



信号检测与转换实验

主编：丁筱玲

山东农业大学

机械与电子工程学院

目 录

实验一	电阻式传感器的单臂电桥性能实验.....	1
实验二	电阻式传感器的半桥性能实验.....	3
实验三	电阻式传感器的全桥性能实验.....	5
实验四	电阻式传感器的单臂、半桥和全桥的比较实验.....	6
实验五	电阻式传感器的振动实验 *	7
实验六	电阻式传感器的电子秤实验 *	8
实验七	变面积式电容传感器特性实验.....	9
实验八	差动式电容传感器特性实验.....	11
实验九	电容传感器的振动实验 *	13
实验十	电容传感器的电子秤实验 *	14
实验十一	差动变压器的特性实验.....	15
实验十二	自感式差动变压器的特性实验.....	16
实验十三	差动变压器的振动实验 *	18
实验十四	差动变压器的电子秤实验 *	19
实验十五	光电式传感器的转速测量实验.....	20
实验十六	光电式传感器的旋转方向测量实验.....	22
实验十七	接近式霍尔传感器实验.....	23
实验十八	霍尔传感器的转速测量实验.....	25
实验十九	涡流传感器的位移特性实验.....	25
实验二十	被测体材质对涡流传感器特性的影响实验.....	27
实验二十一	涡流式传感器的振动实验 *	28
实验二十二	涡流式传感器的转速测量实验.....	29
实验二十三	温度传感器及温度控制实验(AD590)	30
实验二十四	K型热电偶的温度控制实验.....	33

实验二十五	E型热电偶的温度控制实验.....	35
实验二十六	铂热电阻的温度控制实验.....	36
实验二十七	铜热电阻的温度控制实验.....	37
实验二十八	磁电式传感器的特性实验.....	38
实验二十九	磁电式传感器的转速测量实验.....	40
实验三十	磁电式传感器的应用实验 *	40
实验三十一	压电加速度式传感器的特性实验.....	41
实验三十二	光纤传感器的位移特性实验.....	42
实验三十三	光纤传感器的振动实验.....	44
实验三十四	光纤传感器的转速测量实验.....	45
实验三十五	压阻式压力传感器的特性实验.....	46
实验三十六	压阻式压力传感器的差压测量实验 *	48
实验三十七	超声波传感器的位移特性实验.....	49
实验三十八	超声波传感器的应用实验 *	50
实验三十九	气敏传感器的原理实验.....	51
实验四十	湿度式传感器的原理实验.....	52
附录一	计算机数据采集系统的使用说明.....	53
附录二	温度控制仪表操作说明.....	55
附录三	JZY-III型检测与转换技术实验箱（台）使用手册.....	57

实验一 电阻式传感器的单臂电桥性能实验

一、实验目的

- 1、了解电阻应变式传感器的基本结构与使用方法。
- 2、掌握电阻应变式传感器放大电路的调试方法。
- 3、掌握单臂电桥电路的工作原理和性能。

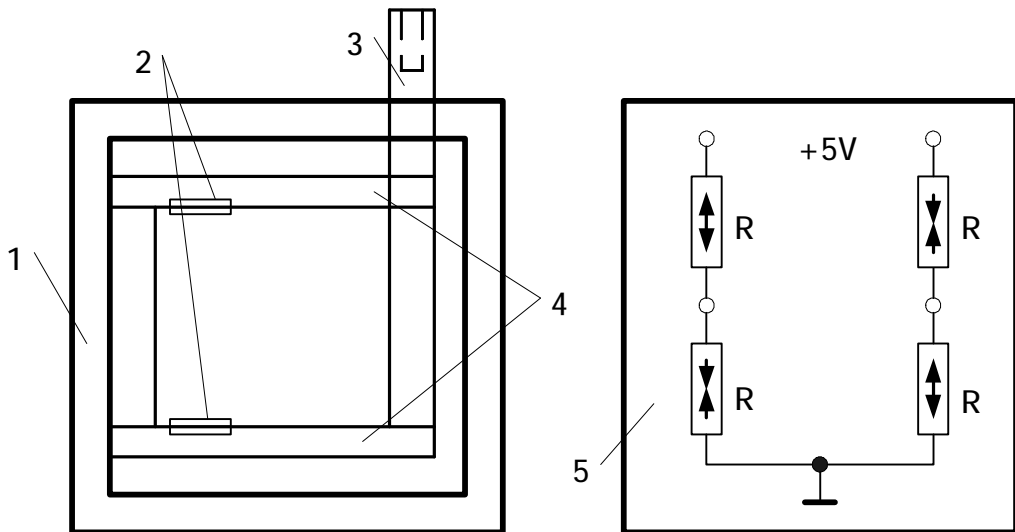
二、实验所用单元

电阻应变式传感器、调零电桥、差动放大器板、直流稳压电源、数字电压表、位移台架。

三、实验原理及电路

1、电阻丝在外力作用下发生机械变形时，其阻值发生变化，这就是电阻应变效应，其关系为： $\Delta R/R = K \varepsilon$ ， ΔR 为电阻丝变化值， K 为应变灵敏系数， ε 为电阻丝长度的相对变化量 $\Delta L/L$ 。通过测量电路将电阻变化转换为电流或电压输出。

2、电阻应变式传感如图 1-1 所示。传感器的主要部分是下、下两个悬臂梁，四个电阻应变片贴在梁的根部，可组成单臂、半桥与全桥电路，最大测量范围为 $\pm 3\text{mm}$ 。



1—外壳 2—电阻应变片 3—测杆 4—等截面悬臂梁 5—面板接线图

图 1-1 电阻应变式传感器

3、电阻应变式传感器的单臂电桥电路如图 1-2 所示，图中 R_1 、 R_2 、 R_3 为固定， R 为电阻应变片，输出电压 $U_0 = EK \varepsilon$ ， E 为电桥转换系数。

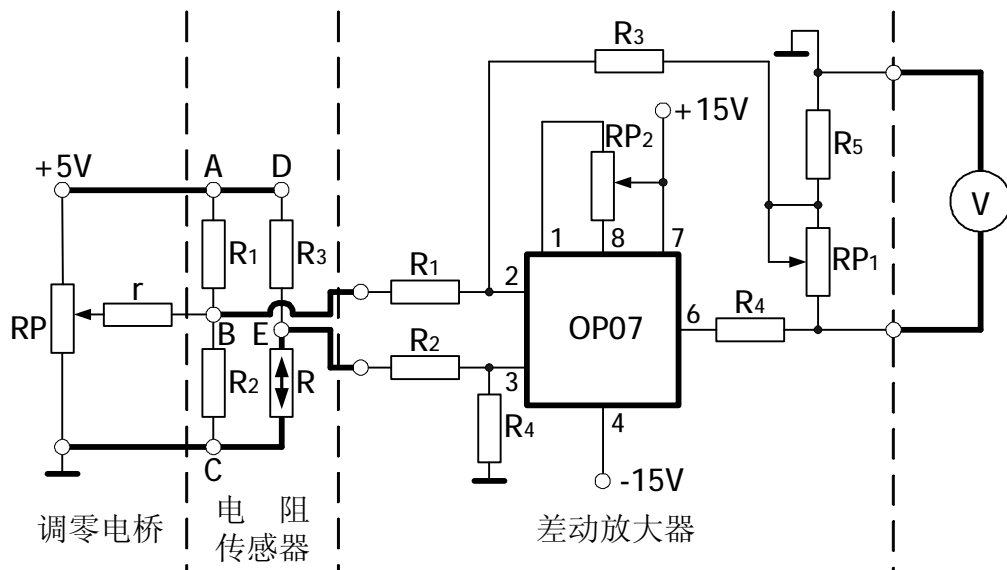


图 1-2 电阻式传感器单臂电桥实验电路图

四、实验步骤

1、固定好位移台架，将电阻应变式传感器置于位移台架上，调节测微器使其指示 15mm 左右。将测微器装入位移台架上部的开口处，旋转测微器测杆使其与电阻应变式传感器的测杆适度旋紧，然后调节两个滚花螺母使电阻式应变传感器上的两个悬梁处于水平状态，两个滚花螺母固定在开口处上下两侧。

2、将实验箱（实验台内部已连接）面板上的 $\pm 15V$ 和地端，用导线接到差动放大器上；将放大器放大倍数电位器 RP_1 旋钮（实验台为增益旋钮）逆时针旋到终端位置。

3、用导线将差动放大器的正负输入端连接，再将其输出端接到数字电压表的输入端；按下面板上电压量程转换开关的 20V 档按键（实验台为将电压量程拨到 20V 档）；接通电源开关，旋动放大器的调零电位器 RP_2 旋钮，使电压表指示向零趋近，然后换到 2V 量程，旋动调零电位器 RP_2 旋钮使电压表指示为零；此后调零电位器 RP_2 旋钮不再调节，根据实验适当调节增益电位器 RP_1 。

4、按图 1-2 接线， R_1 、 R_2 、 R_3 （电阻传感器部分固定电阻）与一个的

应变片构成单臂电桥形式。

5、调节平衡电位器 RP，使数字电压表指示接近零，然后旋动测微器使电压表指示为零，此时测微器的读数视为系统零位。分别上旋和下旋测微器，每次 0.4mm，上下各 2mm，将位移量 X 和对应的输出电压值 U_o 记入下表中。

表 1-1

X(mm)						0					
U_o (mV)						0					

五、实验报告

1、根据表 1-1 中的实验数据，画出输入/输出特性曲线 $U_o = f(X)$ ，并且计算灵敏度和非线性误差。

2、传感器的输入电压能否从 +5V 提高到 +10V？输入电压的大小取决于什么？

3、分析电桥测量电阻式传感器特性时存在非线性误差的原因。

实验二 电阻式传感器的半桥性能实验

一、实验目的

掌握半桥电路的工作原理和性能。

二、实验所用单元

同实验一。

三、实验原理及电路

将两个受力方向不同的应变片电阻分别接入电桥的两个相邻桥臂，组成半桥形式的测量电路，转换电路的输出灵敏度提高，非线性得到改善。

实验电路图见图 2-1，当两个应变片的阻值和应变变量相同时，半桥输出电压 $U_o = 2EK \varepsilon$

四、实验步骤

- 1、按实验一的实验步骤 1 至 3 进行操作。
- 2、按图 2-1 接线，将两个受力方向相反的应变片接入电桥中。

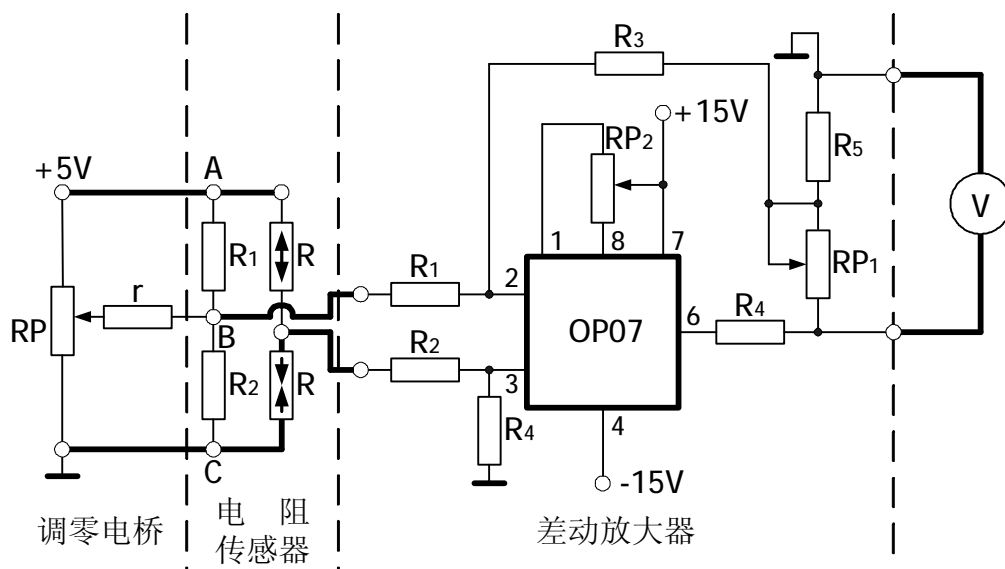


图 2-1 电阻式传感器半桥实验电路

3、调节平衡电位器 RP，使数字电压表指示接近零，然后旋动测微器使表头指示为零，此时测微器的读数视为系统零位。分别上旋和下旋测微器，每次 0.4mm，上下各 2mm，将位移量 X 和对应的输出电压值 U_o 记入下表中。

表 2-1

X(mm)						0				
U_o (mV)						0				

五、实验报告

1、根据表 2-1 的实验数据，画出输入/输出特性曲线 $U_o = f(X)$ ，并且计算灵敏度和非线性误差。

2、进行半桥测量时，接入的两个应变片电阻的受力方向为什么必须相反？

实验三 电阻式传感器的全桥性能实验

一、实验目的

掌握全桥电路的工作原理和性能。

二、实验所用单元

同实验一。

三、实验原理及电路

将四个应变片电阻分别接入电桥的四个桥臂，两相邻的应变片电阻的受力方向不同，组成全桥形式的测量电路，转换电路的输出灵敏度进一步提高，非线性得到改善。实验电路图见图 3-1，全桥的输出电压 $U_O=4EK \varepsilon$

四、实验步骤

- 1、按实验一的实验步骤 1 至 3 进行操作。
- 2、按图 3-1 接线，将四个应变片接入电桥中，注意相邻桥臂的应变片电阻受力方向必须相反。

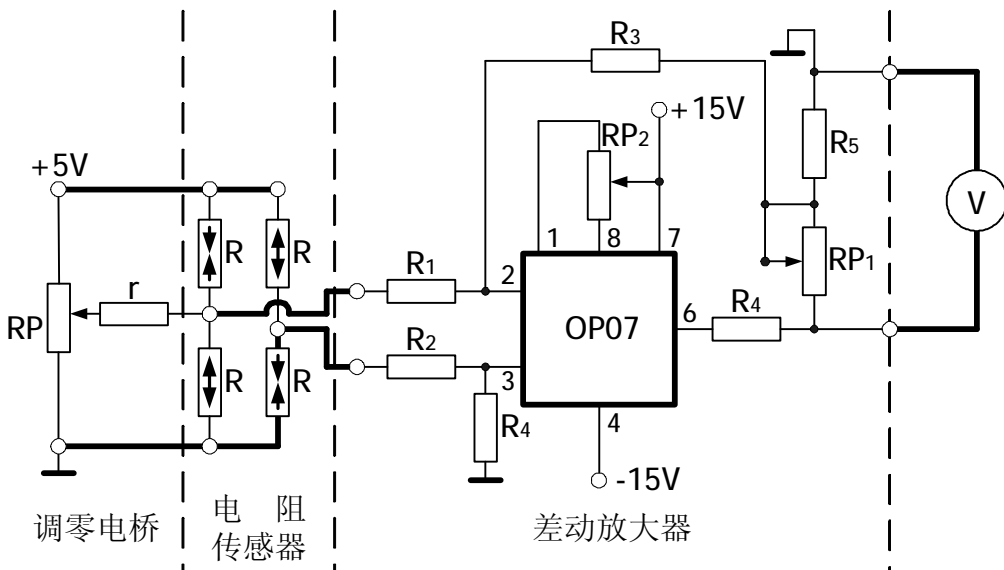


图 3-1 电阻式传感器全桥实验电路

- 3、调节平衡电位器 RP，使数字电压表指示接近零，然后旋动测微器使

表头指示为零，此时测微器的读数视为系统零位。分别上旋和下旋测微器，每次 0.4mm，上下各 2mm，将位移量 X 和对应的输出电压值 U_o 记入下表中。

表 3-1

X(mm)						0					
U_o (mV)						0					

五、实验报告

1、根据表 3-1，画出输入/输出特性曲线 $U_o = f(X)$ ，并且计算灵敏度和非线性误差。

2、全桥测量时，四个应变片电阻是否必须全部一样？

实验四 电阻式传感器的单臂、半桥、全桥性能比较实验

一、实验目的

比较半桥、全桥形式输出时的灵敏度和非线性度。

二、实验所用单元

同实验一。

三、实验报告

1、按实验一、实验二、实验三所得的单臂、半桥和全桥输出时的灵敏度和非线性误差，从理论上进行分析比较，注意实验一、实验二和实验三中的放大器增益必须相同。

2、若要提高系统的灵敏度，除了采用不同的桥路形式外，还能采用什么措施？

实验五 电阻式传感器的振动实验 *

一、实验目的

了解电阻应变式传感器的动态特性。

二、实验所用单元

电阻应变式传感器、调零电桥、直流稳压电源、低频振荡器、振动台、示波器。

三、实验原理及电路

将电阻式传感器与振动台相连，在振动台的带动下，可以观察电阻式传感器动态特性，电路图如图 5-1。

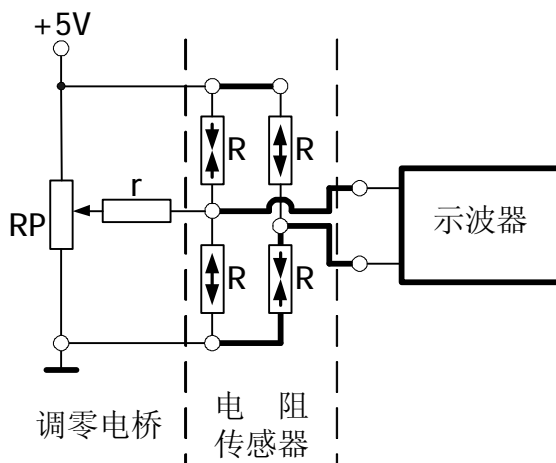


图 5-1 电阻式传感器振动实验电路图

四、实验步骤

1、固定好振动台，将电阻应变式传感器置于振动台上，将振动连接杆与电阻应变式传感器的测杆适度旋紧。

2、按照图 5-1 接线，将四个应变片接入电桥中，组成全桥形式，并将桥路输出与示波器探头相连，低频振荡器输出接振动台小板上的振荡线圈。

3、接通电源，调节低频振荡器的振幅与频率以及示波器的量程，观察输出波形。

实验六 电阻式传感器的电子秤实验 *

一、实验目的

- 1、进一步掌握电阻应变式传感器的特性。
- 2、了解电阻应变式传感器在称重仪器中的应用。

二、实验所用单元

电阻应变式传感器、调零电桥、差动放大器板、直流稳压电源、数字电压表、振动台、砝码。

三、实验原理及电路

由于电阻式传感器的输出与位移成正比，利用弹性材料的特性，可以使电阻式传感器输出与质量成线性关系，由此可以进行质量的测量。在本实验中可以利用振动台的振动梁作为弹性部件。

四、实验步骤

- 1、根据实验一至实验五的实验内容设计电子秤实验的实验装置。
- 2、调节差动放大器的零点与增益，调节该电子秤实验装置的零点与量程，注意确定量程时不要超出电阻式传感器的线性范围，并使砝码质量与输出电压在数值上有直观的联系。
- 3、根据所确定量程，逐次增加砝码的质量，将质量与输出电压记入下表。

表 6-1

M(g)						0					
U ₀ (mV)						0					

三、实验报告

- 1、根据表 6-1 中的实验数据，计算该电子秤装置的精度。
- 2、若要增加电子秤装置的量程，可以采取哪些措施？

实验七 变面积式电容传感器特性实验

一、实验目的

- 1、了解变面积式电容传感器的基本结构。
- 2、掌握变面积式电容及二极管环形电桥的工作原理。
- 3、掌握变面积式电容传感器的调试方法。

二、实验所用单元

电容式传感器、电容式传感器转换电路板、差动放大器板、直流稳压电源、数字电压表、位移台架。

三、实验原理及电路

1、实验电路框图如图 7-1 所示。电容的变化通过电容转换电路转换成电压信号，经过差动放大器放大后，用数字电压表显示出来。

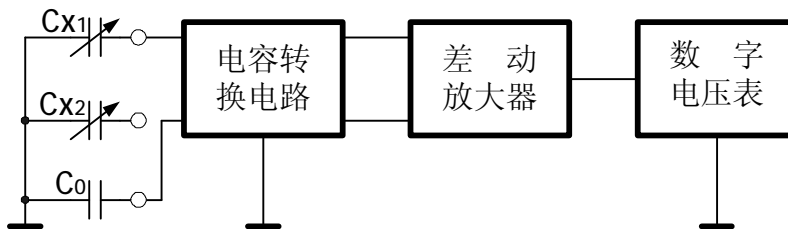


图 7-1 电容式传感器实验电路框图

2、图 7-1 中的电容转换电路图如图 7-2 所示。图中的信号发生器用于产生方波信号。电容转换由二极管环形电桥完成，二极管环电桥工作原理如图 7-3 所示。

固定频率的方波脉冲由 A 点输入，在方波的上升沿， C_0 被充电，充电途径是 $VD_3 \rightarrow C_0$ ；与此同时， C_{X1} 也被充电，其充电途径是 $C_9 \rightarrow VD_5 \rightarrow C_{X1}$ 。在方波的下降沿， C_0 和 C_{X1} 都放电， C_0 的放电途径是 $C_0 \rightarrow VD_4 \rightarrow C_9$ ； C_{X1} 的放电途径是 $C_{X1} \rightarrow VD_6$ 。由于 C_9 在一个周期内的充电和放电平均电流分别为： $I_U = fV_P C_{X1}$ 和 $I_D = fV_P C_0$ ，式中 f 是脉冲频率， V_P 为方波峰值电压，因此 AB 间的平均电流 $I = I_D - I_U = fV_P(C_0 - C_{X1})$ 。从该式中可以看出电容的变化与 AB 间的电路成正比。

在图 7-2 中，增加了 L_1 、 L_2 、 C_{10} 和 R_6 。 L_1 和 L_2 对高频方波的阻抗很大，

而直流电阻很小，与 R_6 一起形成了 AB 间的直流通路，使充放电电流的直流分量得以通过。 C_{10} 用作滤波。这样在 R_6 两端就有与电容变化量成正比的直流电压输出。

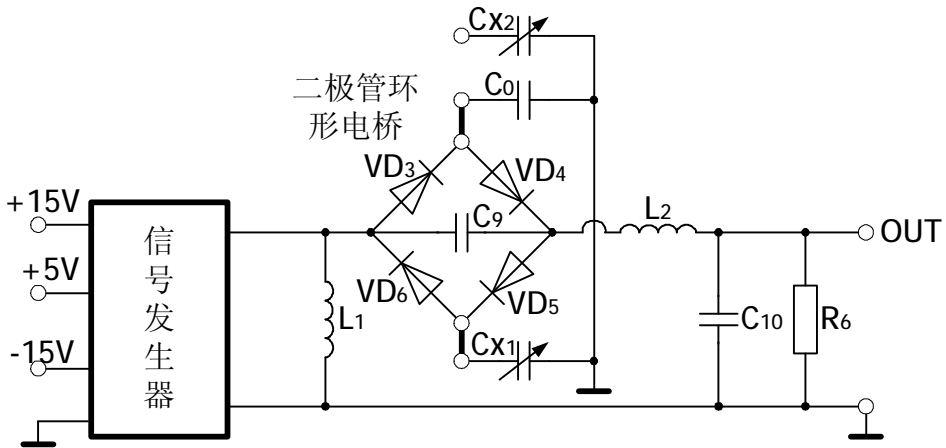


图 7-2 电容转换电路原理图

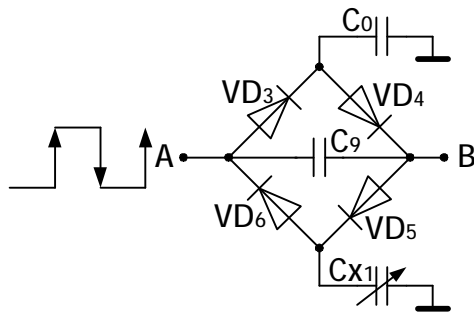


图 7-3 二极管环形电桥原理图

四、实验步骤

1、固定好位移台架，将电容式传感器置于位移台架上，调节测微器使其指示 12mm 左右。将测微器装入位移台架上部的开口处，再将测微器测杆与电容式传感器动极旋紧。然后调节两个滚花螺母，使电容式传感器的动极上表面与静极上表面基本平齐，且静极能上下轻松滑动，这时将两个滚花螺母旋紧。

2、差动放大器调零（参见实验一）。

3、按图 7-2 接线，将可变电容 C_{x1} 与固定电容 C_0 接到实验板上，位移台架的接地孔与转换电路板的地线相连。

4、接通电源，调节测微器使输出电压 U_o 接近零，然后上移或下移测微器 1mm，调节差动放大器增益，使输出电压的值为 200~400mV 左右，再回调测微器，使输出电压为 0mV，并以此为系统零位，分别上旋和下旋测微器，每次 0.5mm，上下各 2.5mm，将位移量 X 与对应的输出电压 U_o 记入下表中。

表 7-1

X(mm)						0					
U_o (mV)						0					

五、实验报告

1、根据表 7-1，画出输入/输出特性曲线 $U_o = f(X)$ ，并且计算灵敏度和非线性误差。

2、本实验的灵敏度和线性度取决于哪些因素？

实验八 差动式电容传感器特性实验

一、实验目的

- 1、了解差动式电容传感器的基本结构。
- 2、掌握差动式电容传感器的调试方法。

二、实验所用单元

电容式传感器、电容式传感器转换电路板、差动放大器板、直流稳压电源、数字电压表、位移台架。

三、实验原理及电路

实验电路框图如图 8-1 所示。与实验七不同之处在于接入电容转换电路的两个电容都为可变电容，当电容传感器的动极移动时，两个电容的电容量都发生变化，但变化方向相反，这样就构成差动式的电容传感器。

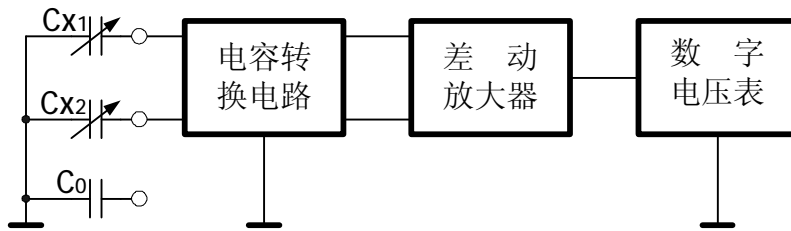


图 8-1 电容式传感器实验电路框图

四、实验步骤

按照实验七的步骤进行实验，注意接入电路板两个电容为 C_{x1} 和 C_{x2} 。将实验结果记入下表中。

表 8-1

X(mm)						0					
U_o (mV)						0					

五、实验报告

- 1、根据表 8-1，画出输入/输出特性曲线 $U_o = f(X)$ ，并且计算灵敏度和非线性误差。
- 2、试比较差动式和变面积式两种电容传感器的优劣。

实验九 电容传感器的振动实验 *

一、实验目的

了解电容式传感器的动态特性。

二、实验所用单元

电容式传感器、电容式传感器转换电路板、直流稳压电源、低频振荡器、振动台、示波器。

三、实验原理及电路

将电容式传感器与振动台相连，在振动台的带动下，可以观察电容式传感器动态特性，电路图如图 9-1。

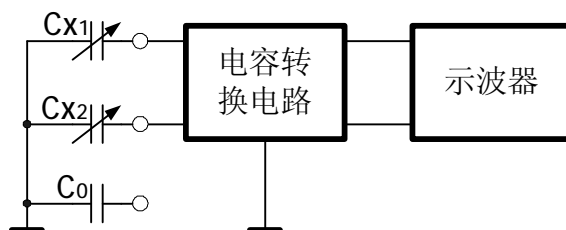


图 9-1 电容式传感器振动实验电路图

四、实验步骤

1、固定好振动台，将电容式传感器置于振动台上，将振动连接杆与电容式传感器的测杆适度旋紧。

2、按照图 9-1 接线，将转换电路输出与示波器探头相连，低频振荡器输出接振动台小板上的振荡线圈。

3、接通电源，调节低频振荡器的振幅与频率以及示波器的量程，观察输出波形。

实验十 电容传感器的电子秤实验 *

一、实验目的

- 1、进一步掌握电容式传感器的特性。
- 2、了解电容式传感器在称重仪器中的应用。

二、实验所用单元

电容式传感器、电容式传感器转换电路板、差动放大器板、直流稳压电源、数字电压表、振动台、砝码。

三、实验原理及电路

由于电容式传感器的输出与位移成正比，利用弹性材料的特性，可以使电容式传感器输出与质量成线性关系，由此可以进行质量的测量。在本实验中可以利用振动台的振动梁作为弹性部件。

四、实验步骤

- 1、根据实验七及实验八的实验内容设计电子秤实验的实验装置。
- 2、调节差动放大器的零点与增益，调节该电子秤实验装置的零点与量程，注意确定量程时不要超出电容式传感器的线性范围，并使砝码质量与输出电压在数值上有直观的联系。
- 3、根据所确定量程，逐次增加砝码的质量，将质量与输出电压记入下表。

表 10-1

M(g)						0					
U _o (mV)						0					

三、实验报告

根据表 6-1 中的实验数据，计算该电子秤装置的精度。

实验十一 差动变压器的特性实验

一、实验目的

- 1、了解差动变压器的基本结构。
- 2、掌握差动变压器及整流电路的工作原理。
- 3、掌握差动变压器的调试方法。

二、实验所用单元

电感式传感器、电感式传感器转换电路板、差动放大器板、直流稳压电源、数字电压表、位移台架。

三、实验原理及电路

1、差动变压器由一个初级线圈和两个次级线圈及一个铁芯组成，当铁芯移动时，由于初级线圈和次级线圈之间的互感发生变化使次级线圈的感应电势产生变化，一个次级线圈的感应电势增加，另一个则减少，将两个次级线圈反向串接，就可以引出差值输出，其输出电势反映出铁芯的位移量。

2、差动变压器实验电路图如图 11-1 所示。

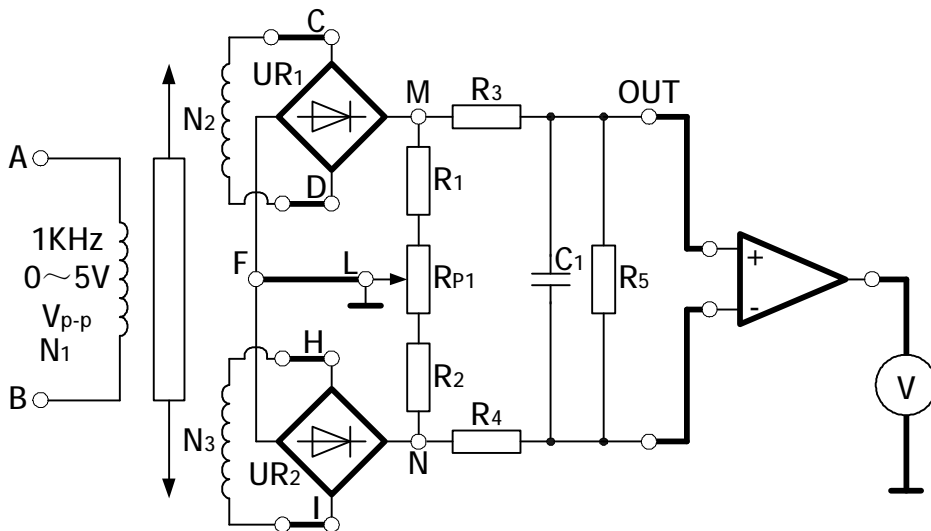


图 11-1 差动变压器实验电路图

传感器的两个次级线圈(N_2 、 N_3)电压分别经 UR_1 、 UR_2 两组桥式整流电路变换为直流电压，然后相减，经过差动放大器放大后，由电压表显示出来。 R_1 、 R_2 为两桥臂电阻， RP_1 为调零电位器， R_3 、 R_4 、 C_1 组成滤波电路， R_5 为负载电阻，采用这种差动整流电路可以减少零点残余电压。

四、实验步骤

1、固定好位移台架，将电感式传感器置于位移台架上。调节测微器使其指示 12mm 左右，将测微器装入台架上部的开口处，再将测微器的测杆与电感式传感器的可动铁芯旋紧。然后调节两个滚花螺母，使铁芯离开底面 10mm，注意要使铁芯能在传感器中轻松滑动，再将两个滚花螺母旋紧。

2、差动放大器调零（参见实验一）。

3、按图 11-1 将信号源的两输出端 A、B 接到传感器的初级线圈 N_1 上，传感器次级线圈 N_2 、 N_3 分别接到转换电路板的 C、D 与 H、I 上，并将 F 与 L 用导线连接，将差动放大器与数字电压表连接好。这样构成差动变压器实验电路。

4、接通电源，调节信号源输出幅度电位器 RP_2 到较大位置，平衡电位器 RP_1 处于中间位置，调节测微器使输出电压接近零，然后上移或下移测微器 1mm，调节差动放大器增益使输出电压的值为 300mV 左右，再回调测微器使输出电压为 0mV。此为系统零位，分别上旋和下旋测微器，每次 0.5mm，上下各 2.5mm，将位移量 X 和对应的输出电压 U_0 记入下表。

表 11-1

X(mm)						0					
U_0 (mV)						0					

五、实验报告

1、根据表 11-1，画出输入/输出特性曲线，并且计算灵敏度和非线性误差。

2、分析为什么采用差动整流电路可以减少零点残余电压？

实验十二 自感式差动变压器的特性实验

一、实验目的

- 1、了解自感式差动变压器的基本结构。
- 2、掌握自感式差动变压器及整流电路的工作原理。
- 3、掌握自感式差动变压器的调试方法。

二、实验所用单元

电感式传感器、电感式传感器转换电路板、差动放大器板、直流稳压电源、数字电压表、位移台架。

三、实验原理及电路

自感式差动变压器电路图如图 12-1 所示。

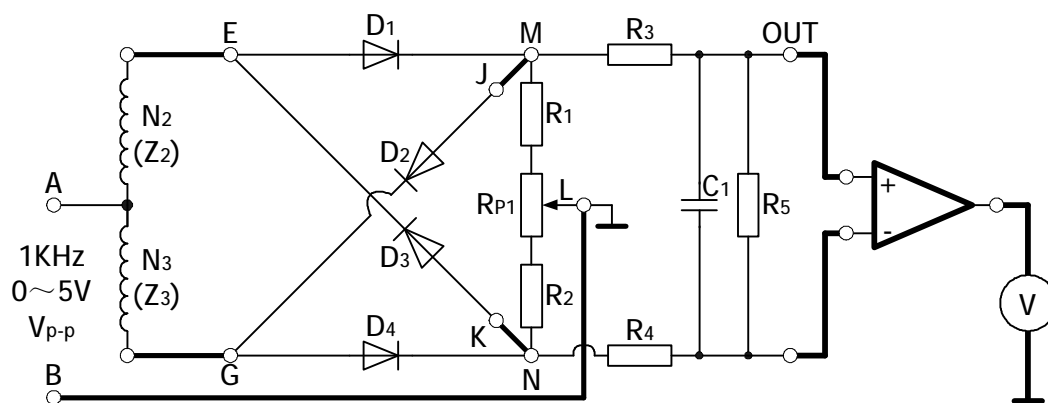


图 12-1 自感式差动变压器实验电路图

传感器的两个次级线圈(N_2 、 N_3)作为交流电桥的两个桥臂， R_1 、 R_2 为另外两个桥臂， D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 组成相敏整流器，A、B之间输入交流电压，M、N之间输出脉动直流电压，经 R_3 、 R_4 、 C_1 滤波后输出直流电压。

四、实验步骤

- 1、按实验十一的步骤 1 和 2 进行操作。
- 2、按图 12-1 将信号源的 A 端接至次级线圈 N_2 、 N_3 的中间连线点，B 端接至 L， N_2 上端接 E 点， N_3 下端接 G 点，B 与 L、J 与 M、K 与 N 连接，差动放大器与电压表接线不变，这样构成自感式差动变压器实验电路。
- 3、按实验十一的步骤 4 进行实验，将实验结果记入下表。

表 12-1

X(mm)						0					
U_0 (mV)						0					

五、实验报告

1、根据表 12-1，画出输入/输出特性曲线 $U_o = f(X)$ ，并且计算灵敏度和非线性误差。

2、比较差动变压器和自感式差动变压器的灵敏度和线性度。

实验十三 差动变压器的振动实验 *

一、实验目的

了解差动变压器的动态特性。

二、实验所用单元

电感式传感器、电感式传感器转换电路板、直流稳压电源、低频振荡器、振动台、示波器。

三、实验原理及电路

将电感式传感器与振动台相连，在振动台的带动下，可以观察电感式传感器动态特性，电路图如图 13-1。

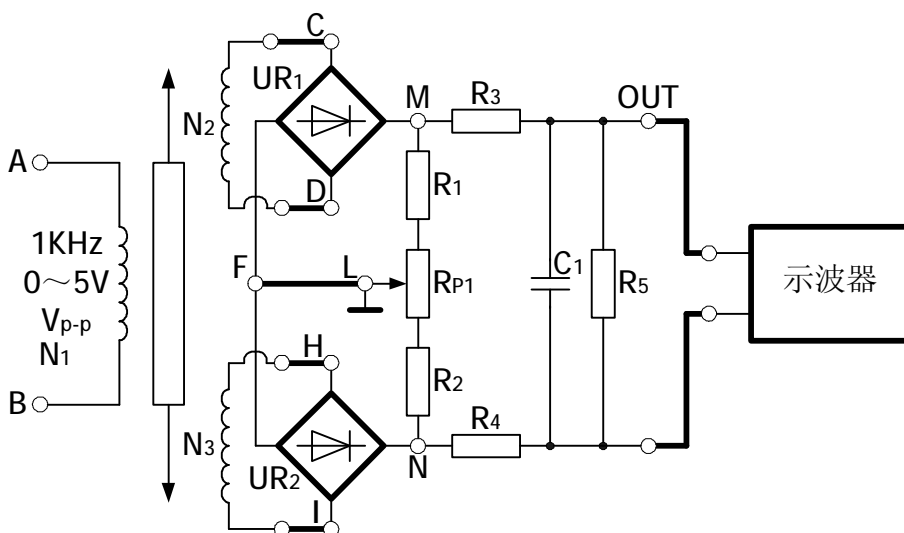


图 13-1 差动变压器振动实验电路图

四、实验步骤

1、固定好振动台，将差动变压器置于振动台上，将振动连接杆与差动变压器的铁芯适度旋紧。

2、按照图 13-1 接线，将转换电路输出与示波器探头相连，低频振荡器输出接振动台小板上的振荡线圈。

3、接通电源，调节低频振荡器的振幅与频率以及示波器的量程，观察输出波形。

实验十四 差动变压器的电子秤实验 *

一、实验目的

- 1、进一步掌握差动变压器的特性。
- 2、了解差动变压器在称重仪器中的应用。

二、实验所用单元

电感式传感器、电感式传感器转换电路板、差动放大器板、直流稳压电源、数字电压表、振动台、砝码。

三、实验原理及电路

由于差动变压器的输出与位移成正比，利用弹性材料的特性，可以使差动变压器输出与质量成线性关系，由此可以进行质量的测量。在本实验中可以利用振动台的振动梁作为弹性部件。

四、实验步骤

- 1、根据实验十一以及实验十二的实验内容设计电子秤实验的实验装置。
- 2、调节差动放大器的零点与增益，调节该电子秤实验装置的零点与量程，注意确定量程时不要超出差动变压器的线性范围，并使砝码质量与输出电压在数值上有直观的联系。
- 3、根据所确定量程，逐次增加砝码的质量，将质量与输出电压记入下表。

表 10-1

M(g)						0					
U ₀ (mV)						0					

三、实验报告

根据表 6-1 中的实验数据，计算该电子秤装置的精度。

实验十五 光电式传感器的转速测量实验

一、实验目的

- 1、了解光电式传感器的基本结构。
- 2、掌握光电式传感器及其转换电路的工作原理。
- 3、掌握差动变压器的调试方法。

二、实验所用单元

光电式传感器、光电式传感器转换电路板、直流稳压电源、数字电压表、位移台架。

三、实验原理及电路

1、光断续器原理如图 15-1 所示，一个开口的光耦合器，当开口处被遮住时，光敏三极管接收不到发光二极管的光信号，输出电压为 0，否则有电压输出。

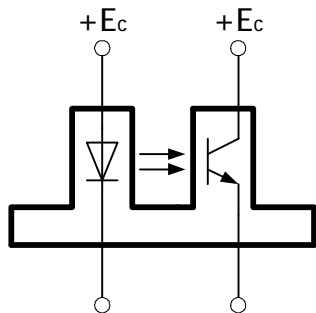


图 15-1 光断续器示意图

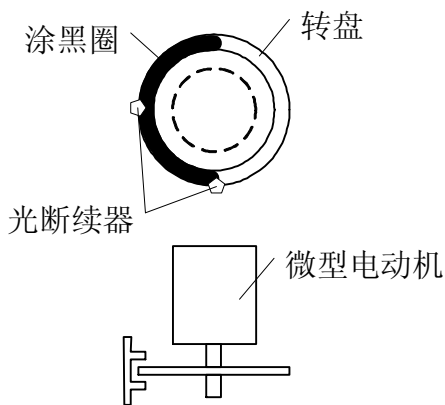


图 15-2 测速装置示意图

2、图 15-2 为测速装置示意图，其中微型电动机带动转盘在两个成 90 度的光继续器的开口中转动，转盘上一半为黑色，另一半透明，转动时，两个光继续器将输出不同相位的方波信号，这两个方波信号经过转换电路中的四个运放器，可输出相位差分别为 0° 、 90° 、 180° 、 270° 的方波信号，它们的频率都是相同的，其中任意一个方波信号均可输出至频率表显示频率。方波信号经整形电路后可转换为电压信号进行显示。原理如图 15-3 所示。

3、微型电动机的转速可调，电路图如图 15-4 所示，调节电位器 RP 可输出 $0\sim 12V$ 的直流电压。

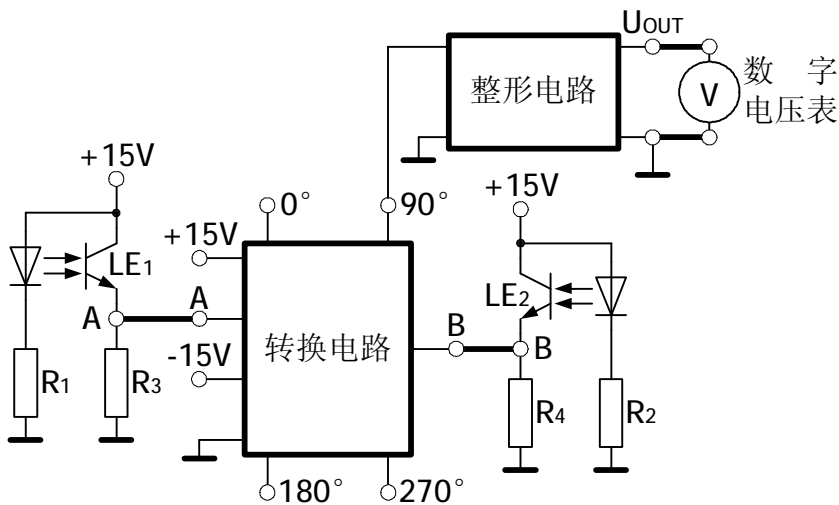


图 15-3 光电传感器实验原理图

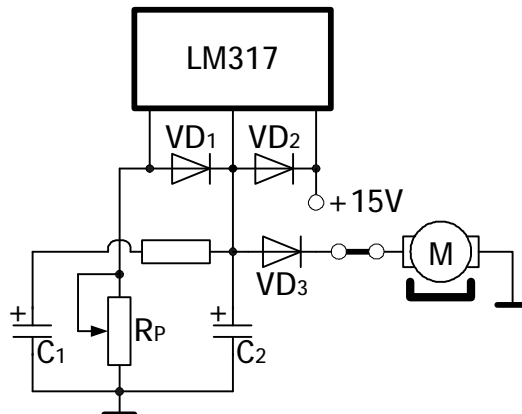


图 15-4 电机调速电路图

四、实验步骤

1、固定好位移台架，将光电式传感器置于位移台架上，将传感器上的 A、B 点与转换电路板上的 A、B 点相连；转换电路板上的 $0\sim 12V$ 输出接到传感

器上；转换电路的输出 U_{OUT} 接到数字电压表上； 0° 输出端接至频率表。

2、接通电源，调节电位器 RP 使输出电压从最小逐渐增加到最大，观察数字电压表上显示的电压以及频率表上显示的频率的变化情况。

五、实验报告

怎样根据显示的频率换算出电动机的转速？

实验十六 光电式传感器的旋转方向测量实验

一、实验目的

了解旋转方向的测量方法。

二、实验所用单元

光电式传感器、光电式传感器转换电路板、直流稳压电源、数字电压表、位移台架、双踪示波器。

三、实验原理及电路

光电式传感器经过转换电路后可输出相位差分别为 0° 、 90° 、 180° 、 270° 的方波信号，如果电动机的旋转方向改变，这四个方波信号之间的相位关系也随之改变，可以根据相位关系判断电动机的旋转方向。

四、实验步骤

- 1、按照实验十五的步骤连接好实验电路。
- 2、接通电源，调节电位器 RP 使电动机在一个合适的转速上旋转。
- 3、将双踪示波器 Y_1 探头接 0° 输出端， Y_2 探头依次接 90° 、 180° 、 270° 输出端，观察波形之间的相位关系，并记录波形。
- 4、改变电动机输入电压的方向，重复步骤 3，并记录波形。

五、实验报告

- 1、画出从示波器上观察到的八组波形，比较电动机旋转方向不同时，各方波之间的相差关系。
- 2、为什么开关型光电传感器多采用红外线形式？

实验十七 接近式霍尔传感器实验

一、实验目的

- 1、掌握开关型集成霍尔传感器及其转换电路的工作原理。
- 2、了解利用开关型集成霍尔传感器制作接近开关的方法。

二、实验所用单元

霍尔式传感器转换电路板、霍尔电路配套磁钢和铁片（实验十九中的涡流载体）、直流稳压电源、数字电压表、位移台架。

三、实验原理及电路

1、实验电路如图 17-1 所示。电路主要由三部分组成，第一部分是霍尔集成电路，第二部分是触发器，第三部分是两个非门。当发光二极管亮时，表示有输出信号。

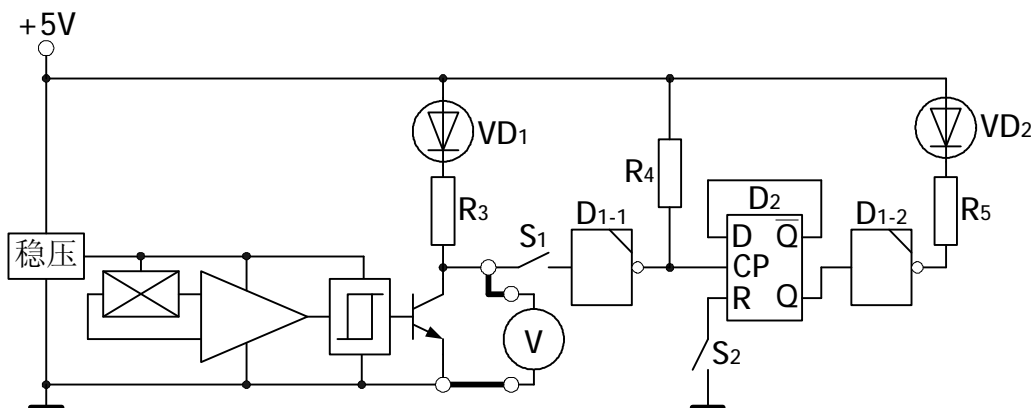


图 17-1 霍尔传感器实验原理图

2、对于普通的霍尔接近开关，当磁体靠近时输出状态翻转，磁体离开后状态立即复原。而对于锁存开关，因为增加了数据锁存器，输出状态可以保持，直到有复位信号或磁体再次触发接近开关，开关的状态才会恢复。

四、实验步骤

- 1、按照图 17-1 接线。

2、普通接近开关实验

(1) 将 S_1 断开，霍尔集成电路、R1 与 VD_1 构成普通接近开关，用磁钢的 S 极接近霍尔集成电路的有字面， VD_1 亮，磁钢远离有字面， VD_1 灭。

如果用磁钢的 N 极去触发霍尔集成电路， VD_1 不亮，说明霍尔集成电路要求磁路系统有方向性。

(2) 将磁钢吸附于装在测微器测杆顶端的铁片上，S 面向下，正对霍尔集成电路。下旋测微器，使磁钢慢慢接近霍尔电路，当 VD_1 亮时，读出测微器数值 X 和输出电压 U_0 ，填入下表中；然后再上旋测微器，使磁钢慢慢远离霍尔电路，直到 VD_1 灭，再读出此时的 X 和 U_0 ，填入下表中，共测 5 组，分析传感器的复现性。

表 17-1

VD1	亮	灭	亮	灭	亮	灭	亮	灭	亮	灭
X(mm)										
U_0 (V)										

3、锁存式接近开关实验

将 S_1 接通， S_2 断开 (S_2 用于提供复位信号)，整个系统即构成锁存开关。先将 S_2 接通，再断开，使触发器复位，用磁钢接近霍尔电路，观察 VD_1 和 VD_2 的亮灭情况，再使磁钢离开霍尔电路，观察 VD_1 和 VD_2 的亮灭情况，了解锁存开关是怎样锁住状态的。

五、实验报告

1、对于霍尔集成电路，是磁钢接近时触发还是远离时触发？

2、根据表 17-1 中的一组数据，画出霍尔集成电路的输入/输出特性曲线 $U_0 = f(X)$ ，并说明这种曲线表示了开关型霍尔传感器的什么特性，该特性具有什么优点？

3、锁存开关与普通接近开关相比有什么优缺点？

实验十八 霍尔传感器的转速测量实验

一、实验目的

了解开关型霍尔传感器用于测量转速的方法。

二、实验所用单元

霍尔传感器探头（内附转换电路）、电机（光电传感器中）、电机调速装置（光电传感器转换电路中）、位移台架、直流稳压电源、数字电压表

三、实验原理及电路

利用开关型霍尔传感器探头对旋转体磁极的明显变化产生脉冲信号，经电路处理即可测量转速。

四、实验步骤

1、固定好位移台架，将霍尔传感器探头装于传感器支架上，将电机放入位移台架的圆孔中，使探头对准电机转盘磁极。

2、霍尔传感器探头的红线接面板上的+5V 电源，蓝线接数字电压表输入端，黑线接地。

3、将数字电压表切换开关拨到频率档，调节电机调速旋钮，使电机转动，观察实验现象。

实验十九 涡流传感器的位移特性实验

一、实验目的

- 1、了解涡流式传感器的基本结构。
- 2、掌握涡流式传感器的工作原理及性能。

二、实验所用单元

涡流式传感器和铁片、涡流式传感器转换电路板、直流稳压电源、数字电压表、位移台架。

三、实验原理及电路

通以高频电流的线圈产生磁场，当有导体接近时，因导体涡流效应产生涡流损耗，引起线圈的电感发生变化。而涡流损耗与导体离线圈的距离有关，因此可以进行位移测量。实验电路如图 19-1 所示，采用电容式三点式振荡器，用于产生高频电流，电流的大小与电感 L_2 （即涡流感应头中的线圈）的大小有关，滤波后输出直流信号。

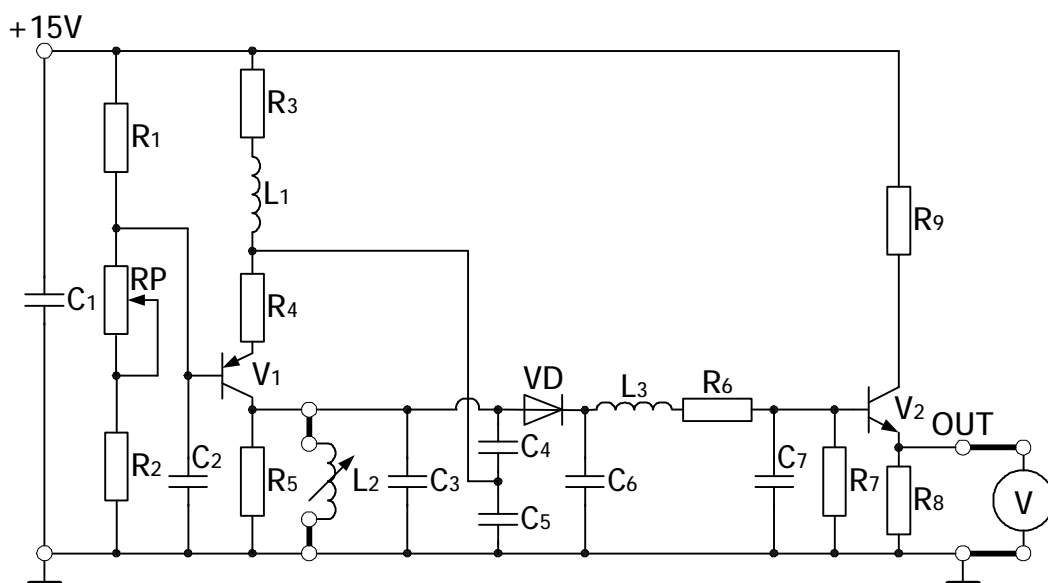


图 19-1 涡流式传感器实验原理图

四、实验步骤

- 1、将涡流式传感器装在位移台架上，并与转换电路板连接起来。
- 2、将测微器测杆与铁片连接在一起。
- 3、接通电源，适当调节测微器的高度，使铁片与涡流感应头刚刚接触，记下此时测微器读数和输出电压，并从此点开始向上移动铁片，将位移量 X 与输出电压 U_o 记入下表中。建议每隔 0.2mm 读一次数值，共读取 20 组数据。

表 19-1

X(mm)										
U _o (V)										
X(mm)										
U _o (V)										

五、实验报告

1、根据表 19-1 的数据，画出涡流式传感器的输入/输出特性曲线 $U_o = f(X)$ ，并求出拟合曲线的方程。

2、涡流式传感器的量程与哪些因素有关？

实验二十 被测体材质对涡流传感器特性的影响实验

一、实验目的

了解不同的被测体材料对涡流式传感器特性的影响。

二、实验所用单元

与实验十九相同，另加铜和铝的被测体小圆盘。

三、实验原理及电路

涡流效应与金属导体本身的电阻率和磁导率有关，因此不同的材料就会有不同的特性。

四、实验步骤

实验步骤与实验十九相同，只是分别用铜圆盘和铝圆盘代替实验十九中的铁圆盘，并将实验数据分别记入表 20-1 和表 20-2 中。

表 20-1 被测体为铜圆盘时的位移与输出电压数据

X(mm)										
U _o (V)										
X(mm)										
U _o (V)										

表 20-2 被测体为铝圆盘时的位移与输出电压数据

X(mm)										
U _o (V)										
X(mm)										
U _o (V)										

五、实验报告

1、根据表 20-1 和表 20-2 的数据，分别画出特性曲线，并与实验十九的实验结果一起进行比较。

2、如果被测体为非金属，如何进行位移的测量？

实验二十一 涡流式传感器的振动实验 *

一、实验目的

了解差动变压器的动态特性。

二、实验所用单元

涡流式传感器和铁片、涡流式传感器转换电路板、直流稳压电源、低频振荡器、振动台、示波器。

三、实验原理及电路

将涡流式传感器与振动台相连，在振动台的带动下，可以观察涡流式传感器动态特性。

四、实验步骤

1、固定好振动台，将涡流式传感器置于振动台上，将振动连接杆与涡流式传感器的铁片连接。

2、按照图 19-1 接线，注意将转换电路输出与示波器探头相连，低频振荡器输出接振动台小板上的振荡线圈。

3、接通电源，调节低频振荡器的振幅与频率以及示波器的量程，观察输出波形。

实验二十二 涡流式传感器的转速测量实验

一、实验目的

了解涡流式传感器用于测量转速的方法。

二、实验所用单元

涡流传感器探头（内附转换电路）、电机（光电传感器中）、电机调速装备（光电传感器转换电路中）、差动放大器、位移台架、直流稳压电源、数字电压表

三、实验原理及电路

利用涡流式传感器探头对旋转体材质的明显变化产生脉冲信号，经电路处理即可测量转速。

四、实验步骤

1、固定好位移台架，将涡流传感器探头装于传感器支架上，将电机放入位移台架的圆孔中，使探头对准电机转盘磁极。

2、将涡流传感器探头的两根输出信号线接至差动放大器的输入端，差动放大器的输出接至数字电压表的输入端。

3、将数字电压表切换开关拨到频率档，调节电机调速旋钮，使电机转动，观察实验现象。

实验二十三 温度传感器及温度控制实验(AD590)

一、实验目的

- 1、熟悉半导体型温度传感器 AD590 的基本性能。
- 2、应用 AD590 实现对温度的检测和简单控制。

二、实验所用单元

保温盒（内附温度传感器）、温度传感器转换电路板、温度控制电路板、玻璃管水银温度计、直流稳压电源、低压交流电源、数字电压表、位移台架

三、实验原理及电路

1、温度传感器电路如图 23-1 所示。AD590 能把温度信号转变为与绝对温度值成正比的电流信号 I_0 ，比例因子为 $1 \mu\text{A/K}$ 。通过运算放大器实现电流运算 $I_2 = I_0 - I_1$ ，在运算放大器输出端得到与温度成线性关系的电压 U_0 。

通过调节电位器 RP_1 和 RP_2 ，可以使 U_0 在被测温度范围内具有合适数值。例如被测温度范围为 $0\sim 100^\circ\text{C}$ ，则可在 0°C 时，调节 RP_1 使 U_0 为 0V ；在 100°C 时，调节 RP_2 使 U_0 为 5V ，这样被测温度每变化 1°C 对应 U_0 变化 50mV 。

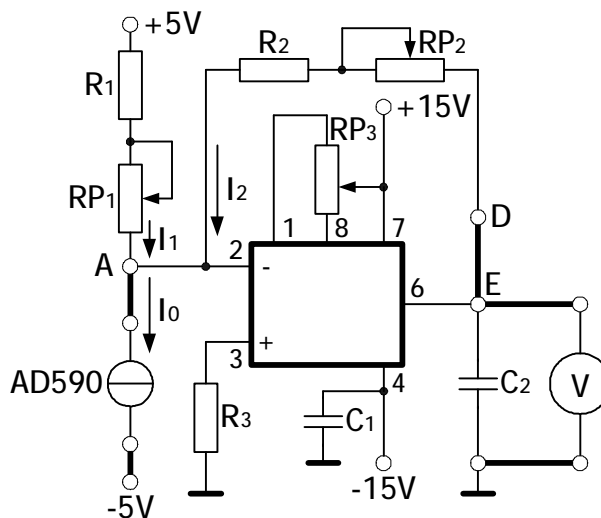


图 23-1 温度传感器实验原理图

在本实验中，由于 0℃ 和 100℃ 这两个温度不便得到，因此温度/电压的标定采用理论值推算的方法。在 0℃ 下 AD590 的电流理论值为 273.2 μA，要使输出电压 U_0 为 0V，则 I_0 与 I_1 相等：

$$I_1 = I_0 = \frac{5V}{R_1 + RP_1} = 273.2\mu A, \text{ 那么 } R_1 + RP_1 = \frac{5V}{273.2\mu A} = 18.31K\Omega$$

100℃ 下 AD590 的电流理论值为 373.2 μA，此时要使 U_0 为 5V，则：

$$I_2 = \frac{U_0}{R_2 + RP_2} = I_0 - I_1 = 100\mu A, \text{ 那么 } R_2 + RP_2 = \frac{5V}{100\mu A} = 50K\Omega$$

2、如果将转换电路的输出电压连接到加热及温度控制电路中（图 23-2）的电压比较器，通过继电器控制保温盒电热元件的通电或断电，这样根据电压比较器调温端的基准电压大小，就能使保温盒内的温度保持在某一数值范围内。

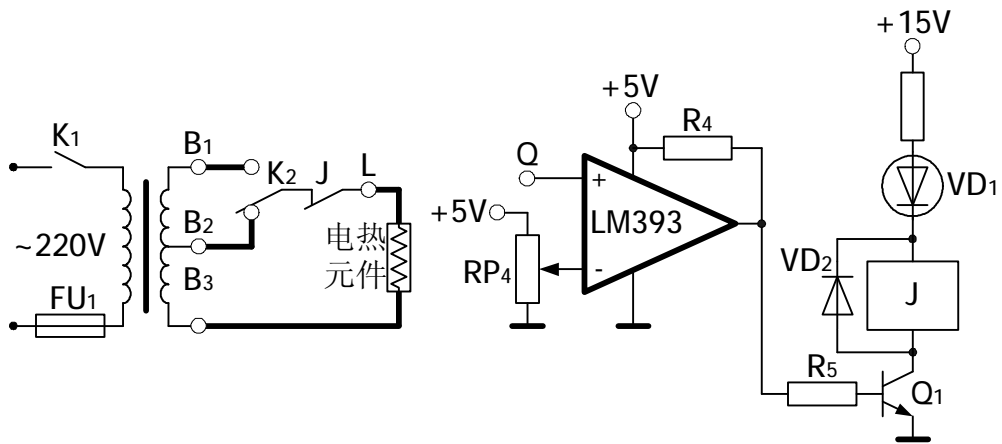


图 23-2 加热及温度控制电路图

四、实验步骤

1、固定好位移台架，将内装温度传感器的保温盒置于位移台架上，将水银温度计插入保温盒内，轻靠在温度传感器上。

2、在此实验中，我们用输出电压 U_0 反映实测温度，用温度计作为校核标准。根据上述理论推算方法，在温度传感器转换电路板上，调整好 RP_1 和 RP_2 的阻值。

3、按照图 23-1 和图 23-2 接线，将实验箱面板、转换电路板和温度传

感器小板上的有关点相连，另外连接 E 点和 Q 点，将面板上数字电压表置于 20V 档，转换电路板上 K₂ 打在 B₂（低温）侧。

4、接通电源（加热电源开关 K₁ 断开），经过几分钟，等待电路工作稳定，此时实验系统所测量的温度为室温 t。细调 RP₁ 使输出电压 U₀ 与室温相对应，其数值的关系为 $U_0 = 0.05t$ 。

5、调节电位器 RP₄，使温度给定电压为 2.5V，即表示设定温度为 50℃，接通加热电源开关，观察升温过程。

在升温过程中，由于温度计的热惯性比 AD590 在，因此温度计指示值要慢于 U₀ 的变化。此时转换电路板上的红色指示灯 VD₁ 灭，继电器 J 断开，传感器小板上的绿色指示灯亮，表示处于加热过程。

当 U₀ 达到 2.5V 时，继电器 J 吸合，断开加热电源，但温度仍会继续稍有上升，然后下降。当 U₀ 降到 2.5V 是，继电器 J 断开，接通加热电源，温度仍会继续稍有下降，然后上升。经过几次这样的循环，温度变化范围会稳定下来。

如果温度计的平均指示值小于 50℃，应适当减小 RP₂ 的阻值，反之则增加。调整 RP₂，使温度计的平均指示值尽量接近 50℃。

6、调节 RP₄，使给定电压为 3V，设定温度为 60℃，重复上一步骤。

五、实验报告

1、实验内容中所采用的调节方法：先调节室温下的 RP₁，再调节 50℃ 下的 RP₂，如果不考虑其它因素，这种方法是否是最合适的？为什么？

2、说明本实验中的温度控制原理，这种控制方法有什么优缺点？

实验二十四 K 型热电偶的温度控制实验

一、实验目的

了解 K 型热电偶的特性与应用。

二、实验所用单元

加热源、K 型热电偶（温度控制用）、K 型热电偶（测量用）、温度控制单位、温度传感器实验板、数字电压表、万用表（自备）

三、实验原理及电路

当两种不同的金属组成回路，如二个接点处的温度不同，在回路中就会产生热电势，这就是热电效应。温度高的接点称为工作端，置于被测温度场，温度低的接点称为冷端（或自由端），冷端的温度为恒温，一般为室温或补偿后的 0°C 或 25°C 。

热电偶实验原理图如图 24-1 所示。K 型热电偶接至差动放大器的输入端，经放大后输出电压由数字电压表显示。

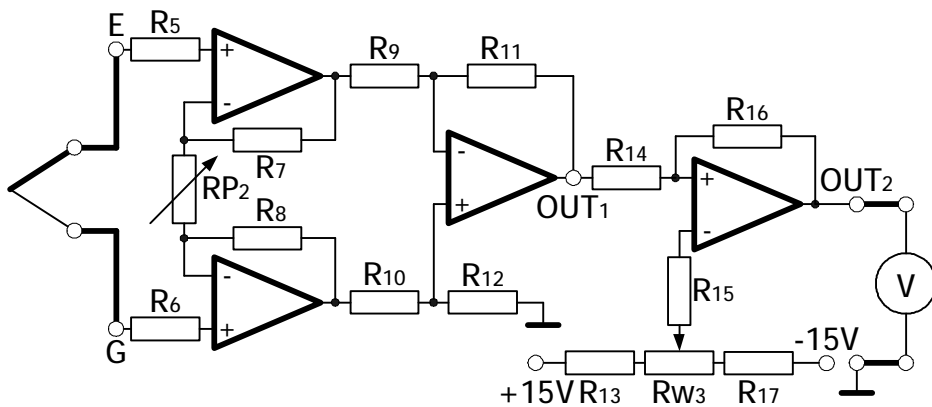


图 24-1 K 型热电偶温度控制实验原理图

四、实验步骤

- 1、仔细阅读附录中的“温度控制仪表操作说明”，学会基本参数设定。
- 2、将温度控制用的热电偶插入加热源的一个传感器安置孔中，热电偶

自由端引线插入面板中的热电偶插孔中，红线为正极。

3、将加热源的两根电源线与面板上的 AC16V 电源插孔相连。

4、将 E、G 两端短接并接地，接通电源，调节 RP_3 使 OUT_2 为零，然后断开 E、G 之间的短接线。

5、按照图 24-1 进行接线，测量用的 K 型热电偶放入加热源的另一个插孔中，两根引出线接至电路板上 E、G 两端，注意引出线带红色套管或红色斜线的为正极，接至 E 端。

6、设定温度控制仪的给定值为 50°C ，接通加热开关，等待温度稳定时，调节 Rw_2 使数字电压表指示值为 K 型热电偶 50°C 下分度值的 100 倍，以便读数（K 型热电偶 50°C 时的分度值为 2.022mV ），重新设定温度给定值为 52°C ，等待温度稳定时记录下数字电压表读数，重复进行以上步骤，温度给定值每次增加 2°C ，将实验结果记入下表中。

表 24-1

$t(^{\circ}\text{C})$										
$U_{02}(\text{mV})$										

五、实验报告

根据表 24-1 的实验结果，画出 K 型热电偶的特性曲线，并计算 K 型热电偶的非线性误差。

实验二十五 E 型热电偶的温度控制实验

一、实验目的

了解 E 型热电偶的特性与应用。

二、实验所用单元

加热源、K 型热电偶（温度控制用）、E 型热电偶（测量用）、温度控制单位、温度传感器实验板、数字电压表、万用表（自备）

三、实验原理及电路

实验及电路参见实验二十四，本实验测量 E 型热电偶的特性。

四、实验步骤

按实验二十四的步骤进行操作，将实验结果记入下表中，E 型热电偶在 50℃时的分度值为 3.047mV。

表 25-1

t(°C)										
U ₀₂ (mV)										

五、实验报告

1、根据表 25-1 的实验结果，画出 E 型热电偶的特性曲线，并计算 E 型热电偶的非线性误差。

2、比较 K 型热电偶与 E 型热电偶的特性。

实验二十六 铂热电阻的温度控制实验

一、实验目的

了解铂热电阻的特性与应用。

二、实验所用单元

加热源、K 型热电偶、Pt₁₀₀ 热电阻、温度控制单位、温度传感器实验板、数字电压表、万用表（自备）

三、实验原理及电路

利用导体电阻随温度变化的特性，可以通过测量电路将电阻的变化转换为电压输出，达到测量温度的目的。热电阻用于温度测量时，要求其材料电阻温度系数大、稳定性好、电阻率高，电阻与温度之间最好呈线性关系。常用的有铂热电阻和铜热电阻，铂热电阻的阻值与温度的关系为：

$R_t = R_0(1 + At + Bt^2)$ ，其中 R_t 为温度 t 下的阻值， R_0 为 0°C 下的阻值，铂热电阻一般采用三线连接，其中一端接二根引线主要是为消除引线电阻对测量结果的影响。

铂热电阻实验原理图如图 26-1 所示。铂热电阻与 R_1 、 R_2 、 R_4 组成直流电桥，经差动放大器放大后输出电压由数字电压表显示。

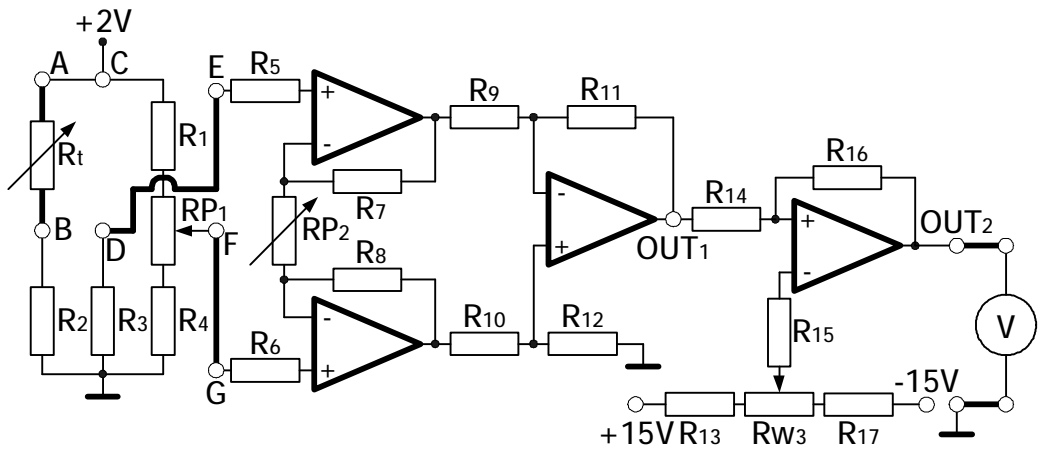


图 26-1 铂热电阻温度控制实验原理图

四、实验步骤

1、按实验二十四的步骤一至三进行操作。

2、按照图 26-1 进行接线，铂热电阻的三根引线接至 R_t 输入的 A、B 两端上：用万用表欧姆档测出铂热电阻三根引线中短接的二根引线，将其接到 B 端。

3、将 E、G 两端短接并接地，接通电源，调节 RP_3 使 OUT_2 为零。

4、将 E、G 两端按照图 26-1 接至桥路输出，调节 RP_1 使电桥平衡， OUT_2 为零。

5、设定温度控制仪的给定值为 50°C ，将铂热电阻插入加热源另一个插孔中，接通加热开关，等待温度稳定时记录下数字电压表读数，重新设定温度给定值为 52°C ，等待温度稳定时记录下数字电压表读数，重复进行以上步骤，温度给定值每次增加 2°C ，将实验结果记入下表中。

表 26-1

$t(^{\circ}\text{C})$										
$U_{O2}(\text{mV})$										

五、实验报告

1、根据表 26-1 的实验结果，画出铂热电阻的特性曲线，并计算铂热电阻的非线性误差。

2、在选用热电阻时，需要考虑哪些因素？

实验二十七 铜电阻的温度控制实验

一、实验目的

了解铜热电阻的特性与应用。

二、实验所用单元

加热源、K 型热电偶、铜热电阻、温度控制单位、温度传感器实验板、数字电压表、万用表（自备）

三、实验原理及电路

实验原理及电路图参见实验二十六，注意铜热电阻接至桥路的 C、D 两端。

四、实验步骤

按实验二十六的步骤进行操作，将实验结果记入下表中。

表 27-1

t(°C)										
U _{O2} (mV)										

五、实验报告

- 1、根据表 27-1 的实验结果，画出铜热电阻的特性曲线，并计算铜热电阻的非线性误差。
- 2、比较铂热电阻与铜热电阻的特性有何不同之处。

实验二十八 磁电式传感器的特性实验

一、实验目的

- 1、了解磁电式传感器的结构。
- 2、掌握磁电式传感器的工作原理及应用。

二、实验所用单元

磁电式传感器、差动放大器、低频振荡器、振动台、直流稳压电源、示波器

三、实验原理及电路

磁电式传感器是一种能将非电量的变化转化为感应电动势的传感器，所以也称为感应式传感器。根据磁电感应定律， ω 匝线圈中的感应电动势 e 的大小取决于穿过线圈的磁通 ϕ 的变化率： $e = \omega \frac{d\phi}{dt}$ 。磁电式传感器由动铁

与感应线圈组成，永久磁钢做成的动铁产生恒定磁场，当动铁与线圈相对运动时，线圈与磁场中的磁通交链产生感应电动势。这是一种动态传感器。

本实验中利用低频振荡器产生低频的交流信号，通过振动台上的激振线圈使振动台产生振动，带动磁电式传感器中的动铁运动，低频振荡器原理如图 28-1 所示。

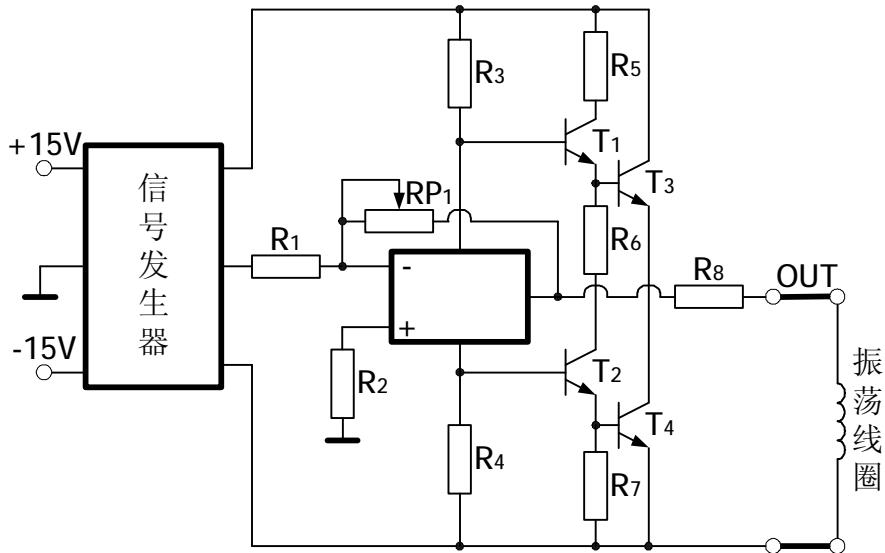


图 28-1 低频振荡器原理图

磁电式传感器产生的感应电动势通过差动放大器后输出到示波器，如图 28-2。



图 28-2 磁电式传感器实验理图

四、实验步骤

- 1、将磁电式传感器置于台架上固定好。
- 2、将低频振荡器输出接振动台小板上的振荡线圈，磁电式传感器输出接差动放大器，差动放大器输出接示波器。接通电源，调节低频振荡器的振荡频率和振幅以及差动放大器增益，观察输出波形。
- 3、将振动台小板上的振荡线圈和磁电式传感器接线互换，接通电源观察波形，并与上一步骤的波形进行比较。

实验二十九 磁电式传感器的转速测量实验

一、实验目的

了解磁电式传感器用于测量转速的方法。

二、实验所用单元

磁电式传感器探头（内附转换电路）、电机（光电传感器中）、电机调速装备（光电传感器转换电路中）、差动放大器、位移台架、直流稳压电源、数字电压表

三、实验原理及电路

旋转体在旋转时对磁电式传感器探头中线圈的磁通率造成明显变化，探头产生脉冲信号，经电路处理即可测量转速。

四、实验步骤

1、固定好位移台架，将磁电式传感器探头装于传感器支架上，将电机放入位移台架的圆孔中，使探头对准电机转盘磁极。

2、将磁电传感器探头的两根输出信号接至差动放大器的输入端，差动放大器输出接至数字电压表输入端。

3、将数字电压表切换开关拨到频率档，调节电机调速旋钮，使电机转动，观察实验现象。

实验三十 磁电式传感器的应用实验 *

磁电式传感器是一种采用绝对测量原理的传感器，因而不用找其它的相对静止点，可以直接放在地面上测量振动。请设计一个简易的装置用来测量车床的振动。

实验三十一 压电加速度式传感器的特性实验

一、实验目的

- 1、了解压电加速度式传感器的基本结构。
- 2、掌握压电加速度式传感器的工作原理及应用。

二、实验所用单元

压电加速度式传感器、压电加速度转换电路板、低频振荡器、振动台、直流稳压电源、数字电压表、示波器

三、实验原理及电路

压电式传感器是一种典型的有源传感器，其中有力敏元件，在压力、应力、加速度等外力作用下，压电介质表面产生电荷，从而实现非电量的测量。本实验采用的传感器的输出信号与传感器移动的加速度成正比，实验电路框图如图 31-1 所示。

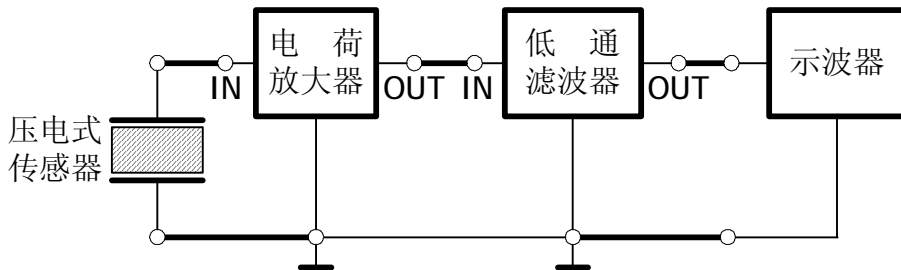


图 31-1 压电式传感器实验原理框图

四、实验步骤

- 1、将压电加速度式传感器置于台架上固定好。
- 2、观察传感器结构，其中包括双压电陶瓷晶片、惯性质量块、压簧、引出电极等，其中惯性质量块在传感器振动时，对陶瓷晶片产生正比于加速度的交变力，压电陶瓷晶片在这些交变力的作用下输出正比于加速度的信号。
- 3、按图 31-1 接线，并将低频振荡器输出接至振动台小板上的振荡线圈。接通电源，观察输出波形。
- 4、调节振幅，比较在不同振幅下输出波形峰值的不同情况。

五、实验报告

分析为什么振幅越大，输出波形的峰值也越大？

实验三十二 光纤传感器的位移特性实验

一、实验目的

- 1、了解光纤位移传感器的基本结构。
- 2、掌握光纤传感器及其转换电路的工作原理。

二、实验所用单元

光纤传感器、光纤传感器转换电路板、反射面、位移台架、直流稳压电源、数字电压表

三、实验原理及电路

本实验采用的是导光型多模光纤，它由两束光纤混合成Y型光纤，探头为半圆分布，一束光纤端部与光源相接发射光束，另一束端部与光电转换器相接接收光束，两光束混合后的端部是工作端即探头。由光源发出的光通过光纤传到端部射出后再被测体反射回来，由另一束光纤接收光信号经光电转换器转换成电压量，该电压的大小取决于反射面与探头的距离。

光纤传感器转换电路如图 32-1 所示。

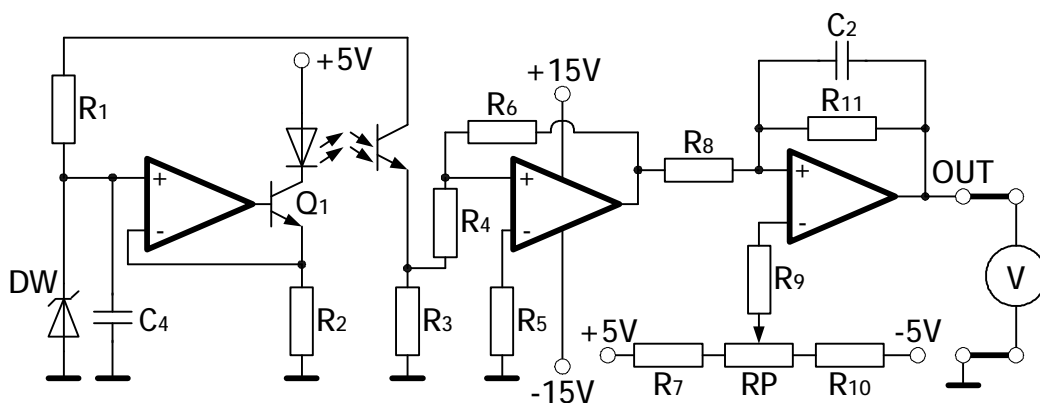


图 32-1 光纤传感器转换电路图

四、实验步骤

- 1、固定好位移台架，将测微器测杆与反射面连接在一起。
- 2、按照图 32-2 安装光纤位移传感器，将传感器的插头与转换电路板上

的插座相连，并将转换电路板的输出连接至数字电压表上。

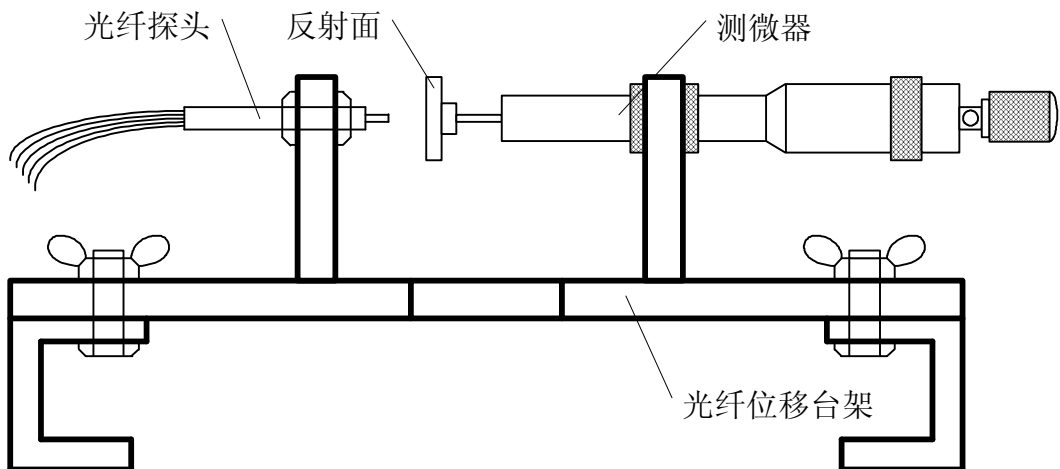


图 32-2 光纤传感器安装示意图

3、调节测微器，使探头与反射面平板接触。接通电源，调节转换电路板上的 RP 使数字电压表指示为零，并记录此时的测微器读数。

4、旋转测微器，反射面离开探头，每隔 0.1mm 读取一次输出电压值，将电压与位移记入下表中，共记 10 组数据。

表 32-1

X(mm)										
$U_0(V)$										

五、实验报告

1、根据表 32-1 中的实验数据，画出光纤位移传感器的位移特性，并求出拟合曲线的方程。

2、本实验中光纤位移实验系统的灵敏度与哪些因素有关？

实验三十三 光纤传感器的振动实验

一、实验目的

了解光纤位移传感器的动态特性。

二、实验所用单元

光纤传感器、光纤传感器转换电路板、低通滤波器、低频振荡器、振动台、直流稳压电源、示波器

三、实验原理及电路

利用光纤位移传感器的位移特性及频率响应特性，配以合适的测量电路即可测量振动。

本实验电路框图如图 33-1 所示。

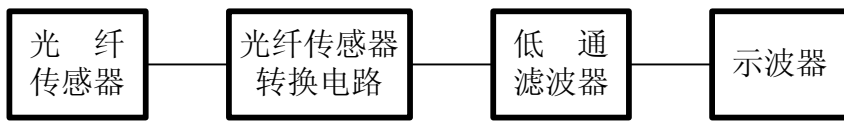


图 33-1 光纤传感器振动实验电路框图

四、实验步骤

1、按照图 34-2 安装光纤传感器，本实验中利用振动台的振动梁面作为反射面。

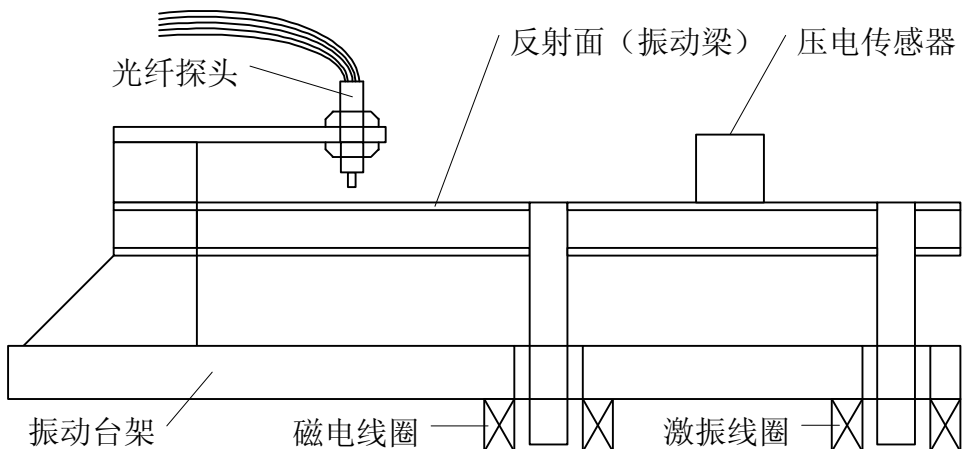


图 33-2 光纤传感器振动实验安装示意图

2、根据图 33-1 连接好各个部分。

3、将低频振荡器增益电位器旋到零，频率电位器旋至 6~10Hz 左右，接通电源，逐步增大振动幅度，注意不能碰到光纤探头。保持振动幅度不变，改变振动频率，观察输出波形；保持振动频率不变，改变振动幅度，观察输出波形。

五、实验报告

分析光纤传感器测量振动时的应用及特点。

实验三十四 光纤传感器的转速测量实验

一、实验目的

了解光纤位移传感器用于测量转速的方法。

二、实验所用单元

光纤传感器、光纤传感器转换电路板、电机（光电传感器中）、电机调速装备（光电传感器转换电路中）、位移台架、直流稳压电源、数字电压表

三、实验原理及电路

利用光纤位移传感器探头对旋转体反射光的明显变化产生脉冲信号，经电路处理即可测量转速。

四、实验步骤

1、固定好位移台架，将光纤传感器装于传感器支架上，将电机放入位移台架的圆孔中，使光纤探头对准电机转盘反射点。

2、将各部分的连线连接好，数字电压表切换开关拨到 20V 档。

3、接通电源，将电机调速电位器旋至 0，使电机不转动，①用手转动电机转盘，使探头避开反射面，调节光纤转换电路板上的 RP 电位器使数字电压表指示值最小；②再转动转盘，使光纤探头对准反射点，调节探头与反射点的距离，使数字电压表指示值最大，重复①②步骤，直至两者的电压差值最大。

4、数字电压表切换开关拨到频率档，调节电机调速旋钮，使电机转动，

观察实验现象。

五、实验报告

测量转速时转盘上反射点的多少是否对测速精度有影响？为什么？

实验三十五 压阻式压力传感器的特性实验

一、实验目的

- 1、了解扩散硅压阻式传感器测量压力的方法。
- 2、掌握扩散硅压阻式传感器及其转换电路的工作原理。

二、实验所用单元

压阻式压力传感器、压阻式压力传感器转换电路板、橡皮气囊、储气箱、三通连接导管、压力表、位移台架、直流稳压电源、数字电压表

三、实验原理及电路

扩散硅式压阻式压力传感器，在单晶硅的基片扩散出P型或N型电阻条，接成电桥。在压力作用下根据半导体的压阻效应，基片产生应力，电阻条的电阻率产生变化，引起电阻的变化，将这一变化引入测量电路，通过输出电压可以测量出其所受的压力大小。测量电路图 35-1 所示，其中 RP_1 用于调节放大倍数， RP_2 用于调节零点。

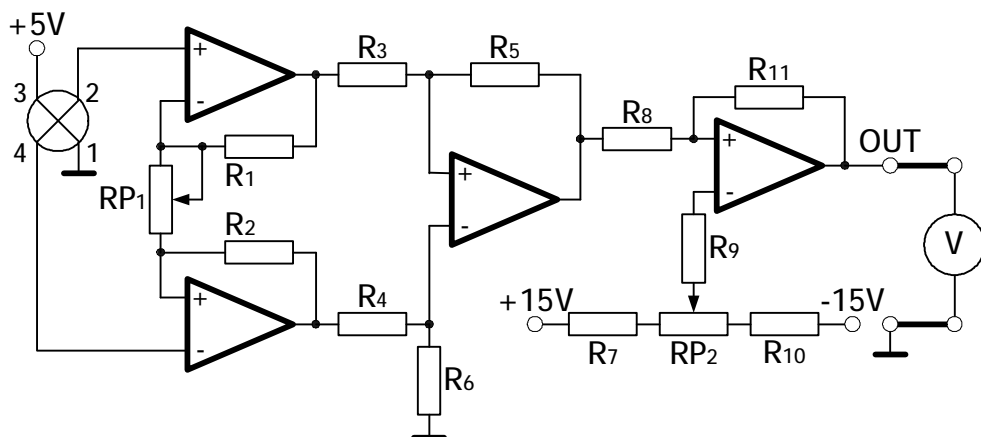


图 35-1 压力传感器实验电路图

四、实验步骤

- 1、固定好位移台架，将压力传感器放在台架的圆孔中。
- 2、将压力传感器上的插头连接至转换电路板上的插座。转换电路板的输出连接至数字电压表。
- 3、按照图 35-2 连接管路。

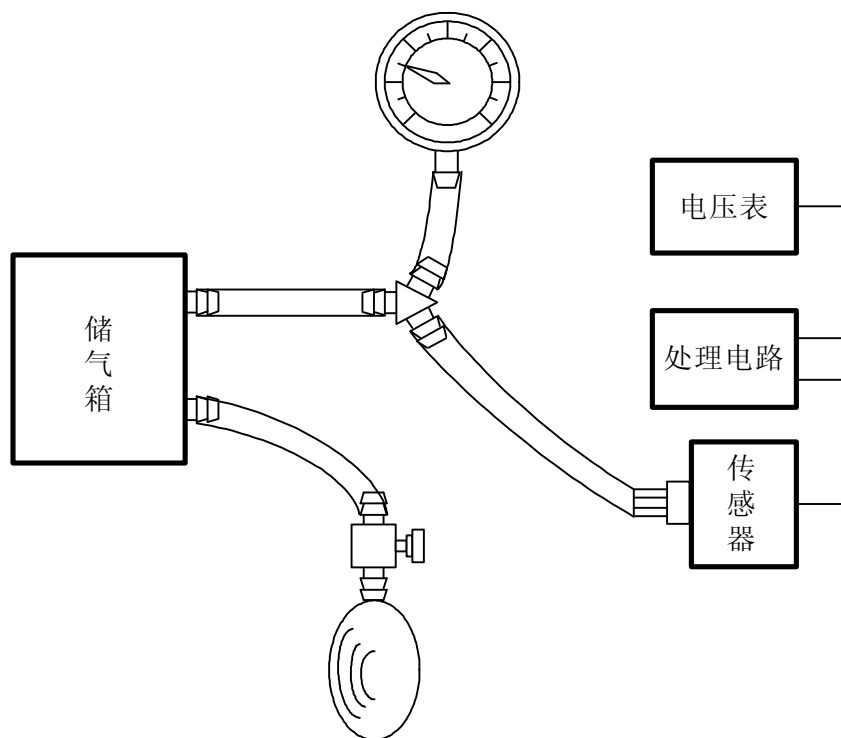


图 35-2 压力传感器实验系统示意图

4、打开橡皮囊上的单向阀，接通电源，调节转换电路板上的 RP_2 使输出电压为零。

5、拧紧单向阀，轻按加压皮囊，注意不要用力过大，使压力表显示 100mmHg，调节 RP_1 使输出电压为 10V。

6、重复步骤 4 和步骤 5，使得压力为 0 时输出电压为 0V，压力为 100mmHg 时，输出电压为 10V。

7、打开单向阀，开始加压，每上升 10mmHg 读取输出电压，并记入下表中。

表 35-1

P(mmHg)										
$U_0(V)$										

五、实验报告

1、根据表 35-1 的实验数据，画出压力传感器的特性曲线，并计算精度与非线性误差。

2、如果测量真空度，需要对本实验装置进行怎样的改进？

实验三十六 压阻式压力传感器的差压测量实验 *

一、实验目的

了解利用压阻式压力传感器进行差压测量的方法。

二、实验所用单元

同实验三十五

三、实验原理

实验三十六中所采用的压力传感器有两个压力输入端，储气箱中的气体压力作用到传感器中硅膜片的一侧，另一侧所受的压力为大气压力。如果另一侧也输入可调节的气压，则可以进行差压测量。

四、实验内容

请参照实验三十五自行设计一个测量差压的装置，并进行说明。

实验三十七 超声波传感器的位移特性实验

一、实验目的

- 1、了解超声波在介质中的传播特性。
- 2、了解超声波传感器测量距离的原理与结构。
- 3、掌握超声波传感器及其转换电路的工作原理。

二、实验所用单元

超声波发射探头、超声波接收传感器、超声波传感器转换电路板、反射挡板、振动台、直流稳压电源、数字电压表

三、实验原理及电路

超声波传感器由发射探头与接收传感器及相应的测量电路组成。超声波是在听觉阈值以外的声波，其频率范围在 20KHz 至 60KHz 之间，超声波在介质中可以产生三种形式的振荡波：横波、纵波和表面波。本实验以空气为介质，用纵波测量距离。发射探头发出 40KHz 的超声波，在空气中传播速度为 344m/s，当超声波在空气中碰到不同介面时会产生一个反射波和折射波，其中反射由接收传感器输入测量电路，测量电路可以计算机超声波从发射到接收之间的时间差，从而得到传感器与反射面的距离。

本实验原理图如图 37-1 所示。

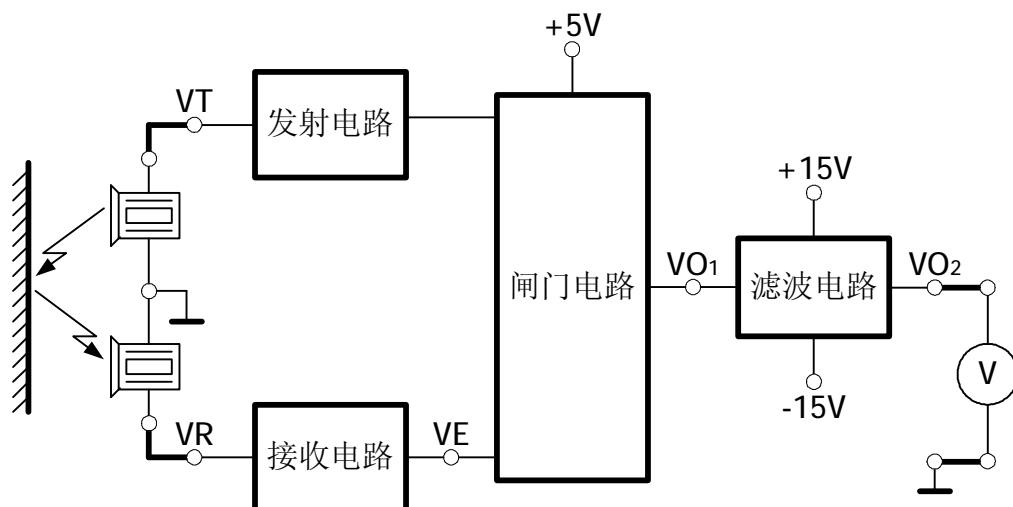


图 37-1 超声波传感器实验原理图

四、实验步骤

1、按照图 37-1 连线。

2、在距离超声波传感器 20~30cm (0~20cm 左右为超声波测量盲区) 处放置反射挡板, 接通电源, 调节发射探头与接收传感器间的距离 (约 10~15cm) 与角度, 使得在改变挡板位置时输出电压能够变化。

3、平行移动反射挡板, 每次增加 5cm, 读取输出电压, 记入下表中。

表 37-1

X(cm)										
U _o (V)										

五、实验报告

1、根据表 37-1 的实验数据画出超声波传感器的特性曲线, 并计算机其灵敏度。

2、本实验中的超声波传感器的特性是否是线性的? 为什么? 其线性度受到什么因素的影响?

实验三十八 超声波传感器的应用实验 *

超声波传感器是一种非接触式的位移传感器, 非常适用于距离报警的设备。请设计一个汽车的倒车雷达装置, 并进行说明。

实验三十九 气敏传感器的原理实验

一、实验目的

- 1、了解气敏传感器的基本结构。
- 2、掌握气敏传感器的工作原理及其应用。

二、实验所用单元

气敏传感器、差动放大器、位移台架、直流稳压电源、数字电压表、酒精棉花球（自备）

三、实验原理及电路

气敏元件及传感器种类很多，其测量对象有氧、氢、氮、一氧化碳、二氧化碳、丁烷、甲烷、乙醇等，不同的测量对象有不同的原理。本实验采用的是适用于测量乙醇浓度的气敏传感器，实验电路如图 40-1 所示。

气敏元件由微型 Al_2O_3 陶瓷管、 SnO_2 敏感层、测量电极和加热器构成，气敏元件固定在不锈钢制成的腔体内。它有 6 个针状管脚，其中 4 个并联成 AB 两端用于输出信号，另两个 r 管脚用于提供加热电流。

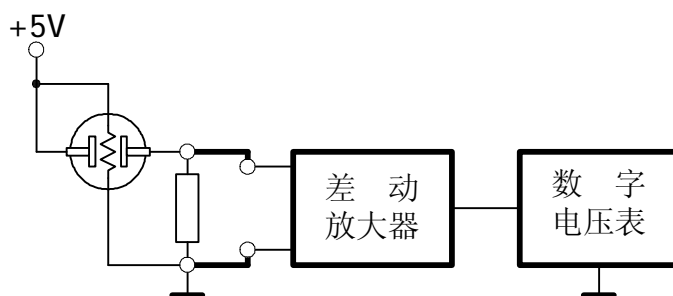


图 39-1 气敏传感器实验原理图

四、实验步骤

- 1、固定好位移台架，将气敏传感器置于位移台架上。
- 2、按图 39-1 接线，并适当调节差动放大器的增益与零点。
- 3、接通电源，预热 5 分钟，观察电压表数值（一般在 0.1V 以下）。
- 4、将浸有酒精的棉花球放入气敏腔，观察电压表的读数。

实验四十 湿度式传感器的原理实验

一、实验目的

- 1、了解湿度传感器的基本结构。
- 2、掌握湿度传感器的工作原理及其应用。

二、实验所用单元

湿度传感器、位移台架、直流稳压电源、数字电压表、湿棉花球（自备）、干燥剂（自备）

三、实验原理及电路

湿敏元件主要有电容式和电阻式两种，电容式采用高分子薄膜为感湿材料，用微电子技术制作，其电容值随湿度呈线性变化，再通过测量电路将电容转换为电压值。电阻式湿敏元件其电阻值的对数与相对湿度接近线性关系，可以用于测量相对湿度。

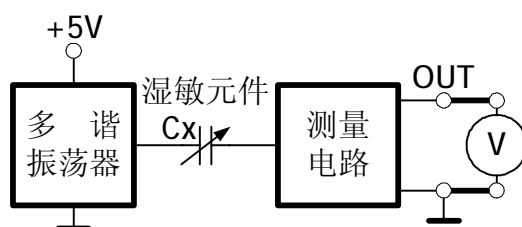


图 40-1 湿度传感器实验原理图

四、实验步骤

- 1、固定好位移台架，将湿度传感器置于位移台架上，按图 40-1 接线。
- 2、接通电源，预热 3~5 分钟，然后向湿敏腔中放入干燥剂，放上传感器，等到电压表稳定后记录电压值。拿出干燥剂，再在另一腔中放入湿棉花球，放上传感器，等到电压表稳定后记录电压值，比较前后电压值的变化。

附录一 计算机数据采集系统的使用说明

计算机数据采集系统由数据采集卡、计算机及数据采集软件组成，可以利用计算机的强大数据处理功能对实验结果进行分析。

一、采集系统的组成

1、数据采集卡

数据采集卡已安装于仪器内部，其采集的数据即为实验设备上数字电压表的信号输入端。

技术指标为：12 位 A/D 转换；分辨率 1/2048；采样周期 1ms~1000ms，可自行设定；采集方式分单次和连续两种模式，单次模式用于采集一个静态的数据，连续模式用于采集动态的连续数据。

2、实验软件

提供一张软盘，运行软盘中的 `setup.exe` 文件，按照提示进行安装。

3、通讯约定

利用计算机的串行接口 RS232，波特率 28800，1 个停止位，无奇偶校验位。

二、实验软件的使用

1、实验前先用随机的通讯线将数据采集卡与计算机空闲的 COM 口相连。

2、在通讯设置选择所连接的 COM 口。

3、在实验箱上进行实验操作，直到获得实验结果。

4、点击“新建实验”按钮，在“新建实验”窗口中设置好实验信息。选择采集方式分单次或连续。

单次采集每组最多采集 30 个数据，实验结果曲线可以用实验点、点间连线、拟合线三种方式任意显示，可以同屏显示几组的实验曲线用于进行比较，如电阻式传感器的单臂、半桥、全桥特性的比较。

连续采集最高采样频率为 1KHz，最长采集时间为 10s。连续采集的实验曲线可以按时间轴任意缩放。

5、点击“开始实验”按钮，开始当前一次的实验。单次采集时在实验列表中选择—个实验点，在相应的单元格中点击左边的“采集”按钮，采集当前的实验数据。连续采集时点击“开始实验”按钮，立即开始当前一次的实验并马上开始采集，采集结果显示在当前的实验列表中，每次实验最多可以做4次。

6、其他按钮的功能

(1) “画曲线”按钮：按照实验列表中的数据显示实验曲线，当数据实验变化或更改设置后，都需要点击“画曲线”按钮进行重画。

(2) “保存实验”按钮：将实验结果保存到文件中。

(3) “打开实验”按钮：打开用“保存实验”按钮保存的实验结果。

(4) “打印”按钮：将实验结果打印出来，打印前应检查计算机的打印机设置。

(5) “帮助”按钮：用于查看联机帮助信息。

三、故障分析

1、不能进入软件主界面：请检查是否按要求将附带的软件正确安装。

2、不能找开 COM 口：请检查 Windows 系统中“调制解调器”选项中的“诊断”项目；检查该 COM 口是否被占用或该 COM 口的中断号是否与其他硬件有冲突。

3、不能进行采集：检查实验箱与计算机的通讯线是否正常连接或实验箱是否开机。

附录二 温度控制仪表操作说明

一、各功能的调出顺序

1、仪表通电后，经过几秒钟后，PV 窗口显示测量值，SV 窗口显示设定值，进入正常工作状态。

2、温度的设定：按 SET 键，SV 窗口的第一位高亮，其他位闪烁，按 \blacktriangleleft 键将高亮位移至需设定位，按排显示 SP（温度设定值）。按 \blacktriangleup 或 \blacktriangledown 键直至将数字设定至所需值，再按 SET 键设定结束。

3、控制参数的设定：按 SET 键 5 秒钟以上，PV 窗口显示控制参数的提示符（详见控制参数一览表），配合 \blacktriangleleft 、 \blacktriangleup 或 \blacktriangledown 键，使 SV 窗口显示为所需要的值。继续按 SET 键，PV 窗口依次显示各参数的提示符，可以继续设定其他的参数，再按 SET 键 5 秒钟以上，回到标准模式（无键按下 30 秒钟后自动返回到标准模式）。

4、仪表控制参数的自整定功能：按 SET 键使 PV 窗口显示“ATU”，按 \blacktriangleup 键，SV 窗口显示“1”，按 SET 键 5 秒钟，返回正常显示模式，此时“AT”灯亮，仪表开始自整定，温度经过三波动后自整定结束，“AT”灯灭，仪表将以新的 PID 参数进行控制，并永久保存。

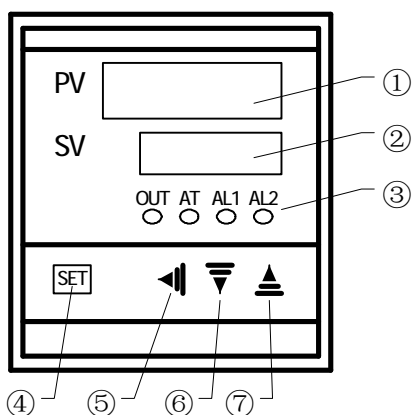
二、各功能参数一览表

提示符	名称	设定范围	说明	出厂值
<i>AL1</i>	上限报警	0~400℃		400
AL1				
<i>AL2</i>	下限报警	0~400℃		0
AL2				
<i>SC</i>	显示值修正	-20~20℃	用于修正热电偶、补偿导线所产生的测量误差	0
SC				
<i>ATU</i>	自整定	0、1	0：不整定；1：进入自整定	0
ATU				
<i>P</i>	比例范围	0~100%		3%
P				

(续上表)

I	积分时间	0~4320 秒		250
I				
d	微分时间	0~1200 秒		50
d				
T	控制周期	1~60 秒	继电器输出时不小于 20 秒。 固态继电器或可控硅输出时取 3。	20 或 2
T				
LCK	键锁定	0、1、2	0: 所有参数均能修改。1: 所有参数均不能修改。2: 只能修改给定值(SV)。	0

三、面板布置说明



- ① (PV)显示器 (红)
 - ◆ 显示测量值
 - ◆ 根据仪表状态显示各类提示符
- ② (SP)显示器 (绿)
 - ◆ 显示给定值
 - ◆ 根据仪表状态显示各类参数
- ③ 指示灯
 - ◆ 控制输出灯(OUT) (绿)
 - ◆ 自整定指示灯(AT) (绿)
 - ◆ 上限报警输出灯(AL1) (红)
 - ◆ 下限报警输出灯(AL2) (红)
- ④ 功能键
 - ◆ 参数的调出, 参数的修改确认
- ⑤ 移位键
 - ◆ 用于改变光标位置
- ⑥、⑦ 数字调整键
 - ◆ 用于调整数字

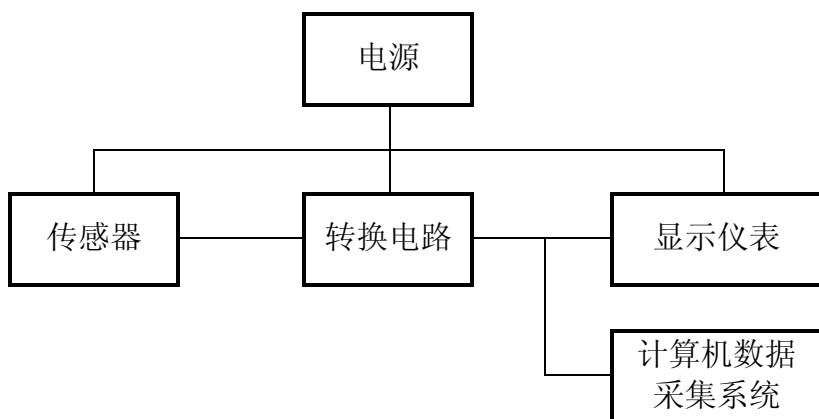
附录三 JZY-III型检测与转换技术实验箱（台）使用手册

一、性能特点

（一）系统组成

JZY-III型检测与转换技术实验箱（台）是长期从事《检测与转换技术》课程教学的教师，根据其理论教学和实验教学的经验研制而成的。在原有的基础上增加了部分功能，为适应不同类型、不同层次的专业需要，最新推出的模块化的新产品。

本系统由电源、传感器、转换电路、显示仪表和计算机数据采集系统几类模块及一些附件组成（如附图 3-1）



附图 3-1 JZY-III型检测与转换技术实验箱系统组成

各模块的详细内容在本手册后面的内容中加以介绍。

（二）用途和主要特点

本系统的基本配置能开出的实验类型如下：

电阻式传感器、电容式传感器、电感式传感器、光电式传感器、霍尔式传感器、涡流式传感器、温度式传感器、热电偶、热电阻、磁电式传感器、压电加速度式传感器、光纤传感器、压力传感器、超声波传感器、气敏（酒精）传感器、湿度传感器共 16 类几十种实验，可以满足大中专开设的《自动检测技术》、《传感器原理与技术》、《非电量电测技术》、《工业自动化仪表与控制》、《机械量电测》等课程的实验教学。

JZY-III型检测与转换技术实验箱（台）的主要特点有：

1、传感器和转换电路板采用模块式结构，便于灵活组合（每种传感器配备 1~2 块转换电路板）开出各种实验，也便于根据教学大纲增加新的实验项目。

2、传感器的结构以及转换电路板上的印刷电路和元器件都直观可见，传感和转换电路板的正面印有电路原理图。这种直观的特点有助于学生增加感性认识，增强实验效果。

3、所用传感器尽量选择工业上实用的或与之接近的类型，具有实用性和先进性。

4、实验结果精度较高，在一定的位移范围内，传感器非线性误差不超过 3%。

5、提供计算机采集系统，包括高精度的数据采集卡和简便易用的数据处理软件，可以帮助学生对实验结果进行分析。

6、实验接线方便，电源具有自动保护功能。

（三）实验项目

- ◆ 电阻式传感器的单臂电桥性能实验
- ◆ 电阻式传感器的半桥性能实验
- ◆ 电阻式传感器的全桥性能实验
- ◆ 电阻式传感器的单臂、半桥和全桥的比较实验
- ◆ 电阻式传感器的振动实验 *
- ◆ 电阻式传感器的电子秤实验 *
- ◆ 变面积式电容传感器特性实验
- ◆ 差动式电容传感器特性实验
- ◆ 电容传感器的振动实验 *
- ◆ 电容传感器的电子秤实验 *
- ◆ 差动变压器的特性实验
- ◆ 自感式差动变压器的特性实验
- ◆ 差动变压器的振动实验 *
- ◆ 差动变压器的电子秤实验 *
- ◆ 光电式传感器的转速测量实验
- ◆ 光电式传感器的旋转方向测量实验
- ◆ 接近式霍尔传感器实验
- ◆ 霍尔传感器的转速测量实验
- ◆ 涡流传感器的位移特性实验
- ◆ 被测体材质对涡流传感器特性的影响实验
- ◆ 涡流式传感器的振动实验 *

-
- ◆ 涡流式传感器的转速测量实验
 - ◆ 温度传感器及温度控制实验(AD590)
 - ◆ K型热电偶的温度控制实验
 - ◆ E型热电偶的温度控制实验
 - ◆ 铂热电阻的温度控制实验
 - ◆ 铜热电阻的温度控制实验
 - ◆ 磁电式传感器的特性实验
 - ◆ 磁电式传感器的转速测量实验
 - ◆ 磁电式传感器的应用实验 *
 - ◆ 压电加速度式传感器的特性实验
 - ◆ 光纤传感器的位移特性实验
 - ◆ 光纤传感器的振动实验
 - ◆ 光纤传感器的转速测量实验
 - ◆ 压阻式压力传感器的特性实验
 - ◆ 压阻式压力传感器的差压测量实验 *
 - ◆ 超声波传感器的位移特性实验
 - ◆ 超声波传感器的应用实验 *
 - ◆ 气敏传感器的原理实验
 - ◆ 湿度式传感器的原理实验

(四) 基本参数

- 1、外形尺寸: 实验台: 1500×700×780mm, 实验箱: 480×360×200mm
- 2、输入电源: AC220V 50HZ
- 3、最大功耗: 100VA
- 4、直流输出电压: ±5V、±15V
- 5、输出电流: 1A
- 6、直流稳压系数: ±1%
- 7、电压纹波: ≤10mV
- 8、非线性误差: ≤5%
- 9、实验箱重量: 13Kg

二、使用方法及注意事项

(一) 使用方法

- 1、打开机箱盖, 插上电源线;
- 2、安装好位移台架;

-
- 3、根据实验要求选择所用的传感器，放到台架底座圆孔中；
 - 4、将螺旋测微器小心放入台架上部的开口处，调整测微器使之与传感器的可移动部分同轴并旋紧，然后用上下两只滚花螺母锁住测微器；
 - 5、用导线连接面板上电源、传感器和相应的信号转换电路板；
 - 6、接通电源，调整好传感器和放大器的零点；
 - 7、根据实验内容和步骤进行操作，从螺旋测微器读取位移量，从数字表读取电压值或频率值，如果发生显示值溢出（显示 1. 或 -1.），应转换到大量程档；
 - 8、在实验过程中如发现电源短路指示灯亮，说明出现短路故障，应查明原因，排除故障，至少间隔一分钟后再接通电源；
 - 9、实验完毕后，断开电源，拆除连接导线，将传感器、测微器和位移台架放回原处。

（二）注意事项

- 1、为保证安全及消除静电影响，接线时不要接通电源开关。做实验时尽量不要让手触及接线插座等导电部分。
- 2、接线时为保证连接牢固，请在插入的同时稍加旋转，拆线时在拨出的同时也需稍加旋转，不要用力直接拉出插头。
- 3、注意不要造成电源、信号发生器、放大器等的引出线对地（机壳）短路。
- 4、使用螺旋测微器时应尽量使读数处于中间范围。当旋转受阻时，表明已超出测量范围或有故障，这时不能再用力转动，应查明原因，排除故障。
- 5、本系统的工作环境温度为 0~40℃；无明显潮湿，无明显振动；周围无导电尘埃、腐蚀金属和破坏绝缘的气体或蒸汽；无强烈电磁场干扰。

三、传感器模块性能参数

JZY-III型检测与转换技术实验箱（台）有许多独立的传感器模块，用户可以根据实验内容选择相应的传感器和转换电路组成各种各样的实验。

下表为各传感器模块的性能参数，有关模块的工作原理请参阅《实验指导书》。

附表 3-1 传感器模块性能参数表

传感器模块名称	性能参数
电阻式传感器	线性范围 $\geq \pm 2\text{mm}$ ；非线性误差 $\leq 1.5\%$
电容式传感器	线性范围 $\geq \pm 3\text{mm}$ ；非线性误差 $\leq 1.5\%$
电感式传感器	线性范围 $\geq \pm 3\text{mm}$ ；非线性误差 $\leq 2.5\%$
光电式传感器	转速测量范围：0~2500 转/分
霍尔式传感器	测量范围 $\geq 2\text{mm}$
霍尔式转速传感器	转速测量范围：0~2500 转/分
涡流式传感器	测量范围 $\geq 4\text{mm}$
涡流式转速传感器	转速测量范围：0~2500 转/分
温度式传感器(AD590)	温度控制范围：室温~80℃
K 型热电偶	温度控制范围：室温~80℃
E 型热电偶	温度控制范围：室温~80℃
铂热电阻(Pt100)	温度控制范围：室温~80℃
铜热电阻(Cu50)	温度控制范围：室温~80℃
磁电式传感器	灵敏度：0.5V/m/s
磁电式转速传感器	转速测量范围：0~2500 转/分
压电式传感器	振动频率范围：1~30Hz
光纤传感器	测量范围 $\geq 1.5\text{mm}$
压阻式压力传感器	测量范围 0~30KPa；非线性误差 $\leq 1.5\%$ ；精度 $\leq 2\%$
超声波式传感器	测量范围：20~60cm
气敏式传感器	
湿敏式传感器	