

• • • • •

高等学校嵌入式系统专业方向 核心课程教学实施方案

教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会 编制

高等教育出版社

高等学校嵌入式系统专业方向 核心课程教学实施方案

Gaodeng Xuexiao Qianrushishi Xitong Zhuanye Fangxiang
Hexin Kecheng Jiaoxue Shishi Fang'an

教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会 编制

高等教育出版社·北京

图书在版编目 (C I P) 数据

高等学校嵌入式系统专业方向核心课程教学实施方案/教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会编制.

—北京: 高等教育出版社, 2014.7

ISBN 978-7-04-039874-8

I. ①高… II. ①教… III. ①微型计算机-系统设计-教学研究-高等学校 IV. ①TP360.21-42

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 094896 号

策划编辑 时阳	责任编辑 时阳	封面设计 于文燕	版式设计 余杨
插图绘制 邓超	责任校对 殷然	责任印制 田 甜	

出版发行 高等教育出版社	咨询电话 400-810-0598
社 址 北京市西城区德外大街 4 号	网 址 http://www.hep.edu.cn
邮政编码 100120	http://www.hep.com.cn
印 刷 三河市吉祥印务有限公司	网上订购 http://www.landaco.com
开 本 787mm × 1092mm 1/16	http://www.landaco.com.cn
印 张 7	版 次 2014 年 7 月第 1 版
字 数 150 千字	印 次 2014 年 7 月第 1 次印刷
购书热线 010-58581118	定 价 20.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 39874-00

高等学校嵌入式系统专业（方向）教学实施方案编写组

组 长：马 争（电子科技大学）

成 员：（以姓氏拼音为序）

陈佰平（杭州电子科技大学）

陈文智（浙江大学）

邓春健（电子科技大学中山学院）

方向忠（上海交通大学）

纪 震（深圳大学）

李文生（电子科技大学中山学院）

廖 勇（电子科技大学）

陆洪毅（国防科学技术大学）

马维华（南京航空航天大学）

肖 依（国防科学技术大学）

薛丽萍（深圳大学）

严 义（杭州电子科技大学）

周建江（南京航空航天大学）

前 言

随着嵌入式技术的发展和应用领域的不断拓展,社会对嵌入式技术人才的需求越来越旺盛。为了适应市场需求,国内很多高校相继开设了嵌入式系统相关课程或设置了嵌入式系统相关专业方向,开展了各具特色的嵌入式系统教学实践。但由于嵌入式系统面向应用的特点、嵌入式软硬件平台和开发工具的多样性以及各个学校学科背景的不同,各个学校开设的嵌入式系统相关课程的教学内容存在较大差异,这在一定程度上不利于嵌入式系统专业方向及相关课程建设。

为了推动嵌入式系统专业方向建设和课程教学,建设嵌入式系统优质教学资源,解决现在嵌入式系统相关课程建设和教学中存在的问题,2010年6月,教育部高等学校计算机科学与技术专业教学指导委员会、中国计算机学会教育专业委员会和高等教育出版社决定联合电子科技大学、浙江大学、国防科学技术大学、南京航空航天大学、上海交通大学、杭州电子科技大学、深圳大学、电子科技大学中山学院等在嵌入式系统专业方向建设和相关课程建设方面具有一定基础的高校,开展“嵌入式系统课程教学实施方案”项目研究,由电子科技大学马争教授担任项目组组长。

该项目的研究目标是针对嵌入式系统教学的内容和特点,制订嵌入式系统教学实施方案,包括提出一组嵌入式系统专业方向的核心课程,对各门课程的基础知识要求、能力培养要求、实践教学要求、教学内容组织方式、课程教学重点和难点处理提出指导性的建议,同时对相应的嵌入式系统教材建设提供指导性意见,解决目前课程教学和教材建设中可能存在的盲目性以及不同课程不合理交叉等问题。

项目组先后在中山、南京、深圳、成都召开了5次“嵌入式系统教学实施方案”研讨会。通过分析、讨论嵌入式技术的发展趋势以及各个高校嵌入式系统教学的开展状况,项目组认为,尽管嵌入式处理器平台多种多样、嵌入式系统具有面向应用的特点以及各个学校学科背景的不同,各个学校开设的嵌入式系统课程也具有一定的个性化特征,但是嵌入式系统教学存在一些共性的内容,即嵌入式系统的教学涉及3个不同层次的内容:嵌入式系统硬件设计、嵌入式底层驱动和操作系统移植以及嵌入式系统应用开发。通过将嵌入式系统人才培养目标,特别是能力培养目标分解、细化到不同课程,同时考虑到课程之间的前后衔接、课程与培养目标的一致性,项目组确定了嵌入式系统课程群基本框架应当涵盖的5门核心课程:嵌入式系统概论、嵌入式微控制器及其应用、嵌入式操作系统、嵌入式硬件设计和嵌入式软件开发。

在此基础上,项目组对5门课程的教学定位、教学目标、教学内容、教学和实验平台选

择等内容进行了热烈讨论，各方意见充分碰撞，求同存异，最后对5门课程的教学定位、教学目标、知识模块、知识单元以及相关实践教学等达成基本共识，并针对5门课程成立了如下5个撰写小组，负责绪论以及各门具体课程教学实施方案的撰写工作。

“绪论”撰写组：电子科技大学马争，国防科学技术大学陆洪毅，电子科技大学中山学院李文生。

“嵌入式系统概论”课程教学实施方案撰写组：国防科学技术大学陆洪毅、肖侗，上海交通大学方向忠。

“嵌入式微控制器及其应用”课程教学实施方案撰写组：深圳大学纪震、薛丽萍，电子科技大学中山学院邓春健。

“嵌入式操作系统”课程教学实施方案撰写组：电子科技大学廖勇，电子科技大学中山学院李文生。

“嵌入式硬件设计”课程教学实施方案撰写组：南京航空航天大学马维华、周建江，杭州电子科技大学严义、陈佰平。

“嵌入式软件开发”课程教学实施方案撰写组：浙江大学陈文智。

经过两年多的研究，现将项目研究的初步成果呈现给广大读者。每一门课程的教学实施方案主要包括两个部分：一是总体描述，描述该课程在嵌入式系统专业方向人才培养中的地位 and 作用，课程教学设计的依据、目标、考虑因素等；二是课程教学实施方案，主要包括教学定位和要求、课程内容矩阵和内容大纲、课程实验、课程设计、课程考核基本要求、教材建设建议等，其中内容矩阵和大纲按照基本章节布局给出了教学内容、基本学时建议、重点和难点、教学内容的组织方式、教学策略、教学重点和难点的解决方法等。

需要说明的是，由于嵌入式系统具有发展迅速、知识复杂、跨学科的特点，单纯的5门课程很难完全涵盖对嵌入式系统开发人才知识和能力方面的要求，因此在教学中需要强调嵌入式系统核心知识体系与相关学科（如计算机、电子、通信）的融合，需要针对具体的嵌入式系统应用领域或嵌入式软硬件平台（如DSP、FPGA等）开设相应的特色课程；其次，针对不同的培养对象、培养目标和学科背景，这些课程的地位和作用会有所不同，重点、难点以及相关内容的要求等也会有所区别，各个学校可以根据自身的情况对这些课程及其教学内容进行适当的裁剪或扩充；最后，课程教学实施方案要解决的问题涉及方方面面，很多内容都是探索性的，需要随着嵌入式技术的发展在实践中不断丰富、不断提高，我们诚挚欢迎同行给予批评和建议，以便进一步修改完善。

马 争

2013年12月26日

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010) 58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

目 录

1 绪论	1
1.1 能力培养目标	1
1.2 嵌入式系统核心课程	3
1.3 核心课程组合方案	5
1.4 实践教学实施建议	7
1.5 课程教学实施方案框架	8
2 嵌入式系统概论课程教学实施方案	9
2.1 总体描述	9
2.2 课程教学实施方案	9
2.2.1 课程基本描述	9
2.2.2 教学定位与要求	9
2.2.3 课程内容矩阵	10
2.2.4 内容大纲	11
2.2.5 讲授中要注意的问题	15
2.2.6 教材建设要注意的问题	18
2.2.7 课程实验	18
2.2.8 课程考核基本要求	20
3 嵌入式微控制器及其应用课程教学实施方案	21
3.1 总体描述	21
3.2 课程教学实施方案	21
3.2.1 课程基本描述	21
3.2.2 教学定位与要求	22
3.2.3 课程内容矩阵	23
3.2.4 内容大纲	25
3.2.5 讲授中要注意的问题	29
3.2.6 教材建设要注意的问题	33
3.2.7 课程实验	34

3.2.8	课程设计	36
3.2.9	课程考核基本要求	37
4	嵌入式操作系统课程教学实施方案	39
4.1	总体描述	39
4.2	课程教学实施方案	40
4.2.1	课程基本描述	40
4.2.2	教学定位与要求	40
4.2.3	课程内容矩阵	42
4.2.4	内容大纲	43
4.2.5	讲授中要注意的问题	49
4.2.6	教材建设要注意的问题	53
4.2.7	课程实验	53
4.2.8	课程设计	56
4.2.9	课程考核基本要求	57
5	嵌入式硬件设计课程教学实施方案	58
5.1	总体描述	58
5.2	课程教学实施方案	59
5.2.1	课程基本描述	59
5.2.2	教学定位与要求	59
5.2.3	课程内容矩阵	60
5.2.4	内容大纲	62
5.2.5	讲授中要注意的问题	70
5.2.6	教材建设要注意的问题	75
5.2.7	课程实验	76
5.2.8	课程设计	76
5.2.9	课程考核基本要求	78
5.3	相关问题的思考	78
5.3.1	教学内容的选择	78
5.3.2	与嵌入式硬件设计相关的课程	79
6	嵌入式软件开发课程教学实施方案	80
6.1	总体描述	80
6.2	课程教学实施方案	80
6.2.1	课程基本描述	80

6.2.2 教学定位与要求	81
6.2.3 课程内容矩阵	82
6.2.4 内容大纲	84
6.2.5 讲授中要注意的问题	89
6.2.6 教材建设要注意的问题	92
6.2.7 课程实验	93
6.2.8 课程设计	97
6.2.9 课程考核基本要求	99

1 绪论

嵌入式系统是指以嵌入式处理器或嵌入式控制器为核心，将其嵌入到产品或设备中，以实现其功能的数字化和智能化的专用计算机系统，它既是相关产品设备的智能核心，也是产品设备实现创新和增值的关键。嵌入式系统的应用已经覆盖了消费类电子、智能家电、工业控制、通信网络、仪器仪表、汽车电子等多个领域。随着嵌入式技术的发展和其应用领域的不断拓展，社会对嵌入式技术人才的需求也越来越旺盛。为了适应市场需求，国内很多高校相继开设了嵌入式系统相关课程或设置了嵌入式系统相关专业方向，并开展了各具特色的嵌入式系统教学实践。在 IEEE-CS/ACM 制定的 2004 版计算机类课程体系中，嵌入式系统已经被列为核心课程之一。2006 年 6 月，教育部高等学校计算机科学与技术教学指导委员会在《高等学校计算机科学与技术本科发展战略研究报告暨专业规范（试行）》中亦将嵌入式系统列为计算机工程专业方向的核心课程。

但是，基于嵌入式系统面向应用的特点、嵌入式软硬件平台和开发工具的多样性以及各个学校学科背景的不同，各个学校开设的嵌入式系统相关课程在教学内容方面存在较大的差异，这在一定程度上不利于嵌入式系统专业方向及其相关课程的建设。而作为本科教育的主渠道，课程教学对专业培养目标的实现具有决定性的作用，如何根据培养目标开展有效的课程教学活动是提高教育教学质量的关键，其中，专业方向核心课程更是“重中之重”。

为了推动嵌入式系统专业建设和课程教学，建设嵌入式系统优质教学资源，解决现在嵌入式系统相关课程建设和教学中存在的问题，2010 年 6 月，教育部高等学校计算机科学与技术教学指导委员会、中国计算机学会教育专业委员会和高等教育出版社决定联合开展“嵌入式系统课程教学实施方案”研究。该研究的基本目的就是针对嵌入式系统教学的内容和特点，制订嵌入式系统教学实施方案，包括提出一组嵌入式系统专业方向的核心课程，对各门课程的基本知识要求、能力培养要求、实践教学要求、教学内容组织方式、课程教学重点和难点处理提出指导性的建议。通过该教学实施方案，使各个办学单位能够准确、完整地理解嵌入式系统人才培养的定位，并按照各自的具体情况在此基础上进行裁剪或扩充，更加科学地制订嵌入式专业方向培养计划。

1.1 能力培养目标

同通用的计算机系统一样，嵌入式系统也属于计算机系统的一种，但其应用领域之广、系统形态之多、与多种技术结合之紧密，为通用计算机系统所不及。因此，作为一名合格的

嵌入式系统开发人员,相对于一般计算机系统开发人员,既有共性的地方,也有不同之处。例如,嵌入式软件开发人才必须首先具有软件工程技术的基本知识和工程技能,同时又必须清晰地理解嵌入式软件工程的特殊性,理解嵌入式软硬件开发环境的多样性,掌握软硬件一体化设计与开发、交叉开发和调试技术等。因此,在设计嵌入式课程体系和教学内容时,应将重点放在嵌入式应用开发中特有的一些技术和能力培养上。而与一般计算机系统开发相同的部分,考虑到嵌入式系统专业方向一般在计算机科学与技术专业中设置,所以它们应当由相关的计算机课程负责。

在嵌入式系统专业方向教育中,应特别注重以下基本能力的培养。

1. 计算思维能力

理论科学、实验科学和计算科学作为科学发现的三大支柱,推动着人类文明的进步和科技的发展。计算思维是指运用计算机科学的基础概念进行问题求解、系统设计以及人类行为理解等涵盖了计算机科学之广度的一系列思维活动。

嵌入式系统技术通过将计算机技术与专业领域知识相结合,创造出利用计算机解决专业领域问题的新途径,极大地拓展了计算机的应用领域。嵌入式系统专业方向对计算思维能力的培养应紧紧抓住“抽象”和“自动化”这两个计算思维的本质特征,强化学生对特定专业领域问题进行构造性、过程性求解的能力,以及将一个复杂、困难的问题转化为可利用计算机技术求解的思维方法,进而形成利用现有计算机技术对特定问题进行求解的一系列方法和步骤。计算思维能力对培养学生的创新能力至关重要。在嵌入式系统专业方向教育中,应当特别注重计算思维能力的培养。

2. 知识迁移能力

对嵌入式系统专业方向的学生培养通常都是从某些具体的嵌入式软硬件平台、开发工具和环境开始的,即从“实例计算”入手。但在实际嵌入式应用开发中,可能经常涉及不同的硬件芯片和软件平台、不同的开发工具和环境、不同的应用领域,这就需要培养学生的知识迁移能力,即引导学生摆脱“实例计算”的思维限制,从“实例计算”提升到“类计算”,能够从某个基于具体开发平台和开发环境的嵌入式应用开发中掌握嵌入式应用开发的基本思想和方法,能够由此及彼、举一反三,能够通过芯片数据手册、开发工具手册等尽快熟悉新的嵌入式开发环境。

3. 协同创新能力

嵌入式技术在移动设备、数字家电、汽车电子、医疗电子、航空航天、工业控制等领域得到广泛应用,已经成为相关领域产品和技术创新的关键。嵌入式系统的开发与设计,往往涉及如何将嵌入式技术和相关领域的专业技术结合起来,以达到协同创新的目的。所以,嵌入式开发人才必须具有一定的行业领域知识,并且具有较强的协同创新能力。行业领域的专业知识对于嵌入式系统专业方向的学生来说,不可能在大学阶段完全掌握,但是必须关注学生新知识和新技术的学习能力。协同创新能力的培养应侧重于交流能力、抽象能力和需求分

析能力的培养,以便学生将来可以通过与专业领域专家进行协作,有效利用嵌入式技术得到相关应用问题的解决方案。

4. 系统整合能力

由于嵌入式系统面向的是某种特殊应用,其所采用的硬件平台、开发工具和应用环境根据应用的不同会有所不同,再加上市场大都要求开发周期短、成本低的产品,因此,系统整合能力,包括如何选择合适的软硬件平台以高效地开发产品、如何利用现有的软硬件资源、如何有效管理开发团队中的各类人员(应用专家、硬件工程师、软件工程师和其他相关工程人员等)等,已经成为嵌入式系统产品开发的重要能力。这些能力的培养,应侧重于拓宽学生的知识面,让学生尽可能多地了解各种嵌入式软硬件系统的特性及其优缺点,了解软硬件协同设计的思想方法,而不再局限于传统的软硬件设计方法和体系结构。

5. 系统工程能力

作为工程应用型人才,主要任务是将所学的嵌入式系统知识和原理转变为产品的设计和实现。嵌入式系统工程人才除了要具备良好的学习能力、沟通能力和组织协调能力外,还应具有较强的系统工程能力,包括系统分析能力、系统开发能力和系统应用能力。

系统分析能力主要强调能够对目标系统的需求进行分析,运用嵌入式技术,结合专业领域知识,给出可能的嵌入式软硬件解决方案;强调能够对嵌入式系统结构进行剖析,对嵌入式系统的功能性指标和非功能性指标进行评测和评价。

系统开发能力主要强调能够利用嵌入式技术有效地构建适合目标应用的专用系统。要求学生具有较强的程序设计能力、硬件设计和调试能力、软硬件工具平台应用能力,以及解决嵌入式项目开发中关键技术问题的能力。

系统应用能力主要强调与专业领域专家进行交流以完成需求分析,通过对嵌入式系统进行配置或定制,快速适应应用系统的要求。

1.2 嵌入式系统核心课程

课程体系的建立直接关系到专业培养目标的实现,因此在建立课程体系时,不仅要考虑开设哪些课程、所开设课程的先后关系,还应该重点关注课程的知识体系、课程目标与专业培养目标的接轨,并保证所有的相关课程能够构成支撑专业培养目标实现的一个完整体系。

嵌入式系统有两个显著特征:一是面向应用,嵌入式系统是通过嵌入到具体的产品中来提升产品性能、降低产品成本的;二是软硬件结合,可以说任何嵌入式系统都是软硬件协同设计的结果。这就要求嵌入式人才应当掌握嵌入式系统的基础知识和理论,并且具有较强的嵌入式硬件设计和调试能力、嵌入式软件设计和开发能力,同时具备一定的应用领域知识以及计算思维能力、知识迁移能力、协同创新能力、系统整合能力和系统工程能力。

通过将嵌入式系统人才培养目标,特别是能力培养目标分解、细化到不同课程,同时考

考虑到课程之间的前后衔接、课程与培养目标的一致性,并考虑本科教学学时的限制,可以确定嵌入式系统专业方向的5门核心课程:嵌入式系统概论、嵌入式微控制器及其应用、嵌入式操作系统、嵌入式硬件设计和嵌入式软件开发。这些课程涵盖了嵌入式系统及其应用开发中涉及的最基础的知识,同时和计算机类核心基础课程(如程序设计基础、数据结构、计算机组成原理、操作系统等)、电子类相关基础课程(如电路分析、模拟电路、数字逻辑设计等)以及应用领域的一些特色课程一起,构成了嵌入式专业方向专业基础知识和专业基本能力培养的课程体系,如图1.1所示。由于这些课程在嵌入式系统专业人才培养中占有非常重要的地位,因此对于它们的教学应该给予足够的重视。

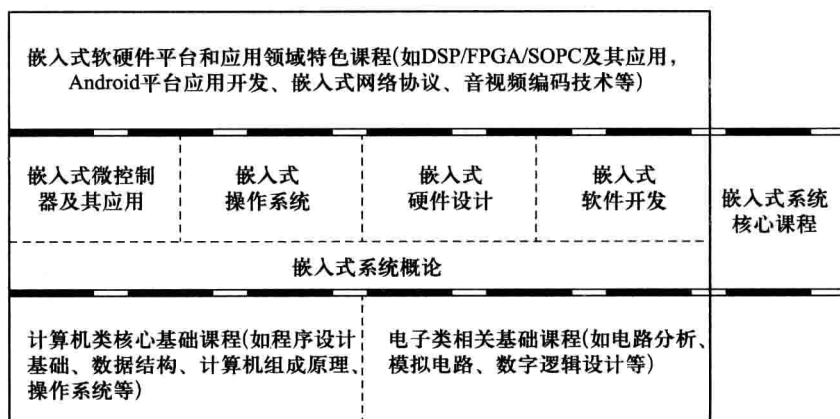


图 1.1 嵌入式系统核心课程及其课程体系

作为一门嵌入式系统的引导性课程,嵌入式系统概论课程从整体上对嵌入式系统涉及的各种技术进行介绍,帮助学生快速了解嵌入式系统的基础知识和基本原理,并理解嵌入式系统开发的基本过程,同时使学生初步掌握运用嵌入式系统技术解决实际问题的思想和方法。

嵌入式微控制器及其应用课程则从具体的嵌入式控制器入手,讲述嵌入式微控制器的基本概念、工作原理和应用设计方法,培养学生嵌入式系统的应用开发能力,并通过具体的嵌入式控制应用工程案例培养学生初步的系统工程能力和系统整合能力。

嵌入式操作系统课程在讲述嵌入式操作系统的基本概念、体系结构、系统特点、内核工作原理和实现思想的基础上,让学生体会嵌入式系统软硬件协同工作的原理,掌握根据目标嵌入式硬件平台对嵌入式操作系统进行定制的能力,掌握基于嵌入式操作系统进行嵌入式软件开发的基本思想、方法和技巧。

嵌入式硬件设计课程主要讲授嵌入式系统硬件基础知识、硬件开发工具、开发流程和调试方法,培养学生嵌入式系统硬件的设计和开发能力。该课程从微控制器及其外围电路的功能设计要求出发,培养学生掌握基本的嵌入式硬件设计方法和硬件测试方法,然后逐步过渡

到嵌入式硬件高性能、高可靠性、低功耗、低成本等非功能性设计方法上。

嵌入式软件开发课程主要讲授嵌入式软件开发的基础知识、方法和技术,使学生了解嵌入式软件的组成要素与结构,掌握嵌入式软件开发的思想、方法、过程和技巧,熟练使用相关嵌入式软件开发工具,具备初步分析问题和解决问题的能力。

需要说明的是,由于嵌入式系统专业方向具有发展迅速、知识复杂、跨学科的特点,单纯的5门课程很难完全涵盖对嵌入式系统开发人才知识和能力方面的要求,因此需要强调嵌入式系统核心知识体系与相关学科(如计算机、电子、通信)的融合。同时,嵌入式专业方向完整的课程体系应当与相关学科的基础课程进行有机的衔接。

另外,针对不同的培养对象、培养目标和学科背景,这些课程的地位和作用会有所不同,重点、难点以及相关内容的要求等也会有所区别。因此,各个学校可以根据自身的情况对这些课程及其教学内容进行适当的裁剪,当然也可以在这5门课程的基础上加以适当扩充。例如,开设单片机及其应用开发课程,从单片机这一相对简单的嵌入式微控制器入手,让学生能够比较容易地理解嵌入式系统的工作原理和应用,为嵌入式系统后续学习打下基础;针对具体的嵌入式系统应用领域或具体的嵌入式软硬件平台(如DSP、FPGA等),开设相应的特色课程,进一步体现嵌入式系统教学面向应用和平台多样性的特点。

1.3 核心课程组合方案

由于嵌入式系统面向应用的特点,嵌入式系统教学应当明确定位于培养工程应用型人才。嵌入式系统工程应用重点关注在一定的约束条件下,实现嵌入式系统以达到应用目标要求的方法、步骤等,并通过对嵌入式系统软硬件的适当选型与定制,结合专业领域知识,方便、快速、有效地构建具体嵌入式产品和应用。嵌入式系统专业方向培养的学生具有明显的工科特征,适合承担嵌入式系统或产品的设计和实现任务。这意味着嵌入式系统的教学必须在适当的理论基础上,更多地关注“设计”和“应用”形态的内容,即应站在一个嵌入式系统应用开发工程师的角度来组织相关的教学内容,更多地关注它们的工程应用。例如,对于嵌入式处理器、嵌入式操作系统等,更多地需要关注它们的对外接口和应用方法等外特性,对于它们的内部结构、工作原理和内核实现等,可以以理解作为基本要求。当然,也不能过度淡化理论教学,而将嵌入式系统教学完全定位于技能教育,因为只有在适当的理论指导下,设计和应用才是理性的、高水平的。

根据嵌入式系统软硬结合的特点以及嵌入式应用开发的内容,嵌入式系统专业方向毕业生能够从事的典型工作可以大致划分成以下几种:嵌入式硬件开发、嵌入式底层软件设计、嵌入式应用软件开发等。不同类型的开发人员面对的问题空间和工作内容有所不同,应当具备的知识和能力也有所区别。相应地,在培养过程中,可以根据不同的培养定位,对嵌入式系统相关核心课程给出不同的组合方案,如图1.2所示。

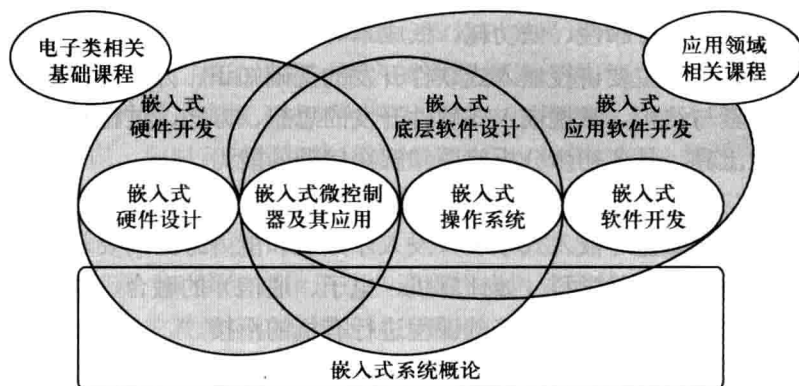


图 1.2 嵌入式系统核心课程的组合方案

嵌入式硬件开发工作内容主要包括系统需求分析（包括功能性需求和非功能性需求）、硬件方案设计、印制电路板（PCB）电路设计和测试等。嵌入式硬件设计工程师应当了解嵌入式硬件开发流程，具备从需求分析到总体方案、详细设计的规划创造能力，能够运用主流的嵌入式微控制器、嵌入式处理器进行软硬件开发调试，能够运用仿真工具、设计工具进行系统原理图、PCB 的设计，能够运用示波器、信号发生器、逻辑分析仪等测试设备对硬件进行调试，具备常用标准电路的设计能力，如复位电路、滤波电路、功放电路、高速信号传输线的匹配电路等，掌握嵌入式硬件高性能、高可靠性、低功耗、低成本等非功能性设计方法。对于该类型的学生，应当在嵌入式系统概论、嵌入式微控制器及其应用两门课程的基础上，强化嵌入式硬件设计课程，同时需要考虑在之前对模拟电路与电子技术、数字逻辑设计等电路课程加以适当强化，而对于嵌入式操作系统、嵌入式软件开发课程，可以降低要求或者不再单独开设。

嵌入式产品在硬件设计完成后，各种功能就全靠应用软件来实现。一个嵌入式产品的开发，嵌入式应用软件开发的工作量一般超过 80%，所以在嵌入式就业领域，对于嵌入式应用软件开发人员的需求占绝大多数。嵌入式应用软件开发的主要内容包括嵌入式系统分析与设计、嵌入式软件编码和测试等。嵌入式应用软件开发人员应当了解嵌入式软件开发流程，具备从需求分析到总体设计、详细设计的能力，理解嵌入式系统工作原理，了解主流的嵌入式微控制器和处理器的的工作原理和接口，掌握主流的软件开发平台和开发工具，具有较强的程序设计能力和调试能力，特别是基于嵌入式操作系统的应用程序设计能力。对于该类型的学生，应当在嵌入式系统概论、嵌入式微控制器及其应用两门课程的基础上，强化嵌入式操作系统、嵌入式软件开发课程，同时需要考虑在之前强化对程序设计相关课程的教学，而对于嵌入式硬件设计课程则可以降低要求或者不再单独开设。另外，由于嵌入式软件一般面向应用领域，所以针对该类型的学生，还可以考虑选择开设音视频编解码技术、通信协议及其编

程技术、网络与信息安全技术、DSP 技术以及一些与应用领域知识相关的课程。

嵌入式底层软件设计的主要内容是开发一些与硬件关系最为密切的底层软件。例如,针对某个嵌入式硬件平台开发 BootLoader 或板级支持包 BSP(向下驱动硬件、向上支持嵌入式操作系统),针对不同的外围接口设备开发驱动程序以及将嵌入式操作系统移植到不同的硬件平台上。该类嵌入式开发人员需要深刻理解嵌入式系统软硬件协同设计思想,他们不仅需要关心嵌入式系统的外部特性和外围接口,而且需要深入理解嵌入式处理器的体系结构、工作原理和指令系统,深入理解嵌入式操作系统的体系结构、工作原理和内核实现机制,深入理解外围接口设备的工作原理和控制方法。对于该类型的学生,在开设嵌入式系统概论、嵌入式微控制器及其应用、嵌入式操作系统课程时,除了关注嵌入式处理器、嵌入式操作系统的外部特性和应用方法外,还需要重点关注它们的内部结构、工作原理等。

基于嵌入式系统的教学定位,在具体的教学实施中,各个不同的教学单位可以针对不同的培养对象和培养目标,对课程及其教学内容加以适当选择。但不管如何选择,重心都应当落在工程应用上,因此建议采用案例驱动或项目驱动的教学方法来开展教学,从嵌入式系统工程设计的典型问题、案例入手,讲述相关的课程知识。

1.4 实践教学实施建议

由于嵌入式系统教学定位为培养工程应用型人才,所以实践教学环节在整个嵌入式人才培养中应当占有相当大的比例。

首先,嵌入式系统的大部分课程以工程设计为主,在讲述工程设计方法和设计流程时要涉及开发环境、开发工具的使用,如果按照传统的教学方式,即先在课堂讲授,再到实验室做实验,必然会使学生感觉枯燥无味、不易掌握。因此,可以借鉴 Learning by doing 的教学理念,通过引入实际的工程案例和项目,讲训结合,突出课程实践意义,培养学生的应用意识、动手能力和工程素养。

其次,需要加大实验、实践学时,以强化实验、实践环节,同时应注意有机整合实验内容,减少验证型实验,增加设计型、综合型、创新型实验项目,按照“一体化、多层次”的思想,设计嵌入式专业方向比较合理的实践教学体系。基础层主要包括相关课程的课内实验,其主要目的在于巩固课程知识,一般通过课内实验完成。综合设计层主要包括两个方面:一是相关课程的综合型、设计型实验,其主要目的在于相关课程知识的掌握和综合运用,一般通过课外拓展实验完成;二是里程碑式的综合实践课程,即根据嵌入式系统应用开发能力的晋级阶梯,在能力培养主线设置一些里程碑,并通过综合性实践课程培养阶段性的综合应用能力。应用创新层主要培养学生综合分析、设计、创新的能力和工程素养,主要通过创新实验和课程设计、项目实训、学科竞赛、学生科研和毕业设计完成。

嵌入式系统专业方向的实践教学需要依托相应的嵌入式硬件平台、软件平台和开发工具