

基于 GD32F303RET6 的单片机 实验板研发及教学实践*

田金琴 丁红胜** 王晓峰

北方民族大学计算机科学与工程学院, 银川 750021

摘要 为了解决单片机实践教学过程中灵活性不足、学生缺乏在单片机硬件实现过程中的直观体验的问题, 研发了一种适用于培养学生工程实践能力的便携式单片机实验板, 实现了单片机工程项目的全流程技术实践。该实验板以国产 GD32F303RET6 芯片为核心, 设计了单片机最小系统, 涵盖电源、按键、有源蜂鸣器、LED 屏、继电器、红外发射接收管、温湿度传感器、光照传感器等功能模块。基于此实验板, 按照工程认知、开发环境与工具使用、单片机程序设计基础、综合实践项目四个层次设计了单片机系统的实验项目并开展教学。此实验板功能丰富, 逻辑结构清晰合理, 实验项目设计遵循认知规律, 为培养学生的单片机工程实践能力搭建了良好的实践平台。

关键字 GD32F303RET6, 单片机, 实验板, 实验教学, SCM

Development and Teaching Practice of Single-Chip Microcomputer Experiment Board Based on GD32F303RET6

TIAN Jinqin DING Hongsheng Wang Xiaofeng

Department of Computer Science of North University for Nationalities,
Yinchuan 750021, China
78950228@qq.com

1 引言

单片机实验开发板是专为学习单片机而设计的电路板, 通常需集成单片机芯片及常用的外设电路。市场上现有的开发板种类繁多, 其 MCU 类型有 intel8051、STC89C52、STC12C5A60S2 等^[1-3], 不同的实验开发板有各自的特色, 部分开发板强调便捷性^[4-7], 有些则与 CPLD 或 FPGA 结合进行设计, 以扩充实验板支持的课程^[8-9], 基于这些开发板设置的实验项目能够较好地覆盖常见的单片机应用场景。学生主要是通过程序开发来学习单片机的相关知识, 实验过程多以模仿和验证的方式进行。然而, 这种实验方式在实际实践教学过程中灵活性不足, 学生缺乏在单片机硬件实现过程中的直观体验, 以及对单片机工程项目的全流程技术的探索。此外, 部分实验设备集成在实验箱中, 缺乏便捷性。随着国产芯片自主研发的取得突破, 市场上可供选择的优秀单片机芯片日益增多, GD32F30x 系列器

件是基于 ARM Cortex-M4 处理器的 32 位通用微控制器^[10], 其性价比高, 功能丰富, 应用场景广泛。与 STM32 相比, 具有更高的工作主频, 执行代码速度更快。本项目选用 GD32F303RET6 作为主控芯片, 按照工程化单片机开发流程, 设计并研发了单片机实验设备及配套的实验项目, 以满足培养学生的单片机工程实践能力的需求。

2 单片机实践教学与实验板方案

2.1 单片机实践教学困惑

以我校计算机类学生开设的单片机项目实践课程为例, 通常该课程安排在第二学期第 10 周后集中授课。这一阶段, 学生已完成 C 语言程序设计和大部分数据结构课程的学习, 掌握了基本的编程语法和逻辑构建能力, 能够编写一些简单的算法程序。此时, 学生往往有运用 C 语言解决实际问题的强烈愿望, 却面临“不知做什么”“用什么做”的困惑。而单片机课程作为连接软件编程与硬件系统的桥梁, 是让学生将所学编程知识应用于实际硬件控制, 从而深入理解计算机系统运行原理, 提升工程实践能力的关键一环。为激发学生对专业的学习兴趣, 让学生能够直观感受计算机程序如何作用于实际计算机硬件, 我们设置了 24 课时的单片机实践集中教学环节。其目的在于使学

* **基金资助:** 本文得到宁夏回族自治区教研项目“嵌入式方向人才培养实践平台建设及应用研究”, 北方民族大学教研项目“新工科视角下 AI 赋能的嵌入式跨学科创新实践平台设计开发”“一流基层教学组织—计算机科学与技术专业”“学科竞赛驱动的大学生专业能力的培养路径研究——以计算机科学与工程学院为例”支持。

**通讯作者: 丁红胜 78950228@qq.com

生深入了解计算机硬件基本知识,掌握使用软件编程控制硬件工作的方法。此外,在学生具备相关领域的学习兴趣和基本技能后,以开发板为学习平台,为后续深入学习嵌入式物联网相关技术奠定软硬件基础。总之,本课程的目的就是让学生在“想做”的冲动下,能够为其提供“能做”的方法和“有条件做”的实验环境,本实验开发板的研发正是为了满足教学中对实验设备的需求。

2.2 单片机实验板设计方案

单片机实践环节通常包括 I/O 口的基本应用、定时器的应用、中断的应用、串口应用等。因此,设计的单片机实验板须具备基本的输入输出功能,如蜂鸣器、流水灯、按键等功能。为使学生在完成课程学习后能够设计完整的单片机项目,实验板还设计了液晶显示、扩展接口、温湿度传感器、红外发射与接收传感器、WIFI、4G 模块等扩展功能,这些功能不仅能满足学生的基础学习需求,还提供了丰富的硬件类型,支持学生在完成基础实验后,依据个人兴趣进行个性化拓展,实现单片机技术从入门到精通的进阶。

单片机实验电路板的设计需确保功能稳定、可靠性高,且便于学生理解和操作。因此,在设计时需综合考虑元器件布局、去耦电容的使用、地线设计、电源线设计、走线规则、模块化设计、可扩展性以及软件与硬件的协同设计等多个方面。在元器件布局方面,应将相互关联的元件尽量靠近放置,以缩短信号传输距离,减少噪声干扰。例如,将单片机最小系统置于板子中部,使其到各功能模块的平均距离最短。扩展总线、开关、按键、USB 接口、LED 位于板子的周边,既便于操作,又能降低它们工作时的相互干扰,提高电路工作的可靠性。同时,需考虑接插件的位置,确保所有接口都正确放置,避免后续出现问题。本实验板采用轻量化便携设计,实验板布局紧凑,占用空间小,大小为 8cm*10cm,方便携带。此外,在实验板边缘的四个角设有四个安装孔,可在安装孔内安装支撑柱,将实验板垫高,保护实验板下方的电路不被触碰。图 1 为单片机实验开发板 PCB 图。

3 单片机实验板设计

3.1 基于 GD32F303RET6 单片机最小系统

GD32F303RET6 工作电压在 2.6V~3.3V,最高主频可达到 120MHz,64KB SRAM,256KB Flash,支持多种外设资源,如 UART、SPI、I2C、AD/DA、CAN、外部总线扩展控制器(EXMC)等,能够支持各类传感器、执行器及其他外部设备高效协作,构建功能丰富的单片机系统。GPIO 外设通过 PA、PB、PC 端口进行连接。

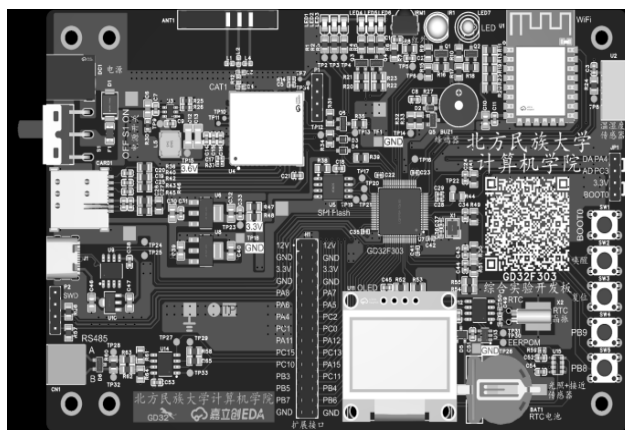


图 1 单片机实验板 PCB 图

在单片机最小系统中,电源电路为整个系统提供稳定的电源,输入为 12V/1A,通过降压电路转换为 3.3V (VSYS_3V3) 供系统使用。采用反馈调节机制来稳定输出电压,计算公式为 $V_{OUT} = 0.6V * (45.3/10 + 1) = 3.3V$ 。去耦电容选用 100nF,用于滤除电源噪声,提高电源稳定性。

时钟电路为单片机提供工作时钟,采用外部晶振结合内部时钟电路的方式。包含高速系统时钟晶振和 RTC (实时时钟) 晶振 (32.768kHz)。高速时钟为单片机提供运行时钟,RTC 时钟用于实现实时计时功能。

复位电路用于确保单片机在启动和运行过程中的稳定性。采用按键复位和上电复位相结合的方式,当按下复位按键时,NRST 引脚被拉低,单片机进入复位状态;在系统上电时,通过复位电路中的电容和电阻的充放电过程,使 NRST 引脚在一段时间内保持低电平,实现上电复位。

调试方式支持 SWD 调试接口,设计时 SWDIO 接 10k 上拉,SWCLK 接 10k 下拉,方便进行程序下载和调试。启动模式由 BOOT0 和 BOOT1 引脚的电平状态决定,BOOT0 必须接 10K 下拉电阻或者直接接地,以确定单片机从 Flash 启动。基于 GD32F303RET6 单片机最小系统设计如图 2 所示。

3.2 单片机实验板的逻辑结构

单片机实验板的逻辑结构如图 3 所示,分为 GD32F303RET6 单片机最小系统、电源模块、外部设备三大部分。根据不同外部设备的连接特性,外部设备又分为 GPIO 模块、通信模块,其他功能模块三部分,分别设计了 NOR FLASH, OLED、EEPROM、实时时钟、光敏传感器、蜂鸣器、按键、OLED、红外接收、红外发射、模数转换、温湿度传感器等外部设备,并预留了扩展接口,外设与控制器的通信模式要根据不同外设

(1) GPIO 功能模块

LED: 由 GPIO 控制, 低电平亮灯, 可用于指示系统状态。继电器: 高电平开, 低电平关, 可控制外部高电压或大电流设备, 实现开关控制功能。蜂鸣器: 高电平发声, 低电平静音, 可通过 GPIO 或 PWM 模式驱

function locked

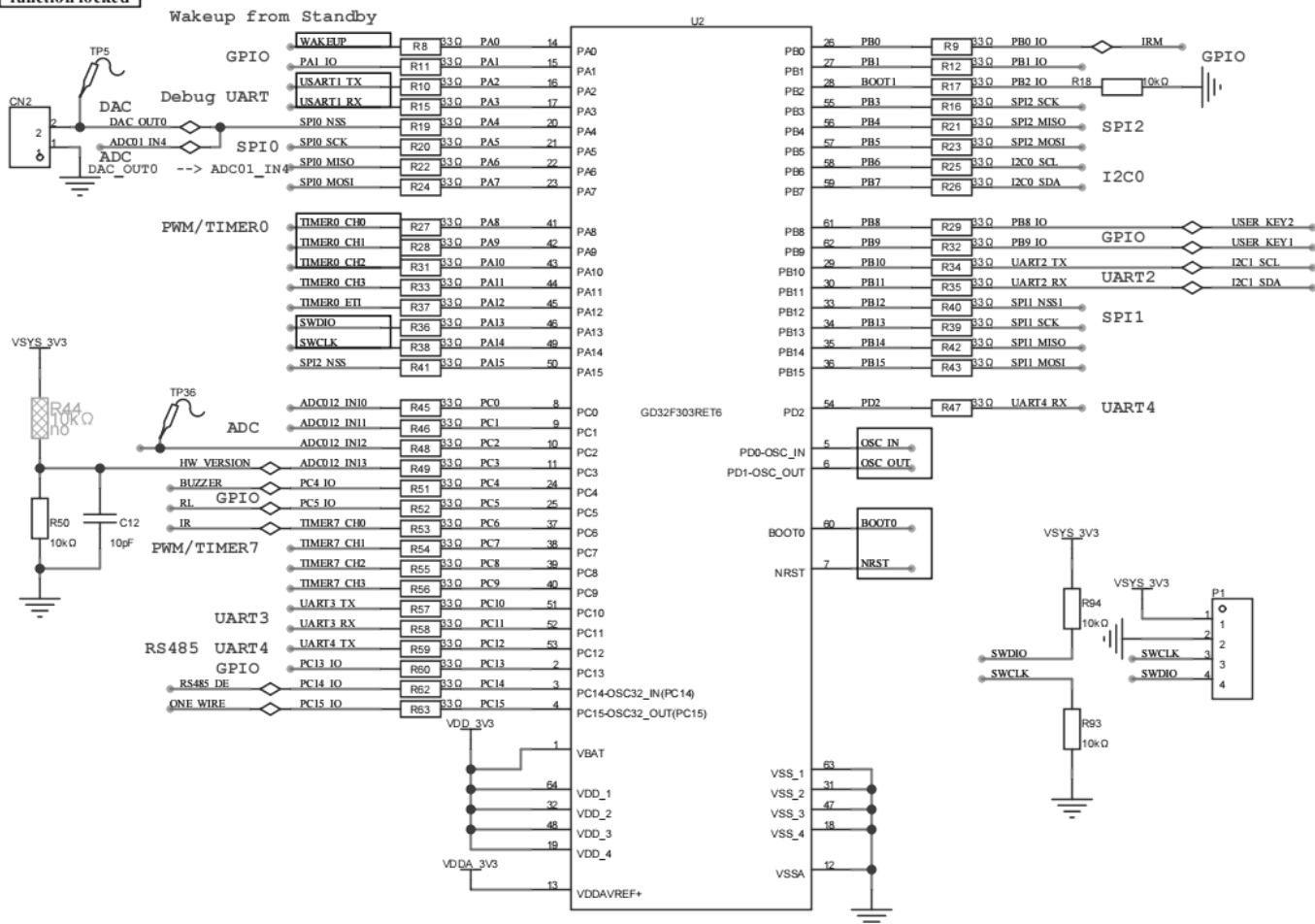


图 2 GD32F303RET6单片机最小系统

(2) 通信接口模块

UART: 包含 Debug UART (用于程序调试输出信息) 和 RS485 接口 (用于远距离通信), 支持中断和 DMA 传输方式, 提高数据传输效率, 并预留 WIFI 和 4G 功能。I2C: 连接 OLED 显示屏、EEPROM 和环境光传感器等设备, 实现设备间的低速数据通信。不同设备有各自的 I2C 地址, 便于主机进行寻址和数据交互。SPI: 连接 NOR Flash, 选择 W25Q64JVSSIQ, 具有 64MB 的存储空间, 用于存储程序和数据, SPI 接口的高速特性适合快速读写存储设备。

(3) 其他功能模块

ADC: 用于采集电压信号, 将模拟电压转换为数字量, 供单片机进行处理和分析。RTC: 通过 I2C 接

动,用于发出声音提示。按键:USER_KEY1 和 USER_KEY2 按键按下拉低,用于用户输入控制; 按键 2 与振动开关共用同一个 IO, 振动开关振动时拉低,可检测振动信号。红外发射接收对管: 红外接收管接收时为低电平, 红外发射管高电平发射且支持 PWM 驱动, 可用于红外通信或红外感应应用。

口连接 PCF8563 芯片，提供实时时钟功能，可记录时间信息。Watchdog：用于监测系统运行状态，当系统出现异常时自动复位，保证系统的稳定性。ONE-WIRE：连接温湿度传感器（DHT11），通过单总线进行数据传输，获取环境温湿度数据。

5. 实践教学过程设计

5.1 实践教学过程

在工程教育认证持续推进的大背景下,如何培养学生具备解决复杂工程问题的能力,已成为高校工程类课程教学的核心议题。单片机课程作为计算机科学、电子信息等专业的重要专业课程,对于学生工程实践能力和创新思维的塑造起着关键作用。它不仅要求学

生掌握扎实的理论知识，更须具备将知识应用于实际项目的能力。陈淑洁提出了“基础—开放—自制—开发”为一体的单片机实践教学新模式^[11]，在培养学生工程实践和创新能力等方面取得了良好的成效。结合工程教育认证的要求，以解决实际工程问题为导向的项目为驱动的教学方法在单片机教学中已被广泛认可，并取得了显著的教学成果^[12-15]。这种教学模式打破了传统理论教学与实践相分离的局面，将知识点融入具体项目中，让学生在完成项目的过程中主动探索知识，提高解决实际问题的能力。

升级，以提供一定的灵活性。

基于以上理念设计了单片机实践教学过程，具体包含四个教学环节：工程认知、开发环境与开发工具使用、单片机程序设计基础和单片机综合实践项目开发，在实践综合阶段，还设置了 2 个开放性实验项目，以进一步激发学生的创新思维，培养学生的创新能力和工程应用能力。该教学过程通过分阶段、递进式的教学方式，让学生逐步深入了解单片机技术，从基础理论学习到实际项目开发，全面提升学生的综合素养。教学过程设计如图 4 所示。

此外，实验项目的设计还应遵循循序渐进原则，由浅入深、逐步拓展，使学生逐步提升知识与技能。由于单片机的应用场景贴近生活，开发的实验项目具有一定的实用性和趣味性，以激发学生兴趣。表 1 列举了该实验板支持的基础实验项目。

表 1 单片机实验板实验项目

编号	实验项目名称	编号	实验项目名称
1	LED显示	11	光敏计数
2	LED跑马灯	12	光照报警
3	KEY中断检测	13	步进电机实验
4	UART串口测试	14	导航按键实验
5	UART串口通信	15	超声测距实验
6	TIMER定时器	16	红外多机通信实验
7	TIMER定时器PWM	17	温湿度采集实验
8	继电器实验	18	非易失存储器实验
9	震动传感器实验	19	OLED屏幕实验
10	蜂鸣器播放音乐实验	20	扩展接口实验

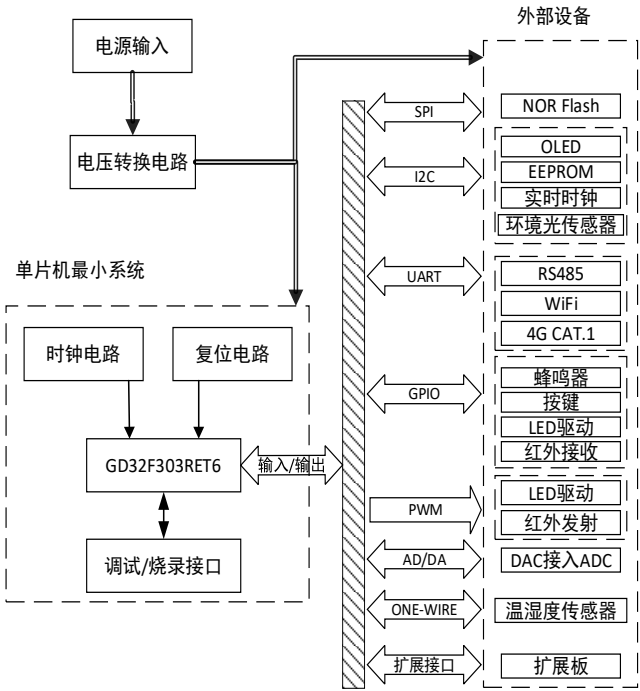


图 3 单片机实验板的逻辑结构

4. 实验项目设计

在设计基于 GD32F303RET6 的单片机实验板的实验项目时，需覆盖单片机关键知识，而且要满足多样化需求，以提供丰富的功能。同时，预留接口并支持

此外，为了进一步提升教学成效，充分利用现代信息技术，还同步建设了单片机项目实践的在线课程。该在线课程涵盖了丰富的教学资源，如教学视频、电子课件、在线测试、讨论论坛等。学生可以根据自己的学习进度和需求，随时随地进行学习，遇到问题还能通过讨论论坛与教师、同学交流互动。

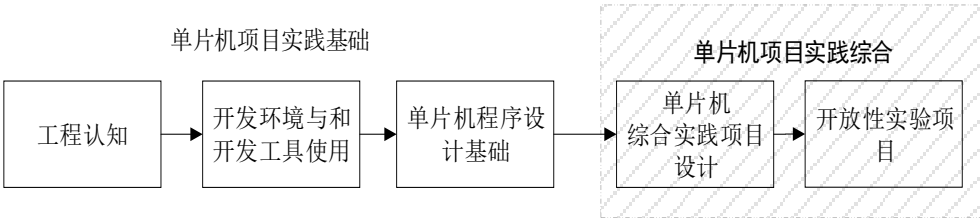


图 4 单片机实践教学过程设计

第一个环节是工程认知，主要包括电路板元器件焊接和功能测试两个步骤。在单片机开发板上预留插件元器件、接插件、晶振等焊接位置，学生通过手工焊接，训练手工焊接技能。通过焊接操作，学生将各

种单片机相关的电子元件，如按键、开关、各类传感器等，按照电路原理图准确连接，完成单片机电路系统的硬件组装。这种方式能让学生直观感受单片机的硬件构成，留下深刻印象，是对工程认知非常有效的

学习方法。焊接完成后，使用样例程序对各功能部件进行测试，排查并修复虚焊、短路、焊点不牢等故障，并填写《电路板焊接元器件考核评分表》《电子元器件及传感器功能测试表》。通过分析和解决这些问题，学生掌握故障排查方法和技巧，学会使用万用表等工具进行电路检测，快速定位并修复焊接过程中出现的问题，提高解决实际问题的能力。

表 2 单片机项目实践过程及关键流程

实践过程	实验关键操作流程
1. 工程认知	电烙铁使用及焊接方法： 1. 通过课程在线平台获取并阅读“焊接指导”目录下所提供的资料。 2. 观看焊接视频。 元器件焊接： 1. 每组2人，目测检查机器贴片质量和问题。 2. 登记电路板编号、领取焊接“元件包”。 3. 按资料说明要领和顺序，与焊接视频同步进行焊接元器件。 4. 填写《电路板焊接元器件考核评分表》。 功能测试： 1. 焊接完成后，经教师或助教检查合格后，对实验板进行通电，依托开发板提供的程序，依次测试功能。 2. 填写《电子元器件及传感器功能测试表》
2. 开发环境	1. 熟悉单片机C语言的语法规则，理解硬件编程方法，能够熟练地使用keil进行工程的创建、程序的编写、编译和HEX的下载。 2. 理解CH340驱动的作用。
3. 单片机程序设计基础	1. 能理解程序相关电路及工作原理，能够完成单一功能的单片机项目的程序编写。 2. 学习LED，数码管和按键工作原理和编程方法，自己根据要求，编写程序，检查程序运行结果。 3. 完成章节理论测试题以及提交程序代码及程序运行结果视频。
4. 综合实践项目	综合实践项目： 1. 能理解程序相关电路及工作原理，能够完成综合功能的单片机项目的程序编写。 2. 学习程序中断、定时器、串口通信、485通信，红外通信等，完成2个及以上外部功能部件的综合项目。 3. 完成章节理论测试题，提交程序代码及程序运行结果视频。 开放性实验项目： 1. 智能环境监测系统。 2. 多功能防盗报警系统。

第二个环节是开发环境和开发工具使用，主要训

练学生对单片机 C 语言语法知识、单片机开发工具 keil、下载工具 ISP 等内容的熟练掌握与灵活运用能力。通过训练，能够让学生掌握 Keil 软件中工程的创建、C 语言代码的编写、编译和调试过程的方法，学会利用 Keil 的丰富调试功能，如设置断点、单步执行、变量监控等，精准定位和解决代码中的逻辑错误与语法问题。

第三个环节则是单片机程序设计基础能力的训练，基于该实验板，参照表 1 所列举的基础实验项目，要求学生能够读懂程序相关电路及工作原理，并能完成单一功能的单片机项目的程序编写。

第四个环节是具有一定综合性的单片机项目，教师可根据实际课时选取的适当内容进行教学。要求学生综合运用程序中断、定时器、串口通信、485 通信、红外通信等技术，能够完成多个功能部件协同工作的综合项目。此外，针对学生创新实践能力培养的要求，基于此开发板设计了 2 个创新性综合实验项目，智能环境监测系统、多功能防盗报警系统。这些项目为学生提供更具开放性和创新性的任务目标，也为开展大学生创新项目提供新思路。

受限于实际教学课时的要求，开放性实验项目一般作为课外拓展实践活动，供学有余力且对单片机技术有浓厚兴趣的学生自主选择参与。

5.2 实践过程及关键流程

上述实践过程及关键流程如表 2 所示，这种实践教学模式既能让学生学习单片机项目的工程化全流程过程，也确实能够激发学生对专业的学习兴趣。

5.3 实践教学效果

在进行教学改革后，我校 2023 级计科专业学生中，有 52 名学生参与了“基于 stm32 的自动搬运机器人”“智慧大棚水果番茄种植防治系统设计及实现”“基于百度 Paddle 人工智能平台的智能车的设计与实现”等开放性项目的开发，这些开放性题目中有 16 项获批校级大学生创新项目，2 项升级为区级创新项目，1 项升级为国家级创新项目。在 2025 年大学生计算机设计大赛省赛中，有 23 名学生组队参赛，共获得省赛二等奖 1 项、三等奖 5 项（改革前无参赛记录）。这说明在采取教学改革后，学生对嵌入式方向软硬件综合项目开发具有了较好的基础，增强了信心，学生在大创项目选题申请，各种学科竞赛方面，有了较好的支撑，扩大了学生的知识面和专业能力。

此外，针对 90 名学生进行匿名问卷，结果显示：89% 的学生认为实验板“功能丰富，能满足从入门到进阶的需求”；91% 的学生认为该实验板“激发了探索兴趣”，78% 表示“能将课堂知识与实际应用结合”。

88% 的学生认可“焊接+编程+综合项目”的全流程实践模式,认为“解决了‘软件操纵硬件’的问题”。这说明基于该实验板采用的分阶段项目实践,显著提升了学生的硬件操作能力和问题解决能力,与传统“仅程序验证”模式相比,学生对单片机全流程开发的理解更直观。

6 结束语

本文设计了一款基于 GD32F303RET6 的单片机实验板并开发了配套实验项目,实验板集成的功能模块丰富,逻辑结构清晰合理,实验项目设计遵循认知规律,涵盖从基础到综合实践的内容,能够为培养学生的单片机工程实践能力、创新思维和解决实际问题的能力提供了良好的实践平台。从教学效果来看,通过硬件焊接、开发环境使用、程序设计基础训练和综合实践项目开发等环节,学生不仅对单片机知识有了更深入地理解,还为学生的专业学习拓宽了视野。然而,教学改革是一个持续发展的过程,本研究仍有进一步优化空间。在硬件方面,随着技术的不断进步,可考虑引入更多先进的传感器和通信模块,如高精度的气体传感器、低功耗蓝牙模块等,丰富实验板的功能,拓展学生的学习领域,让学生接触到更前沿的技术应用。同时,优化实验板的结构设计,使其更加小巧便携、易于操作,提高实验板的实用性和通用性。

参考文献

- [1] 牛仲金,赵传文,杜衍喆.一种模块独立的单片机开发板设计[J].集成电路应用,2020,37(04):64-65.
- [2] 马艳彬,孙春志,基于STC12C5A60S2的便携式实验板设计[J].商丘师范学院学报,2023,39(9):78-81
- [3] 肖艳军,毛哲,等,基于STM32的综合实验平台设计[J].实验技术与管理,2016,(39)6:123-126
- [4] 丁建,姚利红,单片机口袋式实验室研制与实验教学改革[J].中国冶金教育,2024,(总220期):51-54
- [5] 富雅琼,吴霞,陈锡爱,等.单片机口袋实验室的开发与实践应用[J].现代电子技术,2018,41(12):40-43
- [6] 石飞,陈娟,王建英,等.口袋式单片机实验系统研制与应用[J].实验技术与管理,2019,36(4):92-95
- [7] 朱向庆,郑景扬,等,多功能单片机与CPLD实验板的设计[J].现代电子技术,2019,(36)12:72-76
- [8] Kumar, A., Fernando, S., & Panicker, R. C. Project - Based Learning in Embedded Systems Education Using an FPGA Platform[J]. IEEE Transactions on Education, 2013,56(4), 407 - 415.
- [9] 田相鹏,朱黎,杨晨,基于CPLD的51单片机扩展电路设计与应用[J].实用电子技术,2022,(30)09:76-78
- [10] 兆易创新科技股份有限公司, GD32F3x0_用户手册(3.0版)
[EB/OL].https://www.gigadevice.com.cn/Public/Uploads/uploadfile/files/20240407/GD32F30x_yonghushouce_Rev3.0.pdf, 2024, 3
- [11] 陈淑洁,单片机实践教学存在的问题与对策[J].实验室研究与探索,2011,(30)9:158-160
- [12] Girma Tewolde. Student-Inspired Project-Based Learning in an Embedded Systems Course[C]. 2020 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC).IEEE. 2020, 145-160.
- [13] 石飞,周云燕,陈娟,等,面向解决复杂工程问题能力培养的单片机实践教学案例设计[J].实验科学与技术,2022,20(5):66-70.
- [14] 傅中君,周磊,王宇辉,等,工程认证背景下的高校单片机课程实验教学探索与实践[J].物联网技术,2025,15(05):160-162.
- [15] 陈军,韩清华,杨安迪,等,项目团队教学法在嵌入式单片机课堂的探索与实践[J].实验室研究与探索,2022,41(04):232-235.