# “新工科”背景下单片机通识课教学改革

张 蓓 吕建勋 张 静* 荆煦添 宋晓伟

(北京航空航天大学 自动化科学与电气工程学院, 北京 100191)

**摘要**:为满足“新工科”对学科融合交叉的要求,开设实践类通识课成为诸多高校教学的新趋势。以北京航空航天大学开设的“单片机原理与应用”为例,阐述了这门实践类通识课的教学实施情况。针对该课程面临的两大问题:①理论与实践教学之间的断层;②统一的教学内容和考核方式没有区分度造成“天花板”效应,提出了“分层教学 - 加权考核”的理念和措施,实践表明教学效果良好。

**关键词**:实践类通识课;单片机教学;分层教学 - 加权考核

**中图分类号**:TP212 **文献标识码**:A **文章编号**:1008-0686(2022)05-0037-05

# Reform of Practical General Course of Single-Chip Micro-Processor Based on the “New Engineering Disciplines”

ZHANG Bei LV Jianxun ZHANG Jing* JING Xutian SONG Xiaowei

(*Automation Science and Electrical Engineering*, *Beihang University*, *Beijing* 100191, *China*)

**Abstract**: To satisfy the requirement of “New Engineering” on interdisciplinary, many universities begin to offer practical general course. This work takes an example of Principle and Application of Single-Chip Micro-Processor course offered by Beihang University to elaborate the teaching mode of general practical course. We claim that there are two main problems in teaching: ①a gap exists between the theory and experiment teaching; ②unified teaching and assessment methods lead to “ceiling” effect without distinction. To solve these problems, we propose a novel teaching mode called “Hierarchical Teaching—Weighted Assessment”, whose effectiveness is demonstrated to work well.

**Key words**: practical general course; teaching of single-chip micro-processor; hierarchical teaching—weighted assessment

单片机课程是一门实践性综合性较强的课程,同时单片机也是学生在各项大型竞赛中必不可少的工具,因此在各高校工科专业本科生培养过程中占据重要的地位。然而,目前大多高校中单片机课程都作为专业课进行授课,一般面向自动化、电子信息工程等专业[1-4]。

随着“新工科”教育概念的提出以及大类招生、学科交叉的政策的推广[5-6],课程建设需要进行更新。具体来说,“新工科”教育背景下,国内多所高校包括北京航空航天大学开始推行工科专业大类招生的政策,实行“厚基础、宽口径、高素质、强能力”的专业教育。在这一背景下,专业课的面向对象不再局限,同时为了鼓励学科交叉,学生可以自由选课[7-9]。对于单片机课程来说,除了自动化、电子信息专业,更多专业(如仪器、航空航天、生物医学、经管类等)也涉及单片机的学习和使用,单片机应用的学科界限不再明显,因此将单片机作为一门实践类通识课进行推广有助于学科交叉,满足教育发展趋势。而通识实践课程的建设一方面需要考虑理论和实践如何融合教学,一方面需要考虑生源来自不同专业的背景,如何展开高效的单片机通识课程教学是当前需要解决的问题。

以北京航空航天大学开设的“单片机原理与应用”实践类通识课为例,阐述这类通识类实践教学课程在教学过程中遇到的问题及解决方案。

## 1 教学现状

在北京航空航天大学实行大类招生的背景下,工科专业分为航空航天大类、信息大类、高等理工学院等,涉及材料、能源、航空、自动化、机械等多个学院和专业,这些专业或多或少涉及单片机的知识,因此自动化科学与电气工程学院的“单片机原理与应用”开放选课权限,面向信息大类、航空航天大类等多个工科专业学生开设。课程主要传授

**收稿日期**:2021-04-20;修回日期:2021-08-27

**基金项目**:北京航空航天大学教改项目(4003170)

**第一作者**:张蓓(1983—),女,博士,副教授,主要从事光电仪器的研究工作,E-mail: bei. zhang@ buaa. edu. cn

单片机原理知识并安排较为基础的单片机实验,让学生“学做结合”,掌握单片机的基础知识,在之后的专业学习和科研就业中有所启发。

课程已经开设了多年,近年来随着大类招生和通识类实践课的普及,选课学生涉及多达17个学院的20余个专业,由于学生来自不同学院、不同专业、不同年级,基础水平差异较大,以往教学中,教学内容和考核内容均为统一布置,对学生的培养没有区分度,教学效果较差,不符合当前“新工科”和“多学科交叉”背景下通识教育的要求。通过对近三年本课程教学环节的反思,结合通识教育的培养要求,发现在授课过程中主要存在以下几个问题:

### 1.1 教学规划:理论与实践断层

以前单片机教学中往往将理论和实践教学剥离开分别教学。由于通识课中学生专业基础不同,对于一些没有太多微机基础的学生而言,在没有接触单片机时,直接学习理论知识较为抽象(例如寄存器配置等内容),学生对此缺乏最直观的认知,很容易陷入“自我否定”,认为自己不擅长单片机,同时考虑到单片机作为一门选修课,又没有太大的学习动力,从而放弃学习[10]。

### 1.2 内容和考核:天花板效应

以往教学中教学内容和考核内容均为统一布置,对学生的培养没有区分度。对部分学生来说,会觉得课程难以上手;而有些基础较好的学生又会觉得内容比较简单,完成学习任务和实验安排后不知道该做什么,教学内容方面又没有很明确地指出和规定下一步学生应该如何自主学习和探索,因此两种情况下的教学效果都不好[11]。而且传统的考核方式是由教师出题,学生设计单片机功能解决问题,这种按部就班的考核模式由于要兼顾所有学生的学习水平,设置的考核任务无法给学生留出足够的自主发挥空间,学生的能力和思维受“天花板”限制,出现所谓的“天花板”效应。

## 2 教学改革措施

综合分析目前单片机课程存在的问题,提出了“分层教学-加权考核”的教学理念,分别从教学内容设置和考核方式两个角度进行改革并在教学实践中勇敢尝试,取得很好的教学成效。图1展示了具体的改革理念与措施。可以看出,在教学内容上,采用了“分层教学”和“螺旋上升”的教学模式,将实验分为:早期入门感知实验、入门后的“基础实验”、进一步提升学生水平的“进阶实验”,以及发挥高年级学生尤其是“双一流”重点大学学生基础优势的“拓展实验”,供不同年级、不同专业、不同水平学生来学习和参考。

### 2.1 分层教学

为了解决理论与实践的断层问题,以及针对学生先验知识水平不同的现状,提出“分层教学”的措施,具体体现为对教学方式和实验内容的分层。

1)教学方式

区别于传统的理论与实验割裂的教学规划,如图1所示,通过理论与实践穿插、螺旋递进的方式进行教学。每个阶段都是实验与理论结合进行。先由简单实验入门引出简单原理,再由简单原理过渡到基础实验与原理,原理与实验穿插设置,难度与知识层次螺旋上升。整体采用“实践-理论-深入实践”的方式与结构,先让学生跟着做,然后再剖析现象背后的原理,最后提出新的任务让学生分组完成。通过“螺旋递进”的教学规划,学生能够更好地将理论知识与实践相结合,不会产生教学上的断层[12]。同时,分层教学和螺旋递进的方式,能够很好地帮助学生建立自信心,使其觉得“原来单片机这门课很简单,我能够轻松学会”,激发学生的自主学习热情。同时“螺旋递进”的模式解决了常规教学模式中理论教学和实验教学环节脱节的问题,让学生一步一步进行深入学习,极大地提升教学效果和培养水平。

2)实验内容设置

如图1所示,将具体实验内容分为四个阶段,分别为入门实验,基础实验,进阶实验和拓展实验,具体如下:

(1)先进行两个简单且直观的“入门实验”,让学生对单片机的工作原理和模式有个直观的直觉认知,一般为较为简单的“点亮LED灯”“点亮数码管”。这两个实验都非常直观(学生肉眼即可以直接看到控制效果),而且两个实验的例程一般单片机开发板都包括,学生在几乎不需要理论基础(如ARM架构、寄存器设置)以及很强的编程能力的情况下,通过简单的0/1修改即可完成。

(2)之后,采用“先基础知识-再基础实验”的模式,让学生在直观感知的基础上,掌握简单的单片机入门知识并学会操作。这里,增加了简单的单片机架构、简单的寄存器定义和设置等理论方面的介绍,而且在这部分的实验设置中,学生除了直接在例程代码中修改0/1,还需要写简单的寄存器定义/设置、for/while/switch循环等代码。这部分的实验主要包括:矩阵键盘实验、中断实验、按键-LED实验等。

（3）随着进入进阶实验阶段，同样由理论和实验组成，内容涉及 PWM、ADC 等较为复杂的知识。到了这一阶段，学生除了完成安排的实验内容，需要对单片机架构、寄存器定义、外围电路设计与控制、PWM 和 ADC 等功能的数学/物理定义及常见的应用场景等内容进行掌握。至此，对于低年级以及对单片机要求不高的学科/专业的学生来说，即完成了本门课的学习。在此设置了全体学生的答辩环节，包括他们对本门课相关理论知识的理解和掌握、简单例程的理解和编写、稍复杂功能的实现（需要讲明用到哪些寄存器/具体用到哪一位/如何设置等内容）。

（4）在拓展阶段，鼓励学生自由发挥，自主选择给定的实验题目或自拟题目。这部分对于低年级的学生或者专业要求不高的学生来说，不强制要求，鼓励学生完成；而对于电类尤其是自动化/电气工程等专业的学生来说，属于其常规考核的内容，尤其是自主选题（有难度的要求）有额外的加分。常用的题库包括：简单密码锁的设计、简易计算器的设计、简易电子琴的设计等。这几年学生积极进行探索，提出的部分自拟题目，很好地丰富了题库，例如增加了湿度传感器、温度传感器、光强传感器等外围，在此基础上开发了“白天及夜间的红绿灯自动控制系统”，完成度非常好；而且学生积极进行组间合作，用 2 块单片机甚至 3 ~4 块单片机合作开发了“自动售票系统”，展示效果非常好，极大地提升了课程的实践性。

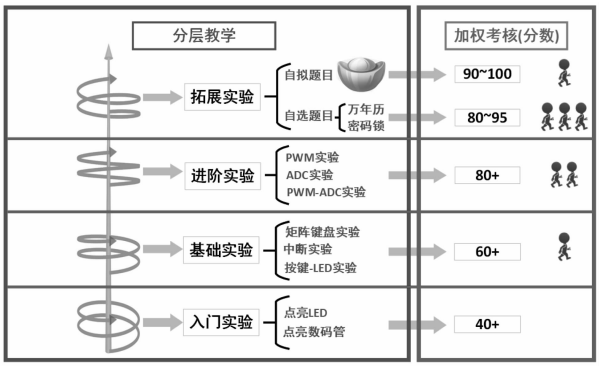



图 1　教学改革措施

### 2.2　加权考核

传统“一刀切”的考核方式类似于考试答题：在最后的大作业环节由教师给出题目，学生在考试范围内进行作答。这种考核方式在某种程度上固然可以检测出不同学生对于所学知识的掌握程度，但也限制了学生的发挥空间，如图 2 所示，学生无法突破自身思维和能力的 “天花板”，部分优秀的学生因此会丧失探索的动力与兴趣，无法得到充分展示的空间。

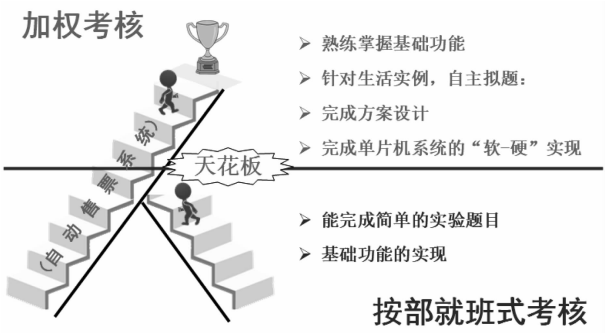



图 2　“加权”考核 V. S. “按部就班”考核

为了培养学生的创新精神与自主探索能力，鼓励其打破能力的“天花板”，课程提出“加权考核”的考核方式（如图 1、2）。在最后的大作业环节中，学生可以在给出的参考题目中自行选取进行设计，也可以自主调研发现问题、自拟题目解决问题。在考核过程中，加入对所选题目难度的考察，对于自拟题目的同学，加大考核的权重；为了避免学生由于“畏缩”而选择简单题目，同时，采取了如下的措施：对于自拟题目后没有完成全部的预定设计目标，也酌情提高其分数，给予学生自由发挥的空间。

与改进前的“按部就班”考核相比，“加权”考核评价指标更全面。具体地，如图 2 所示，以往考核方式主要考察学生对课堂知识的掌握程度以及接收 - 运用知识的能力；而改进后的考核模式在此基础上加入对学生如何自主探索和提出问题、设计方案和解决问题的考察。

## 3　教学案例

在 2020 年春/秋季教学中对该教学改革理念进行了实践。这里以改进前后两个教学案例——密码锁的设计（常规简单实验题目案例）与自动售票系统（自主拟题案例）的设计为例，介绍改进前后教学模式的效果（如图 3）。2.2 节提到改进前的教学模式留给学生自主发挥的空间比较有限，而改进后的教学模式中，学生能够跨过课堂知识的门槛主动继续前行，突破自身思维和能力的天花板。3.1 节以参考题目中一道较为简单的考核题目——密码锁设计为例，说明改进前的教学效果确实存在局限性，学生思路也被限制，留给学生的自主发挥空间较小；而 3.2 节以自动售票系统为例展示改进后的教学效果，通过自动售票系统的设计可以看出改进后的教学模式不仅促进了学生学习的主动性，且留给学生自主发挥的空间较大，帮助学生打破了课堂“天花板”，使得有潜力的学生脱颖

而出。

### 3.1 改进前教学模式

在以往的考核过程中,为了照顾大多数学生的需求,尤其是专业基础知识较薄弱的学生,我们给出难度并不高的综合类实验题目供学生完成。密码锁是其中的一道题目,也是历届学生选择最多的,此外还有温度传感器的实现、计数器等。这类题目主要是为了使学生对课堂上已经讲过的知识以及做过的实验融会贯通。

以2019年秋季选课学生的密码锁设计作业为例,其设计目标与主要涉及的知识点如图3(a)所示,学生需要完成如下两个任务:

1)按键输入密码

这一任务利用了按键功能。

2)显示密码判别结果

与初始设置密码对比,若输入正确,则显示"PASS",若输入错误,则显示"FAIL",利用了数码管显示功能。

图3(b)为学生的设计作业测试图,可以看出密码锁设计不需要在单片机开发板上进行额外的电路设计,仅使用单片机开发板上的矩阵键盘与四位数码管即可完成设计,而这部分内容是教学中已经涉及的。通过设计密码锁,学生能够对以往学到的知识有一个总结之后再领会的过程,也能使学生初步掌握设计一个小项目的流程,教师通过测试每个学生的实验结果就能了解到学生对所学课堂知识的掌握程度。但由于设计目标比较简单、涉及的知识点较少,且都在以往的实验中进行过练习,使得学生的发挥空间较小,软件和硬件方面能得到的训练较少,不同组学生间进行交流讨论后得到的设计思路大多相同,学生参与度较少。

### 3.2 改进后考核模式

改进后的考核模式不固定考核题目与具体要求,鼓励学生自主探索与自主设计;鼓励学生从生活中选题,通过调研和观察生活中的一些问题自主拟题,跳出现有固定课题的框架、大胆创新。采用这样的考核模式,学生自主选题的生活化、实用性更强。例如,2020年秋季教学中荆煦添、宋晓伟同学提出"公交售票系统"的题目;曾明栋、贾凌一同学提出"光控红绿灯系统"的题目,均以生活中实际问题相关。这里以前者为例,介绍其实现过程。

2020年秋季教学中,仪器光电学院的荆熙添与宋晓伟同学组队合作,通过单片机的通信功能联合两个单片机,自拟了"公交售票系统"的题目,二人通过自主调研,明确公交售票系统的功能,并且经过分析将课题分解为一个个小任务,如图3(a)所示,该课题包括:

1)获取起始站和终点站:

这一任务利用了按键功能。

2)显示起始站和终点站

这里通过数码管数字显示。

3)单片机通讯

在第一个单片机获取站台信息的同时将信号传递给第二个单片机,使其开始计时。

4)显示倒计时

这一任务利用了定时器功能。

具体实现方式及工作流程如图3(c)所示。在第一个单片机中通过按键输入当前站台或终点站台,以数字"0~9"表示站台范围,数码管显示对应数字。例如图中显示输入起点为"6"时的现象。在输入站台信息的同时,通过设定好的协议,上方单片机将信号发送到下方单片机中,下方单片机从"20"s开始倒计时,模拟系统自动计时功能。若时间到用户仍未输入站台信息,则系统初始化;若已站台输入信息,则计时中断,上方单片机显示需要支付的金额。

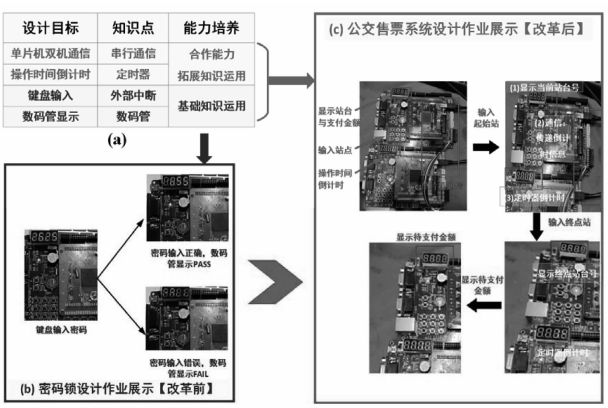



图3 改进前后教学效果展示

(分别以2019年秋季、2020年秋季选课学生的作业为例)

(a)改进前后考核对比;(b)改进前实验展示(密码锁,2019年秋季选课学生作业展示);(c)改进后实验展示(公交售票系统,2020年秋季选课学生荆煦添、宋晓伟同学作业展示)

### 3.3 两种考核模式的总结

图3(a)展示了两种考核方式的考核点对比。密码锁(简单实验题目考核)考核了学生对较为基础的功能(按键、数码管显示)的掌握程度,培养了学生的基础知识运用能力。而公交售票系统(自主拟题考核),除了对基础知识的运用能力外,更突出考察了对拓展知识的运用能力以及合作能力。上述案例表明采用改革后的教学模式,优点主要体现在以下几点:

1)自主学习能力

培养了学生独立完成一个较为综合的项目化课题的能力,鼓励学生自主调研、自主设计方案并实现课题;

2)“学以致用”能力

考察了学生“学以致用”的能力,让学生能解决实际生活中使用单片机进行控制的问题;

3)协同合作

鼓励学生协同合作,尤其在内卷化严重的时期,让学生能各自发挥所长,从而实现“1 +1 >2”的效果,总体完成度很好。

## 4　结语

为满足“新工科”教育以及大类招生的要求,开设面向多个工科专业的实践类通识课成为新的趋势。以北京航空航天大学开设的“单片机原理与应用”课程为例,阐述了教学遇到的问题及解决措施。指出了教学面临的两大问题:①理论与实践的断层;②统一的教学和考核造成“天花板”效应。针对这两个问题,提出了“分层教学 - 加权考核”的教学理念和考核措施,并在 2020 年春/秋两季教学中予以实践。分别展示了改革前(密码锁)和改革后(公交售票系统)的学生实验案例,通过对其进行分析,表明了所提出的教学理念培养了学生的综合设计能力、学以致用能力以及相互协作能力,获得了非常不错的教学效果,为实践类通识课的教学提供了一种新的模式,可在未来推广应用。

## 参考文献


[1]乔莉,魏海波. 基于翻转课堂和虚拟仿真的单片机教学改革[J]. 实验技术与管理,2018,35(3):112 - 114,139.

[2]宋跃,胡必武,雷瑞庭. 基于转型升级 - 资源共享的单片机课程教学改革[J]. 实验室研究与探索,2017,36(12):233 - 236.

[3]尹爱兵. 面向工程应用的“单片机”课程教学改革[J]. 电气电子教学学报,2020,42(04):64 - 66,76.

[4]汪爱明,刘纪伟,李永兴,等. 面向工程应用的单片机实验案例设计[J]. 实验技术与管理,2020,37(6):179 - 184.

[5]肖朝晖. 新工科信息技术通识教育课程的教学改革[J]. 福建电脑,2020,36(7):143 - 145.

[6]张高展. 新工科建设背景下大学通识类课程体系构建[J]. 河南科技学院学报,2020,40(4):58 - 62.

[7]王佳. 见机行事的“低头族”背后[D]. 南京大学,2019.

[8]冯婕,曾开富,陈丽萍. 科学决策,系统推进,加强学科交叉教学[J]. 中国大学教学,2017(04):83 - 86.

[9]肖宜,苏凯,胡志根. “新工科”大类招生背景下的实践课程体系研究[J]. 教育教学论坛,2021(1):94 - 97.

[10]闫龙, 张鑫, 张顺堂,等. 教学 - 实验 - 实训三位一体的单片机教学改革探讨[J]. 实验室研究与探索,2019, 382 (8):228 - 231.

[11]张曼, 陈宁. “KPI 分层激励考核”教学模式在高职实训课教学中的应用[J]. 内江科技, 2020, 41 (6):25,46 - 47.

[12]谢芳芳,胡邦南,彭志刚,赵自鹏,刘德玉. 精细化渐进式教学在“单片机”课程中的实践[J]. 电气电子教学学报,2018,40(6):99 - 100,110.