	主应用程序
0x40	配置数据 0
0x50	配置数据 1
0x60	批处理命令集
0x90	启动界面数据 0
0x91	启动界面数据 1
0x92	启动界面数据 2
0x93	启动界面数据 3
0x94	启动界面数据 4
0x95	启动界面数据 5
0x96	启动界面数据 6
0x97	启动界面数据 7
0xA0	暂存区数据 0
0xA1	暂存区数据 1
0xA2	暂存区数据 2
0xA3	暂存区数据 3
0xB0	校准数据

### 8.2.96 闪存块计数 - 读取 (A5h)

此命令用于读取闪存存储器和 EEPROM 存储器中存储的闪存块的数量。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-113. 闪存块计数返回参数

字节	位	说明
1	7:0	块数 闪存块数。

### 8.2.97 闪存块 CRC - 读取 (A6h)

此命令用于读取闪存存储器中存储的所有闪存块的 CRC 值。DLPC230-Q1 软件使用这些 CRC 值来验证闪存块的内容，但它们也可用作闪存内容的跟踪标识符。闪存数据的预期 CRC 值可在与闪存数据一同传送的闪存头文件中找到。

返回数据的长度根据闪存块的数量而变化。对于每个闪存块，该命令将返回八个字节的数据。可以使用 [闪存块计数](#) 命令来确定闪存块的数量。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-114. 闪存块 CRC 返回参数

字节	位	说明
4:1	31:0	<b>闪存块 1 标识符</b> 闪存块的 7 位 ASCII 代码标识符 LSByte = 字节 1
8:5	31:0	<b>闪存块 1 CRC</b> 闪存块的 CRC 值 LSByte = 字节 5
9:n		<b>其余块的闪存块标识符和 CRC</b> 每个块接收 8 个字节的标识符和 CRC。对于闪存块 1，这些字节的格式与字节 8:1 的格式相同。

### 8.2.98 闪存结构版本 - 读取 (A7h)

此命令用于读取当前闪存构建的闪存结构版本。每个主应用程序都需要特定的闪存结构版本。如果传入数据的闪存结构版本与主应用程序预期的版本不一致，则闪存编程将失败。请注意，这与依赖于数据的版本控制不同。通过闪存块 CRC 执行依赖于数据的版本控制。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-115. 闪存结构版本返回参数

字节	位	说明
2:1	15:0	<b>闪存结构版本 - 补丁</b> LSByte = 字节 1
3	7:0	<b>闪存结构版本 - 次要</b>
4	7:0	<b>闪存结构版本 - 主要</b>

### 8.2.99 闪存数据大小 - 读取 (A9h)

此命令用于读取指定闪存块的大小。返回的大小是指定块的最大可用大小。这可在部分闪存编程期间使用，以确认新闪存块是否可以放入之前分配的大小。有关闪存编程的更多信息，请参阅节 5.3。

#### 命令参数

表 8-116. 闪存数据大小命令参数

字节	位	说明
1	7:0	闪存数据类型 有关选项，请参阅表 8-117。

表 8-117 中介绍了闪存数据类型。

表 8-117. 闪存数据类型值

闪存数据类型值	说明
0x00	整个闪存
0x01	除校准数据和暂存区数据之外的整个闪存
0x30	主应用程序 (构建 0)
0x40	配置数据 0
0x48	配置数据 0 闪存信息字段
0x50	配置数据 1
0x58	配置数据 1 闪存信息字段
0x60	批处理命令集
0x90	启动界面数据 0
0x91	启动界面数据 1
0x92	启动界面数据 2
0x93	启动界面数据 3
0x94	启动界面数据 4
0x95	启动界面数据 5
0x96	启动界面数据 6
0x97	启动界面数据 7
0xA0	暂存区数据 0
0xA1	暂存区数据 1
0xA2	暂存区数据 2
0xA3	暂存区数据 3
0xB0	校准数据

#### 返回参数

表 8-118. 闪存数据大小返回参数

字节	位	说明
4:1	31:0	块大小 所选闪存块中的字节数。 LSByte = 字节 1

### 8.2.100 系统软件版本 - 读取 (B0h)

此命令用于读取主应用程序的软件版本。此命令与引导应用程序命令相同，但引导应用程序和主应用程序将不会具有相同的版本号。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-119. 系统软件版本返回参数

字节	位	说明
1	7:0	DLPC230-Q1 主应用程序版本 - 补丁
2	7:0	DLPC230-Q1 主应用程序版本 - 分支
3	7:0	DLPC230-Q1 主应用程序版本 - 次要
4	7:0	DLPC230-Q1 主应用程序版本 - 主要

### 8.2.101 闪存器件 ID - 读取 (B1h)

此命令用于读取闪存器件信息。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-120. 闪存器件 ID 返回参数

字节	位	说明
1	7:0	闪存制造商 ID
2	7:0	闪存存储器类型
3	7:0	闪存存储器容量

制造商 ID 和存储器类型可以在所选闪存器件规格中找到。

闪存存储器大小可根据表 8-121 确定。

表 8-121. 闪存存储器大小值

内存容量 (字节 3)	实际大小
0x15	16Mb
0x16	32Mb
0x17	64Mb
0x18	128Mb
0x19	256Mb <sup>(1)</sup>

(1) 只有前 128Mb 地址空间可用。

### 8.2.102 DLPC230-Q1 器件 ID - 读取 (B2h)

此命令用于读取 DLPC230-Q1 器件 ID。此命令可以返回两组字节，具体取决于随此命令发送的字节参数。

#### 命令参数

表 8-122. DLPC230-Q1 器件 ID 命令参数

字节	位	说明
1	7:0	<b>DLPC230-Q1 数据选择</b> 0x0 : 读取 DLPC230-Q1 器件 ID 和产品配置 ID 0x1 : 读取 DLPC230-Q1 保险丝数据 0x02 - 0xFF : 保留

#### 返回参数 (0x0)

如果命令参数为 0x0，则返回表 8-123 中的返回参数。

表 8-123. DLPC230-Q1 器件 ID 返回参数 0x0

字节	位	说明
1	7:0	<b>DLPC230-Q1 器件 ID</b>
2	7:4	保留
	3:0	<b>DLPC230-Q1 产品配置 ID</b>

表 8-124 展示了可能的 DLPC230-Q1 器件 ID 值。

表 8-124. DLPC230-Q1 器件 ID

器件 ID 值	DLPC230-Q1 架构	DLPC230-Q1 导通	DLPC230-Q1 通过
0x98	b10011	b00	b0

#### 返回参数 (0x1)

如果命令参数为 0x1，则返回表 8-125 中的返回参数。

表 8-125. DLPC230-Q1 器件 ID 返回参数 0x1

字节	位	说明
8:1	63:0	<b>DLPC230-Q1 保险丝 ID</b>

表 8-126. DLPC230-Q1 保险丝 ID 定义

位	长度 (位)	说明
0:29	30	产品批次 ID 设备制造商跟踪数据
30:31	2	TI 器件 ID
32:36	5	晶圆 ID 设备制造商跟踪数据
37:50	14	芯片 X/Y 设备制造商跟踪数据
51	1	制造厂 ID 设备制造商跟踪数据
52:55	4	TI 产品配置 ID
56:63	8	CRC8 <sup>(1)</sup>

(1) CRC 在以最低有效字节开头的每个数据字节上使用 CRC-8 CCITT ( $x^8+x^2+x+1$ )。初始值为 0xFF。

### 8.2.103 DMD 器件 ID - 读取 (B3h)

此命令用于读取 DMD 器件 ID。此命令可以返回两组字节，具体取决于随此命令发送的字节参数。

#### 命令参数

**表 8-127. DMD 器件 ID 命令参数**

字节	位	说明
1	7:0	<b>DMD 数据选择</b> 0x0 : 读取 DMD 器件 ID 0x1 - 0xFF : 保留

#### 返回参数

如果命令参数为 0x0，则返回以下返回参数。

**表 8-128. DMD 器件 ID 返回参数**

字节	位	说明
4:1	31:0	<b>DMD 器件 ID</b>

**表 8-129. DMD 器件 ID**

器件说明	器件 ID (十六进制)
0.55" ES1	60 0D 00 7E
0.55" ES1.1	60 0D 00 82
0.55" ES2	60 0D 00 81
DLP5530A-Q1/DLP5530S-Q1	60 0D 00 97
DLP462XX-Q1 (0.46")	60 0D 00 A1

### 8.2.104 TPS99000-Q1 器件 ID - 读取 (B4h)

此命令用于读取 TPS99000-Q1 器件信息。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-130. TPS99000-Q1 器件 ID 返回参数

字节	位	说明
1	7:4	<b>TPS99000-Q1 器件 ID</b> 主要
	3:0	<b>TPS99000-Q1 器件 ID</b> 次要

### 8.2.105 系统温度 - 读取 (B5h)

此命令用于读取系统温度。报告范围是  $-40^{\circ}\text{C}$  到  $128^{\circ}\text{C}$ 。所报告的温度包括一个整数分量和一个小数分量。小数分量始终添加到整数分量。温度滤波对多个原始测量值求平均值，以降低温度测量产生的噪声。

#### 命令参数

表 8-131. 系统温度命令参数

字节	位	说明
1	7:0	<b>温度源选择</b> 0x0 : DMD 原始温度 0x1 : DMD 滤波温度 0x2 : 温度传感器本地原始温度 0x3 : 温度传感器本地滤波温度 0x4 - 0xFF : 保留

#### 返回参数

表 8-132. 系统温度返回参数

字节	位	说明
2:1	15:8	<b>温度整数摄氏度</b> 温度的二进制补码整数部分 127 = 127 摄氏度 255 = -1 摄氏度
	7:4	<b>温度小数摄氏度</b> 1/16 摄氏度步长始终添加到整数部分。请注意，即使整数部分为负，仍会添加此小数。 1 = 0.0625 摄氏度 2 = 0.125 摄氏度
	3:0	<b>保留</b>
3	7:0	<b>保留</b>

### 8.2.106 当前源信息 - 读取 (B6h)

此命令用于读取有关当前有效图像源的信息。第一个字节指定源类型，后续字节描述源类型的设置。每个源类型都有不同的描述参数，但此命令中返回字节的长度始终为 15 个字节。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数 (外部视频)

表 8-133. 当前源信息返回参数 (外部视频)

字节	位	说明
1	7:0	<b>输入源类型</b> 0x0：外部视频 0x1：测试模式 0x2：启动界面 0x3：系统处于待机状态或源无效
3:2	15:0	<b>外部 VSync 速率</b> LSByte = 字节 2 以 Hz 为单位指定，分辨率为 0.125Hz。例如，0x1E5 = 60.625Hz。
4	7:0	<b>外部视频格式</b> 0x00：OpenLDI 0x40：并行
5	7:4	<b>保留</b>
	3	<b>外部数据使能极性</b> 并行视频 DATEN 信号的极性。此参数未用于 OpenLDI。 0x0：低电平有效 0x1：高电平有效
	2	<b>外部时钟极性</b> 并行视频 PCLK 信号的极性。此参数未用于 OpenLDI。 0x0：下降沿采样 0x1：上升沿采样
	1	<b>外部 HSync 极性</b> 0x0：下降沿有效 (负脉冲) 0x1：上升沿有效 (正脉冲)
0		<b>外部 VSync 极性</b> 0x0：下降沿有效 (负脉冲) 0x1：上升沿有效 (正脉冲)
7:6	15:0	<b>外部像素时钟速率</b> LSByte = 字节 6 以 MHz 为单位指定，分辨率为 0.125MHz。例如，0x1E1 = 60.125MHz。
9:8	15:0	<b>输入每行总像素数</b> LSByte = 字节 8
11:10	15:0	<b>输入每帧总扫描行数</b> LSByte = 字节 10
13:12	15:0	<b>输入每行有效像素数</b> LSByte = 字节 12
15:14	15:0	<b>输入每帧有效扫描行数</b> LSByte = 字节 14

## 返回参数 (测试模式)

表 8-134. 当前源信息返回参数 (测试模式)

字节	位	说明
1	7:0	<b>输入源类型</b> 0x0 : 外部视频 0x1 : 测试模式 0x2 : 启动界面 0x3 : 不适用 (系统处于待机状态)
3:2	15:0	<b>内部 VSync 速率</b> LSByte = 字节 2 以 Hz 为单位指定, 分辨率为 0.125Hz。例如, 0x1E5 = 60.625Hz。
4	7:0	<b>测试模式类型</b> 0x00 : 稳定亮起 0x01 : 水平斜坡 (固定步长) 0x02 : 垂直斜坡 (固定步长) 0x03 : 水平线 0x04 : 对角线 0x05 : 垂直线 0x06 : 网格线 (水平和垂直) 0x07 : 棋盘格 0x08 色条 0x09 - 0x0F : 保留
5	7:4	<b>前景颜色</b> 显示某些测试模式类型时, 不使用前景色。请参考表 8-135。如果测试模式类型不使用此值, 则应忽略此值。 0x0 : 黑色 0x1 : 红色 0x2 : 绿色 0x3 : 蓝色 0x4 : 青色 0x5 : 品红色 0x6 : 黄色 0x7 : 白色 0x8 - 0xF : 保留
	3:0	<b>背景颜色</b> 显示某些测试模式类型时不使用背景颜色。请参考表 8-135。如果测试模式类型不使用此值, 则应忽略此值。 0x0 : 黑色 0x1 : 红色 0x2 : 绿色 0x3 : 蓝色 0x4 : 青色 0x5 : 品红色 0x6 : 黄色 0x7 : 白色 0x8 - 0xF : 保留
9:6	39:0	<b>测试模式参数</b> 保留
15:10	47:0	<b>填充字节</b> 针对任何源类型保留命令返回长度 15 个字节的额外字节 值 = 0x0

**表 8-135. 测试模式前景色/背景色使用**

图案	使用的前景色	使用的背景色
稳定亮起	是	否
水平斜坡	是	否
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
色条	否	否

**返回参数 ( 启动界面 )**
**表 8-136. 当前源信息返回参数 ( 启动界面 )**

字节	位	说明
1	7:0	<b>输入源类型</b> 0x0 : 外部视频 0x1 : 测试模式 0x2 : 启动界面 0x3 : 不适用 ( 系统处于待机状态 )
3:2	15:0	<b>内部 VSync 速率</b> LSByte = 字节 2 以 Hz 为单位指定, 分辨率为 0.125Hz。例如, 0x1E5 = 60.625Hz。
4	7:0	<b>启用界面索引</b> 存储在闪存中的启动界面参考编号 (0-7)。
15:5	87:0	<b>填充字节</b> 针对任何源类型保留命令返回长度 15 个字节的额外字节 值 = 0x0

### 8.2.107 当前显示信息 - 读取 (B8h)

此命令用于读取有关当前有效显示设置的信息。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-137. 当前显示信息返回参数

字节	位	说明
1	7:1	保留
	0	<b>LED 状态</b> 0x0 : LED 禁用 0x1 : LED 启用
2	7:2	保留
	1	<b>短轴图像翻转</b> 0x0 : 图像未翻转 0x1 : 图像已翻转
	0	<b>长轴图像翻转</b> 0x0 : 图像未翻转 0x1 : 图像已翻转
8:3	47:0	保留
9	7:0	系统模式索引
10	7:0	照度分级索引
11	7:0	去伽马 LUT 索引
12	7:0	序列索引

### 8.2.108 系统信息 - 读取 (BAh)

此命令用于读取上次复位原因和产品配置。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-138. 系统信息返回参数

字节	位	说明
1	7:0	<b>复位原因</b> 0x00 : ASIC 加电 0x01 : PROJ_ON 0x02 : TPS99000-Q1 看门狗软件错误 0x03 : TPS99000-Q1 看门狗序列错误 0x02 - 0x03 : 保留 0x04 : 超出 TPS99000-Q1 芯片温度 0x05 : 软件控制的下电上电 0x06 : 保留 0x07 : 主机控制的复位 0x08 : 仅软件控制的 DLPC230-Q1 复位 0x09 - 0xFF : 保留

**表 8-138. 系统信息返回参数 (续)**

字节	位	说明
2	7:0	<b>产品配置</b> 0x00 : HUD 0x01 : 前照灯 0x02 - 0xFF : 保留

### 8.2.109 闪存接口速率 - 读取 (BBh)

此命令用于读取闪存接口速率设置。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-139. 闪存接口速率返回参数

字节	位	说明
1	7:5	保留 始终为 0x0
	4	四路输入/输出读取 0x0 : 不支持 0x1 : 支持
	3	四路输出读取 0x0 : 不支持 0x1 : 支持
	2	双路输入/输出读取 0x0 : 不支持 0x1 : 支持
	1	双路输出读取 0x0 : 不支持 0x1 : 支持
	0	快速读取 0x0 : 不支持 0x1 : 支持
3:2	15:0	最大闪存时钟速率 LSByte = 字节 2 该值应除以 100 才能读取 MHz 值。例如, 0x134D = 4941 / 100 = 49.41MHz。

表 8-140. 闪存读取指令操作码

闪存指令名称	闪存操作码
快速读取	0x0B
双路输出读取	0x3B
双路输入/输出读取	0xBB
四路输出读取	0x6B
四路输入/输出读取	0xEB

### 8.2.110 短状态 - 读取 (C0h)

此命令用于从硬件读取短状态。这是唯一不需要使用 [读取预取](#) 和 [读取激活](#) 命令的读取命令。有关短状态协议的更多信息，请参阅 [通信协议](#) 部分。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

表 8-141. 短状态返回参数

字节	位	说明
1	7:6	<b>应用程序/模式</b> 0x0 : 引导应用程序 0x1 : 主应用程序 - 待机 0x2 : 主应用程序 - 显示 0x3 : 主应用程序 - 校准
	5	<b>紧急关闭</b> 0x0 : 未激活 0x1 : 已激活
	4	<b>保留</b>
	3	<b>读取数据可用</b> 0x0 : 无可用数据 0x1 : 数据可用
	2	<b>系统繁忙</b> 0x0 : 不忙 0x1 : 忙
	1	<b>请求正在进行</b> 0x0 : 未进行 0x1 : 正在进行中
	0	<b>系统是否已初始化</b> 0x0 : 未初始化 0x1 : 已初始化
2	7:0	<b>执行命令标签</b>
4:3	15	<b>BIST 错误</b> 0x0 : 无错误 0x1 : 错误
	14	<b>运行错误</b> 0x0 : 无错误 0x1 : 错误
	13	<b>命令错误</b> 0x0 : 无错误 0x1 : 错误
	12	<b>通信错误</b> 0x0 : 无错误 0x1 : 错误
	11:0	<b>错误代码</b>

这些短状态位的图表如 [图 8-1](#) 所示。

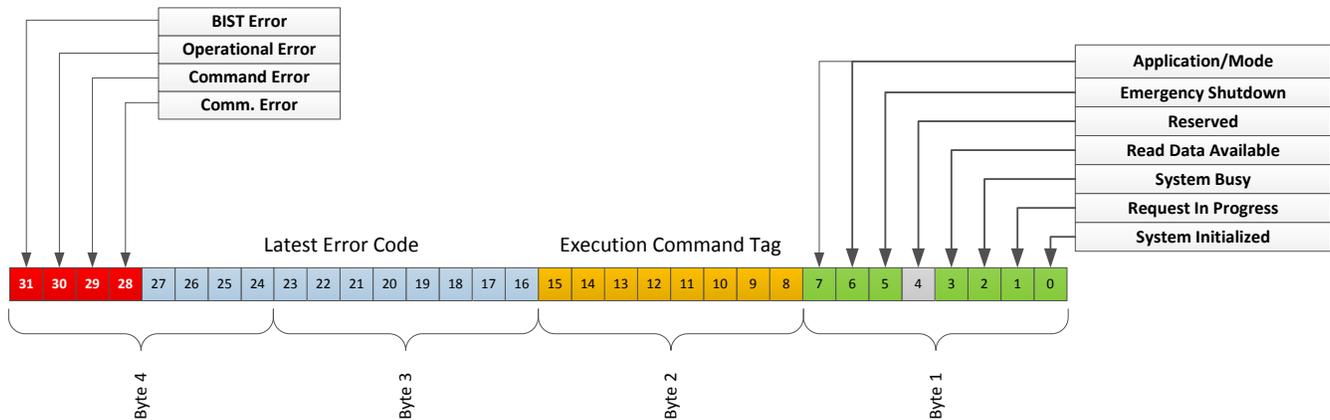


图 8-1. 短状态位定义

表 8-142 中介绍了这些位。

表 8-142. 短状态字段说明

位字段	定义
系统是否已初始化	表示系统软件已准备好接受用于处理的命令。通常，这将由主应用程序设置，除非系统被强制保持在引导状态。
请求正在进行	该位用于通知主机一个指令任务正在执行。当该任务被启动时，此位将设为“是”；当该操作完成时，此位将被清除为“否”。如果任务是 BIST，则所请求测试的结果将在此位被嵌入式软件清除后有效。此后可启动其他请求。
系统繁忙	此位用于通知主机系统的接收 FIFO 已满。当系统繁忙或命令及关联的数据可能会丢失时，主机不应再发送任何命令。主机可在系统不忙时随意发送命令。
读取数据可用	指示在主机发送“读取预取”命令后读取数据何时可用。当数据可用时，主机应发送“读取激活”命令来获取请求的数据。在发送另一个读取预取命令之前，主机应始终使用“读取激活”命令来获取请求的数据。如果在提取以前的读取预取命令中的数据之前发送了读取预取命令，则将刷新以前的数据，并使所请求的最新数据可通过“读取激活”来获取。将不会出现错误指示，表明发生了这种情况。
紧急关闭	此位用于指示系统已由于重大系统错误自动进入待机模式。有关紧急关闭的更多信息，请访问节 6.2。
应用程序/模式	这些位表示哪个软件应用程序当前正在运行，而在主应用程序中，这些位表示系统的当前运行模式。
执行命令标签	完成软件执行的最后一个写入命令的命令标签，不管成功与否。随着新命令的接收和执行，该字节将持续更新。
错误代码	12 位错误代码用于指定系统运行期间接收到的最后一个通信或命令错误。错误代码可以指示无错误（错误代码 = 0h），或指示最近发生的错误的特定代码。 <a href="#">错误历史</a> 命令可用于获取有关先前错误的详细信息。
通信错误	用于指示发生任何通信错误的标志集，即命令的传输/接收问题。一些示例为： <ul style="list-style-type: none"> <li>RXFIFO 溢出</li> <li>命令传输提前终止（主机未为所有请求的数据提供足够的 SPI 时钟脉冲）。</li> <li>命令传输延迟终止（主机为请求的数据提供了过多的 SPI 时钟脉冲）。</li> </ul>
命令错误	一个标志集，用于指示命令错误或命令所请求的操作中的错误。一些示例为： <ul style="list-style-type: none"> <li>在无效运行模式下执行的命令</li> <li>命令标头中的 CRC 错误</li> <li>有效载荷中的 CRC 错误（批量命令）</li> <li>命令操作码无效</li> <li>无效的命令参数（例如，超出范围）</li> <li>命令参数数量不正确</li> <li>BIST 由命令启动时的非周期性 BIST 故障</li> <li>在收到命令时擦除、写入或读取闪存时出错</li> <li>闪存溢出错误</li> </ul>

**表 8-142. 短状态字段说明 (续)**

位字段	定义
运行错误	用于指示运行错误的标志集，运行错误是指任何不属于其他三个错误类别之一的错误。一些示例为： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 序列 CRC 错误</li> <li>• CMT CRC 错误</li> <li>• 序列 /CMT 不匹配错误</li> <li>• 周期性 BIST 故障</li> <li>• 无法与 TPS99000-Q1 通信</li> <li>• 无法与温度传感器通信</li> </ul>
BIST 错误	用于指示非周期性或周期性 BIST 错误的标志集。

### 8.2.111 错误历史 - 读取 (C1h)

此命令用于读取系统遇到的前 62 个错误的详细信息。前 62 个错误之后的后续错误将不会被存储，但错误计数将继续增加，以指示发生了更多的错误。每个错误都分配了四个字节。应在读取错误历史记录后定期使用 [清除错误历史](#) 命令，以便清除错误并避免将来丢失任何错误调试信息。无论错误历史记录中当前包含的错误数量如何，该命令将始终返回 249 字节。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

**表 8-143. 错误历史返回参数**

字节	位	说明
1	7:0	<b>错误计数</b> 自上次下电上电或清除错误历史记录后接收的错误计数。如果错误计数大于 62，由于存储已满，某些错误详细信息不可用。
5:2	31:0	<b>错误 1 详细信息</b> LSByte = 2
9:6	31:0	<b>错误 2 详细信息</b> LSByte = 6
...	...	<b>错误 n 详细信息</b>
249:246	31:0	<b>错误 62 详细信息</b> LSByte = 246

每组错误位都包含一个独特的错误代码、类别标志和附加信息位，这些信息位会因错误类型而异。每个错误的位定义如下所示：

**表 8-144. 错误详细信息位描述**

位	说明
31	<b>BIST 错误</b> 0x1：此错误被归为 BIST 错误
30	<b>运行错误</b> 0x1：错误被归为运行错误
29	<b>命令错误</b> 0x1：错误被归为命令错误
28	<b>通信错误</b> 0x1：错误被归为通信错误
27	<b>保留</b> 始终为 0
26:16	<b>错误代码</b> 用于识别错误的唯一错误代码。
15:0	<b>信息位</b> 这些错误可能因错误类别和特定类型而异。

错误详细信息字段的图表如 [图 8-2](#) 所示：

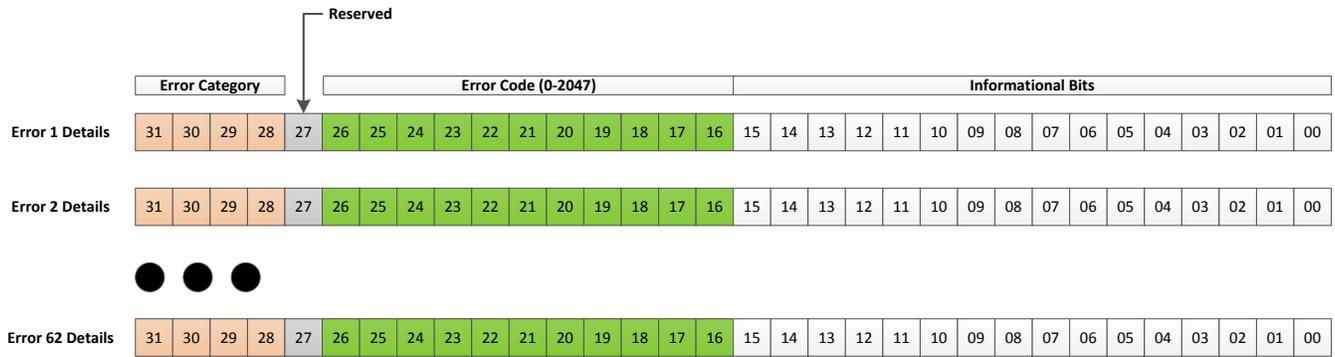


图 8-2. 错误历史记录详细信息

### 8.2.111.1 信息位 - 命令或通信

如果在错误中设置了命令错误位或通信错误位，则信息位将提供以下信息。

表 8-145. 信息位定义命令或通信

位	说明
15:8	<b>命令标签</b> 接收到错误的命令的标签。
7:0	<b>命令操作码</b> 接收到错误的命令的操作码。

### 8.2.111.2 信息位 - 系统电压

如果错误是系统电压错误，则信息位将提供检测到的无效电压的值。

这些错误包括 843、844、845、846、847、848、849、1008、1015。

表 8-146. 信息位定义系统电压

位	说明
15:0	<b>误差电压电平</b> 转换为 u8.8 格式的所测浮点值的绝对值。

### 8.2.111.3 信息位 - DMD 高速接口训练

如果错误与 DMD 高速接口训练相关，则信息位将提供接收到错误的通道和引脚。

这些错误包括 555、556、559、581。

**表 8-147. 信息位定义 DMD HS 接口训练**

位	说明
15:8	<b>训练通道</b> 从 DLPC230-Q1 硬件角度。由于具有通道交换选项，DLPC230-Q1 上的通道 0 有时可以连接到 DMD 上的通道 1。 0x0：通道 0 0x1：通道 1 0x2：两个通道
7:0	<b>信号编号</b> 从 DLPC230-Q1 硬件角度。由于引脚交换选项，DLPC230-Q1 上的引脚可能会连接到 DMD 上的不同引脚。 0 - 7 对应于每个通道上的 8 个差分信号。

### 8.2.111.4 信息位 - 照片反馈测试

如果错误与照片反馈 BIST 有关，则信息位将提供发生故障的特定条件。

这包括错误 1080。

位	说明
15:0	<b>故障条件</b> 有关与此测试关联的条件列表和相关值，请参阅表 6-12。

### 8.2.111.5 信息位 - DMD 存储器测试

错误 220 包含未通过 DMD 存储器测试的 CMOS 列数。有关 DMD 存储器测试的更多信息，请参阅节 6.4.2.7。

位	说明
15:0	未通过测试的列数

### 8.2.112 清除短状态错误 - 写入 (C2h)

此命令用于清除短状态错误位。这包括短状态的字节 3 和 4。

#### 写入参数

**表 8-148. 清除短状态错误写入参数**

字节	位	说明
1	7:0	签名字节 1 0xAA
2	7:0	签名字节 2 0xBB
3	7:0	签名字节 3 0xCC
4	7:0	签名字节 4 0xDD

### 8.2.113 清除错误历史 - 写入 (C3h)

此命令用于清除“错误历史”、“错误计数”和“短状态”错误位。

#### 写入参数

**表 8-149. 清除错误历史写入参数**

字节	位	说明
1	7:0	签名字节 1 0xAA
2	7:0	签名字节 2 0xBB
3	7:0	签名字节 3 0xCC
4	7:0	签名字节 4 0xDD



## 9.1 诊断命令读取过程

诊断接口由硬件控制，这意味着提取所请求的数据没有延迟时间。仍会使用读预取和读激活命令流，但没有可确定读取数据何时可用的简短状态。读激活可在读预取后立即发生。

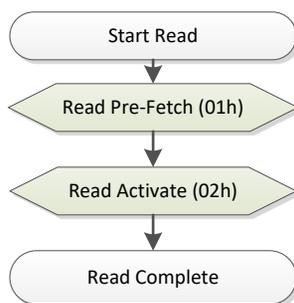


图 9-1. 诊断接口的读取过程

## 9.2 命令表

表 9-1 汇总了诊断接口命令。

表 9-1. 命令摘要 - 诊断接口

命令	类型	操作码	章节
读取预取	写入	01h	<a href="#">节 9.3.1</a>
读取激活	读取	02h	<a href="#">节 9.3.2</a>
诊断接口状态	读取	F0h	<a href="#">节 9.3.3</a>
诊断接口状态清除	写入	F1h	<a href="#">节 9.3.4</a>

## 9.3 命令定义

### 9.3.1 读取预取 - 写入 (01h)

此命令用于发送所需的读取命令操作码和相关的命令参数，以启动读取请求。在此命令事务期间不会返回所需的读取数据。有关读取过程的更多信息，请参阅节 3.5。

#### 写入参数

**表 9-2. 读取预取写入参数**

字节	位	说明
1	7:0	读取命令操作码
2 ... n		读取命令参数 根据读取操作码，预计将有特定数量的命令参数字节。每个读取命令都会记录所需的字节参数。

### 9.3.2 读取激活 (02h)

此命令用于激活读取操作，以便检索以前所请求的读取数据。此通用命令用于检索所有请求的读取数据，但短状态命令除外。有关读取过程的更多信息，请参阅节 3.5。

#### 命令参数

无命令参数。

#### 返回参数

**表 9-3. 读取激活返回参数**

字节	位	说明
1 ... n		数据字节 1...n 读取数据字节。字节数将根据当前正在读取的命令而变化。

### 9.3.3 诊断接口状态 - 读取 (F0h)

此命令用于从诊断接口读取状态信息。

#### 命令参数

**表 9-4. 诊断接口状态命令参数**

字节	位	说明
2:1	15:0	<b>起始索引</b> 要返回的第一个所需字节值从 0 开始的索引。 0 - 63 LSByte = 字节 1
4:3	15:0	<b>字节数</b> 要返回的从 1 开始的数据字节数。 1 - 64 起始索引 + 字节数必须小于或等于 64。 LSByte = 字节 3

#### 返回参数

**表 9-5. 诊断接口状态返回参数**

字节	位	说明
1 ... n		<b>数据字节</b> 要返回的数据值。字节数由命令参数中指定的“Number of Bytes”字段决定。

### 9.3.4 诊断接口状态清除 - 写入 (F1h)

此命令用于清除诊断接口状态数据。每个字节都有一个掩码位，用于指示命令将清除哪些字节。

#### 写入参数

表 9-6 指示每个写入位的字节索引。表 9-7 介绍了每个位的值选项。

**表 9-6. 诊断接口状态清除写入参数**

字节	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
1	07	06	05	04	03	02	01	00
2	15	14	13	12	11	10	09	08
3	23	22	21	20	19	18	17	16
4	31	30	29	28	27	26	25	24
5	39	38	37	36	35	34	33	32
6	47	46	45	44	43	42	41	40
7	55	54	53	52	51	50	49	48
8	63	62	61	60	59	58	57	56

**表 9-7. 诊断接口清除值**

诊断清除值	说明
0x0	未选择 - 字节不会被清除。
0x1	已选择 - 字节会被清除。

## 10.1 概述

闪存存储器用于存储主应用程序使用的主应用程序和操作数据。闪存数据块包含：

- **主应用程序** - DLPC230-Q1 ARM 处理器执行的嵌入式软件二进制文件。
- **配置数据** - 主应用程序和引导应用程序读取以配置系统功能的数据。
- **序列数据** - 包括指示帧期间如何驱动 DMD 和照明的序列信息。
- **批处理命令集** - 包含所有可用的批处理命令集。有关批处理命令集的更多详细信息，请参阅节 5.2。
- **启动界面图像数据** - 存储所有可用的启动界面图像二进制文件。有关启动界面图像的更多详细信息，请参阅节 5.1.5。
- **暂存区数据** - 存储最终用户所需的任何其他数据。嵌入式软件不会出于任何原因使用该数据。可以使用 *闪存读取* 命令在系统运行期间读回该数据。
- **校准数据** - 供调光算法用于为主机指定的任何调光级别创建正确亮度和色点的数据。

## 10.2 系统模式概述

在指代照明和显示设置时，通常使用以下术语：

- **系统模式** - 一种闪存结构，映射了多种类型的查询表，这些表旨在一起使用以实现所需的图像外观。系统模式中的表都是针对特定的：
  - 帧速率 - 序列旨在匹配特定输入视频帧速率
  - RGB 占空比 - 为红色、绿色和蓝色照明分配的序列时间百分比
- **序列** - 一个表，用于在整个视频帧时间内控制 DMD 时序和照明使能信号的同步。系统模式中的每个序列都是针对相同的帧速率和 RGB 占空比设计的。每个序列都具有一个特定的 DMD 占空比。例如，一个序列可以使用 70% (70/30) DMD 占空比，另一个序列可以使用 50%、50% (50/50) DMD 占空比。此百分比与系统可以输出的最大光输出有关。
- **照度分级** - 用于控制给定序列中照明驱动信号处于活动状态的时间量的表。这用于对调光用例中的光输出量提供粗略的步进控制。这些表是针对以下两种照明驱动模式之一创建的：连续模式或不连续模式。连续模式将照明驱动信号衰减一个百分比，以降低总帧亮度。不连续模式在每个照明段使用一定数量的脉冲，以便在弱光场景下产生更小、更快的光脉冲。
- **去伽马表** - 一种去伽马曲线，用于控制输入像素电平到输出像素亮度电平的映射。它们通常用于补偿视频内容固有的伽马曲线或对像素电平的特定区域进行加重。每一个序列使用相同的去伽马曲线，这样每个系统亮度都可以使用相同的去伽马曲线。

可用序列、照度分级和去伽马表在随闪存二进制文件一同提供的闪存头文件中指定。

主机指定系统模式索引、照度分级索引和去伽马索引。主机永远不会直接指定序列索引。下例对此进行了说明。

**图 10-1** 使用索引示例显示这些表之间的关系。系统模式包含一组照度分级。主机通过在系统模式内选择所需的照度分级索引来指定系统亮度。每个照度分级专为特定序列而设计。当主机选择照度分级时，主应用程序将自动选择照度分级映射到的一个序列。主机绝不直接设置序列。不同的照度分级可以映射到同一序列。这表示使用不同的照明百分比和同一 DMD 占空比来实现不同的总亮度水平。每个序列都映射到一条或多条去伽马曲线。同一组去伽马曲线应用于所有序列。例如，去伽马曲线 0 可以从输入像素到输出像素电平 (128 in = 128 out) 的简单线性映射。在该示例中，对于所有序列，去伽马 0 将是线性的。

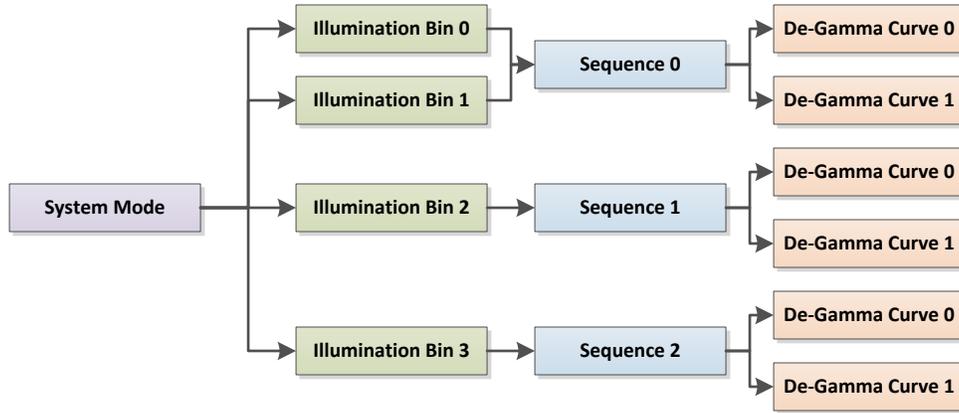


图 10-1. 系统模式示例

## 10.3 校准数据

本节介绍了允许创建自定义校准数据块的校准数据结构。

### 10.3.1 概述

校准数据闪存块存储主应用程序用于平滑调光管理的所有设置。本节介绍了允许创建自定义校准块的字节级校准块内容。

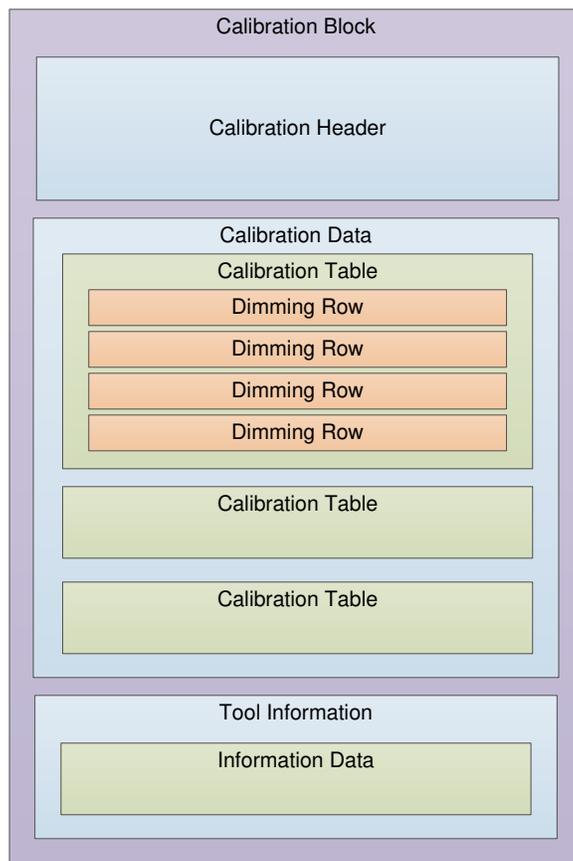


图 10-2. 校准块

图 10-2 显示了校准块结构的方框图。每个数据级别都存储其子块的偏移信息。校准块包含：

- **校准标头** - 存储在整个校准过程中使用的默认值和常数。
- **校准数据** - 存储所有校准表。
  - **校准表** - 存储指定温度和系统模式的一组调光行。可以使用可变数量的校准表。
    - **调光行** - 存储要在指定调光级别使用的调光参数。
- **工具信息** - 存储描述校准数据的元数据。

### 10.3.2 顶层数据布局

**表 10-1. 校准数据顶层**

字节地址 (十六进制)	指针	0	1	2	3
0000		'C' <sub>C</sub>	'A' <sub>C</sub>	'L' <sub>C</sub>	'D' <sub>C</sub>
0004		CRC <sub>U32</sub>			
0008		SIZE <sub>U32</sub>			
000C		Major <sub>U8</sub>	Minor <sub>U8</sub>	Patch <sub>U16</sub>	
0010		3 <sub>U32</sub>			
0014		'C' <sub>C</sub>	'A' <sub>C</sub>	'L' <sub>C</sub>	'H' <sub>C</sub>
0018		Offset (Cal Header) <sub>U32</sub>			
001C		'C' <sub>C</sub>	'A' <sub>C</sub>	'L' <sub>C</sub>	'T' <sub>C</sub>
0020		Offset (Cal Table Header) <sub>U32</sub>			
0024		'T' <sub>C</sub>	'I' <sub>C</sub>	'N' <sub>C</sub>	'F' <sub>C</sub>
0028		Offset (Tool Info) <sub>U32</sub>			
002C	校准标头	1 <sub>U32</sub>			
0030		Offset (Header Data) <sub>U32</sub>			
0034	标头数据	Default Dimming Level <sub>U16</sub>		Temperature Compensation Source <sub>U8</sub>	保留 (0)
0038		保留 (0)	Drive Enable Low Time <sub>U8</sub>	Sync Pulse Width <sub>U8</sub>	保留 (0)
003C		Default Base Temperature <sub>F32</sub>			
0040		RGB Blanking Percentage <sub>F32</sub>			
0044		Decibel Range <sub>F32</sub>			
0048		TIA1 Trim Red <sub>U8</sub>	TIA1 Trim Green <sub>U8</sub>	TIA1 Trim Blue <sub>U8</sub>	TIA1 Capacitance <sub>U8</sub>
004C		TIA1 Dark Offset Red <sub>U8</sub>	TIA1 Dark Offset Green <sub>U8</sub>	TIA1 Dark Offset Blue <sub>U8</sub>	TIA1 Input Offset Red <sub>U8</sub>
0050		TIA1 Input Offset Green <sub>U8</sub>	TIA1 Input Offset Blue <sub>U8</sub>	TIA1 Input Offset Default <sub>U8</sub>	保留 (0)
0054		TIA1 Stage 1 Offset <sub>U16</sub>		TIA1 Stage 2 Offset <sub>U16</sub>	
0058		Number of Calibration Tables <sub>U32</sub>			
005C		Offset (Cal Table 1) <sub>U32</sub>			
可变		Offset (Cal Table ...) <sub>U32</sub>			
可变		Offset (Cal Table n) <sub>U32</sub>			
可变	校准表 1	<a href="#">Cal Table 1</a> (可变大小)			
可变	校准表...	<a href="#">Cal Table ...</a> (可变大小)			
可变	校准表 n	<a href="#">Cal Table n</a> (可变大小)			
可变	工具信息	1 <sub>U32</sub>			
可变		Offset (Info) <sub>U32</sub>			
可变	信息	Number of Info Bytes <sub>U32</sub>			
可变		信息字节 1	信息字节 2	信息字节 3	信息字节 4
可变		信息字节 5	填充	填充	填充

表 10-1 介绍了校准块的字节布局，单位为每行一个字 (4 字节)。一些子块的大小可变。指针列指示“Offset ()”值必须设为的地址。例如，“Offset (Cal Header)”可替换为值 0000002Ch，因为这是 Cal Header 指针的位置。

多字节值使用小端字节序格式 (LSB 在前)。

校准数据必须填充最近的闪存扇区 (4096 字节)。填充字节应为 0xFF。

### 10.3.2.1 CRC

32 位 CRC 的实现方式如下：

- 多项式  $x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$  (正常多项式表示 = 0x04C11DB7)
- 初始值为 0xFFFFFFFF

在计算 CRC 之前，校准数据的每个字内的字节 (4 个字节) 必须反转。例如，在使用数据字 0xAABCCDD 时，CRC 中要使用的值为 0xDDCCBBAA。

CRC 必须包含校准块中从 “Size” 字段之后开始的所有字，包括最多为闪存扇区大小的所有填充字节。

### 10.3.2.2 Size

Size 字段是从其后面的字段开始并包含用以填充闪存扇区大小的所有填充字节的校准字节数。支持的闪存扇区大小为 4096，在 “Size” 字段之前 (包括该字段) 有 12 个字节的数据不包含在大小值中。因此，Size 值最小为  $4096 - 12 = 4084$ ，这对应于使用的一个闪存扇区。如果使用两个扇区，则值为  $4096 * 2 - 12 = 8180$ 。

### 10.3.2.3 版本 (主要、次要、补丁)

版本字段必须与预期的闪存结构版本匹配。此值可能随新的软件版本而改变，但可以使用 [闪存结构版本 - 读取](#) 命令读回。

### 10.3.2.4 温度补偿源

表 10-2. 温度补偿源值

值	说明
0x0	DMD 原始温度
0x1	DMD 滤波温度
0x2	TMP411 本地原始温度
0x3	TMP411 本地滤波温度
0x4	主机指定的温度

### 10.3.2.5 驱动使能低电平时间

该值指定了 DRV\_EN 低长度。有效值为 0-15。0 = 1 个 SEQ\_CLK 周期 (30MHz)，15 = 16 个 SEQ\_CLK 周期。

### 10.3.2.6 同步脉宽

该值指定了同步脉冲高宽度。有效值为 0-15。0 = 同步引脚低电平。15 = 15 个 SEQ\_CLK 周期。

### 10.3.2.7 RGB 空白百分比

此值指定各颜色 LED 电流的空白电流幅值。有效值为 0.0 - 1.0，其中 0.0 = 0%、1.0 = 100%。

### 10.3.2.8 TIA 修正

这些值是每种颜色 TIA 增益的倍频器。修整增益 =  $1 - N * (0.8 / 255)$ 。有效值为 0 - 255，其中 0 = 1.0x，255 = 0.2x。

### 10.3.2.9 TIA 电容

电容 =  $N * 0.5\text{pF}$ 。有效值为 0 至 63。

### 10.3.2.10 TIA 暗偏移

偏移 =  $N * 1.5\text{mV}$ 。有效值为 0 至 255。

### 10.3.2.11 TIA 输入偏移

偏移 = (N + 1) × 20mV。有效值为 0-6。

### 10.3.2.12 TIA 级 X 偏移

带有 3 个整数位和 13 个小数位的二进制补码。请参阅 [TPS99000-Q1 TIA1 偏移值 - 读取](#) 命令。

### 10.3.2.13 工具信息 (信息字节)

工具信息字节可用于存储任何所需的信息。信息字节数应设置为添加的字节数。在系统运行期间，可以使用 [闪存数据读取](#) 命令读回此信息。

## 10.3.3 校准表数据布局

表 10-3. 校准表布局

相对字节地址 (十六进制)	指针	0	1	2	3
0000		Temperature <sub>F32</sub>			
0004		System Mode <sub>U8</sub>	Temperature Region <sub>U8</sub>	保留 (0)	保留 (0)
0008		Number of Dimming Levels (m) <sub>U32</sub>			
000C		保留 (0)			
0010 - 003C		调光级别 1			
0040 - 006C		调光级别 2			
可变		调光级别...			
可变		调光级别 m			

每个校准表都包含固定的标头信息和可变数量的调光级别条目。每个调光级别条目都是固定的长度，因此接头不需要指向每个调光级别条目的指针信息。

### 10.3.3.1 温度区域

温度区域是一个索引，用于对可能在其间内插的一组校准表进行分组。最低温度校准表应从温度区域值 0 开始。如果更高温度的校准表需要一组不同的粗调参数，例如 DMD 占空比，则温度区域索引应递增。

相邻温度区域必须有一个区域限定的公共温度。例如，如果区域 0 中的最高温度校准表为 60°C，则区域 1 中的最低温度校准表必须为 60°C。

## 10.3.4 调光级别数据布局

表 10-4. 调光级别布局

相对字节地址 (十六进制)	指针	0	1	2	3
0000		Dimming Level <sub>U16</sub>		Illumination Bin <sub>U8</sub>	TIA1 Gain <sub>U8</sub>
0004		Red Current Limit <sub>U16</sub>		Green Current Limit <sub>U16</sub>	
0008		Blue Current Limit <sub>U16</sub>		Red Group 0 <sub>U16</sub>	
000C		Green Group 0 <sub>U16</sub>		Blue Group 0 <sub>U16</sub>	
0010		Red Group 1 <sub>U16</sub>		Green Group 1 <sub>U16</sub>	
0014		Blue Group 1 <sub>U16</sub>		Red Group 2 <sub>U16</sub>	
0018		Green Group 2 <sub>U16</sub>		Blue Group 2 <sub>U16</sub>	
001C		Red Group 3 <sub>U16</sub>		Green Group 3 <sub>U16</sub>	
0020		Blue Group 3 <sub>U16</sub>		Red Blanking Level <sub>U16</sub>	
0024		Green Blanking Level <sub>U16</sub>		Blue Blanking Level <sub>U16</sub>	
0028		保留 (0)			CMODE Enable <sub>U8</sub>
002C		Sync Period <sub>U8</sub>	Compout Low Period <sub>U8</sub>	保留 (0)	

#### 10.3.4.1 电流限制

这些值指定每色电流限制。有效值为 0-1023。

#### 10.3.4.2 X 组

这些值指定了每个颜色和颜色组的照片反馈 DAC 级别。有效值为 0-4095。如果未使用颜色组，则应将值设置为 0。

#### 10.3.4.3 空白级别

这些值指定每种颜色的当前空白级别。有效值为 0-1023。

#### 10.3.4.4 CMODE 启用

该值决定是否在光驱动电路中启用额外的电容值。该值通常会在连续模式和不连续模式运行之间变化，其中对连续模式使用小电容。

表 10-5. CMODE 启用值

值	说明
0x0	TPS99000-Q1 CMODE 信号 = 0 (通常用于连续模式)
0x1	TPS99000-Q1 CMODE 信号 = 1 (通常用于不连续模式)

#### 10.3.4.5 同步周期

该值指定同步时钟周期。

表 10-6. 同步周期值

值	说明
0x0	同步引脚低电平
0x1 - 0x8	无效，请勿使用。
0x9 - 0xFF	同步周期 = (N+1) * (SEQ_CLK 周期)

#### 10.3.4.6 COMPOUT 低电平时间

COMPOUT 低电平周期 = (N+2) \* (SEQ\_CLK 周期)。最小周期为 4 个 SEQ\_CLK 周期。0x0 - 0x2 将产生 4 个 SEQ\_CLK 周期。

### 10.4 暂存区数据

有四个闪存暂存块，可用于存储所需的任何数据。这些块中的数据无论如何都不会用于 DLPC230-Q1 软件配置。表 10-7 中显示了每个单独块的数据结构。

多字节值使用小端字节序格式 (LSB 在前)。

每个块的大小为一个闪存扇区 (4096 字节)，块数据必须填充闪存扇区。填充字节应为 0xFF。

表 10-7. 暂存区数据

字节地址 (十六进制)	0	1	2	3
0000	'O' <sub>C</sub>	'E' <sub>C</sub>	'M' <sub>C</sub>	Block Number <sub>U8</sub>
0004	CRC <sub>U32</sub>			
0008	SIZE <sub>U32</sub> = 4084			
000C	Major <sub>U8</sub>	Minor <sub>U8</sub>	Patch <sub>U16</sub>	
0010	自定义数据			
...				
0FFC				

#### 10.4.1 CRC

32 位 CRC 的实现方式如下：

- 多项式  $x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$  (正常多项式表示 = 0x04C11DB7)
- 初始值为 0xFFFFFFFF

在计算 CRC 之前，数据的每个字内的字节 (4 个字节) 必须反转。例如，在使用数据字 0xAABBCCDD 时，CRC 中要使用的值为 0xDDCCBBAA。

CRC 必须包含暂存块中从 “Size” 字段之后开始的所有字，包括最多为闪存扇区大小的所有填充字节。

#### 10.4.2 块编号

块编号可以区分用于部分闪存编程和部分闪存读取的四个暂存块。有效值为 0、1、2、3。

#### 10.4.3 版本 (主要、次要、补丁)

版本字段必须与预期的闪存结构版本匹配。此值可能随新的软件版本而改变，但可以使用 [闪存结构版本 - 读取](#) 命令读回。

#### 10.4.4 自定义数据

此字段可包含任何所需内容。DLPC230-Q1 软件不会使用此字段。



## A.1 引导应用程序

下表介绍了在执行引导应用程序期间可能收到的错误代码。

表 A-1. 引导应用程序错误代码

代码	名称	说明
03	闪存超出范围	如果闪存映像大于 128Mb，则在闪存写入命令期间设置。
04	闪存读取超时	如果无法读取闪存器件 ID，则在启动期间设置。
05	闪存忙	如果另一个操作已在访问闪存存储器，则在任何闪存读取、擦除或写入操作期间设置。
06 - 09	内部错误	内部系统错误。如需更多信息，请联系 TI。
10	无效命令类型	如果命令接口的下一个字节类型不正确，则设置该代码。例如，在需要操作码字节时读取数据字节。如果主机为特定命令发送的字节过多或过少，则可能会发生这种情况。
11	无效命令格式	如果使用“读取预取”命令发送的操作码实际上是“写入”操作码，或者“读取预取”命令不包含操作码参数，则设置该代码。如果没有提供数据有效载荷长度，那么在闪存写入期间也可以设置该代码。
13	闪存写入序列无效	如果闪存没有被擦除，则在执行闪存写入命令期间设置该代码。
14	内部错误	内部系统错误。如需更多信息，请联系 TI。
15	命令操作码无效	所请求的命令操作码不存在。
16	无效命令签名	如果以下命令的签名字节无效，则设置该代码：系统复位、闪存擦除、清除错误历史，或清除短状态。
17	内部错误	内部系统错误。如需更多信息，请联系 TI。
18	命令 CRC/校验和不匹配	命令中的 CRC 或校验和无效。
19	命令有效载荷大小不匹配	命令有效载荷大小与传输的字节数不匹配。
20	内部错误	内部系统错误。如需更多信息，请联系 TI。
22	软件 FIFO 满	软件命令 FIFO 已满，无法接受更多命令。可通过在命令事务之间等待“系统繁忙短状态”位设置为低电平来避免此错误，以便 FIFO 不会发生过载。
24	闪存应用程序块 ID 错误	如果闪存映像检测到应用程序二进制数据中存在错误，则在启动期间设置。
25	内部错误	内部系统错误。如需更多信息，请联系 TI。
26	闪存无效器件	如果在启动期间未找到闪存器件、在启动期间找到未知闪存器件、未找到闪存器件并请求“闪存擦除”，或未找到闪存器件并请求“闪存写入”命令，则设置该代码。
28 - 29	内部错误	内部系统错误。如需更多信息，请联系 TI。
30	闪存表 CRC 错误	验证闪存表时检测到 CRC 错误。
31 - 33	内部错误	内部系统错误。如需更多信息，请联系 TI。
34	闪存表 ID 错误	闪存表签名未位于正确的地址。如果闪存的前 4 个字节被擦除或损坏，则在尝试闪存验证或转换到主应用程序时会发生此错误。
35 - 58	内部错误	内部系统错误。如需更多信息，请联系 TI。
70	错误的命令标头格式	主机命令标头格式无效。
71	读取激活无效的 CRC/校验和	主机命令在“读取激活”命令期间具有无效的 CRC 或校验和。

**表 A-1. 引导应用程序错误代码 (续)**

代码	名称	说明
72	读取激活标头提前终止	主机在整个标头数据发送之前终止了“读取激活”事务。
73	读取激活响应提前终止	主机在整个读取有效载荷发送之前终止了“读取激活”事务。
74	读取激活延迟终止	主机根据读取有效载荷长度晚于预期时间终止了“读取激活”事务。
75	读取激活数据不可用	如果主机发送“读取激活”命令时没有可用的读取数据,则设置该代码。
76	主机 RX FIFO 上溢	接收到的主机命令导致读取 FIFO 上溢,进而导致前一个读取命令中的数据丢失。
77	内部错误	内部系统错误。如需更多信息,请联系 TI。
78	短状态无效的 CRC/校验和	主机命令在“短状态”命令期间具有无效的 CRC 或校验和。
79	短状态标头提前终止	主机在整个短状态标头发送之前终止了短状态事务。
80	短状态响应提前终止	主机在发送整个短状态响应之前终止了短状态事务。
81	短状态延迟终止	主机晚于预期时间终止了短状态事务。
82	主机 TX FIFO 上溢	软件已尝试向完整的主机接口 FIFO 写入数据。
85 - 121	内部错误	内部系统错误。如需更多信息,请联系 TI。
123	闪存 FIFO 超时	如果软件在等待串行闪存控制器时超时,则在“闪存写入”命令期间设置该代码。如果在检索闪存器件 ID 时串行闪存控制器超时,也可能在启动期间设置该代码。
124 - 128	内部错误	内部系统错误。如需更多信息,请联系 TI。
129	无效的读取预取操作码	使用“读取预取”命令发送了无效的读取操作码。
130	内部错误	内部系统错误。如需更多信息,请联系 TI。
131	引导应用程序加载 CRC 错误	将引导应用程序传输到 RAM 时检测到 CRC 错误。
132	主应用程序加载 CRC 错误	将主应用程序传输到 RAM 时检测到 CRC 错误。
133	RAM 中的主应用程序 CRC 错误	将主应用程序传输到 RAM 后检测到 CRC 错误。
134	闪存块验证 CRC 错误	在验证闪存内容时检测到 CRC 错误。
136	内部错误	内部系统错误。如需更多信息,请联系 TI。
137	内部错误	内部系统错误。如需更多信息,请联系 TI。

## A.2 主应用程序

下表介绍了在主应用程序执行期间可能收到的错误代码。该初步列表并未定义每个错误代码，将在主应用程序开发期间进行更新。

**表 A-2. 主应用程序错误代码**

代码	名称	说明
03	闪存超出范围	如果闪存映像大于 128Mb，则在闪存写入命令期间设置。
04	闪存读取超时	如果无法读取闪存器件 ID，则在启动期间设置。
05	闪存忙	如果另一个操作已在访问闪存存储器，则在任何闪存读取、擦除或写入操作期间设置。
06 - 09	内部错误	内部系统错误。如需更多信息，请联系 TI。
10	无效命令类型	如果命令接口的下一个字节类型不正确，则设置该代码。例如，如果在需要操作码字节时读取数据字节。如果主机为特定命令发送的字节过多或过少，则可能会发生这种情况。
13	闪存写入序列无效	如果闪存没有被擦除，则在执行闪存写入命令期间设置该代码。
15	命令操作码无效	所请求的命令操作码不存在。
16	无效命令签名	如果以下命令的签名字节无效，则设置该代码：系统复位、闪存擦除、清除错误历史，或清除短状态。
17	内部错误	内部系统错误。如需更多信息，请联系 TI。
18	命令 CRC/校验和不匹配	命令中的 CRC 或校验和无效。
19	命令有效载荷大小不匹配	命令有效载荷大小与传输的字节数不匹配。
20	内部错误	内部系统错误。如需更多信息，请联系 TI。
22	软件 FIFO 满	软件命令 FIFO 已满，无法接受更多命令。可通过在命令事务之间等待“系统繁忙”短状态”位设置为低电平来避免此错误，以便 FIFO 不会发生过载。
26	闪存无效器件	如果在启动期间未找到闪存器件、在启动期间找到未知闪存器件、未找到闪存器件并请求“闪存擦除”，或未找到闪存器件并请求“闪存写入”命令，则设置该代码。
33 - 46	内部错误	内部系统错误。如需更多信息，请联系 TI。
70	错误的命令标头格式	主机命令标头格式无效。
71	读取激活无效的 CRC/校验和	主机命令在“读取激活”命令期间具有无效的 CRC 或校验和。
72	读取激活标头提前终止	主机在整个标头数据发送之前终止了“读取激活”事务。
73	读取激活响应提前终止	主机在整个读取有效载荷发送之前终止了读取激活事务。
74	读取激活延迟终止	主机根据读取有效载荷长度晚于预期时间终止了读取激活事务。
75	读取激活数据不可用	如果主机发送“读取激活”命令时没有可用的读取数据，则设置该代码。
76	主机 RX FIFO 上溢	接收到的主机命令导致读取 FIFO 上溢，进而导致前一个读取命令中的数据丢失。
77	内部错误	内部系统错误。如需更多信息，请联系 TI。
78	短状态无效的 CRC/校验和	主机命令在“短状态”命令期间具有无效的 CRC 或校验和。
79	短状态标头提前终止	主机在整个短状态标头发送之前终止了短状态事务。
80	短状态响应提前终止	主机在发送整个短状态响应之前终止了短状态事务。
81	短状态延迟终止	主机晚于预期时间终止了短状态事务。
82	主机 TX FIFO 上溢	软件已尝试向完整的主机接口 FIFO 写入数据。
94 - 121	内部错误	内部系统错误。如需更多信息，请联系 TI。
123	闪存 FIFO 超时	如果软件在等待串行闪存控制器时超时，则在“闪存写入”命令期间设置该代码。如果在检索闪存器件 ID 时串行闪存控制器超时，也可能在启动期间设置该代码。
125 - 128	内部错误	内部系统错误。如需更多信息，请联系 TI。
129	无效的读取预取操作码	使用“读取预取”命令发送了无效的读取操作码。
139	命令错误	边框水平偏移超过 -10% 限制。

**表 A-2. 主应用程序错误代码 (续)**

代码	名称	说明
140	命令错误	边框水平偏移超过 +10% 限制。
141	命令错误	边框垂直偏移超过 -50% 限制。
142	命令错误	边框垂直偏移超过 +50% 限制。
143 - 147	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
148	命令错误	边框水平偏移不是 2 的倍数。
149	命令错误	图像方向 (翻转) 无效。
150 - 153	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
154	保险丝 ID 错误代码	行数 * 像素数超出此产品的最大分辨率
157 - 161	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
162	命令错误	边框垂直偏移不是 4 的倍数。
163	命令错误	执行延迟错误。
164	命令错误	GPIO 所有者无效。
165	命令错误	GPIO 方向错误。
166	命令错误	未找到照度分级。
167	命令错误	未找到系统模式。
168	命令错误	对比度参数错误。
169	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
170	命令错误	闪存无效块类型。
171	命令错误	闪存无效块大小。
172	命令错误	闪存无效块版本。
173	命令错误	闪存数据类型无效。
174	命令错误	批处理命令无效。
175	命令错误	批处理命令集无效索引。
176	命令错误	闪存无效命令序列。
177	命令错误	有效载荷长度无效。
179	命令错误	ADC 测量起始或长度参数超出范围。
180	命令错误	在当前运行模式下不允许使用命令。
181	命令错误	温度补偿源选择无效。
182	命令错误	闪存更新后, 需要复位。
185 - 200	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
201	命令错误	所选源类型无效。
202 - 205	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
206	命令错误	请求的索引处没有启动界面。
207 - 213	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
214	命令错误	ASIC 器件 ID 尚不可用。
215	命令错误	系统必须保持在待机模式, 直到发生复位。
216	命令错误	ASIC 器件 ID 选择无效。
217	命令错误	运行模式选择无效模式。
218	命令错误	温度补偿参数无效。
219	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
220	命令错误	DMD 存储器 BIST 列失败。
221	命令错误	DMD 存储器 BIST 失败。
222	BIST 错误	调光/ping BIST 丢失失败。在配置的时间范围内未收到调光/ping 命令。

表 A-2. 主应用程序错误代码 (续)

代码	名称	说明
223	命令错误	诊断存储器的起始索引超出范围。
224	命令错误	诊断存储器的字节数超出范围。
229	命令错误	外部视频校验和开始列无效。
230	命令错误	外部视频校验和每行像素数无效。
231	命令错误	外部视频校验和起始行无效。
232	命令错误	外部视频校验和每帧行数无效。
233	命令错误	未提供用于外部视频校验和的设置。在启用测试之前写入“外部视频校验和设置”命令。
234	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
237	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
238	命令错误	已尝试更改外部视频校验和设置, 但已启用外部视频校验和。
239	命令错误	画面平均值命令参数超出范围。
240	命令错误	命令不适用于此产品类型。
241	命令错误	TPS99000-Q1 RGB 限制参数超出范围。
242	命令错误	TPS99000-Q1 TIA2 参数错误。
243 (HUD)	命令错误	TPS99000-Q1 命令的校准命令错误。
244	命令错误	命令的周期性 BIST 由闪存设置禁用、无法通过主机命令启用。
245	命令错误	CMODE 值超出范围。
246	命令错误	插座连通性测试能够读取 DMD ID
247	命令错误	不进行插座测试后需要复位
512	BIST 错误	后端 BIST 1 失败。
513-516	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
517	BIST 错误	诊断紧急关闭。
518	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
519	BIST 错误	存储器 BIST 17 失败。
520	BIST 错误	存储器 BIST 18 失败。
521	BIST 错误	存储器 BIST 19 失败。
522	BIST 错误	存储器 BIST 20 失败。
523	BIST 错误	存储器 BIST 21 失败。
524	BIST 错误	前端 BIST 1 失败。
525	BIST 错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
526	BIST 错误	闪存表传输 CRC 失败。
527	BIST 错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
528	BIST 错误	外部视频校验和控制无效。
529	BIST 错误	非周期性测试无效。
530	BIST 错误	存储器 BIST 1 失败。
531	BIST 错误	存储器 BIST 2 失败。
532	BIST 错误	TPS99000-Q1 信号接口 BIST 失败。
533	BIST 错误	存储器 BIST 22 失败。
534	BIST 错误	DLPC230-Q1 命令和闪存接口存储器测试失败。
535	BIST 错误	由于校验和不匹配, 外部视频校验和失败。
536	BIST 错误	存储器 BIST 23 失败。
537	BIST 错误	存储器 BIST 24 失败。

**表 A-2. 主应用程序错误代码 (续)**

代码	名称	说明
538	BIST 错误	存储器 BIST 26 失败。
539	BIST 错误	存储器 BIST 25 失败。
540	BIST 错误	存储器 BIST 3 失败。
541	BIST 错误	存储器 BIST 12 失败。
542	BIST 错误	存储器 BIST 13 失败。
543	BIST 错误	存储器 BIST 14 失败。
544	BIST 错误	存储器 BIST 15 失败。
545	BIST 错误	存储器 BIST 16 失败。
546	BIST 错误	存储器 BIST 4 失败。
547	BIST 错误	存储器 BIST 5 失败。
548	BIST 错误	存储器 BIST 6 失败。
549	BIST 错误	存储器 BIST 7 失败。
550	BIST 错误	存储器 BIST 8 失败。
551	BIST 错误	存储器 BIST 9 失败。
552	BIST 错误	存储器 BIST 10 失败。
553	BIST 错误	存储器 BIST 11 失败。
554 - 555	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
556	DMD 训练错误	DMD HS 训练失败: 返回无效结果。
557	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
558	BIST 错误	外部视频帧计数超出序列。
559	DMD 训练错误	DMD HS 训练失败: DLL 窗口不足。
560 - 563	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
564	DMD 兼容性错误	TPS99000-Q1 像素类型配置与系统中使用的 DMD 不兼容。
565	DMD LS 错误	在 DMD 低速接口的事务期间接收到意外数据。
566	闪存配置错误	无效外部视频校验和失败操作。
567 - 572	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
573	DMD 训练错误	DMD HS 训练失败: 实时测试控制器 HS 训练错误 1。
574	DMD 训练错误	DMD HS 训练失败: 实时测试控制器 HS 训练错误 2。
575	DMD 训练错误	DMD HS 训练失败: 实时测试控制器 HS 训练错误 3。
576	DMD 训练错误	DMD HS 训练失败: 实时测试控制器 HS 训练处理错误。
577	DMD LS 错误	DMD 低速验证失败: 处理错误。
578 - 586	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
587	闪存错误	串行闪存器件已锁定。
588	系统模式错误	当前选择的系统模式与源帧速率不兼容。
589	去伽马误差	在闪存数据中未找到所请求的去伽马表。
590	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
591	ADC 错误	手动读取 ADC 通道测量值的尝试请求了无效通道 (-1)。
592 - 595	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
596	ADC 错误	ADC 测量错误: 超出重试次数。
597	ADC 错误	ADC 接口通信错误。传输过程中发生数据、奇偶校验或停止位错误。
598 - 600	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
601	ADC 错误	已尝试手动读取 ADC 测量值, 但通道选择无效 ( $\geq 64$ )。
602	ADC 错误	ADC 测量误差: 在最小值或最大值时饱和的值。

表 A-2. 主应用程序错误代码 (续)

代码	名称	说明
603 - 625	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
626	TPS99000-Q1 接口错误	读取期间发生 TPS99000-Q1 奇偶校验错误。
627	TPS99000-Q1 接口错误	写入期间发生 TPS99000-Q1 奇偶校验错误。
628 - 632	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
634	线程监视器错误	线程在超时无响应。
636	DMD 访问错误	DMD 低速接口通信失败。ASIC 没有收到来自 DMD 的 ACK。如果 DMD 连接问题或闪存低速端口配置与硬件连接不匹配, 则可能会发生这种情况。
637 - 652	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
653	闪存表错误	闪存表类型 1 CRC 失败。
654	闪存表错误	闪存表类型 2 CRC 失败。
655	闪存表错误	闪存表类型 3 传输 CRC 失败。
656	闪存表错误	闪存表类型 3 CRC 失败。
657	闪存表错误	闪存表类型 4 CRC 失败。
658	闪存表错误	闪存表类型 5 存储器访问失败。
659	闪存表错误	闪存表类型 5 CRC 失败。
660	闪存表错误	闪存表类型 6 存储器 CRC 失败。
661	闪存表错误	闪存表类型 7 存储器 CRC 失败。
662	内部错误	内部错误。如需更多信息, 请联系 TI。
663	闪存表错误	闪存表类型 8 存储器 CRC 失败。
664	闪存表错误	闪存表类型 9 存储器访问失败。
665	源错误	外部源测量的每帧有效扫描行数与源定义不一致。
666	源错误	外部源每行测得的有效像素数与源定义不一致。
667 - 668	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
669	源错误	外部源 Open LDI DLL 无法锁定到像素时钟。
670	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
671	源错误	外部源 Open LDI 端口像素时钟频率不在允许的范围内。
672	源错误	外部源 Open LDI 每行总像素数不稳定。
673	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
674	源错误	外部源并行端口像素时钟频率不在允许的范围内。
675	源错误	外部源并行端口每行总像素数不稳定。
676	源错误	外部源像素时钟高于允许范围。
677	源错误	外部源像素时钟低于允许范围。
678	源错误	外部源 VSYNC 频率大于定义的最大值。
679	源错误	外部源 VSYNC 频率小于定义的最小值。
680 - 687	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
688	源错误	所选源无效 (非外部源、测试模式或启动界面)。
689 - 712	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
713	时钟配置错误	已尝试在 DMD 接口上启用展频, 但展频使能信号配置为将其保持禁用状态。
714 - 733	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
734	时钟配置错误	已尝试在时钟发生器上启用展频, 但展频使能信号配置为使其保持禁用状态。
735 - 742	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
743	闪存配置错误	闪存结构版本与主应用程序所需的结构版本不一致。
744	闪存配置错误	不支持闪存块类型。

表 A-2. 主应用程序错误代码 (续)

代码	名称	说明
745	闪存配置错误	闪存表地址超出有效范围。
746	闪存配置错误	闪存块不存在。
747 - 758	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
760	BIST 错误	由于值超出范围, 视频帧计数器无法锁定。
761	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
762	闪存错误	闪存数据验证 CRC 失败。
763 - 777	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
778	GPIO 错误	引脚访问无效。
779	GPIO 错误	引脚方向无效。
780	GPIO 错误	极性类型无效。
781 - 836	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
843	系统电压误差	系统 1.1V 电源轨超出范围。
844	系统电压误差	系统 1.8V 电源轨超出范围。
845	系统电压误差	系统 3.3V 电源轨超出范围。
846	系统电压误差	ADC 外部 VREF 电压超出范围。
847	系统电压误差	DVDD 电压超出范围。
848	系统电压误差	LDOT_M8 电压超出范围。
849	系统电压误差	VMAIN 电压超出范围。
850 - 868	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
869	温度错误	温度传感器远程通道打开。这由从温度传感器状态读取的位确定。这可能是由于 DMD 温度检测二极管和温度传感器之间的连接出现故障而导致的。
870-871	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
872	温度错误	温度传感器不存在。
873 - 874	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
875	温度错误	读取温度期间发生错误。
876	温度错误	未知的温度传感器设备。
877 - 881	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
887	ADC 错误	TPS99000-Q1 ADC 接口测量读取错误: 检测到 TPS99000-Q1 数据接收错误、ADC 命令控制时间轴违规错误、TPS99000-Q1 输入全部为高电平或 TPS99000-Q1 禁用错误。
888	DMD 接口错误	尝试停止 DMD 失败。
889	DMD 接口错误	尝试解除停止 DMD 失败。
890	BIST 错误	TPS99000-Q1 芯片上的热条件已达到警告级别。如果温度继续升高, 系统将达到芯片过热错误温度, TPS99000-Q1 将采取紧急措施。
891	TPS99000-Q1 接口错误	执行上一条命令时主 SPI 端口事务 (命令或写入数据) 发生 TPS99000-Q1 奇偶校验错误。
892	TPS99000-Q1 误差	TPS99000-Q1 顶层状态机意外改变了状态。可用于向处理器指示 TPS99000-Q1 因故障退出了 DISPLAY 状态。
893	ADC 错误	TPS99000-Q1 ADC 错误位被置位。这可能是由于 ADC 接口上的 ADC 测量饱和、测量下溢或奇偶校验错误导致的。
894	DMD 器件 ID 错误	DMD 器件 ID 与闪存项目设置不匹配。
895	温度错误	温度低于最低 DMD 停驻温度。
896	温度错误	温度高于最高 DMD 停驻温度。
897	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
898	BIST 错误	DMD 时钟超出范围。

表 A-2. 主应用程序错误代码 (续)

代码	名称	说明
899	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
900	温度错误	DMD 已停止, 温度功能指示不允许 DMD 解除停止。
901	闪存配置错误	TPS99000-Q1 产品 ID 与闪存中的值不匹配。请注意, 产品 ID 与 TPS99000-Q1 版本号不同。
905	校准错误	在自动修整过程中找不到有效的 TIA1 修整值。
906	校准错误	相邻温度区域的校准数据中温度值不同。
907	校准错误	温度区内的校准表数量不足。
908 - 910	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
911	闪存读取错误	尝试读取闪存数据, 但闪存块已被擦除。
912	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
913	源错误	外部源已丢失。这可能是由于源丢失监控导致的, 也可能由于视频校验和等其他外部源测试故障而触发。
914	源错误	外部源已丢失, 尝试转换到备用源失败。
915	BIST 错误	平均图片水平超出其指定限制。
916	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
917	BIST 错误	亮度过高检测器指示过亮的故障情况。
918-919	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
920	命令错误	TPS99000-Q1 照明同步控制设置超出范围。
921	命令错误	TPS99000-Q1 TIA1 输入偏移设置超出范围。
922	命令错误	TPS99000-Q1 TIA1 电容设置超出范围。
923	命令错误	TPS99000-Q1 TIA1 增益设置超出范围。
924	命令错误	TPS99000-Q1 TIA1 RGB DAC 级别设置超出范围。
925	命令错误	TPS99000-Q1 RGB DAC 写入参数超出范围。
926	命令错误	TPS99000-Q1 RGB DAC 读取参数超出范围。
927	命令错误	TPS99000-Q1 RGB 空白电流电平写入参数超出范围。
929	命令错误	TPS99000-Q1 TIA1 增益设置写入参数超出范围。
930	命令错误	TPS99000-Q1 TIA1 电容设置写入参数超出范围。
931	命令错误	TPS99000-Q1 TIA1 暗偏移设置写入参数超出范围。
932	命令错误	TPS99000-Q1 TIA1 输入偏移设置写入参数超出范围。
933	命令错误	TPS99000-Q1 DM 脉宽设置写入参数超出范围。
934	命令错误	TPS99000-Q1 驱动模式设置写入参数超出范围。
935	命令错误	TPS99000-Q1 ADC 配置设置写入参数超出范围。
936	命令错误	TPS99000-Q1 照明同步控制设置写入参数超出范围。
937	命令错误	TPS99000-Q1 照明 DM 脉宽设置写入参数超出范围。
938	BIST 错误	第 1 组寄存器组中出现 TPS99000-Q1 校验和错误。
939	BIST 错误	第 2 组寄存器组中出现 TPS99000-Q1 校验和错误。
940	BIST 错误	第 3 组寄存器组中出现 TPS99000-Q1 校验和错误。
941	BIST 错误	在发送请求的传输以进行 DMD 低速接口验证之后未收到来自 DMD 的 ACK, 或者检测到 DMD 寄存器比较错误。
942 - 945	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
946	源错误	预期的 VSYNC 信号未在分配的时间内到达。
947-948	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
949	BIST 错误	DMD VRESET 电压读数超出范围。

**表 A-2. 主应用程序错误代码 (续)**

代码	名称	说明
950	BIST 错误	DMD VOFFSET 电压读数超出范围。
951	BIST 错误	DMD VBIAS 电压读数超出范围。
952	ADC 错误	序列中止, 因此无法读取 ADC 测量数据。
953	源错误	定义将在外部源丢失时显示的源的闪存数据包含无效设置 (测试模式、启动界面、系统模式或 VSYNC 频率)。
954	BIST 错误	检测到多位 ECC 存储器错误。
955	BIST 错误	检测到一位 ECC 存储器错误。
956 - 960	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
961	BIST 错误	序列时钟比率不在指定限制范围内。
962 - 966	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
967	BIST 错误	DMD 复位指令看门狗错误。
968	BIST 错误	序列发生器指令看门狗错误。
969	BIST 错误	帧存储器缓冲区交换看门狗错误。
970 - 971	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
972	BIST 错误	寄存器 CRC 不匹配。
973 - 974	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
975	校准错误	校准数据太大, 无法放入分配的 IRAM 空间。
976	校准错误	校准数据地址在 IRAM 地址空间之外。
977	校准错误	没有可用的校准数据。
978	校准错误	当前系统温度不存在校准表。
979	校准错误	当前系统模式不存在校准表。
980	校准错误	所选系统模式索引的校准表粗调参数不匹配。
981	校准错误	所选系统模式索引的两个或更多个校准表具有相同温度。
982	校准错误	所需系统模式的校准数据与序列数据不兼容。
983 - 999	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
1000	源错误	垂直空白误差。最有可能是垂直前沿不足导致的。
1001 - 1006	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
1007	BIST 错误	DMD 低速接口奇偶校验错误。
1008	系统电压误差	ADC 外部带隙电压超出范围。
1009 - 1010	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
1011	BIST 错误	TPS99000-Q1 看门狗 1 未在预期触发窗口内检测到上升沿。
1012	BIST 错误	TPS99000-Q1 看门狗 2 未在预期触发窗口内检测到上升沿。
1013 - 1014	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
1015	系统电压误差	驱动器电源电压超出范围。
1016	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
1017 - 1022	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
1023	内部错误	由于发生错误, 启动界面线程已终止。
1024 - 1025	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
1026	闪存配置错误	TPS99000-Q1 版本与闪存中的值不匹配。
1027 - 1067	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
1068	命令错误	诊断存储器接口接收到无效命令
1069	命令错误	无法命令执行亮度过高 BIST, 因为功能在闪存中设置为内部模式
1070	BIST 错误	DAC ADC 环路 BIST: 电流控制 DAC 误差

表 A-2. 主应用程序错误代码 (续)

代码	名称	说明
1071	BIST 错误	DAC ADC 环路 BIST : 照片反馈 DAC 错误
1072	BIST 错误	DAC ADC 环路 BIST : 过亮 DAC 错误
1073	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
1074	校准错误	系统数据中不存在校准数据中指定的照度分级。
1075	校准错误	调光参数 R_CSP 电阻器等于零。值必须大于 0。
1076	校准错误	低侧检测电阻参数 R_LSS 等于零。值必须大于 0。
1077 - 1078	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
1079	BIST 错误	提供的电流限制百分比阈值不在 0-100 之内。
1080	BIST 错误	照片反馈 BIST 失败。
1081	TPS99000-Q1 接口错误	TPS99000-Q1 SPI 事务检测到交换字节的读取。
1082	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。
1083	PWM 温度管理错误	DMD 和 PWM 温度管理均启用且使用相同的 PWM GPIO
1084	PWM 温度管理错误	PWM 温度管理占空比设置超出 0-100% 的范围。验证闪存中的 LUT 是否正确。
1085	PWM 温度管理错误	PWM 温度管理输出选择无效。
1086	PWM 温度管理错误	PWM 温度管理温度源无效。请参阅节 8.2.35
1087	PWM 温度管理错误	PWM 温度无法设置 PWM 输出。
1088	调光级别覆盖温度管理错误	调光级别温度管理覆盖百分比超出范围。请指定一个介于 0-100 之间的值。
1089	调光级别覆盖温度管理错误	调光级别温度管理覆盖源无效。
1090	调光级别覆盖温度管理错误	调光级别温度管理未能更新调光级别百分比值。
2011 - 2043	内部错误	内部系统错误。如需更多信息, 请联系 TI。



注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision F (October 2020) to Revision G (July 2024)	Page
• 经过更新以包括 DLPC231 DLP462x-Q1 系列芯片；更新为包容性语言.....	15
• 更新为包容性术语.....	22
• 添加了一个新章节，其中介绍了 DLPC23x-Q1 与菱形配置结合使用时支持的不同类型的处理模式.....	42
• 添加了关于 DLP462xx-Q1 DMD 分辨率兼容性的重要说明.....	45
• 添加了 0.46" DMD 支持的分辨率.....	49
• 指出了 DLP4620S-Q1 DMD 的限制.....	49
• 添加了 PWM 温度管理功能.....	57
• 添加了调光级别覆盖温度管理功能.....	58
• 添加了命令 35h-44h.....	113
• 指出了 DLP4620S-Q1 DMD 的限制.....	121
• 添加了 PWM 温度管理使能 - 写入 (35h).....	137
• 添加了 PWM 温度管理使能 - 读取 (36h).....	138
• 添加了 PWM 温度管理源 - 写入 (37h).....	138
• 添加了 PWM 温度管理源 - 读取 (38h).....	138
• 添加了 PWM 温度管理占空比 - 读取 (39h).....	138
• 添加了调光级别覆盖温度管理使能 - 写入 (40h).....	139
• 添加了调光级别覆盖温度管理使能 - 读取 (41h).....	139
• 添加了调光级别覆盖温度管理源 - 写入 (42h).....	139
• 添加了调光级别覆盖温度管理源 - 读取 (43h).....	139
• 添加了调光级别覆盖温度管理占空比 - 读取 (44h).....	140
• 添加了 DLP462XX-Q1 (0.46") 的器件 ID.....	179
• 添加了保险丝 ID 错误代码 154；添加了错误代码 1085-1090.....	209

## 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