

新工科背景下基于 PBL 的嵌入式系统教学模式设计研究

王俊^{1*} 许慧燕¹ 秦国军¹ 欧镜²

1. 湖南涉外经济学院, 湖南 长沙 410000

2. 北京华清远见科技发展有限公司长沙分公司, 湖南 长沙 410000

[摘要] “嵌入式系统”是电子信息类实践性很强的课程, 对标新工科背景下电子大类人才培养需求, 针对嵌入式系统的特点和时代要求, 进行了课程教学模式改革, 采用 PBL 项目制教学模式促进学生参与, 同时与企业联合优化课程, 设计基于新工科背景下嵌入式系统 PBL 教学模式, 项目制模式促进学生思辨能力的形成, 实现问题解决能力的培养, 与工程企业联合优化实际教学模式, 为相关课程教学提供参考。

[关键词] PBL 教学; 嵌入式系统; 实训平台; 实验设备

DOI: 10.33142/fme.v6i2.15386

中图分类号: G642

文献标识码: A

Research on the Design of Embedded System Teaching Mode Based on PBL under the Background of Emerging Engineering Education

WNAG Jun^{1*}, XU Huiyan¹, QIN Guojun¹, OU Jing²

1. Hunan International Economics University, Changsha, Hunan, 410000, China

2. Changsha Branch of Beijing Huaqing Yuanjian Technology Development Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410000, China

Abstract: "Embedded System" is a highly practical course in the field of electronic information. In response to the demand for talent cultivation in the electronic industry under the background of standardized engineering, the course teaching mode has been reformed based on the characteristics and requirements of embedded systems. The PBL project-based teaching mode has been adopted to promote student participation, and the course has been jointly optimized with enterprises to design a PBL teaching mode based on embedded systems under the background of new engineering. The project-based mode promotes the formation of students' critical thinking ability and the cultivation of problem-solving ability. The actual teaching mode has been jointly optimized with engineering enterprises to provide reference for course teaching.

Keywords: PBL teaching; embedded system; training platform; experimental equipment

在新工科蓬勃发展的时代背景下, 电子信息技术的迅猛崛起不仅引领着高新技术的前进步伐, 而且广泛而深刻地渗透到社会每个角落, 成为推动信息技术不断迈向新高度的核心力量。鉴于此, 培育具备高素质的电子信息领域专业人才, 已成为确保技术持续创新与发展的战略基石。

其中, 嵌入式系统技术作为电子信息学科不可或缺的核心组成部分, 紧密地将电子技术、计算机科学以及通信技术融合于一体, 展现出了跨学科的独特魅力与广泛应用潜力。这一领域对学生提出了极高的要求: 不仅要掌握深厚的理论基础, 还需具备将知识转化为实践的扎实能力, 以及不断探索、勇于创新的强烈意识。这些综合素质的培养, 对于学生在未来的职业生涯中把握机遇、迎接挑战、实现个人与技术的共同成长, 具有不可估量的价值。

当前, 我国高等教育正致力于培养应用型本科人才, 以满足社会实际需求。然而, 在嵌入式系统教学实践中, 面临着一系列挑战: 基础实验设备陈旧, 实验内容过时且知识结构孤立; 专业实训与行业发展脱节, 设计方法与智能化、信息化需求不相适应; 项目化教学单一, 无法融合不同行业的创新性需求。

针对这些问题, 本研究以新工科背景下“PBL”教学模式为核心理念, 设计了嵌入式系统教学模块。通过由简入繁、由浅入深的层次化、系统化构建, 我们打造了基于“PBL”的嵌入式系统教学模式, 细化了专业实训及项目化教学平台各项具体内容, 这些具体内容不仅服务于日常教学, 还被广泛应用于电子设计竞赛、省级研究生项目训练等科研活动中。

应用实践是电子信息工程专业的最核心应用, STM32 嵌入式是电子信息类产品系统集成的核心处理模块, 在新工科背景下, 嵌入式课程与“互联网+”、人工智能和大数据等大系统的基础进行开发模块, 与新工科时代需求相匹配。

实践证明, 该教学模式能使学生深刻理解了工程项目模块化架构, 熟练掌握了嵌入式系统的新技术和工具, 显著提升了学生的自主设计、调试及测试等综合开发能力, 这不仅增强了学生的专业竞争力, 还使学生更加契合企业对电子类专业学生的实际需求。

1 PBL 教学模式

PBL 即 Problem Based Learning, 最早发源于 20 世纪 50 年代, 开始起源于美国的医学教育领域, 后来也发

展到其他领域的教学当中。PBL 是以项目或问题为基础，在教师的参与下围绕专题或具体项目来进行研究的学习过程。与传统教学不同，PBL 着力于调动学生的主动学习兴趣，使学生沉浸于问题中，以此将学习与项目挂钩，强调在复杂的、有实际意义的项目或者问题中进行学习；此外，还引导学生进行主动的探究与合作来针对问题提出解决方案，从而发掘出埋藏于在问题表面之下的科学知识，锻炼学生的解决问题、独立学习的能力。近年来，越来越多的高等院校都在用此种教学模式进行教学，众多研究者也在进行此方面的研究^[1]。

PBL 模式注重学习者的自主教学，关注学习者的参与性，教师在这种模式中扮演着不可或缺的引导者和组织者这两个角色^[2]。基于 PBL 的核心特点，以学生为中心，本文在这种模式的基础上，引出嵌入式系统教学，从而形成一种适用于当前嵌入式系统的教学模式^[3,4]。

对比各种教学模式^[5]，本嵌入式系统课程采用 PBL 形式，以育人为核心，以创新能力培养为先导，将地方建设发展需求和高校人才培养融合，建立人才培养与社会需求双向互动的实践实训体系，深化教学目标。

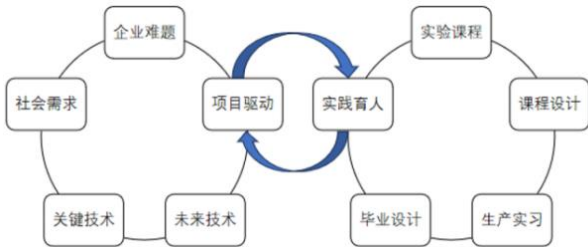


图1 PBL项目制教学与教学目标的融合

2 基于 PBL 的嵌入式系统教学模式与设计

嵌入式系统的教学目标是选择合适的设计工具，搭建嵌入式系统软硬件系统。按照设计规范，完成系统功能设计、运行及调试，具备嵌入式系统综合开发的能力。后期的过程与 PBL 的流程基本一致；前期采用翻转课堂的方式，合理利用教学过程组织的特点与合理性，与 PBL 解决问题的特点——系统性。此模式如图 2 所示。

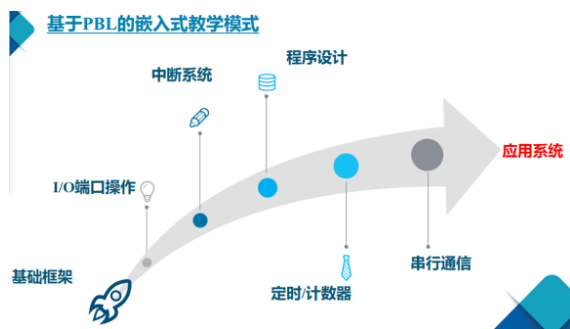


图2 基于 PBL 模式的嵌入式系统教学模式

此教学过程的核心是参与式学习，此环节中包含了基于 PBL 的项目学习，通过解决项目中的问题来使学生学习

相关的嵌入式系统的知识点。PBL 方法相关的参与式学习要求学生完成学习分组、案例分享、解析案例存在的问题、利用项目分析获得思维方法、运用嵌入式系统的基础知识来试着解决问题、分析交流并回头判断问题是否已经被解决，最后提出解决方案并总结创新、展示成果，以此加深学生对知识的理解。

基于新工科背景下嵌入式 PBL 课程的教学^[6,7]，将理论与实践进行融合，将学校教学与企业工程进行融合，将校内当下学习与未来工作作用进行融合，深度落实三融合。



图3 基于 PBL 的嵌入式系统教学三融合

STM32 的教学内容围绕以下展开：

(1) 选择合适的开发板和教程。初学者可以选择购买主流的开发板，并跟随教程进行学习。推荐选择主流教程，这些教程内容详细，适合初学者入门。

(2) 实践操作与调试。多进行实践操作，通过 DIY 一些小作品来加深理解。

掌握常见的调试方法和工具，如断点调试、printf 调试等。使用 ST-Link、JLink 等调试工具进行调试。

(3) 阅读参考手册与文档。培养阅读 STM32 参考手册和官方文档的习惯。官方文档和手册中包含了大量的技术细节和最佳实践，对于深入理解 STM32 非常有帮助。

(4) 代码风格与框架。编写规范、易读的代码，便于后期维护和团队协作。参考实际工程项目的代码风格和框架，如安富莱的代码风格就比较接近实际项目。

(5) 持续学习与更新。STM32 的技术在不断更新和发展，需要持续关注新技术和新特性。参加相关的技术论坛和社区，与同行交流经验和心得。

3 基于 PBL 的嵌入式教学具体案例

基于以上理论，以 GPIO 接口原理与 LED 模块的编程方法为例，具体课程设计如下：

3.1 GPIO 接口原理

GPIO 即通用 IO 口（输入/输出）端口，是 STM2 可控制引脚，更具其模式配置不同可实现信号通讯以及控制外

部设备的功能。

在 STM32F407vet6 中共有 5 组 I/O 口,从 GPIOA-GPIOE 每组有 16 位端口,分别从 PAX-PEX (其中 x=0,15)。

GPIO 的工作模式:

(2) GPIO_Mode_IN。从模式为 GPIO 的输入模式,但根据其内部上拉电阻的方式又分为上拉输入,下拉输入,上下拉输入改动的是在没有操作 I/O 口时的默认电平。

(2) GPIO_Mode_OUT。从模式用于输出高低电平。

(3) GPIO_Mode_AF。此模式是 F4 在工作时常用的模式,通常复用于外部中断,串口,定时器、IIC、SPI 等通信接口,实现与外部设备的通信。

(4) GPIO_Mode_AN。此模式为 GPIO 的模拟输入,常用于内部 ADC 的输入输出。

(5) GPIO 的响应速度。

GPIO_Low_Speed 低速

GPIO_Medium_Speed 中速

GPIO_Fast_Speed 高速

GPIO_High_Speed 快速

此控制的是 GPIO 工作时的响应速度。

GPIO 的相关配置在 STM32F4 中有相应的结构体管理,其最主要的是 GPIO_InitTypeDef 结构体这是控制中最主要的结构。

3.2 LED 实物图与原理图分析



图 4 LED 驱动板

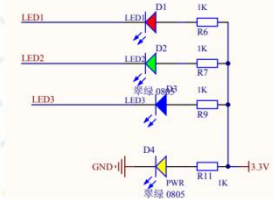


图 5 LED 驱动工作原理

LED 驱动的基本工作原理:Led 驱动的基本工作原理, Led 驱动电路的主要功能是将电网提供的交流电 AC 或直流电 DC,转化为适合 led 灯珠工作的直流电压或直流电。这个转换的过程包括以下几个步骤:

(1) 输入滤波,这是驱动电路的第一步,主要是去除电网中的谐波和杂波等干扰,确保输入电源的纯净;

(2) 整流将交流电转换为直流电,这通常通过整流电路来实现,如整流桥等;

(3) 功率因数校正。由于 Led 驱动电路可能引入谐波等电网污染,因此需要进行功率因数校正,使输入电流和电压的相位基本一致,降低对电网的干扰;

(4) 电压或电流调整。根据 Led 的工作特性,驱动电路需要调整输出电压或电流,以确保 led 在最佳状态下工作;

(5) 三颗 LED 是共阳极连接,LED 是低电平驱动。

3.3 例题程序控制代码分析

通过编写具体执行语句来实现具体控制。

```
#define RCC_BASE 0x40023800
#define PE_BASE 0x40021000
#define PB_BASE 0x40020400
//时钟总线+PE 配置寄存器+数据寄存器
//禁止编译器优化
//AHB1 总线
#define PEAHB1 (*(volatile unsigned int*)(RCC_BASE+0x30))
//模式配置
#define PEMODE (*(volatile unsigned int*)(PE_BASE+0x00))
//类型
#define PETYPE (*(volatile unsigned int*)(PE_BASE+0x04))
//响应速度
#define PESPEED (*(volatile unsigned int*)(PE_BASE+0x08))
//上拉电阻
#define PEPUPDR (*(volatile unsigned int*)(PE_BASE+0x0C))
//输入寄存器
#define PEIDR (*(volatile unsigned int*)(PE_BASE+0x10))
//输出寄存器
#define PEOUT (*(volatile unsigned int*)(PE_BASE+0x14))
//先看基地址+再看偏移地址
int main()
{
    //1.配置时钟--找到寄存器的地址+向地址中写数据。
    unsigned int *AHB1=(void*)(0x40023800+0x30);
    *AHB1=0x10; //E 组时钟。
    //2.配置引脚--找到地址+向地址中写数据。
    unsigned int *PEMODE=(void*)(0x40021000+0x00);
    *PEMODE=0x10000; //第八个引脚模式。
    //3.配置输出+基地址+偏移地址+填写数据+0x40021000+0x14
    unsigned int *PEDATA=(void*)(0x40021000+0x14);
    *PEDATA=0x000; //第八个引脚数据。
}
```

图 6 控制代码具体实现

3.4 现象分析



图 7 LED 现象呈现

代码启动,三颗 LED 点亮。

3.5 课堂练习

编写闪烁灯程序

```
While(1)
{
    GIPO_SetBits(GPIOE,GPIO_Pin_8|GPIO_Pin_9|GPIO
_Pin_10);
    Delays(100);
    GIPO_ResetBits(GPIOE,GPIO_Pin_8|GPIO_Pin_9|GP
IO_Pin_10);
    Delays(100);
}
```


4 课程与工程实践的结合

以 GPIO 为例, 介绍 GPIO^[9] 接口在工程实践中的应用实例。

4.1 串口通信

GPIO 接口还可以被配置为串口通信的引脚, 如 UART 的 TX 和 RX 引脚。

通过复用推挽输出或复用开漏输出模式, 将 GPIO 引脚配置为 UART 通信的引脚, 并实现数据的收发。

实例: 在 STM32 与另一个设备进行串口通信时, 通过配置 GPIOA 的某些引脚为 UART 通信的引脚, 实现数据的传输和接收。

4.2 模拟信号采集

使用 GPIO 口的模拟输入模式来采集外部的模拟信号, 如电压、温度等。

通过配置 GPIO 引脚为模拟输入模式, 并连接 ADC (模数转换器) 来采集模拟信号并将其转换为数字值进行处理。

实例: 在 STM32 的某个项目中, 需要通过 GPIO 引脚采集外部的电压信号, 并将其转换为数字值进行后续处理。此时可以将 GPIO 引脚配置为模拟输入模式, 并连接 ADC 进行采集。

4.3 GPIO 接口理论注意事项^[10]

引脚选择: 在使用 GPIO 接口时, 需要注意选择合适的引脚。不同的引脚可能有不同的功能和特性, 需要根据具体的应用需求来选择。

电平匹配: 在连接外部设备时, 需要注意 GPIO 引脚的电平与外部设备的电平是否匹配。如果不匹配, 可能需要使用电平转换电路来进行转换。

驱动能力: GPIO 引脚的驱动能力是有限的, 需要根据外部设备的负载来选择合适的输出类型和输出速度。如果负载较大, 可能需要使用外部驱动电路来增强驱动能力。

抗干扰能力: 在浮空输入模式下, GPIO 引脚容易受到外部噪声或电磁干扰的影响。因此, 在需要读取精确信号时, 应尽量避免使用浮空输入模式, 并考虑使用上拉或下拉电阻来提高抗干扰能力。

4.4 实际应用

设备控制: 通过 GPIO 控制 LED 灯、数码管、继电器等外部设备的开关状态。例如, 在智能照明系统中, 可以使用 STM32 的 GPIO 引脚来控制 LED 灯的亮度和颜色。

数据采集: 读取按键、光照传感器、ADC (模拟数字转换器) 等外部设备的输入信号。GPIO 接口可以作为输入引脚接收来自这些外部设备的电信号, 并将其转换为数字信号供 STM32 处理。

通信接口: GPIO 可以作为串口 (如 USART)、I2C、SPI 等通信协议的数据收发管脚, 实现与外部设备的通信。这种灵活性使得 STM32 能够与其他微控制器、传感器、执行器等设备进行数据传输和交互。

复用功能: 在某些情况下, GPIO 引脚可以被配置为特定外设的接口, 如定时器的外部触发输入等。这种复用功能使得 STM32 能够更灵活地应对不同的应用场景。

智能控制系统: GPIO 可用于构建各种智能控制系统, 如智能家居、智能安防等。通过控制 GPIO 引脚的状态, 可以实现对家居设备 (如灯光、窗帘、空调等) 的远程控制 and 自动化管理。

工业控制: 在工业自动化领域, GPIO 可用于控制各种机械设备、传感器和执行器。通过编程和配置 GPIO 引脚, 可以实现自动化生产线的精确控制和监测。

5 基于 PBL 的嵌入式教学建议

在新工科教育的广阔背景下, 针对基于问题学习 (PBL) 的嵌入式系统教学模式, 以下提出几点详尽而富有前瞻性的教学建议, 旨在通过深度整合教学资源与方法, 优化学习过程, 促进学生全面发展。

5.1 融入新工科理念, 精准定位教学目标

紧密结合新工科的发展趋势, 将嵌入式系统教学定位为培养具有创新精神、实践能力和跨学科融合能力的未来工程师。教学内容应涵盖基础理论、前沿技术和工程实践, 特别是要注重培养学生的系统设计能力、算法优化能力和软硬件协同设计能力。

结合嵌入式工程师工程经验, 融入到 PBL 项目制教学过程中, 具体融合的工程方面经验的分享具体如下:

5.1.1 基础知识的学习

(1) 掌握 STM32 的基本结构和特性: 了解 STM32 的内部模块和外部接口, 熟悉不同型号芯片之间的区别。掌握 STM32 的命名规则、系统结构、引脚定义等。

(2) 精通 C 语言编程: 掌握 C 语言的基础语法, 包括数据类型、运算符、流程控制等。熟悉 C 语言编程环境和工具, 如编译器、调试器等。

5.1.2 STM32 编程实践

(1) 寄存器编程与库函数编程: 寄存器编程: 直接使用 C 语言访问 STM32 内部的寄存器进行配置和读写数据。库函数编程: 利用 STM32 官方或第三方提供的库函数进行开发, 可以简化编程过程, 提高开发效率。

(2) 外设的使用与配置: 熟悉 STM32 的各种外设, 如 GPIO、USART、SPI、I2C、ADC、DAC、PWM 等。掌握如何在应用中配置和使用这些外设以实现不同的功能。

(3) 中断编程: 悉 STM32 中断编程的基本概念和处理方法。掌握中断向量表、NVIC、优先级等概念, 了解不同中断源的处理方式与优先级。

(4) RTOS 的使用: 了解 RTOS 的基本概念和使用方法, 如任务、调度、中断处理、信号量等。在需要时, 将 RTOS 集成到 STM32 系统中, 以提高系统的实时性和可靠性。

5.2 创新互动模式, 重构课堂生态

采用线上线下混合教学模式, 设计一系列循序渐进、

互动性强的教学环节。线上部分利用数字化资源和平台,如在线课程、虚拟实验室等,引导学生进行自主学习和初步探索;线下部分则通过小组讨论、案例分析、实践操作等形式,深化学生对知识的理解与应用。利用项目式学习(Project-Based Learning, PBL)、翻转课堂等先进教学理念,打破传统课堂的局限,形成“问题导向-探索实践-反馈提升”的良性循环。

5.3 强化参与意识, 激发内在动力

通过设计具有挑战性、真实性和实践性的项目任务,激发学生的好奇心和探索欲。鼓励学生自主选题、团队合作,共同解决实际问题。同时,建立项目展示和评价体系,为学生提供展示成果、分享经验的机会,增强其自信心和成就感。此外,联合学校企业和学生,设置奖励机制、举办创新竞赛等方式,进一步激发学生的内在动力。

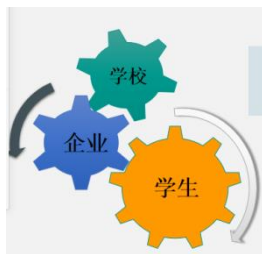


图 8 三方面融合促进学生内在驱动力提升

5.4 构建深度交流平台, 营造浓厚学习氛围

建立多元化、多层次的交流平台,如学习社群、学术论坛、工作坊等,促进学生之间的交流与合作。邀请行业专家、学者进行讲座或工作坊,为学生提供与业界接轨的机会,拓宽其视野和思路。同时,鼓励学生参与科研项目、企业实习等实践活动,加深对专业知识的理解与应用。

5.5 持续探索与完善教学策略

基于教学实践的反馈和数据分析,不断调整和优化教学方法。利用大数据、人工智能等技术手段,精准识别学生的学习需求和难点,提供个性化的学习资源和辅导。同时,建立科学的教学评估体系,定期收集学生、教师和行业专家的反馈意见,持续迭代教学模式和课程内容,确保教学质量与效率的双重提升。

综上所述,通过在新工科背景下深度融合 PBL 理念,创新互动模式,强化学生参与意识,构建深度交流平台,并持续探索与完善教学策略,可以有效提升嵌入式系统教学的质量与效果,培养出更多符合未来产业发展需求的高素质工程技术人才。

6 结论

自从实施了基于 PBL 的嵌入式系统课程教学模式后,课程活跃度明显提高,师生互动交流频率显著提高,学生

参与意识越来越强,同时学生获得感、使命感和成就感显著增强。实践证明,PBL 教学模式,得到了师生的认可,已经完全融入到整个教学中,高效精准地实现师生间的深度互动交流,很好激发了学生求知欲及学习热情,显著提高教师教学质量和学生学习效果。

基金项目:2023 年湖南涉外经济学院校级教学改革项目“构建以双闭环为导向的电子类系列课程教学体系——以《单片机原理与应用》为例”(湘外经院教字 2023[64 号]);2024 年湖南涉外经济学院课程思政示范课程“单片机原理与应用”(湘外经院教字(2024)8 号);2024 年湖南涉外经济学院校级新工科、新文科研究与改革实践项目“新工科背景下电子信息类专业人才创新创业能力培养探索与实践”(湘外经院教字(2024)21 号);2020 年湖南省普通高等学校教学改革研究项目“《EDA 技术》线上线下混合式教学改革与实践”(项目编号 HJG-2020-1014);2021 年省级“一流本科课程《EDA 技术》”(项目编号:2021[322 号])。

[参考文献]

- [1]沈春燕.基于 BOPPPS 和 PBL 的 Scratch 编程教学模式[J].脑知识与技术,2020(6):15-17.
 - [2]帅仁俊,周洪宝.基于翻转课堂的“嵌入式系统”课程教学实践[J].电气电子教学学报,2019,41(6):15-18.
 - [3]李超超.基于雨课堂的翻转课堂“嵌入式一体化”教学模式设计研究[J].高教学刊,2018(9):22-25.
 - [4]王利,杨晶晶,李耀贵.面向新工科的单片机原理及应用课程教学研究与改革[J].内燃机与配件,2018(22):248-249.
 - [5]陈有志.混合式学习:教学设计与案例[M].北京:中国人民大学出版社,2022.
 - [6]刘玉芹,余道明.“新工科”背景下应用型课程教学方法改革初探——以“单片机原理及应用”课程为例[J].轻工科技,2022,38(5):153-191.
 - [7]曹璐莹,郭金磊,李雨,等.基于新工科的混合模式下单片机课程教学改革探索[J].科技风,2021(28):70-72.
 - [8]孙冬梅.基于 BOPPPS 和 PBL 的嵌入式教学模式设计研究[J].电力电子学报,2023,45(3):5-9.
 - [9]王艳春等.“双一流”背景下嵌入式系统设计与应用教学改革[J].高师理科学刊,2022,42(12):95-97.
 - [10]黄培灿等.STM32 嵌入式系统实验教学方案的设计与实践[J].Computer Era,2020(8):112-117.
- 作者简介:王俊(1985—),女,汉族,陕西咸阳人,高级工程师,硕士,研究方向为嵌入式系统设计和传感检测,主讲课程为《嵌入式系统与设计》《单片机原理与应用》。