

# 目 录

## 第一章 压力传感器电路 ..... (IV—1)

1.1 电容式差压变送器电路 1.2 XTR101 功能电路 1.3 液体压强计电路 1.4 半导体压力传感器电路 1.5 电容式差压电路 1.6 压阻式压力传感器温度补偿电路 1.7 有源电流反馈数放原理电路 1.8 振动式压力传感器振荡电路 1.9 有源负反馈数放原理电路 1.10 压力传感器双线传输电路 1.11 两线制应变压力传感器转换电路 1.12 压力传感器补偿接口电路 1.13 恒流源电路 1.14 电位计式压力传感器双线传输电路 1.15 应变式压力传感器双线传输电路 1.16 差动电容脉冲宽度调制电路 1.17 双线变换电路 1.18 换算状态电路 1.19 隔离发送—接收电路 1.20 INA101 基本连接电路 1.21 INA101 实用电路 1.22 传感器温度补偿原理电路 1.23 压力传感器双线输出电路 1.24 检测状态电路 1.25 电桥放大电路 1.26 多功能转换电路 1.27 压力传感器模块电路 1.28 应变式压力传感器调节电路

## 第二章 加速度传感器电路 ..... (IV—10)

2.1 压电加速度计的电压型放大器电路 2.2 带过载保护的电荷放大器 2.3 压电加速度传感器检测微振电路 2.4 压电加速度计的电荷型放大器电路 2.5 电流—电压变换电路 2.6 TA<sub>25</sub> 伺服加速度计用于倾斜仪的电路 2.7 压电加速度计用于冲击检测的电路 2.8 气体摆式倾角传感器电路 2.9 TA—25 伺服加速度计用于振动测试的电路 2.10 压阻加速度计的信号调整电路 2.11 伺服线性加速度计的应用电路

## 第三章 位移与物位传感器电路 ..... (IV—14)

3.1 信号相位差输出电路 3.2 单电容式脉冲调宽电路 3.3 80198 单片机 H80 口输出一脉宽仅为几微秒的窄脉冲触发单程电路 3.4 中心偏移量运算电路 3.5 液面光学检测电路 3.6 一维光电位置敏感元件调理电路 3.7 超声波液位开关振荡电路 3.8 起振停振型位式传感器电路 3.9 RL512G 信号放大电路 3.10 压阻差动输入变送电路 3.11 避雷电路 3.12 电压放大电路 3.13 环形二极管电桥式电容传感电路 3.14 电容式液位计测量电路 3.15 信号接收电路 3.16 接近传感器电路 3.17 采用 555 片的发射驱动电路 3.18 电压充放电发射电路 3.19 接收换能器放大单元电路 3.20 超声回波接收电路 3.21 单片机系统中的驱动电路 3.22 集成化检波电路 3.23 偏移检测电路中的接口电路 3.24 电流法距离测定电路 3.25 非晶体位移传感器测量电路 3.26 采用磁阻元件的位移传感器电路 3.27 电容式传感器的位数电桥测量电路 3.28 电感式位移传感器的测量电路 3.29 电容器式位移传感器应用电路 3.30 光源驱动电路 3.31 电容

耦合位移传感器的计数电路 3.32 压磁型力传感器的电路 3.33 电容式接近传感器电路  
3.34 差动变压器位移传感器电路 3.35 轴承间隙检测电路 3.36 超声测距系统的回波  
信号检测电路

#### 第四章 角度和转动传感器电路 ..... (IV—23)

4.1 增量型编码器相位差输出电路 4.2 压电射流速率传感器补偿电路 4.3 压电泵驱  
动电路 4.4 倾角传感器电路 4.5 判别有温度物体移动方向或人体移动方向的电路 4.6 转  
轴转动状况检测电路 4.7 转速测量传感器电路 4.8 伺服电机转速控制电路 4.9 编码器  
升降脉冲发生电路 4.10 倾斜角测定电路 4.11 非接触角度、距离检测电路 4.12 转速检  
测电路 4.13 方位计电路 4.14 检测角位移积分电路 4.15 检测物体旋转方向及转速的  
电路 4.16 角度信号检测电路 4.17 转动方向检测电路 4.18 细分电路 4.19 倍频计数  
电路 4.20 倾斜仪电路 4.21 SZGB-2 型光电转速传感器电路 4.22 旋转编码器电路  
4.23 角位移测量电路 4.24 四倍频电路 4.25 零点检测电路 4.26 方向判别电路 4.27 磁  
阻型倾斜角传感器电路 4.28 利用角速度信号测量角度的数字变换电路 4.29 GDC-1 型  
光电转速传感器电路

#### 第五章 速度传感器电路 ..... (IV—33)

5.1 光学断续器单输出电路 5.2 转速传感器直流型电路 5.3 振动传感器的重码电路  
5.4 报警及停车信号控制电路 5.5 风速—频率变换电路 5.6 硅流速传感器电路 5.7 光  
学断续器双输出电路 5.8 硅流速传感器测量电路 5.9 频率—电压变换电路 5.10 光学  
编码器脉冲发生电路 5.11 风速传感器电路 5.12 旋转编码器检测转动方向的电路 5.13 测  
速系统的模拟信号处理电路 5.14 转速传感器交流型光电式与铁芯电涡流式电路

#### 第六章 应变计电路 ..... (IV—37)

6.1 传感器电桥信号的检测电路 6.2 实用的新型直流电桥电路 6.3 应变片测力计接  
口电路 6.4 微型应变传感器信号调节电路 6.5 弹簧测力传感器电路 6.6 传感器非线性  
误差的补偿电路 6.7 接触传感器信号发送电路 6.8 接触传感器信号接收电路

#### 第七章 温度传感器电路 ..... (IV—40)

7.1 铂电阻温度变送器 7.2 隔离型热电偶变送器电路 7.3 4~20mA 输出温度变送器  
7.4 三线制铂电阻温度变送器 7.5 隔离型铂电阻温度变送器发送及接收电路 7.6 热电偶  
温度变送电路 7.7 利用 XTR101 的隔离温度变送电路 7.8 隔离型温度变送器电路 7.9 0~  
5V 输出远距离传输铂电阻温度变送器 7.10 被隔离放大的铂电阻测温电路 7.11 测温非  
线性校准电路 7.12 热电偶温度变送器电路 7.13 隔离型铂电阻温度变送器电路 7.14 线  
性化电桥测温电路 7.15 J 型热电偶温度变送器电路 7.16 热电偶隔离放大器 7.17 环境  
基准的热电偶测温电路 7.18 冷端补偿的热电偶测温电路 7.19 铂电阻温度传感器的接口  
电路 7.20 摄氏温度计电路 7.21 冷端补偿的隔离输出型热电偶测温电路 7.22 双电源  
工作的热电偶专用放大电路 7.23 -20~+100℃测温电路 7.24 单电源工作的热电偶专  
用放大电路 7.25 温度差测量电路 7.26 温度/频率变换电路 7.27 温度传感器到数字

MPU 的连接电路 7.28 简易高精度温度测控器 7.29 绝对温度测量电路 7.30 带冷端补偿的热电偶放大电路 7.31 集成温度传感器测温电路 7.32 电热开水温度检测及控制电路 7.33 AD590 远程测温电路 7.34 0 ~ 100℃ 温度测量电路 7.35 热敏电阻的测温电路 7.36 硅温度传感器测温电路 7.37 热电偶报警信号输出电路 7.38 恒温控制电路 7.39 热电偶 LED 报警电路 7.40 热电偶双电源报警电路 7.41 风扇电机温控电路 7.42 恒温箱温度控制系统 7.43 热电偶设定点温度控制器 7.44  $\mu$ PC616 温度控制器 7.45 热敏电阻温度控制器 7.46 遥控温度控制器 7.47 简单的温度控制器 7.48 微机温度异常报警长 7.49 散热温度控制器 7.50 实用温度报警仪 7.51 集成电路可调温控器 7.52 线性化温度计 7.53 实用温控交流开关 7.54 华氏温度计 7.55 K 氏/摄氏温度计 7.56 数字万用表测温附加电路 7.57 数字体温测量仪 7.58 -55 ~ +150℃ 数字温度计 7.59 巡检式数字温度显示仪 7.60 高精度数显温度测控仪

## 第八章 磁测量传感器电路 ..... (IV—59)

8.1 霍尔传感器的恒压工作电路 8.2 霍尔传感器 THS103A 8.3 霍尔传感器的信号放大电路 8.4 采用运放的恒压驱动电路 8.5 恒压驱动电路 8.6 三个运算放大器组成的交流放大电路 8.7 霍尔开关集成电路 8.8 交流信号差动放大电路 8.9 霍尔元件的偏置电路 8.10 高斯计电路 8.11 霍尔传感器的不平衡补偿电路 8.12 恒流驱动电路 8.13 采用运放的恒流驱动霍尔元件的电路 8.14 均衡单电阻法 8.15 磁极检测电路 8.16 用于多个霍尔元件并联使用时的电流平衡电路 8.17 电流放大型霍尔放大器 8.18 采用三极管的均衡电路 8.19 电流开关电路 8.20 共模电压抑制电路 8.21 采用运放的电机旋转检测电路 8.22 电机驱动电路 8.23 磁转子的极性检测电路 8.24 三相无刷电机驱动电路 8.25 发光二极管驱动电路 8.26 电机控制电路 8.27 转数检测电路 8.28 无触点照明控制电路 8.29 霍尔元件分频电路 8.30 漂移电压补偿电路 8.31 电机转速控制电路 8.32 三相无刷电机的磁极检测电路 8.33 电机恒速控制电路 8.34 霍尔元件温度补偿电路 8.35 物体检测电路 8.36 非接触式电流监控器 8.37 磁带末端检测电路 8.38 磁阻元件的桥式结构 8.39 霍尔元件参数测试电路 8.40 双相输出电路 8.41 铁磁物质接近检测电路 8.42 铁磁物质动态检测电路 8.43 倾斜角传感器电路 8.44 磁敏传感器放大电路 8.45 旋转传感器电路 8.46 图形识别传感器 8.47 磁性油墨检测电路 8.48 恒流源驱动电路 8.49 磁敏电阻交流放大电路 8.50 磁阻元件放大电路 8.51 磁敏角位移传感器电路 8.52 双磁芯饱和磁强计电路 8.53 交流测量 B-H 特性曲线的电路 8.54 磁敏电阻测转速电路 8.55 功率表电路

## 第九章 流量传感器电路 ..... (IV—73)

9.1 施密特整形电路 9.2 光纤流量传感器的光电耦合及放大电路 9.3 电磁流量的输入放大电路 9.4 流量传感器的取样保持电路 9.5 热线式呼吸流量计放大电路 9.6 流量计激励信号发生器 9.7 交流发电机测流量电路 9.8 涡轮流量计模拟输出电路 9.9 伺服式容积流量计的伺服放大电路 9.10 温度补偿电路 9.11 电压/频率转换电路 9.12 旋涡式流量计的放大电路与转换电路 9.13 热线式流量计桥式电路 9.14 单通道放大电路 9.15 光纤式流量传感器电路 9.16 旋进式旋涡流量计的转换电路 9.17 线性化电路 9.18 气

体质量流量计电路 9.19 气体流量方向识别电路 9.20 萨沃纽斯流速传感器电路 9.21 流量传感器信号输入电路 9.22 大输出应变式传感器电路 9.23 频率/电流转换电路 9.24 流量计信号转换电路

## 第十章 湿度传感器电路 ..... (IV—81)

10.1 氯化锂湿度传感器电桥电路 10.2 适用于 UD-08 和 CGS-2 型传感器的应用电路 10.3 维舍湿度控制器电路 10.4 交流市电测湿电路 10.5 适合 H104R 型传感器的湿度-温度的测量电路 10.6 湿度控制电路 10.7 SMC-2 型湿度传感器转换电路 10.8 低湿度检测电路 10.9 空调机湿度控制应用电路 10.10 空气湿度测量仪 10.11 一种简单的室内湿度控制器设计 10.12 电容式湿敏传感器的应用电路 10.13 仪用潮湿报警器 10.14 室内湿度自动控制器 10.15 室内潮湿报警器 10.16 潮湿报警器 10.17 湿度自动检测仪 10.18 正交测量法原理 10.19 阻容振荡电路 10.20 脉冲调宽电路 10.21 电子聚合物结露传感器的工作电路 10.22 粮食湿度测量仪 10.23 薄膜型湿温双功能传感器适用电路 10.24 FET 湿温双功能传感器测试电路 10.25 自热式氯化锂露点温度传感器电路 10.26 电容式结露传感器测量电路 10.27 电容式氯化锂结露传感器鉴相法转换电路 10.28 汽车玻璃挡板结露控制电路 10.29 陶瓷结露传感器的结露开关电路 10.30 正、负特性的结露传感器的基本电路

## 第十一章 气体传感器电路 ..... (IV—91)

11.1 用 TGS 传感器控制电气灶的烹调 11.2 自动排气扇电路 11.3 简易家用气体报警器 11.4 一氧化碳探测器 11.5 分阶段报警式城市煤气报警电路 11.6 变压器油气敏检测仪 11.7 废气浓度检测电路 11.8 气体/烟雾报警器 11.9 接触燃烧式 CO 检测电路 11.10 便携式酒精测试仪 11.11 可燃性气体泄漏报警器 11.12 可燃性气体报警器 11.13 简易酒精测试器 11.14 秽气检测告知器 11.15 具有温度补偿的气体报警器 11.16 可燃性气体泄漏烟雾报警器 11.17 秽气检测告知器 11.18 带气控报警器的排气扇 11.19 带气控报警的排气扇 11.20 换气扇的自动控制电路 11.21 家庭煤气泄漏报警器 11.22 可燃性气体泄漏报警器 11.23 矿灯瓦斯报警器 11.24 家庭煤气泄漏报警器 11.25 家用气体报警器 11.26 大型燃气站可燃性气体泄漏报警器 11.27 带 QM-N10 气敏元件气控报警器的排气扇 11.28 烟雾监测报警器 11.29 带 QM-N5 气敏元件气控报警器的排气扇 11.30 矿灯瓦斯报警器 11.31 厂用可燃性气体泄漏报警器 11.32 急促报警可燃性气体泄漏报警器 11.33 矿灯瓦斯报警器(一) 11.34 矿灯瓦斯报警器(二) 11.35 可燃性气体、毒性气体两用检测器电路 11.36 可燃性气体泄漏程度显示报警器(一) 11.37 可燃气体泄漏程度显示报警器(二) 11.38 一氧化碳检测电路 11.39 集成化 pb-MOSFET 气敏器件在电力变压器故障预警装置中的应用 11.40 直热式  $\text{SnO}_2$  气敏电桥检测电路 11.41 煤气检漏报警器 11.42 氢气浓度计电路 11.43 氢气桥式测量电路 11.44 气体浓度检测电路 11.45 pb-MOSFET 氢敏传感器检测氢气浓度基本电路 11.46  $\text{SnO}_2$  气敏器件检漏报警电路 11.47 差动式可燃性气体检测应用电路 11.48 采用双电极传感器的便携式一氧化碳检测电路 11.49 氢气探测仪电路 11.50 电池供电的可燃性气体泄漏报警器 11.51 便携式缺氧监视电路 11.52 医用氧气计电路 11.53 氢焰

离子化传感器及气体色谱仪实用电路 11.54 家用气体检漏报警器 11.55 CO<sub>2</sub> 气体传感器检测电路 11.56 城市煤气报警器 11.57 热敏电阻式热传导型气体传感器电路 11.58 简易气体色谱仪的流路系统和电路图 11.59 烟雾监测报警器 11.60 接触燃烧式电桥传感器的变送器电路 XTR501

## 第十二章 生物、医学传感器电路 ..... (IV—116)

12.1 青霉素—FET 测试电路 12.2 ISFET 测量电路 12.3 甲烷电极测量装置 12.4 谷氨酸电极测量系统 12.5 微生物电极的组装和测量系统 12.6 数字脉搏计 12.7 免疫 FET 测量电路 12.8 葡萄糖—FET 工作电路 12.9 头孢菌素电极 12.10 尿素—FET 测量电路 12.11 FET 氧传感器测量电路 12.12 L—谷氨酸 FET 测量电路 12.13 自动空气清新器电路 12.14 基于发光的光纤生物传感器的流动连续分析系统中的实用电路 12.15 电场治疗仪 12.16 简易音频电疗仪电路 12.17 梦语治疗仪电路 12.18 耳穴探测电路 12.19 家用探穴仪 12.20 家用电针仪 12.21 皮肤电阻测量仪 12.22 简易电子听诊器电路 12.23 高效电子治疗仪电路 12.24 电子气功治疗器电路 12.25 心率监视器 12.26 肝炎病菌消毒器控制电路 12.27 急性冠状动脉供血不足报警电路 12.28 医用仪器前置放大器 12.29 简易心电图机校验器 12.30 家用电热敷控温电路 12.31 微型心脏除颤急救器 12.32 高压发生器 12.33 呼吸监测器 12.34 简易电针麻仪 12.35 简易探穴仪 12.36 穴位探测仪 12.37 多用电子治疗保健器 12.38 针疗、按摩治疗仪 12.39 频率和占空比均可调的电子探穴仪 12.40 多功能电子探穴、治疗仪 12.41 袖珍电子按摩器 12.42 模拟气功信息仪 12.43 快速心率计

## 第十三章 射线传感器电路 ..... (IV—130)

13.1 红外传感器的人体检测电路 13.2 液位、料位遥测系统 13.3 自动门电路 13.4 红外线测温仪 13.5 红外传感器温度检测电路 13.6 自动灯电路 13.7 采用 TGS 的 FT—IR 光信号检测电路 13.8 紫外线传感器电路 13.9 红外温度计控制电路 13.10 红外发射/接收机 13.11 红外传感器电路 13.12 红外发射机 13.13 红外线遥控器检测电路 13.14 用于检测人体的远红外传感器的电路 13.15 接近传感器信号处理电路 13.16 脉冲红外发光二极管驱动器 13.17 红外接收机 13.18 不可见红外脉冲激光枪 13.19 射线检测电路 13.20 热释电红外线传感器在人体探测器中的应用电路 13.21 红外自动水龙头电路 13.22 红外传感器信号处理器 BISS0001 应用电路 13.23 辐射剂量率计 13.24 红外遥控双功能插座 13.25 盖革计数器 13.26 宽频带辐射监视器 13.27 SX—6 型人体感应开关 13.28 微型红外接收模块 PIC—12043S 13.29 微波感应模块 13.30 微波遥感型防触电语言告警装置

## 第十四章 光电、光纤传感器电路 ..... (IV—141)

14.1 光电脉冲检测飞行物射出速度检测电路 14.2 机械动作范围内人体检测电路 14.3 判别有无标记电路 14.4 型物体的有无判别检测电路 14.5 连续流动脉记检测电路 14.6 光电开关判别传送带产品形状控制电路 14.7 光纤检测雨量电路 14.8 光电耦合器检测织布机断线信号处理电路 14.9 光纤测振检测电路 14.10 自动贴标机的标记

## 第一章

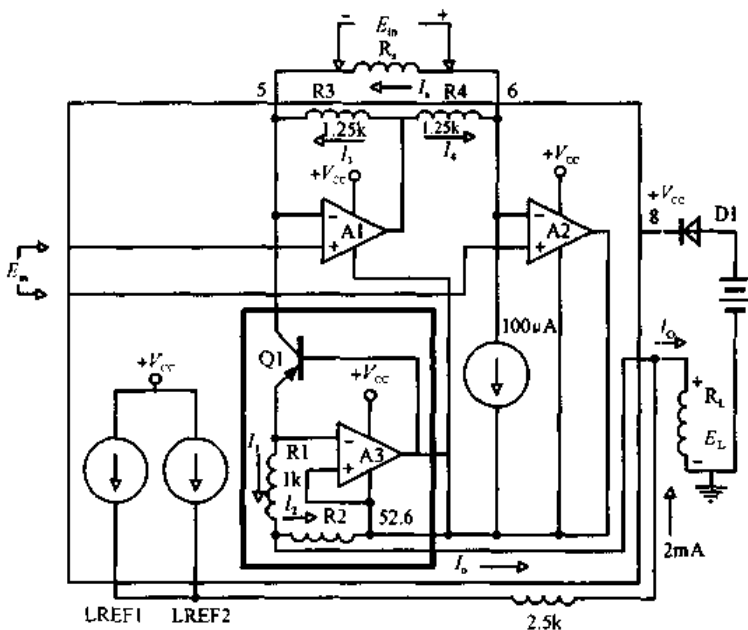
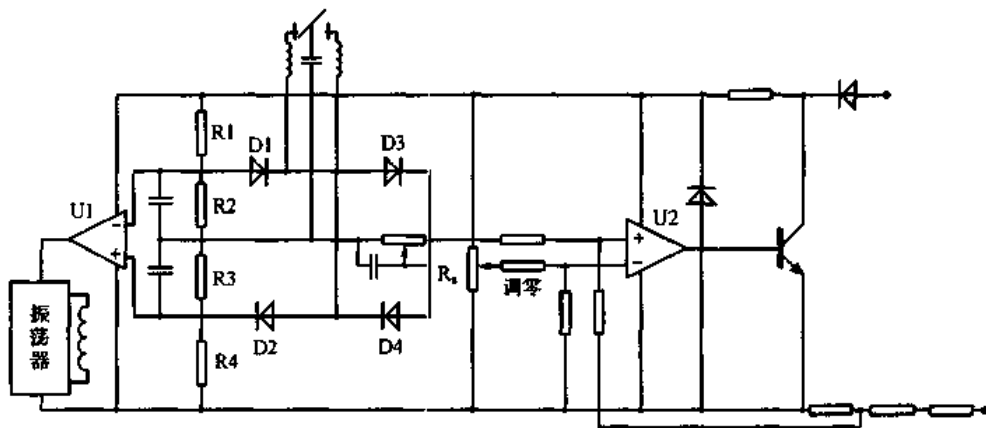
### 压力传感器电路

本章主要介绍了压力传感器、压差传感器、压力压差变送器的实用电路。包括应变式、压阻式、电容式、电位计压力、压差传感器与变送器的电路,介绍了 XPR101 和 XPR104 等专用集成芯片的原理与应用。此外还介绍了带有显示功能的液体、压强计实用电路。

#### 1.1 电容式差

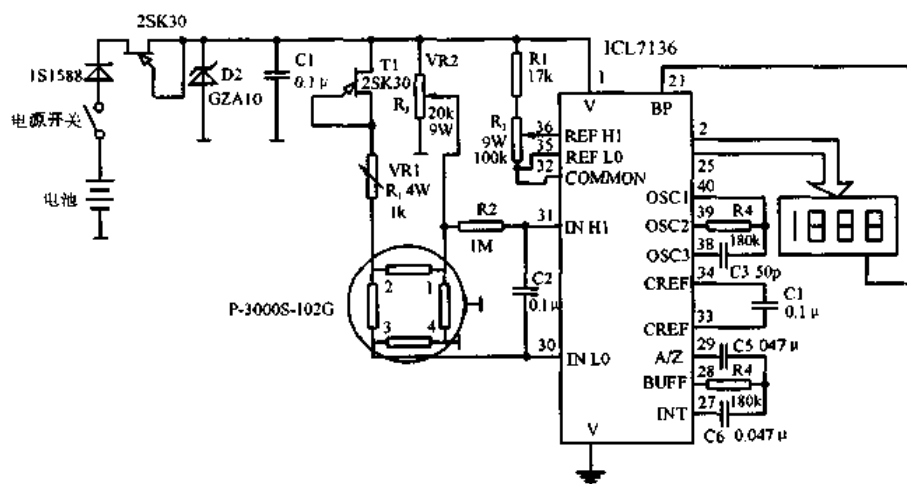
##### 压变送器电路

主要由信号变换器和电流控制器组成。信号变换器主要将差动电容转换成电信号,电流控制器将电信号变换为 4~20mA 的直流输出信号。



**1.2 XTR101 功能电路** 该电路可同时提供两路 1mA 或者一路 2mA 的驱动电流,而且可将传感器的电压输出转换为 4~20mA 的电流输出。可将输入的电压信号  $E_{in}$  转换成电流信号  $I_L$  输出。其关系式为:

$$I_L = 4\text{mA} + E_{in} \left( \frac{40}{R_S} + 0.016\text{mA/V} \right)$$

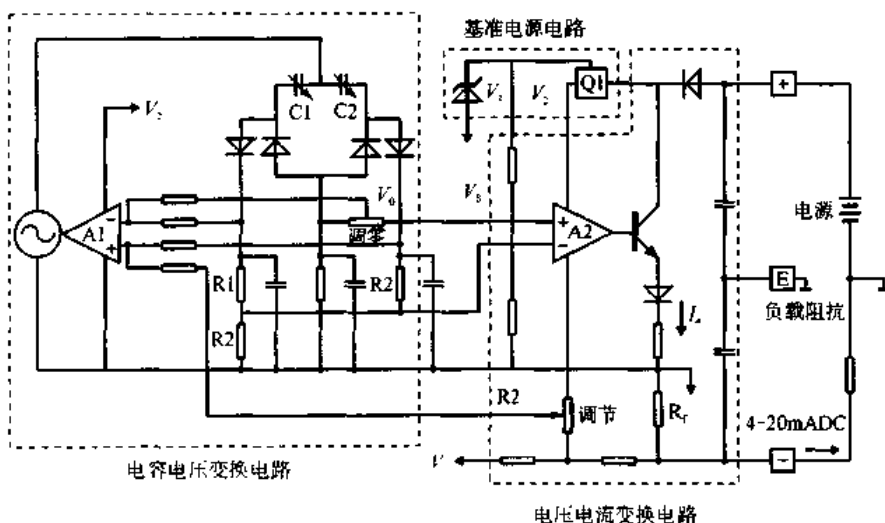
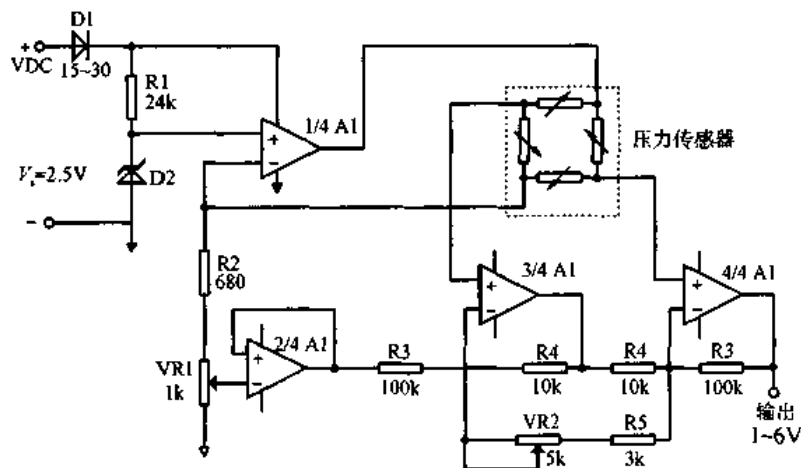


### 1.3 液体压强计电路

图为 P-3000S 扩散型压力传感器, 包括以激光微调的厚膜电阻构成的补偿电路全部装在封装外壳内。电路用 ICL7136 芯片构成, 在 A/D 变换器内将基准电压电路、计频发生电路、液晶显示驱动电路, 及必需的全部功能都制作在芯片内。可直接读取  $-0.1 \sim 0.1 \text{ MPa}$  的压力值。

### 1.4 半导体压力传感器电路

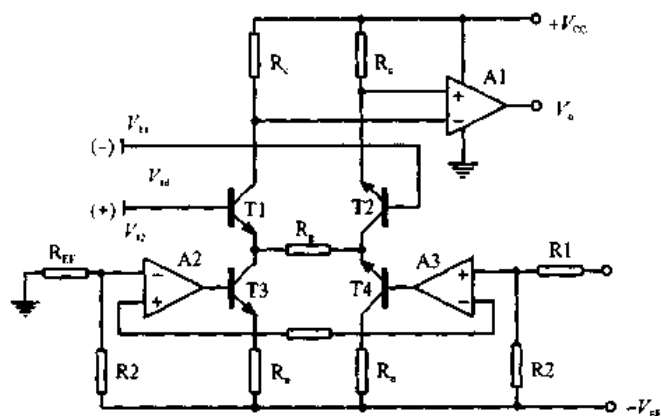
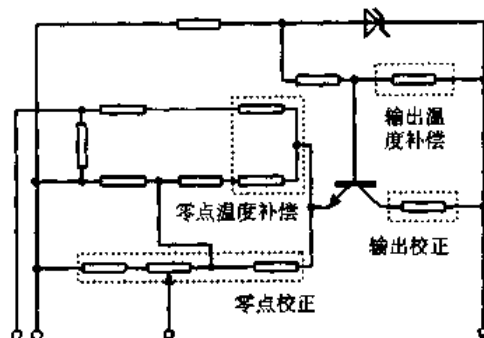
由恒流源驱动电路和信号处理电路组成。恒流源驱动电路恒流大小  $I_L$  与  $R_2$ 、 $R_{VR1}$ 、 $D_2$  的齐纳二极管电压  $V_Z$  的关系为  $I_L = V_Z / (R_2 + R_{VR1})$ 。信号处理电路构成的差分放大电路增益  $A_v$  为  $A_v = 1 + R_3 / R_4 + 2[R_3 / (R_{VR2} + R_5)]$ , 通过调整  $VR_2$  即可调整输出电压范围。



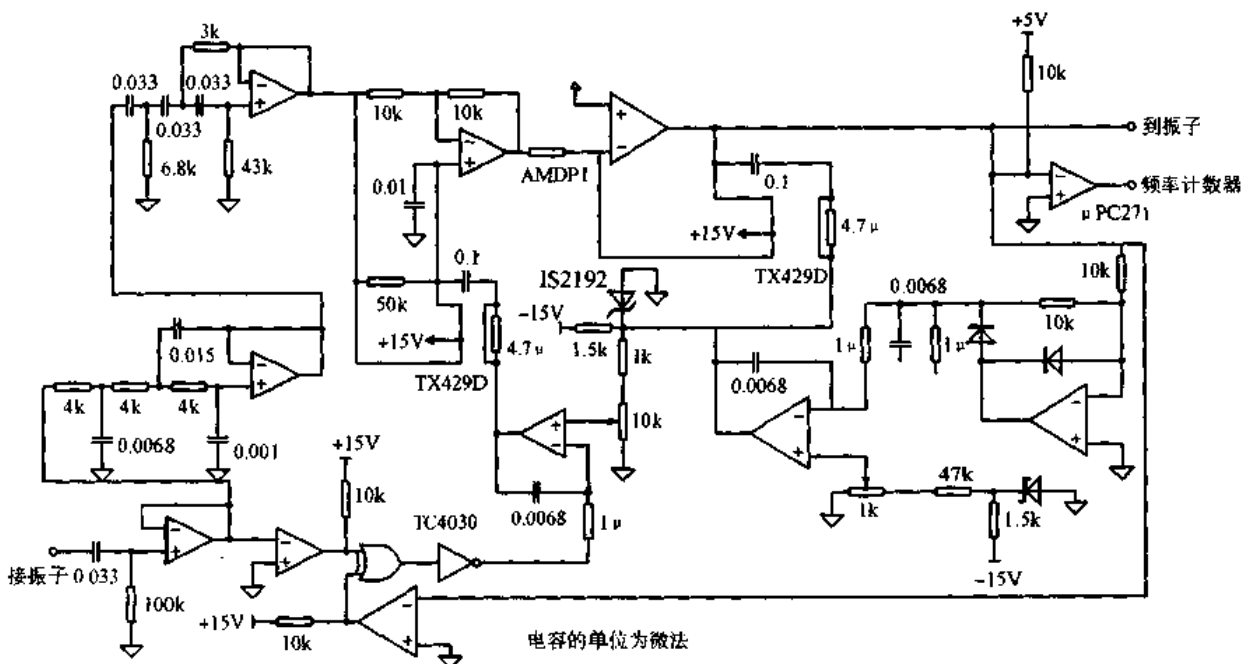
### 1.5 电容式差压电路

电路由电容电压变换电路、基准电源电路、电压电流变换电路组成。在静电电容  $C_1$  和  $C_2$  上, 施加来自正弦波振荡器的振幅为  $E$  和频率为  $\omega$  的电压, 则电阻  $R_1$ 、 $R_2$  两端可得直流电压。振荡器的输出通过放大器  $A_1$ , 控制放大器  $A_2$ , 最后可得与所测差压成正比的输出电流  $4 \sim 20 \text{ mA}$ 。

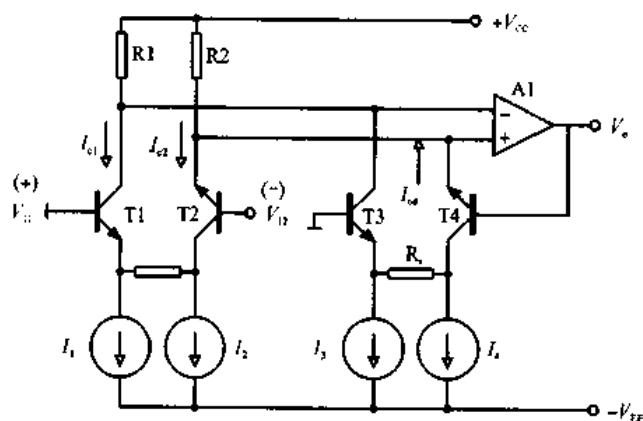
**1.6 压阻式压力传感器温度补偿电路** 该电路采用串联固定电阻的方法,实现压阻式压力传感器的零点温度补偿。输出温度补偿采用正温度系数的热敏电阻构成的温控电流源来实现。另外,该电路还可实现输出校正和零点校正功能。



**1.7 有源电流反馈放大原理电路** 电路中  $R_L$  是  $T_1$  和  $T_2$  有源负载,  $R_E$  是  $T_3$  和  $T_4$  偏置电流源动态电阻。当  $A_1$  的差模电压增益足够大及  $R_E \rightarrow \infty$  时,闭环电压增益  $A_{cl} = R_L / K R_E$  ( $K = R_2 / (R_1 + R_2)$ )。配以严格对称的低噪声高电流增益的差动对管的高输出阻抗、高精度的输入差模电压—电流变换器和输出电压—电流变换器,通过有源反馈,这是电路获得低噪声、低温漂、高输入阻抗、高共模抑制比的关键。



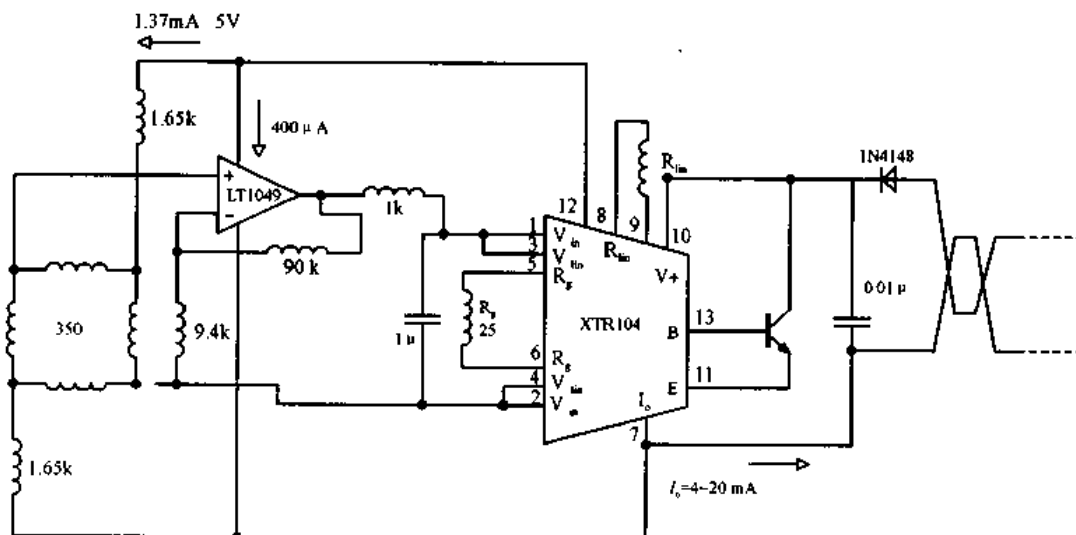
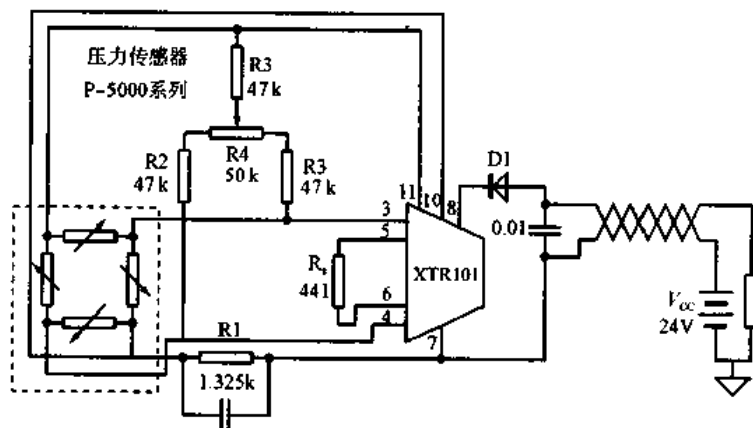
**1.8 振动式压力传感器振荡电路** 电路相当于科尔比兹振荡电路。振动式压力传感器除壳体和隔膜层等振子外,其余结构都具有固有谐振频率,用带通滤波器仅选出振子的谐振频率。因为振子  $Q$  值高,所以电路相位的变化和谐振频率的变化都小。由于温度变化会影响电路参数,故采用自动相位调节器加以补偿,振子的输出用压电元件检测;由于输出阻抗高,故要用高输入阻抗的缓冲器来接收;由于电路中有噪声比较器,故要通过屏蔽和电路布置等措施减小噪声影响。



**1.9 有源负反馈数放原理电路** 电路中差动对管 T1、T2 和 T3、T4 各有射极偏置电压 ( $V_{1a} = V_{11} - V_{12}$ )—差模电流 ( $I_{e1} - I_{e2}$ ) 转换器。有源反馈网络 T3、T4 和  $R_3$  将输出电压  $V_0$  (对 T3、T4 为差模电压) 转换成差模电流  $I_0$ , 然后反馈到运放 A1 的输入端, 并与  $I_{e1} - I_{e2}$  叠加。在反馈深度很深的条件下, A1 的净输入电流约为零安,  $A_v \approx R_3 / R_4$ 。可有效地抑制电压—电流变换中产生的非线性误差, 又能保持高的共模抑制比。

### 1.10 压力传感器双线传输电路

该电路采用 XTR101 实现 4 ~ 20mA 两线制远距离传输的压力传感器电路。测量电桥激励电流为 1mA。电路中零点调整电路, 使压力传感器方便地实现标准的 4 ~ 20mA 电流信号输出。

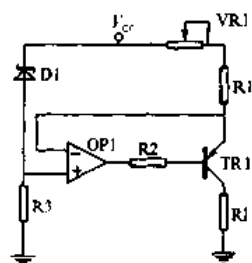
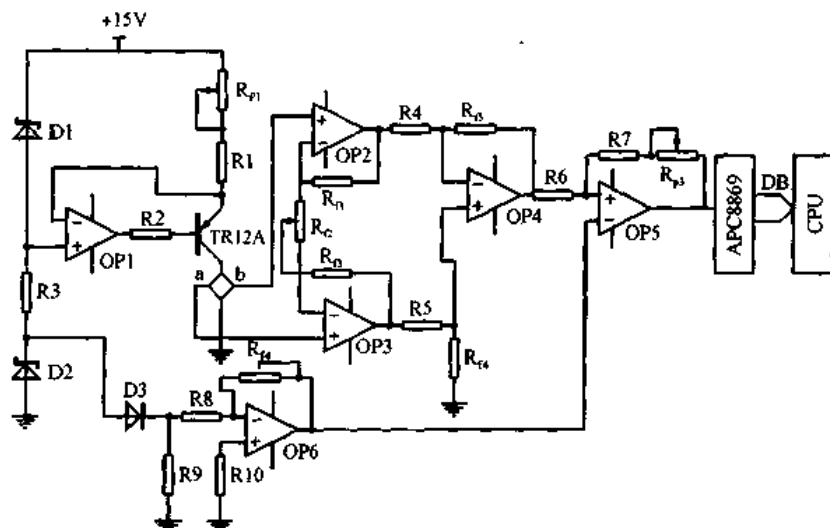


**1.11 两线制应变压力传感器转换电路** 图为采用 XTR104 实现应变式压力传感器两线制传输的电路。该电路首先将标称值为 350Ω 的全桥应变压力传感器的输出信号进行 10 倍的放大, 并送入 XTR104 双线转换电路进行 V/I 变换。

**1.12 压力传感器补偿接口电路** 补偿电路利用二极管每摄氏度的压降  $V_F$ ,  $R_8$ 、 $R_{14}$  经 OP6、OP5 产生补偿信号。为了补偿零点温漂, 则需调整  $R_{14}$  满足下式:

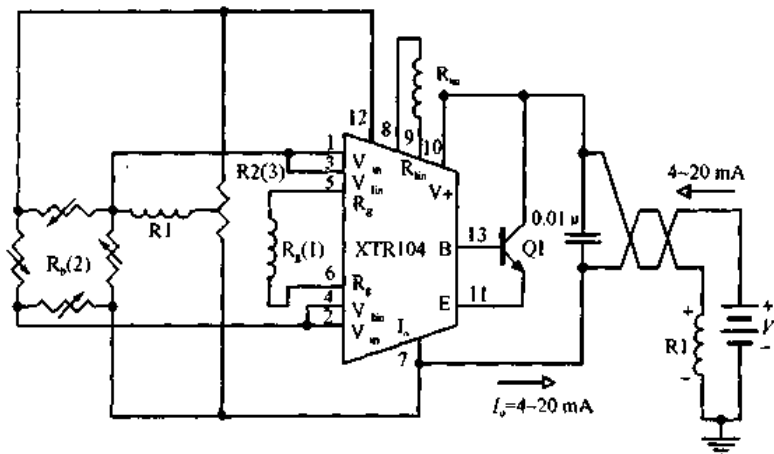
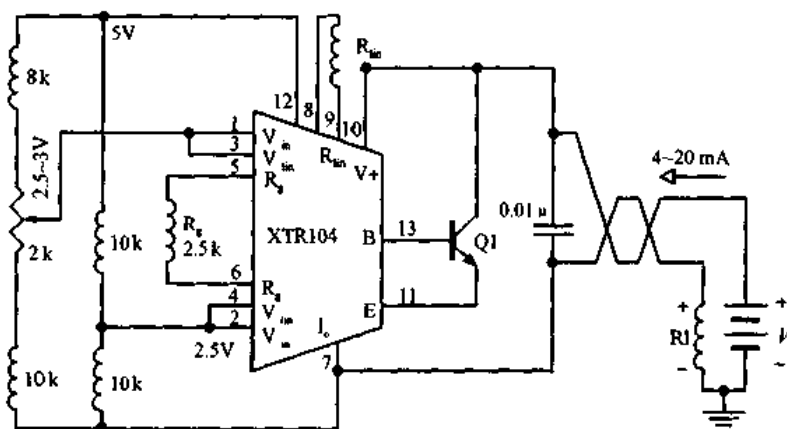
$$X = \frac{R_{14}}{R_8} \cdot \left( 1 + \frac{1 + R_7 + R_{F3}}{R_6} \right) V_F$$

式中  $X$  为传感器经过 OP2 ~ OP5 放大后每摄氏度温漂值。

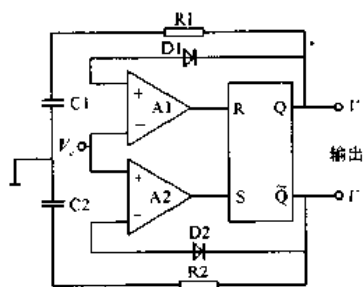


**1.13 恒流源电路** 该电路由 OP1、D1、TR1、R1 及 VR1 构成恒流源电路。D1 的输出电压  $V_{D1}$  加在 OP1 的同相输入端, 负载的电流  $I_L = V_{D1} / (R_1 + R_{Vn1})$ ,  $I_L$  与负载电阻无关。

**1.14 电位计式压力传感器双线传输电路** 本电路利用 XTR104 芯片实现电位计式压力传感器 4 ~ 20mA 双线传输电路。它将电位计式压力传感器的电位器和固定电阻组成测量电桥。

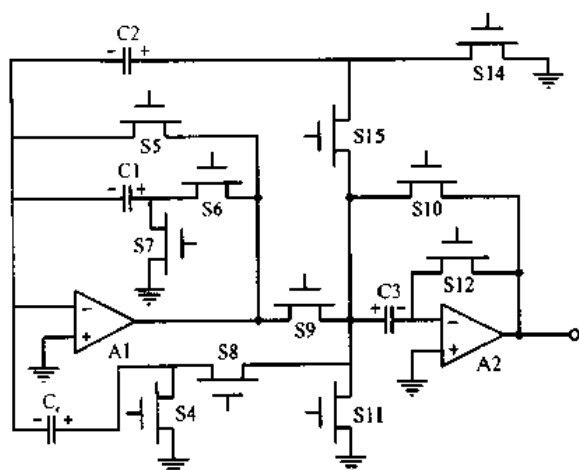
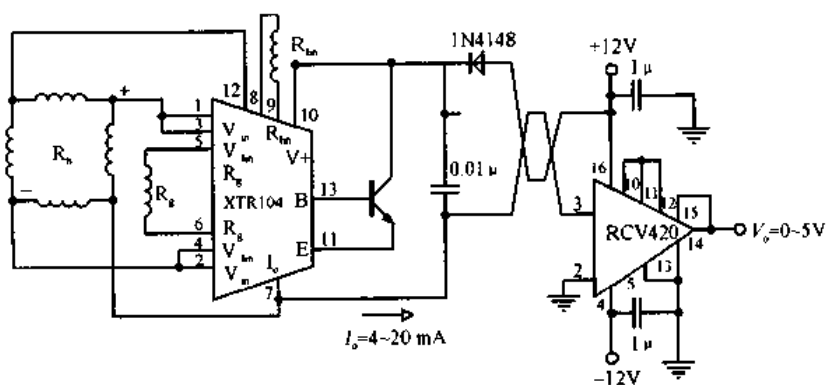


**1.15 应变式压力传感器双线传输电路** 该电路采用 XTR104 芯片作为应变压力传感器双线传输芯片, XTR104 不但可对应变电桥提供供电电源  $V_{in}$ , 而且实现传感器的  $V/I$  转换。其中  $R_e$  参数由下式确定:  $R_e = 2500 / (1/V_{in} - 1)$  ( $V_{in}$  是传感器满量程输出电压)。传递函数仅为  $I_L = V_{in}(0.016 + 40/R_e) + 4$  ( $V_{in}$  是加到  $V_{in+}$  和  $V_{in-}$  端的差动输入电压值)。

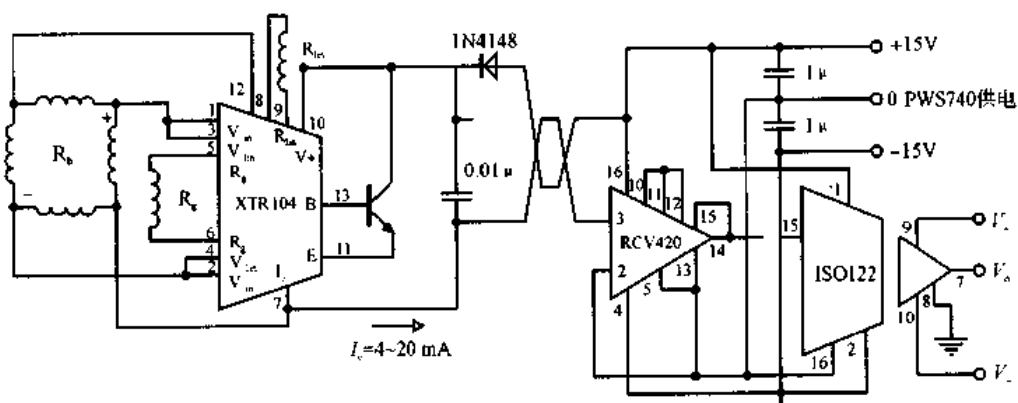


1.16 差动电容脉冲宽度调制电路 图中  $C1$ 、 $C2$  为差动工作电容,  $R1$ 、 $R2$  为充电电阻,  $D1$ 、 $D2$  为放电二极管,  $A1$ 、 $A2$  为电压比较器。

1.17 双线变换电路 本电路利用 XTR104 芯片实现压力传感器双线制标准电流信号的远距离传输。在芯片采集端, 采用 RCV420 芯片将  $4 \sim 20\text{mA}$  电流信号转换为  $0 \sim 5\text{V}$  电压输出, 供电电源为  $\pm 12\text{V}$  的转换电路。



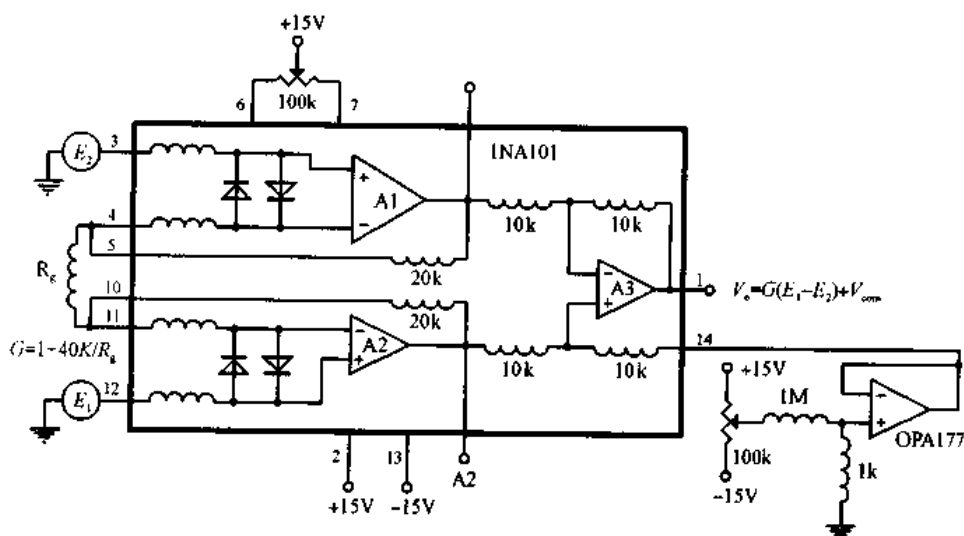
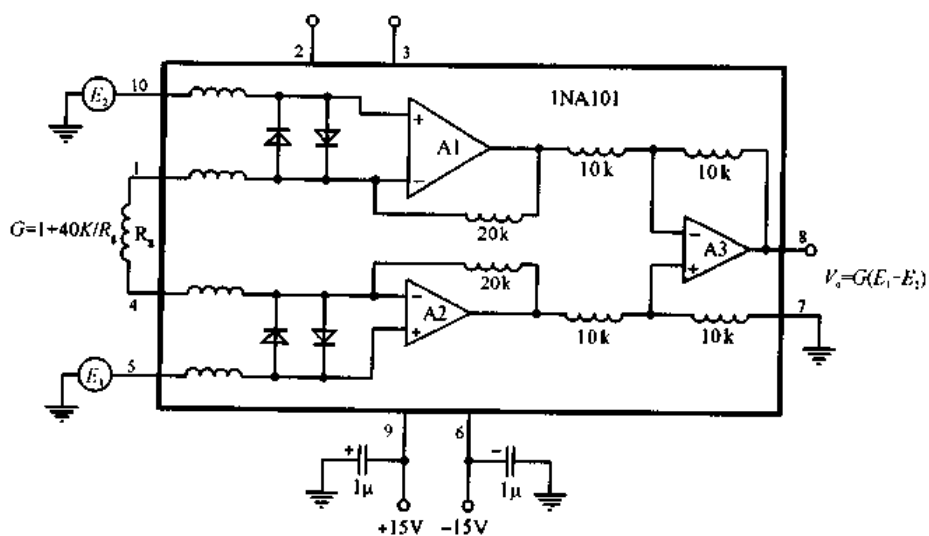
1.18 换算状态电路 图中运算放大器  $A1$  连接电容器  $C1$  和  $C2$  组成同相放大器。而运算放大器  $A2$  则起采样/保持电路作用。每一个开关的通断均由不重叠的四相时钟脉冲控制。



1.19 隔离发送-接收电路 图为全桥式压力传感器进行隔离发送接收电路。该电路首先利用 XTR104 将压力传感器的桥输出信号转换为适于远距离传输的  $4 \sim 20\text{mA}$  标准电流信号, 然后在接收端通过 RCV420 将其转换为  $0 \sim 5\text{V}$  的电压信号。最后采用隔离放大器 ISO122 实现隔离输出。该电路的供电采用隔离电源 PWS 740。

### 1.20 INA101 基本连接电路

INA101 芯片本身可取代传统的差动运算放大器。其增益调节可通过改变  $R_g$  实现。增益  $G = 1 + 40K/R_g$ ，输出  $V_o = G(E_1 - E_2)$ 。

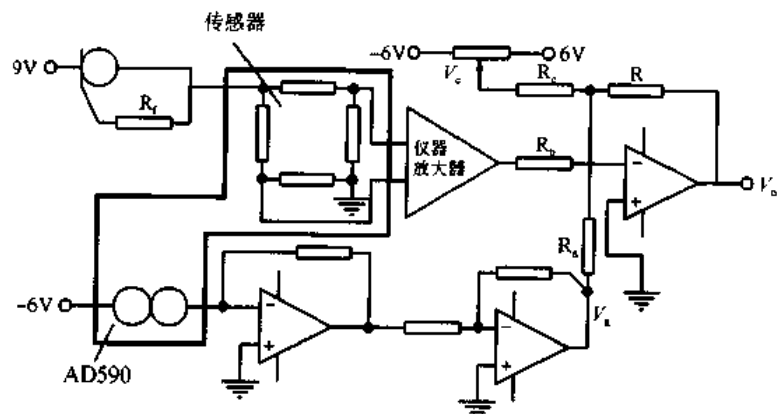


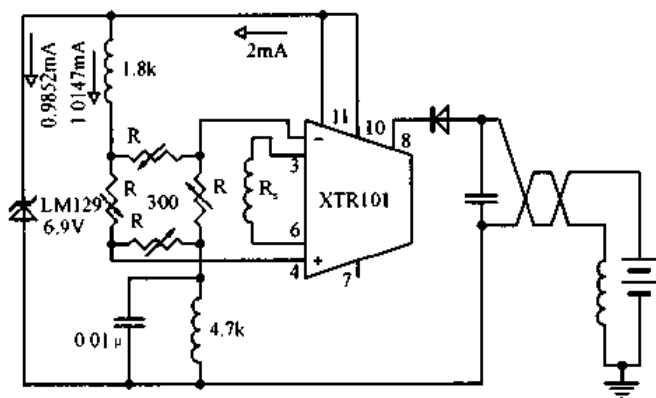
### 1.21 INA101 实用电路

图为 INA101 基本连接电路，INA101 芯片本身即可取代传统的差动运算放大器。其增益调节可通过改变  $R_g$  实现，增益  $G = 1 + 40K/R_g$ ，输出为  $V_o = G(E_1 - E_2) + V_{com}$ 。

### 1.22 传感器温度补偿原理电路

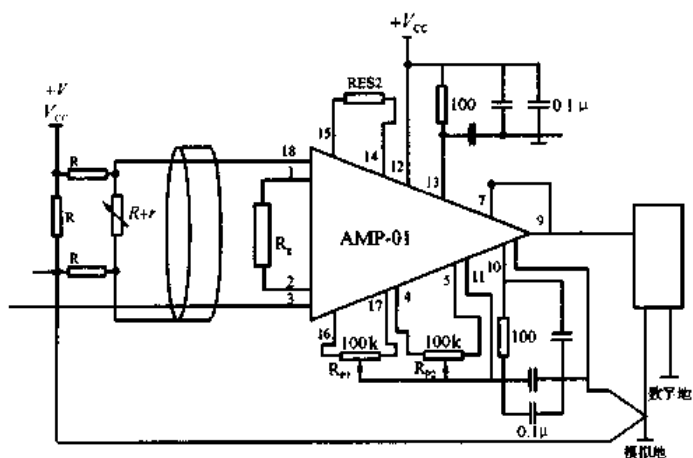
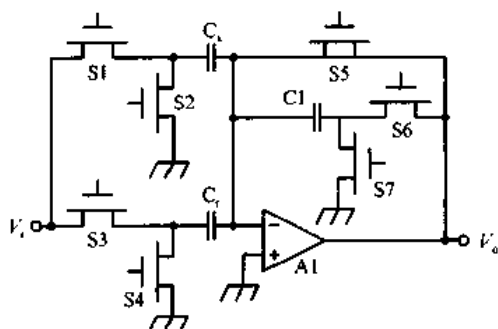
该电路通过 AD590 温度传感器经过放大后的  $V_t$  作为温度补偿信号，通过压力传感器温度特性来求得  $R_t$  值，进而补偿传感器的热零点漂移和灵敏度漂移。





**1.23 压力传感器双线输出电路** 本电路为采用 XTR101 芯片实现低阻抗电桥压力传感器双线制输出的一种实用电路。通过 LM129 和固定电阻将恒流供电转换为恒压供电，同时将 XTR101 输入信号的电平抬高到 5V 附近。

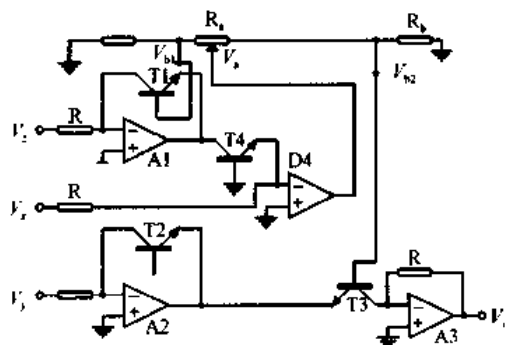
**1.24 检测状态电路** 传感器电容  $C_x$  和参考电容  $C_r$ ，以及运算放大器 A1 组成差动积分器，其作用受不重叠周期为  $t_d$  的两相时钟脉冲  $\varphi$  和  $\psi$  控制。



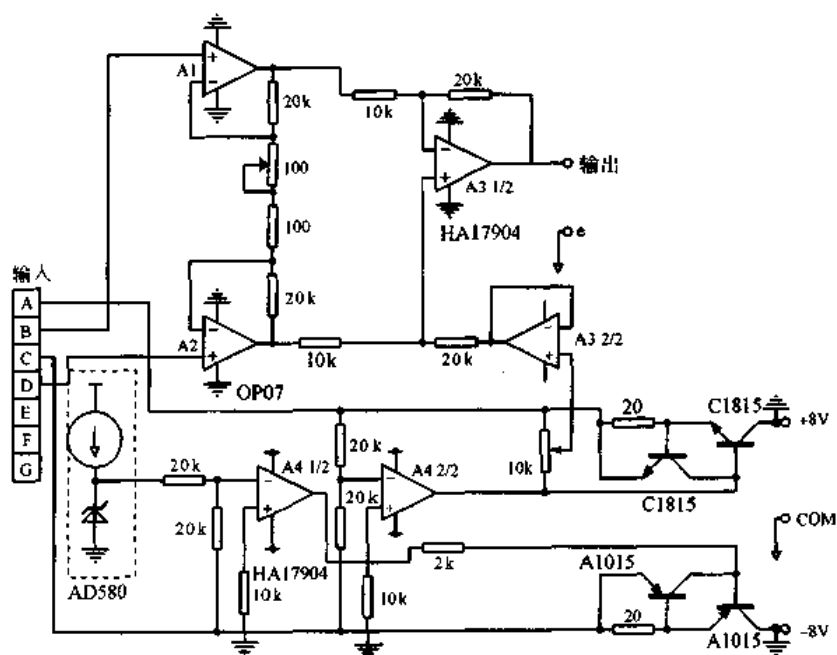
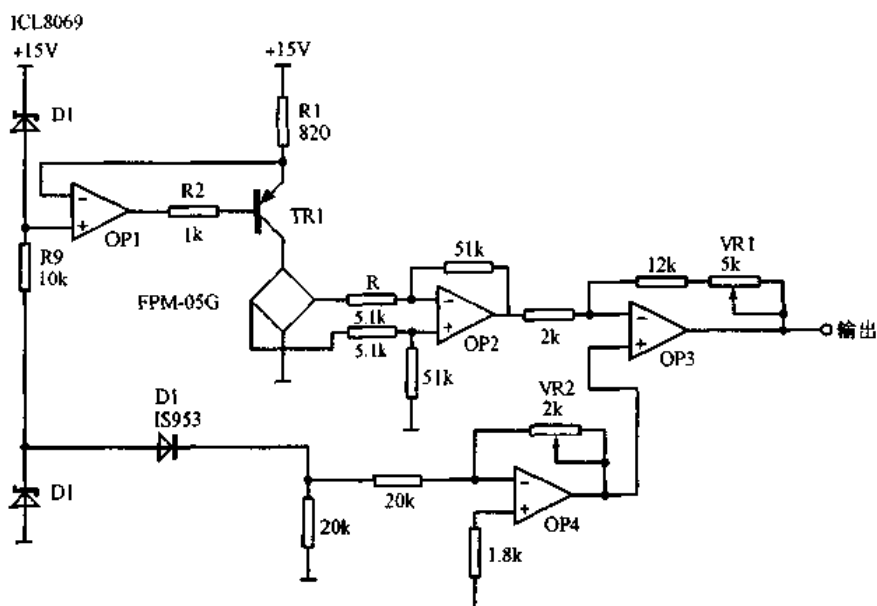
**1.25 电桥放大电路** 该电路采用有源电流反馈数放 AMP-01 作为电桥信号放大器，利用  $R_{p2}$  调节  $V_{os}$ ，调节  $R_{p1}$  使  $V_{id} = 0V$ ，用  $R_f$  来设定  $A_d$ ，可实现高精度信号放大。

**1.26 多功能转换电路** 图为传感器线性化电路中一种多功能转换电路。它实质上是一种单片函数发生器，其中  $R_1$ 、 $R_2$  为外接指数调节电路。该电路可实现多种运算，而与传感器线性化处理有关的是开方与乘方的指数运算。输出为：  

$$V_o = V_i (V_i / V_s)^m \quad (0.2 \leq m \leq 5)$$



**1.27 压力传感器模块电路** 用 OP1、D1、TR1、R1 构成恒流源电路，为压力传感器提供恒流驱动方式，恒流源电流  $I$  由  $V_{D1}/R_1$  决定。OP2 对传感器的输出信号进行初级放大，OP4 和二极管 IS953 用于补偿传感器零位温度特性，OP3 用于对传感器进行放大和调整电平。

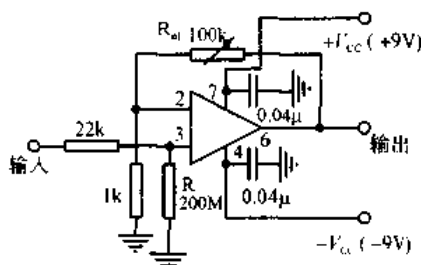


**1.28 应变式压力传感器调节电路** 采用应变式压力变换器进行计测和控制，电桥的输出电压为毫伏级，需要调节器进行处理。调节器主要包括电桥供电电路、电桥平衡电路和放大电路。传感器输出电压与电桥电压  $E$  成正比，若  $E$  变大，放大电路本身的漂移和噪声相对变小，但应变电阻电流过大，电片本身发热增大。故应适当选择  $E$ 。放大电路中，为使输出级和零位调整电路的漂移影响变小，则应使初级分担较大增益。

## 第二章

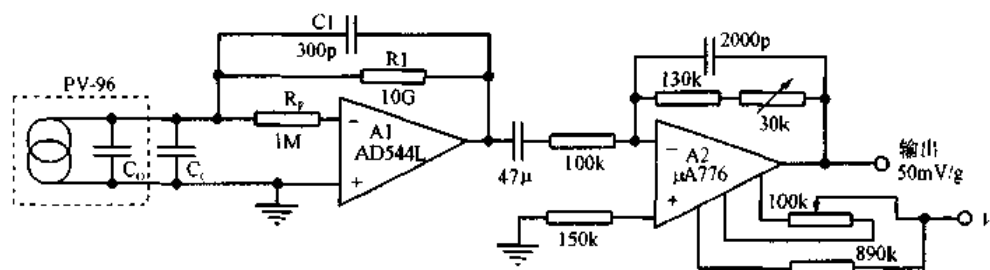
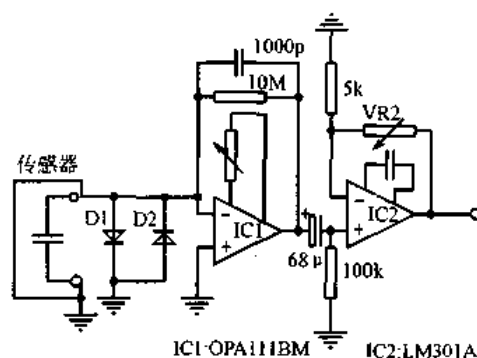
### 加速度传感器电路

本章主要介绍了传统的压电加速度计、伺服加速度计及近年来迅速发展起来的压阻式加速度传感器的应用电路,同时介绍了在加速度传感器扩展应用中的一些实际应用电路,如倾斜仪、速度、冲击等传感器的应用电路。



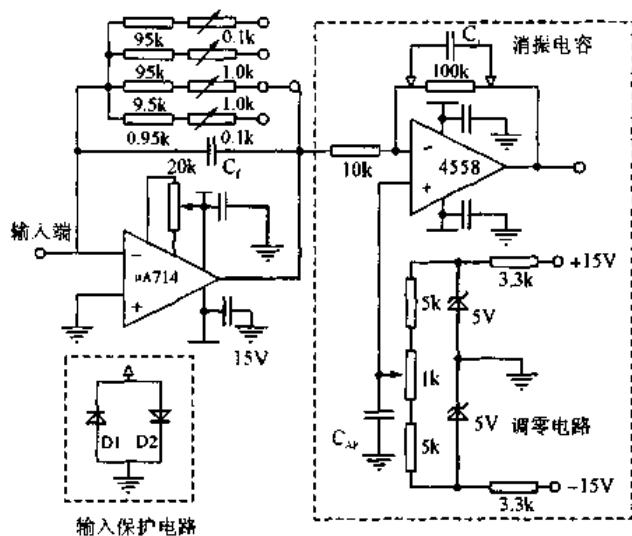
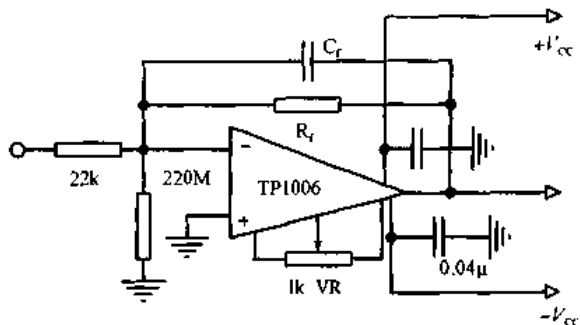
**2.1 压电加速度计的电压型放大器电路** 电压型放大器是输入阻抗很高的放大器,由于传感器输出电缆的电容变化会使输出电压随之改变,故通常 R 在内装放大器的压电式加速度传感器中使用。

**2.2 带过载保护的电荷放大器** 由于压电加速度传感器在过大的振动时产生的输出电压较大,即使是小型传感器质量为  $10 \sim 20\text{g}$ ,在最大振推动时,单值输出电压,有时也达到  $50 \sim 100\text{V}$ ,故使用中不仅要考虑放大器的线性度,更要注意其过压保护。本电路给出了一种带过载保护的电荷放大器,它采用两个二极管实现双向电压保护。

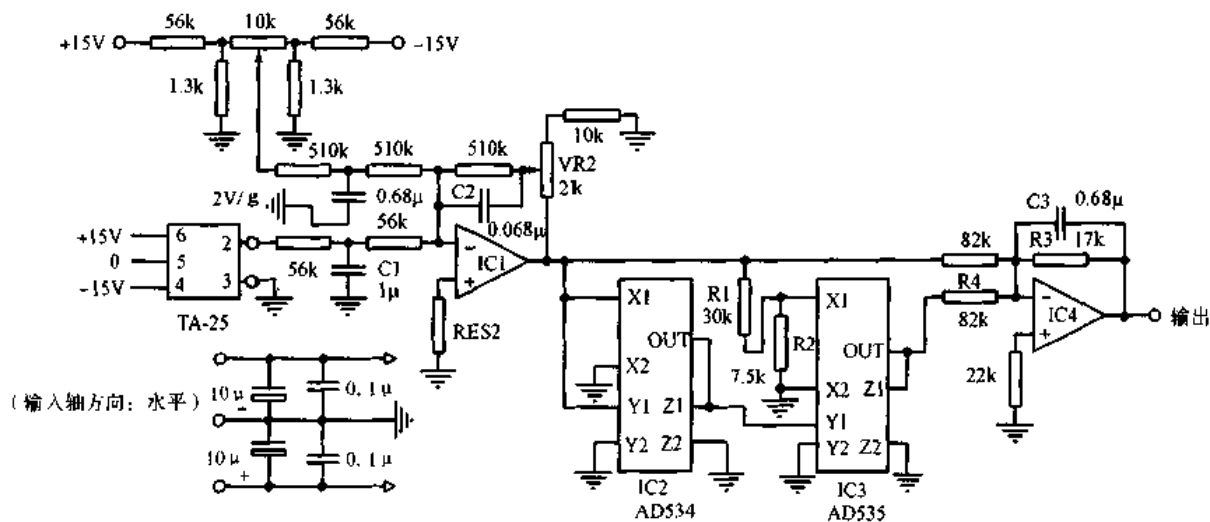


**2.3 压电加速度传感器检测微振电路** 本电路给出用压电加速度 PV-96 检测微振动的电路。该电路由电荷放大器和电压调整放大器组成。其低频响应由反馈电容 C1 和反馈电阻 R1 决定。电路中引入  $R_f$  用于过载保护。按图中的电路参数,可达到如下标准:低频截止频率为  $0.053\text{Hz}$ ,噪声电平在  $0.1 \sim 10\text{Hz}$  之间等效为  $0.6 \times 10^{-6}\text{g}$ 。因此,使用 PV-96 的微振动检测仪,其测量范围,加速度为  $2 \times 10^{-6}\text{g}$ ,振动频率为  $0.1 \sim 100\text{Hz}$ 。

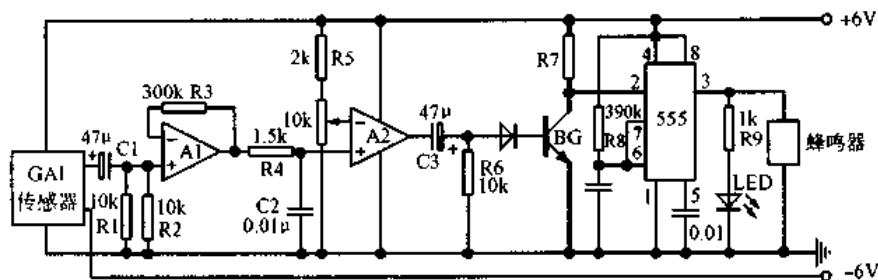
**2.4 压电加速度计的电荷型放大器电路** 电荷型放大器的特点是频带宽。在负反馈电路中,由分流电容决定增益大小,通过传感器输出电缆电容使放大信号不变。此放大器由高增益运放和负反馈电容构成。下限频率由  $C_f$  和  $R_f$  决定。



**2.5 电流-电压变换电路** 电路采用  $\mu A714$  作变换用运算放大器。该电路的输入电流变换范围是  $\pm 1\mu A \sim \pm 1m\mu A$ , 分成 4 个量程, 在满量程输入时,  $V_{out1}$  为  $\pm 1V$ ,  $V_{out2}$  为  $\pm 10V$ 。电路的后级是增益为 10 倍的反向电压放大电路, 运算放大器正输入端的电路用于调节  $V_{out2}$  输出的零点。

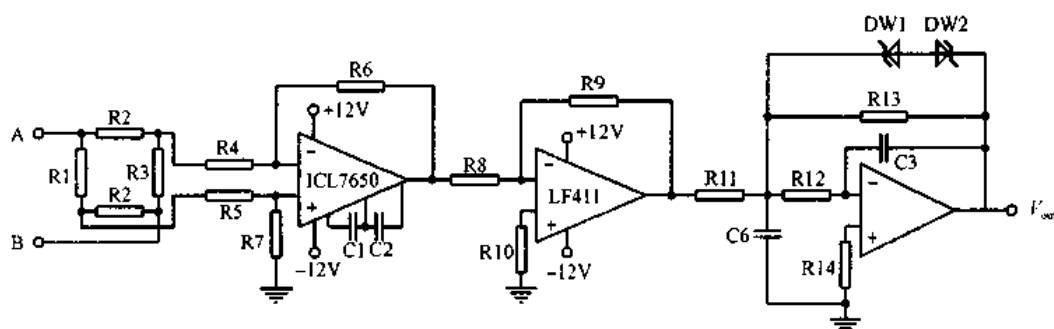


**2.6 TA-25 伺服加速度计用于倾斜仪的电路** 该电路给出用伺服加速度计 TA-25 测量物体倾斜的测量电路。以传感器的输入轴为水平方向,由此可检测与水平方向的倾斜角。加速度的输出经运放 IC1 实现放大、滤波、零点和增益调节等功能。IC1 输出的电压信号仍然与所受的加速度成正比,而与倾斜的角度成正弦关系。通过 IC2, IC3 和 IC4 做近似的反正弦计算,便可以输出与倾斜角  $\theta$  成比例的电压信号。在  $\theta = 50^\circ$  时,误差在  $-1^\circ$  以内;  $\theta = 60^\circ$  时,则为  $-3^\circ$  左右。

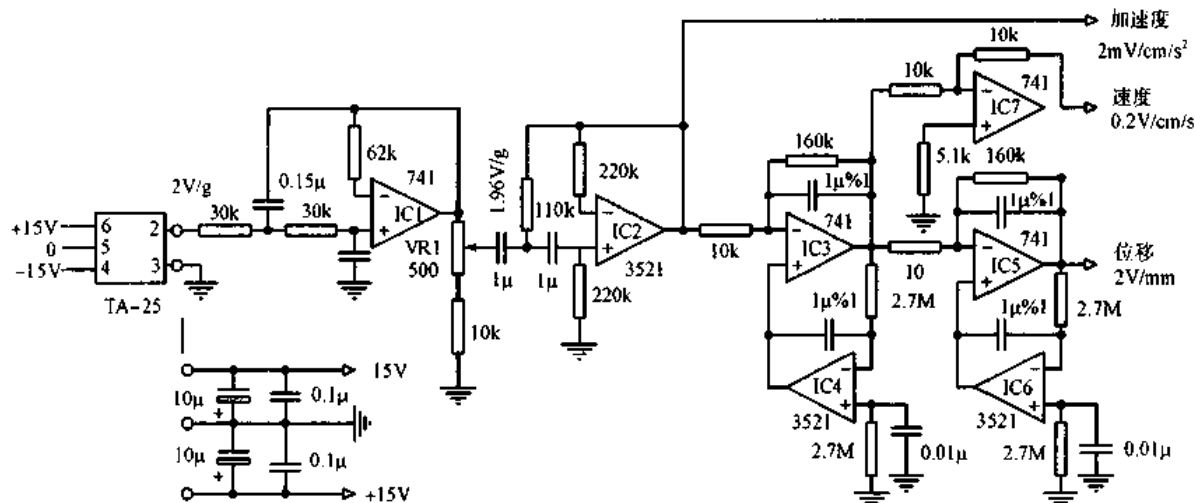


**2.7 压电加速度计用于冲击检测的电路** 图中的GAI传感器采用聚偏二氟乙烯等压电薄膜材料研制成的分塑料压电加速度传感器。它与后接的电路组合在一起,可用于冲击测

量设备中。该电路由比例放大器、电压比较器和电平转换器构成。当冲击达到某一值时,电压比较器A2输出某一开关量信号,经过三极管BG驱动555构成的单稳触发器,使LED灯亮,并驱动蜂鸣器。电路中BG前的二极管可增加延迟BG的导通时间。

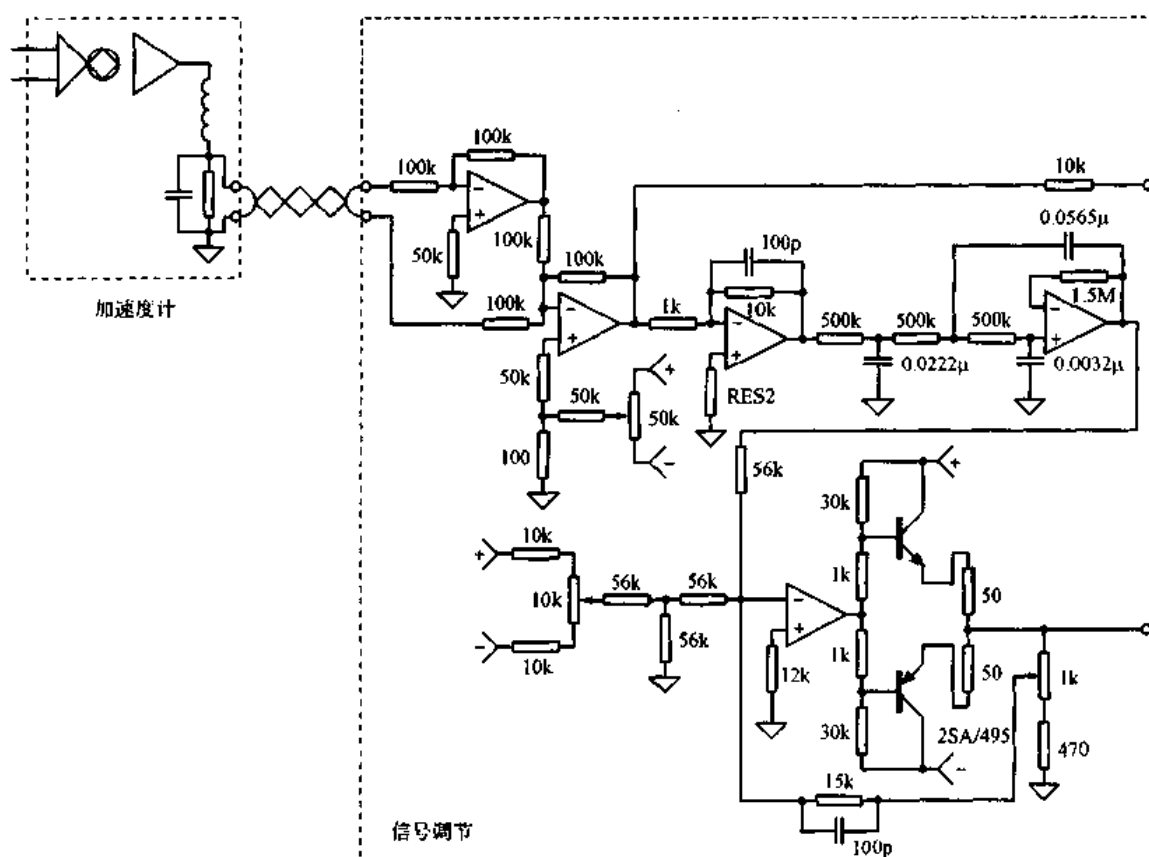
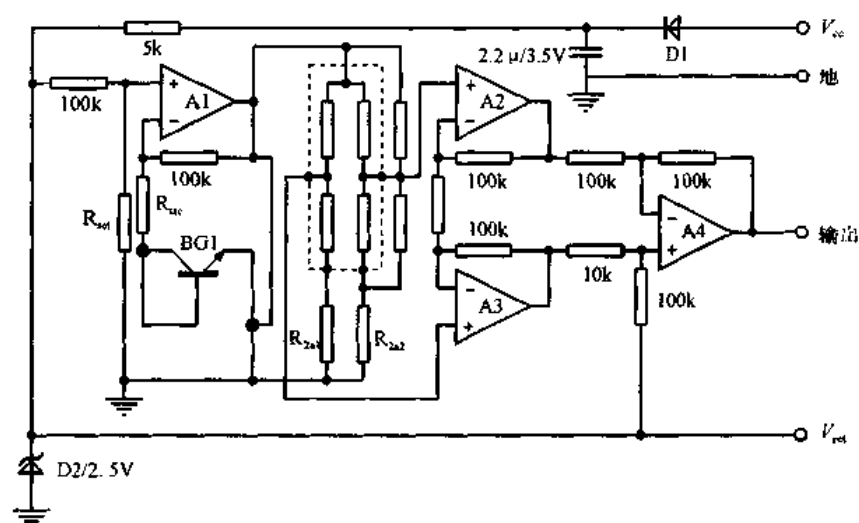


**2.8 气体摆式倾角传感器电路** 该电路包括放大滤波、补偿、限幅等几部分。传感器采用 $\pm 15\text{VDC}$ 电源组成,整个电路均采用 $\pm 12\text{VDC}$ 供电,电桥有效输出 $\pm 10\text{mV}$ 以内,经三级放大后得到大于 $300\text{mV}/^\circ\text{C}$ 的比例系数。第三级放大兼做有源滤波器,输出电压噪声在 $\pm 3\text{mV}$ 以下。



**2.9 TA-25 伺服加速度计用于振动测试的电路** 该电路给出用加速度传感器检测周期性振动的测试电路。振动频率为 $1 \sim 50\text{Hz}$ 。加速度计的输出经IC1低通和IC2高通滤波器,给出振动加速度信号输出。该输出通过以IC3和IC4构成的交流积分器,变换为振动速度信号,再以IC5和IC6交流积分器获得振动位移信号。电路IC3~IC9外接阻容元件,要求其偏差小于1%,从而不再进行调整。IC2,IC4,IC6使用FET场效应管输入的低漂移运算放大器。

**2.10 压阻加速度计的信号调整电路** 电路中 A1 和 BG1 组成一温控电压源, 为压阻电阻构成的测量电桥供电, 以补偿其灵敏度的负温度系数。电桥的输出与所测的加速度成正比, 该电压信号经过具有高共模抑制比的数据放大器进行放大。需要用单电源供电, 其输出以 2.5V 为基准, 可上、下摆幅近 2.5V, 实现 0~5V 的电压输出。

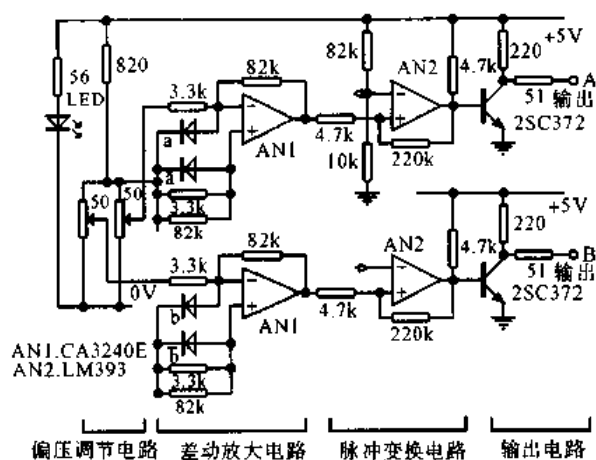


**2.11 伺服线性加速度计的应用电路** 伺服线性加速度计可用于高精度检测静态加速度或低频加速度, 其线性度为 0.03%, 分辨率小于 0.002%。如图为其信号调节器的设计电路, 电路中为减小传感器与调节器间的噪音, 使用多股屏蔽绞合线, 采用差分放大器接收信号, 另外装上传感器零位输出微调电位器。若输入电压  $E_0$  接上积分电路, 则可求出速度和位移。

## 第三章

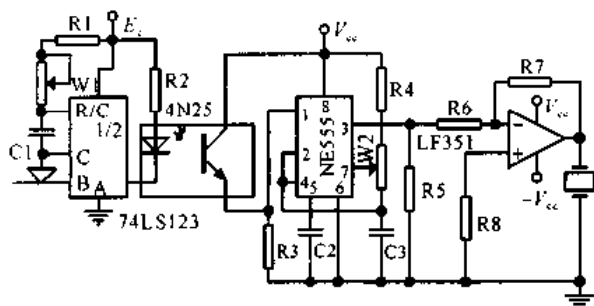
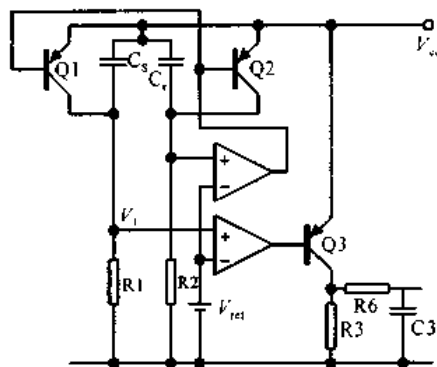
### 位移与物位传感器电路

本章介绍了位移、距离、位置与液面等物位传感器的实用电路。电路包括电感式、电容式、压阻式、差动变压式、磁阻式位移传感器电路,以及超声距离、涡流距离、光电位置、超声波液位、电容式液位、热电型红外传感器的实用电路。



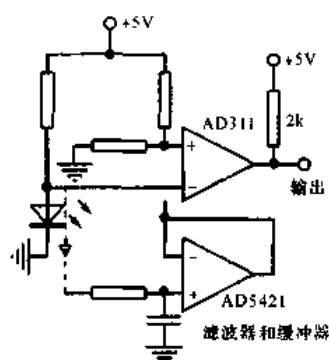
**3.1 信号相位差输出电路** 从光电二极管输出的  $a$ ,  $\bar{a}$ ,  $b$ ,  $\bar{b}$  信号用差动放大电路放大 28dB, 差动放大电路利用 CMR 消除重叠在光电二极管信号上的噪声, 应尽可能使各光电二极管到差动放大器输入的图像相等, 将各光电二极管的信号共模化。此外, 差动放大电路消除了发光二极管的温度变动和电源电压变动的影响。

**3.2 单电容式脉冲调宽电路**  $C_s$  为传感器电容,  $C_r$  为参比电容, 分别与  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $Q_1$ ,  $Q_2$  构成充放电电路。  $C_r$ ,  $R_2$  和比较器基准电平  $V_{ref}$  决定电路的振荡频率, 该电路结构简单、使用灵活、调整方便, 对单电容变化是有线性输出、选用匹配性能良好的器件  $Q_1$ / $Q_2$ ,  $R_1$ / $R_2$ , 比较器 1/比较器 2 可使电路具有较好的温度补偿作用。

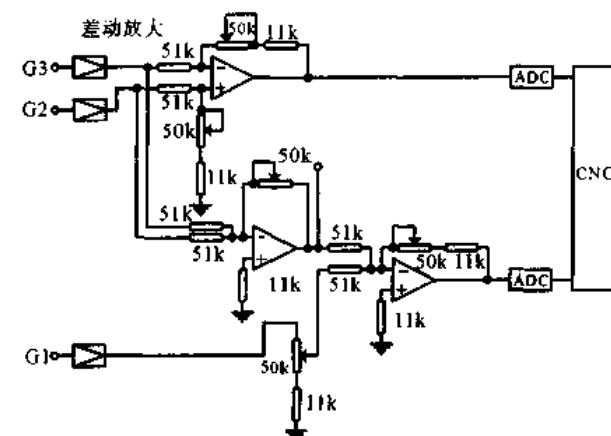


**3.3 80198 单片机 H80 口输出一脉宽仅为几微秒的窄脉冲触发单程电路** 74LS123 使之输出一宽度为 8~10 个探头谐振周期的脉冲, 利用芯片口吸收电流大的特点, 直接驱动光电隔离器 4N25。NE555 构成一可控方波, 其振荡与探头谐振频率一致, 4N25 的光敏管输出控制 NE555 的 Reset 脚与 NE555 的 4 脚为高电平时、振荡器振荡为低电平时停振。

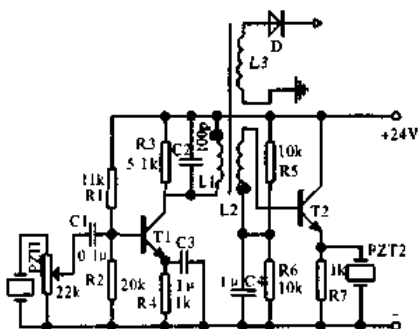
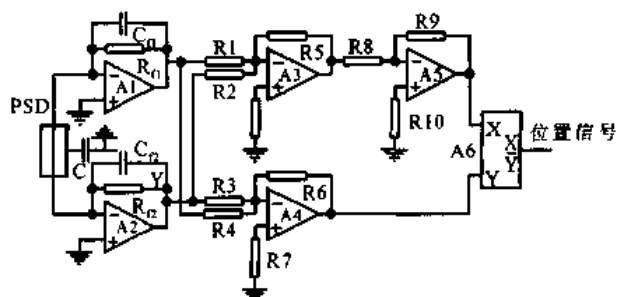
**3.4 中心偏移量运算电路** 差动变压器的初级激励磁电压的选择应考虑到漂移及调整的方便。初级激励磁电压经放大、整流变换成直流电压信号。对运算电路的调整是通过基准电压发生器施加输入电压进行的。运算精度可控制在  $\pm 0.5\text{mV}$  (换算成位移为  $\pm 0.5\mu\text{m}$ ) 之内。



**3.5 液面光学检测电路** AD311 作为比较器, 将光电管上的电平同标准设定电平比较, 判别液面位置。如果液面运动引起过大的噪声, 可考虑在二极管和比较器间接入滤波器; 也可以从比较器输出端引入少量的正反馈, 产生常滞后作用, 避免低频噪声引起比较器频繁反号。

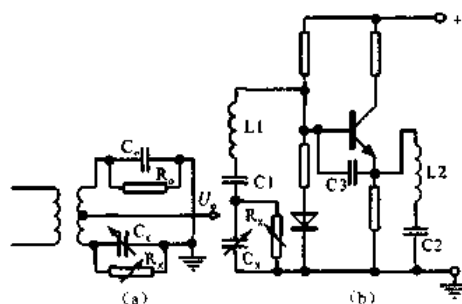


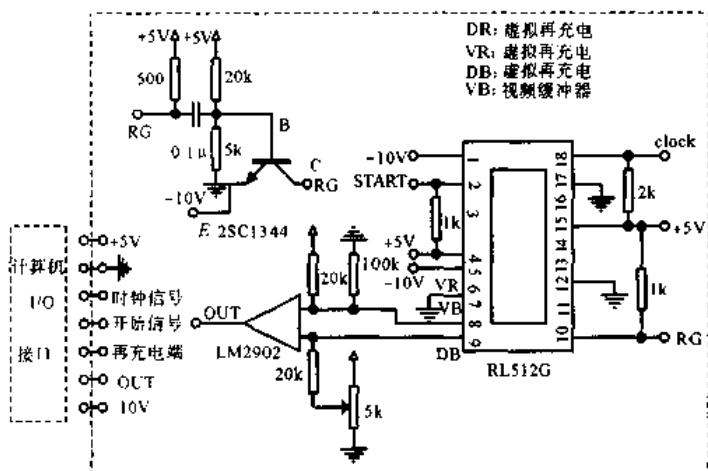
**3.6 一维光电位置敏感元件调理电路** 光电位置敏感器件是一种对其感光面上入射光点位置敏感的光电器件。A1、A2 为光电流—电压转换部分, 采用低输入偏置电流的高精度运放。A3, A4, A5 分别构成加法器、减法器、反相器。A6 为除法器。



**3.7 超声波液位开关振荡电路** 接收元件 PZT1 在超声波形成的交变压力作用下产生交流电压, 经晶体管 T1 放大后, 作用在变压器原边 L1 上。L1 与电容 C2 并联, 起选频作用。变压器副边 L2 的电压经过射极输出, 晶体管 T2 驱动发射元件 PZT2, 相位满足正反馈的条件下电路就会起振。变压器的另一个副边 L3 有交流输出, 经二极管 D 检波后输出开关信号。

**3.8 起振停振型位式传感器电路** L2C2 谐振电路通过 C3 对 L1C1 和  $C_xR_x$  组成的谐振电路进行正反馈, 如果  $L_1 = L_2$ , 则在  $R_x = \infty$ , 而  $C_1$  和  $C_x$  串联值等于  $C_2$  时, 正反馈形成电路起振,  $R_x$  如果减少, 在相位和幅值两方面破坏振荡使电路停振。

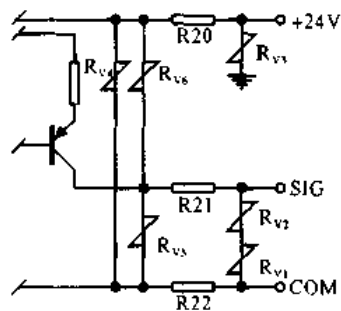
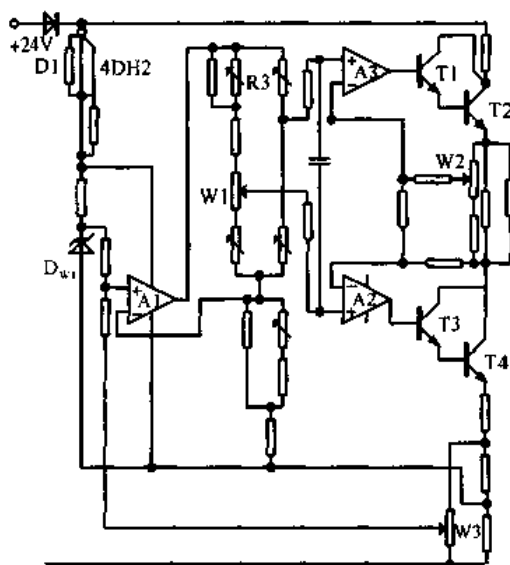




### 3.9 RL512G 信号放大电路

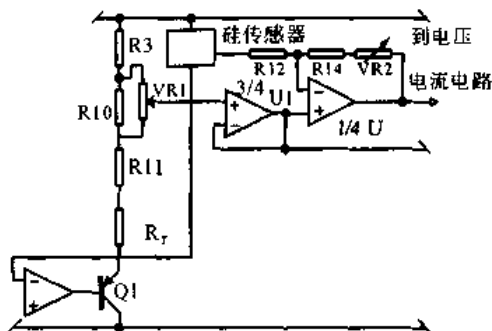
2SC1344 作成大振幅脉冲并加上再充电选通脉冲。起始脉冲、时钟脉冲和再充电选通脉冲应用计算机软件提供。定时方面,因为一次脉冲循环  $70\mu s$ ,驱动 512 位的传感器约  $30ms$ 。从 RL512G 的数据特征看,这一数字由于暗电流的关系,正确的光量比例数据可能稍有损失,然而给计算机的输入仅是 ON 和 OFF 信号,十分有效。用  $51\Omega$  的电位器可任意给定 ON 和 OFF 电平。

**3.10 压阻差动输入变送电路** 电路由传感器测量桥路、恒流源、稳压网络、桥路信号放大转换网络、非线性修正 5 部分构成。运放 A1, W3 构成非线性校正网络,电路采用恒流供电,电桥输出不受温度影响。桥臂产生差动信号段由 A2, A3 放大后,由 T1 ~ T4 复合管转换成  $4 \sim 20mA$  电流信号, W1 为调零电位器, W2 为调量程电位器, W3 为调线性电位器。

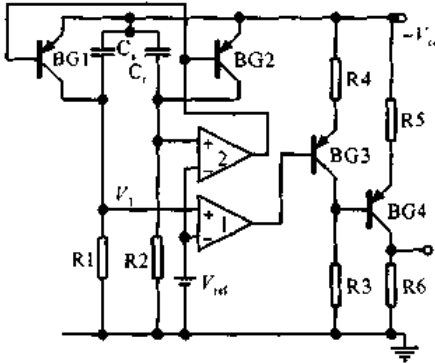
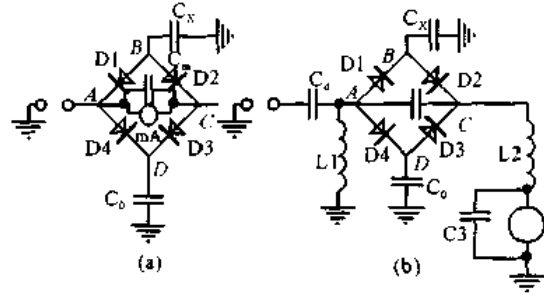


**3.11 避雷电路** 此电路可用于许多应用电路的外围,对电路进行保护。 $R_{V1} \sim R_{V6}$  为氧化锌可变电阻,正常情况下,阻值很大,相当于开路,不起作用。但当有电压冲击时,阻值突然变小,泄放冲击,可用做半导体浪涌电压吸收器,从而对应电路实现保护。 $R_{20} \sim R_{22}$  用作线间可变电阻的限流元件。

**3.12 电压放大电路** 半导体传感器的输出通过运放 1/4U 放大变换成  $0 \sim 4V$  DC 信号。可变电阻 VR1 和 VR2 分别用作调整检测器的零位和动态范围。 $R_T$  是温度补偿用热敏电阻。

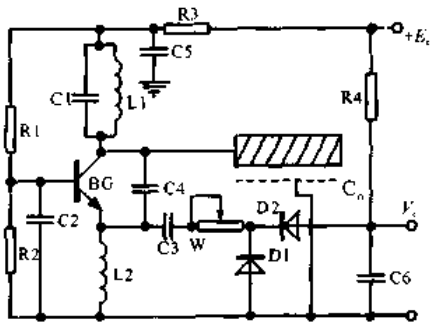
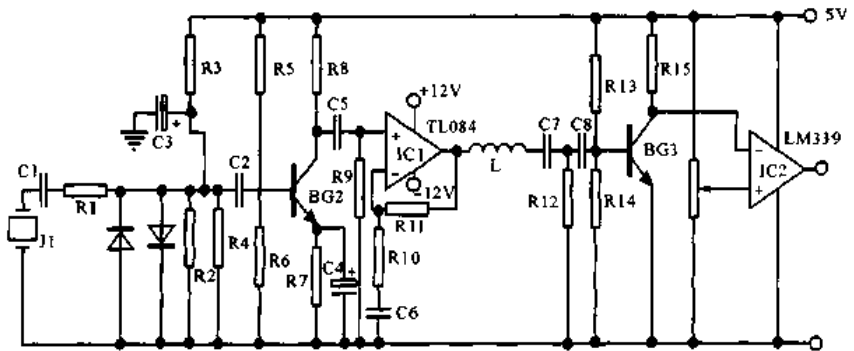


**3.13 环形二极管电桥式电容传感电路** 图(b)为图(a)的改进形式。主要是考虑到图(a)中的毫安表不接地,不利于和电子放大线路配合,且引线的分布电容会带来误差。表头经电感  $L_2$  接在  $C$  点和地之间,并用  $L_1$  将  $A$  点和地相连,使直流分量  $I$  通过毫安表,交流分量仍从  $C_x$  上通过,同时在方波输入端加串联电容  $C_s$  隔断直流通路。

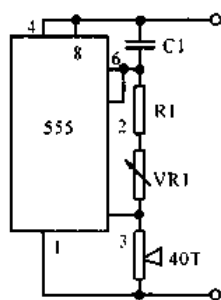


**3.14 电容式液位计测量电路**  $C_s$  为传感器电容,  $C_r$  为参考电容,  $C_1, C_2$  分别与  $R_1, R_2, BG_1, BG_2$  构成充放电电路。当电源接通时,  $C_s$  略大,  $R_1 = R_2$ , 故  $V_1$  先达到参考电平  $V_r$ , 比较器 1 翻转输出电平由高变低; 当  $V_2$  达到  $V_r$ , 比较器 2 翻转, 开关管  $BG_1, BG_2$  导通,  $C_s, C_r$  迅速放电,  $V_1, V_2$  上升至高电平, 完成一次充放电周期。

**3.15 信号接收电路** 电路的功能是将微小交变电压信号充分放大, 驱动比较器输出电位跳变, 作为确定接收时的信号。电路中第一级为场效应管晶体管射随器, 特点是具有高输入阻抗, 可与接收晶体匹配, 进行电流放大, 信号经后面的两级放大后, 由电感电容串联谐振电路进行带通滤波, 其中心频率是超声波基频。比较器将其准信号同输入信号进行比较, 产生输出控制信号。

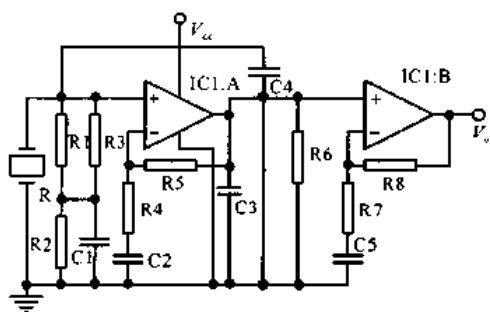
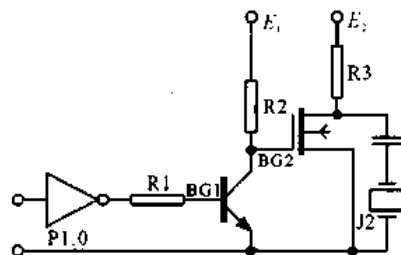


**3.16 接近传感器电路** 当人体接近金属棒时,  $C_s$  变大,  $C_s$  和  $C_4$  并联后使反馈电容变大, 加感振荡器的振荡条件遭到破坏, 因而停振或微小振荡, 经  $D_1, D_2$  检波后, 输出  $V_o$  为低电平。相反, 当人体未接近金属棒时,  $C_s$  为  $0F$ ,  $C_4$  使加感振荡器电路正常振荡, 经  $D_1$  和  $D_2$  检测后, 输出  $V_o$  为高电平。图中  $C_s$  是人体和金属棒之间形成的电容。电路的振荡频率  $f_1 = \frac{QR}{2\pi f_0}$ , 式中,  $Q$  是  $L_1, C_1$  谐振电路的品质因数,  $R$  是谐振电路的等效电阻。接近传感器的主要性能是停振距离  $S = KW/C_s(\text{cm})$ , 式中,  $K$  是常数, 一般为  $0.04 \sim 0.4$ ,  $W$  是电位器电阻 ( $\Omega$ ),  $C_4$  是反馈电容器电容 ( $pF$ )。

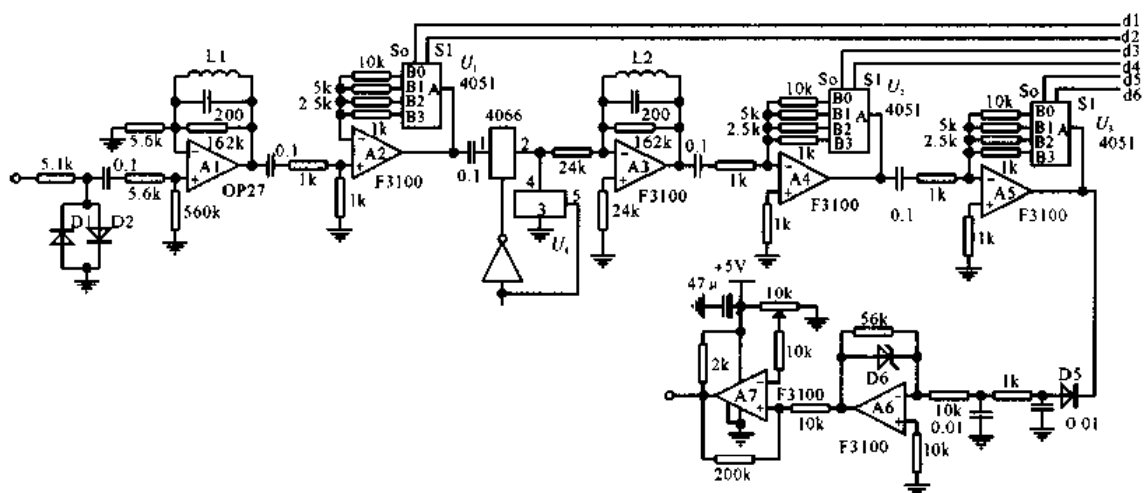


**3.17 采用 555 片的发射驱动电路** 电路中用 VR1 将频率调节到换能器的频率上, 占定因数约为 1。555 为时基集成电路, 只需要很少的附加元件即可构成一个简单的发射电路。

**3.18 电压充放电发射电路** 采用 VMOS 场效应管作为开关元件的电路, 具有驱动简单、开关速度快、控制灵活的特点。其波形具有良好的重复性, 非常适合精确测距的需要。应注意到控制放电时间十分重要, 无论太短或太长, 晶体都不能产生较大的振幅。最佳放电时间  $T$  应为晶振周期  $T_s$  的一半。 $R_2$  值对放电波形的幅度变化和振荡时间均有影响, 应适当选择。

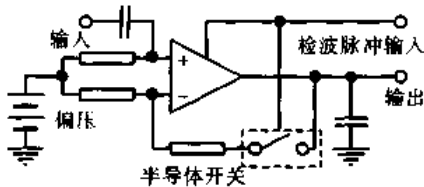
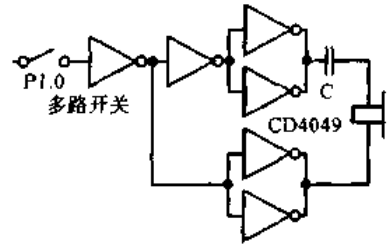


**3.19 接收换能器放大单元电路** 电路采用单电源供电的电流放大电路。使用时运放输入端电平应抬高至  $1/2$  电源电位,  $R_1$  和  $R_2$  即完成此功能。第一级放大电路的前向通道中没有耦合电容, 目的是减少电子元件引入的噪声。为保证带宽采用两级放大带宽的设计, 应根据不同运放从大信号和小信号输入两方面进行计算。电容  $C_1$  可以抑制失调电压, 电阻  $R_3$  用于阻抗匹配, 电容  $C_3$  用来防止电路振荡。



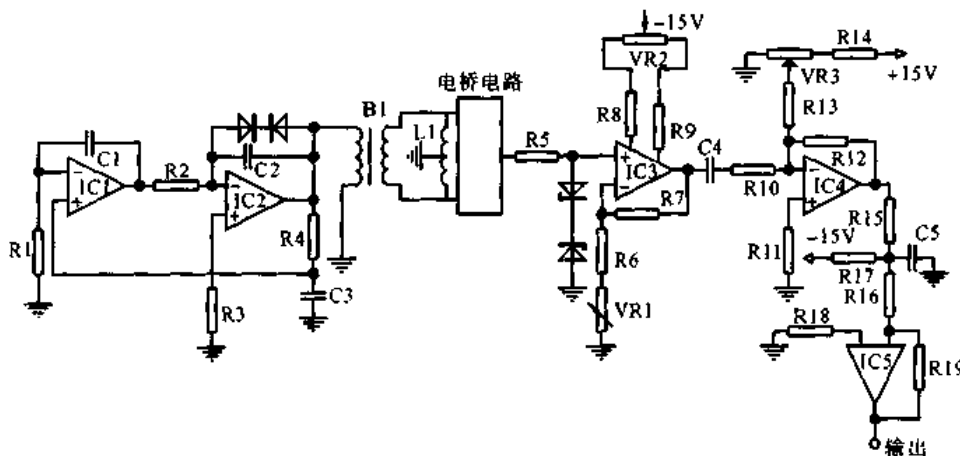
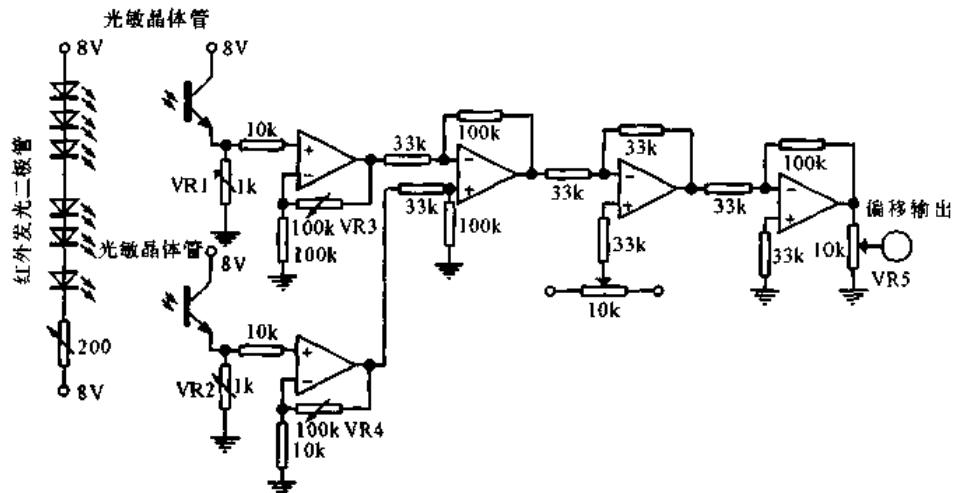
**3.20 超声回波接收电路** A1, A3 组成选频放大电路, A2, A4, A5 组成可编程的放大器, A6 为限幅放大电路, A7 为整形电路。超声回波信号经选频电路选出, 并经可编程放大器放大, 由检波电路检出回波脉冲信号, 经放大整形后输出回波脉冲信号。D1, D2 组成限幅隔离电路, 4066 为模拟开关电路保证在发射时可可靠关闭接收电路, 避免干扰。电路采用了可编程时间增益控制技术, 具有增益控制方便、精度好、范围宽的特点。

**3.21 单片机系统中的驱动电路** 采用单片机控制的超声测距系统具有高精度低成本的特点。电路中单片机的 P1.0 脚产生一个矩形波,通过 CD4049 输出,叠加在发射换能器上。电路的平均功率很小,CD4049 少许发热不是严重问题。



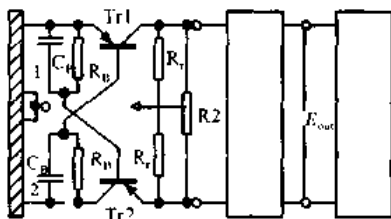
**3.22 集成化检波电路** 此电路在无接收脉冲输入时不工作,当有检波脉冲时半导体开关导通,电路构成射随器,输出端产生信号输出。运放可以是 JFET 输入型,也可以是双电极 Tr 输入型,主要考虑噪声影响情况。

**3.23 偏移检测电路中的接口电路** 光敏晶体管接收红外发光二极管发出的红外线,当无偏移时输出为 0V,当有偏移存在时,光敏晶体管接收了红外线的变化,导致其输出发生变化。此信号经过初级放大后进入差分放大器,再进入输出缓冲器。VR3、VR4 用作增益调整,VR5 用作输出调整。



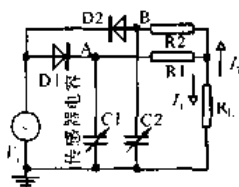
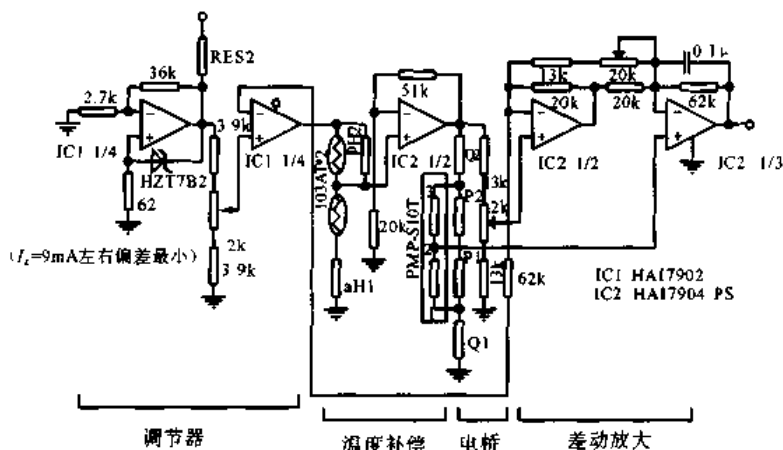
**3.24 电流法距离测定电路** IC1, IC2 组成正弦波发生器,发出频率为 1~100kHz 的正弦波加到变压器 B1,变压器的正弦输出加在电桥电路上。金属材料表面的涡流变化通过电桥的

不平衡状态体现出来,涡流的变化由 IC3 检测放大器放大,由 IC4 交流放大器把涡流的变化取出放大,由 IC5 最后放大输出。VR1 用作灵敏度调整,VR2 作 IC3 的零点调整,VR3 作电平调整。

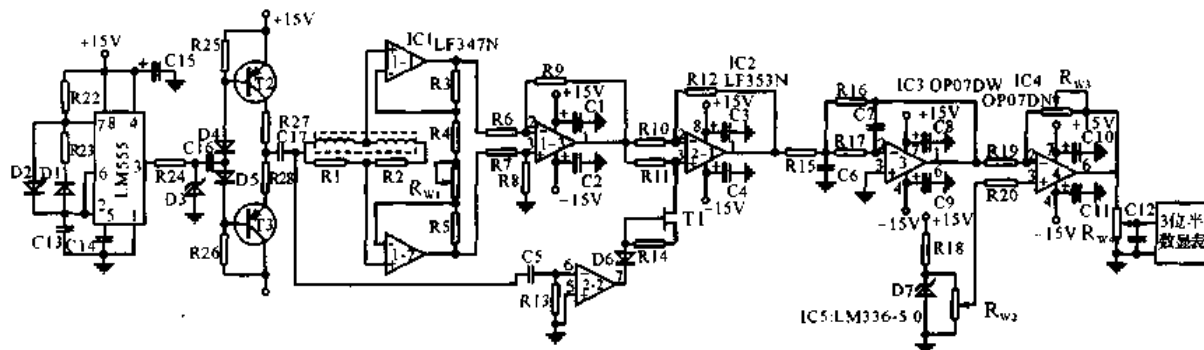


**3.25 非晶体位移传感器测量电路** 探头与测量电路如图, 图中  $Tr_1$  与  $Tr_2$  为快速开关管,  $E$  为直流稳压电源,  $R_2$  为调零电阻。探头下方为具有高稳定磁性能的  $Nd-Fe-B$  永久磁铁。两线圈直接绕在三根长为 54mm, 直径为  $120\mu m$  的零磁制伸缩系数非晶丝上。由于两线圈距离为 10mm, 两线圈可视为独立磁化, 两线圈间的漏磁通大于 80%。当永久磁铁的磁场仅加于线圈 2 时, 线圈 1 可视为参考线圈, 多谐振桥路不平衡。通过有源滤波器对多谐振桥路输出出来的信号进行滤波, 可得到一直流输出电压  $E_{out}$ , 此电压可用直流数字电压计检测。

**3.26 采用磁阻元件的位移传感器电路** 该电路是在  $\pm 10^\circ C$  时, 把传感器的输出变换成  $(3 \pm 2)V$ , 电源电压在 10~20V 的范围能稳定工作。在采用磁阻元件的非接触型位移传感器中, 还有其他旋转型、直线位移型、压力变换型等等, 这些也都利用同样的电路。

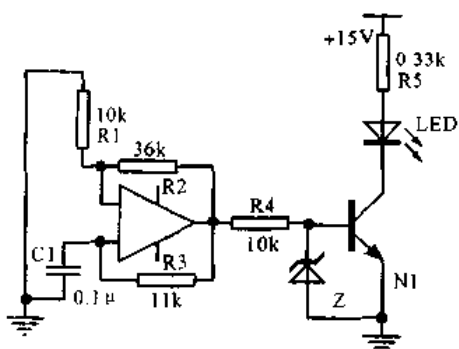
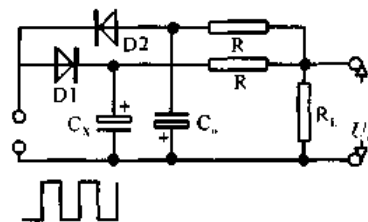


**3.27 电容式传感器的位数电桥测量电路** 图中  $V_1$  是高频电源, 当  $V_1$  在正半周时, 二极管  $D_1$  导通,  $D_2$  截止,  $C_1$  充电; 当  $V_1$  在负半周时, 电容  $C_1$  上的电流经  $R_1$ 、 $R_2$  放电。若  $C_1 = C_2$ ,  $R_1 = R_2$ , 且二极管  $D_1$  和  $D_2$  的特性相同, 则在一个周期内, 经过  $R_2$  的平均电流为 0A。



**3.28 电感式位移传感器的测量电路** 传感器采用 CWG50 型  $\pm 50mm$  电感式位移传感器。测量电桥由 10kHz 稳幅正弦波激励。电桥输出送入差动放大器进行放大, 调节  $R_{w1}$  可以改变差动放大器的增益。差动输出的信号由  $IC_2-1$  和  $T_1$  组成的相敏检波器检波, 并经  $IC_2-2$  整形后得到, 用以控制  $T_1$  的通断,  $IC_3$  构成二阶无限增益多路反馈低通滤波器, 其特性设计为 1dB 切比雪夫型, 截频点  $f_c = 30Hz$ , 增益  $G = 1$ 。

**3.29 电容器式位移传感器应用电路** 用对称方波经二极管 D1、D2 给待测电容式位移传感器的电容  $C_x$  和参比电容  $C_0$  充电。正半周时向  $C_x$  充电，负半周时向  $C_0$  充电。在其余时刻，两电容经电阻  $R$  及  $R_L$  放电。倘若两电容相等， $R_L$  上的电流为 0A，则无输出；否则，在  $R_L$  两端将有直流电压  $U_0$ 。电路的输出阻抗取决于  $R$  值，一般  $R$  为  $1 \sim 100k\Omega$ ，能够接毫安表指示，其方波电源应稳幅稳频。频率为  $1.3MHz$ ，电压为  $46V$  时，电容  $C_x$  在  $-7 \sim +7pF$  之间改变，可在  $1M\Omega$  的  $R_L$  上得到  $-5 \sim +5V$  的电压。

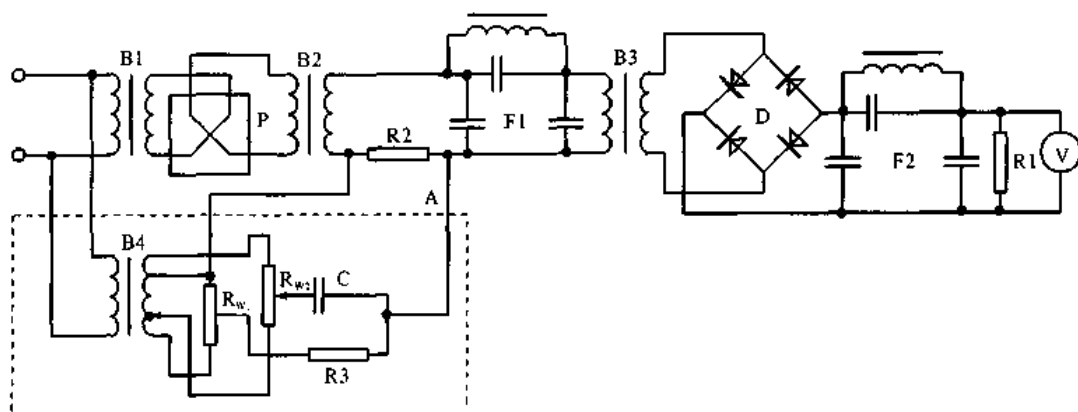
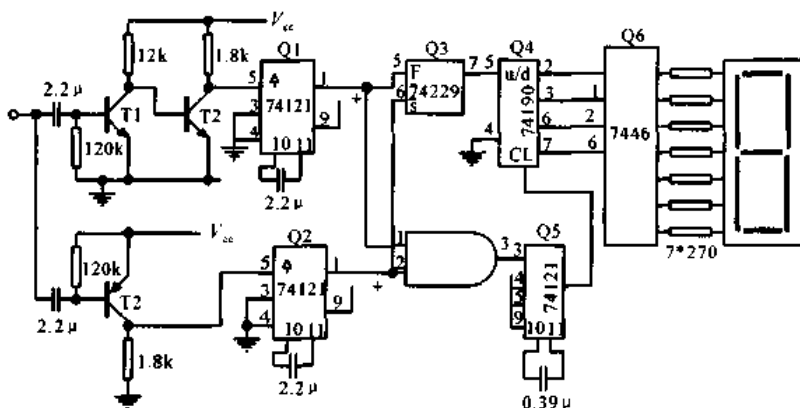


**3.30 光源驱动电路** 以半导体发光二极管 LED 作为光源，采用脉冲频率调制驱动电路，这样不仅可使 LED 发光稳定，而且在光接收电路设计上容易实现，以消除周围光和光学上的外部干扰。脉冲产生部分是以 IC 及外围阻容元件组成的方波发生器。R3 和 C1 组成有延迟的反馈网络，稳压管 Z 对输出电压起限幅作用，脉冲频率由下式决定：

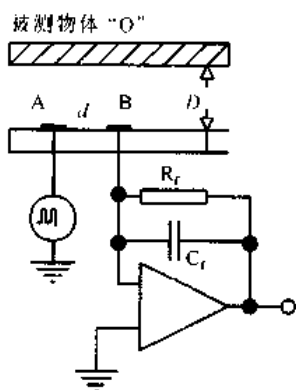
$$f = [2R_3 C_1 \ln(1 + \frac{2R_1}{R_2})]^{-1}$$

本文取  $f = 1000Hz$ ， $C_1$  为标称值  $0.1\mu F$ ，经计算其他元件值均标在图中。

**3.31 电容耦合位移传感器的计数电路** 本图是计数电路，T1 和 T2 检测在  $360^\circ$  时相位跳变的极性；Q1、Q2 是脉冲整形电路；Q3 控制 Q4 做加/减计数；Q5 产生计数脉冲，计数器输出经 Q6 译码，最后由七段 LED(发光二极管)显示出来。

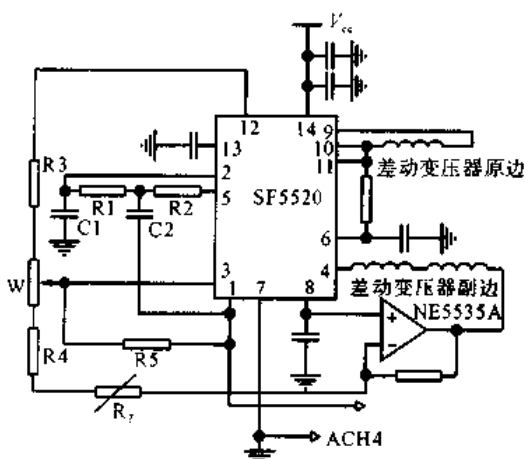
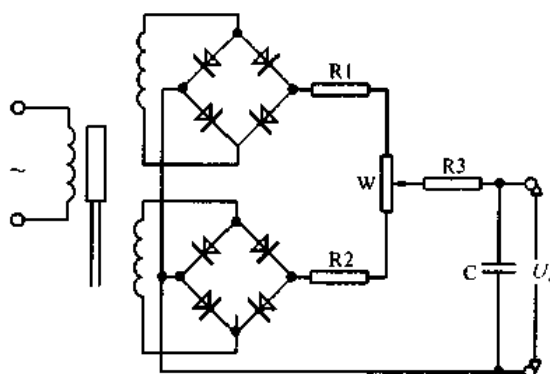


**3.32 压磁型力传感器的电路** 压磁式传感器是测力传感器的一种，它利用铁磁材料磁弹性效应，将被测力转换为电信号。图中 B1 为供给压磁元件 P 的一次绕组激励电压的降压变压器，B2 为外压变压器，F1 和 F2 为滤波器，D 为整流器，电路 A 是零电压补偿电路。



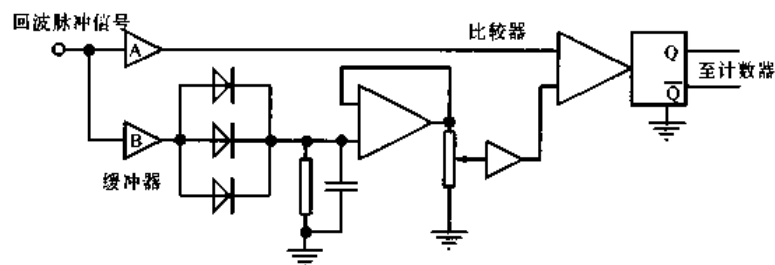
**3.33 电容式接近传感器电路** 物体“O”与极端的距离变化,电容  $C_{AB}$  也随之发生变化。极板 A 与一正弦波振荡器相连,极板 B 接一放大器,放大器输出电压  $V_o$  随  $C_{AB}$  而变化,进而测出极板与物体“O”的距离  $D$ 。由于  $C_{AB}$  与衬底的厚度  $\delta$  有关,为提高电容检测的动态范围和灵敏度,应使衬底的厚度  $\delta$  尽可能小。当极板间隙较大时,传感电路的动态范围稍大,动态范围的大小与检测极板的间距并不成比例变化。实验表明,当极板间距  $d \leq 100\text{mm}$  时,其动态范围  $\leq 400\text{mm}$ 。

**3.34 差动变压器位移传感器电路** 电路是将螺管式差动变压器的两个副边分别全波整流之后,按直流极性反向串联,在电位器滑点和两个全波整流的中点之间输出。这种办法同样可以判断位移方向和消除残余电压。差动变压器的灵敏度(即单位位移所引起的输出电压变化)与三个因素有关,即电源电压、变比(副边匝数与原边匝数之比)和电源频率。



**3.35 轴承间隙检测电路** 测量电路中,使用 SF5520 专用芯片,它用来配合差动变压器组成位移检测电路。该电路可大大简化差动变压器与单片微机(如 8098)的接口,并且能保证差动变压器的测试精度达到 1%,线性度优于 0.2%,温漂小于 0.05%。测量电路中  $R_f$  为正温度系数的热敏电阻,起温度补偿作用。高摆率双运 NE5535A 的输出作为  $N_2$  的直流偏置,1 脚输出的位移信号被送往 8098 的高速输入端口 ACH4 进行模数转换。

**3.36 超声测距系统的回波信号检测电路** 本电路采用了一种变阈值检测方式,使阈值大小随信号幅度变化,以获取精确的时间值。输入信号分别经由缓冲器 A 与 B,缓冲器 A 将信号送至比较器的一个输入端,缓冲器 B 则将信号送至半波整流和



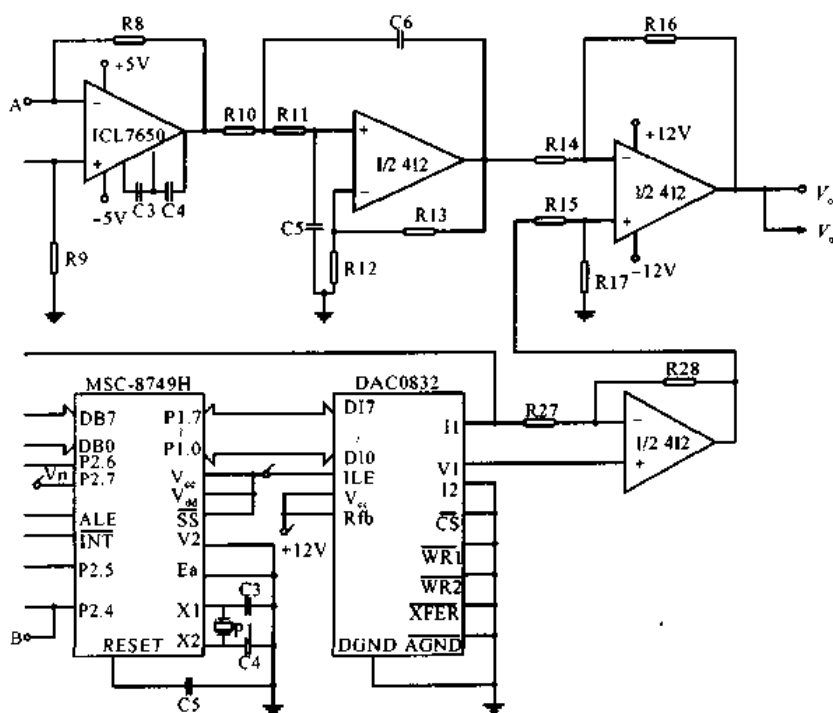
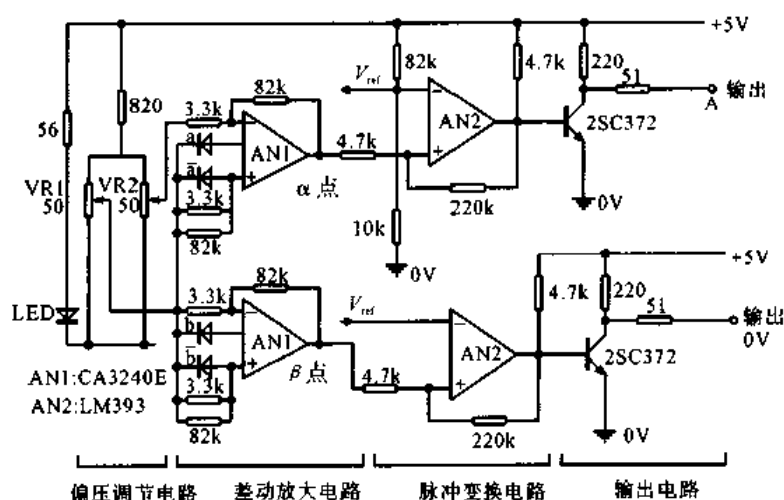
峰值电压存储电容。整流器的输出被运算放大器隔离,运算放大器的输出经电位器送至比较器的另一输入端。电容所存储的电压为信号脉冲的峰值电压与二极管正向压降之差。该电压是比较器的阈值电平,它随信号脉冲的幅度变化而变化,但总是高于噪声电压。当比较器输出状态改变时,回波脉冲的峰值电压总是超过阈值电平,而与低于这一电平的信号无关。

## 第四章

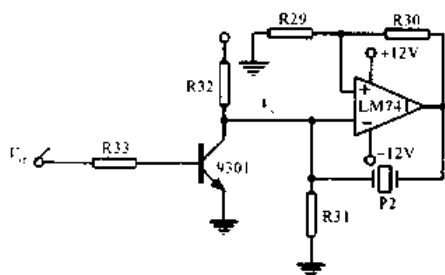
### 角度和转动传感器电路

角度及与之相关的物理量如角速度(转速)、角加速度的测量与控制,在日常生活、工农业生产、国防军工等领域具有重要的作用。这些物理量的测量方法主要是电磁法和光电法。本章介绍了角度和角速度(转速)传感器的电路。

**4.1 增量型编码器相位差输出电路** 电路由偏压调节电路、差动放大电路、脉冲变换电路、输出电路组成。偏压调节电路中的  $V_{R1}$  和  $V_{R2}$  是调整  $\alpha$  和  $\beta$  点的偏置电平。差动放大电路不但可放大,而且可利用 CMR 消除重叠在光电二极管信号上的噪声,从而消除发光二极管温度变化和电源电压变化的影响。脉冲变换电路在信号中附加滞后作用,提高耐噪声性。输出电路为发射极接地,结构简单、价格低廉。



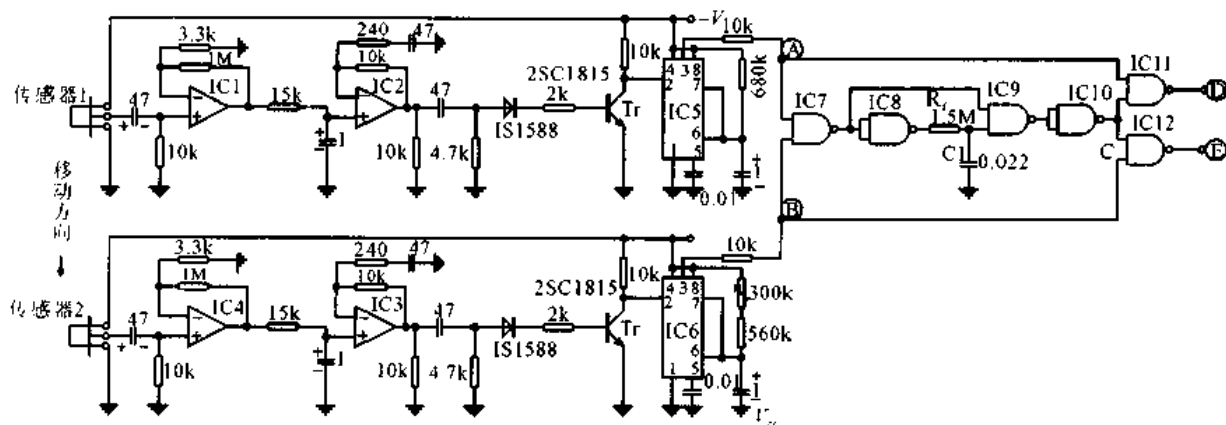
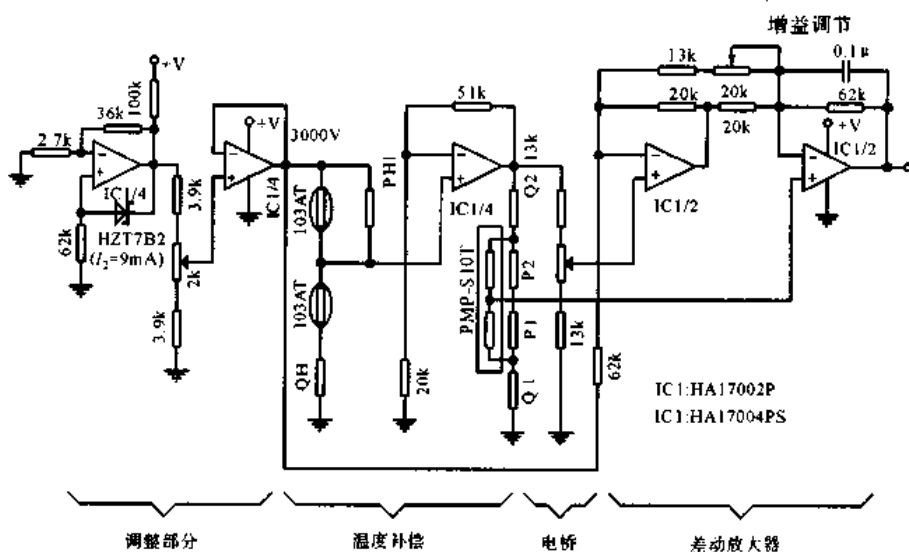
**4.2 压电射流速率传感器补偿电路** 它由 8 位单片机及其外围电路构成,传感器的输出  $V_o$ 。零位采样信号  $V_{io}$  中就包含了传感器系统的综合性零位偏差。测温元件安装在角速率敏感元件腔体内,零位采样和温度采样经 A/D 转换器送入单片机。单片机算出的零位和零位温度漂移补偿量,并经 DAC0832 输出,最后完成零位补偿和零位温度漂移补偿。



**4.3 压电泵驱动电路** 运算放大器 741、电阻 R29 ~ R31 和压电陶瓷双晶片 P2 构成一个自谐振振荡器；三极管 9301 和电阻 R32、R33 构成一个控制子电路，控制自谐振振荡器的起振。其中  $V_{in}$  为单片机提供控制信号，当  $V_{in} = 5V$  时，9013 饱和， $V_c \approx 0.3V$ ，振荡器不能起振；当  $V_{in} = 0V$  时， $V_c = 12V$ ，谐振器可起振，可稳定在 P2 谐振频率。

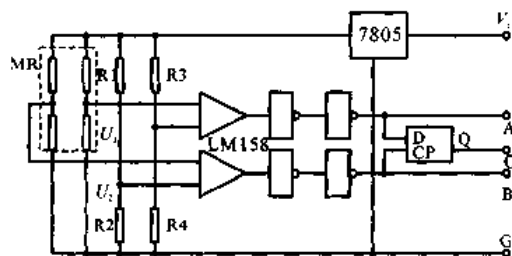
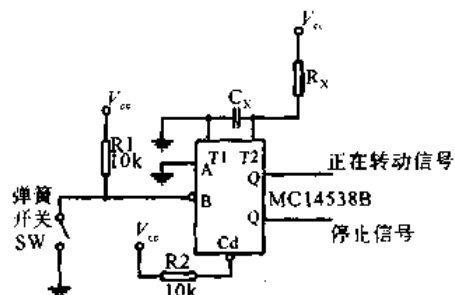
#### 4.4 倾角传感器电路

由 2 个磁阻元件串联制作。电路由调整部分、温度补偿、电桥、差动放大器组成。由于各传感器的温度特性不一致，故 P1、P2、Q1、Q2 的值应根据实测值用计算机逐个算出。电路本身的漂移，在稳压器中使用齐纳二极管 (HZT7B2 型) 加以补偿，可使漂移降到几毫伏左右。



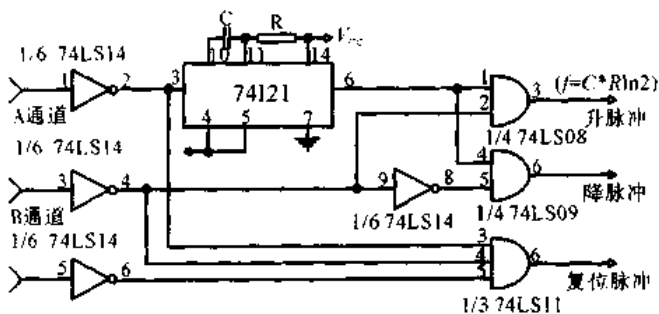
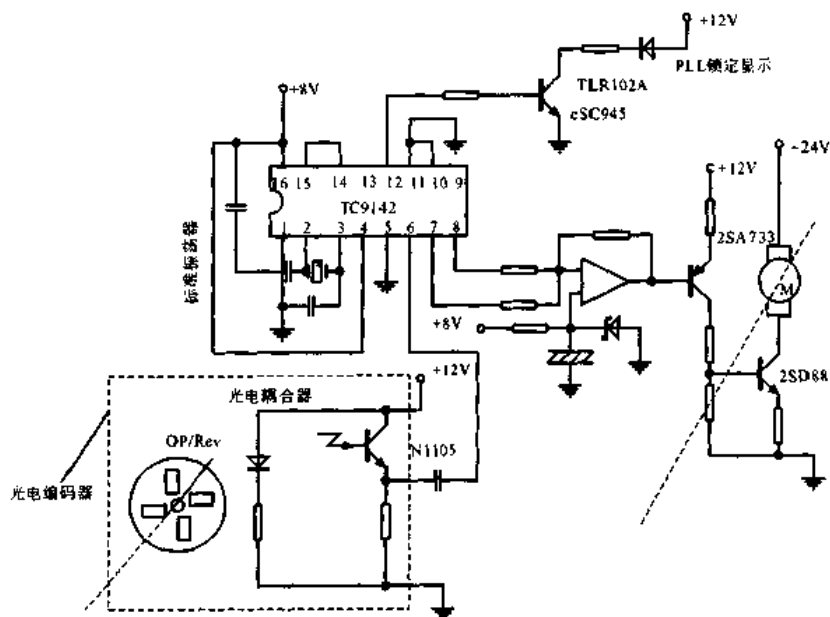
**4.5 判别有温度物体移动方向或人体移动方向的电路** 本电路被设计成由二级放大电路 (IC1—IC2, IC3—IC4) 和波形处理电路 (Tr, IC5, IC6) 构成信号处理电路，然后用逻辑电路进行判别处理。若待检测物由传感器 1 向传感器 2 移动，则 (A) 向 (B) 发出脉冲。在约 0.75s 后 (A) 脉冲结束，延迟脉冲在 (C) 点输出，这时 (B) 点处于高电平，在 (E) 点输出脉冲，即能判别方向。

**4.6 转轴转动状况检测电路** 转轴的周围有电磁传感器，传感器使弹簧开关实施 on-off。on 时，单稳态多谐振荡触发，Q 输出为 H，正常运转，Q 维持 H 状态。转轴停止转动时，开关不能 on-off，在  $C_x$ 、 $R_x$  确定的时间常数后，Q 输出变为 L。

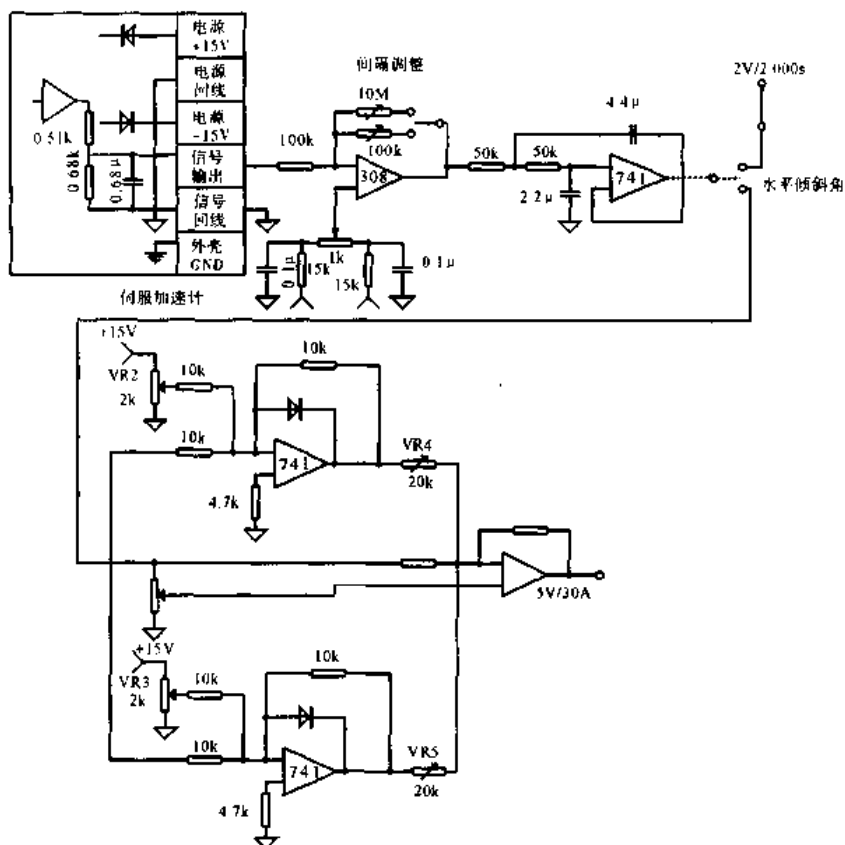


**4.7 转速测量传感器电路** 电路中利用 MR 敏感元件来采集转速信号。MR 敏感元件输出的两组正弦信号分别经放大整形处理，转换成占空比为 50% 的方脉冲信号。这两组信号，一是作为转速信号输出，二是送入 D 触发器处理成旋转方向信号。

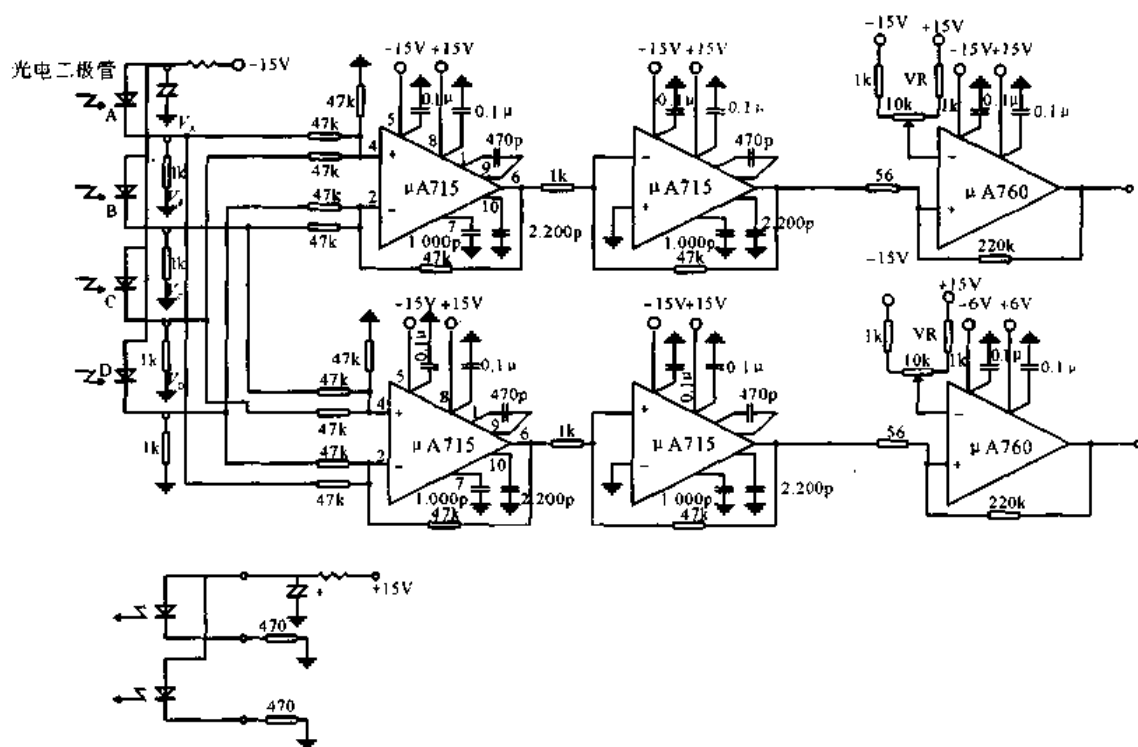
**4.8 伺服电机转速控制电路** 将光电编码器与电机轴相连，LED 是锁相环路检测指示，当控制电路同步时点亮，PLL 是电机的相位同步控制法，采用芯片为 TC9142。



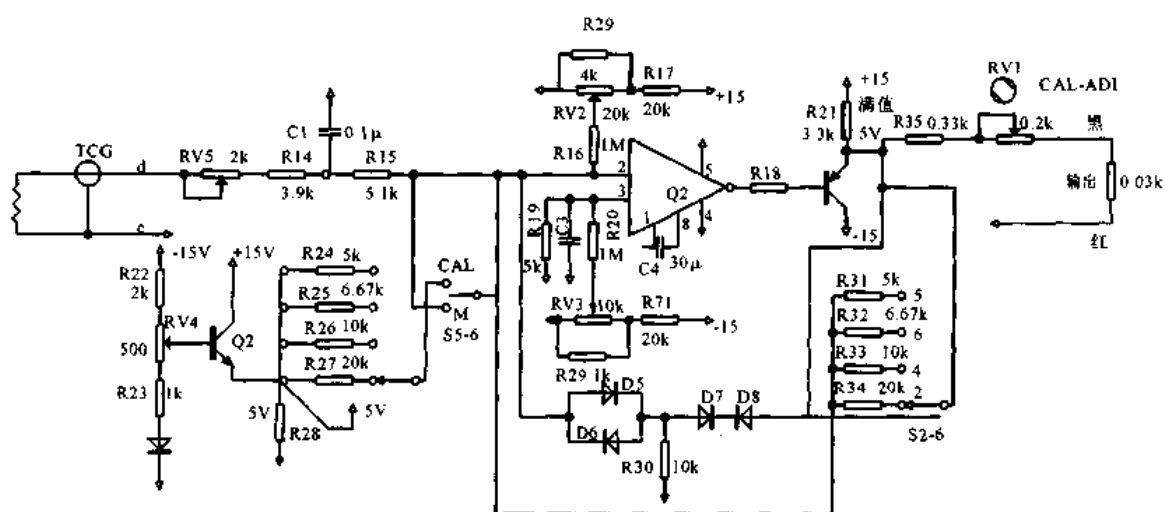
**4.9 编码器升降脉冲发生电路** A、B 为编码器的 A、B 相输出。在 A 通道波的前沿监测 B 通道的逻辑值，并取定升降。74LS14 为了消除来自编码器并经信号线而渗入的噪声，将有滞后作用的倒相器用作缓冲存贮器。74121 是为了在 A 通道的前沿部位得到脉冲的单稳态多谐振荡器。脉冲宽度  $t$  由 R 和 C 决定，呈  $t = CR \ln 2$  的脉冲，由 74LS08 与门和 B 通道的逻辑信号比较，将升降脉冲信号分开，然后再接升降计数器，可得二进制计数信号。



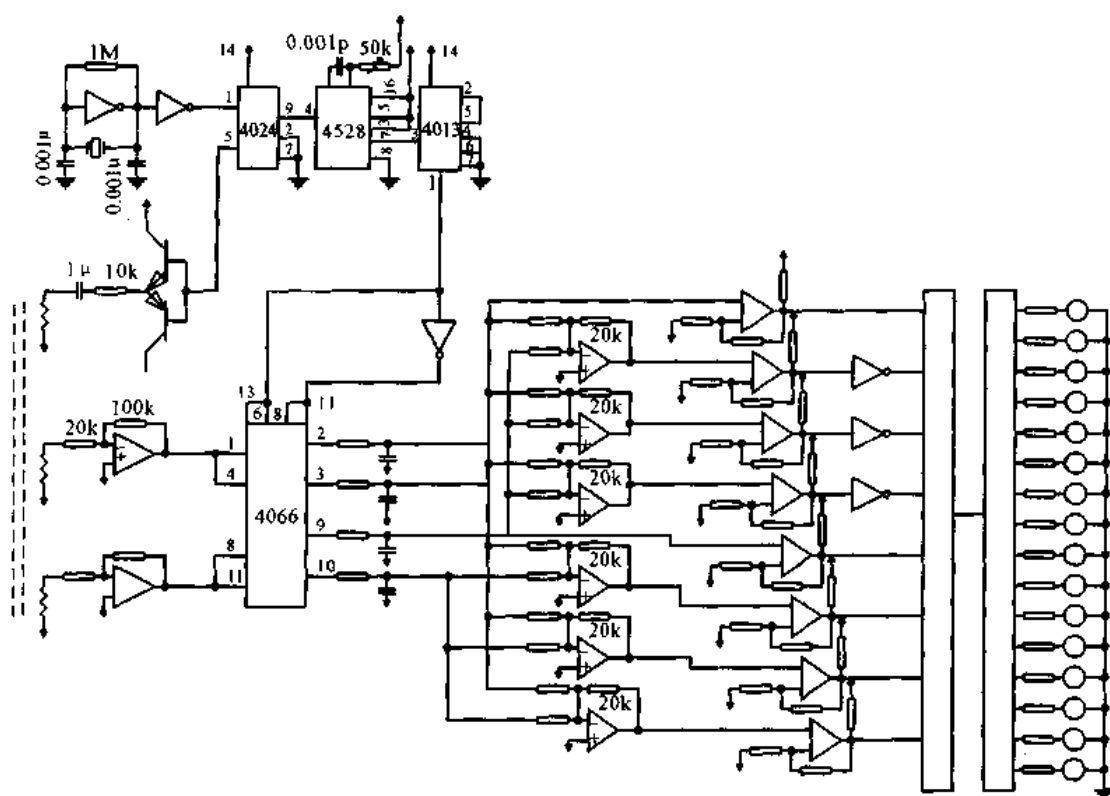
**4.10 倾斜角测定电路** 图为利用伺服加速度计测定倾斜角电路。因为输入的加速度具有很高的线性，所以在倾斜角很小的情况下， $\sin \theta \approx \theta$  (弧度)，这对水平测定也有效。来自传感器的信号，用直流放大器放大到倾斜角测定和水平测定所必需的电平，同时进行零点调整和间隔调整。



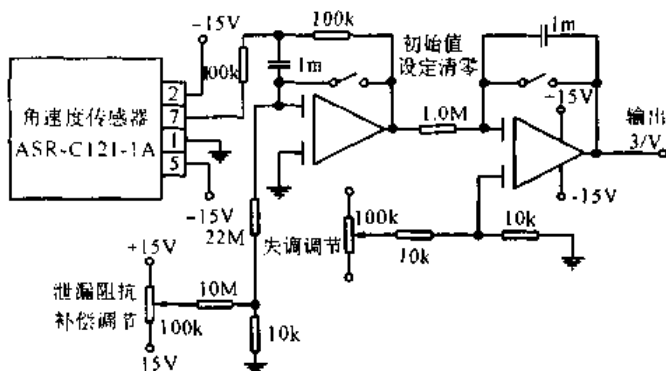
**4.11 非接触角度、距离检测电路** 将传感器的输出  $V_A \sim V_D$  的变化特性进行整理，则  $V_{0A} = (V_A + V_C) - (V_B + V_D)$ ， $V_{0D} = (V_B + V_C) - (V_A + V_D)$ 。其中  $V_{0A}$  输出变化仅依赖于物体的角度变化，不受距离变化的影响； $V_{0D}$  输出变化仅依赖于物体的距离变化，完全不受角度变化的影响。该电路中的运算放大器和比较器要使电路的构成适合测定的要求。



**4.12 转速检测电路** TCG 为测速电机,将转速通过磁通的变化转变为电流信号,在测速电机两端连接一个取样电阻,即得到电压信号。将开关 S5 置于 M 位置时进入测量状态,当 S5 置于 CAL 位置时进入校准状态,可进行定量校准。

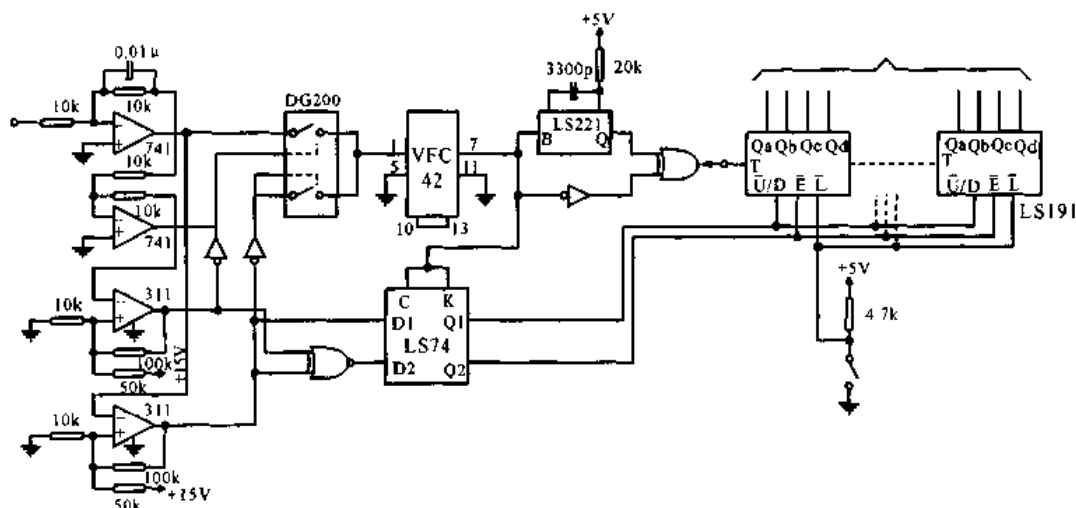
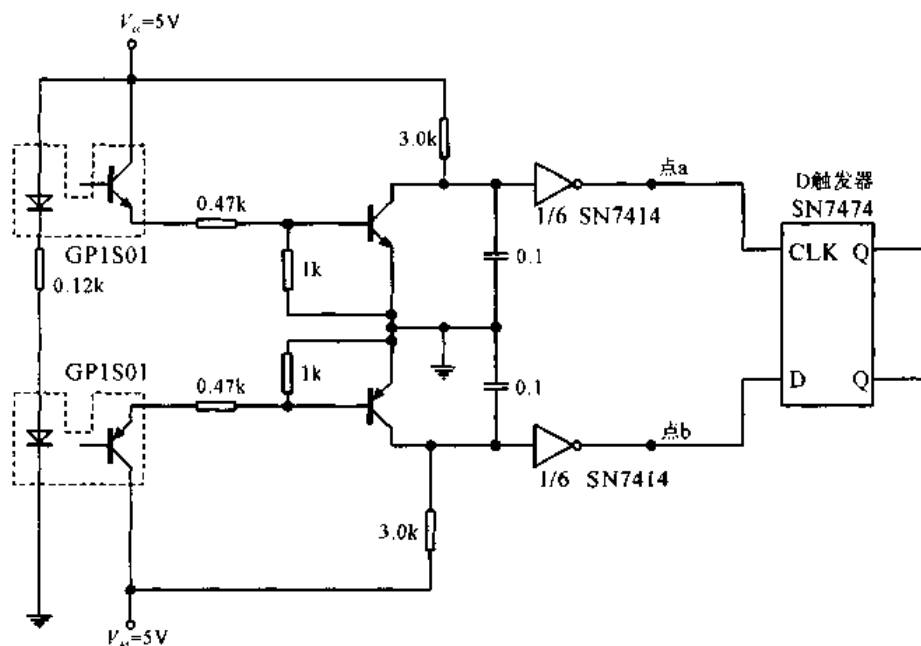


**4.13 方位计电路** 方位计的敏感探头是磁通门原理制作的磁方位传感器,通过 X 成分、Y 成分检测线圈和同步电容器 (跟二次谐波同步),取出激励频率的二次谐波成分,通过 CMOS 4066 同步检波并转换成直流信号。将 X 成分和 Y 成分输出同步检波后进行合成,可构成随意分割方位的电路,可测得方位,并由 LED 对方位进行显示。



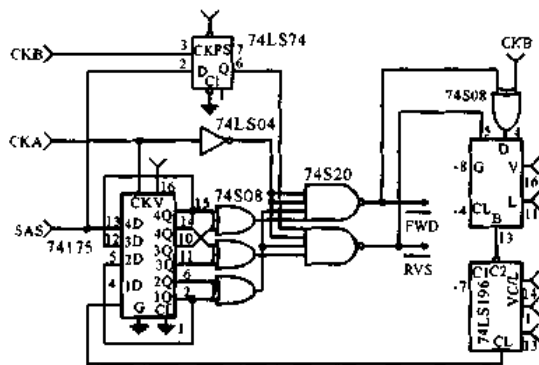
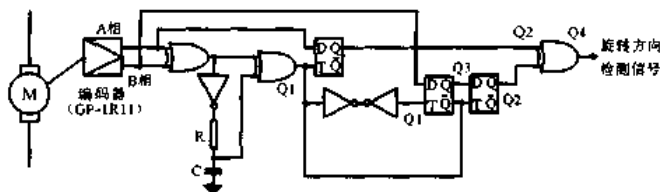
**4.14 检测角位移积分电路** 利用角速度传感器输出信号进行积分可得到角度的测量值。本图给出了一种典型的积分电路。泄漏电阻补偿调节装置在反转或正转输入端加上微小电压以调整偏置电压，故不必在偏置调整端附加运放。

**4.15 检测物体旋转方向及转速的电路** 图示为两个并放的光断续器间，放有带狭缝的圆盘，当圆盘转动时，两个光断续器输出脉冲信号，放大后整形。点a的信号送入D触发器的时钟端，点b的信号送入D触发器的输入端。由于信号b迟于信号a，此时，D触发器已启动，Q输出端为低电平信号。若圆盘反转，Q输出则为高电平，对Q输出脉冲计数，则可计出圆盘的转数。



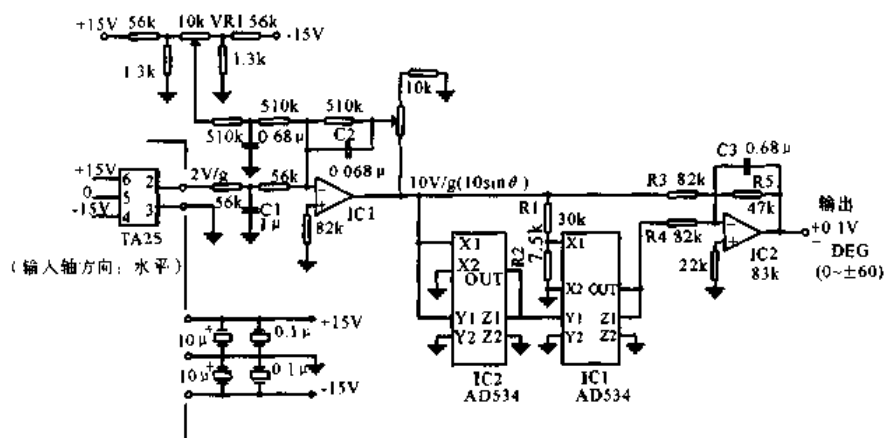
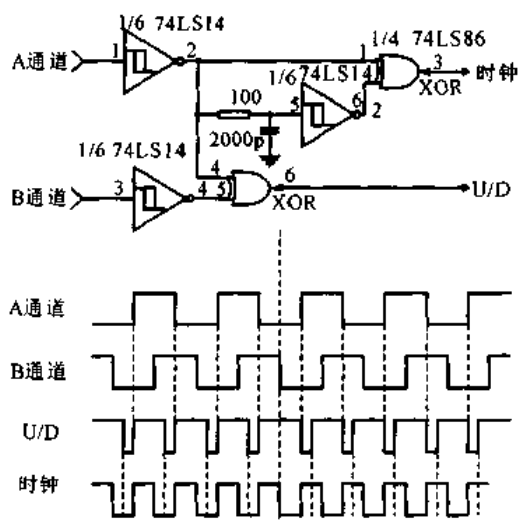
**4.16 角度信号检测电路** 图中角速度信号由气体速率传感器得到。首先将输入信号在V/F变换器中变为数字信号，并在计数器中加以累计的数字式积分器。输入前级跟前级输出的偏压消除电路连接使用，可检测出各种运动物体的角度变化，若通过跟微机结合的编码器检测距离信号，并运算该信号，也可检测位置的变化。

**4.17 转动方向检测电路** 图中利用编码器作为检测方向的传感器。Q1 为时钟脉冲,其脉宽由 R 和 C 确定。顺时针转动时,转动方向的检测信号为高电平;逆时针转动时,信号为低电平。



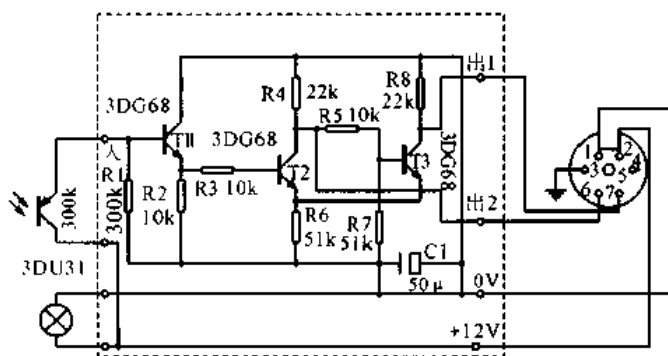
**4.18 细分电路** 图中 CKA、CKB 为时钟脉冲频率, SAS 为编码器输出信号, FWD、RVS 是顺时针转动和逆时针转动输出脉冲。经细分电路细分后,可使编码器的输出脉冲进行 50 倍细分。

**4.19 倍频计数电路** 为了提高编码器的分辨率,在 A 通道信号的前沿和后沿触发脉冲。这里使用 74LS86,用 C 和 R 元件使触发的时间延迟,从而得到脉冲。为了变换为二进制信号,使用 74LS86 同步式升降计数器来进行脉冲计数,并将其送到钟频发生器的输入端。计数升降指示,由 A、B 通道信号倒相,并进行“异或”处理即可得到。



**4.20 倾斜仪电路** 该电路将伺服加速度计的输入轴定为水平方向,检测与水平成  $\theta$  倾斜角的电路。VR1 修正加速度计机壳定位方向和运算放大器 IC1 的偏置电压, IC2 ~ IC4 构成的运算电路可变换出跟倾斜角  $\theta$  成正比的电压,该电路将  $1/\sin \theta$  作近似计算。运放 IC4 的输出是该电路的常数。R1 ~ R5 是偏差

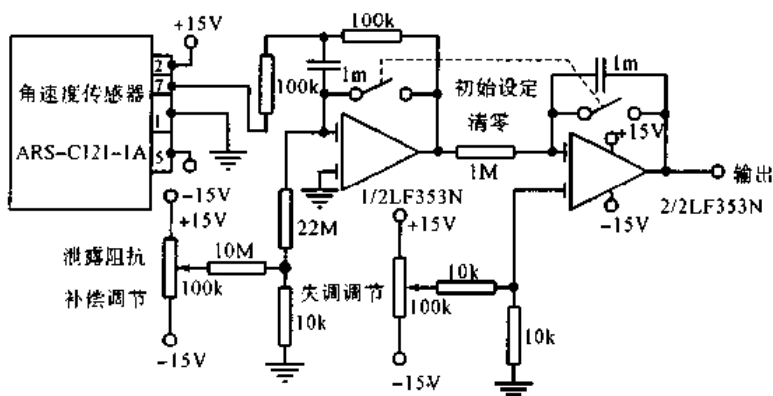
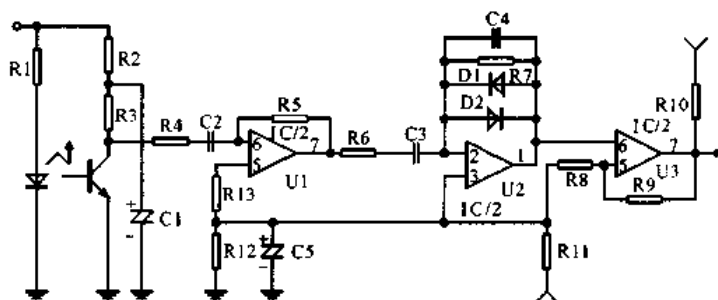
为 0.1% 的精密电阻,可防止运算精度下降,且简化调整工作。为消除振动等可变输入,将 5Hz 滤波器接入 3 个电源输入端,从而限制低频倾斜角的测量。当要求较高频率时,需适当减小电容器 C1 ~ C3 的电容量。



4.21 SZGB-2 型光电转速传感器电路

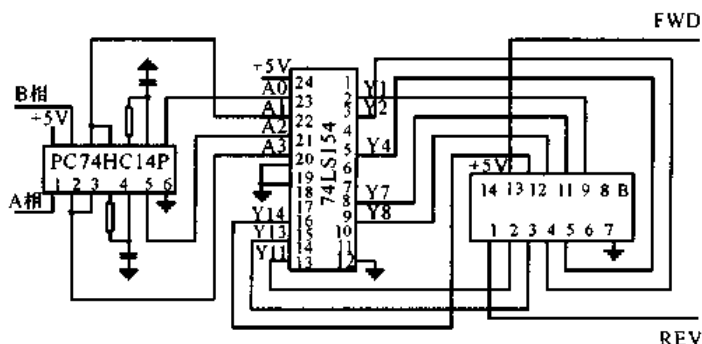
图中光电三极管 3DU31 输出与转速成正比的电讯号, 经过三极管 T1 跟随器, 输入到三极管 T2 和 T3 组成的施密特整形器, 最后输出到转速数字显示仪计数。

4.22 旋转编码器电路 图中, R1 用于调节发光管的电流, R2 用于除去电源交流噪声, U1 为交流放大电路, R4、C2 与交流耦合, 保证信号的频率特性, 使其保持稳定。放大后的近似正弦波信号经 U2 构成的微积分电路处理后变成矩形波, 送到比较器 (U3) 输出。其中 D1、D2 用于控制波形的振幅, R6、R3、R4、R7 决定该电路的特性, R8、R9 决定比较器滞后的幅度。

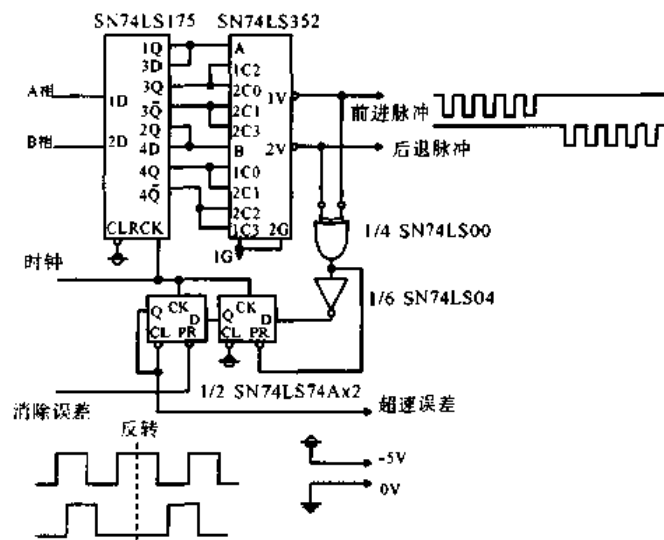
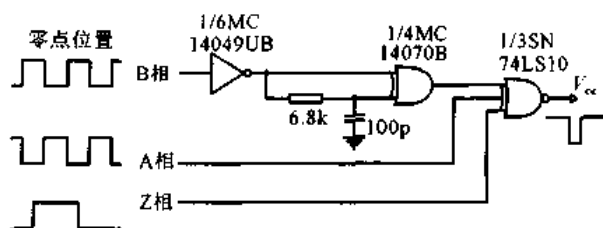


4.23 角位移测量电路 角速度传感器的模拟输出积分得到的即是角度。如图所示就是一种检测角位移的典型积分电路, 电路中以美国 Watson 公司生产的角速度传感器为例。泄漏电阻补偿调节装置在反转或正转输入端加上微小电压, 以调整偏置电压, 故不必在偏置调整端附加运算放大器, 其输出为  $3^\circ/\text{V}$ 。

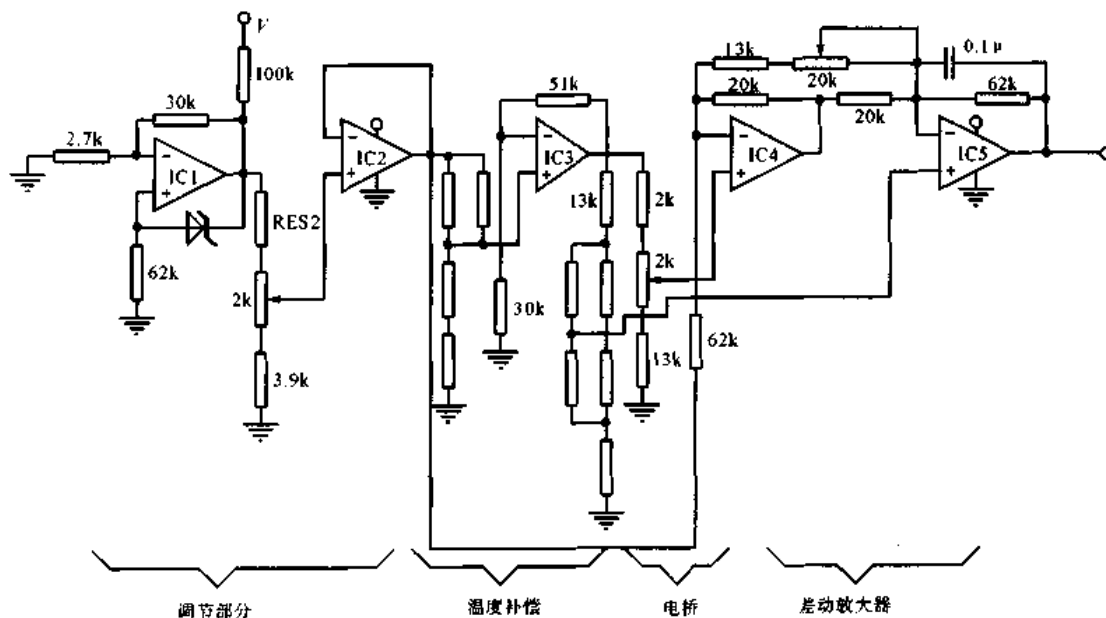
4.24 四倍频电路 光电式增量编码器是机、电、光结合的传感器, 它可以进行角度及相关的物理量测量。四倍频电路可使传感器的分辨率提高 4 倍。相位正交的 A、B 两相主脉冲, 经过 PC74HC14P 及 RC 延时电路, 输出 4 路脉冲, 输入到 74LS154 译码器, 经译码产生一瞬态地址选择信号, 从而可在光电编码器的主脉冲的一个周期内取出 4 个脉冲。FWD 为正向转动输出脉冲, REV 为反向转动输出脉冲。



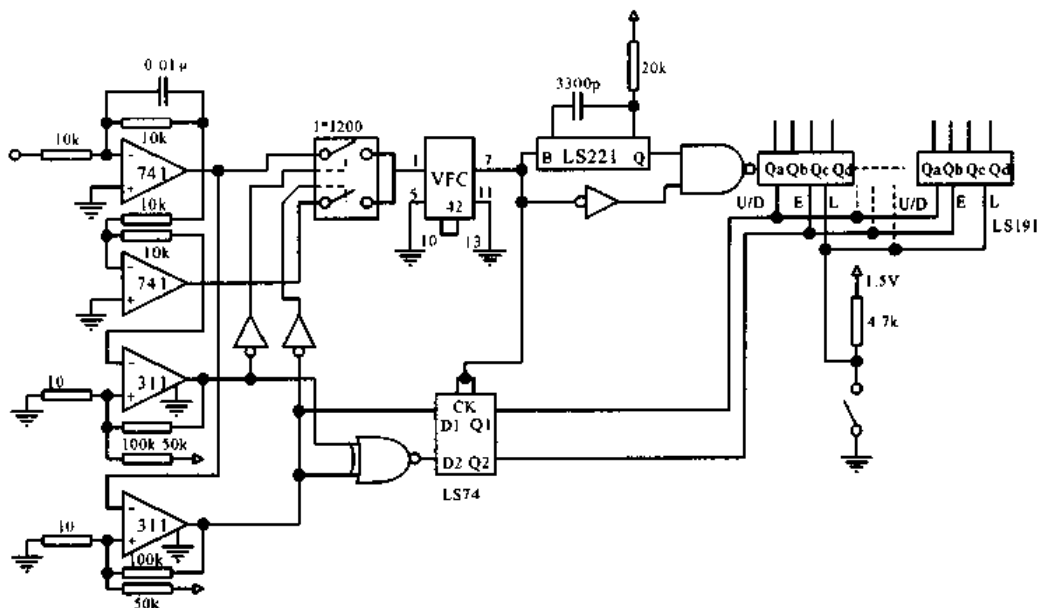
**4.25 零点检测电路** 在编码器应用中,经常用零点信号检测绝对位置,零点信号位置重复性应高于主信号的分辨率。因此,将零点信号和主信号结合起来,可正确确定零点位置。电路中,将B相的迁移点及A相和Z相作“与”处理,来作为零点进行检测。零点信号的位置变动可放宽到主信号的一个节距左右。



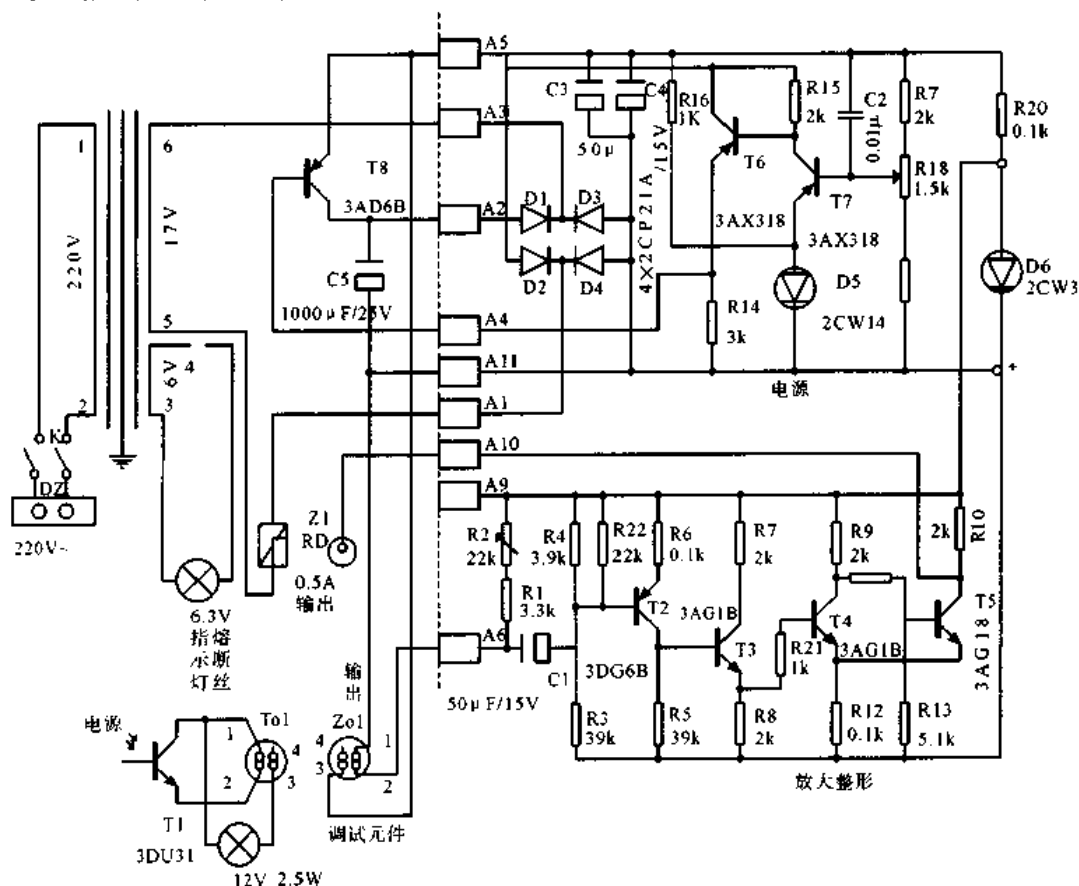
**4.26 方向判别电路** 测量旋转角度信号时,旋转方向可能既有顺时针转动又有逆时针转动。电路采用D触发器作为输出脉冲信号的延迟电路,最后的输出信号不但可判定旋转方向,而且输出脉冲是输入主脉冲的4倍,提高了分辨率。



**4.27 磁阻型倾斜角传感器电路** 如图为磁阻型倾斜角传感器的工作电路,传感器以电阻和微调电位器构成电桥,并以高输入阻抗的差分放大器接收其输出。将不平衡电压加以放大。输入阻抗应设计在几十兆欧以上,以尽量消除其对温度特性的影响。



**4.28 利用角速度信号测量角度的数字变换电路** 如图可将角速度信号积分,从而得到角度信号。该电路是将输入信号在 V/F 变换器中变为数字信号,并在计算器中加以累计的数字式积分器。输入前级跟前级输出的偏压消除电路连接使用,这样便可检测出各种运动物体的角度变化,若通过跟微机组合的编码器检测距离信号,并运算该信号,也可检测出位置的变化。



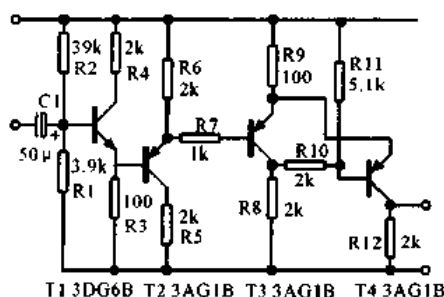
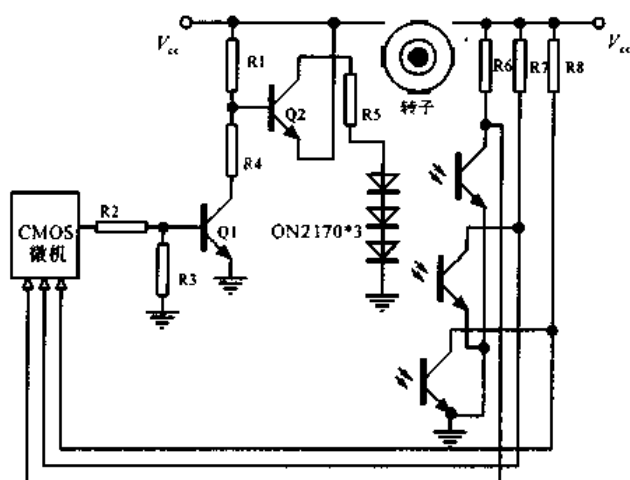
**4.29 GDC-1 型光电转速传感器电路** 从 3DU31 输入的电脉冲信号,通过电容 C1 耦合到三极管 T2 基极,经放大后由射极跟随器 T3 耦合到由三极管 T4 和 T5 组成的施密特触发器进行整形。整形后的脉冲输送给转速数字显示仪。

## 第五章

### 速度传感器电路

本章介绍了风速传感器和转速传感器的电路。风速传感器电路包括风速—频率变换、频频—电压变换和离子风速传感器,直流型与交流型转速传感器电路,及用于转速测量的光学断续和旋转译码器的电路。

**5.1 光学断续器单输出电路** 集成光学断续器,是在发光侧使用 GaAs 红外发光二极管、在受光侧使用光电二极管的信号处理电路(放大,施密特触发器和稳压电路等)。整个光集成电路制作在一块芯片上,其特点:①体积小,可靠性高;②接口电路大幅度减少;③可跟 TTL、LSTTL 和 CMOS 直接连接;④工作电源电压范围宽。

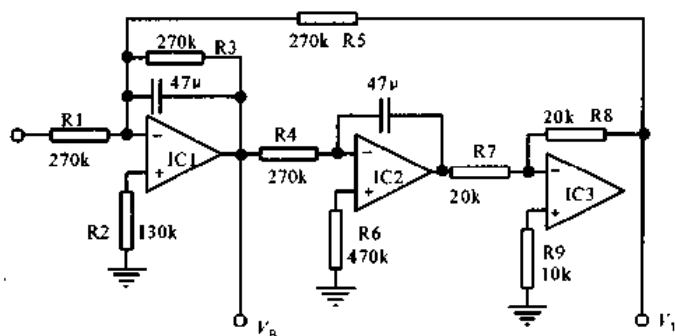


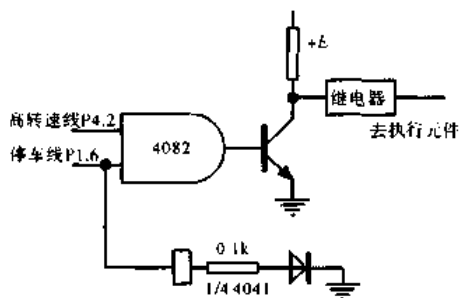
**5.2 转速传感器直流型电路** 所谓直流型是指传感器采用直流激励电源。这个电路由三部分组成:(1)用 T1 构成的放大器将来自变换电路的信号放大;(2)用构成的射极跟随器作阻抗匹配,以减小负载变化对前级电路的影响;(3)用 T3 和 T4 构成的施密特触发器作脉冲整形,输出边沿陡直的矩形脉冲  $U_2$ ,以增加其传输和抗干扰能力。

**5.3 振动传感器的重码电路** 所谓重码电路,是用模拟计算机作模仿二次函数的方法开发的电路,用一个电路就能实现多种函数,其常数调整亦非常容易。在电路中,与输入电压相对应的输出  $V_0$  间的传递函数为:

$$\frac{V_0}{V_i} = -H \cdot \frac{\frac{\omega_0}{Q} S}{S^2 + \frac{\omega_0}{Q} S + \omega_0^2}$$

这是带通滤波器的式子,是取高  $Q$  的电路。



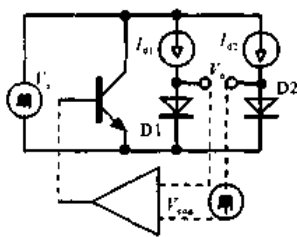
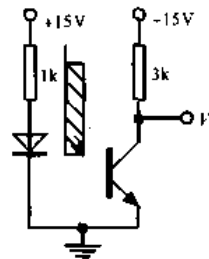


**5.4 报警及停车信号控制电路** 当实际转速达到或超过设定的报警界限时,报警电路动作,同时接通打印机记录转速时间数据。当转速达到停车速度时,停车指示灯也闪烁,并通过一只继电器去控制执行元件实现有关的保护措施。

**5.5 风速—频率变换电路** 风速—频率变换电路输出脉冲频率为:

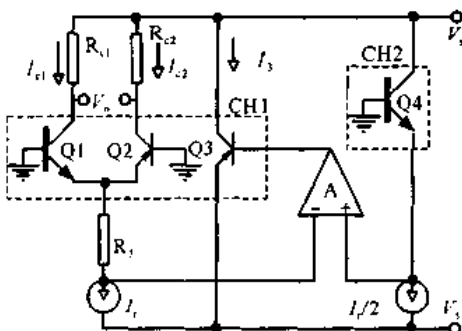
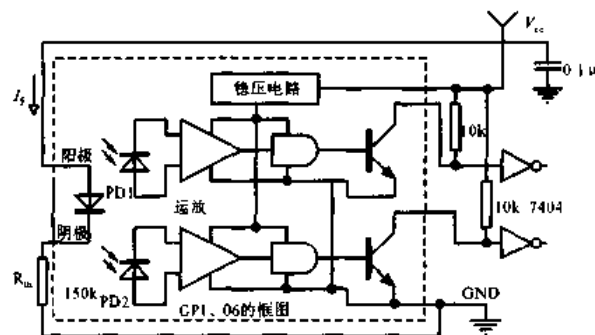
$$f = a \cdot n = \frac{a}{2\pi kR} \cdot v$$

输出脉冲频率正比于风速信号。在实际应用中,一般取值  $a$  为几十,可通过调整转轴与风杯中心的距离来提高风速—频率变换器的灵敏度。



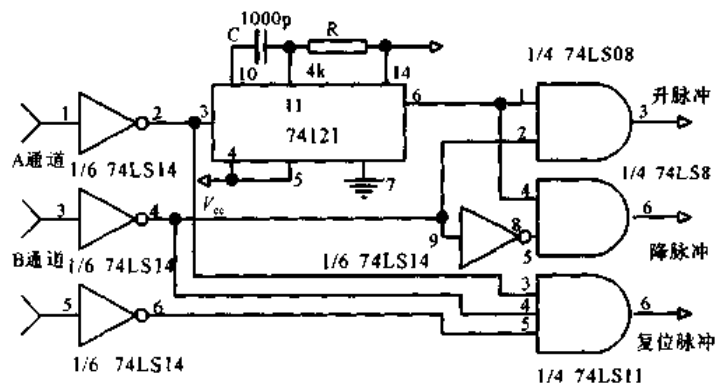
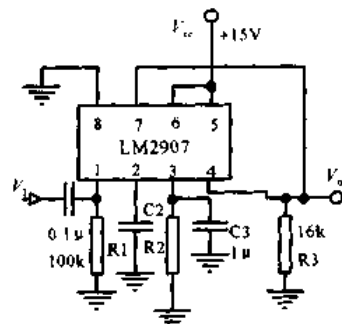
**5.6 硅流速传感器电路** 这个电路是把热丝风速计固体化的电路,用两个PN结二极管测温,其中D和加热晶体管集成在同一芯片上。根据二极管的电流和电压特性,二极管电压  $V$  几乎与绝对温度  $T$  成正比,即  $V_D = S_T \cdot T$ , 其中  $S_T = (k/q) \times \ln(I_D/I_s)$  是温度灵敏度,  $I_s$  是饱和电流。

**5.7 光学断续器双输出电路** 在发光侧当输出由高电平变为低电平时,要有高于正向电流  $I_{FHD}$  的电流流过。这时要考虑红外发光二极管光输出的时间老化特性和电源电压变动的影响。这时  $R_b$  以  $150\Omega$  为宜,此电路可用于音响设备的磁带计数和电子钟等检测转数和转动方向。



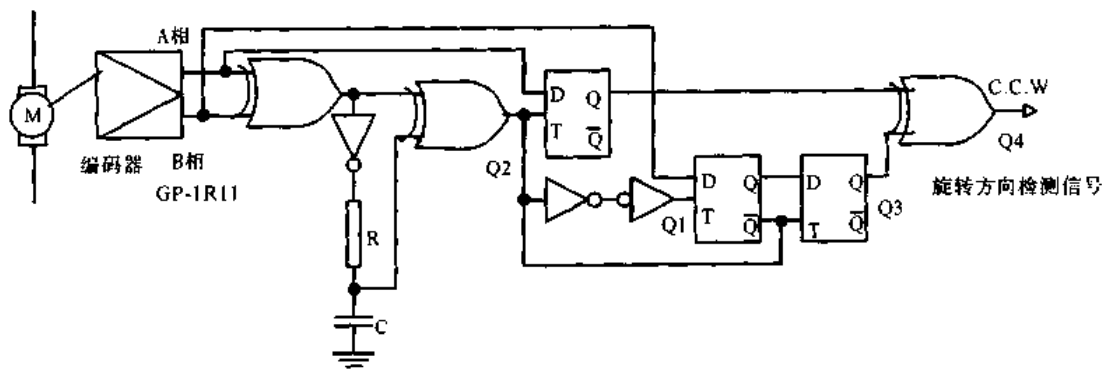
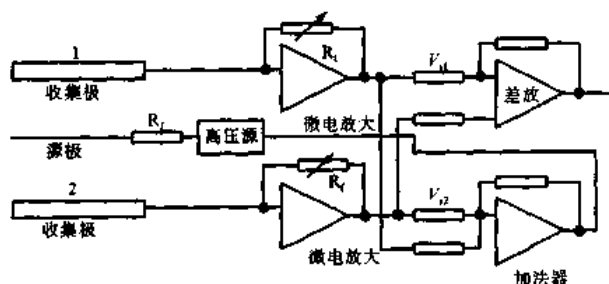
**5.8 硅流速传感器测量电路**  $Q1$ 、 $Q2$  是测量晶体管,是差分形式,当  $Q1$ 、 $Q2$  处出现温度差时,就破坏了集电极电流的平衡状态,偏移为  $8.3\%/^{\circ}\text{C}$ ,这保持流体与加热晶体管间温差恒定。可将另一只测温晶体管  $Q4$  的基极—发射极电压与  $Q1$ 、 $Q2$  的基极电压的平均值进行比较调节  $R_T$ ,可获得所需温差。 $Q3$  是集成在芯片上的发热晶体管,通过放大器  $A$  控制芯片的发热量。

**5.9 频率—电压变换电路** 此电路的功能是将风速信号转换为电压信号输出。由光电开关输出的脉冲信号必须再经过 F/V 变换器转换为电压信号。LM2907 是专用 F/V 变换集成电路,具有精度高,成本低等特点,只需外接少量的元件,便可实现高精度 F/V 变换。其输出电压  $V_o$  与输入脉冲频率的关系为:  $V_o = K \cdot V_{cc} \cdot R_2 \cdot C_2 \cdot f_o$

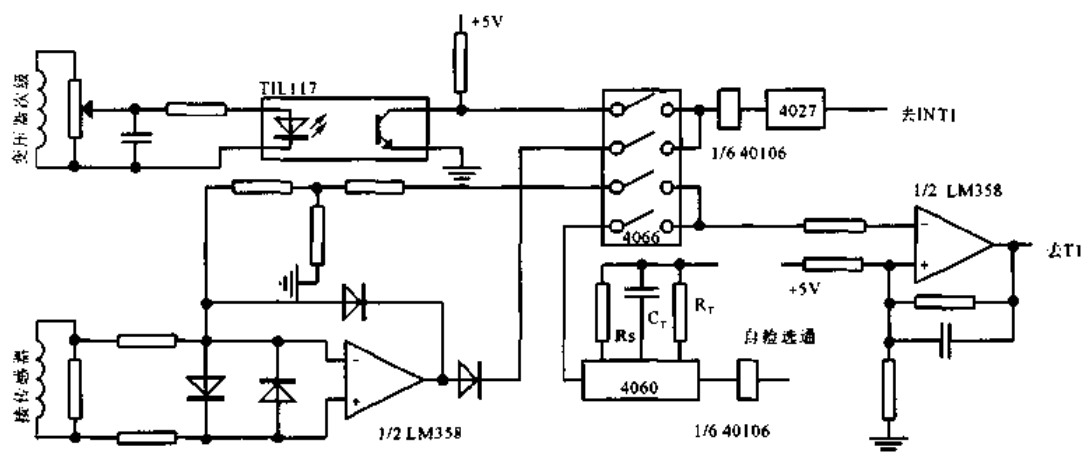


**5.10 光学编码器脉冲发生电路** 在 A 通道波的前沿监测 B 通道的逻辑值,并决定升降,图中 74LS14 为了除去来自编码器并经信号线而渗入的噪音,将有滞后作用的倒相器用作缓冲存贮器,74121 是为了在 A 通道的前沿部得到脉冲的单稳态多谐振荡器,脉冲宽度由  $R$  和  $C$  决定。呈  $t \approx CR \log 2$  的脉冲,由 74LS08 与门和 B 通道的逻辑信号比较,将升降脉冲信号分开,然后接升降计数器,可获得二进制的计数信号。

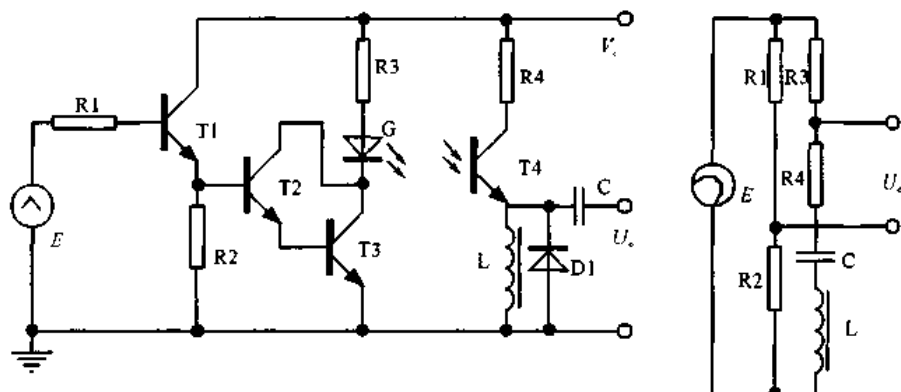
**5.11 风速传感器电路** 输入信号先经过一级微电放大,然后采用差动放大输出。当风速为零时(若不考虑工艺误差),两个收集极收集到的离子相等,因此差分放大器输出电压  $V_o = 0V$ ;当风速非零时,微电流放大器有输出,因收集极 1 和 2 收集到的离子数不同,故输出电压不等,即  $V_{i1} > V_{i2}$  或  $V_{i1} < V_{i2}$ ,差分放大器输出电压及符号均有变化。通过标定,使差分放大器的输出正比风速。



**5.12 旋转编码器检测转动方向的电路** 在检测转动方向时,用数字输出型旋转编码器 GP-1R11 作为检测马达轴转动方向的传感器,GP-1R11 输出相位相差  $90^\circ$  的两相(A相和B相)数字信号,利用两相信号检测出转动方向,即检测出 A 相对于 B 相为反转的马达转动方向。这种电路的动作是,对每个 A 相和 B 相信号的各沿(前沿和后沿)外加时标脉冲,而该时标脉冲的前沿同步输出转动方向的检测信号。



**5.13 测速系统的模拟信号处理电路** 由变磁阻式速度传感器送来的微弱转速信号输入到由运放 LM358 组成的线性电路进行负半周检波，反馈电路中的 T 型电阻网络保证电路具有较高的闭环电压增益，输出电压送到模拟开关 4066 中去，高速信号与自检信号通道在模拟开关的输出端合为另一路，LM358 中的另一只运放具有足够的放大倍数，其输出为近似矩形波的限幅信号，此信号送到 T1 进行计数。



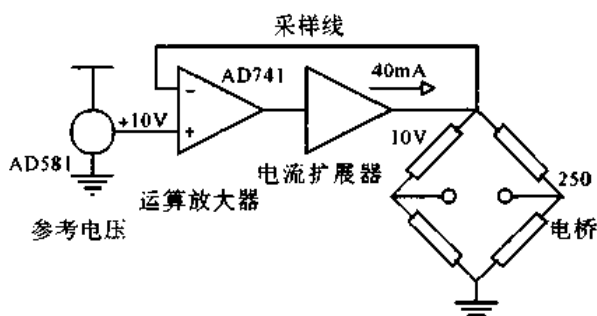
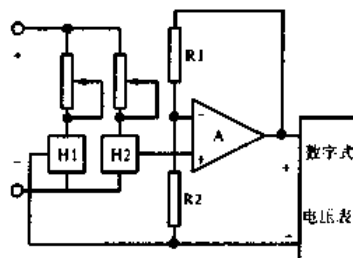
**5.14 转速传感器交流型光电式与铁芯电涡流式电路** 交流型传感器采用交流激励源。在交流型传感器电路中，媒介源电路中的受激元件是在高频振荡源的激励下工作的，因而在静态时，进行转速/电量变换所利用的媒介就是以相同于振荡源的谐振频率交替变化的，使其变换元件处于交流工作状态，其变换电路也就有相同频率的电压输出。其变换电路就输出载有转速信号的调制波信号。

## 第六章

### 应变计电路

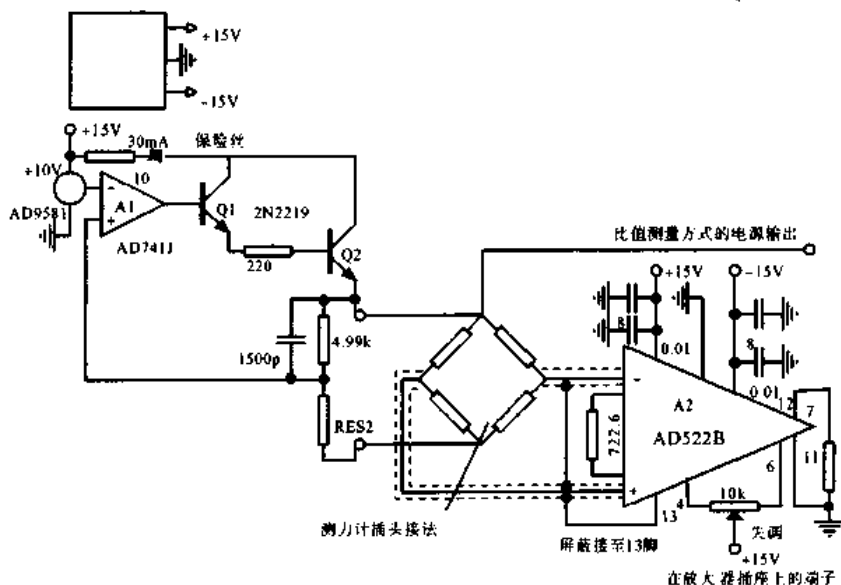
本章主要介绍应变计传感器及其应用电路,如应变片测力计接口、微型传感器信号调节电路、弹簧测力计传感器电路、传感器非线性误差的补偿电路、接触传感器信号发送电路等。

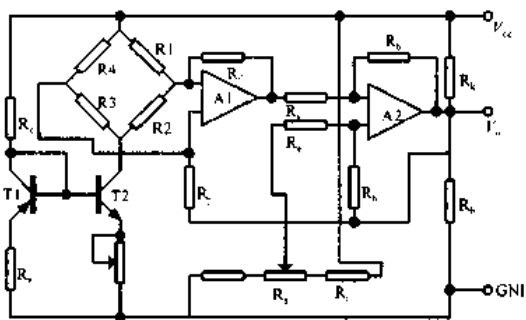
**6.1 传感器电桥信号的检测电路** 一级的检测电路将输出霍尔电势  $\Delta V_H$  直接通过放大器,输入相应的数字电压表,就可得到所要测的微位移。此放大电路为差动输入放大器,且  $R_1 = R_2$ 。



**6.2 实用的新型直流电桥电路** 由于直流电桥输出与供桥直流电压的稳定密切相关,因此必须有一个稳定的直流供桥电压。采用集成的参考源和运算放大器电路可以得到稳定的供桥直流电压,AD581 给出 10V 参考电压,通过运算放大器电源扩展电路,经采样、反馈,最终给予测量电桥一个稳定的激励电源。

**6.3 应变片测力计接口电路** 敏感元件是 13LH 电子公司的 T3PI 型  $310\Omega$  应变片式测力计。电桥的输出用 AD522B 差分式仪器放大器放大,电桥由带有扩流的运算放大器 A1 供电, A1 的输入是 AD958 精密的 10V 参考源,整个电路由 925 型电源模块供电,它能供出 350mA 的电流,足够六个相似的传感器使用。



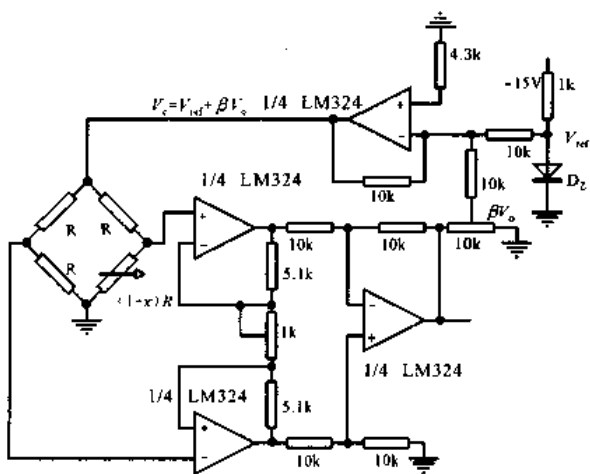
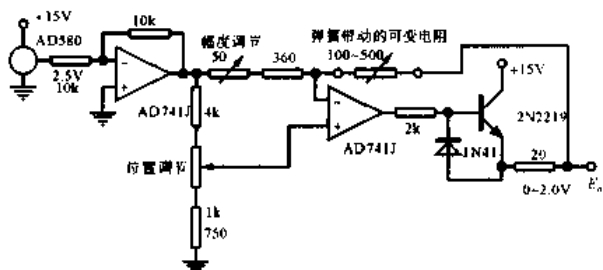


**6.4 微型应变传感器信号调节电路** 该信号调节电路由电压电阻组成的电桥,两只晶体管组成的恒流电路;A1和A2两个运算放大电路和一些扩散电阻等构成。信号调节电路的总增益由下式表示:

$$G_0 = 2 \frac{R_L}{R_g} \cdot \frac{R_0}{R_1}$$

式中,  $R_g = R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ , 该电路长增益约为 100。恒流电路的设计是针对敏感器件的灵敏度温度漂移所采取的补偿措施。

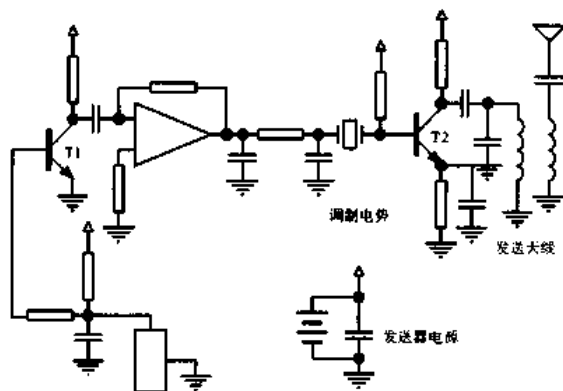
**6.5 弹簧测力传感器电路** 一个弹簧连到可变电阻上,当力从 0 磅力增加到 20 磅力时,电阻从 100Ω 变到 500Ω,可变电阻接到运算放大器的反馈回路中,而通以 5mA 的恒定电流,0~2V 的输出范围提供 10 磅力/V 的刻度系数,以 AD580 型 2.5V 参考源取得参考信号,经 AD741J 运算放大器反相,输出放大器再反相一次,即得到正的输出,接入扩流晶体管则可由输出放大器驱动负载。(1 磅力 = 4.45N)

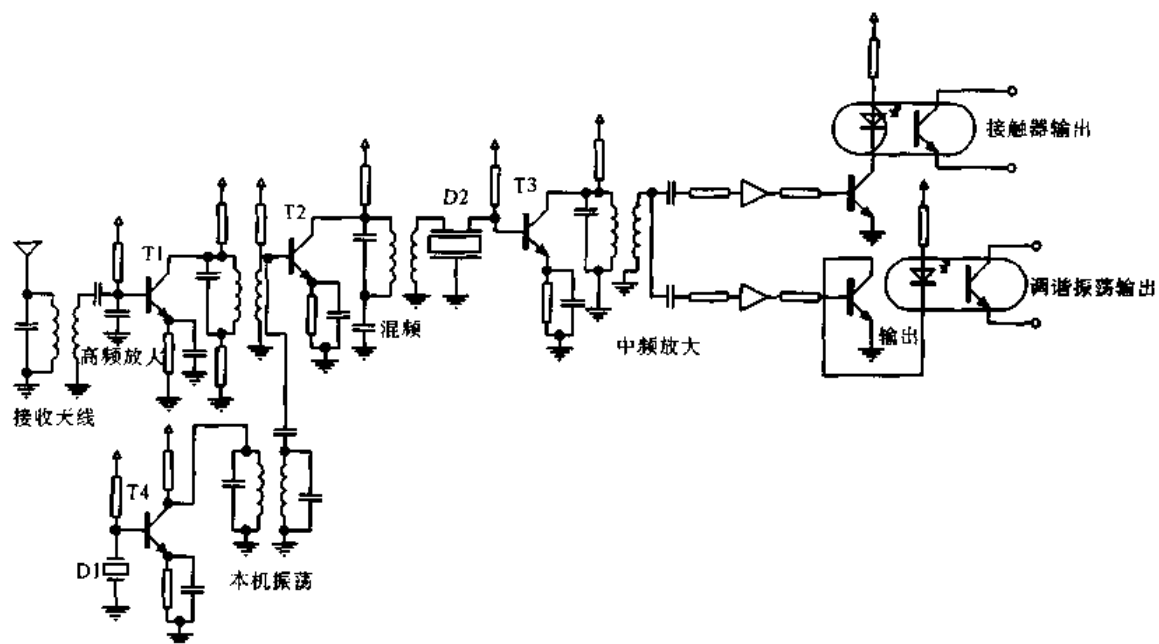


**6.6 传感器非线性误差的补偿电路** 仪器放大器采用三运放结构的数据放大器,激励电源实质上是一个加法器,参考电压  $V_{ref}$  由稳压二极管  $D_z$  提供,为保证电桥电压为正值,  $V_{ref}$  为负值,反馈电压  $\beta V_o$  选加在  $V_{ref}$  上,即采用  $\beta V_o$  来调节  $V_{ref}$ ,从而实现  $V_c = V_{ref} + \beta V_o$ ,达到改变电桥电压的目的。我们一般选取  $V_{ref} = -6V$ ,从而使电桥电压在 6V 左右,放大器增益取 50。

这种补偿方法的实质也属于传感器输出信号的模拟处理,用来修正传感器及其有关电路(如电桥电路)或两者的非线性。

**6.7 接触传感器信号发送电路** 这个电路是把位置的检出结果变换成无线电波发送出去,输入信号经过第一级三极管 T1 放大后,再通过三极管 T2 提高输出电流,T1 为小功率三极管,T2 一般为中功率三极管。接触传感器在工作机械向无人化操作方面发展的过程中,是一种重要的自动计测系统用工具。接触传感器在机械加工中心等地方,为了把它作为实现自动化、无人化目标的工具,可以利用自动工具交换系统。输出信号的传输,大多采用无线方式。



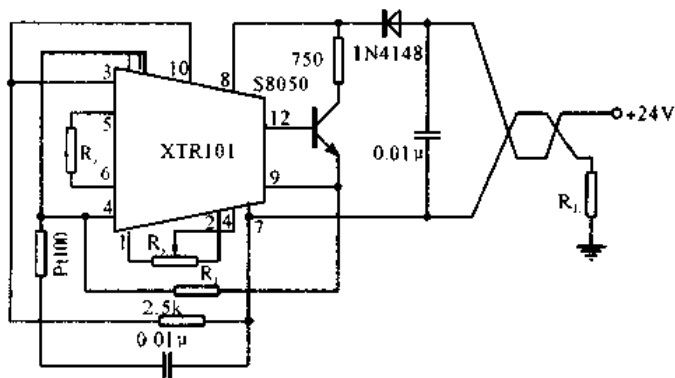


**6.8 接触传感器信号接收电路** 信号通过天线接收后,先经过高频放大,后经混频和中频放大,最后转换成高电平“1”和低电平“0”的信号输出。T1、T2、T4 一般为高频小功率管,T3 一般为高频中功率管,D1、D2 是晶振。

## 第七章

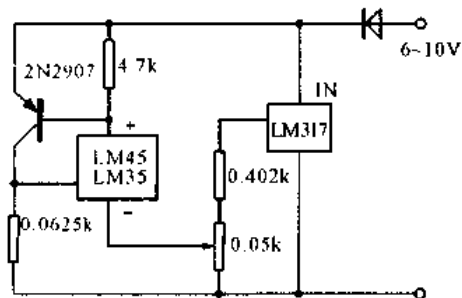
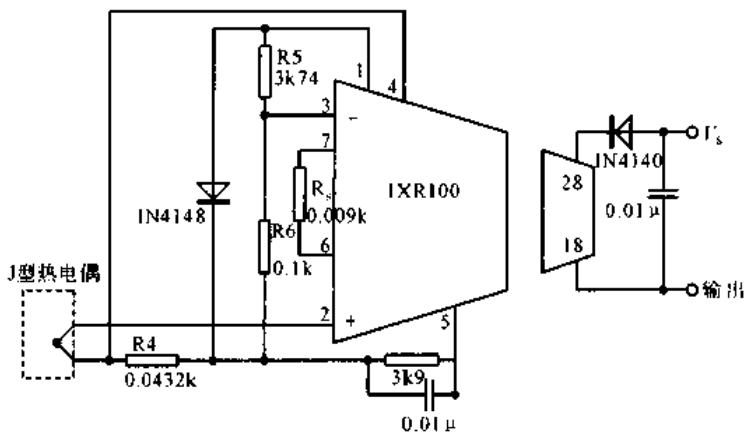
### 温度传感器电路

本章介绍了铂电阻、热电偶、半导体温度传感器的应用电路,如用于工业测温系统的各种二线制、三线制、隔离型温度变送器。并介绍了相应的接口电路、非线性补偿电路、冷端补偿电路、温度/频率交换电路等。为了适应广大爱好者的需要,本章还介绍了通用的数字温度计电路、控温电路、温度报警电路等。



**7.1 铂电阻温度变送器** 电路中以铂电阻作为温度传感器,采用XTR101专用集成电路,输出信号为4~20mA。通过调整 $R_L$ 使输出上限达到20mA,微调 $R_Z$ 使量程下限为4mA,调整 $R_L$ 的大小可使变送器输出电流与温度变化呈完全线性关系。电路中 $R_L$ 一般取值为250Ω(1W), $R_L$ 及 $R_Z$ 均需根据量程来确定,其中S8050是为了使XTR101减少发热提高稳定性而设,1N4148用于电源极性反向保护。

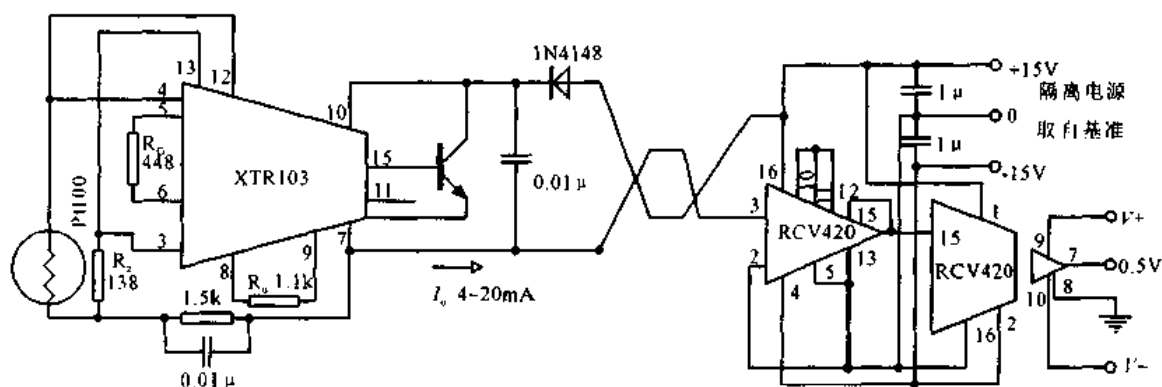
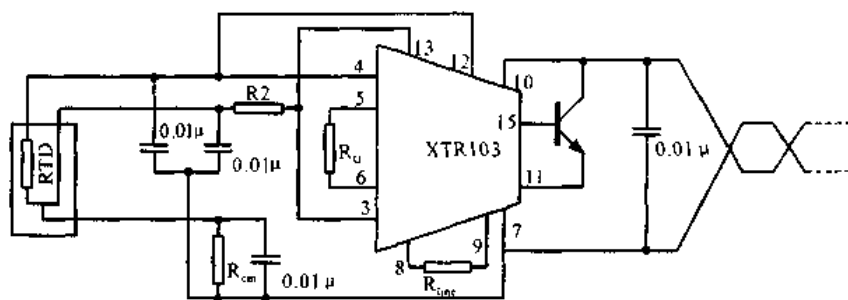
**7.2 隔离型热电偶变送器电路** 本电路由隔离型输出专用集成电路及J型热电偶组成,测量范围为0~1000℃。图中 $R_5$ 、 $R_6$ 及1N4148组成冷端补偿电路, $R_4$ 的选择是使在0℃时输出为4mA,调整 $R_5$ 使在满量程时输出20mA。



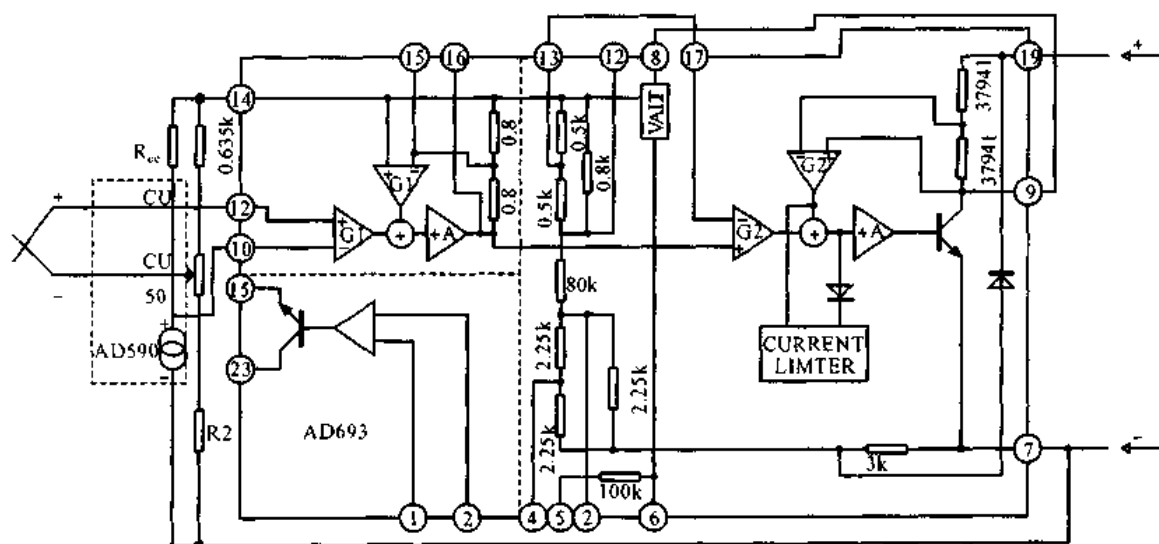
**7.3 4~20mA 输出温度变送器** 利用三端可调稳压器LM317及集成温度传感器LM35或LM45可以组成4~20mA温度变送器。该变送器的测温范围为0~100℃,相应的输出电流为4~20mA。将温度传感器放入0℃恒温槽中,调整50Ω电位器使输出电流为4mA即可。

#### 7.4 三线制铂电阻温度变送器

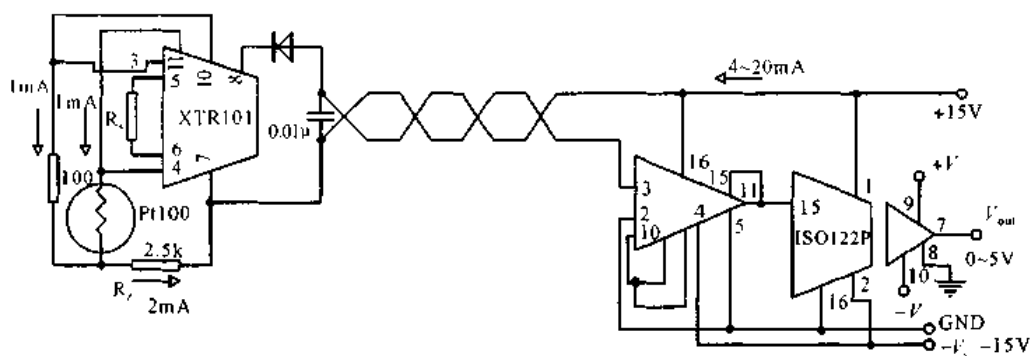
铂电阻温度传感器引线电阻的大小将对温度测量的准确性产生很大影响,当用三线制接入到专用电路 XTR103 中时,可大大提高测量准确度。要求铂电阻的三条引线要完全一致。 $R_{line}$  为线性补偿电阻,其值与量程有关,量程越大,则  $R_{line}$  取值越小,反之亦然。 $R_c$  为量程调整电位器。



7.5 隔离型铂电阻温度变送器发送及接收电路 本电路为铂电阻专用集成电路 XTR103, 将铂电阻随温度变化的阻值转换成 4~20mA 的信号, 进行远传后, 经 RCV420 转换成 0~5V 输出信号的同时再经 ISO122(增益为 1)隔离输出。

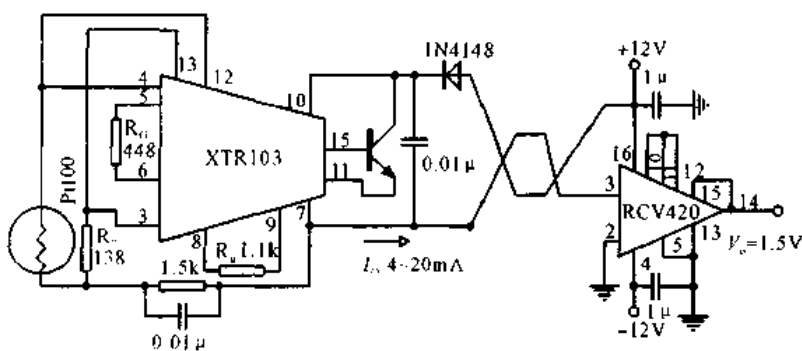
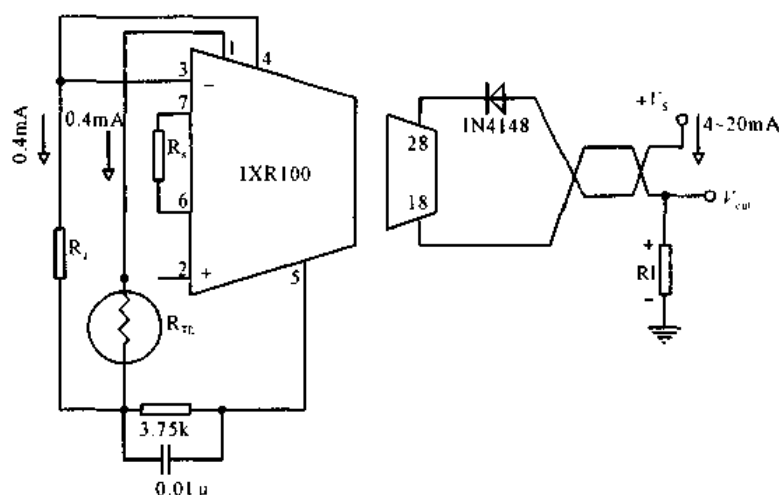


7.6 热电偶温度变送电路 本电路由专用集成电路 AD693 及某一分度号的热电偶组成, 对应于各种测量温度范围提供 4~20mA 环路输出。冷端补偿可用 AD590(或 AD592)和部分外部电阻实现。50Ω 电位器由 R2 偏置提供适合分压器的正确零位调整范围。为标定输出, 把热电偶放入冰点槽(或用热电偶模拟器设置到 0℃), 调整电位器达到 4mA 环路电流。



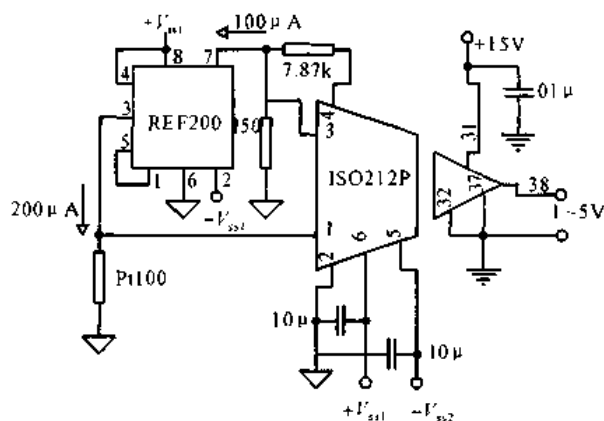
**7.7 利用 XTR101 的隔离温度变送电路** 本电路原理与 7.5 基本相同, 只是转换变送电路采用 XTR101。

**7.8 隔离型温度变送器电路** 本电路采用铂电阻 Pt100 作为温度传感器, 以隔离输出型专用集成电路 IXR100 为转换电路。通过调整  $R_s$  (量程上限) 及  $R_z$  (量程下限) 得到 4~20mA 的输入输出隔离的电流信号, 量程的上、下限可根据实际情况确定。

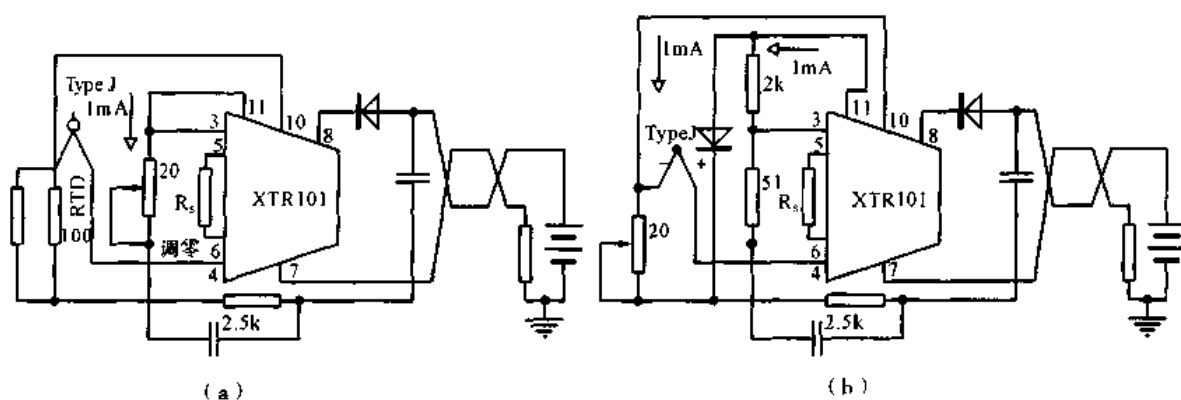
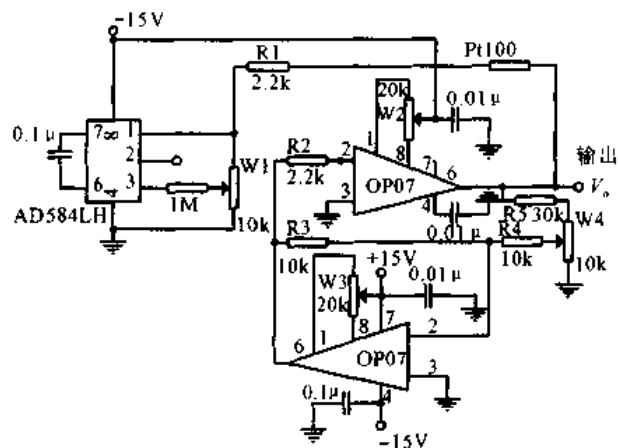


**7.9 0~5V 输出远距离传输铂电阻温度变送器** 温度传感器采用 Pt100, 变送器采用铂电阻专用集成电路 XTR103。由 XTR103 将温度信号转换成 4~20mA 的两线制电流信号, 经远距离传输到目的地之后, 再经高精度电流—电压转换器 RCV420 转换成 0~5V 的电压信号。

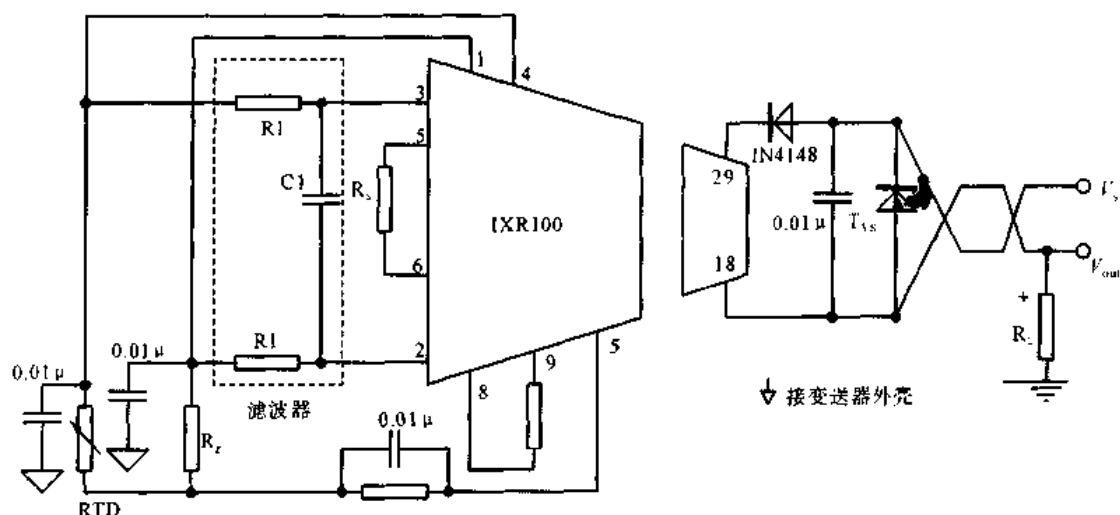
**7.10 被隔离放大的铂电阻测温电路** 利用廉价的隔离放大器 ISO212P 和电流基准源 REF200 可以组成性能优良且前后隔离的铂电阻测温电路。REF200 给 Pt100 提供 200μA 的电流, 在 -200~850℃ 的温度测量范围内, 使隔离放大器 ISO212P 输出标准的 1~5V, 为保证测量准确度, 在  $\pm V_{ss1}$  输出端对输入隔离地各并联 10μF 钽电容去耦, ISO212P 由外部 +15V 单电源供电, 0.1μF 去耦电容器应为陶瓷电容器。



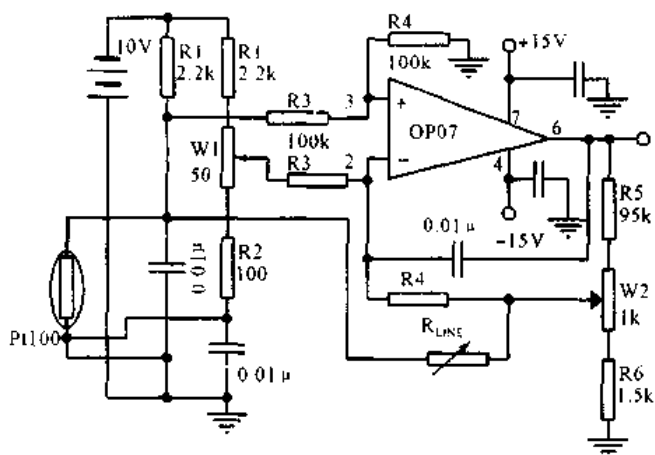
**7.11 测温非线性校准电路** 本电路提供了一种利用反馈使其特性线化的方法。铂电阻 Pt100 置于运算放大器的反馈回路中，另一只运放作为反向器把一部分输出电压以正反馈形式输入反馈，加入正反馈后使输出以指数上升，从而获得线性温度测量。其中 W1 用于调整正反馈补流量。



**7.12 热电偶温度变送器电路** 两电路都是采用 J 型热电偶组成。两者不同之处为 (a) 采用铂电阻作冷端补偿, (b) 采用硅二极管冷端补偿。图中的  $20\Omega$  为调零电位器, 在电路的设计计算中应按照铂电阻及硅二极管的温度灵敏度补偿。由于环境温度的变化(冷端), 确实将热电偶的冷端补偿到零摄氏度。

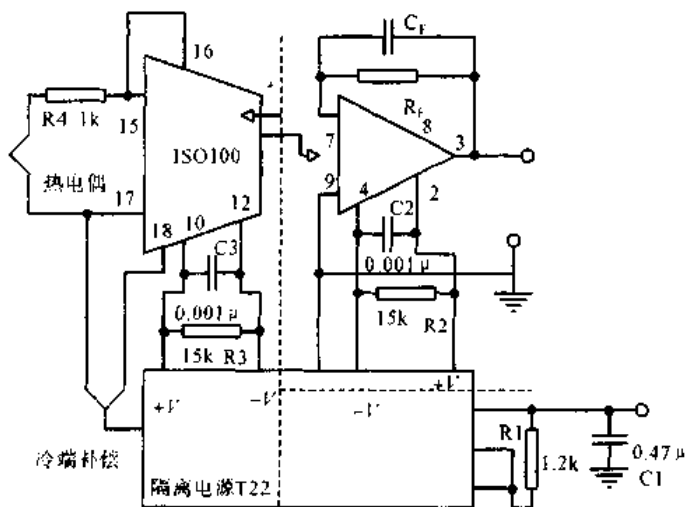
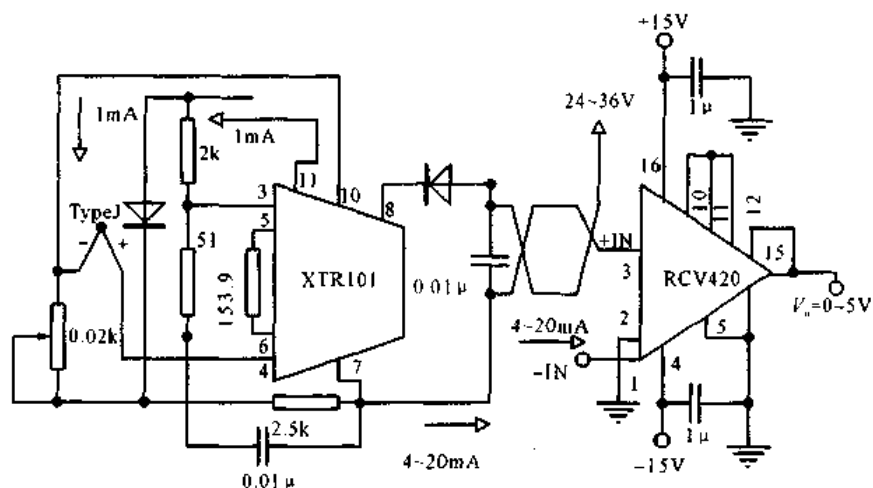


**7.13 隔离型铂电阻温度变送器电路** 在温度远距离传输信号时, 免不了受到射频干扰或电源中的瞬态干扰(由雷电或马达接触器感应而产生)。本电路给出了利用隔离型专用集成电路 IXR100 及铂电阻 Pt100 组成的隔离型变送器, 并特别给出了抗干扰的电路。在信号输入端增加了滤波器, 在  $R_{T0}$  及  $R_i$  上增加了旁路电容器, 以及在电源端增加了一个瞬态电压抑制二极管。



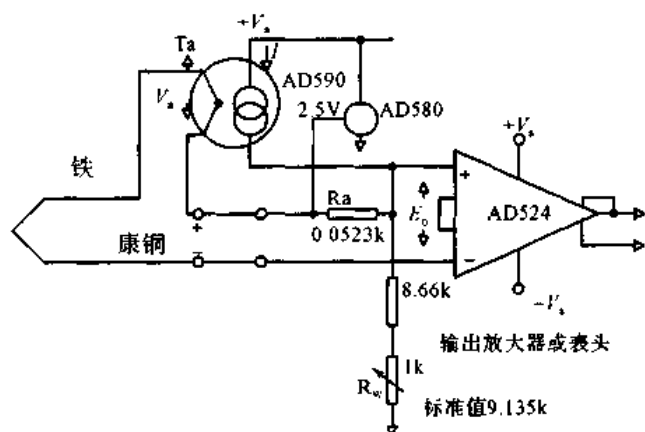
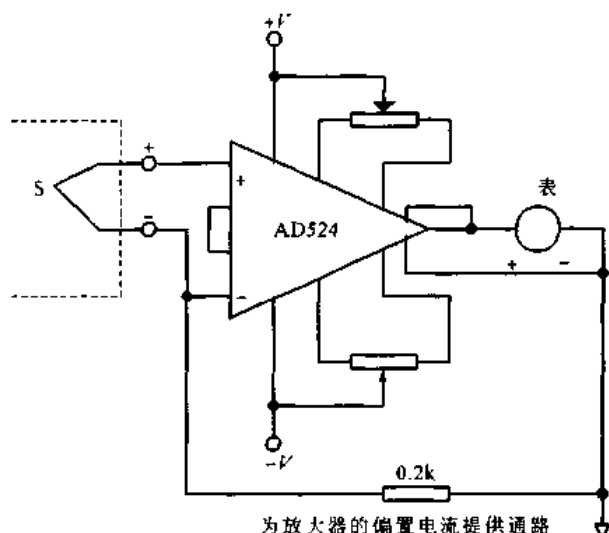
**7.14 线性化电桥测温电路** 本电路是采用正反馈使测温电桥特性线性化。如不加线性补偿, 测温电桥的非线性与铂电阻 Pt100 的非线性总计误差可达 4.5% (0~600℃), 而适当加正反馈补偿后的总计误差仅为 0.1%。其中 W1 用于零点调整; W2 用于满量程调整;  $R_{LINE}$  为线性补偿正反馈电阻, 其值决定了整个电路的输出准确度。

**7.15 J 型热电偶温度变送器电路** J 型热电偶变送器由 XTR101 及 RCV420 组成。当温度在测量范围内变化时, 输出电压为 0~5V, 可以与带 A/D 转换器的单片机直接相连。本电路适合于远距离传输。J 型热电偶输出的信号经变送器集成电路 XTR101 变换为 4~20mA, 经远距传输后, 由电流/电压转换器 RCV420 转换成 0~5V 输出。

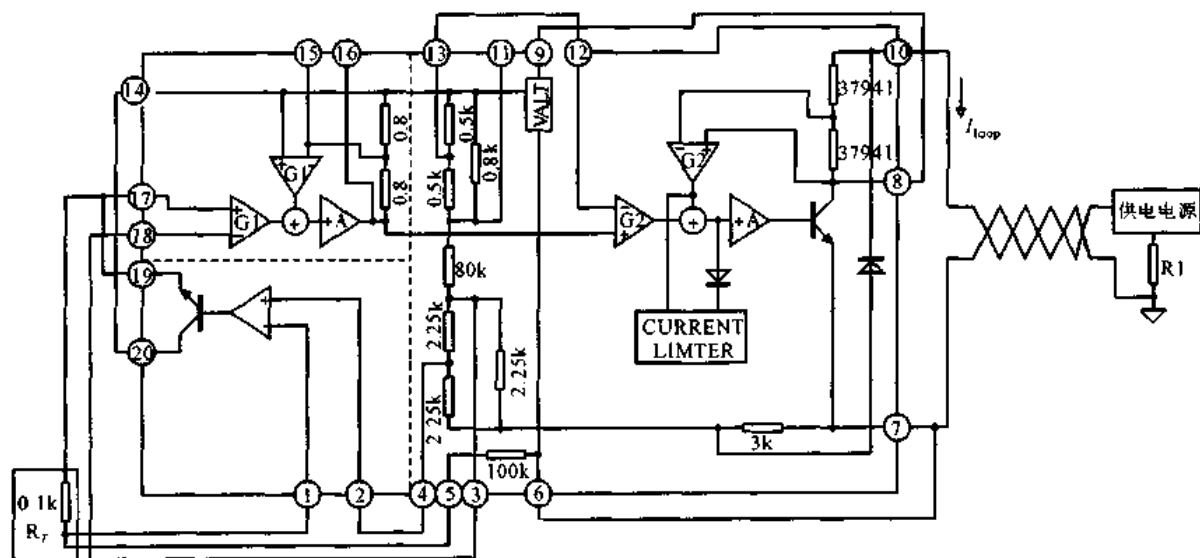


**7.16 热电偶隔离放大器** ISO100 与热电偶组成测温隔离放大器, 在温度变化时热电偶能给出 10mV 的信号, 通过等于 1kΩ 的输入电阻  $R_4$  可将电压信号转换为  $\pm 10\mu A$  的电流信号。ISO100 接成双极性工作方式, 电路由隔离电源 722 供电, 为 ISO100 的输入级和输出级分别提供相互隔离的两组  $\pm 15V$  电源。R2 和 R3 用于维持隔离电源有 3mA 的负载电流,  $C_1$  用于改善放大器的频响, 以减小幅频特性在转折区的峰值。图中的虚线表示各部分的隔离分界面。输出电压  $V_0 = I_{IN} R_F$ , 变化范围为 0~ $\pm 10V$ 。

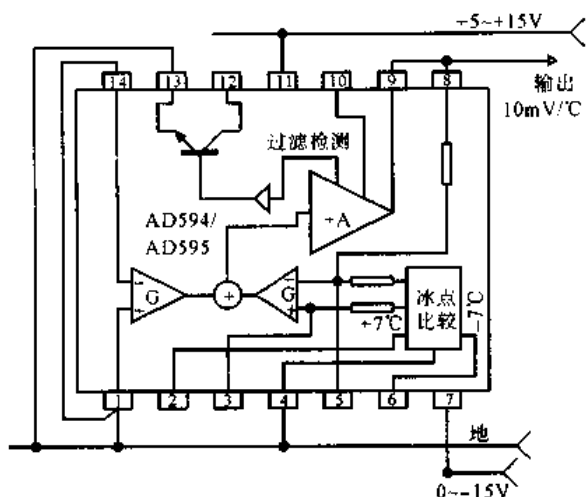
**7.17 环境基准的热电偶测温电路** 本电路采用 AD524 作为热电偶前置放大器。如果热电偶在测温精度上要求比其冷端的环境温度高,就需要进行冷端温度补偿,不过在百分之几的测温精度范围内进行高温测量时,让冷端处于环境温度常常是可以的。热电偶的毫伏信号经仪表放大器 AD524 放大后显示,从而得知实际的温度值。



**7.18 冷端补偿的热电偶测温电路** 本电路采用 AD590 作为冷端补偿的温度传感器。电路中是在对热电偶一个已知基准温度下的测量端调节  $R_w$  使其具有适当的输出电压来调整的,电路的温度接近  $25^{\circ}\text{C}$ , 如果使用低温度系数的电阻器,那么对温度范围  $15 \sim 35^{\circ}\text{C}$  的补偿精度在  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  间。对其他环境温度范围,图中有一个方程式,可通过方程式得出这时最佳的  $R_w$  和  $R_s$  值。如果用仪表放大器,那么它的增益和失调指标必须适合于被测的温度范围、要求的精度和所用热电偶的灵敏度。

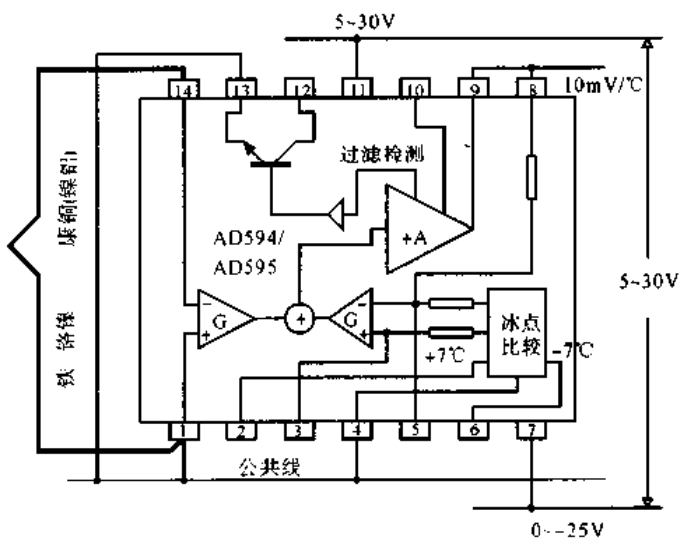
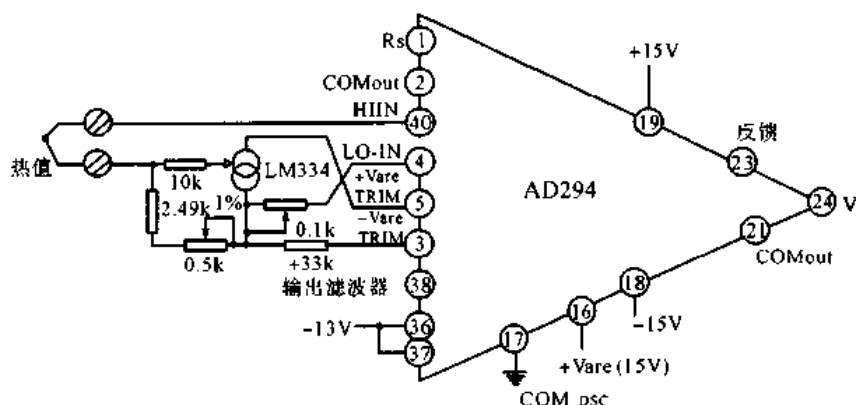


**7.19 铂电阻温度传感器的接口电路** 本电路以特别设计的专用集成电路 AD693 为变送转换电路,接受来自铂电阻温度传感器 Pt100 的信号。Pt100 与温度稳定的  $100\Omega$  电阻构成辅助放大器的反馈网络,得到的同相增益为  $(1 + R_f/100\Omega)$ , 其中  $R_f$  为 Pt100 与温度相关的电阻。AD693 是预先校准的,所以  $4 \sim 20\text{mA}$  满度输出对应于 Pt100 的不同测量量程,总共可得三线(或两线)的 6 种预先校准范围。

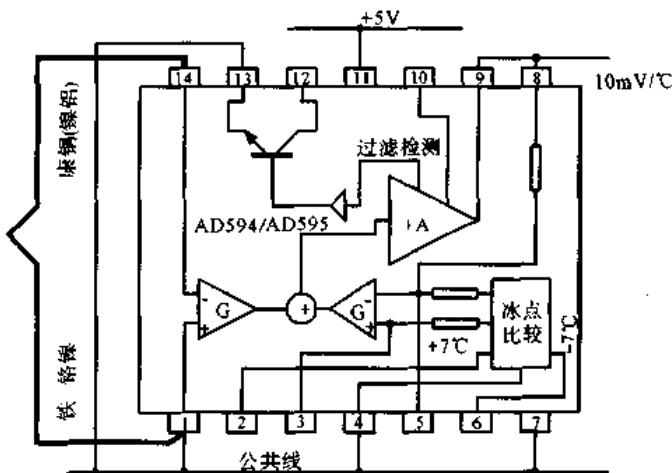


**7.20 摄氏温度计电路** AD594/AD595 有一个内部补偿到零摄氏度的温度基准，它是用作热电偶冷端补偿的。热电偶没有接在电路中时，这个基准表示的是 AD594/AD595 的温度，而且电路内部固定增益放大器可用来比例放大这一信号得出 10mV/°C 的输出。电路中是以零为参考点的三端电压输出温度传感器，若要得到负温的指示，就应将负电源接入 7 脚。

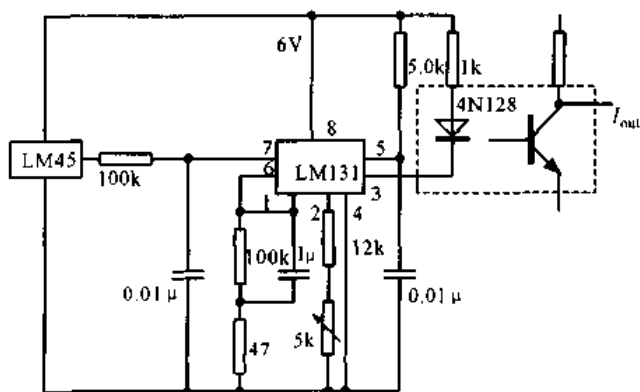
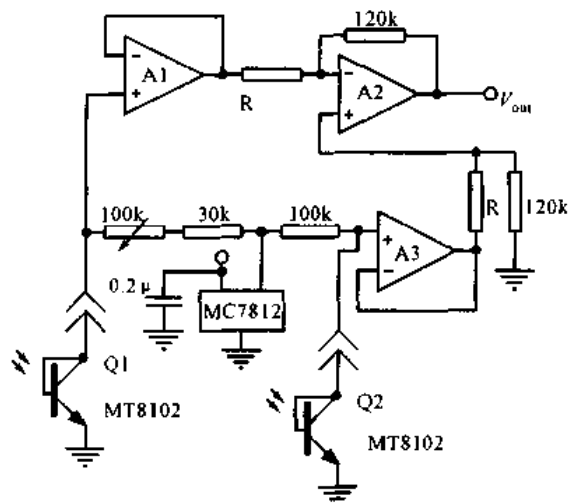
**7.21 冷端补偿的隔离输出型热电偶测温电路** AD294 可用作热电偶隔离输出的温度测量，并且可以提供冷端补偿。电路中 LM334 必须与热电偶的冷端进行连接，使该端的温度可被精确的测量。500Ω 的电位器用来调整增益精度，100Ω 电位器用作失调调整。使用这种配置方法再以 AD293 来提供附加的隔离特性，利用工业上流行的 J 型热电偶就能进行精确的温度测量。



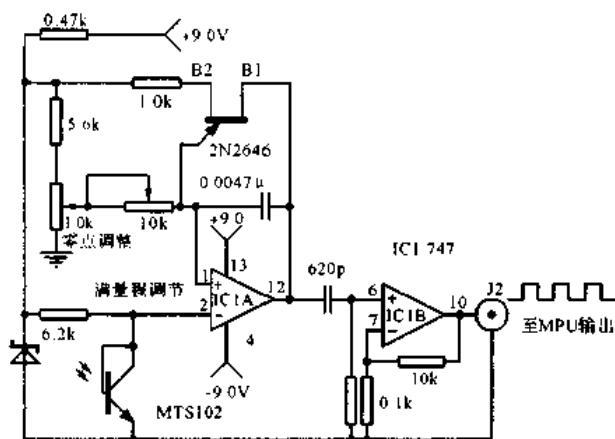
**7.22 双电源工作的热电偶专用放大电路** 当热电偶在高温下工作时，为了使输出电压可以呈现负值，AD594/AD595 要采用双电源。AD594/AD595 能够在 11 脚和 7 脚之间的总电源电压从 5~30V 范围内工作，在 11 脚和 4 脚之间至少要有 5V 电压才能保证电路正常工作。



**7.25 温度差测量电路** 利用两个 MT8102 温度传感器及运算放大器即可组成温度差测量电路。其测量温度范围为  $0 \sim 15^{\circ}\text{C}$ 。电路中,若  $Q_1$  及  $Q_2$  处于相同的温度场中,可调节  $100\text{k}\Omega$  电位器使输出  $V_{\text{out}} = 0\text{V}$ ,  $A_1$  及  $A_3$  接成跟随器,  $A_2$  接成减法器。输出的电压  $V_{\text{out}} = 120\text{k}(V_{Q_2} - V_{Q_1})/R$ , 式中  $V_{Q_1}$  及  $V_{Q_2}$  分别表示  $Q_2$ 、 $Q_1$  的转换电压。若已知传感器的转换灵敏度  $S_T = \Delta V/\Delta T$ , 则要测量的温差即为  $\frac{V_{\text{out}} \cdot R}{120\text{k} \cdot S_T}$ 。



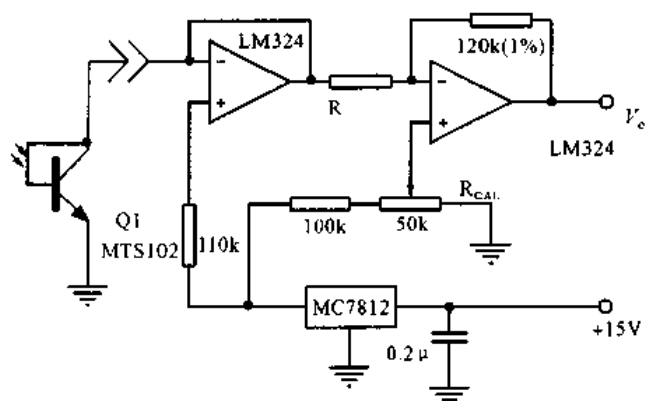
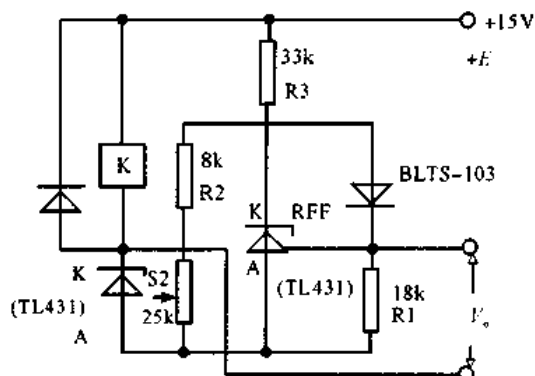
**7.26 温度/频率变换电路** 利用 V/F 变换器 LM131 芯片、集成温度传感器 LM25 或 LM45 及光电耦合器 4N128 组成输入输出隔离的温度/频率变换电路。其温度测量范围为 25 ~ 100℃, 相应的频率输出为 25 ~ 1000Hz。由 5kΩ 电位器来调整, 使 100℃ 电路输出为 1000Hz。经过光电耦合器不仅可作到输入输出隔离, 并且也容易满足电平转换。



7.27 温度传感器到数字 MPU 的连接电路

本电路给出一个温度传感器到微型计算机的接口，电路将温度传感器的输出信号转换为数字形式的信号，然后直接与微型计算机连接。调整 1.0k 电位器使输出信号为零点。调整 10k 电位器使输出信号为满量程信号。

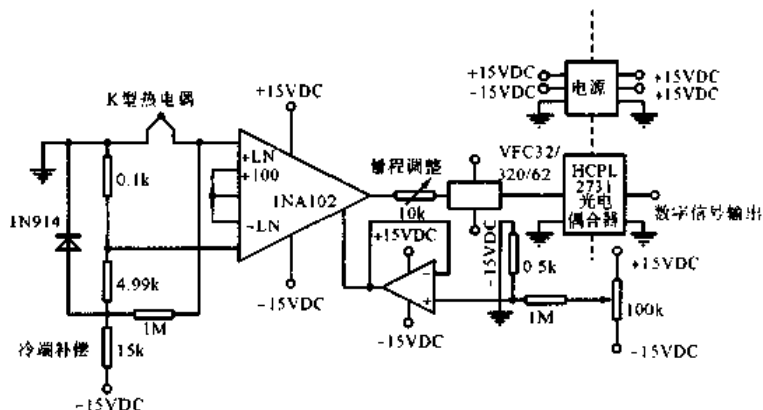
**7.28 简易高精度温度测控器** 本电路利用两只集成稳压电路 TL431 及少量元件组成了较高精度的温度测量控制电路。温度传感器采用 BLTS-103 型感温二极管，通过调整 R2 使温度为 0℃ 时  $V_o = 0V$ 。电路中温度控制通过 S2 实现，根据 TL431 的特性，当 REF 端与 A 端间电压达到 2.5V 时 TL431 导通，K、A 间电压约 2V 左右；反之，当 REF 端电压低于 2.5V 时，TL431 截止。当温度变化时，S2 的 REF 端电位随之变化，通过控制 S2 状态进行控温。实际使用中通过调整 R1 接点位置改变温度设定值。



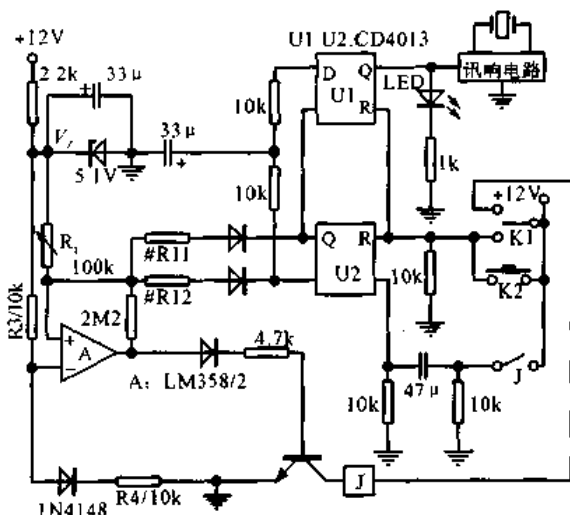
**7.29 绝对温度测量电路** 由温度传感器 MTS102 及运算放大器 LM324 组成测量绝对温度的电路。首先将 MTS102 (Q1) 放到一个已知温度 ( $T_{EMP}$ ) 下测量，调节  $R_{CAL}$  使电路输出电压为： $V_{out} = T_{EMP} \times 10mV$ ，然后将 Q1 置于被测温度 ( $T_A$ ) 中，测量此时的输出电压  $V_{out} T_A$ ，则被测温度  $T_A$  为： $T_A = V_{out} / 10mV/^\circ C$ 。

7.30 带冷端补偿的热电偶放大电路

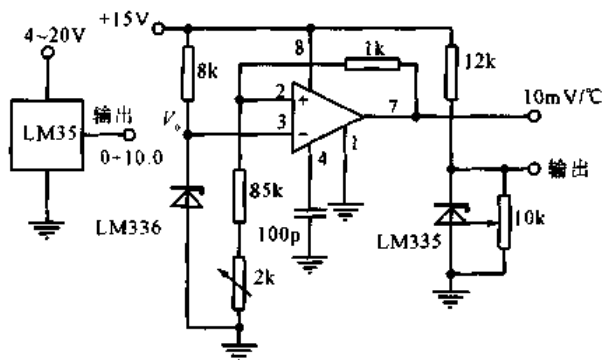
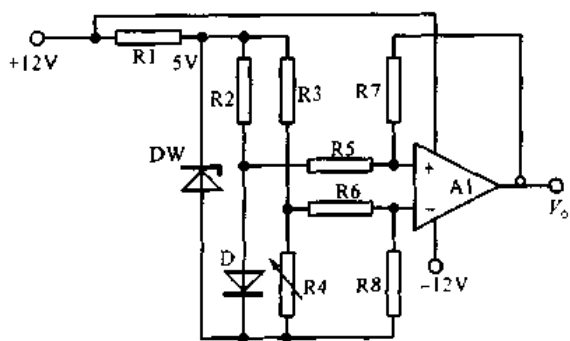
本电路以 K 型热电偶作为温度传感器，二极管 1N914 及电阻网络组成冷端补偿，输出的温度信号由仪器放大器 INA102 放大 (增益为 100)。OPA27 接成的缓冲器及 100kΩ 电位器等组成调零电路，INA102 输出端的 10kΩ 电位器作满量程调整。输出的模拟信号经 VFC32/320/62 转换成频率信号，再经光电耦合器将数字信号作隔离传输，为满足隔离的要求，采用了隔离电源。



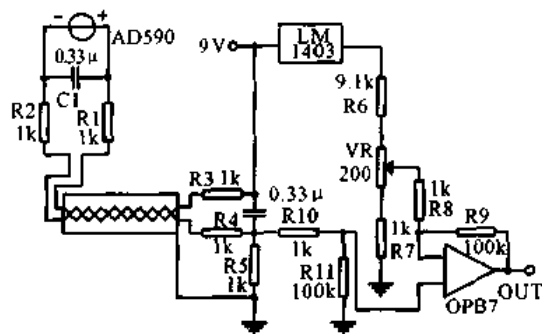
**7.31 集成温度传感器测温电路** 本电路由集成温度传感器 LM35、集成稳压器 LM336 及运算放大器组成。电路中 LM35 直接输出的为绝对温度,为了使输出为摄氏温度需使放大器输出端为 2.73V,可得到 10mV/℃ 的输出信号,从而可作为摄氏温度的测量装置。



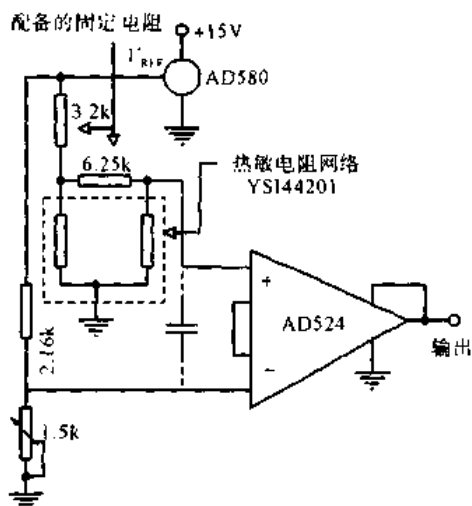
**7.33 AD590 远程测温电路** 本电路可以测量千米之外的温度。当温度为  $-55 \sim +100^{\circ}\text{C}$  时,电路的输出电压以  $100\text{mV}/^{\circ}\text{C}$  的规律变化,输出为  $-5.5 \sim +10\text{V}$ 。电路中测温元件采用 AD590,其温度变化的输出电流经屏蔽线,并通过屏蔽线两侧的 RC 环节滤除干扰,再流过  $1\text{k}\Omega$  电阻,产生  $1\text{mV}$  的电压加在放大器的输入正端。AD590 直接输出的为绝对温度,为了以摄氏温度读出,需要在放大器的负端加上  $273.2\text{mV}$  电压,这一电压由 LM1403 经电阻分压产生。实际应用中,屏蔽线只能一端接地,若两端同时接地,将形成噪声电流串至芯线引起干扰。



**7.32 电热开水温度检测及控制电路** 本电路中的温度传感器为 NTC 热敏电阻, 温度控制为定点控制。当合上电源开关后、在装有一定容量的水的情况下, 开合加水盖或按煮水盖按钮, 都可以进入煮水工作状态。水煮后会产生鸣响和 LED 亮的指示, 煮水温控点为 100℃。在煮水水开时将自动进入保温状态, 保温温控点为 80℃。电路设有过热欠水保护。

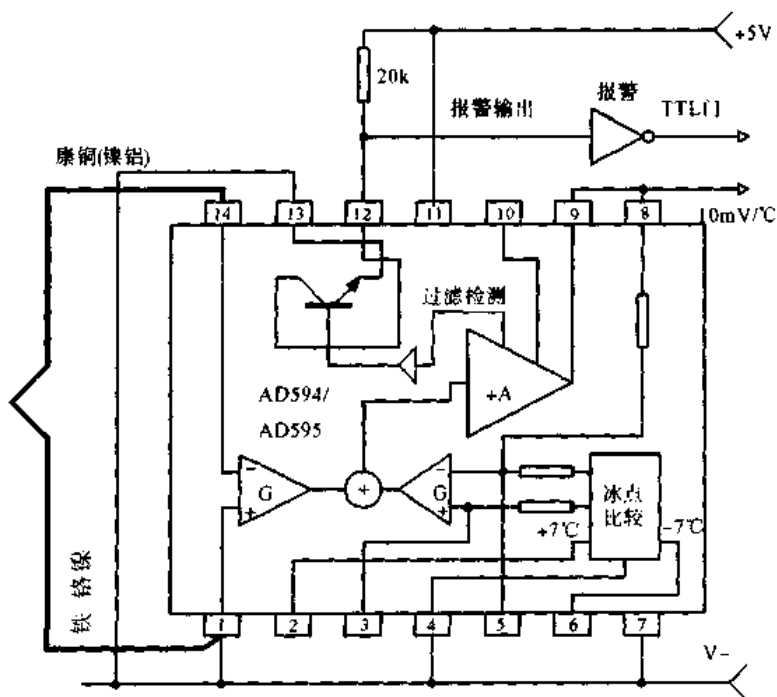
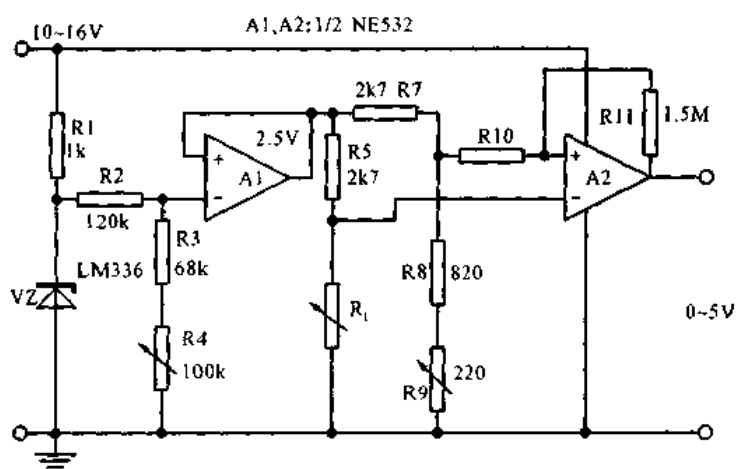


**7.34 0~100℃温度测量电路** 本电路由电桥组成(R2、R3、R4),电桥由5V稳压供电,温度传感器为PN结二极管(IN4148)。通过选择R2的值可使流过D的电流在100~300 $\mu$ A之间。调R4可使放大器在0℃时输出为0V,放大器的增益为5倍,输出灵敏度为10mV/℃,在100℃时,调整放大器参数使输出为1V。若上述0~1V的电压输出接一个0~2V的数字式表头,则成为一个数字式温度表,其测温精度可在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 范围内。



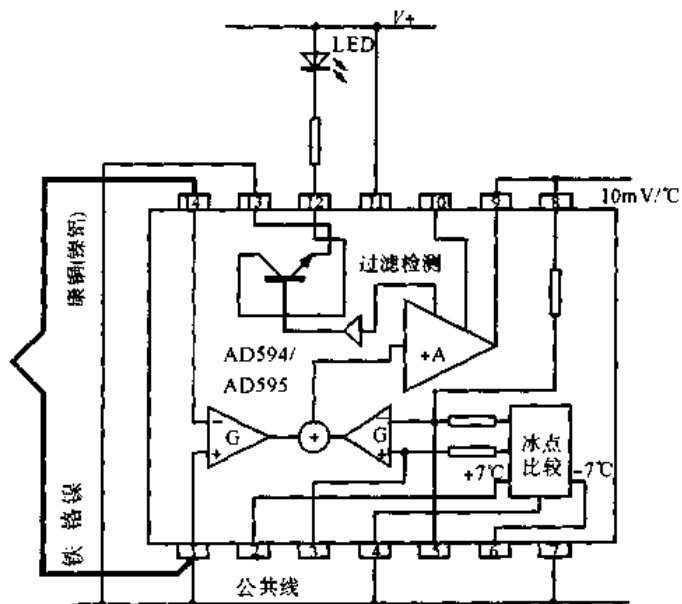
**7.35 热敏电阻的测温电路** 热敏电阻及其补偿网络由 2.5V 的基准电压源 AD580 供电，接成测温电桥后经仪表放大器 AD524 放大输出，该放大器可按所要求的增益和输出方式来连接。

**7.36 硅温度传感器测温电路** 本电路由硅温度传感器及运算放大器 NE532 组成。当硅温度传感器处在温度下限时调整 R9，使放大器输出为 0V；当硅温度传感器在温度为上限时调整 R11 (1.5M)，使放大器输出为 5V，从而可得到一定温度量程的 0~5V 输出。



**7.37 热电偶报警信号输出电路**

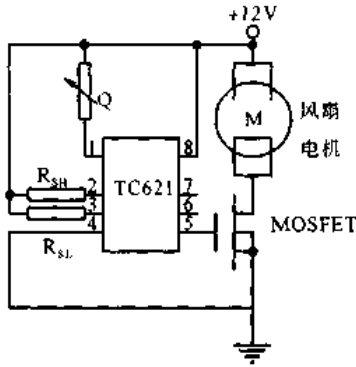
在 AD594/AD595 的应用中，13 脚应受一定的限制，它的电压不能超过 -4V。这一点只要将 13 脚连接到 4 脚的公共端，或连到 7 脚的 V- 就容易办到。电路在正常工作时报警晶体管断开，20kΩ 的上拉电阻使 12 脚输出为高电平。如果热电偶的一个头或两个头断开，12 脚将输出低电平，从而输出报警信号。



**7.39 热电偶 LED 报警电路** 热电偶 LED 报警电路利用 AD594/AD595, 制作成简易的热电偶断路报警电路, 当热电偶出现断路时, 报警电路的发光二极管 LED 实施报警。该电路利用单电源供电, 十分简单, 可用于热电偶测温、控温电路中的保护系统, 实现热电偶故障报警。

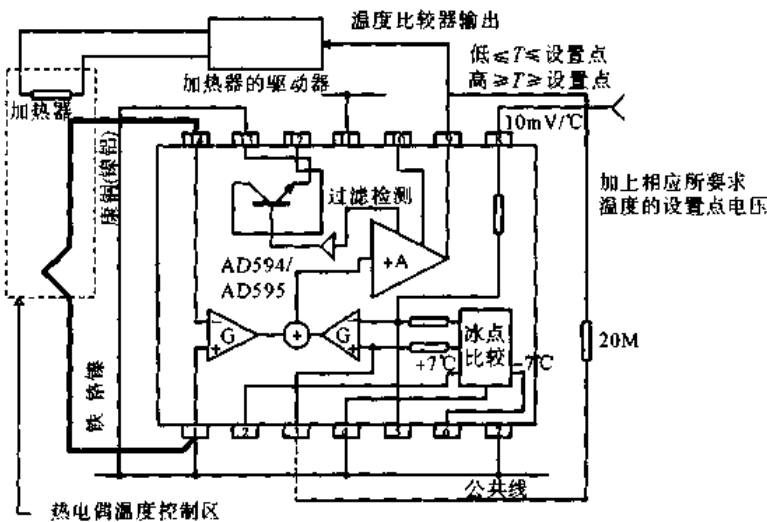
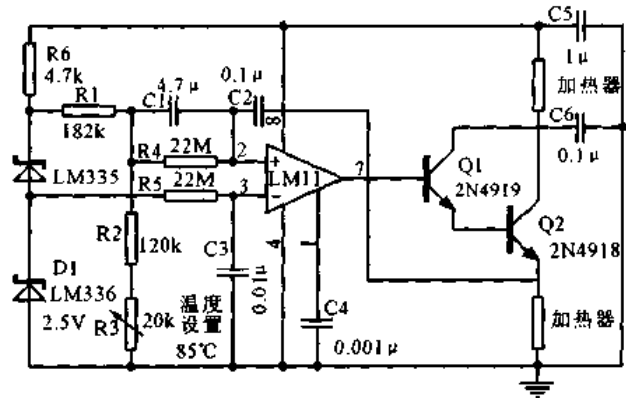
The schematic diagram shows the internal components of the AD594/AD595 precision current source. It includes a feedback resistor, a current source, and a temperature comparison block. The circuit is powered by +10V and -12V, and includes a 10mV/V gain and a 7°C temperature reference.

热电偶双电源报警电路采用双电源供电。由于采用双电源供电,它可以在高于地电位或低于地电位工作,使输出晶体管的集电极和发射极可用一种通常的开关量实现声光或光电形式的报警。用于热电偶控制系统的保护电路。



**7.41 风扇电机温控电路** 采用 TC620 或 TC621 (不含温度传感器) 可以做成极为简单的风扇电机控制电路, 对需散热环境的风扇进行控制。在超过某一设定温度时, 风扇自动启动, 等温度降低一定温度时, 风扇自动断电。由于 TC620 或 TC621 输出电流较小, 需外接一功率 MOSFET 来驱动风扇电机。

**7.42 恒温箱温度控制系统** 电路中 LM11 高的输入阻抗, 允许使用合适的电容去控制环路的稳定性, 而不影响精度。由集成温度传感器和集成稳压器组成测温电桥, 由运算放大器放大后驱动加热器。电容器 C1 和 C2 保证频率稳定。

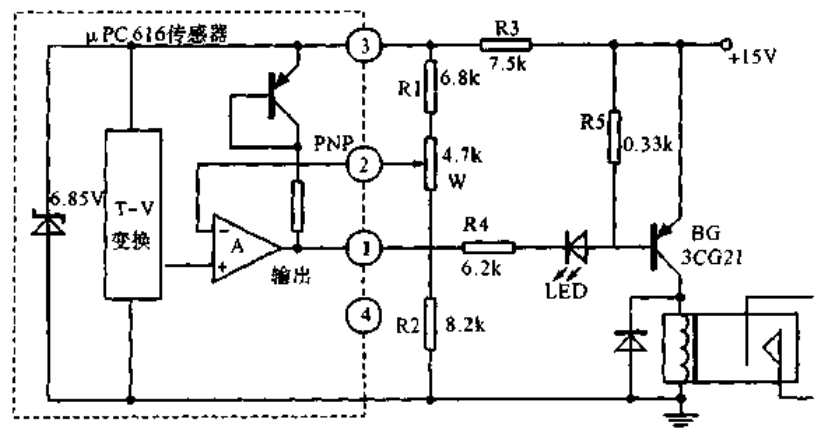


**7.43 热电偶设定温度控制器**

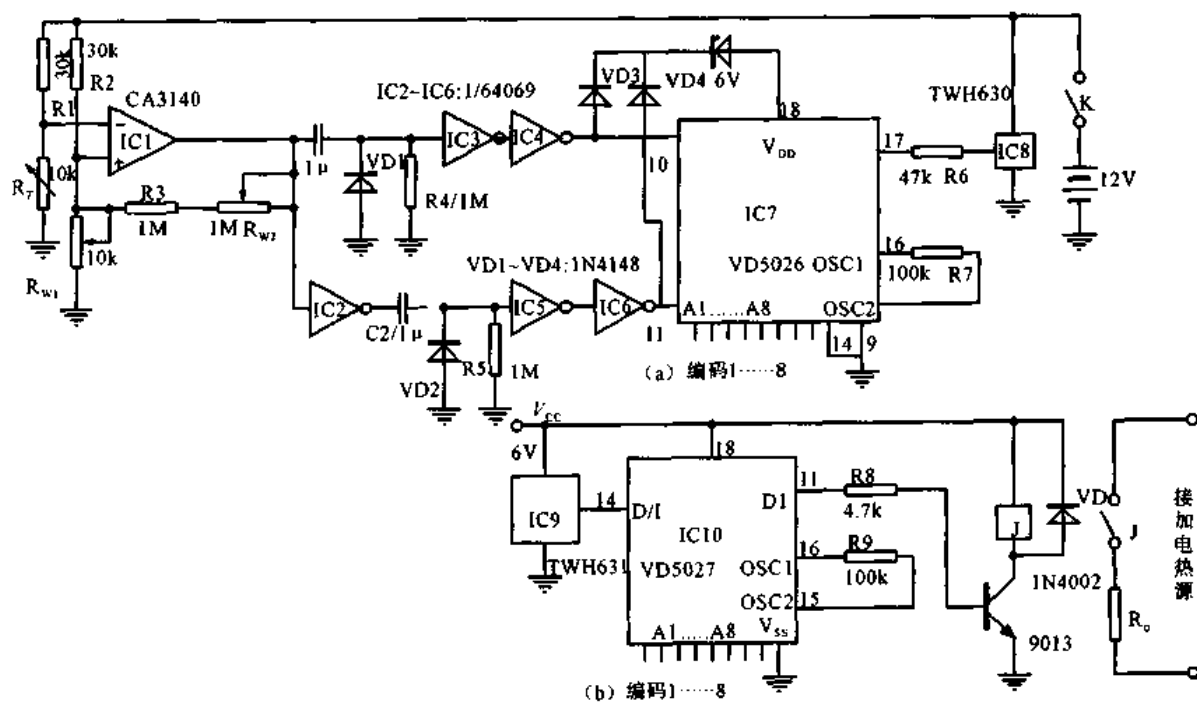
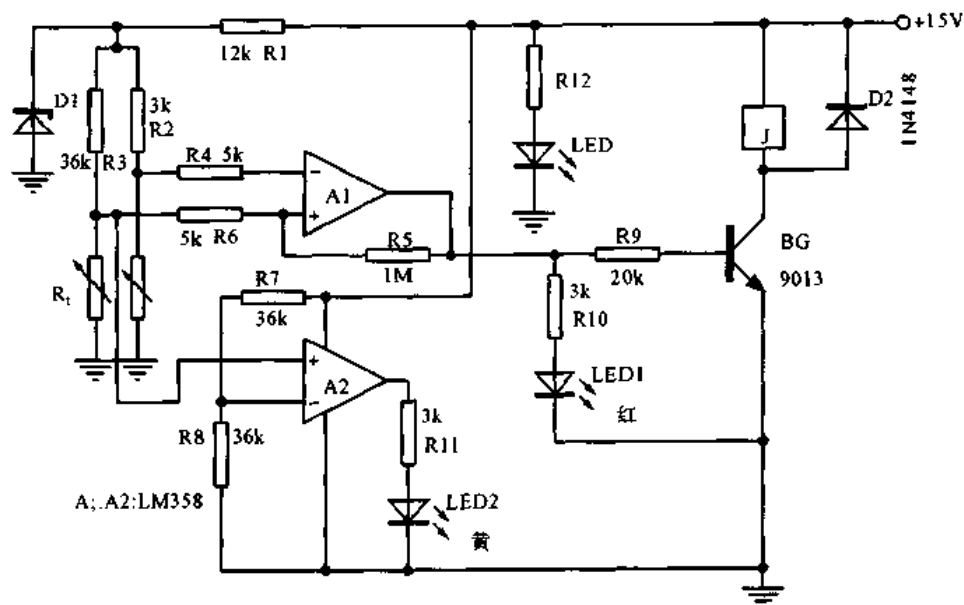
AD594/AD595 可接成设定温度控制器。在电路工作时, 如果设定点的电压超过了测量值, 那么输出将会下跌到接近于 0V; 反之, 当温度上升超过了设定点电压, 输出将会变成一个接近 4V 的正向极限值 (5V 电源电压工作时)。

**7.44  $\mu$ PC616 温度控制器**

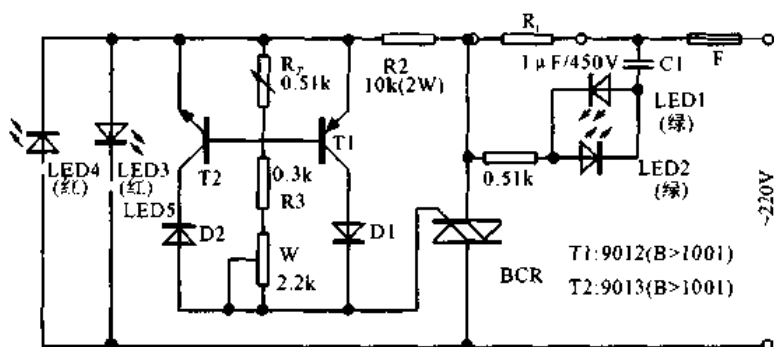
$\mu$ PC616 为内含温度传感器的温度控制专用集成电路。电路中 W 用于设定动作转换控温点, 按照温度对应输出电压的关系, 可以把 W 的旋转角度按温度标度来刻度, 更便于直观使用。R1、R2 及 W 的阻值, 决定了 W 对应温度的可变设定范围能够覆盖  $-25 \sim +125^{\circ}\text{C}$ 。



**7.45 热敏电阻温度控制器** 温度传感器采用在 25℃ 为 10kΩ 的负温度系数热敏电阻, 电路由两个比较器组成。比较器 A1 为温控电路, 比较器 A2 为热敏电阻损坏或接线断开指示电路, 调整 W1 可设定控制温度, 调 R5 可调节电路翻转延时时间, 以免继电器频繁通断。

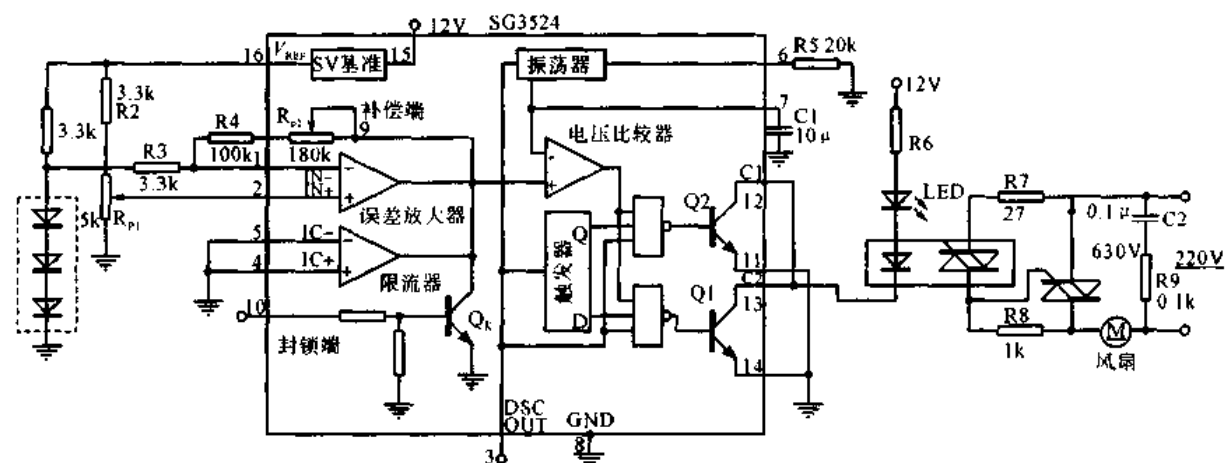
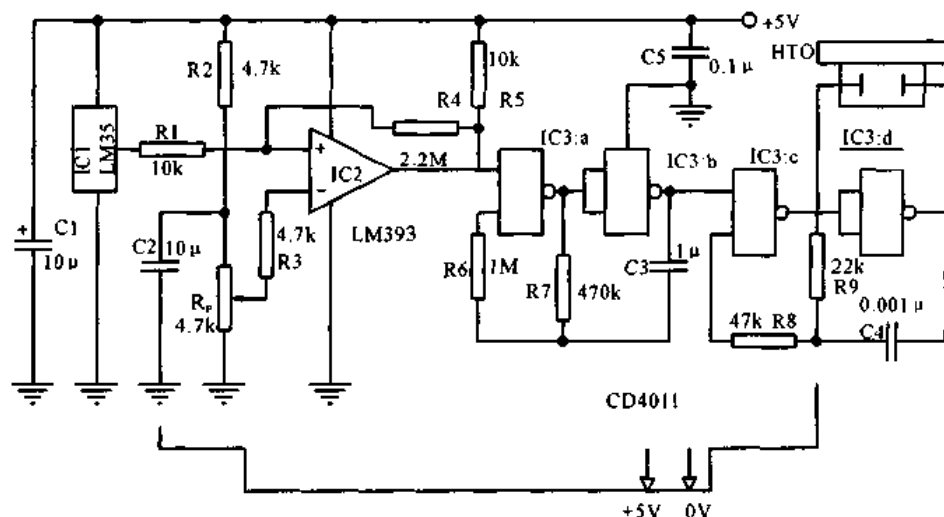


**7.46 遥控温度控制器** 热敏电阻  $R_T$  与 IC1 以及外围电路构成温度开关电路(图(a))。温度很低时,  $R_T$  阻值较大, IC1 的反向输入端电位高于同相输入端, 输出低电平, IC2 输出高电平, 通过 R5 向 C2 充电, 约 1s 后充电结束, 使 IC6 输出一个脉宽 1s 的正脉冲, 使 IC7 的 17 脚输出密码信号, 再经过 IC8 调制发射。图(b)为温度控制接收电路, IC9 的接收信号经 IC10 解码, 使其 11 脚自锁输出高电平, V 导通, J 吸合, 开始加热。当温度升高到一定程度时,  $R_T$  阻值减小, IC1 同相输入端电位高于反向输入端, 输出高电平 ( $R_{W2}$ 、R3 正反馈形成了温控点与降温控点间的温度回差, 从而提高抗干扰性能), 使 IC2 输出低电平, C2 通过 VD2 迅速放电。C1 通过 R4 充电, 同样 IC4 输出一个脉宽 1s 的正脉冲, 将 IC7 的密码信号再次通过 IC8 发射出去。IC9 接收此信号后使 IC10 的 11 脚清零, V 截止, J 释放, 停止加热。调试时首先要使 IC7 与 IC10 的 1~8 脚编码相同。调整  $R_{W1}$  可改变温控点, 调整  $R_{W2}$  可使温控回差改变。



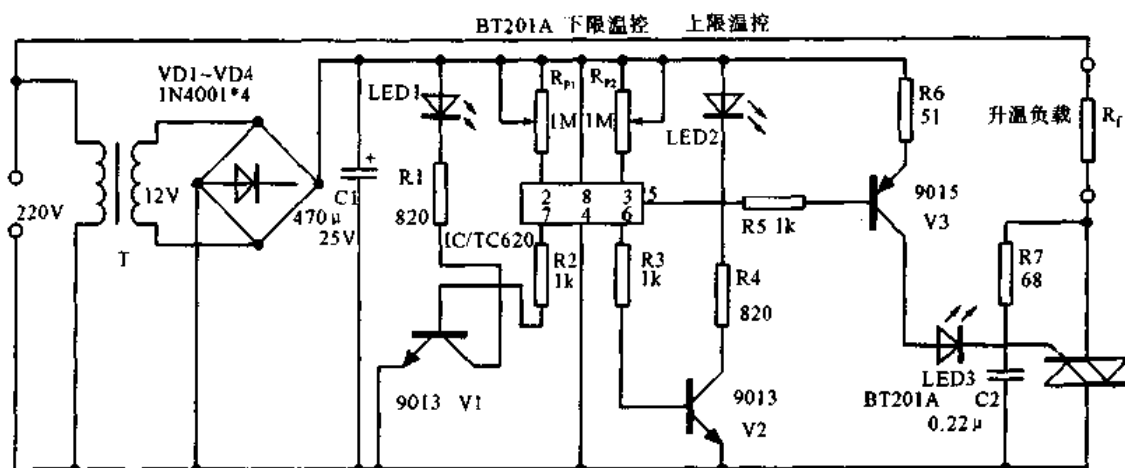
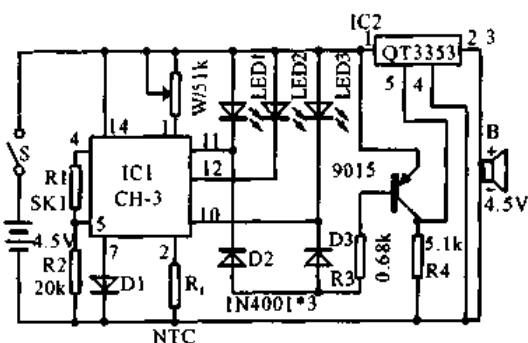
**7.47 简单的温度控制器** 用可控硅 BCR 作加热器  $R_h$  的开关元件, 在可控硅控制极 G 上设置温控触发电路  $R_T$ 、 $T_1$ 、 $T_2$  及  $W$ 。电路由  $R_2$  降压后, 由两个反向并接的发光二极管 LED 作交流稳压, 提供 2.3V 的交流电压。电路接通后, 热敏电阻两端交流电压  $V_{RT} > 0.6V$ , 交流正半周时  $T_1$  导通, 经  $D_1$  触发 BCR 导通, 交流负半周时  $T_2$  导通, 负向触发 BCR 导通。加热后温度逐渐升高到某一温度, 调整电位器  $W$  可使  $V_{RT} < 0.6V$ , 从而实现温度控制。

**7.48 微机温度异常报警长** 电路中 LM35 在  $0 \sim 100^\circ\text{C}$  范围内输出  $0 \sim 1V$  的电压信号, 若 LM35 的输出电压大于 LM393 的输入负端设定电压, LM393 即输出高电平从而推动由 CD4011 组成的振荡器报警输出。通过调整电位器  $R_p$  可设定报警温度。整个电路可做成板卡形式, 可直接插入微机的主板 I/O 扩展槽内。

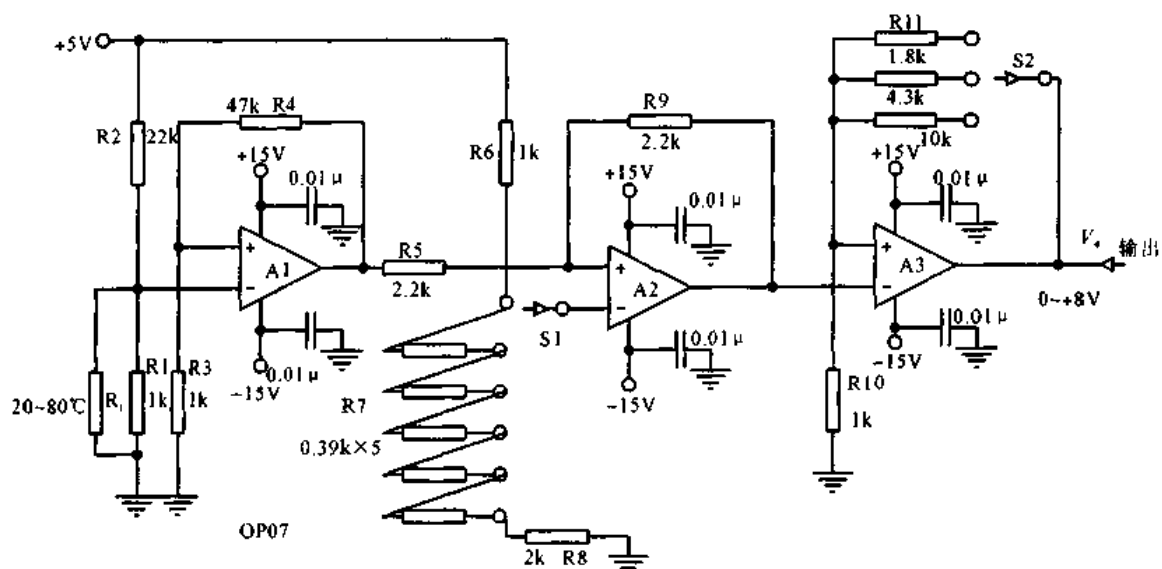


**7.49 散热温度控制器** 本电路由 3 只 PN 结二极管组成的温度传感器 SG3524, 及可控硅等组成测温控制散热风扇电路。电路要求冷凝器温度低于  $40^\circ\text{C}$  时, 散热风扇停转, 温度高于  $46^\circ\text{C}$  时, 风扇以全速运转。调整  $R_{p1}$  可改变风扇运转起始点, 调整  $R_{p2}$  可改变放大器增益, 即改变风扇全速运转点。

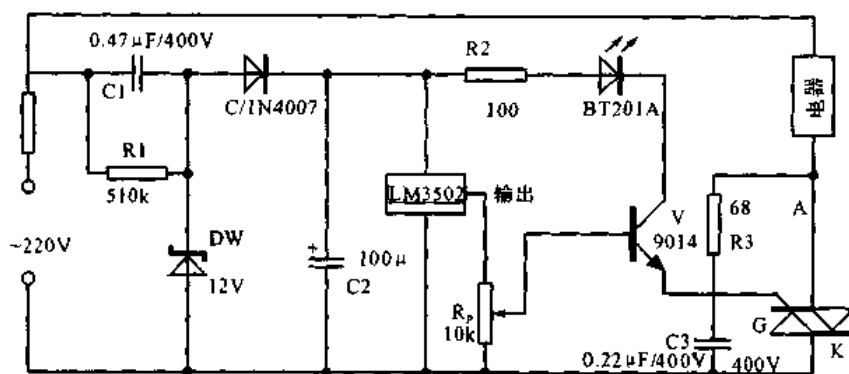
**7.50 实用温度报警仪** 利用专用相机、光集成电路 CH-3 及 NTC 热敏电阻组成温度报警电路。当环境温度低时,热敏电阻  $R_t$  阻值较大,使 CH-3 的 2 脚电位变高,11 脚输出为低电平,LED1 点亮,从而使 B 发出响声,LED3 被点亮;温度很高时,  $R_t$  阻值下降 CH-3 的 2 脚电位变低,11 脚变为低电平,LED3 被点亮, B 发出声响。当温度处于被设定的高低温度之间时,2 脚电位不高不低,12 脚输出为低电平,LED2 点亮, B 不发声。调整 W 的阻值大小,可使本电路在设定的温度值下工作。 $R_1/R_2$  比值越大,则可调温度范围越宽。



**7.51 集成电路可调温控器** 由内置温度传感器的 TC620 来控制双向可控硅实现温度控制。调整电路中的  $R_{p1}$  和  $R_{p2}$  可分别改变下限温控点及上限温控点,LED1 点亮表示环境温度超过下限温控点,LED2 点亮表示环境温度超过上限温控点。双向可控硅 BCR 的额定工作电流的选取可根据实际被控负载功率大小而定。



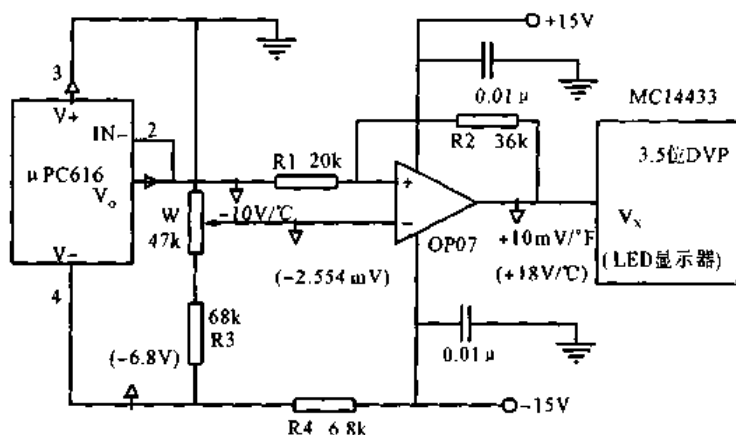
**7.52 线性化温度计** 在热敏电阻上并联电阻  $R_1$ ,可以改善其非线性误差。电路的测温范围为 20~100℃。为了提高测温精度,采用了分段测量的办法。用  $S_1$  选择六个测量范围的中心值(30,40,50,60,70,80℃),用  $S_2$  选择三个测量温度宽度(20,40,80℃)。输入条件是  $R_t = 4k\Omega \sim 330\Omega$ ,输出电压为  $V_4 = -8 \sim 8V$ 。 $R_t$  并联  $1k\Omega$  后总电阻值变化范围是  $800 \sim 250\Omega$ ,近于线性变化。A1~A3 采用 OP07。输出电压  $V_4$  变成数字量送入微机应用时,预先用标准温度计对照求出校正曲线数据,再用最小二乘法计算可得到  $\pm 0.02^\circ C$  的高精度。



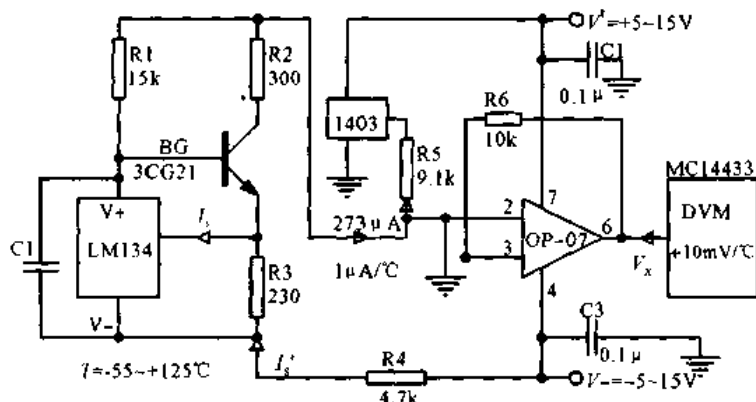
### 7.53 实用温控交流开关

电路由降压、整流、稳压滤波电路、测温检出电路及电子开关组成。温度传感器为 LM3502, 其输出为  $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ , 测温范围为  $0\sim 100^\circ\text{C}$ 。调整  $R_P$  的阻值大小, 可改变其控温点,  $R_3$ 、 $C_3$  组成吸收电路, 当负载为感性时不致被破坏。为了操作方便, 可在电位器  $R_P$  旋钮上标注相应的温度刻度线, 并经实验确定某温度在其对应刻度线的位置。

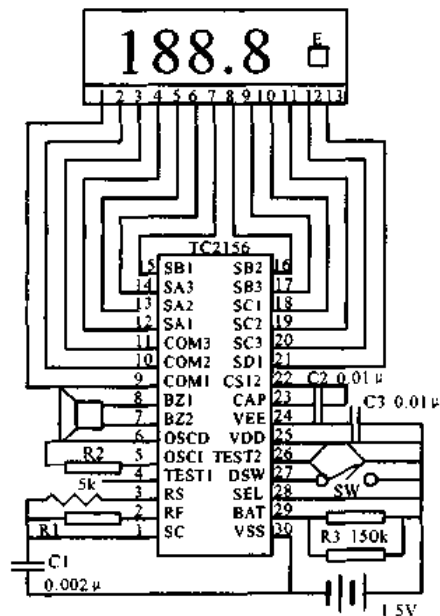
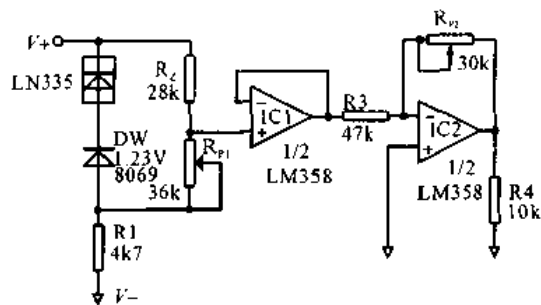
**7.54 华氏温度计** 本电路由  $\mu\text{PC616}$  作为温度传感器。其输出为  $-10\text{mV}/^\circ\text{K}$  或  $-10\text{mV}/^\circ\text{C}$ ,  $0^\circ\text{C}$  时输出为  $-2.7315\text{V}$ , 则  $0^\circ\text{F}$  时输出应为  $2.5537\text{V}$ 。在本电路中实现摄氏温度转换成华氏温度的方法是, 用运算放大器变换, 利用  $\mu\text{PC616}$  本身具有很好的恒压特性, 运放同相端置于固定电压  $2.5537\text{V}$ , 运放的增益取为  $1.8$ 。于是运放输出的信号即为  $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ , 且在  $0^\circ\text{C}$  时输出为  $0\text{V}$ , 将输出信号输入到 MC14433 的数字电压表即可显示要测的温度值。电路中要求流过  $\mu\text{P616}$  的电流应在  $0.5\text{mA}$  左右。调整电位器  $W$  可使  $0^\circ\text{F}$  时运放输出为  $0\text{V}$ 。( $1^\circ\text{F} = 5/9\text{K} = 5/9^\circ\text{C}$ )



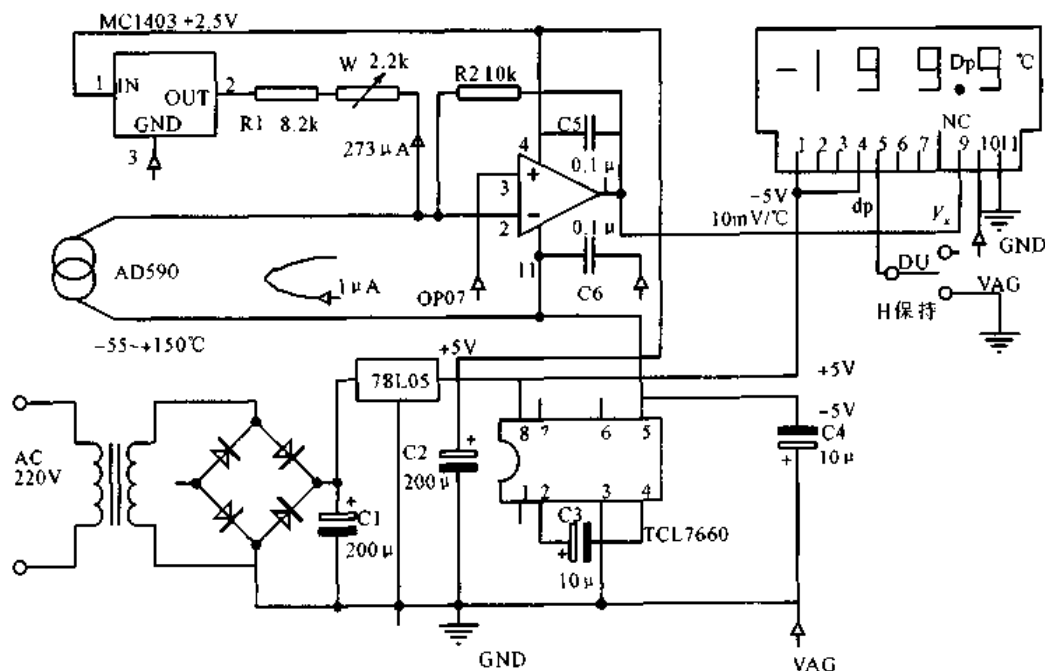
**7.55 K 氏/摄氏温度计** 本电路的温度传感器采用 LM134, 并利用晶体管 3CG21 对 LM134 分流供电, 这样可以完全忽略 LM134 本身功耗引起发热所带来的测温误差。为了测量摄氏温度且直接读取, 就要对  $0^\circ\text{C}$  对应的  $273\text{K}$  时产生的信号予以补偿。办法是用基准电压源 1403 提供补偿电流  $273\mu\text{A}$ , 使  $0^\circ\text{C}$  时运放 OP07 输出电压为  $0\text{V}$ , 送到数字电压表后的显示值也相应成为  $0\text{V}$ , 且按  $+10\text{mV}/^\circ\text{C}$  的比例升高。电路中调整  $R_5$  可使运放输出为  $0\text{V}$ , 调整  $R_3$  或  $R_6$  使运放输出满度值。



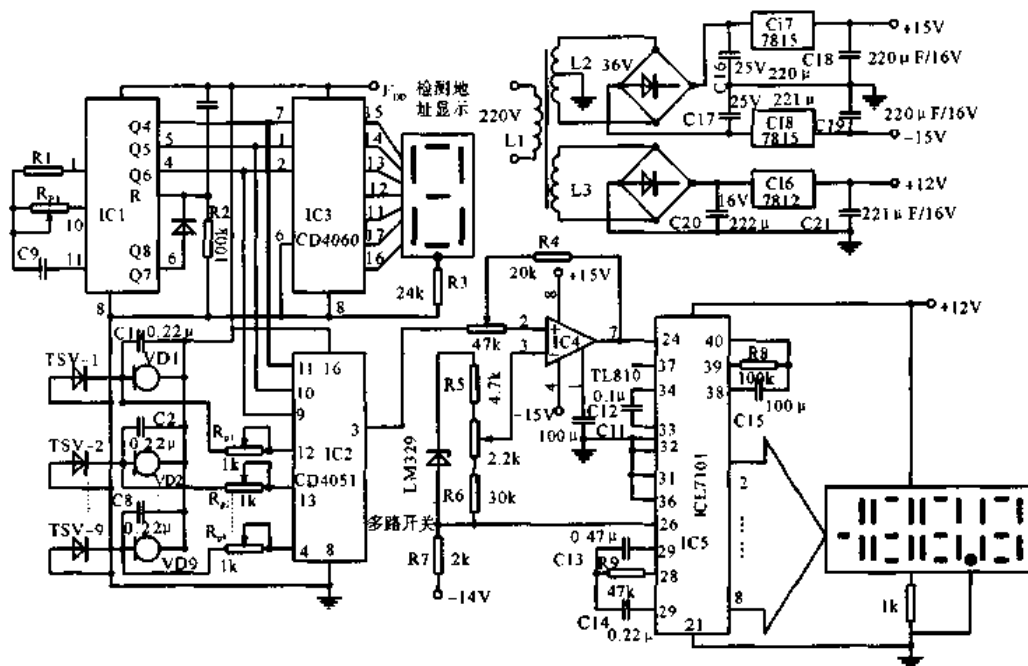
**7.56 数字万用表测温附加电路** 本电路用9V叠层电池供电,测温范围为 $-25 \sim +100^{\circ}\text{C}$ 。电路中的温度传感器为LN335,  $V+$ 接电池正极,  $V-$ 接电池负极,调整  $R_{P1}$  使电路输出为零,调  $R_{P2}$  使万用表显示  $100^{\circ}\text{C}$  时的值为  $100.0\text{mV}$ 。装调时,IC1、IC2与万用表共用叠层电池,整个电路可装入表内,仅将温度传感器引出。



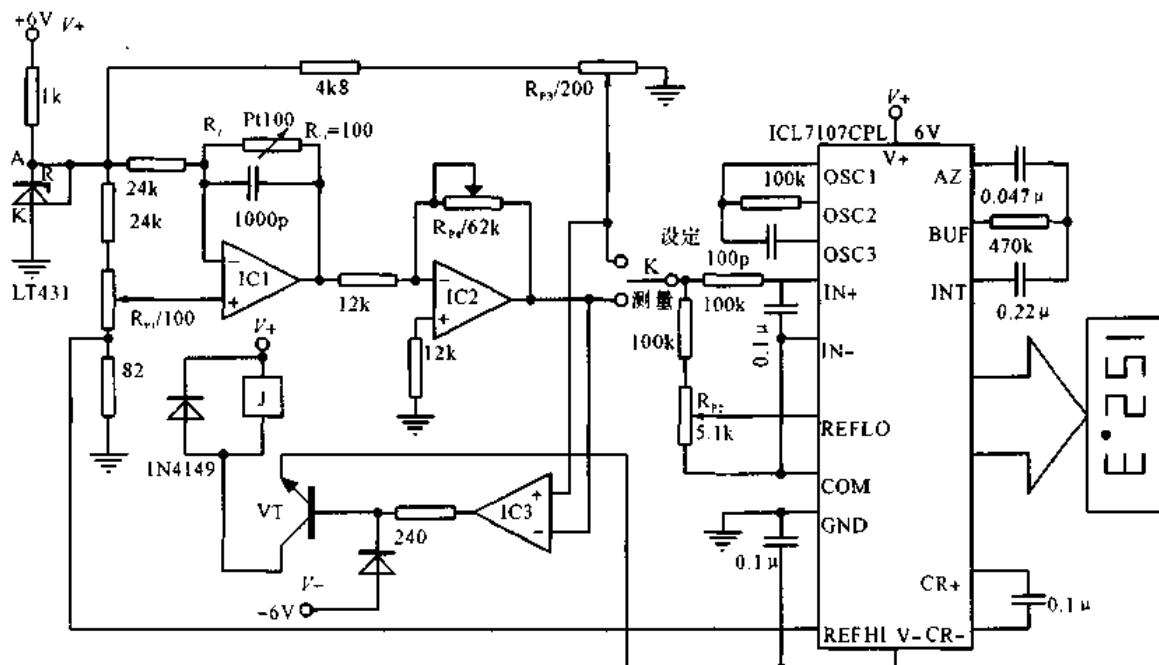
**7.57 数字体温测量仪** 本电路采用供电电压为  $1.3 \sim 1.65\text{V}$  的微功耗专用集成电路 TC2156 及热敏电阻,并配有超小型液晶显示。芯片工作电流  $\leq 80\mu\text{A}$ ,电路中  $C1$ 、 $R1$  构成了温度检测输出电路, $R2$  为振荡器外部电阻,电阻  $R3$  是低电压检测输入电阻。其测量范围为  $32 \sim 42^{\circ}\text{C}$ 。



**7.58  $-55 \sim +150^{\circ}\text{C}$  数字温度计** 本电路采用 AD590 为温度传感器,显示部分为利用 MC14433 的  $3\frac{1}{2}$  位数字电压表。电路中的 MC1403 用于提供固定基准偏流  $273.2\mu\text{A}$ ,以对消  $0^{\circ}\text{C}$  时 AD590 的吸收电流  $273.0\mu\text{A}$ ,使 OP07 输出  $0\text{V}$  ( $0^{\circ}\text{C}$ ), OP07 输出电压为  $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ 。通过调整  $W$  可使环境温度为  $0^{\circ}\text{C}$ , 数字电压表显示为  $0^{\circ}\text{C}$ ,从而可以测量  $-55 \sim +150^{\circ}\text{C}$  范围内的温度。



**7.59 巡检式数字温度显示仪** 电路中的温度传感器由 TSV 型精密温度传感器、恒流二极管及电容器组成。TSV1 ~ TSV8 为八只恒流二极管。集成电路 IC1、IC2、IC3 是定时、巡检和地址号显示部分的关键元件，C10、R2 是 IC1 的清零电路，R<sub>P1</sub>、R1、C9 和 IC1 组成振荡器，调整 R<sub>P1</sub> 可改变巡检速度。IC1 的输出送往 IC2 及 IC3。IC2 为电子模拟开关，由 IC1 输出的二进制信号控制电子开关实现八选一，当 IC1 输出“000”时，开关接通第一路温度传感器，地址显示为“0”，其余依次类推。可调电阻 R<sub>P2</sub> ~ R<sub>P5</sub> 是为解决温度传感器 TSV2 ~ TSV9 的离散性而设的。IC4 等外围元件对传感器的输出电压进行放大，调整 R<sub>P10</sub> 使 0℃ 时显示表显示为“000.0”，调整 R<sub>P11</sub> 使显示表显示为满度。



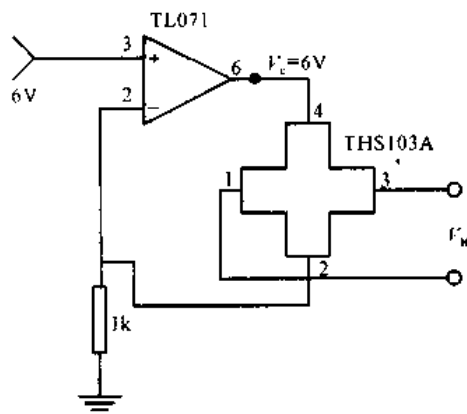
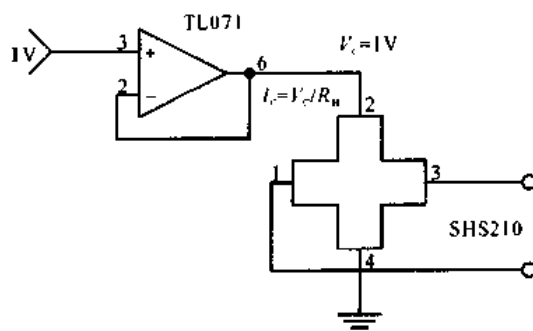
**7.60 高精度数显温度测控仪** 电路由温度检测、A/D 转换、非线性校正、温度设定及温度控制等部分组成。温度传感器 R 为 Pt100 铂电阻。铂电阻的线性补偿是利用 A/D 转换器的基准电压随温度变化而变化来实现的。当开关 K 置于“设定”位置时，可调整 R<sub>P3</sub> 确定设定温度值。适当调整 R<sub>P2</sub> 可实现较好的线性补偿，调整 R<sub>P1</sub> 使显示为“000.0”，调整 R<sub>P4</sub> 使仪表表示为满度。

## 第八章

### 磁测量传感器电路

该章介绍了几种磁敏传感器的应用电路。磁敏传感器在测量中是无接触测量,在传感器的应用中占有较重的地位。利用磁敏传感器可以方便组成角度、转速、方位、铁磁物质检测等仪器,具有广泛的使用价值。

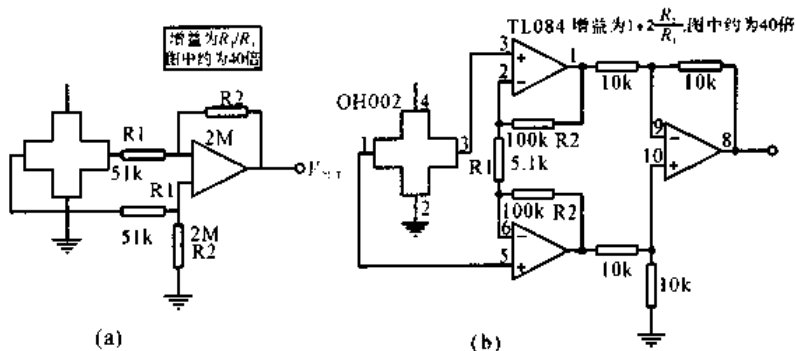
**8.1 霍尔传感器的恒压工作电路** 适用于精度要求不太高的地方(如 VTR 的电机定位测量)。霍尔传感器 SHS210 的输出电压在 1V, 1000 高斯时为 21 ~ 55mV, 偏移电压为  $\pm 7\%$  (最大)。无磁场时偏移电压不变,在弱磁场下工作不利。偏移电压可以调整为 0V,但不能去除其漂移成分。



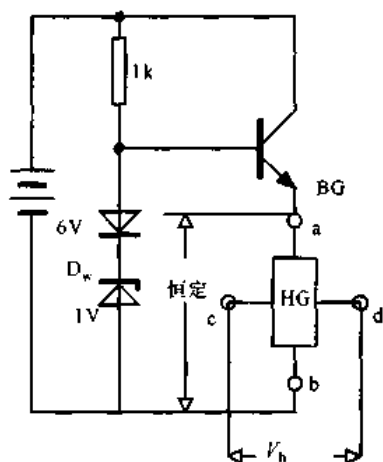
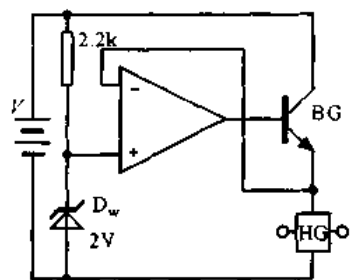
**8.2 霍尔传感器 THS103A 的恒流工作电路** 在恒流工作的情况下,没有霍尔传感器输入电阻和磁阻效应的影响。其中  $I = \frac{V_{cc}}{R}$ , 调整电阻 R 的阻值,即可改变霍尔传感器的工作电流。

### 8.3 霍尔传感器的信号放大电路

霍尔传感器是四端器件,为了除去共模电压需要使用差动放大电路。图中(a)是单个运放组成的差动放大电路,电路增益为  $R_2/R_1$ ,运算放大器的输入阻抗应大于霍尔传感器的输出阻抗。图中(b)是采用三运放组成的差动放大电路,电路增益为  $1 + 2 \frac{R_2}{R_1}$ ,但是电阻的阻值应该匹配,否则会使电路的共模抑制比下降。

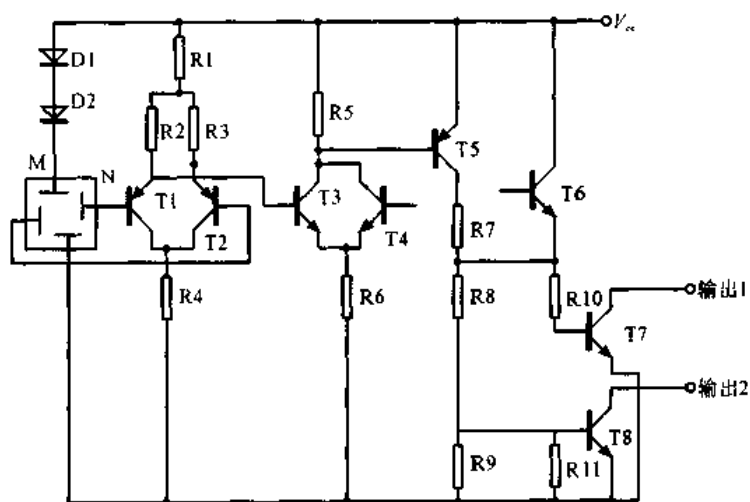
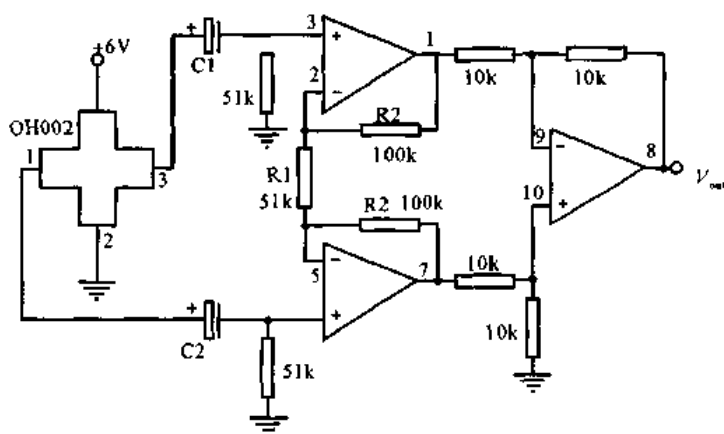


**8.4 采用运放的恒压驱动电路** 用稳压二极管  $D_w$  获得基准电压，电压经过运放构成的射随器加在三极管 BG 的基极，通过三极管放大电流驱动霍尔传感器。

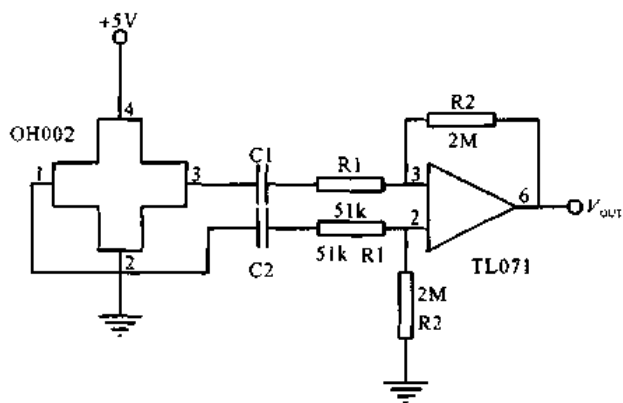


**8.5 恒压驱动电路** 该电路采用三极管构成的射随电路。由于选择相同半导体材料的二极管和三极管，因此 B、E 间的压降与二极管上的压降相同。故稳压二极管的电位就等效为霍尔元件上的电位，从而达到恒压供电。

**8.6 三个运算放大器组成的交流放大电路** 电路中的  $C_1$ 、 $C_2$  的漏电流相等，漏电流的影响被减轻。整个电路的性能有所提高。电阻  $R_1$  是电路的增益电阻，电路增益  $A = \frac{2R_2}{R_1} + 1$ ，第二级差动放大电阻增益为 1，提高了共模抑制比。

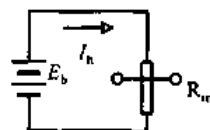


**8.7 霍尔开关集成电路** 该电路由霍尔元件、放大器、施密特触发器和输出电路组成。当霍尔元件受磁场作用时，由于内部载流子受洛伦兹力的作用，在 M、N 两端便产生霍尔电压。放大器由三极管  $T_1$ 、 $T_2$  及电阻  $R_1 \sim R_4$  组成，直接驱动施密特触发器。由于采用了差分放大电路，整个电路受电压波动和温度漂移影响都很小。 $T_3$ 、 $T_4$  及  $R_5$ 、 $R_6$  组成施密特触发器，它将放大器的输出信号整形为矩形脉冲。输出电路由  $T_5 \sim T_8$  及  $R_7 \sim R_{11}$  组成， $T_7$ 、 $T_8$  集电极可同时输出两个相同的信号。

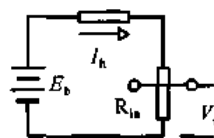


**8.8 交流信号差动放大电路** 在该电路中直流信号被 C1、C2 隔离,但是由于有漏电流的存在会造成误差。加给霍尔传感器的电压的一半加在电容 C2 上,故 C2 的漏电流  $I_s$  很大,而 C1 几乎没有电流。

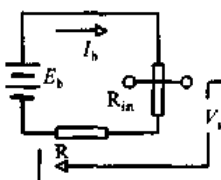
**8.9 霍尔元件的偏置电路** (a) 是没有外接电阻的电路,用于  $R_{in}$  较大的电路,霍尔电流  $I_H = E_b / R_{in}$  磁阻效应影响较大,采用恒压驱动用 InSb 材料的霍尔元件温度特性好。(b) 是电源正侧接电阻的电路。(c) 是电源负侧接电阻的电路。(b)(c) 用于  $R_{in}$  较小时,若  $R \gg R_{in}$  则为恒流驱动。霍尔电流  $I_H = E_b / (R + R_{in})$ ,用 InSb 材料的霍尔元件温度特性差。



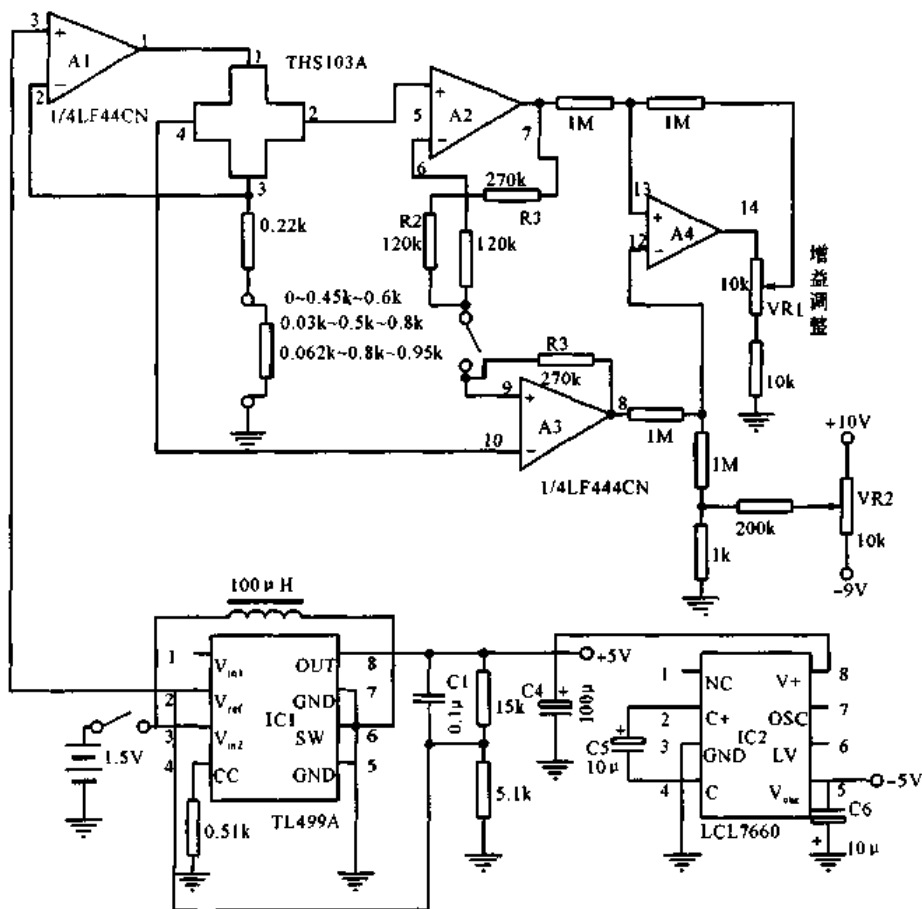
(a)



(b)



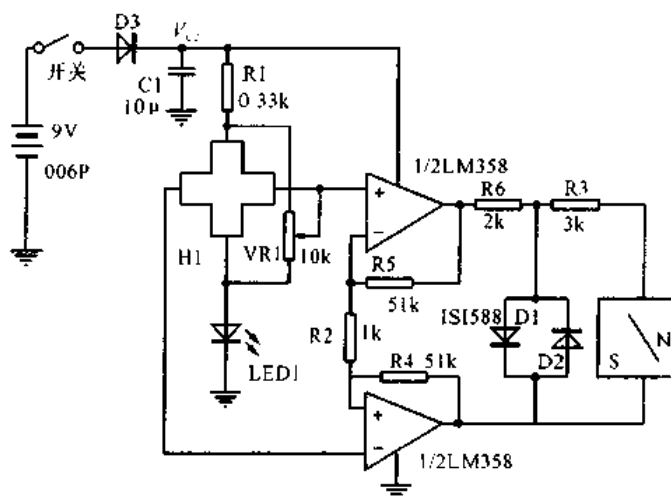
(c)



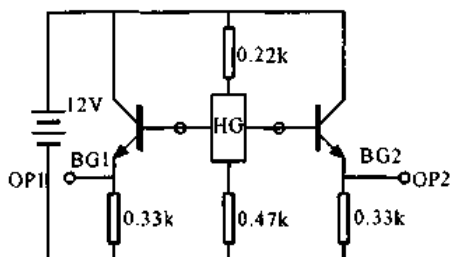
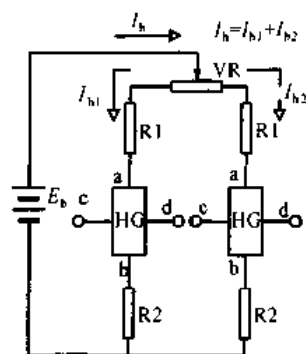
**8.10 高斯计电路** 在恒流工作方式下使用 GaAs 霍尔传感器 THS103A。加在运算放大器 A1 的基准电压 1.26V 由可调输出的开关稳压器 TL499A 提供。若 A1 的“-”输入端的接地电阻为 250Ω, 则霍尔元件上的控制电流  $I_c = 1.26 / 250 = 5\text{mA}$ 。霍尔传感器的输出接差动放大电路。差动放大电路由运放 A2、A3、A4 构成。其中 VR1 是增益调整电阻, VR2 是调零电阻。

$$V_d = \frac{V_{ab} \cdot (R_3 + R_{VR1})}{R_1 + R_4 + R_{VRH}}$$

**8.15 磁极检测电路** 传感器采用 InSb 霍尔元件 H1。传感器在恒压条件下工作, 电阻  $R_1$  ( $330\Omega$ ) 是限流电阻, 发光二极管是电源指示灯。霍尔传感器流过的电流  $I_c = (V_{cc} - V_{LED}) / (R_1 + R_H)$  二极管 D1、D2 是为了防止被测磁铁较大, 损坏模拟指示表头。表头选择满刻度为  $0.2\text{mA}$ , 取  $R_3 = 3\text{k}\Omega$  限流。

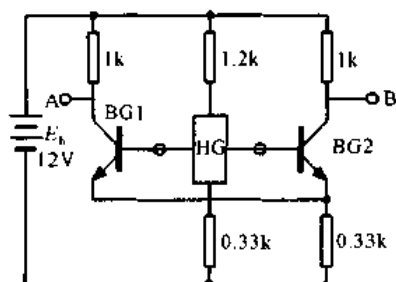
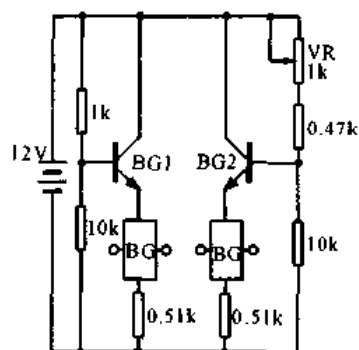


**8.16 用于多个霍尔元件并联使用时的电流平衡电路** 多个霍尔元件并联使用时,由于元件参数的分散性,会使元件的电流相差甚大,因此要采取均衡电路调节多个元件之间的电流平衡。图中为双均衡电阻法,用可变电阻 VR 同时改变两个霍尔元件的电流,使两路电流达到均衡,调整范围较宽。



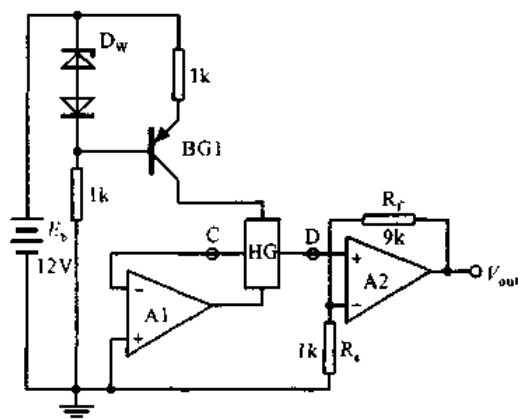
**8.17 电流放大型霍尔放大器** 霍尔元件输出端接 NPN 三极管 BG1 和 BG2, BG1 和 BG2 接成射随方式,对霍尔元件进行变换,以便后级进行信号处理。阻抗变换器具有较大的电流增益,可以从高阻抗的霍尔元件中获取较大输出电流。霍尔元件的输出端几乎不流经电流获得较大的霍尔电压,减少波形失真,有利于后级电路设计。

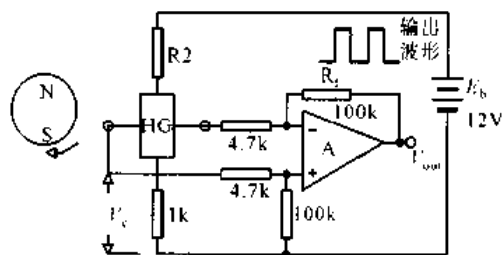
**8.18 采用三极管的均衡电路** 霍尔元件分别接到三极管 BG1 和 BG2 的发射极。三极管 BG2 的基极用可变电阻 VR 进行电位调整。这个电路中,基极虽然进行均衡调整,但霍尔元件的阻抗几乎不变,因此是一种较理想的方法。



**8.19 电流开关电路** 由两只 NPN 三极管 BG1 和 BG2 构成电流开关,霍尔元件电压高的一侧的三极管为导通状态,则另一个三极管就为截止状态,因此,这个电路又称为差动型电流开关电路。该电路需要  $\pm 100\text{mV}$  左右的基极电压,故采用铟镓材料的霍尔元件较佳。

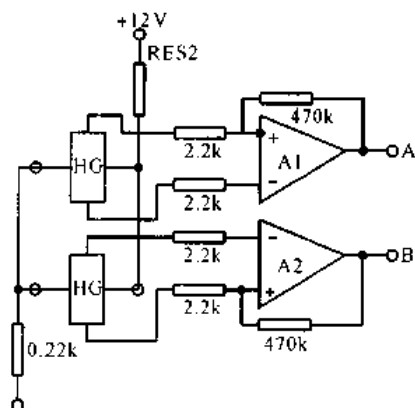
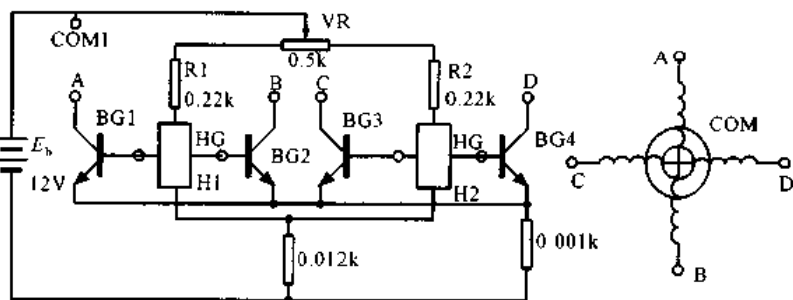
**8.20 共模电压抑制电路** 运放 A1 抑制霍尔元件的共模电压,运放 A2 放大霍尔电压。由于运放 A1 具有高阻输入特性, C 点电位约等于地电位,故 A2 放大的信号是以地为基准的霍尔输出电压,稳压管  $D_w$  与三极管 BG1 构成 HG 霍尔元件的恒流电路。





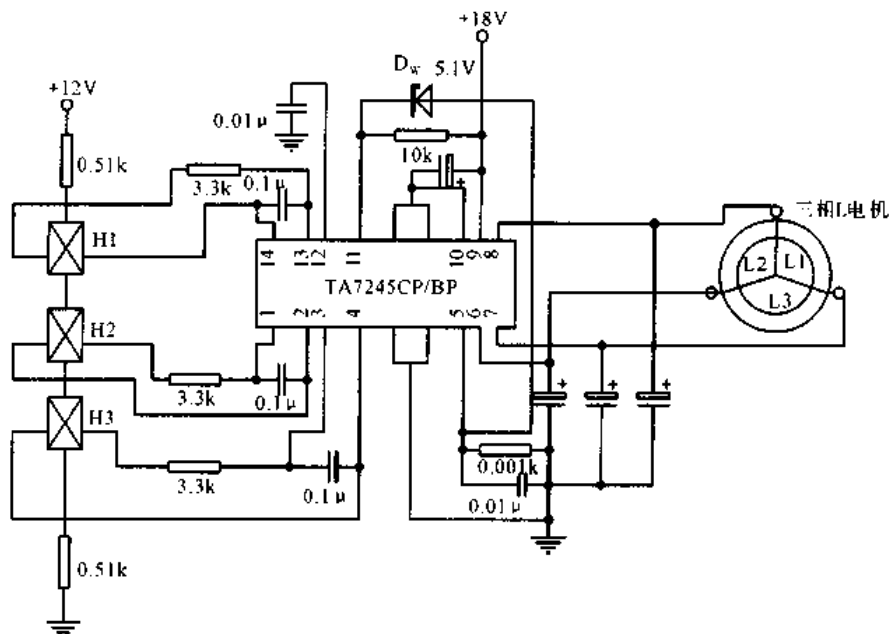
**8.21 采用运放的电机旋转检测电路** 霍尔元件的输出端接差动放大器 A 的输入端。当霍尔元件的两端电位相同时, 运放无输出信号。若两端电位不相同, 由于运放的放大倍数很大, 输出饱和, 形成矩形方波。

**8.22 电机驱动电路** 该电路用 2 只霍尔元件与 4 只三极管构成两相半波通电  $180^\circ$  的电路。电路中 R1 和 R2 是霍尔元件的偏置电阻, 限定霍尔电流, 同时对 4 只三极管提供偏压。可变电阻 VR 用于霍尔元件参数的均衡调整。电机的一组线圈中只流经  $180^\circ$  导通角的驱动电流, 因此, 电机的效率不高。

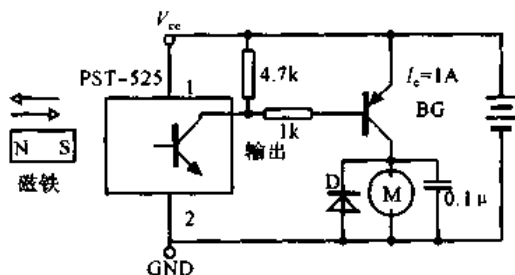
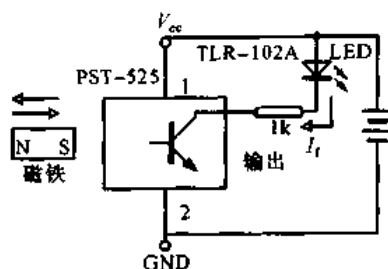


**8.23 磁转子的极性检测电路** 该电路采用 2 只霍尔元件检测磁性转子的磁极, 它可用来产生无刷电机的换流信号, 也可用于简单的磁编码器。电路中的 2 只运放都采用正反馈电路, 因此具有较强的抗干扰能力。

**8.24 三相无刷电机驱动电路** 集成电路 TA7245CP/BP 是三相电机的专用驱动芯片。它具有 3 个霍尔元件的供电线路, 只需外接少量的阻容元件就可以使霍尔元件 H1、H2、H3 正常工作。

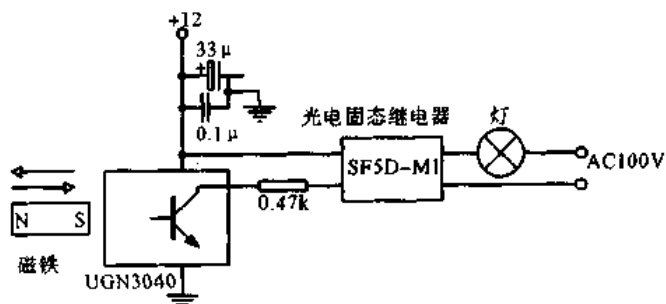
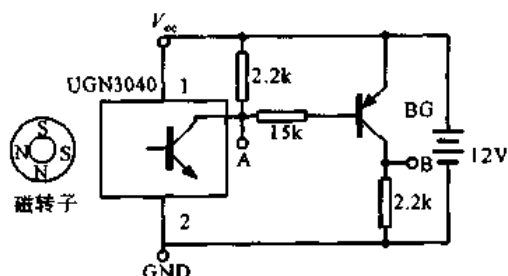


**8.25 发光二极管驱动电路** 霍尔 IC 采用 PST-525, 其输出控制发光二极管的亮灭。电路中霍尔 IC 是采用 NPN 集电极开路的输出形式, LED 阳极接电流正端。



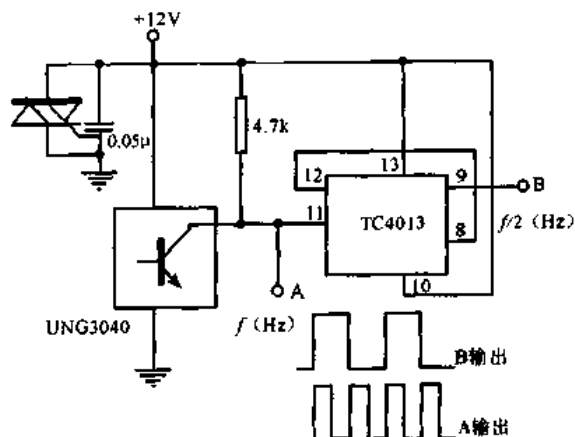
**8.26 电机控制电路** 当磁极接近霍尔 IC 时, NPN 管导通, 霍尔 IC 的输出变低, 即三极管 BG 的基极电位下降, 使 BG 导通, 驱动电机 M; 反之, 霍尔 IC 的输出截止, BG 管截止, 电机不能驱动。

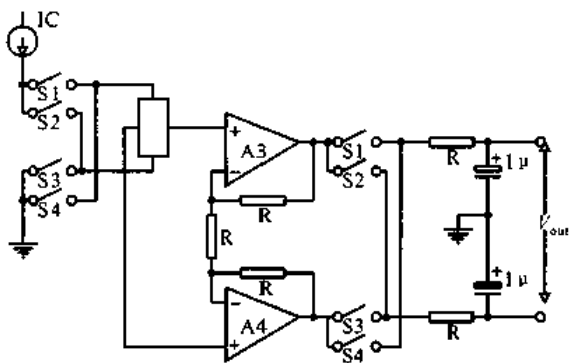
**8.27 转数检测电路** 该电路采用霍尔 IC UGN3040 检测磁性转子的转数。UGN3040 是集电极开路元件, 外接上拉电阻。当磁性转子转动时, 霍尔 IC 的输出也随之变化, B 点是经过三极管反相后的输出。后续电路可用计数器记录转数。



**8.28 无触点照明控制电路** 当有磁性物体接近霍尔 IC 时, 霍尔 IC 输出变低, 光电固态继电器 SF5D-M1 导通, 开启 100V 的照明装置。另外, 继电器还起到高低电压间的电气隔离作用。

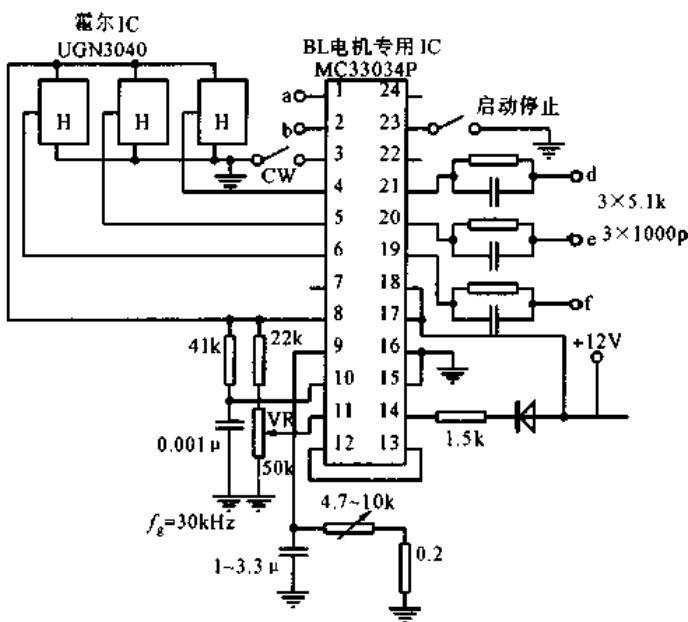
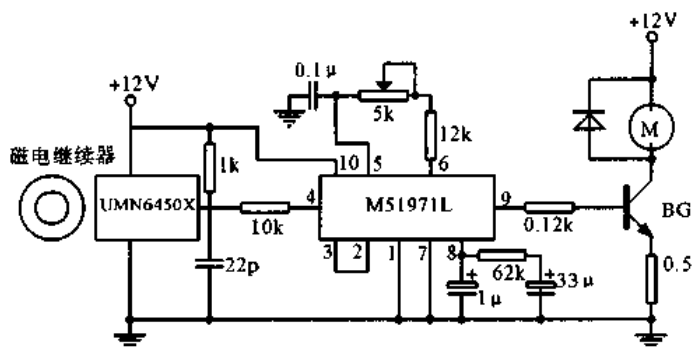
**8.29 霍尔元件分频电路** A 点是霍尔 IC UGN3040 的输出, 采用双稳电路 TC4013 进行分频。当 UGN3040 的输出有一个高平时, TC4013 进入一个稳态输出, 而霍尔 IC 输出第 2 个正脉冲时, TC4013 反相。故霍尔 IC 的 2 次脉冲才能在 B 点得到一个周期的波形。





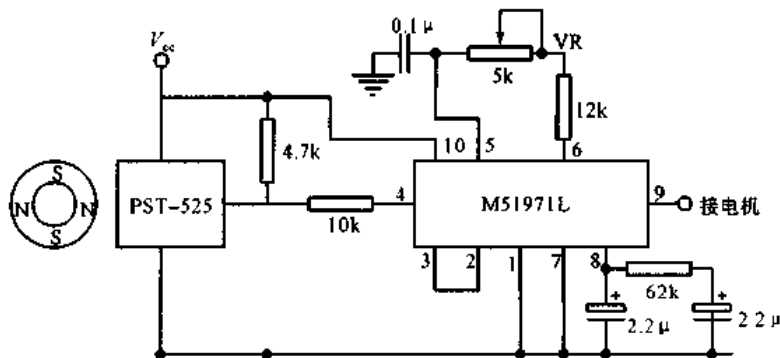
**8.30 漂移电压补偿电路** 该电路利用差模放大电路和多路开关构成零漂补偿电路。当霍尔元件 S1 和 S3 闭合时，霍尔元件加正向电压，输出零点信号经放大器放大后输出。若运放后端的开关均匀切换，则零位信号经 RC 滤波及中和后，电路输出不变，达到了零漂补偿的目的。

**8.31 电机转速控制电路** 传感器选用 UMN6450X 测量电机的转速，其输出接到电机控制专用芯片 M51971L 的 FG(9) 端，M51971L 的输出经三极管 BG 驱动后接电机。

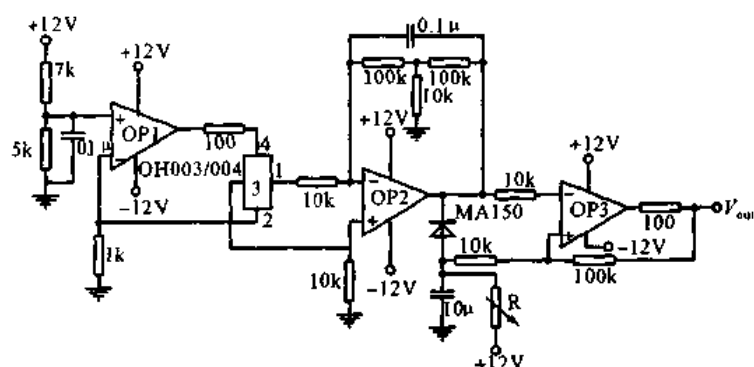
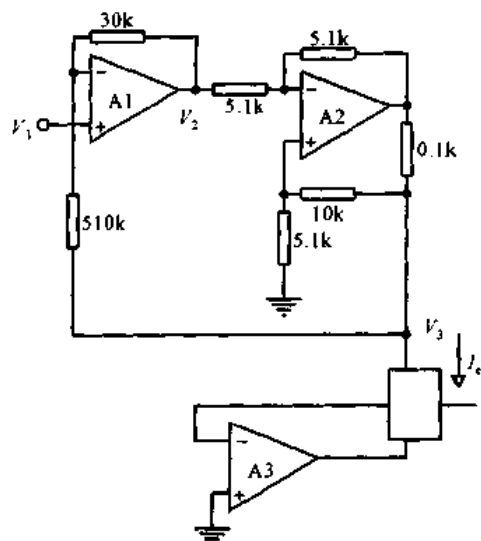


**8.32 三相无刷电机的磁极检测电路** 采用 3 个霍尔元件检测无刷电机转子的磁极。它与电机驱动专用 IC MC33034P 连接。MC33034P 片内有霍尔元件的驱动电源，直接连接霍尔元件即可。

**8.33 电机恒速控制电路** 集成电路 M51971L 是电机控制芯片。采用霍尔元件 PST-525 检测电机的转速，其脉冲信号输入 M51971L 的 4 脚，经处理后，其 9 脚输出信号控制电机的转速。

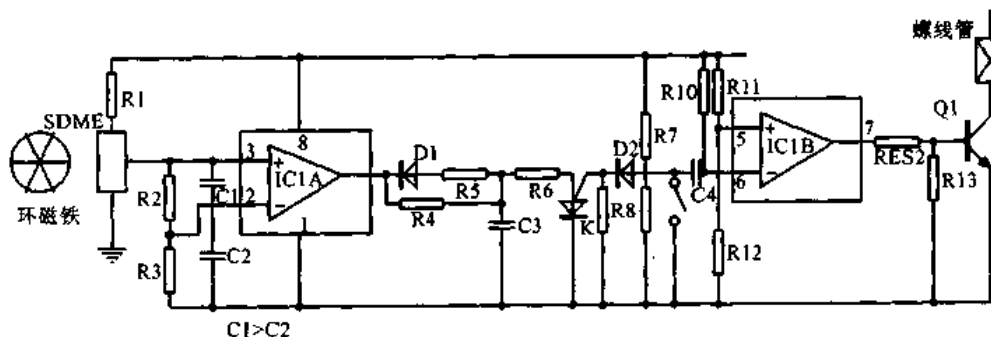
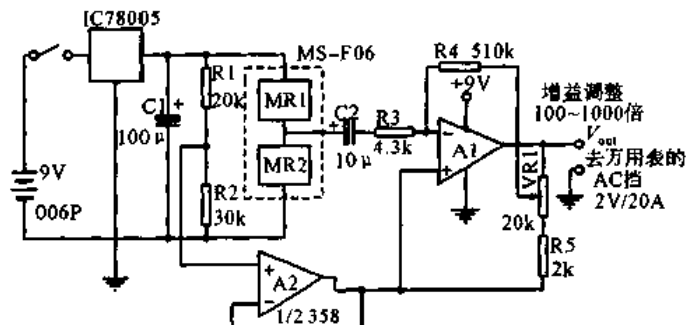


**8.34 霍尔元件温度补偿电路** 采用砷化镓霍尔传感器时,有  $-0.06\%/^{\circ}\text{C}$  (max) 的温度系数,霍尔传感器的元件电阻  $R_H$  具有  $+0.3\%/^{\circ}\text{C}$  的温度系数,将  $\Delta R_H \times I_c$  的电压反馈至电压/电流转换电路的反相输入端,可以抑制温度变化带来的影响,达到温度补偿的目的。



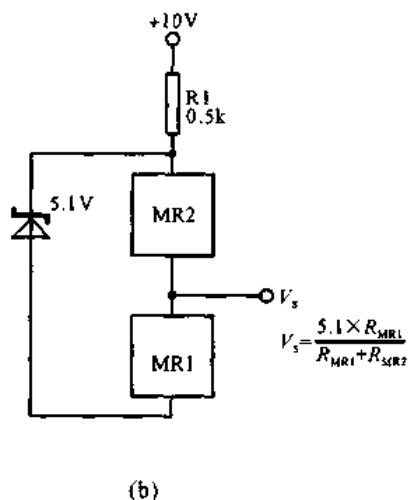
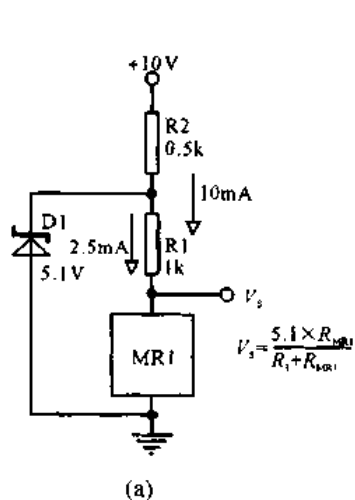
**8.35 物体检测电路** 运放 OP1 构成恒流电路,给霍尔元件提供 5mA 的电流;OP2 构成反馈放大回路,反馈电阻采用 T 形电阻网络代替大阻值电阻;OP3 是正反馈放大电路,构成施密特触发器,提高抗干扰能力。

**8.36 非接触式电流监控器** 该电路以  $R_1$ 、 $R_2$  电阻分压,经运放 A2 缓冲后提供给运放 A1 的同相端,即无交流信号时的直流输出电平。磁阻的输出被电容隔直后,只有交流信号才能通过。被测交流电流产生交变磁场,引起磁敏电阻的交流输出信号,经运放 A1 放大后提供给后端电路,VR1 是增益调整电阻。



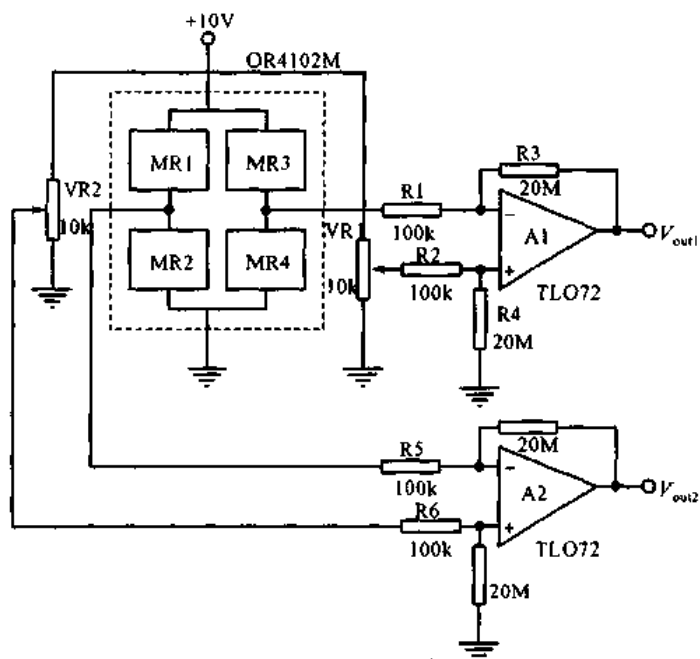
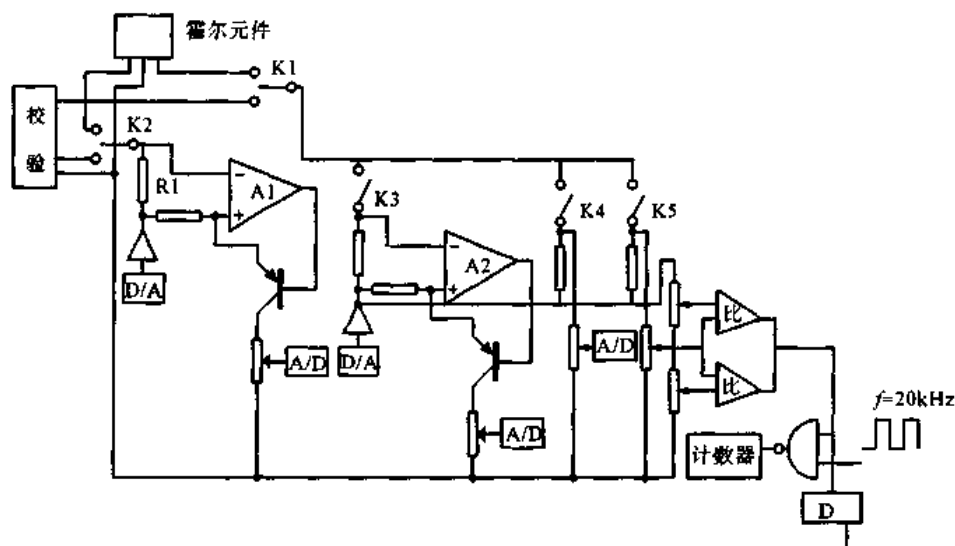
**8.37 磁带末端检测电路** SDME 安装在磁带盘附近,磁带盘上附有磁环,磁带盘旋转,磁环也跟随旋转。磁环使 SDME

的输出电压变化,并加在 IC1A 的同相输入端。该信号为正时,IC1A 输出电压大幅度上升;输入信号为负时,输出电压为负。因此,呈现矩形波。当矩形波为正时,充电电流通过  $R_4$  流向  $C_3$ ;矩形波为负时,电容  $C_3$  通过  $R_5$  和  $D_1$  放电。



**8.38 磁阻元件的桥式结构** 磁阻元件是靠电阻的变化反应被测磁场的变化, 因此, 一般多用电桥进行测量。图(a)是单臂测量桥路, 但是由于磁阻元件的温度特性不好, 故很少使用单臂桥路。图(b)是双臂电桥测量电路, 稳压管是为了保证磁阻元件上的电压恒定, 电阻是为了调整工作电流。双臂电桥可进行温度补偿。

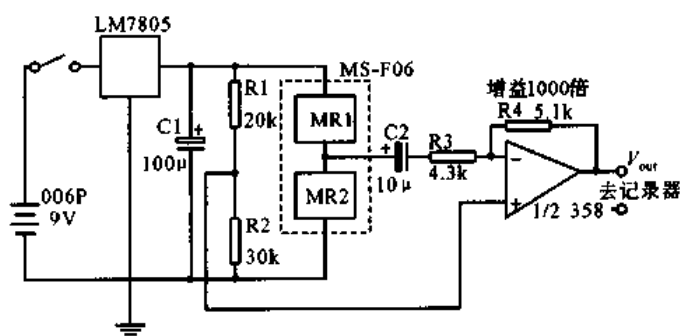
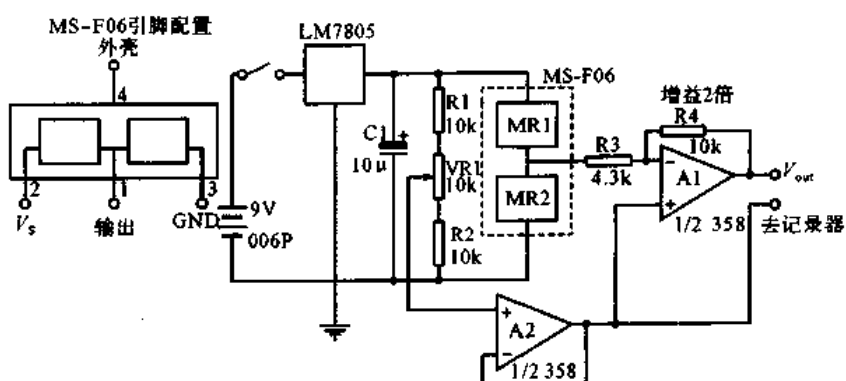
**8.39 霍尔元件参数测试电路** 当 K1、K2 下合, 测校验信号; 当 K1、K2 上合时, 测霍尔元件参数。由 D/A(1 路) 提供电压给霍尔元件, 电阻 R1 是采样电阻, R1 上的压降经运放 A1 放大后由 A/D 转换提供给后级电路。闭合 K3 可测  $I_{ex}$ ; 闭合 K4 可测  $V_{oh}$ ; 闭合 K5 可测  $t_e$ 、 $t_o$ 。



**8.40 双相输出电路** 传感器采用 OR4102M, 等距离排列 4 个磁阻, 就可得到相差 90°相位的输出。使用 4 倍于 OR4102M 元件 MR3 - MR4, MR1 - MR2 间距  $P = 1.13\text{mm}$  的磁铁, 也可得到相差 90°相位的输出。可变电阻 VR1 和 VR2 分别为运放 A1、A2 提供同相端电压。传感器输出信号分别加在运放的反相端, 经差动放大电路放大后输出。这两种信号相差 90°。

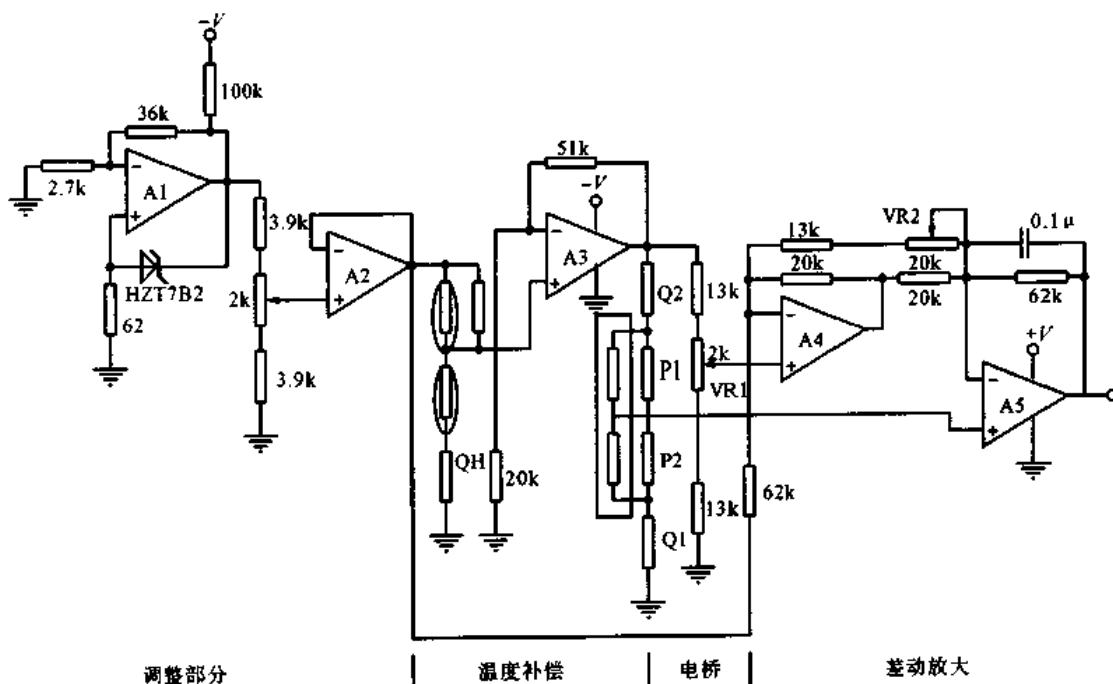
### 8.41 铁磁物质接近检测电路

LM7805 是三端稳压器, 输出直流 5V 电压。电阻 R1、R2 和 VR1 构成分压电路, 给运放 A2 同相端提供电压, 经 A2 缓冲后加给 A1 同相端和记录器。当有铁磁物质经过传感器 MS-F06 时, 磁阻产生变化, 引起运放 A1 的反相端的电平变化, 放大后提供给记录器。

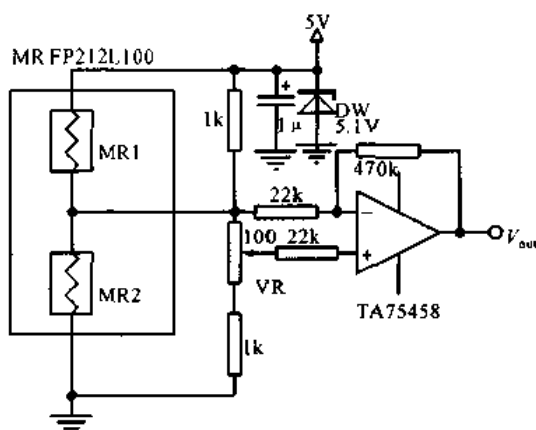


#### 8.42 铁磁物质动态检测电路 LM7805 是

三端稳压器, 输出直流 5V 电压。电阻 R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub> 提供中点电位给运放的同相端, 使得没有信号输出时, 输出电平为 2.5V。当有物体接近或离开传感器时, 动态信号通过电容耦合至运放, 放大电路的增益为  $(1 + \frac{R_4}{R_3}) \sim 1000$  倍, 故输出接近饱和, 为矩形波。



**8.43 倾斜角传感器电路** 运放 A1 和稳压二极管构成恒压驱动电路。经电阻分压后,由运放 A2 缓冲后提供给温敏电阻和为运放 A4 提供恒定的参考电压。运放 A3 将温敏电阻上取样的电压放大后驱动磁阻元件,当温度变化时,取样电压也随之变化,改变磁阻元件的驱动电压,从而达到温度补偿的功能。磁阻和 P1、P2、Q1、Q2 组成一个半桥,输出信号加在运放 A5 的同相端。可变电阻 VR1 是调零电阻,VR2 是增益电阻。

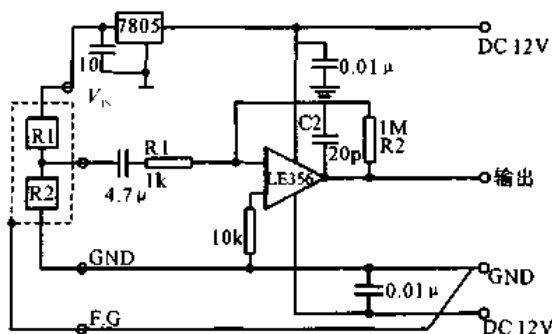
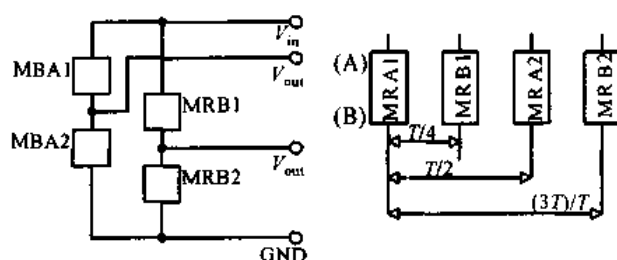


**8.44 磁敏传感器放大电路** 该电路采用 FP212L100 的磁阻元件的磁敏传感器。电路中采用两个 MR 元件能够进行磁敏电阻的温度补偿。VR 用于调整零磁场时的漂移。运算放大器 TA75458 组成反相放大电路。

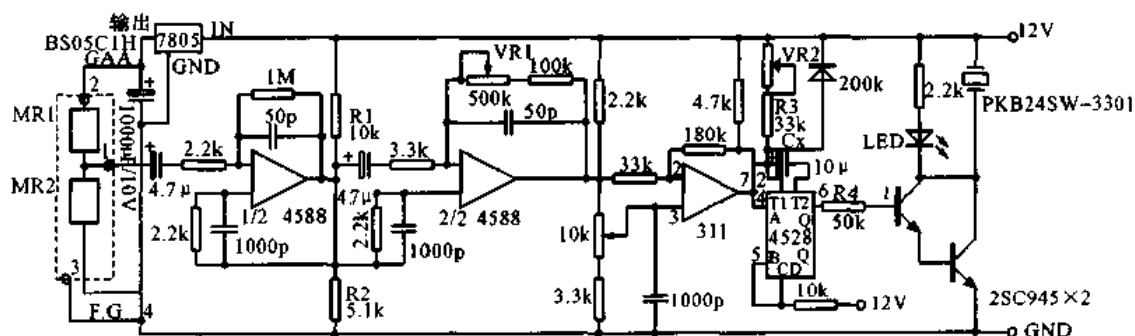
**8.45 旋转传感器电路** 用 4 个磁阻元件时，传感器内磁阻元件与齿轮间隔之间应满足一定关系，如图所示。

$$P_{A(1-2)} = T/2, P_{B(1-2)} = T/2, P_{AB} = T/4。$$

式中， $P_{A(1-2)}$ ：A 相元件 MRA1 和 MRA2 的间隔；  
 $P_{B(1-2)}$ ：B 相元件 MRB1 和 MRB2 的间隔； $P_{AB}$ ：A 相元件 MRA1 和 B 相元件 MRB2 的间隔； $T$ ：齿轮的齿距。

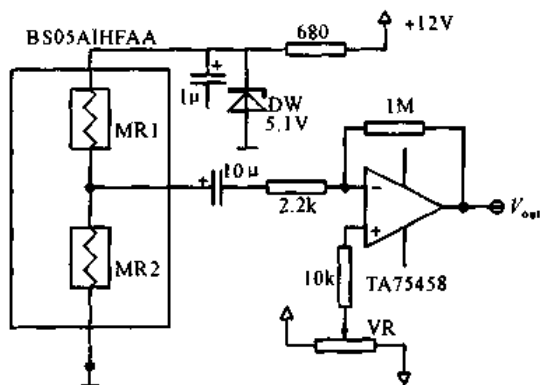
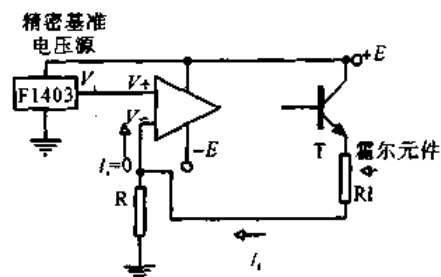


**8.46 图形识别传感器** 由于传感器输出信号较小，故采用交流放大电路。由稳压集成电路 7805 输出 5V 电压提供给传感器。传感器的输出经 C1 耦合输入运算放大器。其截止频率取决于  $R_1 C_1$  及  $R_2 C_1$ 。



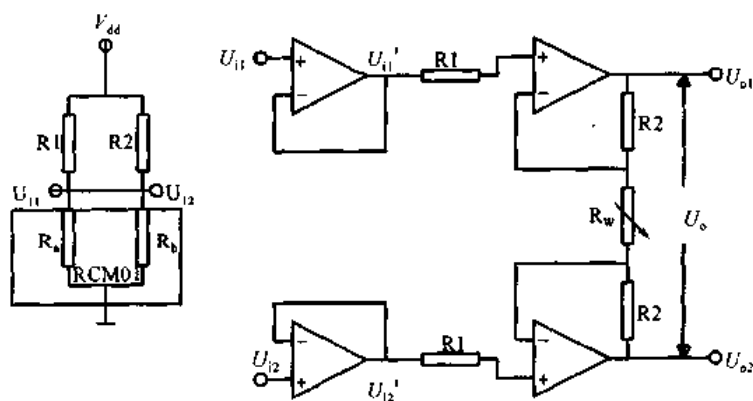
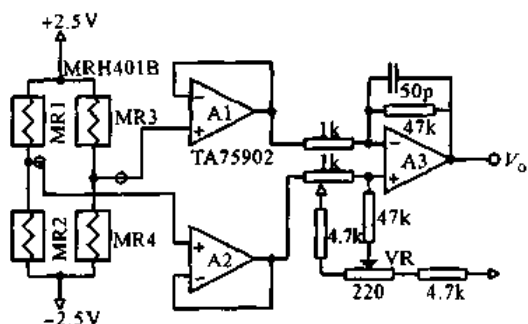
**8.47 磁性油墨检测电路** 当有磁性油墨印刷的标记时，磁敏电阻有信号输出，通过电容耦合至运放，经两级放大后，提供给比较器。此电压同预定的阈值电压相比较，若大于阈值电压，则触发单稳多谐振荡器 CD4528 翻转，Q 端输出“1”，经三极管 T1、T2 放大后驱动蜂鸣器和发光二极管。传感器采用 BS05C1HGAA，用屏蔽线连接，屏蔽线的一端接 4 脚(F.G)，另一端接 GND。

**8.48 恒流源驱动电路** 精密基准电压源 F1403 输出电压 (2.5V) 送入放大器同相端。由于放大器的高输入阻抗, 同相端和反相端具有同样的电位, 即  $V_+ = V_-$ , 故电阻 R 上的压降恒定, 即反馈回路的电流恒定, 达到恒流驱动。



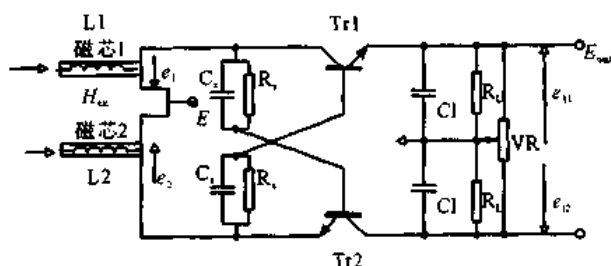
**8.49 磁敏电阻交流放大电路** 采用 BS05A1HF4A 传感器, 由 TA75458 作放大器。由于磁阻元件有较大的直流漂移, 采用直流放大器不太合适, 故一般采用专用的交流放大电路。可调电阻 VR 用于调整零磁场时的电位。

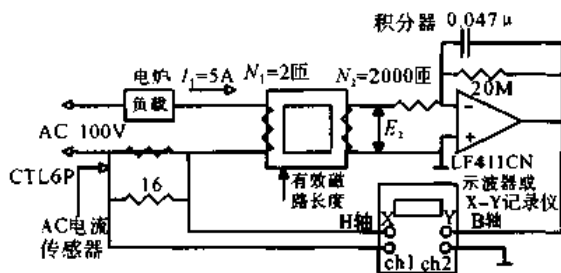
**8.50 磁阻元件放大电路** 该电路由 4 个 MR 元件和 3 个运放组成。运放 A1、A2 是射随电路, 具有高输入阻抗, 低输出阻抗。运放 A3 构成差动放大电路, 其输入电阻及反馈电阻都用较低阻值的元件。VR 用于调整零位电压。



**8.51 磁敏角位移传感器电路** 敏感元件 RCM01 型强磁性金属薄膜磁敏电阻和电阻 R1、R2 组成了直流电桥来实现磁电转换。放大电路的第一级采用射随器提高放大器的输入阻抗。第二级采用同相输入差动放大电路。放大倍数为  $(1 + \frac{2R_1}{R_w})$ 。

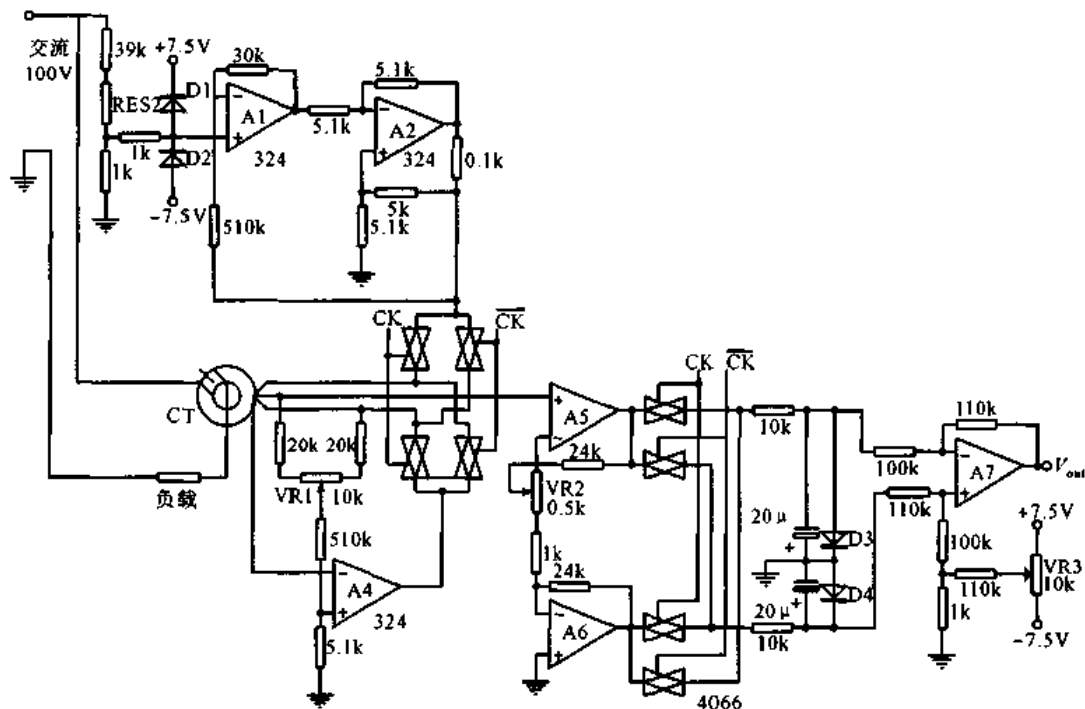
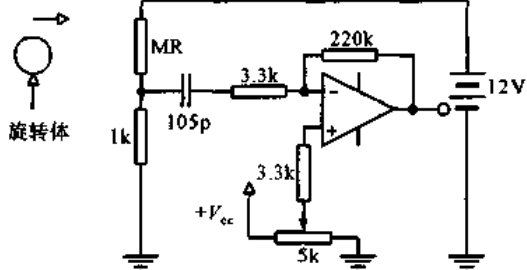
**8.52 双磁芯饱和磁强计电路** 该电路中两磁芯电感 L 和两电阻 R<sub>L</sub> 构成一桥式电路。在振荡前半周, Tr1 导通, Tr2 截止, 激励电流 i<sub>1</sub> 从零增至最大值 I<sub>m1</sub>, 与此同时 i<sub>2</sub> 由其最大值 I<sub>m2</sub> 减少至零; 在后半周 Tr1 截止, Tr2 导通, 电流变化相反。当磁芯电感 L1 和 L2 相同时, 由于线路的对称, 直流输出电压为 0V; 当外加磁场 H<sub>α</sub> 造成 L1 和 L2 不平衡时, E<sub>out</sub> 有输出。





8.53 交流测量 B-H 特性曲线的电路 初级线圈流过磁化电流, 铁芯中会产生磁通  $\varphi$ 。若这个磁通发生变化, 则在次级线圈中产生电压  $e_2$ , 若  $I_1$  采用正弦交流电, 则  $H = N_1 I_1 / L (A/m)$ ;  $\varphi = N_2 AB (Wb)$ ;  $e_2 = d\varphi / dt = d(N_2 AB) / dt = 2\pi f N_2 AB \cos \omega t$ 。

8.54 磁敏电阻测转速电路 利用 InSb 磁敏电阻测量转速。工作时, 旋转体上粘贴适当尺寸永磁体, 磁敏电阻基片下面粘接一块工程纯铁作集束轭铁用。当旋转体转动时, 由于磁场的变化引起 MR 的阻值变化, 分压的电压也产生变化, 通过电容耦合后由放大电路放大整形。可变电阻用来调整零位电平。



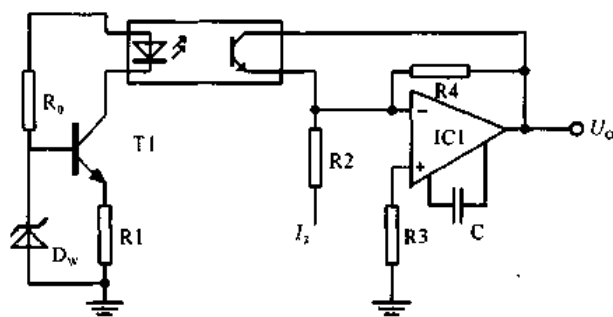
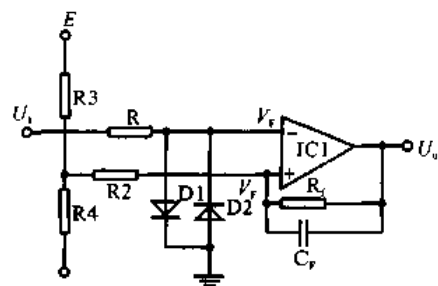
8.55 功率表电路 该电路采用霍尔电流互感器 HCS24-200 构成功率测量电路。被测电压  $V_L = (100 \pm 10)V$ , 电流为  $0 \sim 1A$ , 精度为 2%。电路中 D1 与 D2 用于钳位, 防止运放输入信号过大。VR2 用于满刻度调整, 交流 100V 经电阻 R1 和 R2 分压, 将分得的约 0.5V 电压加在 A1 的同相输入端, 经运放 A1 缓冲后加到运放 A2 的反相输入端。A2 为电压/电流转换电路, 输出电流  $I$ , 就是霍尔元件的控制电流, 它与输入交流 100V 电压大小成比例。运放 A4 和 VR1 用于调整霍尔元件参数。运放 A5 和 A6 及多路开关 4066 构成精密整流电路, 抑制霍尔传感器的漂移。A7 是差动放大电路, 将电压放大为单端电压输出。

## 第九章

### 流量传感器电路

本章介绍了部分流量传感器的电路,其中包括流量传感器的输入电路、电平调整电路、F/V 变换电路以及输出显示电路等,这些电路属于流量传感器的常用电路。通过组合即可将传感器的微弱信号检测放大至标准信号或频率信号输出。

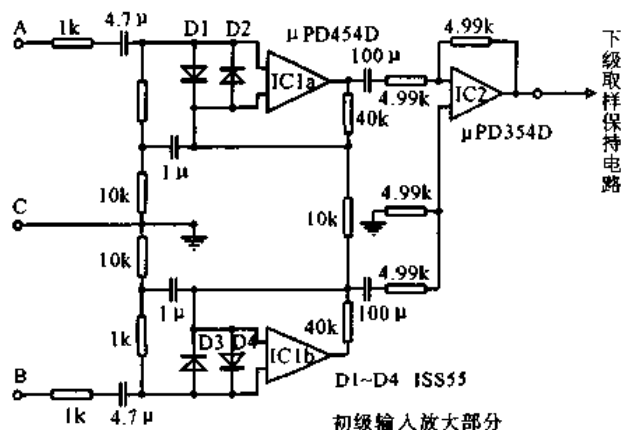
**9.1 施密特整形电路** 该电路中由  $R_3$ 、 $R_4$  分压后得到  $V_{REF}$ ,通过  $R_2$  接入运放同相端。 $V_{REF}$ 、 $R_2$ 、 $R_1$  决定施密特触发器的门限电压,二极管  $D_1$ 、 $D_2$  是保护电路,防止信号过大损坏运放。

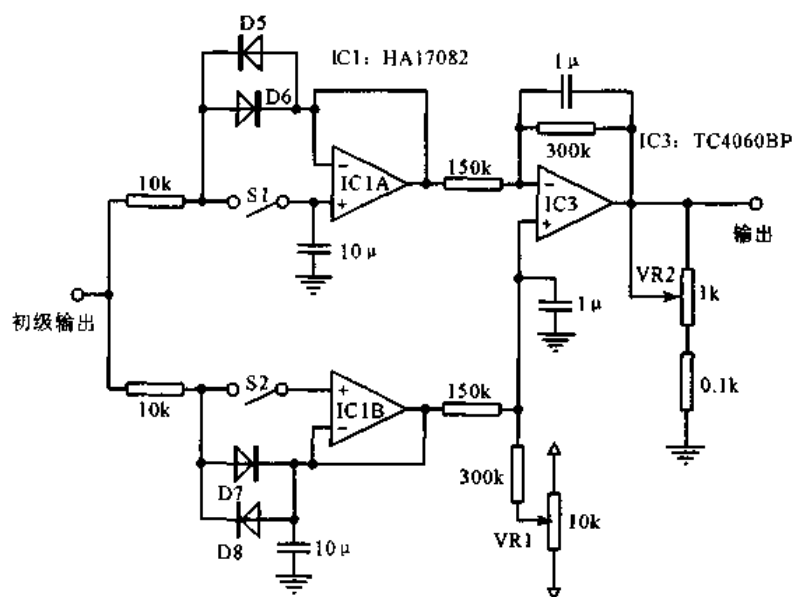


#### 9.2 光纤流量传感器的光电耦合及放大电路

该电路中,稳压管  $D_w$  提供三极管  $T_1$  稳定的基极电位,由  $R_0$  控制  $T_1$  的基极电流  $I_b$ ,从而使发光二极管的工作电流恒定。光敏三极管将接收光纤上的光信号转换为电信号由运放  $IC_1$  放大后输出。

**9.3 电磁流量的输入放大电路** A、B 两端为传感器的两电极输入,两只  $4.7\mu F$  电器作为隔直电容,允许交流信号输入放大电路,而屏蔽直流电位。二极管  $D_1 \sim D_4$  是用来箝位并保护放大器,防止输入电压过大。传感器信号经  $IC_{1a}$  和  $IC_{1b}$  放大后,由  $IC_2$  的差动放大电路将其变为单端信号输出。



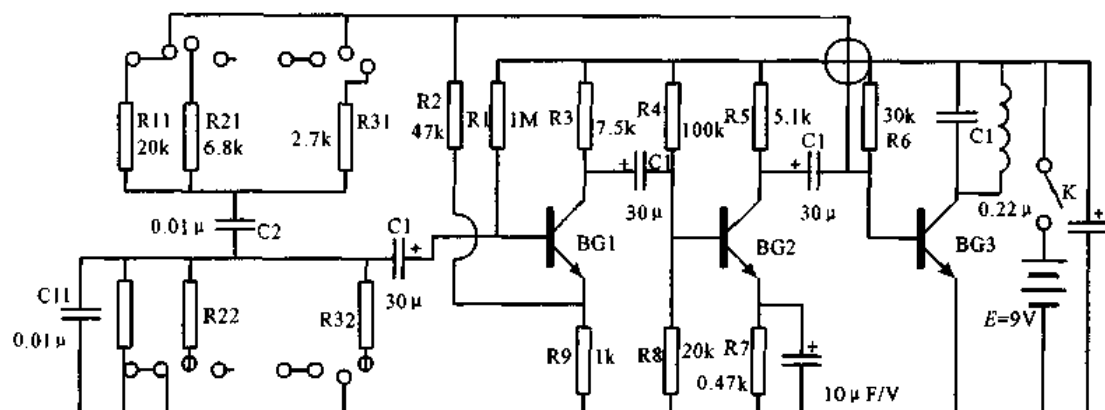
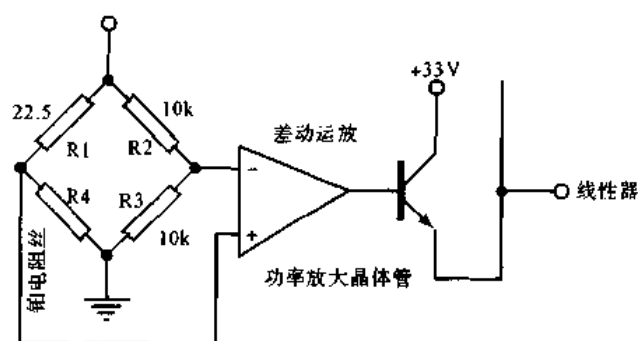


#### 9.4 流量传感器的取样保持电路

使取样和商用电源频率同步, 再将  $S1 \sim S2$  间成为商用频率的偶数倍, 以去除包含在输入信号波形中的商用电源噪声。图中的二极管  $D5 \sim D8$  用于抑制模拟开关 IC 的输出、输入端子间的漏泄电流。一般的 4066 型模拟开关的输出入端子间的电压在 18V 时, 规定为  $\pm 1\text{mA}/85^\circ\text{C}$ , 因此, 须设法将输出入端子间在开启时的电位差抑制在二极管正向电压 (0.6V) 以下。此外, 为提高 IC 的保持特性, 在输入段使用了 J-FET 的运算放大器 HA17082。

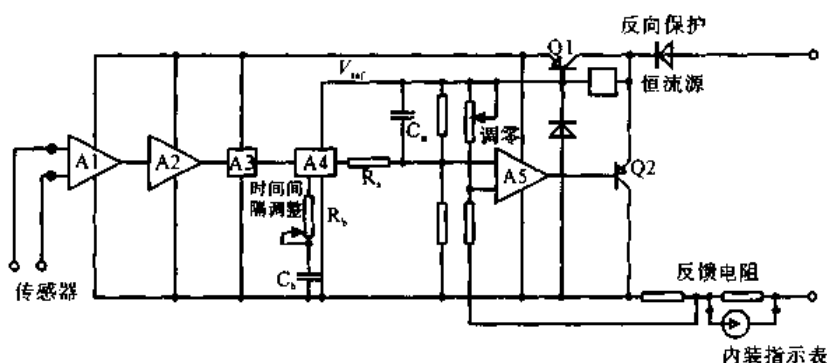
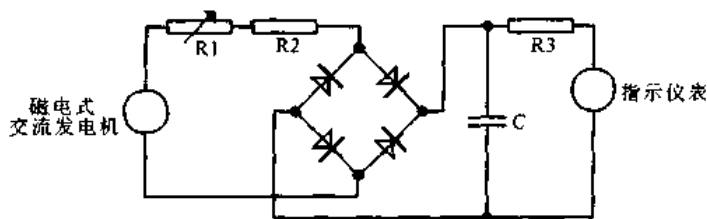
#### 9.5 热线式呼吸流量计放大电路

该电路中铂丝直径  $20\mu\text{m}$ , 室温阻值  $10\Omega$  左右, 铂丝跟电阻构成电桥电路, 桥路输出是差分放大器的输入, 并由晶体管功率放大, 将该输出反馈给电桥电路的桥式放大器。加上电源, 铂丝加热, 阻值增大, 阻值满足  $R1 \cdot R3 = R2 \cdot R4$  时, 电桥平衡, 温度和阻值保持一定。图中  $R1 = 22.5\Omega$ , 温度保持在  $400^\circ\text{C}$  左右。有呼吸气流时, 铂丝的热被带走, 阻值变小, 电桥失去平衡, 其输出先经差动放大器放大, 后经功率晶体管放大, 然后反馈到电桥电路。因此, 铂丝中流过的电流大而急剧加热, 使电桥恢复原来的平衡状态 (阻值一定)。该电路便是保持阻值 (温度) 一定而工作的恒阻值 (恒温型) 热线式流量计。



**9.6 流量计激励信号发生器** 该电路采用 RC 串并网络振荡器, 经 LC 谐振放大。图中 BG1、BG2、BG3 均为 3DG6D。振荡器分为三档 (500Hz、1kHz、3kHz 等) 以适应不同量程的需要, 其作为负载的电感线圈上, 通过磁场的作用将信号耦合到前放的感应线圈。

**9.7 交流发电机测流量电路** 椭圆齿轮的转动与流量成比例。椭圆齿轮转动带动交流发电机旋转。由于交流发电机发出的电压高低与其转速成正比, 经整流滤波后, 用指示仪表可查接指示流量的大小。

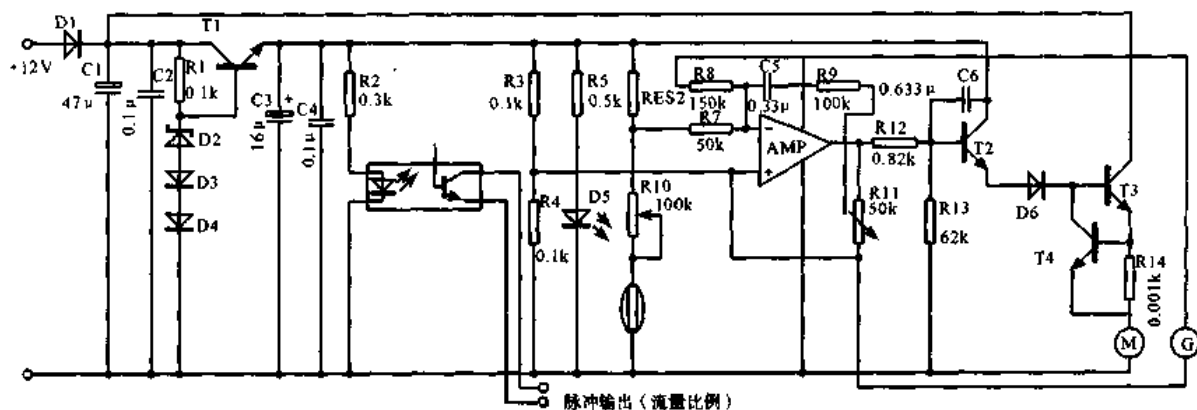


### 9.8 涡轮流量计模拟输出电路

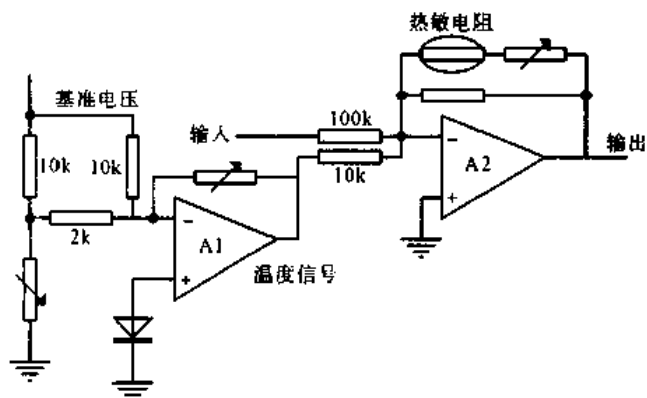
当圆柱体(或方形体)垂直插入流体中时, 其两侧会交替产生相互反转的涡流, 下游形成所谓卡门涡旋列。涡流频率  $f$  由流体的平均速度  $v$  及插入物体对着流体流向的宽度  $d$  决定, 它们之间的关系如下:  $f = S_r \cdot v / d$ 。式中,  $S_r$  是斯特劳哈尔数。  $v$  决定于流量  $Q$  和圆管内径  $D$ , 即

$$v = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4} - dD}$$

由上式可知, 只要检测出  $f$ , 即可确定流量。流量计的检测电路如图所示, 涡流使压电元件产生交流电荷, 电荷转换器 A 使该电荷转换成交流电压。该交流电压经放大器 A2 输入到施密特触发电路, 从而得到与涡流频率对应的脉冲频率。电荷转换器和放大器还能消除叠加在涡流信号上的噪声成分。施密特电路输出的脉冲由构成 F/V 转换器的倍频器 A2 倍频, 再由  $R_6$  和  $C_6$  转换成模拟电压。模拟电压经 A5 和 Q2 电路变换成 1 ~ 20mA 的电流信号。

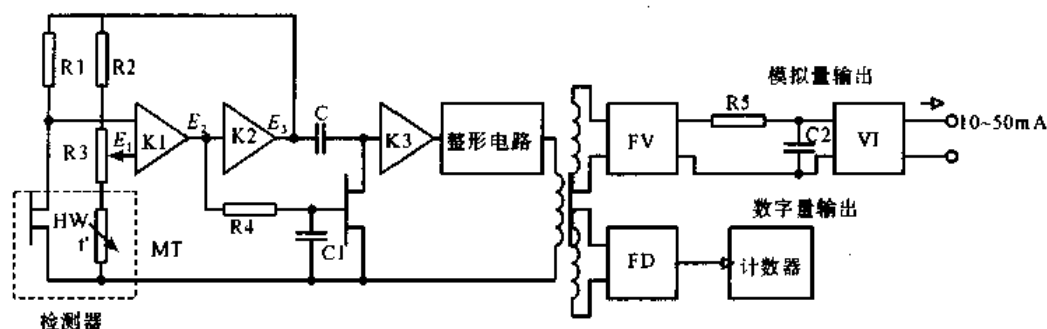
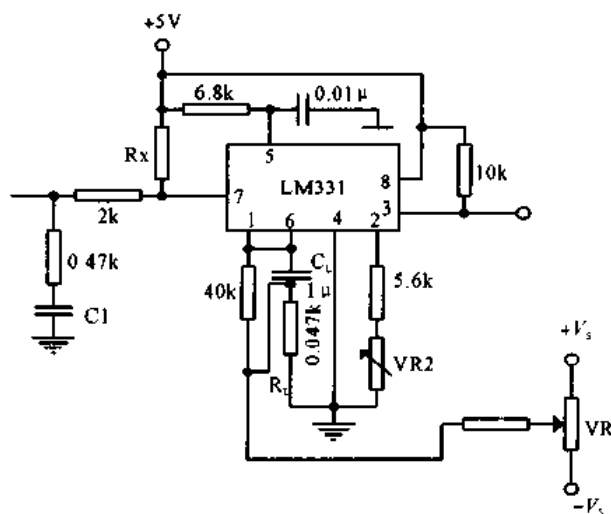


**9.9 伺服式容积流量计的伺服放大电路** 图中流入口和流出口分别导向测差压的气缸两端, 气缸内有跟待测流体比重相等的活塞, 通过流入口和流出口间的压力差改变活塞运动方向。这个活塞的位移量跟压力差大小和加压力差的时间成正比, 即跟压力差的时间积分成比例。上述位移量通过 LED(D5) 发光二极管和光敏电阻(CDS)变换成相应的光量, 产生 CDS 的阻值变化量, 在 CDS、 $R_{10}$  和  $R_5$  处分压为  $E_1$  (这时为 8V)。结果流量计的差压信号  $E$  按下式构成检测差压的时间积分信号  $E_1 = C_1 \int \Delta P dt$ , 式中  $E_1$  是伺服泵的输入信号电压;  $C_1$  是比例常数;  $\Delta P$  是流入口和流出口间的差压。



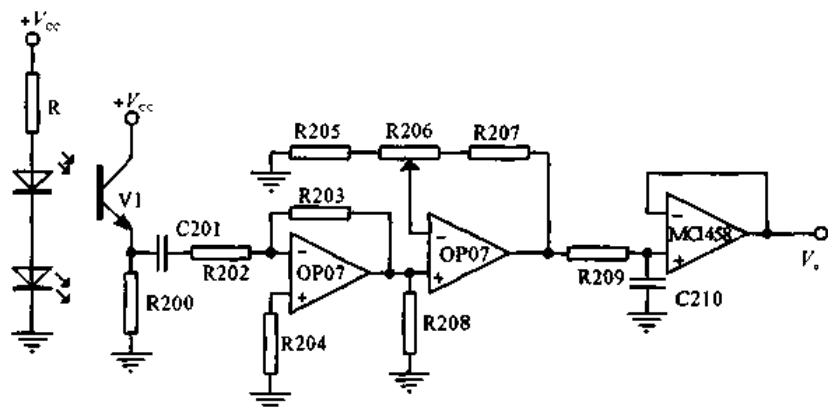
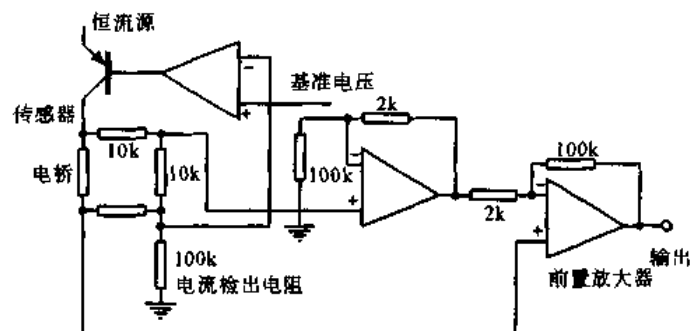
**9.10 温度补偿电路** 该电路利用 PN 结的温度特性, 在运放 A1 的输出端产生一随温度变化而变化的电压, 加在 A2 的反相端, 同流量信号相加, 达到温度补偿的目的。热敏电阻用于运放 A2 的反馈端, 补偿流量传感器的灵敏度温漂。

**9.11 电压/频率转换电路** 在电压输入端 7 脚上采用  $R_1$ 、 $C_1$  组成的低通滤波电路, 在  $C_L R_L$  处采用偏移调整电路。VR2 用来对基准电流进行调节, 以校正输出频率。3 端是输出端, 集电极开路形式, 故必须有上拉电阻。



**9.12 旋涡式流量计的放大电路与转换电路** 放大器把由铂电阻丝的电阻变化所引起的电桥不平衡输出电压进行差动放大, 然后送到功率放大器 K2, 其输出电流被反馈并供给热电阻丝 (HW) 和测温电阻 (MT) 的桥路, 使铂电阻丝上的温度保持与流体温度之差一定, 通常温差为  $20^{\circ}\text{C}$ 。当空腔中流体不流动时, 桥路是平衡的。当由于旋涡使热丝受到冷却时, 电桥就产生不平衡电压  $E$ 。线路中的负反馈大大地减少了由于热丝的热容量引起的滞后, 使铂电阻丝的频率响应特性得以改善, 并能在较宽的频率范围内稳定地检测流体的振动。另一方面, 流速变换时, 信号将产生起伏波动, 信号起伏波动频率约为信号本身频率的  $1/10$ , 这种起伏波动就是变换的干扰噪声。为了消除这一噪声, 可以利用差动放大器 K1 输出电压  $E_1$  的直流分量随着流速相应的变化去控制场效应管的门电压, 使源极和漏极间的电阻发生变化。这样场效应管就起着 CR 微分电路中电阻 R 的作用。这个电阻 R 与电容 C 构成可变频带滤波器, 也就是说, 作为通频带随流速变化的高通滤波器自动消除功率放大器 K2 输出电压  $E_2$  中的噪声部分。在去除噪声后的电压  $E_3$  再送去放大和整形, 成为方波输出, 然后送给转换器。

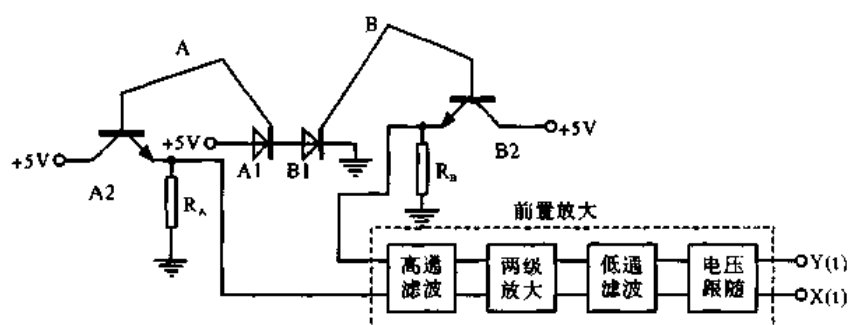
**9.13 热线式流量计桥式电路** 传感器电桥中使用温度特性良好的恒流源，电桥的输出值大致上与质量流量成正比。此外，前置放大器由高阻抗的差动放大器构成，它能将进入传感器电桥的外来影响抑制至极小。



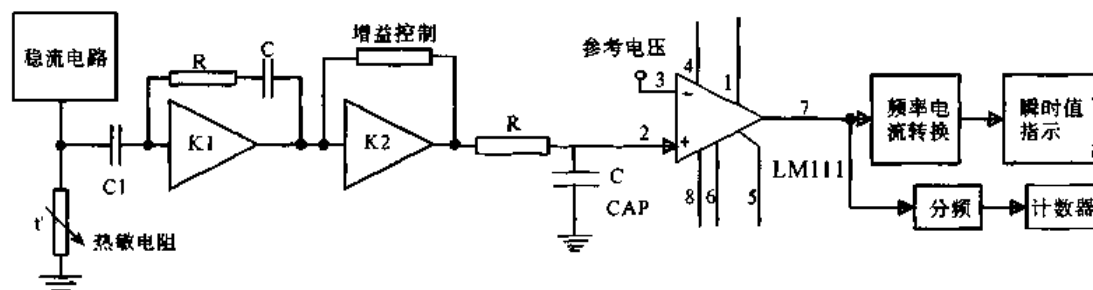
**9.14 单通道放大电路** 经光电转换后，输出电压约为 10 mV 的数量级。为了把信号放大到伏级，系统放大倍数须几百倍。因此“前放”设计为两级放大，第一级增益为 10，第二级增益为 20，两级之间直接耦合，采用低噪声，低漂移运放 OP07 组成两级放大。

### 9.15 光纤式流量传感器电路

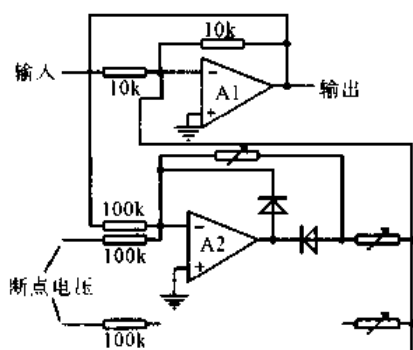
光学传感器系统的功能是向信号处理系统(相关器)提供满足要求的两路随机相关信号。探测器光源(A1、B1)的光线通过光纤的传输，入射到纸浆表面，该入射光被流动的纸浆所调制，产生了光强随机变化的



反射光，又通过光纤的传输，照射到两只光接收器件(A2、B2)的受光面上，转换成随机的电信号，通过电缆传输到在线相关器进行相关分析处理，得到纸浆流体微团上游测点 A 流至下游测点 B 的渡越时间  $\tau_0$ ，根据流量模型，即可得到纸浆流量： $Q = E \frac{h}{\tau_0} S$ 。式中  $h$  为 A、B 间距离； $S$  为截面积。

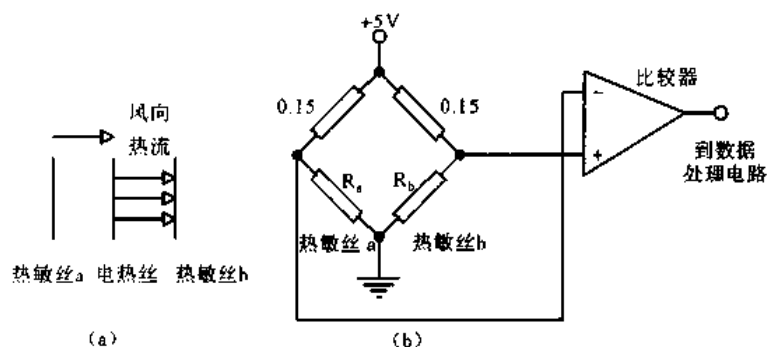
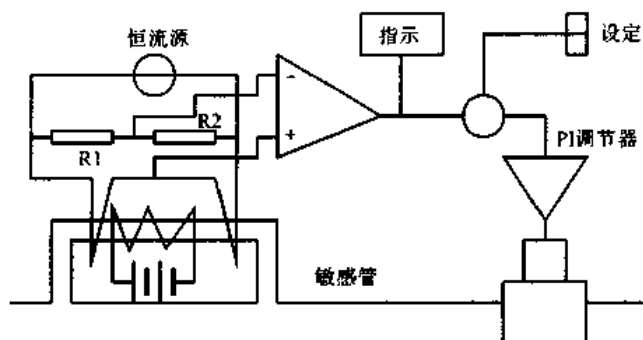


**9.16 旋进式旋涡流量计的转换电路** 频率补偿放大器 K1 是用以补偿热敏电阻在高频部分对速度变化的响应特性，自动增益控制 K2 是补偿因气体温度变化引起的热敏电阻的增益变化。经滤波、整形后的输出是与容积流量成正比的脉冲信号。将此脉冲信号送给计数器进行流量计算或送给频率—电流转换器转换成电流，供给瞬时流量指示器或瞬时值控制系统。

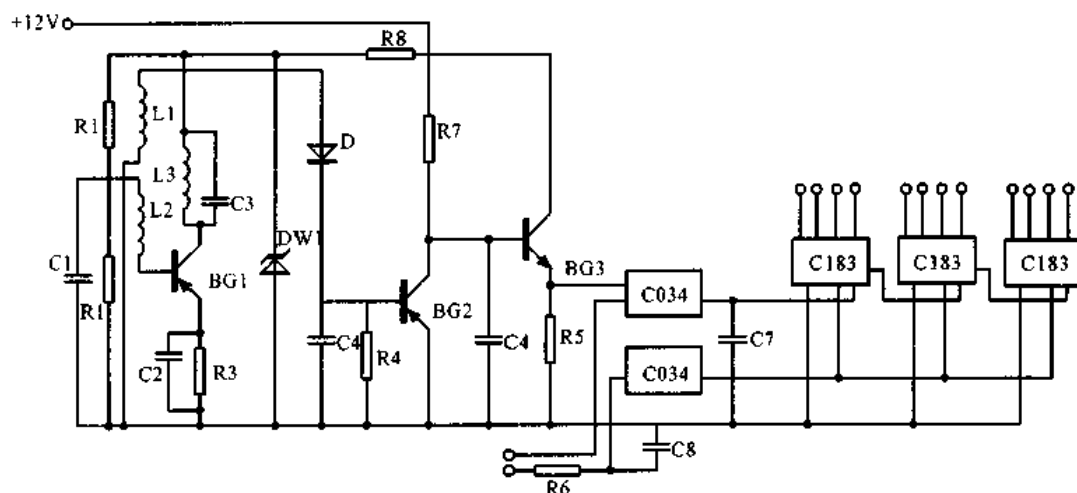


**9.17 线性化电路** 由于该电路设有几个断点电压, 根据断点对输出曲线进行多折线拟合。断点电压经 A2 放大后叠加至 A1, 使得 A1 放大后的电压改善线性特征。

**9.18 气体质量流量计电路** 该电路是根据热传导原理设计的流量测量仪表, 工作原理如图所示。流量  $Q$  通过入口进入流量计后,  $Q$  将分成两部分, 其中, 一小部分  $Q_1$  进入敏感管, 绝大部分  $Q_2$  以层流形式进入回路。使流经敏感管流量  $Q_1$  同总流量  $Q$  成比例。

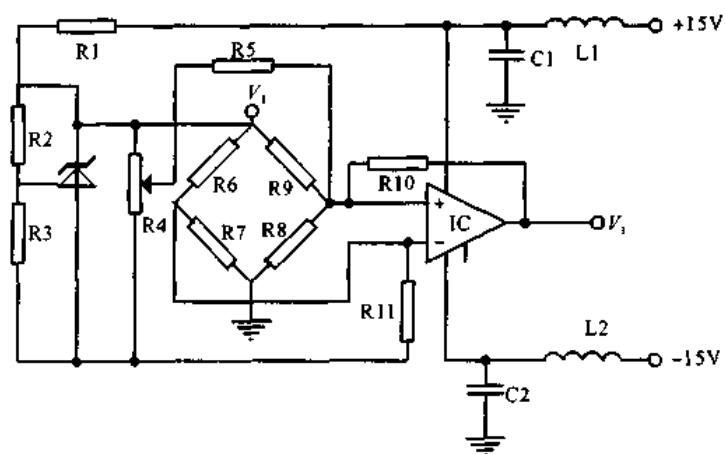
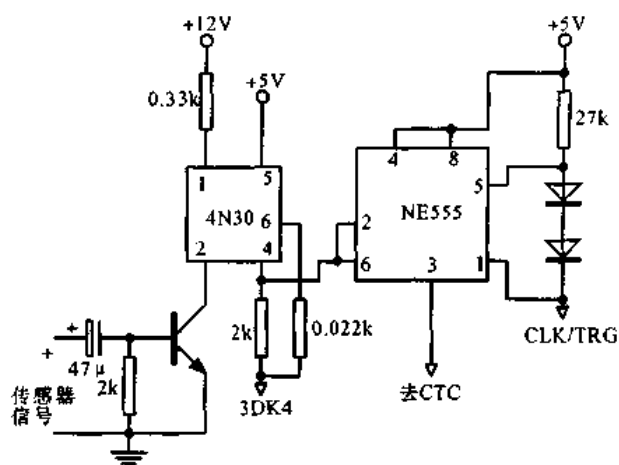


**9.19 气体流量方向识别电路** 为了区别呼气和吸气的风向, 在热线的两侧, 设置热敏丝。被气流带走的热可以传给处于下风位置的热敏丝, 这样便可感知流动方向, 如图(a)所示。实际上, 如图(b)所示, 用 2 根热敏丝构成电桥电路, 经过比较器即可识别风向。



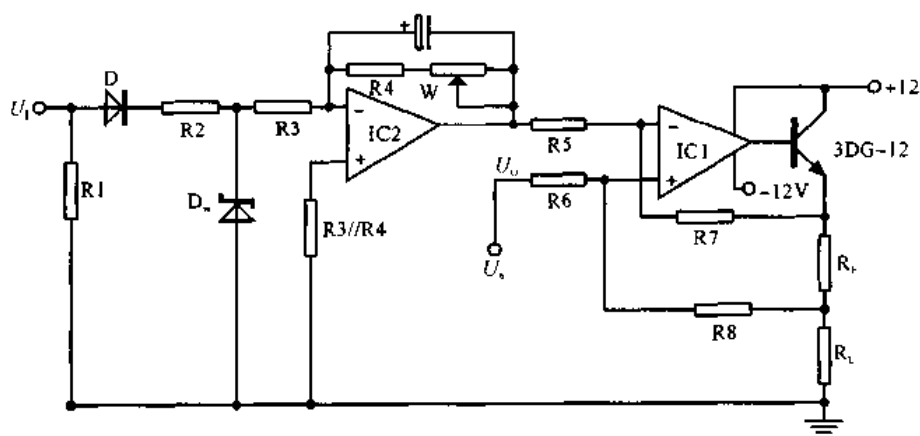
**9.20 萨沃纽斯流速传感器电路** 该电路由振荡器(由 BG1、L1、L2 和 L3 等构成)、整形电路(由 BG2 和 BG3 等构成)及计数器系统(C034 和 C183 等构成)三大部分组成。当流体推动萨沃纽斯转子叶片转动时, 每转一周, 导磁金属片被接近开关的振荡线圈吸合一次, 从而使振荡器产生一个电脉冲。整形放大后由二进制计数器计数, 但计数前应使计数器为零。因此, 由检测出脉冲数, 即可确定流速。

**9.21 流量传感器信号输入电路** 为了提高抗干扰能力,该电路采用光耦 4N30 进行光电隔离,并将传感器地和电路地分开。光耦 4N30 的输出接 NE555 的 2、6 脚。NE555 构成一个施密特触发器,对输入信号进行整形输出。

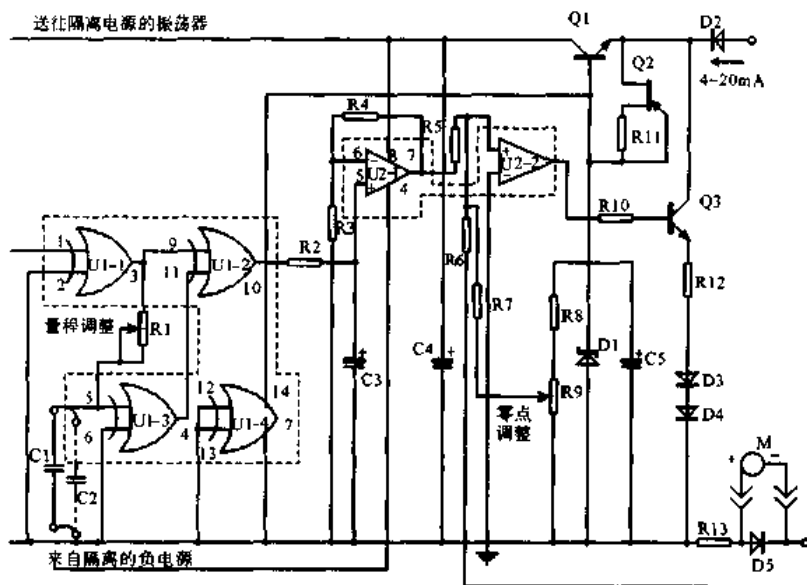


**9.22 大输出应变式传感器电路** 其中  $R_4$ 、 $R_5$ 、 $R_6$ 、 $R_7$ 、 $R_8$ 、 $R_9$  是应变式传感器的实际线路。 $R_6$ 、 $R_7$ 、 $R_8$ 、 $R_9$  为工作应变计,  $R_4$ 、 $R_5$  为应变计零位输出调整元件, IC、 $R_{11}$ 、 $R_{10}$  为放大部分,用来把几十毫伏级的信号放大至 0~5V 或 0~10V。 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $L_1$ 、 $L_2$  为电源滤波器,用来抑制各种干扰,改善电源质量。

**9.23 频率/电流转换电路** 该电路中,二极管 D 防止反向电压进入电路,稳压管  $D_w$  是对输入波形进行限幅,防止过高信号损坏运放,运放 IC2、电阻  $R_3$ 、 $R_4$ 、 $W$  及电容组成积分电路,将频率信号转换成电压信号输出,运放 IC1、三极管以及电阻组成电压/电流变换电路。输入电压  $U_i$  是输出偏移调整电压。



送往隔离电源的振荡器



**9.24 流量计信号转换电路 F/V**  
转换电路由在同一集成块 U 的 4 个异或门 R1 ~ R4、C1 ~ C3 及运算放大器 U1-1 所组成。其中的 7、12、13 脚接地, 14 脚接在稳压管 D1 负极上, 目的是直接将 D 的稳定电压送给 U1, 为 U1 提供稳定的工作电源。U2 的 8、4 脚分别接在正负电源上, 为 U 提供工作电源。

当输入的方波为高电位时, U1-1 的 1、3、9、10 端均为高电位, 其他端为低电位。通过 R1 对 C1 充电, C 上的电压积分上升, 当 C1 上的电压充到够 U1-3 的 5 端高电位翻转电平时, U1-3 翻转, U1 的 4 端为高电位, 10 端为低电位。

当输入的方波为低电位时, U1-1 翻转, U1 的 3 端为低电位, 由于电容两端的电压不能突变, U1 的 S 端仍保持高电位, U1 的 4、8、10 端为高电平门电路的输入端, 即 U1 的 5 端几乎不吸收电流, 故 C1 只有通过 R1 放电, 当放到 C 两端的电压到低电位翻转电平时, U1-3 翻转, 4 端变为低电位, 使 U1-2 也翻转, 10 端变为低电位。这样 10 端输出的方波宽度不仅取决于 U1 的 1 端输入的方波频率, 而且还取决于 RC 积分电路的时间常数, 故改变 R1 即可实现量程调整作用, 如果大范围改变, 即可在 C1 两端并联。

由于 U1 的工作电源是稳定的。故 10 端的高电位值也是稳定的, 该方波的平均值只由宽度比来决定。RC 是一个时间常数很大的阻容滤波电路 (R2 一般为 200kΩ 左右, C3 一般为 15μF 左右), 所以通过该阻容滤波网路即可取出 U1 的 10 端方波的平均值。此值再由 U2-1、R4、R3 组成的同相端输入运算。放大器进行放大, 放大器的增益取决于 R3、R4 组成的反馈系数, 放大器输出的直流信号由 R5 送往 V/I 输出电路。

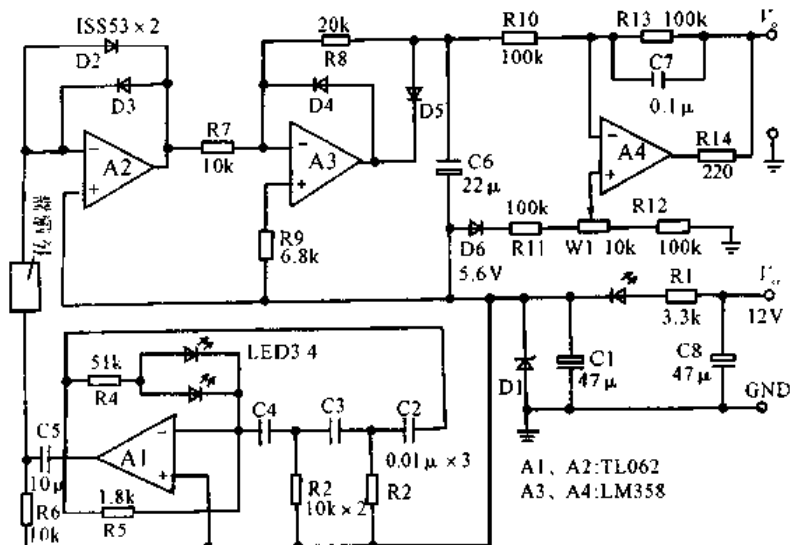
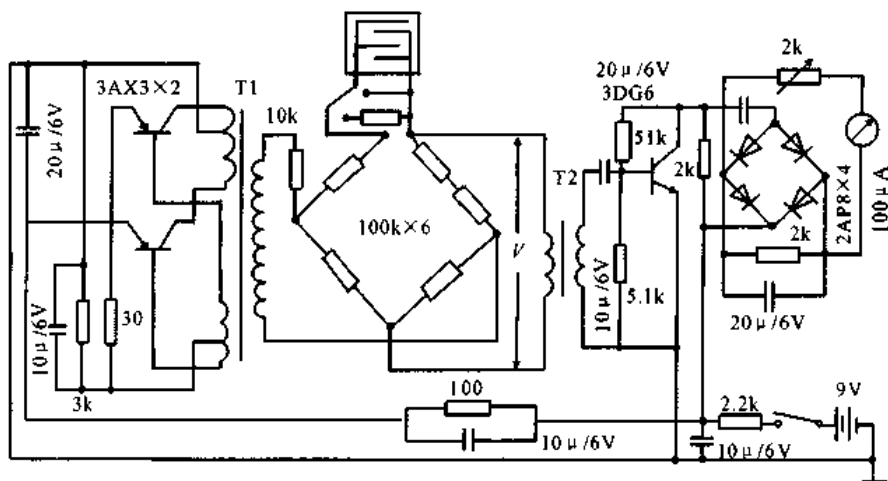
## 第十章

### 湿度传感器电路

本章包括电解质类湿度传感器、陶瓷类湿度传感器、金属氧化物类湿度传感器、高分子类湿度传感器，以及温湿双功能类传感器、露点传感器等方面的一些实际应用电路。

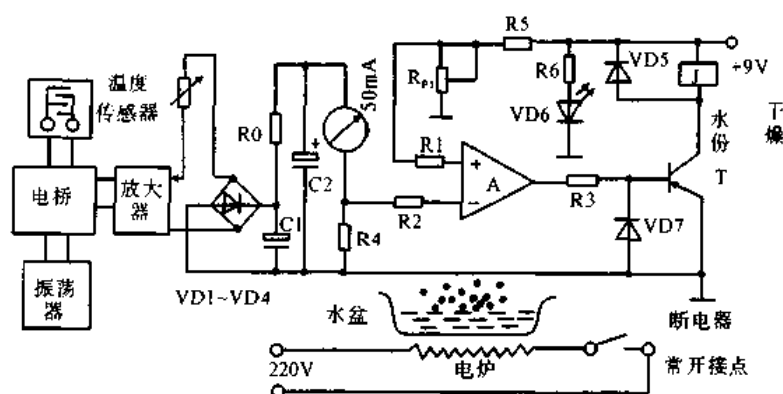
#### 10.1 氯化锂湿度传感器

**电桥电路** 振荡器对电路提供交流电源，电桥的一臂为氯化锂湿度传感器，由于湿度变化使湿度传感器阻值发生变化，于是电桥失去平衡，产生信号输出，放大器把不平衡信号加以放大，整流器将交流信号变成直流信号，由直流毫安表读数，整个电路由9V直流电源供电。



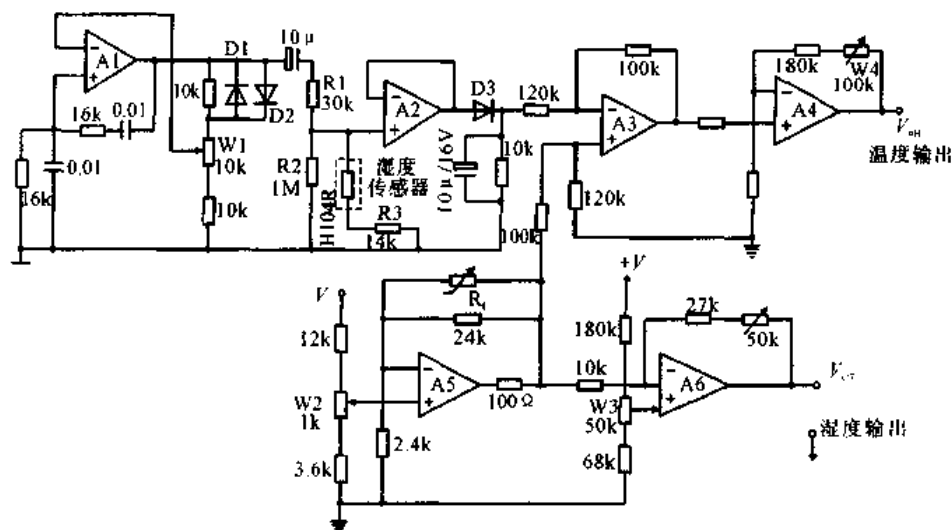
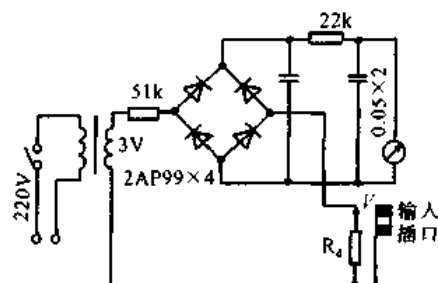
#### 10.2 适用于UD-08和CGS-2

**型传感器的应用电路** UD-08湿度传感器以氧化镍材料为主，CGS-D2和H104是陶瓷类的湿度传感器，它们均属阻抗式湿度传感器。它们的共同特点是非线性大，其阻抗的对数与相对湿度成线性关系，但必须为之设计线性化处理的电路及温度补偿电路，同时要设计交流电压电源，对频率和幅值要有一定要求。图中A1为正弦波频振荡器。A2为对数转换电路，用以校正其非线性。A2必须采用高输入阻抗的运算放大器。A3为半波整流电路。A4为温度补偿电路。



**10.3 雏舍湿度控制器电路** 为了提高鸡、鸭幼雏的成活率,饲养室内的空气湿度要控制在 40~70% RH 的范围内,温度在 20~25℃之间,这样的温湿度环境应用氯化锂湿度传感器是很适合的。图中是雏舍湿度控制器电路,氯化锂湿度传感器采用电桥电路将湿度变化转换成直流电流,湿度越高,输出直流电流越大,从毫安表可以读出湿度值。

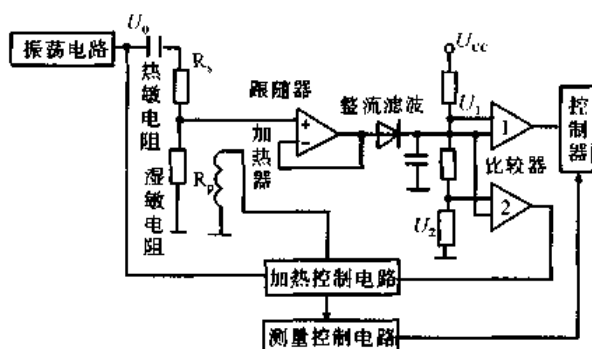
**10.4 交流市电测湿电路** 一般陶瓷湿度传感器中,都存在有离子导电形式,所以一定要采用交流电源工作,以防止感湿层发生极化而性能变坏。图中所示的是用 50Hz 交流市电的测湿电路,湿度传感器通过输入插口接入电路。采用市电经降压变压器向传感器回路提供交流电源,可以省去振荡器,使电路简化。由于陶瓷湿度传感器可以流过较大电流,获得较强信号,因此电路中可省去平衡电路和放大器两部分。传感器的交流信号经桥式整流电路转换为直流电流,由直流电表指示其变化,如将湿度刻度描绘在直流电表上,就构成一个直读式湿度计。图中  $R_d$  为校满电阻,以校正电表的满量程湿度。



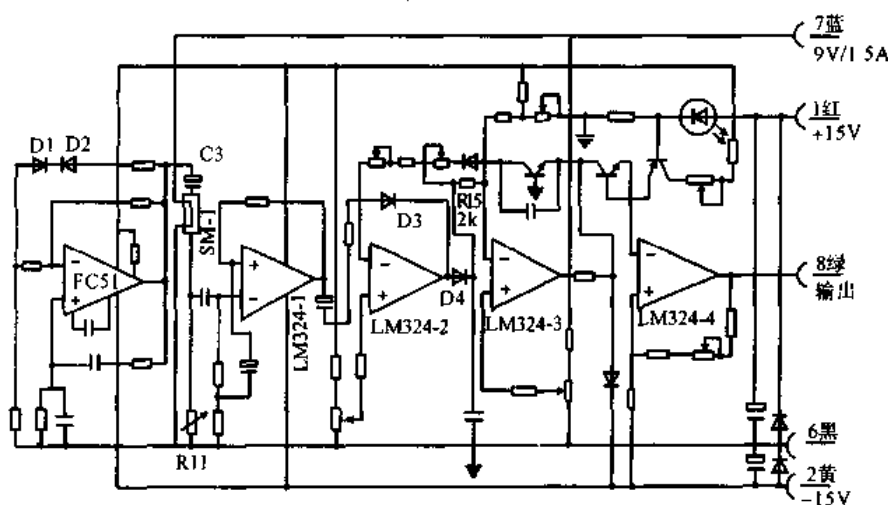
**10.5 适合 H104R 型传感器的湿度-温度的测量电路** H104R 型湿度传感器是以  $ZnO-CrO_2$  材料制成的陶瓷传感器。图中以 A1 为主的电路组成文氏电桥振荡电路,产生频率为 1kHz、幅度为 4.5V 的正弦信号,作 H104R 的工作电压。湿敏元件 H104R 的线性

校正利用了精密电阻  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  的串、并联,作简单的线性校正。A2 为跟随器,起阻抗作用。二极管 D3 起整流作用,经  $10\mu F$  电容器的滤波后,进入温度补偿差分放大器 A3 进行处理。湿敏元件 H104R 具有 0.7% RH/℃ 的温度系数,因此,可采用热敏电阻作温度补偿。A5 为温度补偿电路,热敏电阻与  $24k\Omega$  电阻的并联有线性补偿的作用,但不能彻底消除非线性误差。运算放大器 A4 对温度补偿的湿度电压信号进行放大,其输出灵敏度可达  $100mV/1\% RH$ 。

**10.6 湿度控制电路** 湿度控制原理图适用于 SM-1 型陶瓷湿度传感器。振荡电路产生稳定的交流电源流过热敏电阻  $R_t$  和湿敏传感器电阻  $R_p$ ，由于  $R_p$  的阻值随相对湿度变化而变化，所以  $R_p$  上的交流信号电压也相应变化，此信号电压经跟随器、整流、滤波，再与比较器 1 的参考电压  $U_1$  比较以便控制某一湿度。与比较器 2 的参考电压  $U_2$  比较，控制陶瓷湿度传感器的加热电路，以便按一定时间对传感器加热清洗。热敏电阻  $R_t$  与湿敏电阻  $R_p$  作串联连接，用作对陶瓷传感器湿敏电阻  $R_p$  的温度补偿。



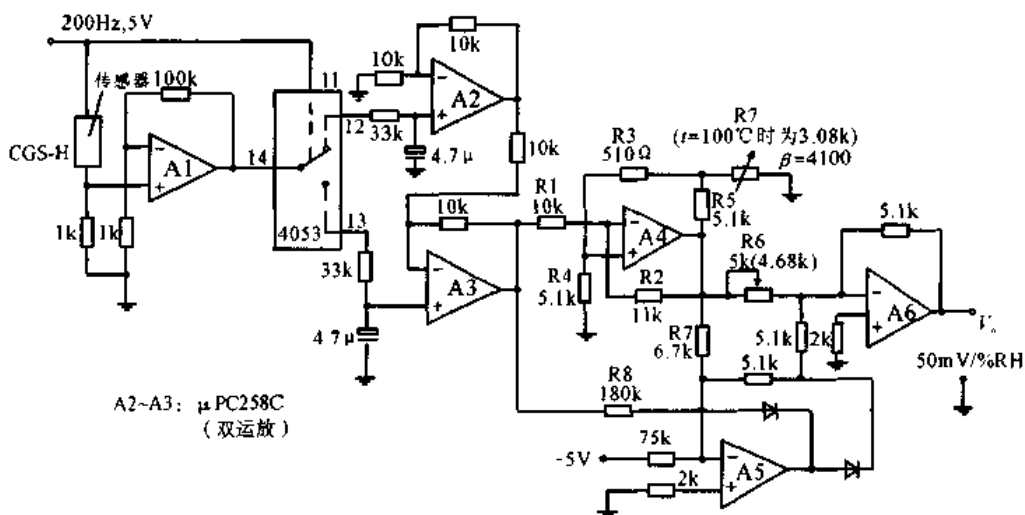
**10.7 SMC-2 型湿度传感器转换电路** SMC-2 型湿度传感器利用国产 SM-1 型湿敏半导体器件实现“湿-电”转换。SM-1 型湿敏器件是用金属氧化物半导体材料  $MgCr_2O_4 \sim TiO_2$  制成多孔半导体陶瓷，电导率随半导体陶瓷对水蒸气的吸、脱附而发生变化，然后，利用图中所示的转换电路变成电压信号输出。从图中可知，它由正弦波发生器、湿度取样器、电压跟随器、精密检波器、对数放大器组成。

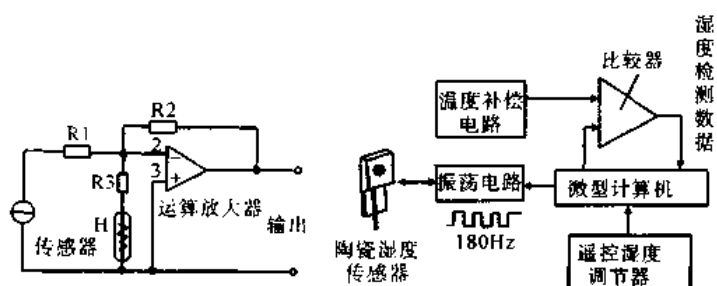


**10.8 低湿度检测电路** 当环境温度超过  $100^\circ\text{C}$  的时候，要精确地测量出湿度是比较困难的，此处介绍一种精确测量相对湿度小于 10% 的大气温度的方法。

CGS-H 陶瓷湿度传感器具有

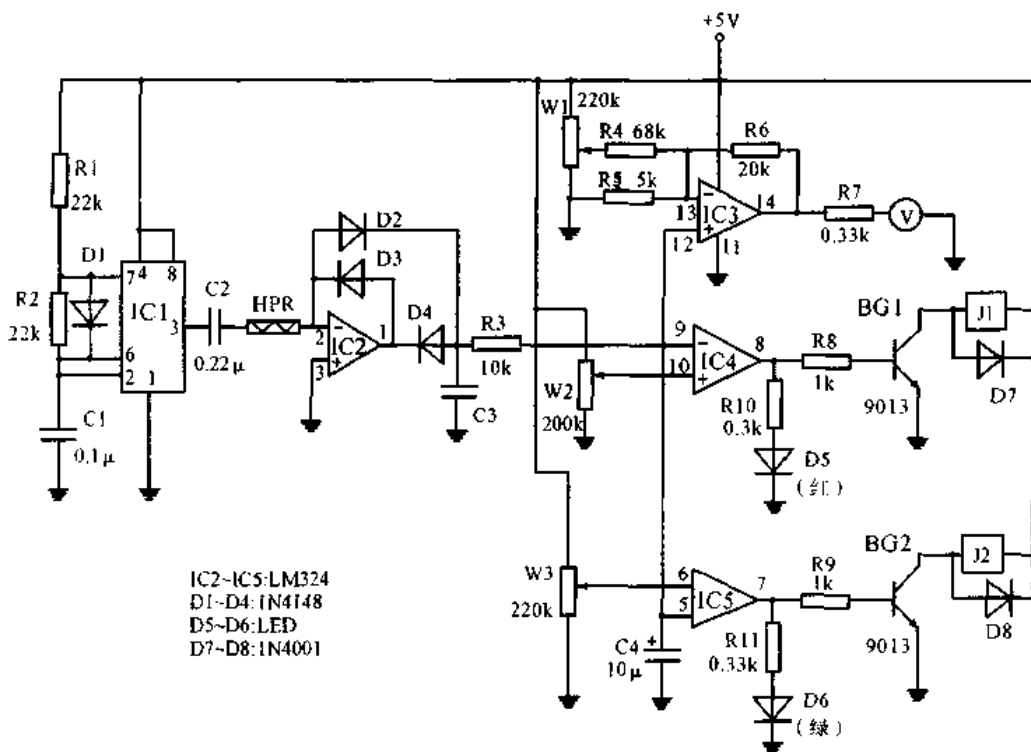
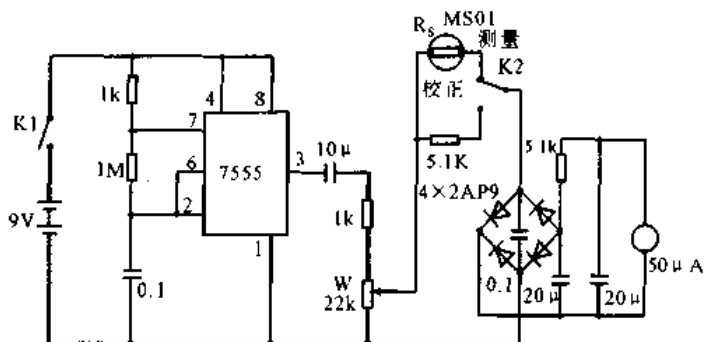
在高温下检测湿度的良好性能。针对 CGS-H 湿敏传感器特性，设计了如图中所示电路来检测高温点下的低湿度。主要由放大部分、线性校正和温度补偿电路组成，通常选择 CGS-H 的  $\beta$  常数与热敏电阻的  $\beta$  常数相同，就可提取与温度无关的湿度信号。





**10.9 空调机湿度控制应用电路** 图为  $\text{ZnCr}_2\text{O}_4 - \text{LiZnVO}_4$  系陶瓷湿度传感器应用于高档空调机的应用电路图, 振荡电路为湿度传感器提供交流电源, 用运算放大器进行放大和线性化处理, 因陶瓷传感器的湿敏电阻值是兆欧级, 所以要使用高输入的 CMOS 运算放大器。用微处理机作控制器, 使空调的灵敏度提高, 可预设要控制的湿度, 并节省电能。

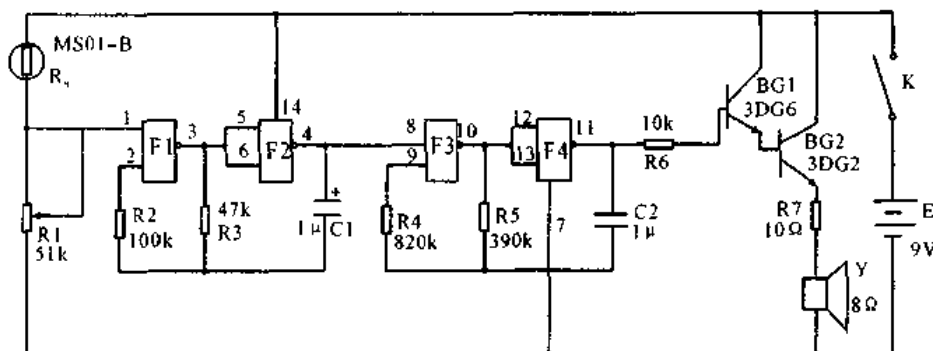
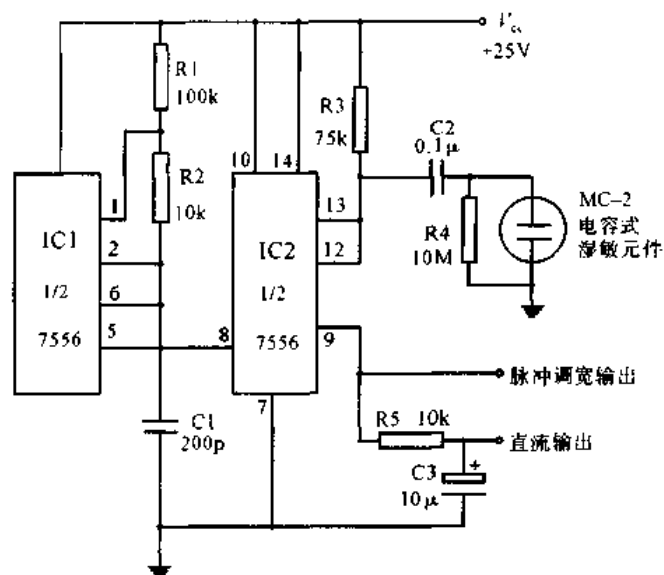
**10.10 空气湿度测量仪** 本装置使用的湿度传感器为 MS01 或 SM-1 型, 能测量 10 ~ 100% 空气的相对湿度。电路见图所示,  $R_s$  为 MS01 湿度传感器, 其阻值随湿度大小线性变化。湿度为 10% 时, 其阻值约 10M $\Omega$ , 湿度为 90% 时, 其阻值降低到 3k $\Omega$  左右。湿度增大,  $R_s$  的阻值按指数规律下降。



**10.11 一种简单的室内湿度控制电路** 该控制器能进行湿度报警和显示相对湿度的数值。湿度控制器的电路如图所示。该湿度控制器中采用了一只高分子湿度传感器作湿敏元件。IC1(555 电路)组成一只 300Hz 的方波发生器, 信号通过耦合电容 C2 施加于湿敏元件 HPR。IC2、二极管 D2 ~ D4 构成对数变换电路, 其输出的电压将随相对湿度的增加而增大。该输出电压经 R3 和 C4 滤去干扰信号, 然后分三路输出, 分别连接到 IC3、IC5 的同相端(“+”端)和 IC4 的反相端(“-”端)。IC3 是同相放大器, 其增益由电阻  $R_6/R_5$  决定, 其增益可根据测量电表 V 的量程加以选择, 电压表 V 的量程可在 2.5 ~ 5V 间选用。

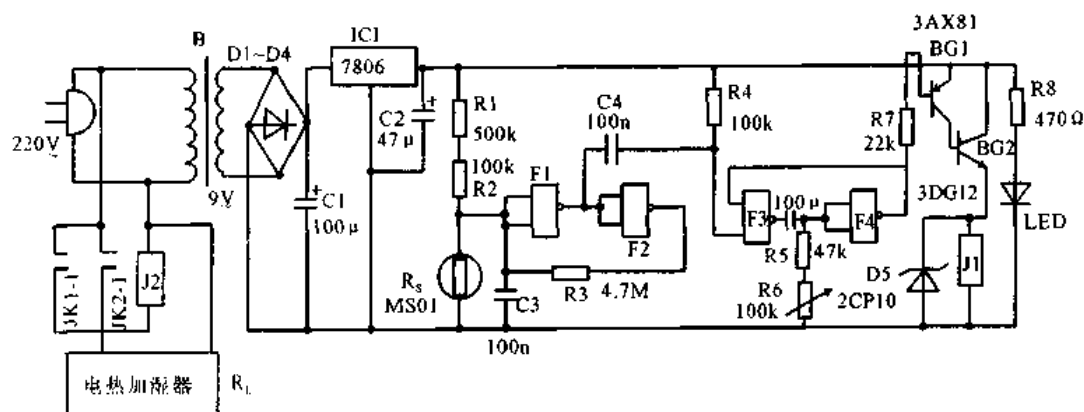
IC2~IC5: LM324  
D1~D4: 1N4148  
D5~D6: LED  
D7~D8: 1N4001

**10.12 电容式湿敏传感器的应用电路** 该电路由两个时基电路组成。IC1 构成多谐振荡器，由电阻 R1、R2 和电容 C1 产生周期为 20ms 的脉冲信号，触发 IC2 组成的可变脉宽时基电路，其脉宽由湿敏元件的电容量决定。该电路电源选用 2.5V，保证 MC-2 湿敏元件的工作电压 1V，脉冲调宽信号由“9”脚输出，经 R5、C3 滤波后，变成直流电压输出，其灵敏度为 2mV% RH。

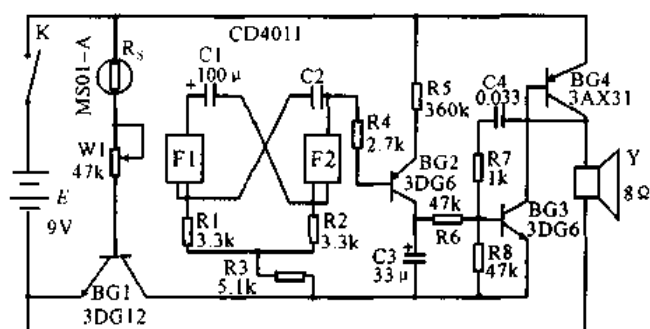


**10.13 仪用潮湿报警器** 利用湿敏电阻 MS01-B(片状)作为湿度传感器构成的一个简单而实用的潮湿报警器电路。电路灵敏度高，适合安置在精密仪器上检测仪器所处环境的湿度，并作出报警。

随着环境湿度的增高， $R_s$  的阻值成反比例减小，R1 两端电压上升，使 F1 的控制端转为高电平，振荡器工作，并输出 10Hz 左右的方波，该方波使由 F3、F4 等组成的振荡器断续产生 500Hz 的振荡，并通过 R6、BG1、BG2 组成的复合管，及 R7 驱动扬声器 Y 发出断续的报警声。

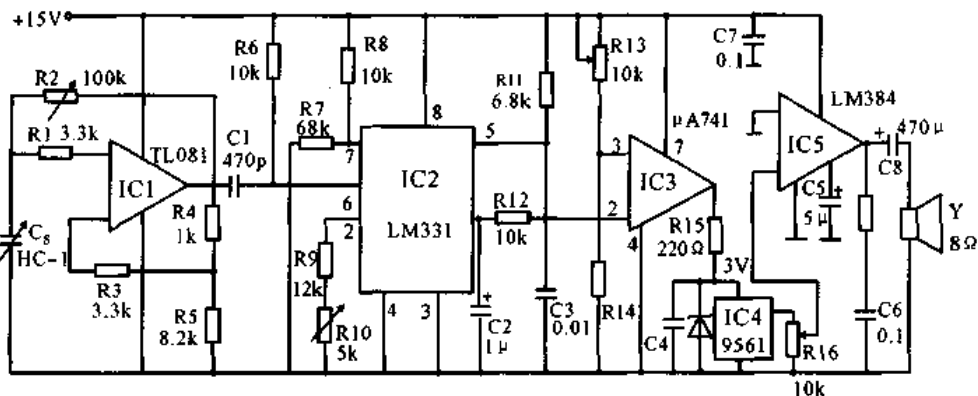


**10.14 室内湿度自动控制器** 本装置利用湿度传感器 MS01 检测室内的相对湿度并进行自动控制，可使室内湿度在一定小范围之内相对恒定。它可用于孵化室、育苗室及对湿度要求较严格的室内对湿度进行自动控制。图中， $R_s$  为湿敏电阻， $R_t$  为电热加湿器，它由电热器、储水器和电风扇等构成，通过电热器加热使水沸腾，电风扇把水蒸气吹到室内，使湿度增加。

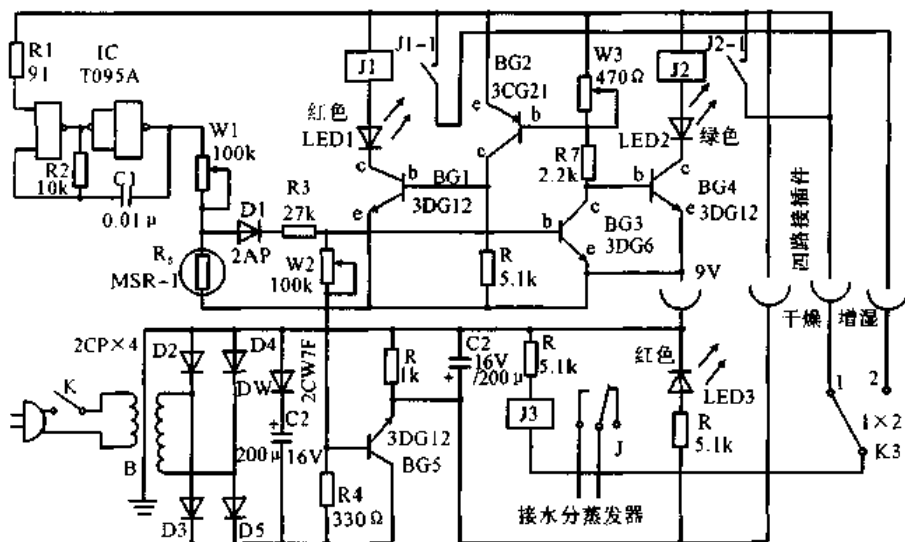


**10.15 室内潮湿报警器** 本图是利用湿敏电阻 MS01-A 作为湿度传感器构成的一个潮湿报警器。MS01-A ( $R_s$ ) 的湿度量程为 30~95% RH, 属硅湿敏电阻器。湿度变化时, 其阻值将成反比例从数十欧到数百欧之间相应变化。 $R_s$  与 W1 构成 BG1 的基极偏置电路。一旦室内湿度达到一定值时,  $R_s$  阻值大降, 流入 BG1 的基极电流增加, 使 BG1 饱和导通, 扬声器 Y 发出的报警声。

**10.16 潮湿报警器** 本图是利用电容式湿敏传感器电路图。电路具有灵敏度高、工作可靠、报警声大等特点。可用于测量环境、国防工程及各类仓库的相对湿度, 并作出报



警。电路中,  $C_s$  即为传感器 HC-1, 其感湿容量在相对湿度从 10% RH 上升到 90% RH 时, 也将 40pF 上升到 65pF。将 HC-1 作为 IC1 方波振荡器的充放电电容器, 则当环境湿度变化时, 振荡器方波的频率也将发生变化。因此, 这一变化的方波信号通过 C1 送到由 IC2 等构成的频率—电压变频电路中, IC2 便输出与频率成比例的电压信号。

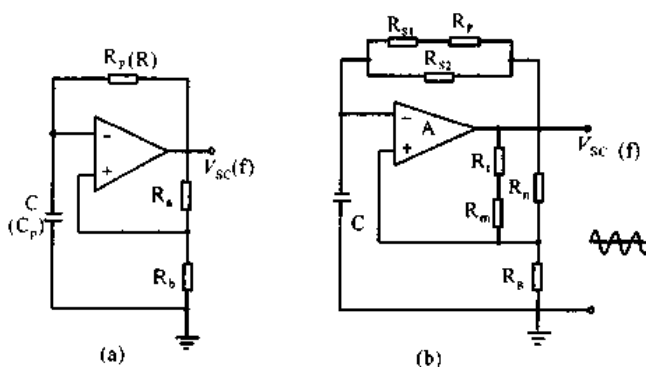
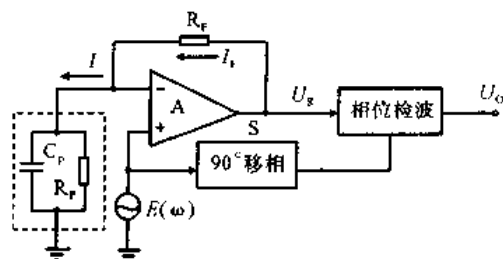


**10.17 湿度自动控制仪** 图中介绍的湿度自动控制仪电路, 采用电阻式湿敏元件 MSR-1 型测量环境湿度, 用继电器控制降温或增湿设备。

电路工作原理: 集成电路 IC 用其中两个门组成 RC 振荡器, 电压输出经处理送到 BG3 的基极。 $R_s$  为湿敏电阻 MSR-1, 在湿度下降时,  $R_s$  阻值增大, 其分压也增大, 直到使 BG3 导通, 继电器 J2 释放, 绿色发

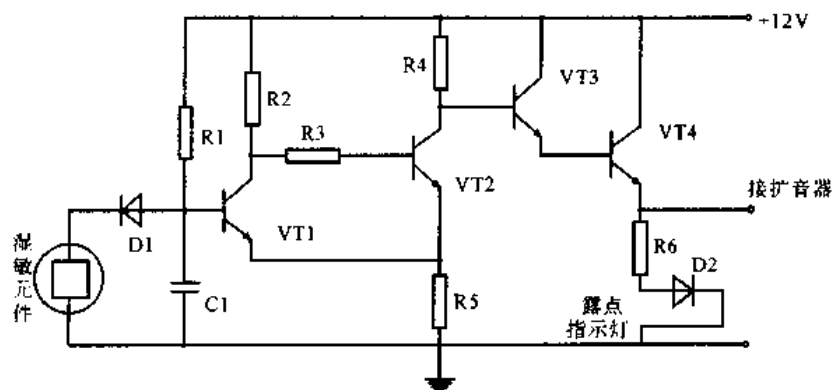
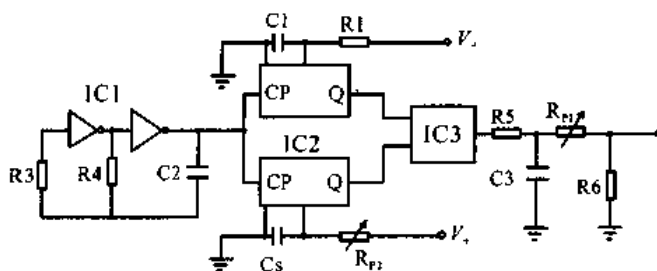
光二极管 LED2 熄灭。此时, 红色发光二极管 LED1 亮, 继电器 J1 吸合, 其常开触点 J1-1 闭合, 接通增湿装置的电压, 增湿装置工作向环境增加湿度。当湿度增大时, BG3 截止, J2 吸合, LED2 亮, 同时, J1 释放, LED1 熄灭, 其常开触点 J1-1 断开增湿装置电源。而 J2 的常开触点 J2-1 闭合, 接通于干燥 (降温) 装置电源, 干燥装置工作, 使环境湿度下降。电路考虑到应用在不同场合中, 因此, J1、J2 两个继电器的触点还通过 K3 控制。

**10.18 正交测量法原理** 在一定的频率下, 多孔金属氧化物湿度传感器可以等效为一个湿度电阻  $R_p$  和一个湿度电容  $C_p$  的并联电路, 通过测量传感器的  $R_p$  或  $C_p$ , 就可了解环境湿度。但是金属氧化物湿度传感器作成薄膜型时,  $C_p$  将大大增加, 而  $R_p$  将减小, 于是测量  $C_p$  比测量  $R_p$  能获得更高的感湿灵敏度。



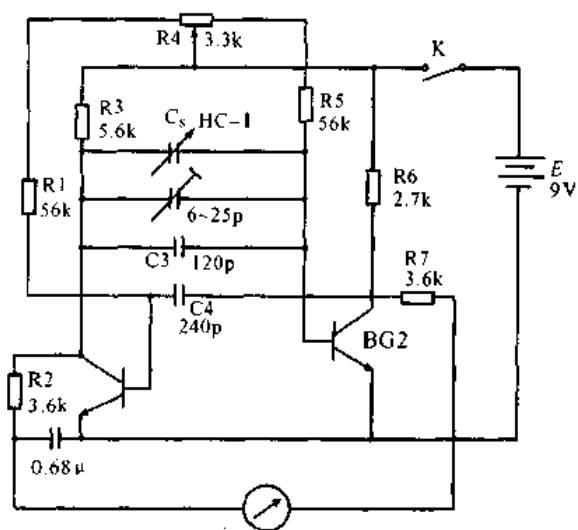
**10.19 阻容振荡电路** 图 (a) 由高增益集成运算放大器、高分子膜传感器的湿敏电阻  $R_p$  (或高分子膜传感器的湿敏电容  $C_p$ ) 和固定电容  $C$  (或固定电阻  $R$ ) 组成的阻容振荡电路可实现 (或  $C_p$ ) -  $f$  转换。图 (b) 为有线性化处理 and 温度补偿的阻容振荡电路。

**10.20 脉冲调宽电路** 整个电路由脉冲发生器、两个单稳态触发器、异或门、积分电路和满量程调节电路组成。电路的功能是将高分子膜传感器的湿敏电容转变为归一化的电压。当环境温度发生变化, 则  $C_p$  容值相应增加或减少, 从而引发触发器脉冲宽相应发生变化, 信号取出后通过积分, 归一化处理后输出标准电压信号。



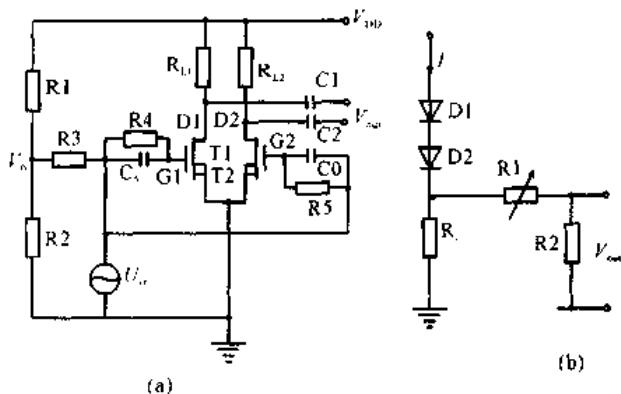
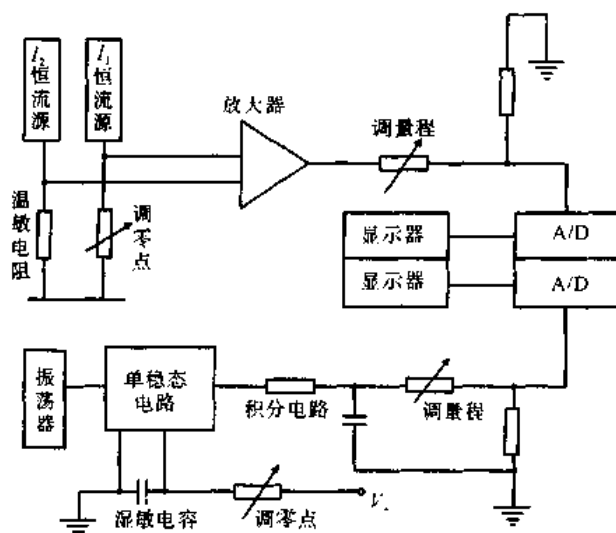
**10.21 电子聚合物结露传感器的工作电路** 电子聚合物结露传感器的工作电路采用施密特触发电路。在一般湿度情况下, 传感器的电阻值约为  $2k\Omega$ , 此时 VT1 晶体管截止, 而 VT2 管导通, 发光二极管 D2 熄灭。当结露时, 传感器电阻值上升到大约  $200k\Omega$ , 此时 VT1 管的基极电位升至  $0.8V$ , 使 VT1 管导通, 而 VT2 管截止, 导致 VT4

管的发射极电流明显增加, 发光二极管发亮, 指示有结露现象。这个电路使传感器的工作电压始终在  $0.8V$  以下, 这就保证即使出现结露也不会引起感受湿膜上凝结的水发生电解。水电解会使凝结水消失, 并产生对感湿膜有害的气体, 所以这个电路结构既能正确地进行结露报警, 不产生误报, 而且又能延长传感器的工作寿命。电路中的二极管是用于温度补偿, VT1 的基极电容是为了在消露时稍有延迟中电路可用于录像机结露报警控制电路。



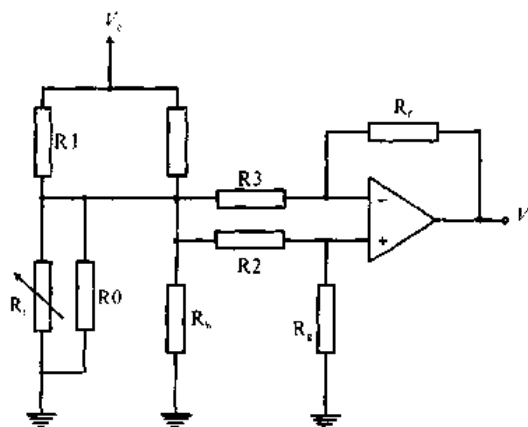
**10.23 薄膜型温湿双功能传感器适用电路** 薄膜型湿温双功能传感器可同时实现测量温度和湿度,如图中所示的测试电路体现了这一特点。单稳态电路在湿敏元件的作用下输出与湿度变化成比例关系的信号,通过积分电路,归一化电路处理后送入 A/D,同时随着温度的变化,湿敏电阻阻值改变,其压降随之变化,送入差动放大器,其输出经变换后送入 A/D。

**10.22 粮食湿度测量仪** 本装置采用 HC-1 型电容式湿敏元件作为测试湿度传感器。该器件可用测量环境,国防工程及各类仓库的相对湿度。电路中,  $C_s$  为 HC-1 型电容式湿度传感器,将它插入粮食中,将粮食中的水分转化为电容并输出。在 20℃ 时,90% RH 呈现的电容值为 65pF,10% RH 呈现出的电容值为 40pF。



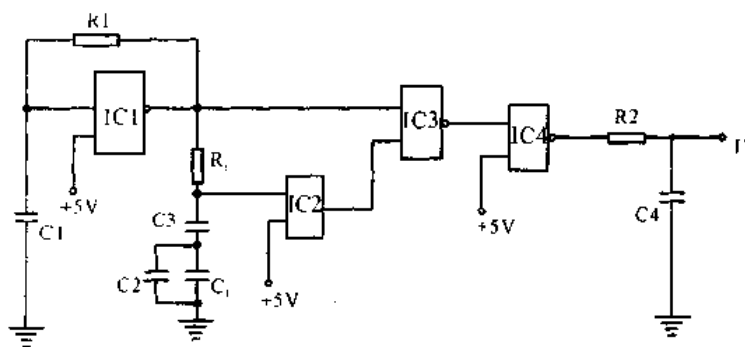
**10.24 FET 湿温双功能传感器测试电路** FET 湿温双功能传感器测试电路示于图中。湿敏 FET 晶体管工作时在输入端要加恒定的直流电压  $V_0$ 。此时 FET 晶体管的输出差分电压  $V_{out}$  与湿敏电容  $C_s$  有依赖关系,因而环境湿度变化就表现为  $V_{out}$  的变化。在图 (a) 中,差分电压  $V_{out}$  经整流为直流电压,再通过 A/D 转换作数字显示。用两只二极管测温的原理示于图 (b) 中,  $I$  为恒定电流,二极管的正向电压  $V_f$  有负温度系数,温度每升高 1℃,约下降 4.6mV,而且在一定的温度范围内变化是线性的。

**10.25 自热式氯化锂露点温度传感器电路** 因为氯化锂溶液是离子导电,在恒向电场下,将产生极化效应,导致感湿膜失效,所以氯化锂露点传感器不能用直流电源进行加热,而用交流加热电路。在通常湿度环境中加热电流约为 50 ~ 60A。被测气体的露点温度是用埋在传感器内部的热敏电阻  $R_t$  进行测量的。测试电路如图所示,这是用热敏电阻组成桥式电路,然后是差分放大器,输出为电压值,用 A/D 转换后可作温度数字显示。热敏电阻的指数函数特性可用固定电阻  $R_0$  与之并联以实现线性化,这样可扩大露点温度的测量量程。

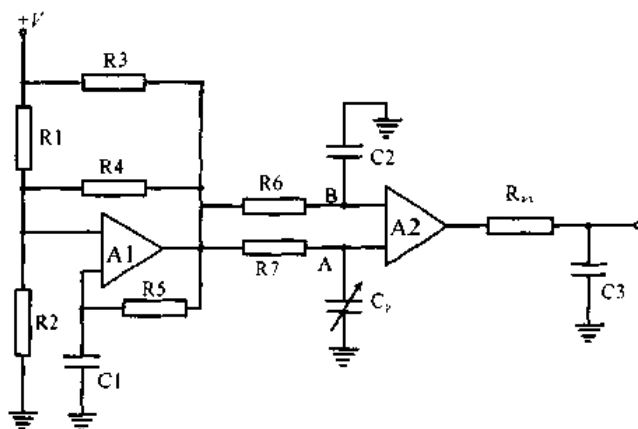


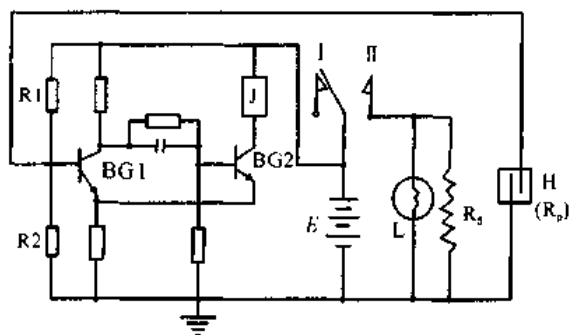
#### 10.26 电容式结露传感器测量电路

图中  $C_t$  为电容结露传感器。IC1 为多谐振荡器,输出方波信号。 $C_1$ 、 $R_1$ 、 $R_t$ 、 $C_3$ 、 $C_2$  和  $C_0$  可视为一个积分电路,电容器  $C_2$  用以补偿  $C_0$  的离散性,  $R_t$  是温度补偿的热敏电阻。电路 IC2 反相整形,将 IC1 和 IC2 的输出在 IC3 上“与”出一个脉冲信号,经 IC4 倒相形成一正脉冲输出。当结露时,湿敏传感器  $C_0$  的电容量增大,积分电路的积分时间增大,因此, IC4 输出的脉冲宽,导致输出平均电压升高,此信号就可用来控制和报警。



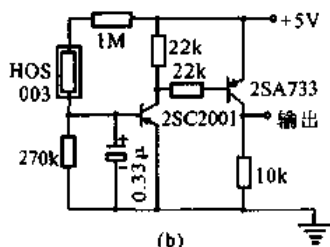
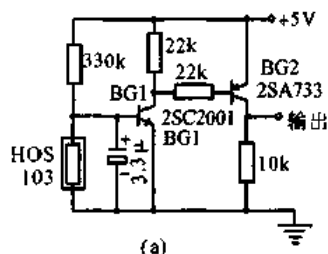
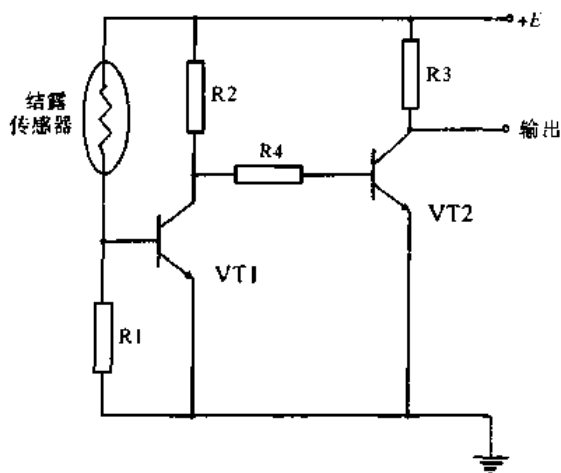
**10.27 电容式氯化锂结露传感器鉴相法转换电路** 用鉴相法转换电路来实现结露传感器的电容-电压 (C-V) 转换,图中运算放大器 A1 与电阻、电容元件组成一个交流信号振荡器。鉴相电路由  $R_6$ 、 $R_7$ 、 $C_2$  和  $C_0$  组成,  $C_0$  为结露传感器的湿敏电容,  $R_6$ 、 $R_7$  和  $C_2$  为固定电阻和电容。电路中 B 点为基准相位点, A 点的相位随湿敏电容  $C_0$  变化而变化。当结露时,  $C_0$  到某一值, A、B 两点的相位由 A 超前 B 转变为 B 超前于 A, 利用运算放大器 A2 鉴别 A、B 两点相位转变并进行放大。将这一变相点作为开关信号,即可应用于控制和报警。





**10.28 汽车玻璃挡板结露控制电路** 如图中是一种用于汽车驾驶室挡风玻璃的自动去霜电路。其目的是防止驾驶室的挡风玻璃结露或结霜,该电路同样可以用于其他需要去湿的场所。在低湿度时,调整  $R_1$ 、 $R_2$  使 BG1 导通, J 触点释放。当湿度增大到 80% RH 以上时,使 BG1 截止,则 J 的线包通电,常开点接通加热丝,驱散湿气,避免挡风玻璃结露。当湿度减少到一定程度, BG1 恢复到初始状态,加热停止,从而实现了自动去湿,防止结露或结霜。

**10.29 陶瓷结露传感器的结露开关电路** 本图是针对陶瓷结露传感器的湿敏电阻值变化范围而设计的测试结露的工作电路。电路中结露传感器安置在 VT1 晶体管的基极回路上。在常湿状态下,传感器的湿敏电阻很大,使 VT1 的基极电位较小,VT1 不工作。当结露时,湿敏电阻下降几个数量级,VT1 基极电位提高,使 VT1 导通,而 VT2 截止,输出高电平。输出电平的变化为结露报警和控制提供了有用的信号。



**10.30 正、负特性的结露传感器的基本电路** 正、负特性结露传感器的基本应用电路如 (a) 图所示。结露传感器 HOS103, 在 80% RH 以下的工作电压小于 0.8V, 左图中供电电源为 5V, 所以用一个 330k $\Omega$  电阻与 HOS103 串联分压。

由于 HOS103 在 80% RH 以下, 其阻值为 10k $\Omega$  左右, 因此, 供给 HOS103 的电压小于 0.2V, 使 HOS103 正常工作, 若超过 0.8V 会引起 HOS103 早期性能变坏。由于供给 HOS103 的电压约 0.2V, 所以 BG1 截止, BG2 也截止。当相对湿度大于 95%, HOS103 阻值达到 200k $\Omega$ , 分压后, BG1 基极电压大于 0.7V, BG1、BG2 相继导通, 电路输出高电平, 以此作报警处理。调整 330k $\Omega$  的阻值, 可改变报警湿度值。

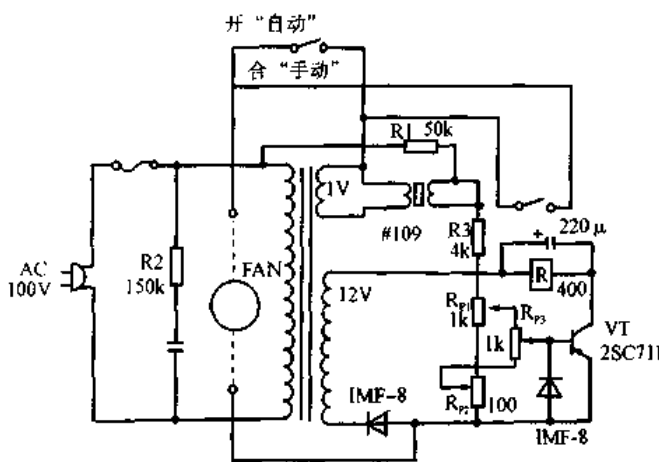
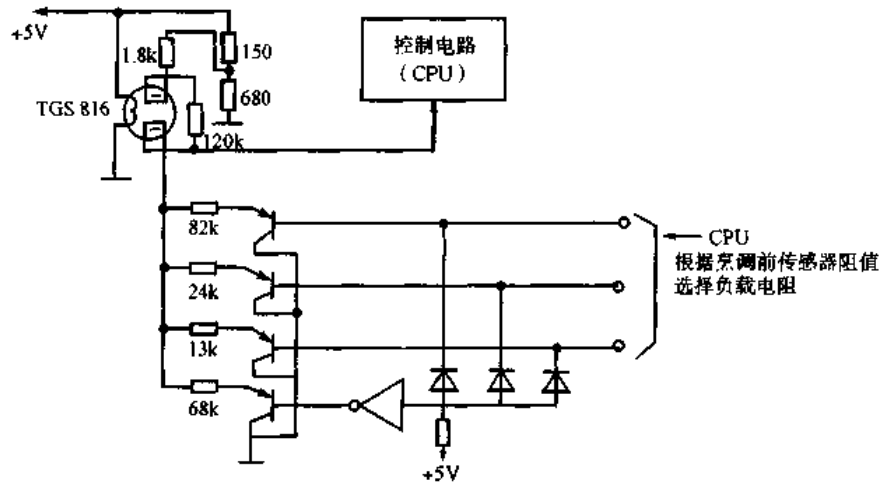
(b) 图所示电路 (负特性) 中使用了 HOS003 负特性结露传感器, 根据其特性, 串联电阻的位置正好与 (a) 图相反, 这样同样可达到上述工作过程。

# 第十一章

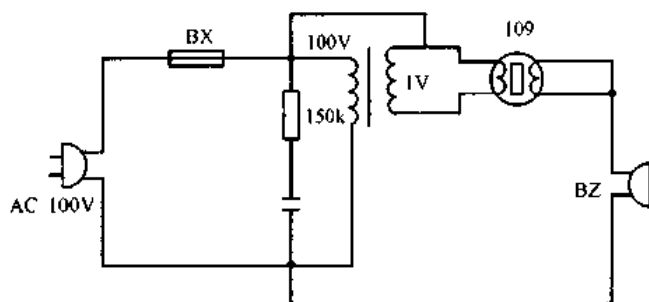
## 气体传感器电路

本章主要介绍了有关气体传感器方面的应用电路。主要包括半导体类、电化学类、接触燃烧型和导热型气体传感器应用电路等。

**11.1 用 TGS 传感器控制** 电气灶的烹调 气体传感器在烹调过程中阻值与烹调开始时的阻值不同。电气灶中的气体传感器在进行各烹调时有其不同的响应特性，但烹调结束时电阻的变化率总可大致分为不变的几类。根据这一特点，通过恰当地选择负载电阻，使烹调开始时传感器的输出电压大致相同，这样就不必处理中间过程所产生的复杂信息而对烹调进行控制。

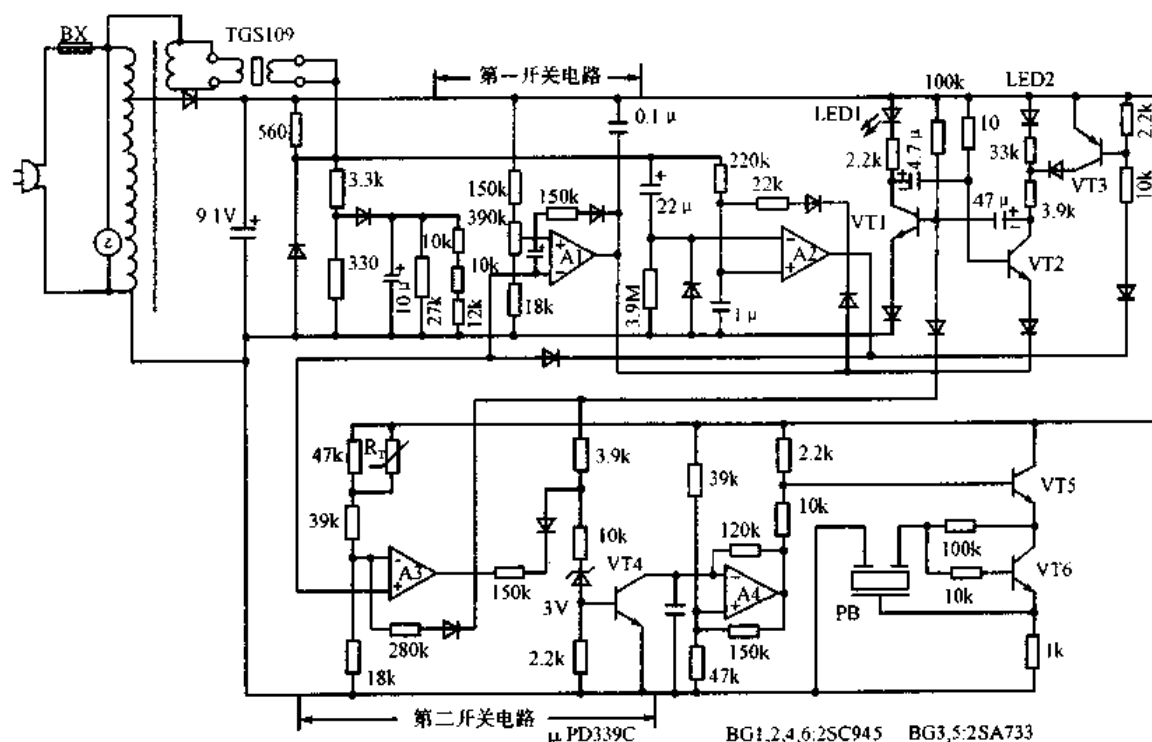
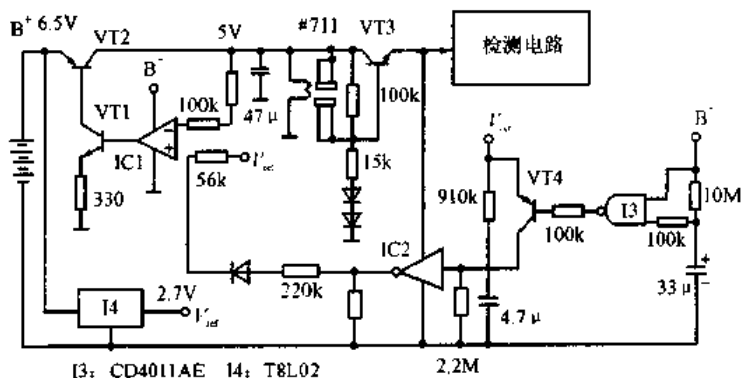


**11.2 自动排气扇电路** 当室内空气受到厨房油烟等影响造成污染时，随着污染气体浓度的增加，传感器的电阻值降低。当烟量达到一定值时，晶体管 VT 的基极电位提高并使它导通，于是继电器动作，排气扇起动并通风换气。本电路的设计使空气中污染气体的浓度超过由  $R_p$  预置的数值  $C_1$  时，排气扇就开始工作，排出污染空气，当污染气体浓度降低到预置值  $C_1$  以下时，排气扇仍继续工作，直至污染浓度降低到足够低的  $C$  点才停止工作。因此，该电路既能避免排气扇误起动，又能做到通风排气充分。

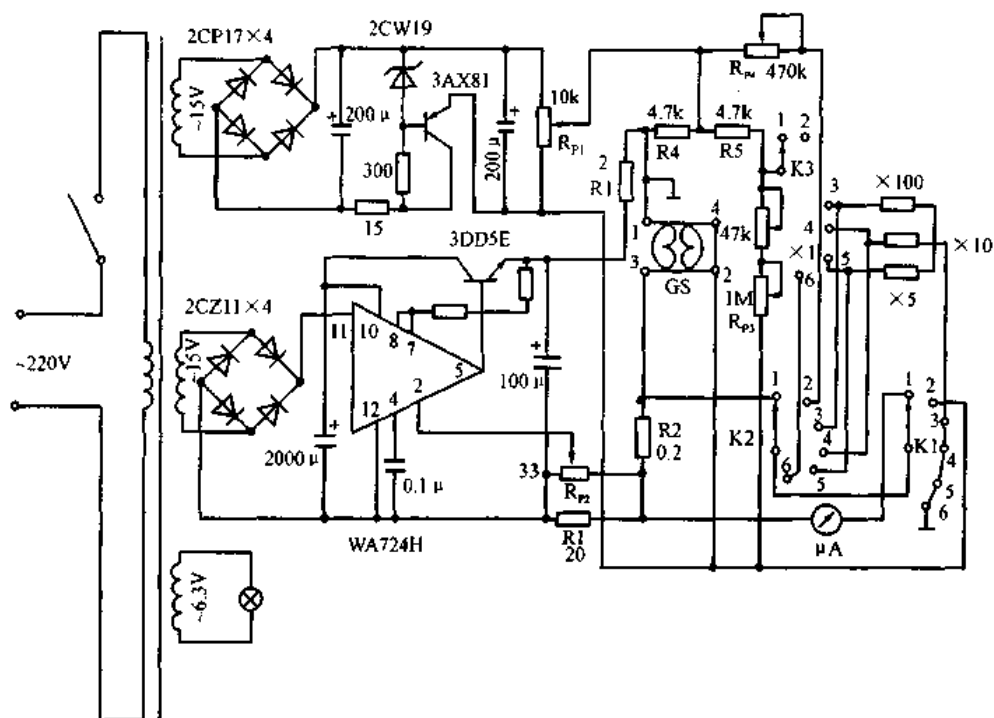


**11.3 简易家用气体报警器** 采用 TGS109 可燃性气体传感器进行气—电转换。当室内可燃性气体增加时,传感器因接触到可燃性气体而使阻值降低,流经回路的电流增加,即输出信号增大,并可直接驱动蜂鸣器报警。

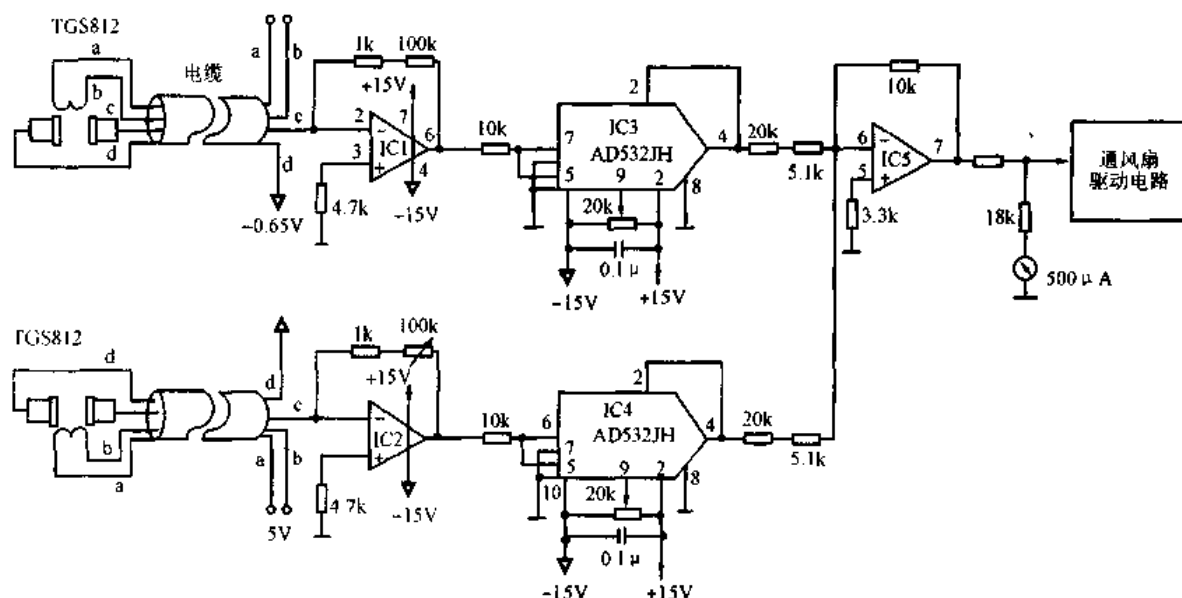
**11.4 一氧化碳探测器** 一氧化碳是一种无色无味的有毒气体,它在空气中允许浓度一般不得超过  $50 \times 10^{-6}$ ,否则将致人死亡。而其在空气中浓度达到 12.5% 时,将会引起爆炸和火灾,因此一氧化碳探测器对安全防护十分重要。本图是一种一氧化碳探测器的电路图,传感器选用对一氧化碳有高灵敏度的 TGS711,为提高探测效果,探测前要进行加热除气。



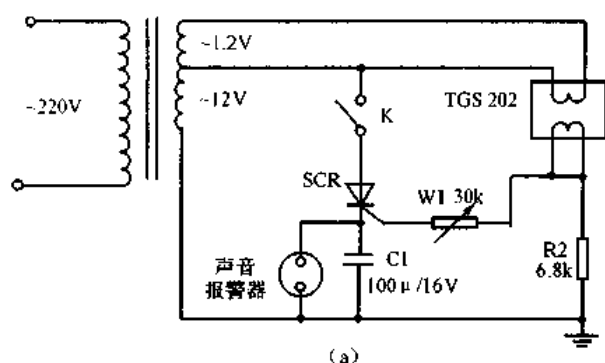
**11.5 分阶段报警式城市煤气报警电路** 上图就是一种加有温湿度补偿和防止通电初期误报警的“二阶段”式城市煤气报警器电路。其中气体传感器采用了 TGS109。随着气体浓度增加,气体传感器的阻值随之变化,阻值变化到一定值时,第一开关电路首先动作,使绿色和红色发光二极管 LED1 和 LED2 交替闪光;当气体浓度进一步增加,并达到危险限值时,第二开关电路动作,红色发光二极管 LED2 发光,并使压电蜂鸣器 PB 间歇鸣响,进行报警。



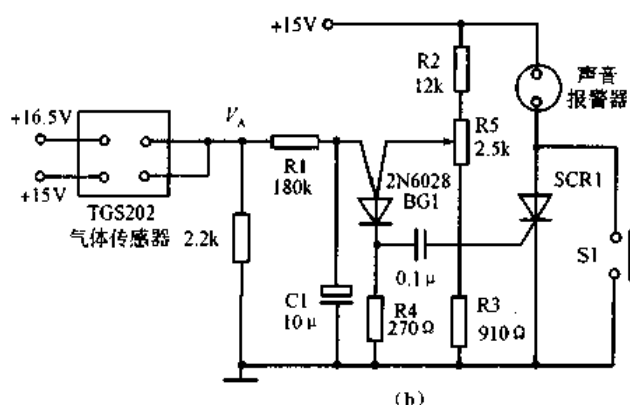
**11.6 变压器油气敏检测仪** 本图是用半导体气体传感器构成的变压器油气敏检测仪，可用它来检测油里的氢、乙烯、乙炔、甲烷、乙烷及一氧化碳气体的总量。根据所测得的油中气体成分的变化，就可以发现变压器的故障。



**11.7 废气浓度检测电路** 随着汽车数量的激增，地下停车场不断增多，场内汽车排放的废气所造成的污染成了一个严重的问题。为此，有必要建立一套能够检测停车场内的废气，并在污染浓度超过限定值时自动进行强制通风的系统。由于停车场内各处废气浓度的起伏是不规则的，要想对通风换气进行有效的控制，必须通过在多个观察点安装上 TGS 气体传感器，并对其输出作平均化处理后，按平均废气浓度高低程度控制通风换气。



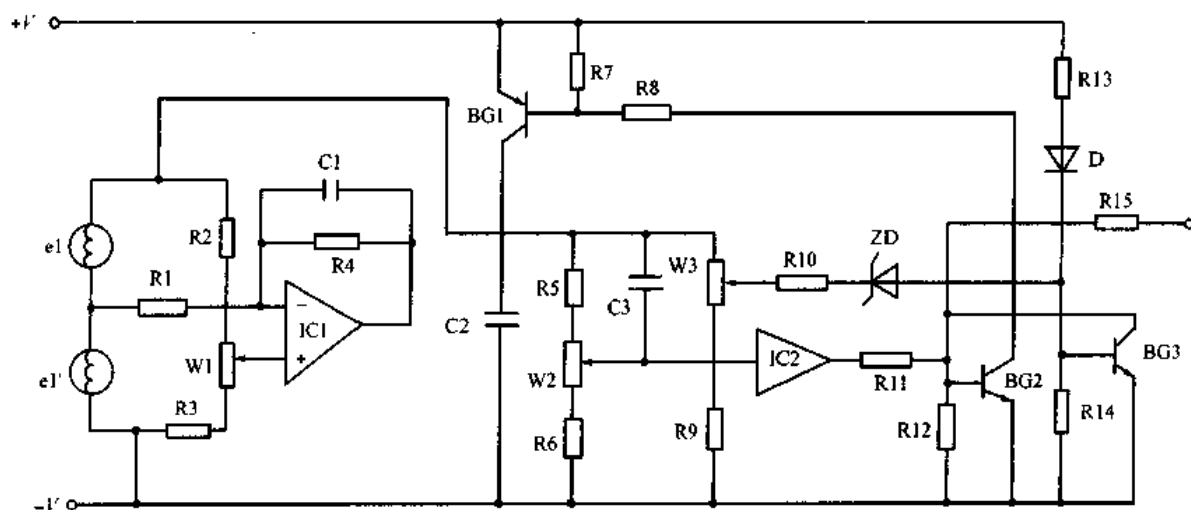
(a)



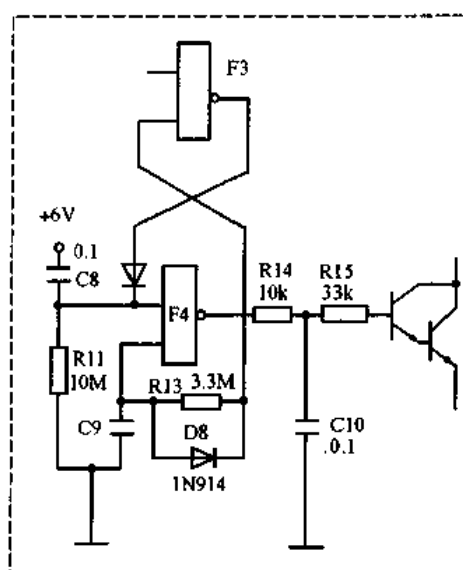
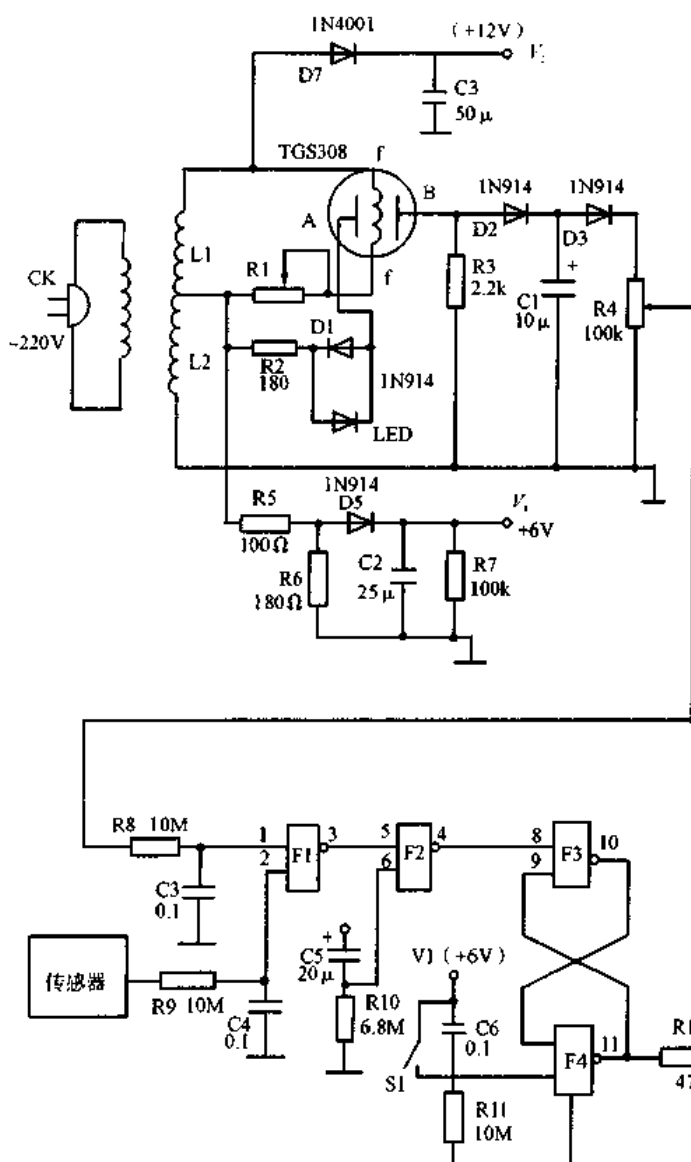
(b)

**11.8 气体/烟雾报警器** 图(a)采用 TGS202 气敏传感器构成气体烟雾报警器电路, 它能探测 CO、CO<sub>2</sub>、甲烷、煤气等多种气体。其灵敏度可达  $10 \times 10^{-6}$ 。当探测到以上气体时, 气体传感器内阻变低, 声音报警器发出报警信号。当气体消失时, 加热器将传感器内残余的气体烧尽, 传感器内阻增加, 报警器处于等待状态。初次使用的 TGS 型传感器应在无碳氢化合物的环境中预先加热 15min, 方可正式投入使用。本电路采用交流供电, 也可以采用直流供电。

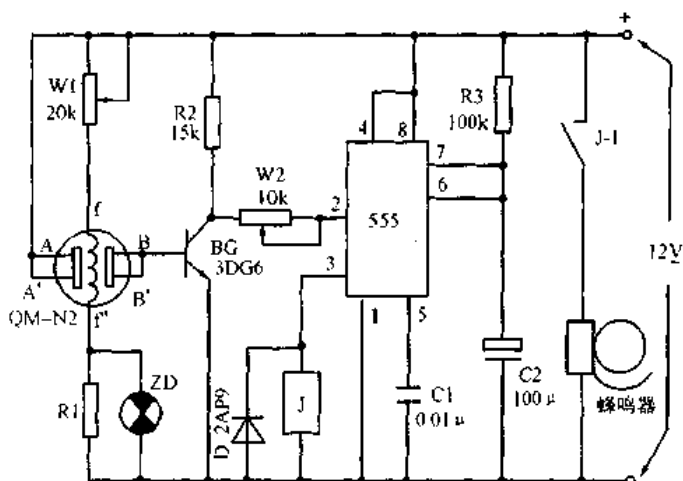
图(b)中所示的气体烟雾报警器与图 b 相似, 也是采用 TGS202 气敏传感器作为探测元件的。当有气体或烟雾存在时, 气体传感器内阻下降,  $V_A$  迅速上升, 触发单结晶体管 BG1, BG1 的输出脉冲又触发可控硅 SCR1, 使声音报警器发出音响报警信号, 积分电路 SCR1 所产生的延时, 可防止短时间微量烟雾(如抽烟时产生的烟)引起的误报警, S1 是复位开关。R5 可调节报警灵敏度。



**11.9 接触燃烧式 CO 检测电路**  $e_l$  为检测元件,  $e_l'$  为补偿用检测元件,  $e_l$ 、 $e_l'$ 、 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $W_1$  组成一个电桥, 以消除周围环境温度、电源电压等变动带来的影响。 $W_1$  用于调节传感器的输出。因为传感器的输出电压比较小, 当 CO 的浓度为  $500 \times 10^{-6}$  时, 输出电压约为 1mV, 所以运用运算放大器进行放大, 并进行信号处理。 $C_1$  用于消除噪声。为了能可靠地检测出 CO 气体, 电路中设置了恒定的清除时间。清除电压为 7.0V, 作用时间约为 18s, 清除结束后, 便进入了检测状态, 这时外加电压为 2.1V。 $W_3$  用于“清除”电压的调整,  $W_2$  用于外加电压的调整。

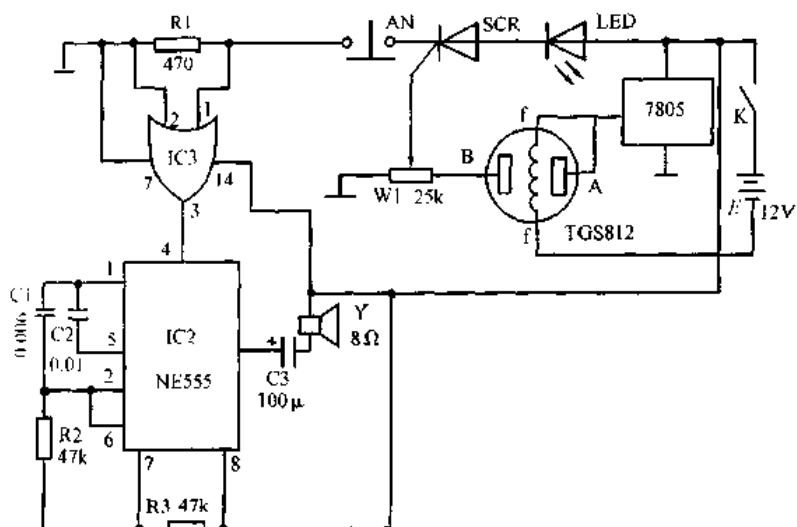
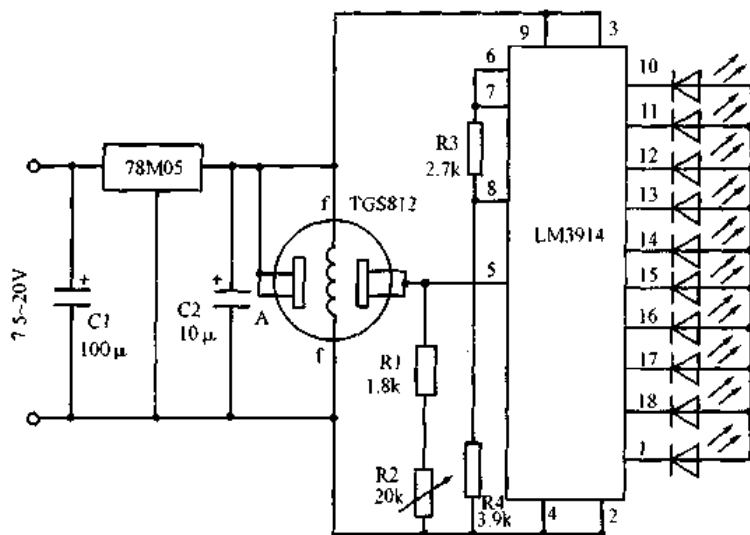
[illegible]

IV-95



**11.12 可燃性气体报警器** 本图是采用国产 QM-N2 型气敏元件构成的可燃性气体报警器的电路,它对液化石油气气罐漏气有很灵敏的报警功能,还能对挥发性蒸气的浓度进行检测,可用于汽车司机饮酒探测器。它对烟雾比较灵敏,可作为烟雾报警器或火灾预防报警器。

**11.13 简易酒精测试器** 传感器使用的是 TGS812,它对酒精有较高的灵敏度(对一氧化碳也很敏感),其加热及工作电压都是 5V,加热电流是 125mA。传感器的负载电阻为 R1 和 R2,其输出直接接 LED 显示驱动器 LM3914。当 TGS812 没有检测到酒精蒸汽时,其 A、B 两极间阻抗极高,B 极输出电压很低。当随着检测到的酒精蒸汽的浓度增加,R1 和 R2 上的输出电压上升,LM3914 的 LED 亮的数目也增加。本装置主要安装在汽车驾驶室内,防止司机酒后驾车。

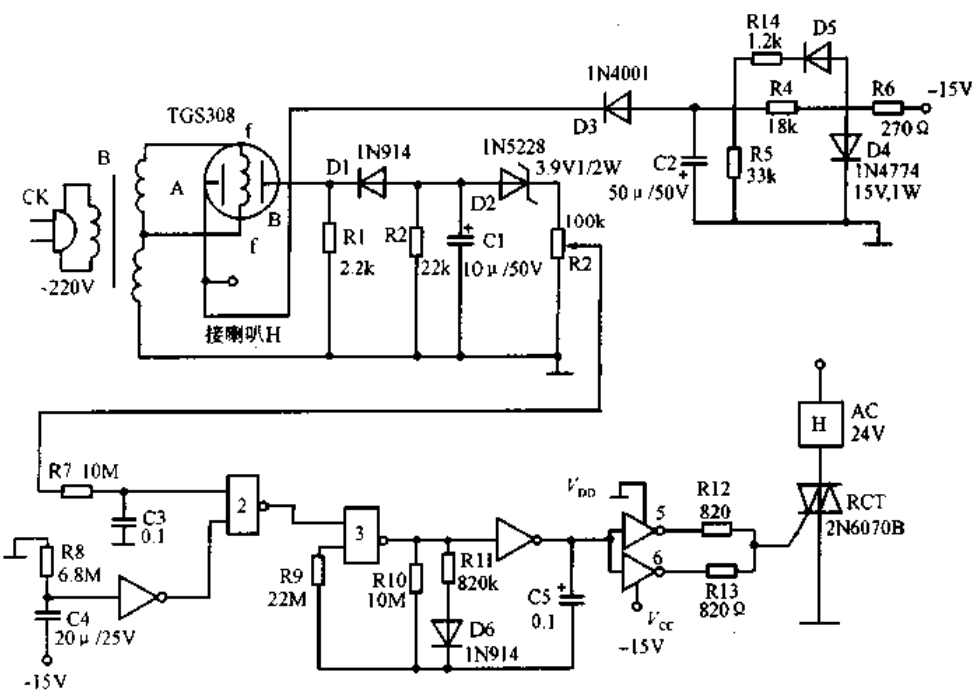
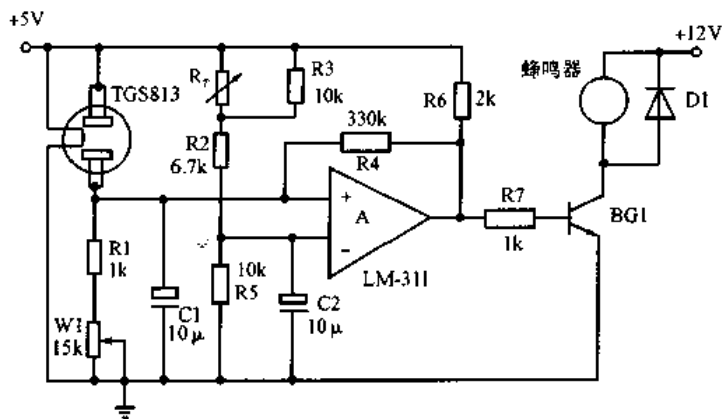


**11.14 秽气检测告知器** 本装置利用传感器 TGS812 检测环境秽气或其他有毒气体,当这些气体达到一定浓度时,开启报警器发声报警。

TGS812 是毒气敏感元件,当毒气与气敏元件接触时,TGS812 的 A、B 两极间阻值减小,B 极输出高电平,经负载电阻 W1 后,向可控硅 SCR 注入控制极电流,SCR 导通,LED 发光指示。同时 IC3 的①脚由低电平转为高电平,扬声器 Y 发出响亮的报警声,即使毒气散去,TGS812 内部电阻增大,但由于 SCR 的导通保护性,电路将持续报警,直至触动 AN 为止(AN 平时为闭合状态)。

### 11.15 具有温度补偿的气体报警器

半导体气敏器件的性能受周围环境和湿度的影响,为了补偿这种影响,一般都采用热敏电阻。图中用 TGS813 型旁热式气敏器件构成的具有温湿度补偿的气体报警电路。气敏器件与热敏电阻分别接在运算放大器 A 的同相和反相输入端。要求热敏电阻  $R_T$  的电阻温度系数与气敏器件温度系数相同或接近,当周围环境温度升高时,绝对温度升高,气敏器件的阻值将降低,此时热敏电阻阻值也降低,从而实现了补偿。



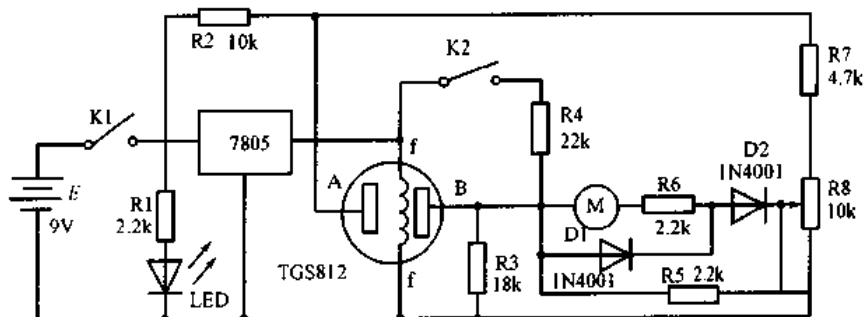
### 11.16 可燃性气体

泄漏烟雾报警器 本装置采用 Taguchi 公司生产的 TGS308 气敏元件构成断续报警的气体/烟雾探测器。既可对可燃性气体泄漏进行检测报警,也可对火灾烟雾进行报警。

电路主要调整 C4 的值使开机延迟时间与 TGS308 的预热时间相同;调整 R3,来设置泄漏气体浓度报警灵敏度;调整 C5 来获得合适的报警声的断续间隔周期。

### 11.17 秽气检测告知器

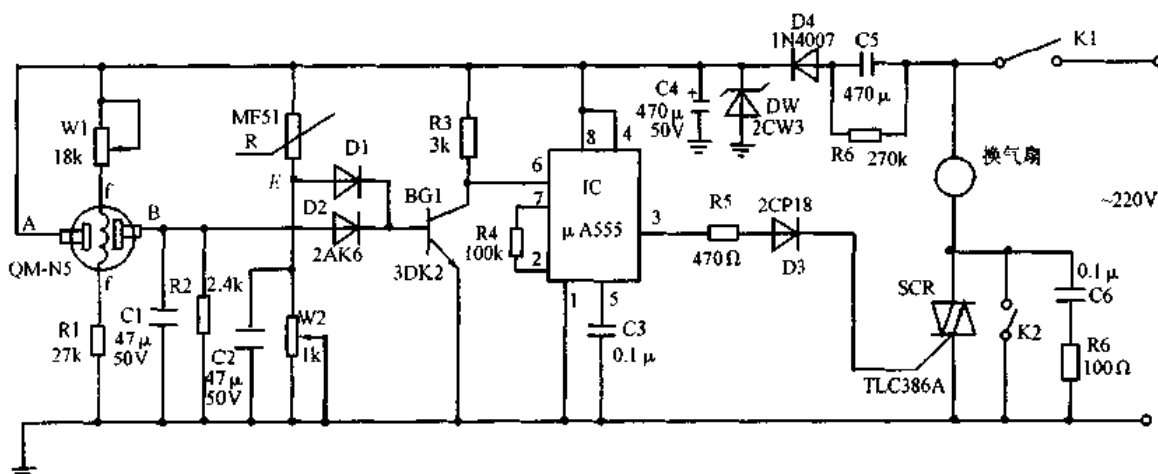
本装置利用 50mA 电流指示环境秽气(有害气体、有害蒸气的浓度),以引起人们的警觉。电路备有电池电平检验,电路工作指示等。整机电路耗电约 150mA。采用的气敏元件为 TGS812, M 为 50mA 的电流表,调节 R8 能使电桥平衡,电表没有电流流过。当 TGS812 检测到秽气后,其内部导电率将发生变化,即 A、B 电极间电阻值减少,这就使得电桥失去平衡,电流表指针偏转。并且随着秽气浓度的增加,指针偏转程度也将增大。



### 警器的排气扇

[illegible]

接收后,其 A、B 两电极间阻抗变小,于是 B 极电位上升,BG1 导通,BG2 也随之导通。继电器 J 线圈获电而吸动,JK1、JK2 均转为闭合,使扬声器 Y 发出报警声,LED1、LED2 闪光报警,排气扇工作。在安装时继电器 J 用环氧树脂密封,以免触点打火发生爆炸。



IV-98

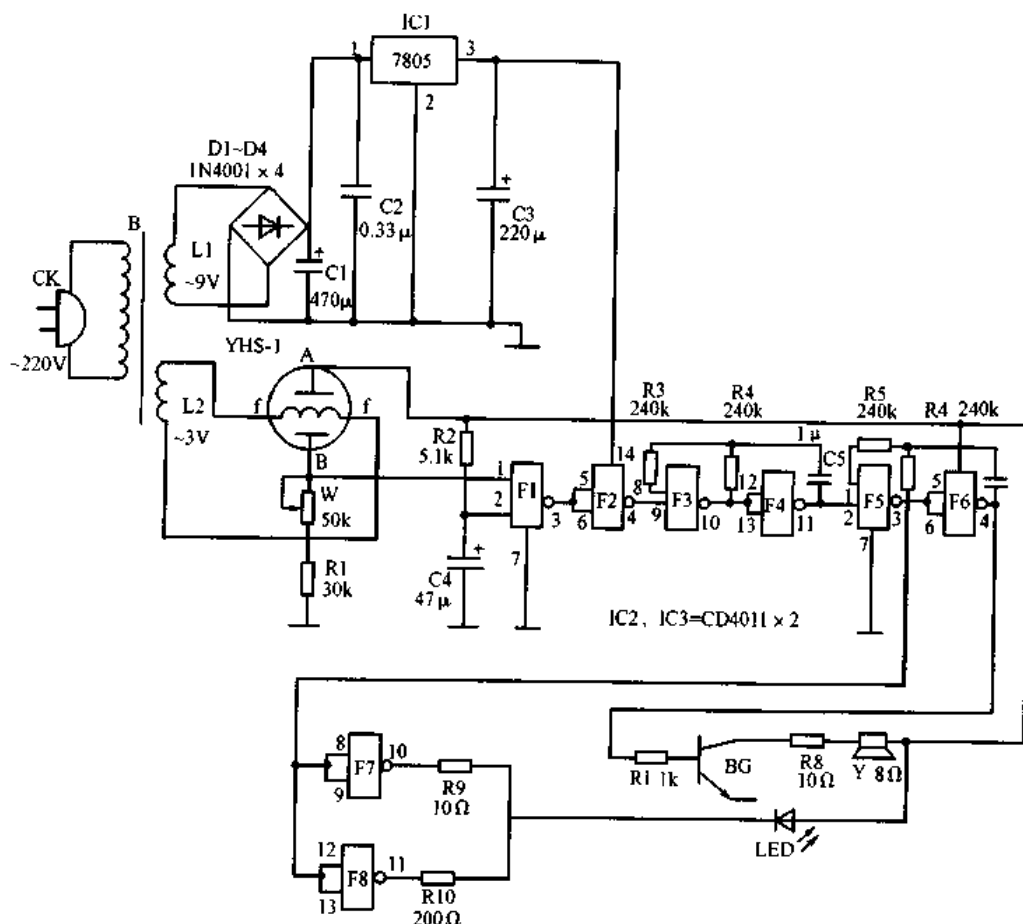
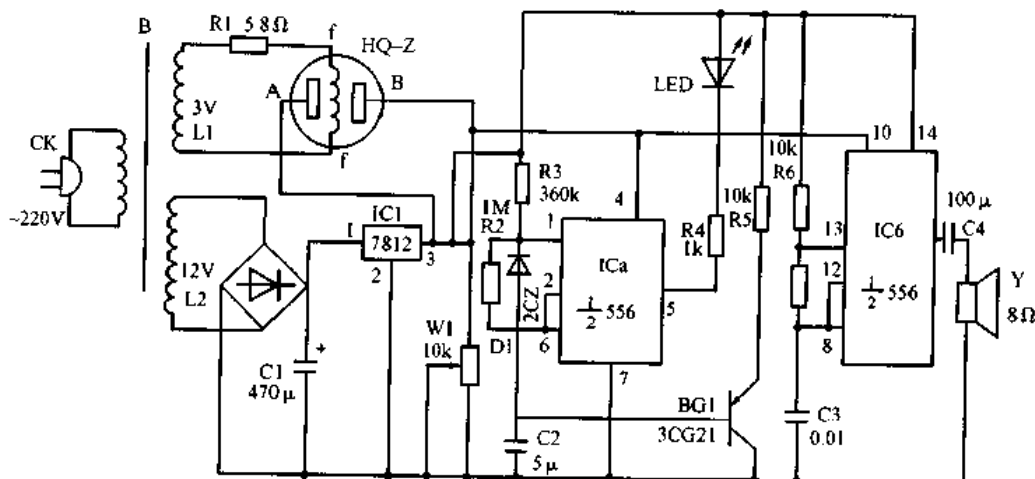
## 11.21 家庭煤

### 气泄漏报警器

本装置利用气敏元件 HQ-Z 检测泄漏气体, 当厨房中煤气 (或其他可燃性气体) 因某种原因泄漏到一定程度时, 电路发出声光报警。

HQ-Z 型为半

导体气敏元件, 电路由电源部分、火警发声部分组成。3V 交流电压经 R1 限流给 HQ-Z 加热丝 (f-f) 加热工作; 12V 直流电压供报警电路工作。若 HQ-Z 没遇到煤气等, 其 B 极电位很低, 低于双时基电路 556 的复位电压, 因此 556 不工作, 电路不报警。一旦家中煤气泄漏达一定程度, HQ-Z 两极间阻值越来越低, B 极输出电位便越来越高, 当高于  $8V (12V \times 2/3 = 8V)$  时, 556 及外围元件构成的是类似火警发声电路。



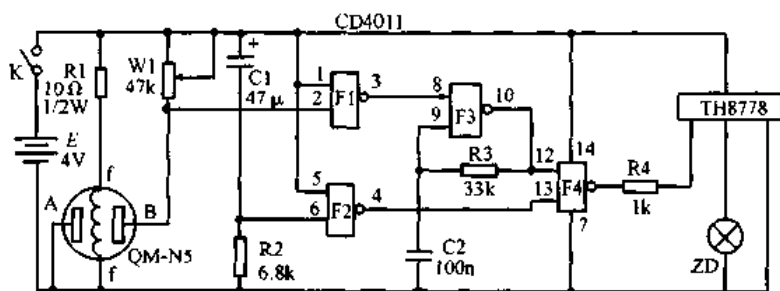
## 11.22 可燃性

### 气体泄漏报警器

本装置利用气敏元件 YHS-1 型作为气敏传感器, 由于它的阻值随被测气体浓度变化较大, 所以可以直接与 CMOS 数字电路连接, 构成一个实用的煤气、液化石油气、天然气等可燃性气体泄漏报警器。

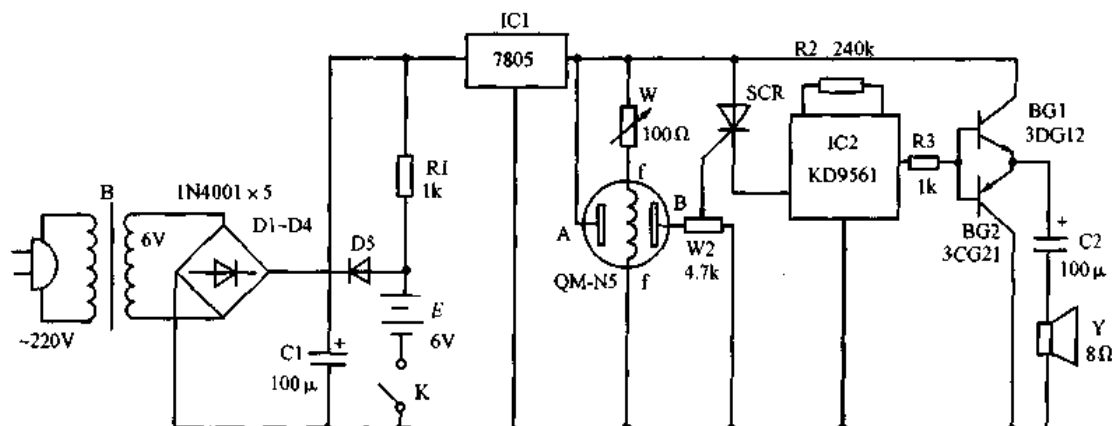
5V 直流电压供 CMOS 数字电路工作, 当可燃性气体泄漏, 被 YHS-1 检测到时, A、B 两极间由于材料的导

电率急剧增大, 而阻抗变得较小, 在其负载电阻上将输出 2.5V 以上的电压, 使 F1 翻转, F2 输出高电平。由于 YHS-1 与其他半导体气敏元件一样有一个工作初始状态稳定的过程, 为了防止开机误报警, 从而设置 R2、C4 延时电路, 延时时间为几分钟即可。



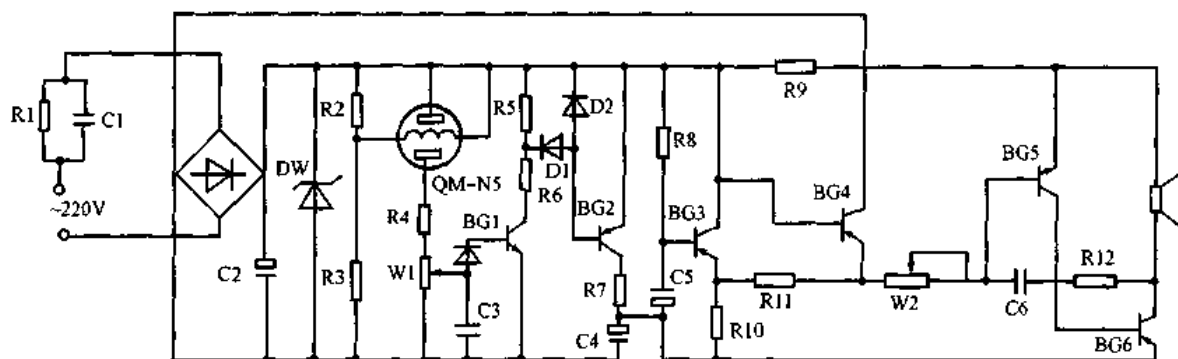
**11.23 矿灯瓦斯报警器** 本图也是利用气敏元件 QM-N5 制作的矿灯瓦斯报警器电路。它具有更小巧、更廉价的优点,而功能效果一样。全电路仅由两块集成电路 CD4011 及 TH8778 等构成。一旦 QM-N5 检测到一定浓度的瓦斯气体,则 A、B 间阻值下降,启动振荡器工作,F3 不断输出高、低电平的矩形波,通过 F4 后,TH8778 不断地导通——截止——导通,则 ZD 闪烁,以示警告。电路主要调节 C1、R2 的值使开机延迟时间与 QM-N5 的预热时间一样,调节 W1 可改变 ZD 闪烁的频率。

动振荡器工作,F3 不断输出高、低电平的矩形波,通过 F4 后,TH8778 不断地导通——截止——导通,则 ZD 闪烁,以示警告。电路主要调节 C1、R2 的值使开机延迟时间与 QM-N5 的预热时间一样,调节 W1 可改变 ZD 闪烁的频率。



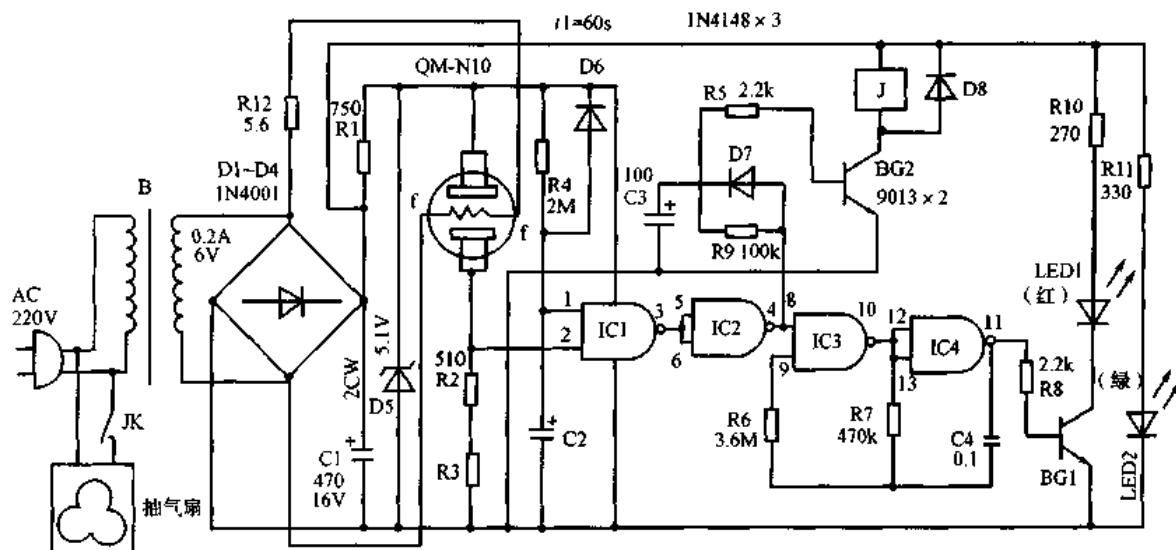
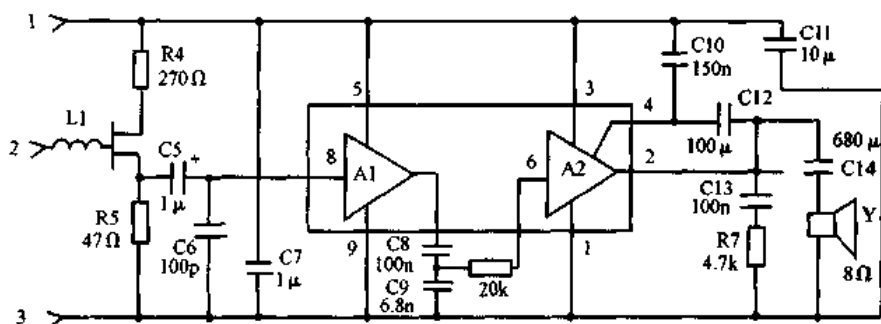
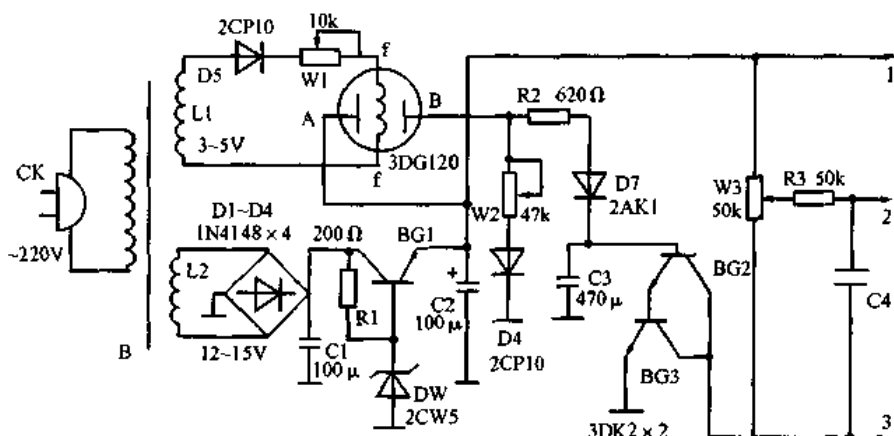
**11.24 家庭煤气泄漏报警器** 电路的气敏元件用 QM-N5 半导体型。电路一般采用交流供电。一旦电网停电,D5 导通,电池 E 通过 D5 自动向电路供电,从而实现交直流供电自动转换。

IC1 输出的 5V 电压通过 W 向 QM-N5 的加热丝(f-f)供电,使气敏元件预热。预热完毕后,一旦厨房煤气泄漏达一定程度,使 QM-N5 的 A、B 两电极阻抗下降,则 B 极电位升高,通过 SCR 的控制极电流足够触发 SCR 导通,则 IC2 获得工作电压,开始振荡,输出音频信号通过 BG1、BG2 构成的互补功率放大后推动扬声器 Y 发出报警声。

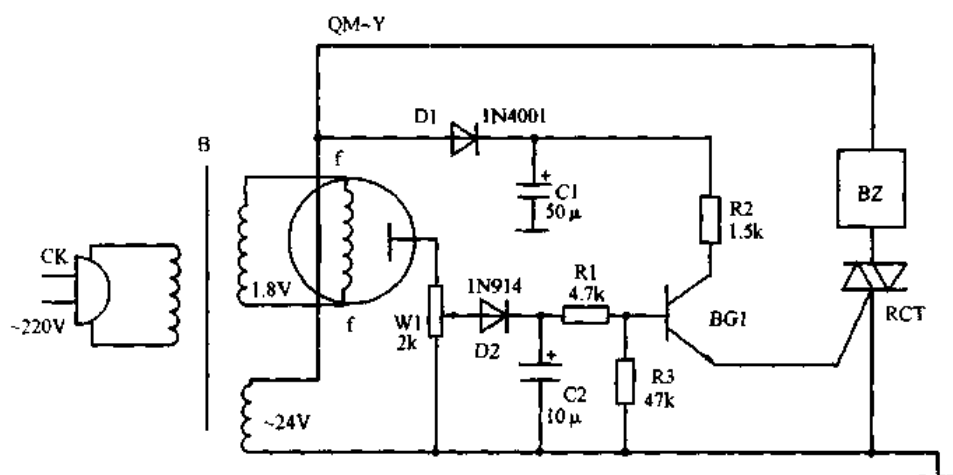


**11.25 家用气体报警器** 图中是 QM-N5 型气敏半导体元件作气电转换器的家用气体报警器电路。该电路电源是由 220V 交流电压变换后,输出 6V 直流电压。该电压一方面给 QM-N5 型气敏器件加热丝供电,另一方面供给晶体管 BG1、BG2 组成的开关电路和 BG3~BG6 组成的报警声响电路。适当选择 R3 可使 QM-N5 型气敏元件获得最佳的加热电压值。当气敏器件接触可燃性气体且气体浓度达到报警点浓度时,QM-N5 型气敏器件的阻值降低,电位器 W1 两端电压升高,使 BG1 由截止状态转为导通状态。R5 两端电压升高又使 BG2 导通,经 R7 输出直流电压给报警声响电路,发出报警声响。

**性气体泄漏报警器** 采用对一氧化碳及其他可燃性气体等敏感的 QM-N5 型气敏元件。电路具有开机自动延时、温度补偿等功能,并且报警声响大。可用于大型天然气生产公司、输出站等作可燃性气体防泄漏报警器。该电路在气敏元件的负载电阻 W2 下串联了一支硅二极管 D6 (2CP10), 它把 QM-N5 测量极最低电压限制在 0.7V 左右,这一电压一般不随温度变化而漂移。以防止中心抽头移到最小端时将测量极电压对地短路。延时时间通常为几分钟,可由 R2、R3 的值调整,也称为传感器的预热时间。

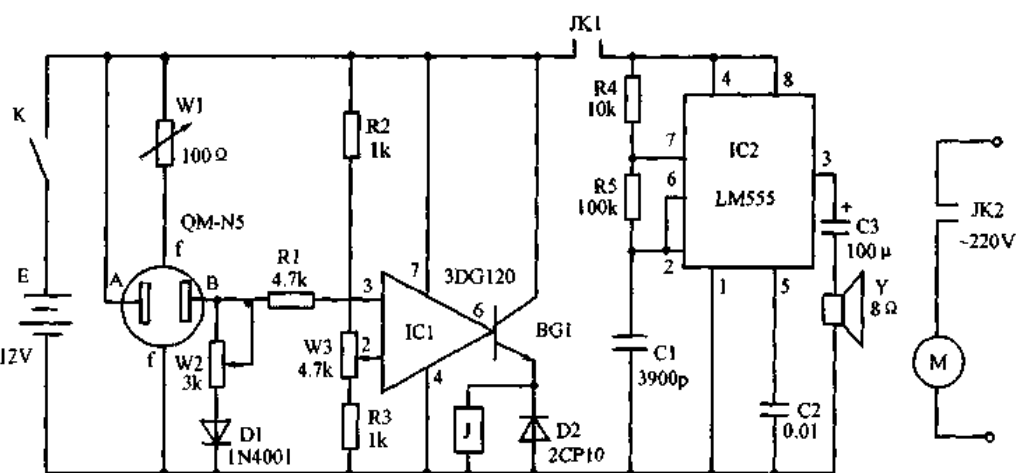


IV-101

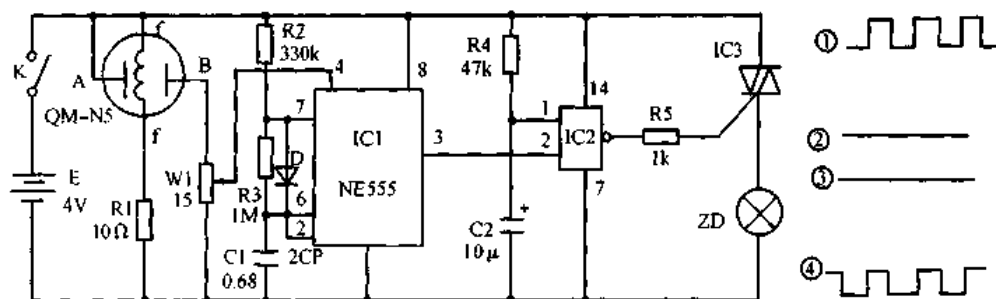


**11.28 烟雾监测报警器** QM-Y 为烟雾检测气体传感器, BZ 为 24V 交流蜂鸣器或交流电铃, 电路采用交流供电, 一旦烟雾达到设定的报警程度, BZ 发出响亮的报警声, 即使 30.5m 以外也能达到 90dB, 因此电路可作为火灾报警器。当气体消失时, 传感器导电率恢复正常, BZ 自动停止发声。

**11.29 带 QM-N5 气敏元件气控报警器的排气扇** 开机预热时间在 5min 左右。此后, 若它检测到的气体在安全范围内, 则报警电器及排气扇均不工作。一旦可燃性气体泄漏超出允许的安全



程度, QM-N5 的 A、B 两极间电阻值降低, B 极输出电位升高, 继电器 J 获电吸动, JK1、JK2 均转为闭合, 报警电路发出报警声, 同时排气扇工作。直到环境气体又下降到安全程度时, 继电器 J 又释放为止。



**11.30 矿灯瓦斯报警器** 图中瓦斯报警电路的缺点是利用矿灯熄灭作为警报, 使得工人在撤离时因无光照而很不方便。并且, 若有矿灯灯泡损坏也可

可能引起不必要的惊慌。本图示出的报警电路采用矿灯闪亮为警报则消除了以上的缺点, 电路小巧、价廉、工作可靠。并且利用无触点开关可控硅来实现矿灯的开、关。IC3 采用可控硅, 其余元件无特殊要求, 电路主要调节 W1 设置合适的报警灵敏度。

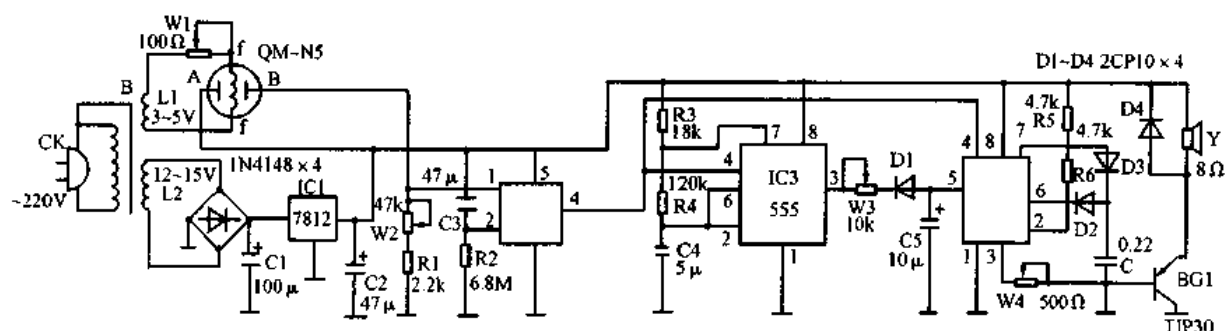
**11.31 厂用可燃性气体泄漏报警器** 装置利用气敏元件 QM-N10 检测可燃性气体, 构成一个很实用的可燃性气体泄漏报警器。电路具有开机自动

延时、温度补偿等功能, 适用于可燃性气体生产及应用厂家。

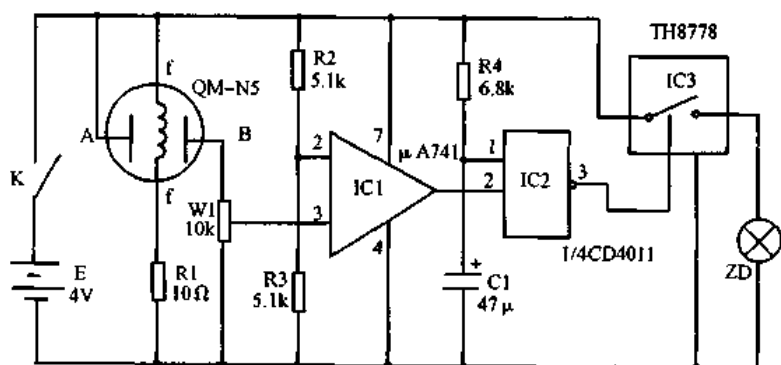
电路如图(a)所示。QM-N10 对天然气、煤气、液化石油气较敏感。其灵敏度  $5 \leq R_0/R_s \leq 8$  ( $R_0$  为该器件在清洁空气中的阻抗,  $R_s$  为器件在丁烷浓度为 0.3% 时的阻

抗)。其响应时间  $S = 10s$ , 恢复时间  $t \geq 60s$ 。为了不影响使用效果, 将 QM-N10 安装在容易接触泄漏气体的地方。电路中, IC3、IC4 均采用  $\pm 9V$  电源供电, 图(b)为将 +9V 电压变换成 -9V 电压的电源变换电路。驱动开关方式的变器 BG3、L1、D1、C2。当输入电压变化时, 或当输出负荷变化高达 40mA 时, 齐纳二极管 D2 也能稳定输出电压。

调试: (主要是对图(a)的调试) 通电后, 调节 W1, 使 QM-N10 的加热经回路电流在 150~200mA 之间。然后改变 R1、C2 的值使延时时间与 QM-N10 的预热时间相同。最后将 QM-N10 放入密封透明的气袋中, 并向袋中注入一定浓度的可燃性气体, 调节 W2 以获得合适的报警灵敏度即可。



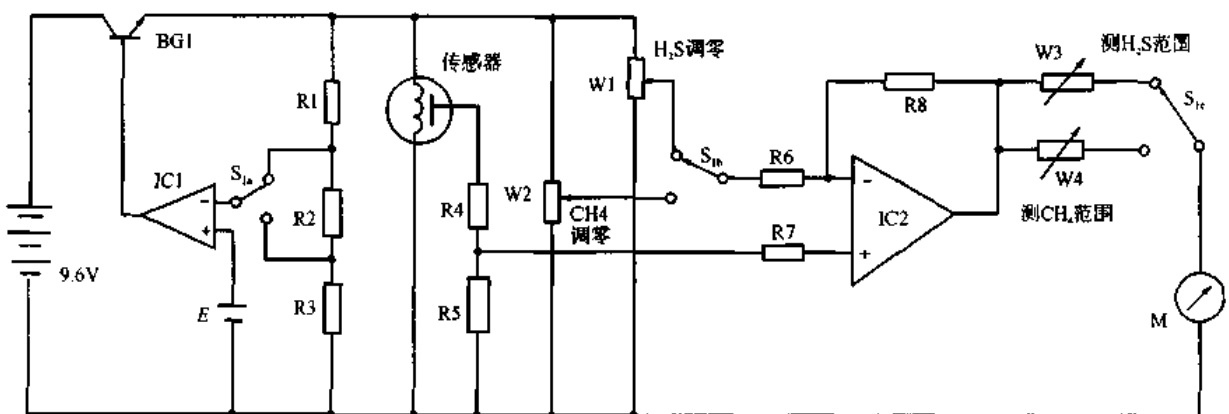
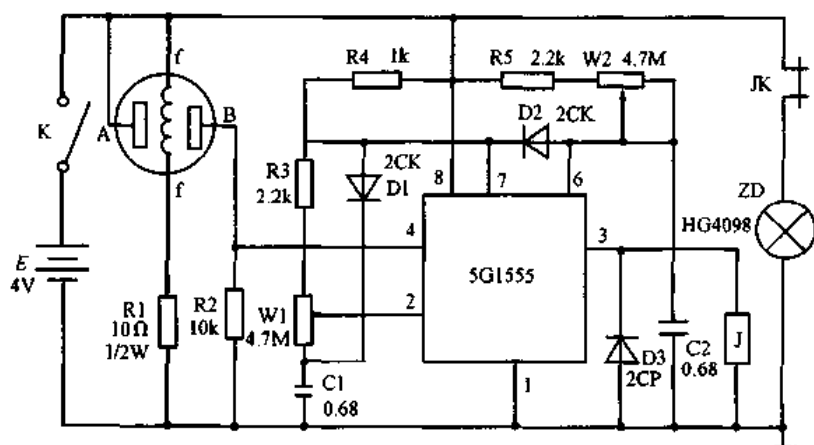
**11.32 急促报警可燃性气体泄漏报警器** 利用气敏元件 QM-N5 构成可燃性气体泄漏报警器, 具有结构新颖、开机自动延时、报警声强而紧急等特点。电路采用交流供电以防止开机误报警, 电路设计了由 IC2、C3、R2 构成的延时电子开关电路。QM-N5 在预热完后, 一旦可燃性气体泄漏到一定程度, 随着 QM-N5 导电率的增加, IC2 的①脚电位不断上升, 促使 IC2 导通, 触发音响报警电路工作。IC3、IC4 等构成 10W 自动警报警笛电路, 一旦 IC2 导通, 扬声器 Y 便发出声音。如果不用这么急促的扫频警报, 可以取掉电容 C5, Y 便只发出双音声。



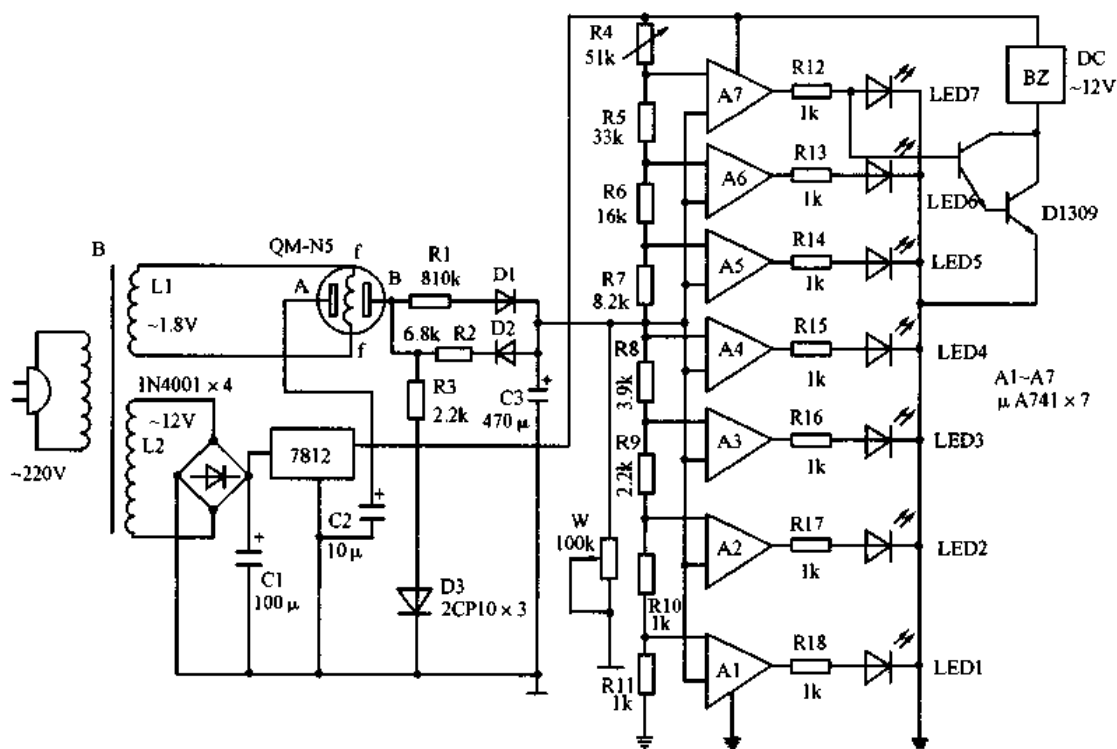
**11.33 矿灯瓦斯报警器(一)** 本装置利用矿灯电池为电源,矿灯为报警灯,气敏元件检测瓦斯,具有元件少、成本低、工人携带使用方便等特点。采用的气敏元件为 QM - N5 型。当 QM - N5 检测到一定浓度的瓦斯气体时,矿灯自动熄灭,以示警告。由于采用 TH8778 大功率开关集成电路,有高速响应的特点。即使其工作电压低到 3V,也能实现快速开、关。IC2 与 R4、C1 构成开机延时电路。

**11.34 矿灯瓦斯报警器(二)** 利用继电器控制的矿灯瓦斯报警电路,具有成本低、元器件易购、制作调试容易等优点。其缺点是没有开机自动延时,并且采用继电器控制速度慢,但对于小型煤矿还是很实用的。

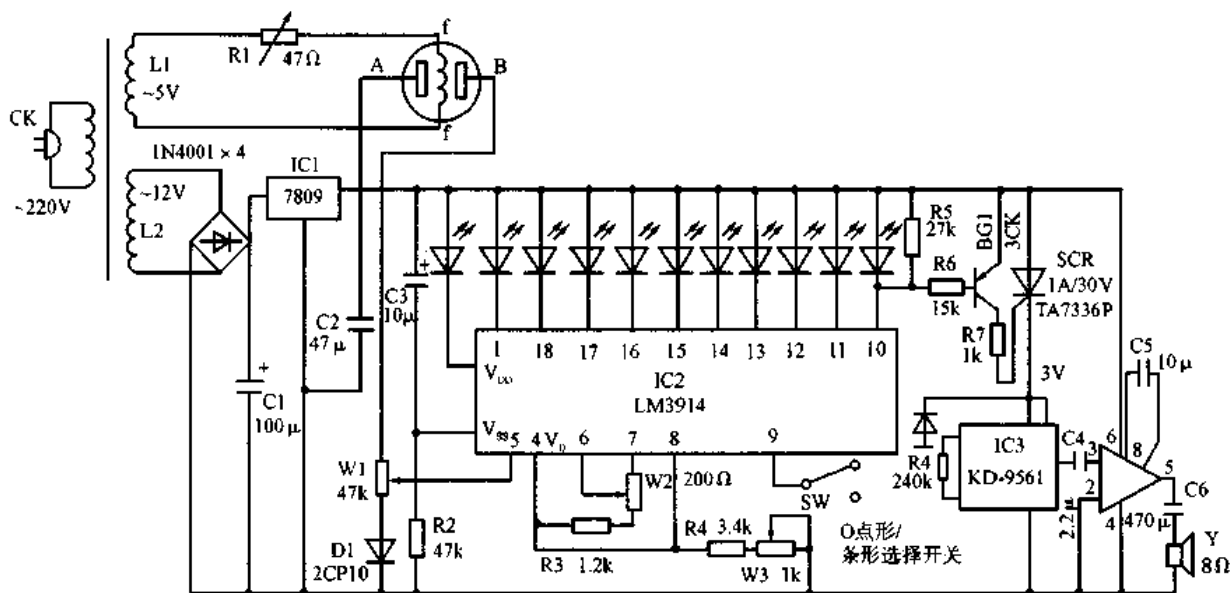
传感器没有检测到瓦斯气体,B 端电位很低,低于 1V,振荡器不工作,其③脚持续输出低电平,使 J 一直处于释放状态,常闭触点接通 ZD 正常工作。由于电路没有开机延时功能,因此,首次加电时,ZD 都会闪亮数分钟,然后再被稳定地点。



**11.35 可燃性气体、毒性气体两用检测器电路** BG1 受 IC1 控制,为传感器的加热器提供恒定电压,加热器电压因检测对象不同而不同。检测甲烷时为 2V,硫化氢时为 1.3V,这是通过  $S_{H_2}$  来进行电压调整的。当加电压为 1.3V 时,这种传感器对硫化氢很敏感,而对甲烷几乎无反应;当加热器为 2V 时,则对甲烷很敏感。W1、W2 用于检测硫化氢和甲烷时的零位调整,W3、W4 用于灵敏度调整。传感器的负载电阻为 R4、R5,从负载电阻上得到的传感器信号通过 IC2 进行放大,由仪表 M 表示出来。

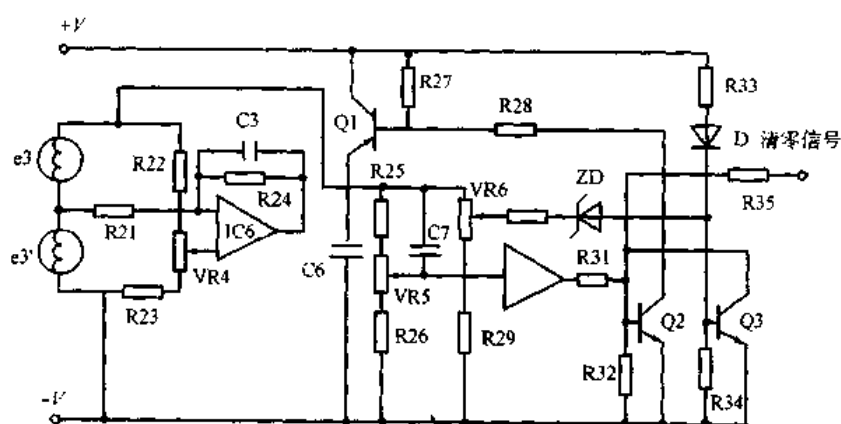


**11.36 可燃性气体泄漏程度显示报警器 (一)** 本装置利用气敏元件检测泄漏可燃性气体,对气体泄漏程度进行定量指示。电路结构紧凑、原理简单、工作可靠。气敏元件采用的是 QM—N5,LED1 ~ LED7 用作 7 级显示,当气体泄漏程度达到应采取紧急措施时,7 只 LED 均发光。同时蜂鸣器发声报警。



**11.37 可燃气体泄漏程度显示报警器 (二)** 本装置利用半导体气敏传感器 QN 系列与集成电路等一起构成可燃气体泄漏程度检测报警器。电器具有制作简单、结构紧凑、成本低等优点,可用于可燃性气体生产及使用厂家对气体泄漏及泄漏程度实现监测显示报警。

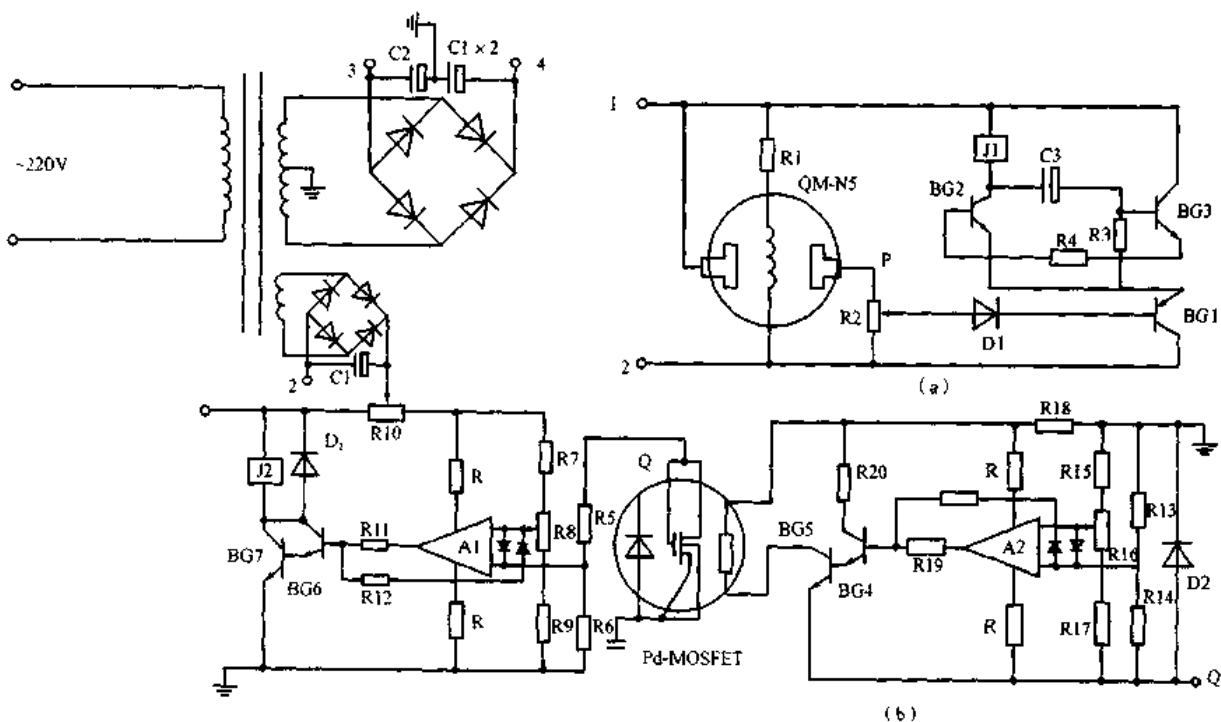
电路所有的气敏元件为 QN 型系列,它对天然气、煤气、液化石油气很敏感,且预热时间很短(小于 20s)。电路的核心为一块每刻度 10 级 LED 驱动器集成电路 LM3914,当传感器 QN 检测到泄漏气体浓度不断增大时,LED1 ~ LED10 逐只被点亮,当 LED 被全部点亮时驱动音响报警电路工作。



**11.38 一氧化碳检测电路**  
传感器可用 X-I 型 CO 气敏传感器，它是由 N 型半导体材料和两级铂丝组成，一组接触标准空气，用作温度补偿；另一组接触取样气体，当其接触 CO 气体时，电阻率发生变化，变化量通过电路输出电信号。

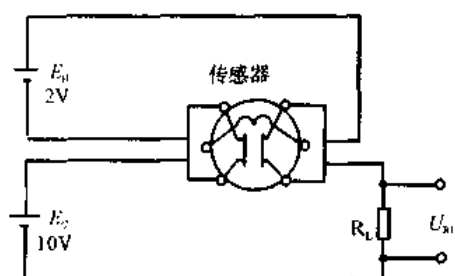
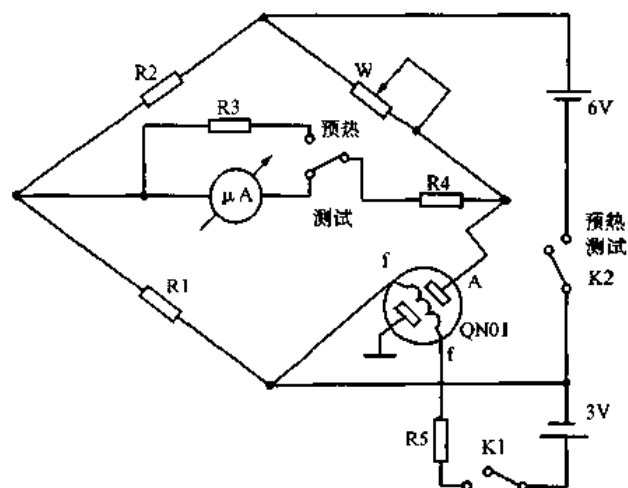
为了较稳定地检测 CO 气体，应有恒定的清除时间。清除电压为 7.0V，时间为 18s。清除

完毕后，用 2.1V 电压检测 CO 气体，CO 传感器电路的输出小，当 CO 浓度为  $500 \times 10^{-6}$  时，其输出只有 1mV，故用运算放大器放大信号。C7 是用来排除噪声的电容器，VR4 用于调整清除电压，VR5 调整外加电压，VR6 是调零电位器。

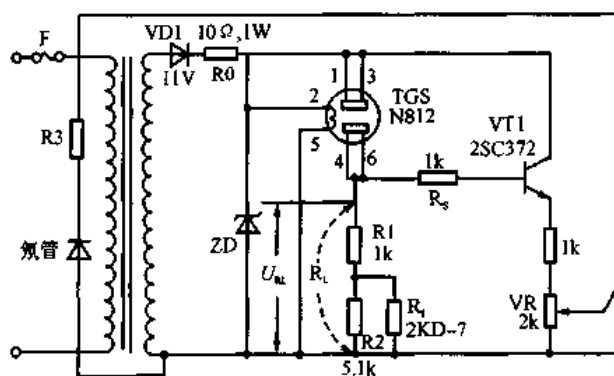


**11.39 集成化 pb-MOSFET 气敏器件在电力变压器故障预警装置中的应用** 电力变压器气体故障预警装置电路，根据变压器内部发生故障时产生气体成分特性分为二组，(a) 组电路用  $\text{SnO}_2$  气敏元件 QM-N5 作为检测头，检测变压器油枕中可燃性气体；(b) 组电路用氢敏器件 pb-MOSFET 作检测头，检测变压器油枕中因进水而产生氢气。电路中 (a) 组预警电路由国产 QM-N5 型气敏半导体器件作传感器，与电阻 R1、R2 和电源电路组成可燃性气体检测电路，(b) 组预警电路由钨栅场效应晶体管、pb-MOSFET 氢敏器件及有关电路组成。当电路中氢敏元件与变压器油枕中产生的大于规定值的氢气接触时，其漏源电压  $U_{DS}$  发生变化，这一变化量经运算放大器 A1 放大后，触发由 BG6、BG7 组成的电子开关导通，继电器 J2 动作，红色预警灯亮，并由电铃发出连续的预警信号。

**11.40 直热式  $\text{SnO}_2$  气敏电桥检测电路** 本图为直热式  $\text{SnO}_2$  气敏器件组装的一种气敏检测电桥电路。A 为测量电极，图中悬空一端接电路公共端。

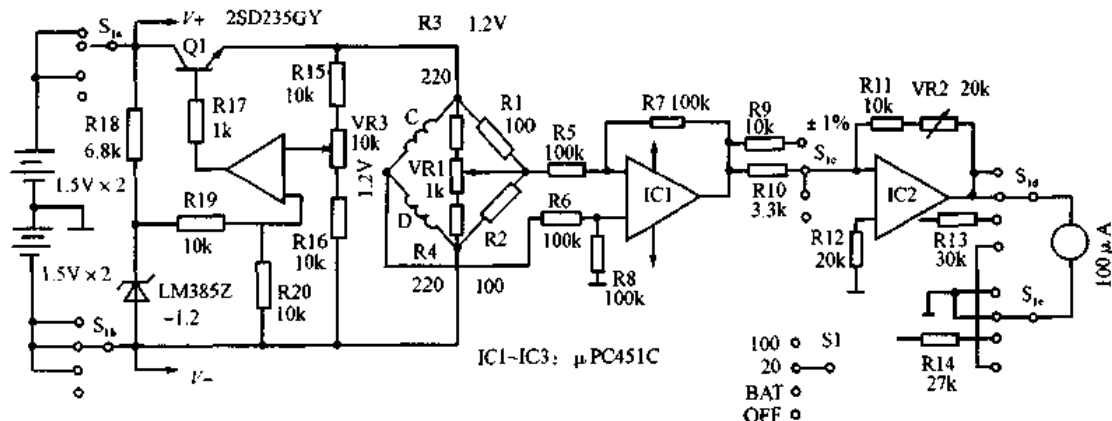


(a) 基本测试电路图

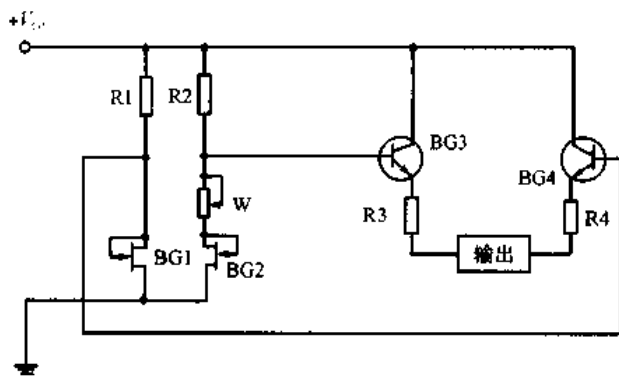


(b) 气体检漏报警器电路图

**11.41 煤气检漏报警器** 本图为  $\text{ZnO}$  气体传感器的基本测试电路和气体检漏报警器的电路。使用条件如下：  
报警范围： $800 \times 10^{-6} \sim 3000 \times 10^{-6}$   
温升时间：2min 内  
环境温度： $-10 \sim +40^\circ\text{C}$   
相对湿度：40% RH ~ 85% RH

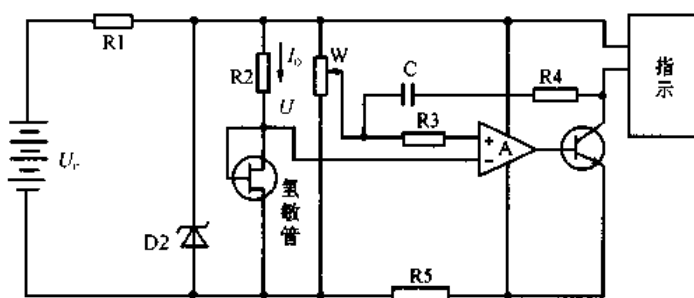
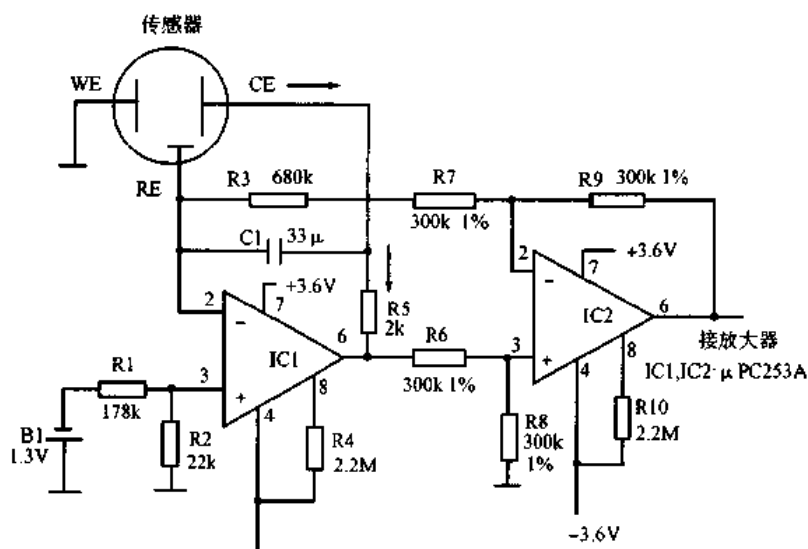


**11.42 氢气浓度计电路** 电路采用接触燃烧式气敏传感器，其中 D 代表检测元件，C 代表补偿元件，补偿元件不接触测量气体，气体浓度根据检测元件的温度变化进行检测，故要求电桥外加电压稳定性高。因为氢的热传导率比空气的大，故容易检测。电桥的稳定性有 0.1% 就足够了。



**11.43 氢气桥式测量电路** BG1、BG2、BG3、BG4 组成电桥四臂，BG1 为氢敏 pd-MOSFET 管，BG2 为基准管，都处于稳压状态。BG3、BG4 为一对射随器，二射极为桥的差值输出电路，当桥平衡时，调整 BG2 的漏极电阻在 BG3、BG4 二射极输出为 0V。当有氢气时，电桥有输出，接至常规指示仪表，或报警电路，即可探测出氢气。

**11.44 气体浓度检测电路** 加在传感器上的定电位称为“给定电位”，当传感器检测到气体并产生电流时，“给定电位”会发生变化，“给定电位”一变化，电极的电解反应就不稳定，从而导致传感器的输出不稳定。为了解决上述问题，在传感器中设置一个没有电解电流的第三电极，通过控制，使作用电极和参考电极之间的电位保持一定，从而使作用电极和对应电极之间的电位保持一定。这种电路称为“定电位仪电路”。本图为定电位仪电路和电流检测电路的实例。

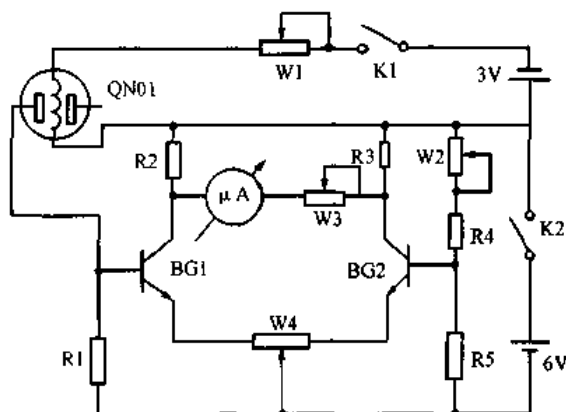
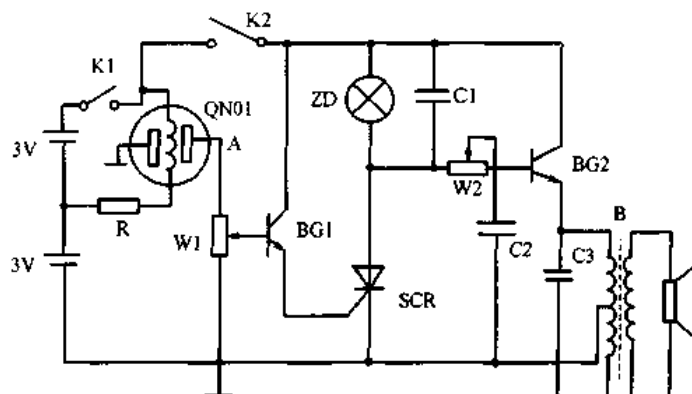


**11.45 pb-MOSFET 氢敏传感器检测氢气浓度基本电路** pb-MOSFET 是一种性能比较理想的氢敏器件。它对在空气中氢含量在 4% 以内时，具有较好的线性，可以定量检测氢。这种氢敏器件对氢气的测量原理在于 pb-MOSFET 的阈值电压随着环境气氛中氢含量的大小有变化。因此，通过测量阈值电压的变化，就可测得气氛中氢含量。图中气敏器件为 pb-MOSFET 氢敏器件，栅极和漏极短接，如源漏极间加电压  $U_{DS}$  则有漏极电流  $I_D$ ， $I_D = \beta(U_{DS} - U_T)^2$ ，当保持电流  $I_D$  为常数时，必然有  $\Delta U_{DS} = \Delta U_T$  的关系。所以，通过测量的  $U_{DS}$  变化量就可以得到阈值电压  $U_T$  的变化量  $\Delta U_T$ ，根据预先作好的氢气浓度与  $\Delta U_T$  关系的标准曲线，就可求出氢气浓度。

从另一方面看，连接在有源电路中的这种 pd-MOSFET 又可看成一只阻值可变的非线性动态电阻，其阻值随氢含量的增加而减少。基于这一点，我们可以采用同  $\text{SnO}_2$  气敏器件一样的处理方法设计应用电路，即这种氢敏器件作为测量臂，组成典型的桥式测量电路，或者以其作为测量段，组成分压器式测量电路，再配以相应的阻抗转换电路和放大电路，设计相应形式的测氢电路。

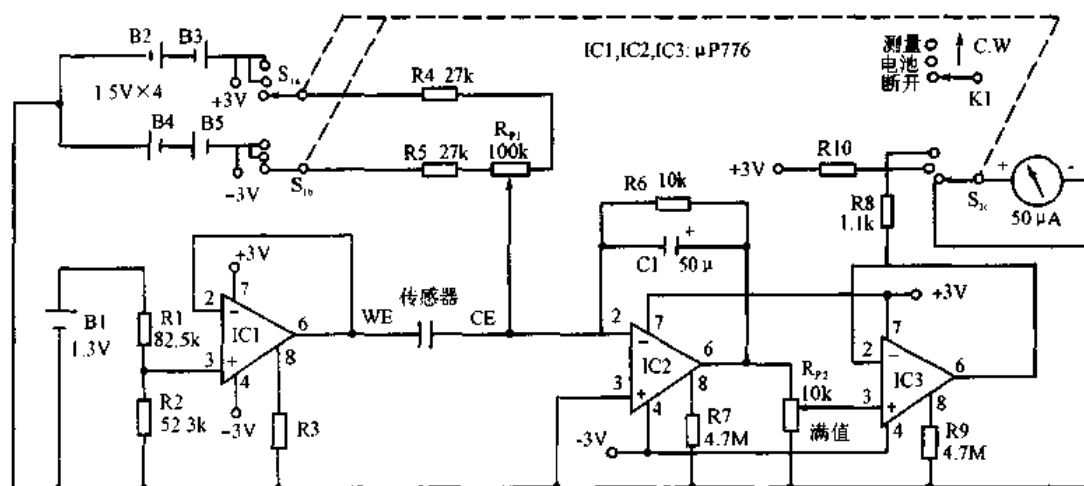
#### 11.46 $\text{SnO}_2$ 气敏器件检漏报警电路

通常气敏元件在预热阶段,应将开关 K2 断开。一般说来,气敏元件加热丝 f-f 通电预热 10min 后,才合上 K2,此时如果气敏元件接触到可燃性气体, f-f 与 A 级之间的阻值就会下降, A 端对地电位就会升高, BG1 导通,晶闸管 SCR 导通,报警指示灯 ZD 亮。在 SCR 导通的瞬间,由 BG2、B 及 C2、C3、W2 等元件组成的音频振荡器开始工作,喇叭便发出警报声。若要解除报警声,只须关断 K2 即可。如需停止工作,关断电源开关 K1 即可。

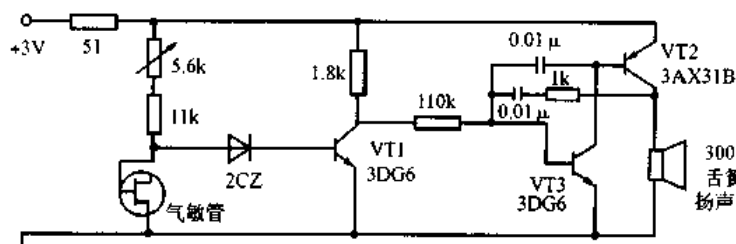


11.47 差动式可燃性气体检测应用电路 将  $\text{SnO}_2$  气敏元件置于可燃性气体后,传感器内阻阻值发生变化, BG1 基极电位也相应发生变化,差分电路工作时,接在输出端的微安表便有电流通过,而且通过电流的大小与被测可燃性气体的浓度成正比。倘若在表盘刻度上标注相应的气体浓度,则可用来检测可燃性气体。

在此电路中,要求 BG1、BG2 参数一致,最好选用差分对管。W1 宜用功率大于 1W 的线绕电位器。电阻宜采用温度系数好的金属膜电阻。



11.48 采用双电极传感器的便携式一氧化碳检测电路 本图为采用双电极传感器的便携式一氧化碳检测电路,其检测范围为  $0 \times 10^{-6} \sim 100 \times 10^{-6}$ 。但是通过对传感器电极材料和“给定电位”的精心选择,也能用来检测多种其他有害气体。但是由于传感器对各种气体的响应特性不一样,所以根据检测气体确定传感器的种类,并设计相应的电路乃是制造良好仪器的关键。

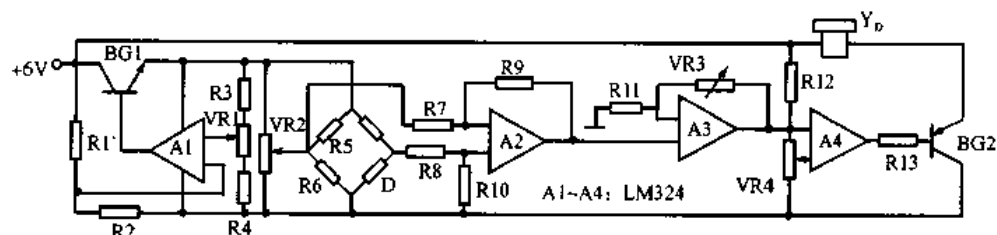


**11.49 氢气检测仪电路** 图中 VT2 和 VT3 构成振荡器推动扬声器发声, VT1 的集电极电压控制振荡器的工作。只有当 VT1 截止, 其集电极为高电平时振荡器才工作, 发出警报。气敏管和上面的两只电阻构成分压器。气敏管的阈值电压

较高, 它相当于一只大电阻, 分压值大于 1.4V, 所以 VT1 导通, 后面的振荡器不工作。当氢气浓度超过额定值时, 则气敏管阈值电压降低, 呈低阻状态分压值降低, VT1 截止, 振荡器工作, 并发出警报。可以用与气敏管串联的电位器来调节分压比, 以便设定要求报警的氢气浓度的临界值。便携式氢气探测器电路的工作电压为 3V, 设定静态电流为 1.5mA, 平均功耗小于 5mW。

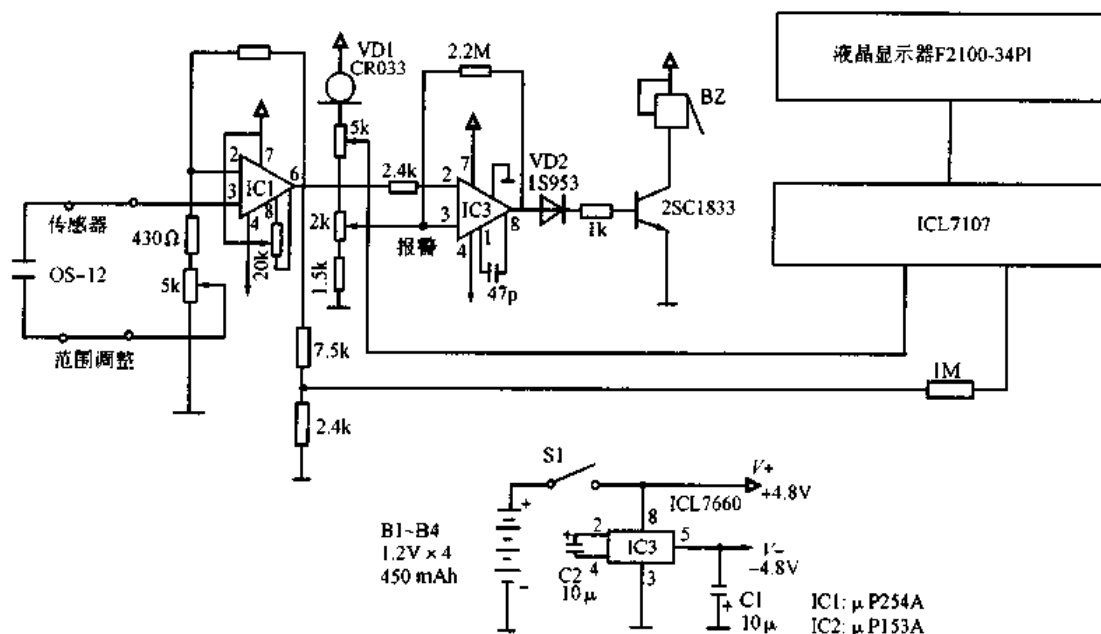
### 11.50 电池供电

**的可燃性气体泄漏报警器** 本装置利用的传感器为 UL-267 或 UL-284 接触燃烧式气

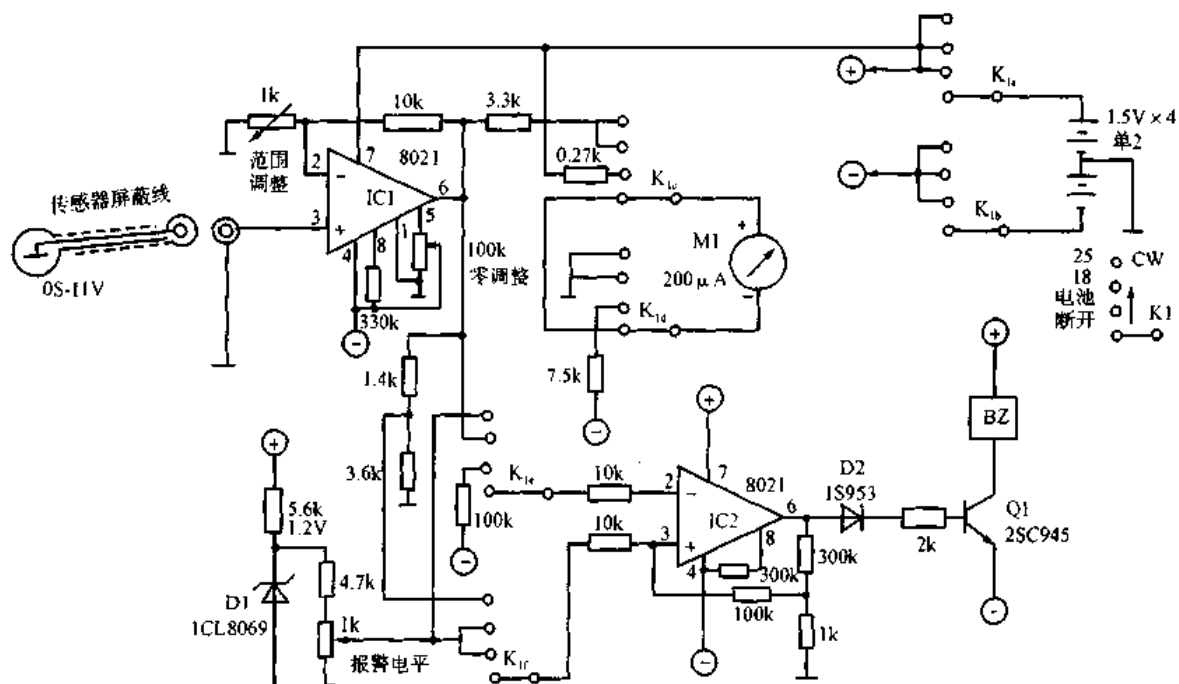


敏传感器, 与一块四运算放大器 LM324 等一起构成了一个较实用的可燃性气体泄漏报警器。

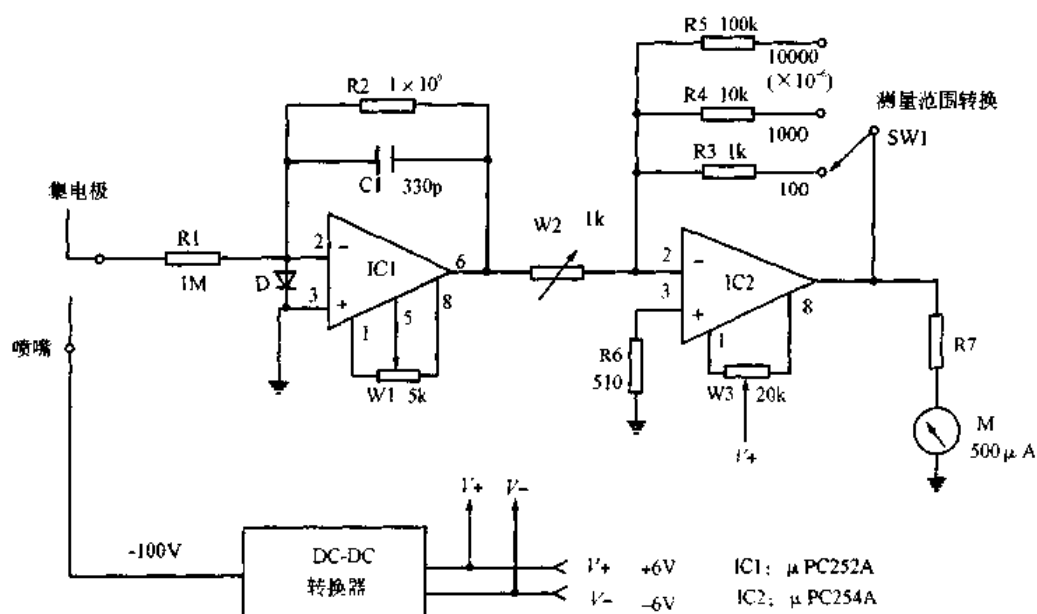
电路采用 6V 直流蓄电池供电。调整 VR1 可输出 1.75V 电压, 供传感器电桥工作电压。调节 VR2 使传感器在洁净空气中, 电桥输出为 0V。传感器接触到一定浓度可燃性气体, 其阻值将发生较大变化, 使电桥失去平衡, 输出电压送入 A2, A3 中进行增益放大, 放大倍数由 VR3 调节。输出的放大信号与 A4 同相端的基准电压比较, 因此调 VR4 可设置不同的基准电压, 也就是设置不同浓度的报警阈值。



**11.51 便携式缺氧监视电路** 检测氧气的传感器是一种伽伐尼电池式氧传感器, 这种传感器在 0% ~ 100% 的氧气浓度范围中具有线性输出特性。传感器的输出送入 A/D 转换器, 并用数字来显示氧气的浓度。这种缺氧监视器电路由 3 个液晶显示器组成的氧浓度显示电路和氧浓度低于 18% 时报警的蜂鸣器电路构成。

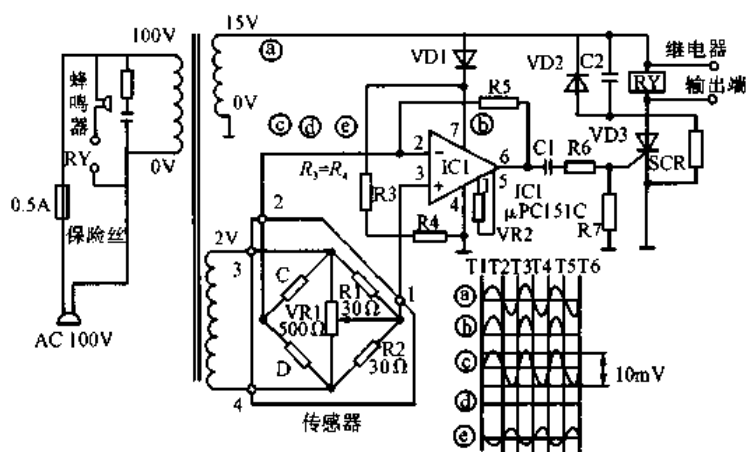


**11.52 医用氧气计电路** 医院里进行手术时使用的麻醉气体是一氧化二氮、氟烷和乙醚等气体混合物。麻醉时氧气不足会使病人窒息，所以必须配以适当的氧气计。电路中氧气浓度的检测采用隔膜伽伐尼电池式传感器，它必须不受所用麻醉气体的干扰。氧气计的模拟表头能够指示 0% ~ 100% 的氧气浓度，通过转换开关设定在氧气浓度不足或氧气浓度过剩两种情况下报警。



**11.53 氢焰离子化传感器及气体色谱仪实用电路** 氢焰离子化传感器 FID 具有很高的灵敏度，而且稳定性好，所以常用于气体色谱检测中。

首先把燃料氢气和助燃剂空气送入喷嘴，在点火电极上加上电压使其在点火电极形成氢焰。如果从试样入口处把甲烷等碳氢化合物送入喷嘴，则试样气体在氢焰中燃烧，部分分子将会热分解成为碳原子团。这种碳发射出热电子而成为离子。在喷嘴和电极之间加上电压时，所产生的离子在电场作用下发生漂移，在喷嘴和集电极之间形成离子电流。由于所产生的离子电流的大小与试样气体的浓度成正比，所以测量离子电流，就能知道试样气体的浓度。

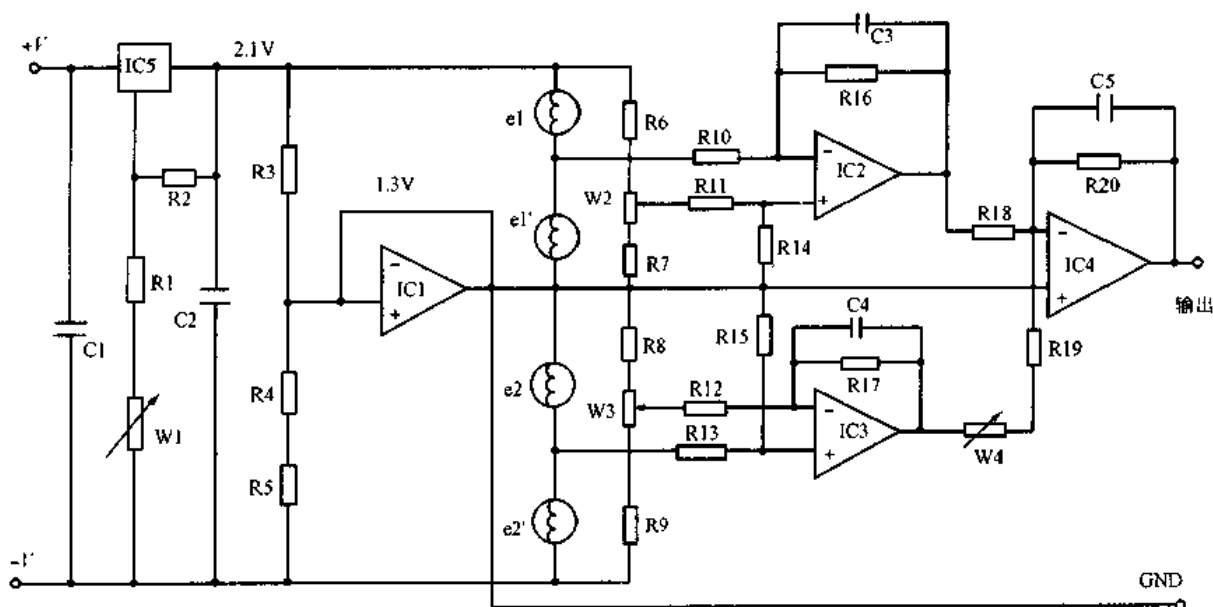


**11.54 家用气体检漏报警器** 当空气中的液化气浓度达到  $1500 \times 10^{-6}$ ，蜂鸣器就发出警报，报告有气体泄漏。

因液化石油气的浓度为  $1500 \times 10^{-6}$  时，传感器的输出电压约为 10mV，故把气体浓度为零时传感器的输出电压设为 -10mV，当气体浓度为  $1500 \times 10^{-6}$  时传感器的输出电压就为 0V。

当气体的浓度超过或低于  $1500 \times 10^{-6}$  时，传感器输出电压相位发生变化，控制蜂鸣器报警。C2 的作用是在 SCR 的无源周期 T2、T4……内，防止继电器复位。

由于这种报警器是把 IC1 作为相位检测器使用的，所以可由调节传感器的电位器来选定蜂鸣器报警的气体浓度。因此这种传感器的互换性好。



**11.55 CO<sub>2</sub> 气体传感器检测电路** CO<sub>2</sub> 气体传感器是根据不同气体热传导率不同的特点而制作的导热式气体传感器。传感器的结构相当简单，它由两对铂丝线圈组成，将其中的一对线圈封入标准空气中，作温度补偿用，另一对线圈则与被测气体接触。

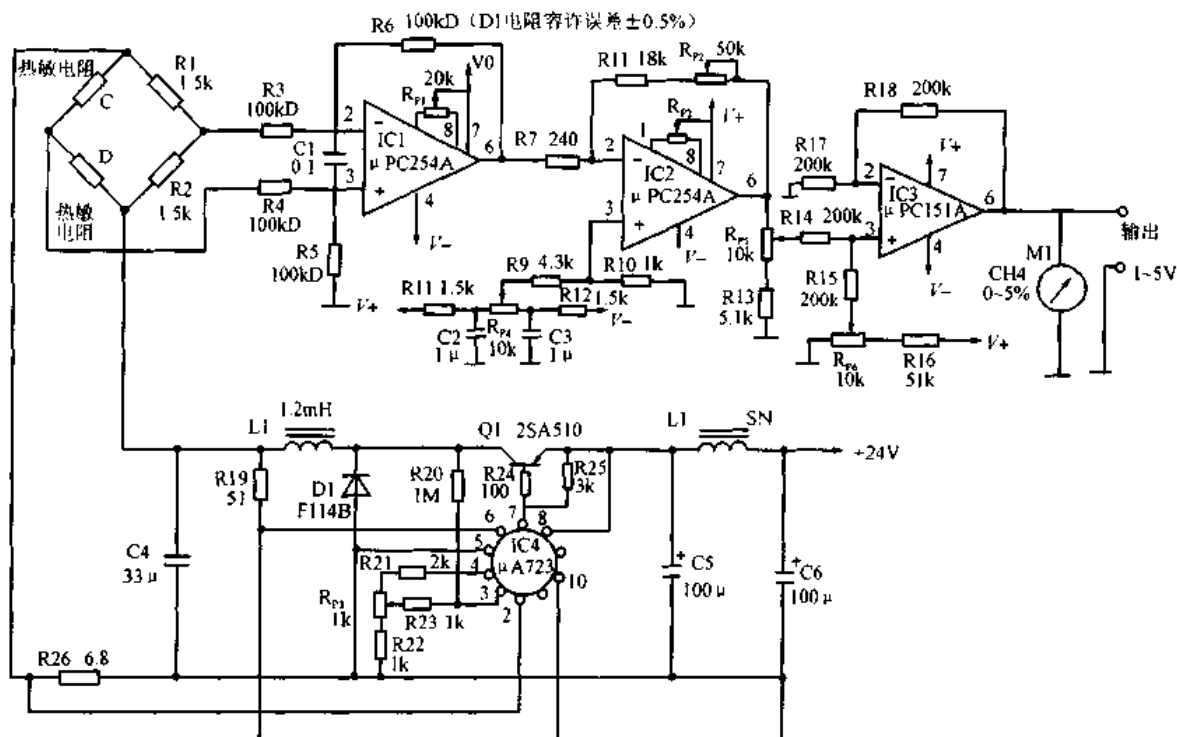
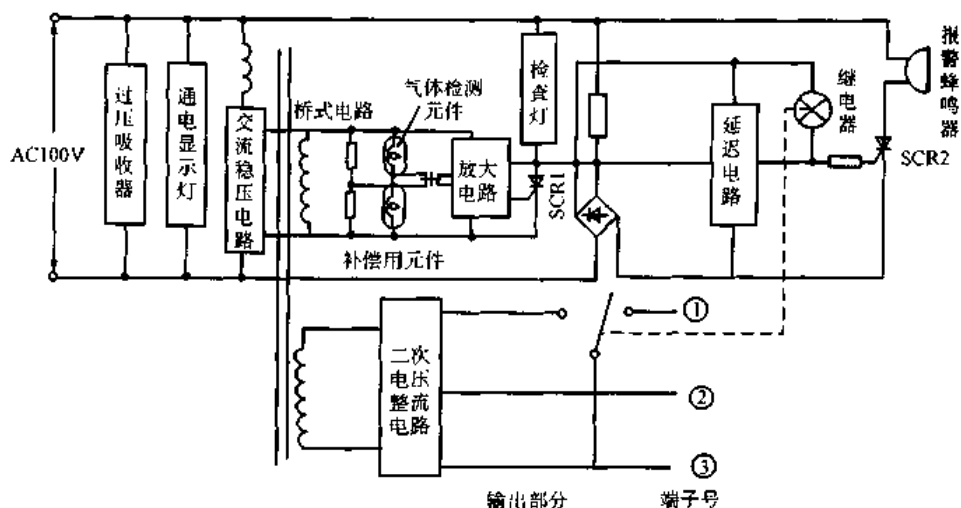
这种传感器阻抗较低，电压变动会引起特性变化，因此，使用了稳压集成块和稳压电路。这个电路由于同时还检测到水蒸气和 CO<sub>2</sub> 以外的其他气体，而不能获得真正的 CO<sub>2</sub> 信号，所以要对两个传感器施加不同的电压，并取出两者输出之差值，以此抵消由 CO<sub>2</sub> 以外的气体产生的输出。在本电路中，两个传感器串联连接，分别施加了 0.8V 和 1.3V 的电压。其输出经由运算放大器放大，并作相减运算，从而获得真正的 CO<sub>2</sub> 的信号。在这种放大电路中，传感器的输出很小，当 CO<sub>2</sub> 浓度为 10% 时，输出大约为 3mV，所以很容易受噪声影响，因此要注意线路的设计和器件的选择。C3、C4、C5 用于消除噪声，W1 用于调整电压，W2、W3 用于将传感器在空气中的输出调整到零，而 W4 则用于调节两运算放大器的放大率。

### 11.56 城市煤气报警器

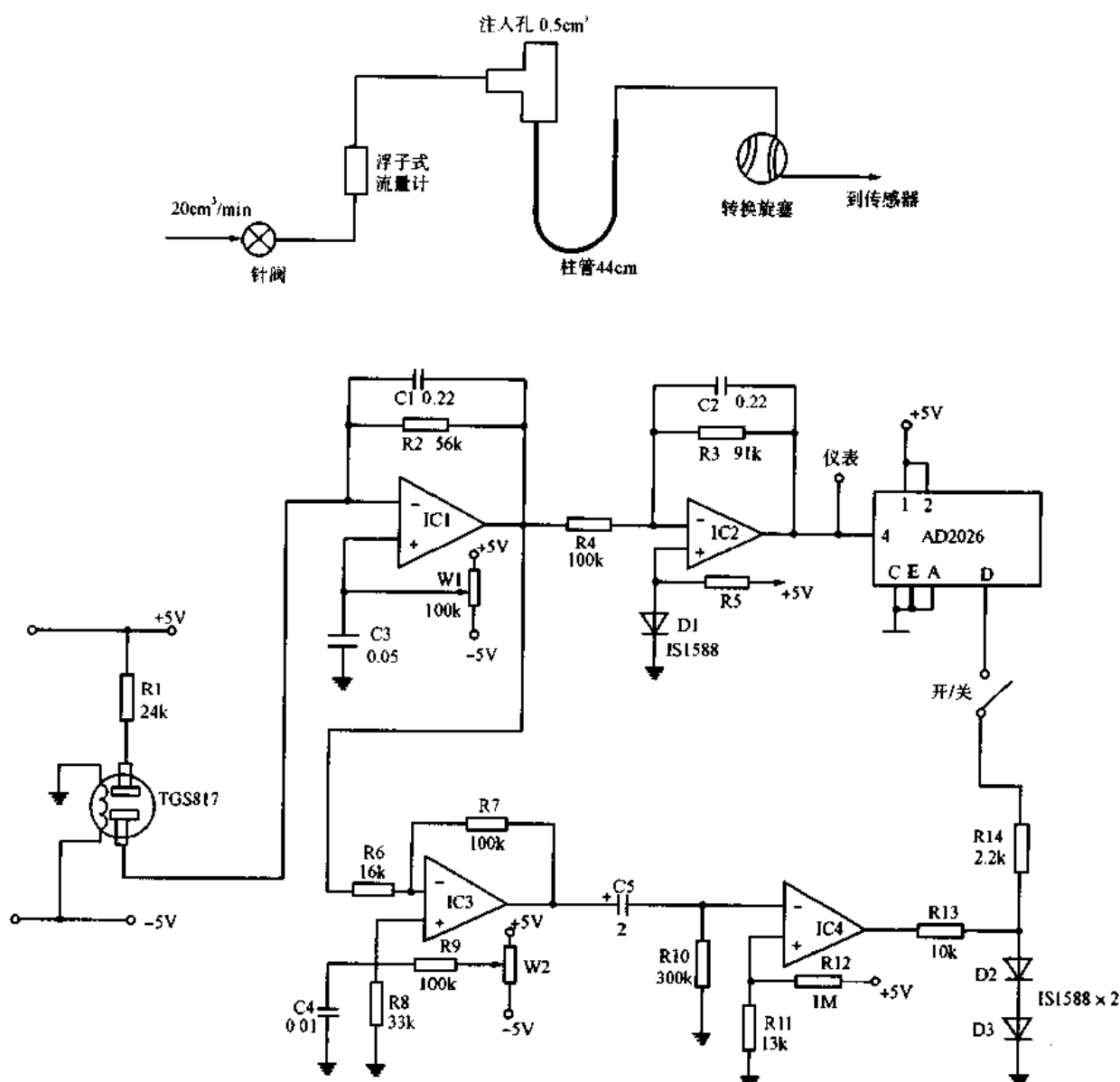
本图为使用接触燃烧型气体传感器的城市煤气报警器的方框图。电源变压器的初级线圈与稳压电路串联。通过该稳压电路的作用，次级一侧的气体检测元件、补偿元件和电阻组成的桥式电路和放大电路的电压保持稳定。

该电路由放大电路、

晶闸管 SCR1 驱动的检查灯及从次级一侧经过电阻分压的延时电路、输出用继电器以及晶闸管 SCR2 驱动的报警器等构成。输出部分使用了 3 个端子，可得到继电器控制的两种电压输出。



**11.57 热敏电阻式热传导型气体传感器电路** 检测器接成一个电桥电路，其中热敏电阻 D 用于检测气体，热敏电阻 C 用于补偿。当甲烷浓度为  $5 \times 10^{-2}$  时，检测器的输出约为 20mV；当甲烷浓度为  $5 \times 10^{-3}$  时，输出仅为 2mV，因此采用了低漂移的  $\mu$ PC254A 集成电路。量程校准是向检测器送入实际气体的情况下通过  $R_n$  来进行的。IC3 为 1~5V 输出变换器。在不需要 1~5V 的测量信号时，可将 IC1 输入端的极性反接，取出 IC2 的输出，就能获得通常的线性信号。在实际的检测仪器中设有报警电路，一旦气体浓度超过一定限度，它就能发出警报。

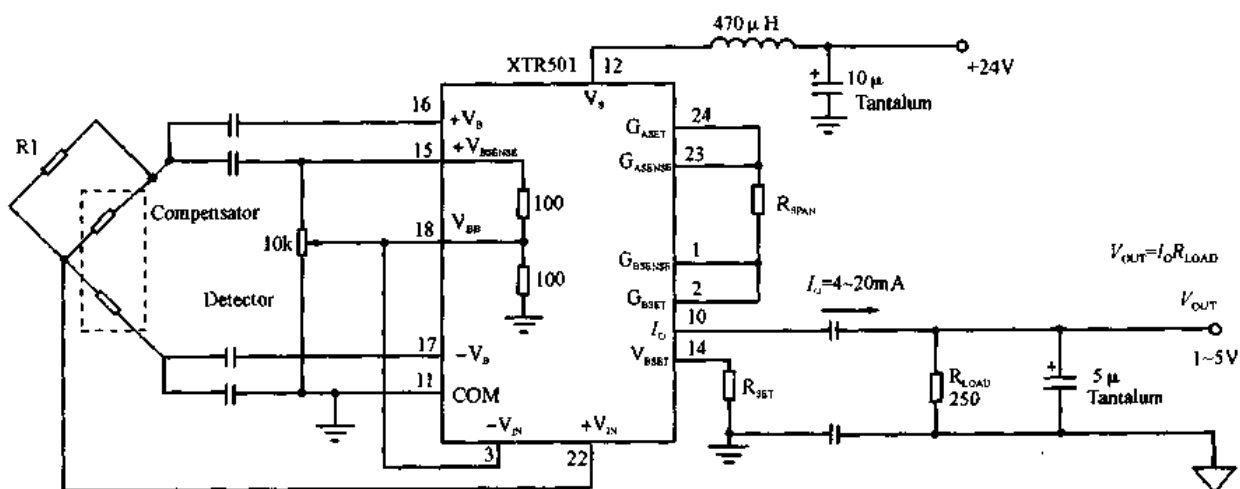
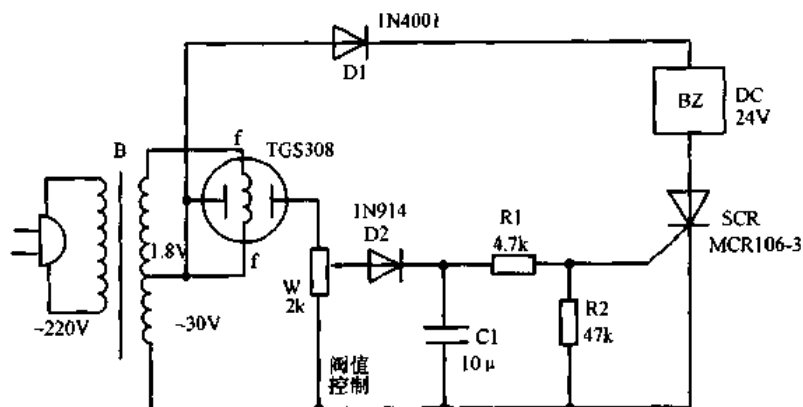


**11.58 简易气体色谱仪的流路系统和电路图** 使用气体色谱仪,能把混合气体中的各种成分分离出来,进而测量每一种成分气体的浓度。

在称之为柱管的细管中,充填着吸着剂和分配剂。在测量时,运载气体通过柱管,当一定量的被测气体一点点通过柱管时,被测气体中的各种成分被柱管中的吸着剂所吸附,吸附的程度与气体成分的种类和浓度有关。因此,各种气体成分通过柱管时将产生时间上的差异,利用这种时间上的差异在柱管出口处能把每一种成分分离出来。如果在柱管的出口处设置传感器,那么由于它在气体被分离的出口处,而且被包含在运载气体中,所以通过传感器就能获得对每种被测气体成分具有不同峰值的输出特性曲线。

上图是用非加罗气体传感器 TGS817 构成的简易型气体色谱装置的流路系统和电路图。把标准气体作为载流气体,从氧气瓶中以 20cm³/min 的流速流入。这时如果从注入孔注入 0.5cm³ 的实验气体,则通过柱管把各种气体按时间先后加以分离,依次到达传感器。于是根据分离后分别到达的不同气体,传感器的阻值将会发生脉冲式的变化。这种阻值变化,通过 IC1 被转换成与阻值变化量成正比的电压。该电压由 IC2 倒相,显示在面板式仪表上。

**11.59 烟雾监测报警器** 传感器 TGS308 和可控硅 SCR 用来对报警喇叭 BZ 进行半波控制, W 上的输出电压正常约为 3V。有烟雾或其他可燃性气体时电压可升高到 20V。当气体或烟雾从传感器清除掉时,可控硅 SCR 就会在电压第一次变到 0V 的时候关断。

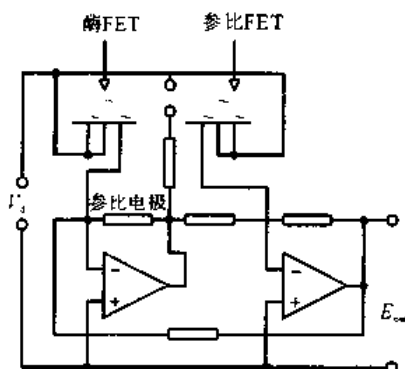


**11.60 接触燃烧式电桥传感器的变送器电路 XTR501** 常被用来设计接触燃烧式气体检测器。气体检测器由一对单元组成:检测单元,补偿单元。用此两单元组成惠斯通电桥的一侧桥臂,此桥有两个功能:其一将温度提高到 500℃,即检测器的工作温度;其二通过电桥的不平衡检测可燃气体的存在。

## 第十二章

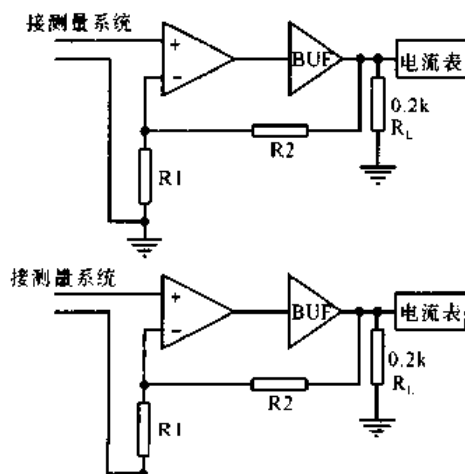
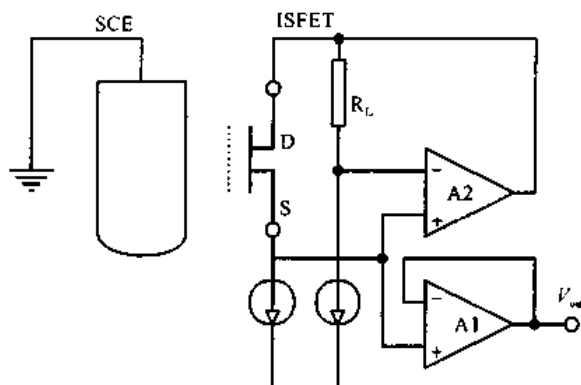
### 生物、医学传感器电路

本章内容包括生物 FET 测量电路、医疗测量方面电路、医疗仪器检验及医疗监护电路,并给出了部分实际应用电路,同时还介绍了基本电路工作原理,及调试参数的参考取值。



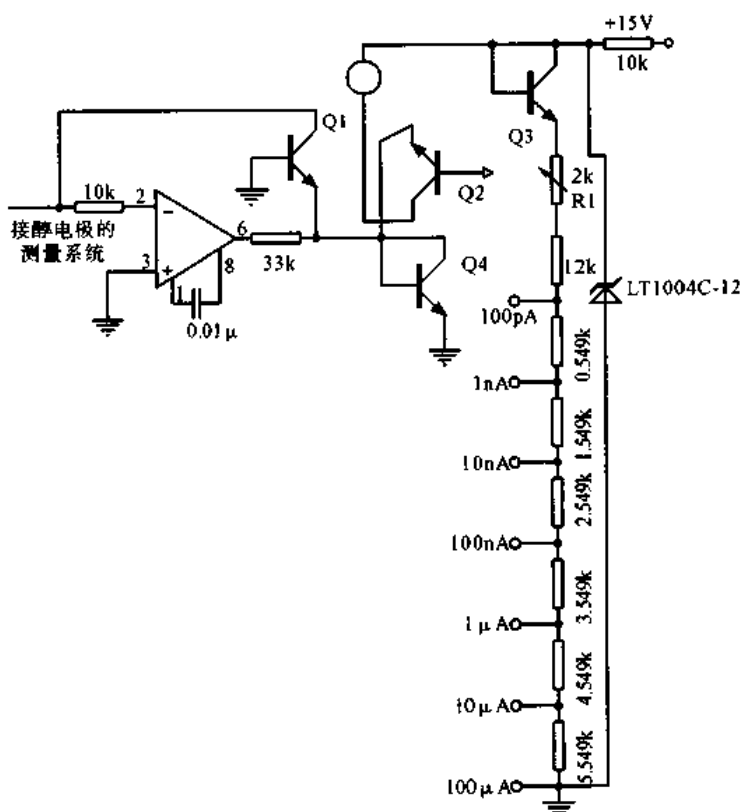
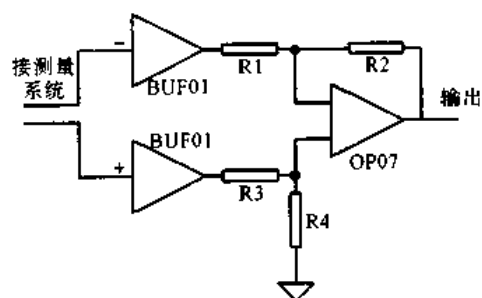
**12.1 青霉素—FET 测试电路** 实际测定青霉素时,除了青霉素—FET 以外,还要有一个固定不含青霉素酶的清蛋白膜的 FET 作为参比电极用,把两个 FET 的漏极电流之差就是所得测定值。其输出是随青霉素浓度变化而变化的。

**12.2 ISFET 测量电路** 图为按离子敏传感器件原理工作的一种 ISFET 电路,此例是用控制源极和漏极之间的电压取代对栅压的直接控制。同时使用各种不同离子的 ISFET 时,常常需要把参比电极接地。源极电压经缓冲放大器后得到输出电压,它与离子敏感膜的电位响应变化是相同的。离子敏场效应晶体管可采用多种敏感膜,要检测不同的离子,就要选用相应的敏感膜。



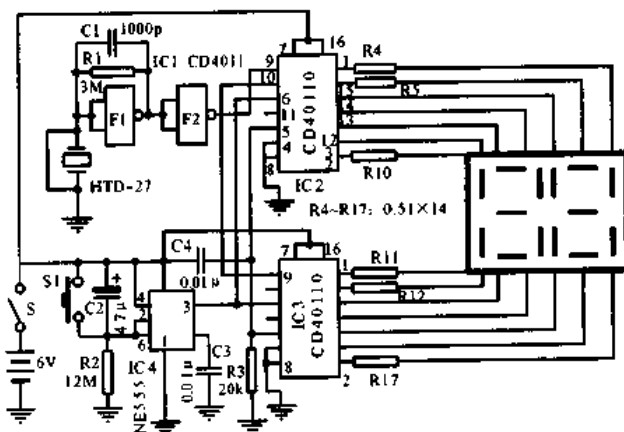
**12.3 甲烷电极测量装置** 本系统由两个电极、两个反应器、一个电流放大器和一个记录仪构成。甲烷电极系统测量的是两个反应池中氧电极的电流差值,电流差值由氧含量的不同所引起。当含有甲烷的气体样品流过有微生物反应池时,甲烷被微生物同化,同时微生物呼吸活性增强,引起该反应池中氧电极电流减小,直至最低的稳定状态。由于系统含有两个电极,另一支电极所在的反应池中不含有微生物、氧含量及电流值均不会减小,所以两电极电流之间的最大差值依赖于气体样品中甲烷的含量。整个系统要保持严密性。另外,设计线路应注意保持测量线路和参比线路的对称性。反应池外用恒温水浴控制温度在  $(30 \pm 0.1)^\circ\text{C}$ 。

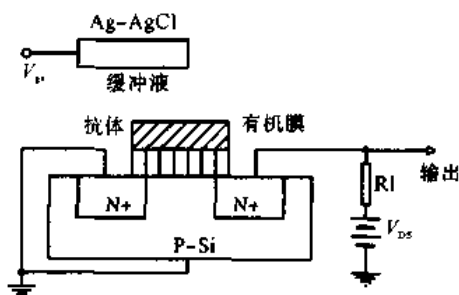
**12.4 谷氨酸电极测量系统** 大肠杆菌 E. COLI 体内含有谷氨酸脱羧酶,能催化谷氨酸的脱羧反应而释放二氧化碳。实验表明细菌 E. COLI 在无氧、无谷氨酸存在的条件下不释放二氧化碳。在无氧条件下细菌的正常呼吸活性减低,因此在这种条件下细菌所产生的二氧化碳都是由于谷氨酸脱羧反应的结果,不包括细菌呼吸的作用。为除掉缓冲液或样品中的氧,需向流通池内以 500mL/min 的速度通入氮气。测定在 pH = 4.4 条件下进行,可允许二氧化碳在膜周围有较大浓度。电极的电位随进样时间而增大,当进样达到 5min 时,电位基本达到恒定,这个稳态电位值依赖于谷氨酸的浓度。



**12.5 微生物电极的组装和测量系统** 把吸附有微生物的多孔膜切割成直径 1.4cm 的圆形,将此膜固定在氧电极聚四氟乙烯膜的表面上,这样,微生物就被夹在两层膜之间,外面再包一层尼龙网。膜用橡胶圈结紧。测量系统由夹层流通池、磁力搅拌器、蠕动泵、自动进样器及电流记录仪组成。电流记录仪采用不使用昂贵的大阻值电阻便能测量 100pA ~ 100μA 电流的具有 6 个十进制量程的电流表。其中 Q1, Q2, Q3, Q4 是 RCA 公司的 CA3146 晶体管阵列,校准时调节 R1 使 1μA 输入电流达到满刻度。

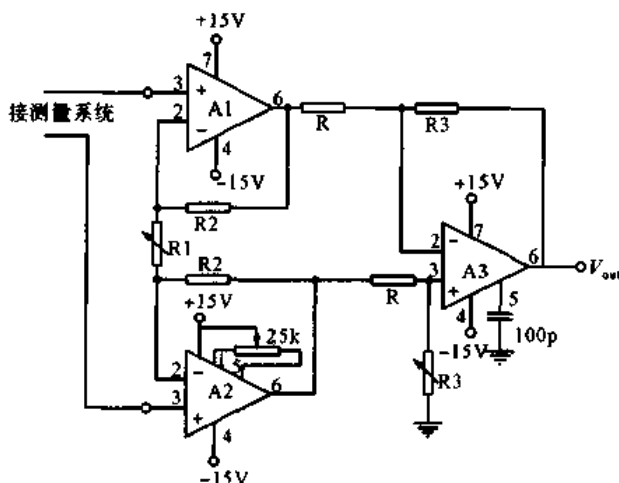
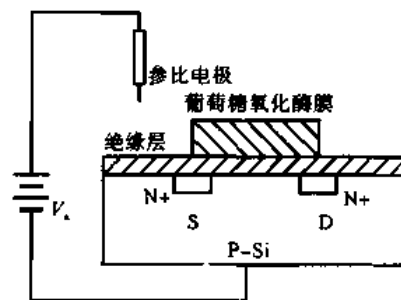
**12.6 数字脉搏计** 数字脉搏计由 2 输入端 4 “与非”门 IC1(2/4 CD4011)、十进制加减计数/译码/锁存/驱动器 IC2、IC3(CD40110 × 2) 和时基电路 IC4(NE555) 等构成。电路中压电瓷片 HTD-27 作脉冲信号取样,将脉动信号转变为电信号,此微弱电信号,经 IC1 的门 F1 组成线性放大器放大,再经门 F2 反相、整形,然后送至 IC2 加法输入端(9)脚进行加计数、译码,最后驱动 LED 数码管发光。





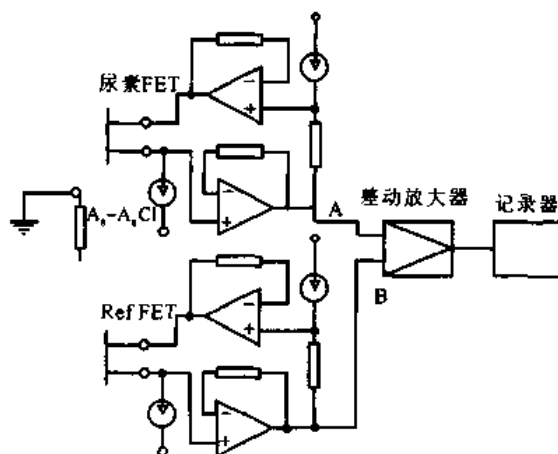
**12.7 免疫 FET 测量电路** 免疫场效应晶体管 (IMMUNO SENSITIVE FET, 简记 IMFET) 是由 FET 和识别免疫反应的分子功能性膜所构成。用 IMFET 具体测量时, 基片与源极接地, 漏极接电源, 相对地电压为  $V_{DS}$ 。测量时, 将抗原放入缓冲液中, 参比电极为 Ag - AgCl。

**12.8 葡萄糖—FET 工作电路** 当传感器工作时, 栅电压是通过参比电极附加的。对应溶液中  $H^+$  的浓度变化, 离子敏感膜的界面电位发生变化。据 ISFET 工作特性, 当其漏电流  $I_D$ 、漏源电压  $V_{DS}$  恒定时, 栅极电压  $V_G$  的变化量正比于溶液中 pH 值的变化量。因此, 采用一恒流恒压电路, 可将栅压  $V_G$  的变化由记录仪描绘下来, 既然  $V_G$  正比于 pH 变化量, 而 pH 变化量又与葡萄糖含量有关, 所以这套系统可用于葡萄糖测定。

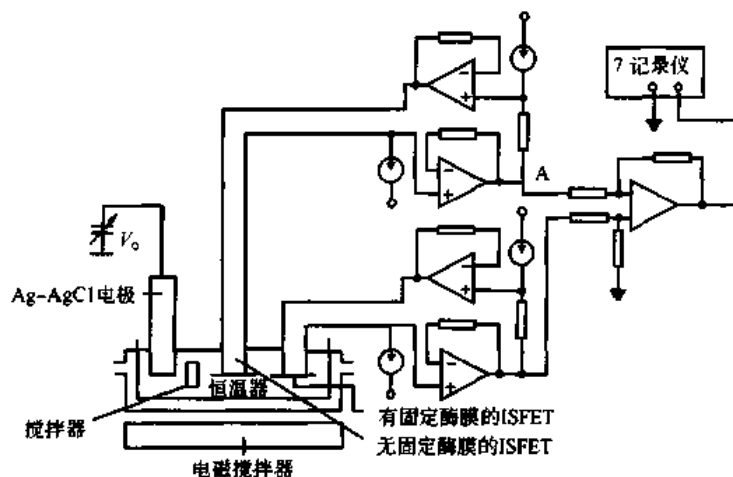
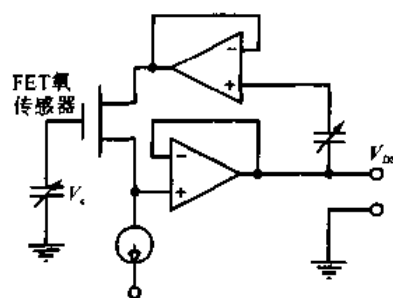


**12.9 头孢菌素电极** 可以用固定化微生物制成电极来测定头孢菌素, 该菌体中含有头孢菌素酶, 电极由细菌胶原膜和复合 pH 电极组成。反应可释放出氢离子, 因此用 pH 电极测氢离子浓度的改变即可知产生头孢菌素浓度。测量时, 先将磷酸盐缓冲液 (0.5mmol/L, pH = 7.2) 连续地输送到反应器和敏感池中, 使 pH 电极的电位达到一稳定值, 后将不同浓度的样品用蠕动泵输送到反应器中, 每份样品以 2mL/min 的速度输送 10mL。样品进入反应器后, 发生反应并定量地释放出氢离子, 测定池中的复合 pH 电极可对其检测。

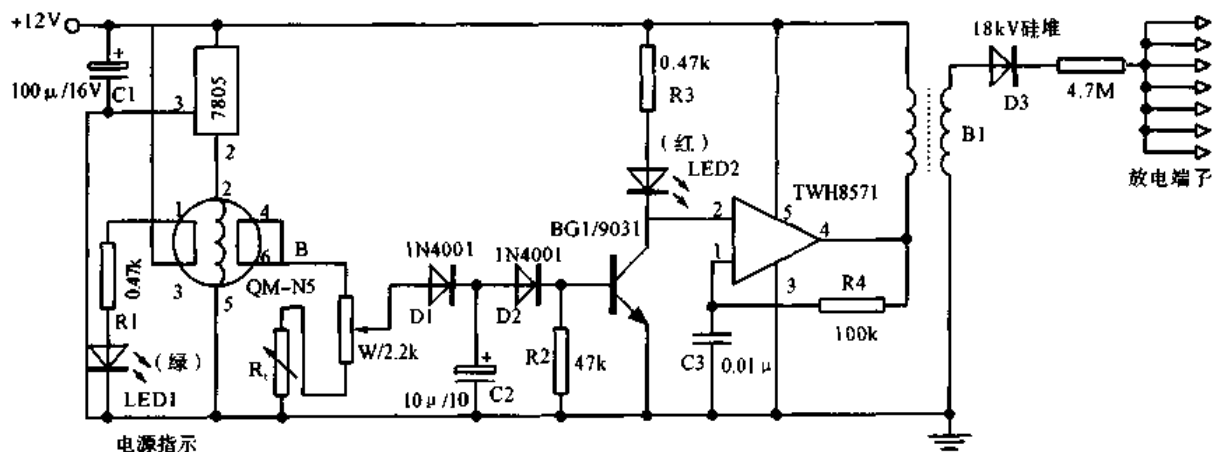
**12.10 尿素—FET 测量电路** 测量此传感器对尿素溶液响应特性时采用差动输出电路, 即使用两个 FET, 其一为固定有尿素酶的 FET, 另一个则是没有固定尿素酶的 FET, 并利用运算放大器组成反馈电路, 使两个 FET 总有一定的漏极电流, 在源极和漏极之间总加有一定的电压。Ag - AgCl 电极可使溶液的电位保持一定, 测定时要确保反应而使溶液的 pH 发生改变, 从而导致溶液 ( $Si_3N_4$ ) 界面上的界面电位改变, 这种改变直接反映在线路的 A、B 两端。差动输出电路的输出与待测液的尿素浓度有关, 尿素浓度在  $5 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-3} g/ml$  范围内, 输出电压随尿素浓度呈线性改变。



**12.11 FET 氧传感器测量电路** FET 氧传感器, 像 ISFET 一样, 测定氧含量时, 可采用测定漏极电流和把漏极电流维持为定值而测量阈值电压的变化两种办法。此电路是测量白金/YSZ 界面电位变化的实用电路, 源极、漏极之间电压恒定, 漏极电流保持不变, 白金/YSZ 界面电位变化直接输出。

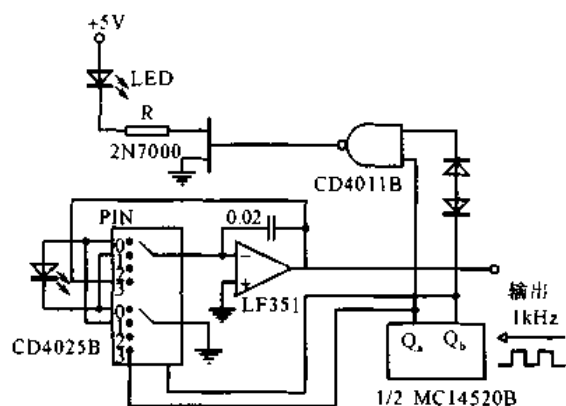


**12.12 L-谷氨酸 FET 测量电路** 电路中用了两个 ISFET。一个没有固定上酶膜, 另一个则有固定酶膜。为了保持溶液电位的稳定, 使用 Ag-AgCl 电极, 利用源极跟随器测量由于 pH 的变化导致 ISFET 界面电位的变化, 把它做为两个 ISFET 差动输出记录在记录器上。温度恒定在 30℃, 测定谷氨酸的溶液在 pH = 7.0, 含 5m mol/L ATP、10m mol/L NH<sub>4</sub>Cl 和 50m mol/L MgCl<sub>2</sub> 的 10m mol/L HEPES-NAOH 缓冲液中进行。

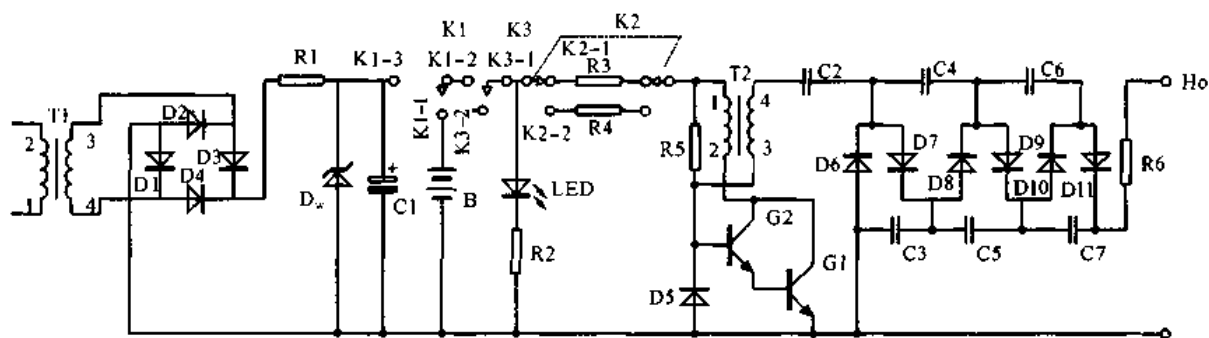


**12.13 自动空气清新器电路** 它由空气检测和负离子发生器两部分组成。QM-N5 是气体探测元件, 当煤气、石油液化气、一氧化碳等有害气体达到一定浓度时, B 点电位升高致使 BG1 导通, TWH8751 的 (2) 脚呈低电位, 由大功率开关器件 TWH8751 组成的振荡器开始振荡, 振荡频率约 1kHz, 在 B1 的次级可得到 5kV 的高压, 放电端子开始放电, 产生负离子, 从而清新空气, 增强身体健康。

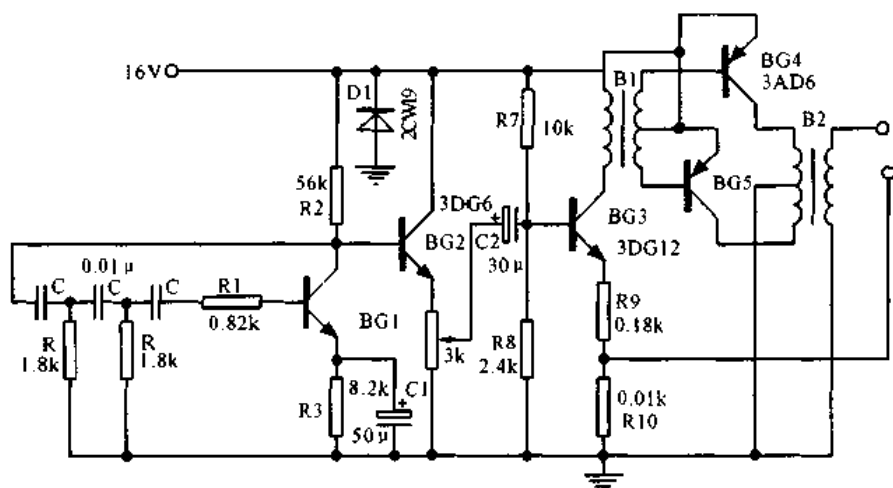
放电端子由大头针组成, 在长 170mm、宽 40mm 的覆铜板上钻 3 排孔, 每排 16 个, 均为  $\phi 1\text{mm}$ 。将大头针一一插入孔中并焊牢, 要求焊点圆滑, 不能有毛刺。挑选大头针时要注意长短一致, 尖头越尖越好, 使用时可调节 W 以使整机有合适的灵敏度。



**12.14 基于发光的光纤生物传感器的流动连续分析系统中的实用电路** 本电路用于测量反射光强度或透过率。LED 为发光二极管，用 1kHz 的方波来触发 LED 发光。PIN 为接收二极管，它的电流经 LF351 积分后输出。该电路的特点是：(1)简单、容易数字化；(2)可快速测量；(3)能消除外部光的干扰；(4)抗电噪声强。



**12.15 电场治疗仪** 电场治疗即在患部处加静电场，使排列方向被破坏的电偶极子转向电场方向，并在电场方向移动，从而使患部组织重建，患者各组织之间恢复正常时的电平衡。电场治疗仪由高压发生器和生物电极两部分组成。其输出电压可调，它可输出  $10^2 \sim 10^4$  VDC。生物电极由铜网等金属电极和医用绝缘橡胶等构成，导电电极压注在橡胶中，使其与外界绝缘。

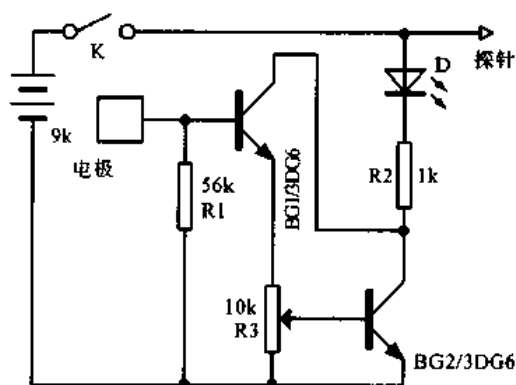
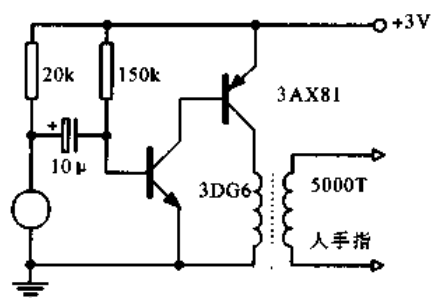


**12.16 简易音频电疗仪电路** 电路中 BG1 与 R、C 移相电路组成正弦波振荡器，产生疗效最佳的 2kHz 左右的频率。射极跟随器 BG2 起隔离作用，BG3 是激励级，BG4、BG5 组成乙类推挽电路，起功放作用。本机输出阻抗为  $500\Omega$ ，与人体阻抗相匹配。输出与激励级之间的

负反馈是防止治疗中人体皮肤阻抗突变带来的不适感受。

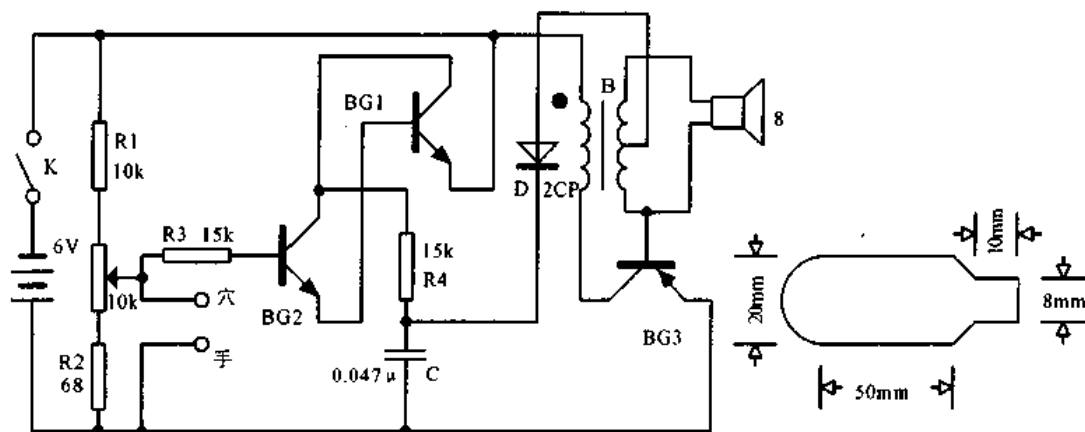
晶体管 BG1、BG2、BG4、BG5 参数要匹配。变压器 B1 初级线径为 0.1mm，绕 1000 匝；次级线径 0.21mm，双线并绕 250 匝。变压器 B2 初级线径 0.51mm，双线并绕 80 匝；次级线径 0.25mm，绕 480 匝。晶体管 BG4、BG5 要加足够的散热片。调试时，可在输出端接一个  $0.5k\Omega$  的电阻，并用示波器观察波形，消除寄生振荡。可输出 5W 左右的功率。

**12.17 梦语治疗仪电路** 电路非常简单,睡觉时把话筒放在梦语者嘴旁边,梦中说话,信号放大后经变压器升压至 100 多伏刺激梦语者的手指,使其醒来。时间一长,形成条件反射,可治疗梦语,使其改掉说梦话的坏习惯。变压器可利用音频变压器铁芯绕制,若认为输出电压太低,可以适当改变绕制线圈的匝数。

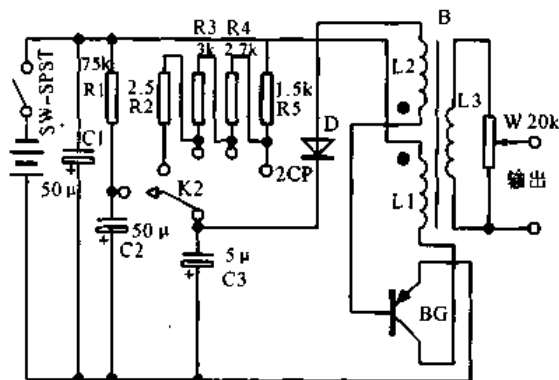


**12.18 耳穴探测电路** 耳针能医治很多疾病,但必须找准耳穴疗效才明显。根据人体穴位点皮肤上的导电率最高的经验,设计了耳穴探测电路。当患者手握电极,并用探针接触到耳朵穴位点皮肤时,由于导电率比较高,电阻在  $300\text{k}\Omega$  以下,相当于在探针和电极之间接上一个电阻,电路构成回路,在  $R1$  两端产生电压降,至使  $BG1$  进入工作区,电流经  $BG1$  放大后在  $R3$  上产生压降使  $BG2$  导通,发光二极管  $D$  亮。人体电阻越小,光越亮,该点就是要找的穴位点。电极可用废电解电容器的外壳。 $BG1$  的  $\beta > 80$ ,  $BG2$  的  $\beta$  为  $30 \sim 60$  即可。电路安装后,可在探针和电极之间接

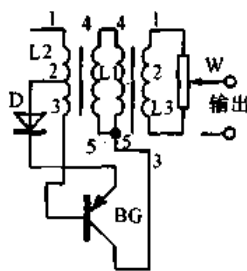
一个  $300\text{k}\Omega$  的电阻代替人体,调整  $R3$  使发光二极管正好微亮即可。使用时,测试者不能接触探针,被测试者应保持皮肤干燥并手握电极,测哪只耳朵用哪只手。



**12.19 家用探穴仪** 图中的“手”极是用  $6 \times 2\text{cm}$  的铜片制成,“穴”极是用万用表笔杆或圆珠笔杆制成。使用时,患者握“手”极,医生将“穴”极垂直放在人体相应部位探测,未探到穴位时,喇叭不发声,探到穴位时,喇叭发声。调节灵敏度旋钮在适当位置上,探测时对各点所施加压力和停留时间应相同,不可长时间重压某点,否则会造成虚假反应。一旦“穴”极触及病变穴位时,喇叭发声较大,穴位有轻微的电刺感。有些人皮肤电阻小或因出汗、潮湿使皮肤电阻减小,在某部位可能出现处处皆响的情况,这时应将皮肤擦干,探穴应快,并将灵敏度调低。对治疗一种病的几个常用穴位,可提出反应最强、电阻最低的穴位进行治疗,效果较好。图中的晶体管  $BG1$ 、 $BG2$ 、 $BG3$  的  $\beta$  值应大于 20,  $I_{CE0}$  尽可能小。变压器  $B$  为收音机的输出变压器,将其初次级对调使用。



(a)



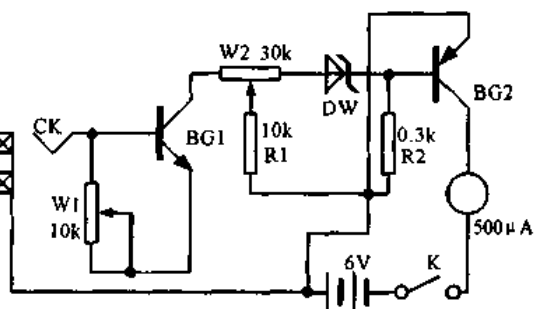
(b)

**12.20 家用电针仪** 使用时,用布将电极捆在病穴上,左右各一个电极。将电针仪的输出强度调节到零(将电位器调到最小),然后将电极与输出相连,调节开关 K2,选择适当的频率,再缓慢调节电位器 W,增加输出强度,给穴位以适当强度的刺激,以患者感到舒适、有胀麻感为宜。

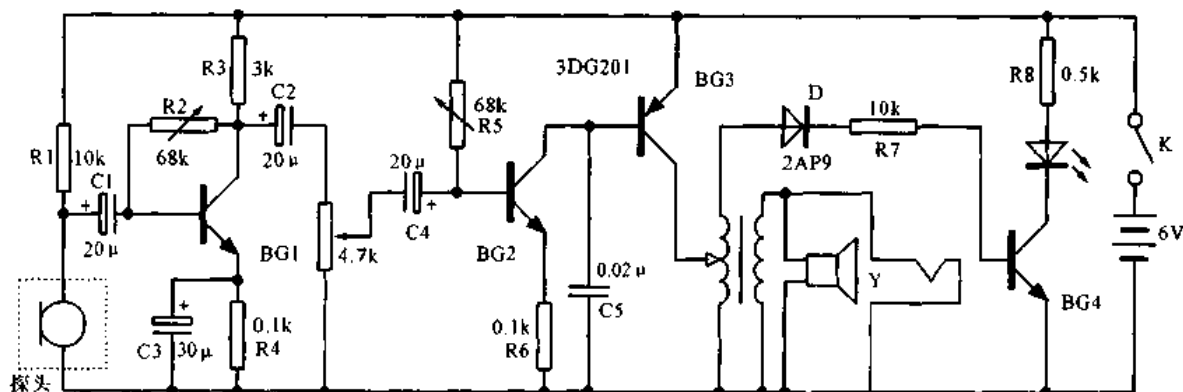
图中的晶体管 BG 选用 3AX81 或 3AX31。其  $\beta$  值应大于

30,  $I_{\infty}$  应尽可能小。变压器压 B 也可用两只 8Ω 的收音机输出变压器的组合(见图(b))。两只变压器的次级并联在一起作为变压器 B 的初级线圈 L1,将一只变压器的初级的一半作为反馈线圈 L2,而另一只变压器的初级作为 B 的输出线圈 L3。

**12.21 皮肤电阻测量仪** 该测量仪主要用于辅助气功锻炼。使用时,将硬币大小的铜片电极放在手掌和某肢体内侧,将电极用导线和插头连接好,插头插入插口 CK 中。开机后,调节 W1 和 W2 使电表指示居中。然后按要领进行练功,当身心放松时,进入“静境”后,皮肤表面电阻下降,而“意守”部位更为明显。若测量气功有素者的任何督脉两端,表针会出现周期为 1s 左右的有规律摆动现象,表明“气功”在沿经络“周天”循环。据引,可借助该测量仪定性判断气功练习的正确与否和效果如何。



图中的晶体管 BG1 选用 3DG6, BG2 选用 3AX31,其  $\beta$  值均应大于 100,  $I_{\infty}$  应尽可能小。表头为 500μA 的直流电表。稳压管 DW 的稳定电压为 4.5V,可选用 2CW7B、2CW7C 或者 CW12、CW13 等。

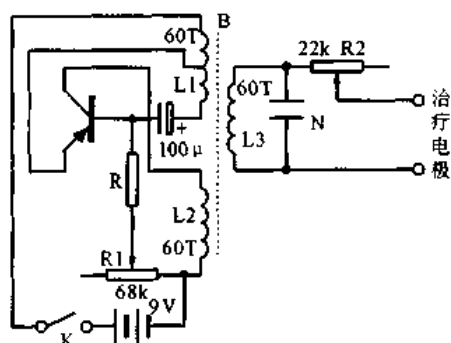
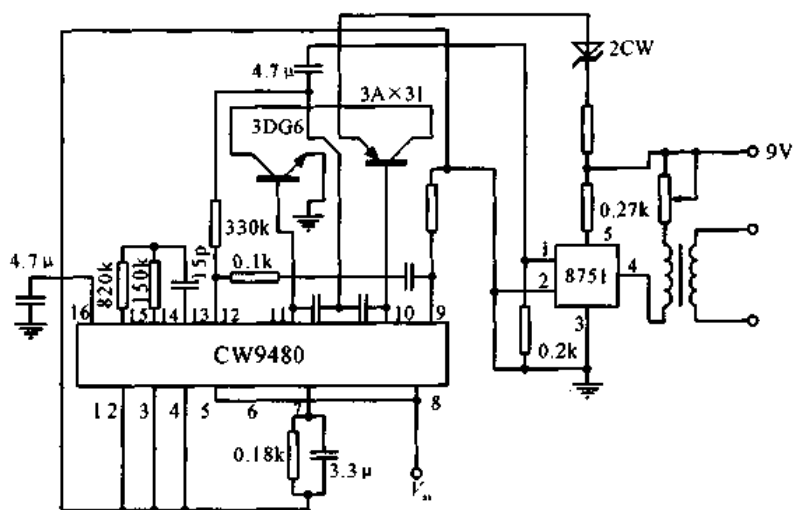


**12.22 简易电子听诊器电路** 人体的心、肺、脉搏等声音通过探头转换为电信号,经过两级放大,直接由喇叭发出声音,供医务人员分析判断病人身体健康情况。还可以通过插孔把声音输入录音机,把异常声音记录下来,作为病历档案保存。听到有节奏脉搏声音时,发光二极管随脉搏跳动而闪光。

探头是由驻体话筒和听诊器听头组成,制作时,把听诊器胶管从离听头 10cm 处截去,想办法把驻体话筒塞到胶管中去,引线最好用话筒线。这样做,探头的灵敏度高,外界的声音不干扰。电路装好后,调节 R3 和 R5,使  $I_{B1}$  为 1mA 左右,  $I_{B3}$  为 6~8mA 左右,电子听诊器便能正常使用。

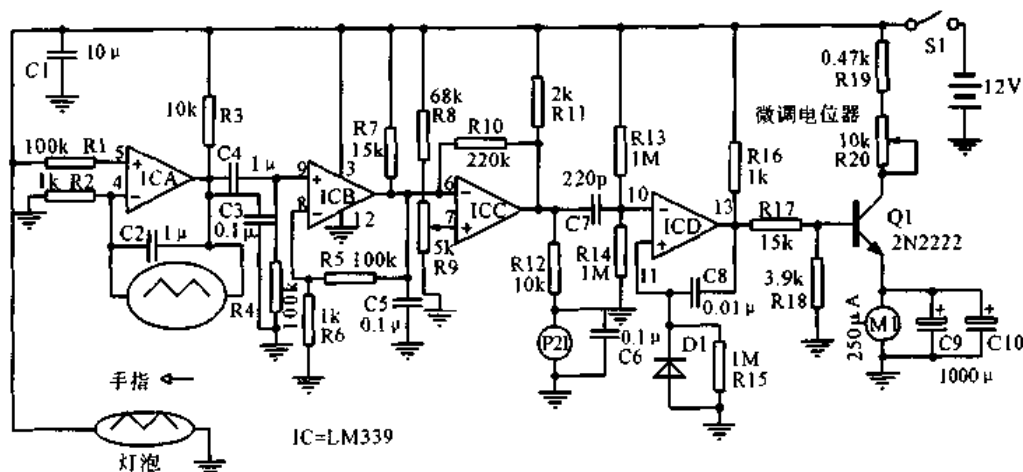
### 12.23 高效电子治疗仪电路

电路采用CW9480(或2850、3482)系列,在其内贮存8~12首名曲,共计512个音符,有5种节拍3种音色。8751是带选通控制的开关器件,当选通端(2脚)为高电平时,无论输入端(1脚)是否是高电平,输出级总处于截止状态(开关断开)。只有在控制选通端为低电平,输入为高电平时,输出级才处于导通状态(开关接通);输入为低电平时,输出截止。电极可用图钉改制,只要把图钉的钉剪去,在其根部焊上导线就可以了。

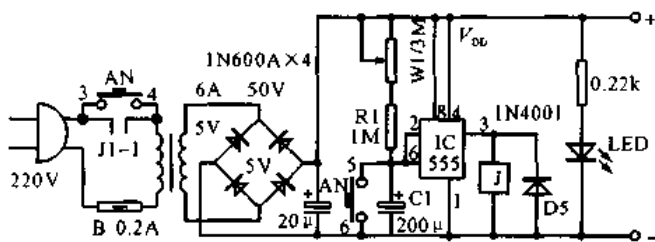


**12.24 电子气功治疗器电路** 治疗时,可根据患者病情,将两电极放在相应的穴位上,由R1调节输出脉冲的频率,调节范围是10~120次/min。一般在80次/min为宜,半肢麻木等病情严重者频率可低到10~20次/min。治疗时间每次10~15min,每天2~3次。

变压器B用截面积为 $8 \times 8\text{mm}^2$ ,线圈的线径是0.08mm,绕制时应先绕L4,垫两层聚脂薄膜后,再绕L1、L2及L3。治疗电极用 $\phi 50\text{mm}$ 、厚度为1mm圆形铜片两块,外用药棉或纱布包扎,使用时可浸些医用酒精或舒经活络药水以增加导电性能。



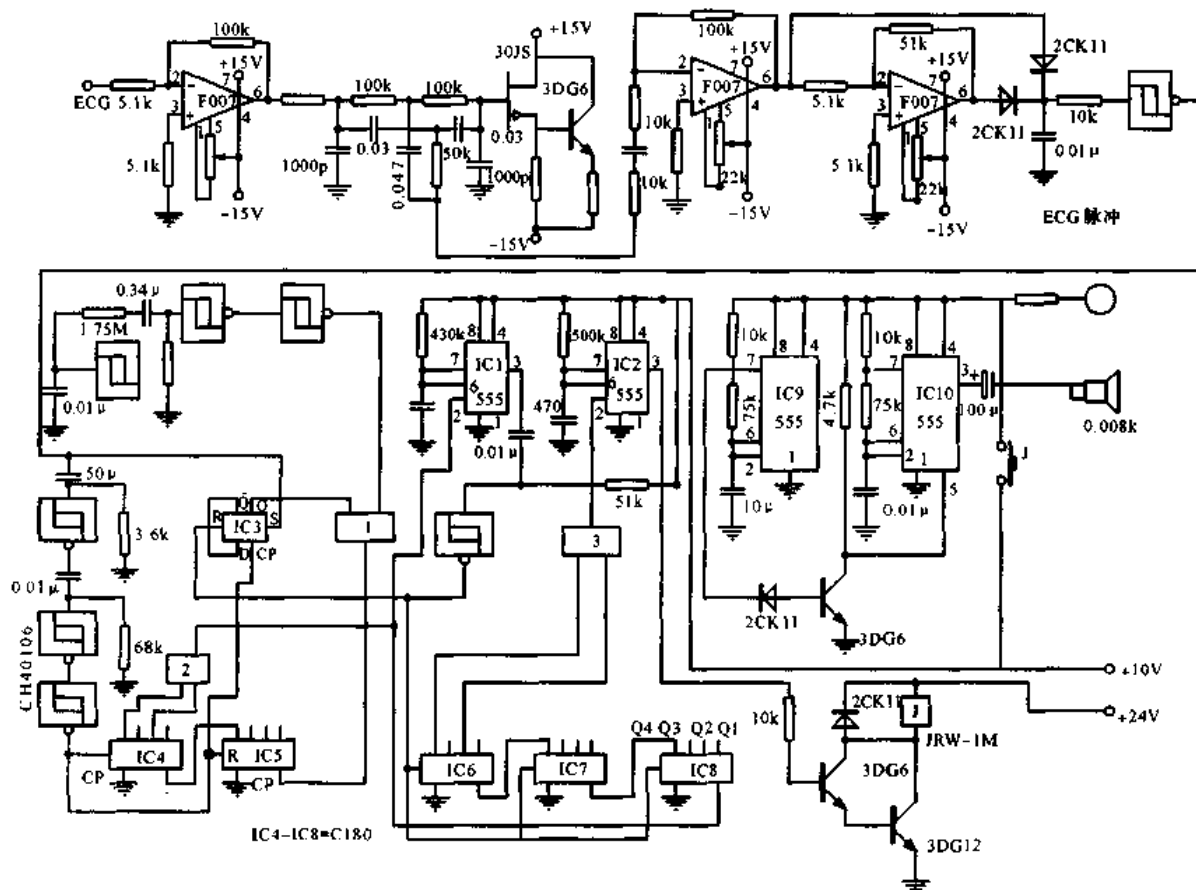
**12.25 心率监视器** 该监视器的原理是当光线透过手指尖,由一个硫化镉光敏电阻CD1进行检测。该电阻构成传感放大器ICA的反馈网络,放大器产生的弱信号被ICB进一步放大。该信号同个可由用户调节的阈值进行比较,比较器ICD触发启动压电蜂鸣器。在比较器输出信号的每一个下降沿处,单脉冲多谐振荡器ICD产生一个 $2\mu\text{s}$ 的脉冲,经Q1反向后,被一个由M1、C9和C10组成的RC网络取平均值。Q1集电极电路中的微调电位器R20为M1设定标定系数,使满刻度为150次/min脉搏跳动。



菌等有极强的杀灭作用。

555 和 W1、R1、C1 及双层按钮 AN 等组成开机触发定时电路。使用时,只要按压一下 AN,J 吸合,J1-1 闭合,电源电压自锁闭合。此后,C1 通过 W1、R1 充电,555 复位,J 释放,J1-1 断开,停电。555 触发器的延迟时间  $t_d = 1.1(R_{W1} + R_1)C_1$ ,消毒时间长短可通过调节 W1 来改变。

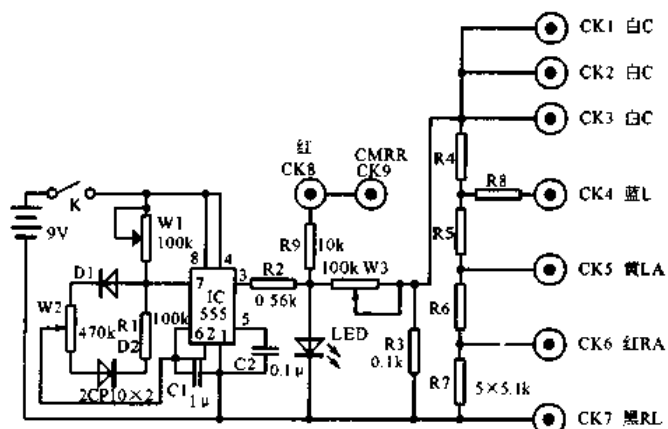
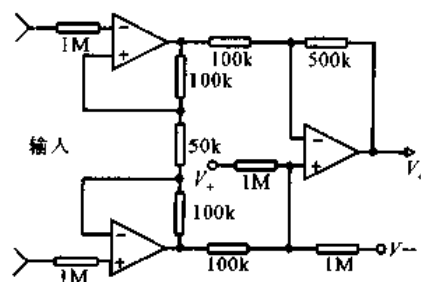
**12.26 肝炎病菌消毒器控制电路** 本消毒控制电路包括降压整流电路 ( $V_{DB} \approx +6V$ )、555 开机定时及控制电路。它控制用于产生次氯酸钠的定时时间。消毒的化学原理基于:将 40g 精盐溶于 1000g 水,通电电解,产生对人体无害的强氧化剂  $HClO$ ,  $NaClO$  等,它们对肝炎病毒、大肠杆菌等有极强的杀灭作用。



**12.27 急性冠状动脉供血不足报警电路** 报警电路的原理就是将幅度变化转成相应的宽度变化,由对心电图(ECG)的幅度检测转换成宽度检测。宽度检测便于提取信息,也有利于采用控制计数来实现。

由传感器测得的心电图信号,经放大、微分、全波整流、积分,并经施密特触发器整形后,输出相应的矩形脉冲。对于正常的 ECG 信号,其脉宽等于 QRS 周期;而对于供血不足者的 ECG 信号,STb 明显上移。电路图中的 IC1 是单稳触发器,定时时间  $t_1 = 1min$ ,IC1 单稳定时  $t_2 = 2min$ ,它控制 IC9、IC10 报警电路的电源电压的通断。IC9 是一个低频无稳态多谐振荡器,它产生 1Hz 左右的方波信号,去控制基本振荡频率为 1000Hz 左右的多谐振荡器 IC10 的控制端 5 脚,产生变音调的音频报警信号。

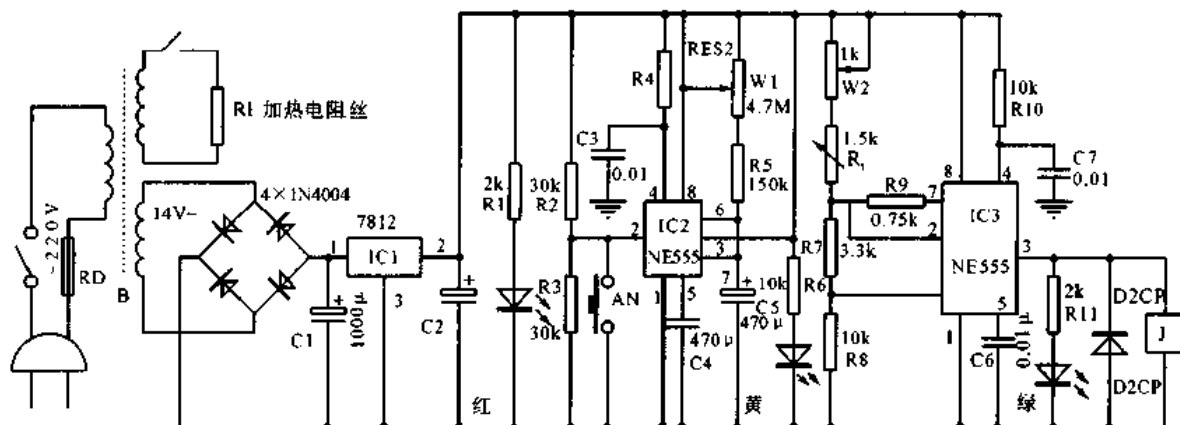
**12.28 医用仪器前置放大器** 该电路的电压增益为 25, 用单个 Ni - Cd 电池供电。输入电流(来自连接在病人身上的传感器)限制在 5 A 以下, 否则便视为有故障。



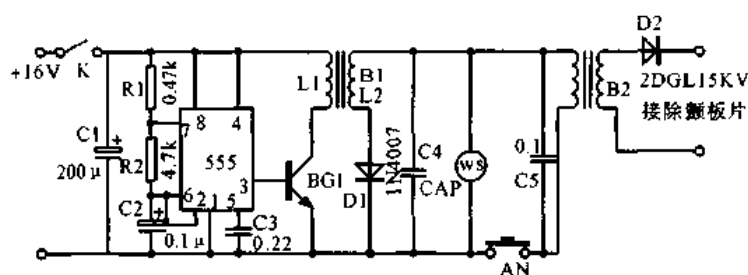
**12.29 简易心电图机校验器** 校验器可用于检验心电图机的灵敏度、阻尼、线性、辨差比、走纸速度以及导联线的连结情况。

IC(555)和 W1、R1、W2、C1 等组成无稳态多谐振荡器,  $T = 0.693(R_{w1} + R_{w2} + R_1) C_1$ , 调节 W1, 使振荡周期  $T = 0.6s$ , 调节 W2, 改变其占空比, 使脉宽  $t = 0.2s$ 。在 CK3 上可得到 4mV 方波信号。然后经 R4 ~ R7 分压, 使在每个电阻上都有 1mV 的方波信号, 对号输进心电图机的相应插孔内。从 LED 上取出 1.5V 的方波信号, 作为测量辨差比的信号, 用作调校心电图机。

使用时, 将待测心电图机的 7 根导线分别插入本仪器对应的插孔内, 然后开机, 描记出各导线不同的波形, 便可测出上述的各种参数。



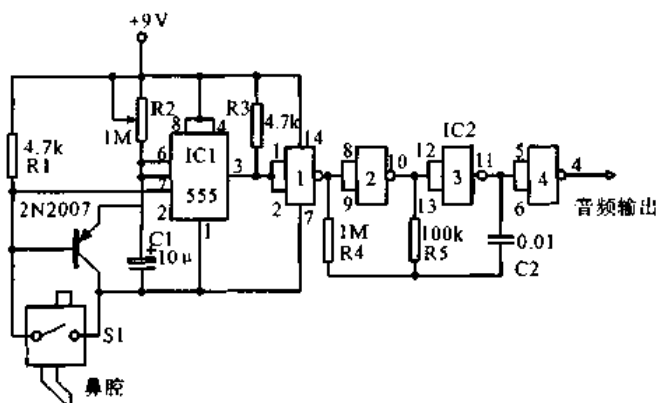
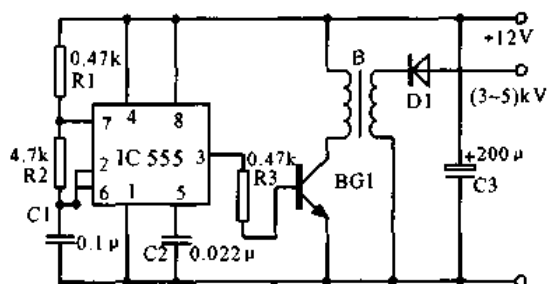
**12.30 家用电热数控温电路** 控温电路由稳压直流源、定时电路和控温电路等组成。由 555 和 W1、R5、C5 等元件组成 1 ~ 30min 的定时电路。  $t_d = 1.1(R_{w1} + R_5) C_5$ , 可通过调节 W1 来改变定时。使用时, 按压开关 AN, 555 输出(3 脚)变为近 11V 的高电位, 作为 IC3 恒温电路的供电源。热敷初始, 热敏电阻呈高阻, 致使 555 的 2 脚电位低于  $1/3 V_{DD}$  触发电平, 使电路翻转, 输出端 3 脚呈高电平, 继电器 J 吸合, 将电热垫的低电源 ~ 24V 接通, 随着温度的增加, 热敏电阻  $R_1$  的阻值下降, 则 555 翻转复位, 继电器 J 释放, 电热垫断电。调节 W1、W2, 可使温度控制在  $+50^{\circ}\text{C}$  左右。热敏电阻  $R_1$  采用负温度系数的玻璃珠热敏电阻 MF51 型, 将其紧固在电热垫中央的电热丝附近。



**12.32 高压发生器** 高压发生器以 555 为核心, 将振荡电压用升压变压器进行升压。555 和 R1、R2、C1 组成无稳态多谐振荡器, 振荡频率  $f = 1.44 / (R_1 + 2R_2) C_1$ , 约为 2000Hz。555 输出的振荡方波经 BG1 放大、变压器 B 升压, 由高压堆 D1 整流, 便得到 3~5kV 的直流高压。要求 D1 反向击穿电压大于 15kV, BG1 的  $V_{ce0} > 50V$ ,  $\beta > 20$ 。变压器 B 可用 9~12 英寸电视机行输出变压器高压包, 次级线圈用  $\phi 0.6mm$  高强度漆包线绕 30 匝左右。高压发生器在医疗上可用作高压除尘和负离子发生器。

### 12.31 微型心脏除颤急救器 555

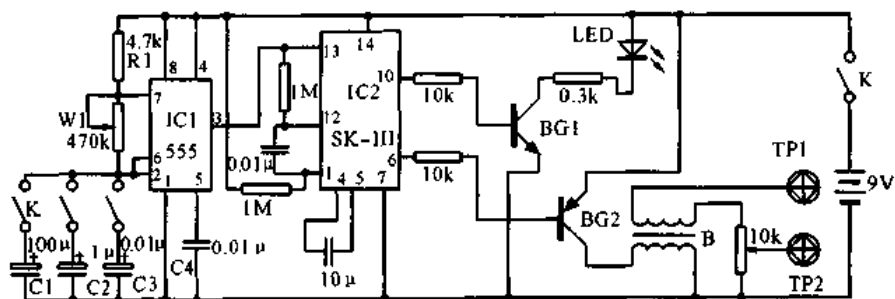
和 R1、R2、C2 组成无稳态多谐振荡器,  $f = 1.44 / (R_1 + 2R_2) C_2$ , 振荡频率约为 3kHz 左右。555 的输出经 BG1 放大, 变压器升压至 100~200V, 经 D1 整流后由大电容 C4 将能量储存。使用时, 按下 AN, C4 经 B2 的初级 L1 放电, 则在次级 L2 感应出 1000~7000V 的高压, 为心律紊乱病人去颤。



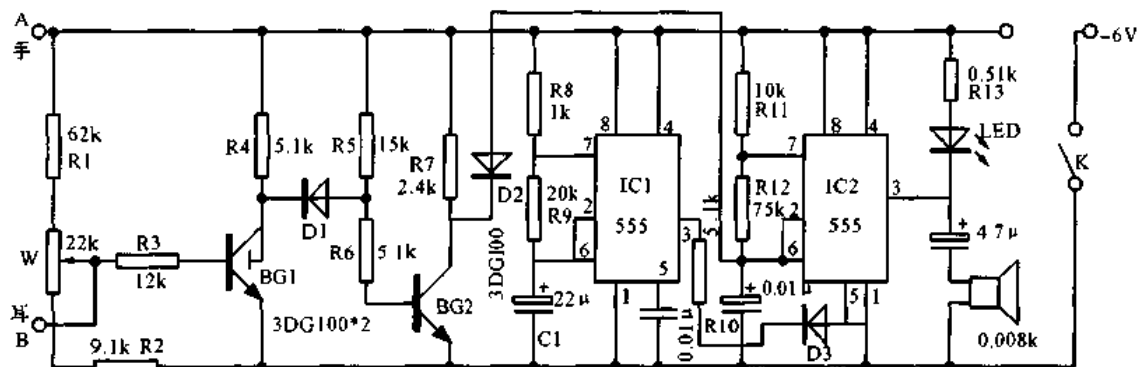
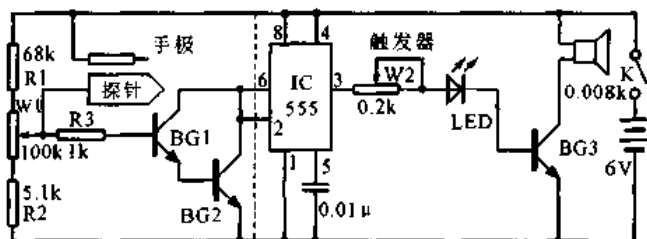
**12.33 呼吸监测器** 电路中, 555 时基电路组成单稳态触发器与晶体管组成一个失落脉冲检测电路。S1 为空气开关, 当用于对病人进行呼吸监护时, 若两次呼吸的间隔超过预先调定的时间, 即发出报警信号, 提醒医护人员或看守人员, 病员呼吸衰竭; 呼吸正常时, 空气开关 S1 随呼吸而开闭。R2 调定在两次复位脉冲的最长时间, 若在给定的时间内未复位, 则 555 输出低电平, 由于门电路 1 输出高电平, 致使门电路 2、3、4 组成的振荡器起振, 并发出连续的报警声。声音的高、低主要由 R5、C2 来决定。

### 12.34 简易电针麻仪

电针麻仪由脉冲信号源、触发电路和驱动电路组成。555 和 R1、W1、C1~C3 等组成无稳态多谐振荡器, 振荡频率  $f = 1.44 / (R_1 + R_{W1}) C_1$ 。改变开关 K 的位置, 则可改变振荡频率, 频率的细调可通过 W1 来实现。IC2 采用声控集成电路 SK-III, 它内含放大整形电路、选频、触发和驱动电路, 在本电路中, SK-III 作为触发器使用。振荡 3 次 (即 3 个周期脉冲), 10 脚输出才点亮 1 次 LED 发光管。6 脚输出加至 BG2, 经放大后, 驱动变压器, 隔离输出脉冲波。



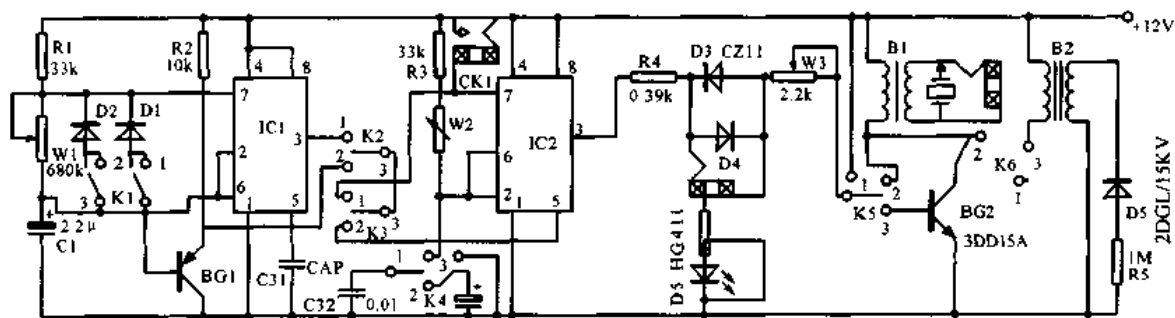
**12.35 简易探穴仪** 探穴仪的一个探极握于被测者手中,另一探极触及皮肤,当接近或触及穴位处时,因二极间呈低阻,使 BG1、BG2 复合管饱和导通,555 的 2 脚呈低电平,使 IC 置位, BG3 导通,发出声、光显示信号,说明穴位探测准了;在非穴位处,由于皮肤电阻较大, BG1、BG2 截止,555 处于复位状态,无声、光信号。



**12.36 穴位探测仪** 穴位探测原理是基于人体的非穴位点和穴位点(或经络口)呈现的阻抗不同,利用电路处理控制声、光信号,进行穴位探测。

IC1 是一个典型的无稳态多谐振荡器, IC1 的输出加至 IC2 的控制端 5 脚,即用 IC1 输出方波去控制 IC2 内部比较器的基准电压,达到调制的目的,使 IC2 发生响、哪双音音响。

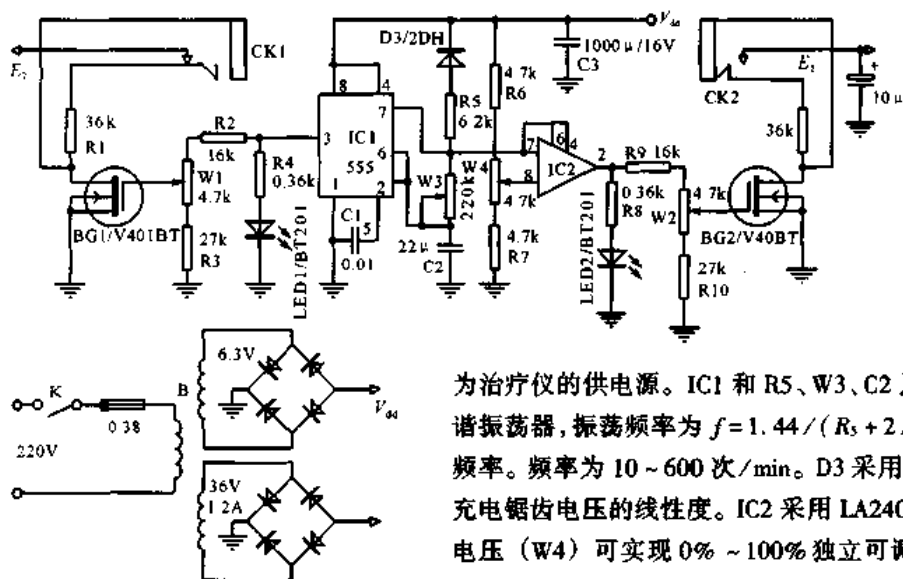
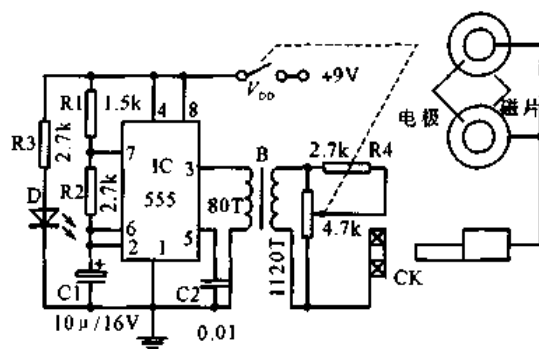
探测穴位的 2 个探测棒 A、B 分别握在手中和触及探测点。当 B 极未触到穴位时,二极间呈现很大的电阻, BG1 处于截止状态, BG2 饱和导通, IC2 振荡条件破坏, 无声、光显示。在穴位点处, 由于 A、B 间呈现的电阻小, BG1 饱和, BG2 截止, 呈开路, 此时 IC2 的振荡频率取决于 IC2 本身的电路参数和 IC1 加来的控制电压, 产生频率较高的响亮双音, LED 发出明亮的闪光。电位器 W 用于穴位探测的灵敏度调节。



**12.37 多用电子治疗保健器** 该电子治疗保健器具有穴位探测、直流电离子导入疗法、低频低压脉冲电疗、音频电疗、干扰电流疗法,还可作为负离子发生器、按摩器等使用。

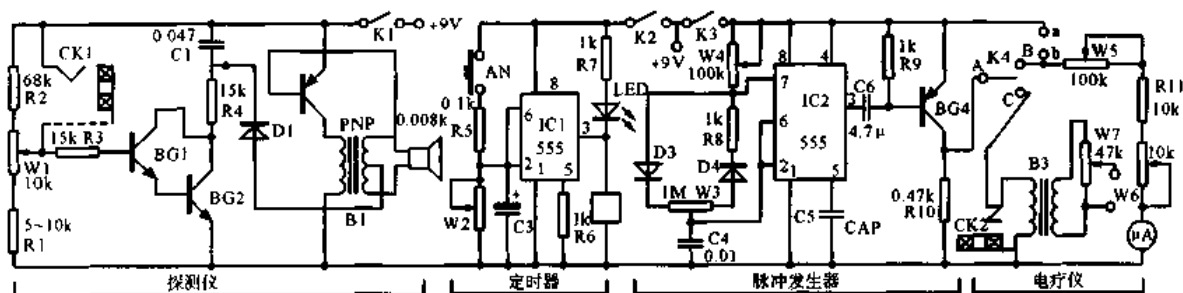
IC1 与 R1、W1、C1 等组成低频多谐振荡器,  $f = 1.44 / (R_1 + R_{W1}) C_1$ , 振荡频率约在 0.5 ~ 187Hz 范围。K1 放在不同的档时, IC1 可输出方波、锯齿波和三角波。IC2 和 R3、W2、C31、C32 等组成的多谐振荡器, 可产生 0.5 ~ 187Hz / 106Hz ~ 41.2kHz 的振荡频率。IC1 可对 IC2 进行调制。通过 K2、K3、K4、K5 的控制, 可得到不同的调制波。外接不同的传感元件或插头, 可治不同的疾病或进行不同的处理。如当外接红外发光管 D5 时, 可发射红外线调制波; 当 K6 拨至 2 挡时, 则信号经 BG2 放大后, 通过 B2 升压, 在 B2 的次级可用高压电晕法产生负离子; 若在 B2 的次级接上两个电极, 可进行电疗。

**12.38 针疗、按摩治疗仪** 治疗仪以 555 为核心, 组成一个音频多谐振荡器, 经变压器 B 升压后, 产生幅度可调的脉冲波, 通过两个极板或毫针刺刺激肌体或穴位, 形成一个脉冲电流刺激器, 可以调节气血、促进血液循环, 达到治病强身的目的。555 和 R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>、C<sub>1</sub> 组成无稳态多谐振荡器, 振荡频率在 35Hz 左右, 脉宽约为 17ms。变压器 B 采用小收音机输出变压器, 反接, 输出幅度可达 80V 左右。在 CK 插孔中, 可接毫针、极板; 也可接压电陶瓷片。



**12.39 频率和占空比均可调的电子治疗仪** 电子治疗仪包括脉冲产生器、电压比较器和功放级及供电电源。降压整流电路可产生  $V_{dd} = +8V$  和  $E_2 = +40V$  的电压作

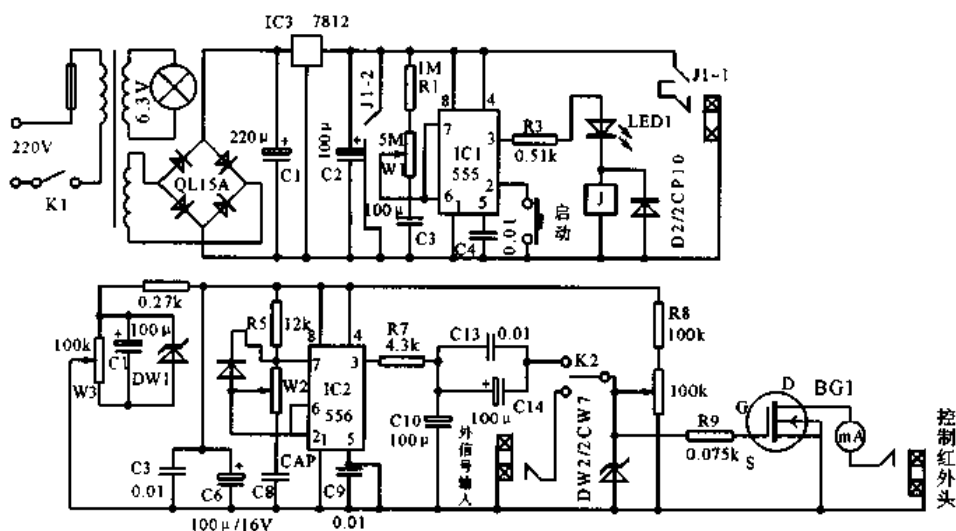
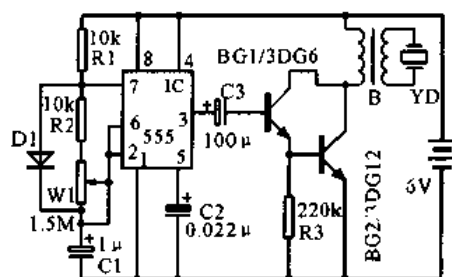
为治疗仪的供电电源。IC<sub>1</sub> 和 R<sub>5</sub>、W<sub>3</sub>、C<sub>2</sub> 及恒流管 D<sub>3</sub> 等组成无稳态多谐振荡器, 振荡频率为  $f = 1.44 / (R_5 + 2R_{W3}) C_2$ , 可通过调节 W<sub>3</sub> 改变频率。频率为 10 ~ 600 次/min。D<sub>3</sub> 采用 2DH 型恒流管, 以保证 C<sub>2</sub> 的充电锯齿电压的线性度。IC<sub>2</sub> 采用 LA2400 电压比较器, 调节同相端的电压 (W<sub>4</sub>) 可实现 0% ~ 100% 独立可调的占空比。BG<sub>1</sub>、BG<sub>2</sub> 采用 VMOS 型功放管。由插孔 CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub> 分 2 路输出。



**12.40 多功能电子探穴、治疗仪** 电路中第一部分利用穴位处电阻低或耳穴有病变时电阻低的特点, 将探头 (有 2 个电极) 插入 CK<sub>1</sub> 插孔, 在穴位点时, 振荡频率高; 随着离穴位点的距离加大, 频率越来越低, 以此来探测穴位。

IC<sub>2</sub> 和 W<sub>4</sub>、R<sub>8</sub>、D<sub>3</sub>、D<sub>4</sub>、W<sub>3</sub>、C<sub>4</sub> 组成无稳态多谐振荡器, 振荡频率  $f = 1.44 / (R_{W4} + R_{W3} + R_8) C_4$ , 振荡频率和占空比均可调, 经 BG<sub>4</sub> 放大后, 可进行病变穴位点的电流测量 (K<sub>4</sub> 拨至 B), 也可将开关拨至 C 接入升压变压器 B<sub>2</sub>, 进行无针治疗。

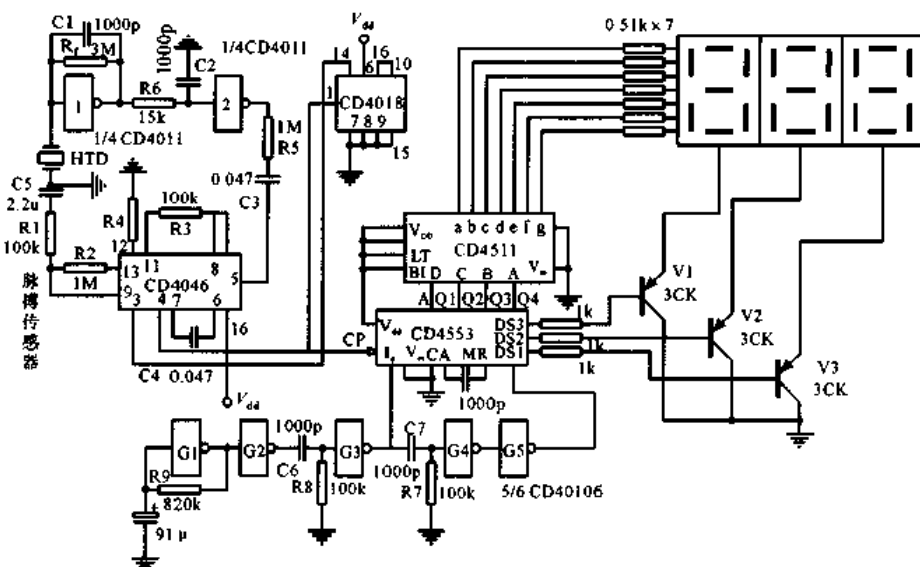
**12.41 袖珍电子按摩器** 无稳态多谐振荡器, 振荡频率在 1 ~ 100Hz 范围, 可调节 W1 来改变频率。BG1、BG2 组成复合推动级, B 采用 E140 铁氧体铁芯, 初级用 0.15mm 漆包线绕 120 匝, 次级用 0.08mm 漆包线绕 5000 匝。换能器采用 FY35-1A 压电陶瓷片。



**12.42 模拟气功信息仪** 信息仪包括降压整流电源 ( $V_{dd} = +12V$ )、定时电路、多谐振荡器、功放及功能输出头。IC1 和 R1、W1、C3 组成启动定时电路, 定时时间  $t_d = 1.1(R_1 + R_{W1})C_3$ 。在定时时间内, J 吸合, 控制 J1-1、J1-2 触点的接通。IC2 和 R5、W2、C8 等组成可控多谐振荡器,

$f = 1.44 / (R_5 + 2R_6 + 2R_{W2})C_8$ , 但频率可通过加在 5 脚的控制电压来改变, 即通过调节 W3 来实现。BG1 采用 VMOS 型场效应功率管。功率输出头采用波长为 0.85μm 的砷化镓半导体激光器和 PTC 特种红外辐射陶瓷材料, 以及强磁场 SnCo 磁钢。

**12.43 快速心率计** 快速心率计, 主要由 2 输入端“与”非门 2/4 CD4011、锁相环 CD4046、BCD 双加法计数器 CD4018、6 施密特触发器 5/6 CD40106、3 位 BCD 计数器 CD4553 和 BCD-7 段锁存/译码/驱动器 CD4511 等构成。电路中, CD4011 的门 1 和 R5、C1 组成脉搏传感器——压电陶瓷片传感信号放大器, 而门 2 作为信号整形。

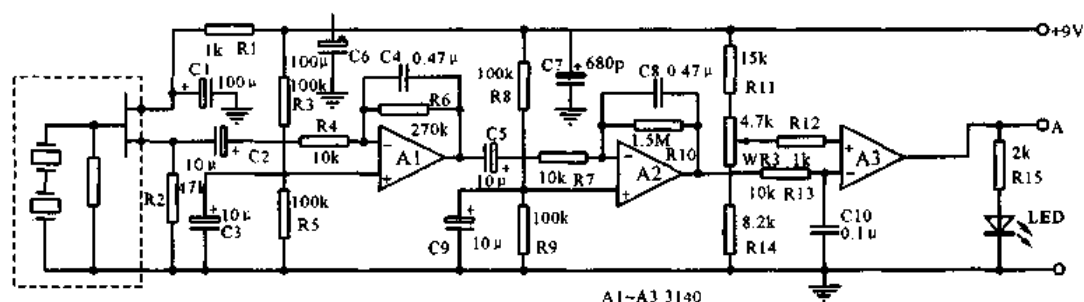


静态时门 2 输出为低电平, 有脉冲信号输入时, 输出则为高电平。带锁相环的 CD4046 组成 100 倍频器。CD4046 的 (6)、(7) 脚间的振荡电容 C4 与环路滤波器, 可使环路频率工作在 0.1 ~ 100Hz。由倍频器输出的脉冲信号, 送到 CD4553 的 CP 端。计数器完成 3 组 BCD 计数值分时输出, 并且从 DS1 ~ DS3 端输出同步信号, 供 3 位显示器进行动态显示 (低电平有效)。

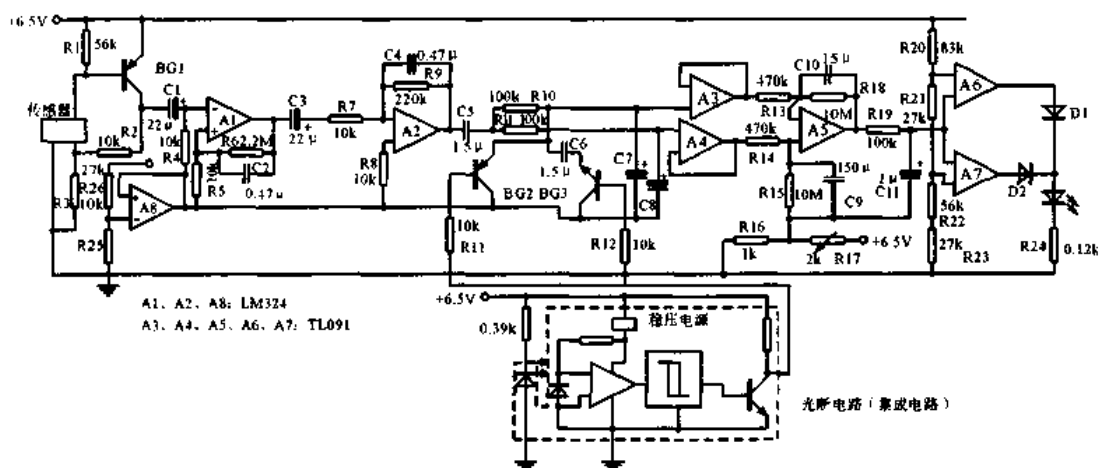
## 第十三章

### 射线传感器电路

本章包括红外、紫外、射线、粒子辐射等方面传感器的实际应用电路。如计量器具电路,检测应用电路,发射、接收应用电路,粒子辐射检测与辐射剂应用电路,微波电路等。



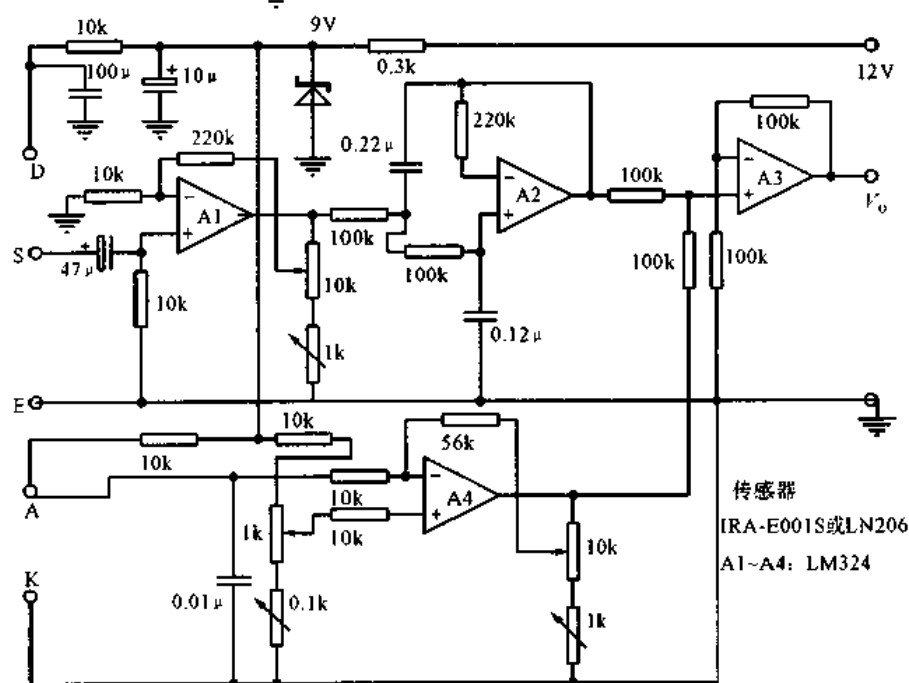
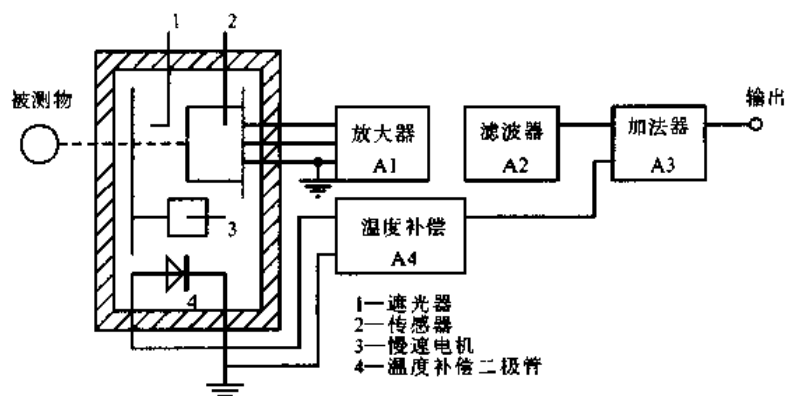
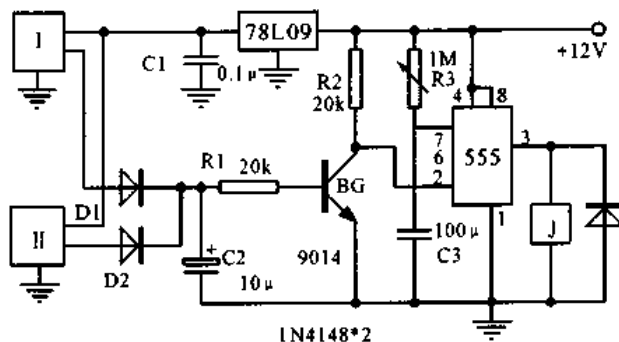
**13.1 红外传感器的人体检测电路** 人体、动物等具有表面温度的物体都能辐射出远红外波。红外线的中心波长约  $10\mu\text{m}$ 。采用中心波长的双元件,如热释电红外线传感器,可检测人体发射的红外线,且与穿的衣服多少无关。采用双元件的传感器可以消除环境温度变化引起的误动作。为了提高检测距离,采用焦距为  $15\sim 20\text{mm}$  的聚光光学系统,可检测距离为  $10\sim 12\text{m}$ ,视角为  $70^\circ$  左右。



**13.2 液位、料位测温系统** 本系统可用于检测大型垂直贮罐(如粮仓、饲料仓等)中固体或液体的料位。其基本原理是利用双元件热释电红外传感器作为测温传感器,在贮罐中装料(或装液)部位与不装料(或装液)部位之间的表面温度具有不连续性,而热释电红外传感器能分辨出  $1^\circ\text{C}$  的温差。因此,当此系统的探测装置沿贮罐上下扫描时,可以根据温度的差值(不连续性)测出料位的位置。通过经遮光(斩波)入射的红外辐射线,每个元件将测出贮罐表面温度与遮光叶片之间的温差。这种温差信号极小,所以放大器的增益较大(约为 13000 倍)。

**13.3 自动门电路** 即当有人走近门时(有一定距离), I、II 电路块中的比较器即输出一串脉冲。I、II 部分的传感器分别安装在门的里、外两边, 使人无论进门或出门, 门都能自动开关。

D1、D2 组成一个或门, 无论 I、II 哪一个有信号输出(或两者都有信号)都会使 BG 导通输出低电平, 此低电平触发单稳态电路, 使其 3 脚输出为高电平, 使继电器吸合, 门自动打开(由电机控制)。暂态时间由 R3、C3 决定, 暂态结束后 3 脚为低电平, 继电器释放, 门自动关上。



### 13.4 红外线测温仪

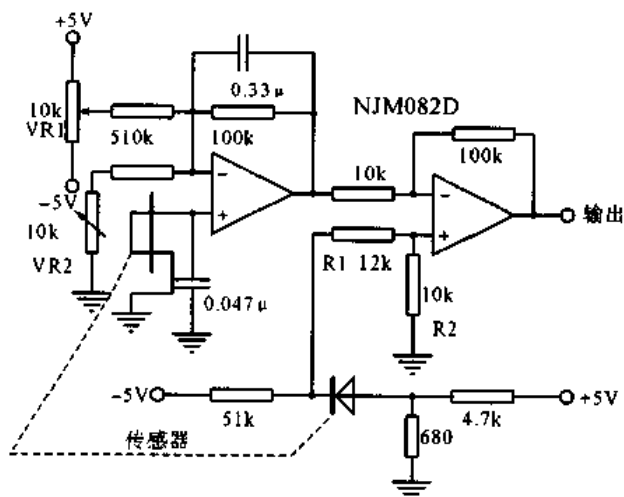
利用热释电红外传感器可制成不接触式热辐射温度计。这里介绍一种简单的 200℃ 的温度计。

传感器单元是测量的主要部分, 它是由热释电红外传感器 2、遮光器 1 及二极管 4 等组成。遮光器由慢速电机 3 带动而旋转, 使传感器按一定的频率 (1Hz) 接收被测物的辐射能(红外线), 输出与温度对应的信号。被测物体与传感器单元距离约 10cm, 其辐射能量约 6mW。

传感器单元中的二极管是起温度补偿作用的。

信号经 47μF 电容耦合到放大器 A1, 输出的信号经以  $f = 7\text{Hz}$  的有源滤波器滤掉不要的信号。温度补

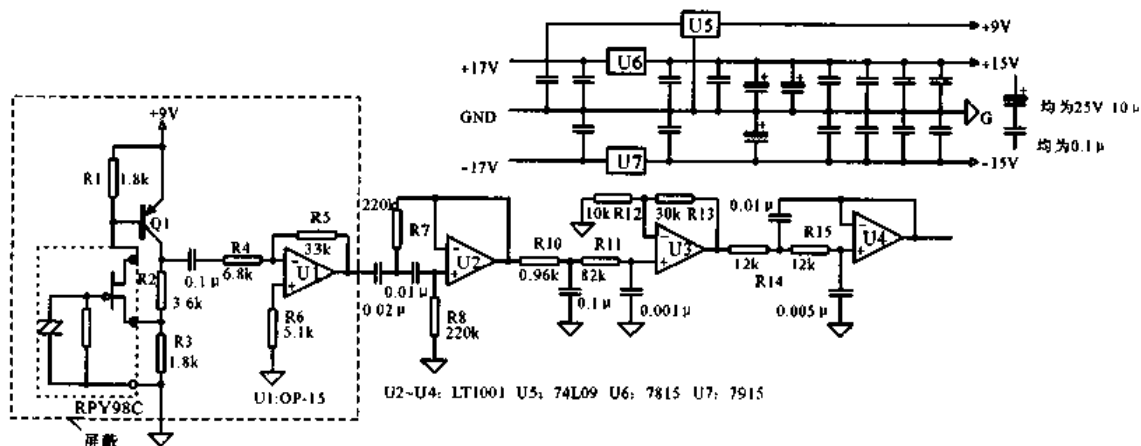
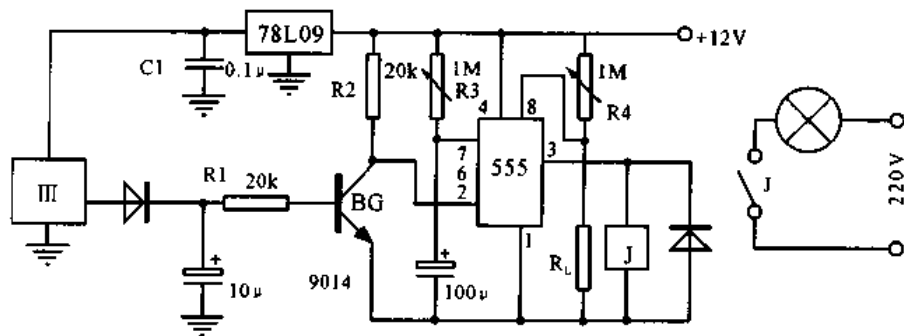
偿采用  $-2\text{mV}/^\circ\text{C}$  的硅二极管, 其补偿信号由 A4 放大后经加法器 A3 与信号电压相加后输出。在 200℃ 时输出为 4V (灵敏度为  $20\text{mV}/^\circ\text{C}$ ), 放大器输出为 3V, 温度补偿器输出为 1V ( $25^\circ\text{C}$ )。



**13.5 红外传感器温度检测电路** 传感器的内阻高达  $500\text{k}\Omega$ ，所以应使用高输入阻抗的初级运算放大器，该放大器可选用任何一种输入级为 FET 的运算放大器。补偿是用二极管正向电压的温度系数 ( $2\text{mV}/^\circ\text{C}$ ) 来实现的。VR1( $10\text{k}$ )用于零电平调整，VR2( $10\text{k}$ )和 R1( $12\text{k}$ )、R2( $10\text{k}$ )分别用来确定传感器信号和二极管信号的增益。根据传感器和测温对象的距离及测量范围，先调整 VR2，再根据传感器信号的增益调整 R1 和 R2 的分压比。图中的电路参数适用于传感器和测温对象相距  $10\text{mm}$  的情况。将二极管产生的补偿电压固定为  $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ ，就可通过调整使输出在  $150 \sim 200^\circ\text{C}$  范围内为  $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ 。

### 13.6 自动灯电路

Ⅲ为探测有人与否的红外探测电路。555 组成的单稳态电路中，其 8 脚不是直接接  $12\text{V}$  电源，而是接在  $1\text{M}\Omega$  变阻器与光敏电阻  $R_L$  的中间。在白天时，光敏电阻受光照呈低阻值（一般为几千欧），所以 555 的 8 脚处于低电平，555 组成的单稳态不工作；在晚上时，光敏电阻不受光照而呈高阻值（在  $20\text{M}\Omega$  以上），则 555 的 8 脚呈高电平，单稳态可工作。由于有光敏电阻的存在，此自动灯在夜间可自动工作：即有人走近时，灯会自动亮，而人走后又自动灭。



**13.7 采用 TGS 的 FT-IR 光信号检测电路** 图中 Z 是背靠背二极管 (back to back diode)，阻值很大且随频率变化。前置放大器的增益大致由 R2、R3 决定。在超出热时间常数和电时间常数的高频区域内，TGS 呈现积分特性，而 FT-IR 只用在在这个区域。因此，有必要加入一个微分电路 U1 使频率特性平坦化。其后在 U2 部分用截止频率约  $50\text{Hz}$  的二阶巴特沃兹高通滤波器，在 U3、U4 部分用截止频率约  $2\text{kHz}$  的四阶巴特沃兹低通滤波器滤除信号中不必要的频率成分。

### 13.8 紫外线

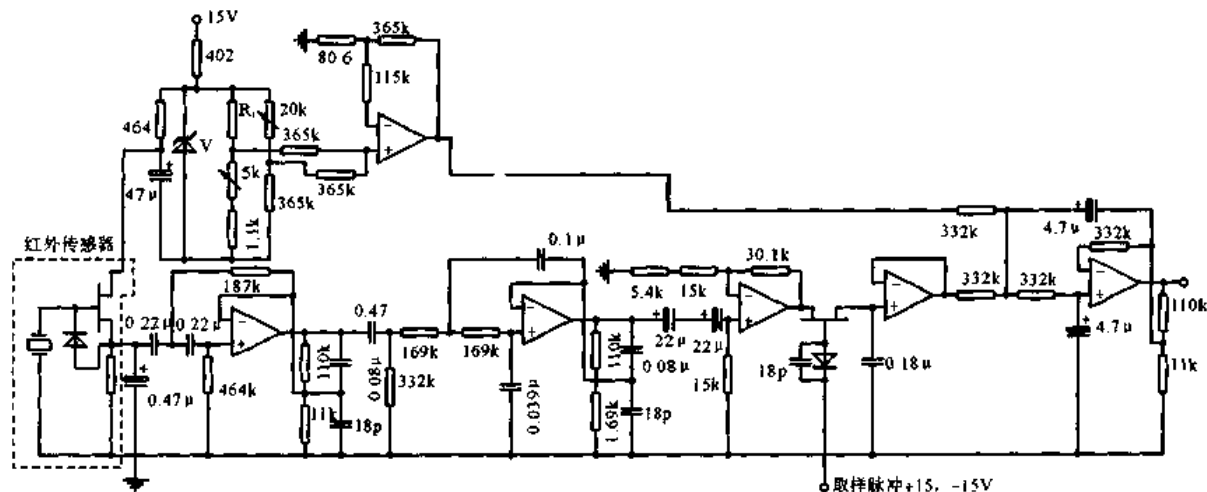
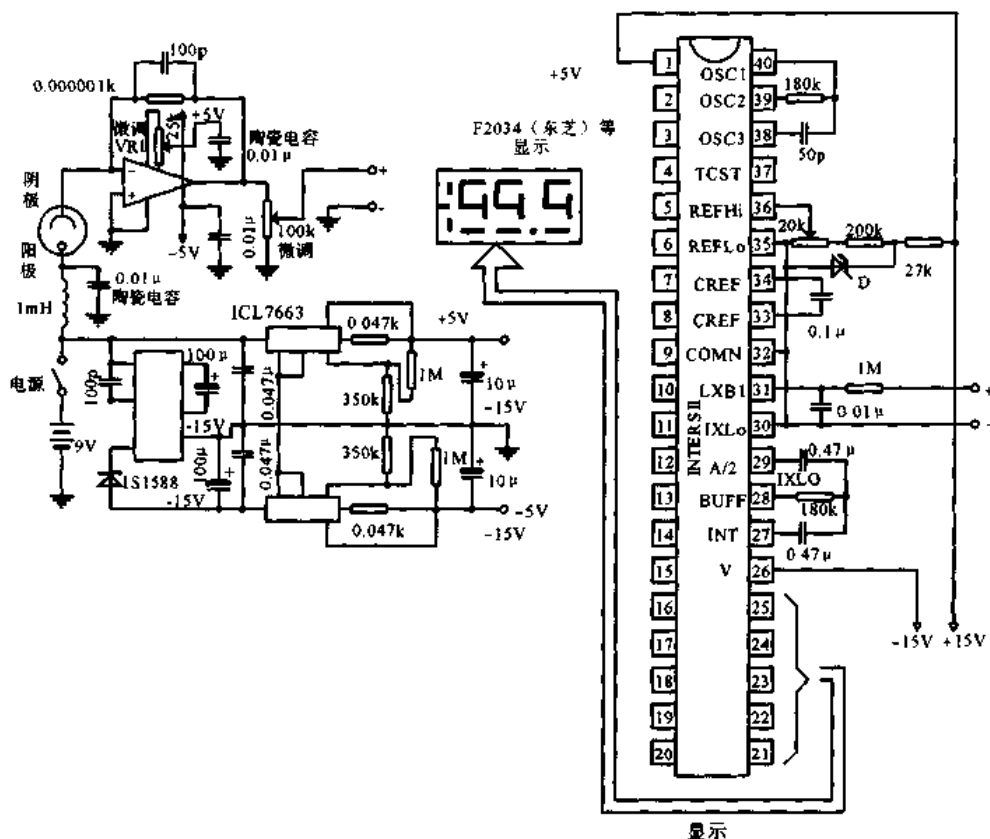
#### 传感器电路

用响应范围在紫外线区(185~350nm)的紫外线传感器设计一种简易型紫外线照度计。它可用来确定杀菌灯的效率,也可用作日光浴的日照计。

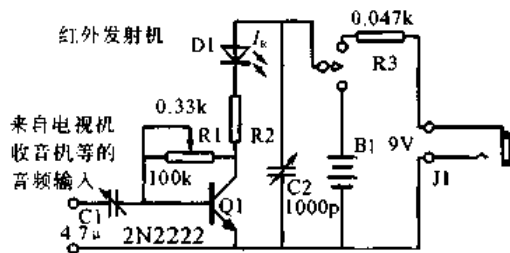
电路是袖珍型的,一节9V干电池可连续工作300h以上。紫外线传感器输出为电流,用运算放大器作I-V转换

后,输出电压用3.5位LCD表示。该型号的光电管是小型的,因此,加9V电压就能获得相当良好的线性。用波长为253.7nm的水银灯光谱测得其输出电流灵敏度平均为 $20\text{nA}/\mu\text{W}$ 。

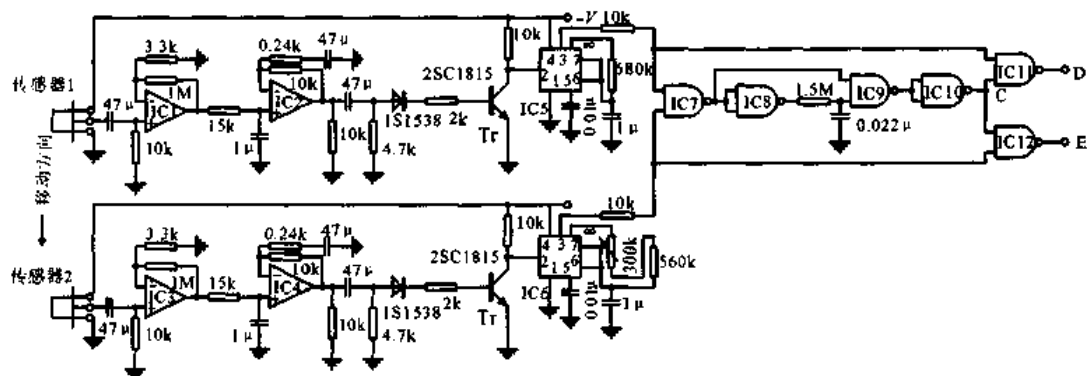
校正时,可调节VR1,让253.7nm的人射光为 $1\mu\text{W}$ 时输出为200mV。另外,还要进行失调调整,使电路在无光照时输出为零安。



**13.9 红外温度计控制电路** 热电传感器是一种在红外光照射下元件温度发生变化,从而使表面极化,电荷失去平衡,并将失衡引起的电荷变化量以电压或电流形式输出的传感器。用热电型传感器测量温度时,必须以某种形式将来自物体的红外光断续地照射到传感器上。当被测物体处于静止状态时,传感器的前面必须安装截光器。在这种测温系统中,传感器检测的是被测物和截光器的温差,被测发热体的温度可通过加法运算加上截光器的温度求得。



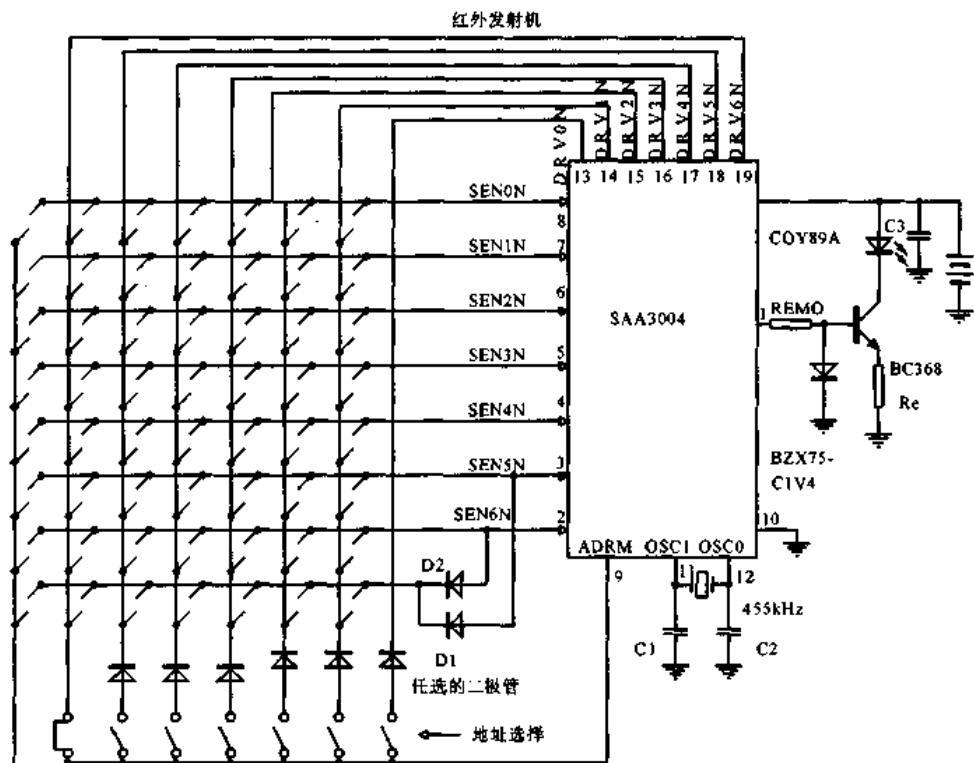
**13.10 红外发射/接收机** 图中所示的这种极简单的单管红外发射机, 利用红外光束发射来自任何  $8\Omega$  或  $16\Omega$  负载的音频信号源(例如电视机、收音机或磁带录音机)的声音。当有音频信号输入时 Q1 导通, D1 工作, 这样就可以发射受音频信号控制的红外光线, 当开关打到另一挡时, 还可做接收机用。



**13.11 红外传感器电路** 用热电型红外线传感器来判别比较接近发热物体的方向或人的移动方向。传感器采用 2 个单一型元件(IRA-E001SX 或 IRA-F001SX)。其后分别接有信号处理电路。信号处理电路由两级放大电路(IC1~IC2、IC3~IC4)和波形处理电路(Tr、IC5、IC6)组成。信号处理后由逻辑电路进行判别处理, 其中作定时用的 IC5 和 IC6 的动作时间应尽可能一致, 所以, 在 IC6 处接了一个  $300k\Omega$  的电位器。

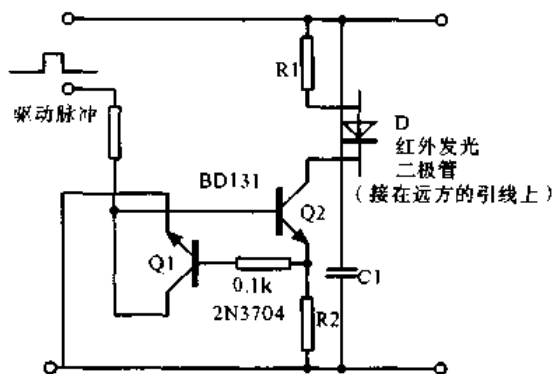
### 13.12 红外发射机

发射机键盘排列成一个扫描矩阵, 矩阵由 7 个驱动器输出端和 7 个检测输入端组成。驱动器输出端 DRV0N~DRV6N 是源极开路的 n 沟道晶体管, 它们在以备用方式工作时是导通的。7 个检测输入端能产生 56 个命令码。在采用 2 只外部二极管时, 所有 64 个命令码都是可以寻址的。检测输入端具有 p 沟道上拉晶体管,



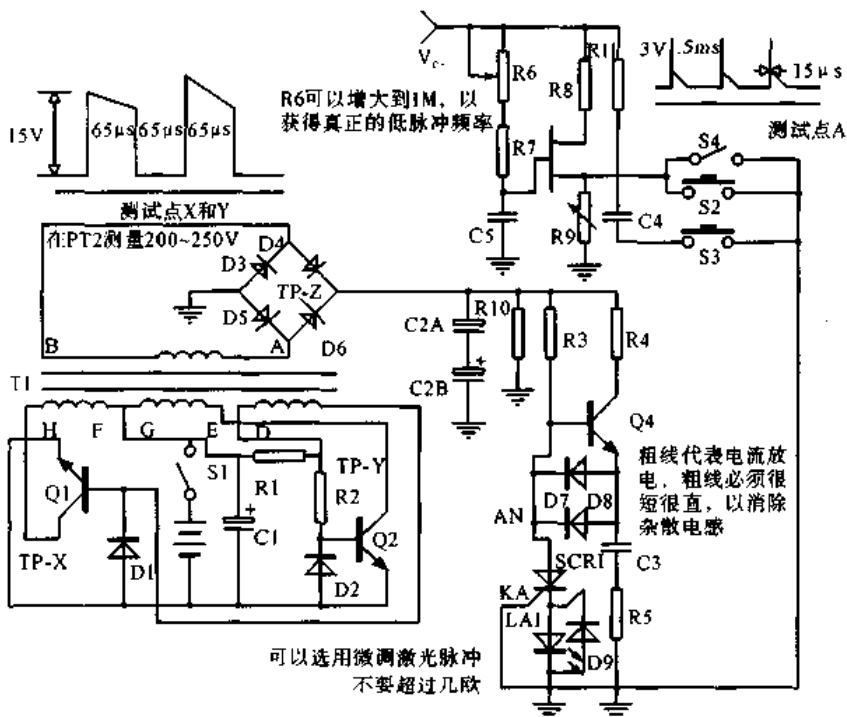
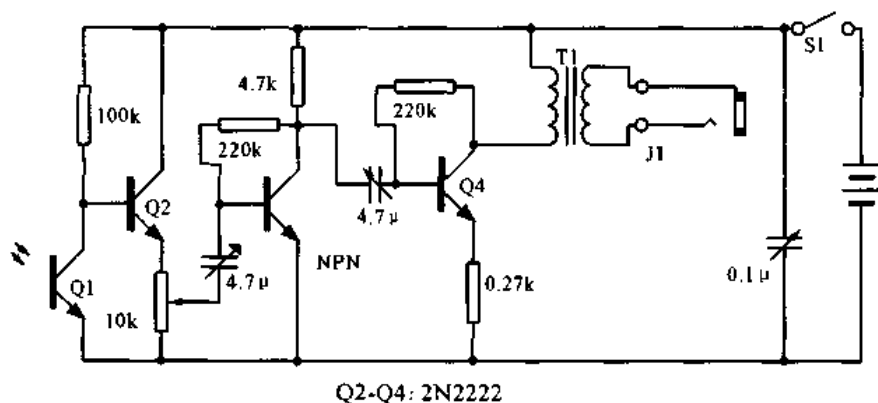
所以它们都处于高电平, 直到压下按钮, 将它们连接到一输出端而处于低电平, 开始传输命令码为止。





**13.16 脉冲红外发光二极管驱动器** Q1 和 Q2 组成一个恒定驱动器，其电流由 R2 确定（在所示电路中，电流近似等于  $1/R2$ ，其数值大于 1A）。脉冲电流从 C1 取出，C1 在两个脉冲间隔时间内通过 R1 重新充电。C1 的值根据所需峰值电流的持续时间和幅度来确定。时间常数  $R1C1$  根据两个脉冲之间的持续时间来确定。

**13.17 红外接收机** 本电路由一只能对调幅的红外光源的强度作出反应的光电晶体管 Q1 和一个三级高增益音频放大器组成。变压器 T1 用来使红外接收机的输出阻抗与当今流行的低阻抗头戴式耳机相匹配。如果要使用一组  $1000 \sim 2000\Omega$  的电磁式（非晶体的）高阻抗耳机，就要去掉 T1，并在 T1 的初级绕组（ $1000\Omega$  绕组）处接上高阻抗耳机。

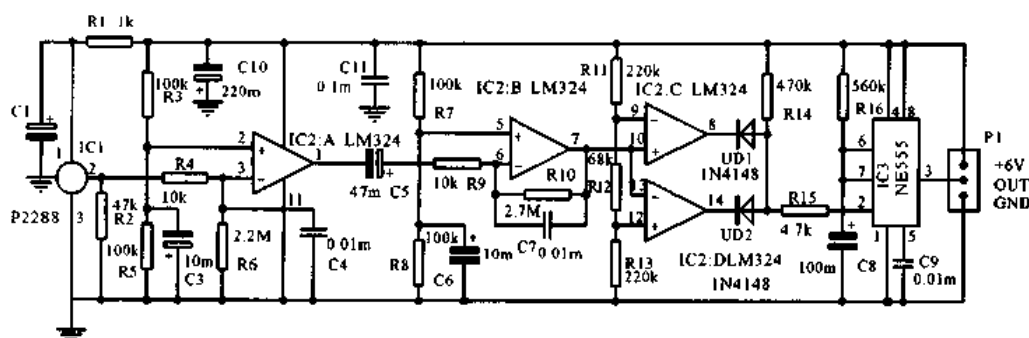
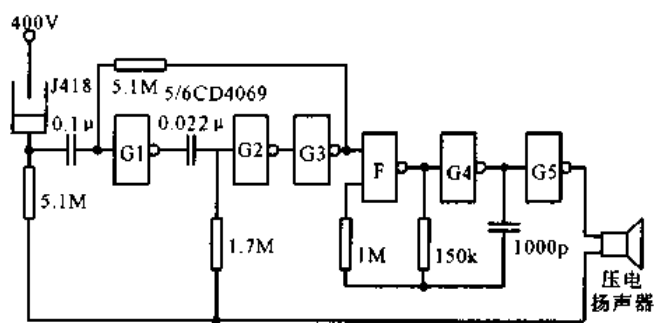


**13.18 不可见红外脉冲激光枪** 这一装置能产生频率可调的中小功率不可见红外脉冲，必须谨慎处置。

由 Q1、Q2 和 T1 组成的变换器电路使便携式电池组升压  $200 \sim 300V$ ，连接到基极的 2 只二极管为基极驱动电流提供返回通路。T1 次级上的升高的方波电压经过整流后，在 C2 上被积分，为红外脉冲发射电路提供电压。R6、R7、C5 与场效应管组成振荡电路，振荡频率可通过 R6 进行调节，其输出通过换挡开关加到可控硅控制端，从而控制红外脉冲的发射。

**13.19 射线检测电路** 射线检测电路, 主要采用 J418 云母型“窗式”卤素计数管作为检测探头、6 反相器 G1 ~ G5 (5/6CD4069) 和输入端 4“与非”门 F (1/4CD4011) 等构成。其中 F、G4 组成振荡器。输出 3kHz 音频信号。

注意: 若是小剂量射线射入时, 扬声器仅发出断续声响, 每次响声时间为 80ms; 若是剂量较大 (超过 1mL/h) 时, 则响声延续较长时间。



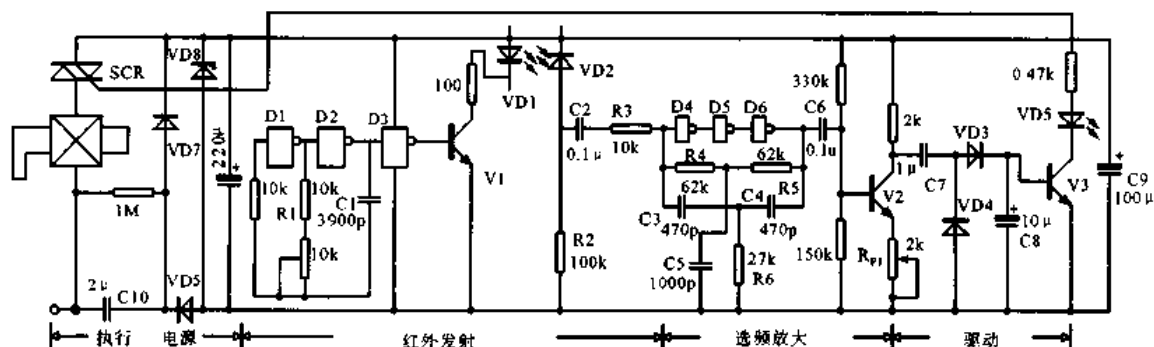
**13.20 热释电红外线传感器在人体探测器中的应用电路** 它主要由传感器、高、低通放大器, 电压比较器和延迟电路组成。

P2288 ①脚接正电源, ②脚输出正弦波信号 (送至高、低通放大器), ③脚接地。其检测区域呈球形, 检测角为 84°, 检测距离 12 ~ 15m, 所接收的红外线波长为 6 ~ 14μm, 工作电压为直流 3 ~ 15V。

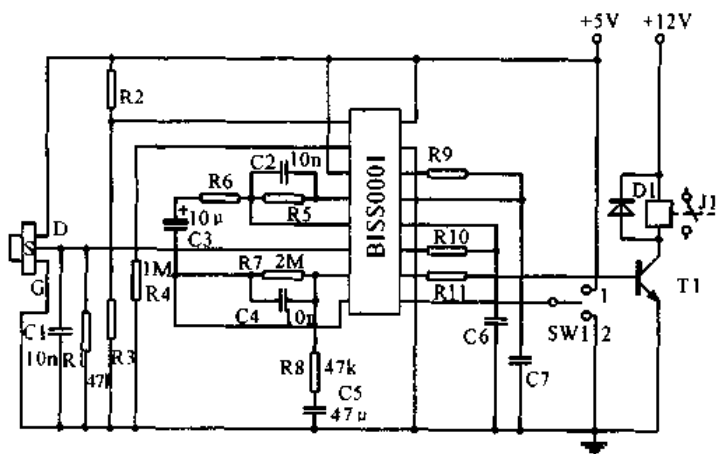
IC2 使用廉价的通用四运放 LM324, 用其中的 2 个组成高、低通放大器, 另外 2 个作电压比较器。2 级高、低通放大器的结构是相同的, 一般要求放大器总增益不小于 65dB, 在有效频率范围内, 响应曲线要平坦。放大器的增益由 R6 和 R4 (或 R10 和 R9) 的比值决定。IC2 的 C、D 组成电压比较器。无论在信号正、负半周均有低电平输出, 以便控制延迟电路。

延迟时间由这 2 个元件值决定, 即:  $t = 1.1RC$ 。

按图中给出的元件值, 延迟时间约为 60s。改变 R16 或 C8 的值, 可改变延迟时间。



**13.21 红外自动水龙头电路** 电路为由 6 反相器 D1 ~ D6 (CD4069) 等构成的红外自动水龙头电路。电路由红外发射、红外接收、选频放大、驱动、电源及执行等部分组成。当有反射物 (如人体或物体) 接近水龙头时, VD2 接收信号通过选频放大后, 提供驱动信号, V3 导通, 控制可控硅启动, 水龙头开启。

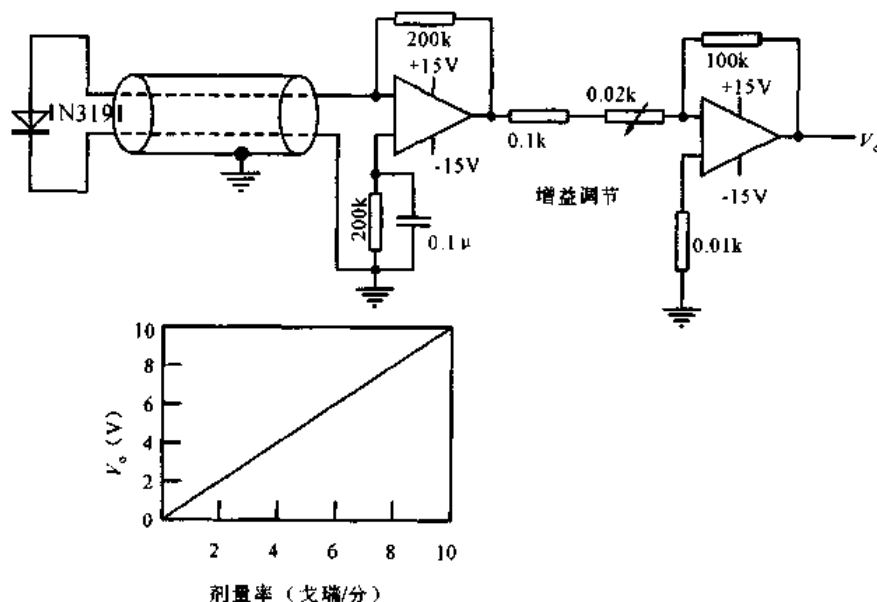


### 13.22 红外传感器信号处理器 BISS0001

**应用电路** 热释电红外传感器输出的信号由 BISS0001 中的 OP1 前置放大后, 由 C3 耦合给 OP2 进行第二级放大, 再经由电压比较器构成的双向鉴幅器处理后, 输出有效触发信号去启动延迟时间定时器。输出信号经晶体管 T1 驱动继电器去接通负载。R3 为光敏电阻, 用来检测环境照度。当这一被动式红外开关用于照明控制时, 若环境较亮, R3 的电阻值会降低, 封锁触发信号, 节省照明用电。若应用于其他方面, 则可用遮光物将其罩住而不受环境影响。

### 13.23 辐射剂量率计

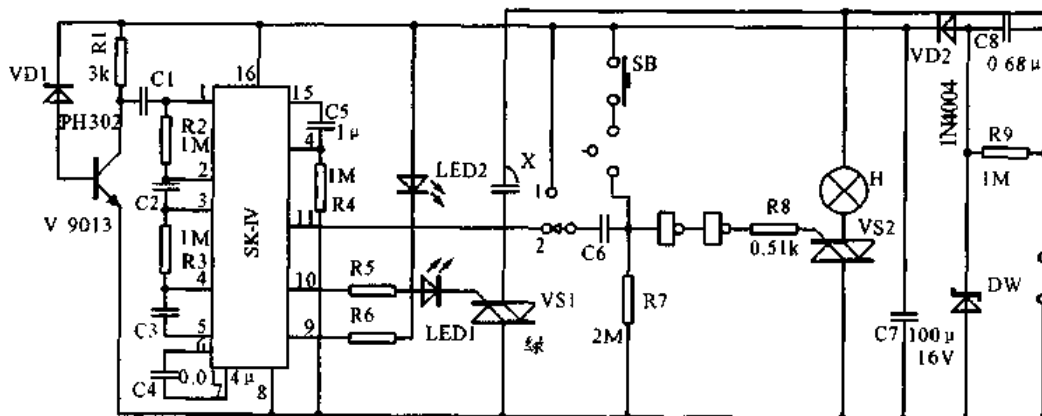
高精度的辐射监视器的检测元件是一个普通的工业用的二极管。低漂移的场效应晶体管输入运算放大器把检测出的电流放大到一个可用的电平。将增益调节到输出电压是人射强度(拉德/分钟)的 1%。这样在三位半数字电压上显示这个电压, 就可以直接读出辐射量率。



### 13.24 红外

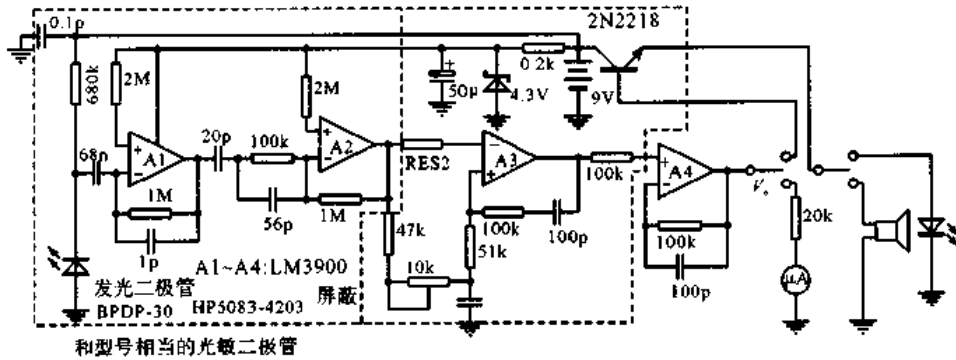
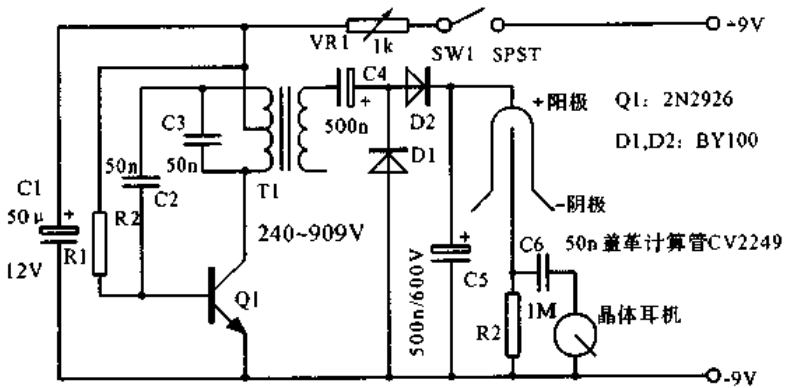
**遥控双功能插座** 使用任何红外遥控器均可控制插入该插座中的家用电器, 使之处于工作状态。另外可提供一路延时输出。

在电路



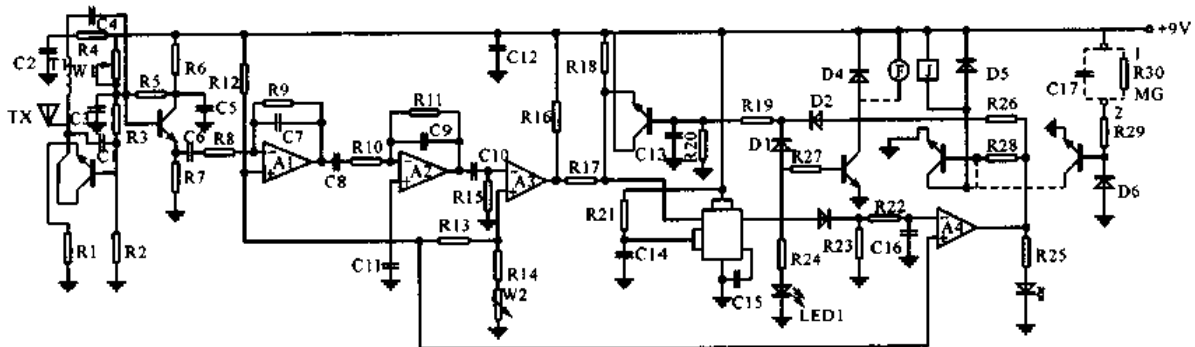
图中主要采用了一块声控集成电路 SK-IV, 这是一块抗干扰性能较强的声控 IC。当遥控时, 由红外接收管 VD1 接收, 经 V 放大通过 C1, 送入到 SK-IV 中去。SK-IV 第①、②脚及③、④脚内部为 2 个反相器, 图中接成放大形式, 对信号进一步放大, 再经 C3 送到后级。本电路简单易制, 只要安装无误, 无需调试即可正确使用。

**13.25 盖革计数器** 盖革计数管需要一个高压电源,这个电源由 Q1 和与它相连接的一些元件组成。其中,变压器是反向使用的,次级是一个哈特莱振荡器, R1 给 Q1 提供基极偏置电压。D1、D2、C4 和 C5 构成了一个电压倍增器。因为在一定电压范围内,听到的喀喀声将是连续的蜂音,因此,应当仔细调整 VR1, 使每一个喀喀声听起来都很清晰悦耳为止。



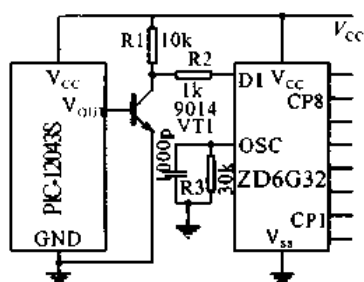
**13.26 宽频带辐射监视器** 用一个大面积的光敏二极管和四运算放大器就可以构成一个灵敏的辐射监视器。用聚酯薄膜代替光敏二极管的玻璃窗口,这样屏蔽住了光和红外能量,而使它能对如  $\alpha$  和  $\beta$  粒子及  $\gamma$  射线等一些核粒子辐射产生响应。A4 对 A3 的输出进行积分。在积分网络中用了—个电容,以便能够驱动一个小喇叭(输出信号为 50Hz)或者发光二极管。

和红外能量,而使它能对如  $\alpha$  和  $\beta$  粒子及  $\gamma$  射线等一些核粒子辐射产生响应。A4 对 A3 的输出进行积分。在积分网络中用了—个电容,以便能够驱动一个小喇叭(输出信号为 50Hz)或者发光二极管。



**13.27 SX-6 型人体感应开关** 以 T1 为中心组成的微波单元产生 1000MHz 以上的振荡信号,并通过天线辐射到周围空间,形成微波电磁场。当人体等导电物体在微波场中运动时,改变了微波场强的分布,这个扰动信号也通过天线被接收,从而改变 T1 的工作状态(振荡频率、相位、幅度等产生变化),使 T1 输出端的直流工作点也产生相应的波动,这个随物体运动而波动的信号经 C4 耦合到后级进行放大和处理。

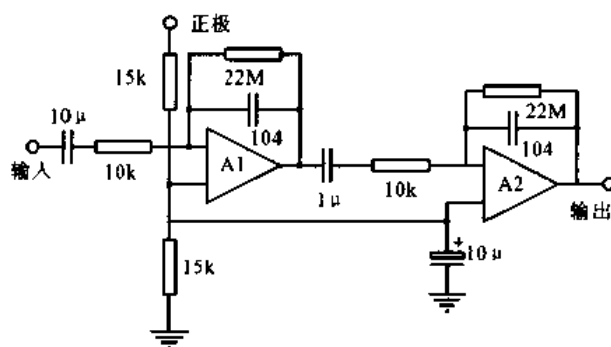
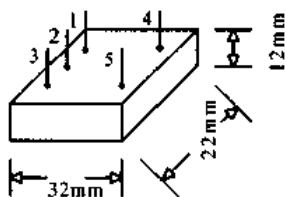
微波振荡频率  $f_1$  选在 1000MHz 以上,可以避免与电视广播、无线通讯等信号相互干扰。波动信号频率  $f_2$  约在 0.2 ~ 15Hz 范围内,既涵盖了人体全部运动的频率,又能避免电网、电扇运动等的干扰。



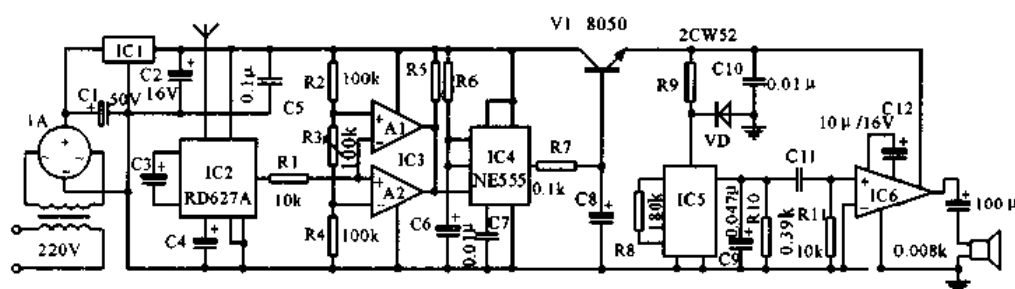
**13.28 微型红外接收模块 PIC-12043S** 此电路为通用的红外遥控接收电路, 当其接收到红外线后,  $V_{out}$  输出高电平, 使 VT1 导通, D1 端产生控制信号给 ZD6G32, 其中 ZD6G32 芯片为解码器, 它具有八路输出控制口 (CP1 ~ CP8)。

### 13.29 微波感应模块

模块采用微型外壳封装, 第①脚: 信号输出端, 用以输出变化的信号, 供外电路放大和处理; 第②脚: 电源负极; 第③脚: 电源正极, 供电电压为  $(12 \pm 1) V$ ; 第④、⑤脚: 外接天线端。



模块设计有两种接法: 1) 环形天线; 2) 鞭状天线。这里由 LM358 或 1/2LM324 组成了两级高增益放大电路 A1、A2。A2 放大级可以提供 6V 以上宽电压范围的摆动值输出, 此电压可以用来进行比较输出来直接带动负载。通过控制比较器的电压阈值可以用模块制成感应控制开关、安全防护装置等。



**13.30 微波遥感型防触电语言告警装置** 它主要由微波发射及探测、信号比较及触发、单稳延时、语音、集成功

放和电源电路等部分组成。

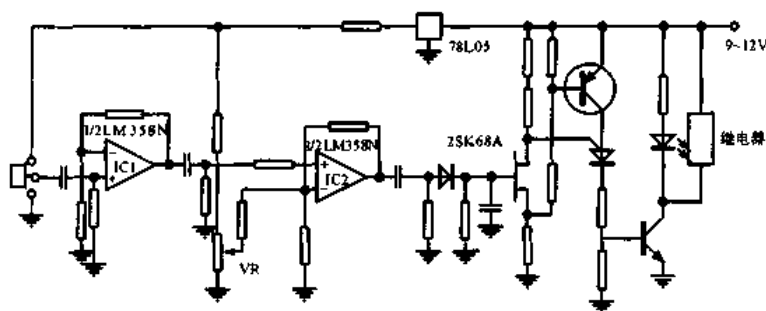
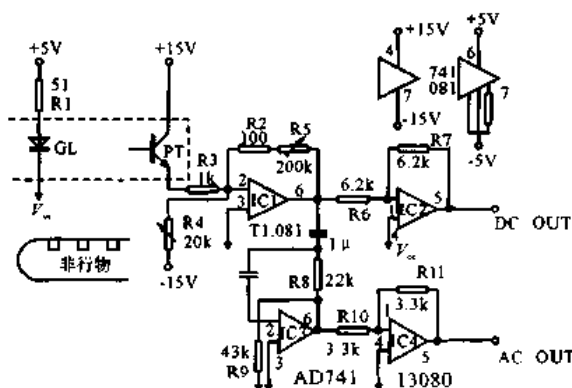
IC2 为 RD627A 多普勒传感模块, 它内部由振荡器、微波发射、多普勒接收和放大、检波、限幅输出等电路组成。接通电源后, 经外接天线向周围空间发射微波信号, 构成一个微波探测空间。当人体在该区域内走动时, 其反射回来的微波信号与发射信号产生频移, 该频移信号经 IC2 进行检测、放大、限幅等一系列处理后, 在第⑦脚输出一个和人体移动相应的直流电平。该信号电平随人体移动的远近而变化, 静态时, IC2 回收不到频移信号, 第⑦脚输出电压为 1/2 电源电压 (即静态输出为 6V); 动态时, 人体离天线愈近, 第⑦脚电平的变化幅度就愈大。

## 第十四章

### 光电、光纤传感器电路

光电传感器以发光管为光源,光敏管为接收器,输出信号以脉冲信号为主。光纤传感器以光纤作为敏感元件或信号传输途径,具有耐恶劣环境、抗干扰等优点。光电及光纤传感器是应用范围非常广泛的传感器,本章介绍了其测量温度、位移、压力、速度、加速度等参量的应用电路。

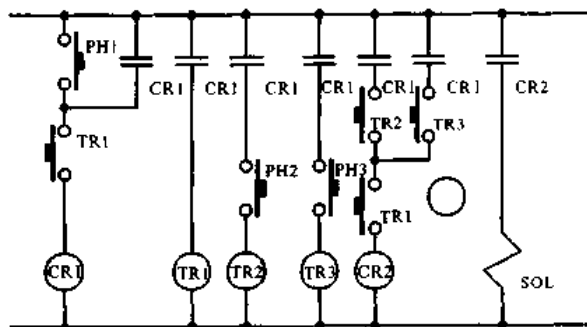
**14.1 光电脉冲检测飞行物射出速度检测电路** GL 发出的光,被飞行物测痕透光纸反射进入光敏二极管 PT,引起 PT 光电流大小发生变化,进而得到脉冲信号。用 R3、R6、R10 调整各 IC 的输入电阻,R2、R5、R7、R11 是各 IC 的负反馈电阻,R5 用于 IC1 的增益调整。为了便于远程计量,使用了 IC4 及 IC2 两个功率运放来降低输入阻抗,分别取得 DC、AC 输出。

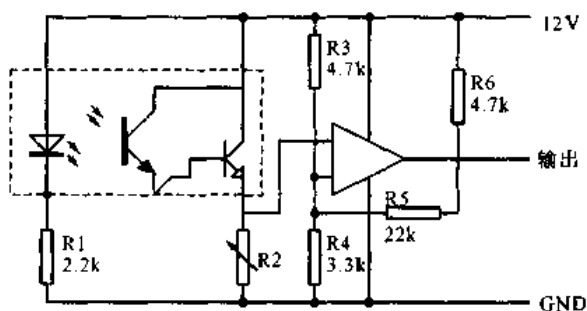


**14.2 机械动作范围内人体检测电路**

该电路为检测人体用的简便电路,用 LM358N 运算放大器进行初级放大,通过二级低频滤波器(用 VR 将 5~6Hz 调到基准)加以输出,使 2.2μF 的电容器充电,启动 FET,继而使继电器工作。输出脉冲的宽度,由电容器的放电电阻决定。为了使放大器不受继电器启闭的影响,使用了 78L05 将 LM358N 与电源分离。

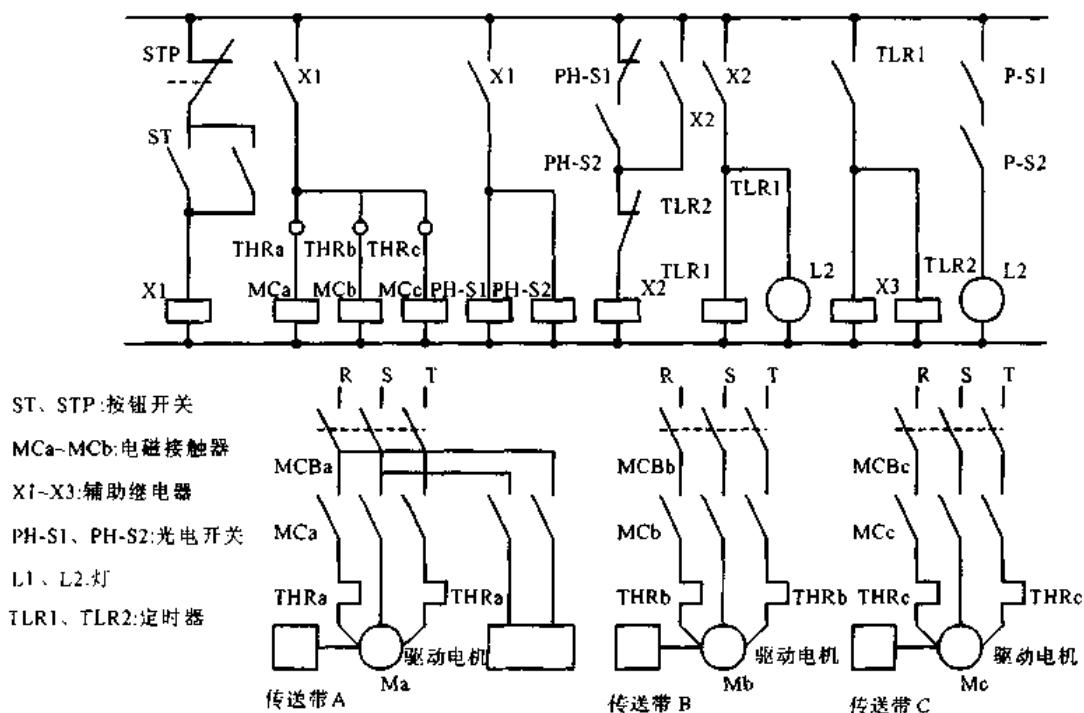
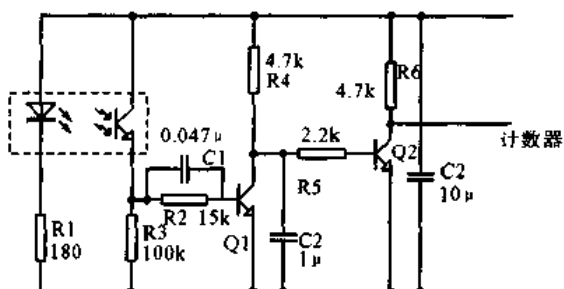
**14.3 判别有无标记电路** 图为检测产品上所贴标记位置精度的检测电路。PH1 用于检测产品,有产品时 PH1 断开,CR1 停止工作,PH2、PH3 开始工作,开始时间由定时器 TR2、TR3 设定。若标记有错动,PH2 或 PH3 就有可能检测不到标记,使 TR2 或 TR3 继续工作,产品被甩出。





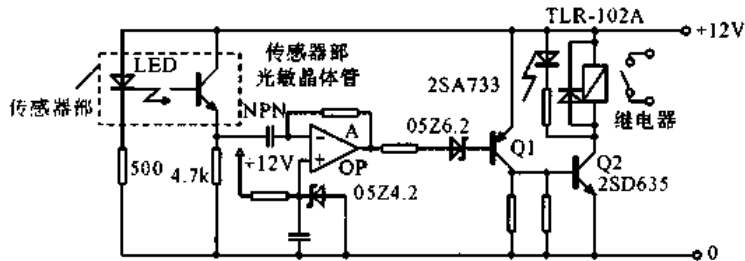
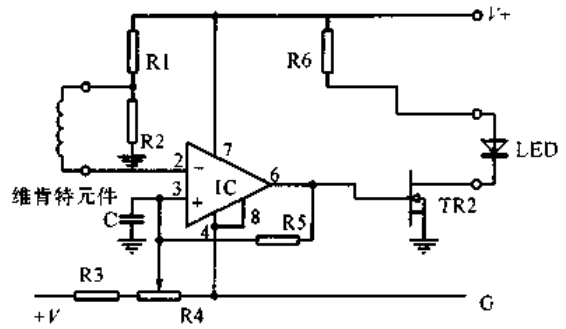
**14.4 薄型物体的有无判别检测电路** 图中 R2 的两端电压为：没有物体时呈高电位，有检测物体时呈低电位。将其输入到后级比较电路，可将物体的有无转换成电信号。由于 R5 在比较器电路中呈正反馈，使其具有一定的滞后（防止震颤）。该电路在有检测物时，输出呈高电位。

**14.5 连续流动脉记检测电路** 图中，当检测物通过传感器时，传感器检测出的反射光，使电阻 R2 的两端电压呈高电位状态。光传感器的输出电压，经过电容器 C1 和电阻 R3 组成微分电路、Q1 组成的放大电路、电阻 R4 和电容 C2 组成的积分电路、Q2 组成的输出电路进行输出，该输出与光传感器的输出是同相位的高电位输出。



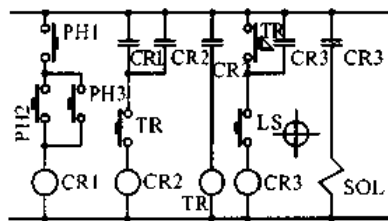
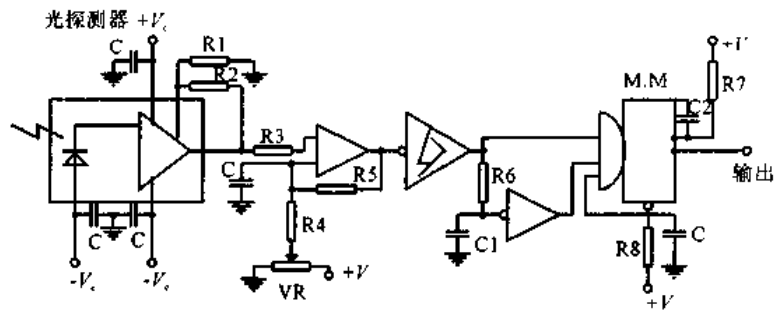
**14.6 光电开关判别传送带产品形状控制电路** 图为光电开关判别传送带产品形状装置的控制电路。按动开关 ST，辅助继电器 X1 工作，电磁接触器 MCa, MCb, MCc 进入工作状态，驱动 Ma, Mb, Mc。传送带 A 上的产品被输送，开关 PH-S1 与 PH-S2 都工作，L1 灯亮，表示是产品 1，X2 不工作，产品 1 被送到传送带 B 上。当传送带 A 的产品 2 流过时，因产品形状不同，只有 PH-S2 工作，X2 工作，指示灯 L2 亮，TLR1 工作，TLR2 工作，产品 2 被压板推动到传送带 C 上被分离出来，X2 复位后，X3 也复位，压板返回原位置。

**14.7 光纤检测雨量电路** 降雨量达到 0.5mm 时,雨水自接水器注入翻转体使其翻转后排出,安在翻转体上的磁铁横断维肯特元件,产生瞬时的脉冲,经 IC 进行电量放大后,驱动 LED 发光,并通过光纤将光传输到接收机。LED 的驱动电路功率为 1.8mW,可用太阳能电池作为电源。



**14.8 光电耦合器检测织布机断线信号处理电路** 图中,由 LED 和光敏晶体管组成传感器,产生的信号用交流放大器 A 适当地进行放大,通过 Q1、Q2 驱动继电器,将必要的报警信号和工作信号传给织布机,进行相应的控制动作。

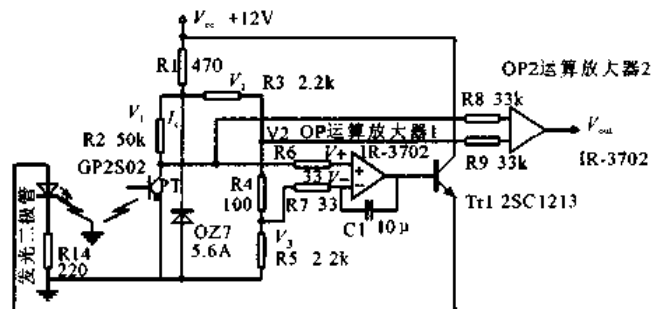
**14.9 光纤测振检测电路** 图中,光探测器内部装有放大器,由探头引过来的物体反射光被光敏器件转换成电压,经过放大,多数被比较器整形形成方波,通过施密特触发器 (S.T) 和非门 (NOR),用 C1、R6 延迟 S.T 输出的波形,被 AND 输入,送入单稳态多谐振荡器 (M.M) 触发而产生输出。

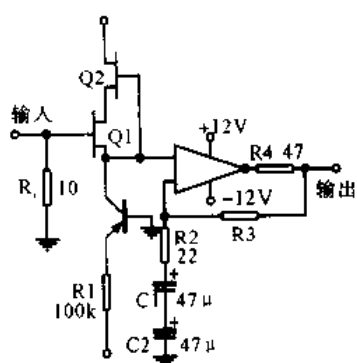


**14.10 自动贴标机的标记判别装置电路** 该电路中 PH1 用于检测产品,PH2 和 PH3 用于检测标记,LS 在设备的一个周期内由凸轮接通和断开。PH1 在检测出产品时接接触点,PH2 和 PH3 在检测出标记时触点断开。因而当 PH1 检测出产品时,若 PH2、PH3 也检测出标记,由于 PH2 和 PH3 的触点都断开,CR1 不工作;若 PH2、PH3 双方或其中一方未检测出标记,触点不断开,CR1 工作。

#### 14.11 反射型光断续器检测标记读出电路

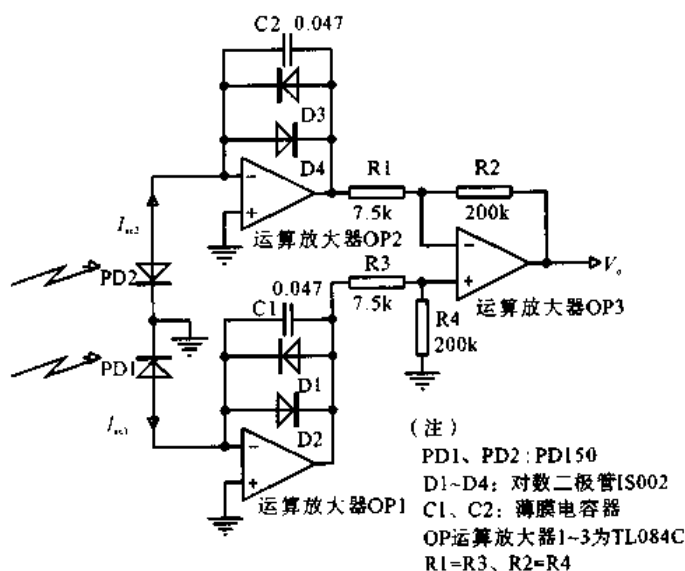
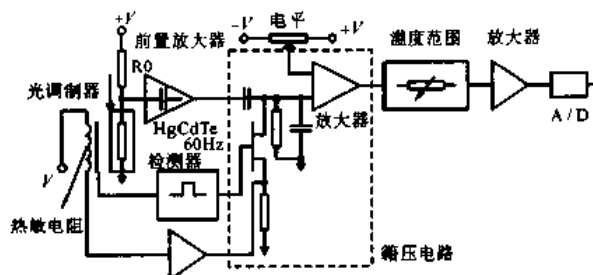
图为检测卡片上断续标记的读出电路。当标记快速移动时,比较器 OP2 有数字化信号脉冲输出,供逻辑电路处理。当传感器处于卡片空格部分时,由空格部分反射的光,使 PT 流过光电流  $I_L$ ,集电极的电压  $V_L$  下降,放大器处于反馈状态,  $V_{out}$  为高电平。当传感器横穿标记时,由于 C1 在放大器 1 上形成的另一个反馈的作用,发光二极管的发光变化跟不上标记反光量的变化,此时放大器 2 工作,产生脉冲输出。





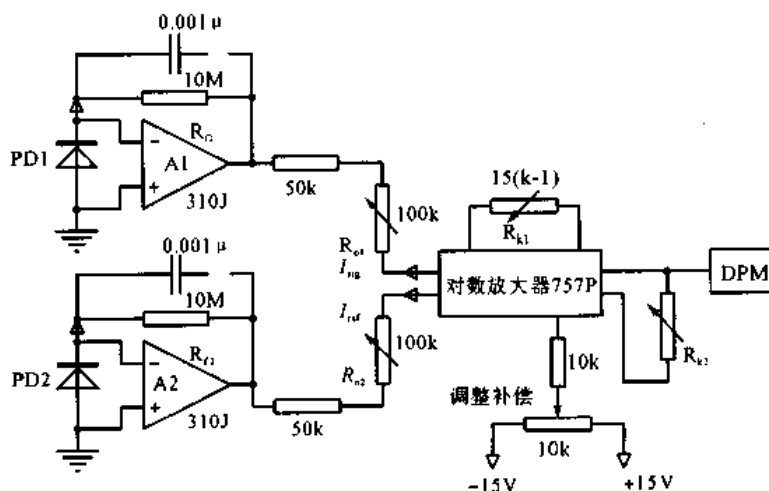
**14.13 红外线二维温度分布检测电路** 用检测器之前的光调制器阻断输入能,把此时的值作为基准,并用热敏电阻修正因光调制器的温度变化而带来的基准值的变化。

**14.12 热电传感器红外检测电路** 因红外线照射而产生的传感器元件表面的电荷变化,用电压或电流进行放大。由于前者的灵敏度和 S/N 优越,故一般采用电压放大。由于传感器的电阻高,负载电阻也使用高阻值,故 J-FET 要选用栅电流十分低、噪声小的产品。



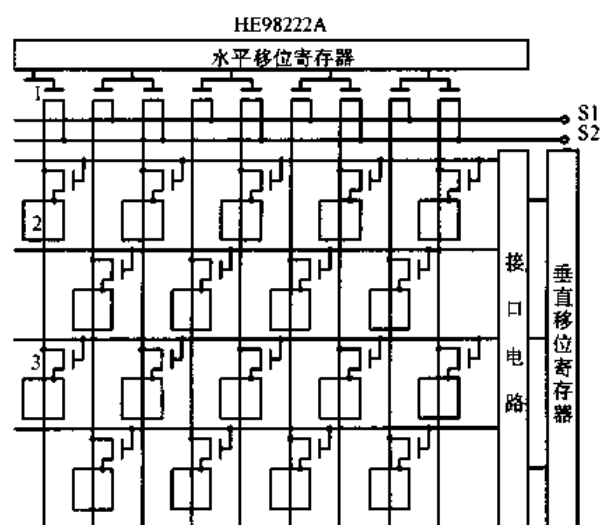
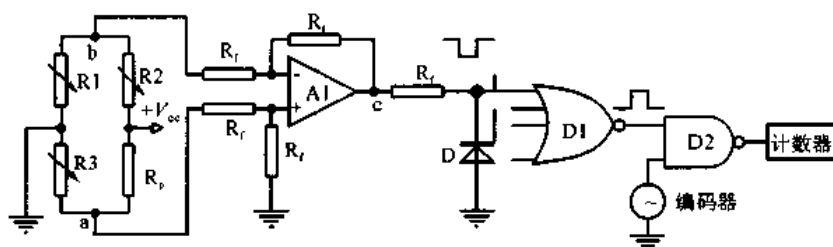
**14.14 彩色传感器应用电路** 图中 PD2、PD1 构成半导体颜色传感器,将光电二极管 PD1、PD2 的短路电流用对数二极管 D2、D4 转换成对数压缩的电压,经 OP3 构成的比较器,得到颜色信号的输出电压  $V_0$ 。

**14.15 光电二极管污染气体 ( $\text{NO}_2$ ) 检测电路** 图中,PD1、PD2 为同一规格的紫外线范围用光电二极管, A1, A2 为低偏压输入电流运放(最大偏压电流为  $10^{-14}\text{A}$ )。PD1, PD2 的输出电流与光强成正比,二者放大后的电流  $I_{u1}$ 、 $I_{u2}$  加在对数放大器 757P 的两输入端,其输出电压  $E$  与所测气体浓度成正比,根据气体浓度调整比例因数,并在 DPM 上反映出来。



#### 14.16 多光传感器布氏硬度检测电路

图中  $R_p$  为 Cbs 光电器件，其电阻随试料的移动呈低—高—低阻值的变化，产生输出信号运放 A1 构成比较电路， $R_p$  的变化导致比较器输出为高—低—高电压的变化，经 D1 与 D 构成的 NOR 选通器，加到 D2 选通器上，D2 把来自编码器的脉冲，在 D1 选通信号期间进行计数，即可得到试料压痕径的数字测定。

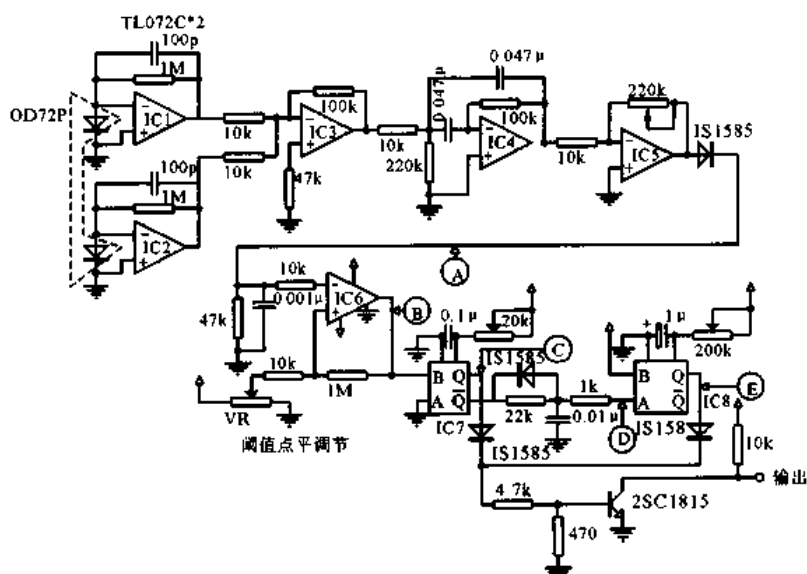


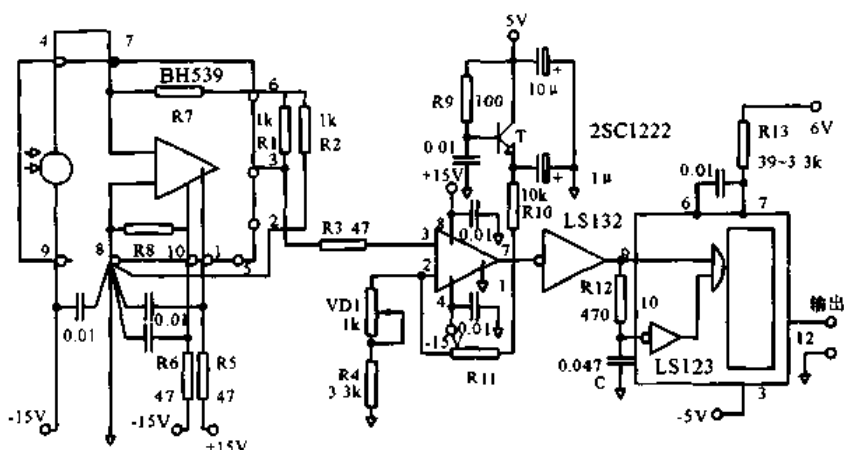
1 水平MOS开关、2.光电二极管、3.垂直MOS开关

**14.17 HE98222A 电路** 图中 HE98222A 为日本日立制作所研制的 MOS 型高析像清晰度单色传感器，该元件的像素配置的奇数行与偶数行采用偏离半图像间距水平扫描方向，为了同时读出 2 行而采用隔行扫描，从而把 2 行的信号构成 1 个水平期间的图像信号。而偶数行从奇数行获得信息，故可获得调准型配置 2 倍的水平析像清晰度。

#### 14.18 光电传感器受光电路

图为光电二极管受光电路。OD72P 型的两个受光器的灵敏度平衡度高度平衡。IC1 和 IC2 的反馈电阻用高精度的金属膜电阻，反馈电容限制响应速度，其值决定于噪声滤波器的作用。IC3 是加法电路。IC6 是零交叉比较电路。IC7 和 IC8(4528) 是单稳态多谐振荡器电路的 IC，最后可检测复杂形状的物体，可获得高精度计数。

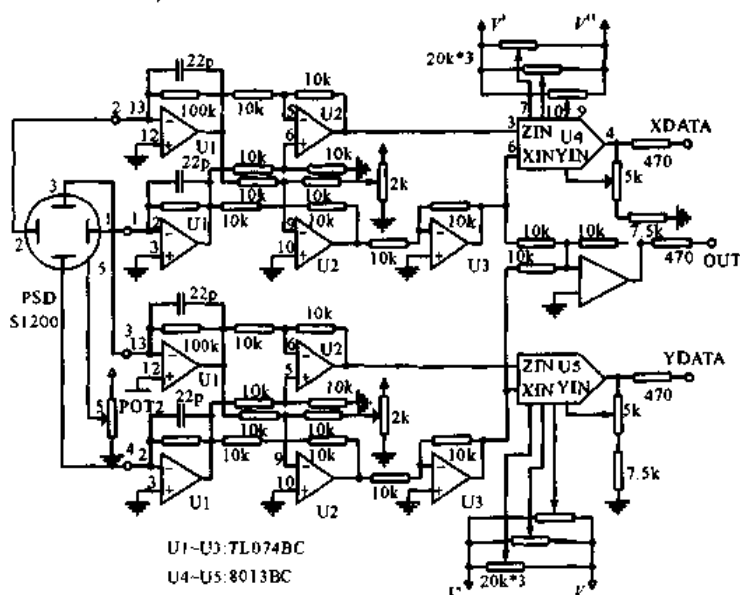
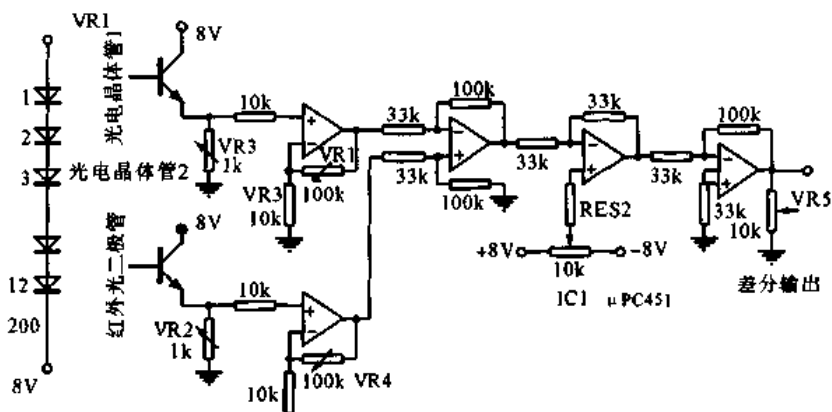




**14.19 反射型光纤传感器电路** 图中光电转换/放大电路采用 HoneWell539 光检测器,其中光接收器用 PIN 光电二极管,跟放大器装在同一个管壳内。光探测器的受光面积为  $5\text{mm}^2$ , 灵敏度也因为内部装放大器而提高数倍,响应特性良好,灵敏度为  $60000\text{ V/W}(\lambda=0.9\mu\text{m})$ , 带宽为  $4\text{MHz}$ , 用外接电阻可调整放大幅值。

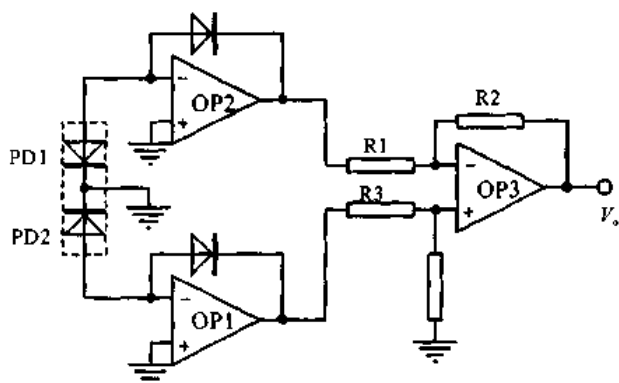
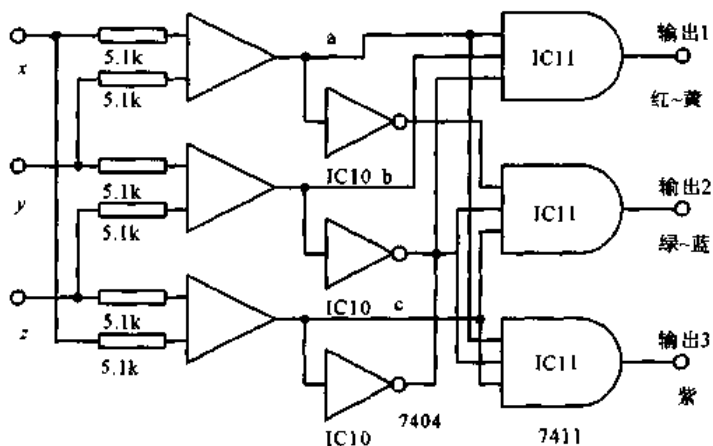
#### 14.20 光电晶体管接口电路

图为光学感应无人搬运车的反射磁带接口电路。光电晶体管的输出经初级放大后馈入到差动放大器,差动输出经调零电路导入输出缓冲器并输出。VR1 和 VR2 的左右两侧光输入作消除偏差的调整,由 VR3 和 VR4 调整增益,经差动放大后的调零电路,可将输出调节到任意电压,然后经输出缓冲器,用 VR5 调节最大输出,从而获得模拟偏移输出。



**14.21 PSD 电路** 图为表面有分割电阻层的 S1200 型 PSD 电路。为了与内部电阻较低的电流源相适应,初级前置放大器不仅要求为低偏置电流特性,还要求有小的输入噪声电压和偏置电压。作为信号源的 PSD,内部电阻应是其电路极的电阻值或小于这个值,跟前置放大器的反馈电阻成比例,通过前置放大器的正相输入供给偏压。模拟除法器应用小型单片结构,调整时需要 4 个可变电阻器。

**14.22 彩色识别电路** 图示彩色识别电路为彩色信号放大电路的后继电路,对于白色则有,  $x = y = z$ 。通过调整放大器的反馈电阻,可使识别电路的输出 1 为红~黄,输出 2 为绿~蓝,输出 3 为紫色。 $x, y, z$  大小不同,输出 1~3 的色彩变化也多种多样。

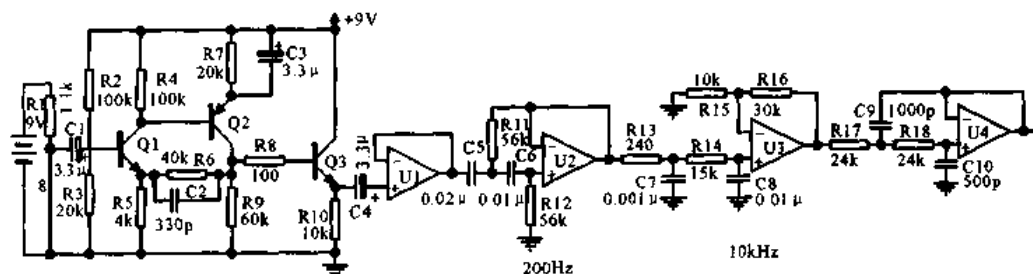
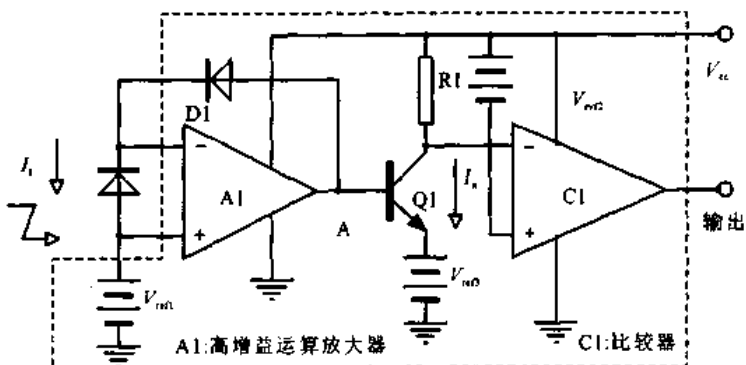


**14.23 色传感器信号处理电路** 图示为二极管和运放组合使用的对数处理电路。在二极管两端加上的电压和流过的电流间存在近似的对数关系,即 OP1、OP2 的输出分别跟  $\log I_{sc1}$ 、 $\log I_{sc2}$  成比例。OP3 取出它们的差,输出电压  $V_o$  如下:

$$V_o = C \log \frac{I_{sc1}}{I_{sc2}}$$

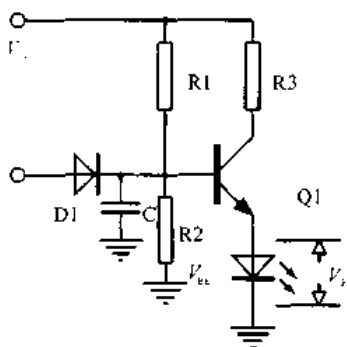
将图中的输出用 A/D 变换,即可判断出与电平相对应的波长(即颜色)。

**14.24 光电二极管直流放大电路** 电路中 D1 是光电二极管控制检测光电压压缩用的二极管,其产生作为压缩电压的测光用运算放大器的放大输出。 $V_{ref1}$  和  $V_{ref2}$  是偏置用基准电压。将运算放大器产生的压缩电压加到晶体管 Q1 的基极上,由于 Q1 的基极-发射极之间的电压、集电极电流按指数函数关系增大,故电流可能扩张。



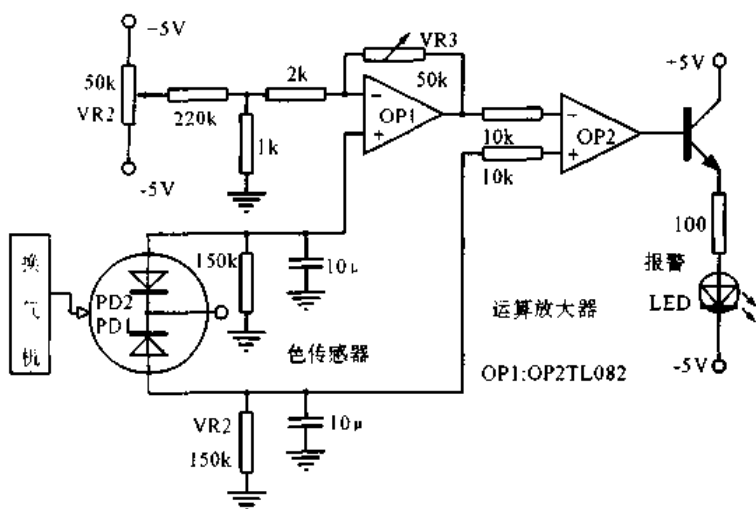
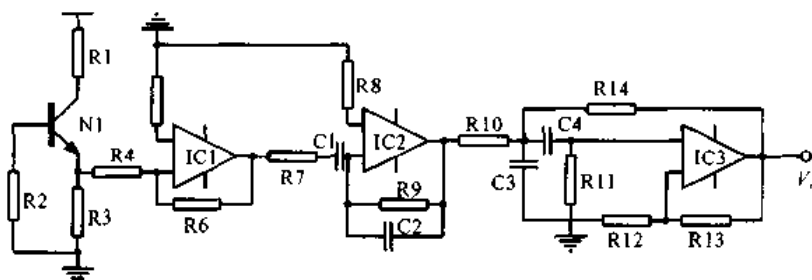
**14.25 FT-TR 光信号检测电路** 图示为 MCT 的检测电路, MCT 是在液氮温度 77K 环境下工

作的光电型探测器, Q1、Q2 构成前置放大器的直接耦合二级放大器,其增益反馈比为  $R_6/R_3$ , 因为进行了直流反馈,故电路十分稳定。C3 是提高 AC 开路增益电容器, Q3 是后级耦合用射随器, U2 为截止频率约为 200Hz 的二阶巴特沃兹高通滤波器, U3、U4 为 10kHz 的四阶巴特沃兹低通滤波器。



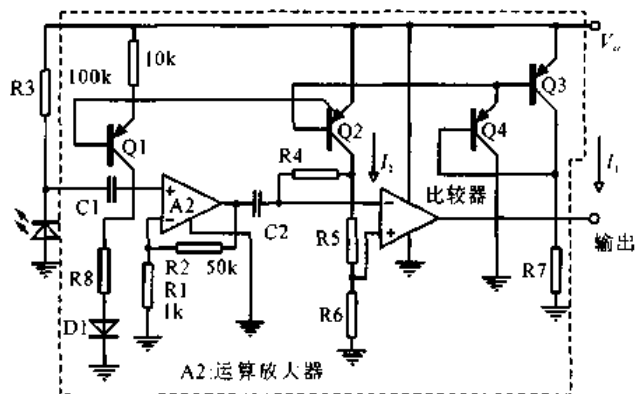
**14.26 峰值显示电路** 保持  $V_{CC}$  一定。通常,  $Q1$  断开, 给定  $R1$  和  $R2$ , 将不连续的交流输给  $D1$ 。由  $D1$  的输入电压满足  $V_{BE} + V_F$  时, 接通  $Q1$ , 使发光二极管工作, 便可进行一定电平之上的峰值检测显示。

**14.27 光接收电路** 图示为光接收电路, 由光电转换、放大及滤波三部分构成。 $N1$  为带基极引线的光敏三极管,  $R2$  是温度特性补偿电阻, 前置放大及高通滤波采用 LF353 集成双运放, 最后一级为精密带通滤波器, 其中心频率为光源的驱动频率。

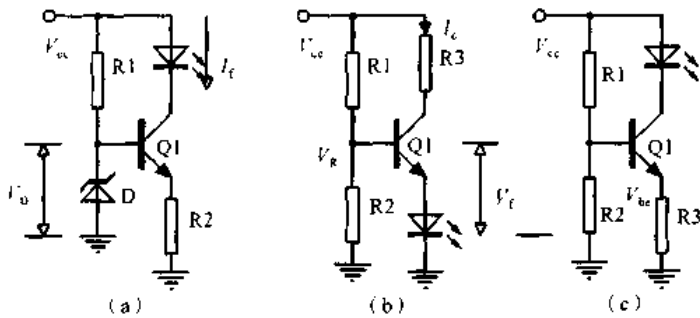
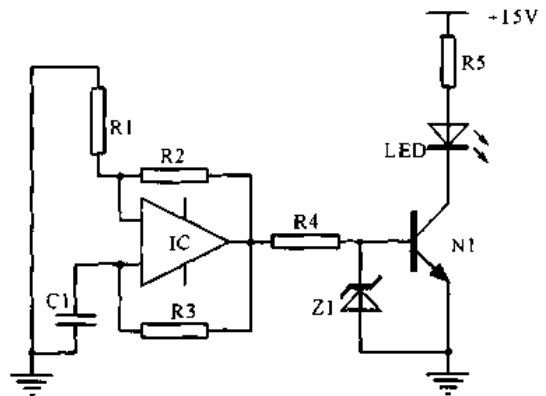


**14.28 用彩色传感器检测缺氧电路** 图示为彩色传感器的报警电路。图中彩色传感器  $PD1$ 、 $PD2$  的光电流通过负载电阻输出电压,  $VR1$  用于  $OP1$  的偏置调整,  $VR2$  用于补偿传感器的性能分散性,  $VR3$  给定发生报警的检测电平。

**14.29 光脉冲信号放大电路** 恒流源  $Q1$ 、电阻  $R8$ 、二极管  $D1$  构成工作偏置、给定用的基准电压电路。电容  $C1$ 、电阻  $R1$ 、 $R2$  和运放  $A2$  构成交流耦合放大器。放大后经电容  $C2$  交流耦合到比较器, 比较器的其他输入由恒流  $I_2$  和电阻  $R5$ 、 $R6$  确定的基准电压施加, 比较器的两个输入无信号时, 电阻  $R5$  的两端电压  $I_2 R_5$  有电位差, 在电位差以上, 放大器的光电流信号增加, 此时比较器输出倒转, 作信号输出。



**14.30 光源驱动电路** 图中,光源为半导体发光二极管。为使其发光稳定,采用了脉冲频率调制形式驱动,有利于接收电路的设计和消除外界光的干扰,电路的调制频率  $f_0 = 1000\text{Hz}$ 。



**14.31 恒流源驱动电路** (a) 图中在 Q1 的基极偏压上采用齐纳二极管作为恒压源,使基极电压保持恒定,这样集电极电流  $I_c \approx I_t$  一定,即:  $I_c \approx I_t = (V_D - V_{be}) / R_2$ ,故即使  $V_{cc}$  变化,而  $I_c = I_t$  一定,LED 亮度稳定。

(b) 图为降压检测电路, R3 为限流电阻,  $V_R$  为 R1 和 R2 的分压,当电路工作时,  $V_{be} \approx 0.7\text{V}$ ,  $V_t \approx 2\text{V}$ ,  $V_{cc}$  变化。基极电压  $V_b$  大于

2.7V, Q1 即可导通, LED 发光;若  $V_b$  小于 2.7V, LED 则不发光。由此可知,该电路有指示电压下降的功能。

(c) 图 LED 接到集电极上,由于  $V_{be}$  存在剩余电压,尽管  $V_{cc}$  电压减小, LED 发光仍设有明确的阈值。

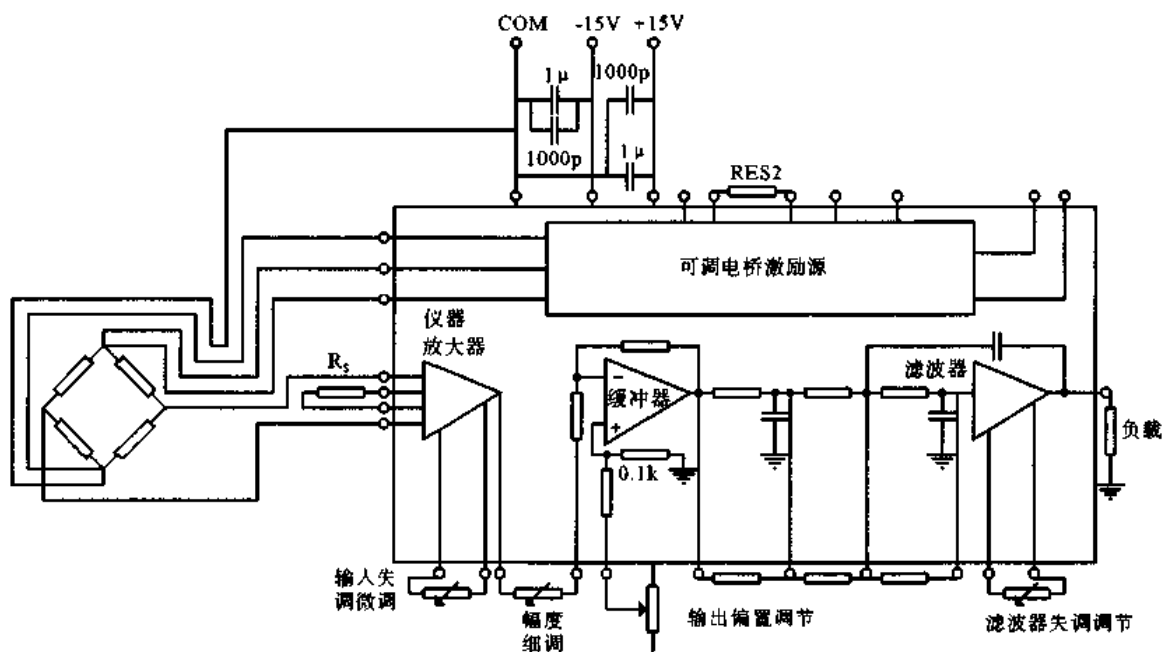
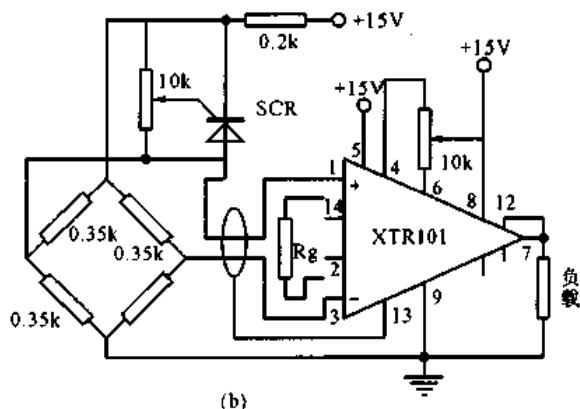
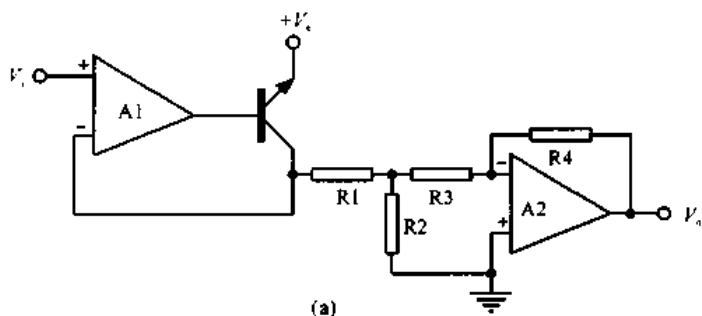


### 15.3 远距离传输电压电流变换电路

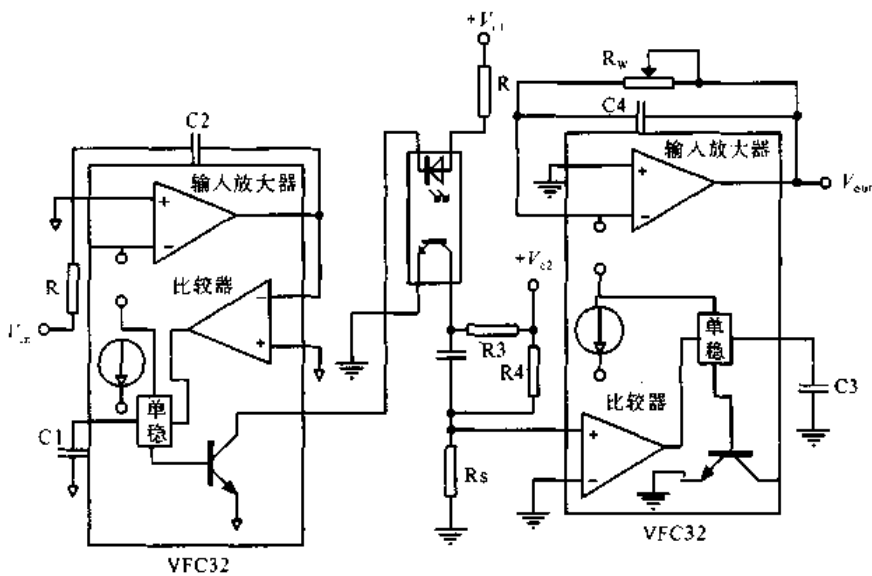
由于电流信号在传输过程中不易受到干扰, 所以将电压信号转换成电流信号传输用以解决抗电磁干扰问题。

图(a)中信号发送一侧为一组电压电流转换电路, 放大后的电压信号  $V_i$  变成相应电流信号  $I'$  经长线传输出去; 在接收一侧, A2 构成了电流电压转换电路, 电流  $I'$  经过后就变成电压信号  $V_o$ , 此时  $V_o$  即为  $V_i$  保持了线性关系。

图(b)介绍了由 B-B 公司生产的小信号双线变送器 XTR101 构成的电路原理, XTR101 为专门用于长线传输的电压电流转换器件, 内含 1 个高精度仪表放大器, 1 个电压电流变换器和 2 个精密电流源。该器件将传感器微弱信号转换成标准电流信号 4 ~ 20mA, 而后用双绞线进行发送。

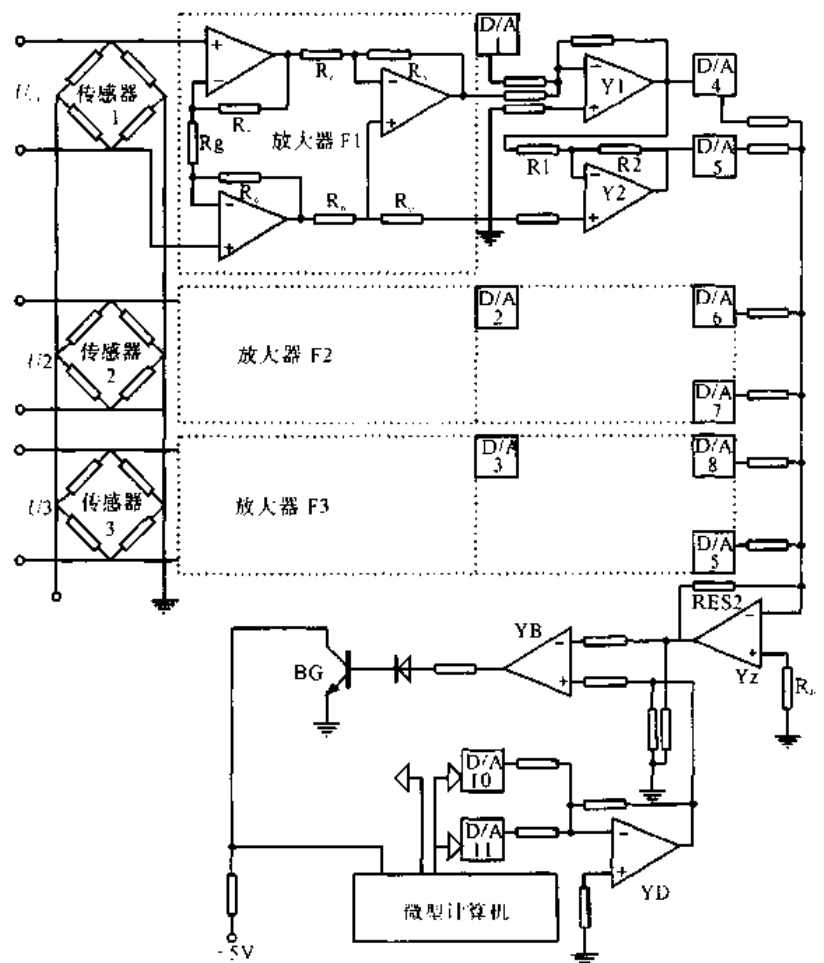


15.4 采用 2B31 专用模块的称重传感器信号调制电路 该图表示一个应用 2B31 信号调节器类似的电路, 它包含可调电桥电源, 而本身由系统的直流电源供电。此电路表示了一个 350Ω 的电桥和一种供电电源及信号输出的屏蔽和接地技术。

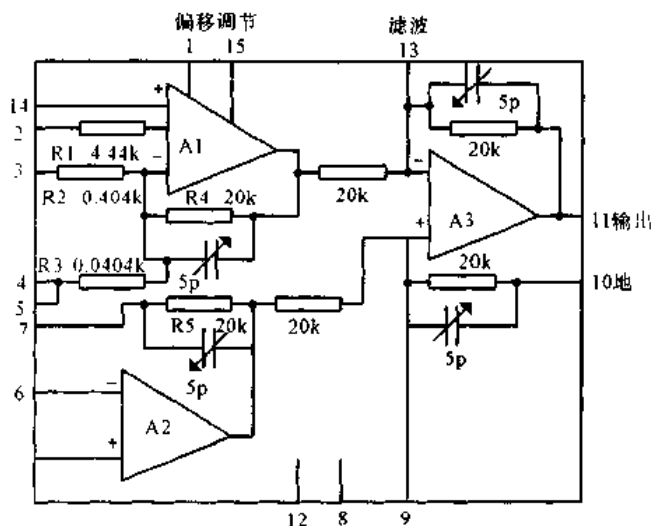
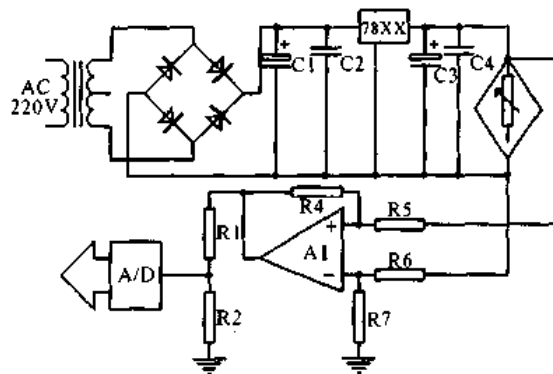


**15.5 远距离传输电压频率转换电路** 为解决传感器信号长距离传输中的电磁干扰问题,图中电路采用12位串行A/D转换器MAX187和两片串行并出移位寄存器74HC595。先由MAX187将模拟信号 $V_i$ 变成并行数字信号,再经过移位寄存器实现并串转换,串行数字信号由光偶完成长线传送。数据传到接收端后,经过串入并出寄存器,就可得到多位并行的数字信号。

**15.6 称重传感器输出信号的数字化处理电路** 几个称重传感器同时工作时,输出信号应相互隔离,然后放大、叠加,经A/D转换后进入计算机,用微机实现数字化处理,该电路就是完成这一过程的。使处理过程自动化,提高了处理精度,方便操作。该电路由1,2,3等传感器,F1,F2,F3等差动放大器,自动调零单元D/A1, D/A2, D/A3等放大系数调整单元以及A/D转换电路等构成。该电路特点为采用双D/A转换片DAC1230完成A/D转换的方法,降低成本,提高了A/D转换精度。

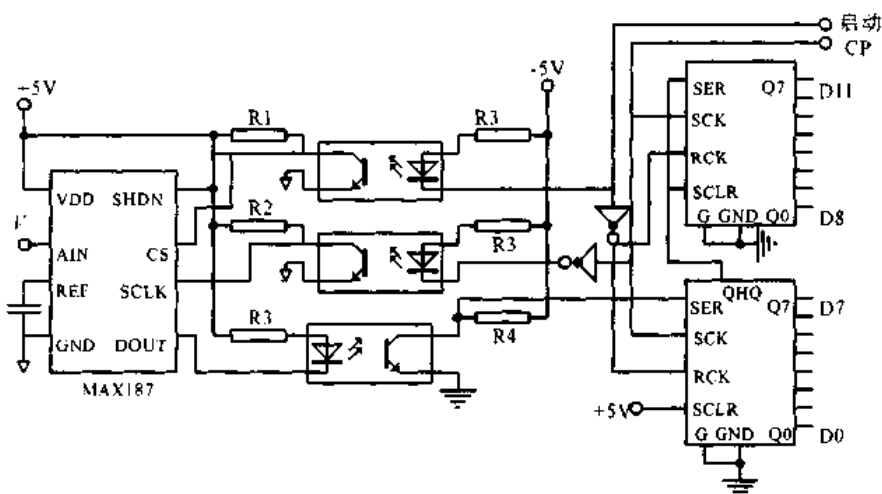


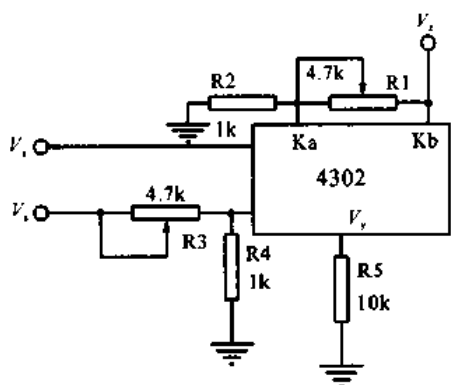
**15.7 称重传感器比率补偿电路** 该图是以消除金属应变片供电桥所受外界影响为思路的比率补偿法。该电路特点是线路简单,对供桥电压源的稳定性和精度要求不高。图中采用的是 78 系列三端稳压器,如图当桥压信号由于某种原因发生波动或变化时,采样线反馈的桥压信号经 A1 缓冲后加到 A/D 变换器上的向基准电压会随之发生变化,同时加到 A/D 变换器的模拟量、输入端  $V_{IN}$  的称重传感器测量信号也随桥压成比例变化。由于  $V_{REF}$  与  $V_{IN}$  为比率运算关系,使 A/D 结果不受桥压变化影响。



**15.8 INA102 简化电路** INA102 是 B-B 公司推出的低功耗高精度测量放大器,适用于要求静态功耗低的信号调整。其静态电流最大为  $750\mu A$ ,最大增益漂移为  $5 \times 10^{-6}/^{\circ}C$ ,共模抑制比最大为 90dB。INA102 使用十分方便,只要将相应的引脚连接起来就可以选择各档增益 (1, 10, 100 和 1000)。当要求的 CMRR 比规定高时,可利用提供的引脚 (8) 来微调 CMRR,此外,输出级通过引脚 (13) 完成平衡滤波。当要求十进整数增益时,可外接电阻为选择,增益  $G = 1 + 40 K / R_G$ 。

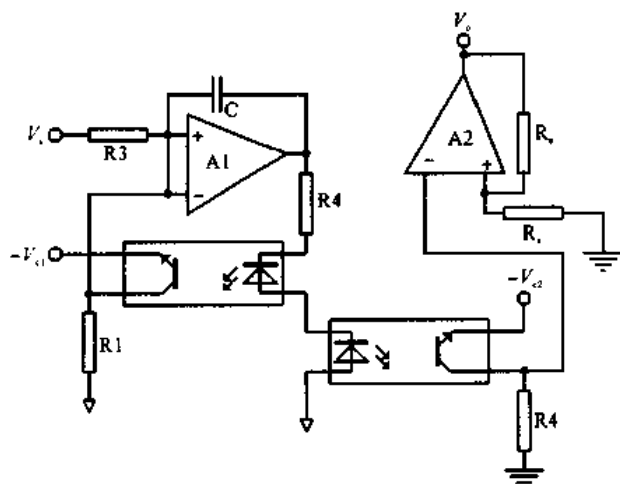
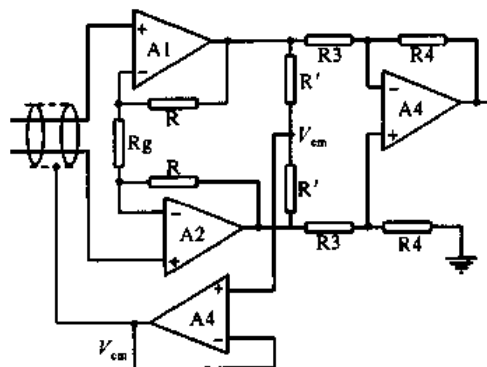
**15.9 远距离传输串行 A/D 转换电路** 在工业控制过程中,传感器与数据采集系统距离较远,而工业现场往往具有强烈的电机产生的电磁干扰及工频 50Hz 干扰。如图采取电压频率转换的方法,利用光偶传输经 V/F 转换后的脉冲信号,再由 F/V 转换成模拟信号,完成从  $V_{IN}$  到  $V_{OUT}$  的线性传输。具体使用中,可供选择的 V/F, F/V 转换芯片很多,如 AD650, AD654, VFC32, Z917 等。





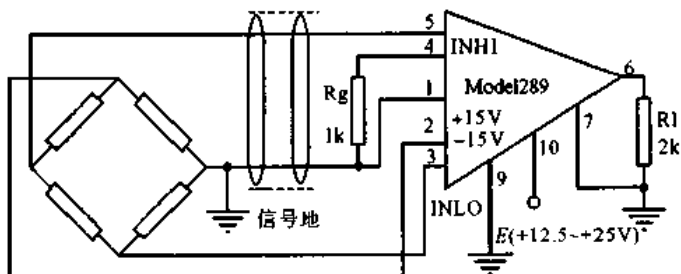
**15.10 薄膜厚度传感器的线性化电路** 本电路用于氦-85放射性元素和相应的 $\beta$ 电离室组成的薄膜厚度传感器。 $\beta$ 射线穿过介质后其强度呈指数衰减,电离室将 $\beta$ 射线的强度变成电压信号 $V_0$ 。本图所示电路采用一种精度高,且廉价的集成函数放大器4302,可将与薄厚 $Z$ 成指数规律变化的 $V_z$ 信号( $V_z = V_0 e^{-Z/\lambda}$ )转换成线性的电压信号, $V_z = SZ$ 。

**15.11 采用“输入保护技术”的单电源供电电桥放大电路** 采用“输入保护”技术的要点是:双线屏蔽传输线的屏蔽不是接“地”,而是接共模电位 $V_{cm}$ 的电位点,即屏蔽层不是零电位而是 $V_{cm}$ 电位。如此,屏蔽层和传输信号双线传输成为同位,使寄生电容两端为同电位,不存在瞬时电位差。于是寄生电容等效开路,不对称的RC分压器就不起作用。如图,通过两个 $R'$ 取得共模电压,再通过射随器A4隔离后加到屏蔽传输线。



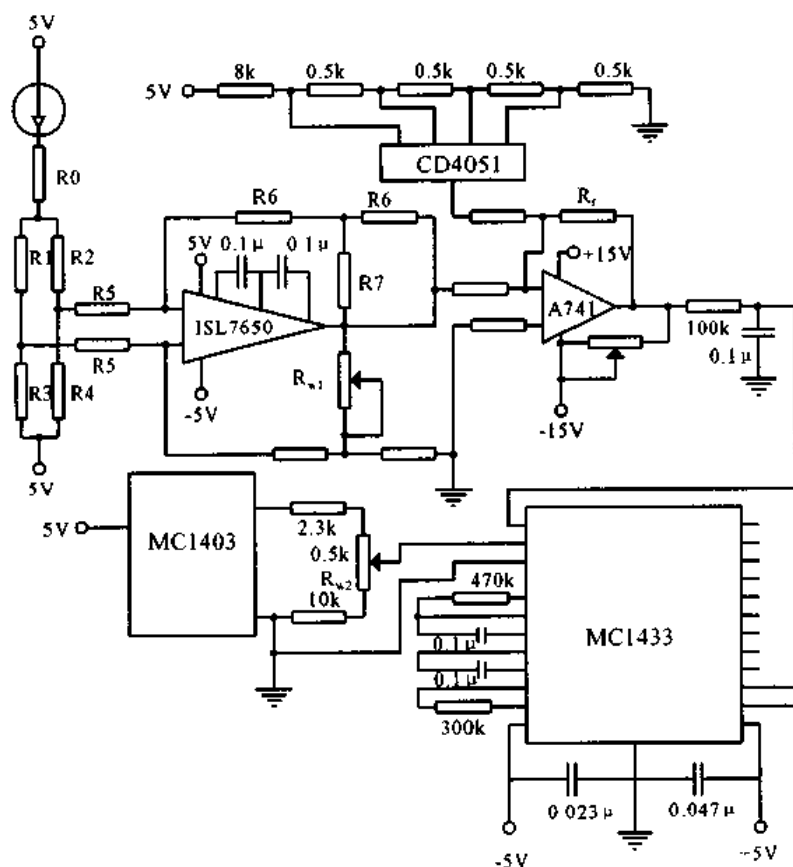
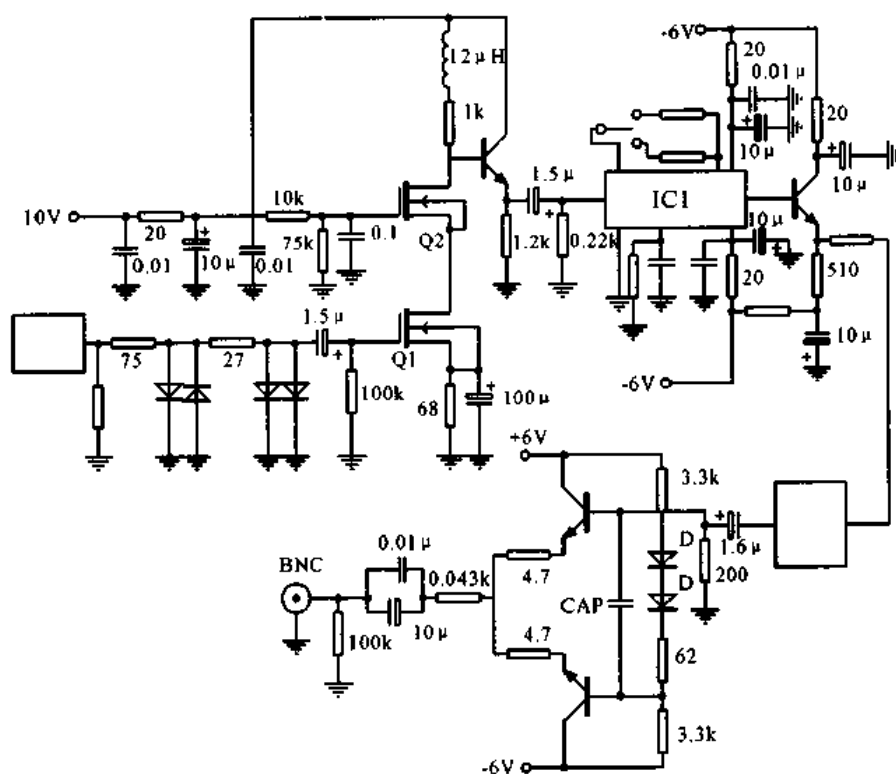
**15.12 远距离传输模拟信号的光电耦合电路** 如图介绍了一种使用廉价的光电耦合器实现的隔离传输电路,用以解决传感器信号长距离传输的干扰电磁问题。光电耦合器是一种非线性器件,不能直接用来传输模拟信号,因此必须在电路上加措施,保证其工作在特性的线性区。电路中若两个光电耦合器光电特性的一致性很好,电路就可很好地实现特性补偿。模拟信号输出时,其线性误差可作到0.1%以内。

**15.13 Model289 组成的同相比例放大电路** 此图为 Model289 隔离放大器作为普通同相型比例运算放大电路的典型电路。与普通放大器不同之处是 Model289 器件本身可提供一正负对称、电流在10mA以下的浮置电源,这一特点使测量电桥可直接用作为供电电源,因此很方便。电桥输出为不平衡输出,不平衡输出的一端接信号

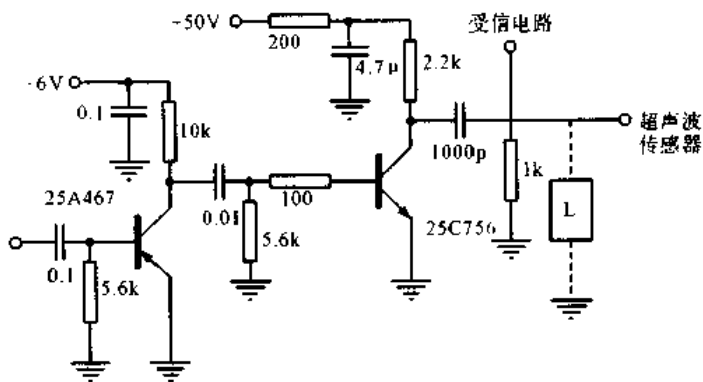


号,并与 Model289 的 INLO 端连接(相当于普通运算放大器的反相输入端),另一端接 Model189 的 INHI 端(相当于普通运算放大器的同相输入端)。考虑到检测源与测量装置之间长距离传输的需要,传输线采用屏蔽传输线,屏蔽地接模拟地。该电路的电压放大倍数为  $A = 1 + \frac{10k}{R_c} = 11$ 。

**接收放大电路** 该电路为超声波传感器的接收放大电路。在高阻抗输入部分接有二极管限幅器, 较大幅度的发送能够被有效地旁路掉。一般超声波的输入电平为 30dB (1V=0dB) 到 100dB 之间, 限幅器对此输入信号没有任何影响。该电路具有从 0.1~10MHz 宽频带的频率特性。可得到约 30dB 的增益。



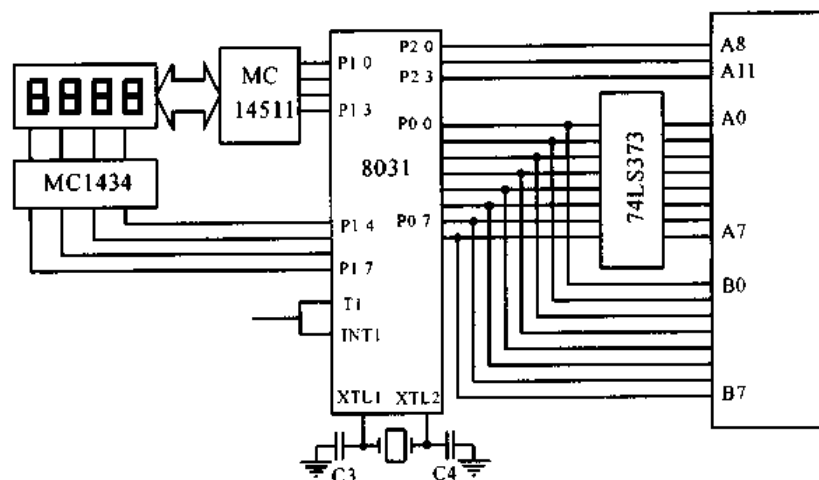
**15.15 与计算机接口的电桥式信号调制电路** 如图为一个计算机与传感器之间的接口电路，其特点为对称电源对电路供电，通过恒流源对电桥供电，高精度的初级放大，经运算的末级放大，放大后的电压双极性输出，使分辨率提高了一倍。电路中恒流源采用国产的 4DHz；初级放大采用高精度放大器 ISL7650；末级放大器采用 A741，参考电压源为 MC1403；A/D 转换器采用的是低成本，工作可靠双积分 MC1433。该电路适用于压力、温度等各种桥式电路。



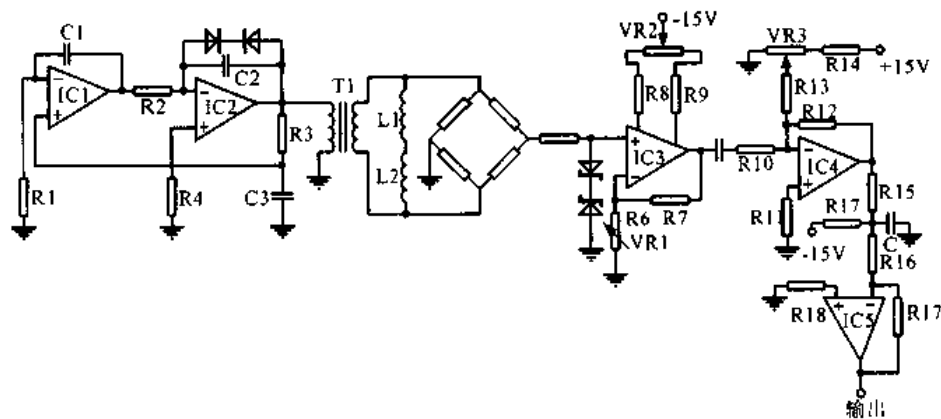
**15.16 超声波传感器的晶体管驱动电路**  
超声波传感器在发送电压不必很高时,可以使用本图给出的晶体管驱动电路。这个电路的原理与可控硅驱动电路相同,仅仅是用晶体管代替了可控硅元件。该电路比可控硅电路的脉冲上升时间要快。

### 15.17 智能电薄膜测厚仪的测频系统

智能化薄膜测厚仪通过β射线厚度传感器将厚度转换成电压信号,再经过V/F变换转换成频率信号,最后通过图示电路实现薄膜的测量。测量时,定时器0作方式1定时,定时器1作方式1计数。若定时时间为 $P_n$ ,计数值为 $N$ ,则频率 $f = N/P_n$ 。8031单片机测出 $f$ 后,经过运算处理,结果在显示器上直接显示所测薄膜厚度



$Z$ 。因8031芯片不带程序存储器。8031由P1.0~P1.3端口输出4位数据,经MC14511BCD/七段锁存译码器送到七段LED上显示。位选信号由P1.4~P1.7经MC1434七段达林顿驱动器控制显示位(动态扫描)。



### 15.18 涡电流法的膜厚检测电路

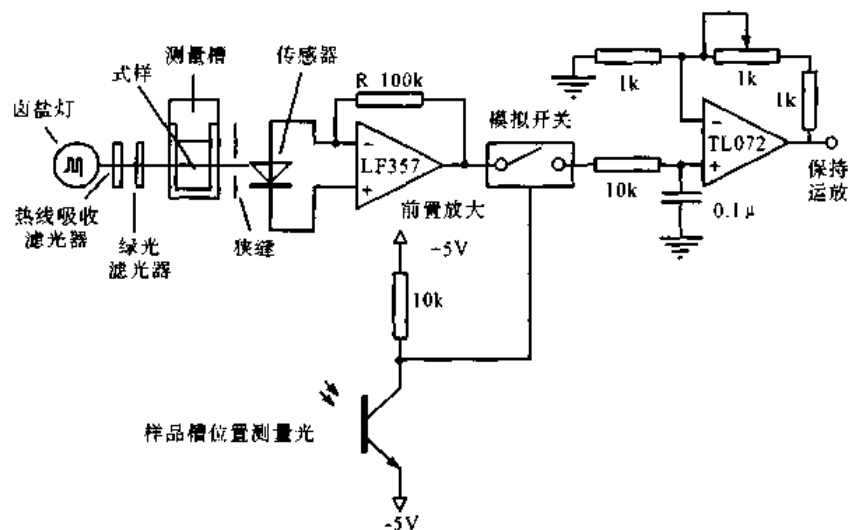
其特点为采用不平衡电桥电路,提高了S/N,这种检测法不受外部磁场感应和外部噪声等的影响。电路中IC1和IC2组成正弦波振荡器,T1为变压器,IC3

为检测放大器,IC4为交流放大器,VR1调整灵敏度,VR2调整零点,VR3调整电平。

图中变压器T1的初级通过振荡器施以1~100kHz的正弦波。通过电桥电路,取出不平衡状态下金属材料表面的涡流变化。涡流变化分量在IC1检测放大器中适当放大,然后将涡流变化信号在IC4交流放大器中放大几十倍,再由IC5放大器适当放大输出。

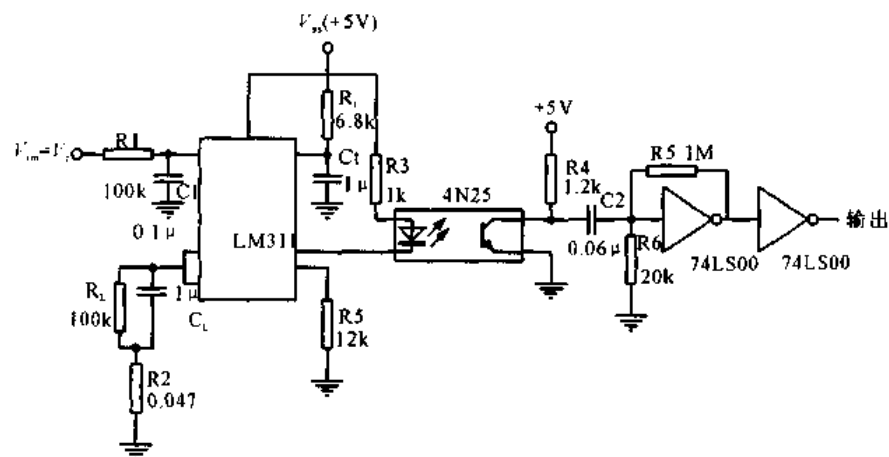
### 15.19 光传感器粒度分布检测

**电路** 检测透过率的基本电路如图。卤盐灯发的光，通过热线吸收滤光器和绿光滤光器入射到检测盒，经过检测盒的透射光，由硅光电管变为电流  $I$ ，该电流在前置放大器处乘负载电阻  $R$  得电压值， $V = IR$ 。上述装置采用了光源稳定电路、换气检测室、内装稳定片的检测盒、以及两种光学滤光镜和缝隙，故可进行高精度的稳定检测。



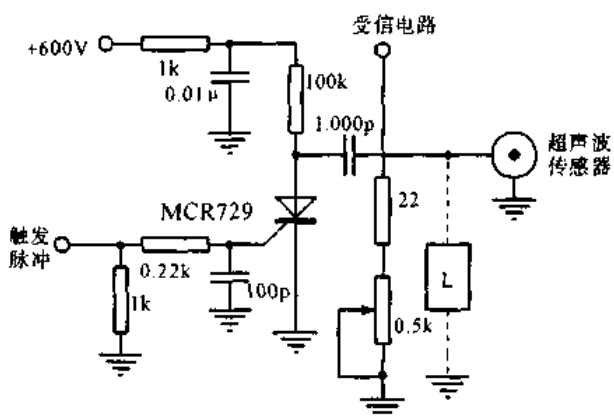
### 15.20 应用 LM311 实现 V/F 转换的基本应用

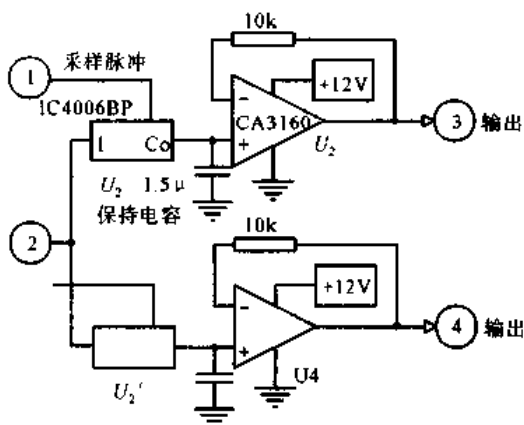
**电路** LM311 在整个工作温度范围内和低至 4.0V 以下电源电压下都有极高的精度，其最大线性度为 0.01%，满量程频率范围为 1Hz ~ 100kHz，由光偶隔离传输。该电路主要特点为接口简单，占用计算机资源少，且输出灵活，抗干扰能力强，便于远距离传输。



### 15.21 超声波传感器的可控硅驱动电路

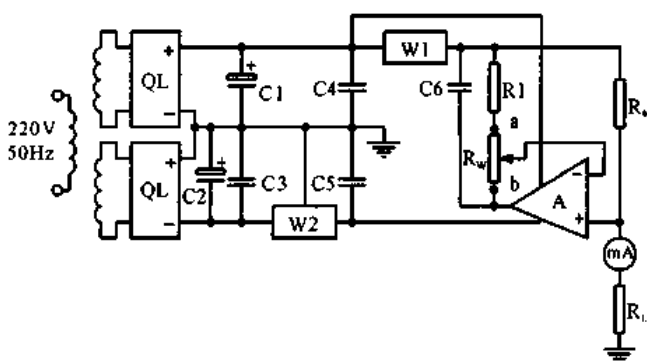
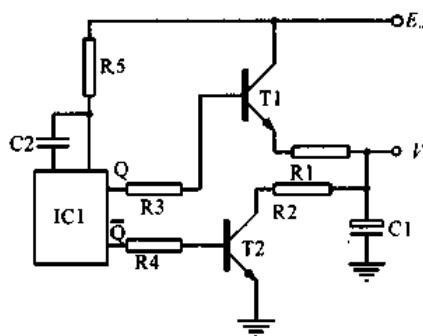
当可控硅元件由正触发信号触发导通时，连接在可控硅元件正极的电容上充的电荷可以通过可控硅释放。结果，在与超声波传感器相连的输出端，产生负高压脉冲波，来驱动超声波传感器。在输出电路中接入的 500Ω 可变电阻，是脉冲波幅度调整电阻。在输出电路中接入的电感 L，是为了消除电缆的杂散电容和传感器的等效电容的影响。可控硅驱动电路由于加有较高的电源电压，所以得到高的输出电压脉冲。脉冲的上升时间（在这里是下降时间）为 50 ~ 100ns，速度并不快。脉冲的重复频率不能做到几千赫以下，并且不能得到十分好的特性。





**15.22 油浓度计取样保持电路** 采样脉冲经过正相跟随器输出,此电路具有输入阻抗高,输出阻抗低,带载能力强等特点。保持电容对采样脉冲的幅值起到保持作用。

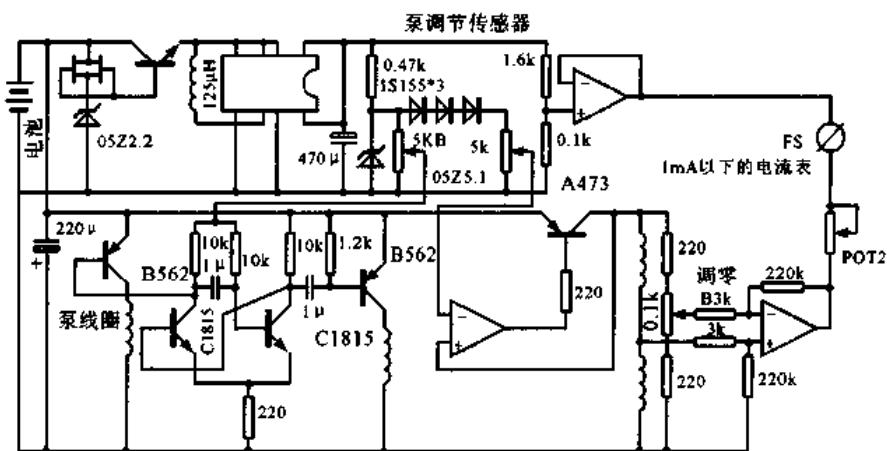
**15.23 超声波硬度计充放电电路** 电路的输入信号是频率  $\Delta f$  的脉冲信号,通过 IC1 中显示一定时间宽  $T_0$  的单稳态多谐振荡器的振子,变换成  $Q, \bar{Q}$  的脉冲信号。当  $Q$  处于高电平时,由于晶体管  $T_1$  的作用,充放电用电容器  $C_1$  通过电阻  $R_1$  充电;当  $Q$  处于低电平,即  $\bar{Q}$  处于高电平时,由于晶体管  $T_2$  的作用,电容器  $C_1$  通过电阻  $R_2$  放电。



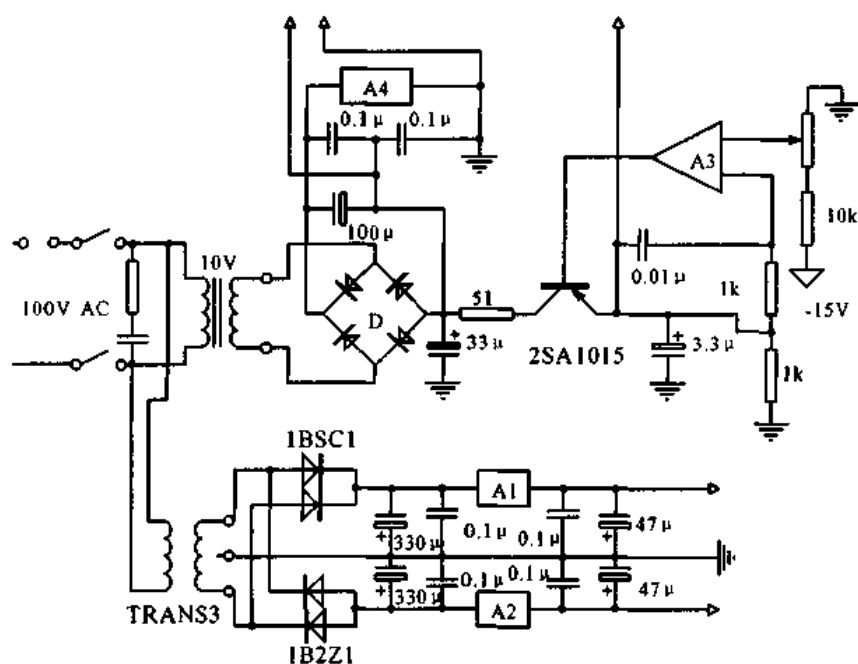
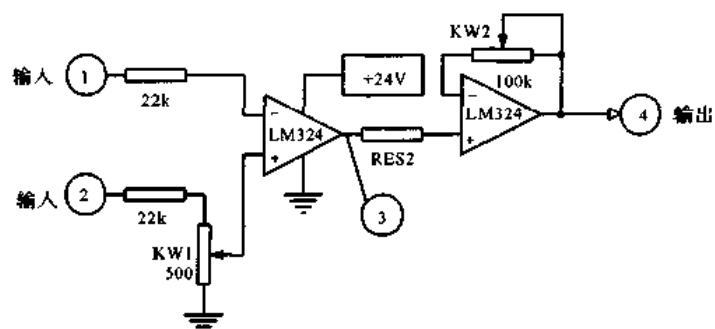
**15.24 电涡流传感器在钢板测宽中的应用电路** 图中  $R_w$  为导电塑料电位器,  $W_1, W_2$  为三端稳压器。当电位器动点移动到  $a$  点或  $b$  点时,通过选择适当的电路参数,可使电路输出的电流分别为  $4\text{mA}$  和  $20\text{mA}$ ,以满足 III 型仪表的要求。导电塑料电位器可为直滑式或旋转式,适当地选择移动的行程范围,以满足直线位移的角位移的测量。

### 15.25 气体浓度计电路

因为热敏电阻器有偏差,故温度补偿电路将热敏电阻器跟放大器组合的方法不一定有效,传感器反馈给电压电源的电路中,加入硅二极管可获得良好的结果。电源电路使用 3 个电池,其变化量为  $3.0 \sim 4.5\text{V}$ 。传感器反馈给电压的检测,是在  $5\text{V}$  基准电压中串联 3 个硅二极管,并用半固定电阻分压。实际测量结果表明,这种补偿电路可获得良好的温度补偿。



**15.26 油浓度计放大电路** 这个电路为两级放大。第一级为差动运算放大器，运放为单电源供电，型号是 LM324，KW1 为调零电阻；第二级为正相放大器，KW2 是调增益电阻。



**15.27 气体浓度检测电源电路** 这种电源电路能提供稳定输出电压： $+5V$ ， $-0.65V$ ， $\pm 15V$ 。50Hz，220V 交流信号经过整流，滤波稳压输出恒定的电压信号。电路中 A1、A2 分别为 LM7815 和 LM7915，A3 为 741TC，A4 是 LM7805，D 是整流桥。

## 附 录

### 缩 略 语

---

- AC (alternating current) 交流  
AC/DC (AC or DC) 交流或直流  
A/D (analog - to - digital) 模数转换  
ADC (analog - to - digital) 模数转换器  
ADP (automatic data process) 自动数据处理  
AFC (automatic frequency control) 自动频率控制  
AFT (automatic fine tuning) 自动微调  
AGC (automatic gain control) 自动增益控制  
ALU (arithmetic - logic unit) 运算器  
AND (type of logic circuit) “与”逻辑电路  
C (capacitance; capacitor) 电容量 电容器  
CMOS (complementary MOS) 互补 MOS  
CMR (common - mode rejection) 共模抑制  
CMRR (common - mode rejection ratio) 共模抑制比  
COS/MOS (complementary - Symmetry MOS) 互补对  
称 MOS(同 CMOS)  
CPU (central processing unit) 中央处理单元  
CT (center tap) 中心抽头  
D/A (digital - to - analog) 数模转换  
DAC (digital - to - analog converter) 数模转换器  
DC (direct current) 直流  
DC/DC (DC to DC) 直流到直流  
DIP (dual in - line package) 双列直插封装  
DMM (digital multimeter) 数字万用表  
DPDT (double - pole double - throw) 双刀双掷  
DPM (digital panel meter) 数字仪表  
DPST (double - pole single - throw) 双刀单掷  
DUT (device under test) 被测器件  
DVM (digital voltmeter) 数字电压表  
DX (distance reception; distant) 远距离接收  
ECG (electrocardiograph) 心电图  
EMI (electromagnetic Interference) 电磁干扰  
EPROM (erasable PROM) 可擦除 PROM  
NOR (type of logic circuit) 异或非逻辑电路  
FET (field - effect transistor) 场效应晶体管  
4PDT (four - pole double - throw) 四刀双掷  
4PST (four - pole single - throw) 四刀单掷  
FS (full scale) 满量程  
F/V (frequency - to - voltage) 频率变电压  
F/V, V/F (frequency - to - voltage, or voltage - to - frequency) 频率变电压或电压变频率  
HFO (high - frequency oscillator) 高频振荡器  
IC (integrated circuit) 集成电路  
IF (intermediate frequency) 中频  
IGFET (insulated - gate FET) 绝缘栅场效应管  
IMPATT (impact avalanche transit time) 碰撞雪崩  
渡越时间  
I/O (input/output) 输入/输出  
IR (infrared) 红外  
JFET (junction FET) 结型场效应晶体管  
L (inductance; inductor) 电感 电感器  
LC (inductance - capacitance) 电感 - 电容  
LCD (liquid crystal display) 液晶显示器  
LDR (light - dependent resistor) 光敏电阻  
LED (light - emitting diode) 发光二极管  
LF (low frequency) 低频  
LO (local oscillator) 本地振荡器  
logamp (logarithmic amplifier) 对数放大器  
LSB (least significant bit) 最低位  
LSI (large - scale integration) 大规模集成电路  
M (motor) 电动机  
MF (medium frequency) 中频  
MHD (magnetohydrodynamics) 磁流体动力学  
modem (modulator - demodulator) 调制解调器  
mono (monostable) 单稳  
MOS (metal - oxide semiconductor) 金属氧化物半导体  
MOSFET (metal - oxide semiconductor FET) 金属氧化物半导体;场效应管

MOST (metal - oxide semiconductor transistor) 金属  
 氧化物半导体晶体管  
 MPU (microprocessing unit) 微处理器  
 MSB (most significant bit) 最高位  
 MSI (medium - scale integration) 中规模集成  
 $\mu$ P (microprocessor) 微处理器  
 MVBR (multivibrator) 多谐振荡器  
 NMOS (N - channel MOS) N 沟道 MOS  
 NOR (type of logic circuit) 或非逻辑电路  
 opamp (operational amplifier) 运算放大器  
 OR (type of logic circuit) 或逻辑电路  
 PC (printed circuit) 印制电路  
 PLL (phase - locked loop) 锁相环路  
 PM (permanent magnet; phase modulation) 永久磁  
 铁; 调相  
 PMOS (P - channel MOS) P 沟道 MOS  
 pot (potentiometer) 电位器  
 P - P (peak - to - peak) 峰 - 峰  
 PPM (pulse - position modulation) 脉冲位置调制  
 preamp (preamplifier) 前置放大器  
 PRF (pulse repetition frequency) 脉冲重复频率  
 Q (quality factor) 品质因数  
 R (resistance; resistor) 电阻; 电阻器  
 RAM (random - access memory) 随机存储器  
 RC (resistance - capacitance) 电阻电容  
 RF (radio frequency) 射频  
 RMS (root - mean - square) 均方根(有效值)  
 RZ (return - to - zero) 归零  
 SAR (successive - approximation register) 逐次逼近  
 寄存器

scope (oscilloscope) 示波器  
 SCR (silicon controlled rectifier) 可控硅整流器  
 SCS (silicon controlled switch) 可控硅开关  
 S/N (signal - to - noise) 信噪比  
 SNR (signal - to - noise ratio) 信噪比  
 SPDT (single - pole double - throw) 单刀双掷  
 SPST (single - pole single - throw) 单刀单掷  
 SSB (single sideband) 单边带  
 SSI (small - scale integration) 小规模集成电路  
 TC (temperature coefficient) 温度系数  
 TR (transmit - receive) 发送 - 接收  
 triac (triode AC semiconductor switch) 三端双向交  
 流开关  
 TTL (transistor - transistor logic) 晶体管 - 晶体管  
 逻辑  
 UHF (ultrahigh frequency) 超高频  
 UJT (unijunction transistor) 单结晶体管  
 UPS (uninterruptible power system) 不间断电源系统  
 VCO (voltage - controlled oscillator) 压控振荡器  
 VDC (volts DC) 伏(直流)  
 V/F (voltage - to - frequency) 电压变频率  
 VFO (variable - frequency oscillator) 变频振荡器  
 VOM (volt - ohm - milliammeter) 伏 - 欧 - 毫安表  
 VOX (voice - operated transmission) 声控传输  
 VRMS (volts RMS) 伏(有效值)  
 VTVM (vacuum - tube voltmeter) 真空管电压表  
 VU (volume unit) 音量表  
 z (impedance) 阻抗