

基于 STM32 的“模块化”电子技术综合创新平台的设计与实现

谢永超

(湖南铁道职业技术学院, 湖南 株洲 412001)

摘要:设计了一款基于嵌入式系统 STM32 的“模块化”电子技术综合创新平台,包括“口袋实验室式”STM32 核心控制板和“电子积木”式功能模块;其中“电子积木”式功能模块主要包括输入与输出功能模块、显示功能模块、模拟电子技术功能模块、数字电子技术功能模块、电力电子技术模块、传感器类功能模块、执行机构功能模块、工业通信功能模块、智能家居模块等 9 大功能模块;满足模电、数电、电力电子、传感器、单片机、嵌入式及物联网技术等课程单项技能实训要求,还能够让学生利用 STM32 核心控制板和“电子积木”式功能模块,通过不同技术方案实现超声波测距等综合创新应用项目;通过平台的应用推广,学生的知识综合应用能力、创新设计能力明显提升,成效明显。

关键词:STM32 核心控制板;“电子积木”;功能模块;电子技术综合创新平台

Design and Implementation of a “Modular” Electronic Technology Integrated Innovation Platform Based on STM32

Xie Yongchao

(Hunan Railway Professional Technology College, Zhuzhou 412001, China)

Abstract: Based on the embedded system STM32, the “modular” electronic technology integrated innovation training platform includes “pocket lab” STM32 core control board and “electronic building block” function module. The “electronic building block” function module mainly includes input and output function modules, liquid crystal and other types of display function modules, analog electronic technology function modules, digital electronic technology function modules, power electronic technology modules, sensor functional modules, and actuator functional modules, industrial communication function modules, smart home modules, etc. The platform can not only meet the individual skills training requirements of analog, digital, power, sensor, microcontroller, embedded and IoT technologies, but also enable students to use STM32 core control board and “electronic building block” function modules. Comprehensive innovative application projects such as ultrasonic ranging can be realized through different technical solutions, so as to cultivate students' comprehensive application ability and innovation ability.

Keywords: STM32 core control board; “electronic building blocks”; functional modules; electronic technology comprehensive innovation training platform

0 引言

由于学校现有的模/数电实验箱、单片机(嵌入式)开发板等电子类专业“可移动”实验/实训平台结构相对独立,只能满足模拟电子技术、数字电子技术、单片机技术等电子类专业单项专业技能的实训要求,缺乏对学生创新能力、专业复合能力、综合应用能力等能力的培养。而大型的综合创新实训平台,具有功能可拓展性差、需要配备专门的实训室管理人员、设备利用率低等缺陷。为提高学生对电子专业知识的综合应用能力水平和创新能力,提升实训设备的利用率,实现实训设备的便携性,设计了基于嵌入式系统 STM32 的“模块化”电子技术综合创新实训

平台^[1-10]。

1 基于 STM32 的“模块化”电子技术综合创新平台的系统构架及原理

1.1 基于 STM32 的“模块化”电子技术综合创新平台的系统构架

借助“电子积木”和“塔式系统”的理念,设计一种基于嵌入式系统 STM32 的“模块化”电子技术综合创新实训平台。实现功能模块化的,能够满足电子产品的装配与检验、数字电子技术类实训、传感器技术应用类实训、单片机小系统类实训等相关专项能力的实训,还可以方便地进行知识综合应用及创新型实训项目的设计与实现,提高学生的综合应用能力和创新能力^[1]。

基于嵌入式系统 STM32 的“模块化”电子技术综合创新实训平台包括“口袋实验室式”STM32 核心控制板和“电子积木”式功能模块。系统架构框图如图 1 所示。

收稿日期:2020-04-21; 修回日期:2020-05-06。

基金项目:湖南省教育厅科学研究项目(18C1526)。

作者简介:谢永超(1984-),湖南株洲人,工学硕士,副教授,主要从事嵌入式技术应用方向的研究。

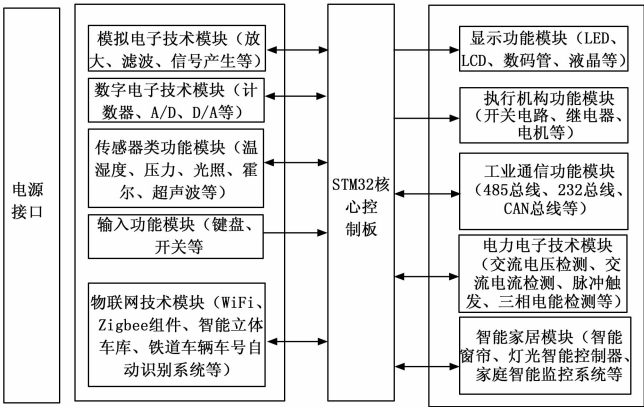


图 1 系统架构图

1.2 基于 STM32 的“模块化”电子技术综合创新平台的原理

基于 STM32 的“模块化”电子技术综合创新平台选用 STM32F103ZET6 作为主控模块，配备模拟电子技术、数字电子技术、物联网技术、电力电子技术、智能家居等 10 个“电子积木”式功能模块。STM32 核心控制板的 I/O 口、“电子积木”式功能模块的硬件接口均设计为 2×20 的接插件连接形式，便于基于 STM32 的“模块化”电子技术综合创新平台在使用过程中，核心控制板（STM32）与“电子积木”式功能模块的硬件连接。在实际使用过程中，

可根据实验/实训项目的需要，选用 10 个模块中的若干个子模块与 STM32 核心控制板进行硬件连接，搭建满足实验/实训项目需要的硬件系统，然后设计满足实验/实训项目需要的软件系统，并将编制的软件通过 JTAG 下载器电路烧至核心控制板（STM32），最终完成实验/实训项目的软件和硬件联调，实现实验/实训项目的预期功能^[1]。

基于 STM32 的“模块化”电子技术综合创新平台通过“电子积木”式功能模块与核心控制板（STM32）的灵活组合，可以搭建不同难度等级、不同应用场景、不同综合程度的综合应用项目，极大地提升了电子技术创新平台的拓展功能，能够有效提升学生的创新设计能力。

2 嵌入式系统 STM32 核心控制板的设计

2.1 嵌入式系统 STM32 核心控制板主控电路

嵌入式系统 STM32 核心控制板选用 STM32F103ZET6 作为核心控制芯片（主电路如图 2 所示），主要包括电源电路（如图 3 所示）、晶振电路、JTAG 下载器电路、12864 液晶显示电路等相关电路组成。

2.2 嵌入式系统 STM32 核心控制板电源电路

电源电路提供 $+3.3\text{ V}$ 和 $+5\text{ V}$ 的 2 路直流电压给相关单元电路（集成芯片）提供工作电压。由三端稳压器 LM7805 提供 $+5\text{ V}$ 的电源电压，开关型集成稳压器 LM2576 提供 3.3 V 的电压。

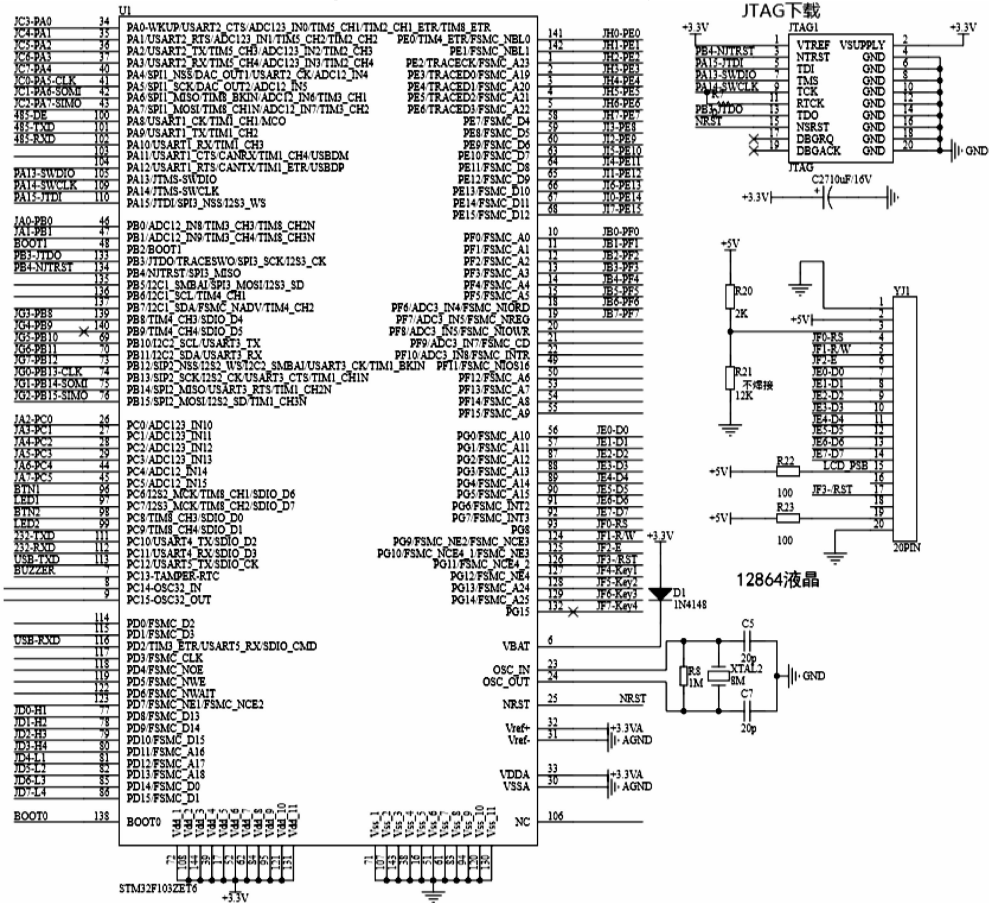


图 2 STM32 核心控制板主电路

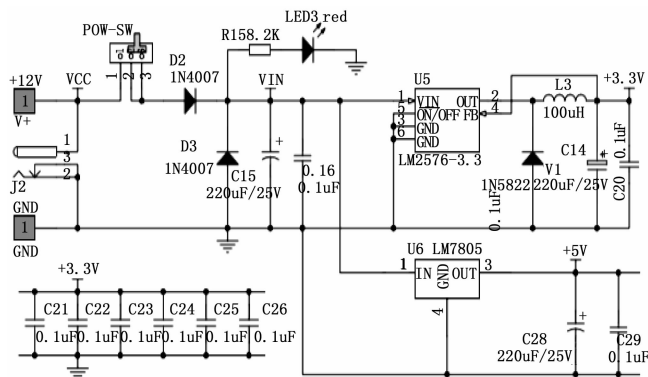


图 3 电源电路图

2.3 嵌入式系统 STM32 核心控制板键盘电路

键盘电路由独立键盘和 4×4 矩阵键盘 2 部分组成，其中，独立键盘由 SW1、SW2、SW3 和 SW4 组成，矩阵键盘包括 S1—S16 (如图 4 所示)。

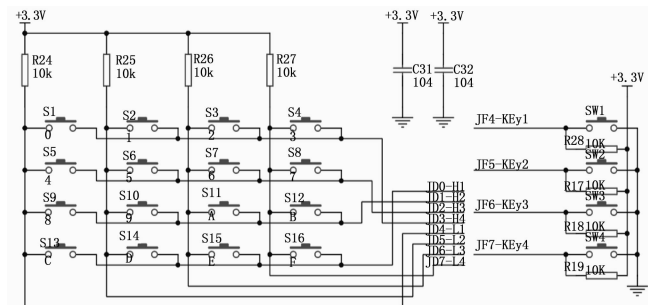


图 4 键盘电路

2.4 嵌入式系统 STM32 核心控制板 USB 转串口电路

USB 转串口电路 (如图 6 所示) 采用 CH340T 芯片，实现 USB 转串口的功能。CH340T 的主要作用是升级更新已有串口的外围设备，也可以结合 USB 数据总线为 STM32 核心控制板提供附加的新增串口。同时还可以在外加电平转换元件的基础上，实现外加 RS422、RS485、RS232 等通信接口的功能^[2]。

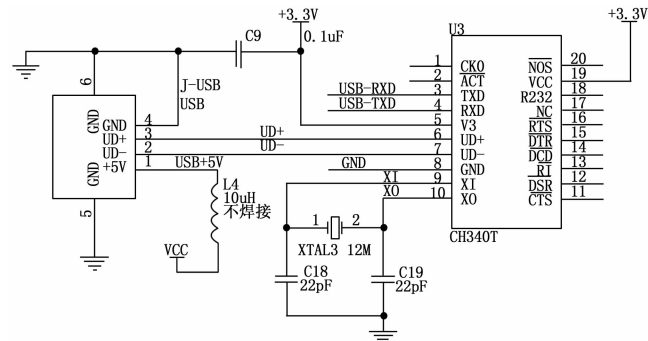


图 5 USB 转串口电路

2.5 嵌入式系统 STM32 核心控制板串口电路

串口电路 (如图 6 所示) 选用经典的 MAX3232 串口芯片，提高嵌入式系统 STM32 核心控制板的可靠性。MAX3232 内部输出级使用专用的低压差 (3.0~5.5 V) 发

送器，给双电荷泵提供 3.0~5.5 V 供电直流电压源，就可以实现 RS-232 性能。同时，外接电路简单，只需要外接 4 个 0.10、1 uF 的外部小尺寸电荷泵电容^[3]。

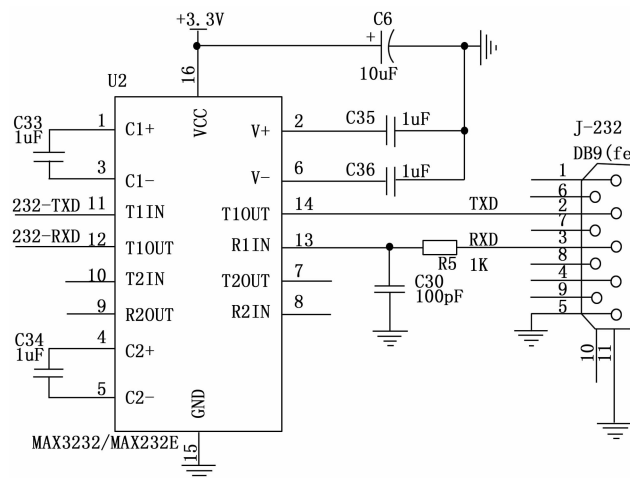


图 6 MAX3232 串口电路

在设计嵌入式系统 STM32 核心控制板时，把 STM32F103ZET6 所有 I/O 口用统一的 2×20 的插件接口引出，并能够兼容“积木式”模块电路的插件接口。同时为了兼顾主流的接口 (USB) 调试方法，嵌入式系统 STM32 核心控制板直接集成了 JTAG 下载口，以便实现“口袋实验室”的便携功能。

3 “积木式”功能模块电路设计

“积木式”功能模块包括输入与输出功能模块 (键盘、开关等)、显示功能模块 (LCD、LED、数码管、液晶等)、模拟电子技术功能模块 (放大、滤波、信号产生等)、数字电子技术功能模块 (门电路、计数器、A/D、D/A 等)、电力电子技术模块 (交流电压检测、交流电流检测、脉冲触发、三相电能检测等)、传感器类功能模块 (温湿度、压力、光照、霍尔、压力、超声波等)、执行机构功能模块 (开关电路、继电器、电机等)、工业通信功能模块 (485 总线、232 总线、CAN 总线等)、智能家居模块 (智能窗帘、灯光智能控制器、家庭智能监控系统等) 和物联网技术模块 (WiFi、Zigbee 组件、智能立体车库、铁道车辆车号自动识别系统等) 等^[11-16]。

同时，每个“积木式”功能模块又包含若干个独立的“子模块”功能电路。学生可选择“积木式”功能模块的若干个模块与嵌入式系统 STM32 核心控制板共同实现超声波测距、铁道车辆车号自动识别系统组网等综合型创新项目。由于包含的模块电路较多，故不在文章中详述各模块电路的工作原理。

4 “模块化”程序库开发

基于嵌入式系统 STM32 的“模块化”电子技术综合创新实训平台除了硬件电路外还需要配套的软件设计 (如图 7 所示)。对于高职院校的学生来说，软件编程最缺乏编程的

思想、思维和方法，编写的程序逻辑性、可读性差，更缺乏系统的思维。针对高职学生这一普遍遇到的难题，我们将“积木式”功能模块对应的程序代码进行统一标准的封装，实现程序“模块化”。学生在项目实施过程中，只需要编写主程序，然后基于应用层流程去调用相应的子程序模块^[1]，从而实现编程的简化处理，提高学生的编程水平。

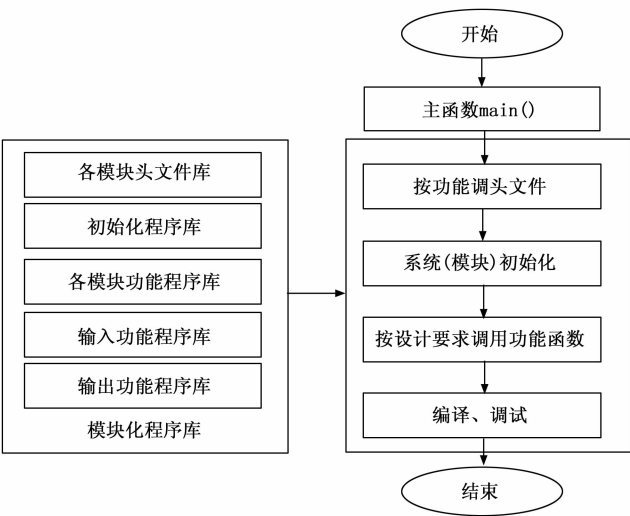


图7 “模块化”的程序库开发流程图

基于嵌入式系统 STM32 的“模块化”电子技术综合创新平台的“模块化”程序库设计主要目的是解决学生程序设计学习和编制困难的问题。其主要方法是将主程序、各模块的子程序封装成系列化的标准库函数，学生在程序过程中，首先根据实验/实训项目、综合应用项目的需要，参照主程序库中的程序，编制主程序，然后调用各模块的子程序，即可完成满足实验/实训项目需要的系统程序设计。通过“模块化”程序库设计，规范了学生的编程思维，极大地提升了学生的程序设计与编制能力。

5 基于嵌入式系统 STM32 的“模块化”电子技术综合创新平台试验结果与应用成效分析

1) 平台试验结果：

在“模块化”电子技术综合创新平台设计完成后，首先对基于 STM32F103ZET6 的核心控制板及电源电路、晶振电路、JTAG 下载器电路、12864 液晶显示电路、键盘电路、USB 转串口电路、MAX3232 串口电路等外围电路进行了功能测试，测试结果表明，基于 TM32F103ZET6 的核心控制板能够进行正常的程序下载与运行，12864 液晶显示电路能够实现显示功能，键盘电路能够进行相关量的输入，MAX3232 串口电路能够正常的实现数据传输，达到了核心控制板预期的设计目标。

“模块化”功能模块测试主要是对放大、滤波、信号产生、交流电压检测、交流电流检测、脉冲触发、三相电能检测、温湿度、压力、光照、霍尔、压力、超声波、智能窗帘、灯光智能控制器、家庭智能监控系统等功能模块进

行功能测试，并通过工业通信功能模块（485 总线、232 总线、CAN 总线等）驱动执行机构功能模块（开关电路、继电器、电机等）完成综合项目的设计与实施。下面以基于嵌入式系统 STM32 的“模块化”电子技术综合创新平台搭建的温湿度自动检测装置为例阐述“模块化组合应用”的效果。

基于嵌入式系统 STM32 的温湿度自动检测装置硬件结构由 STM32F103ZET6 的核心控制板、按键电路、12864 液晶显示电路和温湿度检测模块构成。首先，在平台上将按键电路、12864 液晶显示电路和温湿度检测模块等“积木式”功能模块与核心控制板（STM32）通过标准化的接口电路连接，即可以完成基于嵌入式系统 STM32 的温湿度自动检测装置硬件系统的搭建，然后完成温湿度自动检测装置主程序的编制，温湿度检测子程序只需要调用“模块化”、“标准化”子程序即可。完成基于嵌入式系统 STM32 的温湿度自动检测装置软硬件联调后，对不同温度和不同湿度的样本进行了测试验证，测试结果如表 1 和表 2 所示。测试结果表明，基于嵌入式系统 STM32 的温湿度自动检测装置能够自动完成土壤温度和土壤湿度的自动测试，测试误差满足了设计需求。

表 1 温度测试结果表

| 序号 | 测试值/℃ | 标准值/℃ | 误差 |
|----|--------|-------|-------|
| 1 | −9.98 | −10 | −0.02 |
| 2 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 14.76 | 15 | −0.24 |
| 4 | 24.84 | 25 | −0.16 |
| 5 | 54.82 | 55 | −0.18 |
| 6 | 85.13 | 85 | +0.13 |
| 7 | 89.85 | 90 | −0.15 |
| 8 | 100.11 | 100 | +0.11 |

表 2 湿度测试结果

| 序号 | 测试值/(%RH) | 标准值/(%RH) | 误差/(%RH) |
|----|-----------|-----------|----------|
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 10 | 9.82 | −0.18 |
| 3 | 30 | 29.78 | −0.22 |
| 4 | 50 | 51.06 | +1.60 |
| 5 | 70 | 72.65 | +2.65 |
| 6 | 90 | 88.16 | −1.84 |
| 7 | 100 | 98.18 | −2.82 |

2) 平台应用成效：

通过基于嵌入式系统 STM32 的“模块化”电子技术综合创新平台的实际应用，学生不仅仅能够完成模拟电子技术、数字电子技术、物联网技术、电力电子技术、智能家居等相关技术的转型训练，提升模拟/数字电子技术、物联网技术、电力电子技术、智能家居等专项技术的应用能力，还可以通过不同模块与核心控制板之间的有效组合，完成不

（下转第 276 页）