

# 团 体 标 准

T/CAAMTB xx—20xx

## 汽车座舱片上系统显示功能技术要求 及试验方法

Technical requirement and test method for display functions of automotive cockpit  
system on chip

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的该标准所涉必要专利信息连同支持性文件一并附上。

20xx-xx-xx 发布

20xx-xx-xx 实施

中国汽车工业协会 发布



# 目 录

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 缩略语 .....	1
5 硬件构成 .....	2
6 技术要求 .....	2
6.1 功能要求 .....	2
6.2 性能要求 .....	4
7 试验方法 .....	5
7.1 试验条件 .....	5
7.2 功能试验 .....	5
7.3 性能试验 .....	9

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由xx提出。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 汽车座舱片上系统显示功能技术要求及试验方法

## 1 范围

本文件规定了汽车座舱片上系统显示功能的硬件构成、技术要求和试验方法。  
本文件适用于汽车座舱片上系统的显示功能的设计、功能验证和性能评估。

## 2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**显示功能 display function**

指提供图像硬件加速合成和显示输出的功能。

### 3.2

**数字版权保护 digital rights management**

指通过加密与权限控制技术保护音视频、文档等数字产品内容版权的解决方案。

### 3.3

**显示图层 display layer**

指具备从系统内存中获取支持格式图像数据功能的硬件处理单元。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

BMP: 位图 (Bit Map)

BPP: 像素深度 (Bits Per Pixel)

CRC: 循环冗余校验 (Cyclic Redundancy Check)

CTS: 符合性测试套件 (Conformance Test Suite)

DP: 显示端口 (Display Port)

DPU: 显示处理单元 (Display Processing Unit)

DSC: 显示流压缩 (Display Stream Compression)

DSI: 显示串行接口 (Display Serial Interface)

EVB: 开发板 (Evaluation Board)

- eDP: 嵌入式显示接口 (Embedded Display Port)
- HBR: 高比特率 (High Bit Rate)
- HDCP: 高带宽数字内容保护 (High-bandwidth Digital Content Protection)
- HDMI: 高清多媒体接口 (High Definition Multimedia Interface)
- I<sup>2</sup>C: 串行通信总线 (Inter-Integrated Circuit)
- MIPI: 移动产业处理器接口 (Mobile Industry Processor Interface)
- PWM: 脉冲宽度调制 (Pulse-Width Modulation)
- RGB: 红绿蓝 (Red-Green-Blue)
- ROI: 感兴趣区域 (Region of Interest)
- RTB: 参考端板 (Reference Termination Board)
- SDR: 标准动态范围 (Standard Dynamic Range)
- SoC: 片上系统 (System on Chip)
- TIFF: 标签图像文件格式 (Tagged Image File Format)
- UART: 通用异步收发器 (Universal Asynchronous Receiver and Transmitter)
- VESA: 视频电子标准协会 (Video Electronics Standards Association)
- VPU: 视频编解码单元 (Video Processing Unit)

## 5 硬件构成

汽车座舱片上系统显示功能的典型硬件架构见图1，包括图像加速处理单元、视频流处理单元、视频接口单元和控制接口单元。

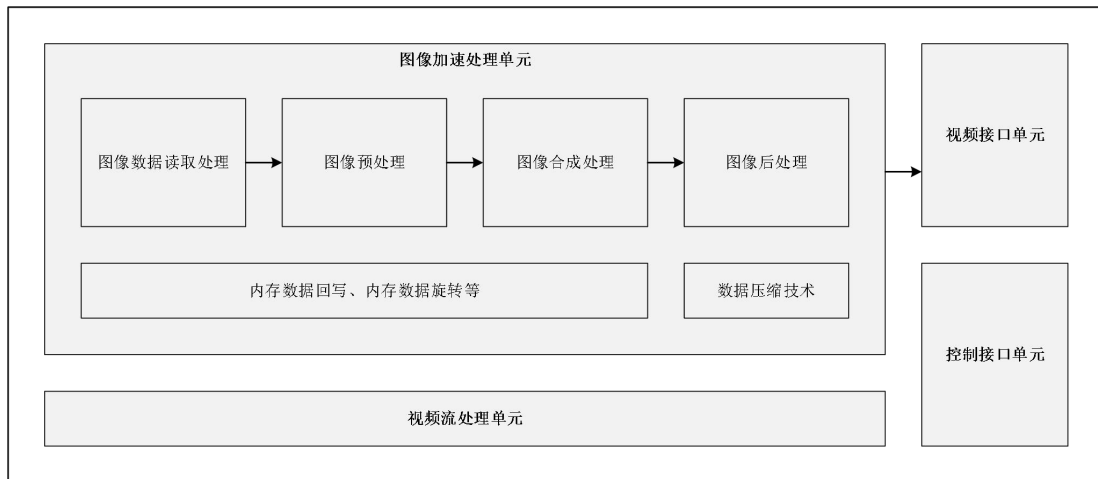


图1 显示单元硬件构成示意图

## 6 技术要求

### 6.1 功能要求

#### 6.1.1 图像数据读取功能

汽车座舱片上系统显示功能的图像数据读取至少应支持RGB565 (16 BPP)、RGB888 (24 BPP)、ARGB8888 (32 BPP)、RGBA8888 (32 BPP)、ARGB2-10-10-10 (32 BPP)、RGBA10-10-10-2 (32

BPP) 的RGB格式; 至少应支持YUV4:2:2 1-Plannar (8 bit)、YUV4:2:0 2-Plannar (8 bit)、YUV4:2:0 3-Plannar (8 bit)、YUV4:2:0 2-Plannar (10 bit) 的YUV格式。按7.2.1进行试验, 上述RGB格式的媒体源文件、YUV格式的媒体源文件应正常显示。

注: YUV是包含亮度(Luma)、色度(Chroma)信息的一种颜色编码方法, Y分量代表亮度, UV分量代表色度。

### 6.1.2 图像预处理功能

汽车座舱片上系统显示单元在图像预处理时, 宜支持图像缩放、图像伽马变换功能。按7.2.2.1进行试验, 汽车座舱片上系统显示单元进行图像缩放后, 显示器上的图像能够按照设定的比例进行缩放。按7.2.2.2进行试验, 汽车座舱片上系统显示单元进行图像伽马变换后, 原始图像和无损图像的伽马数值、亮度误差、亮度均匀性和色度均匀性应保持一致。

### 6.1.3 图层合成功能

汽车座舱片上系统显示单元应支持图像显示通道的硬件合成, 按7.2.3进行试验, 两个图像应在显示器上同时显示。

### 6.1.4 图像后处理功能

汽车座舱片上系统显示单元在图像后处理时, 宜支持图像抖动、图像伽马变换功能。按7.2.4.1进行试验, 步骤d)和g)图像的灰度应保持一致。按7.2.4.2进行试验, 步骤c)和f)的灰度数据应保持一致。

### 6.1.5 显示数据压缩功能

汽车座舱片上系统显示单元应具备显示流压缩功能, 按7.2.5进行试验, 在10 bpp和8 bpp的工作模式下, 图像应无闪烁、撕裂或静帧现象。

### 6.1.6 内存数据回写功能

汽车座舱片上系统显示单元宜支持内存数据回写功能, 按7.2.6进行试验, 步骤d)原始图像和步骤e)无损图像的内容应保持一致, 且图像数据无丢失。

### 6.1.7 内存数据旋转功能

汽车座舱片上系统显示单元宜支持90°或180°或270°的旋转模式设定功能, 按7.2.7进行试验, 图像应发生90°或180°或270°的旋转。

### 6.1.8 显示数据完整性检测功能

汽车座舱片上系统显示单元宜支持指定ROI的显示数据完整性检测功能, 按7.2.8进行试验, 步骤b)和f)ROI的CRC应保持一致。

### 6.1.9 数字版权管理功能

汽车座舱片上系统显示单元宜支持HDCP功能。按7.2.9进行试验, 数字版权保护的源文件应能正常显示或播放。

### 6.1.10 流媒体视频解码功能

汽车座舱片上系统显示单元应支持H.263、H.264、HEVC(H.265)、VP9视频流的硬件解码功能, 按7.2.10进行试验, H.263、H.264、H.265、VP9的媒体源文件应正常显示。

### 6.1.11 视频接口

至少应支持MIPI DSI、DP/eDP、HDMI其中一种协议。若支持MIPI DSI，则至少应支持显示物理层（DPHY）或摄像头物理层（CPHY）协议。按7.2.11进行试验，媒体源文件应正常显示，且无闪烁或噪点。

### 6.1.12 控制接口

至少应支持通用异步收发器（UART）、串行通信总线（I<sup>2</sup>C）其中一种接口类型，宜支持脉冲宽度调制（PWM）接口。按7.2.12进行试验，对于UART接口，其发送数据和接收数据应保持一致；对于I<sup>2</sup>C接口，其外设设备应正确枚举，且读写数据应保持一致。对于PWM接口，其接口波形的频率、占空比应满足配置要求。

## 6.2 性能要求

### 6.2.1 图层合成性能

按7.3.1进行试验，汽车座舱片上系统显示单元至少应支持4个通道数量的图像显示硬件合成。

### 6.2.2 显示数据完整性检测性能

按7.3.2进行试验，汽车座舱片上系统显示单元CRC的检测帧率宜不小于60 FPS。

### 6.2.3 流媒体视频解码性能

按7.3.3进行试验，汽车座舱片上系统显示单元应支持1路及以上视频码流输出硬件解码能力，且每路输出码流的分辨率至少应支持1080P、刷新率至少应支持60 FPS。

### 6.2.4 图像输出性能

按7.3.4进行试验，汽车座舱片上系统显示单元应支持单屏及以上的图像输出，且每屏图像输出的分辨率至少应支持1080P、刷新率至少应支持60 FPS。

### 6.2.5 视频接口性能

按7.3.5进行试验，视频接口数据传输速率应满足表1的要求。

表1 视频接口数据传输速率要求

协议类型	数据传输速率
MIPI DSI	DPHY协议：2.5 Gbps/Lane CPHY协议：5.7 Gbps/Trios
DP/eDP	——HBR模式：2.7 Gbps/Lane ——HBR2模式：5.4 Gbps/Lane
HDMI	10.2 Gbps

### 6.2.6 控制接口性能

按7.3.6进行试验，控制接口时钟频率和占空比精度输出应满足表2的要求。

表2 控制接口性能要求

接口类型	时钟频率和占空比精度输出
UART	时钟频率不低于4 MHz

I <sup>2</sup> C	——标准工作模式 (Standard-mode)：时钟频率不低于100 KHz ——快速工作模式 (Fast-mode)：时钟频率不低于400 KHz ——超快速工作模式 (Fast-mode plus)：时钟频率不低于1 MHz ——高速工作模式 (High-speed mode)：时钟频率不低于3.4 MHz
PWM	占空比不低于8 bit

## 7 试验方法

### 7.1 试验条件

#### 7.1.1 硬件系统

硬件系统应包括下列内容：

- 具有 MIPI DSI、DP/eDP、HDMI 中一种显示接口协议；
- 具备调试接口的 EVB 板，以及显示输出相关的配套线束；
- 调试工具，如 Putty 等；
- 协议分析仪 (Introspect、DPR100)、HDMI 控制器；
- 监测上位机，如计算机、显示器。

#### 7.1.2 软件系统

软件系统应包括下列内容：

- 支持显示功能的操作系统；
- 支持显示功能关联的固件、驱动程序、EVB 板，以及外设驱动程序；
- 支持开发和调试的交叉编译环境；
- 待测显示功能关联的测评和试验工具，如图像质量分析工具 (Imatest)、图像性能测试工具 (G1mark2 可执行程序)、媒体播放工具 (ExoPlayer)、Linux 系统的窗口管理框架 (Weston) 及其扩展功能组件 (IVI-Shell) 和 ADB/UART 串口调试工具。

## 7.2 功能试验

### 7.2.1 图像数据读取功能试验

图像数据读取功能按下列步骤进行试验：

- 在 7.1 的条件下搭建试验系统；
- 按图 1 图像加速处理单元中的图像处理流程，配置 DPU 的显示通道；
- 采用媒体播放软件，播放 RGB565 (16 BPP) 格式的媒体源文件；
- 查看显示器上 RGB565 (16 BPP) 格式的媒体源文件是否正常显示；
- 重复步骤 c) ~d)，采用媒体播放软件，依次播放 RGB888 (24 BPP)、ARGB8888 (32 BPP)、RGBA8888 (32 BPP)、ARGB2-10-10-10 (32 BPP)、RGBA10-10-10-2 (32 BPP)、YUV4:2:2 1-Plannar (8 bit)、YUV4:2:0 2-Plannar (8 bit)、YUV4:2:0 3-Plannar (8 bit)、YUV4:2:0 2-Plannar (10 bit) 格式的媒体源文件；
- 查看显示器上 RGB888 (24 BPP)、ARGB8888 (32 BPP)、RGBA8888 (32 BPP)、ARGB2-10-10-10 (32 BPP)、RGBA10-10-10-2 (32 BPP)、YUV4:2:2 1-Plannar (8 bit)、YUV4:2:0 2-Plannar (8 bit)、YUV4:2:0 3-Plannar (8 bit)、YUV4:2:0 2-Plannar (10 bit) 格式的媒体源文件是否正常显示。

### 7.2.2 图像预处理试验

### 7.2.2.1 图像缩放功能试验

按下列步骤进行试验：

- a) 在7.1的条件下搭建试验系统；
- b) 配置DPU的显示输出管线；
- c) 在显示器上全屏显示原始图像；
- d) 通过调试工具，如安卓调试桥（ADB）等，执行2:1的缩小命令；
- e) 查看显示器上图像是否按照2:1缩小；
- f) 重复步骤a)~c)，通过调试工具，执行1:2的放大命令；
- g) 查看显示器上图像是否按照1:2放大。

### 7.2.2.2 图像伽马变换功能试验

按下列步骤进行试验：

- a) 在7.1的条件下搭建试验系统；
- b) 配置DPU的显示输出管线和开启伽马变换功能；
- c) 在DPU的显示输出管线上全屏显示原始图像；
- d) 通过调试工具，如安卓调试桥（ADB）等，执行数据回写功能命令；
- e) 从存储器中获取渲染管线上的待显数据，保存并导出无损图像，如BMP格式图像、TIFF格式图像；
- f) 将原始图像和无损图像分别导入图像质量分析软件中，在原始图像和无损图像上指定相同位置的ROI区域（可手动调整ROI区域，保证选择的目标边缘区域准确），分析、生成两个图像ROI区域的测试报告；
- g) 比对原始图像和无损图像测试报告，查看伽马数值、亮度、亮度均匀性和色度均匀性是否一致。

### 7.2.3 图层合成功能试验

图层合成功能按下列步骤进行试验：

- a) 在7.1的条件下搭建试验系统，包括两个用于图像合成的DPU硬件显示图层、支持图像图层硬件合成的硬件及软件、支持内存数据回写的硬件及软件、两个原始图像和图像合成测试工具；
- b) 配置DPU的显示输出管线，开启图层合成功能；
- c) 将两个原始图像导入图像合成测试软件，且将两个图像置于不同图层；
- d) 通过显示器观察两个图像是否同时显示。

### 7.2.4 图像后处理功能试验

#### 7.2.4.1 图像抖动功能试验

按下列步骤进行试验：

- a) 在7.1的条件下搭建试验系统，包括支持图像抖动的硬件及软件、原始图像（可选择32级灰度图）、调试工具、支持6 bit或8 bit的显示器；
- b) 配置DPU显示输出渲染管线，关闭图像抖动功能；
- c) 在DPU的渲染管线上全屏显示原始图像；
- d) 通过显示器，查看并记录图像边缘的灰度；
- e) 打开图像抖动功能；
- f) 重复步骤c)~d)；

- g) 通过显示器，再次查看并记录图像边缘的灰度；
- h) 比对步骤d)和g)的图像边缘灰度，查看两个图像边缘的灰度是否一致。

#### 7.2.4.2 图像伽马变换功能试验

按下列步骤进行试验：

- a) 在7.1条件下搭建试验系统，包括支持伽马变换功能的硬件及软件、未压缩的视频信号输出接口、灰阶图原始图像、调试工具、暗室、亮度计仪器、显示器；
- b) 通过软件工具（比如opencv），对灰阶图原始图像进行离线伽马校正处理；
- c) 在离线伽马校正处理后的图像上，选择2个ROI（如高光区域、阴影区域和中间区域）生成灰度数据表；
- d) 配置DPU显示输出渲染管线，开启图像伽马变换功能，关闭除伽马变换之外与灰度变化有关的特性（如关闭显示器颜色空间转换、伽马校正功能）；
- e) 在DPU的渲染管线上全屏显示灰阶图原始图像；
- f) 按SJ/T 11281—2017中5.2.5.3a)的要求，在暗室环境中采用亮度计测量步骤c)中2个ROI的亮度值，生成灰度数据表；
- g) 比对和查看步骤c)和f)的灰度数据是否保持一致。

#### 7.2.5 显示数据压缩功能试验

按下列步骤进行试验：

- a) 在7.1条件下搭建试验系统，包括支持DSC功能的硬件及软件、带有DSC功能的显示器、媒体源文件和媒体播放软件；
- b) 打开DP的DSC功能，配置10 bpp的工作模式；
- c) 使用媒体播放软件，播放4K及以上分辨率的媒体源文件；
- d) 通过日志，查看DSC功能是否开启；
- e) 在显示器上持续观察5 min，查看图像有无闪烁、撕裂或静帧现象；
- f) 将工作模式配置为8 bpp，重复步骤c)~d)，查看图像有无闪烁、撕裂或静帧现象。

#### 7.2.6 内存数据回写功能试验

按下列步骤进行试验：

- a) 在7.1条件下搭建试验系统，包括支持内存数据回写的硬件及软件、原始图像、显示器、调试软件等；
- b) 查看产品规格书，查看支持的内存类型，如支持LP DDR4/4X或LP DDR5/5X；
- c) 配置DPU显示输出渲染管线；
- d) 在DPU的渲染管线上全屏显示原始图像；
- e) 通过调试软件，执行内存数据回写指令，获取DPU显示渲染管线上待显数据，保存并导出无损图像，如BMP格式、TIFF无损压缩格式的图像；
- f) 比对步骤d)的原始图像和步骤e)的无损图像，查看两个图像的内容是否一致，图像数据是否有丢失。

#### 7.2.7 内存数据旋转功能试验

按下列步骤进行试验：

- a) 在7.1条件下搭建试验系统，包括支持内存数据旋转的硬件及软件、原始图像、显示器、调试软件等；

- b) 配置DPU显示输出渲染管线；
- c) 在DPU的渲染管线上全屏显示原始图像；
- d) 通过调试软件，执行90° 或180° 或270° 旋转模式指令；
- e) 通过显示器，查看图像是否发生90° 或180° 或270° 的旋转。

#### 7.2.8 显示数据完整性检测功能试验

按下列步骤进行试验：

- a) 在7.1条件下搭建试验系统，包括支持ROI校验和图像合成的DPU硬件、支持ROI CRC生成的离线工具、待显图标图像A和背景图像B、调试软件等；
- b) 使用ROI\_CRC离线工具，通过ROI参数C，将待显图标图像A、背景图像B合并，生成合并后ROI的CRC，作为预先标定值CRC；
- c) 配置DPU的两个图层合并的图像处理管线；
- d) 通过调试软件，将待显图标图像A、背景图像B分别导入DPU，并输出合并后的图像；
- e) 通过显示器，查看合并图像是否正确合并，包括图像位置、图像内容等；
- f) 采用DPU硬件或调试软件，通过ROI参数C，计算合并后图像的ROI的CRC；
- g) 比对步骤b)和f) ROI的CRC是否一致。

#### 7.2.9 数字版权管理功能试验

按下列步骤进行试验：

- a) 在7.1条件下搭建试验系统，包括支持可信执行环境、硬件保护的音频路径等特性的硬件及软件配置、受数字版权保护的源文件、播放试验软件、支持HDCP功能的显示器；
- b) 使用播放软件（可提供数字版权保护内容的网站入口或应用程序等），播放数字版权保护的源文件；
- c) 通过显示器，观察数字版权保护的源文件是否正常显示或播放。

#### 7.2.10 流媒体视频流解码功能试验

按下列步骤进行试验：

- a) 在7.1条件下搭建试验系统，包括支持硬件解码特性的硬件及软件、不同解码格式（H.263、H.264、H.265、VP9）媒体源文件、显示器、调试工具等；
- b) 配置VPU的解码管线、DPU的输出图像管线；
- c) 采用调试工具，通过VPU和DPU，解码和显示H.263的媒体源文件；
- d) 将H.263的媒体源文件持续播放1 min，通过显示器，查看媒体源文件是否正常显示；
- e) 重复步骤b)~d)，依次查看H.264、H.265、VP9的媒体源文件是否正常显示。

#### 7.2.11 视频接口试验

按下列步骤进行试验：

- a) 在7.1条件下搭建试验系统，包括支持DSI、DP/eDP或HDMI的SoC开发板及软件、显示器、图形图像测试工具等；
- b) 通过DSI或DP/eDP或HDMI接口连接至显示器；
- c) 采用显示器，播放媒体源文件，观察媒体源文件是否正常显示，有无闪烁或噪点。

#### 7.2.12 控制接口试验

按下列步骤进行试验：

- a) 在7.1条件下搭建试验系统，包括支持SoC开发板及软件、调试软件、示波器等；
- b) 对于UART接口，将Tx脚和Rx脚短接，采用调试软件，通过UART接口发送和接收字符串数据，查看接收数据与发送数据是否一致；
- c) 对于I<sup>2</sup>C接口，通过测试工具（如I2C工具集），执行扫描总线命令，检查I<sup>2</sup>C外设设备是否正确枚举，以及I<sup>2</sup>C通信地址是否正确；通过测试工具，对I<sup>2</sup>C连接的设备进行数据读/写，检查读/写数据是否一致；
- d) 对于PWM接口，采用示波器，采集PWM的接口波形，读取接口波形的频率、占空比是否满足配置要求。

### 7.3 性能试验

#### 7.3.1 图层合成试验

按下列步骤进行试验：

- a) 在7.1的条件下搭建试验系统，选择支持4个及以上数量显示内容合成输出显示图层资源，包括支持图层分配的硬件及软件、显示内容与可用图层资源相互绑定的试验工具（如支持合成的窗口管理框架及其扩展功能组件）、显示输出设备、调试工具等；
- b) 配置DPU的显示输出管线，开启图层合成功能；
- c) 将4个及以上原始图像导入图像合成测试软件，且将4个及以上图像置于不同图层；
- d) 通过显示器观察4个及以上图像是否同时显示。

#### 7.3.2 显示数据完整性检测试验

按下列步骤进行试验：

- a) 在7.1条件下搭建试验系统，包括支持ROI校验和图像合成的DPU硬件、待显图标图像A和背景图像B、调试软件、中断统计工具等；
- b) 配置DPU的两个图层合并的图像处理管线，且图像输出帧率设置为60 FPS及以上；
- c) 通过调试软件，开启图像完整性检测和中断统计功能，将待显图标图像A、背景图像B分别导入DPU，并输出合并后的图像；
- d) 通过显示器，查看合并图像是否正确合并，包括图像位置、图像内容等。
- e) 通过中断统计工具，查看步骤e)中的CRC中断次数N和系统运行时间T；
- f) 通过公式（1）计算CRC检测的频率；

$$f = \frac{T}{N} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- $f$ ——CRC的检测帧率；
- $T$ ——系统运行时间；
- $N$ ——CRC中断次数。

#### 7.3.3 流媒体视频解码性能试验

流媒体视频解码能力按下列步骤进行试验：

- a) 在7.1条件下搭建试验系统，包括支持硬件解码特性的硬件及软件、多个不同解码格式（如H.263或H.264或VP9）、分辨率为704\*576的H.263格式媒体源文件、分辨率为1080P的H.264或VP9的媒体源文件、性能压测工具、调试工具等；
- b) 在EVB系统上安装性能压测工具软件；

- c) 开启性能压测工具软件，加载 H.263 媒体源文件，测试 1 小时；
- d) 查看性能压测工具软件生成的报告和中间性能日志，确认 H.263 码流平均性能达到 704\*576 60 FPS 及以上；
- e) 开启性能压测工具软件，加载 H.264 媒体源文件，测试 1 h；
- f) 查看性能压测工具软件生成的报告和中间性能日志，确认 H.264 码流平均性能达到 1080P 60 FPS 及以上；
- g) 重复步骤 e)~f)，生成 VP9 的报告和中间性能日志，确认 VP9 码流平均性能达到 1080P 60 FPS 及以上。

#### 7.3.4 图像输出性能试验

按下列步骤进行试验：

- a) 在 7.1 条件下搭建试验系统，用 DP 连接 1 路或多路显示器（支持分辨率 1080P 及以上，刷新率 60 FPS 及以上）；
- b) 将汽车座舱片上系统的图像性能测试软件（如 G1mark2 可执行文件），通过命令行格式和调试工具，设置分辨率为 1080P 及以上；  
例如：命令行格式“glmark2 -f 1920x1080”。
- c) 运行图像性能测试软件，生成和记录 FPS 报告；
- d) 查看 FPS 报告，确认每路显示的分辨率是否达到 1080P 及以上，分辨率是否达到 60 FPS 及以上。

#### 7.3.5 视频接口试验

##### 7.3.5.1 MIPI DSI 接口试验

按下列步骤进行试验：

- a) 在 7.1 条件下搭建试验系统，EVB 板、DPHY RTB、CPHY RTB、高速示波器；
- b) 将 EVB 板上一组 DPHY 接口，按照示波器测试软件要求的连接方法，将 1 对 Lane 和 1 对 CLK 使用高速差分探头和 DPHY RTB 连接至示波器；
- c) 运行示波器测试软件，确认连接是否正确；
- d) 根据示波器测试软件向导进行测试；
- e) 读取示波器 UI（单位间隔），取倒数 1/UI 即为信号速率，依次测试 4 对 Lane 的速率，确认速率是否达到了 2.5 Gbps/Lane；
- f) 将 EVB 板上一组 CPHY 接口，按照示波器测试软件要求的连接方法，将 1 对 Lane 和 1 对 CLK 使用高速差分探头和 CPHY RTB 连接至示波器；重复 c)~ e) 步骤，确认速率是否达到了 5.7 Gbps/Trio。

##### 7.3.5.2 DP/eDP 接口试验

按下列步骤进行试验：

- a) 在 7.1 条件下搭建试验系统，EVB 板、高速示波器、协议分析仪（DPR100）、调试软件；
- b) 将 EVB 的 DP 标准接口，按照示波器测试软件要求的连接方法，将 4 对 Lane 使用高速差分探头和 DPR100 连接至示波器；
- c) 通过调试软件，配置 DP 口为 HBR 模式；
- d) 运行示波器测试软件，确认连接是否正确；
- e) 根据示波器测试软件向导进行测试；

- f) 读取示波器 UI (单位间隔), 取倒数  $1/UI$  即为信号速率, 即 4 对 Lane 的速率, 确认速率是否达到了 2.7 Gbps/Lane;
- g) 通过调试软件, 配置 DP 口为 HBR2 模式, 重复步骤 d)~f), 确认速率是否达到了 5.4 Gbps/Lane。

### 7.3.5.3 HDMI 接口试验

按下列步骤进行试验:

- a) 在 7.1 条件下搭建试验系统, EVB 板、HDMI 控制器、高速示波器、调试软件;
- b) 将 EVB 的 HDMI 标准接口, 按照示波器测试软件要求的连接方法, 将 4 对 Lane 使用高速差分探头和 HDMI 控制器连接至示波器;
- c) 运行示波器测试软件, 确认连接是否正确;
- d) 根据示波器测试软件向导进行测试;
- e) 读取示波器 UI (单位间隔), 取倒数  $1/UI$  即为信号速率, 依次测量 4 对 Lane 的速率, 确认速率是否达到了 10.2 Gbps 以上。

### 7.3.6 控制接口试验

#### 7.3.6.1 URAT 接口试验

按下列步骤进行试验:

- a) 选择 EVB 板上一个 UART 两线接口, 按照 UART 传输协议, 将串口进行硬件连接;
- b) 将示波器探头连接到 UART 总线的 TX (发送) 引脚;
- c) 调整示波器的触发设置, 稳定显示 UART 信号;
- d) 测量一个字符 (包括起始位、数据位和停止位) 的时间宽度;
- e) 时间宽度的倒数即为时钟频率。

#### 7.3.6.2 I<sup>2</sup>C 接口试验

按下列步骤进行试验:

- a) 选择 EVB 板上一个 I<sup>2</sup>C 接口, 按 I<sup>2</sup>C 传输协议, 将主从设备进行硬件连接;
- b) 将示波器探头分别连接到 I<sup>2</sup>C 总线的 SDA (数据线)、SCL (时钟线) 引脚;
- c) 在 EVB 板上将 I<sup>2</sup>C 配置为标准工作模式, 通过 I<sup>2</sup>C 总线执行发送/接收数据操作;
- d) 观察示波器上捕获到的 I<sup>2</sup>C 总线上的 CLK 信号, 测算标准工作模式下的时钟频率;
- e) 重复步骤 a)~b), 依次测算快速工作模式、超快速工作模式和高速工作模式下的时钟频率。

#### 7.3.6.3 PWM 接口试验

按下列步骤进行试验:

- a) 选择 EVB 板上一个 PWM 接口;
- b) 将示波器探头连接到 PWM 信号的输出端口;
- c) 在 EVB 板上输出 PWM 信号;
- d) 查看示波器捕获到的 PWM 脉冲的频率和占空比, 测算输出占空比;
- e) 按公式 (2) 计算输出占空比:

$$P = (\tau_i / T) \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

式中:

$P$  ——占空比;

T/CAAMTB xxx—202x

$t_1$  ——1 个周期内信号处于高电平（导通）的时间，单位为毫秒（ms）；  
T ——信号的总周期，单位为毫秒（ms）。

---