

氢燃料电池车车载数据采集器设计

王珊珊, 刘 维, 各伟康, 高云庆

(北京亿华通科技股份有限公司, 北京 100192)

摘 要:本文主要从更智能化角度介绍氢燃料电池车载数据采集器的现状、组成及功能,并对氢燃料电池数据采集器各项功能实现方案进行设计。

关键词:氢燃料电池车; 车载数据采集器; OTA

中图分类号:U469.72⁺2; U463.6 **文献标志码:**A **DOI:**10.15917/j.cnki.1006-3331.2025.03.006

Design of On-board Data Collector for Hydrogen Fuel Cell Vehicles

WANG Shanshan, LIU Wei, GE Weikang, GAO Yuning

(Beijing SinoHytec Co., Ltd., Beijing 100192, China)

Abstract: This paper introduces the current status, composition, and function of the onboard data collector for hydrogen fuel cell vehicles from a more intelligent perspective, and designs the implementation plans for the various functions of the data collector for the hydrogen fuel cell.

Key words: hydrogen fuel cell vehicle; on-board data collector; OTA

作为前沿的新能源技术,氢燃料电池在快速发展的同时面临着许多问题和挑战,其中氢燃料的安全性和智能化检测问题尤为突出。而对车载氢燃料电池系统的运行状态进行实时监控和数据采集,实现空中下载(Over-The-Air, OTA)升级、远程唤醒和更智能化的无线通信,及时响应客户需求等则是解决问题的关键。

目前常用的数据采集器大多只能在本地存储数据,不仅没有远程数据传输、OTA升级、在线标定、远程唤醒等功能,也没有无线控制(如Wi-Fi、蓝牙)和传输方式^[1]。本文设计一种氢燃料电池车载数据采集器以解决上述问题。

1 数据采集器功能概述

本文氢燃料电池车车载数据采集器的相关系统主要包括云端服务器、远程监控及操作界面等,如图1所示。

该车载数据采集器先通过CAN通信^[2-4]实时采集和存储氢燃料电池信息,再通过4G网络传输到云

端服务器,并由云端服务器数据进行存储及处理。处理后的数据通过互联网或4G网络传输到PC机或手机的远程监控及操作界面。PC机或手机操作界面下发的指令先通过云端服务器传输给车载数据采集器,再通过CAN通信传输给燃料电池执行相关操作。远程监控及操作界面通过连接云端服务器获取并下发信息,包括实时监控状态信息、故障信息、定位信息等,并能根据这些信息进行故障处理和远程控制,可通过PC机或者手机中相应的APP进行查看和操作。

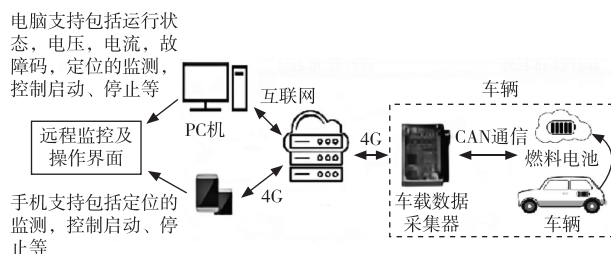


图1 燃料电池车车载数据采集器与相关系统的关系

另外,该车载数据采集器可通过图1中的系统对氢燃料电池及其控制策略参数进行远程在线标定和

收稿日期:2024-09-10。

第一作者:王珊珊(1989—),女,工程师,主要从事氢燃料电池电气设计和部件设计工作。E-mail:17310716090@163.com。

升级,从而优化氢燃料电池状态及其控制策略,并且可远程优化升级数据采集器本身的参数;在车载数据采集器处于下电状态(即现场无操作人员)时,为及时获取存储的实时数据或实现远程升级,可使图1中的系统采用短信的方式远程唤醒车载数据采集器和燃料电池,完成数据获取、OTA升级或参数标定。

因该数据采集器同时具备无线控制(Wi-Fi/蓝牙)和传输功能,不仅可以更智能化地控制燃料电池启停,还可以更方便地获取燃料电池数据。

图1中通过PC机实现数据的采集和监控,主要包括燃料电池的状态信息和控制操作指令(待机、运行或故障)、燃料电池运行的电压和电流、累计运行的时间和里程、故障码、故障数据、当前定位、物料序列号、软件升级和参数标定等的信息显示。由于手机处理数据受限且现场维修人员权限有限,主要用于较简单的数据采集和操作,包括燃料电池(车辆)定位信息、启动和关停燃料电池、软件升级等。

2 数据采集器硬件设计方案

车载数据采集器的硬件组成和实物分别如图2和图3所示。

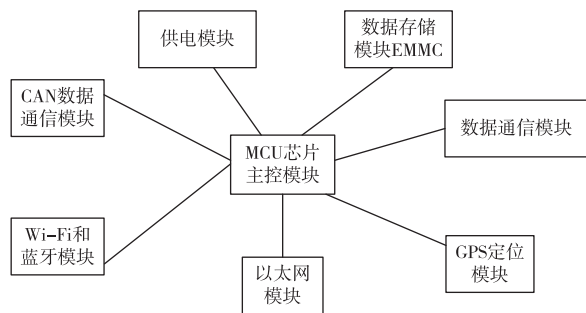


图2 车载数据采集器硬件组成



图3 数据采集器实物图

1) 微型控制器(Microcontroller Unit, MCU)又称

单片机,是将中央处理器(Central Process Unit, CPU)的频率与规格进行适当缩减,并将内存(memory)、计数器(Timer)、USB、A/D转换、UART、PLC、DMA等周边接口以及LCD驱动电路都整合在单一芯片上,形成芯片级的计算机,为不同的应用场合做不同组合控制的芯片主控模块。MCU芯片型号为MCI-MX6G2CVM05AB,采用ARMv7架构的Cortex-A7核心,支持高达1 GHz的工作频率。配备了多种高速接口(包括USB、SATA、HDMI等),支持无线连接技术(如Wi-Fi、蓝牙)。采用先进的电源管理技术,可根据实际工作负载自动调整CPU频率和电压,以达到最佳的能效比。提供了多种硬件安全特性(如加密引擎、安全启动、信任区域等),为敏感数据提供坚实的保护。支持嵌入式Linux^[5-6]操作系统运行,可同时执行多个不同APP的功能。

2) 供电模块。供电模块SCT2632是一款3A降压转换器,具有较宽的输入电压(4.2~60 V),集成了220 mΩ高压侧的金属-氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)。采用峰值电流模式控制,支持脉冲调制(PSM),可帮助转换器在轻负载或待机状态下实现高效率转换。此供电模块不仅有可编程开关频率(100 kHz~1.2 MHz),还配有外部电阻器,可为不同使用场景优化效率或提供灵活配置外部组件的方法。具有从高输入电压(4.2~60 V)到低输出电压(800 mV~57 V)的功率转换,高压侧接通时间至少为100 ns, MOSFET装置提供可编程软启动,防止输出电压斜坡启动时的涌入电流。具有外部环路补偿功能,可使外部电路的配置更灵活。提供循环限流、热关机保护、输出过压保护和输入欠压保护,可输出高电平信号。

3) 数据存储模块为嵌入式多媒体卡(Embedded Multi Media Card, eMMC)。该模块芯片是一款工业级存储芯片,其型号为EC20CEHDLG-128-SNNS,容量为32 GB,工作温度范围为-40~85℃。其高可靠性、能耐受高低温及大容量的特点可满足车载系统在各种严苛环境下的存储需求。

4) 数据通信模块。其芯片EC20CEHDLG-128-SNNS采用LTE 3GPP Release 11技术,支持150 Mbps的下行速率和50 Mbps的上行速率;同时在封装上兼容多网络制式LTE EC21系列、EC25系列和EG25-G

模块。内置多星座高精度定位 GNSS (GPS/GLO-NASS/Galileo/QZSS) 接收机; 不仅简化了产品设计, 还大幅提高了定位速度及精度。内置丰富的网络协议, 集成多个工业标准接口, 并支持多种驱动和软件功能 (适用于 Windows 7/8/8.1/10、Linux、Android 等操作系统下的 USB 驱动)。

5) GPS 定位模块。定位芯片 ATGM332D-5N31 是一款高性能 BDS/GNSS 全星座定位导航模块。该模块产品支持多种卫星导航系统, 包括中国的北斗卫星导航系统 (BDS), 美国的 GPS, 俄罗斯的 GLO-NASS, 欧盟的 GALILEO, 日本的 QZSS 以及卫星增强系统 SBAS (WAAS、EGNOS、GAGAN、MSAS)。

6) CAN 数据通信模块。CAN 芯片 TJA1042T/3/1 实现了 ISO 11898 2:2016^[7] 和 SAE J2284-1 至 SAE J2284-5^[8-12] 中定义的 CAN 物理层。此芯片既可满足 CAN FD 协议中的数据可靠通信 (数据速率高达 5 Mbps), 又可实现数据采集器与燃料电池系统间的数据互联通信, 符合车载系统 CAN 通信方式。

7) Wi-Fi 和蓝牙模块。Wi-Fi 和蓝牙芯片采用 AP6212, 这是一款具备 Wi-Fi 和蓝牙二合一功能的芯片。这款高度整合的模组, 可提供网络浏览、VoIP、蓝牙等多种应用的可能性。无线模组符合 IEEE 802.11 b/g/n^[13-15] 标准, 可在 802.11n 规格的天线传输中实现最高 72.2 Mbps 的速度, 不仅符合 IEEE 802.11g 中规定的 54 Mbps, 还符合 IEEE 802.11b 中规定的 11 Mbps。此整合模组为 Wi-Fi 提供 SDIO 界面, 为蓝牙提供 UART/I2S/PCM 界面。

8) 以太网模块。以太网芯片 LAN8720AI-CP-ABC 支持通过标准 RMII 接口与以太网 MAC 进行通信。其包含一个全双工 10-BASE-T/100-BASE-TX 收发器, 支持 10 Mbps (10BASE-T) 和 100 Mbps (100BASE-TX) 工作模式。可实现自动协商并自动确定可能的最佳速度以及双工工作模式, 既支持自动转换 (如 HP Auto-MDIX), 也支持使用直连或交叉网线。

3 功能实现方案

3.1 数据远程通信和定位功能的实现方案

此为车载数据采集器最基本的功能。相较于采集数据后进行本地存储的方案, 此方案中的数据采集

器可先通过 CAN 通信的方式实现数据采集, 再通过第 2 部分 4) 中数据通信模块将数据远程传输给云端服务器, 然后传输至监控者手机或 PC 机, 实现数据的远程传输和获取。同时监控者的指令也可通过网络传输给车载数据采集器, 数据采集器接收到指令后, 通过 CAN 通信传输至燃料电池进行控制, 实现远程控制功能。

同时, 通过数据存储模块可实现数据的实时保存, 监控者通过手机或 PC 机上相应的操作界面, 如“氢见未来” (我司开发的监控及操作界面软件), 连接云端服务器并连接数据采集器进行远程数据下载, 即可实现实时数据获取。此外, 数据采集器还可对燃料电池 (车辆) 位置进行定位, 使用数据通信模块将定位数据上传到云端服务器, 通过手机或 PC 机连接云端服务器查询燃料电池车辆的运行轨迹和实时位置追踪。数据远程通信和定位方案示意图如图 4 所示。

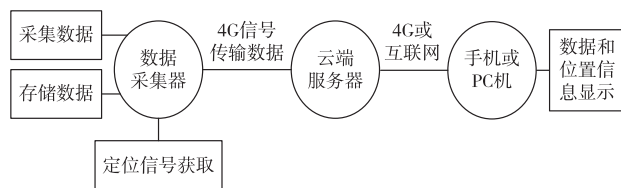


图4 数据远程通信和定位方案示意图

这种方案不仅实现了燃料电池的远程监控, 还实现了车辆实时定位、位置救援服务、运行轨迹统计等功能。在安全性方面, 数据采集器与云端服务器通过通信认证、协商生成 AES (Advanced Encryption Standard, 密码学中的高级加密标准, 为最常见的对称加密算法) 密钥、使用 AES 密钥对明文消息进行加密等措施, 大幅提高了数据传输的安全性。这种方法通过加密和认证机制, 确保了云端服务器与车载数据采集器之间数据通信的安全性和可靠性。

3.2 OTA 功能实现方案

OTA 技术已在计算机、手机中应用多年, 较为成熟。近年来该技术也应用于智能家电以及智能网联汽车等领域。OTA 技术不仅可以安全、方便地远程升级车载数据采集器本身参数, 还可以升级燃料电池控制器参数。通过 OTA 技术远程调整参数可解决现阶段燃料电池发展中的一些问题, 如实现燃料电池冬季

驻车吹扫功能,可增强燃料电池对环境温度的适应性,以延长其使用寿命。此外,还可利用 OTA 技术远程锁定燃料电池,防止其启动。以上所有操作均应用的 OTA 技术,其为燃料电池的远程配置提供了极大的便利。具体的实现方案架构如图 5 所示。

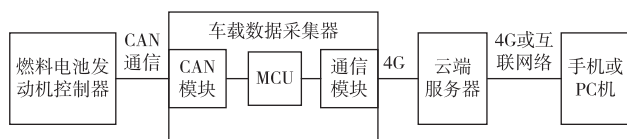


图 5 OTA 结构组成和架构

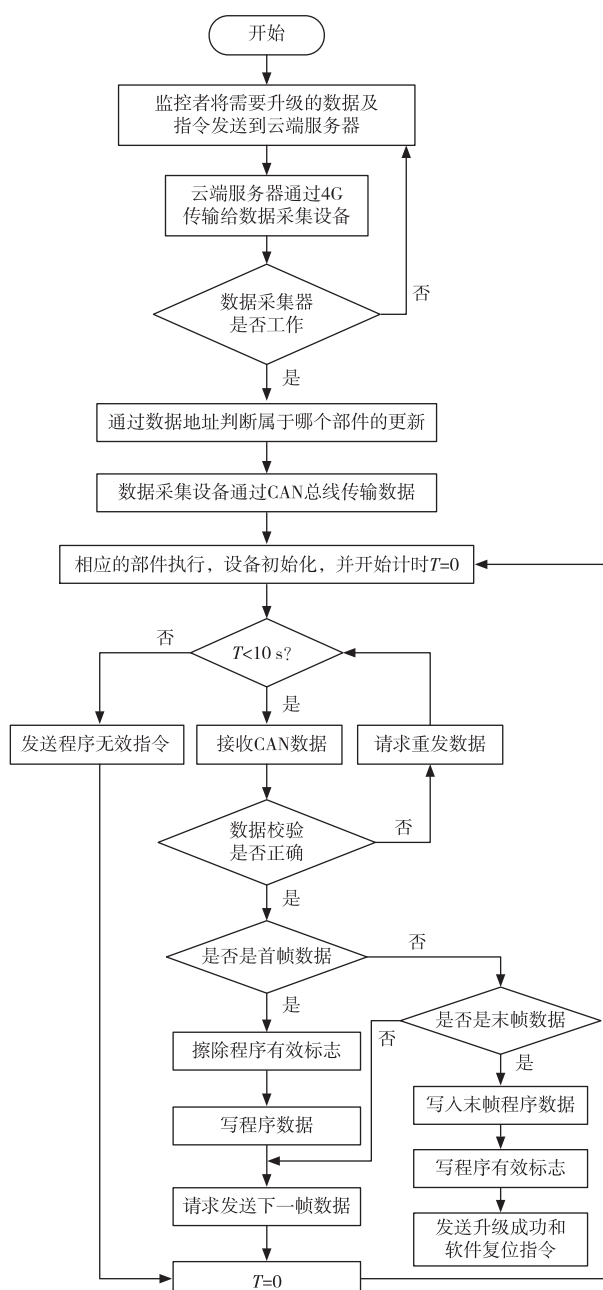


图 6 OTA 实现流程图

具体来说,其工作原理为:当监控者(指拥有 PC 机或手机相应界面权限的操作者,即燃料电池制造商)通过手机或 PC 机下发升级指令和更改数据后通过 4G 或互联网络传输到云端服务器,然后通过 4G 传输给车载数据采集器。数据采集器接收到指令和数据后,通过 CAN 通信网络下发指令和数据至对应的燃料电池控制器,以实现数据采集器本身及燃料电池控制器的升级。此方式可极大地节约人工成本,提高更新程序的效率,实现随时随地更新程序的目的,应用方便快捷。其实现流程如图 6 所示。

3.3 远程唤醒功能实现方案

本功能既可唤醒车载数据采集器本身,也可实现由车载数据采集器唤醒燃料电池控制器。通过手机或 PC 机操作界面发送短信,车载数据采集器接收到短信后被唤醒。另外,此功能可通过手机或 PC 机操作界面给车载数据采集器发送驱动燃料电池控制器唤醒的信号。车载数据采集器接收到指令信号后,输出高电平驱动信号唤醒燃料电池控制器,从而及时获取燃料电池的数据和状态信息,并实现远程更新燃料电池控制器程序或远程驱动燃料电池运行。技术方案及实现流程分别如图 7、图 8 所示。

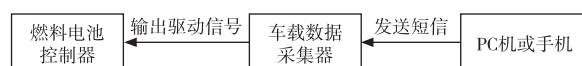


图 7 远程激活唤醒方案架构

当现场车辆无钥匙、未上电时,此方案可通过 PC 机或手机发送短信的方式唤醒车载数据采集器,从而实现远程获取数据采集器保存的数据或远程更新车载数据采集器程序的功能。另外在执行完数据获取或程序更新后,可通过 PC 机或手机设定启动时间使数据采集器在一定时间后休眠,即进入待机或低功耗模式。

在燃料电池控制器处于待机或低功耗模式下需要启动燃料电池控制器时,也可采用同样的方式。即先唤醒车载数据采集器,再由数据采集器输出高电平信号唤醒燃料电池控制器,从而启动燃料电池,实现燃料电池运行的远程控制,如冬季驻车吹扫或者燃料电池控制器远程程序更新功能。另外在燃料电池控

制器完成以上任务后,可通过设置启动时间休眠数据采集器,处于休眠状态的数据采集器无高电平驱动信号输出,此时燃料电池控制器又重新恢复休眠状态。

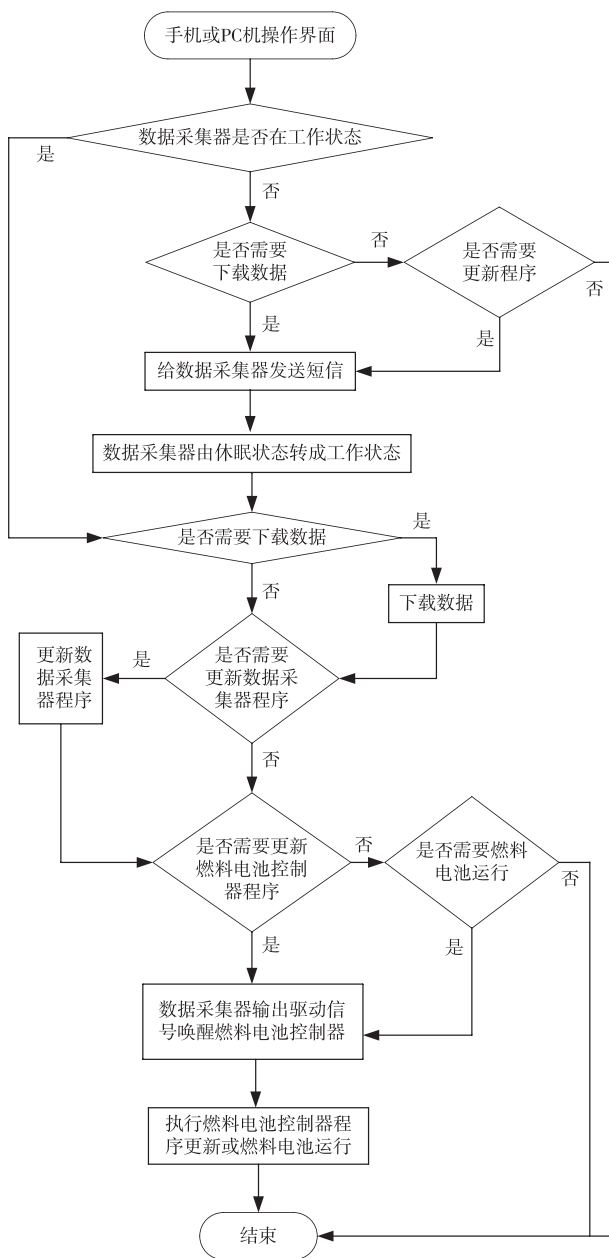


图8 远程激活唤醒流程图

此方案可远程唤醒燃料电池,实现燃料电池启动运行或程序更新,且不受距离限制。即使现场无驾驶员操作也不受影响,可方便快捷地完成燃料电池远程唤醒。当不使用车载数据采集器和燃料电池控制器时,可使其处于休眠状态,从而节约电能,不使车辆蓄电池亏电。另外通过多方研究证明,燃料电池的冬季吹扫,可提高燃料电池的寿命,而此方案可远程唤醒

燃料电池以实现冬季吹扫。冬季有无驻车吹扫的燃料电池寿命曲线对比如图9所示。

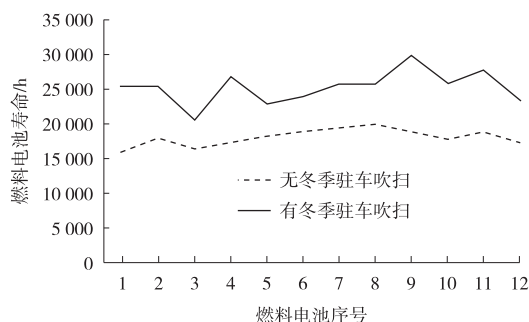


图9 冬季有无吹扫的燃料电池寿命曲线对比

3.4 通过无线通信方式控制燃料电池运行的实现方案

现在通过无线通信的方式不仅可以不受有线的限制,还可以更便捷地实现对燃料电池的启停和运行,使现场操作更方便,同时也能提高调试和问题解决的效率。技术方案如图10所示。其中,手机或PC机的APP指的是可连接车载数据采集器的蓝牙模块或Wi-Fi并可与车载数据采集器通信的应用程序;燃料电池控制器是指可接收和传输CAN数据,并可协调燃料电池氢气路、水路、空气路等各个零部件工作,进而实现燃料电池的启停、运行等的控制设备。

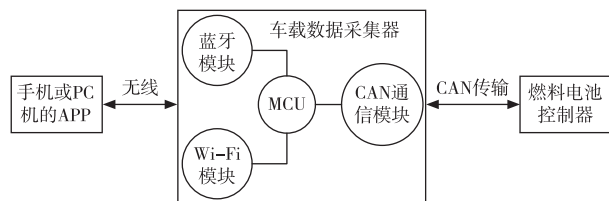


图10 无线通信控制燃料电池的方案架构

具体工作原理为:当车载数据采集器工作时,手机或PC机的APP连接车载数据采集器对应的蓝牙或Wi-Fi,将此APP上的控制启动、运行、变载、停机等指令传输给数据采集器的蓝牙或Wi-Fi模块,数据采集器的蓝牙或Wi-Fi模块在接收到上述指令后,通过MCU主控芯片收集上述指令信息并发送给CAN通信模块,再通过CAN通信传输给燃料电池控制器,燃料电池控制器接收到相应的CAN指令信息后响应并执行指令,完成燃料电池的启动、运行、变载、停机等操作。同时因通信均为双向的,燃料电池控制器在接收到燃料电池的状态信息的同时,会通过CAN通信传输给数据采集器,然后MCU主控芯片接收到燃

料电池的状态信息并发送给蓝牙或 Wi-Fi 模块,最后由手机或 PC 机的 APP 接收并识别,APP 的界面上也会显示相应的参数。

此方式无需携带线束、CAN 卡等设备,只需通过手机或 PC 机上的相应 APP 即可对燃料电池进行调试、维护等操作,不仅简化了现场接线操作,还减少了线束设计错误或线束通信不良带来的问题。同时因蓝牙或 Wi-Fi 均支持几米到几十米的无线连接,调试时可远距离启动、运行燃料电池,人员不必靠近燃料电池,即使现场为不利于操作的环境(如下雨、高温、漏气风险等)时,也可不受限制地进行燃料电池的调试和维护工作。

4 结束语

随着燃料电池的推广应用以及当下大数据重要性的提升,车载数据采集系统的智能化和信息化显得越来越重要,并得到了广泛应用。随着智能化功能及相关标准规范的不断完善,后续会进一步完善氢燃料电池车载数据采集器。

参考文献:

- [1] 庄济宁,崔硕,黄建鹏,等. 车载数据终端的功能需求研究[J]. 时代汽车,2022(13):147-149.
- [2] 付伟,秦树人,邱建伟. 基于 CAN 总线的车载数据采集器的设计[J]. 重庆大学学报(自然科学版),2006(3):19-22.
- [3] 黎屏. 新能源汽车实时监控与数据采集系统开发[J]. 中国新技术新产品,2019(13):29-30.
- [4] 黄丽花,宁胜花,黎飞,等. 一种电动汽车数据采集系统[J]. 汽车零部件,2019(3):55-57.
- [5] 刘洪涛,苗德行. 嵌入式 Linux C 语言程序设计基础教程[M]. 北京:人民邮电出版社,2017:60-66.
- [6] 丁亚男,李永亮,贝太忠,等. Linux 操作系统[M]. 中国铁道出版社,2022:105-110.
- [7] International Organization for Standardization. Road vehicles-Controller area network(CAN)-Part2: High-speed medium access unit;ISO 11898-2;2016[S]. Geneva;ISO,2016:4-7.
- [8] Vehicle Architecture For Data Communications Standards. High Speed CAN(HSC) for Vehicle Applications at 125 Kbps;J2284/1_200203[S]. New York;SAE International,2002:1-18.
- [9] Vehicle Architecture For Data Communications Standards. High-Speed CAN(HSC) for Vehicle Applications at 250Kbps;J2284/2_200203[S]. New York;SAE International,2002:1-18.
- [10] Vehicle Architecture For Data Communications Standards. High-Speed CAN(HSC) for Vehicle Applications at 500 Kbps;J2284/3_200203[S]. Rev. ed. New York;SAE International,2002:1-17.
- [11] Vehicle Architecture For Data Communications Standards. High-Speed CAN(HSC) for Vehicle Applications at 500 kbps with CAN FD Data at 2Mbps;J2284/4_201606[S]. New York;SAE International,2016:1-28.
- [12] Vehicle Architecture For Data Communications Standards. High-Speed CAN(HSC) for Vehicle Applications at 500 kbps with CAN FD Data at 5Mbps;J2284/5_201609[S]. New York;SAE International,2016:1-30.
- [13] IEEE SA Standards Association. IEEE Standard for Information Technology-Telecommunications and information exchange between systems-Local and Metropolitan networks-Specific requirements-Part 11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specifications: Higher Speed Physical Layer(PHY) Extension in the 2.4 GHz band-Corrigendum 1;IEEE 802.11b-1999[S]. New York;IEEE,1999:1-4.
- [14] IEEE SA Standards Association. IEEE Standard for Information technology Local and metropolitan area networks-Specific requirements-Part 11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications: Further Higher Data Rate Extension in the 2.4 GHz Band;IEEE Std 802.11g-2003[S]. New York;IEEE,2003:3-6.
- [15] IEEE SA Standards Association. IEEE Standard for Information technology-Local and metropolitan area networks-Specific requirements-Part 11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications Amendment5: Enhancements for Higher Throughput;IEEE 802.11n-2009[S]. New York;IEEE,2009:3-8.