



哈爾濱工業大學
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY



自动控制实践(A)综合实验

2024. 11



1. 基本情况

- 本课程：总共40学时（1学分），
必修课，考研课，
（课程设计内容可能出现在期末考试或考研题目中）。
- 主讲老师：
 - 隆志力 教授/博士生导师，13510281931
 - 宋金华 老师，实训中心
 - 李洪泉 老师，实训中心
 - 王彬彬 老师，实训中心
 - 刘 睿 老师，实训中心
 - 助教 硕士或博士研究生，1-2名/教室



2. 教学计划

课程周数	5	起始、结束周	12周, 16周
年级	22级自动化, 2人一组, 原则上同一教室自由组队		
上课时间	每次4学时, 共10次课, 每周2次课。		
设计地点安排	实训楼K218, K235, K520教室; 两人一组。		
考核形式	现场查看结果 (每次课) + 提交报告 (每次课) + 答辩 (最后一次课, PPT+汇总报告)		
考核时间	第16周 (最后一次课)。		
成绩组成	共100分。 1. 每次现场结果+报告【同时检查】: 每次约10分, 9次, 共 $10 \times 9 = 90$ 分; 2. 答辩+报告汇总: 10分; 【评分保留1位小数】 【同一组提交一份设计报告与PPT】		
教师分工安排	第一组: 由宋金华老师, 2位助教负责, 教室K218. 第二组: 由李洪泉, 隆志力老师, 2位助教负责, 教室K235. 第三组: 由王彬彬、刘睿老师, 2位助教负责, 教室K520.		

1. 每一次课结束后提交报告
(电子版)
(若延迟提交报告则适当减分),
2. 按排课内容开展, 若超前开展,
则必先完成前面实验与提交报告!



3. 主要目标

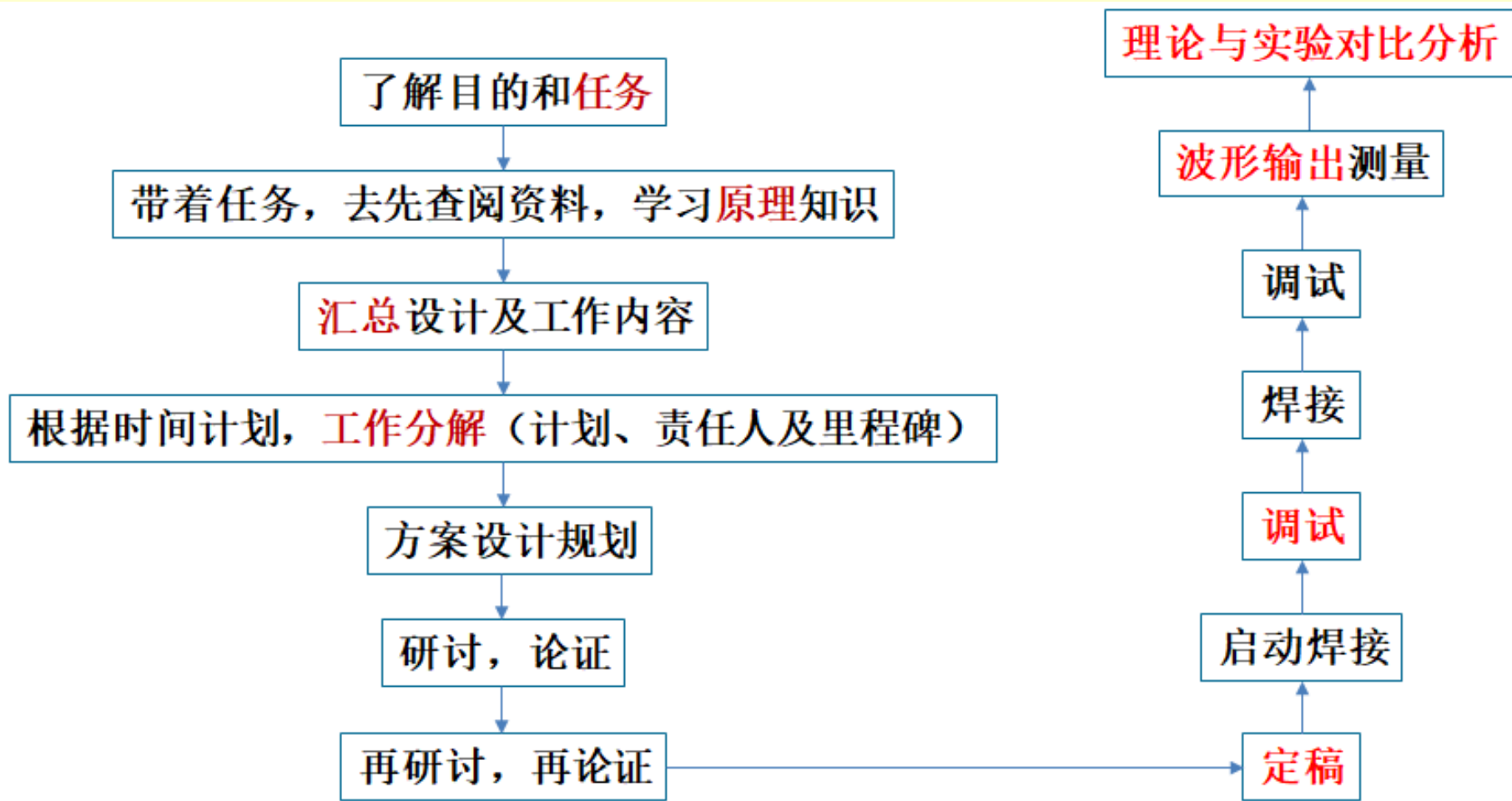
进一步夯实《自动控制实践A》讲述电机工作原理与驱动原理，学以致用，主要目标：

- 掌握直流电动机脉冲宽度调制型功率放大器的原理与结构。
- 掌握编码器的工作原理与输出信号处理方法。
- 掌握直流电动机的特性及测试方法。
- 掌握直流电动机脉冲宽度调制型功率放大器驱动时电枢电流波动的影响因素及改善方法。
- 掌握控制系统的构成以及搭建控制系统的的能力，提高学生们的动手实践意识，为毕业设计等后续课程奠定必要的实践基础。

本科阶段涉及硬件电路开发的重要课程之一。

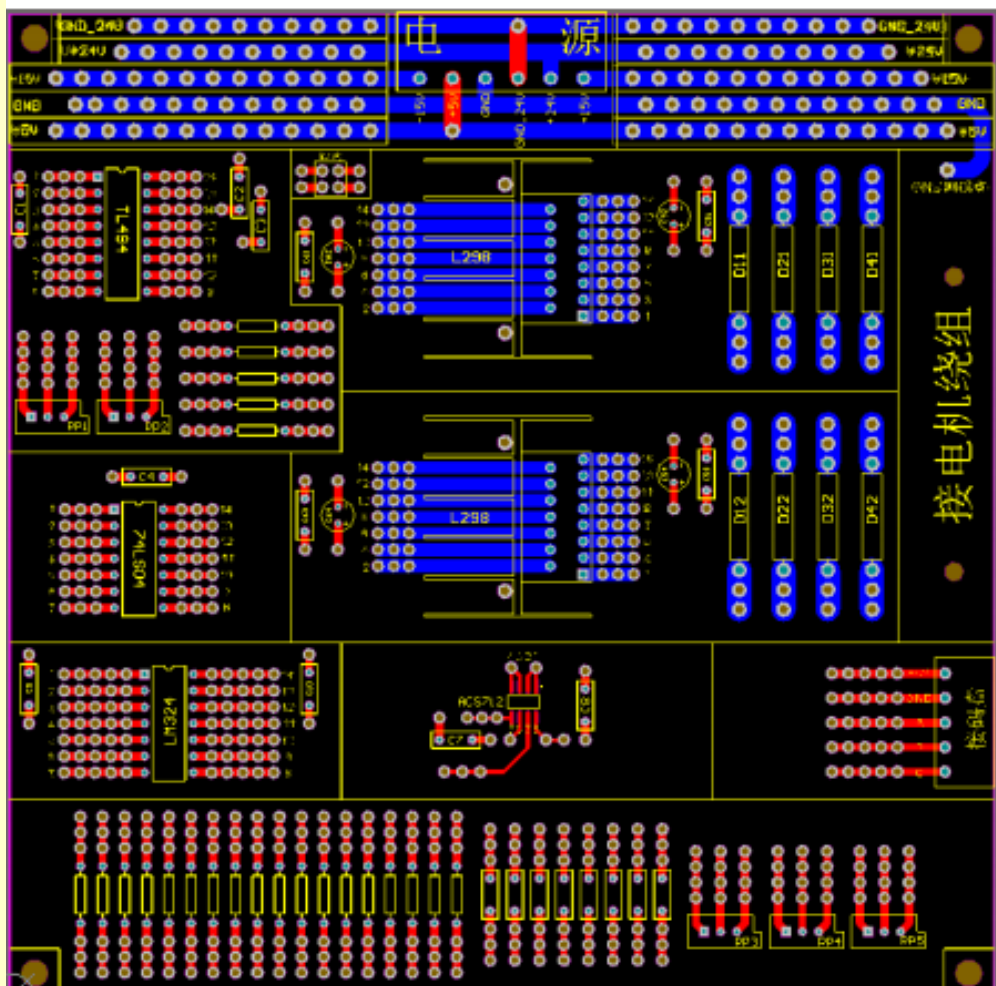


实验方法



4. 任务与内容

设计一套完整的直流电机驱动硬件电路系统。



- 电源输入
- 电源区
- TL494区
- 跳线
- L298区
- 续流二极管
- 非门
- 接电机绕组
- 编码器接入
- GND测试点
- 接线方法

为什么需要使用导线连接？

- 需要锻炼同学们的设计能力；

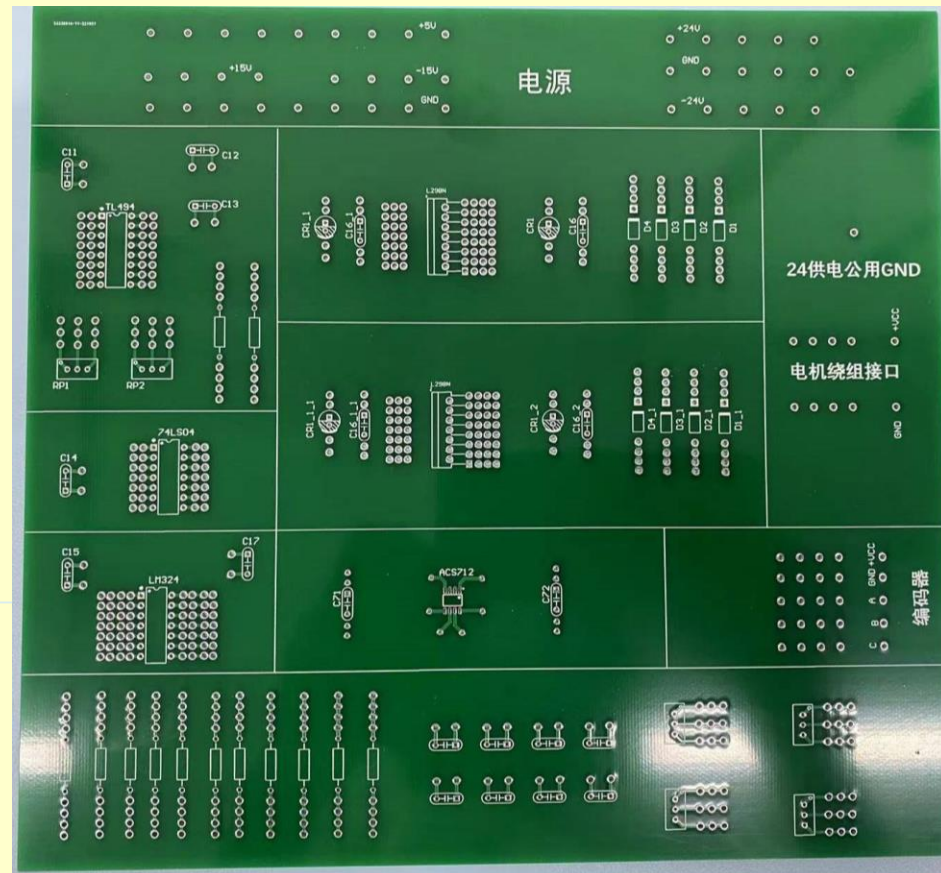
可不用飞线，可使用AD layout/EDA/嘉立创投板方法，但需要提交AD原理图与Layout图。



设备与耗材

- 焊台 x 1 (共用)
- 示波器 x1 (共用)
- 电机 x 1 (共用)
- 电源 x 1 (共用)
- 电路板 x 1 (小组)
- 杜邦线 一些 (小组)
- 个人电脑/平板

实验设备



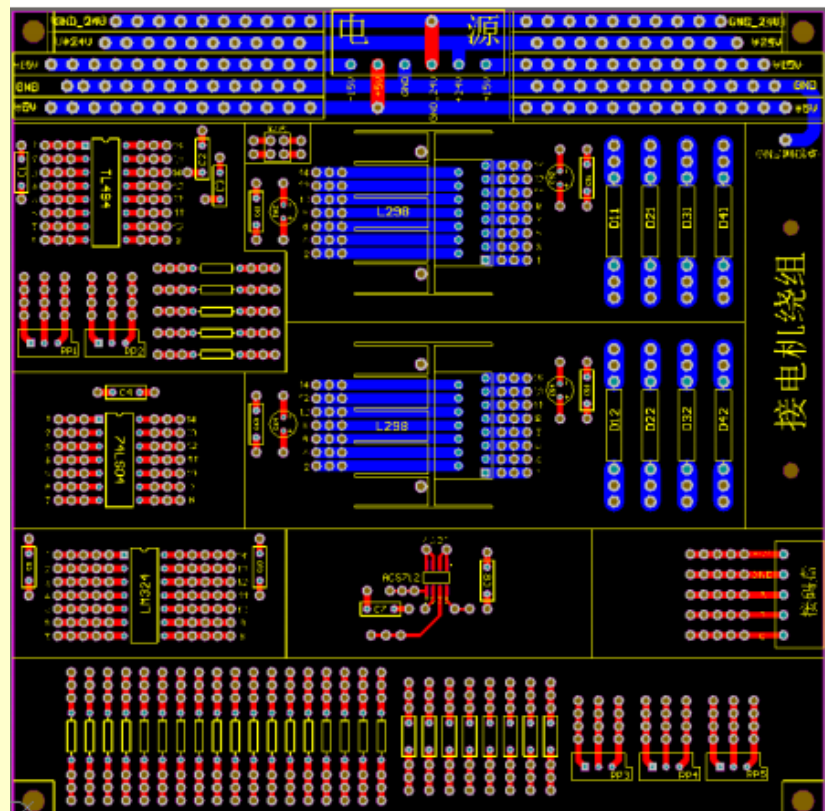
器件

- | | |
|----------|---------------|
| TL494 | : PWM控制芯片 |
| L298N | : H桥驱动 |
| ACS712 | : 电流传感器 |
| LM324 | : 4合1运算放大器 |
| RP1, RP2 | : 变阻器 |
| CR1 / 2 | : 电解电容 |
| C16 | : 小电容 |
| D1 - 4 | : 二极管 (续流二极管) |



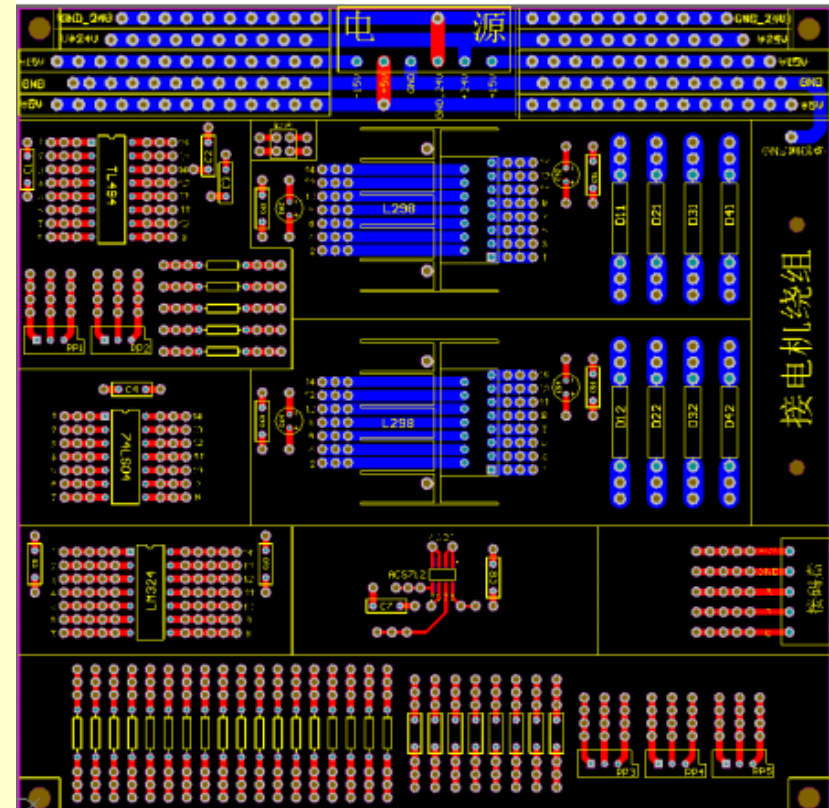
实践设计一

- 设计并实现直流电机的脉冲宽度调制型功率放大器。
- (1) 以电位器调压作为输入信号，生成双极性PWM波形；
 - (2) 记录并保留在开关频率为5kHz下20%、50%、80%占空比的PWM波形；
 - (3) 记录并保留在开关频率为10kHz下20%、50%、80%占空比的PWM波形；
 - (4) 记录并保留在开关频率为15kHz下20%、50%、80%占空比的PWM波形。



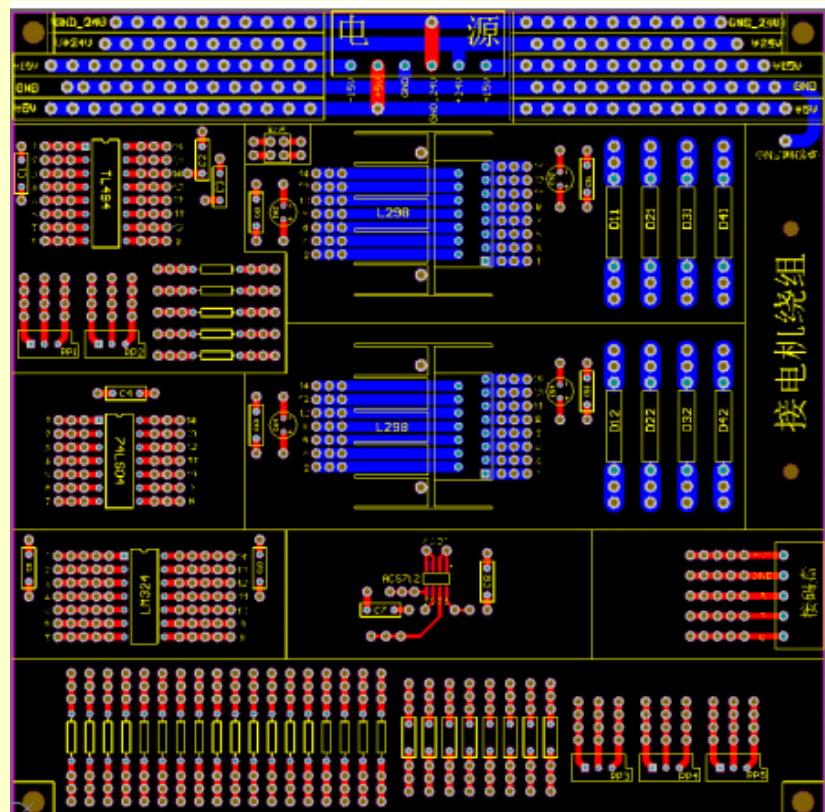
实践设计二

- 内容：设计编码器正交编码信号的四细分电路。
- 任务：
 - (1) 设计正交编码信号的四细分电路；
 - (2) 用双通道示波器测试、记录并保留正、反转下的正交编码信号AB相波形；
 - (3) 用双通道示波器测试、记录并保留正交编码信号AZ相波形。



实践设计三

- 内容：测试直流电动机的机械特性。
- 任务：
 - (1) 用所设计的功率放大器驱动直流电动机-发电机组；
 - (2) 通过调整直流发电机负载参数改变并计算直流电动机的负载转矩，通过示波器测试脉冲编码码器的频率并计算机组的转速；
 - (3) 测试并记录直流电动机在正向旋转下三种不同驱动占空比时的机械特性；
 - (4) 测试并记录直流电动机在反向旋转下三种不同驱动占空比时的机械特性。

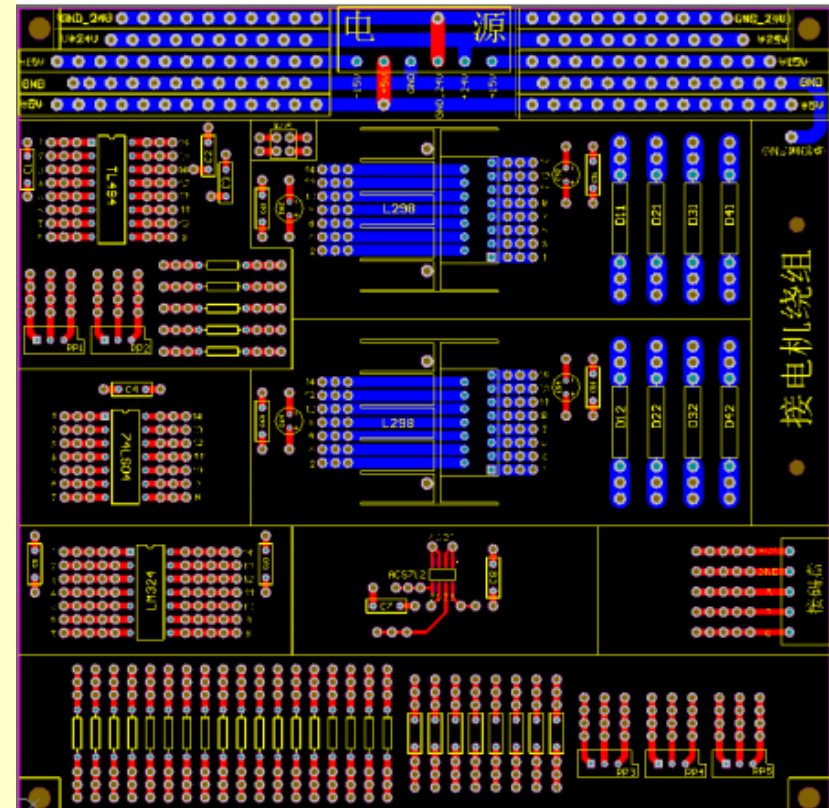


实践设计四

内容：通过电流传感器测试直流电机电枢电流。

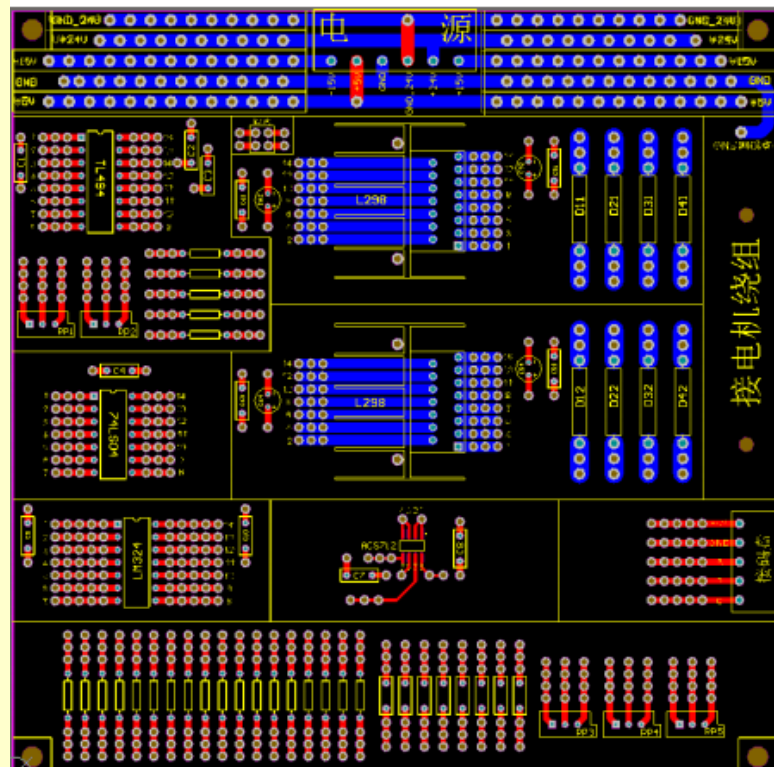
任务：

- (1) 通过电流传感器测量直流电机电枢电流；
 - (2) 测试并记录直流电动机启动时的电枢电流变化情况；
 - (3) 测试并记录直流电动机加载时的电枢电流变化情况；
 - (4) 测试并记录直流电动机驱动占空比为50%，开关频率为5kHz、10kHz、15kHz时的电流波形。
- 总结以上规律与分析原因。



5. 注意事项(1)

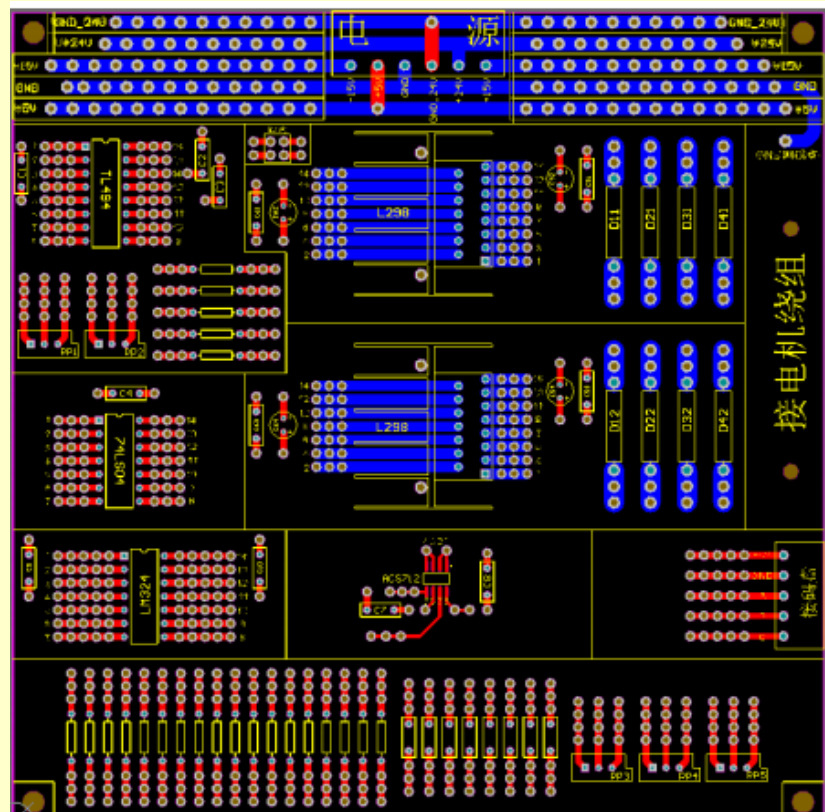
- 操作前除静电(防静电腕带)。
- 电烙铁放在架上，用后断电。
- 示波器不得带着充电器用，不得在外接计算机时使用（影响信号）。
- 两通道共地，不能同时测量差分信号
- 电流档不能测量电压。
- L298和TL494只允许取用同一电源模块上的电源供电。
- 注意表笔上的衰减，要和示波器内部设置一致。



注意事项 (2)

设计:

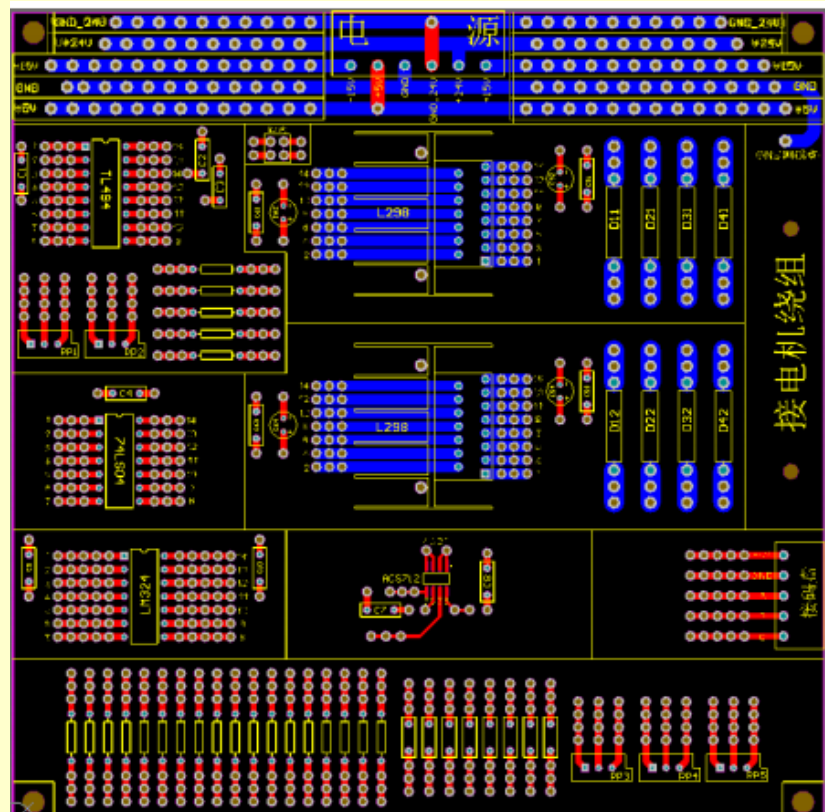
- 除了霍尔，其它元件必须共地。
- 上拉电阻和下拉电阻不能过大，也不能过小，要计算。
- 电解电容有极性。
- 续流二极管的方向要对。



注意事项（3）

焊接

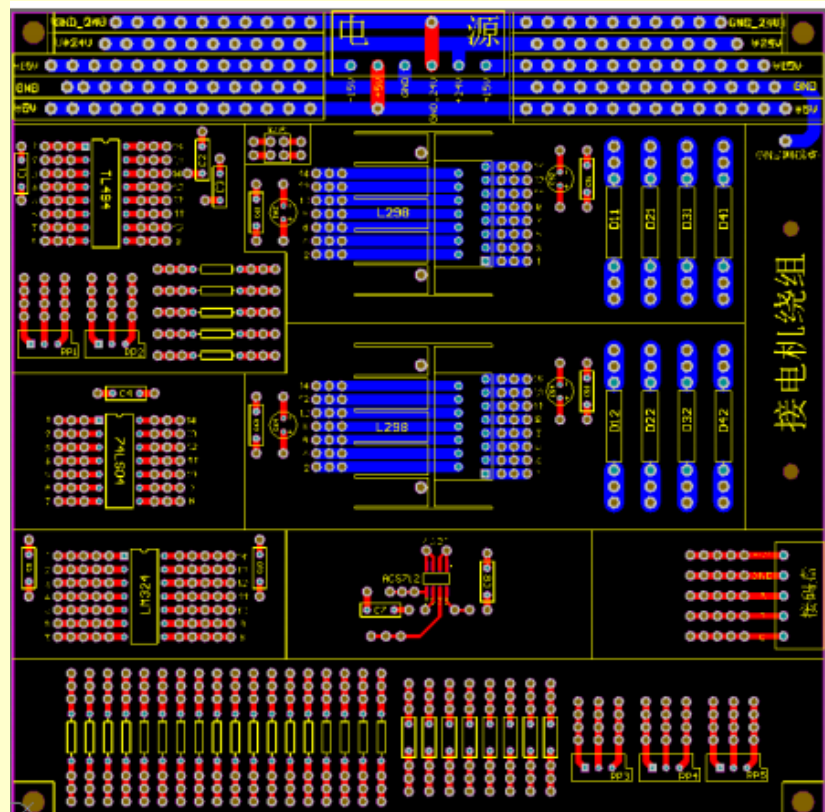
- 从一侧插线，另一侧焊接，端头不要有露铜。
- 芯片要焊插座。
- 功率线要用粗线。
- 芯片焊接每个管脚不要超过3s。



注意事项（4）

调试

- 先布局
- 模块化
- 先焊494，供电注意与298共地，电源使用5V.
- 边焊边调



注意事项（5）

报告编写(规格严格，功夫到家)

- 提交手写或电子版本；
- 记录测试的数据与波形，示波器图片要规范，不可拍照，需要用**USB**读取；
- 要总结其现象与规律，并深入分析原因；
- 尽量使用**Matlab**等软件；
- 实验报告标题用宋体4号加粗，正文用宋体小四。



注意事项（6）

实验室安全与注意事项

- 1、不得随意碰总电闸，不得随意操作与本次实验无关的设备。
- 2、每组分配的材料带走，公共部分不得带走。
- 3、操作前，要先了解工具、焊料、焊剂等安全，然后再进行操作。
- 4、**烙铁安全**：必须插置在烙铁架中，并注意烙铁头、杆不得接触电源线及其他物品，操作中防止**烫伤**自己和他人，**长时间不使用应切断电源**。
- 5、严格遵守“**先接线后通电，先断电后拆线**”的操作程序。
- 6、焊接操作中，注意人身安全，**严禁带电操作**接线、拆线、改线等。
- 7、接通电源后，如果保险丝熔断或空开跳闸，则必须检查故障原因，在排除故障后方可重新接通电源。
- 8、任何仪表和电器，使用前必须认真阅读使用说明，不了解性能及使用方法时，不得擅自使用、接通电源。
- 9、实验中发生事故，不得惊慌失措，应立即切断电源，保持现场并报告教师检查处理。
- 10、操作完成后，整理物设备、工具及材料，整齐摆放在工作台上，**关闭电源**，教师检查后，方可离开。
- 11、仪表、设备、工具如有损坏或遗失，应报告教师并登记。
- 12、试验完毕，必须将工作台面清理干净，地面废物、垃圾必须清扫干净。
- 13、不得在实验室饮食，完手机，**不得在操作台面上放水杯、饮料瓶等装有液体的器皿**。



6. 具体排课 (No 1, 4学时)

1、熟悉课程设计任务、主要内容、目标与要求:

- 描述本课程开展任务与目标, 考核与答辩形式;
- 阐述整体电路设计方案, 主要模块及其作用, 电压/电流的运行流程图与逻辑关系;
- 描述涉及到的控制元件实物名称, 主要功能与主要技术参数;
- 阐述本设计需要的电路PCB板的结构;

2、直流电动机脉冲宽度调制型功率放大器的原理与结构分析

- 写出脉冲宽度调制型功率放大器的原理与结构;
- 对H桥电路工作原理进行阐述与分析;

若能对H电路不同回路进行数学建模、仿真与计算, 则加分。

以上内容形成并提交相应的实验报告。



6. 具体排课 (No 2: TL494)

1、脉冲宽度调制PWM信号生成原理与分析

- 理解并阐述PWM调制信号的生成原理；
- 查阅常用的脉冲调制器芯片类型，或者PWM信号生成方式（大于3种），并阐述其主要工作原理、过程与特性；
- 查阅脉冲调制器芯片TL494数据手册，阐述其主要工作特性，分析使用其作为本课程设计方案的可行性；
- 计算TL494周边器件大小，给出TL494芯片引脚接线图，标注出周边电路的具体器件及其大小；
- 利用现有软件对TL494芯片及其周边电路仿真计算；

以上内容，形成并提交相应的实验报告。



6. 具体排课 (No 3: TL494)

1、脉冲宽度调制PWM信号生成实验实现

- 利用提供的PCB板，焊接电源部分线路；
 - 要求美观，可用不同颜色的线材；
 - 焊点饱满；
- 焊接调制器芯片TL494引脚及其周边线路；
- 使用示波器测试TL494芯片的输入与输出信号，验证其是否可正常工作；
- 调节电位器来调节TL494芯片4管脚电压，改变输出的PWM频率，达到改变PWM占空比，记录不同开关频率下不同占空比的PWM波形。

以上内容，记录现场数据，形成并提交相应的实验报告。



6. 具体排课 (No 4: L298)

脉冲宽度调制PWM功率放大电路设计

- 查阅常用的脉冲宽度调制PWM功率放大电路芯片或电路图（大于2种），并阐述具体的工作原理与实现过程；
- 查阅脉冲宽度调制PWM功率放大芯片L298数据手册，掌握其主要工作特性，分析使用其作为本课程设计方案的可行性；
- 计算L298周边器件大小，给出L298芯片引脚接线图，标注周边电路的具体器件及其大小；
- 利用现有软件对L298芯片及其周边电路仿真计算；

以上内容，形成并提交相应的实验报告。



6. 具体排课 (No 5, L298)

脉冲宽度调制PWM功率放大电路实验验证

- 焊接调制器芯片L298引脚及其周边线路;
- 使用示波器测试L298芯片的输入与输出信号, 验证其是否可正常工作;
- 调节电位器来调节TL494芯片4管脚电压, 改变PWM占空比, 达到电机控制所需要的不同电压, 记录不同开关频率下不同占空比的电压输出波形;

以上内容, 查看现场数据, 并形成并提交相应的实验报告。



6. 具体排课 (No 6-7)

直流电机增量码盘转速信号采集电路设计

- 阐述光电编码器（增量码盘）结构与工作原理；
- 设计编码器四细分电路图，并分析其工作原理；
- 用双通道示波器测试、记录并保留电机正、反转下的正交编码信号AB相波形；

以上内容，查看现场数据，并形成并提交相应的实验报告。



6. 具体排课 (No 6-7)

1、直流电机驱动电流信号采集电路设计

- 根据学过的知识与资料查询，设计电机驱动时实现电流采集的可能使用到的电路方案，请提供2-3种满足电机电流采集的电路方案（主要芯片，原理图），简述其实现原理与过程；
- 阅读使用ACS712芯片手册，分析其作为电流采集的可行性，并设计其外围周边电路；
- 焊接芯片ACS712引脚及其周边线路，使用示波器测试ACS712芯片的输出信号，验证其是否可正常工作；

2、直流电动机的机械特性实验

- 使用设计的功率放大器驱动直流电动机-砝码负载组；通过调整直流发电机负载参数改变并计算直流电动机的负载转矩，通过示波器测试脉冲编码器的频率计算机组转速；
- 测试并记录直流电动机在正向旋转下三种不同驱动占空比时的机械特性；
- 测试并记录直流电动机在反向旋转下三种不同驱动占空比时的机械特性；
- 对比分析直流电动机的机械特性曲线的实验与理论结果；

以上内容，查看现场数据，并形成并提交相应的实验报告。



6. 具体排课 (No 8)

直流电动机的特性实验验证

- 测试并记录直流电动机启动时的电枢电流变化；
- 测试并记录直流电动机加载时的电枢电流变化；
- 测试并记录直流电动机驱动占空比为50%，开关频率为5kHz、10kHz、15kHz时的电流波形；
- 编写Matlab代码，显示与分析上述数据与曲线；
- 数据整理，准备答辩PPT。

以上内容，查看现场数据，并形成并提交相应的实验报告。



6. 具体排课 (No 9)

直流电动机的调压调速实验验证

- 调节PWM信号的占空比（做5组），观测并记录电机的电枢电流变化；
- 分析电机调压调速的特性，对比验证实验与理论结果；
- 实验及数据补充；
- 答辩PPT编写。

以上内容，查看现场数据，并形成并提交相应的实验报告；



6. 具体排课 (No 10)

答辩

- 每组6 - 10分钟答辩；
- 本教室进行，
- 提交汇总后完整的实验实验报告，
- PPT陈述本次课程设计内容，进展与收获。



致 谢

本文档所引用的许多素材，来源于互联网上国内外的课件、科技论文、文章等。本文引用只是为了给学生提供更好的教学素材，非商业目的。对这些所引用素材的原创者，在此表示深深的谢意。

