

# MIPI DSI 协议介绍

2015.12.1 jcl 整理添加

## 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。

## 二、MIPI 联盟的 MIPI DSI 规范

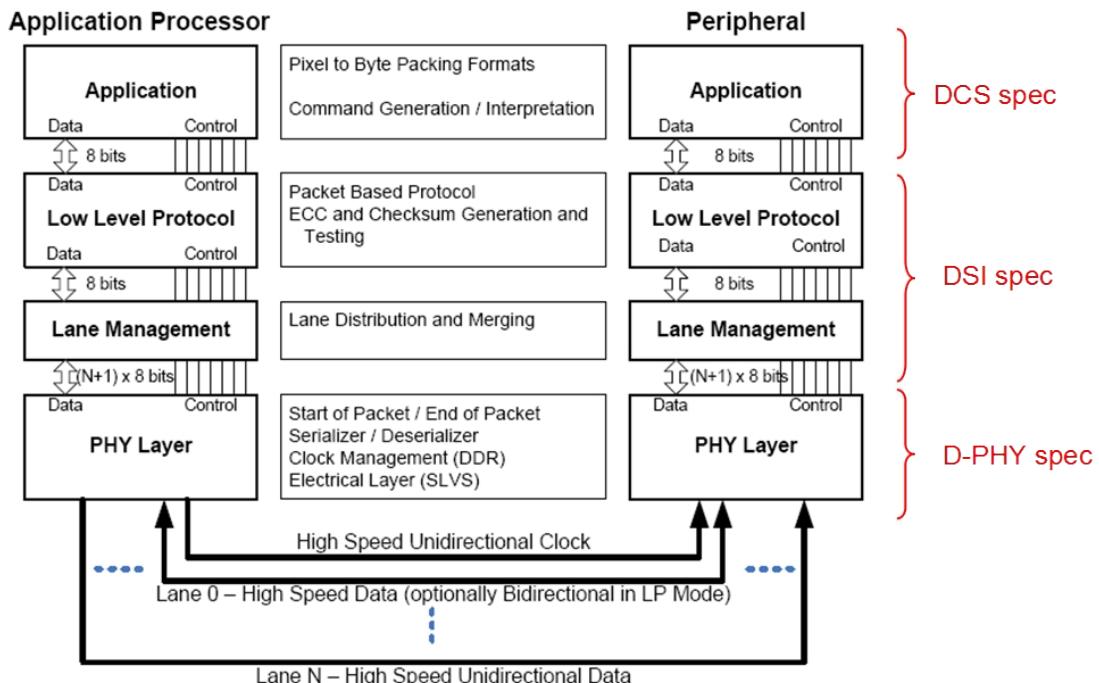
### 1、名词解释

- 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

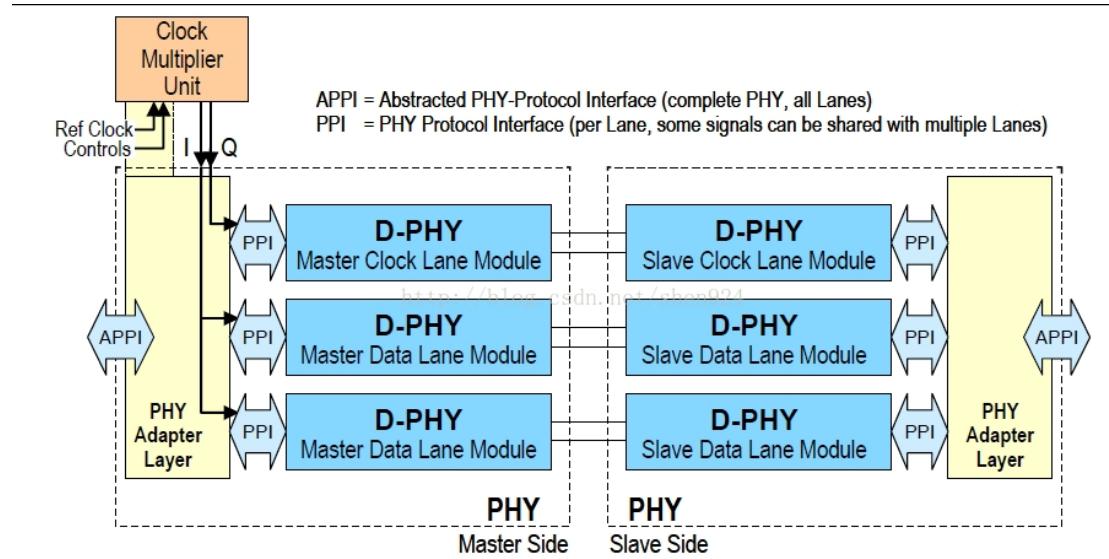
控制外设。Command 模式采用双向接口

- 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

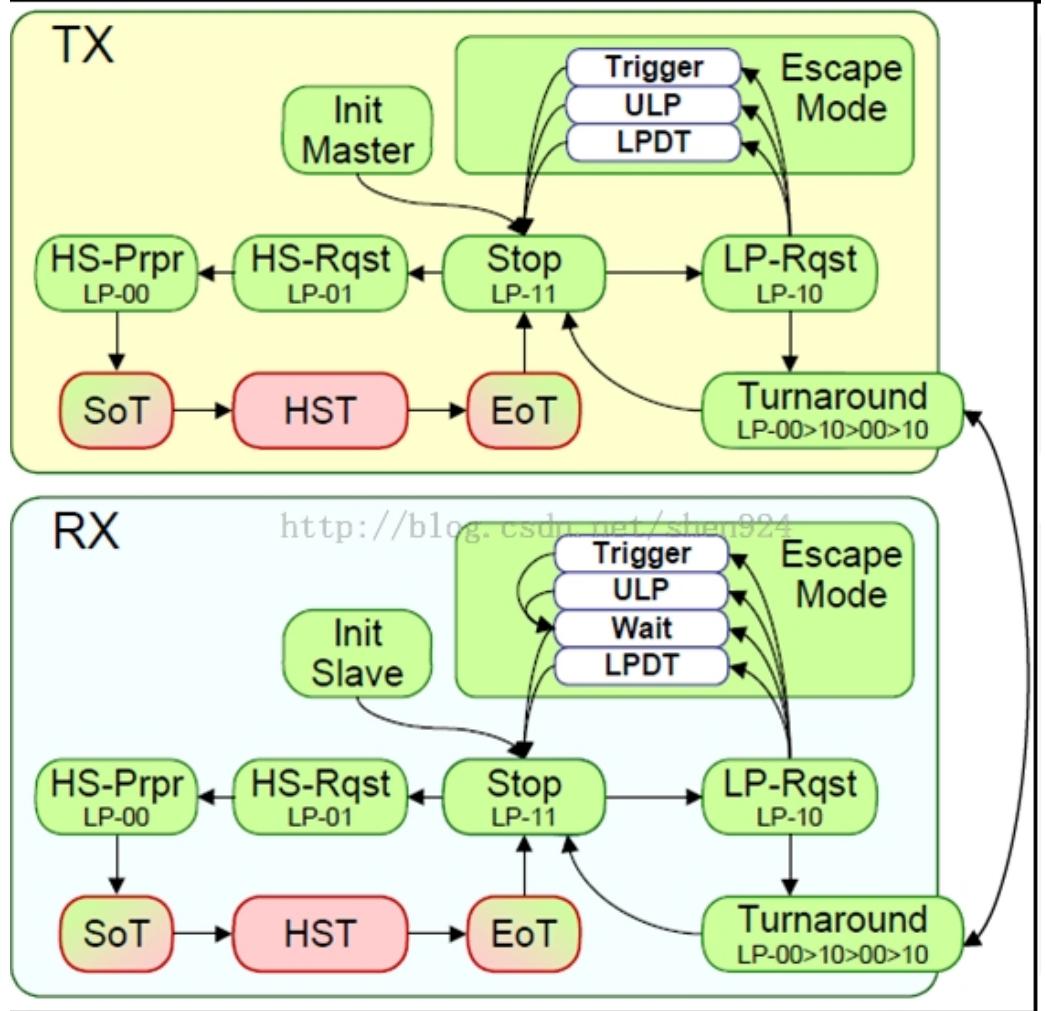
### 3、Lane 状态和电压

- 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
- 各模操作式下的传输过程
  - 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、

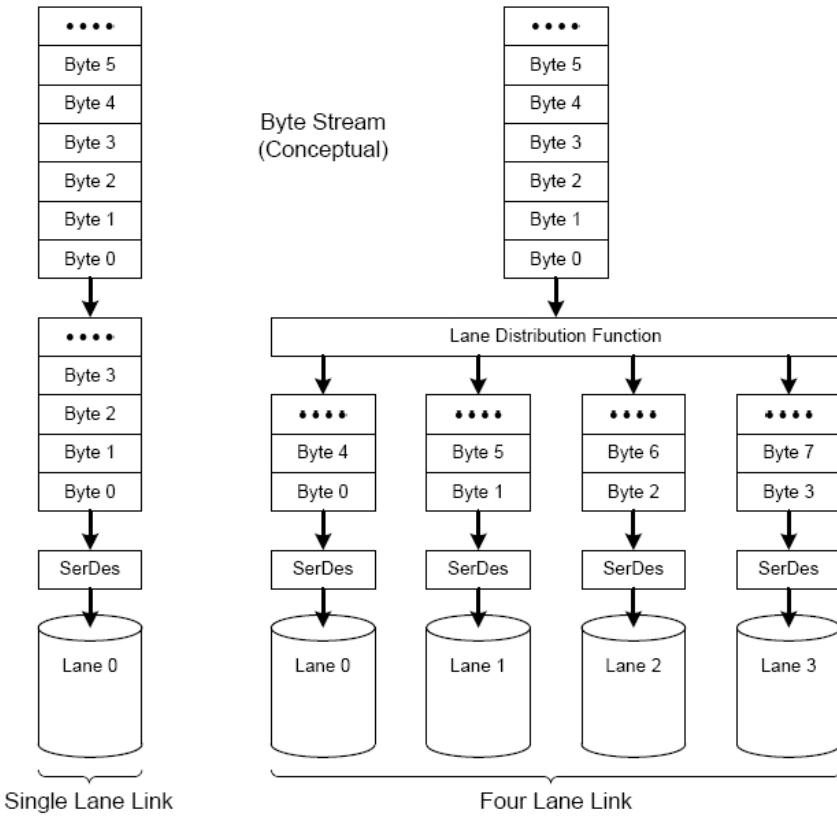
## DSI 介绍

- 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)

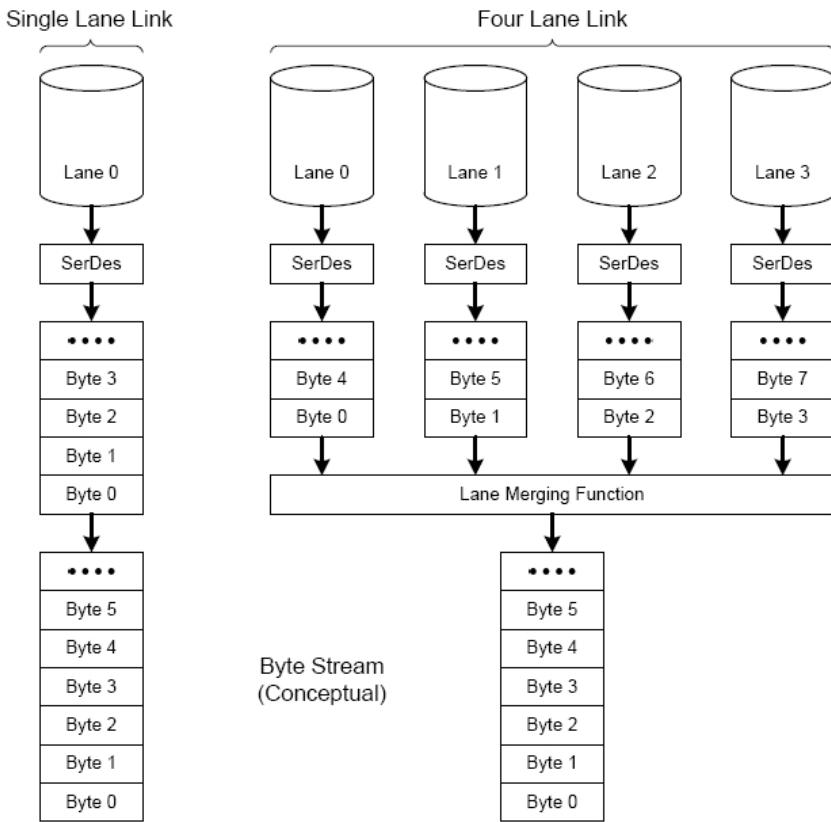
- 长帧: 6~65541 bytes (可变)

MIPI 发送数据的拆分与融合:

发送端:

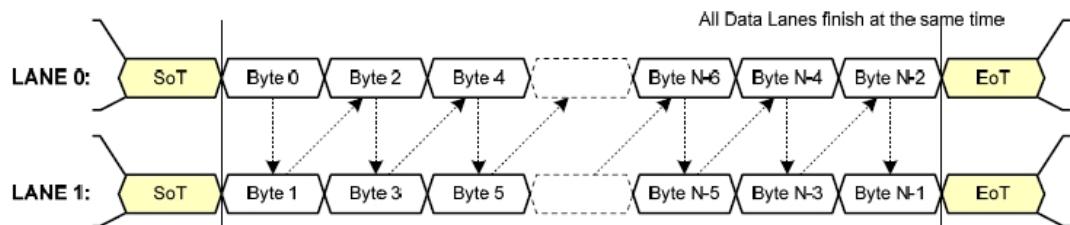


接收端:

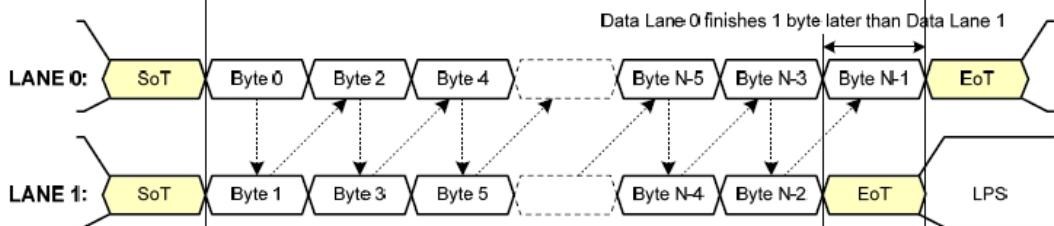


数据 lane 分配:

Number of Bytes, N, transmitted is an integer multiple of the number of lanes:



Number of Bytes, N, transmitted is NOT an integer multiple of the number of lanes:



#### KEY:

LPS – Low Power State

SoT – Start of Transmission

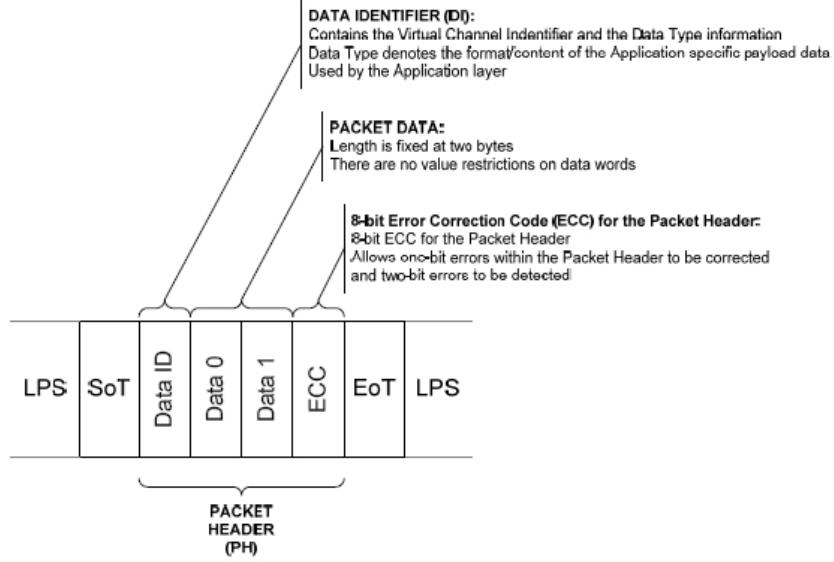
EoT – End of Transmission

- 两个数据 Lane 高速传输示例（发送字节数与数据通道 lane 是否成整数倍时的通道分配）

## 2、短帧结构

- 帧头部（4 个字节）
  - 数据标识(DI) 1 个字节

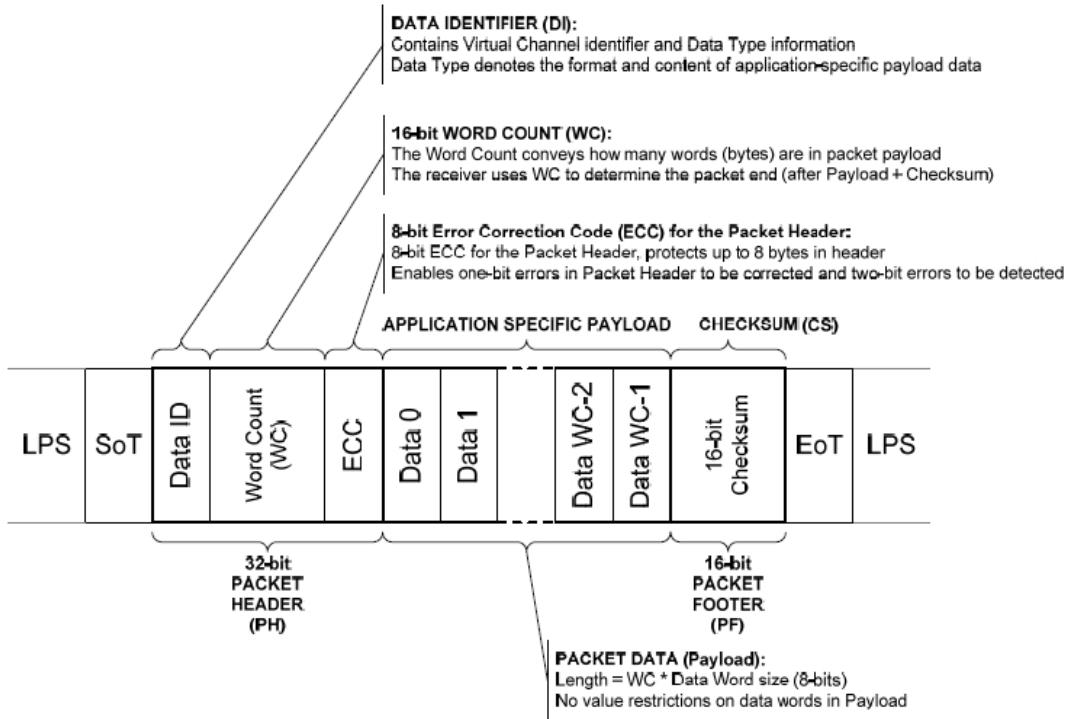
- 帧数据- 2 个字节 （长度固定为 2 个字节）
- 错误检测(ECC) 1 个字节
- 帧大小
  - 长度固定为 4 个字节



短帧结构

### 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



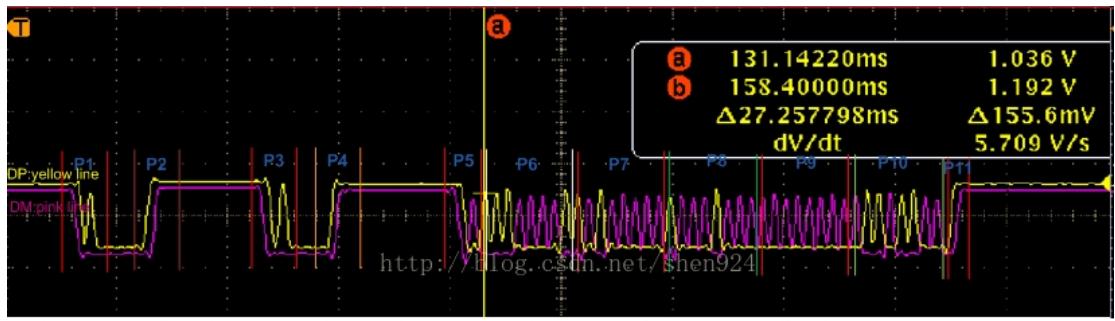
长帧结构

#### 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	xx 1111	DO NOT USE All unspecified codes are reserved				

## 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---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、小结论

- 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。

版权声明：本文为博主原创文章，未经博主允许不得转载。