



廣東工業大學

《测试技术实验》

实验指导书

肖体兵 宋月贤

机电工程学院

二〇一三年一月印

目 录

实验一	典型信号的合成和分解.....	1
实验二	电涡流传感器静态特性的测量.....	7
实验三	测试装置动态特性的测量.....	12
实验四	转子转速和齿轮齿数的测量.....	23
实验五	机械转子底座的振动测量和分析.....	30
实验六	虚拟仪器(Labview)上机实验.....	33
附 1	实验报告书格式.....	47
附 2	实验报告内容.....	48

实验指导书

实验项目名称：典型信号的合成和分解

实验项目性质：普通

所属课程名称：测试技术实验

实验计划学时：2

一. 实验目的

通过本实验熟悉信号的合成、分解原理，了解信号频谱的含义和特点。

二. 实验内容和要求

1. 周期信号的合成和分解

在有限区间内，凡满足狄里赫利条件的周期信号 $x(t)$ 都可以展开傅里叶三角函数级数。

$$\begin{aligned} x(t) &= \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega_0 t + b_n \sin n\omega_0 t) \\ &= \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos(n\omega_0 t - \varphi_n) \quad (n=1, 2, 3, \dots) \end{aligned}$$

式中 a_0 ——常值分量

$$a_0 = \frac{2}{T_0} \int_{-T_0/2}^{T_0/2} x(t) dt$$

a_n ——余弦分量的幅值

$$a_n = \frac{2}{T_0} \int_{-T_0/2}^{T_0/2} x(t) \cos n\omega_0 t dt$$

b_n ——正弦分量的幅值

$$b_n = \frac{2}{T_0} \int_{-T_0/2}^{T_0/2} x(t) \sin n\omega_0 t dt$$

A_n —— n 次谐波的振幅，是 n 的偶函数

$$A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$

φ_n —— n 次谐波的相角，是 n 的奇函数

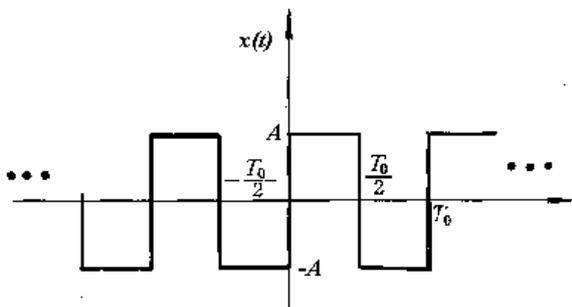
$$\varphi_n = \arctan \frac{a_n}{b_n}$$

可见，周期信号是由一个或几个、乃至无穷多个不同频率的谐波叠加而成的。也就是说，复杂周期信号是由几个乃至无穷多个简单的周期信号组成的，这些组成的周期信号的频率具有公约数，周期具有公共的周期。

因此，周期信号可以分解成多个乃至无穷多个谐波信号。反过来说，我们可以用一组谐波信号来合成任意形状的周期信号。

例如对于如右图所示的方波，其时域描述表达式为

$$x(t) = \begin{cases} x(t + nT_0) \\ A & 0 < t < \frac{T_0}{2} \\ -A & -\frac{T_0}{2} < t < 0 \end{cases}$$



其傅立叶三角函数展开式为

$$x(t) = \frac{4A}{(2n-1)\pi} \left(\sum_{n=1}^{\infty} \sin n\omega_0 t \right) = \frac{4A}{\pi} \left(\sin \omega_0 t + \frac{1}{3} \sin 3\omega_0 t + \frac{1}{5} \sin 5\omega_0 t + \dots \right)$$

其中，基频 $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$ 。可见，该周期方波是由一系列频率成分成谐波关系，幅值成一定比例，相位角为0的正弦波叠加而成的。

以圆频率为横坐标，以各次谐波的幅值 A_n 或相角 φ_n 为纵坐标，则可分别得其幅频谱和相频谱。由于 n 为整数，相邻的谱线的

频率间隔为基频 ω_0 ，因此周期信号的频谱是离散的。

2. 准周期信号

准周期信号是由两种以上的周期信号合成的，但其组成分量间无法找到公共周期，因此无法按某一时间间隔周而复始重复出现。

例如

$$x(t) = 5 \sin 10t + 6 \sin 20t + 7 \sin \sqrt{10}t$$

该信号由3个周期信号组成，但由于3个周期信号的圆频率10、20、 $\sqrt{10}$ 没有公约数即该三个信号无公共周期，因此该信号不呈现周期性。

准周期信号的频谱是离散的。

三. 实验主要仪器设备和材料

1. 计算机 n台
2. matlab软件1套

四. 实验步骤

1. 启动 matlab 软件，点击菜单 File/new/M-File, 打开一个空的 m 文件。
2. 理解并输入附录中的程序代码；然后点击菜单 File/save 进行保存，保存的文件名不能以数字开头或含有汉字。
3. 点击菜单 Debug/Run, 运行程序。
4. 程序的运行结果是生成一个*.fig 图形文件，文件中有 4 个图。第 1 个图为周期信号的时域图形和 0~n 次谐波叠加后的时域图形；第 2 个图为 0~n 次谐波及其叠加后的时域图形；第 3 个图为周期信号 0~n 次谐波的幅值与频率的关系曲线，即幅频谱图；第 4 个图为周期信号 0~n 次谐波的幅值与频率的关系曲线，即相频谱图。
5. 点击*.fig 图形文件的菜单 Edit/Figure Properties, 在弹出的对话框的 style/color 下拉选项中，选择“white”。改变图形文件的背景色为白色。

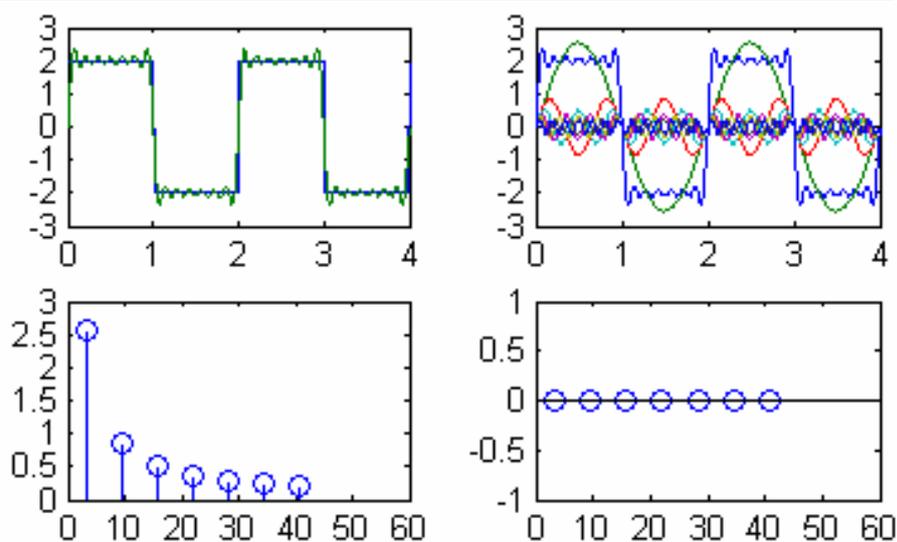


图 3-1

6. 将图形文件抓频保存为 BMP 文件或保存为 fig 文件。为避免混淆，建议图形文件名中包含波形名称和 n 的次数，如 fangbon7.bmp 或 fangbon7.fig，表示该图形为方波的，n=7。建议将此时的 m 程序文件另存为 fangbon7.m，与图形文件同名。
7. 改变程序中第 4 行中 n 的取值，重复步骤 1~6。
 每个人 n 的取值：**n1=学号的最后 2 位+7, n2=n1*3, n3=n1*10;**
8. 修改程序，重复步骤 1~7，实现教材表 1-2 中的三角波的合成，画出其频谱图。
9. 修改程序，重复步骤 1~7，实现教材表 1-2 中的锯齿角波的合成，画出其频谱图。
10. 实现准周期信号 $x(t)$ 的合成，画出其频谱图。

$$x(t) = 5 \sin 10t + 6 \sin 20t + 7 \sin \sqrt{10} t$$

11. 用优盘拷贝自己保存的图形文件和程序，课后进行实验数据处理和分析。

五. 实验报告要求

1. 实验报告写作大纲

(1) 实验的目的和要求

(2) 实验的内容和结果

整理实验得到的图形，并进行分析。分析周期信号及准周期信号的组成和频谱特点

(3) 结论

(4) 问题和讨论

对思考题的回答。

(5) 对本试验的体会和建议

2. 实验报告中可以附上实验的源程序。

3. 图形要求打印，纸张大小需剪裁到与实验报告纸一致。

六. 思考题

1. 复杂周期信号的各组成成分之间的频率有什么关系？

2. 具有离散频谱的一定是周期信号吗？

3. 由多个简单周期信号叠加而成的信号一定是周期信号吗？

附录. 合成典型方波信号的 matlab 程序

```
%x(t)=A (0<=t<T0/2);x(t)=-A (T0/2<=t<T0)
clear all;%清除所有变量
clc;%清屏
n=7;% n为叠加的谐波数目
T0=2;A=2;,%T0为方波的周期;A为方波的幅值;
NofT0=2;%所画的时域波形的周期数
```

```
%周期信号时域描述
```

```
tn_i=1;
```

```
for tn=0:0.01:NofT0*T0
```

```
    if(rem (tn,T0)<=T0/2)
```

```
        y_t(tn_i)=A;          %信号前半周期的表达式
```

```
    else
```

```
        y_t(tn_i)=-A;        %信号后半周期的表达式
```

```
end;
t_t(tn_i)=tn;
tn_i=tn_i+1;
end;

%周期信号的频域描述
t=0:0.01:NofT0*T0;%时域波形的长度
x=0;%合成的信号值，初始化为0
pi=3.1415926;
w0=2*pi/T0;%基波的频率
for i=1:n
    fw(i)=(2*i-1)*w0;%第i次谐波的频率
    a(i)=(4*A/(pi*(2*i-1)));%第i次谐波的幅值
    fai(i)=0;%第i次谐波的相位
    y(i,:)=a(i)*sin(fw(i)*t);%第i次谐波的值
    x=x+y(i,:);%0-i次谐波之和
end;
%subplot将画图区分成2行2列的四个小画图区
subplot(2,2,1);%选择第1个画图区
plot(t_t,[y_t;x]);%画信号的时域及合成后的图形
subplot(2,2,2);%选择第2个画图区
plot(t,[x; y]);%画0-n次谐波及合成后的图
subplot(2,2,3);%选择第3个画图区
stem(fw,a);%画0-n次谐波的幅值——频率图
subplot(2,2,4);%选择第4个画图区
stem(fw,fai);%画0-n次谐波的相位——频率图
```

实验指导书

实验项目名称：电涡流传感器静态特性的测量

实验项目性质：普通

所属课程名称：测试技术实验

实验计划学时：1

一. 实验目的

1. 掌握电涡流传感器的使用方法；
2. 通过对不同材料的传感器间隙电压及灵敏度、非线性度和回程误差的测定，了解涡流传感器基本静态特性。

二. 实验内容与要求

1. 学会电涡流式传感器的使用方法；
2. 对电涡流式传感器进行静态标定；测量传感器的灵敏度、非线性度和回程误差。
3. 观测不同材料的金属涡流片对涡流传感器的特性影响；
4. 练习用作图法处理测量数据。

三. 实验主要仪器设备和材料

实验需要使用的仪器主要有：三种不同材料的金属涡流片、电涡流传感器、螺旋测微计、标准接线前置器、数字万用表。

电涡流传感器是一种不接触式测量的位移传感器，它具有较宽的使用频率范围（DC—10KHz），因此特别适合于测量转子轴的振动、静偏摆、油膜厚度、轴心轨迹等机械量，可用于其它对象的静态和动态位移的测量。

传感器头端部的电感线圈L被高频电流I激励，产生高频磁场 Φ ，当被测金属导体靠近这个高频线圈L时，由于 Φ 的作用，在导体表面产生涡电流，涡电流又产生与 Φ 相反的磁场 Φ_e ，以抵抗原磁场的变化。如图1所示，这一过程要损耗能量，使线圈L的电感量变化，损耗电阻增加，品质因数Q值变低。这些参数的变化量是随被测导体与线圈之间的间隙 δ 的大小而变化的。采用适当的电路检测这个变化量，即可实现位移或振幅的测量。变换原理如图2所示。

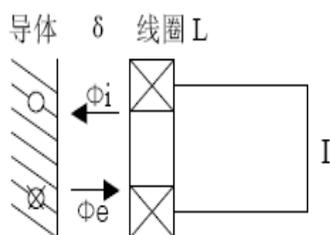


图1 涡流效应

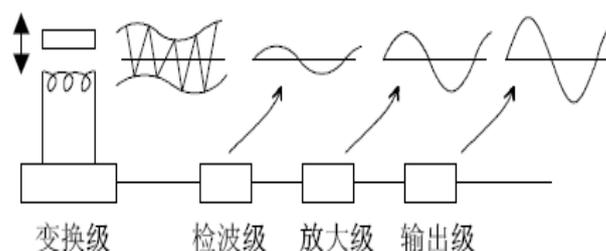


图2 变换原理

四. 实验方法和步骤

1. 实验方法

电涡流传感器的输出电压对间隙的关系曲线，称之为间隙电压曲线，在曲线上基本接近直线部分称之为传感器线性范围。在线性区的斜率即为间隙电压灵敏度—对应于每单位间隙变化时的输出电压变化量（ mV / μ 或 V / mm ）。

间隙电压曲线及间隙电压灵敏度与被测试对象材料的电磁性能有关，因此针对不同材料应进行标定，由于电涡流传感器具有零频率响应，因此可以采用静态标定的方法，这一标定的结果同样适用于动态测量。

2. 实验步骤

- 1) 按图3接线，特别注意电源电压的极性；

2) 装上钢测试材料，令螺旋测微计对准某一零线，移动传感器使端部轻微接触到被测试材料平面，此时认为测试材料与电涡流传感器之间的间隙 $\Delta=0$ ，并记下此时数字万用表显示的传感器的输出电压 u 。

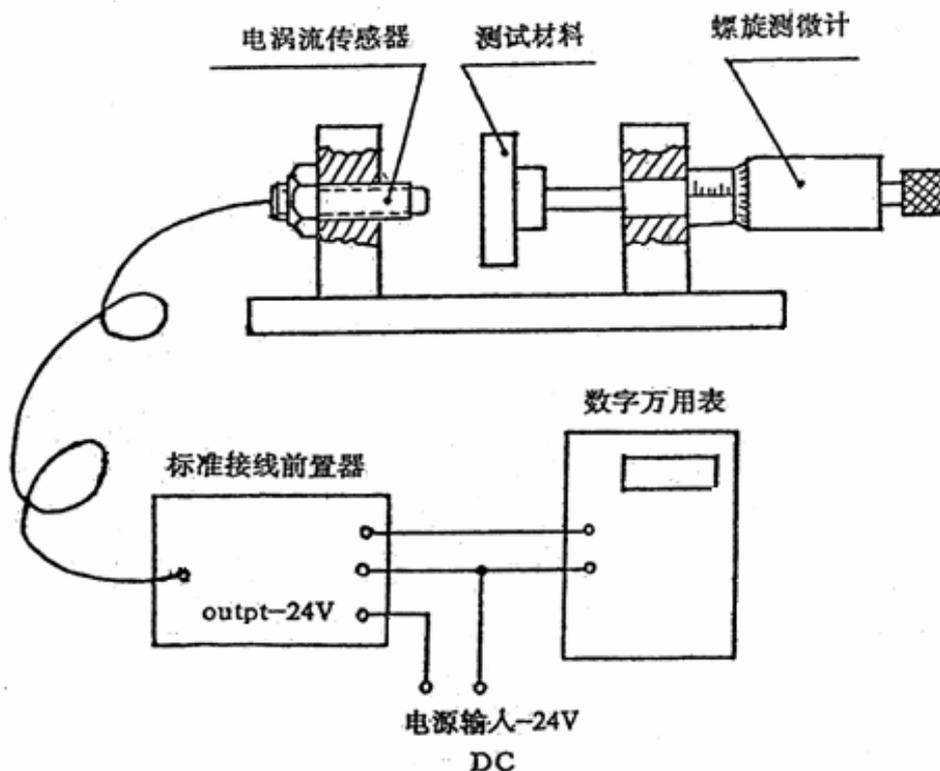


图3 实验接线

3) 旋转测微头，改变间隙 Δ ，然后记录此时传感器的输出电压 u 。当间隙 Δ 处于 $0\sim 2.0\text{ mm}$ 之间时，间隙 Δ 每增加 0.1 mm 记录1次传感器的输出电压 u 。当间隙 Δ 处于 $2.0\sim 4.0\text{ mm}$ 之间时，间隙 Δ 每增加 0.2 mm 记录1次传感器的输出电压 u_1 。此后每增加 0.5 mm 取一次读数，直至 $\Delta=10\text{mm}$ ；然后，再旋转测微头，使间隙 Δ 由大到小变化，然后记录此时传感器的输出电压 u_2 。

表一 钢测试材料															
△	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4
u1															
u2															
△	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8
u1															
u2															
△	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0		
u1															
u2															

4) 换上铝测试材料，重复步骤3。

表二 铝测试材料															
△	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4
u1															
u2															
△	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8
u1															
u2															
△	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0		
u1															
u2															

5) 换上铜测试材料，重复步骤3。

Δ	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4
u1															
u2															
Δ	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8
u1															
u2															
Δ	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0		
u1															
u2															

五. 实验报告要求

1. 实验报告采用学校新颁布的统一实验报告纸，要求手工完成实验报告。书写工整、认真，按照要求严格地完成实验报告。
2. 实验报告应包含如下几部分内容
 - 1) 实验目的与要求
 - 2) 实验方案
 - 3) 实验结果和数据处理
 - (1) 用一张方格纸画出间隙 Δ 由小至大变化时三种材料的间隙电压曲线，求出三种材料的间隙电压灵敏度，对三种材料的间隙电压曲线及灵敏度进行比较；
 - (2) 分别用三张方格纸画出间隙 Δ 由小至大变化时三种材料的间隙电压曲线，计算采用三种不同测试材料时的涡流传感器的线性度、回程误差。
 - 4) 结论
 - 5) 问题与讨论（回答思考题）。

六. 思考题

1. 用电涡流传感器进行非接触位移测量时，如何根据量程选用传感器。
2. 当被测体为非金属材料如何利用电涡流传感器进行测试？

实验指导书

实验项目名称：测试装置动态特性的测量

实验项目性质：综合性

所属课程名称：测试技术实验

实验计划学时：2

一. 实验目的

1. 了解差动变压器式位移传感器的工作原理
2. 掌握测试装置动态特性的测试
3. 掌握m-k-c二阶系统动态特性参数的影响因素

二. 实验内容和要求

1. 差动变压器式位移传感器的标定
2. 弹簧振子二阶系统的阻尼比和固有频率的测量

三. 实验主要的仪器设备和材料

该实验需要的主要仪器设备有：弹簧振子实验台、计算机、采集卡、电源。

1. 弹簧振子实验台

弹簧振子实验台的原理如图 1 所示，主要由弹簧 k、质量振子 m、阻尼器 c、传感器、台架、振子位置调节器等组成。阻尼器由阻尼薄片和介质阻尼及传感器铁心运动副组成，更换不同面积的阻尼薄片和介质，可获得不同的阻尼系数。

实验台为一典型的 m-k-c 二阶系统，系统的传递函数为

$$G(s) = \frac{1}{ms^2 + cs + k} \quad (1)$$

系统的无阻尼固有频率为

$$\omega_n = \sqrt{k/m} \quad (2)$$

系统的无因次阻尼比为

$$\xi = \frac{2c}{\sqrt{mk}} \quad (3)$$

系统的有阻尼固有频率

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1-\xi^2} \quad (4)$$

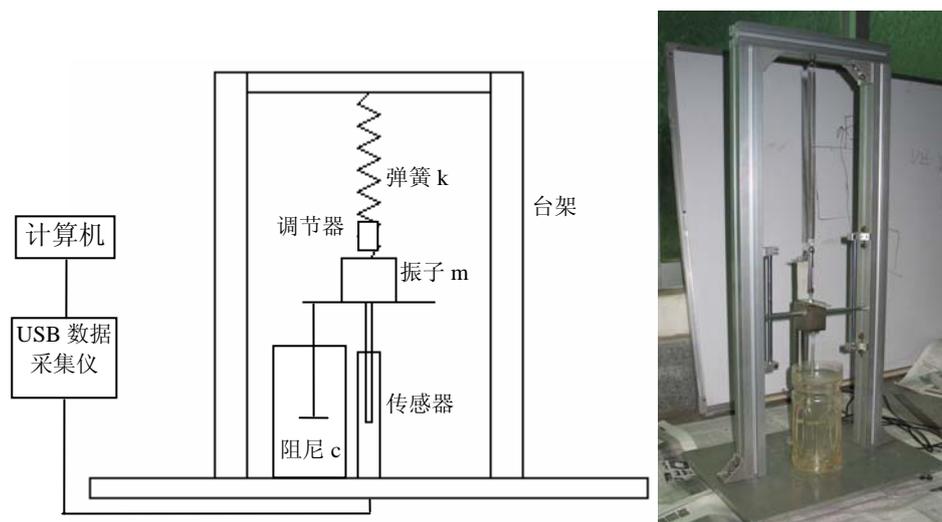


图 1 弹簧振子实验台

2. 测量原理

1) 原理

根据测量出的弹簧振子欠阻尼二阶系统的阶跃响应曲线来求系统的动态特性：固有频率 ω_n 和阻尼比 ξ 。关于该方法的详细说明可参见教材。

2) 实验步骤

先将质量振子偏离平衡，具有一定的初始位移，然后松开。该二阶系统在初始位移的作用下，产生一定的输出，位移传感器采集到系统的输出并传输给计算机，该输出曲线如图 2 所示。该输出是由初始状态引起的，可称之为零输入响应，也可看作是由初始位置到零的阶跃响应。

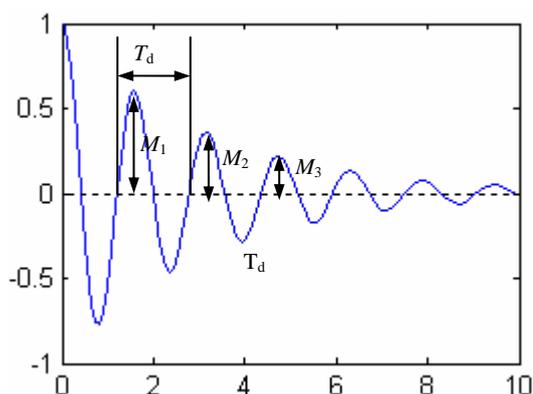


图 2 欠阻尼二阶系统的阶跃响应

(1) 求有阻尼固有频率 ω_d

阶跃响应的振荡频率为系统的有阻尼固有频率 ω_d 。根据图 2 中的曲线的振荡周期，可测得

$$\omega_d = \frac{2\pi}{T_d} \quad (5)$$

(2) 求阻尼比 ξ

利用任意两个超调量 M_i 和 M_{i+n} 可求出其阻尼比， n 是该两个峰值相隔的某一整周期数。计算公式为

$$\xi = \sqrt{\frac{\delta_n^2}{\delta_n^2 + 4\pi^2 n^2}} \quad (6)$$

其中

$$\delta_n = \ln \frac{M_i}{M_{i+n}} \quad (7)$$

当 $\xi < 0.3$ 时，可采用下面的简化公式

$$\xi \approx \frac{\ln \frac{M_i}{M_{i+n}}}{2\pi n} \quad (8)$$

(3) 求无阻尼固有频率 ω_n

计算出有阻尼固有频率 ω_d 、阻尼比 ξ 之后，根据公式(4)可求出系统的固有频率 ω_n

$$\omega_n = \frac{\omega_d}{\sqrt{1-\xi^2}} \quad (9)$$

(4) 求弹簧的刚度和振子组件的质量

振子组件主要由振子、滑杆、振子位置调节器、阻尼片、传感器连接杆等组成。

利用已知质量的 U 型质量块，求出弹簧的刚度 K 。

$$K = \frac{mg}{\Delta x} \quad (10)$$

式中， m 为 U 型质量块的质量， Δx 为将 U 型质量块叠放在振子上之后弹簧长度的变化量。

求出系统的无阻尼固有频率 ω_n 和弹簧刚度 K 之后，就可以根据公式得出振子组件的质量 m_z ，

$$m_z = \frac{K}{\omega_n^2} \quad (11)$$

3. 系统的组成

质量振子在平衡位置的振动位移由计算机实现自动采集。计算机采集系统的原理框图如图 3 所示。

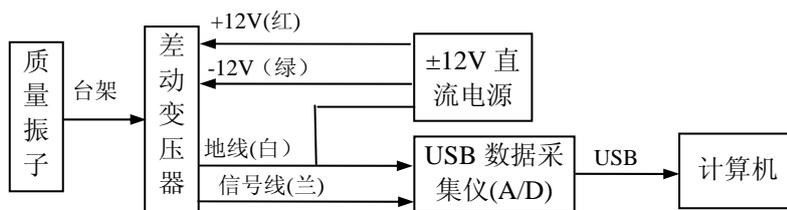


图 3 计算机数据采集系统框图

(1) 差动变压器

该系统利用差动变压器位移传感器来检测质量振子的位移。差动变压器的工作原理参见教材及传感器的说明书。

该位移传感器的测量范围为 $\pm 60\text{mm}$ ，满量程输出为 $\pm 10\text{V}$ 直流电压信号。其工作电源为 $\pm 12\text{V}$ 直流电源。该位移传感器的电缆线由 4 根线组成，红色的接 $+12\text{V}$ 电源，绿色线接 -12V 电源，白色线为地线，兰色线为信号线。

(2) USB7325A 数据采集仪

USB7325A 数据采集仪可同时采集 16 路信号，但面板上只接出了其中 10 个通道。可选用其中任何一个通道来采集位移传感器的输出。

USB7325A 数据采集仪接受差动变压器输出的 $\pm 10\text{V}$ 范围内的模拟直流电压信号，在采集仪的内部进行 A/D 转换之后，将得到的数字量电压信号通过 USB 接口发送给计算机。

(3) 计算机及实验软件

运行于计算机的实验软件可实现实验数据的自动采集、保存、显示和处理等。实验软件可实现采集通道的选择和采集速度等设置。

计算机采集得到的是差动变压器输出的电压信号，而我们需要的是位移信号。因此，在实验软件里，将采集得到的电压信号除以传感器的灵敏度 S 后，即可得到质量振子的位移信号。

4. 系统参数的说明

m_z : 质量振子组件(包括振子、水平滑杆、阻尼器)的质量, 具体数值未知。

m_{u1} : 1 号 U 型质量块 (长度约为 40mm), 其质量约为 $m_{u1}=130$ 克 (无标注) 或 $m_{u1}=115$ 克(有标注)

m_{u2} : 2 号 U 型质量块 (长度约为 60mm), 其质量约为 $m_{u2}=210$ 克。

K_1 : 1 号弹簧 (刚度小、直径约为 12mm) 的刚度, 具体数值未知。

K_2 : 2 号弹簧 (刚度大、直径约为 10mm) 的刚度, 具体数值未知。

c_1 : 阻尼器放在空气中时系统的阻尼, 具体数值未知。

c_2 : 阻尼器放在水中时系统的阻尼, 具体数值未知。

四、实验步骤

1. 差动变压器传感器的标定

- (1) 启动实验软件“测试装置动态特性测试.exe”。
- (2) 用鼠标单击屏幕上“采集”框内“采样设置”按钮, 进行实验软件参数设置, 如采样频率和所选用的数据采集仪的采用通道、传感器的灵敏度等。由于传感器的灵敏度 S 未知, 先将其设为 1 V/mm 。
- (3) 单击“采集”框内的“开始采样”按钮, 启动数据采集, 传感器输出的电压信号被实时采集到计算机里并以数字和曲线的形式显示在屏幕上。此时, 由于 $S=1$, 则“位移”框内显示的也是电压值。
- (4) 利用振子位置调节器, 调整振子的平衡位置, 使传感器的输出为零。

- (5) 转动振子位置调节器或用手拉，使振子组件偏离平衡位置，传感器的输出电压也会随之变化；利用安装在台架立柱内侧的钢尺，记录振子组件在不同位置 Y 时，传感器的输出电压。建议每变化 10mm,记录一次电压。

表 1

位移 Y										
电压 U										

- (6) 利用表 1 中的数据，计算出传感器的灵敏度 S 。完成差动变压器位移传感器的标定，得到传感器的灵敏度 $S(V/mm)$ 。

先求每一点的灵敏度 S_i

$$S_i = \frac{Y_{i+1} - Y_i}{U_{i+1} - U_i} \quad (12)$$

对各点灵敏度取平均，得到传感器的灵敏度 S 。

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i \quad (13)$$

- (7) 点击“采样设置”，修改传感器的灵敏度。此时，“位移”框内显示的是振子的实际位移。

2. 弹簧刚度的测量

1) 1 号弹簧刚度 K_2 的测量

(1) $m = m_z$

记下此时传感器的输出位移，填入表中

(2) $m = m_z + m_{1u}$

将 1 号 U 型质量块叠放在振子组件上，系统质量为振子组件的质量与 1 号 U 型质量块的质量之和。等振子稳定下来后，记下此时传感器的输出位移，填入表中。

(3) $m = m_z + m_{2u}$

卸下 1 号 U 型质量块，将 2 号 U 型质量块叠放在振子组件上，此时系统质量为振子组件的质量与 2 号 U 型质量块的质量之和。等振子稳定下来后，记下此时传感器的输出位移，填入表中。

质 量	m_z	$m_z + m_{u1}$	$m_z + m_{u2}$	刚度(N/m)
位 移(mm)	35.12	12.26	-0.25	58.1

(4) 根据上表数据，计算弹簧的刚度。

打开“弹簧刚度的测量.xls”，输入相关数据，可自动计算弹簧的刚度。

2) 2号弹簧刚度 K2 的测量

方法和步骤同上。

质 量	m_z	$m_z + m_{u1}$	$m_z + m_{u2}$	刚度
位 移				

3. 系统动态参数的测量

完成如下 5 情况下的系统的阶跃响应的测量，建议每种情况至少要采集 2 次。同组的几位同学都需要采集不同的数据，不能共用相同的数据。

用鼠标单击屏幕上“采集”框内的“采样设置”按钮，输入计算得到的传感器的灵敏度 S。

1) 质量振子组件+1号弹簧+阻尼器放在空气中

$m = m_z$ ：系统的质量为质量振子组件的质量 m_z 。

$K = K_1$ ：系统的刚度为 1 号弹簧的刚度 K_1 。

$c = c_1$ ：阻尼器放在空气中，系统的阻尼为 c_1 。

- (1) 将振子的位移调到 0 附近
- (2) 用手往下拉质量振子，使其偏离平衡位置一定的距离。
- (3) 单击“数据”框内的“暂存”按钮，然后松开弹簧振子，质量振子就会在平衡位置附近作衰减震荡运动，采集到的数据被暂时保存在内存里。
- (4) 当质量振子停下来之后，先单击“数据”框内的“停止暂存”按钮，停止保存数据。然后再单击“采集”框内的“停止采样”按钮，停止数据采集。
- (5) 单击“数据”框内的“回放”按钮，将采集到的数据全部显示在屏幕中的图形显示区中。单击“数据”框内的“回放设

置”可设置回放的数据范围，即可只显示其中一部分数据。

- (6) 单击“数据”框内的“保存为文件”按钮，在弹出的对话框中设置数据保存的路径和文件名，将回放的数据保存为文本文件，得到第①组数据。

2) 改变系统的阻尼

质量振子组件+1号弹簧+阻尼器放在水中

$m = m_z$ ：系统的质量等于质量振子组件的质量 m_z 。

$K = K_1$ ：系统的刚度等于1号弹簧的刚度。

$c = c_2$ ：阻尼器放在水中，系统的阻尼为 c_2 。

重复步骤1)，得到第②组数据。

3) 改变系统的质量：

(质量振子组件+1号U型质量块)+1号弹簧+阻尼器放在水中

$m = m_z + m_{u1}$ ：系统质量为振子组件的质量与1号U型质量块的质量之和。

$K = K_1$ ：系统的刚度等于1号弹簧的刚度。

$c = c_2$ ：阻尼器放在水中，系统的阻尼为 c_2 。

重复步骤1)，得到第③组数据。

4) 更换为2号弹簧，改变系统的弹簧刚度

(质量振子组件+1号U型质量块)+2号弹簧+阻尼器放在水中

$m = m_z + m_{u1}$ ：系统的为质量振子组件的质量与1号U型质量块的质量之和。

$K = K_2$ ：系统的刚度等于2号弹簧的刚度。

$c = c_2$ ：阻尼器放在水中，系统的阻尼为 c_2 。

重复步骤1)，得到第④组数据。

5) 改变系统的质量

(质量振子组件+2号U型质量块)+2号弹簧+阻尼器放在水中

$m = m_z + m_{u2}$ ：系统的为质量振子组件的质量与2号U型质量块的质量之和。

$K = K_2$ ：系统的刚度等于2号弹簧的刚度。

$c = c_2$ ：阻尼器放在水中，系统的阻尼为 c_2 。

重复步骤2)，得到第⑤组数据。

- 6) 用优盘拷贝自己保存的数据文件。

4. 实验数据处理和分析

1) 计算出上述 5 种情况下系统的动态特性参数(ω_n, ξ)。

- (1) 打开保存有数据的文本文件
- (2) 利用最后的部分数据计算出系统阶跃响应的稳态值
- (3) 找出各个峰值及其对应的时间
- (4) 峰值减去稳态值即可得到各个超调量
- (5) 根据各个超调量及其时间, 利用相关公式, 即可计算出系统的动态特性参数。

2) 绘出 5 种情况下系统的阶跃响应曲线

建议利用 matlab 完成。

(1) 启动 matlab

(2) 打开保存有数据的文本文件, 如打开文件“3104000402_张三_No1(mz_K1_C1).txt”, 将该文件另存为“No1.txt”后, 选中并删除文本文件“No1.txt”开头包含有汉字的前 7 行(有 5 行汉字, 2 个空格行)。删除了开头几行汉字的“No1.txt”文本文件的开头如图 1 所示。

(3) 将文本文件 No1.txt 复制到 matlab 的当前工作目录下或将 No1.txt 所在的文件夹设为 matlab 的当前工作目录。

(4) 在 matlab 的命令窗口中输入:

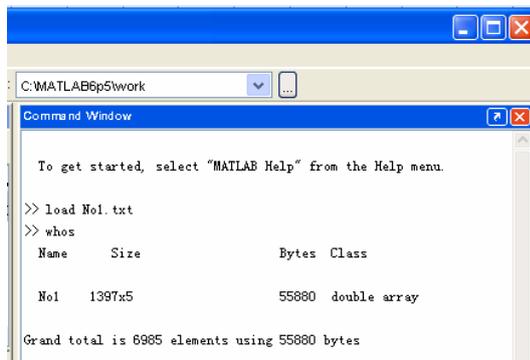
```
load No1.txt;
```

通过上述命令将文本文件“No1.txt”中的数据导入 matlab 的工作空间, 生成一个名为 No1 的多行 5 列的数组, 可利用 whos 命令查看, 如图 2 所示。



1	-45.4920	-7.5820	1489585	101010
2	-42.9708	-7.1618	1489595	101010
3	-40.2696	-6.7116	1489605	101010
4	-37.3512	-6.2252	1489614	101010
5	-33.8580	-5.6430	1489625	101010
6	-30.5352	-5.0892	1489635	101010
7	-27.0300	-4.5050	1489645	101010
8	-23.3952	-3.8992	1489654	101010
9	-19.1820	-3.1970	1489665	101010
10	-15.3312	-2.5552	1489675	101010
11	-11.3820	-1.8970	1489685	101010
12	-7.3080	-1.2180	1489694	101010
13	-2.7360	-0.4560	1489705	101010
14	+1.4940	+0.2490	1489715	101010

图 1



```
C:\MATLAB6p5\work
Command Window
To get started, select "MATLAB Help" from the Help menu.
>> load No1.txt
>> whos
Name      Size      Bytes  Class
-----
No1      1397x5      55880  double array
Grand total is 6985 elements using 55880 bytes
```

图 2

(5) 绘制位移曲线。

横坐标为时间, 是数组 No1 中的第 4 列, 利用 No1(:,4) 提取数组中的第 4 列。由于第 4 列保存的是采样时计算机的系统时间, 单位为毫秒 (ms), 不是从零开始的。利用 (No1(:,4)-No1(1,4))*0.001 将时间调

整为从零开始，乘以 0.001 是将时间单位换成秒（s）。

纵坐标为位移，是数组 No1 中的第 2 列。利用 No1(:,2)提取数组中的第 2 列。

在命令窗口输入：

```
plot((No1(:,4)-No1(1,4))*0.001,No1(:,2))
```

即可绘出系统的位移曲线。

如图 3 所示。

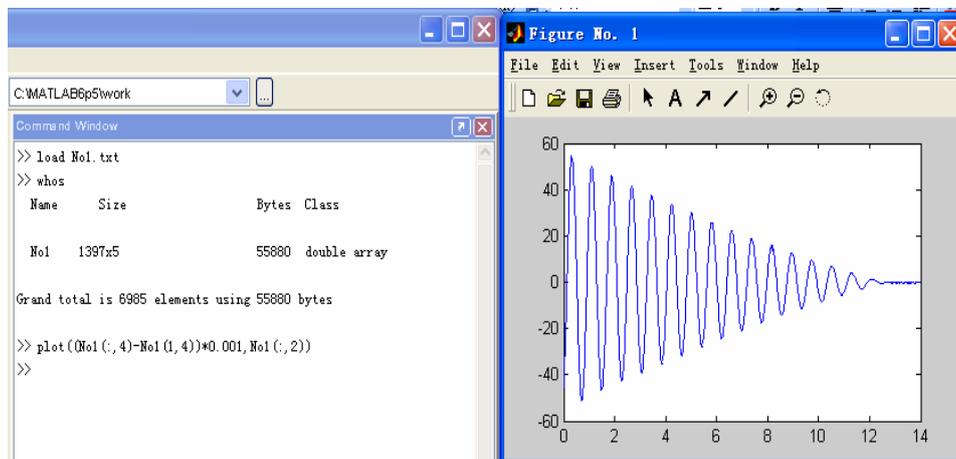


图 3

(6) plot 命令会得到一个后缀为 .fig 的图形文件。对 fig 图形文件的处理参见实验“典型信号的合成与分解”的相关内容。主要是将背景改为白色。

3) 根据计算结果，结合阶跃响应曲线，进行分析

(1) 比较第①和②组数据的计算结果，分析阻尼 c 对系统动态特性的影响。

(2) 比较第②和③、④和⑤组数据的计算结果，分析振子的质量 m 对系统动态特性的影响。

(3) 比较第③和④组数据的计算结果，分析弹簧刚度 K 对系统动态特性的影响。

4) 计算振子组件的质量 m_z

五. 实验报告要求

1. 实验报告应包含如下几部分内容

- 1) 实验的目的和要求
- 2) 实验的原理

简述计算机测试的原理，画出原理框图。简述利用阶跃响应测量二阶系统动态特性的原理。

3) 实验的内容和结果

整理实验测得的数据文件，用计算机绘出实验曲线（推荐采用 matlab），利用公式(5)~(9)计算出系统的动态特性参数。根据计算结果，结合实验曲线，分析振子的质量 m 、弹簧的刚度 k 、阻尼系数 c 等对二阶系统动态特性参数的影响。

4) 结论

5) 问题和讨论

对思考题的回答。

6) 对本实验的体会和建议

2. 图形可以打印，但纸张大小需剪裁到与实验报告纸尺寸一致。

六. 思考题

1. m - k - c 二阶系统的响应速度主要用调整时间来衡量，能否通过增加弹簧的刚度 K 来提高 m - k - c 二阶系统的响应速度？
2. 理论上，根据二阶系统阶跃响应的最大超调量 M 可以求出系统的阻尼比。可在本实验中却采用相邻的 n 个超调量来计算，为什么？

实验指导书

实验项目名称：转子转速和齿轮齿数的测量

实验项目性质：普通

所属课程名称：测试技术实验

实验计划学时：2

一. 实验目的

1. 了解机械转子系统的组成；
2. 加深理解光电式传感器的工作原理、特点和用途；
3. 通过本实验了解和掌握转速和齿轮齿数测量的基本方法。

二. 实验内容与要求

1. 了解数据采集卡的使用和机械转子系统的组成；
2. 熟悉实验软件的操作；
3. 利用光电式传感器、采集卡、计算机、实验软件等测量机械转子系统转子的转速；
4. 利用光电式传感器、采集卡、计算机、实验软件等测量齿轮的齿数；
5. 测量数据的处理。

三. 实验主要仪器设备和材料

1. 本试验需要的主要仪器设备有：机械转子系统，计算机，采集卡，磁电式传感器，光电式传感器，实验软件。
2. 机械转子系统
机械转子系统是模拟工业生产常见的转动机构如机床等设计而成，其组成如图 4-1 所示。

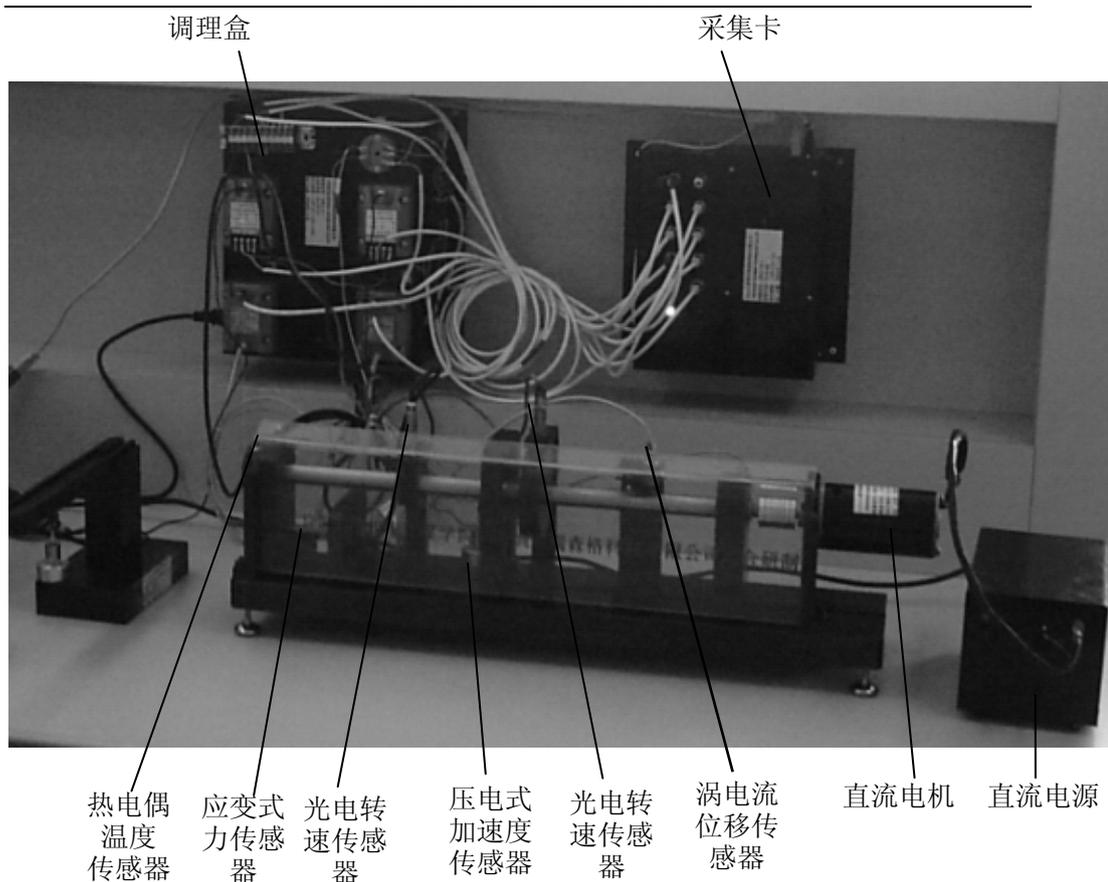


图 4-1 机械转子实验系统

3. 光电转速传感器及转速测量原理

机械转子系统中的光电转速传感器属于反射式光电传感器，其转速测量系统的工作原理如图 4-2 所示。主要由被测旋转部件、反光片（或反光贴纸）、反射式光电传感器组成，在可以进行精确定位的情况下，在被测部件上对称安装多个反光片或反光贴纸会取得较好的测量效果。在本实验中，由于测试距离近且测试要求不高，仅在被测部件上只安装了一片反光贴纸，因此，当旋转部件上的反光贴纸通过光电传感器前时，光电传感器的输出就会跳变一次。通过测出这个跳变频率 f ，就可知道转速 n ， $n = f$ 。如果在被测部件上对称安装 m 个反光片或反光贴纸，那么， $n = f/m$ 。

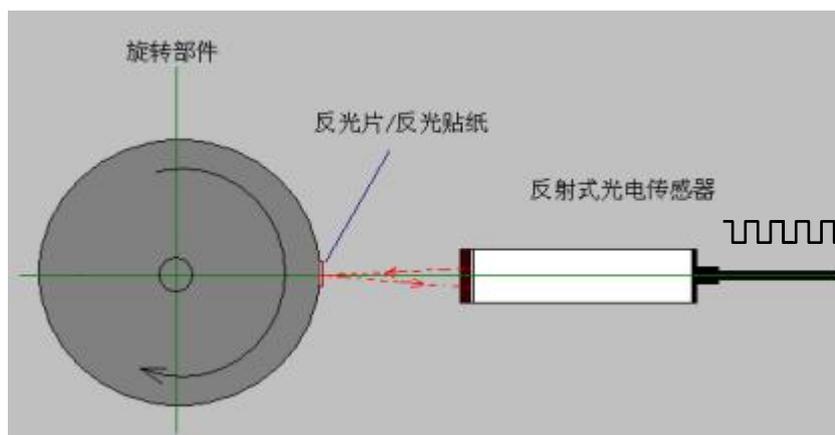


图 4-2 光电传感器的转速测量原理

四. 实验方法和步骤

1. 说明

单点采样: 利用定时器, 每 10ms 采集一个数据点;

批量采样: 按照设定的批量采样频率一次采集一批数据;

批量采样频率: 设定批量采集的频率, 单位为 Hz, 表示 1s 内采集的数据个数; 采集光电传感器的输出电压和转子转速比较低时, 频率可以低一点; 采集磁电传感器的输出电压和转子转速比较高时, 频率应该高一点。

采样通道: 设定采样的通道, 采集卡有 16 个通道, 但是接线板上只用了前面的 1-10 个通道。

批量采样点数: 设定批量采集的数据个数。

2. 实验步骤

- 1) 启动实验程序“转子转速和齿轮齿数测量.exe”; 输入个人信息, 也可以启动之后通过单击“修改”按钮修改个人信息。
- 2) 观察转子转动时光电和磁电传感器的输出电压的变化规律, 理解实验原理。
 - a. 单击“采样设置”按钮, 输入采集卡连接光电传感器的采样通道号;
 - b. 单击“单点采样”, 然后用手转动转子的转轴, 观察光电传感器转过反光纸时输出电压的变化规律; 观察转子旋转一圈时, 光电传感器电压变化的次数与反光纸片数的关系。
 - c. 单击“采样设置”按钮, 输入采集卡连接磁电传感器的采样通道号;
 - b. 单击“单点采样”, 然后用手转动转子的转轴, 观察磁电传感器

转过齿轮的齿顶和齿谷时输出电压的变化规律；观察转子旋转一圈时，磁电传感器电压变化的次数与齿轮齿数的关系。

d. 通过上述观察，理解本实验的原理。

3) 打开转子电机的电源，旋转调节旋钮改变转子的转速，先调为低速。

4) 转子的转速和齿轮齿数的测量

(1) 单击“采样设置”按钮，输入采集卡连接光电传感器的采样通道号、批量采样频率、批量采样点数。

(2) 单击“批量采样”按钮，完成采样；

(3) 观察采集到的光电传感器输出电压的曲线是否正常，如果不正常(如存在异常跳变、数据个数过少)，则重新采集一次。

(4) 单击“保存”按钮，将采集到的光电传感器的电压数据保存为文本文件。单击“保存设置”改变保存的目录和文件名。文件默认保存到“C:\ExperiData\”目录下。

(5) 根据保存在文本文件中数据，计算出转子的转速(课后完成)。

(6) 重复测量5次，注意更改文件名。取5次测量的平均值作为测量结果(课后完成)。

(7) 单击“采样设置”按钮，输入采集卡连接磁电传感器的采样通道号、批量采样频率、批量采样点数。

(8) 单击“批量采样”按钮，完成采样；

(9) 观察采集到的磁电传感器输出电压的曲线是否正常，如果不正常(如存在异常跳变、数据个数过少)，则重新采集一次。

(10) 单击“保存”按钮，将采集到的磁电传感器的电压数据保存为文本文件。单击“保存设置”改变保存的目录和文件名。文件默认保存到“C:\ExperiData\”目录下。注意更改文件名。

(11) 根据保存在文本文件中数据和测量出来转子的转速，计算出齿轮的齿数；

(12) 重复测量5次，取5次测量的平均值作为测量结果(课后完成)。

5) 旋转调节旋钮改变转子的转速，先调为中速，重复步骤4)。

6) 旋转调节旋钮改变转子的转速，先调为高速，重复步骤4)。

4. 数据的处理(课后完成，建议利用 matlab 完成)

1) 启动 matlab

2) 转子转速 n 的计算

(1) 打开保存有光电转速传感器输出电压数据的文本文件，如打开文件“3104000402_张三_No1.txt”，将该文件另存为“No1.txt”后，选中并删除文本文件“No1.txt”开头包含有汉字的前7行(有5行汉字，2个空格行)。删除了开头几行汉字的“No1.txt”文本文件的开头如图1所示。

(2) 将文本文件 No1.txt 复制到 matlab 的当前工作目录下或将 No1.txt 所在的文件夹设为 matlab 的当前工作目录。

(3) 在 matlab 的命令窗口中输入“load No1.txt”。

通过上述命令将文本文件“ No1.txt”中的数据导入 matlab 的工作空间，生成一个名为 No1 的多行 4 列的数组，可利用 whos 命令查看，如图 2 所示。

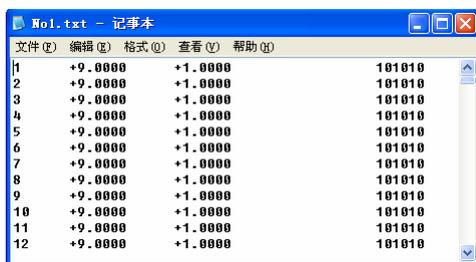


图 1

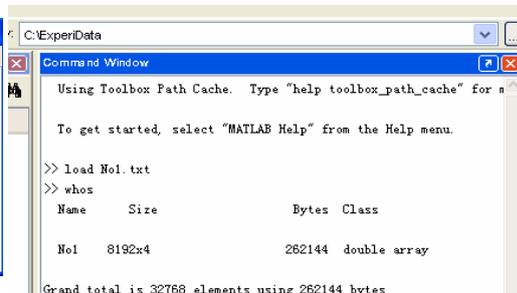


图 2

(4) 绘制电压曲线

横坐标为时间，根据数组 No1 中第 1 列和采样频率来计算。利用 No1(:,1)提取数组中的第 1 列全部数据，利用 No1(l1:l2,1)提取数组中的第 1 列中的第 l1-l2 行数据。由于第 1 列保存的是采样数据的序号，因此时间应该是序号与采样间隔 ($=1/f$ 采样频率)，单位为秒 (s)。

纵坐标为电压，是数组 No1 中的第 2 列。利用 No1(:,2)提取数组中的第 2 列。

如果采样频率 $f=10000$ (即 10KHz)，则在命令窗口输入：

`plot(No1(1:8192,1)*(1/10000),No1(1:8192,2))`

`plot` 命令会得到一个后缀为 .fig 的图形文件，显示为电压曲线。

对 .fig 图形文件的处理参见实验“典型信号的合成与分解”的相关内容。主要是将背景改为白色及改变纵坐标的显示范围。如图 3 所示。

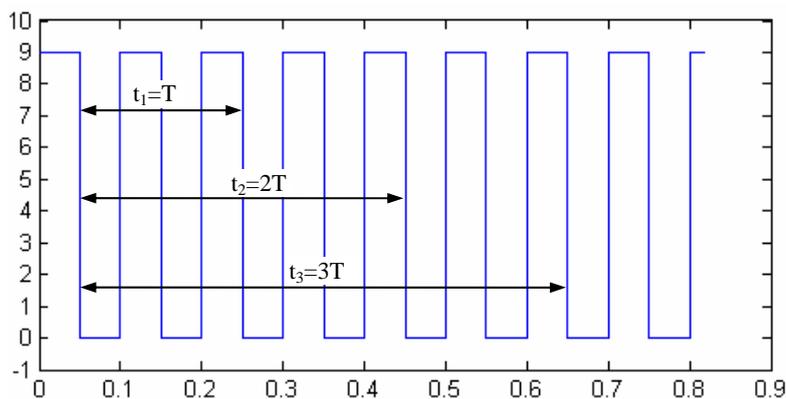


图 3 光电传感器的输出波形

(5) 根据电压曲线，计算转子的转速

如果转子上粘贴的反光纸的片数为 2，则电压每 2 次跳变所经历的时间为一个周期 T ，即转子转一圈所需要的时间，则转子的转速 $n=60/T$ (单位，r/min)。

由图 3 可看出， $t_1=T$ ， $t_2=2T$ ， $t_3=3T$ 。建议利用多个周期的时间来计算，可均化误差。因此，图 3 所示的曲线，最好利用 t_3 来求周期 T ，即 $T=t_3/3$ 。

直接根据图 3 的横坐标来求取 t_3 ，误差比较大。建议利用文本文件 No1.txt 中第一列数据中保存的采样数据序号 i 和采样频率 f 来求取。

$$t_3 = (i_2 - i_1) \times (1/f)$$

i_2 —— t_3 右跳变时的采样数据序号；

i_1 —— t_3 左跳变时的采样数据序号；

3) 齿轮齿数 z 的计算

(1) 参考转速计算中的数据处理步骤，画出如图 4 所示磁电传感器的电压波形曲线。

(2) 根据图 4 和下面的公式计算齿轮的齿数

$$z = f' \times \frac{60}{n} = \frac{m}{t_4} \times \frac{60}{n}$$

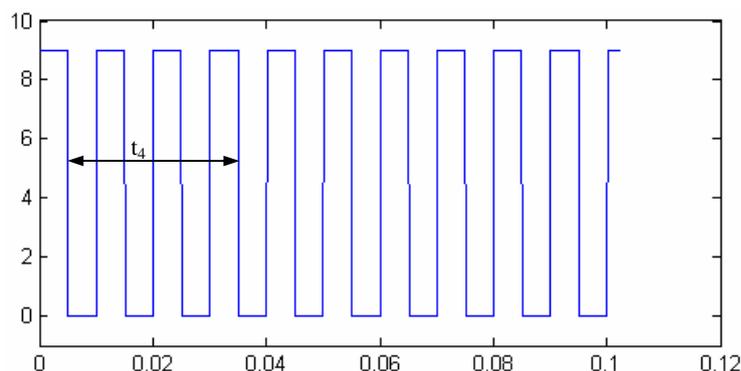


图 4 磁电传感器的输出波形

n ——转子的转速，r/min。

f' ——图 4 中的方波的频率；

m ——在 t_4 时间内方波变化的周期数，图 4 所示的 $m=3$ ；

t_4 的计算请参考前面 t_3 的计算方法。

五. 实验报告要求

1. 实验报告写作大纲
 - (1) 实验的目的和要求
 - (2) 实验的内容和结果
整理实验得到的图形（波形图），并进行分析。
 - (3) 结论
 - (4) 问题和讨论
对思考题的回答。
 - (5) 对本试验的体会和建议
2. 图形要求打印，纸张大小需剪裁到与实验报告纸尺寸一致。

六. 思考题

1. 利用磁电式传感器测量转子转速时，齿轮能否采用尼龙或塑料来制造？为什么？
2. 假如齿轮的齿数未知，能否利用本实验系统测量出齿轮的齿数？如果能，请简述其原理。
3. 本实验中，采用磁电式传感器和光电式传感器测量相同的转速时，哪一种传感器的采集卡的采样频率应该高一些？为什么？

实验指导书

实验项目名称：机械转子底座的振动测量和分析

实验项目性质：普通

所属课程名称：测试技术实验

实验计划学时：2

一、实验目的

1. 掌握磁电式速度传感器的工作原理、特点和应用。
2. 掌握振动的测量和数据分析。

二、实验内容和要求

先利用光电式转速传感器测量出电机的转速；然后利用磁电式速度传感器测量机械转子底座在该电机转速下的振动速度；对测量出的振动速度信号进行频谱分析；找出振动信号的主频与电机转速之间的关系。

三、实验主要仪器设备和材料

1. 本次实验的主要仪器设备有：机械转子系统，光电式转速传感器，磁电式速度传感器，USB 数据采集卡，计算机等。
2. 磁电式速度传感器简介

OD9200 系列振动速度传感器，可用于对轴承座、机壳或结构相对于自由空间的绝对振动测量。其输出电压与振动速度成正比，故又称速度式振动传感器。其输出可以是速度值的大小，也可以是把速度量经过积分转换成位移量信号输出。这种测量可对旋转或往复式机构的综合工况进行评价。

OD9200 系列速度振动传感器属于惯性式传感器。是利用磁电感应原理把振动信号变换成电信号。它主要由磁路系统、惯性质量、弹簧阻尼等部分组成。在传感器壳体中刚性地固定有磁铁，

惯性质量（线圈组件）用弹簧元件悬挂于壳体上。工作时，将传感器安装在机器上，在机器振动时，在传感器工作频率范围内，线圈与磁铁相对运动、切割磁力线，在线圈内产生感应电压，该电压值正比于振动速度值。与二次仪表相配接（如 OD9000 振动系列仪表），即可显示振动速度或振动位移量的大小。也可以输送到其它二次仪表或交流电压表进行测量。

四. 实验步骤

1. 启动实验程序“机械转子系统的振动测量.exe”；输入个人信息，也可以启动之后通过单击“修改”按钮修改个人信息。
2. 单击“采样设置”按钮，输入采集卡连接磁电速度传感器的采样通道号，默认为 7，批量采样频率（建议设为 1KHz）、批量采样点数（建议设为 1000）。
3. 打开转子电机的电源，单击“单点采样”。
4. 旋转调节旋钮改变转子的转速,观察图形区显示的磁电速度传感器采集到的转子底座振动信号；如果振动信号比较小，可适当提高转子的转速。
5. 转子转速的测量：
 - (1) 单击“采样设置”按钮，输入采集卡连接光电转速传感器的采样通道号(默认为 3)、批量采样频率（建议值为 10KHz）、批量采样点数（建议值为 10000）。
 - (2) 单击“批量采样”按钮，开始采样；采样完成之后，采集到的波形信号会显示在图形窗口，系统会自动计算出转子的速度并显示出来。记录下此时的转子的转速（单位：r/s）。
 - (3) 再重复步骤(2)测量 2 次。以三次测量的平均值作为此时转子的转速。
6. 振动信号的测量和频谱分析：
 - (1) 单击“采样设置”按钮，输入采集卡连接磁电速度传感器的采样通道号(默认为 7)、批量采样频率（建议设为 1KHz）、批量采样点数（建议设为 1000）。
 - (2) 单击“批量采样”按钮，开始采样；采样完成之后，采集到的波形信号会显示在图形窗口。如果信号不正常，重复点击“批量采样”按钮。
 - (3) 单击“保存”按钮，将采集到的光电传感器的信号数据保存为文本文件。文件必须保存到“C:\ExperiData\”目录下。可单击“保存设置”更改文件名。
 - (4) 打开刚保存的文本文件，文件前面几行保存了个人信息、采样

频率、采样通道、保存的数据个数等信息。文件中共有四列数据，第一列为数据的序号，第二列为光电传感器检测到的信号数据。

- (5) 将文本文件另存为 No1.txt，删除文本文件“**No1.txt**” 开头包含有汉字的前 7 行（有 5 行汉字，2 个空格行）。删掉文件前面几行汉字是为了将数据导入 matlab。
 - (6) 启动 matlab，将“C:\ExperiData\”目录设为 matlab 的当前工作目录。
 - (7) 在 matlab 的命令窗口中输入 experi7 并回车，matlab 会运行当前目录下 experi7.m 文件完成振动信号的频谱分析。绘出信号的时域波形、功率谱图，并计算出信号的主频。
 - (8) 截屏保存图形。
7. 对比转子的转速(r/s)与测得的振动信号的主频。
 8. 改变（建议增大）转子的转速，重复步骤 5 和步骤 6，观察振动信号的主频是否会随着转子转速的变化而变化。**保存数据时注意更改文件名，不要覆盖掉前面的数据文件。**
 9. 将保存的数据文本文件和 experi7.m 文件拷贝回去，用于实验报告的撰写和实验数据的进一步处理分析；仔细阅读 experi7.m，在看懂了 experi7.m 文件基础上进行修改，对振动信号进行其它的分析处理，如滤波、幅值谱、自相关函数、自功率谱等（课后完成）。

五. 实验报告要求

1. 实验报告写作大纲

- (1) 实验的目的和要求
- (2) 实验的内容和结果

整理实验得到的图形（波形图和功率谱图），并进行分析，找出振动信号的主频和转子的转速之间的关系。

- (3) 结论
- (4) 问题和讨论
对思考题的回答。
- (5) 对本试验的体会和建议

2. 图形要求打印，纸张大小需剪裁到与实验报告纸尺寸一致。

六. 思考题

1. 简述利用磁电速度传感器测量转子实验台底座振动的原理。
2. 常用的振动信号测量方式有那些？
3. 根据实验的结果，分析转子实验台底座振动产生的原因。

实验指导书

实验项目名称：虚拟仪器 (Labview) 上机实验

实验项目性质：综合性

所属课程名称：测试技术实验

实验计划学时：2

一、实验目的

1. 掌握 LabView 的编程和上机调试；
2. 了解热电偶温度传感器和应变片式力传感器的工作原理、特点和应用；
3. 掌握温度和压力的测量。

二、实验内容和要求

1. LabView 的编程和调试、运行；
2. 利用 LabView 实现温度和压力的测量。

三、实验主要仪器设备和材料

本实验的主要仪器设备有：虚拟仪器开发平台 LabView8.2，机械转子系统，USB 数据采集卡，热电偶温度传感器，应变片式力传感器，计算机。

四. 实验方法和步骤(7325A 采集卡)

(一) 温度测量编程与调试。

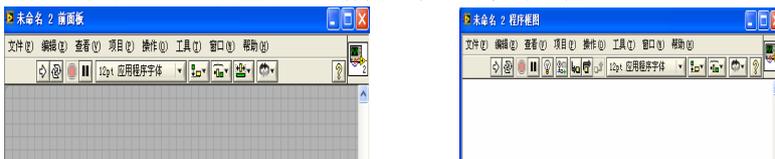
说明：①一个完整的 VI 程序包括程序前面板和程序框图两大部分。

②简单的采集过程为：打开采集卡→初始化→读取采集结果。

1、启动 LabView8.2 编程环境。从开始→程序→National Instruments LabVIEW 8.2 或者双击桌面快捷图标。

2、新建温度测试 VI。在 LabView8.2 开始界面左上角文件→新建

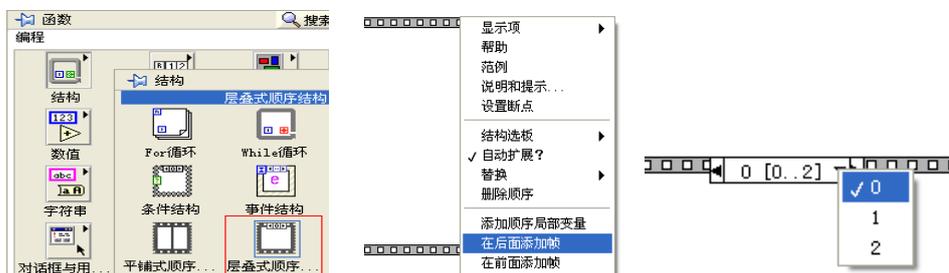
栏，单击 VI。则生一对空白的前面板和框图窗口。



如图所示：

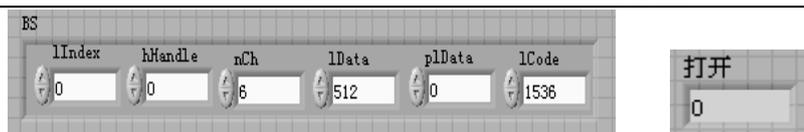
3、在框图面板中放置顺序结构。方法：在框图面板任意空白位置单击右键，弹出函数选择框，单击选中编程→结构→层叠式顺序结构，在框图中空白处单击以确定顺序结构放置的左上角点，向右下拖动鼠标，再次单击以确定顺序结构放置的右下角点，可以通过拖动边框来改变结构位置和大小（类似结构放置方法一样）。在边框上单击右键，选中弹出菜单中的“在后面添加帧”项。这样操作两次后，就生成了具有三帧的层叠式顺序结构，编号依次为 0、1、2。

如图所示：



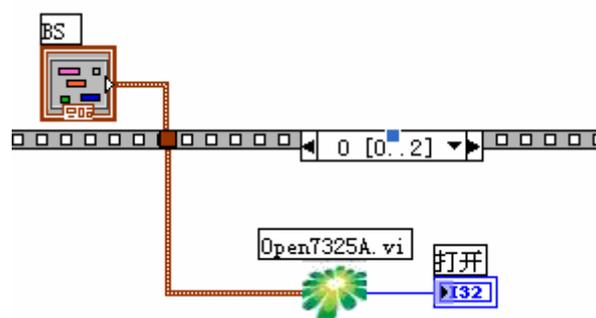
4、创建参数传递簇。在前面板空白处单击右键，在控件选择菜中单击选中新式→数组、矩阵→簇，放置于前面板，双击标签“簇”，修改为 BS。选中新式→数值→数值输入控件，放置于刚才创建的簇中，并更改数值控件标签为 IIndex。右键单击数值控件，在弹出的菜单中，选中表示法→I32（长整型）。按照同样的方法在簇 BS 中创建其余五个数值控件，数据类型均为 I32（长整型），标签分别为：IIndex、hHandle、nCh、IData、pIData、Icode，输入初值分别为：0、0、6、512、0、1536。在前面板创建打开结果的数值显示控件，标签设置为“打开”，数据类型为 I32（长整型）。建好后的 BS 簇如图所示：



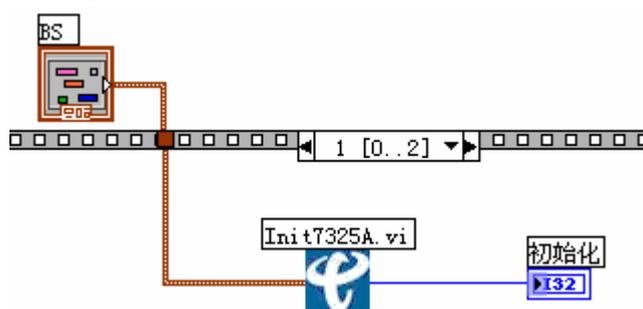


建好簇 BS 后, 在程序框图中将簇 BS 图标拖到顺序结构外面, “打开”显示控件放在顺序结构里。

5、打开采集设备程序。选择顺序结构的第 0 帧为当前工作帧 (可参照第 3 步的图示, 前面打钩的为当前工作帧)。在空白处单击右键, 在弹出的程序选中菜单中选中 *选择...*, 通过弹出的选种对话框选择 *D://labview 上机实验/Open7325A.VI*, 置于顺序结构的第 0 帧。用鼠标单击, 连接簇 BS 端子和 Open7325A 子 VI 的输入端子, Open7325A 子 VI 的输出端子和 “打开” 显示控件。如图示:



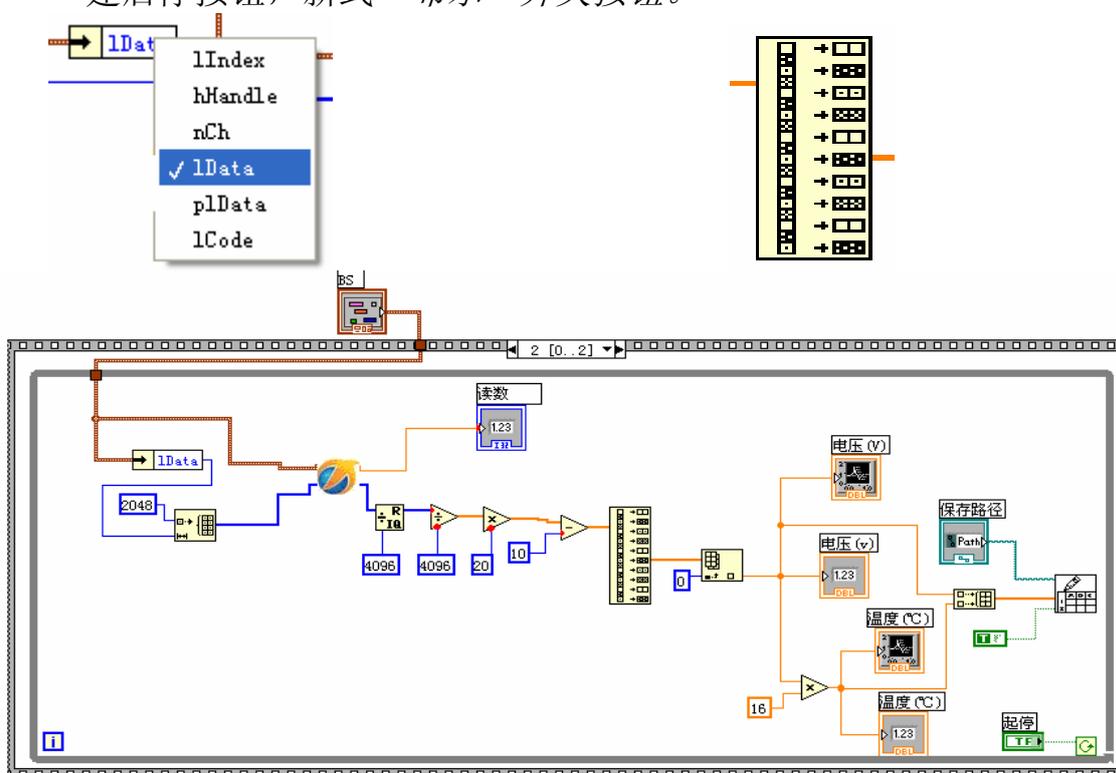
6、初始化采集设备程序。切换到顺序结构的第 1 帧。在前面板创建 “初始化” 显示控件, 数据类型为 I32 (长整型)。用与上述类似的方法加载 *Init7325A.VI*, 其路径为: *D://labview 上机实验 /Init7325A.VI*, 并连线至如图所示:



7、读数、处理程序。要连续地从采集卡中读取数据就必须将整个读数和数据处理程序放置在循环结构中。切换至顺序帧的第 2 帧, 并创建 “读数” 显示控件, 数据类型为 I32 (长整型)。在程序菜单中选中 *编程→结构→While 循环*, 置于第二帧中 (中间留出较大空间)。在 While 循环内, 调用 *Read7325A.VI*。连接簇

BS 和子 VI。在程序选择菜单中选择 **编程**→**簇与变体**→**按名称解除捆绑**，与簇 BS 连接，单击该解绑函数，选择所要的元素 IData。选择 **编程**→**数组**→**初始化数组**，在 **编程**→**数值**→**数值常数**，改常数值为 2048。连线至图示。选择 **编程**→**数值**→**商与余数、除、乘、减** 函数和常数，并按图示连接。选择 **编程**→**数组**→**抽取一维数组**，放置好后，拖动其下边框使得其有十个输出端子，输出数据从第六路引出（温度采集为第六通道）。选取 **编程**→**数组**→**索引数组** 函数、数值常数，按图示连接。

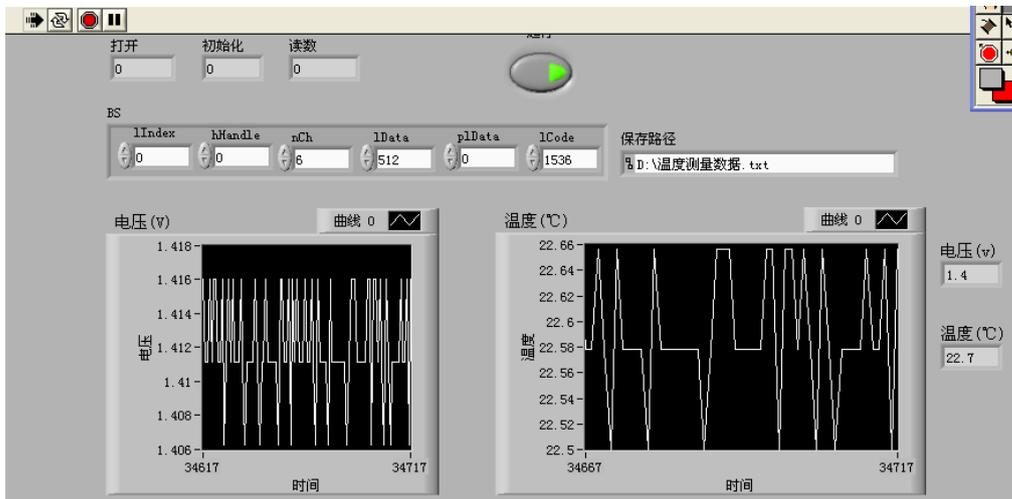
- 8、在前面板创建 **新式**→**图形**→**波形图表**，改其标签为“电压(V)”。同样，创建标签为“温度(°C)”的波形图表。创建“电压(V)”和“温度(°C)”数值显示控件，用来实时显示电压和温度值。创建启停按钮，**新式**→**布尔**→**开关按钮**。



- 9、数据保存程序。选择 **编程**→**数组**→**创建数组**，拖动其下边框使其具有两个输入端子。分别连接电压和温度值。选择 **编程**→**文件 I/O**→**写入电子表格文件**。在前面板创建路径输入控件，选择 **新式**→**字符串与路径**→**文件路径输入控件**，并将其值写为：
D:\labview 上机实验\温度测量数据.txt。连接至写入电子表格文件函数的“文件路径”端子。在程序选择菜单选择 **编程**→**布尔**→**真**

常量，连接至写入电子表格文件函数的“添加至文件？”端子。

10、程序调试运行。编好程序后，前面板和程序框图的菜单栏中“运行”图标由  变成  状，表示程序编写正确。打开数据采集设备电源。启动直流电机，调速至一个稳定的转速。单击前面板的“起停”按钮使之呈高亮态，再单击工具栏上“运行”按钮开始采集。正常情况下前面板波形图表显示为：



从图上可以看出，电压和温度变化幅值波动较大，其实不然（从右边的数值显示控件可以看出）。原因是两个波形图表的纵坐标（Y轴）设置了较高的分辨率。可通过修改属性的方法来调整。在“电压（V）”波形图表中单击右键，在弹出的菜单中选择属性，选择“标尺”页，设置如图所示。同理设置“温度”波形图表，如图所示。



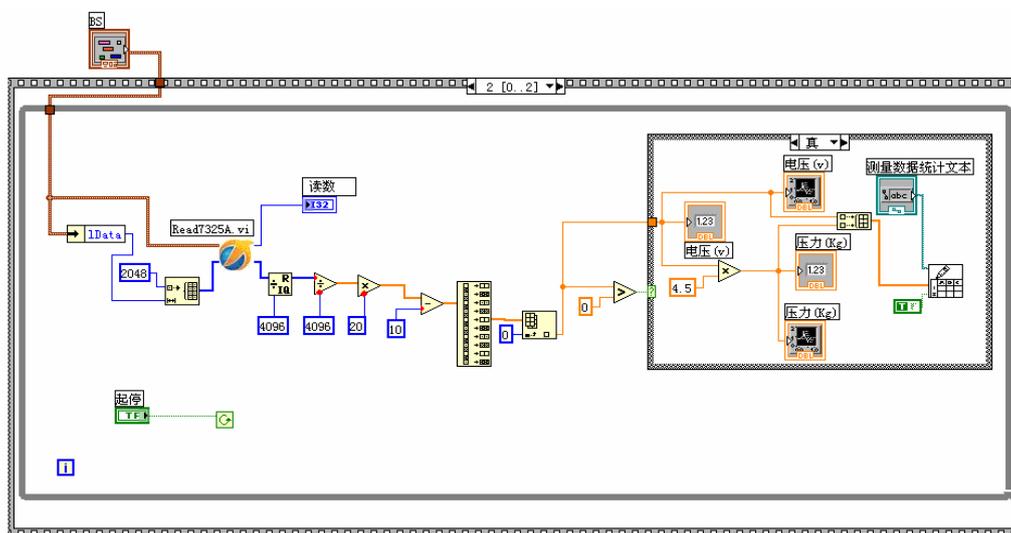
运行结果如下：



(二) 压力测量程序编写与调试。

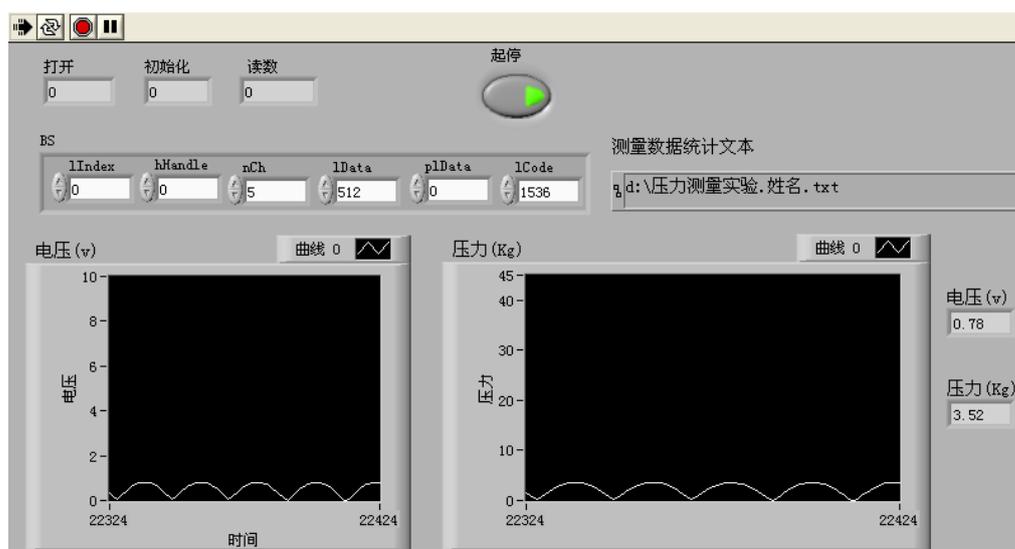
1~6、与温度测量实验一样。

7、While 循环的建立、各数值常数和运算符的创建等方法都和前面一样。在对采集的信号进行后续的处理中，筛选正压力值的功能是靠一个条件结构来实现的。其位置在编程→结构→条件结构，创建方法与顺序结构一样。条件结构有两帧（真和假），当外面的条件表达式为真时，执行“真”帧中的程序，反之执行“假”帧中的程序。这里的条件表达式中包含了一个比较函数，其位置为编程→比较→大于，将其输出结果连接至条件结构的条件端子。第2帧的连接图如下所示：

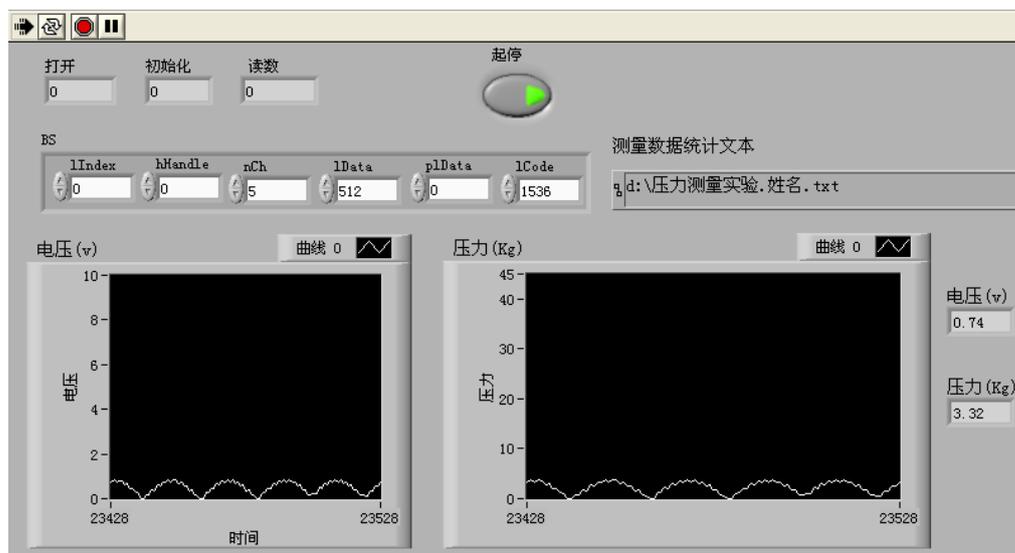


8、程序编写无误后。检查簇 BS 的参数设置，各元素值可参照图

示。打开采集设备，点击“起停”按钮至高亮态，再点击工具栏上“运行”按钮开始运行。试验台静止时测试结果如下图所示：



启动试验台在某一稳定转速运转时，测试结果如下：



五. 实验方法和步骤(MP421 采集卡)

(一) 温度测量编程与调试。

说明：①一个完整的 VI 程序包括程序前面板和程序框图两大部分。
②简单的采集过程为：打开采集卡→初始化→读取采集结果。

1. 启动 LabView 编程环境

从开始→程序→National Instruments LabVIEW 或者双击桌面快捷图标。

2. 新建温度测试 VI。

在 LabView 开始界面左上角文件→新建栏，单击 VI。则生一对空白的前面板和程序框图窗口。

如图 8.1 所示。



图 8.1

3. 在程序框图窗口中放置顺序结构。

在程序框图窗口的任意空白位置单击右键，弹出函数选择框，单击选中“编程→结构→层叠式顺序结构”(图 8.2)，在框图中空白处单击以确定顺序结构放置的左上角点，向右下拖动鼠标，再次单击以确定顺序结构放置的右下角点，可以通过拖动边框来改变结构位置和大小(类似结构放置方法一样)。在边框上单击右键，选中弹出菜单中的“在后面添加帧”项，如图 8.3 所示。这样操作两次后，就生成了具有三帧的层叠式顺序结构，编号依次为 0、1、2。如图 8.4 所示。



图 8.2



图 8.3

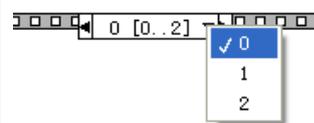


图 8.4

4. 调用“打开采集设备”子程序，完成采集卡的打开。

选择顺序结构的第 0 帧为当前工作帧(可参照图 8.4 所示，前

面打钩的为当前工作帧)。在当前工作帧的空白处单击右键，在弹出的程序选中菜单中选中“选择VI...”，通过弹出对话框选择 F://labview 上机实验 /MP421 MP421_OpenDevice.vi。将 MP421_OpenDevice 子程序的图标放在当前工作帧的空白处，见图 8.5。右键单击子程序图标，在弹出的右键菜单中取消“显示为图标”，见图 8.6。用鼠标拉长之后，则子程序标记由图标变成了如图 8.7 所示的程序方框；该子程序显示出了其需要的输入端口为 dev_num（设备号），输出端口为 hDevice(open)（设备句柄），见图 8.7。

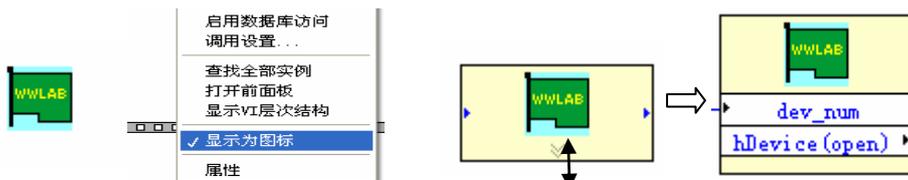


图 8.5

图 8.6

图 8.7

右键单击程序方框中的 dev_num 格，在弹出菜单中点击“创建/输入控件”，为打开设备子程序新建一个输入控件 dev_num(设备号)。如只有一块 MP421 采集卡，则该输入控件的值取 0。

在空白处单击右键，在弹出菜单中选中“选择VI...”，通过弹出的对话框选择全局量子程序 F://labview 上机实验/hDvice.vi，该子程序中定义了全局变量 hDevice。将全部变量 hDevice 子程序与打开采集设备子程序的输出端口 hDevice(open)相连。该全部变量用于保存“打开采集卡”子程序返回的采集卡句柄，在顺序结构的其它帧需要调用。

最后得到的顺序结构第 0 帧的程序框图如图 8.8 所示。

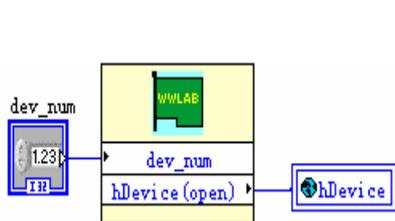


图 8.8

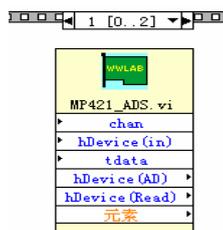


图 8.9

5. 调用“数据采集”子程序

选择顺序结构的第 1 帧为当前工作帧（可参照图 8.4 所示，前面打钩的为当前工作帧）。

在当前工作帧的空白处单击右键，在弹出菜单中选“选择 VI...”，通过弹出对话框选择 F:\labview 上机实验\MP421_ADS.vi。取消“显示为图标”和拉长之后，得到如图 8.9 所示的程序框图。该子程序有 chan(采样通道)、hDevice(句柄)、tdata(采样速度控制字)等 3 个输入端口。采集卡的采样频率=10000/tdata(KHz)。

分别为 MP421_ADS 子程序的 chan、tdata 这 2 个输入端口新建两个输入控件。hDevice(句柄)输入端口应该与全局变量 hDevice 相连。因此，先插入全局量子程序 hDevice.vi。右击 hDevice 图标，在弹出菜单中选择“转换为读取”之后，hDevice 图标的连接端口由输入变成输出。于是就可以将 hDevice 全局变量与 MP421_ADS 子程序的 hDevice(in)输入端口相连。再 MP421_ADS 子程序的“元素”输出端口创建输出显示控件。“元素”端口输出的就是采集得到电压数据，将“元素”显示控件的标签名改为“电压(V)”。最终得到如图 8.11 所示的程序框图。

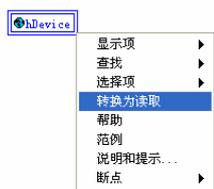


图 8.10

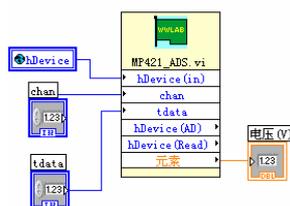


图 8.11

6. 数据的处理

在前面板创建“新式→图形→波形图表”，改其标签为“电压(V)”。同样，创建标签为“温度(°C)”的波形图表。创建标签为“灵敏度(°C/V)”的数值输入控件，用于实现电压与温度间的转换。创建标签为“温度(°C)”的数值显示控件，用来实时显示温度值。

进入程序框图窗口，选择顺序结构的第 1 帧为当前工作帧。选择“编程→数值→乘”，按图 8.12 所示连接。这样，“乘”程序图标输出的就是转换之后为温度值。

7. 数据的保存

在前面板，选择“新式→布尔→开关按钮”，创建数据保存的开关按钮。将开关的标签由“布尔”改为“保存”。

进入程序框图窗口，选择顺序结构的第 1 帧为当前工作帧。在程序框图窗口右边的空白位置处单击右键，弹出函数选择框，单击选中“编程→结构→条件结构”，在框图中右边空白处单击以确定条件结构放置的左上角点，向右下拖动鼠标，再次单击以确定条件结构放置的右下角点，可以通过拖动边框来改变结构位置和大小。

将“保存”开关按钮与条件结构的左边框的“分支选择器”相连。单击条件结构的上边框中间的“选择器标签”，将其值改为“真”。在条件结构框内，选择“编程→数组→创建数组”，拖动其下边框使其具有两个输入端子，分别连接电压和温度值。选择“编程→文件 I/O→写入电子表格文件”。

在前面板创建路径输入控件，选择“新式→字符串与路径→文件路径输入控件”，并将其值写为：`D:\温度测量数据.txt`。转换到程序框图窗口，将“路径”图标放入“条件结构”方框内，连接“路径”图标输出端口至写入电子表格文件函数的“文件路径”端子。选择“编程→布尔→真常量”，连接至写入电子表格文件函数的“添加至文件？”端子。

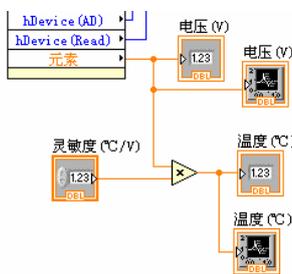


图 8.12

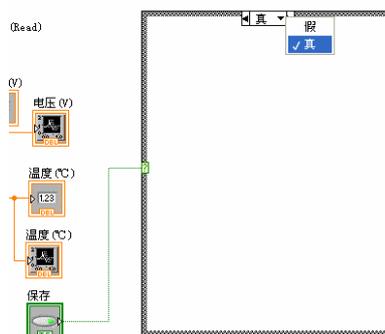


图 8.13

至此，顺序结构的第 1 帧的编程已经完成，如图 8.14 所示。在此帧程序中，主要完成了数据的采集、处理和保存。

8. 采集卡的关闭

选择顺序结构的第 2 帧为当前工作帧（可参照图 8.4 所示，前

面打钩的为当前工作帧)。

在当前工作帧的空白处单击右键，在弹出菜单中选“选择VI...”，通过弹出对话框选择 F: //labview 上机实验 /MP421_CloseDevice.vi。同样，调用全局量子程序 hDevice.vi。右击 hDevice 图标，在弹出菜单中选择“转换为读取”之后，hDvce 图标的连接端口由输入变成输出。将 hDevice 全局变量与 MP421_CloseDevice 子程序的输入端口相连。MP421_CloseDevice 子程序的输出端口可以不接显示控件。顺序结构第 3 帧的程序框图如图 8.15 所示。

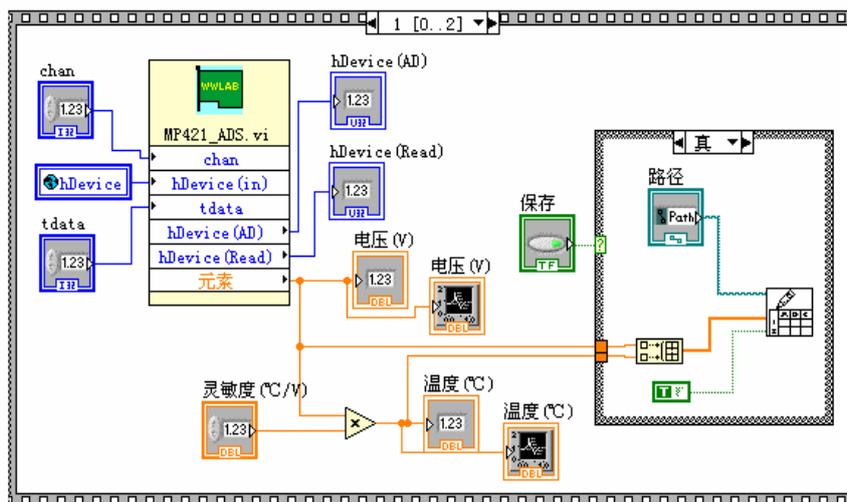


图 8.14

整理好前面板。如图 8.16 所示。



图 8.15

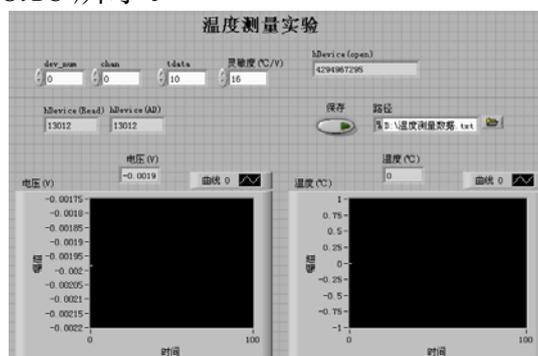
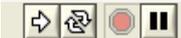


图 8.16

10、程序调试运行。

编好后,前面板和程序框图的菜单栏中“运行”图标由  变成  状,表示程序编写正确。打开数据采集卡的电源。启动直流电机,调速至一个稳定的转速。

从图上可以看出,电压和温度变化幅值波动较大,其实不然(从右边的数值显示控件可以看出)。原因是两个波形图表的纵坐标(Y轴)设置了较高的分辨率。可通过修改属性的方法来调整。在“电压(V)”波形图表中单击右键,在弹出的菜单中选择属性,选择“标尺”页,设置如图所示。同理设置“温度”波形图表,如图 8.17 和 8.18 所示。



图 8.17



图 8.18

(二) 压力测量程序编写与调试。

(1) 编程过程与温度测量一样。

(2) 改变一下数据采集的采样通道、传感器的灵敏度(4.5)和数据保存的文件名,以及相应控件和图表的标签名。

六. 实验报告要求

1. 实验报告写作大纲

(1) 实验的目的和要求

(2) 实验的内容和结果

实验程序界面和框图(抓屏程序的前面板和程序框图)。

整理实验得到的图形(压力和温度波形图)

根据保存的数据文档,用 Matlab 做出温度和压力波形图。

(3) 结论

(4) 问题和讨论

对思考题的回答。

(5) 对本试验的体会和建议

2. 图形要求打印，纸张大小需剪裁到与实验报告纸尺寸一致。

六. 思考题

1. 简述利用 LabView 虚拟仪器平台进行程序开发的优缺点。
2. 简述利用采集卡进行数据采集的程序流程。

附录 1 实验报告书格式

广东工业大学

____学院____专业____班____组、学号____
姓名____协作者____教师评定____
实验题目_____

附录 2 实验报告内容

实验报告（范本，非设计性实验）

（要求采用学校的实验报告书（16 开）。如打印也应采用实验报告书的版头（A4 纸）。如果实验是计算机上的程序或者设计类的，可提交电子版。但需要有教师的批改记录，并将电子版汇总后刻录在一张光盘上，加上封面。）

- 一. 实验目的与要求
- 二. 实验方案
- 三. 实验结果和数据处理
- 四. 结论
- 五. 问题与讨论