汽车教具无线数据采集系统设计与教学应用

徐考武

欧纬德智能科技（广州）有限公司，广东 广州 510080

DOI: 10.61369/TACS.2026090056

摘　　要： 针对新能源汽车电气系统智能化程度高、线束复杂、信号节点众多，传统教具依赖线束并联改线、难以适应现代教学需求的问题，设计了一套基于无线数据采集装置的汽车教具系统。系统由隔离电路、分压电路、模拟开关电路、ADC采样电路和无线远程发射电路依次连接组成，通过对汽车模块电压检测点的非侵入式采集，经隔离、分压、模数转换后通过 Wi-Fi 无线传输至教学终端。系统支持多通道信号采集，最多可拓展至 128 路检测端口。实验以新能源汽车电池管理系统为对象，设计了单体电池电压采集与远程监测教学实验。结果表明，该系统能够有效采集汽车模块电压信号并实现远程无线传输，适应新能源汽车多节点、高复杂度电气架构的教学需求，解决了传统教具“围观教学”和线路干扰问题，为新能源汽车电气类课程的虚实结合教学提供了技术支撑。

关 键 词： 汽车教具；数据采集；无线传输

Design and Teaching Application of Wireless Data Acquisition System for Automotive Teaching Aids

Xu Kaowu

OWeide Intelligent Technology (Guangzhou) Co Ltd, Guangzhou, Guangdong 510080

Abstract: To address the issues of traditional teaching aids being reliant on parallel wiring modifications for complex wiring harnesses and numerous signal nodes in the high-intelligence electrical systems of new energy vehicles,which struggle to meet modern teaching requirements,a car teaching aid system based on wireless data acquisition devices was designed.The system consists of an isolation circuit, voltage division circuit, analog switch circuit,ADC sampling circuit,and wireless remote transmission circuit connected sequentially.Through non-invasive collection at voltage detection points of automotive modules,the system isolates, divides,and converts analog signals to digital via Wi-Fi wireless transmission to teaching terminals.Supporting multi-channel signal acquisition,it can be expanded to up to 128 detection ports.Using the new energy vehicle battery management system as a case study, a teaching experiment was designed for single-cell battery voltage collection and remote monitoring. Results demonstrate that the system effectively captures automotive module voltage signals and enables remote wireless transmission, meeting the teaching needs of multi-node, high-complexity electrical architectures in new energy vehicles.It resolves the limitations of traditional teaching aids—such as "observing teaching"and wiring interference—providing technical support for blended virtual-physical teaching in new energy vehicle electrical courses.

Keywords: automotive teaching aids; data acquisition; wireless transmission

引言

当前，汽车产业正经历深刻的电气化与智能化变革。新能源汽车已从早期的简单电驱动系统发展为高度集成的智能移动终端[1]，其电子电气架构呈现两个显著特征：一是智能化程度持续提升，整车搭载数十个电子控制单元（ECU），涵盖电池管理系统（BMS）、电机控制器（MCU）、整车控制器（VCU）、智能座舱系统、高级驾驶辅助系统（ADAS）等，各单元之间通过 CAN、LIN、FlexRay、车载以太网等，以实现电子电气架构满足面向未来的车路云网一体化发展新需求[2]；二是新能源汽车布线需要满足高速数据传输、多模块协同等功能需求[3]，布线复杂，单车线束长度普遍超过2公里，包含数百条不同规格的电源线、控制线和信号线，信号种类涵盖模拟量、数字量、高频脉冲及差分信号等。这种高度复杂化的电气架构在提升整车性能的同时，也给汽车电气系统教学带来了全新挑战。

在新能源汽车教学实践中，教具系统大多沿袭传统模式——从实车线束中并联引出各模块检测点到教学台架，学员通过台架测量点

Copyright © This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

获取信号。这种方式在传统燃油车时代尚可勉强应付，但面对新能源汽车的复杂架构则弊端凸显：其一，并联改线需逐一识别数百条线束中的目标信号，工作量大且极易出错，一旦误接将直接损坏昂贵的 ECU 模块；其二，引出线路密集暴露在台架表面，多路信号线间的串扰和空间电磁辐射干扰严重，导致弱信号完全不可用；其三，新能源汽车大量采用高速总线通信（如 CAN-FD 速率达2Mbps），并联引线引入的寄生电容和反射效应会破坏总线信号完整性。更为突出的是，新能源汽车的“软件定义”特性决定了其电气信号具有动态化、协议化的特点，传统教具仅能提供静态电压测量，无法反映信号的实时变化与交互逻辑，教学手段与产业实际严重脱节[4]。此外，教学资源有限导致的“围观教学”问题依然存在，一台教具面向数十名学生，教学效率低下。

本文基于一种汽车教具无线数据采集装置，设计了一套完整的新能源汽车教具数据采集系统。该系统通过高阻抗隔离电路实现与原车电路的非侵入式连接，不对原车模块产生负载效应；经分压、模数转换后通过 Wi-Fi 无线远程发射，将电压信号实时发送至教学一体机与学生平板等终端设备。系统无需对原车线束进行改线破线，避免了传统改线带来的信号干扰与硬件损坏风险，同时实现了“一对多”的远程教学，为新能源汽车复杂电气系统的教学工作提供了有效技术支撑。

一、核心优势分析

与传统线束并联方式相比，本系统针对新能源汽车电气架构特点具有以下核心优势：（1）高输入阻抗非侵入采集——运放跟随器提供吉欧级输入阻抗，对原车信号近乎零负载效应，尤其适合新能源汽车中大量存在的弱信号检测点（如 BMS 中单体电池差分电压、电流传感器毫伏输出），无需改线破线，彻底避免误接导致的 ECU 损坏风险；（2）高抗干扰能力——隔离电路将采集端与原车电路电气隔离，分压后的低阻抗信号经滤波处理，有效抑制了新能源汽车高压部件（如驱动电机逆变器）产生的强电磁干扰；（3）多通道灵活扩展——采用模拟开关与 ADC 组合，可根据新能源汽车复杂的信号拓扑灵活配置采集通道数，最多支持128路信号，覆盖 BMS 多节电池监测、多路温度采集等典型教学场景；（4）无线远程传输与动态数据展示——采集数据通过 Wi-Fi 广播，一台教具可同时为教学一体机及多台学生平板提供实时动态数据，学生不仅能看到静态电压值，还能观察信号随工况变化的动态过程，契合新能源汽车“软件定义”的教学需求，彻底解决“围观教学”问题。

二、系统设计

本教具系统的核心在于数据采集装置的设计。数据采集装置包括依次电信连接的隔离电路、分压电路、模拟开关电路、ADC 采样电路和无线远程发射电路。隔离电路与待检测汽车模块的电压检测点连接，无线远程发射电路将采集到的电压信号发送到指定汽车教具的远程端口。

数据采集的完整流程如图1所示。系统首先通过隔离电路从检测点获取与输入等值的隔离电压，该电压经分压电路等比缩小至 ADC 采样电路的可测范围（0~5V）；随后模拟开关电路在微控制器控制下循环切换各路通道，将分压后的信号逐一送入 ADC 采样电路；ADC 将模拟电压转换为数字量并暂存于数组；最后无线远程发射电路将数组打包，通过 Wi-Fi 发送至远程终端。

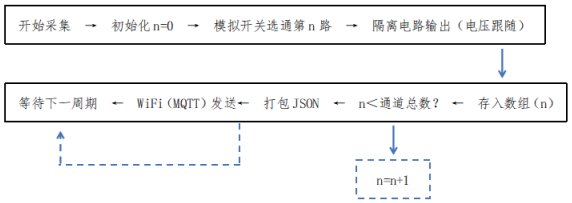


图1 数据采集流程图

整个流程采用“分时复用”策略，一个 ADC 通道配合模拟开关即可处理多路信号，大幅降低了硬件成本。通道切换与采样由定时器中断驱动，周期固定，确保数据实时性。

（一）硬件设计

本系统的硬件部分主要包括信号调理板、主控板和电源模块。其中信号调理板集成隔离电路、分压电路和模拟开关电路；主控板集成 ADC 采样与无线发射电路。

1. 信号调理板设计

信号调理板采用4组隔离与分压单元，每组对应一个待测信号输入。隔离单元选用双通道运放 AD826，每个运放构成电压跟随器；分压单元选用精密电阻 R3=90kΩ、R4=10kΩ，分压比 10:1；滤波电容 C1=0.1μF，滤除高频噪声。4路分压后的信号分别接入74HC4051模拟开关的4个输入通道（其余通道预留），模拟开关的输出端接至 ADC 采样输入。

2. 主控板设计

主控板以 STM32F103VET6为核心，该芯片工作频率 72MHz，内置12位逐次逼近型 ADC，采样精度可达0.8mV（参考电压3.3V）。ADC 采样通道与模拟开关输出连接，通过 GPIO 控制模拟开关的通道选择。无线发射模块选用 ESP-07S，支持 802.11b/g/n，通过 UART 串口与 STM32通信，采用 AT 指令集配置 Wi-Fi 连接和 MQTT 数据推送。

3. 电源模块设计

系统采用12V 直流供电。通过 LM2596SDC-DC 降压芯片输出5V，为信号调理板、模拟开关和 STM32供电；再通过 AMS1117-3.3LDO 降压至3.3V，为 ESP-07S 模块供电。因 ESP-07S 正常工作电流可达500mA 以上，单独设置一路3.3V 电

 Copyright © This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

源，与其他3.3V供电隔离，避免大电流波动影响ADC基准电压。

硬件各模块之间的连接关系如图2所示。待检测汽车模块的电压检测点经隔离电路后接入分压电路，分压输出进入模拟开关，模拟开关由STM32的GPIO控制通道选通并输出至ADC输入引脚。STM32与ESP-07S通过UART串口连接，ESP-07S经天线连接无线路由器，最终将数据推送至云端服务器及教学终端。整个系统由12V电源适配器供电，经LM2596S降压为5V供给信号调理板、模拟开关及STM32，再经AMS1117降压为3.3V供给ESP-07S。12V电源同时可对外输出，为待检测汽车模块供电。

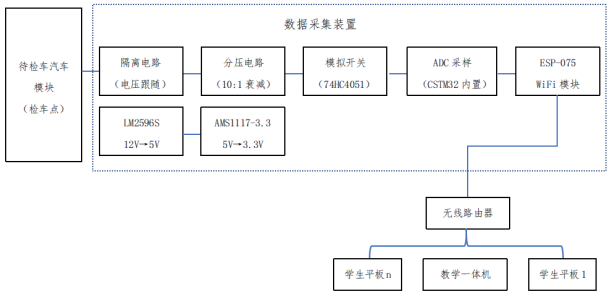


图2 系统硬件结构框图

（二）软件设计

1. 主程序流程

系统上电后，首先完成外设初始化（系统时钟、ADC、UART、GPIO等）和Wi-Fi模块初始化（连接无线路由器、建立MQTT连接）。随后进入主循环，依次执行数据采集任务和数据上传任务。数据采集任务按顺序切换模拟开关通道，对每个通道连续采样10次取平均值，存入数组；数据上传任务将数组数据打包为JSON格式，通过MQTT协议发布至指定主题，云端服务器接收后转发给订阅的教学终端。

主程序流程如图3所示。系统上电复位后依次完成时钟配置、GPIO初始化、ADC初始化、UART初始化及定时器初始化。随后ESP-07S执行AT指令连接Wi-Fi热点，建立MQTT连接并订阅相关话题。若连接成功则进入主循环，若失败则重试直至连接正常。主循环中定时触发采集任务（500ms周期），采集完成后立即进行数据发送，发送完毕等待下一中断触发，循环往复。

2. 数据采集模块

ADC采用连续扫描模式，采样频率设定为1kHz，每次通道切换后预留50μs建立时间。因被测信号为直流或缓变电压，采用过采样与数字滤波（滑动平均）提高信噪比。采样值通过公式 $Vin=(Vref\times ADC_value/4096)\times 10$ $Vin=(Vref\times ADC_value/4096)\times 10$ 还原为实际电压值（乘以10补偿分压衰减）。针对新能源汽车BMS中单体电池电压的采集需求，该精度足以分辨4.2V满电状态下0.8mV的电压变化，可满足均衡性判断的教学要求。

3. 无线上传模块

ESP-07S的AT指令流程包括：设置Wi-Fi模式（AT+CWMODE=1）、连接AP（AT+CWJAP）、配置MQTT用户属性（AT+MQTTUSECFG）、建立TCP连接（AT+MQTTCONN）、订阅话题（AT+MQTTSUB）和发布数据（AT+MQTTPUB）。数据采用轻量级JSON格式，例如：{"device":"car01","ch1":12.34,"ch2":11.98,}，每500ms推送一次。终端设备（教学一体机、学生平板）通过同一主题订阅，即可同步获取实时数据。

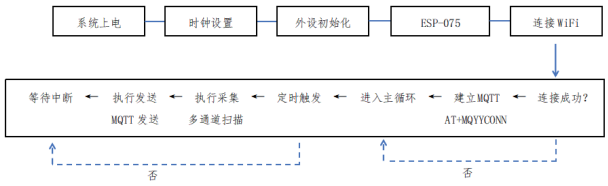


图3 主程序流程图

三、典型教学实验设计：电机控制系统信号检测实训

（一）教学痛点与实训目标分析

在新能源汽车电控实训中，电机控制系统（MCU）是“三电系统”的核心组成部分，其关键检测信号包括加速踏板位置传感器信号（反映驾驶员意图）、旋变传感器信号（检测转子位置）及电机温度信号[5]。传统教学中教师演示时学员围聚观察，后排难以看清，且新能源汽车高压环境要求更谨慎的教学组织。

本实训围绕新能源汽车电机控制系统信号检测展开，目标包括：掌握加速踏板位置传感器的工作原理与输出特性；理解旋变传感器在电机控制中的关键作用及信号特征；建立“传感器信号→控制器决策→执行器响应”的系统性电控思维。

（二）课前准备

教师将数据采集终端四路隔离电路分别连接至：通道1——加速踏板位置传感器信号线（0~5V）；通道2——旋变传感器正弦信号；通道3——旋变传感器余弦信号；通道4——电机温度传感器信号线。连接方式为并接于传感器插头后端，不剪断任何原车线路，安装不超过10分钟。开启装置后自动连接教室Wi-Fi，教学一体机及学生平板进入“电机控制系统信号检测”实训模块。

（三）课堂演示

教师启动车辆至READY状态，教学一体机实时显示四路电压数据。加速踏板在未踩下时输出约0.8V，教师引导学生理解传感器存在“初始电压”。缓慢踩下加速踏板，学生平板上的电压同步从0.8V线性上升至约4.2V，教师讲解踏板开度与输出电压的线性关系，以及VCU据此通过CAN总线向MCU发送转矩指令的控制逻辑。

切换至波形图模式，展示旋变正弦与余弦信号波形。二者呈相位差90°的正交关系，MCU据此计算转子位置以实现精确换相。教师缓慢转动电机轴，学生观察到两路波形随角度变化同步移动。教师引导学生分析：若正弦信号异常，MCU将无法判断转子位置，导致电机运转异常。

同时展示四路信号联动变化，帮助学生理解完整信号链：加速踏板电压变化→VCU解析意图→CAN总线发送指令→MCU结合旋变信号计算换相策略→输出PWM驱动电机→旋变频率同步变化。学生通过平板同时观察全部信号的联动，建立新能源汽车电控系统的整体认知。

Copyright © This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

（四）学生操作与数据记录

学生以2~3人为一组，轮流操作加速踏板，在平板上记录0%、25%、50%、75%、100%开度对应的电压值。平板软件自动生成散点图并计算线性度误差，学生据此完成“加速踏板位置传感器特性曲线”实训报告。拓展任务中，教师通过断开通道1输入模拟信号丢失故障，学生观察平板显示“0V”并判断为信号线断路，培养故障诊断能力。

实训结束后，学生平板自动保存数据记录，含时间戳、电压值、波形截图等数据，可用于撰写实训报告。教师通过教学一体机查看全体学生的数据完整性，作为过程性评价依据。

四、结语

本文针对新能源汽车电气系统智能化程度高、线束复杂、信号节点众多的特点，以及由此带来的教具教学困境，设计了一套基于无线数据采集装置的汽车教具系统。该教具系统为新能源汽车电气类课程的信息化、智能化教学改革提供了可复用的技术方案，后续将进一步完善上位机数据分析软件，增加CAN总线信号解析与故障注入功能，以更全面地覆盖新能源汽车电控系统的教学需求。

参考文献

[1] 吴博峰 . 打造移动生活智空间 [N]. 中国消费者报 ,2025-09-08(003).

[2] 邹渊 , 孙文景 , 张旭东 , 等 . 智能网联汽车多域电子电气架构技术发展研究 [J]. 汽车工程 ,2023,45(6):895-909.

[3] 高骕玮 , 张驰昱 , 陈浩 . 新能源汽车高压线束模块化布置与空间优化研究 [J]. 汽车测试报告 ,2025,(14):64-66.

[4] 黄尧赢 . 城轨智能 ATC 设备的设计与实现 [D]. 大连交通大学 ,2023.DOI:10.26990/d.cnki.gsltc.2023.001459.

[5] 刘远游 . 新能源汽车电路：原理·检测·维修 [M]. 化学工业出版社 :2023.

 Copyright © This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License