**《嵌入式控制系统课程设计》**

**Course Design of Embedded Control System**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程编号：** | B0561061C | **学 分：** | 2 |
| **开课学院：** | 自动化学院 | **学 时：** | 2周 |
| **课程类别：** | 专业课程实践 | **课程性质：** | 必修课 |

**一、课程性质**

通过本实践环节的教学，巩固和深化理论教学内容，使学生掌握嵌入式系统开发技术，并应用于控制系统的设计和实现。培养学生利用嵌入式系统技术进行自动控制系统工程设计的能力和创新意识，能综合运用所学专业知识解决复杂工程问题。本课程属于自动化专业中必修的集中性实践教学环节。

**二、课程目标**

**（一）思想、素质教育目标**

目标1.1 培养学生严谨求实、不断探索、持之以恒、勇于创新的科学精神；

目标1.2 培养学生实事求是、一切从实际出发、理论联系实际的科学态度；

目标1.3 培养学生理解矛盾的对立统一、具体问题具体分析、抓主要矛盾等辩证唯物主义思想；

**（二）知识教学目标**

目标2.1 研究炉温温度的变化规律、直流电动机的运动学和动力学规律；

目标2.2 研究PID控制器的设计和实现方法；

目标2.3 研究嵌入式控制系统的设计和实现方法。

**（三）能力教学目标**

目标3.1 培养学生观察和描述物理现象、建立物理模型的能力；

目标3.2 培养学生分析问题、解决问题的能力；

目标3.3 培养学生类比、综合、归纳和演绎、等效等科学思维的能力；

目标3.4 培养学生创新能力。

**三、课程教学内容及基本要求**

该课程设计包括两个模块，学生可任选其一。

**模块一：基于单片机的炉温控制系统设计**

**（一）课程设计任务**

利用单片机芯片、温度传感器、继电器、电阻炉等硬件设计并实现炉温控制系统。主要任务包括：

1. 建立数学模型，设计控制算法并通过MATLAB仿真验证；
2. 设计系统硬件电路并应用PROTEUS仿真；
3. 完成硬件电路连接和测试，设计PID控制程序实现炉温控制，给出不同参数下的系统输出变量变化曲线图，分析实验结果得出相关结论；
4. 实现下述功能：① 采用数码管实时显示实际炉温和设定炉温；② 当炉温达到并稳定于设定温度时，蜂鸣器每2秒报警一次，绿色LED灯常亮；③ 具备防干烧功能，当炉温超过设定温度5℃，过温保护电路动作，蜂鸣器常鸣，红色LED常亮；
5. 设计上位机图形用户界面，实现系统与上位机通信，完成上位机数据可视化以及存储功能。

**（二）课程设计内容**

1. 被控对象数学建模和MATLAB仿真

理解被控制对象的一般动态特性并建立数学模型，设计控制算法并利用MATLAB进行仿真验证。

重点支撑毕业要求指标点2-3，3-1。

2. 系统硬件电路设计和PROTEUS仿真

确定拟采用的硬件电路设计方案，并进行PROTEUS仿真。

重点支撑毕业要求指标点2-3、3-1。

3.硬件电路连接和测试

完成整个系统主电路、控制电路以及相应辅助电路的连接与测试。

重点支撑毕业要求指标点2-3、3-1。

4. 软件设计与系统调试

设计PID控制程序并对炉温控制进行调试，满足各项性能指标，使实验结果达到题目要求。

重点支撑毕业要求指标点2-3，3-1。

5. 上位机实时显示

设计上位机图形用户界面，实现系统与上位机通信，完成上位机数据可视化以及存储功能。

重点支撑毕业要求指标点2-3，3-1。

6. 验收答辩

现场验收答辩要点包括阐述设计思想、设计内容、调试过程、分析结果并回答问题。

重点支撑毕业要求指标点10-1。

**（三）课程设计进程安排**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **课程设计主要内容** | **计划时间（天）** | **重点支持毕业要求指标点** |
| 1 | 被控对象数学建模和MATLAB仿真 | 1 | 2-3、3-1 |
| 2 | 硬件设计和测试(含PROTEUS仿真) | 2 | 2-3、3-1 |
| 3 | 软件设计和测试 | 2.5 | 2-3、3-1 |
| 4 | 系统调试 | 2 | 2-3、3-1 |
| 5 | 实验结果分析（炉温温度特性分析） | 2 | 2-3、3-1 |
| 6 | 验收答辩 | 0.5 | 10-1 |
| 小计 |  | 10 |  |

**（四）主要仪器设备**

**硬件：**电阻炉、温度传感器、单片机开发板、继电器、示波器、万用表等；

**软件：**MATLAB、Proteus、Keil

**（五）教材及参考书**

1. 指导教材

[1] [程国钢](https://book.jd.com/writer/%e7%a8%8b%e5%9b%bd%e9%92%a2_1.html" \t "_blank), [文坤](https://book.jd.com/writer/%e6%96%87%e5%9d%a4_1.html" \t "_blank), [王祥仲](https://book.jd.com/writer/%e7%8e%8b%e7%a5%a5%e4%bb%b2_1.html" \t "_blank), [尹辉](https://book.jd.com/writer/%e5%b0%b9%e8%be%89_1.html" \t "_blank). 51单片机常用模块设计查询手册（第2版）[M]. 清华大学出版社, 2016年.

[2] 魏庆涛, 徐曌. 单片机原理及设计应用, 2015年.

2. 参考书

[1] [李朝青](https://book.jd.com/writer/%e6%9d%8e%e6%9c%9d%e9%9d%92_1.html" \t "_blank), [卢晋](https://book.jd.com/writer/%e5%8d%a2%e6%99%8b_1.html" \t "_blank), [王志勇](https://book.jd.com/writer/%e7%8e%8b%e5%bf%97%e5%8b%87_1.html" \t "_blank), [袁其平](https://book.jd.com/writer/%e8%a2%81%e5%85%b6%e5%b9%b3_1.html" \t "_blank). 单片机原理及接口技术（第5版）[M]. 北京航空航天大学出版社, 2013年.

[2] [孙育才](https://book.jd.com/writer/%e5%ad%99%e8%82%b2%e6%89%8d_1.html" \t "_blank), [孙华芳](https://book.jd.com/writer/%e5%ad%99%e5%8d%8e%e8%8a%b3_1.html" \t "_blank). MCS-51系列单片机及其应用（第5版）[M]. 东南大学出版社, 2012年.

**模块二：直流电机转速控制系统设计**

1. **课程设计任务**

本课程设计直流电机调速控制系统，并进行仿真和实验验证。具体内容包括：

1. 建立直流电机的数学建模，设计转速反馈单闭环直流调速系统并进行仿真验证；

2. 设计系统硬件电路，完成硬件电路连接和测试；

3. 设计PID控制程序，实现电动机转速控制，给出不同参数下的系统输出变量变化曲线图，分析实验结果得出相关结论；

4. 实现下述功能：① 设置转速并实时显示当前转速；② 当转速达到设定转速时，绿色LED灯常亮；③当前转速与设定转速波动大于5%时，异常报警。

5. 分析系统在突然起动、突加负载、突减负载等条件下的电机动态特性。

**（二）课程设计内容**

1．被控对象数学建模和MATLAB仿真

理解直流电动机的一般动态特性并建立数学模型，设计转速反馈单闭环直流调速系统并进行MATLAB仿真验证。

重点支撑毕业要求指标点2-3、3-1。

2. 系统硬件电路设计、连接和测试

完成单闭环直流调速系统的设计，包括系统方案的总体设计、硬件模块详细设计，并对硬件电路进行连接和测试。

重点支撑毕业要求指标点2-3、3-1。

3. 软件设计

完成单闭环直流调速系统的软件设计，包括转速检测模块、PWM驱动模块、PID控制模块等。

重点支撑毕业要求指标点2-3、3-1。

4. 系统调试

对转速控制进行调试，满足各项性能指标，使实验结果达到设计要求。

重点支撑毕业要求指标点2-3、3-1。

5. 电机动态特性分析

在突然启动、突加负载、突减负载条件下测量电动机的转速、电流，并分析直流调速系统的动态性能。

重点支撑毕业要求指标点2-3，3-1。

6. 验收答辩

现场验收答辩要点包括阐述设计思想、设计内容、调试过程、分析结果并回答问题。

**（三）课程设计进程安排**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **课程设计主要内容** | **计划时间（天）** | **重点支持毕业要求指标点** |
| 1 | 被控对象数学建模和MATLAB仿真 | 1.5 | 2-3、3-1 |
| 2 | 硬件设计和测试 | 2 | 2-3、3-1 |
| 3 | 软件设计和测试 | 2.5 | 2-3、3-1 |
| 4 | 系统调试 | 2.5 | 2-3、3-1 |
| 5 | 实验结果分析（电机动态特性分析） | 1 | 2-3、3-1 |
| 6 | 验收答辩 | 0.5 | 10-1 |
| 小计 |  | 10 |  |

**（四）主要仪器设备**

**硬件：**示波器、万用表、计算机、ARM开发平台、光电编码器、直流电机、电动机驱动模块、阻尼载荷等。

**软件**：MATLAB及Keil C集成开发环境。

**（五）教材及参考书**

1. 教材

[1] 阮毅,陈伯时.电力拖动自动控制系统[M].机械工业出版社,2015年

[2] 顾亦然,张腾飞等.嵌入式系统及应用[M].南京邮电大学,2009年

[3] [廖义奎](http://search.dangdang.com/?key2=%C1%CE%D2%E5%BF%FC&medium=01&category_path=01.00.00.00.00.00" \t "_blank). Cortex-M3之STM32嵌入式系统设计[M].中国电力出版社, 2012年

2. 参考书

[1] [刘景林](http://search.dangdang.com/?key2=%C1%F5%BE%B0%C1%D6&medium=01&category_path=01.00.00.00.00.00" \t "_blank)，[罗玲](http://search.dangdang.com/?key2=%C2%DE%C1%E1&medium=01&category_path=01.00.00.00.00.00" \t "_blank)，付朝阳 .电机及拖动基础[M].化学工业出版社,2011年

[2] 中国国家标准化管理委员会.直流电机试验方法[M].中国标准出版社,2009年

[3] 丁文龙.ARM 嵌入式系统基础与开发教程[M].北京大学出版社,2010年

**模块三：四旋翼无人机半实物平台系统开发与设计**

**（一）课程设计任务**

本课程设计是四旋翼无人机半实物平台系统开发与设计，并进行仿真和实验验证。具体内容包括：

1. 建立四旋翼无人机的数学建模，设计姿态闭环控制系统并进行仿真验证；

2. 搭建四旋翼无人机实物平台，完成硬件电路连接和测试；

3. 选择合适的控制算法，如：PID、滑模、反步法等，实现无人机姿态控制，给出不同参数下的系统输出变量变化曲线图，分析实验结果得出相关结论；

4. 在simulink中完成四旋翼无人机模型的搭建。

5. 实现下述功能：① 将simulink模型烧入到无人机中，启动开关，无人机可以飞行；② 启动姿态控制可以使得无人机已期望姿态进行飞行；③观测当前姿态角的实际值和期望值。

**（二）课程设计内容**

1．被控对象数学建模和simulink模型搭建。

理解四旋翼无人机姿态环和位置环并建立数学模型，设计姿态闭环控制并进行MATLAB仿真验证。

重点支撑毕业要求指标点2-3、3-1。

2. 系统硬件电路设计、连接和测试

完成四旋翼无人机半实物平台搭建，包括系统方案的总体设计、硬件模块详细设计，并对硬件电路进行连接和测试。

重点支撑毕业要求指标点2-3、3-1。

3. 软件设计

完成姿态闭环控制系统设计。

重点支撑毕业要求指标点2-3、3-1。

4. 系统调试

对姿态控制进行调试，满足各项性能指标，使实验结果达到设计要求。

重点支撑毕业要求指标点2-3、3-1。

5. 姿态控制方案分析

在施加不同的控制算法下，姿态收敛到预定的期望值的速度以及抖动和抗干扰能力。

重点支撑毕业要求指标点2-3，3-1。

6. 验收答辩

现场验收答辩要点包括阐述设计思想、设计内容、调试过程、分析结果并回答问题。

**（三）课程设计进程安排**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **课程设计主要内容** | **计划时间（天）** | **重点支持毕业要求指标点** |
| 1 | 被控对象数学建模和simulink建模 | 1.5 | 2-3、3-1 |
| 2 | 硬件设计和测试 | 2 | 2-3、3-1 |
| 3 | 软件设计和测试 | 2.5 | 2-3、3-1 |
| 4 | 系统调试 | 2.5 | 2-3、3-1 |
| 5 | 实验结果分析（姿态控制分析） | 1 | 2-3、3-1 |
| 6 | 验收答辩 | 0.5 | 10-1 |
| 小计 |  | 10 |  |

**（四）主要仪器设备**

**硬件：**示波器、万用表、计算机、飞控、支架、电源等。

**软件**：MATLAB。

**（五）教材及参考书**

1. 教材

[1] 刘金琨.先进PID控制MATLAB仿真[M].电子工业出版社,2016年

[2] 刘金琨.滑模变结构控制MATLAB仿真[M].清华大学出版社,2015年

[3] 张袅. 终端滑模控制理论及应用[M].北京科学出版社, 2011年

2. 参考书

[1] 韩京清 .自抗扰控制技术[M].国防工业出版社,2008年

**四、考核及实验报告**

**（一）考核**

本课程设计成绩由以下三部分组成：设计与调试（50%）、报告（30%）、平时纪律表现（20％）。综合成绩按：优秀、良好、中等、及格和不及格五等评定。

**（二）报告要求**

报告必须包括以下内容：

（1）设计课题名称，学生姓名、班级、学号；

（2）设计目的、任务、要求、课题内容；

（3）设计和实现；

（4）测试和结果；

（5）课题结果分析；

（6）课题中遇到的问题及实际心得

（7）参考文献。

**五、课程教学内容与课程目标对应关系矩阵**

列表说明课程各知识单元与课程目标对应支撑关系。

如：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 目标目标  课程内容 | 目标  1.1 | 目标  1.2 | 目标  1.3 | 目标  2.1 | 目标  2.2 | 目标  2.3 | 目标  3.1 | 目标  3.2 | 目标  3.3 | 目标  3.4 |
| 被控对象数学建模和MATLAB仿真 | ● | ● | ● | ● | ● |  | ● | ● | ● | ● |
| 硬件设计和测试 | ● | ● | ● |  | ● | ● |  | ● | ● |  |
| 软件设计和测试 |  | ● |  | ● |  | ● |  | ● | ● |  |
| 系统调试 | ● | ● | ● |  |  | ● |  | ● | ● |  |
| 实验结果分析 | ● | ● | ● | ● | ● |  | ● | ● |  | ● |
| 验收答辩 | ● | ● | ● |  |  |  |  | ● |  |  |

**六、持续改进**

本课程根据学生的设计成果及设计报告、平时考核情况和学生、教学督导等反馈，及时对教学中不足之处进行改进，并在下一轮课程教学中改进提高，确保相应毕业要求指标点达成。

执笔人：王邢波/聂建辉/徐丰羽/朱松豪 审核人：尹海涛 实验院长：张腾飞