

面向集中式电子电气架构的商用车车载国产化中央计算平台设计

王全¹, 王海斌¹, 文健峰¹, 杨杰君¹, 孙炜¹, 王会生²

(1. 中车时代电动汽车股份有限公司, 湖南 株洲 412007;

2. 中国铁路北京局集团有限公司衡水供电段, 河北 衡水 053000)

摘要:针对商用车集中式电子电气架构的特点,设计一套基于国产化芯片的车载中央计算平台方案。该方案具备高算力、多接口、高带宽、低功耗的特点,通过其开发框架可实现平台的快速集成、迭代升级和测试,并可保证产品的供应链稳定,为国产芯片的应用提供积累。

关键词:商用车; 中央计算平台; 集中式电子电气架构; 车载国产化

中图分类号:U463.67

文献标志码:A

文章编号:1006-3331(2024)01-0011-06

Design of On-board Localized Central Computing Platform of Centralized Electrical and Electronic Architecture for Commercial Vehicles

WANG Quan¹, WANG Haibin¹, WEN Jianfeng¹, YANG Jiejun¹, SUN Wei¹, WANG Huisheng²

(1. CRRC Electric Vehicle Co., Ltd., Zhuzhou 412007, China;

2. Hengshui Power Supply Section of China Railway Beijing Group Co., Ltd., Hengshui 053000, China)

Abstract: According to the characteristics of centralized electronic and electrical architecture for commercial vehicles, this paper designs a set of on-board central computing platform schemes based on domestic chips. The scheme has characteristics including high computing power, multi-interface, high bandwidth, and low power consumption. Through its development framework, the platform can be rapidly integrated, iteratively upgraded, and tested. At the same time, the scheme can ensure the stability of the product supply chain and provide accumulation for domestic chips application.

Key words: commercial vehicle; central computing platform; centralized electrical and electronic architecture; on-board localization

随着电动汽车新四化(电动化、智能化、网联化、共享化)的升级加速,车载 ECU 单元数量不断增加,这给汽车升级、维护造成了极大的困难^[1-4]。对此,众多汽车厂对汽车电子电气架构进行从分布式向集中式发展的升级迭代。集中式电子电气架构的核心是控制器,高算力车载中央计算平台是关键。集中式的电子电气架构具有轻量化、高效率、低成本等优势,更切合汽车新四化的发展路线^[5]。

1 需求分析及总体要求

近年来,车载中央计算平台在电动乘用车领域的应用不断落地,中央计算平台化、架构集中化已经进入了快速上升期^[6]。各头部车企已采用自研电子电气架构、合作/自主开发高算力域控制平台的模式^[7-9],但商用车领域因受限于整车成本、整车厂研发能力及供应商的支持力度,暂无成熟度高的高算力中央计算平台方案^[10-12]。

收稿日期:2023-07-23。

第一作者:王全(1992—),男,硕士;工程师;主要从事车辆控制、高级辅助驾驶研究工作。E-mail:2826940@qq.com。

MCU 为紫光国芯 THA6510 芯片, CPU 拥有 5x300MHz@150 MHz 主频; Flash 包含 10 MB PFlash, 720 KB Dflash; 功能安全等级为 ASILD(ISO 26262)。

SoC 为黑芝麻华山 A1000 芯片, CPU 包含 8xARM Cortex-A55, 1.5 GHz, 32.4KDMIPS; GPU 搭载 ARM Mali-450; AI 算力 58 TOPs (int8); CV 算力 128GFLOPs@FP32/FP16; 功能安全等级为 ASILB(ISO 26262);

2) 中央计算平台的外设资源接口主要包含以下几种:符合整车电压平台的电源输入接口;为车辆设备提供电源的 5 V 和 12 V 输出电源接口;五类通讯接口,用于和外部感知设备、车辆各功能域进行通讯和系统调试;多路硬线接口,用于接收硬线信息进行高边驱动、时间同步等。具体资源参数如下:

①通讯接口:USB2.0/3.0 接口 1 路;HDMI 视频输出接口 1 路;摄像头接口 8 路;千兆普通以太网接口 1 路;千兆车载以太网接口 1 路;RS485 接口 1 路;RS232 接口 1 路;CAN/CANFD 共用接口 9 路。

②硬线接口:高边驱动接口 9 路;数字输入接口 9 路;模拟输入接口 6 路;PPS 输出接口 3 路;PPS 输入接口 1 路。

③电源接口:硬件唤醒源 3 路;5 V 电源输出 3 路;12 V 电源输出 1 路;9~36 V 电源输入 4 路;信号地 10 路。

为保证用户在该平台上能快速开发应用,本文开发出了 MCU 软件开发框架和 SoC 软件框架。其主要功能是结合中央计算平台的强大算力,将车载平台常用的核心功能模块和常用基础软件组件封装成外围接口开放出来,方便用户快速简便地接入并使用。

3 开发框架

3.1 MCU 软件开发框架

MCU 满足 AUTOSAR 标准,软件架构主要分为单片机抽象层、ECU 抽象层、服务层、复杂驱动层、RTE 接口层和应用层,如图 3 所示。

单片机抽象层位于最底层,包含控制芯片相关的模块及外设的硬件驱动,可实现芯片资源管理及对外部电气信号、网络的访问;ECU 抽象层位于单片机抽象层之上,完成硬件端口与控制器引脚的映射,实现

由电气信号到控制信号的转变;系统服务层提供了系统任务调度、协议管理、故障管理、状态管理、文件管理等基础服务,代表了控制平台的运行性能,决定了系统的可靠性与实时性,是系统正确运行与工程调试的基础;复杂驱动层主要有单片机外围复杂高低边驱动和 Bootloader;RTE 接口层完成模型、算法的输入输出参数与实际数据的互联;应用层包含若干个软件组件,软件组件间通过端口进行交互,每个软件组件可以包含多个运行实体,运行实体中封装了相关控制算法,其可由 RTE 事件触发。应用层主要是为用户提供便捷开发的接口,可采用基于模型的开发方式进行开发。

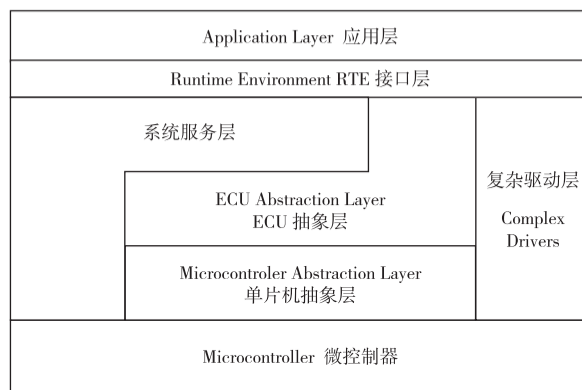


图3 AUTOSAR 软件架构

为了辅助 MCU 的开发、应用和测试,自主开发设计、调试工具链。

1) 监控、标定软件如图 4 所示。可读入标定数据文件,用于对应用层软件在 MCU 中运行时的数据实时采集、图形化监控、数据标定和保存,以便开发、测试和优化 ECU 的控制软件。

2) 标定数据管理工具(CDM)。工具可支持对标定数据文件的管理,图形化的显示浏览以及修改标定参数,可检测并解决数据集成过程中数据地址不一致的情况,以确保监控、标定软件数据的真实性。

3) 数据分析工具(MDA)如图 5 所示。工具基于监控、标定软件保存的数据进行图形化数据回放和不同格式的数据导出,提供了多种显示策略和对比界面,以便更好地抓取整车特征数据进行分析。

4) 程序烧写工具。烧写工具与 Bootloader 配合,加载 Hex 文件,支持数据/程序的烧写,通过校验机制保证数据/程序的烧写安全。

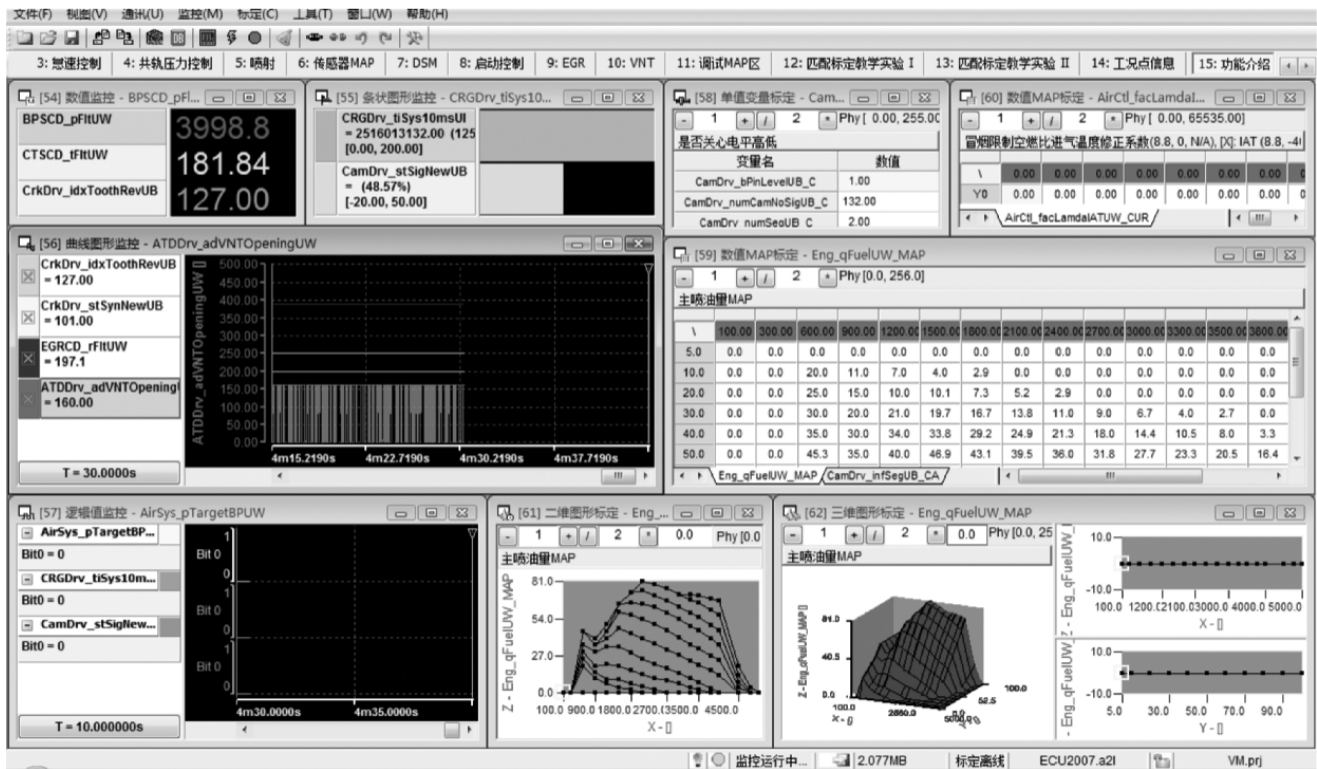


图4 监控、标定软件

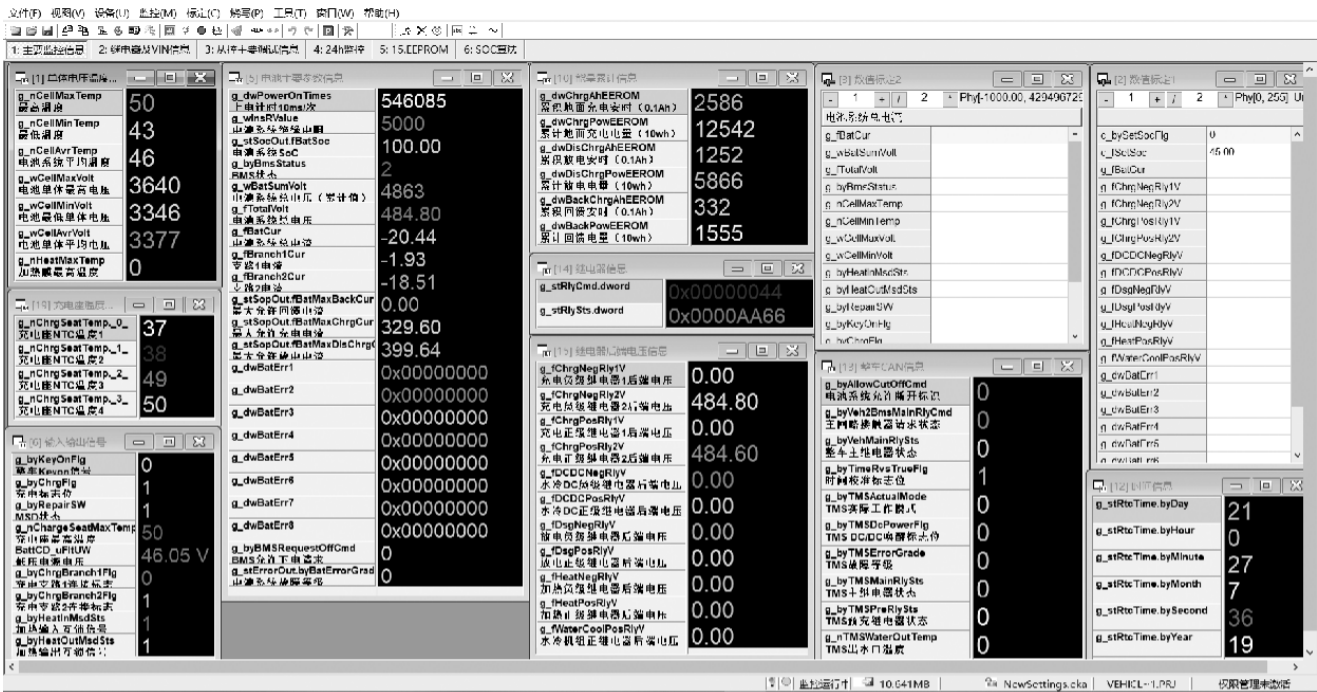


图5 数据分析工具

3.2 SoC 软件开发框架

SoC 主要用于智能域的信息处理、融合和高级辅助驾驶的规控算法,其软件开发框架如图 6 所示。中央计算平台中 SoC 的核心功能模块和常用基础软件

组件封装成外围接口开放出来,可以支持车端、路端及各种边缘计算场景,方便快捷简便地接入和使用。

SoC 软件开发框架主要包含运行在 SoC 端的实时操作系统和运行在主机(Host 端)的集成开发环境。

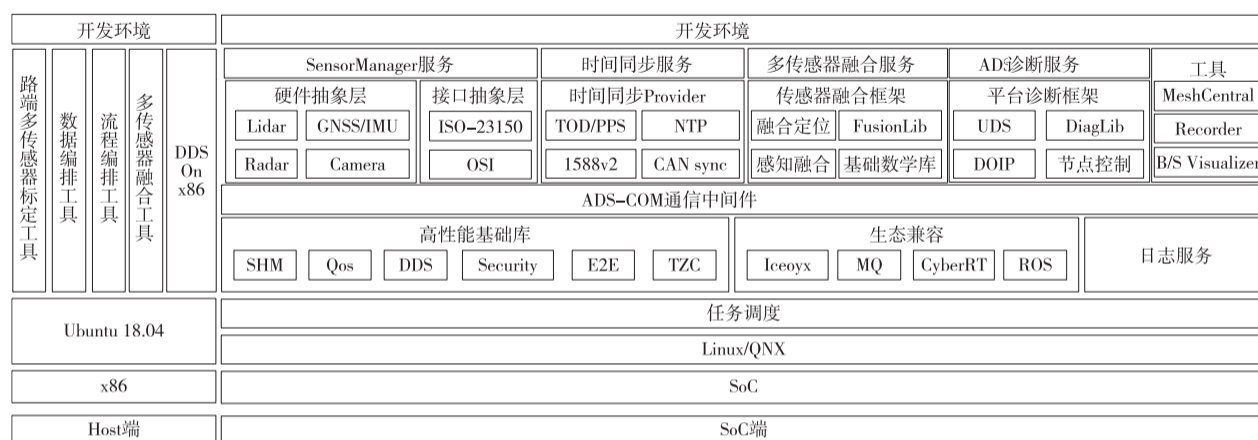


图 6 SoC 软件开发框架

3.2.1 SoC 端

SoC 芯片的 Linux 系统构建了实时任务管理、传感器管理服务、高精度时间同步服务、多传感器融合服务和诊断服务。所有服务和任务节点的通信都基于 CyberRT 通信中间件,可以在进程内/进程间/异构计算单元间/跨主机间实现高性能 DDS 通信。

1) 实时任务管理。包含基于 ADS-COM 通讯中间件开发应用时用到的任务管理相关的模块,包括任务调度模块、任务状态监控模块、任务调度看板、任务调度配置生成器等。

2) 传感器管理服务。用于提供传感器的统一管理、数据获取、配置等需求的后台服务。传感器管理服务主要基于两个抽象层:传感器数据抽象层和传感

器硬件抽象层,向上提供统一的传感器数据结构和接口规范,向下兼容不同硬件接口和不同协议的传感器供应商。

3) 高精度时间同步服务。提供了 GNSS 同步(如果板子集成了 GPS 接收机)、PTP(IEEE 1588V2)、gPTP(IEEE 802.1as)、NTP 同步等方式,用户可以根据场景需要,通过配置文件即可快速使用时间同步模块。

4) 多传感器融合服务。将来自不同安装位置、不同传感器类型的传感器信息进行融合,利用传感器的互补特性(位置互补和性能互补),得到更可靠、更精准、更平滑的融合输出结果。感知融合数据流示意图如图 7 所示。

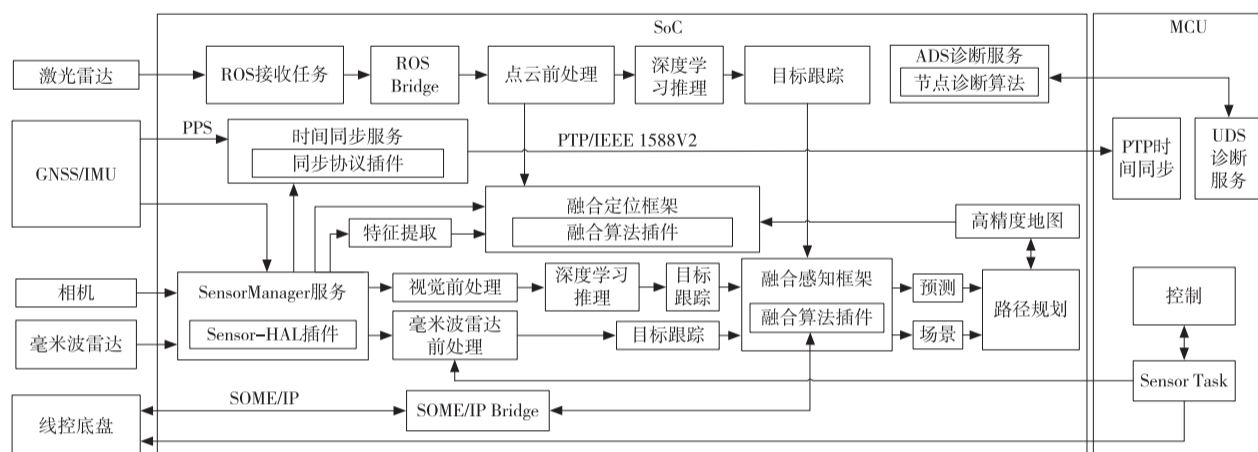


图 7 感知融合数据流示意图

5) 诊断服务。旨在为用户提供满足诊断开发应用需求,主要包含的接口如下:①平台诊断接口负责提供应用诊断故障上报及 DID 读写服务。②UDS 服

务接口负责提供 UDS 配置和各类服务注册功能,用于实现 UDS 各类服务。③DoIP 协议栈接口实现 DoIP 通信,用户可在自己应用软件开发中调用平台

诊断接口,设计自己需要上报的诊断故障、DID 读写服务等,也可利用 UDS 服务接口和 DoIP 协议栈接口完成特定于自己应用并满足 ISO 14229 和 ISO 13400 规范的诊断服务层开发。④CyberRT 通信中间件是专门面向高级辅助驾驶的高性能通信组件,其基于集中计算模型,并且针对高级辅助驾驶中的高并发、低延迟以及高吞吐量需求作了特定优化;通信框架是位于操作系统和应用程序之间的软件层,它使系统的各个组件能够更容易通信和共享数据。这一层通过解决应用程序和系统之间传递信息的机制,简化了分布式系统的开发任务调度模块。

3.2.2 Host 端

Host 端提供了运行于主机端的交叉编译环境和高级辅助驾驶的开发调试工具;用于车路协同路侧场景的多传感器标定工具;数据录制、回放、可视化、实时分析的数据编排工具;任务调度、资源监控与可视化的流程编排工具;多传感器融合算法调试、验证和可视化的传感器融合集成开发平台。Host 端主要包含的工具箱详解如下:

1) 数据监控可视化工具。面向使用 CyberRT 通信框架 protobuf 数据格式的场景设置,其整合的功能包括 protobuf 数据通信的自定义监听,protobuf 数据的自定义录制,数据包的自定义播放,数据包的详情显示,数据包的自定义分割以及融合数据的可视化。

2) Http-Server 工具。通过把 Http-Server 集成到开发的程序中,浏览器端 server 就可以通过 Http 协议和应用进行交互,Http-Server 还支持通过 Web-Socket 协议来主动推送消息到浏览器端。

3) 设备管理工具。可在接入 SoC 上运行一个 agent 进程,在局域网或者互联网上部署一个 server 端,agent 进程启动后会主动和 server 建立连接。我们通过登录 server 端的网页实现 SSH 远程连接,数据的上传、下载,CPU 消耗绘图,多账号设备管理和操作日志。

4) 多传感器融合集成工具。可实现多个传感器的感知融合显示,验证融合算法效果。方便开发人员可视化可控化进行融合效果的输出与数据检验。

5) 平台代码生成工具。可快速生成基于 CyberRT 的源码,具体是用户按 C++规则及 CyberRT 规则

填写 json 文件,然后将 Component 模块按照用户的需求输出目标源码。

6) 平台可视化工具。可以监控图像数据及点云数据并可视化。

7) 平台查询工具。可以快速罗列用户开发的应用,方便开发者快速了解及使用此设备下可用的工具。

8) CyberRT 工具。集成了 CyberRT 工具箱,实现数据记录、数据监控、节点、话题、服务信息输出。

9) 日志工具。可实现 SoC 日志收集和可视化。

4 结束语

本文对面向集中式电子电气架构的中央计算平台进行了需求分析,设计了以黑芝麻 A1000 SoC 和紫光芯能 THA6510 MCU 为主芯片的国产化中央计算平台硬件方案和软件开发框架。该方案满足集中式电子电气架构高算力、多接口、高带宽、低功耗的特点,可实现面向集中式电子电气架构的中央计算平台的快速集成。国产化方案可以稳定中央计算平台供应链,控制系统成本,为我国企业提供技术积累、产业链升级和市场需求支撑等方面的帮助,以促进其他车载芯片的国产化。

参考文献:

- [1] 林澍,陈宇锋,黄丽军. 电动汽车域控制器发展分析与未来展望[J]. 汽车实用技术,2023(11):207-212.
- [2] 杨东. 智能车辆自动驾驶域控制器设计与实现[D]. 重庆:重庆邮电大学,2020.
- [3] 周莉,文健峰,杨杰君,等. 基于 NSGA-II 的 ADAS 传感器配置优选方法及应用[J]. 客车技术与研究,2022,44(1):21-24.
- [4] 明杰婷,杨杰君,文健峰,等. 基于 UDS 协议的新能源客车智能诊断上位机软件开发[J]. 客车技术与研究,2023,45(6):23-27.
- [5] 王日浩. 自动驾驶车辆车载控制器开发[D]. 天津:天津职业技术师范大学,2022.
- [6] 汪如梦. 用于自动驾驶的高性能信号源关键技术研究与设计[D]. 上海:华东师范大学,2021.
- [7] 李明. 基于多片多核处理器的自动驾驶控制软硬件架构实现研究[D]. 长春:吉林大学,2021.

(下转第 34 页)

行、用即分配、不用即释放等,避免 license 被过度占用。

3 软件产品保障体系的应用

面对当下竞争激烈的市场,智能网联产品不断地快速推进,从而导致其软硬件集成度、复杂度变高,依赖实车验证的传统软件开发方法已经力不从心,嵌入式软件产品质量保障体系是解决智能网联技术安全落地问题的唯一路径。

在智能网联产品开发项目中,按照软件产品质量保障体系对开发全过程进行管理,形成了高效的管理闭环,取代了堆人或堆车的方式,极大程度上缩短开发周期,同时有效地保证了软件产品的质量。

目前,应用此软件产品质量保障体系的智能网联产品已有 15 000 多套。据统计,单个功能模块开发中软件开发效率提升了 88%,BUG 数减少了 83%。

4 结束语

本文基于 ISO 26262 标准及软件开发“V 模型”理论,结合新能源商用车产品特点及软件产品质量保障思路,自主开发了嵌入式软件质量保障体系,该体系具备项目管理、用户及权限管理、测试需求管理、测试模型/代码管理、测试用例设计管理、工具链自动调用等功能,更适应企业实际管控需求。实现了整车软件开发过程的全流程化管理,保证了软件开发过程文

件及程序的可追溯性和一致性,提升了软件维护效率,从而提升了研发流程成熟度及产品成熟度,保证了产品稳定且高质量地输出。

参考文献:

- [1] 王飞飞,魏倩雯,王龙. 嵌入式软件开发全生命周期管理[J]. 电子技术与软件工程,2019(13):45-46.
- [2] 嵇国光. ISO/TS 16949 五大核心工具应用手册[M]. 北京:中国标准出版社,2010:1-259.
- [3] 王丽娟,刘全周,李占旗,等. 汽车电子嵌入式软件单元测试用例设计方法研究[J]. 中国汽车,2022(8):14-18.
- [4] 周晓翠,崔长军,钟涛,等. 基于 Aspice 的汽车软件开发流程实践[J]. 汽车实用技术,2020(1):109-110.
- [5] 游泽青. 面向 GUI 软件的自动化测试框架的研究与实现[D]. 重庆:西南大学,2012.
- [6] 吴立金,唐龙利,韩新宇,等. 嵌入式软件 GUI 自动化测试平台研究[J]. 计算机测量与控制,2015,23(4):1094-1097.
- [7] 沈鑫泽,何锋,郑永樑,等. 纯电动城市客车动力系统参数匹配及仿真分析[J]. 农业装备与车辆工程,2021,59(6):9-13.
- [8] 陈丽丽,林莉,傅晓娟. 基于关键字驱动的自动化测试框架研究[J]. 长春理工大学学报,2012,7(7):238-239.
- [9] 吴黎明. 模型驱动的嵌入式软件测试与维护方法研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2011.
- [10] IATF. Automotive Quality Management System Standard: IATF16949[S]. Washington, D. C.: IATF, 2016:1-36.
- [8] 赵伟杰. 基于智能网联汽车高级辅助驾驶系统技术的分析[C]//四川省汽车工程学会,成都市汽车工程学会. 四川省第十四届汽车学术年会论文集,2020:232-235.
- [9] 梁臻. 面向非结构化环境的轮式机器人视觉导航方法研究[D]. 济南:济南大学,2022.
- [10] 王泽龙. 基于 SA8155P 芯片的智能座舱域控制器设计[J]. 汽车与驾驶维修,2023(2):9-13.
- [11] 李雷. 基于车载 SOC 的影像 ADAS 系统研发与应用[D]. 成都:电子科技大学,2021.
- [12] 邓戡. 智能网联汽车电子电气架构设计与试验研究[D]. 长春:吉林大学,2020.
- [13] 武亚恒,张弘,胡凯,等. 国产车规级芯片发展现状、问题及建议[J]. 时代汽车,2022(6):26-27.

(上接第 16 页)