



构建循序渐进的嵌入式创新创业 人才培养模式

佟国香, 杨桂松, 邬春学

(上海理工大学 光电信息与计算机工程学院, 上海 200093)

摘要: 分析了嵌入式系统课程现状, 阐述了嵌入式系统教学在人工智能领域人才培养中的基石作用。结合实际教学, 以综合实验设计方案为例, 给出了构建循序渐进的实践能力的培养方案, 并结合物联网应用, 将创新创业类项目培养作为扩展嵌入式系统实践教学的方法。实践证明, 该培养方案在提高学生团队协作能力和创新创业类项目的培育上获得了良好效果。

关键词: 嵌入式系统; 人工智能; 案例教学; $\mu\text{C}/\text{OS-II}$; 物联网

中图分类号: TP316

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20200539

Construction of Step-by-step Embedded Innovation and Entrepreneurship Talent Training Model

TONG Guoxiang, YANG Guisong, WU Chunxue

(School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: This paper analyzes the current situation of embedded system course, and expounds the cornerstone function of embedded system teaching in the field of artificial intelligence. Having combined the practical teaching, this paper takes the comprehensive experimental design as an example, and puts forward the construction of step-by-step practical ability training program. Combined with the application of the Internet of Things, innovation and entrepreneurship project training is taken as the practice teaching method of expanding embedded system course. It has been proved that good results can be achieved in improving students' team working and cultivating innovation and entrepreneurship projects.

Key words: embedded system; artificial intelligence; case teaching; $\mu\text{C}/\text{OS-II}$; Internet of Things

嵌入式系统广泛应用于国防科技、航天航海科技、汽车电子、家用电器、工业控制与管理等各个领域。特别是人工智能的发展模式和发展前景也给嵌入式系统的应用带来了新的机遇和挑战^[1]。因此, 做好从理论到实践的嵌入式系统课程建设和设计尤为重要。本文分析了嵌入式系统课程的教学现状, 并从应用的角度分析了嵌入式系统在人工智能领域的重要地位。结合实际以综合应用项目为例给出了知识融合的实践能力训练项目设计思路和目标, 并以实际项目为例说明了培养学生自主研发能力的重要性。

1 嵌入式系统课程教学现状分析

许多高校都开设了嵌入式系统课程。由于嵌入式系统课程具有较强的综合性、实践性与发展性, 从而教学难度增大, 导致很多高校的嵌入式系统教学活动难以满足新技术新时期人才的培养标准^[2-3], 主要表现在以下 5 个方面。

1) 课程设置不合理。嵌入式系统课程是一门软硬件相结合, 侧重于实践能力培养的课程。前期需要选修的课程应包括数字电路技术、微机原理与接口技术或者单片机原理与接口技术、C 语言、操

收稿日期: 2020-11-05; 修回日期: 2021-10-07

基金项目: 2019 年度上海市教委本科重点课程建设项目(SMEC2019380); 2019 年度上海理工大学教师教学发展研究项目(CFTD191002); 2019 年度上海理工大学光电信息与计算机工程学院教师教学发展研究项目(GD201902)。

作者简介: 佟国香(1968-), 女, 博士, 副教授, 主要从事嵌入式系统开发、人工智能技术方面的研究。

作系统。一般嵌入式系统设置在大学三年级的上学期。如果在课程设置上缺乏完整的知识体系结构,将造成嵌入式系统课程的学习障碍。特别是在编程语言的选择上,将C作为入门编程语言,有助于使学生更好地掌握编程基础,理解代码的运行原理,C语言作为最接近机器代码的高级语言,在代码效率和实时性上具有不可取代的地位。

2) 知识老化。嵌入式系统课程的教学内容应区别于单片机原理与应用课程的教学内容,弱化两门课程的重叠部分。北京航空航天大学计算机学院于2002学年开始开设了“嵌入式系统设计”课程,是最早开设嵌入式系统课程的高校之一^[4],以ARM7微处理器为核心的硬件开发平台和μC/OS-II 2.51为嵌入式操作系统展开教学,为嵌入式系统课程的教学内容提供了一个良好的典范和引导作用。目前,ARM微处理器已经发展到Cortex系列,无论从微处理器的性能还是从指令集的进化上都具有大幅提高。源码开放的嵌入式操作系统的选择也逐步多元化,最新的μC/OS-III在性能上提升了很多,更适合高性能的32位和64位微处理器的软件开发;FreeRTOS、嵌入式Linux等也逐步选入嵌入式系统课程。有部分高校的嵌入式系统课程从理论内容到硬件平台没有及时更新,依然采用ARM7、ARM9时代的微处理器平台,已经不能满足现阶段教学需求。

3) 教学方法不合理。偏重理论研究,不重视实践能力培养。缺乏实际项目经验、实践能力不足的教师,难以很好地组织嵌入式系统教学。

4) 教学目标不明确。高校、高职学校大多都开设了嵌入式系统课程,在教学内容和配备的实验平台的选择上,应该做到因材施教,总体目标不宜定得太高,嵌入式系统课程应充分体现在各个应用领域的桥梁作用。

5) 不注重学生创新能力培养。在嵌入式系统课程教学中一味地强调技术的重要性,忽视了培养、引导其自主开发和创新能力^[5]。学生的实践活动只局限于课程内给定的项目,缺乏独立自主的创新。

2 面临人工智能领域的挑战

人工智能领域的研究主要侧重于软件在通用计算机基础上的智力仿真和软硬件协同的基于嵌入式系统的智能化工具上,而智能化工具与计算机思维仿真的交叉融合,则体现了高级思维与人工智能机

器的有效结合^[6-7]。同时,工业自动化的发展对于嵌入式互联网技术的需求也逐渐增大,嵌入式互联网技术在创造经济价值和降低工业发展成本方面所起到的作用越来越大^[8]。在AI时代,大量的算法通过强大的计算机技术得到实现,这些算法实际解决了很多具体问题。如人脸识别、语音识别、无人驾驶、智慧农业、火灾视频监控等相关技术。可以说人工智能是建立在多学科交叉的基础上,而嵌入式系统正是基石之一。嵌入式人工智能的发展趋势可以归纳为以下4个方面。

1) 嵌入式人工智能技术在物流、工业自动化、智慧农业、零售业等行业垂直领域具有巨大潜力。

2) 嵌入式人工智能在医疗保健行业被大量使用。在基于大数据的智能分析、人体生命指标检测、精准疾病诊断、降低医疗成本、促进跨行业合作关系等诸多方面都取得了良好的实效。

3) 嵌入式人工智能芯片的整合。嵌入式智能芯片将硬件与深度学习算法、云服务打造为一体化的发展策略及解决方案^[9],在实现大规模人脸检测、跟踪、视频结构化等方面彰显其处理能力,可广泛用于自动驾驶、智能城市、智能商业等场景。

4) 自主学习是嵌入式人工智能的高级目标。嵌入式人工智能“大脑”变聪明是从机器学习进化到深度学习,再进化至自主学习的循序渐进过程。早在2017年,Nvidia就发布了可编程AI推理加速器,推出自主机器处理器Xavier。

因此,实际教学过程中扩充人工智能相关内容势在必行。除理论知识外,可以在实践环节以项目为导向,学生根据自己的兴趣、知识结构组成3~5人团队,共同完成项目目标。以嵌入式系统+人工智能在“智慧农业”中的应用为例给出了教学任务的分解情况^[10],如表1所示。

表1 以“智慧农业”项目为导向的教学任务列表

教学任务	教学内容	方式方法
项目需求分析	针对智慧农业的功能需求,分析软硬件需求和知识点补充	课堂引导,课后查找资料
嵌入式系统	温湿度和光照度数据采集 微处理器相关资源分配 多任务程序开发	课内理论与实践内容的应用
物联网	BLE硬件与软件开发原理 手机APP开发要素 云服务	补充理论知识,从简单样例开始设计
人工智能	数据预处理,形成样本 Python语言的应用 数据挖掘算法、机器学习 数据建模、分析与预测	利用机器学习算法基于样本集进行模型训练
动手实践	硬件制作 软硬件联调	训练学生动手能力

3 嵌入式系统课程实践能力培养案例

针对课内实验学时少,多数学生难以在很短的时间内完成实验内容这一问题,在实验设计上,将复杂的综合实验分解为多个小实验,由浅入深、分步训练,以综合项目为主线贯穿整个实验教学过程。在课程设计阶段,引入互联网、Wi-Fi、云服务、手机 APP 开发相结合的案例教学,培育创新创业类项目,使学生的实践活动更接近于实际的项目研发。

3.1 综合案例设计

以虚拟示波器项目为例来介绍综合训练项目的设计方法^[1]。项目实施综合利用了前期的串口实验、ADC 采集实验、LCD 实验和键盘扫描实验,并开发 PC 端软件,实现虚拟示波器功能。

实验内容如下:PC 端软件采用 VC、Java、Python 等高级语言实现,实时监测串口信息,在 PC 屏幕上显示电压波形变化、电压值等信息。在嵌入式开发平台端基于 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 进行多任务程序设计,采用消息队列实现任务之间的通信。

具体要求如下:

- 1) ADC 实时采集电位器的电压;
- 2) 通过串口向 PC 端实时发送电压值;
- 3) LCD 实时显示采集到的电压值及系统信息(任务数、任务名称及任务的优先级、CPU 的利用率、操作系统版本号、微处理器型号);
- 4) 利用“up”“down”按键改变显示内容。

3.1.1 基于 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 2.86 的多任务程序设计

在理解开发平台硬件原理的基础上,基于 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 进行多任务程序设计。共创建 4 个任务,如表 2 所示。

表 2 虚拟示波器实验任务列表

任务名称	详细说明	参考实验
Task_Start	该任务用来初始化MCU的外设和创建用户任务	
Task_AD	采集电压值,将数据通过串口发送到PC和消息队列	AD数据采集实验
Task_Key	按键扫描任务	按键扫描实验
Task_Monitor	显示任务: 根据AD值更新显示 根据按键值更新显示	LCD显示实验

3.1.2 PC 端程序设计

采用 Java、C# 等高级语言实现 PC 端虚拟示

波器软件,与嵌入式开发平台间采用串口进行通讯,波特率为 115 200 bit/s。学生需要了解虚拟示波器的功能需求,小组讨论确定软件实施方案。

通过综合项目训练,使学生不仅掌握了嵌入式系统课程的实验内容,而且有效地结合了其他课程如 Java、Python、C#等高级语言程序开发技能,实现多学科的知识融会,同时通过分组实验,也锻炼了学生的团队合作精神。

3.2 创新创业类项目培育

为加强大学生创新创业能力培养,全面提高人才培养质量,在嵌入式系统课程设计中引入物联网、云服务等领先技术,进一步深化内容,培养学生的创新精神、孵化创业计划项目。下面以“基于 BLE 和阿里云服务的智能门禁系统”为例介绍创新创业项目培育方案。门禁系统组成原理如图 1 所示。

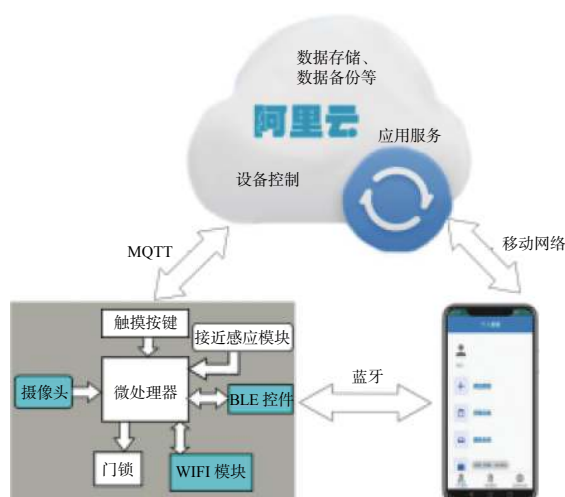


图 1 门禁系统组成原理图

手机和门锁之间通过 BLE 采用一主多从模式建立连接,手机端作为主设备,门锁作为从设备。手机 APP 负责门禁系统的账户管理、密码管理、开锁、接收云端报警信息、查看非法入侵照片等服务。校园门禁系统 APP 软件的用例图如图 2 所示。

门禁系统以 MQTT 协议接入阿里云物联网平台。阿里云服务方案如图 3 所示,采用服务端订阅的方式管理 IoT 终端设备。

实例的 Topic 列表如表 3 所示。其中序号 1 是蓝牙门锁上传图片数据 Topic,设备具有发布权限,接收到的消息内容为 JPEG 格式的数据流;序号 2 是蓝牙门锁上传本地消息 Topic,设备通过此

Topic 向云端传送门锁的运行状态等消息; 序号 3 是蓝牙门锁获取云端消息 Topic, 设备具有订阅权限, 云端通过此 Topic 向蓝牙门锁发送控制信息。

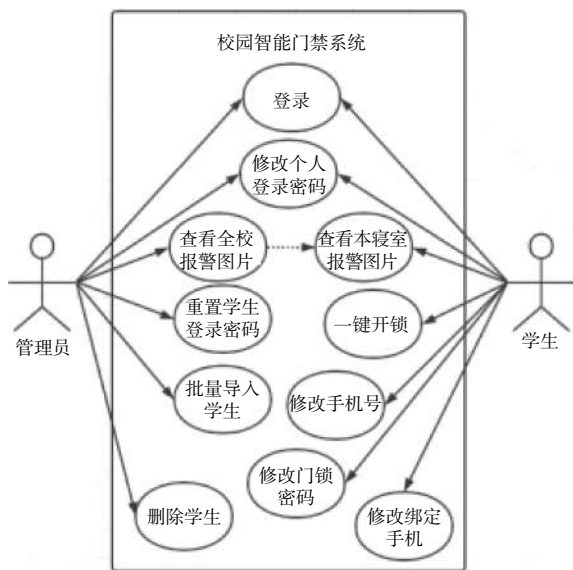


图 2 APP 软件用例图

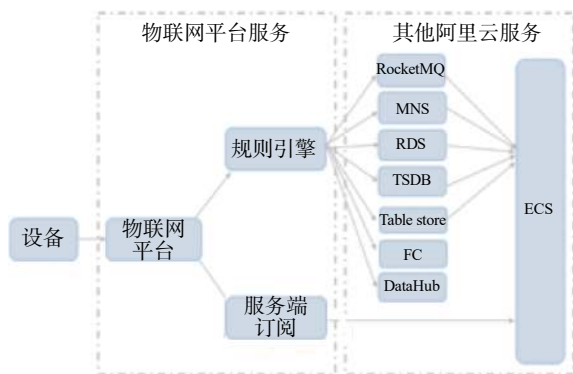


图 3 阿里云服务方案

表 3 设备 Topic 列表

序号	Topic 名称	设备权限
1	/alpTdz2LTm6/psoc6_iot_test/data	分布
2	/alpTdz2LTm6/psoc6_iot_test/update	分布
3	/alpTdz2LTm6/psoc6_iot_test/get	订阅

蓝牙门锁端的嵌入式软件设计基于 AliOS things 实时操作系统进行多任务程序开发, 任务列表如表 4 所示。

通过项目培训达到以下 4 个教学目标。

1) 提高知识运用能力。综合运用前期课程的知识点, 补充互联网相关知识; 掌握传感器、AD 数据采集原理, 掌握触摸按键、开关量的控制原理, 理解串行通信、MQTT 协议、低功耗蓝牙

协议。

2) 培养自主创新能力。通过项目需求分析, 自主选取嵌入式硬件平台和功能模块, 并基于校园门禁系统的功能需求进行嵌入式程序、手机 APP 程序的自主开发以及云服务端的配置。

3) 培养项目开发能力。引导学生基于项目管理的模式开展设计过程, 做好人员分工、进度安排、项目的需求分析、概要设计、详细设计等, 并形成文档。引导学生合理使用如 Git 等开源分布式版本控制系统, 培养学生分工合作能力。

4) 培养团队合作能力。在开发过程中不仅要培养学生独立解决问题的能力, 更重要的是培养学生团队合作能力, 共同完成项目的软硬件协同开发。

表 4 门禁系统任务列表

任务名称	详细功能
capsense_task	接近传感器、触摸按键控制
ble_task	蓝牙服务: 与移动设备通信
beep_task	蜂鸣器报警
camera_task	采集摄像头数据
motor_task	控制四相步进电机开锁或关锁
mqtt_work	通过 MQTT 与阿里云物联网平台通信

4 结束语

针对嵌入式系统的教学特点, 以及嵌入式系统在人工智能领域中的重要地位, 提出以循序渐进、由简到难的实验设计方案进行学生的基础能力训练, 基于互联网、人工智能的应用扩展嵌入式系统知识体系, 以创新创业类项目培养为目标加强和提高学生的实践能力。在项目实施过程中, 学生以团组为单位, 从市场调研、项目的技术需求分析到各个功能的具体实现, 分工协作, 充分利用相关的专业知识, 发挥各自特长共同完成目标。实践证明, 这种培养方式不仅激发了每个学生的主动积极性, 同时也加强了学生的团队合作精神, 通过报告、讨论、结题验收等过程训练, 使学生具备了项目开发经验。在创新创业类项目培育和各级比赛项目的培养上获得了较好的效果。在接下来的教学研究中, 为更好地培养综合性人才, 将结合大数据技术专业方向, 研究基于嵌入式的人工智能算法及部署方案, 使人工智能算法有效地运行在嵌入式智能终端。

(下转第 133 页)