

# 汽车摄像头接口 技术挑战和解决方案

应用经理Joe Triggs和  
应用经理Derek Burke

越来越多的汽车应用开始部署摄像头系统和摄像头接口技术来协助驾驶员，并增强驾驶体验。传统的后视摄像头(RVC)系统只搭载了一个摄像头，如今开始被搭载四个或更多摄像头的环视系统(SVM)所取代，这些新系统具有360°实时汽车监控功能。行车记录仪、盲区监测、夜视、道路标志辨识、车道偏离监测、自适应巡航、紧急刹车和低速防撞系统都可以减轻驾驶员的工作负担。为增强驾驶体验，驾驶人员生命体征监测、乘员检测和人机接口手势识别等多种应用中也开始引入摄像头。由于摄像头系统的发展，汽车制造商甚至可以通过替换传统的后视镜等功能来重新设计汽车轮廓。

许多不同的摄像头应用与现在大量汽车中部署的标清(SD) RVC的工作原理相同。十多年来，SD摄像头已成为汽车应用中的常规部署，并从高端汽车扩展到大众车型，以满足法规要求和客户期望。SD方案为汽车OEM带来了许多宝贵的优势：经过在消费电子行业多年的实践证明，该技术成熟稳定，因此风险低；对带宽的需求低，因而可以使用低成本线缆和连接器，同时还可以确保辐射性能在可控范围内；还有一系列技术成熟的视频编码器和解码器，经过实践证明可处理稳定性不高的视频输入。

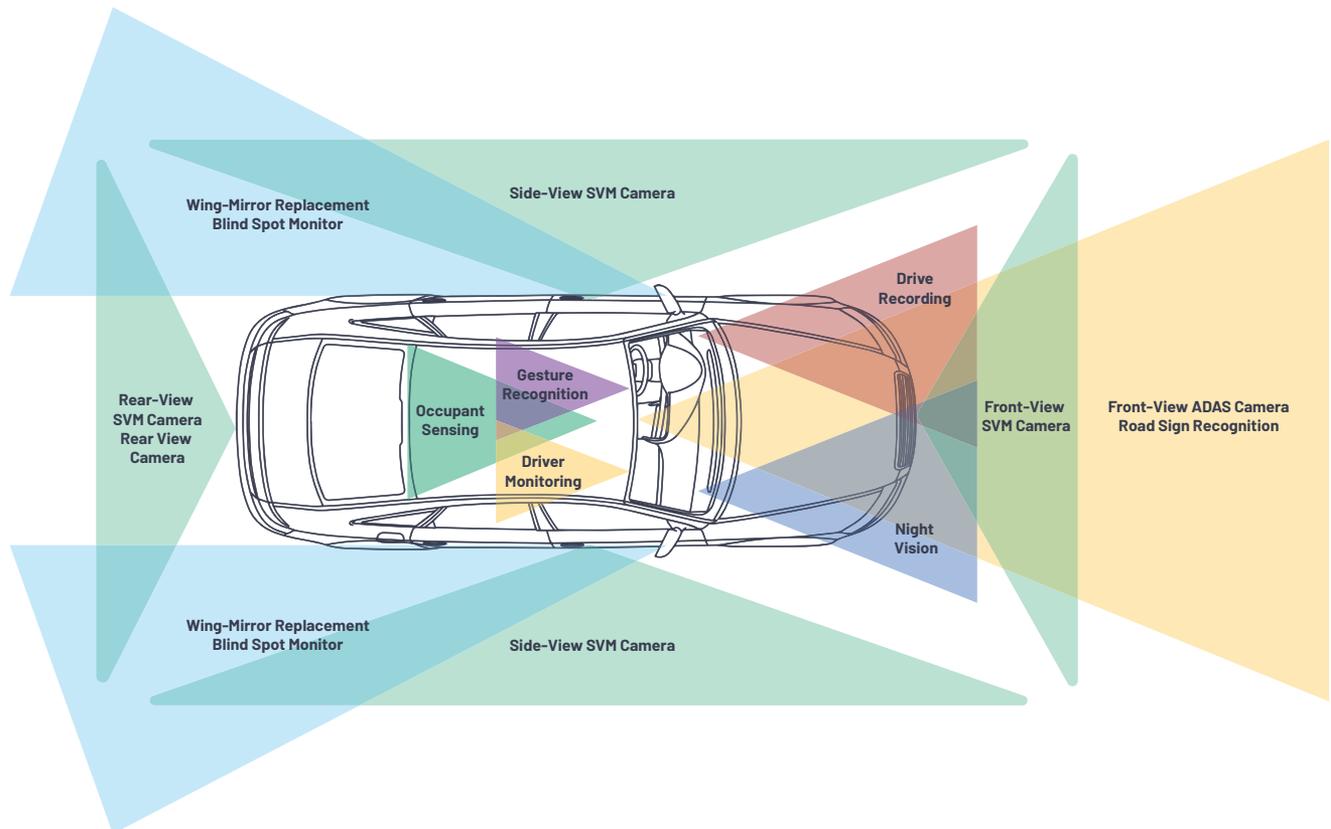


图1. 摄像头在现代化汽车中广泛应用。

如今，超高清(UHD)显示器在消费电子设备中迅速普及，使得所有类型的车辆对更大、更高清显示的需求不断上升。虽然SD视频方案对于小尺寸显示屏似乎还不错，但用于大尺寸显示屏时，其缺点就非常明显（例如：由于SD视频带宽有限，导致高频细节不足，或在分离调制信号中的亮度和色度信号时产生串色伪影）。市场追求大尺寸显示的发展趋势，使得汽车OEM面临挑战，需要将摄像头架构升级到高清。解决这一挑战的一个关键构建就是将图像数据从摄像头传输到接收单元（例如：ECU或显示器）的摄像头接口技术。

在选择新的摄像头接口技术时，首要应用特性就是所需带宽。摄像头系统的带宽要求非常广泛。采用SD视频分辨率的传统RVC系统需要较低的带宽（例如：6 MHz）。通常低速应用的环视系统采用较低的刷新速率（例如：30 Hz）实现充分曝光，这可能会限制所需带宽。侧面后视镜替代系统需在车辆的整个行驶速度范围内运行，因此采用较高的刷新速率（例如：60 Hz或更高）尽可能减少延迟，这需要更高带宽。自动驾驶应用中的前置摄像头需要超高分辨率（例如：18+ MPixel），因此带宽要求也非常高。目前有许多摄像头接口技术，可提供较大范围的带宽，而带宽范围的选择与摄像头系统和整个车辆的多个方面会相互影响。

## 图像质量

摄像头接口技术实现的图像质量是架构设计中的一个关键因素。通过无法提供足够带宽的摄像头接口技术发送视频数据，可能会影响图像完整性或导致图像完全丢失。通过测量图像的锐度和动态范围等因素，可以评估摄像头接口技术引起的图像质量下降情况。

## 线缆属性

车辆的整个线缆总成或线束是其最复杂、最重且最难安装的组件之一。通常，汽车的整体布线长度超过一公里，因此需要认真考虑其线束要求。首先，带宽要求较高的应用（例如：自动驾驶汽车的超高分辨率前置摄像头）需要使用高质量的重型线缆。近年来，为了增加内燃机汽车和电动汽车等的行驶里程，汽车制造商开始专注于制造更轻且更节能的汽车，因此线缆重量已成为越来越受关注的一个话题。对于涉及在车辆中复杂布线的应用，线缆支持的弯曲半径可能非常重要。对于摄像头位于铰链部件（例如：放置SVM系统的车门、或RVC和SVM系统的后备箱盖）的应用，线缆在开合周期中的稳固性至关重要。对于线缆可能暴露于恶劣环境下的应用，线缆还需要防水性。

不管选择了哪种摄像头接口技术和线缆类型，每一厘米线缆都有成本，当核算线束的所有成本时，我们会发现线束是三大最昂贵组件之一。

由于其低带宽需求，传统的SD视频方案可使用极具成本效益的轻型电缆。在许多情况下，SD视频解决方案采用非屏蔽双绞线(UTP)电缆，类似于常用于CAN等低速控制链路的那些电缆。

## 连接器

线束及其连接模块的另一个关键元件是连接器。除了将线束连接至控制模块、传感器或电机，连接器还用于连接线束内同一电缆的不同部分（直插式连接器）。直插式连接器广泛用于汽车行业，以简化线束的结构、安装和使用。例如：在非常靠近摄像头的位置使用直插式连接器意味着，如果摄像头受损，就可以在不对车辆其余线束产生明显影响的情况下更换受损摄像头。

与上面描述的线缆选择一样，连接器选择是摄像头系统总成本的一个重要决定因素。高分辨率系统通常需要使用支持更高带宽的连接器，因此成本也更高。

其他连接器考虑因素包括PCB和ECU上的连接器尺寸，连接器是否必须密封或不密封，以及是否需要颜色编码/键控。

传统SD视频方案允许在摄像头和ECU或多媒体主机(HU)上使用具有成本效益的连接器方案。例如：SD视频RVC系统的视频信号通常与多引脚连接器上的其他信号（例如：控制网络和所需的电源信号）一起接入到ECU或HU；数字链路通常需要使用专用连接器，从而使ECU受到PCB和封装限制。

## 车辆架构

车辆架构对选择适当的摄像头接口技术具有多方面影响。标准车辆中的线缆距离通常可以达到几米，且随着消费者开始倾向于购买更大的运动型多用途汽车，线缆长度也在不断增加。一些车辆架构具有额外的功能，如支持泊车倒车和操控的泊车倒车辅助功能，这也可能会要求提供更长的线缆。商用汽车带来另一个架构挑战。在此车辆架构中，摄像头系统需要将线缆延伸至最大长度。大多数摄像头接口技术均支持这些车辆架构和功能，但一些可能需要使用附加模块，如中继器或中继发射机，以支持较长的线缆长度。

## EMC

线缆方案的电磁辐射抑制和抗干扰性是摄像头接口技术的另一个关键因素，因为线缆可能会成为车辆内部的天线，从而带来不利影响。车辆中电子电气系统的普及导致人们越来越依赖于这些以兼容方式共存的系统。当系统启动时，一个系统（例如：RVC系统）影响另一系统（例如：电动汽车牵引电机或电动座椅机构）或受其影响均不可接受。为此，在选择接口技术方案之前必须考虑其辐射和抗干扰性。

为确保内部或外部干扰不会影响车辆内的系统，汽车制造商将根据其特定的EMC标准对所有系统进行测试。首先，对系统级组件（例如：后视镜摄像头或环视摄像头）进行这些测试。此类测试成本高又耗时，而且还具有挑战性，但可确保每个模块在集成到车辆之前具有较高的鲁棒性。成功完成系统级测试后，汽车制造商还必须测试系统在持续面对高功率辐射信号时的运行能力（射频电磁场辐射抗扰度），以验证系统在车辆中的运行情况和性能。制造商还需测量车辆中所有天线的接收频段（例如：FM、GPS、移动电话、Wi-Fi等），以确保不存在干扰信号。解决车辆的EMC问题既耗时又要耗费高昂成本。

## 其它要求

除了上述要求之外，摄像头接口技术的选择还需满足许多其他要求，如控制通道可用性、像素精度和功能安全等级。

## 概要

设计摄像头系统时，摄像头接口技术的选择受多种因素的影响。此外，摄像头接口技术的选择也会对集成该技术的车辆产生多方面影响。传统的RVC系统基于SD视频技术，为汽车OEM提供了一种可在车辆内实现视频传输的非常可靠、经济有效的方法。但是，近几年的消费产品趋势致使SD视频越来越不适用于大尺寸显示。同时随着立法发展以及消费者期望，使得每辆新车上的摄像头数量继续增加。

在这些趋势和发展的背景之下，出现了几种可用于当今汽车摄像头系统的摄像头接口技术。当今的摄像头接口技术范围广泛，从经过传统SD RVC系统验证的SD视频技术（例如：CVBS）到高清模拟接口技术，再到高清数字接口技术。

SD视频技术仅适用于低带宽应用，但只需使用极具成本效益的线缆和连接器。数字接口技术适用于高带宽应用，且具有像素精度等优势，但通常需要使用更昂贵的线缆和连接器。高清模拟接口技术是上述两种解决方案的折中方案，只需使用性价比高的线缆和连接器即可确保高清视频传输。

C<sup>2</sup>B™就是这样一种高清模拟接口技术，只需使用性价比高的线缆和连接器即可为汽车OEM和一级供应商提供极具吸引力的、兼容EMC的高清视频方案。

## C<sup>2</sup>B汽车摄像头接口技术

C<sup>2</sup>B是ADI公司推出的一种高清模拟视频传输技术。

C<sup>2</sup>B从一开始就是作为一种汽车级接口技术而设计的，可将高清视频从发送端传输到接收端，分辨率最高可达2百万像素（1920 × 1080）。C<sup>2</sup>B旨在充分利用用于SD视频系统的UTP线缆和连接器的最大带宽容量。C<sup>2</sup>B的创新型均衡器架构支持最长30 m的线缆长度，且出现问题时无需重连机制。为确保C<sup>2</sup>B满足所有的汽车要求，它针对EMC进行了一些优化（优化信号结构、抗混叠滤波器、频谱整形滤波器），并且ADI公司作为可靠的汽车电子供应商也值得信赖。

C<sup>2</sup>B具有一个控制通道，可以处理高达400 kHz的I<sup>2</sup>C信号传输，最多4个GPIO信号，以及来自摄像头模块的中断信号，从而简化了包括本地配置和远程配置的系统架构。4个GPIO用于在C<sup>2</sup>B链路中传送静态信号。2个中断信号用于允许C<sup>2</sup>B发送端向C<sup>2</sup>B接收端传送状态信息。C<sup>2</sup>B对控制通道数据运用CRC校验，并且能够在出现问题时自动启动重新传送。

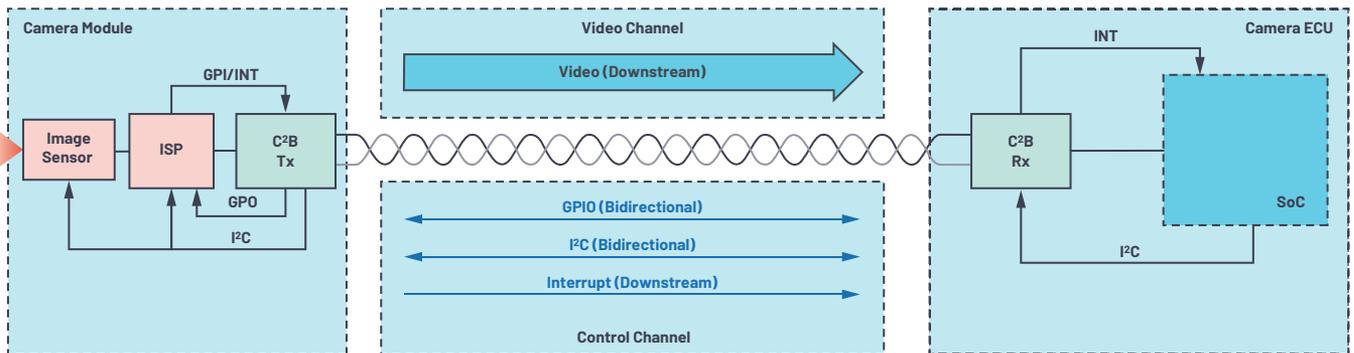


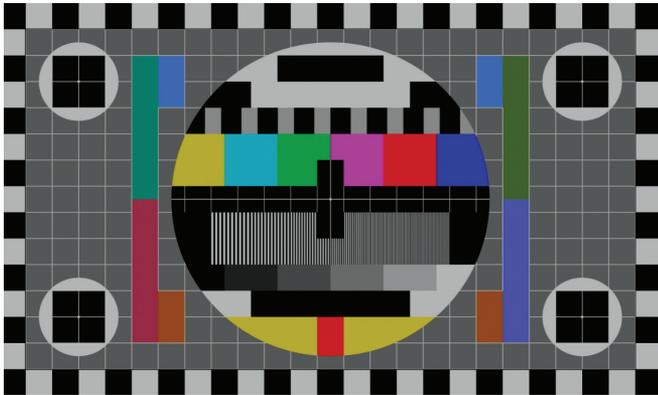
图2. C<sup>2</sup>B架构概述。

C<sup>2</sup>B支持面向汽车应用的附加功能，如线缆诊断（线缆对电池或对地短路等）和帧数采集、生成、解码和传输，以提供对所传输数据完整性的洞察力。

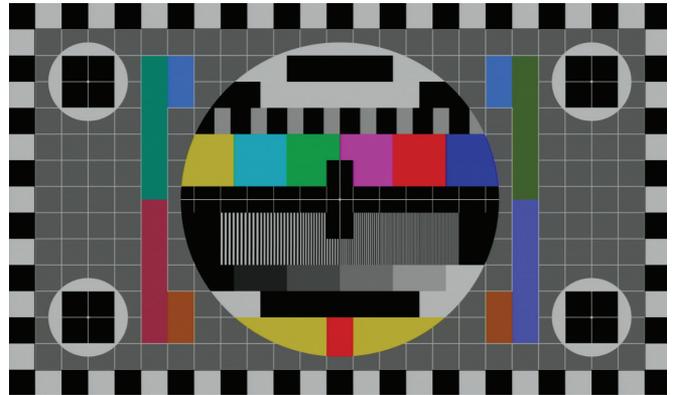
C<sup>2</sup>B针对汽车应用定义和设计，采用了多种机制来确保低成本UTP线缆和低成本非屏蔽连接器传输、符合EMC要求。这包括针对阻抗不匹配的回波消除、宽带下共模抑制（使用UTP线缆时很重要）、以及输出信号的频谱整形以减少辐射。C<sup>2</sup>B经过测试符合设备级和系统级EMC国际标准（CISPR 25第5类[辐射]、ISO 11452-2/ISO 11452-4/ISO 11452-9、ISO 7637-3[抗干扰]、ISO 10605[ESD]等）。

这些特性使得C<sup>2</sup>B成为极具吸引力的解决方案，尤其是以下两类汽车制造商：仍在使用SD摄像头方案并寻求低风险升级途径的汽车制造商；以及已转向基于数字接口技术的高清摄像头方案但寻求降低成本的汽车制造商。

与其他技术相比，C<sup>2</sup>B在下述应用领域具有明显的系统成本优势：后视摄像头、环视摄像头系统、电子后视镜和乘员监控系统等。经过独立验证的C<sup>2</sup>B视觉无损性具有类似于数字接口技术的高清性能，同时还可以节省大量系统成本。

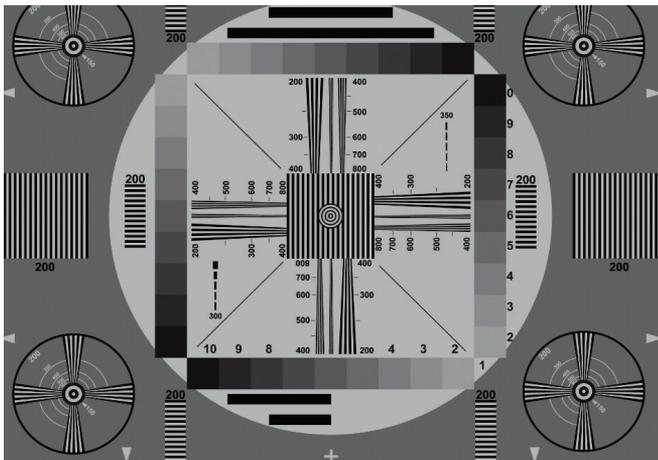


Video Frame Capture, Digital Link (HDMI)

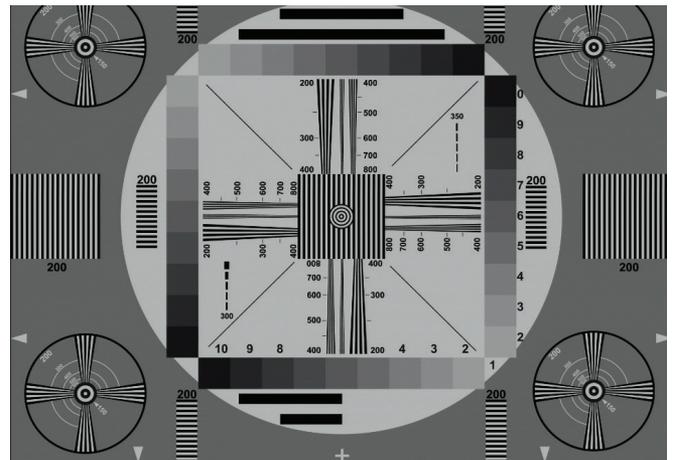


Video Frame Capture, C<sup>2</sup>B Link

图3. 数字链路与C<sup>2</sup>B链路的视频帧采集比较。



Video Frame Capture, Digital Link (HDMI)



Video Frame Capture, C<sup>2</sup>B Link

图4. 数字链路与C<sup>2</sup>B链路的视频帧采集比较。

## 结论

C<sup>2</sup>B为汽车制造商提供了一个极具吸引力的接口技术方案，有助于将现有SD摄像头解决方案升级为HD解决方案，或促进数字接口技术系统的降本迁移。有关C<sup>2</sup>B技术和适合汽车应用的产品信息，请访问：[analog.com/c2b](http://analog.com/c2b)，或联系当地ADI销售办事处。ADI公司提供C<sup>2</sup>B发送器(ADV7992)和C<sup>2</sup>B接收器(ADV7382/ADV7383)的评估板，以加快技术研究和系统原型设计。进行系统原型设计时，如果开发接收器，则C<sup>2</sup>B发送器评估板可用作C<sup>2</sup>B源端，而如果开发摄像头，则C<sup>2</sup>B接收器评估板则可用作C<sup>2</sup>B接收端。

## 作者简介

Joe Triggs是ADI公司汽车业务部门汽车连接和传感(ACS)产品部的应用经理。ACS部负责提供C<sup>2</sup>B、A<sup>2</sup>B和ADI驾驶座舱传感技术支持，如方向盘握姿检测和ToF技术。他于2002年获得国立科克大学工学学士学位，之后继续深造，2004年获得利默里克大学工学硕士学位。2012年，他完成了利默里克大学Kemmy商学院工商管理硕士课程。联系方式：[joe.triggs@analog.com](mailto:joe.triggs@analog.com)。

Derek Burke是ADI公司IPC视频产品部应用经理。他于2010年加入ADI公司担任高级应用工程师，为汽车客户提供模拟、数字和APIX视频产品设计支持。加入ADI之前，他在英特尔工作了两年，担任平台应用工程师并负责通信平台支持，同时在Avocent（艾默生）工作了八年，担任硬件设计工程师并负责开发KVM扩展系统。他毕业于利默里克理工学院，获得电子工程学位。联系方式：[derek.burke@analog.com](mailto:derek.burke@analog.com)。

## 在线支持社区



访问ADI在线支持社区，中文技术论坛

与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

请访问[ez.analog.com/cn](http://ez.analog.com/cn)

