

预习报告		实验记录与分析		总成绩	
30		50		80	

年级、专业：	物理学	组号：	实验班 1
姓名：	黄罗琳、丁侯凯	学号：	2344001、22344016
日期：	2024/05/23	教师签名：	

TEC 控温实验

【实验报告注意事项】

1. 实验报告由两部分组成：

1) 预习报告：课前认真研读实验讲义，弄清实验原理；实验所需的仪器设备、用具及其使用、完成课前预习思考题；了解实验需要测量的物理量，并根据要求提前准备实验记录表格（可以参考实验报告模板，可以打印）。（30 分）

2) 实验记录与分析：认真、客观记录实验条件、实验过程中的现象以及数据。实验记录请用珠笔或者钢笔书写并签名（用铅笔记录的被认为无效）。保持原始记录，包括写错删除部分，如因误记需要修改记录，必须按规范修改。（不得手记的值输入到电脑打印）；离开前请实验教师检查记录并签名。（50 分）
2. 本实验报告可提前打印出来，当场记录分析完成交给带实验的老师，课后无需再提交。若当场完成不了，则请课后完成，再扫描并通过 seelight 提交。  
注意：本文档已留出填写空间，若填写空间不够的话请提前规划留白，做到报告的美观
3. 注意事项：

1) 本实验电路比较复杂，需要耐心连接，认真检查。

2) 程序编写和调试过程中，遇到问题及时查看 LabVIEW 帮助，留意各个器件时刻处于可控状态。

3) 直流稳压电源的输出，要根据实验过程及时地手动打开或关闭，不要在程序没有正常运行的情况下，让直流稳压电源有持续的输出。

4) 注意根据信号电流大小选取合适直接的导线，杜邦线一般只用于小电流和信号传输，电流大时则需要选用直径大的导线。

# TEC 控温实验    预习报告

## 1.1 实验目的

1. 了解 TEC 半导体控温的原理和 PID 参数的调节。
2. 基于 LabVIEW 和 myDAQ 设计和搭建温度采集和控制系统。

## 1.2 仪器用具

编号	仪器用具名称	数量	主要参数（型号，量程，测量精度等）
1	计算机	1	Windows 系统，安装 LabVIEW 程序
2	myDAQ	1	
3	直流稳压电源	1	DP832
4	控温实验平台	1	12V 供电，最大电流 2A
5	IBT_2 电机驱动器	1	24V 供电，测温范围 0-100℃，输出电压 0-10V
6	温度变送器	1	
7	电路元器件	1	面包板，连接线等

表 1: 仪器用具清单

## 1.3 原理概述

### 1. PID 反馈控制原理

PID 控制器是最常见的反馈控制器之一，广泛应用于工业控制系统。PID 是比例（Proportional）、积分（Integral）和微分（Derivative）三种控制方式的缩写。PID 控制器的目标是使输出尽可能接近设定值，通过调节控制输入来减少误差。以下是 PID 控制器的基本原理：

#### 比例控制（P 控制）

比例控制是控制器的基本部分。比例控制器通过将当前误差（设定值与实际值的差）乘以比例系数  $K_p$  来计算控制输出。依赖于当前误差。比例控制与误差信号成比例，较大的比例增益可以对误差信号有更大的响应。比例增益太高会使电路在目标值附近振荡；比例增益太低，电路将不能有效地对系统变化进行响应。

$$u(t) = K_p \cdot e(t)$$

其中：

- $u(t)$  是控制输出

- $e(t) = r(t) - y(t)$  是误差,  $r(t)$  是设定值,  $y(t)$  是实际输出
- $K_p$  是比例增益

### 积分控制 (I 控制)

积分控制通过对误差随时间的累积进行积分, 消除稳态误差。积分控制器的输出与误差的积分成正比。积分增益过高, 会引起电路的过度超调, 从而导致振荡和不稳定; 积分增益太低, 电路在系统发生改变时响应将十分缓慢。

$$u(t) = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau$$

其中:

- $K_i$  是积分增益

### 微分控制 (D 控制)

微分控制通过对误差的变化率进行微分, 预测误差的变化趋势, 改善系统的动态响应。微分控制增益过高, 会使电路响应速度非常缓慢, 并使电路对噪声和高频振荡非常敏感; 微分控制增益太低, 电路则很有可能发生设定值的超调。但是在一些情况下, 如果需要避免任何程度的设定值超调, 就应该采用更高的微分增益。

$$u(t) = K_d \frac{de(t)}{dt}$$

其中:

- $K_d$  是微分增益

### PID 控制器的综合输出

PID 控制器将上述三部分控制作用相加, 得到最终的控制输出:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

综合来看, PID 控制器可以同时调整比例、积分和微分增益, 以实现对系统的精确控制。比例控制主要影响系统的响应速度, 积分控制消除稳态误差, 而微分控制则改善系统的动态性能。

## 2. 半导体控温原理 (Peltier 效应、Seebeck 效应、以及两者之间的关系)

半导体控温原理主要依赖于 Peltier 效应和 Seebeck 效应, 这两种效应都是热电效应的一部分, 广泛应用于温度控制和温差发电。以下是对这两种效应及其关系的解释。

### 1. Peltier 效应

Peltier 效应指的是当电流通过两种不同的导体或半导体连接形成的接点时，接点处会吸收或释放热量。这种效应可以用来实现温度控制，例如在 Peltier 制冷片中应用。

当直流电流通过连接在一起的两种不同半导体（n 型和 p 型）时，在一个接点会吸收热量（制冷效果），而在另一个接点会释放热量（加热效果）。这种效应的热量变化与电流成正比。

$$Q = \Pi \cdot I$$

其中：

- $Q$  是吸收或释放的热量
- $\Pi$  是 Peltier 系数
- $I$  是电流

### 2. Seebeck 效应

Seebeck 效应指的是当两种不同的导体或半导体连接形成回路并存在温差时，会在回路中产生电动势。这种效应可以用来实现温差发电。

当两个不同半导体（n 型和 p 型）连接形成闭合回路并存在温差  $\Delta T$  时，在回路中会产生电动势（电压）。

$$V = S \cdot \Delta T$$

其中：

- $V$  是产生的电动势
- $S$  是 Seebeck 系数
- $\Delta T$  是温差

### 3. Peltier 效应与 Seebeck 效应的关系

Peltier 效应和 Seebeck 效应是热电效应的两个不同表现形式，但它们之间有着密切的关系，都是热电材料的基本性质。

- 在 Peltier 效应中，电流通过不同材料的接点引起热量的吸收或释放。
- 在 Seebeck 效应中，温差引起不同材料的接点产生电动势。

两者的关系可以通过热电材料的性能参数联系起来，Peltier 系数  $\Pi$  和 Seebeck 系数  $S$  之间有如下关系：

$$\Pi = S \cdot T$$

其中：

- $T$  是绝对温度

这种关系说明了在一定温度下，Peltier 效应和 Seebeck 效应是等效的，反映了热电材料在能量转换中的对偶性。

### 3. 傅里叶变换基本原理，功率谱密度或幅度谱密度基本原理

傅里叶级数: 傅里叶级数表示周期函数可以用正弦和余弦函数的无限级数来表示，其中  $f(x)$  表示周期为  $2\pi$  的

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(nx) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(nx)$$

$$f(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt \int_{-\infty}^{\infty} e^{i\omega t} d\omega$$

傅里叶变换: 傅里叶变换将一个函数从时域转换到频域， $F(k)$  表示在频域  $k$  处的频谱分量。

$$F(k) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-ikx} dx$$

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt$$

傅里叶逆变换: 傅里叶逆变换用于将频域信号恢复到时域。

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{i\omega t} d\omega$$

能量守恒: 能量守恒表明信号在时域和频域之间的能量是相等的。

$$\int_{-\infty}^{\infty} |f(t)|^2 dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |F(\omega)|^2 d\omega = \int_{-\infty}^{\infty} |F(f)|^2 df$$

功率 P: 功率  $P$  表示信号的平均功率， $S(f)$  表示功率谱密度 (PSD)，描述信号在不同频率上的功率分布。

$$P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} E[|f(t)|^2] dt = \int_{-\infty}^{\infty} S(f) df$$

功率谱密度 PSD

$$S(f) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{E[|F_T(f)|^2]}{T}$$

幅度谱密度 ASD: 幅度谱密度 (ASD) 是 PSD 的平方根，用于表示信号在不同频率上的振幅。

$$ASD = \sqrt{PSD}$$

## 1.4 实验前思考题

### 思考题 1.1: 热敏电阻测温点位置不同, 是否会影响 PID 参数的设定, 为什么?

测温点位置的不同会导致对控温装置的响应延迟不同, 距离温度控制装置 (如 TEC, 热电冷却器) 越远的测温点, 其响应延迟通常会更大。这是因为温度变化需要一定的时间传播到测温点处, 然后才能被传感器检测到。这种响应延迟会影响到控温系统的性能, 特别是 PID 控制器的参数设定。

当测温点位置离控温装置较远时, 其对温度变化的响应速度较慢, 导致控温装置难以及时作出反应, 从而影响到温度的稳定性和控制精度。在 PID 控制器的参数设定中, 需要考虑到这种响应延迟, 以调整控制器的响应速度和稳定性。通常情况下, 当测温点位置距离控温装置较远时, 可能需要增加 PID 控制器的比例增益 (P)、积分时间 (I) 和微分时间 (D), 以提高系统的响应速度和稳定性, 从而更好地实现温度控制的要求。

### 思考题 1.2: 被控物体材料不同, 是否会影响 PID 参数的设定, 为什么?

被控物体的材料不同会导致其热学性质不同, 例如热容量、导热系数等, 进而影响其升温速度、冷却速度以及对温度变化的响应速度。这些因素会直接影响到 PID 控制器参数的设定。

**热容量:** 不同材料的热容量可能不同, 热容量越大的物体在升温和降温时需要吸收或释放更多的热量, 因此会导致更长的响应时间。在 PID 控制器的参数设定中, 需要考虑到物体的热容量, 适当调整积分时间 (I), 以确保系统的稳定性和控制精度。

**导热系数:** 不同材料的导热系数也不同, 高导热系数的物体会更快地传导温度变化, 因此具有更快的响应速度。在 PID 控制器的参数设定中, 需要考虑到物体的导热性, 适当调整比例增益 (P) 和微分时间 (D), 以提高系统的响应速度。

综合来看, 被控物体材料不同会导致其对控温的响应速度不同, 进而影响到 PID 控制器参数的设定。为了实现良好的温度控制效果, 需要根据被控物体的热学性质调整 PID 参数, 以适应不同的工作条件和控制要求。

### 思考题 1.3: 除了脉冲宽度调制控温, 可以使用连续信号控温吗? 如何实现?

连续信号控温的实现方式可以通过阈值控制或根据输出电压的振幅来控制输出功率。

**阈值控制:** 这种方法通过设定一个阈值来控制输出功率。当温度达到或超过设定的阈值时, 控制系统将调整输出功率, 以维持温度在设定范围内。例如, 可以使用比较器电路来检测温度, 并在达到阈值时切换输出功率。

**根据输出电压的振幅控制输出功率:** 这种方法利用传感器测量到的输出电压的振幅来调整输出功率。通过调整控制系统中的放大器增益或输出电路的工作点, 可以实现根据输出电压的振幅来调节输出功率的目的。

这些方法可以结合 PID 控制器或其他控制算法来实现温度控制。通过连续信号控温, 可以实现更精细的温度调节, 并且可以适应不同的应用场景和要求。