

基于传感器的低成本可燃性气体泄漏报警器设计

液化石油气、煤气等可燃气体作为燃料常因产生泄漏而造成中毒和火灾等事故。已有的可燃气体泄漏报警器种类繁多，重要用于工业厂矿，体积大，价格高，难以推广到家用。虽然也有一些简易报警器，但也是结构复杂，价格偏高，推广到家用比较困难。

为此研究了用一个简略的数字和模仿集成电路相联合的技巧解决了装置成本高的问题。研制出了小巧的可燃气体泄漏报警器，它结构简略，成本低廉(主电路元件费只有3元左右，含外壳和电源的全部材料费只有十几元)，且报警灵敏度在传感器的性能领域内任意可调。

试用结果表明，该装置应用方便，效果非常好，且只需简略改良即可增长把持功效，可方便实现主动把持开启风扇等装置。该可燃性气体泄漏报警器不仅适于家庭，也适于工矿企业等利用，且其报警灵敏度、报警提示功效、可靠性等优于目前已有产品。

1 系统设计优化比较

目前可燃性气体泄漏报警器的实现技术分为两大类，一类是以单片机为核心的智能型报警器，包括信号调理、A/D采样和输入输出电路等，相对复杂。另一类完全用硬件实现，电路非常复杂。这两类技术都采用较复杂的电路解决可燃气体传感器的初始报警问题。而初始报警的原因是由于传感器在开始加电时，其电导率尚未达稳态值，从而导致误报警，约3 min后，传感器的电导率达稳态值，报警才停止。

为了解决初始报警问题，可采用以下两种方案：

1) 采用二次报警方案，该方案是将传感器的初始电导率的当量可燃气体浓度作为第一阶段报警浓度，这一阶段只让报警灯亮，喇叭不响。第二阶段报警是当可燃气体泄露浓度达到一个临界危险浓度时再开启声音报警。这类方案需要较复杂的两阶段比较报警电路，提醒力不强且不可靠，报警灵敏度不可调；

2) 采用比较或反馈延时的报警方案，但电路非常复杂，成本较高。因此，采用硬件设计降低成本是关键。这里提出一种采用数字和模拟集成电路相结合的设计方案，解决报警和二次报警的问题，并取得很好效果。

2 器件选择与工作原理

气敏传感器种类繁多，性能各异。这里选用MQ-KC型传感器，它是一种新型的电阻型气敏型元件，可用于天然气、煤气、石油气等检漏报警。具有灵敏度高，长期稳定性好，寿命长，价格低，功耗小，可方便使用电池等特点。MQ-KC型传感器原理：将该传感器接至规定负载，在加电的初始阶段，传感器的电导率呈现

一个较高的值，约 3 min 左右达到稳态值。若将其置于具有一定浓度的可燃气体中，其电导率将升高，在一定范围内，可燃气体浓度越高，传感器电导率也越高，如果将传感器与负载串联，负载即引起电压变化，读取这一变化电压，经比较、放大即可实现报警与控制等功能。

3 硬件电路设计

3.1 基本报警电路

MQ-KC 型传感器额定电源电压为 9 V，要求连接一只负载电阻。信号取出与比较电路如果用分立元件设计，元件数量多，成本高，且效果不好。为此，选用一片单电源 9 V 供电，具有一定驱动能力的集成双运放来实现。图 1 为该基本报警电路。

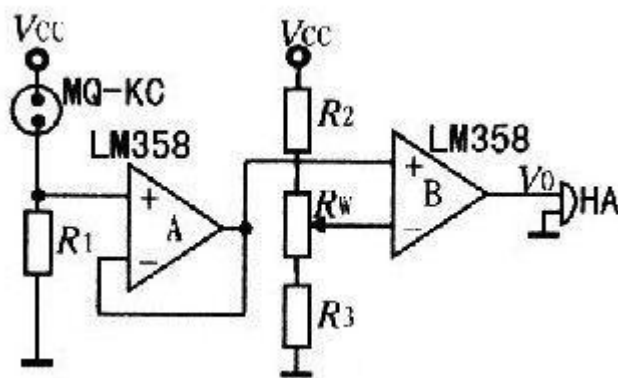


图 1 中， R_1 是传感器要求的负载电阻，阻值为 $120\ \Omega$ ， V_{cc} 为 9 V 电源电压；A、B 为 LM358 双运放，A 为跟随器，起缓冲隔离作用，以便将 R_1 上的电压 V_{R1} 基本上全部施加到比较器 B 的同相输入端。 R_W 为报警灵敏度调整电位器。稳态时，调整 R_W 使得加到比较器反相输入端的电压 V^- 略高于稳态时 R_1 上的电压 V_{R1} 这个电压越高，报警灵敏度就越低。加电并使传感器达到稳态后，MQ-KC 为较稳定的固定阻值，当 V_{cc} 不变时， V_{R1} 基本为一固定值，保持不变。当有可燃性气体泄露时，传感器接触到可燃气体，使其电导率上升，电阻下降，使 V_{R1} 上升，当 V_{R1} 高于 V^- 时，比较器输出一个大于 7 V 的电压，从而使蜂鸣器 HA 发出滴、滴的报警声。若用该电压控制一个继电器，即可实现控制功能。为了提高抗干扰能力，可分别在 R_1 和 B 的 V^- 端并联一只滤波电容。

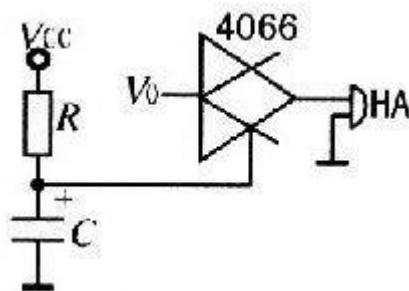
R_1 、 R_2 和 R_W 的取值不宜过小，以降低电源供电电流。其值可由式 (1) 估算，在估算时， R_W 可暂不考虑。

$$V^- = V_{cc} \frac{R_1}{R_3 + R_2}$$

令 $V^- = VR1$ ，取 $R3 = 2 \text{ k}\Omega$ ，已知 $V_{CC} = 9 \text{ V}$ ，即可求出 $R2$ 。本装置 $R2 = 10 \text{ k}\Omega$ ， $RW = 10 \text{ k}\Omega$ 。

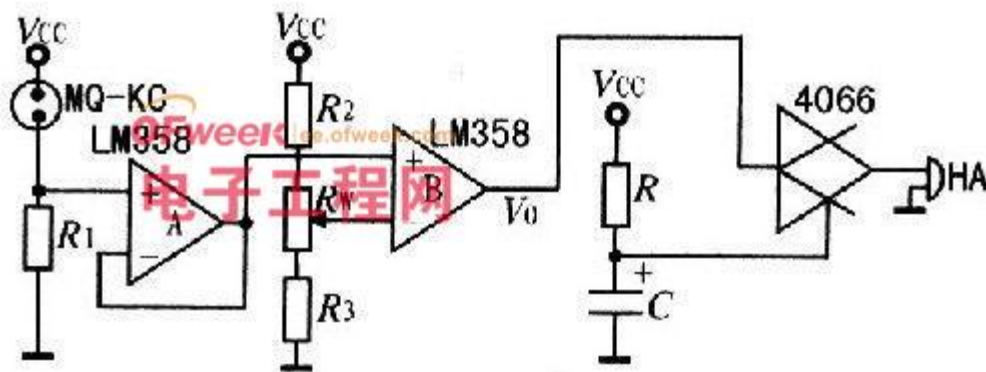
3.2 初始报警电路

图 1 所示的基本报警电路的不足：一开始加电时，传感器尚未达到稳态，其电阻值较小， $VR1$ 较大，导致蜂鸣器 HA 误报警。为了解决这一问题，采用一个数字信号控制的模拟开关，其控制信号采用简单的电容充电延时电路，原理图如图 2 所示。图 1 中比较器 B 的输出 V_0 加到模拟开关 4066 的输入端，开关的输出端接蜂鸣器 HA。初始加电时，电容 C 上的电压 V_C 为 0，4066 不导通，无论 V_0 值为多高，HA 都不会报警。随着电容充电， V_C 不断升高，当达到 4066 的控制门限阈值时，4066 才导通，即能进入报警状态。电容充电使其电压达到 4066 的控制门限阈值时间即为延时时间。电容 C 和电阻 R 的取值可根据延时要求确定。为可靠起见，取 $RC = 1/2T$ ，T 为传感器初始稳定时间。本装置取 $R = 1 \text{ M}\Omega$ ， $C = 100 \mu\text{F}$ ，即能实现可靠的延时。



3.3 整机硬件电路设计及调试

将上述两个电路合起来即构成了整机电路，如图 3 所示。为了使 V^- 稳定不变， $R1$ 、 $R2$ 应采用精密金属膜电阻。装置开机预热 3 min 后，用万用表测 $R1$ 上的电压 $VR1$ ，测得为 1.7 V。若要想让装置的报警浓度为 $x\%$ ，有条件时，可将传感器置于浓度为 $x\%$ 的可燃气体中（可用气体成分分析仪监测），10 s 后再测 $R1$ 上的电压得到 $VR1$ 。调整 RW ，将 V^- 调到略小于 $VR1$ 。正常使用时，当可燃气体泄漏浓度达到标定浓度 $x\%$ 时，装置就会报警，若增加了控制装置，可控制开启风扇或关闭阀门等。在没有条件时，调整 RW ，将 V^- 调到略大于 $VR1$ ，保证在正常空气环境不报警。再将装置于可燃燃气灶具旁，打开灶具开关，吹熄火焰，有少量可燃气体泄漏，装置应报警。若要提高报警浓度，可调 RW 加大 V^- ，反之应减小 V^- 。



3.4 电源设计

本装置的电源供电总电流小于 20 mA，因此可使用 9 V 的电池供电。样机选用交流 220 V 供电，使用一个 7809 三端稳压器稳压。

4 试用实验及结果

4.1 试用结果

将该装置置于厨房，开机预热 3 min，装置无初始报警。关闭厨房门，放出适量煤气，几秒钟后装置开始报警，再将装置移离现场到，约 30 s 后报警停止。在正常空气的厨房中，将装置开机预热 3min 后置于可燃燃气灶边，打开灶具开关，吹熄火焰，几秒钟后装置开始报警，当厨房中仍散有煤气时，它将持续报警，将它置于窗外，它才能较快恢复并停止报警。

4.2 应用与安装

本装置不仅可用于工矿企业的可燃气体泄漏报警，由于其成本特低，因此，也可推广到普通家庭，作为燃气洗澡装置和厨房可燃气体的泄漏报警器。只要将其安装在燃气装置附近(相距 1 m 以内效果最好)即可实现自动泄漏报警。安装时，应注意不要将装置安放在通风口处。

5 结束语

本装置采用一块数字控制的集成模拟开关和阻容充电电路解决了可燃性气体报警装置的初始误报警问题，用一个单电源供电的双集成运放实现信号取出、比较和报警驱动，并使装置报警灵敏度在传感器性能范围内任意可调。实现如下性能：功耗小于 0.3W；灵敏度 $V_1/V_0 > 2$ ；响应时间小于 10 s；恢复时间小于 30 s。该可燃性气体报警装置采用数字和模拟集成电路相结合的技术，大大减少了元器件数量，从而提高了装置的稳定性和可靠性，且使得主电路的元件成本不到 3 元。使其具有较高的性价比，还可以根据用户需要和具体情况进一步改进该报警装置。加一级控制电路，只要在比较器 B 的输出加一级继电器驱动即可实现。