

HDMI（一）：TMDS

目录

HDMI TMDS

- 一、编码过程
- 二、操作模式
- 三、并串转换（串行化）
- 四、差分输出

HDMI

高清多媒体接口（High Definition Multimedia Interface，**HDMI**），是一种全数字化视频和声音发送接口，**可以发送音频及视频信号。**

HDMI 1.0 版本于 2002 年发布，最高数据传输速度为 5Gbps；2013年发布的HDMI 2.0标准的理论带宽可达18Gbps；而2017 年发布的 HDMI 2.1 标准的理论带宽可达 48Gbps。

从下图可以看到，每个数据都有两根信号线，并且有+和-，这就是差分数据，用两个**差分信号**线来减少干扰，提高稳定性，并且传输速度也会更快。



HDMI向下兼容DVI（Digital Visual Interface，数字视频接口），**DVI只能传输视频信号。**

HDMI和DVI接口协议在**物理层**均使用**TMDS标准**传输音视频数据

在设计HDMI显示的时候，步骤如下：

- 1、先设计一个需要分辨率的VGA时序
- 2、编码
- 3、并串转化
- 4、差分输出

TMDS

TMDS，过渡调制差分信号，也被称为最小化传输差分信号。

TMDS中，有四个通道，三个TMDS数据通道和一个TMDS时钟通道。

三个数据通道用来发送所有和音视频数据有关的数据

时钟通道为接收端提供参考频率，方便解码。

HDMI默认使用RGB（RGB888）三个数据**通道**，当然也可以是亮度和色度信息（YCrCb，444或者422），三个数据通道每个通道都有**像素数据、控制信号、辅助信号。**

1、链接架构

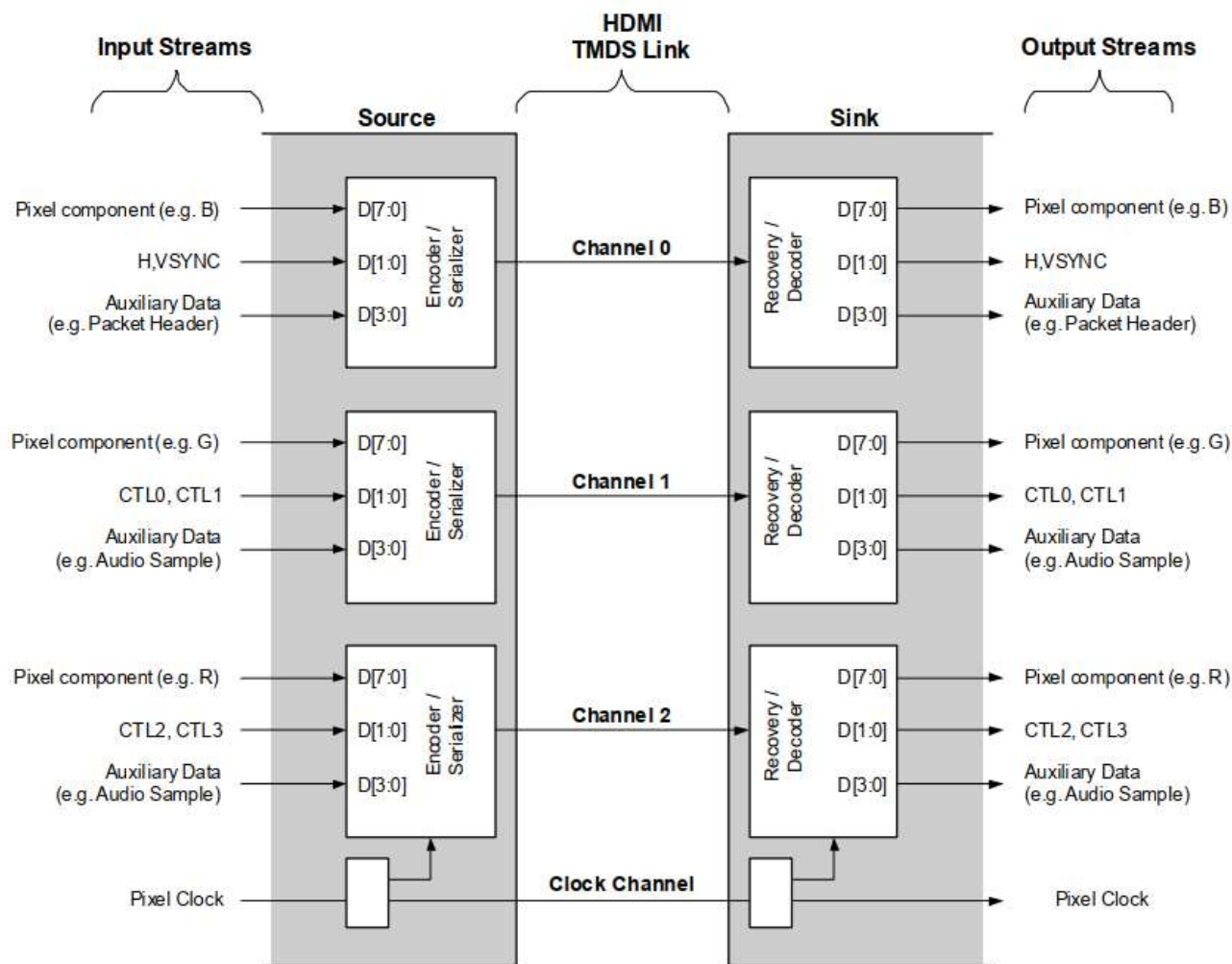


Figure 5-1 HDMI Encoder/Decoder Overview

通道0上传输的数据为：B分量的视频数据，行场同步信号、辅助信号（辅助数据包的头）
通道1上传输的数据为：G分量的视频数据，控制信号CTL0和CTL1、辅助信号（音频数据）
通道2上传输的数据为：R分量的视频数据，控制信号CTL2和CTL3、辅助信号（音频数据）

行同步信号用于告诉接收端一行像素数据是否结束，场同步信号用于告诉接收端一帧像素数据是否结束。

控制信号用于表明接下来是在传输视频数据（视频数据周期）还是辅助数据（数据岛周期）

2、数据周期

不同的数据在TMDs数据通道中在三种不同的周期中发送：视频数据周期（Video Data Period）、数据岛周期（Data Island period）、控制周期（Control period）。

视频数据周期：传输活动视频线的活动像素。

数据岛周期：音频和辅助数据通过一系列数据包传输。

控制周期：当没有视频、音频或辅助数据需要传输时，使用控制周期。

在非控制期间的任何两个周期之间需要一个控制周期。

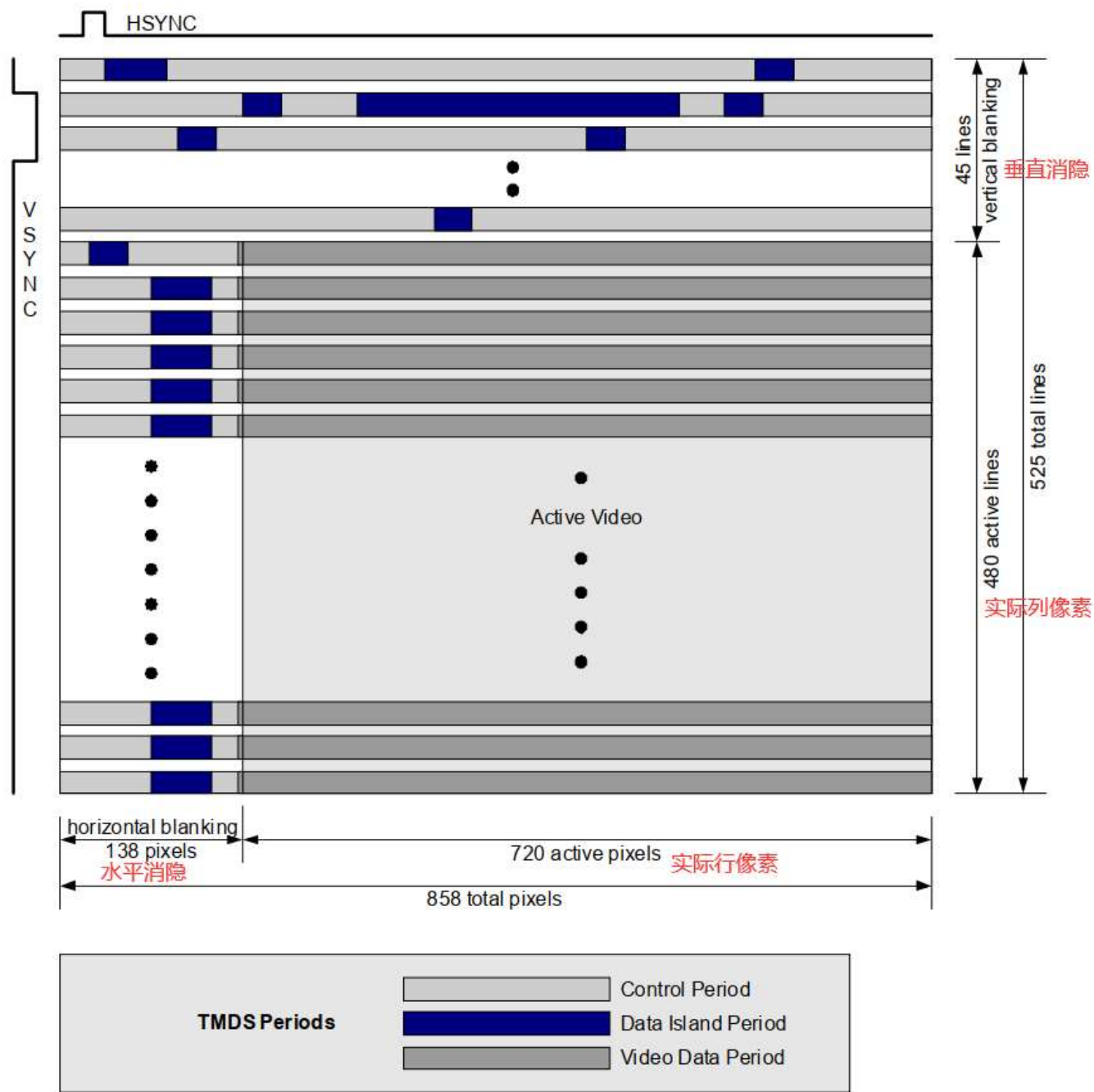


Figure 5-2 Informative Example: TMDS periods in 720x480p video frame

其中的消隐就是VGA时序中的显示后沿和显示前沿以及同步。

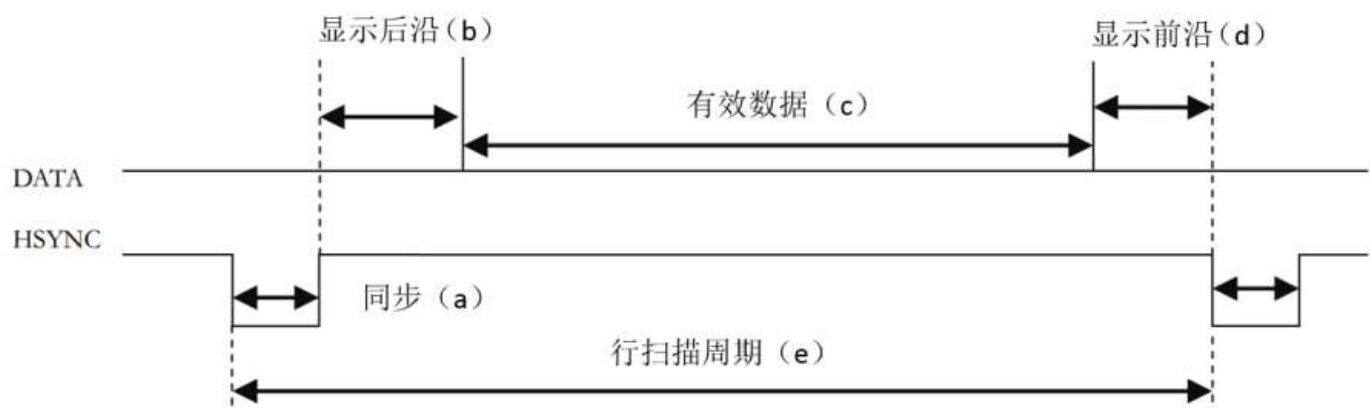


图 17.1.3 行同步时序

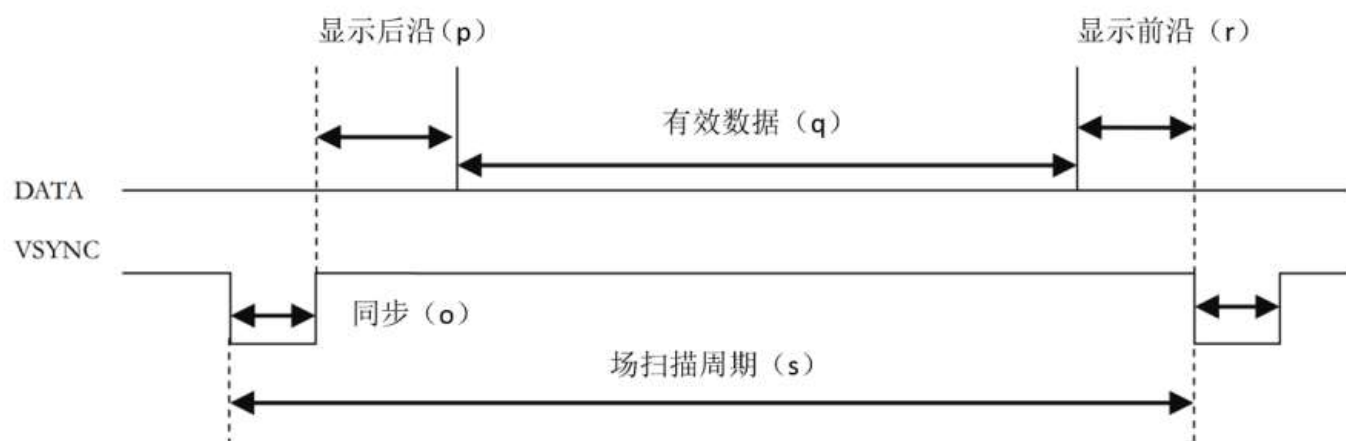


图 17.1.4 场同步时序

同步时间、显示后沿、显示前沿、有效数据在VESA分辨率标准中可以查到
如果是640×480 60HZ，如图

Ver Pixels	= 480;	// Lines		
Hor Frequency	= 31.469;	// kHz	= 31.8 usec	/ line
Ver Frequency	= 59.940;	// Hz	= 16.7 msec	/ frame
Pixel Clock	= 25.175;	// MHz	= 39.7 nsec	± 0.5%
Character Width	= 8;	// Pixels	= 317.8 nsec	
Scan Type	= NONINTERLACED;		// H Phase =	2.0 %
Hor Sync Polarity	= NEGATIVE;	// HBlank	= 18.0% of HTotal	
Ver Sync Polarity	= NEGATIVE;	// VBlank	= 5.5% of VTotal	
Hor Total Time	= 31.778;	// (usec)	= 100 chars	= 800 Pixels
Hor Addr Time	= 25.422;	// (usec)	= 80 chars	= 640 Pixels
Hor Blank Start	= 25.740;	// (usec)	= 81 chars	= 648 Pixels
Hor Blank Time	= 5.720;	// (usec)	= 18 chars	= 144 Pixels
Hor Sync Start	= 26.058;	// (usec)	= 82 chars	= 656 Pixels
// H Right Border	= 0.318;	// (usec)	= 1 chars	= 8 Pixels
// H Front Porch	= 0.318;	// (usec)	= 1 chars	= 8 Pixels
Hor Sync Time	= 3.813;	// (usec)	= 12 chars	= 96 Pixels
// H Back Porch	= 1.589;	// (usec)	= 5 chars	= 40 Pixels
// H Left Border	= 0.318;	// (usec)	= 1 chars	= 8 Pixels
Ver Total Time	= 16.683;	// (msec)	= 525 lines	HT – (1.06xHA)
Ver Addr Time	= 15.253;	// (msec)	= 480 lines	= 4.83
Ver Blank Start	= 15.507;	// (msec)	= 488 lines	
Ver Blank Time	= 0.922;	// (msec)	= 29 lines	
Ver Sync Start	= 15.571;	// (msec)	= 490 lines	
// V Bottom Border	= 0.254;	// (msec)	= 8 lines	
// V Front Porch	= 0.064;	// (msec)	= 2 lines	
Ver Sync Time	= 0.064;	// (msec)	= 2 lines	
// V Back Porch	= 0.794;	// (msec)	= 25 lines	
// V Top Border	= 0.254;	// (msec)	= 8 lines	

```
//640*480 60FPS_25MHz
parameter H_SYNC = 10'd96; //行同步
parameter H_BACK = 10'd48; //行显示后沿
parameter H_DISP = 10'd640; //行有效数据
parameter H_FRONT = 10'd16; //行显示前沿
parameter H_TOTAL = 10'd800; //行扫描周期

parameter V_SYNC = 10'd2; //场同步
parameter V_BACK = 10'd33; //场显示后沿
parameter V_DISP = 10'd480; //场有效数据
parameter V_FRONT = 10'd10; //场显示前沿
parameter V_TOTAL = 10'd525; //场扫描周期
```

一、编码过程

在TMDS传输标准中，不论是视频信号、控制信号还是辅助信号，都是以10bit的数据传输，所以需要在这三个信号进行编码，分别采用不同的编码方式。

Table 5-1 Encoding Type and Data Transmitted

Period	Data Transmitted	Encoding Type
Video Data	Video Pixels	Video Data Coding (8 bits converted to 10 bits)
	(Guard Band)	(Fixed 10 bit pattern)
Data Island	Packet Data - Audio Samples - InfoFrames HSYNC, VSYNC	TERC4 Coding (4 bits converted to 10 bits)
	(Guard Band)	(Fixed 10 bit pattern)
Control	Control - Preamble - HSYNC, VSYNC	Control Period Coding (2 bits converted to 10 bits)

1、视频数据编码

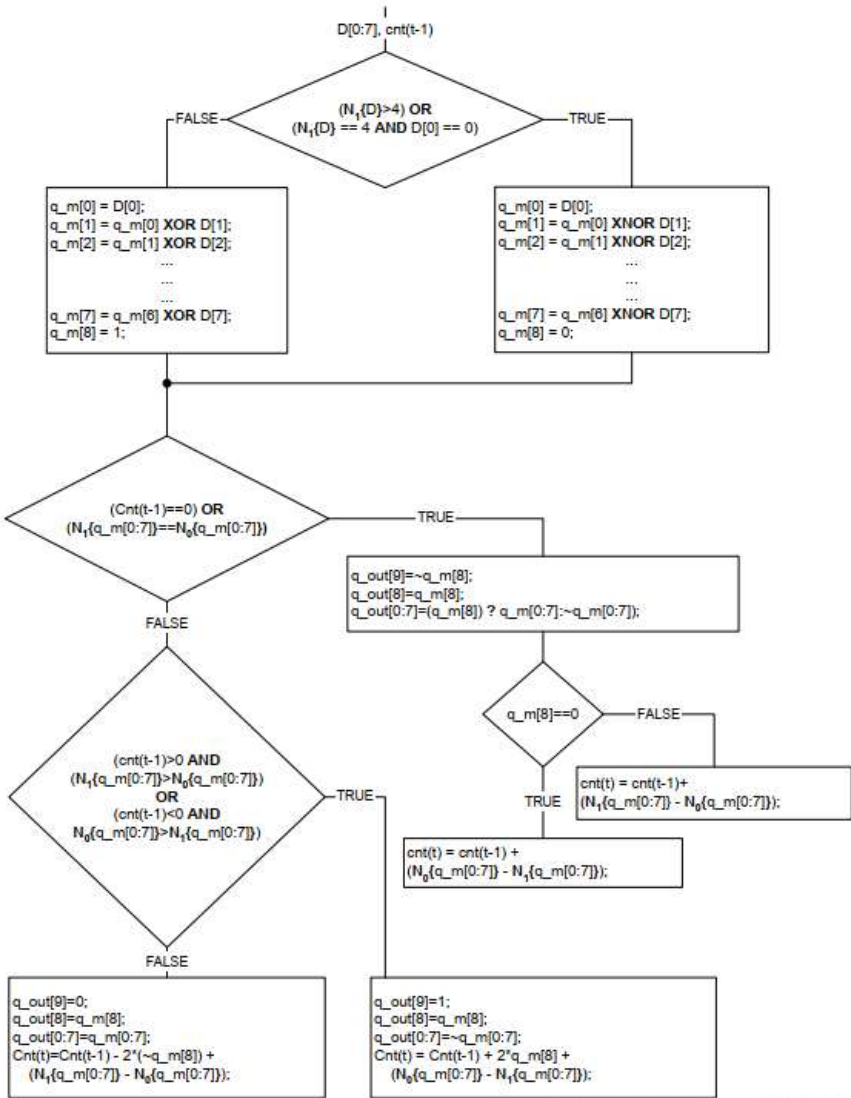


Figure 5-7 TMDS Video Data Encode Algorithm

https://blog.csdn.net/qq_40483920

2、控制信号编码

控制信号用于控制传输视频数据还是音频数据
三个TMDS通道中的每个通道的两个控制信号编码如下

Table 5-34 Control-signal Assignment

TMDS Channel	D0	D1
0	HSYNC	VSYNC
1	CTL0	CTL1
2	CTL2	CTL3

The two Control signals for each of the three TMDS channels are encoded as follows:

```
case (D1, D0):
    0, 0: q_out[9:0] = 0b1101010100;
    0, 1: q_out[9:0] = 0b0010101011;
    1, 0: q_out[9:0] = 0b0101010100;
    1, 1: q_out[9:0] = 0b1010101011;
endcase;
```

3、差错缩减编码（TERC4）

对辅助数据进行编码

5.4.3 TERC4 Coding

TMDS Error Reduction Coding (TERC4) is used during the Data Island period to encode 4 bits per channel into the 10 bits serialized and transmitted.

```
case (D3, D2, D1, D0):
    0000: q_out[9:0] = 0b1010011100;
    0001: q_out[9:0] = 0b1001100011;
    0010: q_out[9:0] = 0b1011100100;
    0011: q_out[9:0] = 0b1011100010;
    0100: q_out[9:0] = 0b0101110001;
    0101: q_out[9:0] = 0b0100011110;
    0110: q_out[9:0] = 0b0110001110;
    0111: q_out[9:0] = 0b0100111100;
    1000: q_out[9:0] = 0b1011001100;
    1001: q_out[9:0] = 0b0100111001;
    1010: q_out[9:0] = 0b0110011100;
    1011: q_out[9:0] = 0b1011000110;
    1100: q_out[9:0] = 0b1010001110;
    1101: q_out[9:0] = 0b1001110001;
    1110: q_out[9:0] = 0b0101100011;
    1111: q_out[9:0] = 0b1011000011;
endcase;
```

https://blog.csdn.net/qq_40483920

二、操作模式

1、控制数据周期

控制周期用于前导的传输。接收也使用控制周期进行字符同步。

控制数据周期CTL仅仅有以下两种可能（如果是DVI接口，则全为0，因为只传视频数据）

CTL0	CTL1	CTL2	CTL3	Data Period Type
1	0	0	0	Video Data Period 视频数据周期
1	0	1	0	Data Island Period 数据岛周期

2、数据岛周期

数据岛周期用于传输音频数据和辅助数据的数据包。

数据岛中的前两个数据字符是主保护带（GB），数据岛中的最后两个数据字符是追随保护带，一共两个保护带。

在数据岛之后，所有三个通道都恢复到发送控制字符

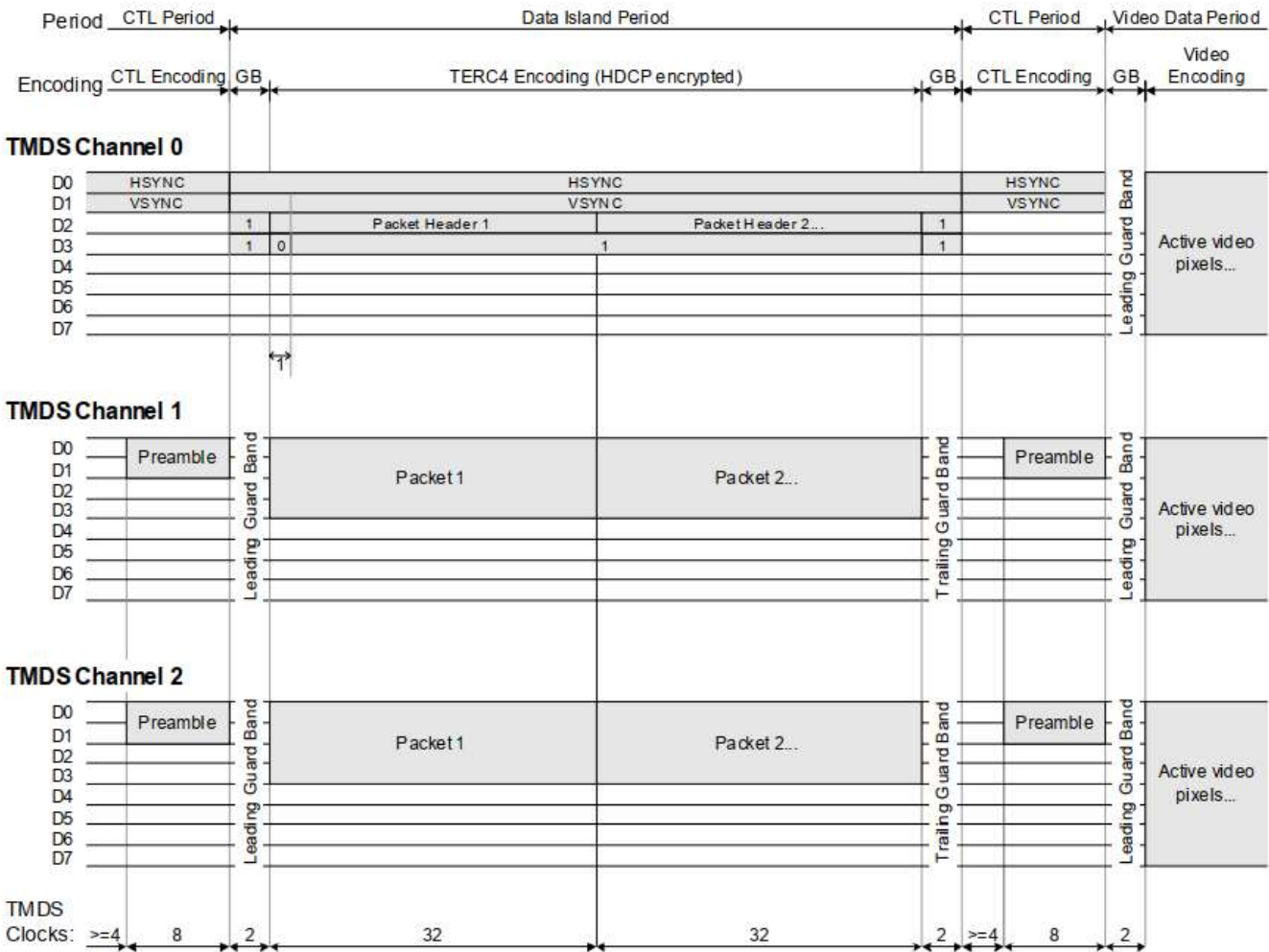


Figure 5-3 TMD5 Periods and Encoding

Table 5-6 Data Island Leading and Trailing Guard Band Values

```
case (TMD5 Channel Number):
    0:  q_out[9:0] = n.a.;
    1:  q_out[9:0] = 0b0100110011;
    2:  q_out[9:0] = 0b0100110011;
endcase
```

通道0的数据岛数据是一个包的头，另外两个通道都是正式的辅助数据

Table 5-7 Packet Header

Byte \ Bit #	7	6	5	4	3	2	1	0
HB0	Packet Type						包类型	
HB1	packet-specific data						具体包数据	
HB2	packet-specific data						具体包数据	

并且有以下可能值

Packet Type Value		Packet Type	Described in Section
0x00		Null	5.3.2
0x01		Audio Clock Regeneration (N/CTS)	5.3.3
0x02		Audio Sample (L-PCM and IEC 61937 compressed formats)	5.3.4
0x03		General Control	5.3.6
0x04		ACP Packet	5.3.7
0x05		ISRC1 Packet	5.3.8
0x06		ISRC2 Packet	"
0x07		One Bit Audio Sample Packet	5.3.9
0x08		DST Audio Packet	5.3.10
0x09		High Bitrate (HBR) Audio Stream Packet (IEC 61937)	5.3.11
0x0A		Gamut Metadata Packet	5.3.12
0x80+InfoFrame Type		InfoFrame Packet	5.3.5
	0x81	Vendor-Specific InfoFrame	8.2.3
	0x82	AVI InfoFrame*	8.2.1
	0x83	Source Product Descriptor InfoFrame	--
	0x84	Audio InfoFrame*	8.2.2
	0x85	MPEG Source InfoFrame	--

* See Section 8.2 for the packet layout for these InfoFrames

3、视频数据周期

视频数据周期以一个2位的视频前导码开始，视频数据周期没有追随保护带，只有一个保护带。

5.2.2.1 Video Guard Band

Table 5-5 Video Leading Guard Band Values

```
case (TMDS Channel Number):
    0: q_out[9:0] = 0b1011001100;
    1: q_out[9:0] = 0b0100110011;
    2: q_out[9:0] = 0b1011001100;
endcase
```

三、并串转换（串行化）

由编码器产生的TMDS字符串被串行化以在TMDS数据信道上传输。 每个字符的最低有效位（q_out [0]）是要发送的第一位，最高有效位（q_out [9]）是最后一位。

四、差分输出

串行化、差分输出，都是可以使用原语实现，比起自己写，并且更加方便快速稳定