

一 填空（每空 1 分，共 20 分）

1. 通常传感器由敏感元件、转换元件、基本转换电路三部分组成，是能把外界非电量转换成电量的器件和装置。
2. 金属丝在外力作用下发生机械形变时它的电阻值将发生变化，这种现象称应变效应；半导体或固体受到作用力后电阻率要发生变化，这种现象称压阻效应。直线的电阻丝绕成敏感栅后长度相同但应变不同，圆弧部分使灵敏度 K 下降了，这种现象称为横向效应。
3. 螺线管式差动变压器式传感器理论上讲，衔铁位于中心位置时输出电压为零，而实际上差动变压器输出电压不为零，我们把这个不为零的电压称为零点残余电压；利用差动变压器测量位移时如果要求区别位移方向（或正负）可采用相敏检波电路。
4. 把一导体（或半导体）两端通以控制电流 I ，在垂直方向施加磁场 B ，在另外两侧会产生一个与控制电流和磁场成比例的电动势，这种现象称霍尔效应，这个电动势称为霍尔电势。外加磁场使半导体（导体）的电阻值随磁场变化的现象成磁阻效应。

5. 某些电介质当沿一定方向对其施力而变形时内部产生极化现象，同时在它的表面产生符号相反的电荷，当外力去掉后又恢复不带电的状态，这种现象称为正压电效应；在介质极化方向施加电场时电介质会产生形变，这种效应又称逆压电效应。

6. 在光线作用下电子逸出物体表面向外发射称外光电效应；入射光强改变物质导电率的现象称光电导效应；半导体材料吸收光能后在结上产生电动式的效应称光生伏特效应。

7、块状金属导体置于变化的磁场中或在磁场中作切割磁力线运动时，导体内部会产生一圈圈闭合的电流，利用该原理制作的传感器称电涡流传感器；这种传感器只能测量金属物体。

8、不同的金属两端分别连在一起构成闭合回路，如果两端温度不同，电路中会产生电动势，这种现象称热电效应；若两金属类型相同两端温度不同，加热一端时电路中电动势 $E = 0$ 。

二 选择题（每空 1 分，共 20 分）

电阻应变片 磁敏电阻 霍尔元件 气敏传感器 湿敏传感器

光电耦合器 压电传感器 电容传感器 热敏电阻 电荷耦合器

压阻式传感器 光纤传感器 磁电传感器 光电二极管 差动变压器

热释电器件 磁敏晶体管 电涡流传感器 光电池 超声波传感器

热电偶 红外传感器 色敏传感器

正确选择以上传感器填入以下空内：

1 可以进行位移测量的传感器有光纤传感器、差动变压器、电阻传感器；

2 可以完成温度测量的有热电偶、热敏电阻；热释电；

3 半导体式传感器是磁敏、霍尔元件、气敏传感器、压阻传感器；

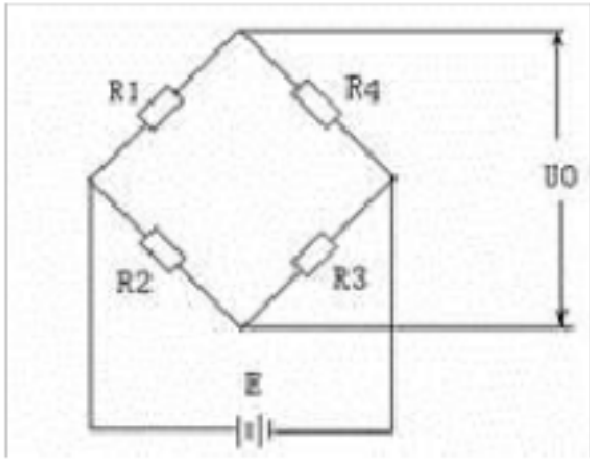
4 光电传感器有光电耦合器、色敏传感器、光纤传感器、光电二极管；

5 用于磁场测量的传感器霍尔器件、磁敏晶体管；

6 进行振动（或加速度）测量的传感器磁电传感器、压电传感器；

7 利用物体反射进行非电量检测的传感器超声波传感器、红外传感器；

三 计算（每题 5 分，共 10 分）



1、图为一一直流应变电桥， $E = 4V$ ， $R_{1234}=350$ ，

求： R_1 为应变片其余为外接电阻， R_1 增量为 $\Delta R_1=3.5$ 时
输出 $U_0=?$ 。

R_1 、 R_2 是应变片，感受应变极性大小相同其余为电阻，电压
输出 $U_0=?$ 。

R_1 、 R_2 感受应变极性相反，输出 $U_0=?$ 。

R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 都是应变片，对臂同性，邻臂异性，电压输
出 $U_0=?$ 。

解： $U_0 = \frac{E \Delta R}{4 R} = \frac{4}{4} \cdot \frac{3.5\Omega}{350\Omega} = 0.01V$ $U_0 = 0$

$$U_0 = \frac{E \Delta R}{2 R} = \frac{4}{2} \cdot \frac{3.5\Omega}{350\Omega} = 0.02V \quad U_0 = E \frac{\Delta R}{R} = \frac{4}{2} \cdot \frac{3.5\Omega}{350\Omega} = 0.04V$$

2 石英晶体加速计及电荷放大器测量机械振动，已知加速度计
灵敏度为

5，电荷放大器灵敏度为 50，当机器达到最大加速度时的相应
输出电压幅值为 2V，试求机械的振动加速度（单位 g）。

解：
$$\alpha = \frac{2 / 0.05 \text{ mV} / \text{pc}}{5 \text{ pc} / \text{g}} = 8 \text{ g}$$

四 问答题（每题 5 分，共 10 分）

1 压力传感器测量砝码数据如下，试解释这是一种什么误差，产生这种误差的原因是什么。

N(g) 0 1.0 2 3 4 5

正行程 () 0 1.5 2 2.5 3 3.5

反行程 () 0 0.5 1 2 2.5 3.5

解：迟滞误差；静态误差；传感器本身材料的缺陷造成。

2 解释下列磁敏传感器：

磁敏电阻与磁敏晶体管有哪些不同？ 磁敏晶体管与普通晶体管的不同之处是什么？ 磁敏电阻与霍尔元件属同一类磁电转换元件，在本质上有什么不同？

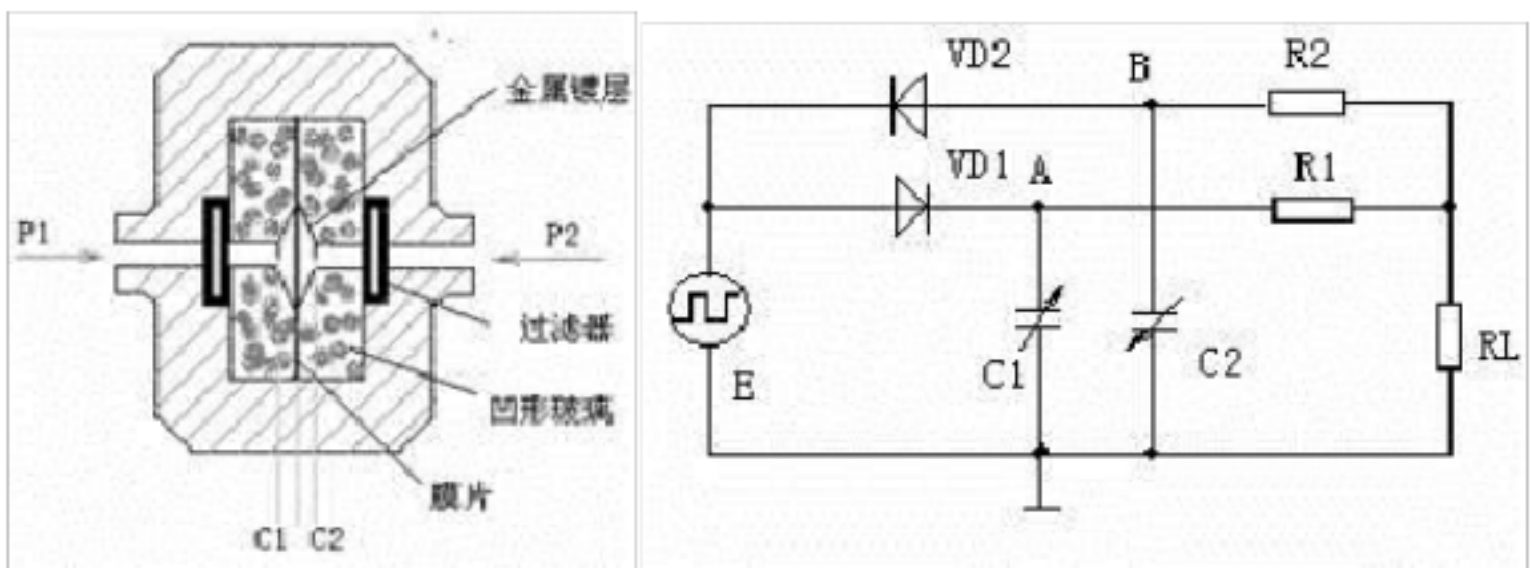
解： 磁敏晶体管有放大作用； 普通晶体管无磁灵敏度；

3 磁敏电阻不能区别磁极性。

五 电路分析（每题 5 分，共 20 分）

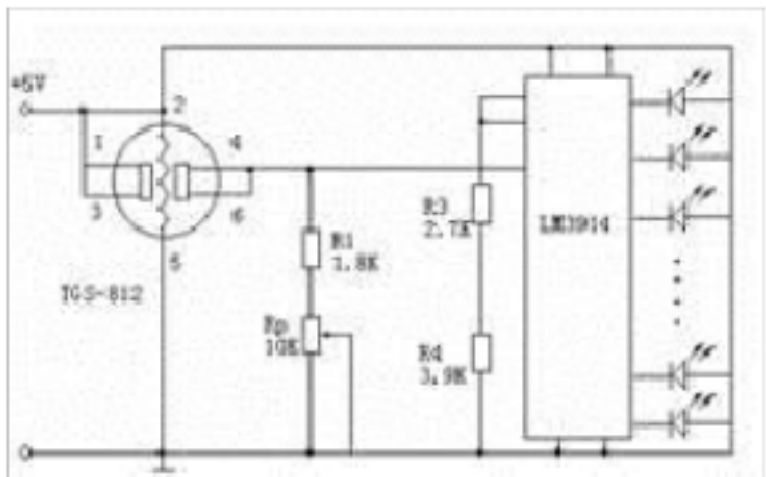
1。下图左是电容式差压传感器，金属膜片与两盘构成差动电容 C_1 、 C_2 ，两边压力分别为 P_1 、 P_2 。下图右为二极管双 T 型电路，电路中电容是左图中差动电容，电源是占空比为 50% 的方波。试分析：

- ？ 当两边压力相等 $P_1=P_2$ 时负载电阻上的电压 U_0 值；
- ？ 当 $P_1>P_2$ 时负载电阻上电压 U_0 大小和方向（正负）。



解： $U_0=0$ $U_0(C_1=C_2)$ 因为 $C_1=C_2$ 所以 $U_0=0$ ，输出负电压。

2。图为酒精测试仪电路， A 是显示驱动器。



问： — 812 是什么传感器？

2、 5 脚是传感器哪个部分，有什么作用？

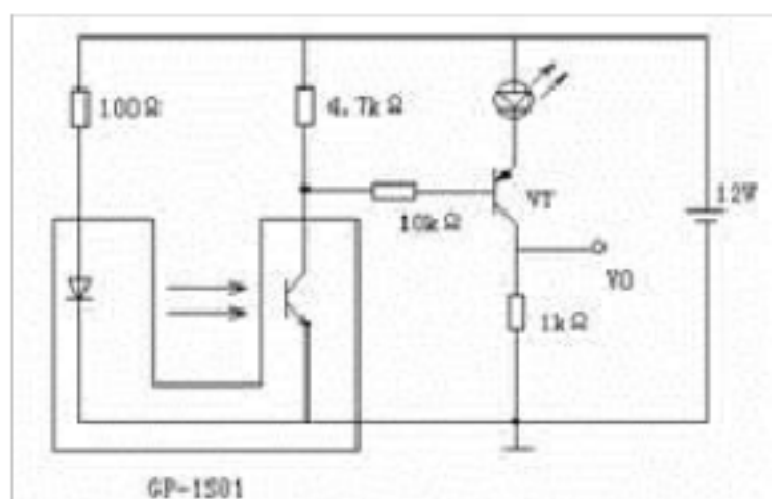
分析电路工作原理，调节电位器有什么意义 ？

解： 气敏传感器；利用半导体表面因吸附气体引起半导体元件电阻值变化，根据这一特性，从阻值的变化检测出气体的种类和浓度

加热电极，可加速还原反应提高气敏传感器灵敏度；

调节测量系统的测量范围和满度值。

3。图为光电传感器电路，— 01 是光电断路器。分析电路工作原理：



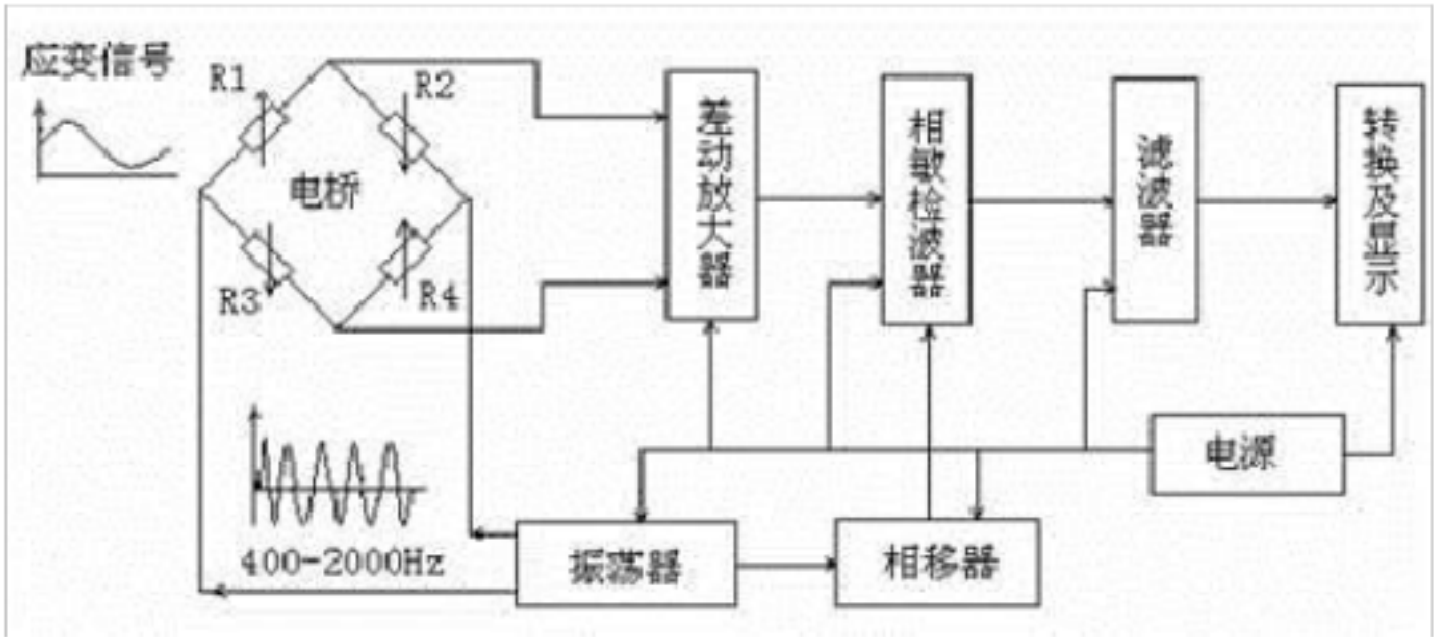
当用物体遮挡光路时晶体三极管状态是导通还是截止？

二极管是一个什么器件，在电路中起到什么作用？

如果二极管反相连接晶体管状态如何？

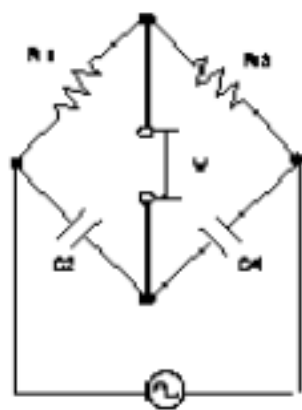
解： 截止； 红外发射管，起控制作用； 截止。

4。下图是电阻应变仪电路框图，电桥采用交流供电，应变信号为一正弦变化的信号频率为 20，振荡频率 4。请画出放大器、相敏检波器、低通滤波器的输出波形示意图。



成都理工大学《传感器原理与应用》试题 2（80分）

1．在右下图所示的电桥中， R1=1000， R3=1500， C2=1μ F



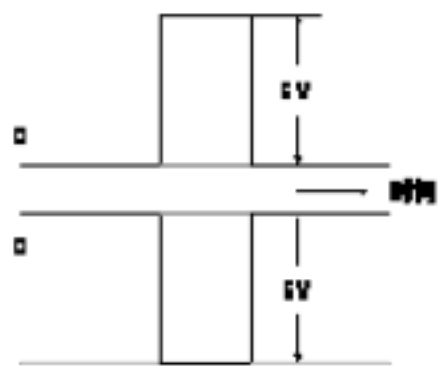
时电桥平衡。电容 C4是多少？（ 5分）

答：

根据平衡条件， C4= C2 R1/ R3=1*1000/1500 0.667 μ F。

2．作为光波 5μ m红外线的传感器材料有哪些？（ 5分）

答：



有 0.80.2 等材料。

3．在用光开关检测物体的系统中，指出输出电压的时间波形。

（ 5 分）

答：光进入受光器输出电压为 0V，光不进入，输出 6V，所以右图所示波形。

4．由光电二极管二维阵列组成面型传感器进行图像检测，对图像的分辨率由光电二极管的个数决定，试说明理由。（ 5 分）

答：面型传感器由许多小的单元构成二维平面，其中每一个小单元都是一个光电二极管，称为像素。用面型传感器测量物体的形状所得的图像的分辨率最高只能是一个像素。如果所测得图像长为 l ，对应 N 个像素，分辨率为。假设 N 为 200，则分辨率最高只能使 $1/200$ 。

5．高温加热的钢板为红色，当温度继续升高时变为白色，试说明原因。（ 5 分）

答：与温度相对应，物体放射出具有一定波长分布的光，高温时，所有波长的能量增大，波长分布的峰值向短波长方向移动。对应于黑体的波长分布可由普朗克分布规则求得。 1000。 C

的钢板，波长分布的峰值在近红外区域，发出的光波长在 $0.6\ \mu\text{m}$ 以上，属于可见光的红光区域，因此看到的光呈现红色。温度升高使得波长分布的峰值向短波方向移动。可见光的短波成分增加，可见光所有波长成分混合使钢板颜色接近白色。

6. 试举坑内甲烷气体量传感器的例子。（5分）试举工厂排水污浊监视用传感器的例子。试举汽车排气成分调整用传感器的例子。

答：接触燃烧式气体传感器。氧气传感器。氧气气体传感器。

7. 已知某压力传感器的测定范围为 $0 \sim 10000$ ，输入特性表示为 $10(0.00007x^2 + 2000)$ 请问这种传感器能使用吗？（5分）

答： $1 - 0.00014x$ 。微分值在 $x < 7143$ 时为正， $x > 7143$ 时为负，故不能使用。

8. 某 2 气体传感器在 20°C ，浓度范围为 $0 \sim 100$ 时的输入特性表示为 $250(k)$ ，

用差动法回答以下问题（其中 $R_1 = 10\text{M}$ 2V ）：（15分）

？ 利用最简单的电阻 - 电压变换电路，绘出 X ， V_0 的关系图。

? 利用电桥进行电阻 - 电压变换电路，绘出 20°C 时 X , V_0 的关系图。另外，当 30°C 时， $500(\text{k})$ ，在同一张图上再加上 X , V_0 的关系图，然后进行比较。

? 采用两个差动法的传感器电路绘出 20°C , 30°C 时 X , V_0 的关系，然后与 (2) 中的图形进行比较。

答： 20°C 时， $0 \sim 100$ 对应得电阻变化为 $250 \sim 350 \text{ k}$ 。

o V_0 在 $48.78 \sim 67.63$ 之间变化。

o 如果 $R_2=10 \text{ M}$ ， $R_3=250 \text{ k}$ ， 20°C 时， V_0 在 $0 \sim 18.85$ 之间变化。 30°C 时 V_0 在 $46.46 (0) \sim 64.43 (100)$ 之间变化。

o 20°C 时， V_0 为 $0 \sim 18.85$ ， 30°C 时 V_0 为 $0 \sim 17.79$ ，如果零点不随温度变化，灵敏度约降低 4.9% 。但相对 (2) 得情况来说有很大的改善。

9. 设阻抗为 1 k 俄信号源与 100 V 的动力线有 50 m 的并行走线距离，静电感应所产生的噪声电压为多少？分布电容设为 10 。
(10 分)

答：感应电压 $=2$ ，以 $50/60$, 1 k ， 100 代入，并保证单位一致，得：感应电压 $=2 \times 60 \times 500 \times 10^{-12} \times 1000 \times 100 [\text{V}] = 1.8 \times 10^{-2} \text{ V}$

10. (1) 采用超声波或光脉冲信号，由从对象反射回来的脉冲的时间进行距离检测，空气中的音速为 340 ，软钢中纵波的因素为 5900 ，光的速度为 3×10^8 ，求这三种情况下 1 的往复时

间对应得距离。根据计算结果，比较采用光脉冲所需要系统得信号处理速度要比采用超声波脉冲时的系统速度快几倍？（ 2）

根据（ 1）的结果，讨论利用脉冲往复时间测距，采用超声波和光波各有什么特点。（ 10 分）

答：（ 1）1 的时间内超声波在空气和软钢中的传播距离分别为 0.17m 和 3.0m，而光的传播距离为 $1.5 \times 10^5 \text{ m}$ ，故要求有 105 倍高的处理速度。

（ 2）采用光时， $1 \mu \text{ m}$ 的处理速度只能测量 100m 以上的距离，不能进行近距离测量。如果要求分辨力为 1m，则要求 10 的处理速度。所以光脉冲法用于远距离分辨率要求不高的场合，而超声波用于近距离测量。

11．为了实现以下目的，试从低通、高通、带通和带阻滤波中选择最合适的一种：（ 10 分）

- ？ 除去麦克风混入的广播电波信号；
- ？ 从天线接收的电视波中仅选择第三频道；
- ？ 除去混入所取出的脑电波信号中的电力线频率（频率为 50）干扰。

答：（ 1）因为要除去高频成分，故选用低通滤波器。

(2) 要消除第二通道以下和第三通道以上的频率成分，故选用带通滤波器。

(3) 要消除特定成分的频率成分，故选用带阻滤波器。

成都理工大学《传感器原理与应用》试题 3

一、填空：(20 分每题 2 分)

2. 测量系统的静态特性指标主要有。线性度、迟滞、重复性、分辨力、稳定性、温度稳定性、各种抗干扰稳定性等

3. 霍尔元件灵敏度的物理意义是。表示在单位磁感应强度相单位控制电流时的霍尔电势的大小。

4. 光电传感器的理论基础是光电效应。通常把光线照射到物体表面后产生的光电效应分为三类。

第一类是利用在光线作用下光电子逸出物体表面的外光电效应，这类元件有光电管、光电倍增管；第二类是利用在光线作用下使材料内部电阻率改变的内光电效应，这类元件有光敏电阻；第三类是利用在光线作用下使物体内部产生一定方向电动势的光生伏特效应，这类元件有光电池、光电仪表。

2. 热电偶所产生的热电势是由两种导体的接触电势和单一导体的温差电势组成的，其表达式为 () =

$\frac{k}{e}(T - T_0) \ln \frac{N_A}{N_B} + \int_{T_0}^T (\sigma_A - \sigma_B) dT$ 。在热电偶温度补偿中，补偿导线法

(即冷端延长线法)是在连接导线和热电偶之间，接入延长线
它的作用是将热电偶的参考端移至离热源较远并且环境温度较
稳定的地方，以减小冷端温度变化的影响。

7. 变气隙式自感法感器，当衔铁移动靠近铁芯时，铁芯上的线圈电感量(增加 减小 不变)

8. 仪表的精度等级是用仪表的(相对误差 绝对误差 引用误差)来表示的。

9. 电容传感器的输入被测量与输出被测量间的关系，除(变面积型 变极距型 变介电常数型)外是线性的。

10. 差动变压器式传感器理论上讲，衔铁位于中心位置时输出电压为零，而实际上差动变压器输出电压不为零，我们把这个不为零的电压称为零点残余电压；利用差动变压器测量位移时如果要求区别位移方向(或正负)可采用相敏检波电路。

二、用镍铬 - 镍硅热电偶测量某低温箱温度，把热电偶直接与电位差计相连接。在某时刻，从电位差计测得热电势为 -1.19 ，此时电位差计所处的环境温度为 15 ，试求该时刻温箱的温度是多少度？(20 分)

镍铬 - 镍硅热电偶分度表

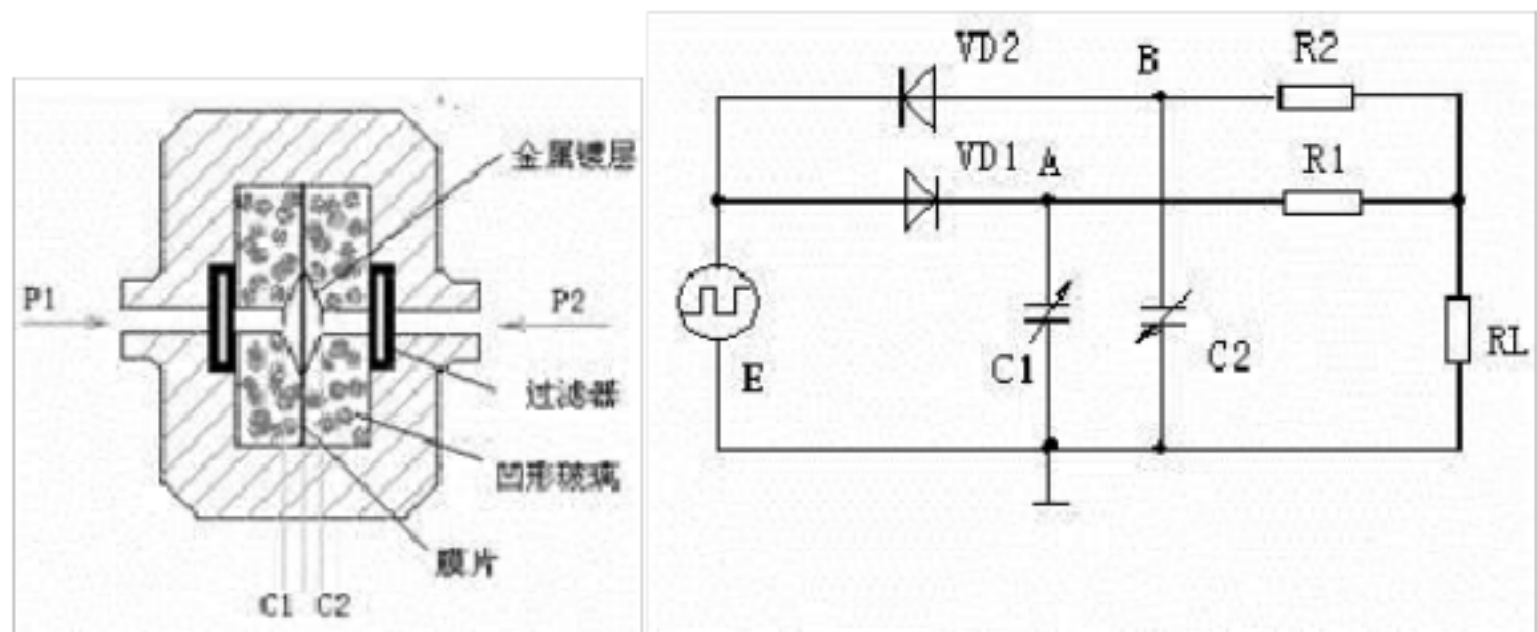
测量端	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
温度			热	电	动	势	()			
-20	-0.77	-0.81	-0.84	-0.88	-0.92	-0.96	-0.99	-1.03	-1.07	-1.10
-10	-0.39	-0.43	-0.47	-0.51	-0.55	-0.59	-0.62	-0.66	-0.70	-0.74
-0	-0.00	-0.04	-0.08	-0.12	-0.16	-0.20	-0.23	-0.27	-0.31	-0.35
+0	0.00	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36
+10	0.40	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60	0.64	0.68	0.72	0.76
+20	0.80	0.84	0.88	0.92	0.96	1.00	1.04	1.08	1.12	1.16

解：现在设温箱的温度是 t 那么 $E(t-15)=1.19$,
 $E(t-15)=(t-0)(15-0)$, 其中查表可知： $E(15-0)=0.60$,
则 $E(t-0) = 1.19+0.600.59$, 查表可知： 15

三、电路分析（每题 10 分，共 20 分）

。 下图左是电容式差压传感器，金属膜片与两盘构成
差动电容 C_1 、 C_2 ，两边压力分别为 P_1 、 P_2 。下图右
为二极管双 T 型电路，电路中电容是左图中差动电
容，电源是占空比为 50%的方波。试分析：

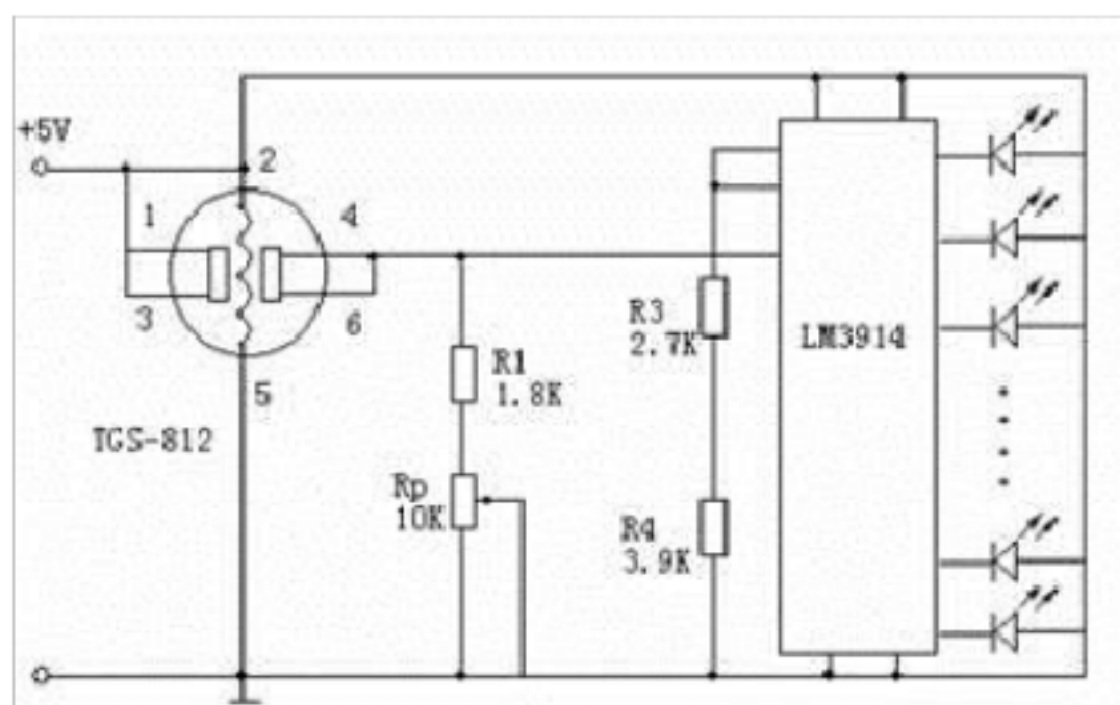
- ? 当两边压力相等 $P_1=P_2$ 时负载电阻上的电压 U_0 值；
- ? 当 $P_1>P_2$ 时负载电阻上电压 U_0 大小和方向（正负）。



解： $U_0=0$ $U_0(C12)$ 因为 $C1 = C2$ 所以 $U_0 = 0$ ，输出负电压。

。 图为酒精测试仪电路， A 是显示驱动器。 问：

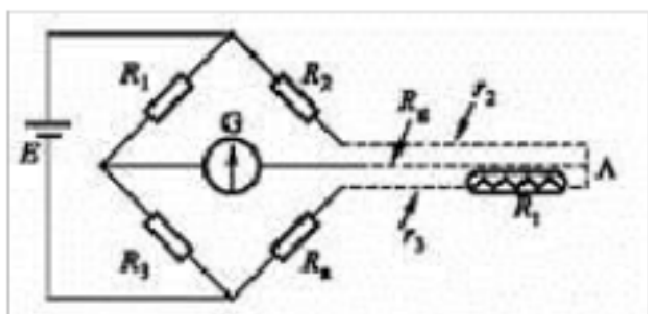
- ？ —812 是什么传感器？
- ？ 2、5 脚是传感器哪个部分，有什么作用？
- ？ 分析电路工作原理，调节电位器有什么意义？



解： 气敏传感器；

加热电极，可加速还原反应提高气敏传感器灵敏度；

调节测量系统的测量范围和满度值。



四、下面是热电阻测量电路，试说明电路工作原理并计算（5分）

1. 已知是 100 铂电阻，且其测量温度为 50 ，试计算出的值和的值（10分）
2. 电路中已知 R1、 R2 R3和 E，试计算电桥的输出电压。（5分）

其中（ R1=10K ， R2=5K ， R3=10K ， 5 伏）。

答：该热电阻测量温度电路由热敏电阻、测量电阻和显示电表组成。

图中 G为指示电表， R1、 R2、 R3为固定电阻，为零位调节电阻。热电阻都通过电阻分别为 r2、 r3、 的三个导线和电桥连接， r2 和 r3 分别接在相邻的两臂，当温度变化时，只要它们的分别接在指示电表和电源的回路中，其电阻变化也不会影响电桥的平衡状态，电桥在零位调整时，应使 R40为电阻在参考

温度（如 0°C ）时的电阻值。三线连接法的缺点之一是可调电阻的接触电阻和电桥臂的电阻相连，可能导致电桥的零点不稳。

$$\begin{aligned} R_t &= R_0(1 + At + Bt^2) \\ &= 100 [1 + 3.940 \times 10^{-3} \times 50 + (-5.802 \times 10^{-7}) \times 50^2] \\ &= 119.55 \end{aligned}$$

成都理工大学《传感器原理与应用》试题 4

一、填空题：（ 30 分）

1、传感器是能感受规定的被测量并按照一定规律转换成可用输出信号的器件或装置传感器通常由直接响应于被测量的敏感元件和产生可用信号输出的转换元件以及相应的信号调节转换电路组成。

2、电阻应变片式传感器按制造材料可分为 金属 材料和 半导体 材料。它们在受到外力作用时电阻发生变化，其中金属材料的电阻变化主要是由 电阻应变效应 形成的，而半导体材料的电阻变化主要是由 压阻效应 造成的。半导体材料传感器的灵敏度较大。

3、在变压器式传感器中，原方和副方互感 M 的大小与 绕组匝数 成正比，与 穿过线圈的磁通 成正比，与磁回路中 磁阻 成反比，而单个空气隙磁阻的大小可用公式 $\frac{2}{\mu_0 S_0}$ 表示。

4、测量过程中存在着测量误差，按性质可被分为绝对误差、相对误差和引用误差三类，其中绝对误差可以通过对多次测量结果求平均的方法来减小它对测量结果的影响。

5、光电传感器的工作原理是基于物质的光电效应，目前所利用的光电效应大致有三大类：第一类是利用在光线作用下材料中电子溢出表面的现象，即外光电效应，光电管以及光电倍增管传感器属于这一类；第二类是利用在光线作用下材料电阻率发生改变现象，即内光电效应。光敏电阻传感器属于这一类。第三类是利用在光线作用下光势垒现象，即光生伏特效应，光敏二极管及光敏三极管传感器属于这一类。

6、热电偶所产生的热电势是由两种导体的接触电势和单一导体的温差电势组成。其表达式为（ $T, T =$ ）

$\frac{k}{e}(T - T_0) \ln \frac{N_A}{N_B} + \int_{T_0}^T (\sigma_A - \sigma_B) dT$ 。在热电偶温度补偿中，补偿导线法（即冷端延长线法）是把连接导线与热电偶配接。它的作用是将热电偶的参考端移至离热源较远并且环境温度较稳定的地方，以减小冷端温度变化的影响。

二、问答题：（30分）

1、什么是传感器动态特性和静态特性，简述在什么频域条件下只研究静态特就能够满足通常的需要，而在什么频域条件下一般要研究传感器的动态特性？（10分）

答：传感器的特性是指传感器所特有性质的总称。而传感器的输入输出特性是其基本特性，一般把传感器作为二端网络研究时，输入输出特性是二端网络的外部特性，即输入量和输出量的对应关系。由于输入量的状态（静态、动态）不同分静态特性和动态特性。静态特性是指当输入量为常量或变化极慢时传感器输入 - 输出特性。动态特性指当输入量随时间变化时传感器的输入 - 输出特性。可以从时域和频域来研究动态特性

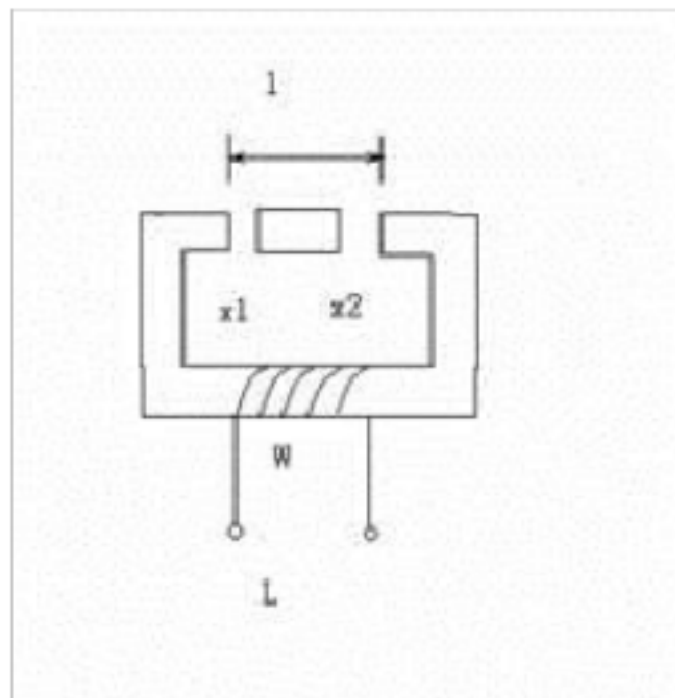
2、简述霍尔电势产生的原理。（ 10 分）

答：一块半导体薄片置于磁感应强度为 B 的磁场（磁场方向垂直于薄片）中，当有电流 I 流过时，电子受到洛伦兹力作用而发生偏转。结果在半导体的后端面上电子有所积累。而前端面缺少电子，因此后端面带负电，前端面带正电，在前后端面形成电场，该电场产生的力阻止电子继续偏转当两力相平衡时，电子积累也平衡，这时在垂直于电流和磁场的方向上将产生电场，相应的电势称为霍尔电势。

3、分析应变片式传感器在使用单臂电桥测量电路时由于温度变化而产生测量误差的过程。（ 10 分）

答：在外界温度变化的条件下，由于敏感栅温度系数 α_t 及栅丝与试件膨胀系数（ β_s 与 β_0 ）之差异性而产生虚假应变输出有时会产生与真实应变同数量级的误差。

三、分析、计算题：（ 40 分）



1、分析如图 1 所示自感传感器当动铁心左右移动（ x_1, x_2 发生变化时自感 L 变化情况。已知空气隙的长度为 x_1 和 x_2 ，空气隙的面积为 S ，磁导率为 μ ，线圈匝数 W 不变）。（ 10 分）

解： $\Phi = \frac{IW}{R_m}$ ， $L = \frac{\Psi}{I} = \frac{W\Phi}{I} = \frac{W^2}{R_m}$

又 $R_m = \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\mu_i S_i} + \frac{l_{x1}}{\mu_0 S_0} + \frac{l_{x2}}{\mu_0 S_0} = \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\mu_i S_i} + \frac{l_0}{\mu_0 S_0}$

空气隙的长度 x_1 和 x_2 各自变而其和不变，其他变量都不变故 L 不变。

2、分析如图 2 所示变介质平板电容传感器，电容（ C ）变化对液位变化（ x ）的灵敏度。已知长方形极板的长为 l ，高为 h ，极板间距离为 d ，容器内下面介质的高度为 $x(x < h)$ ，介电常数为 ϵ_2 ，容器内上面介质的介电常数为 ϵ_1 。（ 10 分）

3、 设 5 次测量某物体的长度，其测量的结果分别为：
 9.810.010.19.910.2 厘米，若忽略粗大误差和系统误差，试求
 在 99.73 %的置信概率下，对被测物体的最小估计区间。（ 10
 分）

解：
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{(9.8+10.0+10.1+9.9+10.2)}{5} = 10$$

$$v_i = x_i - \bar{x}$$
 分别为 -0.200.1-0.10.2

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n v_i^2} = 0.16$$

$$\mu \in [\bar{x} - 3\sigma, \bar{x} + 3\sigma] = [9.52,10.48]$$

4、 在对量程为 10 的压力传感器进行标定时，传感器输出电压
 值与压力值之间的关系如下表所示，简述最小二乘法准则的几
 何意义，并讨论下列电压 - 压力直线中哪一条最符合最小二乘法
 准则？（ 10 分）

测量次数 i	1	2	3	4	5
压力（ ）	2	4	5	8	10
电压（ V）	10.043	20.093	30.153	40.128	50.072

- （ 1 ） 5.001.05 （ 2 ） 7.000.09 （ 3 ） 50.0010.50 （ 4 ） 5.001.05
 （ 5 ） 5.000.07

答 :最小二乘法准则的几何意义在于拟和直线精密度高即误差小。
 将几组 x 分别带入以上五式， 与 y 值相差最小的就是所求， （ 5 ）

为所求。

一、填空：（ 20 分）

3. 光电传感器的工作原理是基于物质的光电效应，目前所利用的光电效应大致有三大类：第一类是利用在光线作用下光电子逸出物体表面的外光电效应，这类器件有光电管、光电倍增管等；第二类是利用在光线作用下使材料内部电阻率改变的内光电效应，这类器件有光敏电阻等；第三类是利用在光线作用下使物体内部产生一定方向电动势的光生伏特效应，这类器件有光电池、光电仪表。

4. 压磁式传感器的工作原理是：某些铁磁物质在外界机械力作用下，其内部产生机械应力，从而引起极化现象，这种现象称为压磁效应。相反，某些铁磁物质在外界磁场的作用下会产生机械变形，这种现象称为磁致伸缩效应。

5. 磁电式传感器是利用导体和磁场发生相对运动而在导体两端产生感应电势的。而霍尔式传感器利用霍尔元件在磁场中有电磁效应（霍尔效应）而输出电势的。霍尔式传感器可用来测量电流，磁场，位移，压力。

6. 测量过程中存在着测量误差。绝对误差是指测量值与被测量真实值之间的差值其表达式为 $\Delta = X - L$ ；相对误差是指绝对误差与被测量真实值的比值其表达式为 $\delta = \frac{\Delta}{X} \cdot 100\%$ ；引用误差是指绝对误差与测量仪表的上量限（满度）值 A 的百分比其表达式为 $r = \frac{\Delta}{A} \cdot 100\%$

7. 光栅传感器中莫尔条纹的一个重要特性是具有位移放大作用。如果两个光栅距相等，即 0.02 ，其夹角 $= 0.1^\circ$ ，则莫尔条纹的宽度 11.43 mm莫尔条纹的放大倍数 573.2。

8. 测量系统的静态特性指标通常用输入量与输出量的对应关系来表征。

10. 同位素的原子核在没有外力作用下自动发生衰变，衰变中释放出 α、β、γ、中子 射线，这种现象称为核衰变。

二、寄生电容与电容传感器相联时影响传感器的灵敏度，它的变化为虚假信号影响传感器的精度。试阐述消除和减小寄生电容影响的几种方法和原理。（ 15 分）

解：电容式传感器内极板与其周围导体构成的“寄生电容”却较大，不仅降低了传感器的灵敏度，而且这些电容（如电缆电容）常常是随机变化的，将使仪器工作很不稳定，影响测量精度。因此对电缆的选择、安装、接法都有要求。若考虑电容传感器在高温、高湿及高频激励的条件下工作而不可忽视其附加

损耗和电效应影响时，其等效电路如图 4-8 所示。图中 L 包括引线电缆电感和电容式传感器本身的电感； C_0 为传感器本身的电容； C_e 为引线电缆、所接测量电路及极板与外界所形成的总寄生电容，克服其影响，是提高电容传感器实用性能的关键之一； R_p 为低频损耗并联电阻，它包含极板间漏电和介质损耗； R_s 为高湿、高温、高频激励工作时的串联损耗电阻，它包含导线、极板间和金属支座等损耗电阻。此时电容传感器的等效灵敏度

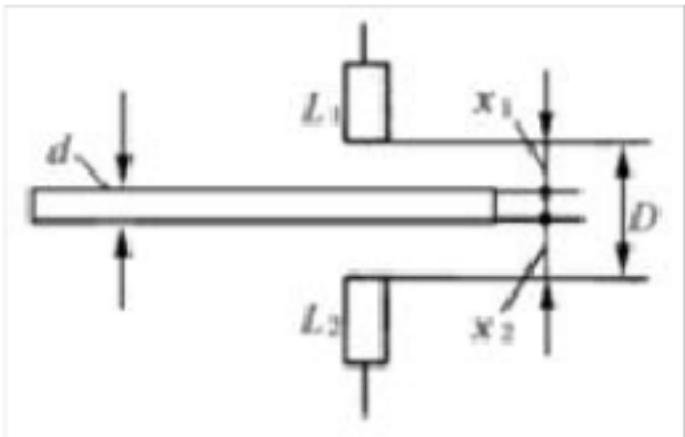
$$k_e = \frac{C_e}{d} \cdot \frac{C_0}{1 - \omega^2 LC_0^2} \cdot \frac{k_g}{1 - \omega^2 LC_0^2}$$

当电容式传感器的供电电源频率较高时，传感器的灵敏度由变为，与传感器的固有电感（包括电缆电感）有关，且随 ω 变化而变化。在这种情况下，每当改变激励频率或者更换传输电缆时都必须对测量系统重新进行标定。

三、在生产过程中测量金属板的厚度，非金属板材的镀层厚度时常用涡流传感器。试简要叙述说明利用涡流传感器测量金属板厚度的工作原理及实现工艺。（15 分）

答：测板厚时，金属板材厚度的变化相当于线圈与金属表面间距离的改变，根据输出电压的变化即可知线圈与金属表面间距离的变化，即板厚的变化。如下图所示。为克服金属板移动过程中上下波动及带材不够平整的影响，常在板材上下两侧对称放置两个特性相同的传感器 L_1 与 L_2 。由图可知，板厚 $d = D - (x_1 + x_2)$ 。工作时，两个传感器分别测得 x_1 和 x_2 。板厚不变

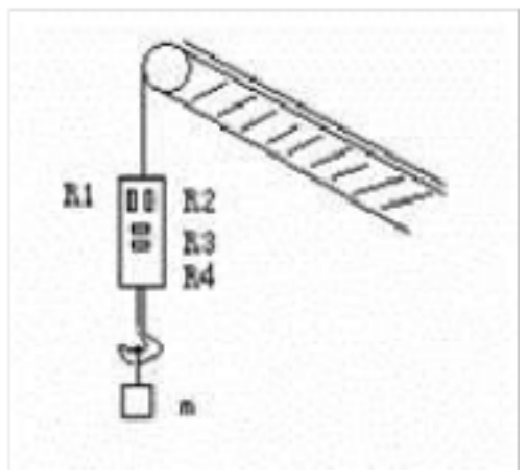
时， (x_{12}) 为常值；板厚改变时，代表板厚偏差的 (x_{12}) 所反映的输出电压发生变化。测量不同厚度的板材时，可通过调节距离 D 来改变板厚设定值，并使偏差指示为零。这时，被测板厚



即板厚设定值与偏差指示值的代数和。

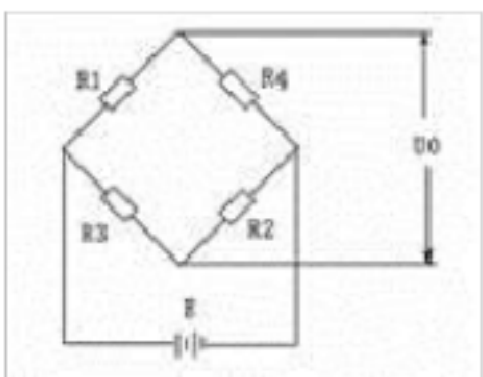
四、计算与问答题（每题 10 分，共 20 分）

1、有一吊车的拉力传感器如右图所示。其中电阻应变片 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 贴在等截面轴上。已知 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 标称阻值均为 $120\ \Omega$ ，桥路电压为 $2V$ ，物重 m 引起 R_1 、 R_2 变化增量为



1.2 Ω 。

- ？ 画出应变片组成的电桥电路。
- ？ 计算出测得的输出电压和电桥输出灵敏度。
- ？ 说明 R_3 、 R_4 起到什么作用？



答：

应变片组成半桥电路；

$$U_0 = \frac{E}{2} \frac{\Delta R}{R} = \frac{2}{2} \cdot \frac{1.2\Omega}{1200\Omega} = 0.01V \quad k_u = \frac{E}{2} = 1$$

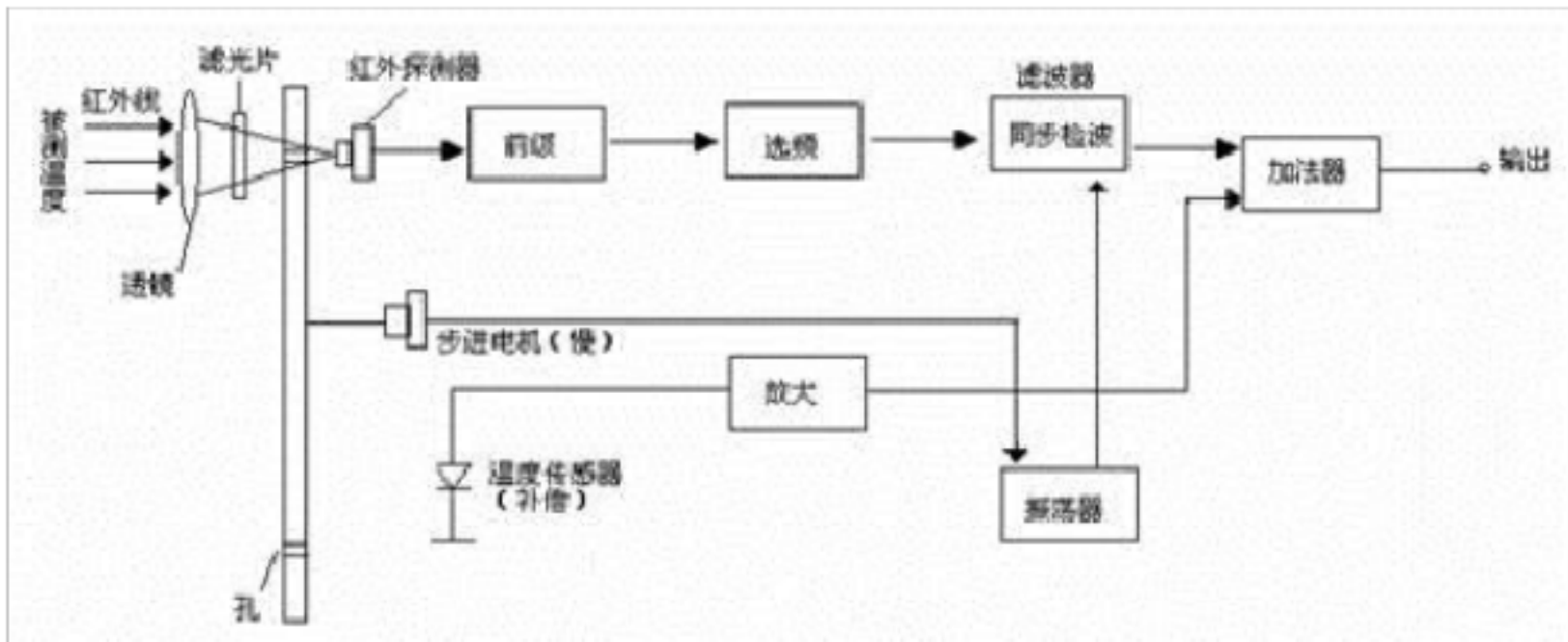
R3 R4可以进行温度补偿。

2. 石英晶体加速计及电荷放大器测量机械振动，已知加速度计灵敏度为 5，电荷放大器灵敏度为 50，当机器达到最大加速度时的相应输出电压幅值为 2V，试求机械的振动加速度（单位 g）。

解：
$$a = \frac{2 / 0.05mV / pc}{5pc / g} = 8g$$

五、下图是一红外测温装置，测量温度高于 1000，红外探测器是热释电元件，利用热辐射测温。请回答下列器件各起到什么作用？（10分）

- 。 光学系统：透镜聚焦；滤光片波长选择；
- 。 步进电机与调制盘将被测红外辐射调制为按一定频率变化的温度信号；
- 。 温度传感器用于电路补偿的温度传感器
- 。 红外探测器接受检测被测高温的传感器。



成都理工大学《传感器原理与应用》试题 6 (100 分)

1 . 钢材上粘贴的应变片的电阻变化率为 0.1% , 钢材的应力为 102。求钢材的应变。钢材的应变为 300×10^{-6} 时 , 粘贴的应变片的电阻变化率为多少 ? (10 分)

1 . 答 : $\frac{\Delta R}{R} \approx F \frac{\Delta l}{l}$ 是 2 () 。因为电阻变化率是 0.001 , 所以 (应变) = $0.0005 = 5 \times 10^{-4}$ 。因 300×10^{-6} , 所以 , $2 \times 300 \times 10^{-6} = 6 \times 10^{-4}$ 。

2 . 截面积为 12、长度为 100m铜线的电阻为多少 ? 具有和它相同电阻的 100m铝线的截面积为多大 ? 比较此时的铝线重量和铜线重量。(5 分)

2 . 答 :

() 中 , (镍) 是 $(95 \sim 104) \times 10^{-8} \cdot \text{m}$, (铜) 是 $1.72 \times 10^{-8} \cdot \text{m}$,

所以 $R(\text{镍})(\text{铜}) = (\text{镍}) / (\text{铜}) = (95 \sim 104) / 1.72 = 55.2 \sim 60.5$ 。

3. 试推导惠斯顿电桥输入输出之间的关系。（10分）

3. 答：假定输入输出端没有电流流过，流过阻抗 Z_4 和 Z_1 的电流为 i_4 ，流过阻抗 Z_3 和 Z_2 的电流为 i_3 ，

由基尔霍夫电压定律得以下关系式：

$$(Z_4 + Z_1)i_4 = (Z_3 + Z_2)i_3 \quad (1)$$

$$i_4 Z_4 = i_3 Z_3 \quad (2)$$

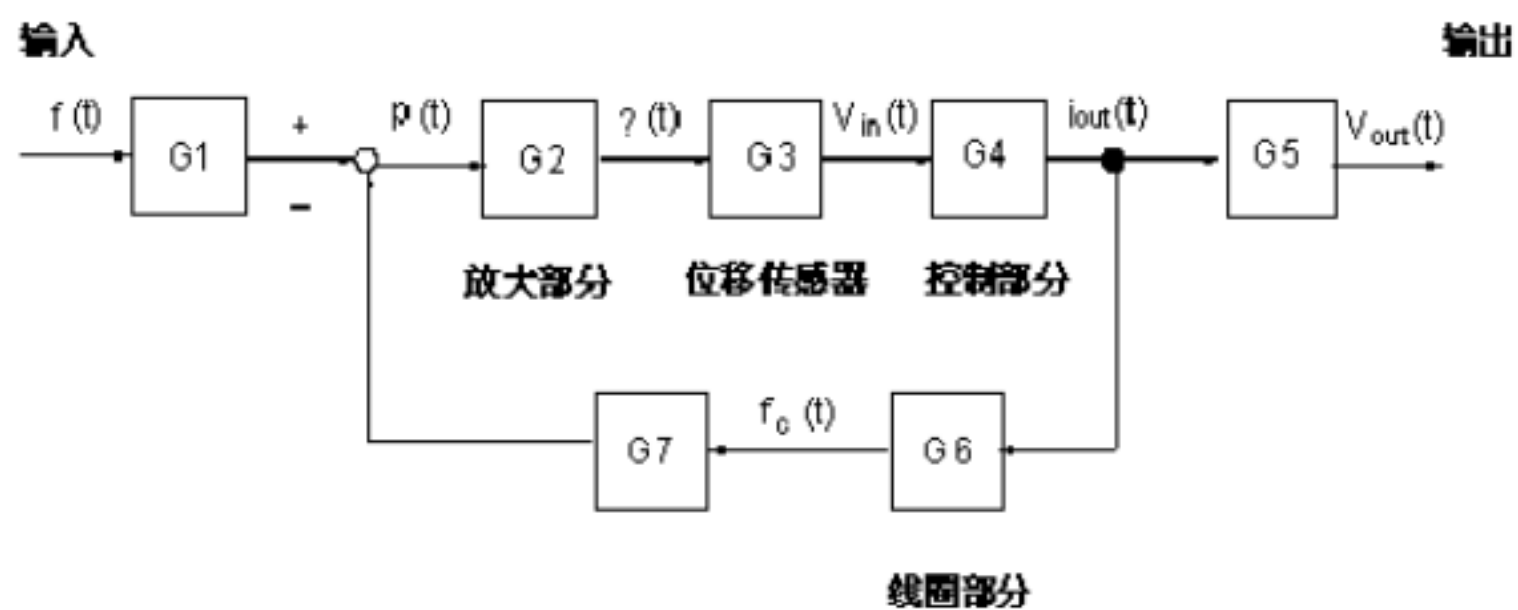
由（1）式得 $i_4 = \frac{V_i}{Z_4 + Z_1}$ （3）

$$i_3 = \frac{V_i}{Z_3 + Z_2} \quad (4)$$

将（3）和（4）代入（2）求得 V_0 为：

$$V_0 = i_4 Z_4 - i_3 Z_3 = \left(\frac{Z_4}{Z_4 + Z_1} - \frac{Z_3}{Z_2 + Z_3} \right) \left(\frac{Z_2 Z_4 - Z_1 Z_3}{(Z_1 + Z_4)(Z_2 + Z_3)} \right)$$

4. 给出力平衡测量系统得一个应用实例，并给出系统的信号流方框图。（10分）



5. 铂线电阻在 20。C时为 10 ，求 50。C时的电阻。（ 5 分）

5。 答： 0 (t) 中， 20。 C, 10 ， =30*10 -4/ 。 C。

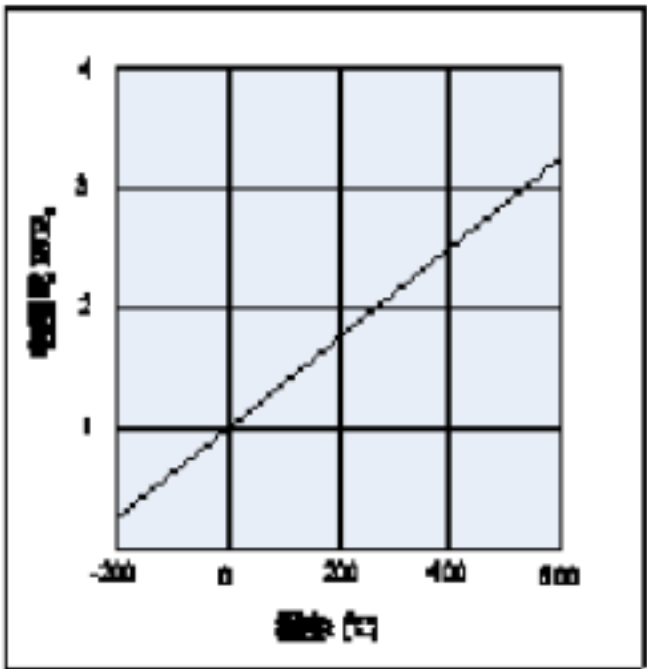
因此， 10= R0 (1+30*10-4*20)， R0 (1+30*10-4*50) 得

R 10.8 。

6.

下图 1 所示的铂测温电阻元件，当温度由 0。C上升到 100。C

时，电阻变化率 0为多少？下图 2 所示的热敏电阻



($R_0=28k$) , 其 α_0 为多少 ?

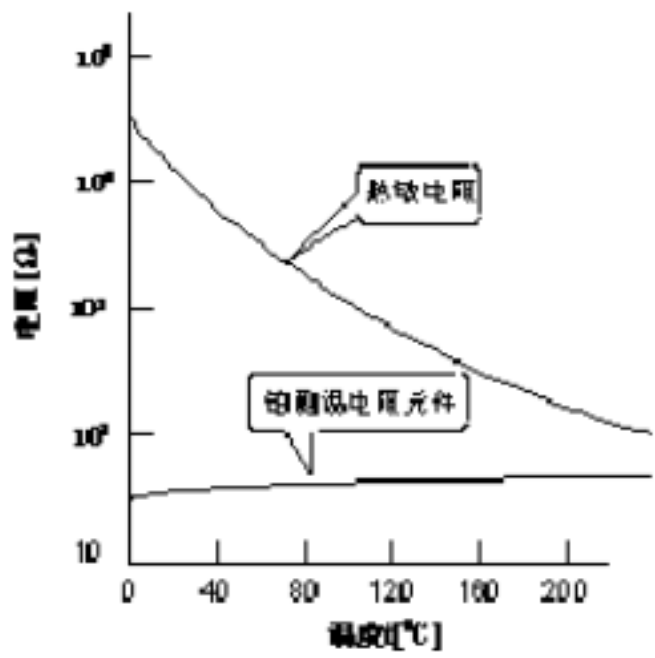


图 1 图 2

上图 1 所示的铂测温电阻元件 , 在 $0 \sim 200$ 。C 范围内的电阻温度系数为多少 ? (10 分)

6 . 答 :

由图 1 可读取 100 。C 时的 $R_0 = 1.4$ 。因此 , $R = 1.4R_0$, 又有 $R_0 = 1.4R_{00} = 0.4 R_0$ 。因此 , $\alpha_0 = 0.4$ 。图 2 的热敏电阻中 100 。C 时的 $R = 10^3$ 。又 $R_0 = 0.27k$ 。

因此 , $\alpha_{27/28} = -0.96$ 。

200。C 处的 $R_0 = 1.8$ ，电阻温度系数（曲线的倾斜率） $= (1.8 - 1) / 200 = 0.4 \times 10^{-3} / ^\circ\text{C}$ 。

7. 要测 1000。C 左右的高温，用什么类型的热电偶好？要测 1500。C 左右的高温呢？（5 分）

7. 答：若是 1000。C 铬镍 - 铝镍，铂、铑 - 铂，1500。C 时，铂、铑 30 铂。

8. 使用 K 型热电偶，基准接点为 0。C、测量接点为 30。C 和 900。C 时，温差电动势分别为 1.203 和 37.326。当基准接点为 30。C，测温接点为 900。C 时的温差电动势为多少？（10 分）

答：现 $t_2 = 900$ 。C， $t_1 = 30$ 。C，基准接点温度为 30。C，测温接点温度为 900。C 时的温差电动势设为 E ，则 $37.326 = 1.203 + E$ ，所以 36.123。

9. 0。C 时的电阻为 100 的铂金热电阻。300。C 时的阻值按下面两种方法计算，其结果之差换算成温度差是多少？（15 分）

- ① 电阻用温度的一次方程表示， $R_t = R_0(1 + \alpha t)$ 式中 $R_0 = 100$ ， $\alpha = 0.003851$ 。1。（此时 100。C 时的电阻值为 138.51）
- ② 电阻值与温度为二次函数关系。
- ③ 用一次方程近似时，温度误差为多少？

答：（1） $100(1+0.003851 \cdot t)$ ，以 $300.^\circ\text{C}$ 代入，得 215.53 。

（2） $0(12)$ 式中以 $300.^\circ\text{C}$ 代入，得 212.05 。

（3）同（2），算得 $310.^\circ\text{C}$ 时电阻值为 215.61 ，即温度上升 $10.^\circ\text{C}$ 电阻增加 3.56 。

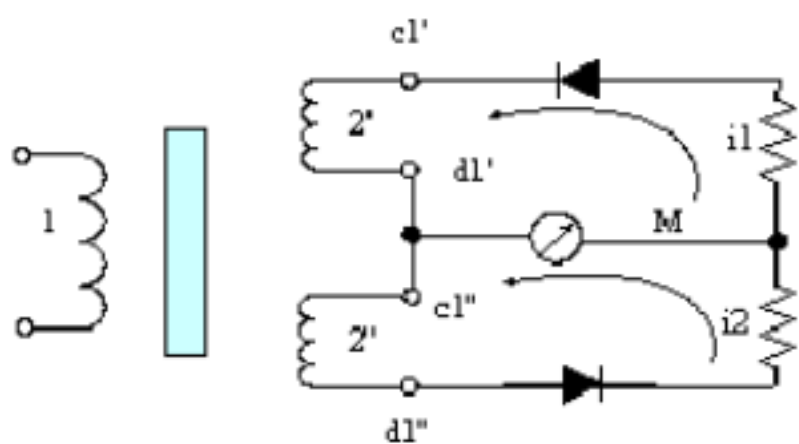
因此，由 $(215.53-212.05)/0.356=9.8$ 算得误差为 9.8 。
 $^\circ\text{C}$ 。

10．某热敏电阻 $0.^\circ\text{C}$ 时电阻为 30k ，若用来测量 $100.^\circ\text{C}$ 物体的温度，其电阻为多少？设热敏电阻的系数 B 为 3450K 。（5分）

答： $R_T = R_0 \exp\left(\frac{B}{T} - \frac{B}{T_0}\right)$ 式中以 $R_0=3 \times 10^4$ ， 3450 ， 373.15 和 $T_0=273.15$

代入得 1.017k

11．和人体体温（ $36.^\circ\text{C}$ ）相同的黑体，其热辐射的分光辐射辉度为最大时波长为多少？（5分）

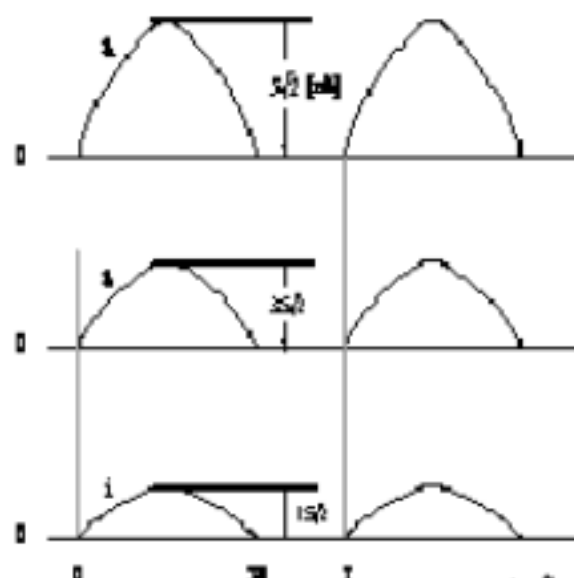


答：将 $273.15+36=309.15$ 代入 $m \cdot 2.8978 \cdot 10^{-3} m \cdot K$, 得

$$9.37 \cdot 10^{-6} \text{ } 9.37 \text{ } \mu m$$

12．在下图所示的电路中，差动变压器二次电压的有效值，接头 $c1'$ 、 $d1'$ 间是 $5V$ ，接头 $c1''$ 、 $d1''$ 间是 $3.5V$ 。此时，电流表 M 上所流的电流是多少？这里两个电阻各 $1k$ （二极管的电阻可认为是 0 ）。（10分）

答：



电流 i_1 ， i_2 及 i_{12} 如下图所示， i 是通过电流表 M 的电流。时间 $0 \sim T/2$ 中， $i_1=1.5\sqrt{2} \sin \omega t$ ，时间 $T/2 \sim T$ 中， i 为 0 （这里 T 是周期）。 M 的指示值是 i 在 1 个周期的平均值。

因此，

$$I_M = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} 1.5\sqrt{2} \sin \omega t dt = \frac{1.5\sqrt{2}}{T\omega} (1 - \cos \frac{\omega T}{2})$$

这里 $\omega T = 2\pi$ 。所以

$$I_M = \frac{1.5\sqrt{2}}{\pi} \approx 0.675mA$$