

声光火灾报警电路设计报告

陶超凡 2016090101011 指导老师：付炜

摘要： 火灾是一种破坏力强且发生频繁的危害，所以火灾的报警具有较高的实用价值。本设计中主要使用 UA741 集成运放用于放大两个温度传感器的电压差，再使用 TL082 运放设计比较器，判断是否出现火灾。当比较器判断火灾发生的时，BJT 驱动电路实现自动报警。

一、实验目的

通过两个温度传感器获得的电压差实现火灾自动报警。具体表现为：

- 正常情况下，电压差为零，发光二极管不亮，蜂鸣器不亮；
- 当有火情时（温度差大于 500C），电压差增大，发光二极管发光，蜂鸣器鸣叫。

二、实验原理

2.1 总体流程

为实现火灾报警器的功能，可将该任务分成三个部分，分别为：差分放大电路设计、制作温度传感器；比较器原理、比较器设计与调试；发光二极管、蜂鸣器驱动电路设计与调试和系统调试。图 1 是流程图。

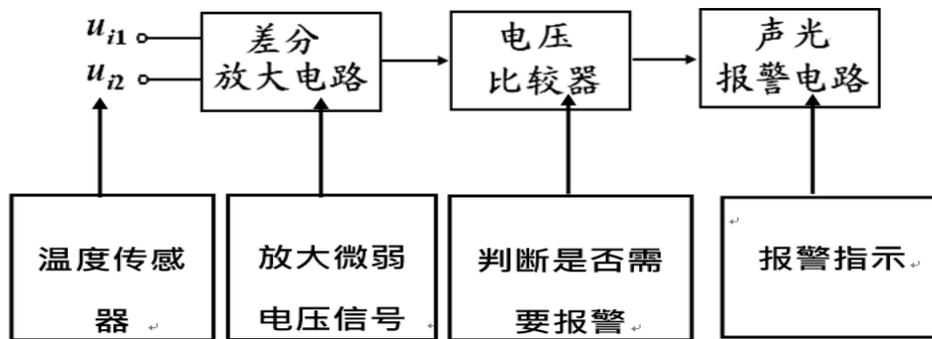


图 1: 火灾报警器的设计流程图

2.2 温度传感器

温度传感器感知温度的原理主要是利用二极管的压降会随着温度的上升而降低这一特性，因此，使用两个二极管即两个温度传感器，当其中一个的温度升高从而压降降低，就会导致二者的输出电压存在电压差，将这一信号放大，既可作为温度过高的信号。此处选择的二极管的特性为温度每上升 1 度，正向电压下降大约 2mV。(如图 2a 所示为温度为 20°C 时和 80°C 时硅二极管的 i-u 图像。

如图 2b 所示， R' 为平衡电阻，使输入级的差分放大电路对称，利于抑制零漂。由于二极管的阻值与 R_1 相比接近于 0，故阻值选为 22 k Ω 。另外，本实验中，二极管采用 1N4148 型二极管，温度传感器选用 UA741 运放。

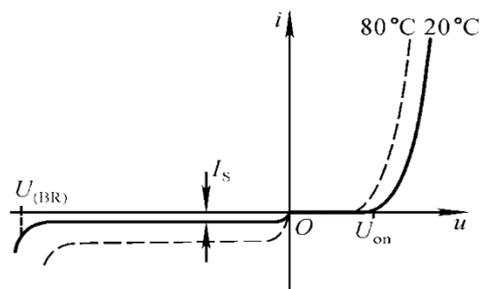


图 2a: 硅二极管的 i-u 图像

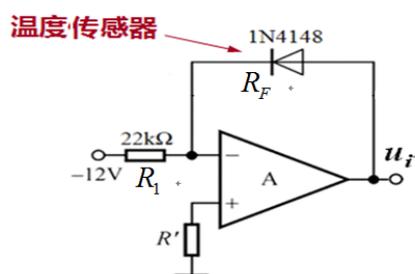


图 2b: 温度传感器设计

2.3 差分放大电路设计

由于从温度传感器得到的电压变化十分微弱，约为 0.1V，故采用差分放大器将电压差放大 10 倍，再与下一级的电压比较器的比较门限比较。

集成运放工作于线性区，即处于闭环状态下，运放的输出电压与输入信号电压之间满足：

$$u_o = \frac{R_f}{R} \cdot (u_{i2} - u_{i1})$$

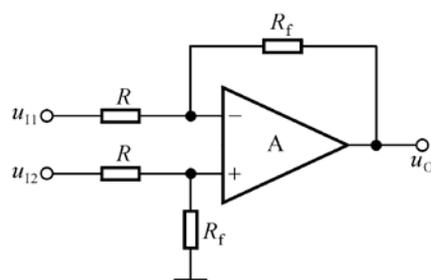


图 3. 差分放大电路设计

为实现 10 倍的放大倍数，选取 $R=1k\Omega$ ， $R_f=10k\Omega$ 。运放采用 UA741 型集成运放，其结构图如下。

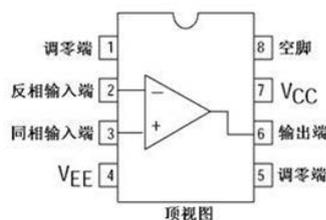


图 4. UA741 型集成运放结构图

2.4. 电压比较器

(1) 单限比较器的工作原理

理想运放在非线性区的特点如右图所示。

净输入电流为 0

$u_P > u_N$ 时， $u_o = +U_{O(sat)}$;

$u_P < u_N$ 时， $u_o = -U_{O(sat)}$

利用集成运算放大器的非线性工作状态，我们可以设计出单限比较器电路。差分电路的输出电压 U_1 从运放的正向输入端输入，与单限电压比较器的阈值 U_{REF} 比较。

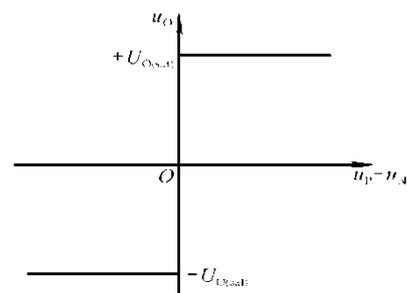


图 5.理想运放的非线性工作区

当 $u_i < U_{REF}$ 时, $u_o = -U_z$;
 当 $u_i > U_{REF}$ 时, $u_o = +U_z$
 运算放大器选用 TL082, 其结构图如下。

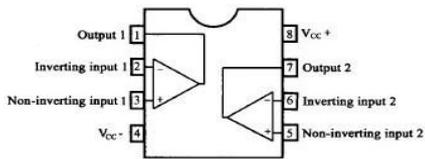


图 6.TL082 集成运放结构图

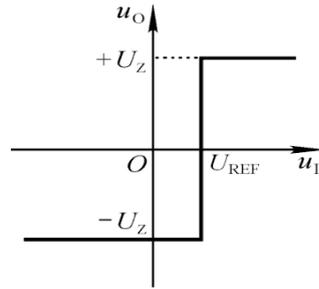


图 7.单限比较器的工作特点

(2) 单限比较器阈值电压的选择

没有发生火灾时, 由于两个二极管存在微小差异, 以及温度的微小变化、电源电压的不稳定等原因造成的零漂现象, 差分放大器的输出电压不为零。

发生火灾时, 温度传感器的电压差可以迅速上升至几十到几百 mV, 根据差分放大器的放大倍数 (10 倍), 单限比较器的输入电压大于 1V。

因此, 我们设计单限比较器的阈值电压为 1V。

$$\text{根据 } R_3 \text{ 与 } R_4 \text{ 的串联分压, } U_{REF} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} V_{cc} \text{。}$$

实验中 V_{cc} 为 12V, 故选取 $R_3 = 11 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 1 \text{ k}\Omega$, 实现 1V 的阈值电压。

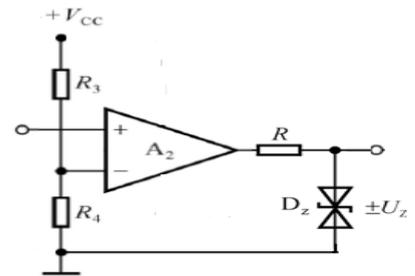


图 8.单限比较器阈值电压的设计

(3) 稳压管及其限流电阻的选择

为保护电路, 需要限制电压比较器的输入端与输出端电压。

① 输入稳压电路设计

D_1 与 D_2 两个稳压管实现双向稳压, 当 U_i 或 U_{REF} 过大时, 电压比较器的输入电压维持在稳压管两端电压。但由于实验中 V_{cc} 为 12V, 不存在电压比较器的输入端电压超出额定电压的情况, 故实际电路中没有 D_1 与 D_2 两个稳压管。

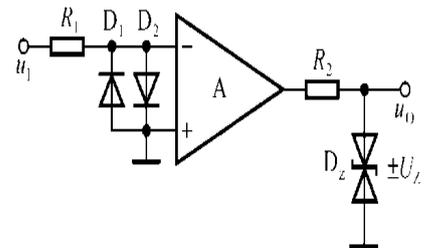


图 9.单限比较器的稳压设计

② 输出稳压电路设计

稳压二极管有三个基本参数, 分别是稳定电压 U_z , 最小稳定电流 I_{zmin} 以及最大稳定电流 I_{zmax} 。从稳压管的伏安特性曲线可以看出, 给二极管加反向电压, 加到一定值后被击穿, 此时流过二极管的电流虽在变化, 但电压的变化都很小, 即电压维持在一个恒定值范围内, 稳压管就是利用二极管此种特性进行稳压的。

如果反向电流超过最大稳定电流, 稳压管就会烧毁, 如果反向电流小于最小稳定电流, 就达不到稳压效果。因此, 只要能使稳压管始终工作在稳压区, 即保证稳压管电流 $I_{zmin} \leq I_z \leq I_{zmax}$, 输出电压即为稳定电压 U_z 。

进一步, 将两个稳压二极管 1N4733 反向串联, 我们还可以实现双向稳压。查询稳压管

参数可得，稳压二极管 1N4733 的稳定电压为 5.1V，正向导通时的导通电压约为 0.7V，故单限比较器输出电压为正时，双向稳压管两端电压应为 5.8V；单限比较器输出电压为负时，双向稳压管两端电压应为 -5.8V。这样就实现了双向稳压。

限流电阻 R 是必不可少的原件，它既限制稳压管中的电流使其正常工作，又与稳压管相配合达到稳压的目的。根据稳定电压和稳定电流、负载电流可以计算限流电阻。

2.5. 声光报警电路

如图 10 所示，为声光报警器电路的原理图。当比较器输出为高电平时，发光二极管导通，发光。根据稳定电压和发光二极管的导通电压 (1.5-2V)、工作电流 (10-20mA) 可以计算电阻 R_5 。当 A2 输出为高电平时，晶体管 T 导通，蜂鸣器鸣叫。根据选择的基极电流 (I_b) 和稳定电压计算基极电阻 R_6 。

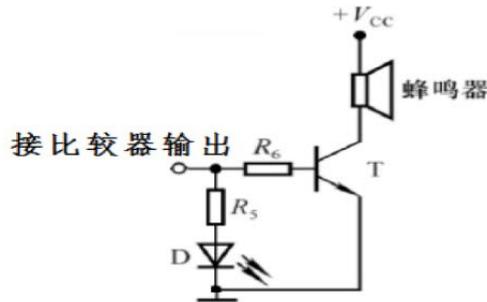


图 10: 声光报警器电路的原理图

由关系约束 $R_5 = \frac{U_z - U_{LED}}{I}$, $I_C \leq \beta I_B$, $I_B = \frac{U_Z - U_{BE}}{R_6}$, 经理论计算和微小调试,

最终我使用的电阻参数是 $R_5 = 300 \Omega$, $R_6 = 10 k\Omega$ 。

三、实验内容

我根据上课所学的知识把电路设计出来，虽然在简化和美化电路上遇到了些困难，但真正能称的上难的还是在参数的选取和调试电路上。另外，搭电路的时候需要特别注意运放的每个接口的连接以及二极管等元器件的方向，防止出现元件烧毁的情况。图 11 是最终的实际电路图，至此所有参数设置完毕。

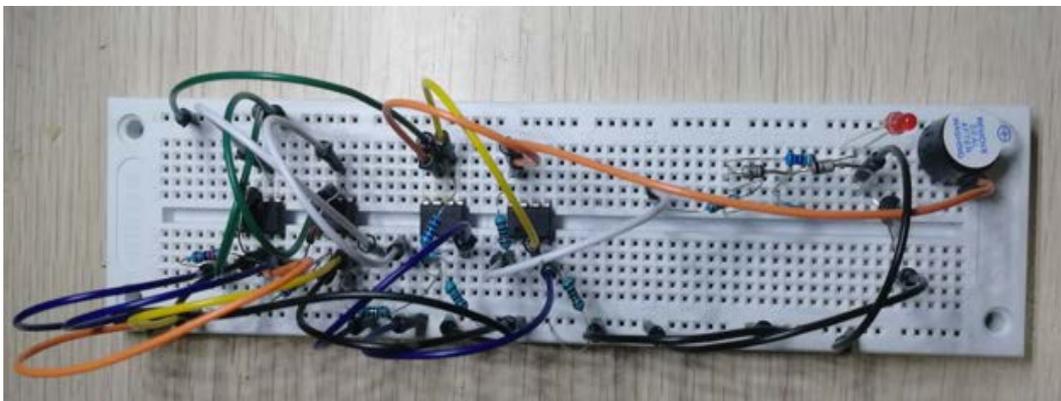


图 11: 最终的实际电路图

四、仿真结果

图 12 是按照实际电路进行的仿真，使用软件是 Multisim 14.1。

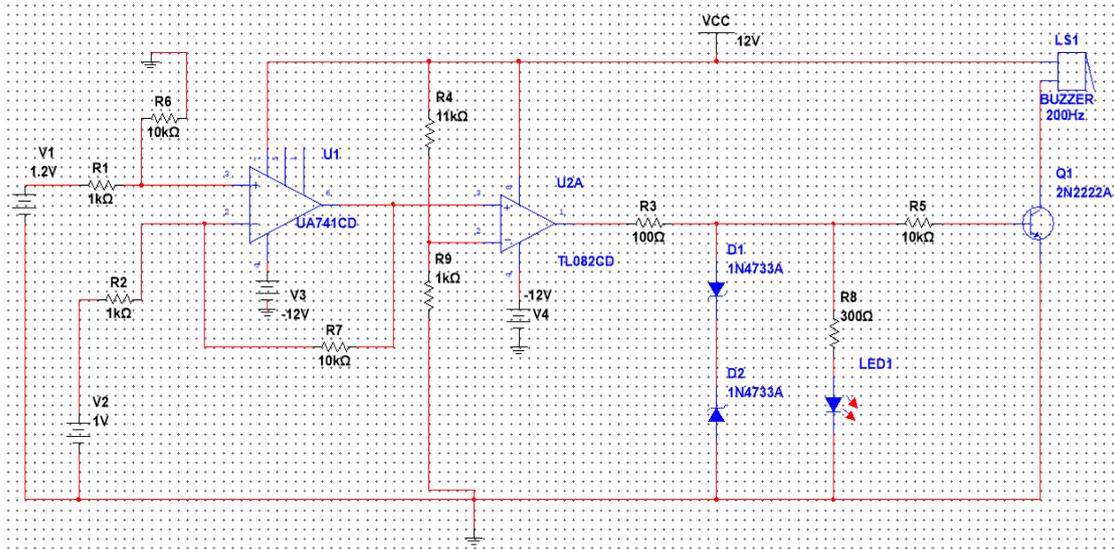


图 12: 声光火灾报警器的仿真

如图 13 是报警器在未发生火灾时候的仿真。当没有发生火灾的时候，V1 和 V2 的值应该接近，取 V1=V2=1V，由图 13 的探针 7 可以看出经过差分放大器之后的电压约为 0V，再经过单限比较器，稳压管稳压到 -5.56V（理论值 -5.8V），二极管电压小于 0，蜂鸣器两端电压差为 0。二极管不亮，蜂鸣器不响，符合要求。

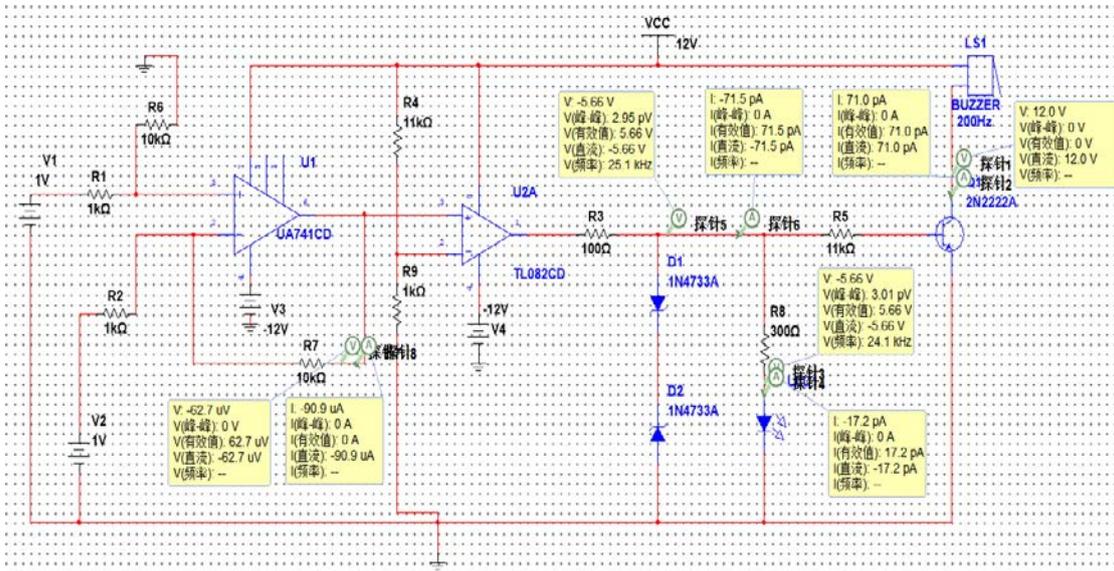


图 13: 报警器在未发生火灾时候的仿真

如图 14 是报警器在发生火灾时候的仿真。当发生火灾的时候，两个温度传感器因为导热速度不同导致元件升高温度的速度不同，故电压降不同。因此，V1 和 V2 的值应该不同，取 V1=1.2V，V2=1V，由图 14 的探针 7 可以看出经过差分放大器之后的电压差为 2V，再经过单限比较器，稳压管稳压到 5.62V（理论值 -5.8V），二极管电压为 1.8V，蜂鸣器两端电压差为 2.31V。二极管亮，蜂鸣器响，符合要求。

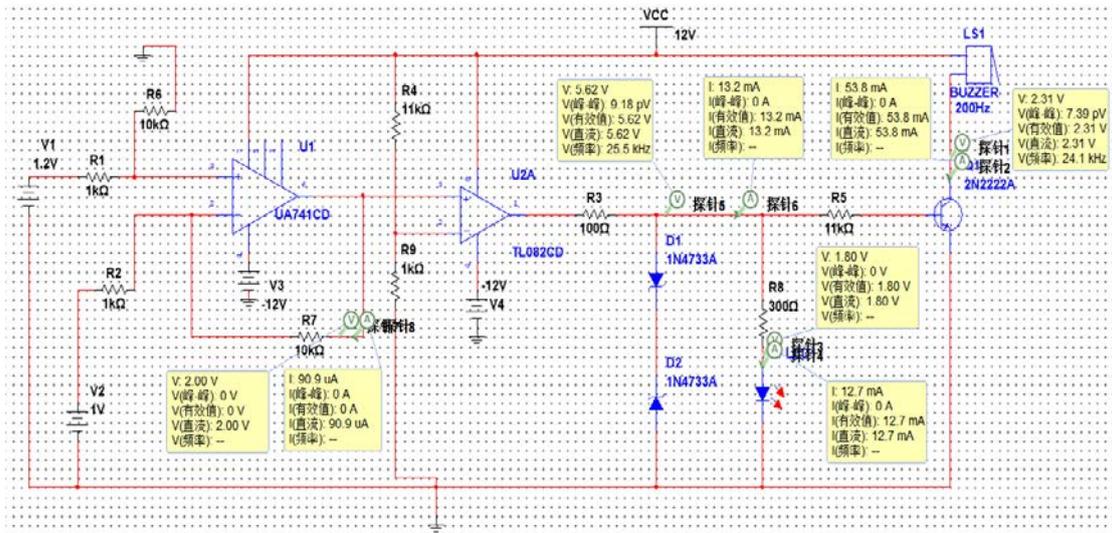


图 14: 报警器在发生火灾时的仿真

五、总结和心得

这次实验，让我充分了解了各个模块的功能和如何实现这些功能，动手能力得到了进一步的提高。而最重要的是，这次的实验让我感受到了工程和理论的区别，工程并不一定要求绝对的精确，只需要所需要的值在误差范围内就行。但是，在实际操作中，我们一定要注重元器件的方向和每个引脚对应的功能，稍有不慎就会造成元器件的损坏。有些元器件的损坏带有明显的特征，故很容易被发现，但有些元器件，比如运放，在损坏时往往不容易被发现，如果不加以测量，我们一般无法排除这一类错误。每当这个时候，我应该耐下心，测量电压、分析走线，一点点排查问题。

第一次真正做出了一个带有一定功能、包含若干模块的电路，这让我对于电子设计又有了进一步的认识，为今后设计和组装更复杂的电路奠定了基础

。