

# 基于车载以太网的环视系统设计

朱 贺

法可赛(太仓)汽车配件有限公司, 江苏 太仓  
Email: zhuhemo@163.com

收稿日期: 2021年8月6日; 录用日期: 2021年8月31日; 发布日期: 2021年9月7日

## 摘 要

社会的进步是需要第一个吃螃蟹的, 本环视系统是国内首个使用车载以太网传输视频的系统, 在设计以及量产的过程中遇到的各种问题是一种宝贵的财富, 给广大车企未来的变更带来了经验和方向。本产品在设计之初考虑到的升级功能, 通过控制器对环视摄像头的升级能力, 通过CAN FD总线以及ORU功能对环视控制器的升级设计给产品的更新带来了无限可能。本产品可以实现简化车载网络架构, 消减线缆成本, 在传统以太网成熟技术的背景下降低开发风险, 随着后续感知器件的增加, 实现传感器功能融合。

## 关键词

环视摄像头, BroadR-Reach, 环视系统, 车载以太网, CAN FD, 融合

# Surround View System Design Based on the Ethernet of the Vehicle

John Zhu

Ficosa International (Taicang) Co., Ltd., Taicang Jiangsu  
Email: zhuhemo@163.com

Received: Aug. 6<sup>th</sup>, 2021; accepted: Aug. 31<sup>st</sup>, 2021; published: Sep. 7<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

The progress of society needs to be the first to eat crabs. This surround view system is the first system to use vehicle Ethernet to transmit video in China. Various problems encountered in the process of design and mass production are a kind of valuable wealth, which brings experience and direction to the future changes of the majority of automobile enterprises. At the beginning of the design of this product, the upgrade function is considered. Through the upgrade ability of the controller to the surround view camera, and through the upgrade design of the CAN FD bus and ORU

function to the look around controller, it brings infinite possibility to the update of the product. This product can simplify the vehicle network architecture, reduce the cable cost, reduce the development risk under the background of traditional Ethernet mature technology, and achieve sensor fusion with the increase of subsequent sensing devices.

## Keywords

Surround View Cameras, BroadR-Reach, Surround View System, Vehicle Ethernet, CAN FD, Fusion

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 概述

新一代 BroadR-Reach 芯片集成物理层, 为集中式车载网络实现业经验证的性能、合规性和安全性[1]。由于有线以太网布线简单可靠, 非常适合通过音视频广播(AVB)桥接协议用在汽车部署中, AVnu 联盟的主要市场焦点是成功将 AVB 部署在汽车空间的流媒体音视频应用中[2]。车载以太网技术优势明显, 在布线简单的基础上, 只需要一对非屏蔽的双绞线就可以实现百兆带宽, 基于此技术不但可以降低车身线束质量, 还可以提高视频传输质量, 其经济优异性显而易见。2008 年宝马(BMW)作为第一个在车型上尝试搭载以太网的汽车厂商, 宣布车载以太网进入了局部网络阶段, 到了 2013 年, 宝马正式宣布旗下最新车型 X5 搭载了车载以太网技术, 并且开创了只使用一对非屏蔽双绞线的以太网物理层设计[3]。国外其他的主流主机厂开始追随其路线, 进行产品升级换代。本项目就是基于全球大众 MEB 新架构、新平台而研发设计并量产的 360°环视系统, 基于车载以太网与整车的车机导航进行视频传输的。关于目前国内整车市场使用的环视系统, 老一代产品使用的是复合同步视频广播信号(CVBS)技术, 缺点是模拟信号输入输出, 整体像素偏低。随着驾驶品质的提高, 高清摄像头的要求在所难免, 目前主流的高清视频均通过一对带屏蔽电缆的 LVDS 线束进行传输。LVDS 是一种低电压差分信号, 有着低功耗、低误码率、低辐射等诸多优点, 使其在汽车应用上特别广泛。因为支持 LVDS 通讯的线束需要加屏蔽层, 所以随着通讯距离增长, 线束成本会急速增加。而支持车载以太网通讯的线束不需要屏蔽层, 其成本增加微乎其微, 所以当车载以太网技术问世后, 使用以太网通讯的产品逐渐增多, 价格优势会推动汽车行业在架构设计上考虑使用以太网技术。大众集团 MEB 平台是针对新能源设计的新一代平台化汽车, 其整合的网关拓扑可以接收车载以太网, 和其他控制器进行混接。

本文介绍的环视系统是在全球项目的国产化产品, 全新的控制器搭载基于车载以太网的 130 万像素的摄像头, 可以最大实现 200 万的视频输出像素。采用 TI 芯片对采集到的视频进行算法拼接处理, 可以实现无缝拼接, 低延迟的高清视频输出。如图 1 所示, 为一个控制器搭配前后左右四个车载以太网摄像头的示意图。

控制单元和摄像头视频通信唯一性是基于 IEEE 提出的本地 MAC 地址标准实现的[4]。每次系统上电, 通过硬线连接, 控制器知晓摄像头所处的位置, 然后通过读取 MAC 地址识别图像采集的区域。本系统的后续扩展方案包括了使用智能摄像头代替前后两个摄像头。自动紧急制动系统(Autonomous Emergency Braking System, AEB) [5]是一种高级辅助驾驶系统(Advanced Driving Assistant System, ADAS), 它可实现车辆避撞和行人避撞, 提高车辆的主动安全性[6]。

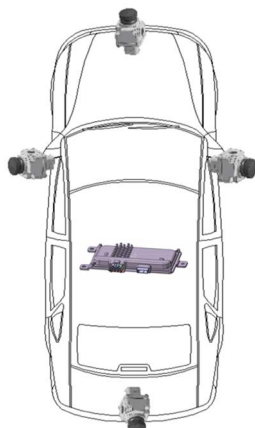


Figure 1. Surround view system schematic  
图 1. 环视系统示意图

## 2. 控制方案

### 2.1. 供电和唤醒原理

控制单元(Topview ECU)通过主连接器和车身相连,本产品选择 TE 20 针脚的连接器,供电来自车身 KL30 (12 V)。由于控制器内部地和车身外部地通过螺丝金属件可以互联,需要考虑不同地因素,所以在设计上要加入过滤器件,防止相互干扰。四个摄像头的供电需要通过控制单元的主连接器给出,如果前后摄像头是隐藏在 logo 内,本系统预留出 logo 翻转信号(PWM)。主控制单元通过 CAN 信号与车身进行沟通,比如车身的休眠唤醒,以及摄像头脏污检测,摄像头清洗等信号均通过 CAN 信号进行传输。系统连接如下图 2 所示,红色为电源线,带箭头的黑色线为视频或者信号传输线。

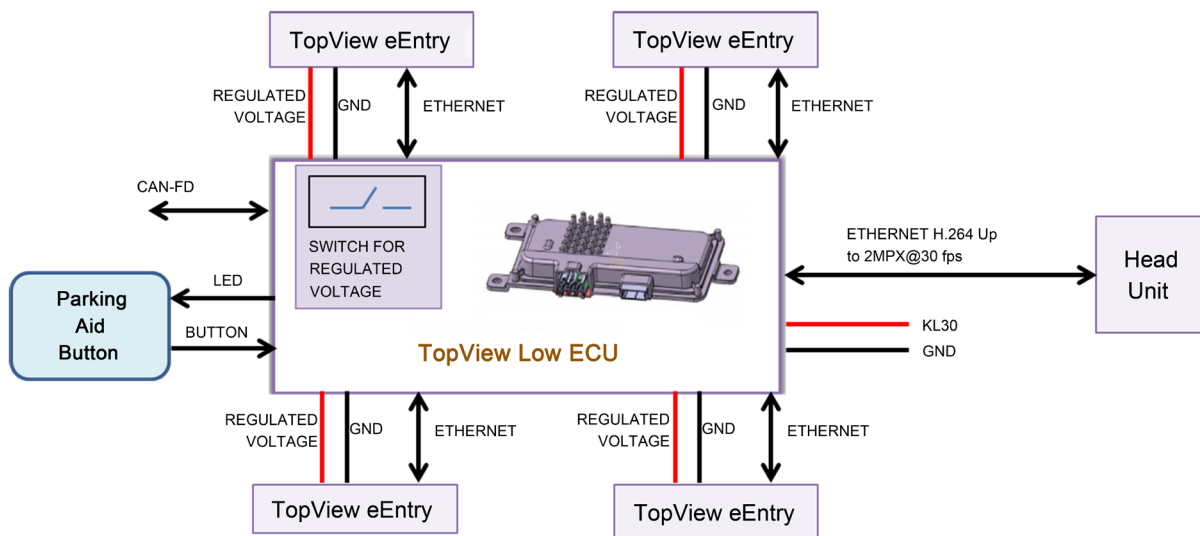
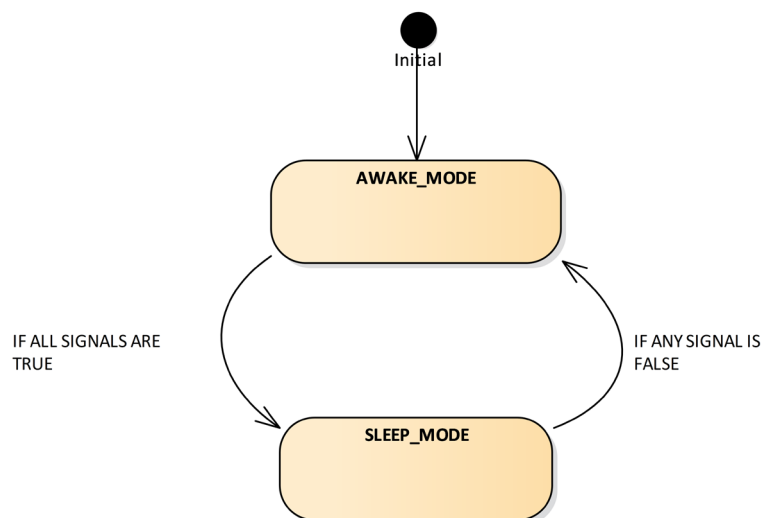
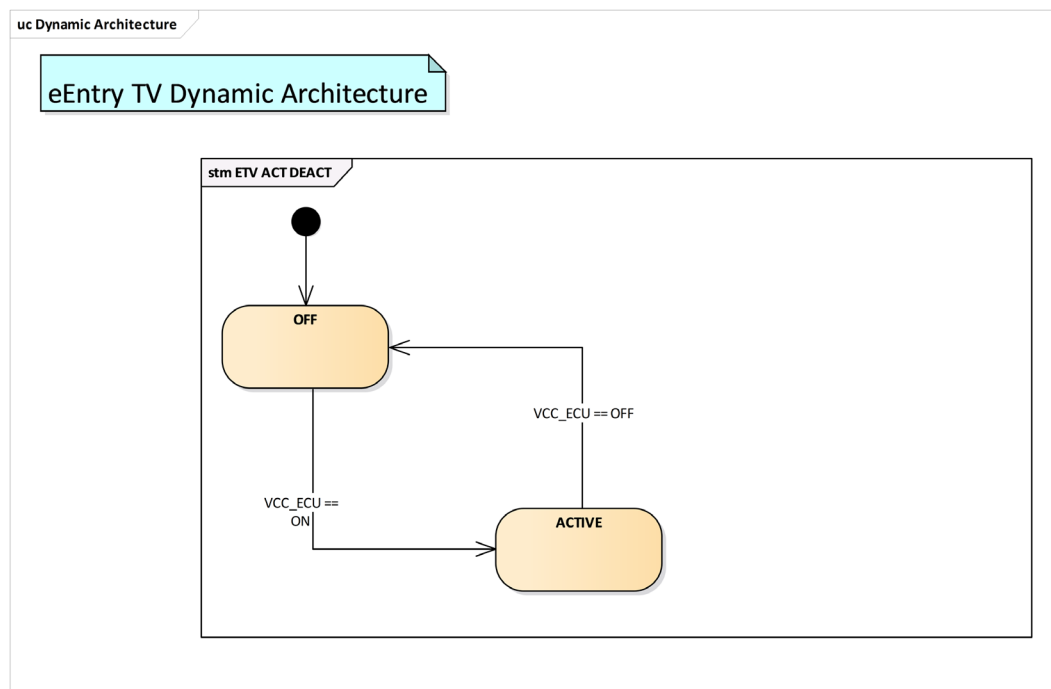


Figure 2. System architecture schematic  
图 2. 系统架构示意图

车身 KL15 信号 CAN FD 传送到控制单元进入到控制单元进行唤醒或者休眠,通过内部程序逻辑控制,实现不同模式的切换。对摄像头的接口端需要考虑摄像头的功率和对应的诊断,包括硬线连接状态,视频传输状态等,如图 3 和图 4 所示。



**Figure 3.** Mode wake Up  
**图 3.** 模式唤醒



**Figure 4.** Mode switch  
**图 4.** 模式切换

## 2.2. 视频采集和输出实现

环视控制单元(Topview ECU)外接四路以太网摄像头(Topview eEntry), 输出一路以太网视频信号到整车。环视系统控制器的 SOC 采用 TI 芯片家族的 TDA2Ex 系列芯片, 为智能辅助驾驶(ADAS)设计的一款家族产品[7], 其 H.264 编码方式的应用可以完美的为车载以太网视频传输提供硬件支持, 内部带有 3D 图像处理功能的 GPU 可以提高视频和图片质量处理能力。搭载博通的 BCM89541 物理层以太网芯片, 很好的搭载四路以太网摄像头视频输入, 一路以太网视频输出, 具体输出到网关还是直接输出到中控导

航, 按照不同的车型, 有着不同的配置。下图 5 是两个核心芯片的链接图, 通过全双工协议串行外设接口(SPI)进行通信。

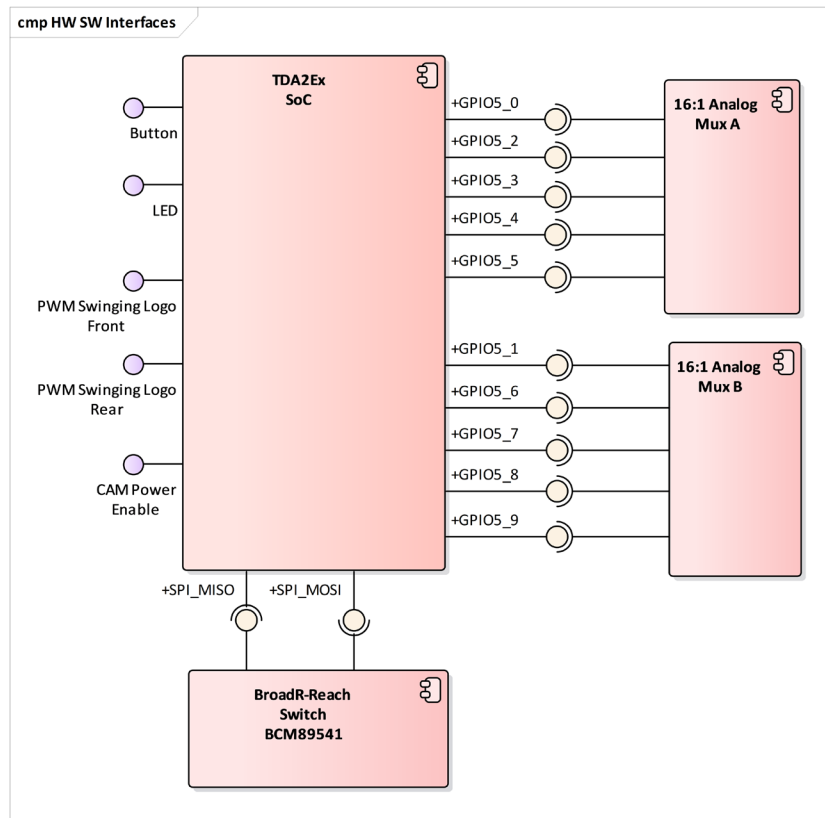


Figure 5. Chips communication  
图 5. 芯片通信

### 2.3. 摄像头程序更新原理

在设计之初考虑到摄像头的软件更新, 可以通过以太网进行刷新, 如下图 6 所示, 以太网传输命令控制主控制器(Host), 可以是电脑, 也可以是环视控制器, 使能 Host 发送指令到摄像头。这部分的协议是基于摄像头内部的安森美芯片的用户数据包协议(UDP-Based)执行的。可以通过对应的命令改变摄像头内部的参数达到程序更新的目的, 比如使能自动白平衡(AWB)。此 UDP 协议包括 UDP header, 参考 RFC768, IP header 参考 RFC791, Ethernet Header, 参考 IEEE 802.3, 这里不作展开。

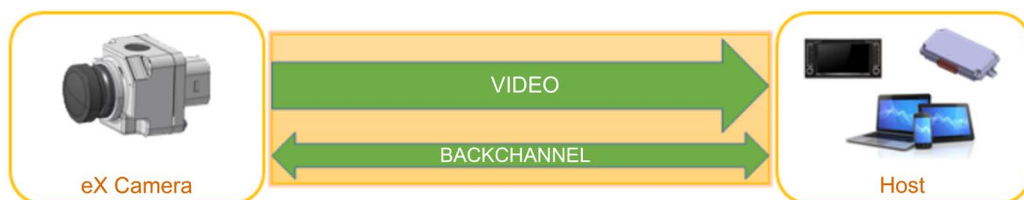


Figure 6. Backchannel concept  
图 6. 通信通道原理

以下是 Host 和摄像头之间写和读的流程, 如图 7:

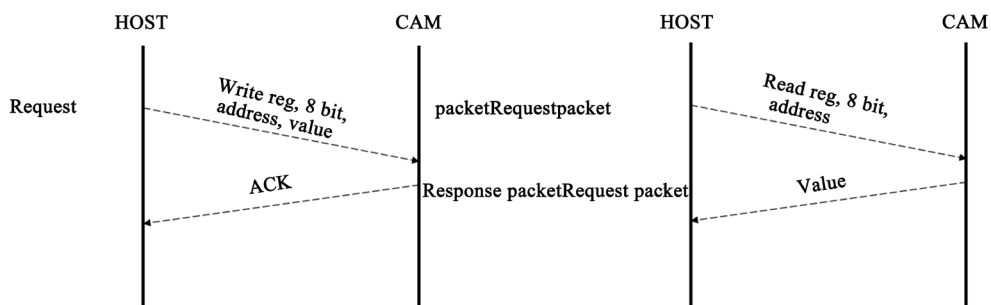


Figure 7. Read and flash process  
图 7. 读写流程

协议中会设定读取或者写入时间超时，或者反馈指令和要求指令不一致的应对策略，如下图 8 所示：

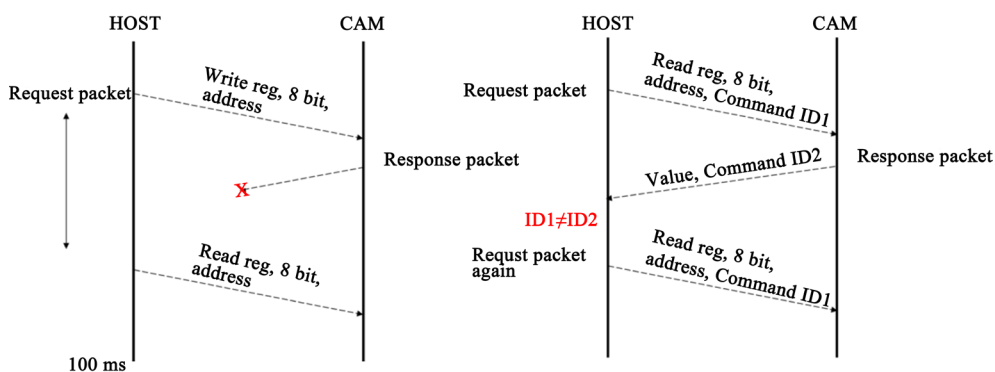


Figure 8. Time out process  
图 8. 超时处理刘晨

摄像头程序刷新流程如图 9 如下：

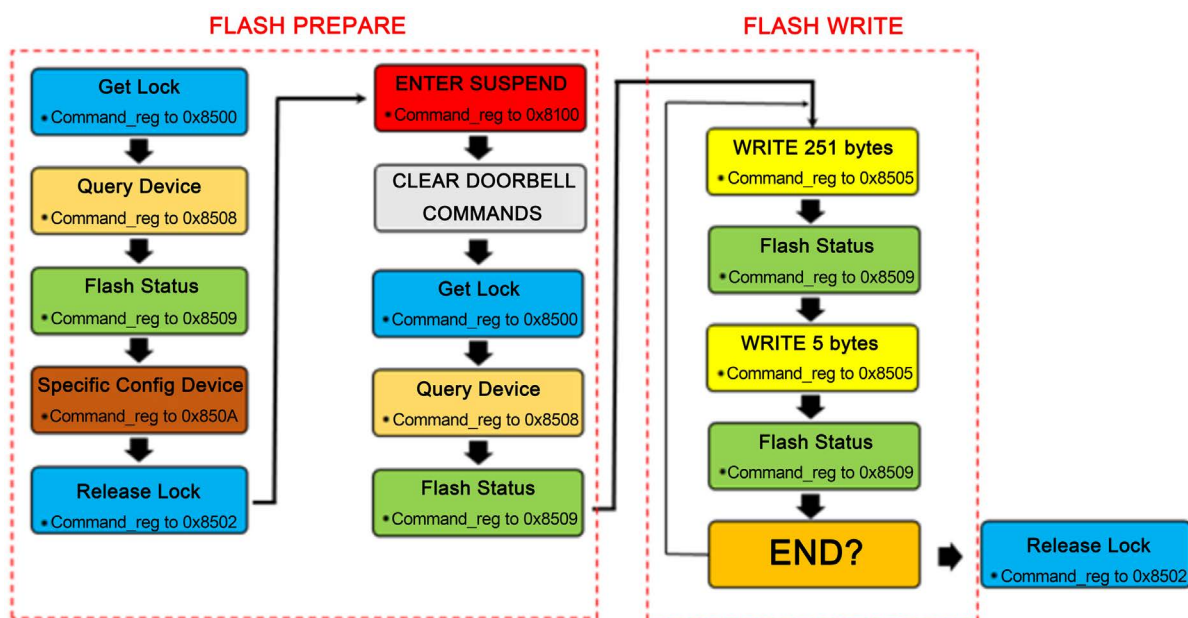


Figure 9. Flashing flow chart  
图 9. 刷新流程图

### 3. 控制系统实现

#### 3.1. 系统组成

整车 KL30 (12 V)电源通过车身和系统的连接器进行输入，系统的电源管理模块会分配出不同的电压 (3.3 V、5 V 等)给到内部的控制芯片使用。考虑到系统的功耗，在设计之初 PCB 内部放置了 NTC 温度传感器，通过对电阻电压的读取(通过模拟转数字口)  $V_{adc}$ ，可以算出目前系统的温度( $T$ )，计算公式如下：

$$R_t = (6226.4/V_{adc}) - 8113.2$$

$$(1/T) = (1/298.15) + ((1/Beta) * \ln(R_t/10000)) \text{ 其中 } Beta = 3434 K$$

本产品采用德州仪器公司的 TDA2Ex 系列芯片，以下简称 SoC，控制单元主要有两种信号流，一种为车载视频流，另一种和常见的 CAN 总线通信。车载视频流通过对四路 130 万像素的摄像头信号进行解码处理，通过图像拼接，畸变矫正，颜色还原等处理，可以最大输出 200 万像素的图像，由于系统输出亦基于车载以太网通讯，所以通过 H.264 编码，以 RTP 帧方式视频流输出。通过 CAN 总线，控制器可以发送或者接收车身控制单元给出的车速信号，车门信号，档位信号等。SoC 要给与不同的图像处理，比如在交通路口，需要更多的视野；比如在倒车模式，需要对图形畸变处理等。SoC 需要对 CAN 信号进行处理，实现和车身的互动，需要针对温度，电压进行实时检测，及时记录系统的工作状态，做好诊断工作。SoC 的外围单元功能比较丰富包括各种频率的通信总线、GPIO/PWM、MDIO、MMC1、HDMI、UART 等，以下简单列举通信数据使用的外围单元：

QSPI: SoC 和闪存的数据沟通

SPI1: SoC 和 TCAN 收发器通信

SPI2: SoC 和 BroadR-Reach 进行通信

I2C1: SoC 和电源管理芯片进行通信

RGMIIO: SoC 视频流传输

系统架构如图 10 如下所示：

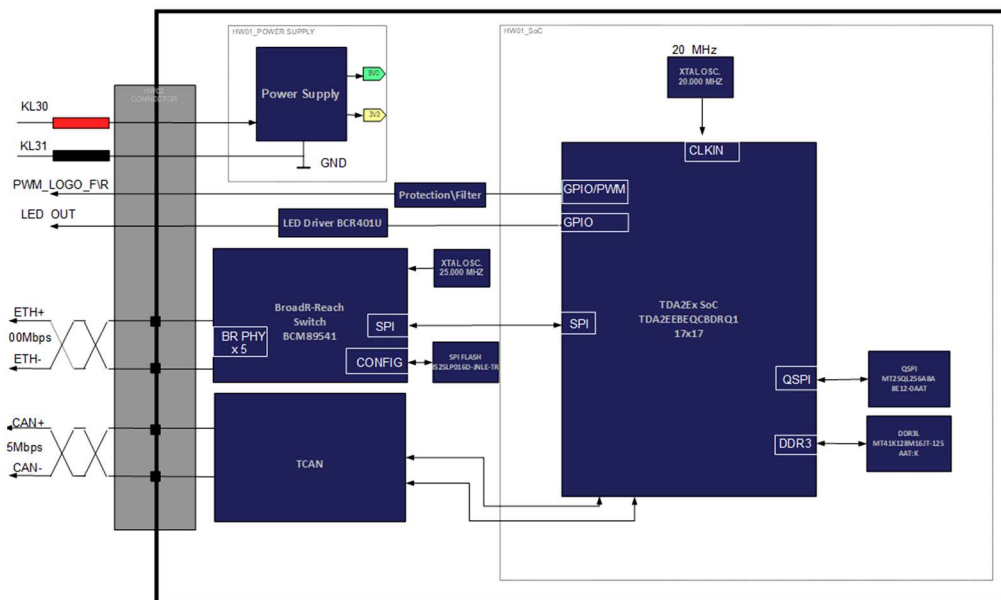


Figure 10. System architecture

图 10. 系统架构图

### 3.2. 软件功能实现

本产品的软件是基于 AutoSar4.x 版本进行设计。考虑到软件的持续升级和客户后续更新需要，软件需要包括应用程序和在线刷新程序以及客户程序刷新(ORU)三部分，逻辑实现如下图 11 所示：

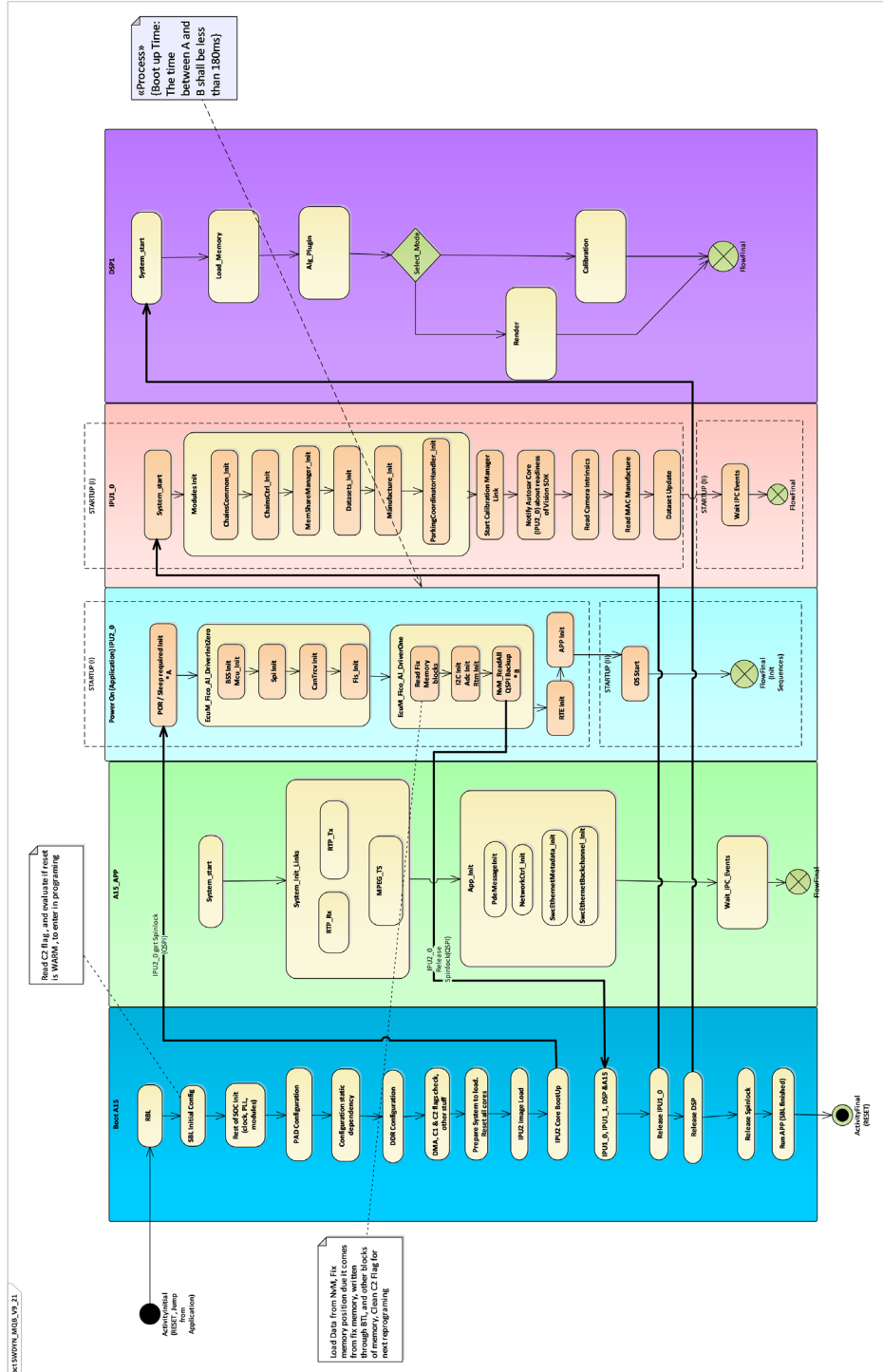


Figure 11. Software logistics  
图 11. 软件逻辑图



在线刷新程序需要先设定系统时钟,初始化 DDR,上电输入输出(I/O),上电附属核心单元(Slave core),然后加载附属应用程序,整个时间在 800 ms 左右。其逻辑程序如下图 12 所示:

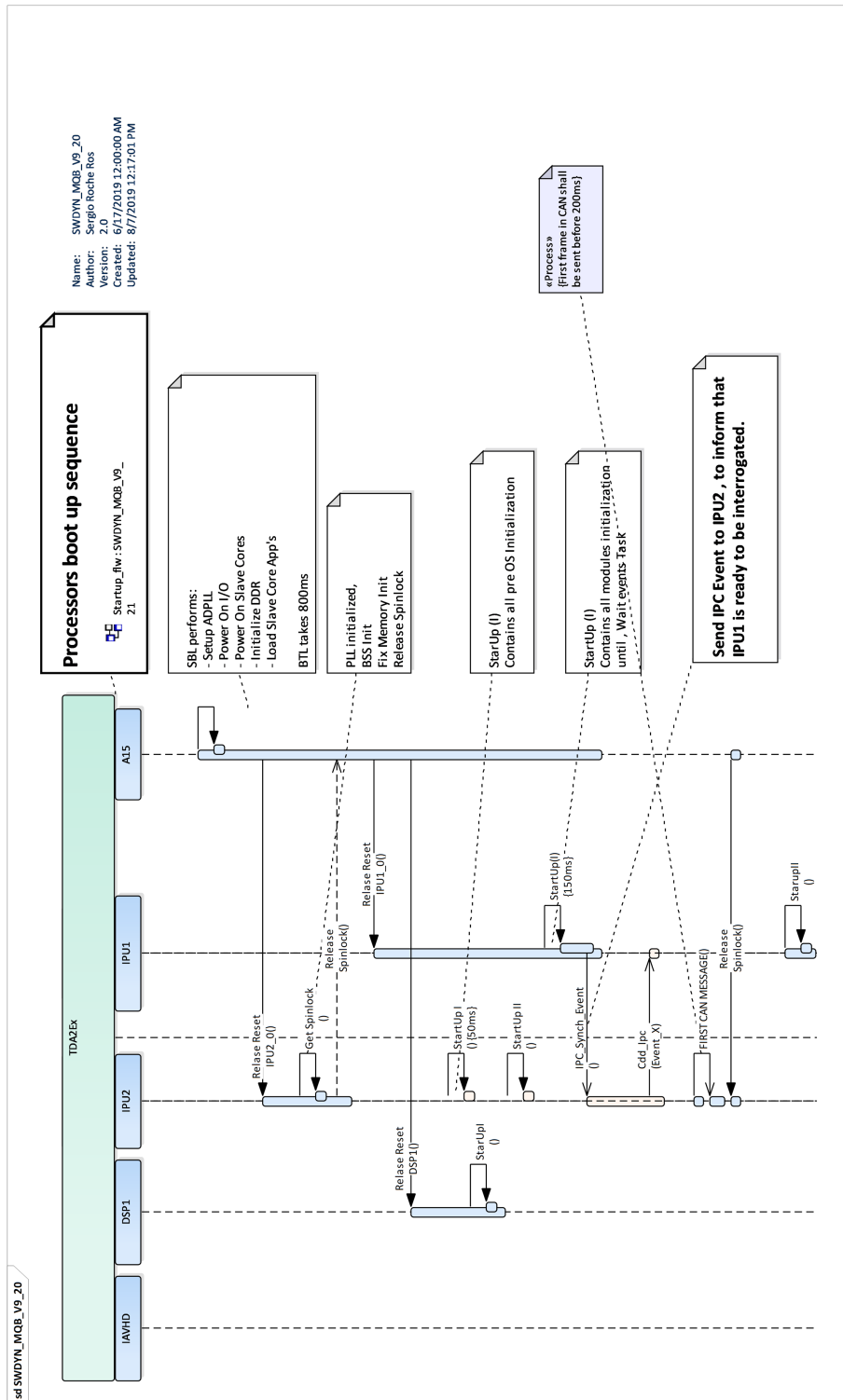


Figure 12. Power sequence  
图 12. 上电顺序

应用程序架构示意图如下图 13 所示：

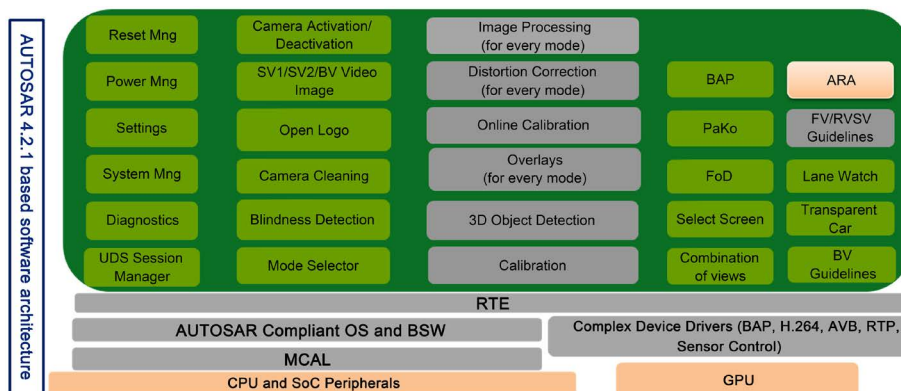


Figure 13. Software function application  
图 13. 软件功能应用程序

应用程序需要实现整个控制器应用功能的开发，包括上层应用和基础软件模块。上层应用都是基于整车逻辑进行判断，涉及到各种模式的切换，可以参照下图 14 的逻辑：上电进行初始化，然后进入到正常工作模式，实时监控环视系统的状态，可以切换到安全模式，预睡眠模式，睡眠模式等。

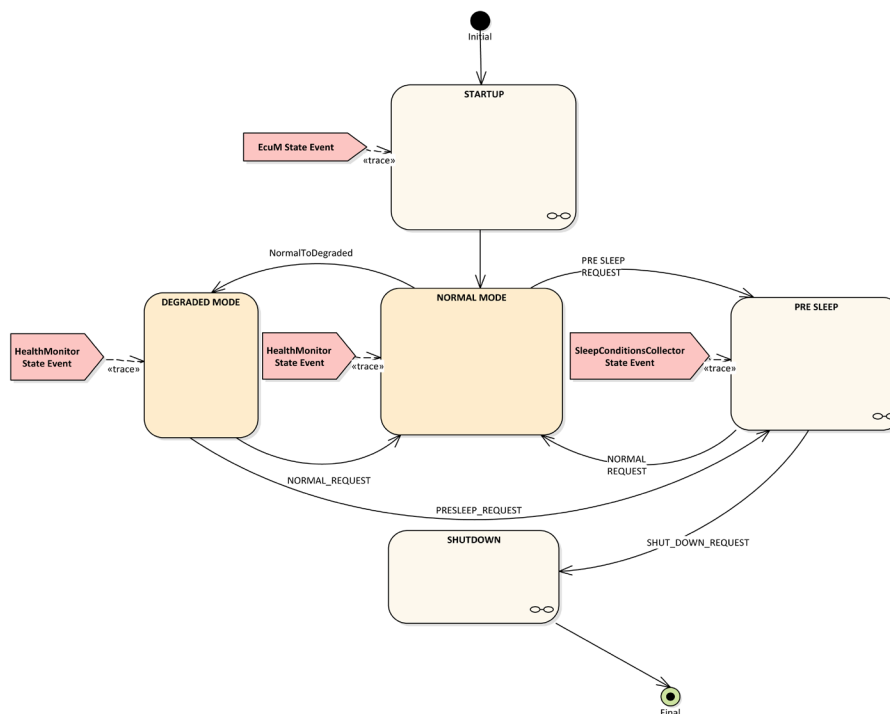


Figure 14. Software mode change logic  
图 14. 软件模式切换逻辑

控制器基础软件模块包括与整车的 CAN FD 通讯，其 CAN FD 命令流如图 15 所示。

软件控制示意图 16 如下：通过各种模式的切换，进行逻辑判断。比如在工厂组装模式，需要进入到工厂编程模式，当产线验证结束后要跳出工厂模式，进入到正常工作模式。通过车机或者挂对应的档位信号，进入到不同的视频选择，如环视，前视，后视等，进而视频信号通过车载以太网发出。

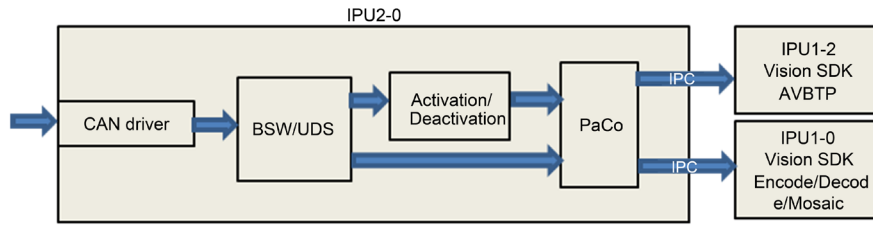


Figure 15. Vehicle CANFD command flow char  
图 15. 整车通讯命令流程

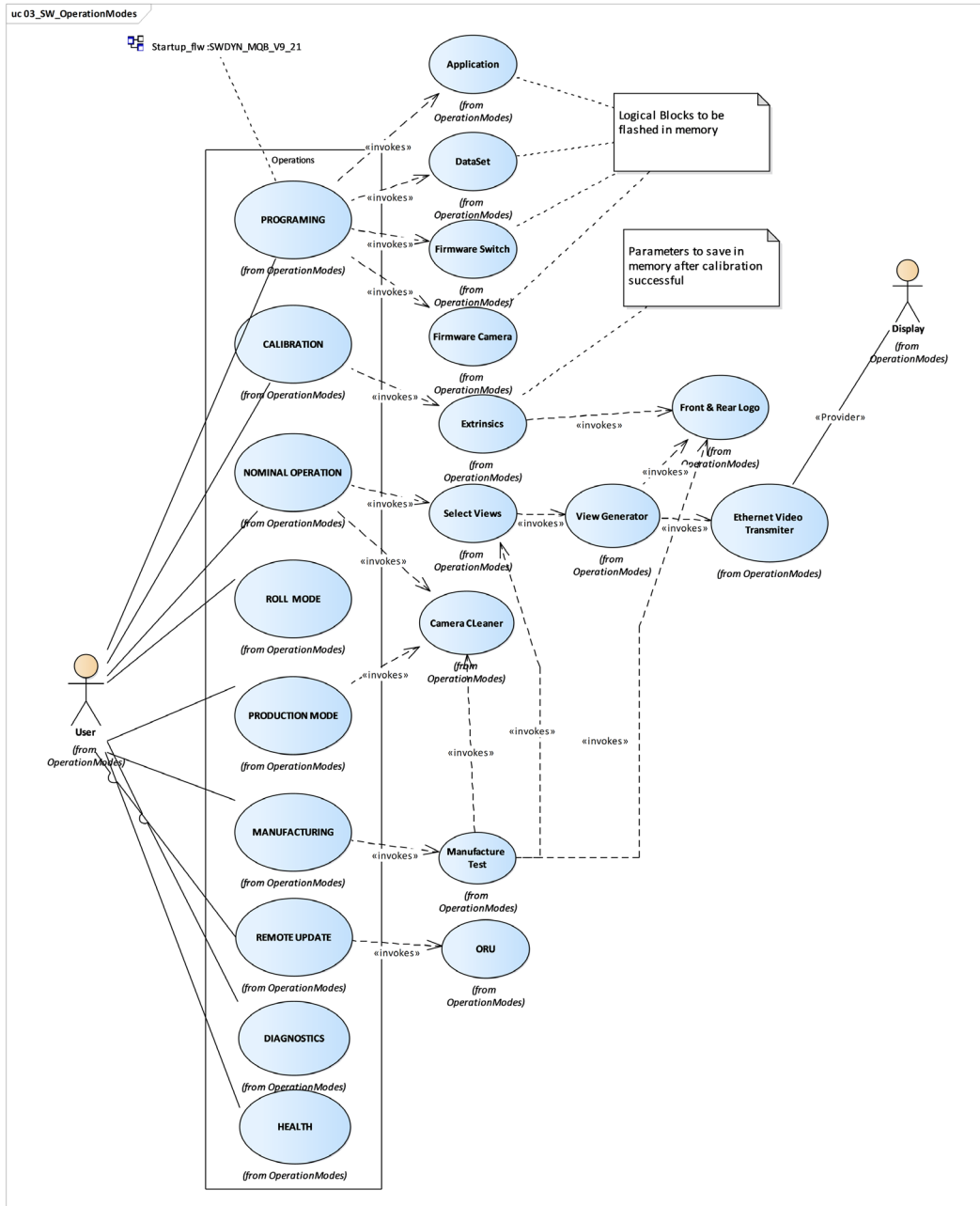


Figure 16. Software control logic  
图 16. 软件控制逻辑

### 3.3. 环视系统车辆校准

车载环视系统在安装后,均需要进行校准才可以对图像进行完美的显示。我们主要对以下图 17 中的六个参数进行监测以判断车辆校准的准确性。参数分别是摄像头在车辆基准上的位置  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ ,前三个是摄像头的相对位置,后三个是摄像头的位置角度。位置误差保证在 $\pm 50$  mm, $\alpha$ 误差在 $10^\circ$ 以内, $\beta$ 、 $\gamma$ 误差在 $6^\circ$ 以内。

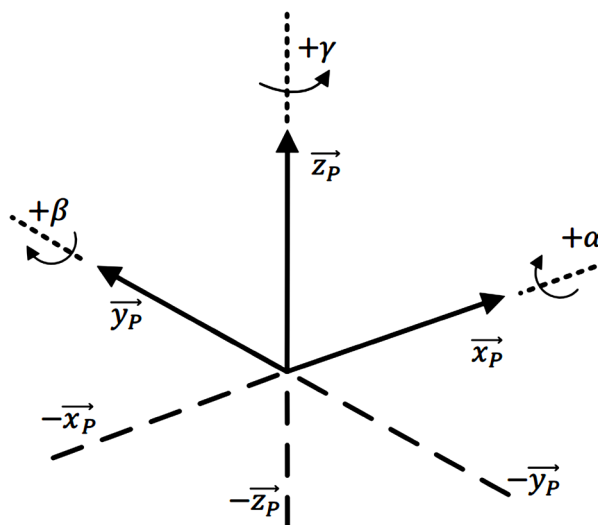


Figure 17. Coordinate position parameter  
图 17. 坐标位置参数

本系统的校准方法是遵循 FMVSS111 的标准,如下图 18 所示,车辆在校准的时候需要严格按照标准进行。

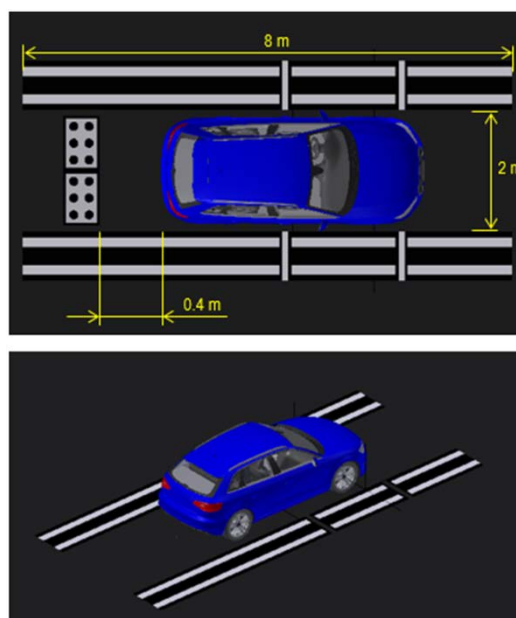


Figure 18. Calibration layout  
图 18. 校准布局

实车校准和显示效果如下图 19 所示：

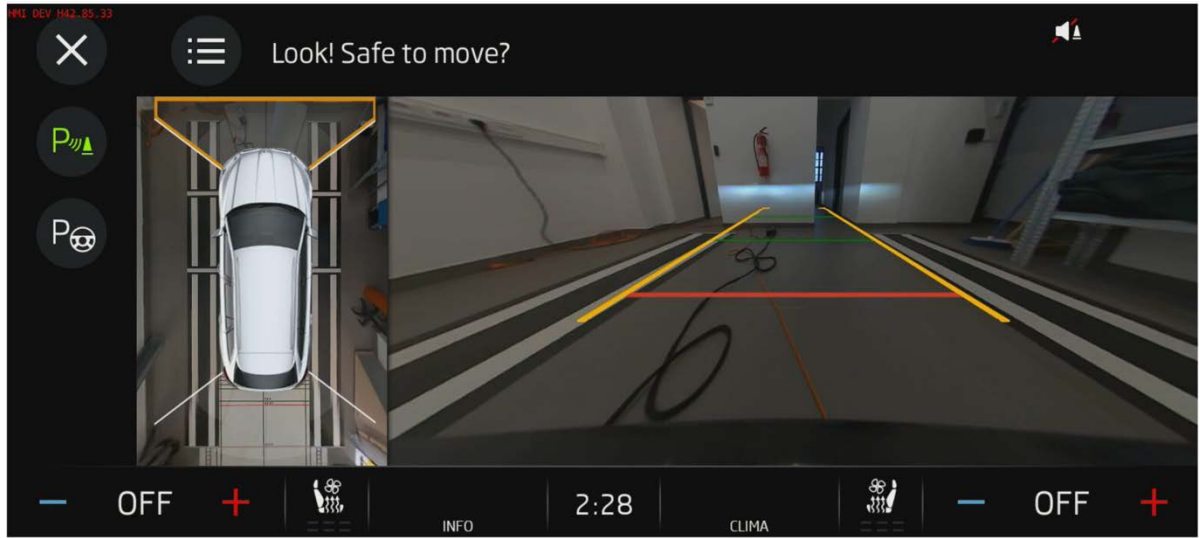


Figure 19. Calibration result display  
图 19. 校准实际显示

### 3.4. 功能验证实现

功能验证主要包括对整车信号的模拟仿真，不同模式的视频输出，图像的捕捉，图像质量的测定，以及各种条件下系统的稳定性测试。图 20 是针对本产品搭建的测试系统。

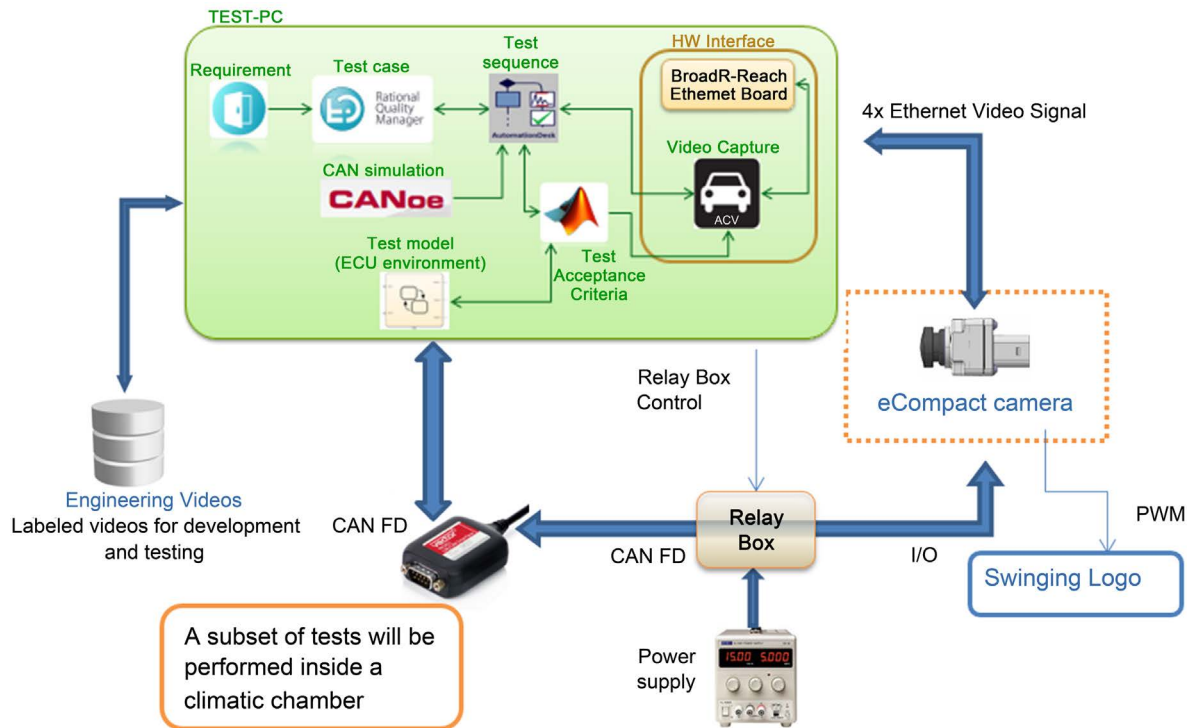


Figure 20. System validation  
图 20. 系统验证

---

## 4. 结束语

基于以太网的环视系统目前在国内市场尚属首例，所以在量产的过程中遇到各种各样的问题，程序设计之初，考虑到软件升级的频繁性，已经完善了空中刷新(ORU)以及通过 ECU 对摄像头的刷新设计功能，所以通过软件升级的方式，解决了很多实际路试中遇到的问题。本系统目前应用在 MQB37W 以及新平台 MEB 全球 100 多种车型，包括 Audi、Golf 以及保时捷等各种车型，给社会带来了很大的经济效益，给用户带来了更多的高清体验。

## 参考文献

- [1] 游健. 推动联网汽车内的以太网创新[J]. 数字通信世界, 2015(11): 58.
- [2] 张宇, 高雅洁, 薛燕芳, 黄晨, 洪俊. 基于环视系统的车载以太网时延评估与分析[J]. 江苏大学学报(自然科学版), 2020, 41(4): 411-418.
- [3] 彭俊杰. 车载以太网软件架构研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 电子科技大学, 2019.
- [4] 范欣然. 本地 MAC 地址分配方法研究与设计[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京航空航天大学, 2020.
- [5] 房建伟. AEB 行人测试装置的关键技术研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南大学, 2018.
- [6] 赵胡屹. 汽车自动紧急制动行人避让策略研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆大学, 2019.
- [7] 韩霜. TI 最新 TDA2x SoC 系列重新定义高级驾驶员辅助系统[J]. 世界电子元器件, 2013(11): 62.