

MIPI DSI 协议介绍

一、MIPI

MIPI（移动行业处理器接口）是 **Mobile Industry Processor Interface** 的缩写。MIPI（移动行业处理器接口）是 MIPI 联盟发起的为移动应用处理器制定的开放标准。

已经完成和正在计划中的规范如下：

工作组	规范名称
Camera工作组	<ul style="list-style-type: none">• MIPI Camera Serial Interface 1.0 specification• Camera Serial Interface 2 v1.0 (CSI-2)
Device Descriptor Block工作组	暂无
DigRF工作组	<ul style="list-style-type: none">• DigRF BASEBAND/RF DIGITAL INTERFACE SPECIFICATION Version 1.12
Display工作组	<ul style="list-style-type: none">• DBI-2• DPI-2• DSI• DCS
高速同步接口工作组	<ul style="list-style-type: none">• HSI 1.0
接口管理框架工作组	暂无
低速多点连接工作组	<ul style="list-style-type: none">• SLIMbus
NAND软件工作组	暂无
物理层工作组	<ul style="list-style-type: none">• D-PHY• M-PHY
软件工作组	暂无
系统电源管理工作组	<ul style="list-style-type: none">• SPMI
检测与调试工作组	暂无
统一协议工作组	<ul style="list-style-type: none">• UniPro 1 point-to-point• PIE

二、MIPI 联盟的 MIPI DSI 规范

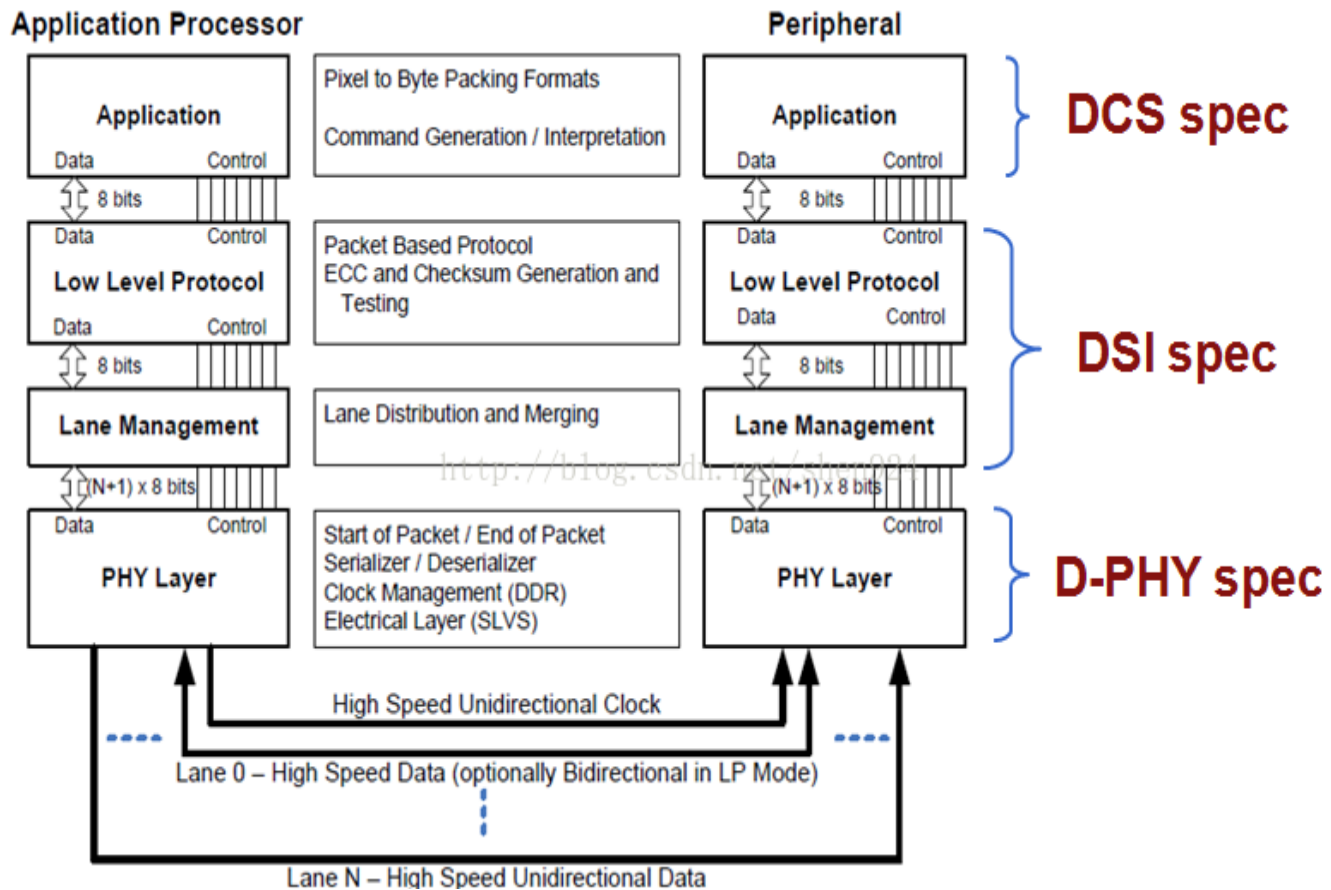
1、名词解释

- DCS (DisplayCommandSet): DCS 是一个标准化的命令集，用于命令模式的显示模组。
- DSI, CSI (DisplaySerialInterface, CameraSerialInterface)
 - DSI 定义了一个位于处理器和显示模组之间的高速串行接口。
 - CSI 定义了一个位于处理器和摄像模组之间的高速串行接口。
- D-PHY: 提供 DSI 和 CSI 的物理层定义

2、DSI 分层结构

DSI 分四层，对应 D-PHY、DSI、DCS 规范、分层结构图如下：

- PHY 定义了传输媒介，输入/输出电路和时钟和信号机制。
- Lane Management 层：发送和收集数据流到每条 lane。
- Low Level Protocol 层：定义了如何组帧和解析以及错误检测等。
- Application 层：描述高层编码和解析数据流。



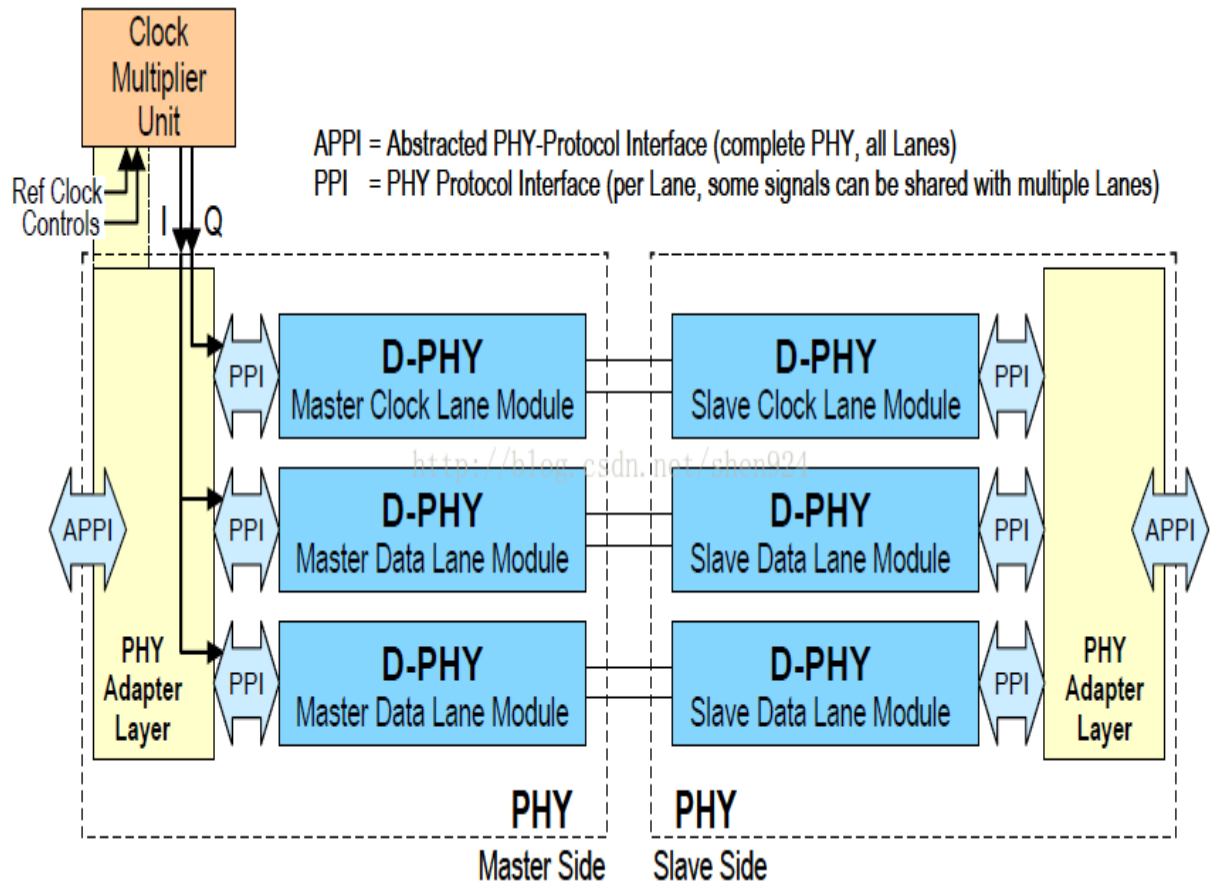
3、Command 和 Video 模式

- DSI 兼容的外设支持 **Command** 或 **Video** 操作模式，用哪个模式由外设的构架决定
- **Command** 模式是指采用发送命令和数据到具有显示缓存的控制器。主机通过命令间接的控制外设。**Command** 模式采用双向接口
- **Video** 模式是指从主机传输到外设采用时实像素流。这种模式只能以高速传输。为减少复杂性和节约成本，只采用 **Video** 模式的系统可能只有一个单向数据路径

三、D-PHY 介绍

1、D-PHY 描述了一同步、高速、低功耗、低代价的 PHY。

- 一个 PHY 配置包括
 - 一个时钟 lane
 - 一个或多个数据 lane
- 两个 Lane 的 PHY 配置如下图



- 三个主要的 lane 的类型
 - 单向时钟 Lane
 - 单向数据 Lane
 - 双向数据 Lane
 - **D-PHY 的传输模式**
 - 低功耗（Low-Power）信号模式（用于控制）：10MHz (max)
 - 高速（High-Speed）信号模式（用于高速数据传输）：80Mbps ~ 1Gbps/Lane
 - D-PHY 低层协议规定最小数据单位是一个字节
 - 发送数据时必须低位在前，高位在后。
 - D-PHY 适用于移动应用
 - DSI: 显示串行接口
 - 一个时钟 lane, 一个或多个数据 lane
 - CSI: 摄像串行接口
- ## 2、Lane 模块
- **PHY 由 D-PHY(Lane 模块)组成**
 - D-PHY 可能包含:
 - 低功耗发送器（LP-TX）
 - 低功耗接收器（LP-RX）
 - 高速发送器（HS-TX）
 - 高速接收器（HS-RX）

- 低功耗竞争检测器 (LP-CD)
- 三个主要 lane 类型
 - 单向时钟 Lane
 - Master: HS-TX, LP-TX
 - Slave: HS-RX, LP-RX
 - 单向数据 Lane
 - Master: HS-TX, LP-TX
 - Slave: HS-RX, LP-RX
 - 双向数据 Lane
 - Master, Slave: HS-TX, LP-TX, HS-RX, LP-RX, LP-CD

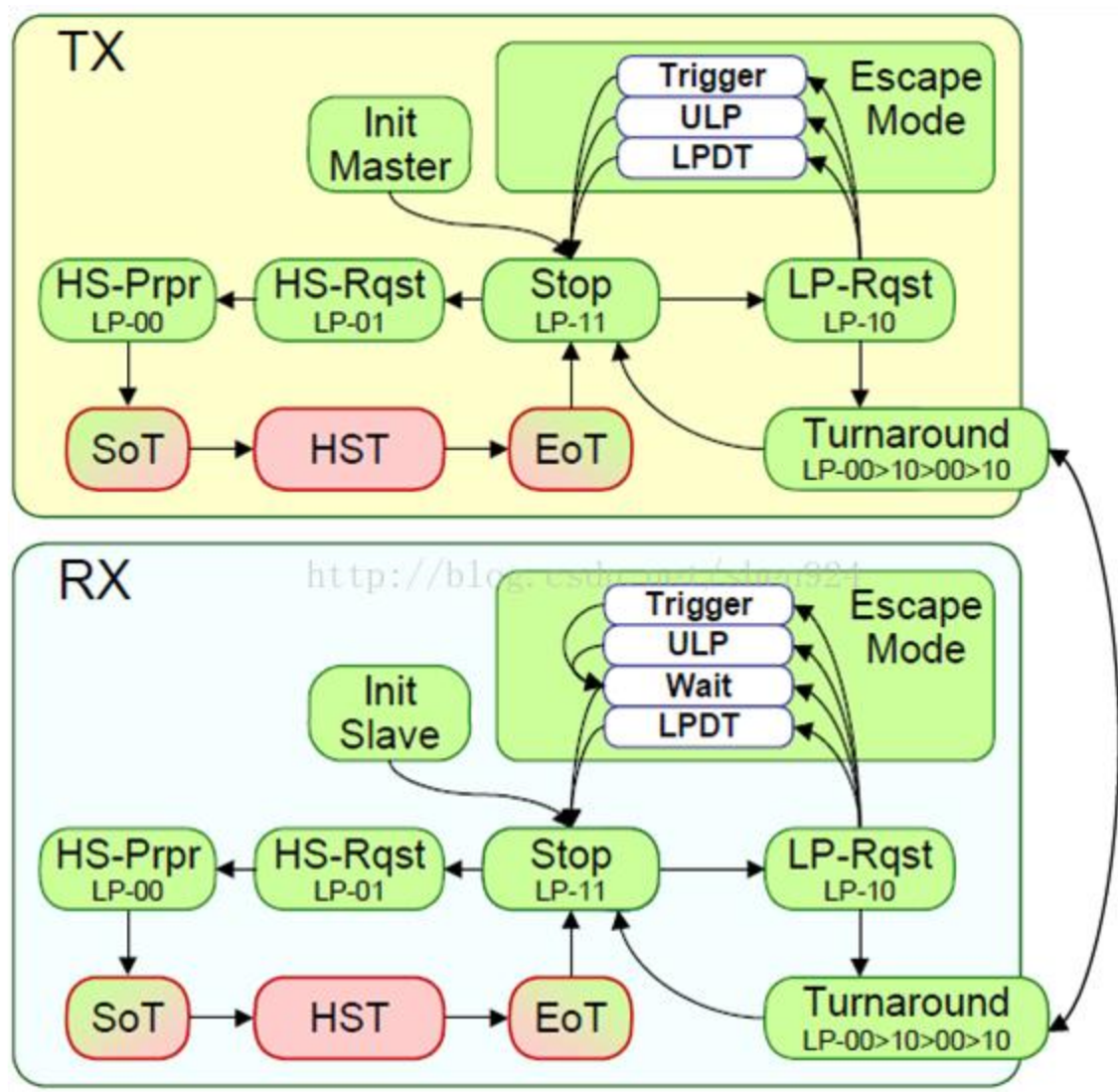
3、Lane 状态和电压

- Lane 状态
 - LP-00, LP-01, LP-10, LP-11 (单端)
 - HS-0, HS-1 (差分)
- Lane 电压 (典型)
 - LP: 0-1.2V
 - HS: 100-300mV (200mV)

4、操作模式

- **数据 Lane 的三种操作模式**
 - **Escape mode, High-Speed(Burst) mode, Control mode**
- 从控制模式的停止状态开始的可能事件有:
 - Escape mode request (LP-11→LP-10→LP-00→LP-01→LP-00)
 - High-Speed mode request (LP-11→LP-01→LP-00)
 - Turnaround request (LP-11→LP-10→LP-00→LP-10→LP-00)
- **Escape mode 是数据 Lane 在 LP 状态下的一种特殊操作**
 - 在这种模式下, 可以进入一些额外的功能: LPDT, ULPS, Trigger
 - 数据 Lane 进入 Escape mode 模式通过 LP-11→LP-10→LP-00→LP-01→LP-00
 - 一旦进入 Escape mode 模式, 发送端必须发送 1 个 8-bit 的命令来响应请求的动作
 - Escape mode 使用 Spaced-One-Hot Encoding
- 超低功耗状态 (Ultra-Low Power State)
 - 这个状态下, lines 处于空状态 (LP-00)
- 时钟 Lane 的超低功耗状态
 - 时钟 Lane 通过 LP-11→LP-10→LP-00 进入 ULPS 状态
 - 通过 LP-10 → TWAKEUP → LP-11 退出这种状态, 最小 TWAKEUP 时间为 1ms
- 高速数据传输
 - 发送高速串行数据的行为称为高速数据传输或触发 (burst)
 - 全部 Lanes 门同步开始, 结束的时间可能不同。
 - 时钟应该处于高速模式
- 各模式操作下的传输过程

- 进入 Escape 模式的过程：LP-11→LP-10→LP-00→LP-01→LP-00→Entry Code → LPD (10MHz)
- 退出 Escape 模式的过程：LP-10→LP-11
- 进入高速模式的过程：LP-11→LP-01→LP-00→SoT(00011101) → HSD (80Mbps ~ 1Gbps)
- 退出高速模式的过程：EoT→LP-11
- 控制模式 - BTA 传输过程：LP-11→LP-10→LP-00→LP-10→LP-00
- 控制模式 - BTA 接收过程：LP-00→LP-10→LP-11
- 状态转换关系图

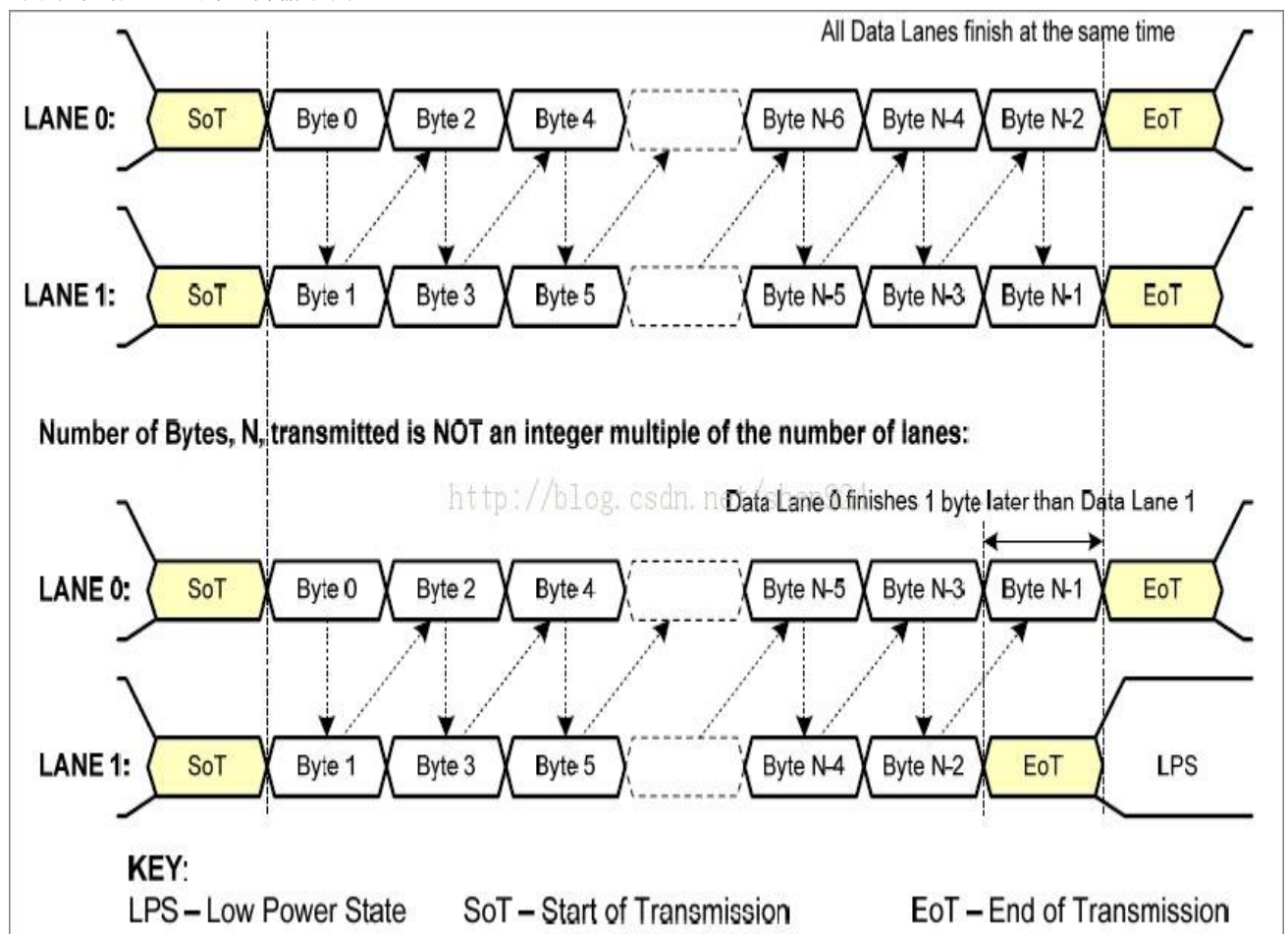


四、DSI 介绍

1、DSI 是一种 Lane 可扩展的接口，1 个时钟 Lane/1-4 个数据 Lane

- DSI 兼容的外设支持 1 个或 2 个基本的操作模式：
 - Command Mode（类似于 MPU 接口）
 - Video Mode（类似于 RGB 接口）- 必须用高速模式传输数据，支持 3 种格式的数据传输

- Non-Burst 同步脉冲模式♣
- Non-Burst 同步事件模式♣
- Burst 模式♣
- 传输模式：
 - 高速信号模式（High-Speed signaling mode）
 - 低功耗信号模式（Low-Power signaling mode） - 只使用数据 lane 0（时钟是由 DP，DN 异或而来）。
- 帧类型
 - 短帧：4 bytes (固定)
 - 长帧：6~65541 bytes (可变)
- 两个数据 Lane 高速传输示例



2、短帧结构

- 帧头部（4 个字节）
 - 数据标识(DI) 1 个字节
 - 帧数据- 2 个字节（长度固定为 2 个字节）
 - 错误检测(ECC) 1 个字节
- 帧大小
 - 长度固定为 4 个字节

3、长帧结构

- 帧头部（4 个字节）
 - 数据标识(DI) 1 个字节
 - 数据计数- 2 个字节 （数据填充的个数）
 - 错误检测(ECC) 1 个字节
- 数据填充(0~65535 字节)
 - 长度=WC*字节
- 帧尾：校验和（2 个字节）
- 帧大小：
 - $4 + (0 \sim 65535) + 2 = 6 \sim 65541$ 字节

4、帧数据类型

Data Type,		Description	Packet Size	DCS	VD PKT	GN PKT
(hex)	(binary)					
01h	00 0001	Sync Event, V Sync Start	Short		O	
11h	01 0001	Sync Event, V Sync End	Short		O	
21h	10 0001	Sync Event, H Sync Start	Short		O	
31h	11 0001	Sync Event, H Sync End	Short		O	
08h	00 1000	End of Transmission Packet	Short	O	O	O
02h	00 0010	Color Mode (CM) Off Command	Short		O	
12h	01 0010	Color Mode (CM) On Command	Short		O	
22h	10 0010	Shut Down Peripheral Command	Short		O	
32h	11 0010	Turn On Peripheral Command	Short		O	
03h	00 0011	Generic Short WRITE, no parameters	Short			NOP
13h	01 0011	Generic Short WRITE, 1 parameter	Short			O
23h	10 0011	Generic Short WRITE, 2 parameters	Short			O
04h	00 0100	Generic READ, no parameters	Short			NOP
14h	01 0100	Generic READ, 1 parameter	Short			O
24h	10 0100	Generic READ, 2 parameters	Short			O
05h	00 0101	DCS WRITE, no parameters	Short	O	O	O
15h	01 0101	DCS WRITE, 1 parameter	Short	O	O	O
06h	00 0110	DCS READ, no parameters	Short	O	O	O
37h	11 0111	Set Maximum Return Packet Size	Short	O	O	O
09h	00 1001	Null Packet, no data	Long	O	O	O
19h	01 1001	Blanking Packet, no data	Long		O	
29h	10 1001	Generic Long Write	Long			O
39h	11 1001	DCS Long Write/write_LUT Command Packet	Long	O	O	O
0Eh	00_1110	Packet Pixel Stream, 16bit RGB 5-6-5 Format (Support for 1 and 2 data lanes mode)	Long		O	
1Eh	01_1110	Packet Pixel Stream, 18bit RGB 6-6-6 Format (Support for 1 and 2 data lanes mode)	Long		O	
2Eh	10_1110	Packet Pixel Stream, 18bit RGB Loosely 6-6-6 Format (Support for 1 and 2 data lanes mode)	Long		O	
3Eh	11 1110	Packed Pixel Stream, 24-bit RGB, 8-8-8 Format (Support for 1, 2 and 3 data lanes mode)	Long		O	
x0h&Fh,	xx 0000	DO NOT USE				
	xx 1111	All unspecified codes are reserved				

具体代码在 drivers/video/msm/Mipi_dsi.h 中

[cpp] [view plain](#) [copy](#)

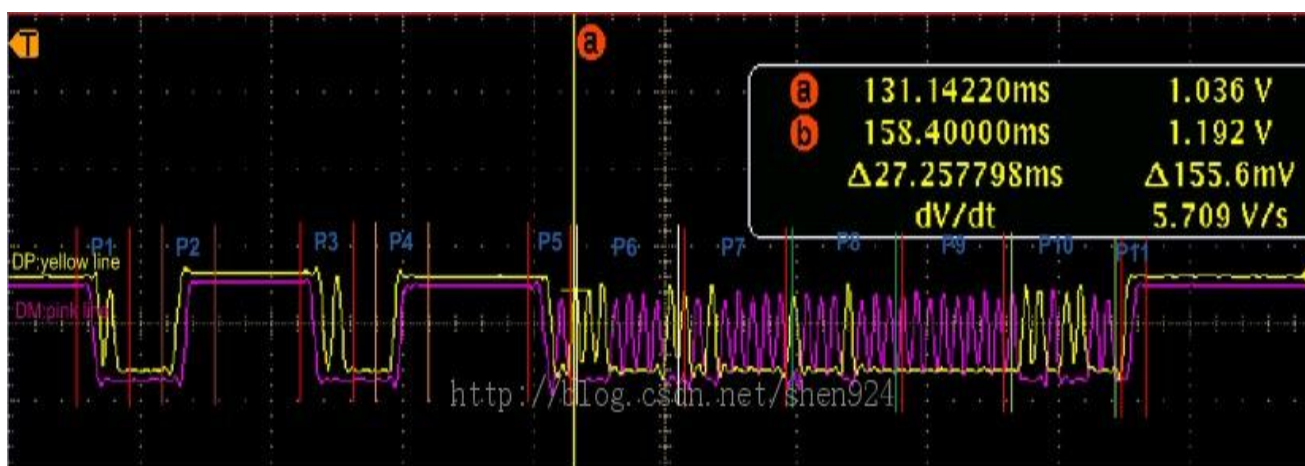
```

1.  /* dcs read/write */
2.  #define DTYPE_DCS_WRITE      0x05    /* short write, 0 parameter */
3.  #define DTYPE_DCS_WRITE1     0x15    /* short write, 1 parameter */
4.  #define DTYPE_DCS_READ      0x06    /* read */
5.  #define DTYPE_DCS_LWRITE     0x39    /* long write */
6.
7.  /* generic read/write */
8.  #define DTYPE_GEN_WRITE      0x03    /* short write, 0 parameter */
9.  #define DTYPE_GEN_WRITE1     0x13    /* short write, 1 parameter */
10. #define DTYPE_GEN_WRITE2     0x23    /* short write, 2 parameter */
11. #define DTYPE_GEN_LWRITE     0x29    /* long write */
12. #define DTYPE_GEN_READ       0x04    /* long read, 0 parameter */
13. #define DTYPE_GEN_READ1      0x14    /* long read, 1 parameter */
14. #define DTYPE_GEN_READ2      0x24    /* long read, 2 parameter */
15.
16. #define DTYPE_TEAR_ON        0x35    /* set tear on */
17. #define DTYPE_MAX_PKT_SIZE   0x37    /* set max packet size */
18. #define DTYPE_NULL_PKT       0x09    /* null packet, no data */
19. #define DTYPE_BLANK_PKT      0x19    /* blanking packet, no data */
20.
21. #define DTYPE_CM_ON          0x02    /* color mode off */
22. #define DTYPE_CM_OFF         0x12    /* color mode on */
23. #define DTYPE_PERIPHERAL_OFF 0x22
24. #define DTYPE_PERIPHERAL_ON 0x32
25.
26. /*
27.  * dcs response
28.  */
29. #define DTYPE_ACK_ERR_RESP    0x02
30. #define DTYPE_EOT_RESP        0x08    /* end of tx */
31. #define DTYPE_GEN_READ1_RESP  0x11    /* 1 parameter, short */
32. #define DTYPE_GEN_READ2_RESP  0x12    /* 2 parameter, short */
33. #define DTYPE_GEN_LREAD_RESP  0x1a
34. #define DTYPE_DCS_LREAD_RESP  0x1c
35. #define DTYPE_DCS_READ1_RESP  0x21    /* 1 parameter, short */
36. #define DTYPE_DCS_READ2_RESP  0x22    /* 2 parameter, short */

```

五、MIPI DSI 信号测量实例

1、MIPI DSI 在 Low Power 模式下的信号测量图



P1:LP11---10---00---10---00, this is a BTA request from HOST P2:LP00---10---11, this is an ACK from SLAVE
P3:LP11---10---00---10---00, this is a BTA request from HOST P4:LP00---10---11, this is an ACK from SLAVE
P5:LP11---10---00---01---00, enter Escape mode
P6:LP10-00-10-00-10-00-01-00-01-00-01-00-10-00, which is Spaced-One-Hot Encoding
So this data sequence means 11100001(highest bit),87H, means LPDT(low power data transfer)
P7,P8,P9,P10 should be data ,05H,11H,00H,36H respectively.
P11:LP10---11, means exit escape mode

2、MIPI 的 D-PHY 和 DSI 的传输方式和操作模式

• D-PHY 和 DSI 的传输模式

- 低功耗（**Low-Power**）信号模式（用于控制）：10MHz (max)
- 高速（**High-Speed**）信号模式（用于高速数据传输）：80Mbps ~ 1Gbps/Lane

• D-PHY 的操作模式

- **Escape mode, High-Speed(Burst) mode, Control mode**

• DSI 的操作模式

- **Command Mode**（类似于 MPU 接口）
- **Video Mode**（类似于 RGB 接口）- 必须用高速模式传输数据

3、小结

- 传输模式和操作模式是不同的概念
- **Video Mode** 操作模式下必须使用 **High-Speed** 的传输模式
- **Command Mode** 操作模式并没有规定使用 **High-Speed** 或 **Low Power** 的传输模式，或者说
- 即使外部 LCD 模组为 **Video Mode**，但通常在 LCD 模组初始化时还是使用 **Command Mode** 模式来读写寄存器，因为在低速下数据不容易出错并且容易测量。
- **Video Mode** 当然也可以用 **High-Speed** 的方式来发送指令，**Command Mode** 操作模式也可以使用 **High-Speed**，只是没有必要这么做