

doi:10.13582/j.cnki.1674-5884.2021.04.007

面向新工科之“嵌入式系统”课程 教学规划初步探索与实践

杨宗长

(湖南科技大学 信息与电气工程学院,湖南 湘潭 411201)

摘要:“嵌入式系统”课程是电子信息工程与通信工程等本科专业的一门重要专业课,是一门兼具理论性与实用性的综合应用型课程。为对接新时期工科教育教学要求即“五育并举”育人要求及工程教育认证,对该课程的教学规划进行了初步探索与实践。首先应对课程性质进行准确定位,然后力求课程教学内容与课程学习目标能达到有机结合,最终实现目标评价清晰及量化考核准确有效。初步教学探索与实践表明,该课程兼具理论性与实用性,是一门综合应用型课程,要求学生掌握嵌入式系统的基本概念与基本原理,熟悉主流的体系结构和设计开发的一般过程、方法及技术;且由于嵌入式系统涉及的软硬件技术更新较快,对教师而言,须与时俱进不断更新并适当调整教学内容和教学方法及手段,对学生而言,应该培养其自主学习和终生学习的意识,增强其不断学习和适应发展的能力。

关键词:“嵌入式系统”;课程教学;探索与实践;新工科

中图分类号:G642.0

文献标志码:A

文章编号:1674-5884(2021)04-0042-07

“嵌入式系统”课程是湖南科技大学信息与电气工程学院电子信息工程与通信工程两本科专业的一门重要的专业课。该课程目前总学时数为32课时。先修课程涉及电路理论、C语言程序设计、计算机软件基础与单片机原理及应用等,后续课程主要涉及电子信息工程生产实习、电子信息与通信工程毕业设计(论文)等。该课程兼具理论性与实用性,是一门综合应用型课程,一般多在大学高年级对应学期开设。

改革开放以来,中国工程教育发展迅速,如何进一步深化工程教育也是新时期面临的一个新课题。为了保障并促进中国工程教育质量的提升,强化行业需求对工程教育的引导作用并配合我国工程师体制改革,以实现工程专业与工程师国际互认,中国工程教育专业认证的工作由此启动(即2016年6月正式加入《华盛顿协议》)。本质上讲,工程教育专业认证对中国工程教育而言,既是挑战也是契机。因为工程教育专业认证一个重

要的理念就是所谓OBE(Outcome Based Education,目标或称产出、能力导向)教育理念^[1,2],该理念强调“学生中心、目标(或称产出、能力)导向、持续质量改进”^[1]。由此可知,“持续改进”作为工程专业认证的核心理念之一,它不仅是工程教育认证中的一个重要指标,也是工程专业教育实际或本质的内在要求。

新时期“五育并举”或称“五育融合”,源自2019年中央与国务院印发的《关于深化教育教学改革全面提高义务教育质量的意见》。该意见起初是针对义务教育,明确提出了“五育并举”的指导方针,具体包含“突出德育实效”“提升智育水平”“强化体育锻炼”“增强美育熏陶”“加强劳动教育”五个方面^[3]。对于高校工程教育而言,面向新时期的“五育并举”要求,由于高等工程教育自身特点,其与义务教育有异也有同,即正如该意见中所提出的“坚持立德树人,着力培养担当民族复兴大任的时代新人”。因而,高校面向新时

收稿日期:2020-09-24

基金项目:湖南省科技厅计划项目(2013GK3090);湖南省自然科学基金(2020JJ4315)

作者简介:杨宗长(1972-),男,湖南怀化人,教授,博士,主要从事通信与信息系统、信息处理与应用数学建模等研究。

期工科教育教学要求即“五育并举”以及工程专业认证要求,在强调工程教育认证即国际互认的同时,注重工程教育中的德育问题,故在高校工程教育中,应当引入适当的、具有关联性的德育内容,以增强学生的爱国意识和民族自信心等。

综上所述,面向新时期新工科的“五育并举”及工程教育认证,对高校教育教学改革而言既是挑战也是机遇。它很可能将是实现我国高等工程教育内涵式发展的重要途径之一,即在实现持续促进工程教育教学改革的同时,也将着眼于不断提高专业人才的综合质量或称“融合”之“育人度”^[3]。

“嵌入式系统”课程是一门典型的工科专业课程,面向新时期的工程教育(即对接新时期“五育并举”要求及工程教育认证),它对原来的课程教学规划提出了新的要求。对接工程教育认证的 OBE 教育理念,新的课程教学规划也应随之调整,即将以具体、明确的课程教学及学习目标为中心展开。同时,对接新时期“五育并举”的要求,在课程教学过程中,应适当地将课程教学内容和相关技术与行业的发展状况结合起来,诸如中国相关 IT 科技企业(华为、中兴、小米等)的发展历程、以华为公司麒麟系列为代表的 SOC 技术发展现状以及 Android 系统在我国嵌入式智能终端行业的快速应用与发展等,以增强学生的民族自豪感和科技创新的紧迫感,鼓励学生积极投身于新时期科技强国的伟大事业中去。

1 课程性质定位

“嵌入式系统”课程是一门兼具理论性和实用性的综合应用型课程^[4-8],且软、硬件的结合性较强。其主要讲授嵌入式系统的组成和基本原理,阐述嵌入式主流硬件体系结构和嵌入式操作系统,阐明嵌入式系统设计的一般原理和方法以及嵌入式系统的综合开发应用,为后续学习与工作中解决复杂电子信息与通信工程中嵌入式系统的相关问题打下良好的基础^[9-11];同时,应了解 IT 技术发展历程和我国的基本国情,增强学生的爱国意识和民族自信心,鼓励学生对嵌入式系统软硬件技术进行积极探索与和创新,投身于民族复兴之伟大事业。

2 面向新时期“五育并举”及工程专业认证的课程教学及学习目标

为对接新时期“五育并举”育人要求即“坚持立德树人,着力培养担当民族复兴大任的时代新人”,在强调工程教育认证即国际互认的同时,也应注重高校工程教育中的德育问题,因而在高校工程教育中应当引入适当的、且具有关联性的德育内容,以增强学生的爱国意识和民族自信心;同时,对接工程教育认证的 OBE 教育理念,其具体体现为所谓“工程专业认证十二条”。课程学习目标与上述要求相适用及对应的相关部分如表 1 所示。

表 1 课程学习目标与面向新时期“五育并举”及工程专业认证之要求的适用与对应关系

面向新时期“五育并举”与工程专业认证之要求	适用与对应的课程学习目标
A: 个人政治素养、思想道德品质与职业道德方面的要求。	学习目标 5
B1 工程知识	学习目标 1
B3 设计/开发解决方案	学习目标 4
B5 使用现代工具	学习目标 3
B12 终身学习	学习目标 2
B8 职业规范	学习目标 5

通过该课程教学,期望学生达到以下 5 个学习目标。

课程学习目标 1: 掌握嵌入式系统的基本概念与基本原理,并能将知识用于解决复杂电子信息与通信工程中嵌入式系统的相关问题,具备进行硬件和软件的分析与设计的基础。

课程学习目标 2: 掌握嵌入式系统的体系结构,了解其最新进展与应用前景,培养学生(尤其是 IT 专业)自主学习和终身学习的意识,具备不

断学习和适应发展的能力。

课程学习目标 3: 熟悉嵌入式系统开发环境及其设计开发的一般过程和常用方法及技术,能够针对电子技术、智能控制、信息通信、系统集成或单位信息化建设等领域的复杂电子信息与通信工程中相关嵌入式系统问题,选择与使用恰当合理的开发环境和技术工具,并能够理解其局限性。

课程学习目标 4: 掌握嵌入式系统设备驱动以及用户应用程序设计流程和方法,培养学生工

程设计能力,针对电子信息与通信领域复杂工程中嵌入式系统的相关问题,能在分析功能需求的基础上确定设计目标,提出合理的解决方案,能够根据优选方案设计出系统结构原理和单元模块并优化设计流程,具有创新意识。

课程学习目标5:通过案例教学,培养学生对嵌入式系统设计的兴趣,提高应用开发的能力;了解电子信息与通信技术发展历程,能够理解专业工程技术对人类文明、社会进步和民族复兴的推动作用,了解我国的基本国情,增强学生的爱国意识和民族自信心,并具备良好的职业素养,鼓励学生对嵌入式系统的软硬件技术进行探索和创新,并与新时期科技强国的伟大事业结合起来。

3 课程教学及学习目标与考核内容及方式的对应关系

为了达到上述课程学习目标,选择合适且具有针对性的考核内容及其考核方式是非常重要的环节。该课程的考核内容、考核方式与其学习目标的对应关系,详细描述如下。

3.1 学习目标对应考核内容及方式

3.1.1 针对课程学习目标1

此考核的出发点:引导学生掌握嵌入式系统的基本概念与基本原理,并具备进行硬件和软件的分析与设计的基础。

考核的具体内容可分为4小块(如图1所示):(1)嵌入式系统基本概念、组成和基本原理;(2)ARM公司(Advanced RISC Machines Ltd)及ARM体系构架、复杂指令集计算机(CISC)、精简指令集计算机(RISC)和哈佛结构与冯诺依曼结构;(3)几种有代表性的嵌入式操作系统(VxWorks、Windows CE、嵌入式Linux、 μ C/OS II、Android和mbed OS等);(4)嵌入式系统主要特点及其应用领域等。

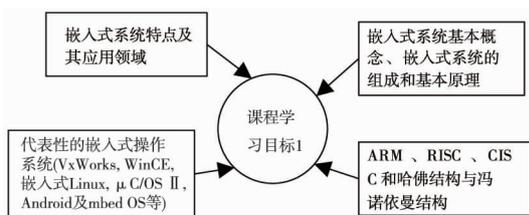


图1 针对课程学习目标1的考核主要内容

考核方式:课堂提问和讨论或作业及期末考试(考试)。

3.1.2 针对课程学习目标2

此考核的出发点:引导学生掌握嵌入式系统的体系结构,了解其最新进展与应用前景,培养其自主学习和终生学习的意识,增强其不断学习和适应发展的能力。

考核具体内容可分为5小块(如图2所示):(1)嵌入式系统发展历程及其应用前景、嵌入式系统(软、硬件)体系结构;(2)嵌入式微处理器及其流水线技术、寄存器与存储器、总线、I/O端口、中断和数据编码等基础知识;(3)ARM微处理器体系、最小系统设计;(4)Linux基本概念、Linux系统的引导过程以及ARM Linux操作系统;(5)嵌入式Linux文件系统、Linux常用操作命令和文本编辑器等。

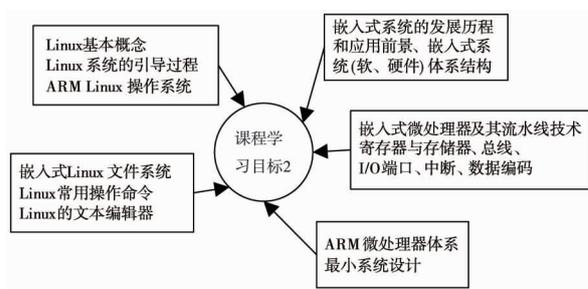


图2 针对课程学习目标2的考核主要内容

考核方式:课堂提问和讨论或作业及期末考试(考试)。

3.1.3 针对课程学习目标3

此考核的出发点:引导学生熟悉嵌入式系统开发环境及其设计开发的一般过程和常用方法及技术,同时针对相关嵌入式系统一般问题,能选择与使用恰当合理的开发环境和技术工具,并能够理解其局限性。

考核具体内容可分为6小块(如图3所示):(1)嵌入式Linux编译器、GNU编译器套件(GCC)、Make命令和Makefile工程管理;(2)嵌入式Linux汇编语言程序设计、Linux Shell编程和位运算;(3)交叉编译概念以及如何建立交叉编译开发环境、配置超级终端Minicom、建立Linux系统的数据共享服务等;(4)嵌入式Linux系统内核编译、文件系统的制作和嵌入式系统开发板的烧写方法;(5)嵌入式系统的文件处理、进程与进程控制、进程间通信和嵌入式Linux串口通信技术;(6)网络编程的基础知识、网络套接字(Socket)及基于Socket网络的应用程序设计(如Web服务器、嵌入式系统的Web服务器程序设计等)。

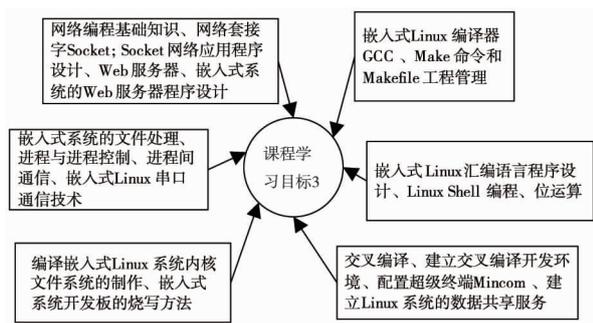


图 3 针对课程学习目标 3 的考核主要内容

考核方式:(1) 课程论文或结课报告;(2) 课堂提问和讨论或作业及期末考查(考试)。

3.1.4 针对课程学习目标 4

此考核的出发点:引导学生掌握嵌入式系统设备驱动以及用户应用程序设计流程和方法,培养学生工程设计能力,针对嵌入式系统的工程与应用问题,能进行需求分析功能并提出合理的解决方案,选择合适的系统结构和单元模块并优化其设计流程,具有创新意识。

考核具体内容可分为 6 小块(如图 4 所示):(1)设备驱动程序概述、框架及其加载过程;(2)设备驱动程序的功能接口函数模块和重要的数据结构体;(3)字符设备驱动程序设计和块设备驱动程序设计;(4)通用 I/O 接口(GPIO)、GPIO 设备驱动及其驱动程序设计;(5)如何在主机端搭建 Android 系统开发环境和 Android 应用程序结构;(6)如何创建 Android 应用程序、Android 系统内核编译与文件系统制作等。

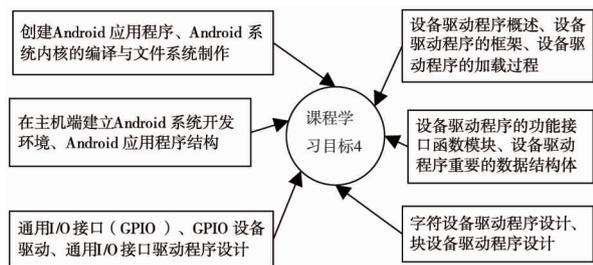


图 4 针对课程学习目标 4 的考核主要内容

考核方式:(1) 课程论文或结课报告;(2) 课堂提问和讨论或作业及期末考查(考试)。

3.1.5 针对课程学习目标 5

此考核出发点:通过案例教学,引导并培养学生对嵌入式系统设计的兴趣,提高其应用开发的能力,同时了解 IT 技术发展历程和中国国情的基本现状,增强学生的爱国意识和民族自信心,鼓励学生进行积极探索和创新,以助力民族复兴大业。

考核具体内容可分为 4 小块(如图 5 所示):(1)数码管、步进电机、键盘和直流电机等驱动程序设计以及 Android 应用程序设计等应用案例;(2)了解电子信息与通信技术发展历程,能够理解专业工程技术对人类文明、社会进步和民族复兴的推动作用;(3)了解我国的基本国情,增强学生的爱国意识和民族自信心;(4)鼓励学生对嵌入式系统的软硬件技术进行探索和创新,为新时期科技强国而奋斗等。

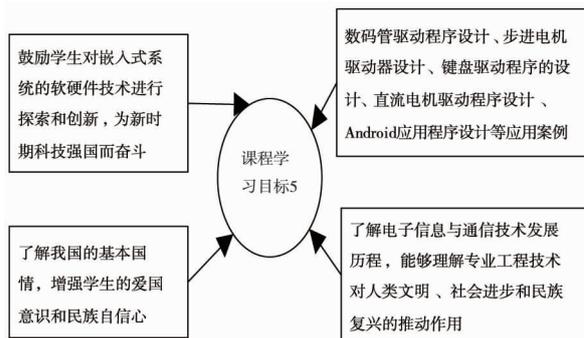


图 5 针对课程学习目标 5 的考核主要内容

考核方式:(1) 课程论文或结课报告;(2) 课堂提问和讨论或作业及期末考查(考试)。

3.2 课程学习目标与课程成绩评定的量化关系

课程学习目标在成绩评定中的所占比例以及课程多目标达成的评价方法,最终会以量化方式进行体现,其量化评定与评价指标如表 2 所示。

表 2 课程成绩与学习目标量化评定指标

课程学习目标	在期末考试	在平时作业	在课堂表现	课程分目标达成评价方法
	中所占百分比	中所占百分比	中所占百分比	
课程学习目标 1	10	20	10	分目标达成度 = 期末考试 70% + 平时作业 15% + 课堂表现 15%
课程学习目标 2	20	20	20	
课程学习目标 3	40	30	40	
课程学习目标 4	20	20	20	
课程学习目标 5	10	10	10	
合计	100	100	100	

3.3 课程学习目标与成绩评分的量化标准

“嵌入式系统”课程教学所含的5个学习目标对应的成绩评定的量化标准,如下所示。

3.3.1 课程学习目标1对应的评分标准

课程学习目标1对应的评分量化标准如表3所示。

表3 课程学习目标1之评分量化标准

课程学习目标1之评分范畴	优秀	良好	中等/及格	不及格
嵌入式系统基本概念、嵌入式系统的组成和基本原理、几种有代表性的嵌入式操作系统、嵌入式系统的特点和应用领域等	90~100分	80~89分	60~79分	0~59分

3.3.2 课程学习目标2对应的评分标准

课程学习目标2对应的评分量化标准如表4

所示。

表4 课程学习目标2之评分量化标准

课程学习目标2之评分范畴	优秀	良好	中等/及格	不及格
嵌入式系统硬件体系结构与软件体系结构、嵌入式Linux操作系统、嵌入式系统的最新进展及其应用前景等	90~100分	80~89分	60~79分	0~59分

3.3.3 课程学习目标3对应的评分标准

课程学习目标3对应的评分量化标准如表5

所示。

表5 课程学习目标3之评分量化标准

课程学习目标3之评分范畴	优秀	良好	中等/及格	不及格
嵌入式系统设计开发的一般过程、嵌入式Linux程序开发方法和工具、嵌入式系统开发环境的建立、嵌入式Linux文件处理与进程控制和嵌入式系统网络应用开发等	90~100分	80~89分	60~79分	0~59分

3.3.4 课程学习目标4对应的评分标准

课程学习目标4对应的评分量化标准如表6

所示。

表6 课程学习目标4之评分量化标准

课程学习目标4之评分范畴	优秀	良好	中等/及格	不及格
设备驱动程序概念、设备驱动程序的框架和设备驱动程序的加载过程、设备驱动程序的功能接口函数模块、设备驱动程序重要的数据结构体、字符设备驱动程序设计、块设备驱动程序设计、GPIO设备驱动程序设计、Android应用程序结构等	90~100分	80~89分	60~79分	0~59分

3.3.5 课程学习目标5对应的评分标准

课程学习目标5对应的评分量化标准如表7

所示。

表7 课程学习目标5之评分量化标准

课程学习目标5之评分范畴	优秀	良好	中等/及格	不及格
工程开发与应用能力、探索与创新潜质、职业素养、爱国意识和民族自信心等	90~100分	80~89分	60~79分	0~59分

4 课程教学实践与建议

面向新时期之工科教育教学要求即“五育并举”育人要求及工程教育认证,“嵌入式系统”课

程教学主要内容包含嵌入式系统的基本概念与原理、嵌入式主流硬件体系结构与操作系统、嵌入式系统开发环境的建立、嵌入式系统的设备驱动程

序设计与嵌入式系统的典型应用范例等,同时在教学过程中将引入适当的、具有关联性的德育内容,以增强学生的爱国意识和民族自信心等。该课程涉及预备知识较多,如电路(含模拟电路和数字电路等)基础、C/C++程序设计以及计算机基础等,依据笔者的初步教学探索与实践,抛砖引玉,拙见如下:(1)宜采用互动式、启发式教学,借助多媒体与黑板板书相结合的教学手段,进行课堂讲授。(2)在讲授基本概念与设计原则与方法时,宜采用理论知识讲授和实践相结合,以主流的操作系统开发环境作为教学实践应用平台,以避免完全的纯理论与知识讲授的抽象。(3)与时俱进地不断了解学习最新的嵌入式系统发展动态及软硬件技术,同时在教学中及时更新并适当调整教学内容、教学方法和教学手段,并尽可能地提高学生的兴趣和教学效果,拓展学生解决问题的思路和能力。(4)精选及慎选教学案例,同时对接基本国情,增强学生的爱国意识和民族自信心,鼓励学生嵌入式系统的软硬件技术进行探索和创新,为新时期科技强国而奋斗等。(5)对于硬件体系的选择,建议以主流的 ARM 系列为主,其他系列为辅。(6)对于嵌入操作系统的选择,建议以著名的开源操作系统 Linux 为主,其他常见的嵌入式系统也可适当介绍或讲授。

由于该课程多在大学高年级对应学期开设,笔者根据多年教学经验提出以下建议,以供参考:(1)该课程是兼具理论性和实用性的综合应用型课程,对学生的前期 C/C++ 程序设计、电路以及计算机基础知识等要求较高,应注意加强对学生的实际动手能力与应用程序设计能力的培养。(2)精选教材和教例,力求重点突出、教学案例精炼且通俗易懂。(3)加强课堂管理,由于授课对象为大学高年级学生,应进一步提高学生的抬头率,确保教学质量。(4)建议学生自己动手安装 Linux 系统(或 Android 系统),并安装 GCC 等以熟悉其开发环境,或进一步自主对应用开发板进行硬件选型和软件开发等,以培养并增强学生的自主操作和自主学习以及适应发展的能力。

总的来说,从近几年的考核结果来看(如 2017~2019 年所教班级平均分分别为 81.0,80.0,83.0),较好地达到了预期的教学目标。当然,教与学皆无止境,教师和学生还需继续努力。

5 结语

在湖南科技大学信息与电气工程学院电子信息类的专业课程中,“嵌入式系统”课程是该学院电子信息工程与通信工程两本科专业的一门重要的专业课。相对于其他专业基础课程,该课程是一门兼具理论性和实用性的综合应用型课程,其教学内容涉及面广、知识内容更新较快,且软、硬件的结合性较强。面向新时期的工程教育(即对接新时期“五育并举”要求及工程教育认证),对教师 and 高校而言既是挑战,同时也是契机。新时期“五育并举”或称“五育融合”,最初主要是针对义务教育,其强调“德智体美劳”之均衡融合教育。对于高校工程教育而言,面向新时期之“五育并举”要求,由于高等教育自身特点,其与义务教育有异也应有同,即应该在强调工程教育认证即国际互认的同时,注重工程教育中的德育问题,因而工程教育应引入适当的且具有关联性的德育内容,以增强学生的爱国意识和民族自信心等。新时期之工程教学教育改革,它很可能将是实现我国高等工程教育内涵式发展的重要途径之一,即在实现促进工程教学教育改革的同时,也着眼于不断提高专业人才的综合质量或称“融合”之“育人度”。

面向新时期之工科教育教学要求即“五育并举”育人要求及工程教育认证,本文对该课程教学规划进行了初步探索与实践,在对课程性质定位准确的基础上,力求教学内容与课程学习目标有机结合,以实现目标评价清晰与量化考核准确有效。初步的教学探索与实践表明:该课程教学与学习,对学生和教师都具有一定的挑战性,因此,需与时俱进地了解最新的嵌入式系统发展动态、了解并熟悉最新的硬件技术、学习并掌握相关的最新软件开发技术;同时,在教学中,也需及时更新并适当调整教学内容、教学方法和教学手段。

参考文献:

- [1] 韩立强.工程教育专业认证下持续改进机制方法探索和实践[J].高教学刊,2020(11):84-87.
- [2] 李攀,崔家瑞,杨旭,等.面向工程教育专业认证的自动化专业持续改进[J].高等工程教育研究,2019(5):76-80.
- [3] 刘登琿,李华.“五育融合”的内涵、框架与实现[J].中国教育科学(中英文),2020(5):85-91.

- [4] 张思民. 嵌入式系统设计与应用: 第2版[M]. 北京: 清华大学出版社, 2015.
- [5] TOUSON R, WILMSHURST T. ARM 快速嵌入式系统原型设计: 基于开源硬件 Mbed[M]. 韩德强, 鲁鹏程, 译. 北京: 机械工业出版社, 2014.
- [6] 张晨曦, 韩超, 沈立, 等. 嵌入式系统教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2013.
- [7] WOLF M. Computers as Components, Third Edition: Principles of Embedded Computing System Design [M]. CA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., USA, 2012.
- [8] 蒋建春. 嵌入式系统原理与设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [9] 王森. 嵌入式系统的应用领域与发展研究[J]. 电脑编程技巧与维护, 2020(5): 23-24.
- [10] 张静. 面向计算机专业的嵌入式系统课程体系设计探讨[J]. 计算机时代, 2020(5): 103-104.
- [11] 杨宗长. 基于 Simulink 的多径失真之卷积分析消除法及其虚拟仿真教学探索[J]. 当代教育理论与实践, 2018(3): 63-68.

Study and Practice on Teaching Planning of “Embedded Systems” for New Engineering Education

YANG Zongchang

(School of Information and Electrical Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: “Embedded Systems” is an important specialized course for the major of electronic information engineering and communication engineering and a comprehensive application course combining theory and practice. In order to meet the requirements of new engineering education namely “education in five aspects: moral, intellectual, physical and aesthetic grounding with a hard-working spirit” and engineering education certification, this paper makes a preliminary exploration in the teaching plan of “Embedded Systems”. Firstly, the nature of the course should be accurately positioned, and then the teaching contents and learning objectives should be organically combined, so as to give a clear evaluation and an accurate effective quantitative assessment for teaching and learning of the course. The study and practice show that, on the one hand, it is of necessity to master the basic concepts and principles of embedded systems, and be familiar with the general process, methods and techniques of the mainstream architecture and design and development owing to the theoreticalness and practicalness of this comprehensive application course. On the other hand, it proposes challenges for both students and teachers because of frequently updated software and hardware technology involved in embedded systems. For teachers, the teaching content as well as its teaching methods and means should be seriously adjusted and updated by processing with the times. For students, their awareness of self-learning lifelong learning should be cultivated and their ability of continuous learning and adaptation to the development should be enhanced.

Keywords: Embedded Systems; course teaching; study and practice; new engineering education

(责任校对 游星雅)