**《电子与控制实验》教学大纲**

Experiments of Electronics and Control

**课程编码：** 2314241807 **学分：** 1.5 **课程类别：** 基础实践课

**计划学时：** 54 **讲课：** **实验或实践：54** **上机：**0

**适用专业:** 机械制造及其自动化、机械电子工程 **先修课程：**电工电子、单片机原理与应用、机械工程控制基础、机械工程测试技术、机电一体化系统设计、机电传动控制

**推荐教材：** 郭安福、郭宏亮、陈林林，《电子与控制实验》，电子工业出版社，2019。

**参考书目：**

1. 冯秀清、邓星钟，《机电传动控制》第五版 华中科技大学出版社，2016

2. 张建民，《机电一体化系统设计 第四版》，高等教育出版社，2014

3. Universal Robots, 《UR5机器人用户手册》，优傲机器人贸易（上海）有限公司， 2012

4. Universal Robots, 《UR5机器人软件操作说明书》，优傲机器人贸易（上海）有限公司， 2012

5. 赵丽清、惠鸿忠，《单片机原理与C51基础》，机械工业出版社，2012

6. 王恩亮、陈洁，《单片机技术与项目实践》，机械工业出版社，2018

7. 胡寿松，《自动控制原理基础教程》, 科学出版社，2017

8. 谭心、尹明，《机械工程控制基础》, 电子工业出版社，2013

9. 祝守新、邢英杰，《机械工程控制基础》, 清华大学出版社，2015

10. [柳洪义](http://search.dangdang.com/?key2=%C1%F8%BA%E9%D2%E5&medium=01&category_path=01.00.00.00.00.00)、[宋伟刚](http://search.dangdang.com/?key2=%CB%CE%CE%B0%B8%D5&medium=01&category_path=01.00.00.00.00.00)，《机械工程控制基础》, 科学出版社，2006

11. 张一清、杨少卿，《电工学实验教程》，西安电子科技大学出版社，2018

**课程性质**

电子与控制实验是机械类各专业必修的一门基础实践课。其目的和任务在于使学生所学理论知识能更好地向实践知识转化，并能够锻炼学生实际动手能力；掌握实验中所用到的仪器和工具的使用方法；掌握实验过程中的注意事项；深入了解实验工具和仪器的基本原理；加深对实验涉及相关课程中理论知识的理解和掌握。

**课程目标**

1．通过电工学实验使学生掌握常用电子仪器（万用表、毫伏表、信号源、直流稳压电源、示波器等）的正确使用方法，基本电参数（交直流电压、交直流电流、频率、时间等）的测量方法，电路的基本测试方法。

2．能理论联系实际，培养学生的设计能力、动手能力、创新能力，全面提高学生的实验研究能力，分析和解决问题能力、实验数据的处理能力、理论联系实践的能力、故障诊断能力、让学生学会测试、观察实验现象、数据分析处理的基本方法与理论知识。

3．重点锻炼学生在电工电子、控制技术、单片机、机电一体化和测试技术方面的实践能力，要求学生能掌握大纲的基本内容，并具有解决工程实际应用问题的能力。

4．使学生掌握单片机控制系统的硬件组成环境，常用的功能模块，单片机的编程和调试技巧，并具体锻炼使用I/O口、中断系统、定时器和数码显示模块。

5．使学生掌握机电一体化系统中常用的伺服电机控制技术，形成对工业机器人的有效认知并掌握初步的机器人编程技术。

6．通过实验教学，使学生进一步了解和掌握自动控制理论的基础概念、控制系统的分析设计方法，学习和掌握分析设计控制系统的各种仿真方法。

7．使学生对各种类型的传感器有一定的认识，掌握霍尔传感器、磁电式传感器、光电式传感器、电阻应变式传感器、热敏电阻、热电偶的工作原理，测量方法及应用。

8．熟悉交、直流电动机的机械特性，掌握继电器—接触器控制电路中的基本控制环节，学会设计较为简单的控制电路

**课程目标与毕业要求指标点的对应关系**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **毕业要求** | **毕业要求指标点** | **课程目标** |
| **毕业要求4. 研究** | 指标点4-3：能够根据实验方案开展实验研究，选用或搭建合理的实验装置开展实验研究并正确采集数据。  指标点4-4：掌握常用的数据处理方法，对实验数据和结果进行分析和解释，并获取合理有效的结论。 | 课程**目标**1  课程**目标**2  课程**目标**3  课程**目标**4  课程**目标**5  课程**目标**6  课程**目标**7  课程**目标**8 |
| **毕业要求10. 沟通** | 指标点10-1：能够通过口头陈述、书面报告等方式对复杂机械设计制造及其自动化问题及其解决方案进行清晰表达，能够利用现代信息手段与业界同行及社会公众进行有效沟通。 | 课程**目标**1  课程**目标**2  课程**目标**3  课程**目标**4  课程**目标**5  课程**目标**6  课程**目标**7  课程**目标**8 |

**各实验授课内容、教学方法及学时分配建议**

**实验一、基尔霍夫定律和叠加原理的验证（2学时）— 支持课程目标1、2**

**【教学目的与要求】**

（1）验证基尔霍夫定律的正确性，加深对基尔霍夫定律的理解。

（2）掌握万用表、直流数字电流表及稳压电源的使用方法

（3）验证线性电路叠加原理的正确性，从而加深对线性电路的叠加性和齐次性的认识和理解。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**掌握基尔霍夫定律。

**【难点】**对线性电路叠加性和齐次性的认识和理解。

**【授课方法】**教师课堂讲授并示范，学生观察并实际操作，在操作中观察实验现象。实际动手测量相关数据并记录。

**【教学内容】**

（1）验证基尔霍夫电压定律的正确性，并加深对基尔霍夫电压定律的认识和理解。

（2）将电源分别单独作用于电路，分别测量电路中的电压和电流。

（3）将电源共同作用于电路，测量电路中的电压和电流。

**【提高、拓展内容】**在实验中，若用万用表的直流电流档测量各支路电流，在什么情况下可能出现负值？应如何处理？

**实验二、电压源与电流源的等效变换（2学时）— 支持课程目标1、2**

**【教学目的与要求】**

（1）加深对电压源、电流源概念的理解。

（2）掌握电源外特性的测试方法。

（3）验证电压源与电流源等效变换的条件。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**掌握电压源、电流源的概念。

**【难点】**掌握电压源与电流源等效变换的条件。

**【授课方法】**

（1）教师课堂讲授后示范，学生观察后操作，在操作中观察实验现象。实际动手测量相关数据并记录。

（2）根据实验数据绘出电源的4条外特性曲线，并总结、归纳各类电源的特性。从实验结果来验证电源等效变换的条件。

**【教学内容】**

（1）测定理想电压源与实际电压源的外特性。

（2）测定电流源的外特性

（3）测定电源等效变换的条件。

**【提高、拓展内容】**直流稳压电源的输出端为什么不允许短路？直流恒流源的输出端为什么不允许开路？

**实验三、正弦稳态交流电路相量的研究（2学时）— 支持课程目标1、2**

**【教学目的与要求】**

（1）研究正弦稳态交流电路中电压、电流相量之间的关系。

（2）掌握日光灯线路的连接，及测试方法。

（3）理解改善电路功率因数。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**正弦稳态交流电路中电压、电流相量的关系。

**【难点】**理解改善电路功率因数。

**【授课方法】**

（1）教师课堂讲授后示范，学生观察后操作，在操作中观察实验现象。实际动手测量相关数据并记录。

（2）根据实验数据绘出电源的4条外特性曲线，并总结、归纳各类电源的特性。从实验结果来验证电源等效变换的条件。

**【教学内容】**

（1）测定理想电压源与实际电压源的外特性。

（2）测定电流源的外特性

（3）测定电源等效变换的条件。

**【提高、拓展内容】**提高线路功率因数为什么只采用并联电容器法而不用串联法？所并联的电容器的电容值是否越大越好？

**实验四、三相交流电路电压、电流的测量（2学时）— 支持课程目标1、2**

**【教学目的与要求】**

（1）掌握三相负载作星形连接三角形连接的方法，验证这两种接法下线电压，相电压及线电流、相电流之间的关系。

（2）充分理解三相四线制供电系统中中线的作用。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**掌握三相负载不同接法的线电压、相电压及线电流、相电流之间的关系。

**【难点】**三相四线制供电系统中中线的作用。

**【授课方法】**

（1）教师首先利用20分钟左右的时间对实验原理和实验内容作讲解，然后学生根据教师讲解进行实验操作。另外，对于学生较难理解和比较复杂以及有一定危险性的操作，教师还应在实验之前做演示操作。

（2）正确识别和使用各仪器仪表。掌握三相负载星形联接和三角形联接方式及电压、电流的测量方法。

**【教学内容】**

（1）三相负载星形联接及电压、电流的测量。

（2）三相负载三角形联接及电压、电流的测量。

**【提高、拓展内容】**分析三相星形连接不对称负载在无中线的情况下，当某相负载开路或短路时会出现什么情况。

**实验五、常用电子仪器的使用（2学时）— 支持课程目标1、2**

**【教学目的与要求】**

（1）学习电子电路实验中常用的电子仪器：函数信号发生器、直流稳压电源、交流毫伏表、频率计、万用表等的主要技术指标、性能及正确使用方法。

（2）初步掌握用双踪示波器观察正弦信号波形和读取波形参数的方法。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**掌握直流稳压电源、万用表的正确使用方法。

**【难点】**掌握双踪示波器的使用方法。

**【授课方法】**

教师首先利用20分钟左右的时间对实验原理和实验内容作讲解，然后学生根据教师讲解进行实验操作。另外，对于学生较难理解和比较复杂以及有一定危险性的操作，教师还应在实验之前做演示操作。

**【教学内容】**

（1）熟悉各种实验仪器的使用方法、用万用表测试实验箱上的电阻、电容、直流电源的数值并与标称值相比较，对元件的误差有初步认识。用万用表测试实验箱上的二极管、三极管的结电压，并判别其极性及好坏。

（2）用信号发生器输出一频率为1kHz、幅值为1.4V的正弦波信号用交流毫伏表测量信号参数。用示波器观察该信号的波形，并记录示波器上的频率，峰-峰制等数据。

（3）测量两波形间相位差

　 1) 观察双踪显示波形“交替”与“断续”两种显示方式的特点

　2) 用双踪显示测量两波形间相位差

**【提高、拓展内容】**频谱仪、EMI测试接收机等高端测试设备的介绍。

**实验六、单管共射交流放大电路（2学时）— 支持课程目标1、2**

**【教学目的与要求】**

（1）学会放大器静态工作点的调试方法，分析静态工作点对放大器性能的影响。

（2）掌握放大器电压放大倍数、输入电阻、输出电阻及最大不失真输出电压的测试方法。

（3）熟悉常用电子仪器及模拟电路实验设备的使用。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**掌握放大器电压放大倍数、输入电阻、输出电阻及最大不失真输出电压的测试方法。

**【难点】**掌握常用电子仪器及模拟电路实验设备的使用。

**【授课方法】**学生课前预习理论，教师现场讲解示范，学生实际操作，测定数据并填写实验报告。

**【教学内容】**

（1）放大电路静态工作点的调试方法，分析静态工作点对放大器性能的影响。

（2）放大器电路的电压放大倍数、输入电阻、输出电阻及最大不失真输出电压的测试。

**【提高、拓展内容】**总结RB、RC1、和RL变化以后对静态工作点、放大倍数及输出波形的影响。

**实验七、TTL基本门电路逻辑功能测试（2学时）— 支持课程目标1、2**

**【教学目的与要求】**

（1）掌握常用TTL门电路的逻辑功能，熟悉其型号、外形和管脚排列。

（2）验证基本门电路的逻辑功能。

（3）熟悉常用电子仪器及模拟电路实验设备的使用。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**掌握常用TTL门电路的逻辑功能，熟悉其型号、外形和管脚排列。

**【难点】**掌握常用电子仪器及模拟电路实验设备的使用。

**【授课方法】**学生课前预习理论，教师现场讲解示范，学生实际操作，测定数据并填写实验报告。

**【教学内容】**

（1）测试与非门的逻辑功能。

（2）测试或非门的逻辑功能。

（3）测试异或门的逻辑功能。

（4）测试与或非门的逻辑功能。

（5）用TTL与非门组成其他功能逻辑门。

**【提高、拓展内容】**逻辑门电路（TTL）与非门和或非门不用的输入端的处理方法。

**实验八、译码器及其应用（2学时）— 支持课程目标1、2**

**【教学目的与要求】**

（1）掌握二进制译码器的功能及测试方法。

（2）掌握利用二进制译码器设计组合逻辑电路的方法。

（3）熟悉显示译码器和数码管的使用方法。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**掌握二进制译码器的功能及测试方法。

**【难点】**掌握利用二进制译码器设计组合逻辑电路的方法。

**【授课方法】**学生课前预习理论，教师现场讲解示范，学生实际操作，测定数据并填写实验报告。

**【教学内容】**

（1）74LS138功能测试。

（2）用74LS138和74LS20设计全加器。

（3）集成显示译码器功能测试。

**【提高、拓展内容】**译码器的实际应用场景举例。

**实验九、单片机LED灯显示实验（2学时）— 支持课程目标3、4**

**【教学目的与要求】**本次实验使学生了解单片实验箱的硬件结构和工作原理，掌握I/O口的控制方法和循环延时算法，利用发光二极管编写流水灯的实验程序，使八个LED灯按照一定规律循环依次点亮，验证实验效果。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**I/O口的写操作和循环延时算法。

**【难点】**循环延时算法的调整。

**【授课方法】**学生课前预习理论，教师现场讲解示范，学生实际操作，测定数据并填写实验报告。

**【教学内容】**

（1）用Keil软件编写流水灯的汇编语言程序。

（2）连接单片机的P1口和LED灯，下载程序并运行。

（3）观察并记录LED灯的变换规律和间隔时间，与程序比较。

**【提高、拓展内容】**自行修改程序使LED灯按照预期方式变化。

**实验十、单片机外部中断实验（2学时）— 支持课程目标3、4**

**【教学目的与要求】**通过本次实验使学生加深理解MCS-51单片机中断过程及优先级概念，学习外部中断技术的基本使用方法，理解中断出发机制，进一步掌握中断处理程序的编程方法。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**中断设定、中断服务程序的编写。

**【难点】**中断触发机制的理解和实验。

**【授课方法】**学生课前预习理论，教师现场讲解示范，学生实际操作，填写实验报告。

**【教学内容】**

1. 编写程序使得当按K2键时显示的数是依次增加而当按K1键时显示的数字是依次减少的。
2. 用INT0端接单次脉冲发生器，P1.0接LED灯，以查看信号反转。

**【提高、拓展内容】**了解用中断机制连接外部传感器的方法。

**实验十一、单片机定时器/计数器实验（2学时）— 支持课程目标3、4**

**【教学目的与要求】**通过本次实验使学生加深了解单片机定时/计数器的工作原理，学习定时程序的编写，掌握定时器工作方式设定、初值设定、启动停止控制等编程方法，理解中断法和查询法使用定时器的区别，加强汇编语言开发能力，验证定时器定时精度。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**定时器工作方式设定，初值的设定，中断法处理的编程方法。

**【难点】**初值设定，定时中断服务子程序的编写。

**【授课方法】**学生课前预习理论，教师现场讲解示范，学生实际操作，测定数据并填写实验报告。

**【教学内容】**

（1）用Keil软件编写单片机定时器T1方式1的应用程序。

（2）通过定时器1来定时产生反转信号，用定时中断控制P1.0 线上的脉冲输出，驱动LED灯闪烁。

（3）修改定时器参数，观测LED灯闪烁的变化规律

**【提高、拓展内容】**用秒表测量定时器定时时间，验证其准确性。

**实验十二、单片机数字时钟实验（2学时）— 支持课程目标3、4**

**【教学目的与要求】**通过本次实验使学生理解掌握数码管显示模块的功能与用法，学习用单片机开发时钟控制功能，用数码管来显示时钟的变化。进一步加强理解定时与延时的算法，掌握数码管的显示控制方法。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**用单片机产生时、分、秒的编程方法，数码管控制方法。

**【难点】**数码管的原理和控制方法。

**【授课方法】**学生课前预习理论，教师现场讲解示范，学生实际操作，测定数据并填写实验报告。

**【教学内容】**

（1）用Keil软件编写单片机模拟数字时钟的应用程序。

（2）用单片机串口连接串并转换模块，再驱动多个数码管显示。

（3）运行数字时钟程序，观测显示变化的准确性。

**【提高、拓展内容】**尝试用数码管显示其他信息的方法。

**实验十三、线性系统数学模型的MATLAB 描述（2学时）——支持课程目标6**

**【教学目的与要求】**了解MATLAB 软件的基本特点和功能；掌握线性系统被控对象的传递函数数学模型在MATLAB 环境下的表示方法及转换；掌握多环节串联、并联、反馈连接时整体传递函数的求取方法；掌握在Simulink 环境下系统结构图的形成方法及整体传递函数的求取方法；了解在MATLAB 环境下求取系统的输出时域表达式的方法。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**掌握常见数学模型的表达式。

**【难点】**了解传递函数方框图的等效性。

**【授课方法】**以课堂讲授为主，课堂讨论和课下自学为辅，并联系生产和生活实际，让学生意识到数学模型对于控制系统的重要性。

**【教学内容】**

（1）被控对象模型的建立。

（2）不同模型的相互转换。

（3）环节串联、并联、反馈连接时等效的整体传递函数的求取。

（4）系统采用复杂连接时等效的整体传递函数的求取。

**【提高、拓展内容】**了解控制系统在机械各行业中的应用。

**实验十四、利用MATLAB 分析系统时间响应（2学时）——支持课程目标6**

**【教学目的与要求】**掌握利用MATLAB 进行控制系统时域分析的方法；求解典型环节响应；掌握判断系统稳定性的方法；掌握分析系统的动态特性的方法。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**掌握利用MATLAB 进行控制系统时域分析的方法。

**【难点】**掌握分析系统的动态特性的方法。

**【授课方法】**以课堂讲授为主，课堂讨论和课下自学为辅，并联系生产和生活实际，让学生掌握利用MATLAB 进行控制系统时间响应的方法。

**【教学内容】**

（1）时间响应概述。

（2）控制系统脉冲响应。

（3）控制系统阶跃响应。

（4）控制系统动态特性分析。

**【提高、拓展内容】**了解控制系统稳定性的时域分析方法。

**实验十五、利用MATLAB 分析系统频率特性（2学时）——支持课程目标6**

**【教学目的与要求】**掌握利用计算机、MATLAB绘制系统的奈奎斯特图和波特图的方法；观察记录控制系统的开环频率特性；控制系统的开环频率特性分析。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**掌握利用计算机、MATLAB绘制系统的奈奎斯特图和波特图的方法。

**【难点】**掌握控制系统的开环频率特性分析方法。

**【授课方法】**以课堂讲授为主，课堂讨论和课下自学为辅，并联系生产和生活实际，让学生掌握利用MATLAB 进行控制系统频率特性分析的方法。

**【教学内容】**

（1）频率特性、Nyquist、Bode图概述。

（2）奈奎斯图图绘制。

（3）波特图绘制。

（4）控制系统频率特性分析。

**【提高、拓展内容】**了解控制系统稳定性的频域分析方法。

**实验十六、利用MATLAB 分析系统稳定性（2学时）——支持课程目标6**

**【教学目的与要求】**掌握利用MATLAB 分析系统的稳定性的方法；掌握系统稳定性的判定法则；掌握系统稳定裕度的含义和计算方法。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**掌握利用MATLAB 分析系统的稳定性的方法。

**【难点】**掌握系统稳定裕度的计算方法。

**【授课方法】**以课堂讲授为主，课堂讨论和课下自学为辅，并联系生产和生活实际，让学生掌握利用MATLAB 进行控制系统稳定性分析的方法。

**【教学内容】**

（1）控制系统稳定性概述。

（2）利用PZmap绘制连续系统的零极点图。

（3）利用TF2ZP求出系统零极点。

（4）通过利用roots求分母多项式的根确定系统的极点。

**【提高、拓展内容】**了解控制系统辨识方法（实验法求系统数学模型）。

**实验十七 开关式霍尔传感器、磁电式传感器、光电传感器测转速实验（2学时）——支持课程目标7**

**【教学目的与要求】**通过此次实验的学习，使学生掌握开关式霍尔传感器测转速的应用；掌握磁电式测量转速的原理；了解光电转速传感器测量转速的原理及方法。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**三种传感器的工作原理及测量方法。

**【难点】**三种传感器各自优缺点及应用上的区别。

**【授课方法】**教师课堂讲授，学生观察并实际操作，在操作中观察实验现象。实际动手测量相关数据并记录。

**【教学内容】**

（1）霍尔传感器测转速。

（2）磁电式传感器测转速。

（3）光电式传感器测转速。

（4）记录数据。

**【提高、拓展内容】**思考题：1、利用开关式霍尔传感器测转速时被测对象要满足什么条件？ 2、磁电式转速传感器测很低的转速时会降低精度，甚至不能测量。如何创造条件保证磁电式转速传感器正常测转速？能说明理由吗？ 3、三种传感器测量转速，试分析比较一下哪种方法最简单、方便。

**实验十八 应变片单臂、半桥、全桥性能比较实验（2学时）——支持课程目标7**

**【教学目的与要求】**通过此次实验的学习，使学生掌握电阻应变片的工作原理与应用并掌握应变片测量电路；了解应变片单臂、半桥（双臂）及全桥工作特点及性能；比较单臂、半桥、全桥输出时的灵敏度和非线性度，得出相应的结论。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**应变片单臂、半桥、全桥三种电路的连接并测量。

**【难点】**全桥电路的连接，灵敏度和非线性度之间的关系及原因。

**【授课方法】**教师课堂讲授，学生观察并实际操作，在操作中观察实验现象。实际动手测量相关数据并记录。

**【教学内容】**

（1）将托盘安装到传感器上，测量应变片的阻值，实验模板中的差动放大器调零。

（2）应变片单臂电桥实验。

（3）应变片双臂电桥实验。

（4）应变片全桥电桥实验。

**【提高、拓展内容】**思考题：1、半桥测量时两片不同受力状态的电阻应变片接入电桥时，应放在对边还是邻边。2、测量中，当两组对边（R1、R3为对边）电阻值R相同时，即R1＝R3，R2＝R4，而R1≠R2时，是否可以组成全桥。3、怎样应用应变片直流全桥做一个电子秤。

**实验十九 热敏电阻、热电偶测温特性实验（2学时）——支持课程目标7**

**【教学目的与要求】**通过此次实验的学习，使学生掌握热敏电阻、热电偶的特性以及基本原理；掌握两种测温方法各自的优缺点和相应的应用场景；熟悉温度源的调节过程，学会智能调节器和温度源的使用。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**热敏电阻、热电偶测温的有缺点及应用上的区别。

**【难点】**热敏电阻、热电偶测温的原理与测试方法。

**【授课方法】**教师课堂讲授，学生观察并实际操作，在操作中观察实验现象。实际动手测量相关数据并记录。

**【教学内容】**

（1）温度源的温度调节。

（2）Pt100铂电阻测温特性。

（3）Cu50铜热电阻测温特性。

（4）K热电偶测温特性。

（5）E热电偶测温特性。

**【提高、拓展内容】**实验过程中的误差由哪些因素造成以及减小测量误差的方法。

**实验二十、机电一体化直流伺服电机实验（2学时）— 支持课程目标3、5**

**【教学目的与要求】**本次实验使学生加深了解直流电机的工作原理，掌握直流电机调速的方法，理解他励式直流电机和直流测功机的工作原理，掌握直流伺服电动机的机械特性和调节特性的测量方法。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**直流伺服电动机的机械特性测量。

**【难点】**测功机的调试负载力矩方法。

**【授课方法】**学生课前预习理论，教师现场讲解示范，学生实际操作，测定数据并填写实验报告。

**【教学内容】**

（1）测量直流伺服电动机的机械特性T=f（n）。

（2）测量直流伺服电动机的调节特性n=f（Ua）。

**【提高、拓展内容】**了解直流电机PWM调速原理和使用方法。

**实验二十一、机电一体化步进电机实验（2学时）— 支持课程目标3、5**

**【教学目的与要求】**通过本次实验使学生加深了解步进电动机的驱动电源和电机的工作情况，并对步进电动机的基本特性进行测定，包括：单步运行状态；角位移和脉冲数的关系；空载最高连续工作频率的测定；平均转速和脉冲频率的关系；矩频特性的测定及最大静力矩特性的测定。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**单步运行状态；角位移和脉冲数的关系；平均转速和脉冲频率的关系。

**【难点】**矩频特性的测定及最大静力矩特性的测定。

**【授课方法】**学生课前预习理论，教师现场讲解示范，学生实际操作，测定数据并填写实验报告。

**【教学内容】**

（1）步进电机单步运行状态测定。

（2）步进电机角位移和脉冲数的关系的测定。

（3）步进电机空载最高连续工作频率的测定。

（4）步进电机平均转速和脉冲频率的关系的测定。

（5）步进电机矩频特性的测定及最大静力矩特性的测定。

**【提高、拓展内容】**了解步进电机驱动丝杠滑台机构的原理和使用方法。

**实验二十二、机电一体化工业机器人认知实验（2学时）— 支持课程目标3、5**

**【教学目的与要求】**本次实验让学生现场观摩UR5机器人的使用过程，了解其特点及一般使用方法，以增强学生对工业机器人的理解。了解UR5型工业机器人的功能、特点、适用领域；了解UR5工业机器人的一般设置方法和操作过程。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**UR5工业机器人的一般设置方法和操作过程。

**【难点】**人机界面学习和安全性管制。

**【授课方法】**学生课前预习理论，教师现场讲解示范，学生实际操作，并填写实验报告。

**【教学内容】**

（1）了解UR5机器人的结构原理和功能特点。

（2）观摩UR5机器人的运行过程，了解操作方法。

（3）熟悉UR5机器人的界面和设置方法。

**【提高、拓展内容】**自己设计一个机器人抓取工件的应用案例。

**实验二十三、机电一体化工业机器人编程实验（2学时）— 支持课程目标3、5**

**【教学目的与要求】**本次实验让学生学习掌握UR5机器人的编程方法，用其自带的PolyScope语言开发程序，掌握其初级中级指令，能够进行点动控制、轨迹规划、路点调整、直线和曲线运动控制、传感器信号读取、延时、和伺服机构动作控制等操作。完成一个用电磁铁在两点来回搬运铁块的应用，测试重复精度。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**轨迹规划、路点调整、I/O端口控制指令。

**【难点】**最优轨迹规划和路点选择。

**【授课方法】**学生课前预习理论，教师现场讲解示范，学生实际操作，测定数据并填写实验报告。

**【教学内容】**

（1）UR5机器人初级和中级编程指令。

（2）轨迹规划和路点调整方法，直线和曲线运动控制。

（3）机器人I/O端口操作，传感器信号读取、延时、和伺服机构动作控制。

（4）完成一个应用案例，用电磁铁在两点来回搬运铁块，测试重复精度。

**【提高、拓展内容】**了解UR5机器人在实际工业生产领域中的应用。

**实验二十四、直流电动机的机械特性（2学时）——支持课程目标8**

**【教学目的与要求】**通过本实验，使学生学习机电传动控制实验的基本要求与安全操作注意事项；熟悉他励直流电动机的接线、启动、反转、调速的方法。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**他励直流电动机的调速。

**【难点】**他励直流电动机的机械特性。

**【授课方法】**学生提前预习，撰写预习报告。实验课上教师讲解、示范；学生分组操作；课后处理数据、撰写实验报告。

**【教学内容】**

（1）他励直流电动机的启动。

（2）他励直流电动机的反转。

（3）他励直流电动机的调速特性。

**【提高、拓展内容】**（1）当他励直流电动机的负载转矩和励磁电流不变时，减小电枢端电压，为什么会引起电动机转速降低？

（2）当他励直流电动机的负载转矩和电枢端电压不变时，减小励磁电流会引起转速升高，为什么？

（3）并励电动机在负载运行中，当磁场回路断线时是否一定会出现“飞车”？为什么？

**实验二十五、三相异步电动机的机械特性（2学时）——支持课程目标8**

**【教学目的与要求】**通过本实验，使学生了解三相异步电动机的基本结构和工作原理。掌握三相异步电动机的启动、调速和反转的方法。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**三相异步电动机的调速。

**【难点】**三相异步电动机的星形-三角形（Ｙ-△）降压启动。

**【授课方法】**学生提前预习，撰写预习报告。实验课上教师讲解、示范；学生分组操作；课后处理数据、撰写实验报告。

**【教学内容】**

（1）异步电动机的直接启动。

（2）异步电动机的星形-三角形（Ｙ-△）降压启动。

（3）异步电动机的调速。

（4）异步电动机的反转。

**【提高、拓展内容】**比较异步电动机不同启动方法的优缺点。

**实验二十六、三相异步电动机的正反转控制（2学时）——支持课程目标8**

**【教学目的与要求】**通过本实验，使学生掌握由电气原理图变换成安装接线图的方法；理解点动控制和自锁控制的特点以及在机床控制中的应用；掌握正反转控制线路的接法。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**三相异步电动机的正反转控制。

**【难点】**三相异步电动机的正反转控制。

**【授课方法】**学生提前预习，撰写预习报告。实验课上教师讲解、示范；学生分组操作；课后处理数据、撰写实验报告。

**【教学内容】**

（1）三相异步电动机点动、自锁控制线路

（2）三相异步电动机的正反转控制线路。

**【提高、拓展内容】**（1）比较图6-3-1 和图6-3-2，说明两者在结构和功能上有什么区别。

**实验二十七、三相异步电动机的制动控制（2学时）——支持课程目标8**

**【教学目的与要求】**通过本实验，使学生掌握各种制动的原理，了解不同制动的特点和适用的范围。

**【教学重点与难点】**

**【重点】**三相异步电动机的制动控制。

**【难点】**设计三相异步电动机的反接制动控制回路。

**【授课方法】**学生提前预习，撰写预习报告。实验课上教师讲解、示范；学生分组操作；课后处理数据、撰写实验报告。

**【教学内容】**

（1）三相异步电动机能耗制动控制

（2）三相异步电动机反接制动控制。

**【提高、拓展内容】**反接制动和能耗制动的制动原理各适用在哪些场合？速度继电器在反接制动中起什么作用？

**教学方法与手段**

本课程根据课程内容和学生特点，灵活运用示范性教学、启发式教学法、集中与个别指导结合的教学法。

(1) **示范性教学：**在实验教学过程中，教师首先进行详尽的操作示范，讲解设备原理与运行方法，强调安全性措施，使学生开始便形成对实验目的、实验设备、和实验步骤的完备理解，在此基础上发挥个人理解力与开拓能力，丰富实验内容，增大实验成果。

(2) **启发式教学：**在教学过程中，把讲解和提问相结合，把学生作为教学过程的主体，引导学生主动思考，充分发挥学生的主观能动性，启发学生的思维积极活动，进一步调用学生学习的积极性和主动性，培养学生深入钻研、探究的学习习惯。

(3) **集中与个别指导结合教学：**把讨论式方式贯穿实验教学全过程，如实验原理、方案设计、实验操作、结果分析等。通过教师启发和引导，让学生从易到难，由简单到复杂，不是被动地完成学习任务，而是自主思考，从而获得一个宽松的思维和想象的空间，通过自己亲自选择、在自己能够接受的水平和基础上，自主设计、实验，解决困难和问题。

(4) **案例教学：**教学过程中使用恰当的案例，使学生由浅入深，循序渐进的解决问题，充分发挥学生的思维，突出学生的主体作用，有效培养学生分析问题和解决问题的能力。

**学时分配表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **实验名称** | **实验学时** |
| 1 | 实验一、基尔霍夫定律和叠加原理的验证 | 2 |
| 2 | 实验二、电压源与电流源的等效变换 | 2 |
| 3 | 实验三、正弦稳态交流电路相量的研究 | 2 |
| 4 | 实验四、三相交流电路电压、电流的测量 | 2 |
| 5 | 实验五、常用电子仪器的使用 | 2 |
| 6 | 实验六、单管共射交流放大电路 | 2 |
| 7 | 实验七、TTL基本门电路逻辑功能测试 | 2 |
| 8 | 实验八、译码器及其应用 | 2 |
| 9 | 实验九、单片机LED灯显示实验 | 2 |
| 10 | 实验十、单片机外部中断实验 | 2 |
| 11 | 实验十一、单片机定时器/计数器实验 | 2 |
| 12 | 实验十二、单片机数字时钟实验 | 2 |
| 13 | 实验十三、线性系统数学模型的MATLAB 描述 | 2 |
| 14 | 实验十四、利用MATLAB 分析系统时间响应 | 2 |
| 15 | 实验十五、利用MATLAB 分析系统频率特性 | 2 |
| 16 | 实验十六、利用MATLAB 分析系统稳定性 | 2 |
| 17 | 实验十七、开关式霍尔传感器、磁电式传感器、光电传感器测转速实验 | 2 |
| 18 | 实验十八、应变片单臂、半桥、全桥性能比较实验 | 2 |
| 19 | 实验十九、热敏电阻、热电偶测温特性实验 | 2 |
| 20 | 实验二十、机电一体化直流伺服电机实验 | 2 |
| 21 | 实验二十一、机电一体化步进电机实验 | 2 |
| 22 | 实验二十二、机电一体化工业机器人认知实验 | 2 |
| 23 | 实验二十三、机电一体化工业机器人编程实验 | 2 |
| 24 | 实验二十四、直流电动机的机械特性 | 2 |
| 25 | 实验二十五、三相异步电动机的机械特性 | 2 |
| 26 | 实验二十六、三相异步电动机的正反转控制 | 2 |
| 27 | 实验二十七、三相异步电动机的制动控制 | 2 |
|  | 合计 | 54 |

**课程考核方式及成绩评定方法**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **考试类型** | **考核**  **方式** | **毕业要求指标点** | **课程**  **目标** | **教学内容** | **考核**  **分值** | **总分值** |
| **实验报告（40%）** | **实验报告（100%）** | 4-3  4-4  10-1 | 目标1  目标2 | 实验一、基尔霍夫定律和叠加原理的验证 | 3 | 100分 |
| 实验二、电压源与电流源的等效变换 | 3 |
| 实验三、正弦稳态交流电路相量的研究 | 3 |
| 实验四、三相交流电路电压、电流的测量 | 3 |
| 实验五、常用电子仪器的使用 | 3 |
| 实验六、单管共射交流放大电路 | 3 |
| 实验七、TTL基本门电路逻辑功能测试 | 3 |
| 实验八、译码器及其应用 | 3 |
| 目标3  目标4 | 实验九、单片机LED灯显示实验 | 4 |
| 实验十、单片机外部中断实验 | 4 |
| 实验十一、单片机定时器/计数器实验 | 4 |
| 实验十二、单片机数字时钟实验 | 4 |
| 目标6 | 实验十三、线性系统数学模型的MATLAB 描述 | 4 |
| 实验十四、利用MATLAB 分析系统时间响应 | 4 |
| 实验十五、利用MATLAB 分析系统频率特性 | 4 |
| 实验十六、利用MATLAB 分析系统稳定性 | 4 |
| 目标7 | 实验十七、开关式霍尔传感器、磁电式传感器、光电传感器测转速实验 | 4 |
| 实验十八、应变片单臂、半桥、全桥性能比较实验 | 4 |
| 实验十九、热敏电阻、热电偶测温特性实验 | 4 |
| 目标3  目标5 | 实验二十、机电一体化直流伺服电机实验 | 4 |
| 实验二十一、机电一体化步进电机实验 | 4 |
| 实验二十二、机电一体化工业机器人认知实验 | 4 |
| 实验二十三、机电一体化工业机器人编程实验 | 4 |
| 目标8 | 实验二十四、直流电动机的机械特性 | 4 |
| 实验二十五、三相异步电动机的机械特性 | 4 |
| 实验二十六、三相异步电动机的正反转控制 | 4 |
| 实验二十七、三相异步电动机的制动控制 | 4 |
| **实验成绩（60%）** | **上课表现和考勤（20%）** | 4-3  4-4  10-1 | 目标1-8 | 随堂提问、到课情况、问题调研情况 | 100 | 100分 |
| **实操考试（80%）** | 4-3  4-4  10-1 | 目标1-8 | 所有实验抽取一个实验进行完成 | 100 | 100分 |