

中外合作办学中模拟电子技术教学探索与实践^①

胡小方¹, 段书凯¹, 周跃², 王丽丹², 贾鹏飞¹

1. 西南大学 人工智能学院, 重庆 400715; 2. 西南大学 电子信息工程学院, 重庆 400715

摘要: 随着科技的进步和信息化、智能化时代的到来, 在教育教学领域掀起了一轮改革的热潮, 其中中外合作办学, 即中方高校某些专业与国外高校对口专业进行国内国外的联合培养, 成为现代化教育事业的新趋势和重要组成部分. 本文首先分析了中外合作办学模式中模拟电子技术在教学内容和方式上存在的问题, 结合笔者在西南大学计算机与信息科学学院中外合作办学课程中的教学经验, 以及在香港城市大学和美国密歇根大学、匹兹堡大学的学习体会, 从加强模拟电子技术教学内容与现代科技的有机结合、加强教学内容的可视化和实践性效果、加强模拟电子技术探究式的教学方式等方面, 浅谈了中外合作办学模式下的模拟电子技术教学探索与实践. 探究成果有助于形成中外合作办学中合理的模拟电子技术教学资源, 有利于授课教师采取科学高效的授课方式, 有望培养学生的国际化视野、深度学习和探究性学习习惯、创新性和合作意识, 以及科学研究的素养.

关键词: 中外合作办学; 模拟电子技术; 探究性教学; 创新性学习

中图分类号: G642

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2019)12-0125-07

中外合作办学、英语或双语教学成为我国教育教学改革的重要举措和研究内容^[1]. 电气信息类专业承担着为国家培养电气工程、自动控制、信息处理、以及电子与计算机技术等复合型人才的重任, 其就业领域包括信息行业、制造业和其他高科技行业, 同时部分毕业生会选择出国深造, 更适合中外合作办学模式. 其中, 模拟电子技术是电气信息类专业的一门专业核心课程, 为后续相关的课程学习、专业深造、行业应用打下基础. 而且, 在科技日新月异的今天, 研究型、国际化教学将有助于提升学生在全球范围内的竞争力^[2]. 为推动中外合作办学的实施, 本文结合模拟电子技术的课程特点和师生的实际情况, 首先指出当前教学中存在的主要问题; 然后针对这些问题, 把中外合作办学的目标融入到整个课程体系中, 探索与实践模拟电子技术的教学内容和教学方式改革的新方案, 有效提升教学质量, 培养国际化、创新型的 IT 技术后备人才.

1 中外合作办学模式下模拟电子技术的教学现状与问题

目前国内越来越多的高校创办中外合作办学项目. 例如, 自 2014 年起西南大学分别与澳大利亚西澳大学、新西兰奥克兰大学、澳大利亚迪肯大学合作开设了自动化专业、计算机科学与技术专业、软件工程专业本科教育项目. 该项目的特色包括: ① 本硕连读. 学生可选择“3+2”模式, 即在西南大学学习 3 年本科课程, 达到条件者可前往外方大学学习 2 年研究生课程. 学习合格者可获得外方大学硕士学位和西南大学本科学位; ② 节约教育成本. 5 年取得本科和硕士学位, 与常规模式相比可节约 2 年时间; ③ 精英教育.

① 收稿日期: 2018-08-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(61601376, 61976246); 西南大学教育教学改革研究项目(2017JY100, 2018JY006, 2016JY005).

作者简介: 胡小方(1984-), 女, 博士, 副教授, 硕士研究生导师, 主要从事忆阻系统及应用、神经网络、新型类脑计算等方面的研究.

建立专门的实验室,选拔优秀班主任,并为每位学生配备学业导师;④西南大学本科课程与外方本科及硕士课程紧密衔接,合理引进外方大学专业课程,实行全英语教学或双语教学,部分课程采用外方派遣师资与本院优秀教师联合授课的形式开展。

然而,国家中长期教育改革和发展规划纲要的高质量落实、各大高校中外合作办学的有效开展,必然对相关专业的基础理论和核心课程的教学提出更高的要求。国内模拟电子技术的教材内容与课程体系比较成熟,具有内容丰富、结构严谨、叙述详细、理论性和规范性强等特点^[3-4],但在中外合作办学模式下,该课程的教学也产生了一些新的问题,如:联合教学资源建设还不完善,中外双方教学内容的一致性、互通性和扩展性不佳,同时,因教材的编制周期较长,其针对性和实时性不强,不能很好地满足教学需求和学生探究性学习的需要;教学手段和方式比较单一,仍以国内单向传递式授课为主,未能展现国际化的互动式教学特色;部分学生专业英语水平偏低,自信心不足,课程学习困难,兴趣不高,在基本知识掌握不牢的情况下,很难进行研究型学习和创新性思考^[5]。因此,本就比较复杂的模拟电子技术课程,在中外合作办学模式下,就显得难度更大,学起来更为吃力。不过,另一方面,中外合作办学的学生思想灵活、个性张扬、善于也乐于接受新事物,普遍抱有出国深造打算,又是开展国际化研究型教学的理想对象^[6]。因此,有必要在中外合作办学平台的支撑下,基于已有的合作办学章程和教学方案,结合国内外经典教材及互联网的优质资源,引入先进的教学模式和理念,融入当前的科技发展成果,开发出适合中外合作办学目的,有益于提高教学效果的国际化、研究型模拟电子技术教学内容和模式。

2 中外合作办学中模拟电子技术的教学内容和方式探索与实践

针对上述问题,本文拟基于中外合作办学项目,结合笔者在西南大学计算机与信息科学学院的中外合作办学课程中的教学经验以及在香港城市大学和美国密歇根大学、匹兹堡大学的学习体会,对模拟电子技术课程的教学内容和模式进行探究性和创新性的探索与实践。旨在通过建设多方位多层次的教学方案,利用先进的教学技术和方式,实现中外合作办学中模拟电子技术的国际化高质量教学,培养学生的研究性学习意识和创新思维,提升其理论与实践结合的能力,开阔其国际视野,为进一步学术深造,以及适应科技日新月异的挑战早做准备。本文将在这部分从提升教学内容的逻辑性、模块化与现代化程度,重视理论联系实践,革新教学理念,培养学生的创新、研究和团队合作意识等方面来浅谈中外合作办学模式中的模拟电子技术教学内容和方式的探索和实践。

2.1 加强模拟电子技术教学内容与现代科技的有机结合,重视逻辑性与模块化教学

国外教材或讲义的一个明显特点是对科技进步的反应速度快、吸收新成果能力强。这样的教学内容既符合科学发现的规律,又做到了教材理论与现代科技的有机结合,进而激发学生对本课程的探知欲和兴趣。特别是中外合作办学项目中的大多数学生后续会到国外深造 2~3 年,为使学生更快更好地适应国外的学习和研究,在国内学习阶段,就需要引入国外教材、相关科技进展资料,不断为基础核心课程注入新鲜血液。

当今社会科技发展迅猛,微电子、计算机、互联网领域的新发现、新应用令人目不暇接,这其中都离不开电子技术的发展。通信领域的电话、手机,航空航天领域的雷达,高铁的通信控制系统、工业界的数控机床等,都需要电子技术的支撑。模拟电子技术教学中应注意温故知新,适时介绍领域的最新进展。例如,在绪论中可以向学生介绍:电子技术的发展经历了电子管(1904 年)、晶体管(1947 年)、集成电路(1958 年)3 个发展阶段,1969 年大规模集成电路出现,1975 年超大规模集成电路研制成功。形成了集成度逐渐提高,器件尺寸逐渐减小的格局,目前单片集成度已经可以达到几十亿个元件。在电子技术的飞速发展进程中,石墨烯的发明者安德烈·海姆和康斯坦丁·诺沃肖洛夫获得了 2010 年诺贝尔物理学奖。石墨烯是目前已知的最薄、最坚硬的纳米材料,具有电阻率极低,电子迁移速度极快等特点^[7-8]。它的发明被认为会最终替代目前集成电路普遍使用的硅材料,从而引发电子工业革命。以此激发学生对后续课程学习及相关研究的

兴趣。

常用的半导体器件包括二极管和三极管,它们是电子电路的基本模块、集成电路的基本单元。在讲解该部分内容时,教师可以挖掘和介绍更多的最新发展和研究成果,例如集成电路发展遇到的瓶颈和新型纳米电子元件的产生及影响。可以向学生们介绍:由英特尔创始人之一戈登·摩尔提出来的摩尔定律是指当价格不变时,集成电路上可容纳的元器件的数目约每隔 18~24 个月便会增加一倍,性能也将提升一倍。目前这种趋势已经持续了超过半个世纪,然而随着晶体管体积达到纳米级,器件的物理性能受到进一步缩小的影响,2013 之后集成电路上可集成的晶体管数量变为每三年翻一番。其实,随着 CMOS 集成技术面临发展极限,摩尔定律即将终结。而被称之为除电阻、电容、电感外第四种基本电路元件的忆阻器(memristor),有望延续摩尔定律。此处顺势可以引入电子技术发展的新成果。忆阻器是第四种基本电路元件,一种有记忆功能的非线性可变电阻器,其理论由 Leon Chua 教授于 1971 年提出^[9],首个可工作的物理器件由美国惠普实验室于 2008 年研制^[10]。通过改变两端的激励信号,忆阻值会发生相应的改变,而断电后,自动保存最后的状态。忆阻器具有二值、多值和模拟 3 种状态,纳米尺寸,非易失性和可编程性,以及与生物突触极其相似的电导可塑性等独特优势,在超大规模集成电路、信号处理、智能控制,特别是非易失性存储和神经形态系统设计与实现方面具有巨大的应用潜能^[11-16]。

国外有些电路教材中已经正式编入忆阻器,因此中外合作办学的模拟电子技术中引入该部分内容,不仅有利于拓展学生的视野,了解行业发展,更有利于刺激学生的求知欲,让学生明白所学的电子技术基础课程,不是陈旧过时的,而是不断发展、与时俱进、应用广泛的。启发学生的探究兴趣,对这种可能未曾听说或者未接触的新型电路元件进行深入了解,并与课本上的二极管和三极管进行对比分析,抱着与时俱进的思想进行专业基础课程的学习。

2.2 加强教学内容的扩展性和实用性,重视模拟电子技术实践环节设计

模拟电子技术是电子信息类专业的基础课程,无论使用哪个版本的教材,普遍存在内容多、知识全、实践难等问题,且基本开设在本科一、二年级,学生接受能力较弱,是本科课程中公认的“难课”。而且,在中外合作办学项目中,模拟电子技术课程是全英文或者双语授课,受外语水平的限制,模拟电子技术课程的教和学显得更加困难。因而,基于中外合作办学的特殊性,模拟电子技术课程的教学需要重视教学内容的信息化、科技英语的高水平化、知识点的模块化,以及学习过程的逻辑性和项目化^[17-18]。

随着信息化时代的到来,教学内容不仅可以在课堂和教材上呈现,还可以通过网络平台呈现,例如慕课、微课、精品课程等。学生可以充分利用零碎时间,进行知识的预习、回顾和补充。教师备课的时候,在对所用教材渗透式提取的基础上,也可以参考合适的网络课程、测试等资源,使学生可以多方位多层次地掌握课程内容。另外,国外教材的故事性和逻辑性更强,有助于培养学生对该门课程的兴趣,但同时国外的教材内容冗繁,动辄 300~400 页,如果不进行详略划分、精华提取,会花费学生大量的阅读时间。所以,教师在备课时候需要投入更大的精力,合理整合国外教材、国内教材、网络课程的教学内容,梳理知识点,增强信息化和重难点解析,指导学生在有限的时间内,科学有效地掌握教学内容。

在中外合作办学项目中,大部分的专业必修课程都采用全英文教学或双语教学,一方面为了促使学生提前适应后续国外的学习生活,另一方面也有利于教学内容与国际接轨。但是,国内本科生在全英文教学中,因为英语水平的限制,普遍反映学习更加吃力。要解决这个问题,首先要提高英语水平。部分高校的中外合作办学项目中,会加开 3~4 门英语课程,比一般的大学英语更加专业化,分为听、说、读、写 4 个方面,在学生学习专业课程之前(或同时),进行英语培训,从而提高学生的英语水平。另一方面,教师也需要在课程教授中,强调模拟电子技术涉及到的专业词汇和用语。引导学生预习功课的时候,提前熟悉专业英语。而英文授课效果的提高,也是需要有一个循序渐进的过程,在学生自主预习、认真听课、积极互动、课后复习的循环中,逐步适应模拟电子技术的全英授课模式。其实我们也可以发现,在应用中学习,比单纯的背单词效果更佳。

模拟电子技术这门课程有着本身的逻辑性,是从对半导体电子元器件到组成的放大电路再到更为复杂的复合电路(集成电路)的递进式分析,要求重点掌握基本的电路原理、典型电路的基本分析方法.在学习的过程中,由于内容繁多,如果仅仅使用文字性描述,难以长时间抓住学生的注意力和兴趣.因此,要加强教案和教学中的模块化和可视化效果,教师要将枯燥难以理解的概念进行形象化表述,充分利用现在多媒体技术,包括视频、动画、虚拟仿真等,更加直观地为同学呈现教学内容.例如,讲解三极管的组成和原理的时候,其内部载流子的变化,扩散电流和迁移电流的形成过程等内容是教学难点,就需要引入动画,直观而生动地为同学们呈现半导体内部离子的移动,以及外电源对其电流形成的影响.在讲解输入和输出特性的时候,可以随堂展示电路仿真软件,如 Pspice 上仿真的过程和结果,让学生观察曲线的变化,总结规律.这样通过视频、动画等元素的融入,可以激发学生的学习积极性和增强对知识的记忆效果.

国外高校普遍采用研讨式教学,教师在教学的过程中以学生获取知识,提高自主式学习为目标,循序渐进地引导学生思考和分析问题,形成“解题为本”的教学理念.中外合作办学的学生因其国际化的培养目标和后续出国深造的计划,需要特别注重以项目实践驱动的自主式学习方式.授课教师可以在课程的前期,给出若干课程设计题目,将学生分为若干小组组建第二课堂,每组同学随着课程的推进逐步完成设计或项目,定期和教师及小组同学进行进展分析和讨论.在课程结束时,进行成果演示,其展示效果和书面报告的质量以一部分期末成绩的形式体现.这种项目小组式的实践教学,可大大提高学生的主观能动性,一方面因为有应用的需要,在学习理论课程的时候,学生会特别认真;另一方面承载着完成项目的压力,学生会在课下主动广泛地查阅资料,分析并解决问题.这种研讨式的实践性教学环节可以培养学生的项目组织和实施能力,团队合作及协调精神,有效地实现课程理论与实际运用的初步结合.

2.3 加强模拟电子技术的探究式教学,重视学生的创新意识和研究兴趣的培养

先进的国际化教学中,教师都非常重视学生的创新意识和迁移能力的培养,因而,倡导探究式学习是中外合作办学模式下课程改革的必然趋势.模拟电子技术不是与现代科技进展脱离的一门过时的基础课程,而是与当今科技有着紧密联系的核心课程和必备工具.为了引导学生进行研究式、迁移性学习,授课教师可以在继承和吸收已有相关研究的基础上,以探究式学习的理论为基础,结合自身的研究方向,构建知识体系,塑造崭新的知识观和学习观.比如,在学习前面章节的时候,要适宜地提及其会在后续复杂电路设计与分析中的作用,以及在现代电子线路的实际应用中,该材料、器件、电路或者工艺有哪些变体,有哪些技术革新和改进.让学生有全局性、系统性和扩展性的思维,并能将全书的知识点合理地串联起来,提高记忆效果,同时能够举一反三,形成发散性思维.

而探究式学习在教学实践中的实施,需要理论与实际相结合,根据具体内容和学生的情况,进行不同方面和形式的探究,例如学生可以对知识产生和发展的历程进行探究,可以对某一个感兴趣的知识点进行纵向和横向的对比探究,可以对当下科技的进步进行追本溯源式的探究,也可以在实践中对解决问题的方式方法的求新、求变中进行探究,而其中的关键点是让学生明白他们学习的理论知识的实际应用价值.模拟电子技术课程一般开设在电子信息、计算机科学、自动化等专业中,而这些专业担负着 IT 产业的人才培养大任.我们前面提到,在介绍半导体二极管和三极管的时候,可以引入第四种基本电路元件—忆阻器,并精炼地介绍忆阻器的独特优势和巨大潜能,激发学生的兴趣,引导学生课后进行探究式学习和研究.而在学习模拟电路、模拟集成电路的时候,需要对模拟电路和数字电路进行简单的对比,而这时就可以引入两者在科研热点例如人工智能中的运用和差异,可以极大刺激学生的兴趣.例如在讲解集成电路知识时,结合笔者的研究方向,为学生引入如下例子.

近年来,大数据爆炸式的发展和应用对传统计算机的数据处理速度和规模产生了巨大的压力.然而,冯·诺依曼计算机所存在的“内存墙”问题,即内存性能严重限制 CPU 性能发挥的现象,因 CMOS 集成技术难以突破的发展瓶颈而日益严重.因此,为了满足对海量信息的实时高效处理,针对更快、更智能的计算方式和更大规模、更小体积的计算系统的研究成为热点.为了解决这个问题,一方面,在数字计算机领

域，陆续发展了分布式、多核大规模计算机群，例如我国的“神威太湖之光”超级计算机。但传统冯·诺依曼计算架构始终存在“内存墙”和耗能巨大的问题，例如超级计算机每天耗电费约 10 万元，还需要专门的冷水厂、“冰冷系统”等用来降温。另一方面，在模拟计算领域，具有并行处理方式、集存储与计算于一体的，模拟人脑神经系统的神经形态计算系统引起了巨大的科研关注，中国、美国、欧洲、日本等多个国家和地区已经开启了“脑计划”研究，其中基于新型半导体信息器件的神经形态计算系统研究取得了显著的发展。而在神经形态系统中，可用纳米忆阻器实现关键部件—电子突触。接下来对一种基于忆阻器桥电路的突触电路及其突触行为进行简单介绍和分析。

先假定桥电路中的阻抗元件是一般电阻，先让学生分析一下输入与输出之间的关系，让学生在解决问题的过程中进行知识点的梳理。然后，将阻抗元件换为忆阻器，并对该新型突触电路进行分析：当输入信号电压 V_{in} 施加到图 1 所示的忆阻器桥电路上时(左端为输入端)，通过电压分配公式，各忆阻器上的电压如下所示^[13]：

$$V_{M_1} = \frac{M_1}{M_1 + M_2} V_{in} \tag{1}$$

$$V_{M_2} = \frac{M_2}{M_1 + M_2} V_{in} = V_+ \tag{2}$$

$$V_{M_3} = \frac{M_3}{M_3 + M_4} V_{in} \tag{3}$$

$$V_{M_4} = \frac{M_4}{M_3 + M_4} V_{in} = V_- \tag{4}$$

其中， M_1, M_2, M_3, M_4 表示图 1 中忆阻器相应的忆阻值。

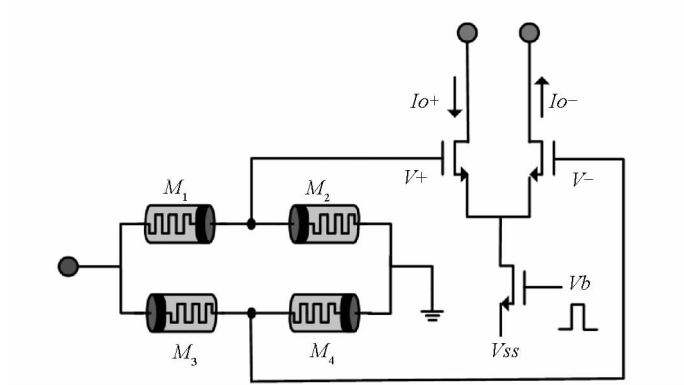


图 1 基于忆阻器的桥突触电路示意图

忆阻器桥电路的输出电压 V_{out} 等于正端和负端之间的电压差，即

$$V_{out} = V_+ - V_- = \left(\frac{M_2}{M_1 + M_2} - \frac{M_4}{M_3 + M_4} \right) V_{in} \tag{5}$$

方程(5)用突触权值 ω 和突触输入信号 V_{in} 来表示，则

$$V_{out} = \omega \times V_{in} \tag{6}$$

其中

$$\omega = \frac{M_2}{M_1 + M_2} - \frac{M_4}{M_3 + M_4} \tag{7}$$

方程(6)和(7)定义了忆阻器桥电路中的突触加权运算。可以看出，这两种电路的分析方法是相同的，不同之处在于忆阻器的电阻是可编程的且具有纳米尺寸，因而由这种新型电路元件组成的桥电路就可以作为电子突触，实现可塑的仿生突触特性。

该内容源自 IEEE 期刊上有关细胞神经网络的研究与硬件实现的文章^[13]，谨以此例浅谈探究性教学的实施方案，通过以点推面，从简单电路到复杂电路的构建，从基本知识到创新性研究领域的延伸，向学生

展示模拟电子技术的重要性、与时俱进特征和实际应用价值。特别感兴趣的同学,还会在进行课程设计的过 程中,融入现代电子电路理论和最新成果,在老师的帮助下,进行深度学习,创新性探索,这也是中外合作办 学项目致力于培养国际化、创新性、探究型学生目标的必然要求。通过这种教学方式的探索实施,大部分学 生对模拟电子技术课程表现了比较强的学习兴趣,并有一部分同学主动联系相关的指导教师,进行 创新项目的申请和开发,并最终形成文章或者发明专利,这无论是对后续的国内外深造还是进入相关企业, 都起到了非常好的启发式作用。

3 结 论

中外合作办学是新时期教育教学改革的新趋势,是越来越重视开阔国际化视野和培养精英人才的体 现。因此,中外合作办学的有效开展,就需要教学体系的逐步完善、新型教学模式的探索和改革。本文对中 外合作办学中模拟电子技术课程的改革进行了探究与实践,并得出以下结论:合理利用已有的本地资源、 外方资源,以及网络资源,为教学内容提供多样化多元化的教学案例;通过引入合适的最新科技前沿的简 单应用案例,培养和启发学生的探究性学习欲望。采取以项目为导向的课程兴趣小组,指导学生独立自觉 地完成课程设计,让学生认识到模拟电子技术的广泛应用特别是在当今热门领域人工智能中的应用,彰显 其与时俱进的实用特性。利用教师在教学和科研实践中所积累的学习经验和研究方法,初步培养学生的研 究意识和创新性思维。此外,通过引导学生阅读国外教材和简单英文文献,促使其深入挖掘知识的内涵和 外延,逐步提高科技英语水平,为其后续全英语课程学习和国外研究生活打下基础。

总之,本文旨在立足全球化视野,以中外合作项目的培养目标为导向,以中外合作班的学生为中心, 结合实际情况,利用先进的教育技术和国际化的教学手段,构建一个既能科学地学习基础理论和基本电路 分析知识,又紧跟前沿科技的模拟电子技术课程。关注学生的深度学习能力和知识迁移能力,引导他们主 动运用基本理论和电子技术工具解决科学实践中遇到的问题,培养他们的创新性和探究性学习能力,提高 其科学素养。

参考文献:

- [1] 陈 卓,陈红荣,欧少端. 高校专业双语教学思考与实践 [J]. 长沙铁道学院学报(社会科学版), 2009(1): 130-131.
- [2] 郭攀锋,赵胜会,栗世玮. 中外合作办学下模拟电子技术课程的教学模式改革研究 [J]. 新课程研究(中旬), 2016(10): 19-20.
- [3] 蒋 中,陈 杰,刘国林,等. “电工电子技术”课程教学改革的研究与实践 [J]. 电气电子教学学报, 2010, 32(z2): 95-97.
- [4] 张志伟. 模拟电子技术基础课程教学改革与实践 [J]. 通化师范学院学报, 2009, 30(4): 101-103.
- [5] 夏大文,张自力. DT 时代大数据人才培养模式探究 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2016, 41(9): 191-196.
- [6] 赖 红,熊海灵,肖富元. 中外合作办学形势下线性代数的教学实践 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2017, 42(8): 134-140.
- [7] 杜一帅,唐 可. 石墨烯基碱金属原子有效电荷变化规律 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2017, 39(6): 165-171.
- [8] 龙晓霞,申凤娟. 原子非简谐振动对金属基外延石墨烯电导率的影响 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2017, 39(9): 118-124.
- [9] CHUA L. Memristor-The Missing Circuit Element [J]. IEEE Transactions on Circuit Theory, 1971, 18(5): 507-519.
- [10] STRUKOV D B, SNIDER G S, STEWART D R, et al. The Missing Memristor Found [J]. Nature, 2008, 453(7191): 80-83.
- [11] 胡小方,段书凯,王丽丹,等. 忆阻器交叉阵列及在图像处理中的应用 [J]. 中国科学(信息科学), 2011, 41(4): 500-512.
- [12] 朱航涛,王丽丹,段书凯,等. 基于神经元晶体管和忆阻器的 Hopfield 神经网络及其在联想记忆中的应用 [J]. 西南大 学学报(自然科学版), 2018, 40(2): 157-166.

[13] DUAN S K, HU X F, DONG Z K, et al. Memristor-Based Cellular Nonlinear/Neural Network: Design, Analysis, and Applications [J]. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 2015, 26(6): 1202-1213.

[14] 董哲康, 段书凯, 胡小方, 等. 非线性忆阻器的串并联研究及在图像处理中的应用 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2015, 37(2): 153-161.

[15] 谭金沛, 王丽丹, 段书凯, 等. 忆阻交叉阵列模糊 PID 控制器设计及仿真 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2018, 40(2): 146-156.

[16] 谢 涛. 基于自适应控制的忆阻神经网络同步研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2018, 40(5): 178-184.

[17] 李建新, 董军堂, 张玉强. 基于信息化平台的模拟电子技术基础教学改革 [J]. 延安大学学报(自然科学版), 2008, 27(2): 37-40.

[18] 包 蕾, 管冰蕾. 计算机专业电子技术基础课程教学内容的组织 [J]. 科教导刊(下旬), 2015(4): 139-140.

Exploration and Practice on Teaching of *Analog Electronic Technology* under Sino-Foreign Cooperation in Running Schools

HU Xiao-fang¹, DUAN Shu-kai¹,
ZHOU Yue², WANG Li-dan², JIA Peng-fei¹

1. College of Artificial Intelligence, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. College of Electrics and Information Science, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: With the advance of technology and the arrival of the era of information and intelligence, teaching has set off a reform wave in which the Sino-foreign cooperative school has become a new trend of modern education. In this paper, firstly, the problems existing in the teaching content and mode of the course of analog electronic technology in Sino-Foreign cooperative mode of running a school have been analyzed. Then by combining with the author's teaching experience in the Sino-foreign cooperative school course in the school of computer and information science in Southwest University, and the learning experience in City University of Hong Kong and the University of Michigan and Pittsburg, the teaching exploration and practice of Analog Electronic Technology in the mode of Sino-Foreign cooperative school have been discussed. It is mainly from aspects of strengthening the combination of analog electronic technology and modern science and technology, the visualization and practical effect of teaching content, and the teaching method of simulating electronic technology. The results are helpful to form the reasonable teaching resources of Analog Electronic Technology in Sino-foreign cooperative schools, and the teachers to adopt a scientific and efficient teaching way, and cultivate students' internationalized vision, deep and inquiry learning habits, and innovation and cooperative consciousness as well as scientific research quality.

Key words: Sino-foreign cooperation in running schools; Analog Electronic Technology; exploratory teaching; innovative learning