

# 车路协同实训平台的研制与应用

王国霞<sup>1</sup>, 李擎<sup>1</sup>, 李希胜<sup>1</sup>, 张宏阁<sup>2</sup>

(1. 北京科技大学自动化学院, 北京 100083; 2. 国能日新科技股份有限公司, 北京市, 100096)

**摘要:** 新兴产业对嵌入式工程人才提出了更高的要求, 嵌入式类课程贯穿了自动化专业第一课堂和第二课堂的全培养过程, 但嵌入式类课程的实践教学存在课程体系缺乏整体规划、设备单一、专用性太强、二次开发能力不足、落后于工程实际以及能力训练可持续性差等系列问题。自动化专业以嵌入式课程群建设为基础, 研制了车路协同实训平台, 包括了具有通用性、小体积便携的硬件和具有层次性以及接近工程实际的实训项目。车路协同实训平台既解决了嵌入式课程群实践教学中的问题, 也为学生双创能力和工程能力的持续训练提供了支撑和保障。

**关键词:** 嵌入式课程群; 车路协同; 实践教学; 实验设备研制;

中图分类号: G484 文献标识码: A

## Development and Application of Vehicle-road Cooperation Practical Platform

WANG Guoxia<sup>1</sup>, LI Qing<sup>1</sup>, LI Xisheng<sup>1</sup>, ZHANG Hongge<sup>2</sup>

(1. School of Automation and Electrical Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China; 2. State Power Rixin Technology Co., Ltd, Beijing, 100096, China)

**Abstract:** Emerging industries put forward higher requirements for embedded engineer talent, embedded course throughout the whole training process of Automation Major, including of the first class and the second class, but there exist some problems in the practice teaching of embedded course group, such as lacking of overall planning, short of development capabilities, lagging behind engineering practice and poor sustainability of ability training etc. Based on the building the embedded course group, automation major develops the vehicle-road cooperation practical platform which include universal and small size hardware system, it also includes practical projects that have the peculiarity of multilevel and approach engineering practice. Embedded course group's problems can be

solved by Vehicle-road cooperation practical platform which also provide guarantee for students' creative-innovation competences.

**Keywords:** embedded course group; vehicle-road cooperation; practical teaching; development of the experimental equipment

## 1 研制背景和思路

我国的新兴产业，如移动互联网、云计算、大数据、物联网、智能制造、移动医疗服务、智能安防等，对嵌入式工程人才需求大幅增长。我院开设的嵌入式系列课程，覆盖了从大二到大四的第一课堂和大一到大四的第二课堂，贯穿了人才培养的全过程。嵌入式系统面向工程应用，具有很强的实践性，实践平台对实践教学效果有着不可忽视的影响，而嵌入式系列课程的实践教学存在课程体系缺乏整体规划，实践平台具有设备单一、专用性太强、二次开发能力不足、落后于工程实际以及能力训练可持续性差等系列问题。

针对上述问题并借助自动化专业两轮工程教育认证的契机，考虑该专业的培养目标，一方面整体规划设计嵌入式系列课程的知识体系和实践体系<sup>[1-4]</sup>，进行嵌入式课程群建设。已将6门核心嵌入式课程以及第二课堂相关实践创新环节统筹规划建成了课程群，如图1所示。同时，将教学和学科团队的科研成果相结合，自主研发了车路协同实训平台以满足嵌入式课程群相关实践教学的需求。

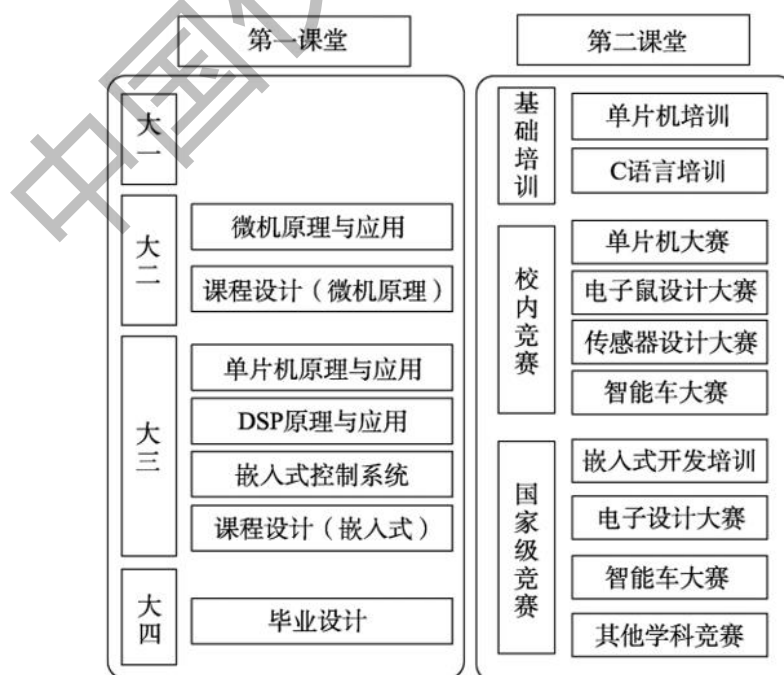


图 1 嵌入式课程群框架

针对嵌入式课程群实践教学存在的问题<sup>[5-9]</sup>，车路协同实训平台研发思路主要有以下几点：

(1) 通用原则。车路协同实训平台的硬件遵循“微处理器可插拔，外围模块可组合”的原则，使嵌入式课程群共享该实训平台，既通过更换微处理器来满足不同课程的实践需求，而外围模块的自由组合可满足不同实践目的的需求。

(2) 体积小携带。学生可携带实验设备按需进行实践探索，不受实验场地和时间的限制，既减轻实验场地不足的压力，更方便学生“做中学”的创意探索，也可使其自由进行创新实践。

(3) 层次化的原则。实训平台能完成不同难度和复杂度的实训项目，既可以满足不同课程第一课堂中的基础性和综合性实践需求，也可以满足第二课堂中的创新性实践需求。实训平台首先要有充分的二次开发功能，且其功能组件既可独立完成特定实践，也可按需组合进行创新性实践，也为学生能力训练的持续性提供了有效支撑。

## 2 车路协同实训平台研制

### 2.1 车路协同实训平台的硬件研制

车路协同系统是指基于无线通信、传感探测等技术进行车路信息获取，通过车与车、车与路信息交互和共享，实现车辆和基础设施之间智能协同与配合，达到优化利用系统资源、提高道路交通安全、缓解交通拥堵的目标<sup>[10]</sup>。

本车路协同系统由循迹小车、交通模块、路障模块以及 2 个公交站组成，系统架构如图 2 所示。

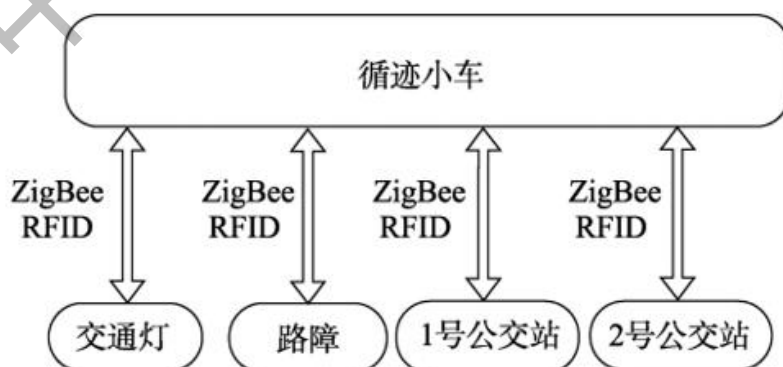
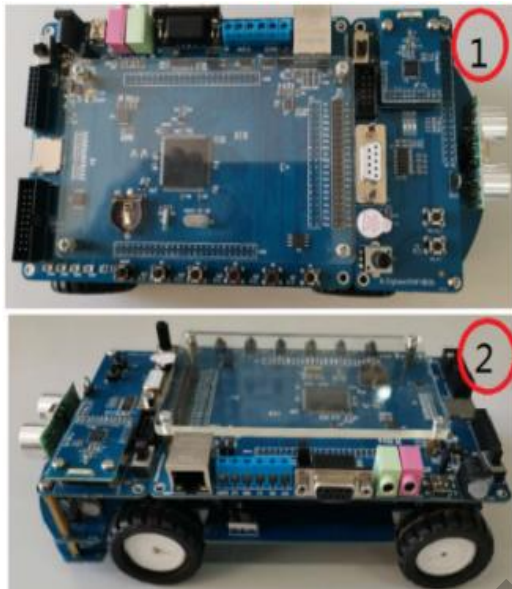


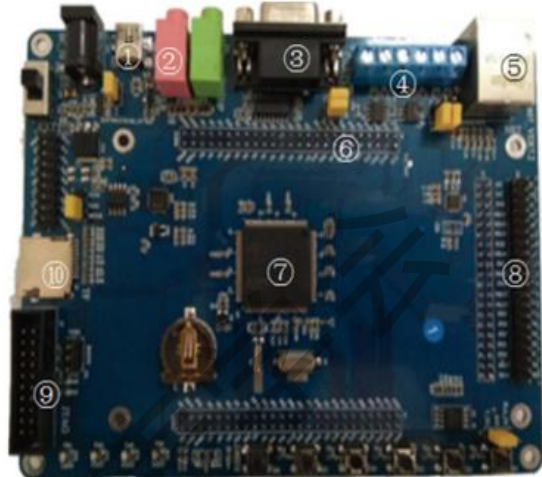
图 2 车路协同系统架构

(1) 循迹小车主要实现循迹行驶和超声波避障并且通过。小车由四个部分组成，分别为小车主板、ZigBee 协调器、小车底板、RFID 读卡模块和超声波避障模块。整个小车采用 12V 锂电池供电，整体效果如图 3 所示,主控板资源分布如图 4 所示，循迹小车的底板正面、背面分布如图 5 所示，ZigBee 协调器资源分布如图 6 所示。



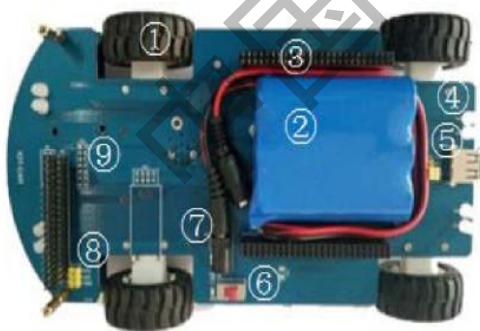
注：① 小车俯视图；② 小车侧视图

图 3 循迹小车整体图



注：①USB OTG 接口；②音频接口；③RS232 接口；④CAN 总线接口；⑤以太网接口；⑥引出 IO；⑦核心板；⑧液晶接口；⑨JTAG 下载口；⑩TF 卡

图 4 主控资源板



注：①N20 减速电机和车轮；②锂电池；③小车主板接口 1；④右转向灯；⑤右刹车灯；⑥电源开关；⑦12V 电池输入；⑧ZigBee 通信接口；⑨超声波避障接口。

(a) 小车底板正面资源分布



注：①电机接口；②喇叭；③RFID 读卡天线；④循迹传感器。

(b) 小车底板背面分布

图 5 循迹小车底板正面和背面资源分布

(2) 路障模块主要实现模拟道路状况的功能。通过 ZigBee 定时向小车上传道路状态信息，岔路口处贴有一张 RFID 卡，小车在此处会根据道路状况选择行驶路线，从而实现小车线路优化功能。RFID 读卡模块资源分布如图 7 所示。路障控制板资源分布图如图 8 所示。



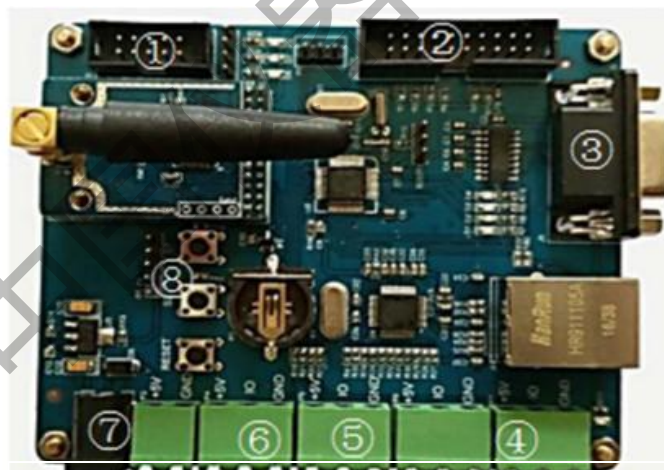
注：①JTAG 下载口；②通信接口；③CC2530；  
④LED；⑤复位键；⑥用户按键；⑦ADC 输入；  
⑧蜂鸣器；⑨RS232 接口。

图 6 Zigbee 资源分布



注：①通信接口；②FM1702；③读卡天线

图 7 RFID 读卡模块资源分布

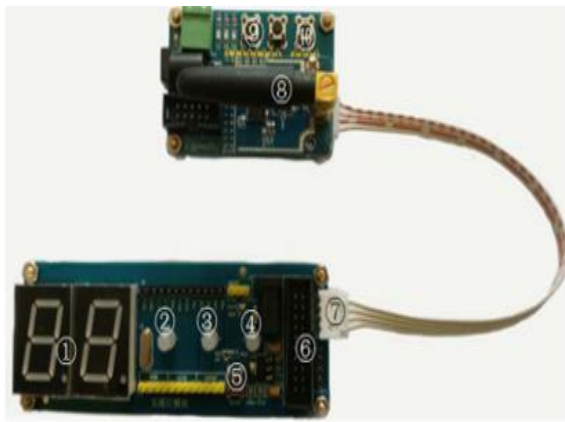


注：①CC2530 下载调试接口；②下载调试接口；③RS232 接口；④预留  
接口；⑤红外光电传感；⑥舵机接口；⑦电源输入接口；⑧用户按键。

图 8 路障控制板资源分布

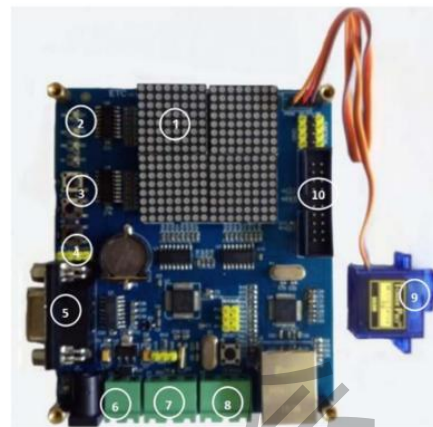
(3) 交通灯子模块主要实现交通灯的功能，通过 ZigBee 定时向小车上传交通灯状态信息，交通灯处贴有一张 RFID 卡，小车在此处会根据交通灯状态决定临时停车或者通行，从而实现小车交通灯识别功能。交通灯控制板资源分布如图 9 所示。

(4) 公交站模块。用 ETC 闸机模块代替其功能，即在 2 个公交站处各贴有 1 张 FID 卡，小车会在此处临时停车并播放对应的语音报站信息，从而实现公交报站的功能。其资



注：①倒计时数码管；②红等；③黄灯；④绿灯；  
⑤复位键；⑥JTAG接口⑦通信接口；⑧天线；⑨  
用户按键；⑩复位键

图 9 交通灯资源分布



注：①16\*16点阵；②LED；③3个按键；④T  
TL串口；⑤R232串口；⑥5V 接线端子；  
⑦落杆传感器接口；⑧公交报站传感器接口；  
⑨90°舵机；⑩JTAG 下载口。

图 10 公交站模块资源分布

源分布如图 10 所示。

## 2.2 车路协同实训平台的实验项目开发

实验项目开发原则是“一中心、三层次、多环节”，即以培养双创型嵌入式工程人才为中心，设计基础实践层、综合实践层和创新实践层三个层次的实验项目，能在第一课堂和第二课堂的实践教学多种教学环节中获得应用，诸如随堂实验、学科竞赛、SRTP 实训、毕业设计等。

车路协同系统的硬件具有可拆解的特点，既它的功能部件可以在与整体不分离的情况下独立进行实验，就可以就某功能部件进行基础实践层的实验。同时，车路协同系统的硬件结构复杂，涉及物联网技术、无线通信技术、传感器技术、智能交通技术等多种跨学科知识，适合进行综合实践层和创新实践层的实验，且车路协同作为智能交通的核心环节，本车路协同实训平台是学科团队的最新科研成果的集成，也无限接近工程实际，开展接近工程实际场景的实践训练。

目前，车路协同系统开发的实验项目包括循迹小车主控板基础实验共 23 项、操作系统实验项目 6 项、ZigBee 基础实验 10 项、车路协同基础实验 11 项、车路协同综合实验 10 项、车路协同创新引导实验项目 15 项。

## 3 应用效果

车路协同实训平台很好地支撑了嵌入式课程群的实践教学和学生双创能力的训练,取得了较好的教学效果。

(1) 两套实验设备应用于自动化、测控技术与仪器、智能科学与技术 3 个专业相关课程的实践教学中, 共计 2500 名本科生、300 名研究生受益。

(2) 在第二课堂实践环节中, 连续 3 届的单片机学科竞赛、传感器学科竞赛都有两套设备的应用, 获得 SRTP 项目立项 8 项, 我院学生在 2019 年的“互联网+创新创业”竞赛中获得北京市一等奖、三等奖各 1 项。

(3) 毕业学生进入嵌入式相关行业的就业增长 10%, 薪资水平增长 20%, 毕业学生座谈会上, 学生对两套设备对嵌入式人才培养所做的贡献给予很大的肯定。

## 参考文献

- [1] 王国霞. 实践教学中应用口袋教学的研究与实践[J]. 高等理课教育, 2016(6):121-125,115.
- [2] 王国霞. 验证性实验教学改革[J]. 高等理课教育, 2016(5):106-113,125.
- [3] 李擎, 崔家瑞, 阎群, 等. 工程教育认证下自动化专业实践类课程改革[J]. 实验技术与管理, 2016, 33(12):225-228.
- [4] 李擎, 崔家瑞, 杨旭, 等. 面向解决复杂工程问题的自动化专业实践能力培养体系研究[J]. 高等理科教育, 2017(3):113-118.
- [5] 崔家瑞, 李擎, 阎群, 等. 省级实验教学示范中心的持续创新发展[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(4):133-137.
- [6] 王玲, 彭开香, 李擎. 基于工程教育认证的嵌入式系统及应课程的改革与实践[J]. 高等理科教育, 2017, (5):116-120.
- [7] 陈平, 吴祝武. 着眼学生解决复杂工程问题能力培养的实践教学体系建设[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(6):201-203.
- [8] 韩婷, 李红斌, 文劲宇, 等. 培养复杂工程问题解决能力的一体化课程体系: 华中科技大学电气工程及其自动化专业改革[J]. 高等工程教育研究, 2018(2):52-59.
- [9] 林健. 面向“卓越工程师”培养的课程体系和教学内容改革[J]. 高等工程教育研究, 2011(5):8-9.
- [10] 郭戈, 许阳光, 徐涛, 等. 网联共享车路协同智能交通系统综述[J]. 控制与决策, 2019, 34(11):2375-2389.