

使用前必读

感谢您选择 TLASE 系列虚拟仪器课程实验套件，开始使用套件之前，请您仔细阅读以下信息，有助于您快速入门。

TLASE 系列虚拟仪器课程使用套件由硬件、软件、文档三部分组成。实验程序由 U 盘或光盘介质分发，实验指导书为纸质印刷介质或 PDF 电子文档。

- ✓ 硬件：为底座和对应课程的板卡。
- ✓ 软件：为硬件驱动程序及实验应用程序。
- ✓ 文档：使用前必读及实验指导书。



更多信息请访问 WWW.TLASE.COM

一、实验硬件概况

1、硬件主要性能指标

(1) 示波器

通道数量	4
耦合方式	AC/DC
过压保护	±50V
输入带宽	>10MHz
ADC 分辨率	12 位
最大采样率	10MHz@4CH
最大采样深度	10,000 点

(2) 信号发生器

通道数量	2
DAC 分辨率	12 位
信号输出	正弦波（HSS&S1） 方波(S1) 三角波（HSS&S1） 直流波（HSS&S1）
最大输出频率	1MHz（HSS：正弦波、三角波） 100kHz（S1：正弦波） 20kHz（S1：三角波）
最大模拟电压输出	±5V
最大模拟电流输出	20mA

(3) 直流稳压电源

额定输入	5V（最大不超过 6V）
输出电压	±V、±5V、+ 3.3V
±V 电压范围	+V：+3 到+15V -V：-3 到-15V
±V 额定电流	±500mA
±5V 额定电流	+5V：500mA -5V：100mA
3.3V 额定电流	600mA
短路与过流保护机制	有

(4) PWM 输出

PWM 通道数量	3
输出电压	3.3V 或 5V
PWM 频率最大输出	2MHz
占空比调节范围	1%-99%

2、硬件连接

(1) 将实验课程板卡通过底部的螺栓端子与底座的磁吸柱吸合，如图 1-1 所示。

注：

- (1) 产品质检时，工厂均会安装并紧固螺栓。
- (2) 随产品批次及版本更新，产品形态可能会和图 1-1 所示不同。

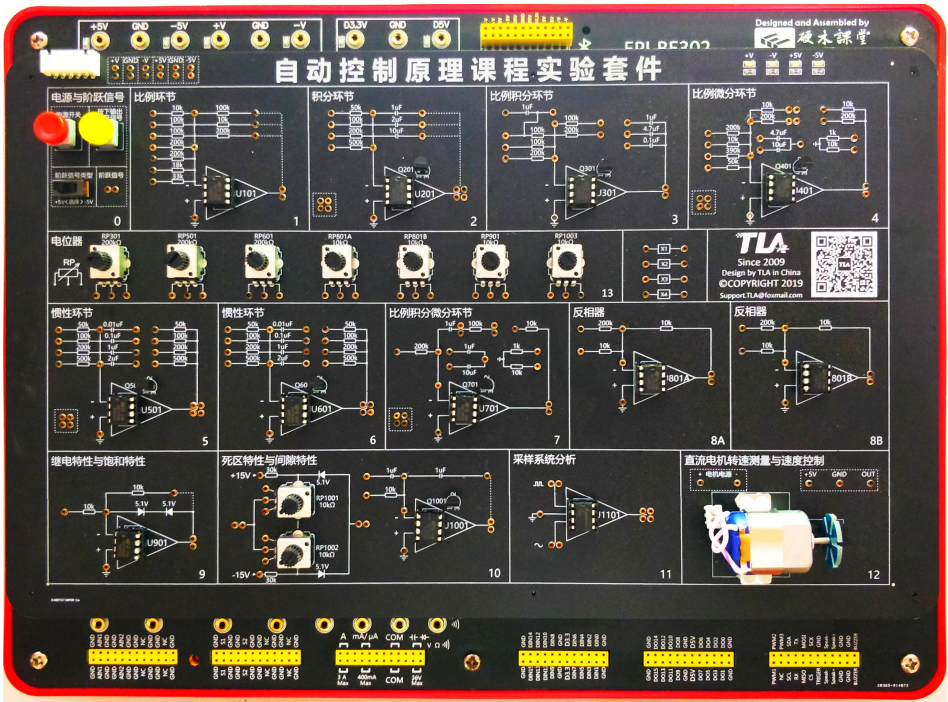


图 1-1 安装课程板卡并紧固螺丝

(2) 使用 Micro USB 数据线将底座的 USB 端口与 PC 机连接，如图 1-2 所示。



图 1-2 USB 线（通信）连接示意图

(3) 使用 Micro USB 数据线将底座的 Power 端口与 USB 供电（推荐功率为 10W）适配器连接，如图 1-3 所示。

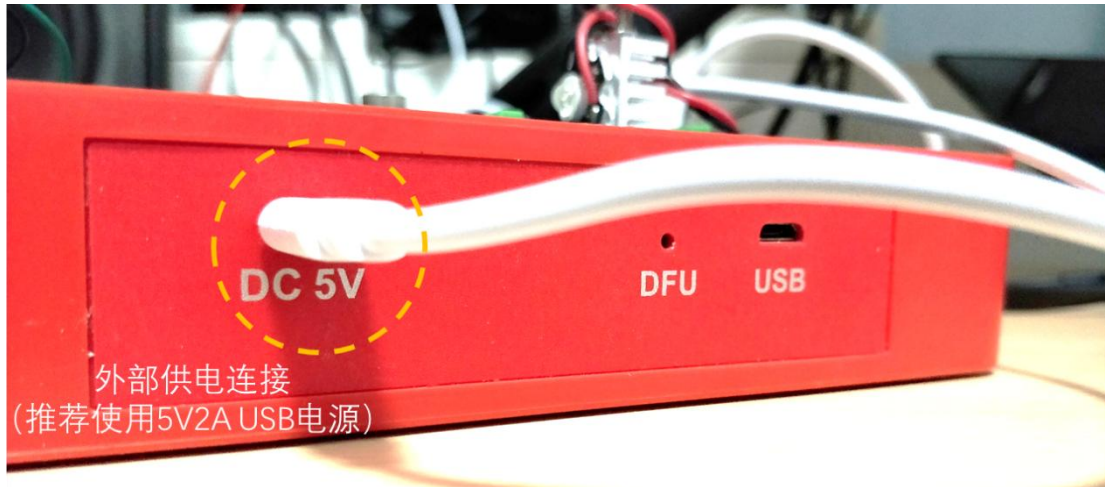


图 1-3

3、驱动安装

目前，驱动程序仅支持 Win7、Win8、Win10 操作系统。

- (1) 首次将底座与 PC 通过 USB 数据线连接时，需要安装底座驱动程序。
 - ✓ Win10 操作系统免驱动，可以跳过此步。
 - ✓ 如果您的电脑是 Ghost 版本的 Windows，驱动安装可能失败，请参考驱动安装常见问题。
- (2) 运行驱动软件包中的 lpc_driver_setup.exe 完成驱动程序安装。
- (3) 完成安装后，底座 USB 灯将正常亮起。
- (4) 若 USB 灯未正常点亮，请检查驱动及其他是否出现错误。

4、驱动安装常见问题

(1) 由于 Ghost 系统会精简部分系统文件，对于 Ghost 版本的 Windows7 和 8 安装驱动不正常时请尝试下面的步骤：

打开“驱动安装方法压缩包”中“Ghost 版 Windows 缺失的系统文件”文件夹，选择对应的操作系统：

- ✓ 复制 mdmcpq.inf 到 C:\Windows\inf，如有同名文件，请选择覆盖；
 - ✓ 复制 usbser.sys 到 C:\Windows\System32\drivers，如有同名文件，请选择覆盖。
- (2) 此外若出现问题时，请检查 USB 数据线是否故障。

5、其他

若有其他问题，请及时联系产品供应商。

二、自动控制原理课程实验套件布局

自动控制原理课程实验套件共设置了 16 个实验模块，具备直观的实验布局，用户可通过板卡的丝印分辨元件、实验功能、区分连线目标。具体可参看封面，表 1 列出了实验模块的名称。

表 1 实验模块列表

序号	模块名称
0	电源与阶跃信号
1	比例环节
2	积分环节
3	比例积分环节
4	比例微分环节
5	惯性环节
6	惯性环节
7	比例积分微分环节
8	反相器
9	继电特性与饱和特性
10	死区特性与间隙特性
11	采样系统分析
12	直流电机转速测量与速度 PID 控制
13	温度测量与 PID 控制

1、实验电源

实验套件的直流电源由澄科 7304 虚拟仪器提供，实验电路板模块中的 IC（集成电路）所需电源已经通过 PCB 内部布线沟通相互连接，通过位于板卡【0#】区域的电源开关提供，按下该按钮即输出【+15V】、【GND】、【-15V】电源，无需另外接线连通电源。

注意：

- （1）10#模块因实验需要，+15V 和-15V 需通过连线连接相应的【+15V】和【-15V】电源。
- （2）12#模块所需的“+5V”电源需通过连线连接。

2、IC 锁零

进行实验时，需考虑针对不同经典环节、不同测试信号对运放锁零的要求。锁零接线柱实验套件包含电容的经典环节电路需要使用锁零电路对实验电路进行相应的锁零设置，才能保证实验测量的结果可信。

位于【0#】区域的【按下输出阶跃信号】按钮，可以实现阶跃信号输出与锁零信号的同步控制。实验时，【按下输出阶跃信号】按钮为非自锁式按钮。按下按钮即输出阶跃信号，同时释放锁零信号。松开按钮后，阶跃信号停止输出，同时锁零信号重新输出。在实验中，

只需轻按【按下输出阶跃信号】按钮，就能输出所需的阶跃信号，按下时间越长输出阶跃信号的时间也越长，松开该按钮则停止输出阶跃信号。

3、接线柱

（1）实验套件对于需要接线的电路、元件均提供了圆孔接线柱连线，用户只需用相应的面板线插入圆孔即可，按实验需要连通实验电路。

（2）实验套件将 EP204/304 的【函数信号发生器】、【直流稳压电源】、【模拟信号输入】接线柱引入实验套件 PCB 的底部区域和右上角区域，供实验测量所需。

注意：进行实验时，请勿使用面包线连接插头或其它金属插头插入实验板卡底部区域的各个连接器内，以免损坏实验硬件。

4、实验连线

实验套件提供了 25-30cm 面包板线供实验时使用，如图 1 所示。



图 1 实验用连线

三、实验软件使用简介

自动控制原理课程实验套件提供了一套通用实验程序（如图 3），主要通过示波器程序（如图 4）、程控电源（如图 5）、函数信号发生器（如图 6）、波特图仪（如图 7）、万用表（如图 8）仪器功能完成。典型环节频率特性实验使用配套的实验程序进行，如图 9 所示。直流电机转速测量与 PID 控制实验通过配套的实验程序进行实验，如图 10。

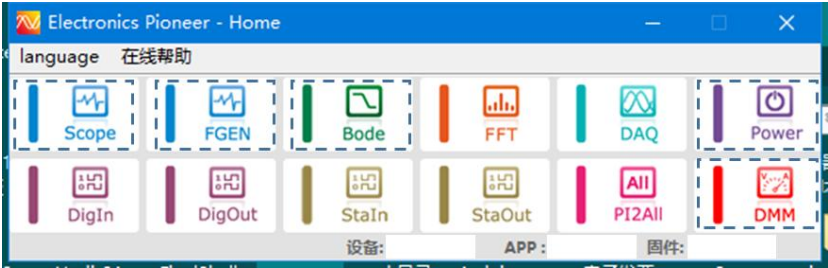


图 3 实验相关仪器

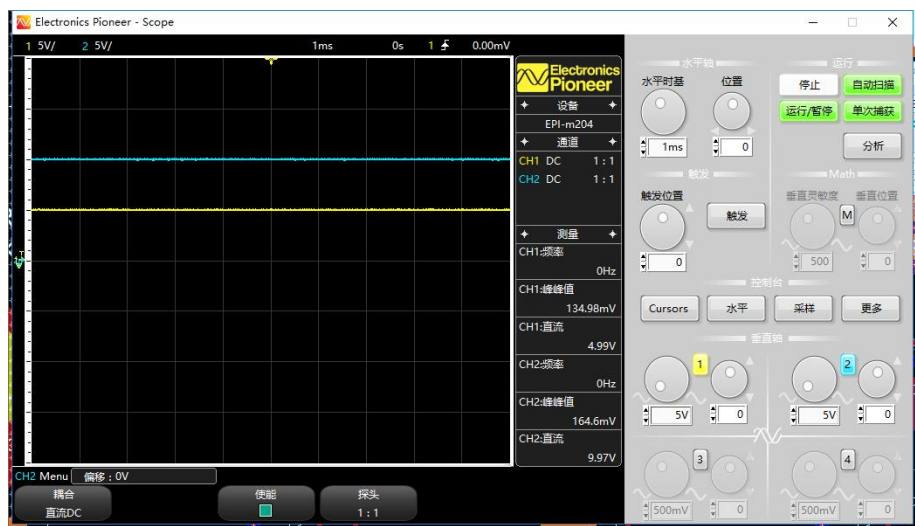


图 4 示波器界面

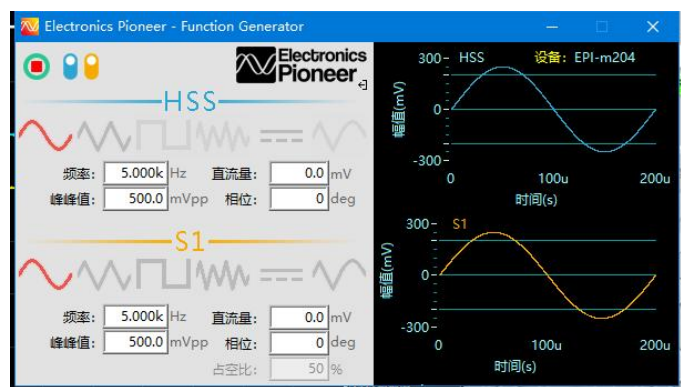


图 5 函数信号发生器界面

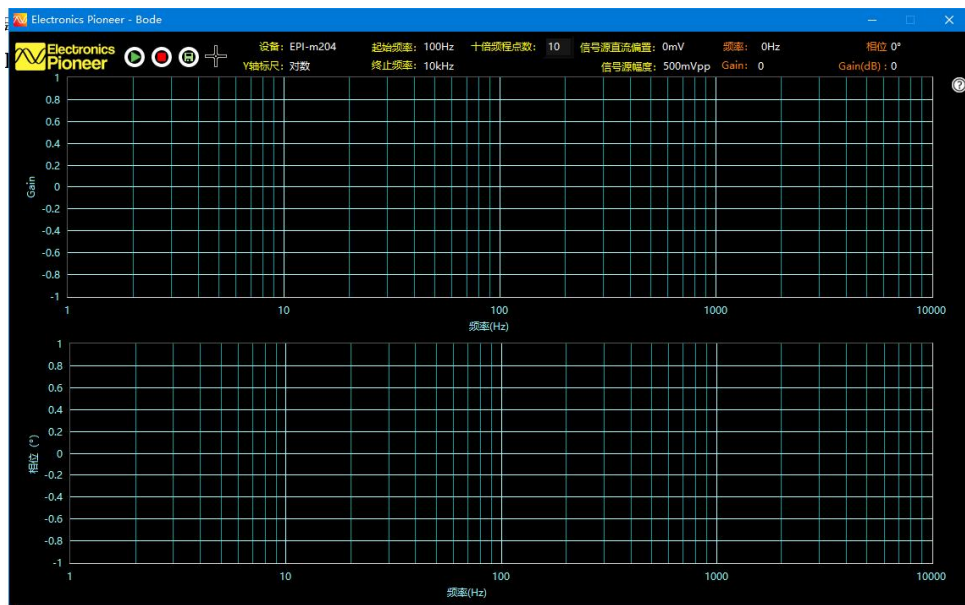


图 6 波特图仪界面



图 7 程控电源界面

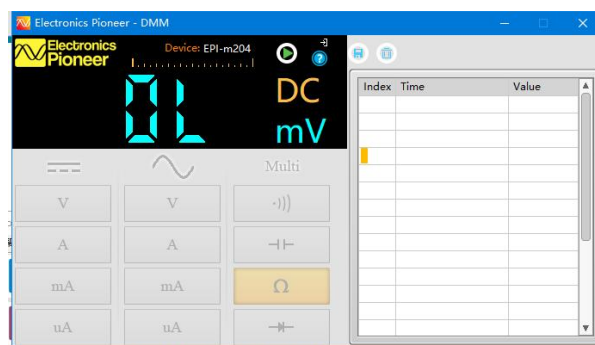


图 8 万用表界面

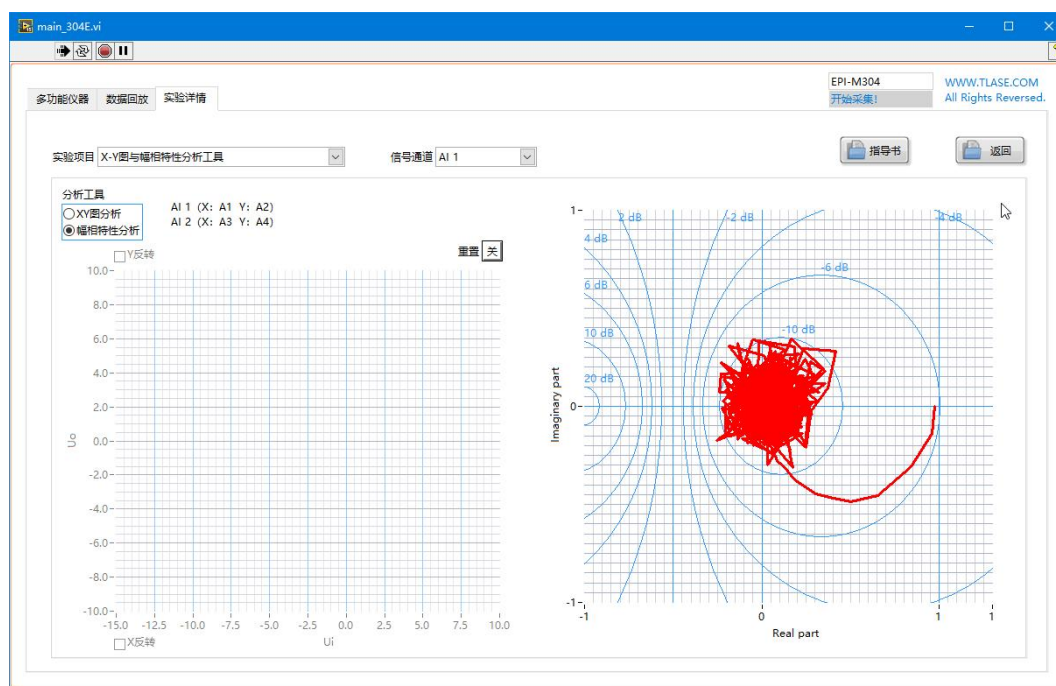


图 9 典型环节频率特性测量界面 (XY 图与幅相特性分析)

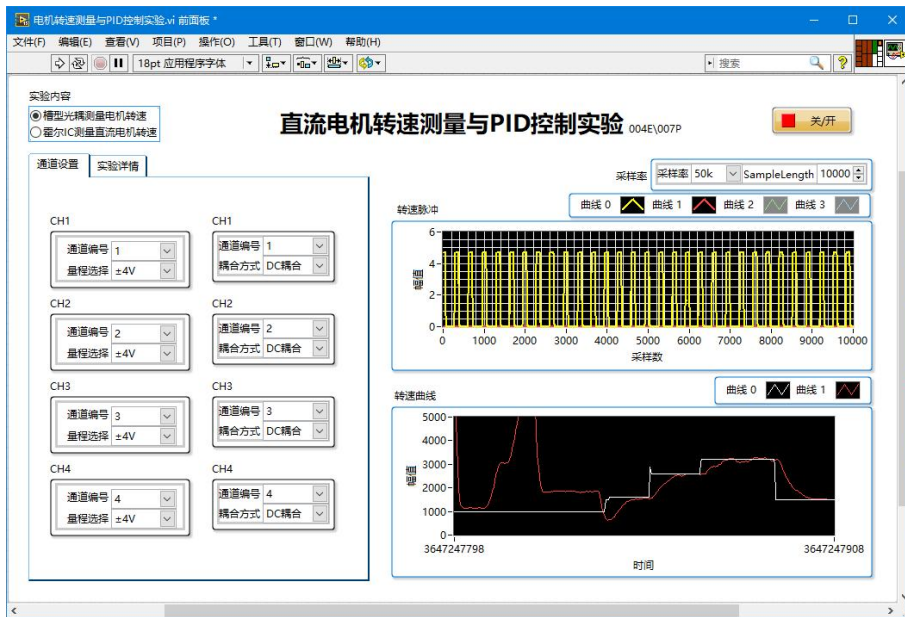


图 10 直流电机转速测量与 PID 控制程序界面

实验二 典型环节电路模拟实验

一、实验目的和任务

- 1、掌握实验装置和软件的使用方法。
- 2、熟悉各种典型环节的传递函数及其特性，掌握电路模拟典型环节的方法。

二、实验仪器、设备及材料

- 1、PC 机一台
- 2、澄科 7304 一台
- 3、TLA-007P 自动控制原理课程实验套件一套
- 4、面包线若干

三、实验原理

自动控制系统是由比例、积分、微分、惯性等环节按一定的关系组建而成。熟悉这些典型环节的结构及其对阶跃输入的响应，对控制系统的设计和分析十分重要。

（一）比例（P）环节的传递函数、方块图、模拟电路和阶跃响应

比例环节的特点是输出不失真、不延迟、成比例地复现输出信号的变化。比例环节的传递函数为：

$$\frac{U_o(s)}{U_i(s)} = K$$

方块图、模拟电路和阶跃响应，分别如图 1-1、图 1-2 和图 1-3 所示，于是 $K = \frac{R_1}{R_0}$ ，

实验参数： $R_0=100k$ ， $R_1=200k$ ， $R=10k$ 。

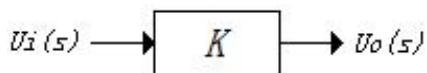


图 1-1

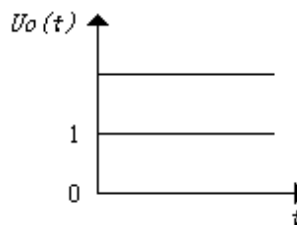


图 1-2

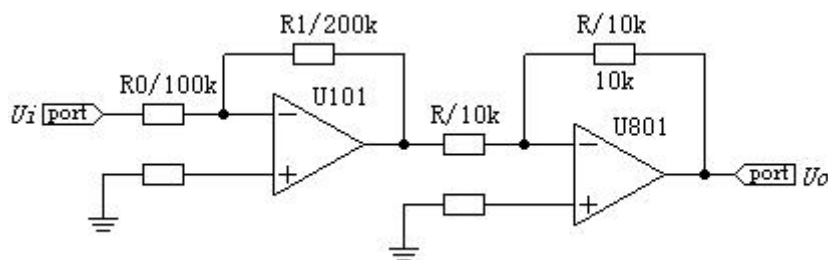


图 1-3

实验步骤

- 1、利用 1#模块和 8A#（或 8B#）模块搭建图 1-3 所需的电路。其中， U_i 输入阶跃信号， U_o 为输出信号。输入信号（ U_i ）连接实验电路板的下方【模拟信号输入】区域的 AI 1 接线柱，输出信号（ U_o ）连接实验电路板的下方【模拟信号输入】区域的 AI 2 接线柱。
- 2、启动【Electronics Pioneer】仪器工具栏。
- 3、打开【Electronics Pioneer—Power】程控电源软件面板，设置【 $\pm 5V$ 3.3V】为【开启】状态，设置【正电源】值为【+15V】和【负电源值为【-15V】，电流【I】均设置为 100mA。
- 4、打开【Electronics Pioneer—Scope】示波器软件面板，设置示波器【运行】状态为【启动】，设置启用【CH 1】和【CH2】通道。
- 5、将实验电路板【0#】区域【阶跃信号类型】拨动开关拨至【+5V】侧（即左侧）。
- 6、确认实验电路连接无误，按下实验电路板【0#】区域【电源开关】按钮。正常情况下，实验电路板右上方的+V、-V、+5V、-5V 指示灯会相应点亮。
- 7、按下实验电路板【0#】区域【按下输出阶跃信号】按钮（保持 1 秒以上）后松开，观察示波器实验程序中 CH 1 和 CH 2 通道波形的情况，根据实验内容要求测量并记录相关数据。
- 8、调整实验连线，分别设置比例系数（放大倍数），当 $K=1$ 、 $K=2$ 、 $K=5$ 时，分别观测阶跃响应曲线，并记录输入信号输出信号波形。



实验参考结果（激励信号:阶跃信号 | 幅值: $5V_{p-p}$ ）

(二) 积分 (I) 环节的传递函数、方块图、模拟电路和阶跃响应

积分环节的输出量与其输入量对时间的积分成正比。积分环节的传递函数为：

$$\frac{U_o(s)}{U_i(s)} = \frac{1}{Ts}$$

方块图、模拟电路和阶跃响应，分别如图 1-4、图 1-5 和图 1-6 所示，于是 $T = R_0C$ ，
实验参数： $R_0=100k$ ， $C=1\mu F$ ， $R=10k$ 。

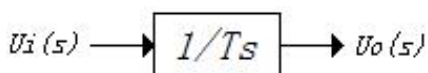


图 1-4

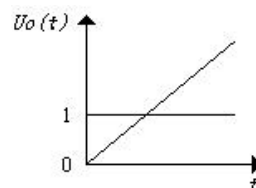


图 1-5

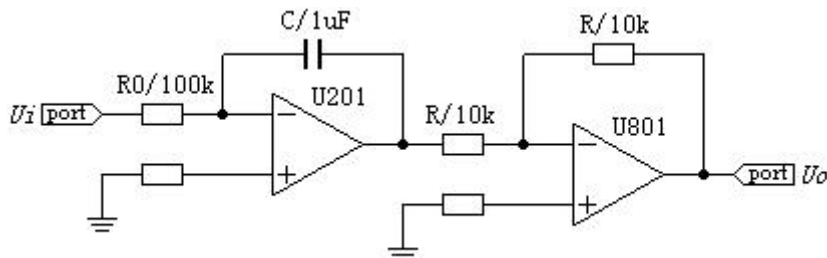


图 1-6

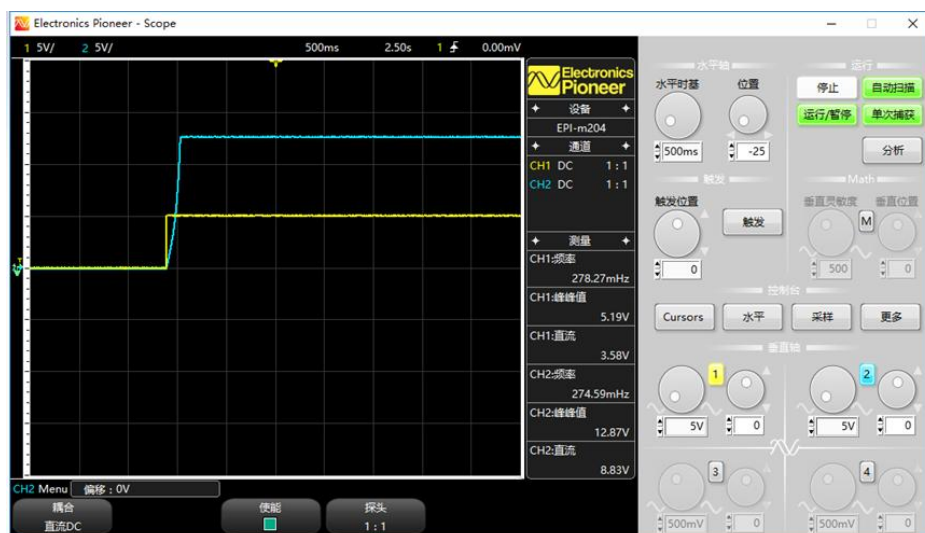
实验步骤

- 1、利用 2#模块和 8A#（或 8B#）模块搭建图 1-6 所需的电路。其中， U_i 输入阶跃信号， U_o 为输出信号。输入信号（ U_i ）连接实验电路板的下方【模拟信号输入】区域的 AI 1 接线柱，输出信号（ U_o ）连接实验电路板的下方【模拟信号输入】区域的 AI 2 接线柱。
- 2、启动【Electronics Pioneer】仪器工具栏。
- 3、打开【Electronics Pioneer—Power】程控电源软件面板，设置【 $\pm 5V$ 3.3V】为【开启】状态，设置【正电源】值为【+15V】和【负电源值为 -15V】，电流【I】均设置为 100mA。
- 4、打开【Electronics Pioneer—Scope】示波器软件面板，设置示波器【运行】状态为【启动】，设置启用【CH 1】和【CH 2】通道。
- 5、将实验电路板【0#】区域【阶跃信号类型】拨动开关拨至【+5V】侧（即左侧）。
- 6、确认实验电路连接无误，按下实验电路板【0#】区域【电源开关】按钮。正常情况下，实验电路板右上方的 +V、-V、+5V、-5V 指示灯会相应点亮。
- 7、按下实验电路板【0#】区域【按下输出阶跃信号】按钮（保持 1 秒以上）后松开，观察示波器实验程序中 CH 1 和 CH 2 通道波形的情况，根据实验内容要求测量并记录相关数据。
- 8、调整实验连线，调整积分时间常数 T。分别设置 $T=1$ 秒， $T=0.2$ 秒， $T=0.1$ 秒。计算关系如下：

$$T=1 \text{ 秒} = R_1 \times C_1 = 100k \times 10\mu F;$$

$$T=0.2 \text{ 秒} = R_1 \times C_1 = 100k \times 2\mu F;$$

$$T=0.1 \text{ 秒} = R_1 \times C_1 = 100k \times 1\mu F;$$



实验参考结果（激励信号:阶跃信号 | 幅值: $5V_{p-p}$ ）

（三）比例积分（PI）环节的传递函数、方块图、模拟电路和阶跃响应

比例积分环节的传递函数为：
$$\frac{U_o}{U_i} = K + \frac{1}{Ts}$$

方块图、模拟电路和阶跃响应，分别如图 1-7、图 1-8 和图 1-9 所示，于是 $K = \frac{R_1}{R_0}$ ，

$$T = R_0 C$$

实验参数： $R_0=200k$ ， $R_1=200k$ ， $C=1\mu F$ ， $R=10k$ 。

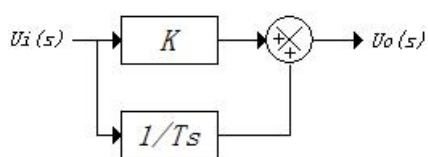


图 1-7

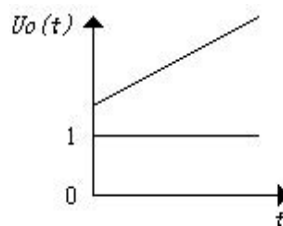


图 1-8

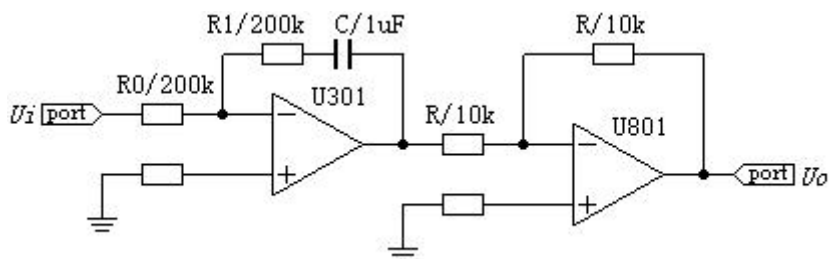


图 1-9

实验步骤

1、利用 3#模块和 8A#（或 8B#）模块搭建图 1-9 所需的电路。其中， U_i 输入阶跃信号， U_o 为输出信号。输入信号（ U_i ）连接实验电路板的下方【模拟信号输入】区域的 AI 1 接线柱，输出信号（ U_o ）连接实验电路板的下方【模拟信号输入】区域的 AI 2 接线柱。

2、启动【Electronics Pioneer】仪器工具栏。

3、打开【Electronics Pioneer—Power】程控电源软件面板，设置【+/-5V 3.3V】为【开启】状态，设置【正电源】值为【+15V】和【负电源值为【-15V】，电流【I】均设置为 100mA。

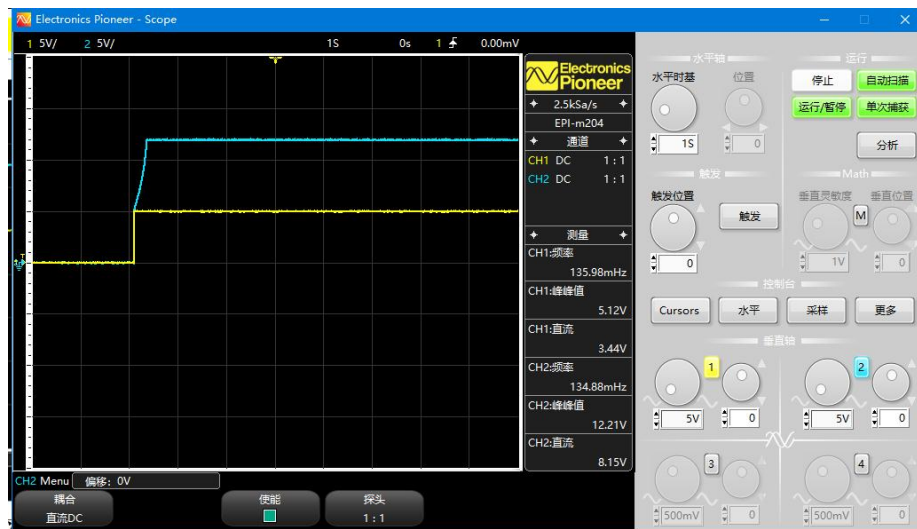
4、打开【Electronics Pioneer—Scope】示波器软件面板，设置示波器【运行】状态为【启动】，设置启用【CH 1】和【CH2】通道。

5、将实验电路板【0#】区域【阶跃信号类型】拨动开关拨至【+5V】侧（即左侧）。

6、确认实验电路连接无误，按下实验电路板【0#】区域【电源开关】按钮。正常情况下，实验电路板右上方的+V、-V、+5V、-5V 指示灯会相应点亮。

7、按下实验电路板【0#】区域【按下输出阶跃信号】按钮（保持 1 秒以上）后松开，观察示波器实验程序中 CH 1 和 CH 2 通道波形的情况，根据实验内容要求测量并记录相关数据。

8、调整实验连线，当 $K=1$ 时，分别观察 $T=1$ 、 $T=0.2$ 、 $T=0.1$ 时的阶跃信号响应。



实验参考结果（激励信号:阶跃信号 | 幅值: $5V_{p-p}$ ）

（四）比例微分（PD）环节的传递函数、方块图、模拟电路和阶跃响应

比例微分环节的传递函数为：
$$\frac{U_o}{U_i} = K(1 + Ts)$$

方块图和模拟电路分别如图 1-10、图 1-11 所示。其模拟电路是近似的（即实际 PD 环节），取 $R_1, R_2 \gg R_3$ ，则有 $K = \frac{R_1 + R_2}{R_0}$ ， $T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} C$ 。实验参数： $R_0=10k$ ， $R_1=10k$ ， $R_2=10k$ ， $R_3=1K$ ， $C=10\mu F$ ， $R=10k$ 。

对应理想的和实际的比例微分（PD）环节的阶跃响应分别如图 1-12、图 1-13 所示。

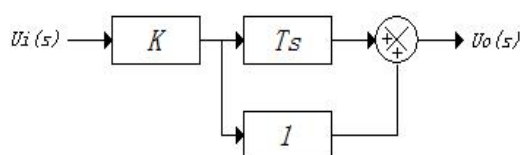


图 1-10

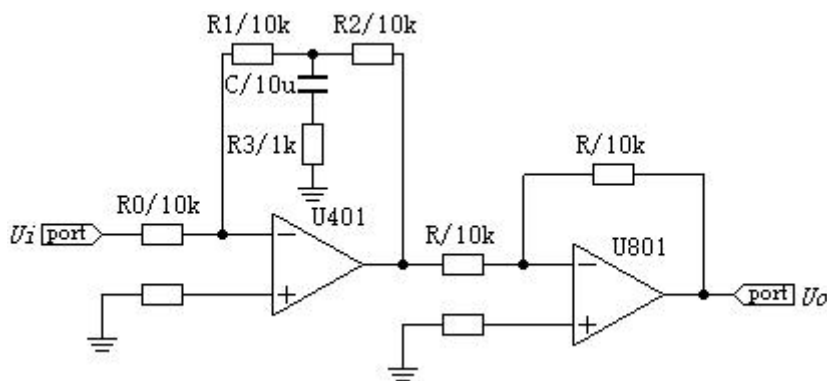


图 1-11

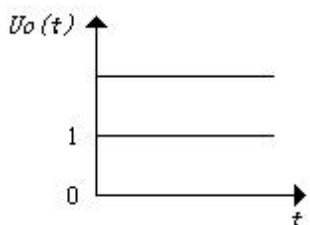


图 1-12

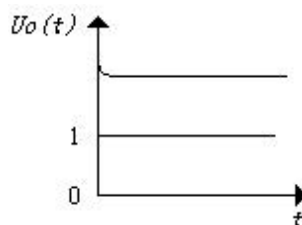


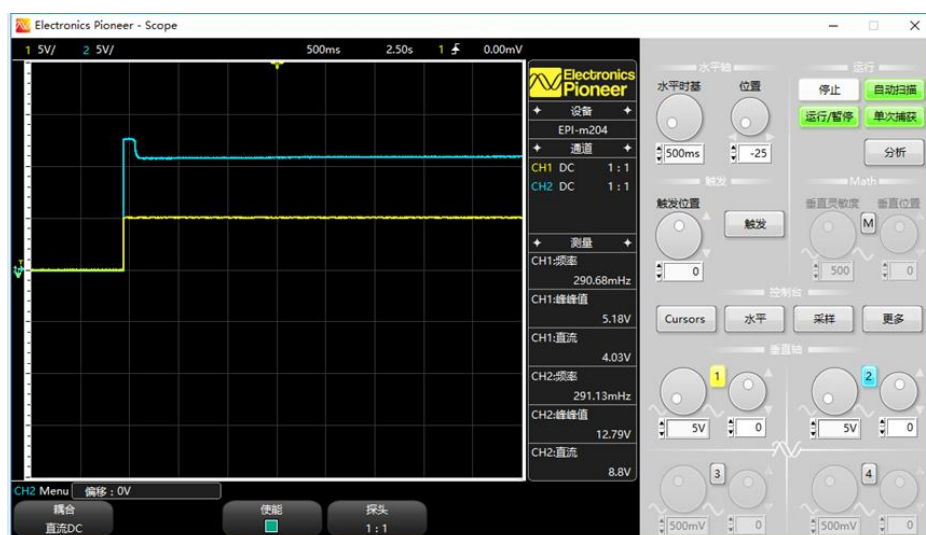
图 1-13

实际 PD 环节的传递函数为：

$$\frac{U_o(s)}{U_i(s)} = \frac{R_1 + R_2}{R_0} \left[1 + \frac{R_1 R_2 C s}{(R_1 + R_2)(R_3 C s + 1)} \right] = \frac{(R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1) C s + (R_1 + R_2)}{R_0 R_3 C s + R_0} \pi$$

实验步骤

- 1、利用 4#模块和 8A#（或 8B#）模块搭建图 1-11 所需的电路。其中， U_i 输入阶跃信号， U_o 为输出信号。输入信号（ U_i ）连接实验电路板的下方【模拟信号输入】区域的 AI 1 接线柱，输出信号（ U_o ）连接实验电路板的下方【模拟信号输入】区域的 AI 2 接线柱。
- 2、启动【Electronics Pioneer】仪器工具栏。
- 3、打开【Electronics Pioneer—Power】程控电源软件面板，设置【+/-5V 3.3V】为【开启】状态，设置【正电源】值为【+15V】和【负电源值为【-15V】，电流【I】均设置为 100mA。
- 4、打开【Electronics Pioneer—Scope】示波器软件面板，设置示波器【运行】状态为【启动】，设置启用【CH 1】和【CH2】通道。
- 5、将实验电路板【0#】区域【阶跃信号类型】拨动开关拨至【+5V】侧（即左侧）。
- 6、确认实验电路连接无误，按下实验电路板【0#】区域【电源开关】按钮。正常情况下，实验电路板右上方的+V、-V、+5V、-5V 指示灯会相应点亮。
- 7、按下实验电路板【0#】区域【按下输出阶跃信号】按钮（保持 1 秒以上）后松开，观察示波器实验程序中 CH 1 和 CH 2 通道波形的情况，根据实验内容要求测量并记录相关数据。
- 8、调整实验连线，分别观察 $K=1$ 、 $T=1$ 秒时， $K=1$ 、 $T=0.2$ 秒时， $K=1$ 、 $T=0.1$ 秒时的阶跃信号响应。



实验参考结果 (激励信号:阶跃信号 | 幅值: $5V_{p-p}$)

(五) 惯性环节的传递函数、方块图、模拟电路和阶跃响应

惯性环节的传递函数为:
$$\frac{U_o}{U_i} = \frac{K}{Ts + 1}$$

方块图、模拟电路和阶跃响应, 分别如图 1-14、图 1-15 和图 1-16 所示, 其中

$K = \frac{R_1}{R_0}, T = R_1 C$ 。实验参数: $R_0=200k, R_1=200k, C=1\mu F, R=10k$ 。

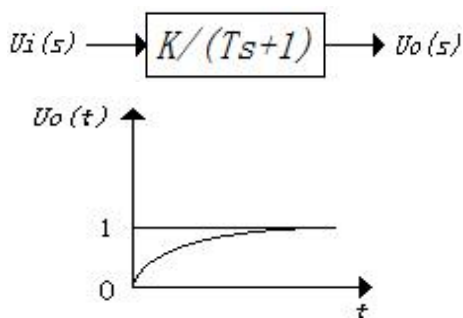


图 1-14

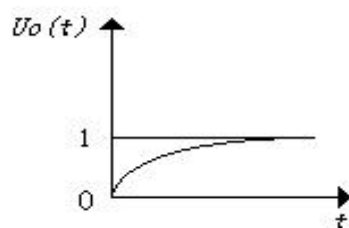


图 1-15

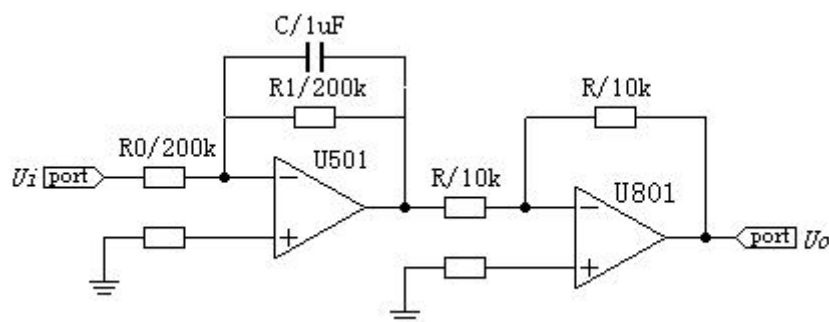


图 1-16

实验步骤

1、利用 5#模块和 8A#（或 8B#）模块搭建图 1-16 所需的电路。其中， U_i 输入阶跃信号， U_o 为输出信号。输入信号（ U_i ）连接实验电路板的下方【模拟信号输入】区域的 AI 1 接线柱，输出信号（ U_o ）连接实验电路板的下方【模拟信号输入】区域的 AI 2 接线柱。

2、启动【Electronics Pioneer】仪器工具栏。

3、打开【Electronics Pioneer—Power】程控电源软件面板，设置【+/-5V 3.3V】为【开启】状态，设置【正电源】值为【+15V】和【负电源值为【-15V】，电流【I】均设置为 100mA。

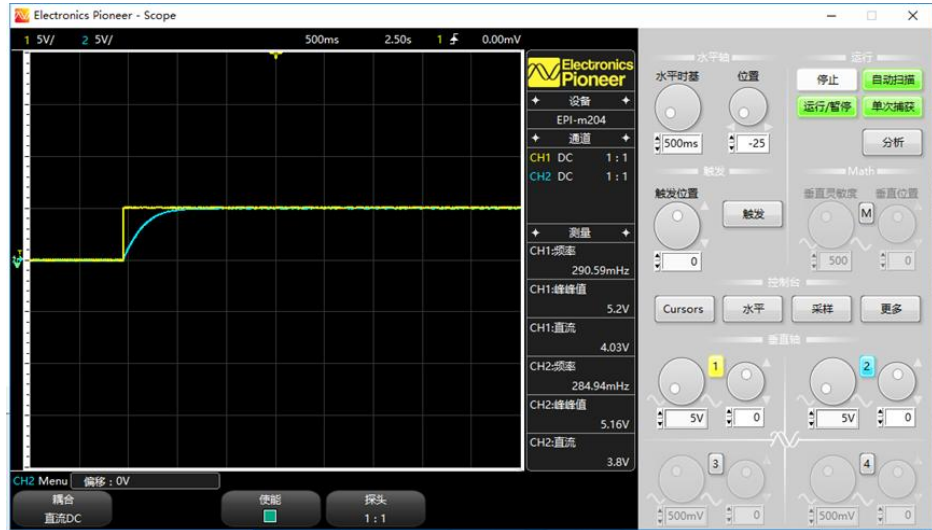
4、打开【Electronics Pioneer—Scope】示波器软件面板，设置示波器【运行】状态为【启动】，设置启用【CH 1】和【CH2】通道。

5、将实验电路板【0#】区域【阶跃信号类型】拨动开关拨至【+5V】侧（即左侧）。

6、确认实验电路连接无误，按下实验电路板【0#】区域【电源开关】按钮。正常情况下，实验电路板右上方的+V、-V、+5V、-5V 指示灯会相应点亮。

7、按下实验电路板【0#】区域【按下输出阶跃信号】按钮（保持 1 秒以上）后松开，观察示波器实验程序中 CH 1 和 CH 2 通道波形的情况，根据实验内容要求测量并记录相关数据。

8、调整实验连线，分别观察 $T=1$ 秒、 $T=0.2$ 秒、 $T=0.1$ 秒时的阶跃响应。



实验参考结果（激励信号:阶跃信号 | 幅值: $5V_{p-p}$ ）

（六）比例积分微分（PID）环节的传递函数、方块图、模拟电路和阶跃响应

比例积分微分环节的传递函数为：
$$\frac{U_o(s)}{U_i(s)} = K_p + \frac{1}{T_i s} + T_d s$$

方块图和模拟电路分别如图 1-17、图 1-18 所示。其模拟电路是近似的（即实际 PID 环节），取 $R_1 \gg R_2 \gg R_3$ ，将近似上述理想 PID 环节有

$K_p = \frac{R_1}{R_0}$, $T_i = R_0 C_1$, $T_d = \frac{R_1 R_2}{R_0} C_2$ ，实验参数： $R_0=200k$, $R_1=100k$, $R_2=10k$, $R_3=$

$1k$, $C_1=1\mu F$, $C_2=10\mu F$, $R=10k$ 。

对应理想的和实际的比例积分微分（PID）环节的阶跃响应分别如图 1-19、图 1-20 所示。

实际 PID 环节的传递函数为：
$$\frac{U_o(s)}{U_i(s)} = \frac{R_1 + R_2}{R_0} + \frac{1}{R_0 C_1 s} + \frac{R_2 C_2 (R_1 C_1 s + 1)}{R_0 C_1 (R_3 C_2 s + 1)}$$
（供软件仿真

参考）

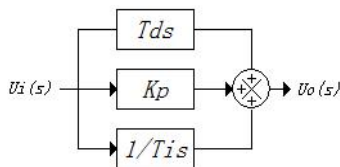


图 1-17

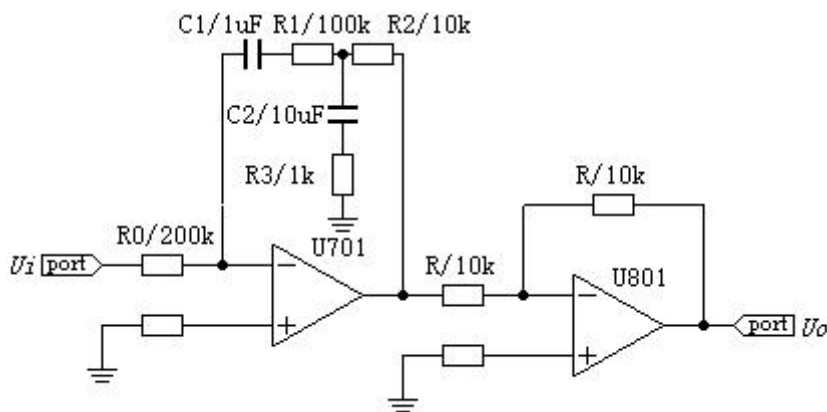


图 1-18

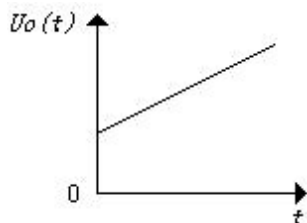


图 1-19

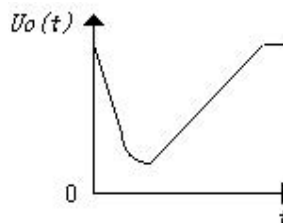


图 1-20

实验步骤

- 1、利用 7#模块和 8A#（或 8B#）模块搭建图 1-18 所需的电路。其中， U_i 输入阶跃信号， U_o 为输出信号。输入信号（ U_i ）连接实验电路板的下方【模拟信号输入】区域的 AI 1 接线柱，输出信号（ U_o ）连接实验电路板的下方【模拟信号输入】区域的 AI 2 接线柱。
- 2、启动【Electronics Pioneer】仪器工具栏。
- 3、打开【Electronics Pioneer—Power】程控电源软件面板，设置【+/-5V 3.3V】为【开启】状态，设置【正电源】值为【+15V】和【负电源值为【-15V】，电流【I】均设置为 100mA。
- 4、打开【Electronics Pioneer—Scope】示波器软件面板，设置示波器【运行】状态为【启动】，设置启用【CH 1】和【CH 2】通道。
- 5、将实验电路板【0#】区域【阶跃信号类型】拨动开关拨至【+5V】侧（即左侧）。
- 6、确认实验电路连接无误，按下实验电路板【0#】区域【电源开关】按钮。正常情况下，实验电路板右上方的+V、-V、+5V、-5V 指示灯会相应点亮。

7、按下实验电路板【0#】区域【按下输出阶跃信号】按钮（保持1秒以上）后松开，观察示波器实验程序中CH1和CH2通道波形的情况，根据实验内容要求测量并记录相关数据。

8、调整实验连线，分别设置 $K(p)=1$ 、 $T(i)=1$ 、 $T(d)=1$ ； $K(p)=1$ 、 $T(i)=0.2$ 、 $T(d)=1$ ； $K(p)=1$ 、 $T(i)=0.1$ 、 $T(d)=1$ 时的阶跃响应。



实验参考结果（激励信号:阶跃信号 | 幅值: $5V_{p-p}$ ）

三、实验报告要求

- 1、画出各典型环节的实验电路图，并注明参数。
- 2、写出各典型环节的传递函数。
- 3、根据测得的典型环节单位阶跃响应曲线，分析参数变化对动态特性的影响。

四、实验注意事项

- 1、按实验电路原理图连接实验线路时，请仔细连线，并反复确认连线关系是否正确。
- 2、【Electronics Pioneer—Power】程控电源软件面板中的某些电源设置若出现提示过载情况，可能的原因是电路连接错误造成了短路，或者电流值设置不合理（过小）。
- 3、【Electronics Pioneer—Power】程控电源软件面板中的+V、-V 若输出不正常，表现为+V、-V 面板指示灯不亮，请检查是否可靠连接仪器底座背板的圆形外接电源扩展接口。
- 4、实验电路板【0#】区域【按下输出阶跃信号】按钮是一个无锁的按下式按钮，松手后阶跃信号随即停止输出。同时，该按下时还同步释放锁零信号。
- 5、反相器位于8A#区域和8B#区域，两者功能相同，实验中使用其中一个即可。
- 6、部分典型环节包含电容元件，需要考虑锁零对实验测量结果的影响问题。

五、思考题

- 1、在图 1-3 中比例环节的输入端输入阶跃信号，观测 U101 输出信号和输入信号同相，若想反向观测比较输出信号和输入信号应采取什么措施？
- 2、惯性环节什么情况下近似为积分环节？什么情况下近似为比例环节？能否通过实验来验证。

3、用示波器观察时：

（1）如何调整所观察波形在显示屏上的位置？根据什么原理？

（2）如何改变信号在 Y 轴的大小？根据什么原理？

（3）如何在 X 轴方向展开或压缩所观察的信号？根据什么原理？

4、如何通过实验测定惯性环节的时间常数？将测定结果与理论结果比较。