

# 北京航空航天大学

第二十五届“冯如杯”

学生学术科技作品竞赛论文

声波灭火器

2015 年 3 月

## **摘要:**

声波是一种纵波。声音从声源处开始传播，当它在传播过程中时会不断地使空气变疏、变密，从而在空气中形成气体分子疏密相间一条一条的“空气层”。

由于氧气浓度分层，所以氧气低浓度区域火熄灭，其余区域火焰正常。那么火焰也会分层，即火焰往氧气较高浓度区飘，而躲开氧气低浓度区。一层一层的“无火区”和“有火区”，宏观上看火焰就像被撕裂了一般，成条状。

波的疏部和密部以声速传播，也就是说氧气低浓度层与其余层也以声速传播，也就是说火焰的“无火区”和“有火区”以声速传播。火就这样在几秒的时间内被“折腾”灭了。

**关键字:** 信号发生器，声波，灭火

## **Abstract:**

Sound wave is a longitudinal wave. Sound begins to spread from the sound source. In the process of transmission of sound, sound wave will continue to make the air thick or thin, then the air will be layered with different air molecular density and so is the oxygen.

Due to the oxygen layers, the low concentration region extinguish the fire but in the other region the flame is normal. Then the flame will be layered, namely the flame goes to the high oxygen concentration area not the low concentration region. Two kinds of flame layers —— "no fire zone" and "fire zone" look like the fire were teared.

Sound wave has its own speed in the air. It means the thick or thin oxygen layers have the same speed of the sound, so do the "no fire zone" and "fire zone". So the fire dies down.

**Keywords:** Signal generator, Acoustic wave, fire extinguishing

# 目录

摘要: .....	i
关键字: .....	i
一、 绪论.....	1
1.1创意来源.....	1
1.2整体设计思路.....	1
二、 声波灭火器的原理: 火与纵波.....	3
2.1 什么是火? .....	3
2.1.1火的定义与性质的描述.....	3
2.1.2对固体可燃物燃烧模式的逻辑分析.....	3
2.2 什么是纵波? .....	5
2.2.1纵波的定义与性质的描述.....	5
2.2.2纵波传播方向对火的影响的逻辑分析.....	6
2.3 一个证明声波可灭火的小实验.....	7
三、 声波灭火器的设计与调试.....	9
3.1声波灭火器的构成.....	9
3.1.1波形发生器.....	10
3.1.2功率放大器.....	12
3.1.3低频扬声器.....	13
3.1.4声音准直筒与直流电源.....	13
3.2声波灭火器的调试.....	14
四、 声波灭火器的实际效果展示.....	15
4.1 ICL8038和信号放大器的输出波形.....	15
4.2 灭火测试结果.....	16
五、 结束语.....	17
<b>【参考文献】</b> .....	18
附录一: 声波灭火小实验.....	19
附录二: ICL8038原理框图.....	21

## 一、 绪论

### 1.1 创意来源

初中的时候，老师问同学们：“用什么方法可以熄灭蜡烛？”有的同学说用水泼灭，有的说把蜡烛拿起来使劲晃将火晃灭，还有的说直接用嘴吹灭。最后老师给我们演示了一种最为神奇的方法：用声波吹灭蜡烛。

最近在 China Webmaster（站长之家）上看到这样一则短讯和一段只有 1 分钟的视频，“来自美国乔治梅森大学工程专业的 Seth Robertson 和 Viet Tran，花了一年时间研究出手提式声波灭火装置。它能发出 30 至 60 赫兹的低频声波，在短短几秒钟内将火扑灭。”看完这段小视频后联想到当年初中老师做的实验，不禁也想试试，也想一探究竟到底：为什么声波可以灭火。那么问题来了：

哪个频率波段的声波可有效灭火？

哪种波形的声波可有效灭火？

多大响度的声波可有效灭火？

声波灭火的原理是什么？

如果声波灭火器的频率为次声波段，灭火器会不会影响到附近的人？如果为超声波会不会影响到附近的动物（比如蝙蝠）什么的？

为了解决上面的问题我们还是的先搞清楚下面两个问题：

什么是火？什么又是纵波（声波）？

### 1.2 整体设计思路

当一切问题都渐渐揭开面纱之后，就是我们的动手探索的过程了。

如何产生特定波形、频率、幅度的声波是最为关键的！下面是我设计的声波产生的流程图：

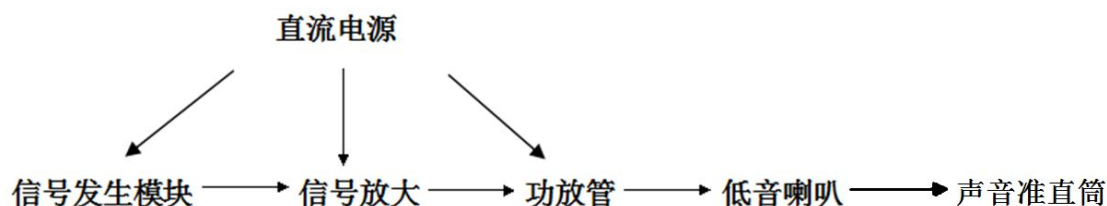


图 1.1

(1) 信号发生模块：

①为了研究声波波形的灭火效果，需可产生正弦波、三角波、方波、占空比可调的 PWM 波等 4 种波形；

②为了研究声波频率的灭火效果：需可在 10Hz 到 100KHz 内可调（由于考虑到买的喇叭为低音扬声器，中频和高频会损坏喇叭，所以选的频率段位 10Hz 到 100Hz）

综上，我们选用的是 ICL8038 芯片，与外围电路构成波形发生器。

(2) 信号放大器：

将波形发生器的小信号放大，为了不影响前级信号发生模块，特在波形发生器后接运放电压跟随器，再接反相放大器。选用的运放为 NE5532。

(3) 功放管、喇叭、声波准直筒

为了研究响度的灭火效果：由于不太清楚喇叭的功率与响度的关系我们选择了一个 50W 的功放带载 50W8 欧姆的喇叭，希望有较好的效果。

为了将声波能量聚集，需要一个声波准直工具。

## 二、声波灭火器的原理：火与纵波

### 2.1 什么是火？

#### 2.1.1 火的定义与性质的描述

1、火是物质燃烧过程中散发出光和热的现象，温度很高，是能量释放的一种方式。

2、火是离子态物质。

3、火焰分为焰心、中焰和外焰，温度由内到外依次升高（蓝色的火焰温度最高）。外焰温度最高，焰心最低。



图 2.1

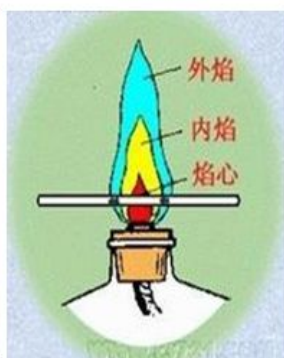


图 2.2

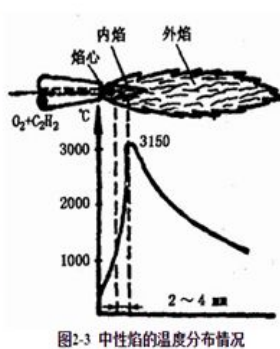


图2-3 中性焰的温度分布情况

图 2.3

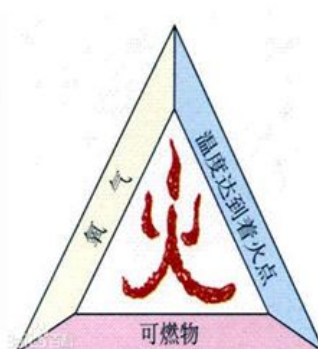


图 2.4

4、物质燃烧必须具备以下三个基本条件：

①可燃物，②助燃物(主要是指空气中的氧气)，③温度达到着火点。

也就是常提及的火三角。

#### 2.1.2 对固体可燃物燃烧模式的逻辑分析

(1) 提出问题：

通过 2.1.1 第 3 点和图 2.2 可知道火焰是分层的，且每层温度不一致，最内层的焰心温度最低。那么问题来了：

①为什么火能保持自身温度不一致？

②为什么火要保持自身温度不一致？

③如果火温度不一致性被强制打断，比如我破坏了焰心或者中焰或者外焰的温度，或者强制使氧气分子浓度发生变化，会怎么样 火是烧得更旺还是灭了？

(2) 回答这些问题：

下面可总结火的两个性质，有助于我们重新认识下什么是火：1、火具有温度不一致性（温度分层），2、稳定燃烧时，温度不一致性稳定存在。

我们学过热传导、热传递、辐射。当两个物体处于热平衡状态下，温度是一致的，否则温度高的向温度低的传递热量，也就是说火的外焰在向空间辐射热量的同时也会向焰心提供热量，这部分热量哪里去了？

下面围绕“火三角”介绍固体的两种燃烧模式：

第一种。（稳定式燃烧方式）。我们以蜡烛的燃烧举例：我们不妨这样将整个过程建立一个新模型，由固态可燃物组成的蜡烛，由液态及气态可燃分子组成的燃烧部分，也就是火焰部分。蜡烛要燃烧，先要吸热，使蜡烛液化再气化成为高温的气态分子，在液态表面处发生的燃烧一般称为内焰，在高温气态分子到达着火点后与空中燃烧一般称为外焰。现在我们就清楚了，火其实是液态和气态可燃分子液态表面和空中发生的燃烧，能量一部分向外界辐射，一部分传递到焰心处，使固态的蜡烛不断变成液态再气态。也正因为如此，这部分热量被液化气化过程所利用，不能沿着固体传递，所以蜡烛的火焰不会往蜡烛表面扩散，火只能呆在气态和液态分子燃烧的地方进行，同时蜡烛固体部分温度保持不变（较低温度、不烫手）。

第二种。（扩散式燃烧方式）当然除了上面这种燃烧方式，固态可燃物还有另一种方式。因为有些固态可燃物不会液化不会气化，比如说蜡烛的灯芯，其燃烧发生于表面，高温的外焰的能量往焰心传递时，由于灯芯不存在液化和气化无法通过这种手段吸收这部分热量，所以这部分热量向整个固体扩散，固体温度扩散式大面积升高，火焰扩散式的包住整个可燃固体。所以此时只要物体有火焰存在，固体的温度就会一直升高，火越烧越旺，直到周围的氧气浓度无法支持更大的火（更剧烈的氧化还原反应）时，温度才会到达一个最高点或者直到固体燃烧殆尽，火焰熄灭之时温度才会达到最大再降低。

（注 1：“稳定式和扩散式燃烧方式”是我自己取的称呼，只是为了后面描述方便；

注 2：我们在教育学习时候老师演示的是第一种可燃物，代表性物体为蜡烛、某些塑料，而火灾时大部分却是第二种可燃物，代表性物体为木材。）

火灾中这两种可燃物都有，所以阻止这两种燃烧模式只有 4 种方法：①降低氧气浓度或者隔离氧气使其无法燃烧，②降低温度使其低于着火点，③减少可燃物，④强制破坏火焰温度不一致性。

显然第③种方法在火灾现场灭火时不可取，而常用的有第①种方法（很多灭火器喷射出粉尘或者泡沫或者 CO<sub>2</sub> 对氧气进行隔离）和第②种方法（泼水），那么为什么没人用过第④种呢？在绝大多数教材课本上是没有第④点的，虽然是一个很明显的事实，但是绝大多数人都没有在意到这一点，所以根本不会去想到第④种方法。

那么第④种方法有效吗？第④种方法该如何实施即用什么法子破坏火焰温度不一致性呢？这正是我们的声波灭火器的原理所在——利用特定的声波（纵波）来改变空气分子的疏密程度和空气压力，并使这两者不断地发生剧烈变化，这可以不断干扰外焰向焰心的热量传递。

在讲完“2.2 什么是纵波”后，我将联合纵波的知识，来解释声波是如何干扰外焰向焰心传递热量的。

（注：为什么我们要讲这两种固体的燃烧模式？因为只有了解到火焰的形成过程，才能从新的角度来灭火，才能从事物的本质入手解决实际问题。）

## 2.2 什么是纵波？

### 2.2.1 纵波的定义与性质的描述

纵波是质点的振动方向与传播方向同轴的波。（如敲锣时，锣的振动方向与波的传播方向就是一致的，所以声波是纵波。）

纵波也称“疏密波”，纵波的传播过程是沿着波前进的方向出现疏密不同的部分。实质上，微观地看，纵波的传播是由于介质中各体元发生压缩和拉伸的变



形并产生使体元回复原状的纵向弹性力而实现的，但是个体元只是在各自的平衡位置见来回振动并没有发生很大的位移。宏观地看，有着这样一种现象，波源向外不断传播出密疏相间的波形。

### 2.2.2 纵波传播方向对火的影响的逻辑分析

也就是说，在某特定的频率、波形、振幅的纵波可以使得空气分子疏密相间，即可以理解为“空气（氧气）分层、氧气分子疏密相间、氧气浓度高低相间”。低浓度区域的火焰不容易燃烧，其余区域可以正常燃烧，这就类似于火焰被层层给撕开，氧气低浓度区域无火，其他地方有火，有火区与无火区相间。

虽然微观上空气分子只是在原地做某种振动，但是波在向外传播，什么意思呢，即宏观上看，氧气低浓度区和其余区向外以声速传播，假如我们放慢声速，我们可以看到被撕开的火焰随着氧气较高浓度区向外以声速传播。

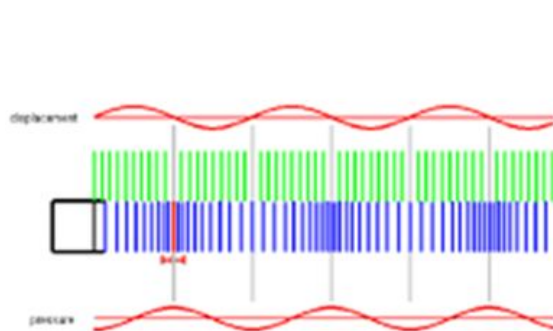


图 2.5

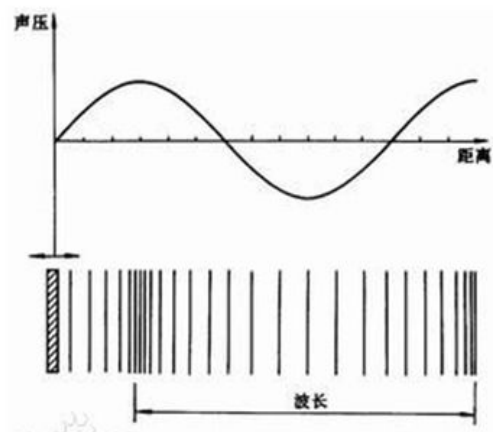


图 2.6

（gif 图可演示声波的传播，由此可分析出宏观上被分层撕裂的火焰随着纵波背向波源传播）

因为声波对火可以有两种影响方式：（图 2.7）

第一种：水平方向传播的声波。

第二种：竖直向下传播的声波。

（第三种：斜向下传播的声波，即第一和第二种的综合）

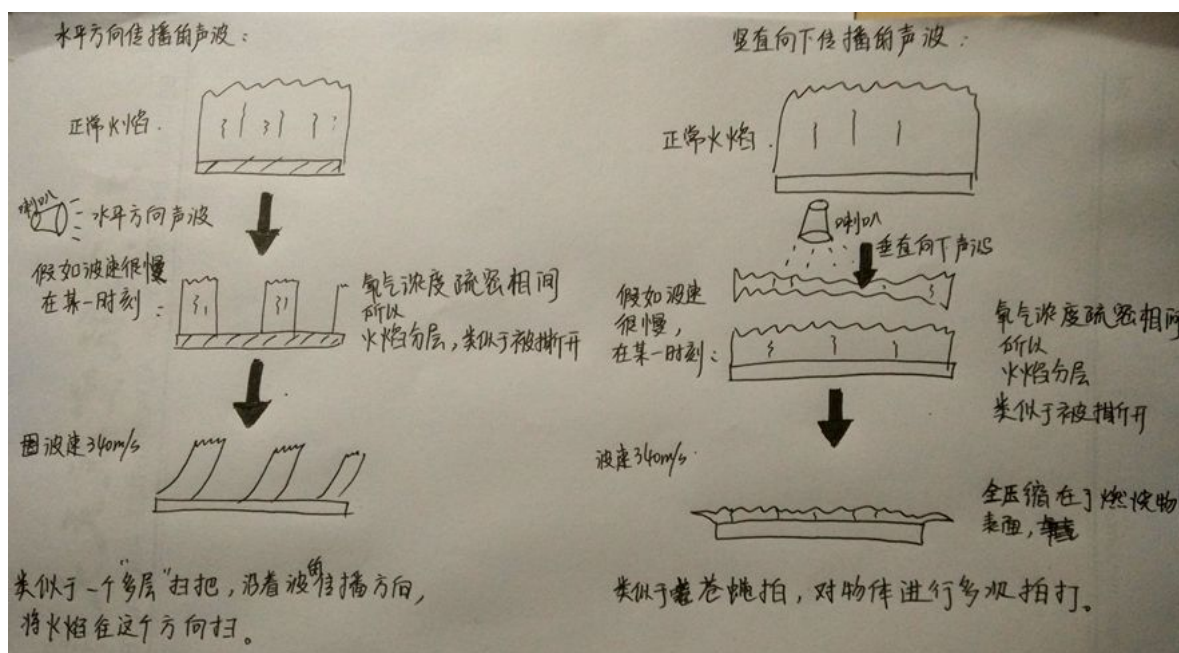


图 2.7

声波若是水平方向传播经过火焰，则会使这些火焰在竖直方向上成条状，条状火焰以声速更随着波的传播一起背向声源水平传播；声波若是竖直方向传播经过火焰，则在水平方向成条状，条状火焰以声速压向固体燃烧物表面，形成一层表面火焰。

这两种声波的入射方式对火形态的改变解释了声波是如何干扰外焰向焰心传递热量的。由此我们就破坏或者干扰火焰温度的不一致性，那么新型声波灭火方法就近在眼前了。

### 2.3 一个证明声波可灭火的小实验

注：具体步骤及操作见附件一

将直筒的一边用纸包裹在纸中心留一个小孔，在直筒另一端用较为绷紧的气球包裹。小孔对准打火机的火苗，用橡皮筋弹气球，火苗熄灭。



图 2.9

### 三、 声波灭火器的设计与调试

#### 3.1 声波灭火器的构成

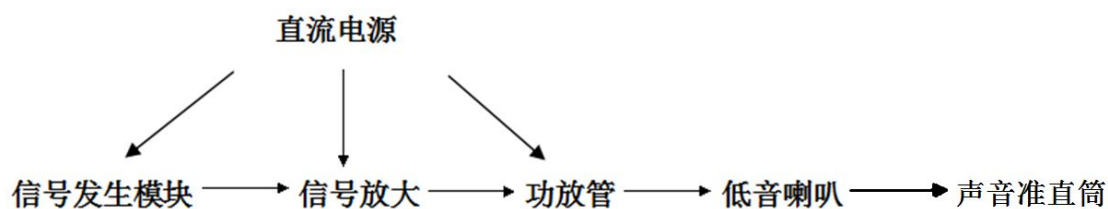


图 3.1 声波灭火器的原理框图

声波灭火器由信号发生模块，信号放大器，功放管，低频喇叭，声音准直筒，直流电源等 6 部分构成。图 3.1 是声波灭火器的原理框图。其实物连接如图 3.2.

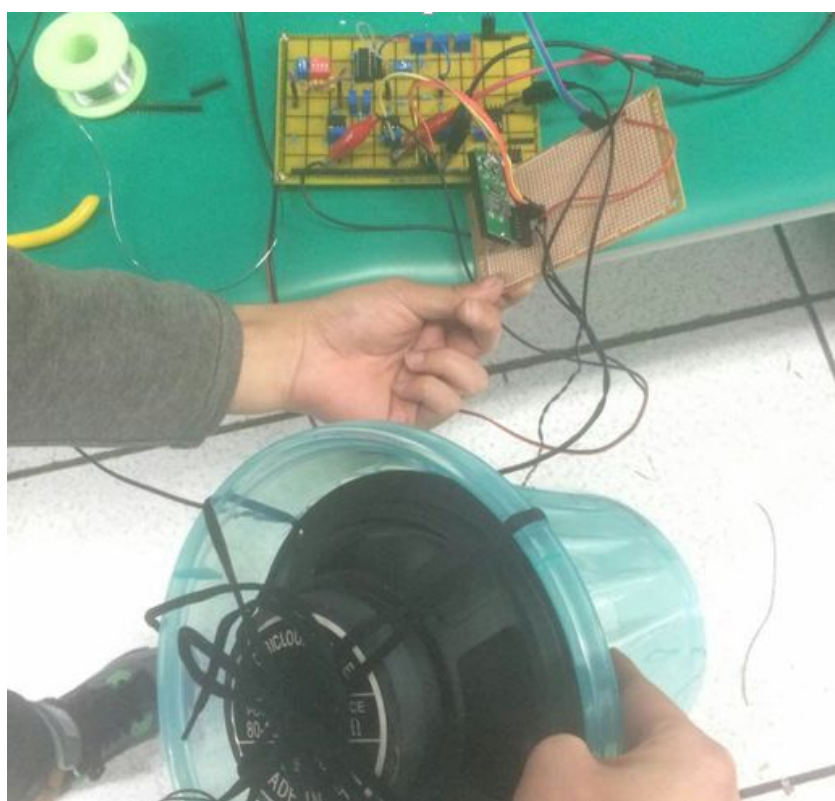


图 3.2 声波灭火器的实物图

下面分别介绍声波灭火器的各部分的原理和组成。

### 3.1.1 波形发生器

由于不清楚什么样的波形可以产生比较好的灭火效果，所以这是个试验型的电路，我们将产生并依次测试正弦波、三角波、方波、占空比可变的 PWM 波的灭火效果（灭火用时的长短）。频率范围 10HZ~100KHz，幅度输出 0~5V 可调。

(1) ICL8038 最经典的外围电路：

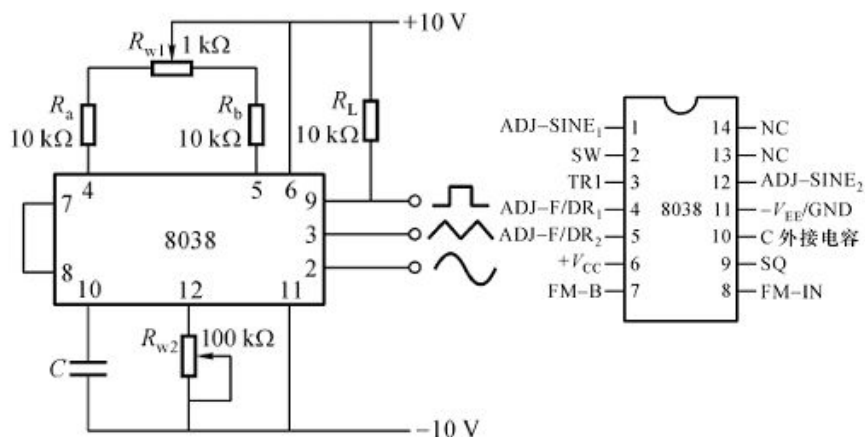


图 3.3

脚 1、12（Sine Wave Adjust）：正弦波失真度调节；

脚 2（Sine Wave Out）：正弦波输出；

脚 3（Triangle Out）：三角波输出；

脚 4、5（Duty Cycle Frequency）：方波的占空比调节、正弦波和三角波的对称调节；

脚 6（V+）：正电源±10V~±18V；

脚 7（FM Bias）：内部频率调节偏置电压输入；

脚 8（FM Sweep）：外部扫描频率电压输入；

脚 9（Square Wave Out）：方波输出，为开路结构；

脚 10（Timing Capacitor）：外接振荡电容；

脚 11（V- or GND）：负电源或地；

脚 13、14（NC）：空脚。



## (2) proteus 仿真

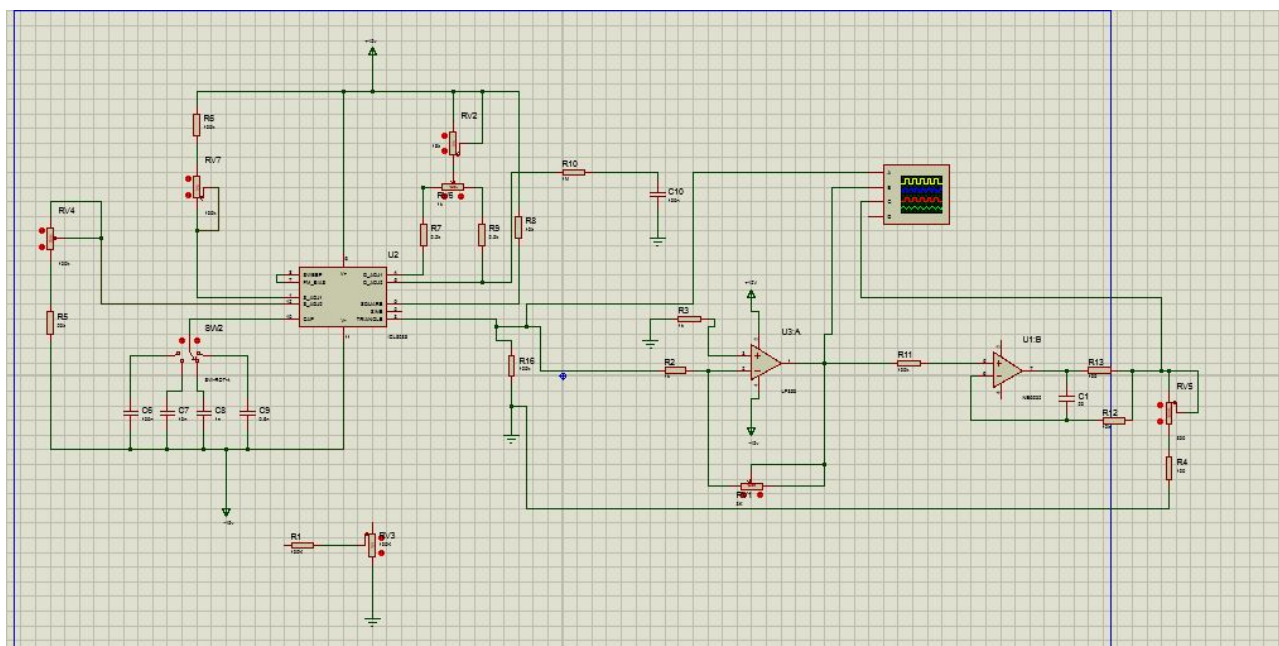


图 3.4

## (3) 电路板

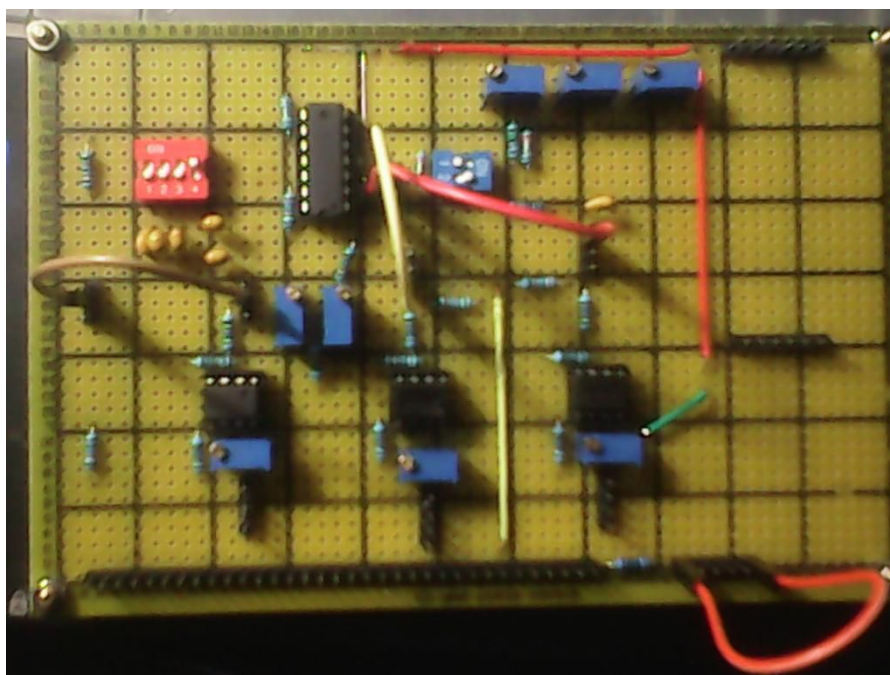


图 3.5

### 3.1.2 功率放大器

（由于功放电路焊接比较复杂，限于时间和自己的技术能力，所以选择购买了一个较为便宜的功放。）

#### （1）D 类功放模块型号：BAA24150

模块特点：

- ◇ 体积超小：模块尺寸：长 51mm，宽 21mm，高 14mm；
- ◇ 工作电压 12V-30V，适用于多种场合电压 24V；
- ◇ 输出功率 50Wx1；（负载为  $8\Omega$  时，输出功率在 12V 时为 12W，24V 时为 40W，27V 时为 50W）
- ◇ 输出喇叭负载最低为  $2\Omega$ ，最高为  $8\Omega$ ；
- ◇ 效率超高，使用简单。

#### （2）D 类功放模块概述：

采用进口 D 类 IC 设计，效率高，体积小，发热小，工作可靠。

内置短路保护、过热保护、限流保护等，保护功能完善，可靠性高。

体积小巧，适用于对体积要求严格的场合。

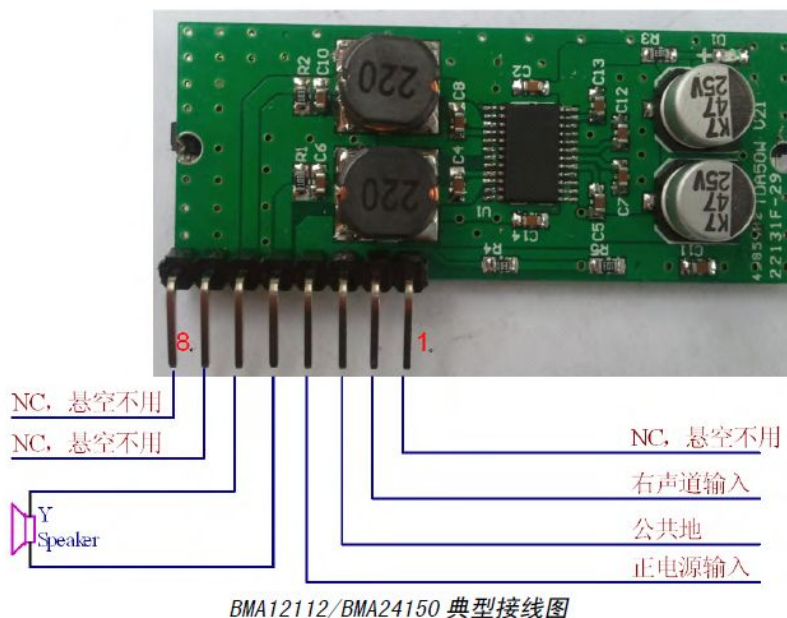


图 3.6

### 3.1.3 低频扬声器

额定阻抗：8  $\Omega$ ；

功率：30W-80W；

直径大小：210mm；

厚度：80mm；

磁铁直径：100mm；

重量：1.1KG；



图 3.7

### 3.1.4 声音准直筒与直流电源

(1) 声波准直筒由垃圾桶改装而成。如图 3.6。

(2) 直流电源选用的是双电源 $\pm 12V$ 、3A 的开关电源。如图 3.7。



图 3.8

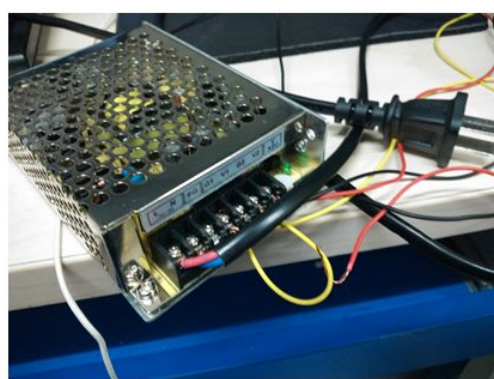


图 3.9



### 3.2 声波灭火器的调试

- (1)、在安装电子电路前，应仔细查阅电路所使用的集成电路的管脚排列图及使用注意事项，同时测量电子元件的好坏。
- (2)、画出每个单元电路的电路原理图和连线图；画出整个电子系统的原理图。
- (3)、前置放大器调试。安装电路时注意电解电容的极性不要接反，电源电压的极性不要接反。同时不加入交流信号时，用万用表测量每级放大器的静态输出值；然后用示波器观察每级输出有无自激振荡现象，同时测量前置放大器的噪声输出大小。
- (4)、功率放大器模块测试：通电观察。接通电源后，先不要急于测试，首先观察功放电路是否有冒烟、发烫等现象。若有，应迅速切断电源，重新检查电路，排除故障。
- (5)、整机联调。将每个单元电路互相级联，进行系统调试。
- (6)、整机试听。用  $8\Omega/8W$  的扬声器代替负载电阻  $R_L$ 。

## 四、声波灭火器的实际效果展示

### 4.1 ICL8038 和信号放大器的输出波形

50HZ 时：

(1)方波（注：将示波器耦合方式改为直流方式可使斜边变平，变成正常的方波。  
当时忘记改耦合方式了）

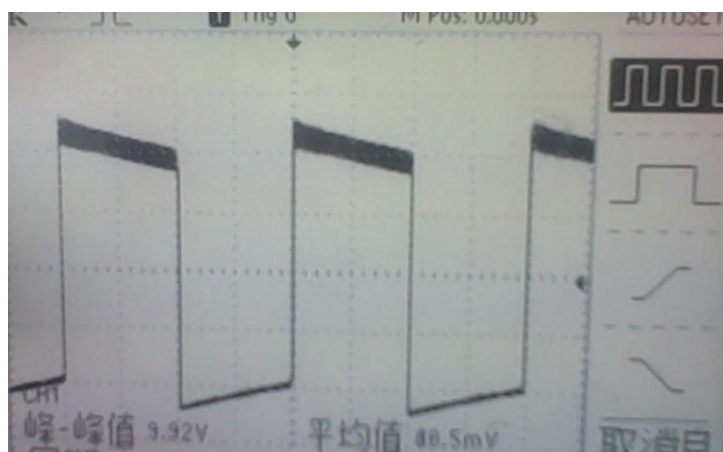


图 4.1

(2)三角波

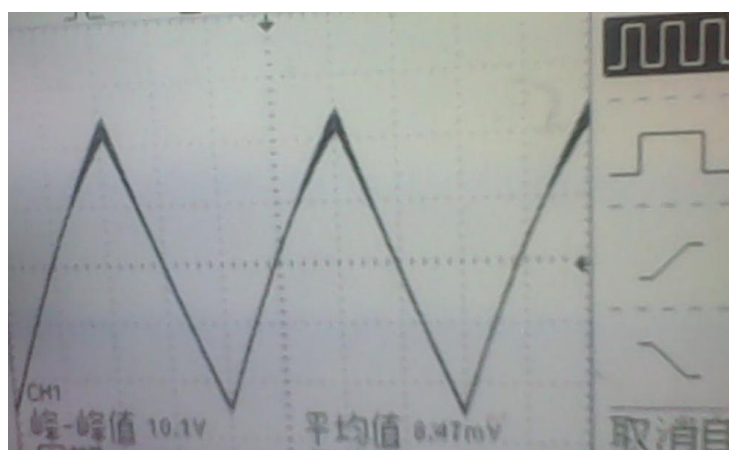


图 4.2

### (3)正弦波

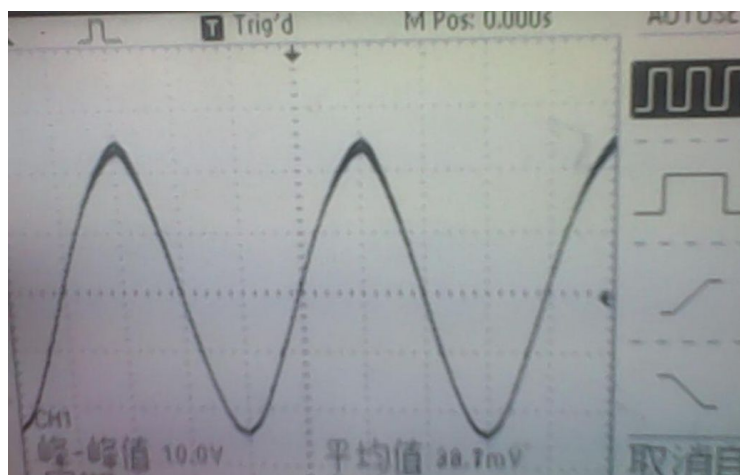


图 4.3

## 4.2 灭火测试结果

(1) 火源选择：打火机

(2) 火源位置：距离声音准直洞口 10cm 内灭火效果很明显；距离超过 20cm，很难灭火。

(3) 直流电压数据显示：(+12V, 0.94A), (-12V, 0.17A)，即喇叭功率大约为 12W。

(4) 40Hz 电信号波形测试：

方波：（未测试）

三角波：可灭火

正弦波：可灭火

PWM 波（占空比测试段 10%到 90%）：（未测试）

（注：方波 0~T/2 内为+12V，T/2~T 内为-12V，由于不清楚方波或矩形波会不会烧掉功放或者喇叭，所以未测试）

(5) 频率测试：低频测试段 30Hz 到 60Hz 三角波正弦波可灭火

中频测试段 1KHz 到 3KHz 三角波正弦波无法灭火

（注：由于买的是低频喇叭，较高频率的电信号对喇叭有损坏性影响，所以选择的较高频段为 1KHz 到 3KHz）

(6) 灭火时间：1 秒左右。

**结论：**三角波、正弦波在频率为 30HZ~60HZ 的低频带内所产生的 12W 左右的声波可在距离声音准直筒洞口 10cm 以内快速灭火。

## 五、结束语

在冯如杯预报名截止前两天我们发现了这个创意点，并开始构思、理论分析和实物制作，到正式申报为止，短短 10 天时间，完成了这份作品。虽然很是仓促，但是文章内容很充实，很有逻辑性。正是因为我们认为声波灭火器是个足够有创意的想法，是个在我们能力范围内可行的作品，我们才抓紧时间不断突破、不断挑战完成这项任务。

虽然这个“声波灭火”这个创意点是来自于一则关于国外学生的简讯，但是所有的理论分析和实物制作，全由我们独立完成。在这段时期内，我们废寝忘食，查阅了很多资料，不断地进行筛选和舍弃，最终选取到的理论资料言简意赅，非常符合我们作品的这个主题，我们也不断地尝试各种假设、猜测进行逻辑分析。最终得出一套比较能解答原理的理论。

对比于现在的干粉灭火器、泡沫灭火器，我们所用的新型灭火方法所制作的声波灭火器更加快捷、简便、安全、环保。传统灭火器需要学习如何操作，且比较重，我们的声波灭火器较轻，且只需按下电源键，就可以灭火，操作非常简单。再比如航天器中的火灾，传统灭火器会使得空间站到处是干粉或者泡沫，而我们的声波灭火器灭火的同时不留下任何垃圾。

正是由于声波灭火器的这些优点，我们相信这款灭火器有很好的发展前途与经济潜力。

## 【参考文献】

[1] China Webmaster（站长之家）：

<http://www.chinaz.com/news/2015/0327/394009.shtml>

[2] “火”的百度百科：<http://baike.baidu.com/subview/19105/8126602.htm>

[3] “纵波”的百度百科：

<http://baike.baidu.com/link?url=JHBbnXtmjkNjFDjfsz25umd1x9y65egc1PPE-Zy27q1GTpv7W5tLqYcWeEJSqyKsSofN7mLI5EUCCxboPyFjLa>

[4] 声波灭火小实验：

[http://wenku.baidu.com/link?url=N6oEPXN1pV-JL37XR5tC-S3f5qNqxUyspnJBNv\\_6zT3o7s25I3Gi6Ahp6U\\_3ohnZ5rBW8Fk-Bxo\\_NC0w\\_jRPM9o1BVxcFzk08PsKucdRPL](http://wenku.baidu.com/link?url=N6oEPXN1pV-JL37XR5tC-S3f5qNqxUyspnJBNv_6zT3o7s25I3Gi6Ahp6U_3ohnZ5rBW8Fk-Bxo_NC0w_jRPM9o1BVxcFzk08PsKucdRPL)

[7](#)

## 附录一：声波灭火小实验

在一本名叫《创意科学实验》的书上看到一个声波“大炮”的制作，一个利用声波吹灭 蜡烛的实验，那么，声波真的能灭火吗？

### 1. 材料

准备卷筒纸的纸芯、气球、橡皮筋、卡纸、剪刀、透明胶带、打火机。（图一）

### 2. 制作步骤

- （1） 将一个气球剪开。（图二）
- （2） 将气球皮蒙在卷筒卫生纸的纸芯的一端，然后用透明胶带固定。（图三）
- （3） 将一张彩纸蒙在卷筒卫生纸的纸芯的另一端。（图四）



- （4） 用透明胶带固定这张纸。（图五）
- （5） 用剪刀在彩纸中心剪一个直径约为 1 厘米的小孔。（图六）
- （6） 将一段橡皮筋稍拉紧，用透明胶带使橡皮筋固定在气球皮的中心线上。（图七）



### 3. 观察情况与结果

- (1) 一人点燃打火机，放于正前方。（图八）
- (2) 另一人把制作好的声波“大炮”将其卡纸一端的“炮”口对准火焰，并与火焰在同一水平线上，一手扶炮筒，一手拉开橡皮筋，然后发射，“嘭”的一声，打火机火焰应声熄灭。（图九）



#### 4. 实验结果分析

声音能以波的形式传播，所以人们把它叫做声波。它是一种物体震动，只有物体震动是才会产生声波，声波会借助固体、液体、气体等介质向四面八方传播，声波在传播过程其实是能量的传递过程。而火的产生基于三点：一，被燃烧物体达到燃点的热量聚集—温度；二，氧气；三，可燃燃烧物体。想灭火就只有基于这三点进行研究。由此看来这两者并不存在所谓的相克关系。

风之所以能够吹熄火焰，是因为空气的流动用较冷的空气把火焰附近的较热的空气吹走，焰心处温度过低，再加上火焰的飘摇不稳，从而很快熄灭。

查阅资料得知：观点一声音以波的形式传播，波只是介质中的一种压力振动。振动从声源处开始传播，不断循环往复地导致空气变疏和变密，从而在空气中形成疏密相间，或者高低压相间的纵波形式向前传播。根据理想气体定律，气体的温度、压力和体积是相互联系的，因此空气局部压力的降低会导致局部的空气温度降低，这降低了温度的空气正好碰到焰心，火焰就会因焰心处的温度过低而熄灭。这与风吹熄火焰的道理其实是相似的。观点二火焰熄灭的难易与声音的频率密切相关，有研究者试验了 5 赫兹到几百赫兹的声音后，发现，40-50 赫兹的声音熄灭火焰最有效。而且声音的

强度越高，声波的高压波峰与低压波谷之间的差别(振幅)越大，火焰越容易熄灭。因此还有人根据这此现象来推测，是声波导致的疏密程度和压力不断剧烈变化的空气把火焰给折腾灭的。

现在声波技术已经是非常成熟，已被广泛应用到很多方面，如医学上的B超检查，在军事雷达定位，生活中的包括声波牙刷、剃须刀及工业清洗等。最新研究还发现：因在飞船和月球基地的密闭、微重力和无重力环境中传统的灭火器因为重量大、灭火效率低和不能持久灭火、极易造成重大破坏等缺点在太空失火事故中无法得到运用，而超声波灭火器因为造价低、作用时间长、不会产生污染等优点成为飞船和月球基地可行的灭设备，已设计出了中国航天工程超声波灭火器。



## 附录二：ICL8038 原理框图

专用集成电路 ICL8038 就是一个函数波形发生器，其引出脚的排列及性能见附录一。典型应用电路如图 5-2-1 所示。

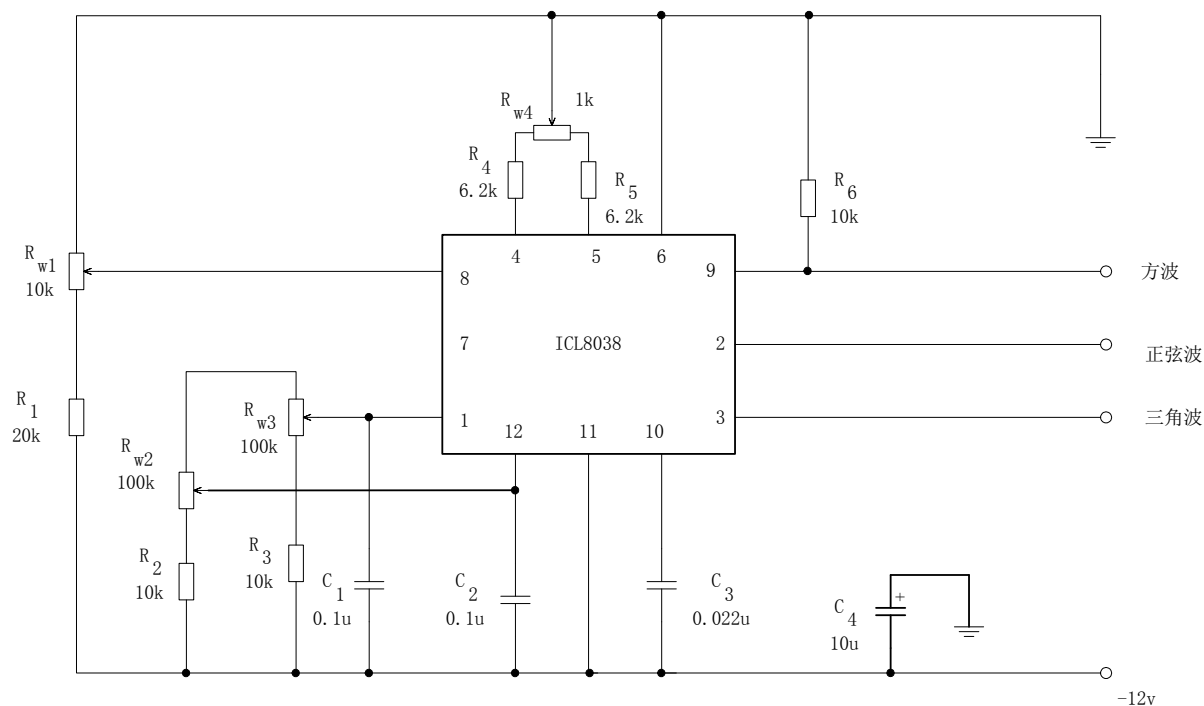


图5-2-1 ICL8038典型应用电路

ICL8038 的内部原理见图 5-2-2 所示。

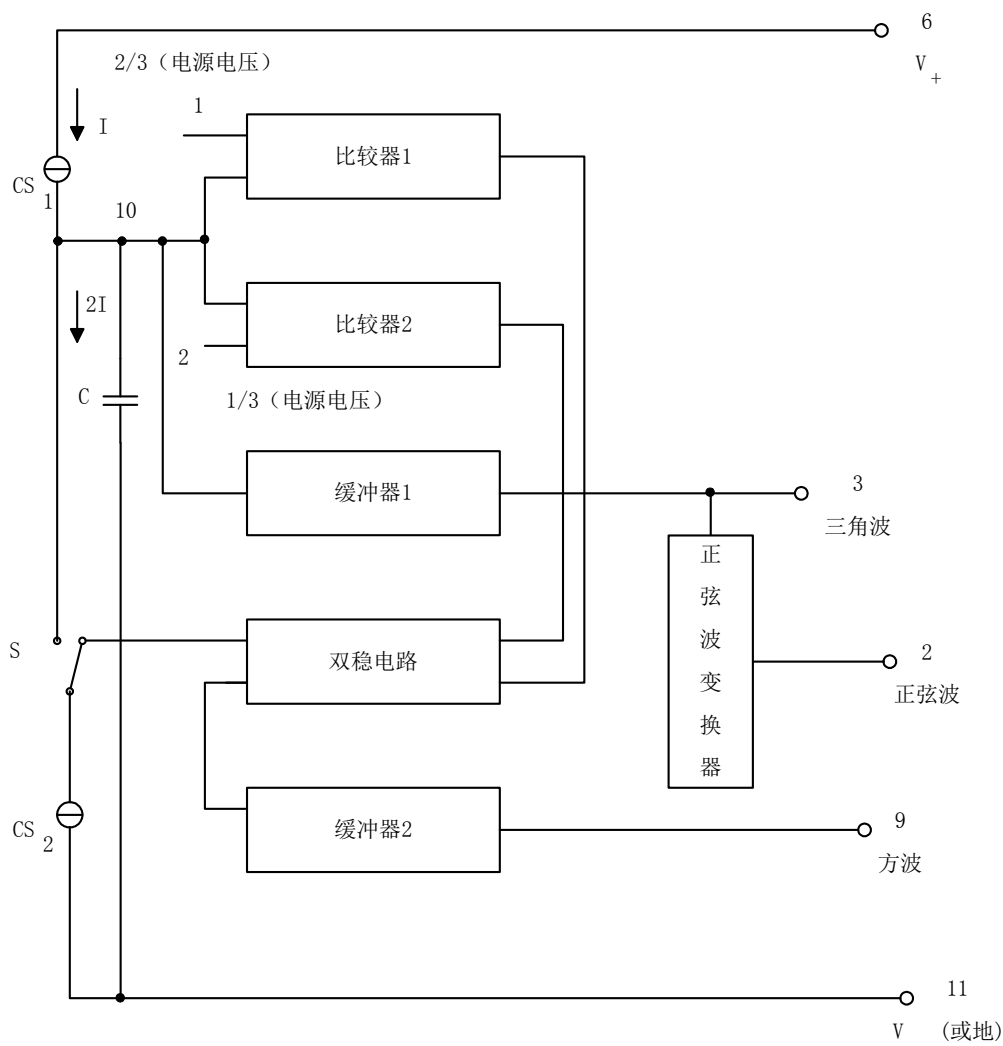


图5-2-2 ICL8038内部原理框图

其基本工作原理如下：

CS<sub>1</sub>和CS<sub>2</sub>是两个恒流源，它们和外接的定时电容C组成积分电路。电平比较器1和2以及双稳态触发器组成积分电路的控制电路。定时电容C上的三角波经缓冲级后由3脚输出。双稳态电路输出的方波经缓冲级后由9脚输出。三角波再经过一个正弦波变换器后由2脚输出。若要提高正弦波输出的带载能力，则可再外接一级跟随器。

恒流源CS<sub>1</sub>与外接电容C固定连接在一起，而恒流源CS<sub>2</sub>则由双稳态电路控制的开关S来决定是否与电容C接通。若开关S断开，则只有CS<sub>1</sub>以电流I向电容C充电，电容C上的电压线性增大。当该电压上升到比较器1的阈值电平（电源电压的2/3）时，双稳态电路翻转，S接通，此时，恒流源CS<sub>2</sub>以电流2I向电

容 C 反向充电，由于同时还存在着  $CS_1$  的作用，所以电容 C 将以电流 I 放电，电容 C 上的电压线形减小。当该电压下降到比较器 2 的阈值电平(电源电压的 1/3)时，双稳态电路复位，S 断开，只剩下  $CS_1$  向电容 C 充电。如此反复，从而形成振荡。

由上述可见，只有当恒流源  $CS_1=I$ ， $CS_2=2I$  时，电容 C 的充、放电时间常数才相等，这时输出的三种波形均对称。不然，三角波将变为锯齿波，方波将变为矩形波(占空比>50%)，正弦波将严重失真。电流源  $CS_1$  和  $CS_2$  的大小分别决定于外接电阻，即图 5-2-1 中的  $R_4$  和  $R_5$ 。只有当  $R_4=R_5$  时才有  $CS_1=I$  和  $CS_2=2I$ ，才能获得对称的三角波，方波和正弦波。电位器  $R_{w4}=1k\Omega$  是用来调整输出波形的对称性，调整  $R_{w2}$  和  $R_{w3}$  可改善正弦波的失真。

ICL8038 的输出频率是 8 脚上电压的函数，即它是一个压控振荡器。当 8 脚与 7 脚(扫频偏置电压  $\approx -2.8V$ )相连时，输出频率是固定，若 4, 5 脚的外接电阻相等均为 R，则输出频率

$$f=0.3/RC \quad (5-2-1)$$

当 8 脚与一个连续可调的直流电压相连时，则输出频率连续可调。当此电压为最小值(近似为零)时，频率可达到很低。当此电压为最大时，频率最高，并且改变定时电容 C 的大小可改变最高输出频率。此连续可调电压由 -12V 电源电压经电阻  $R_1$  和电位器  $R_{w1}$  分压取得。而 ICL8038 的控制电压有效作用范围是  $0 \sim -3V$ ，为此，选择适当的  $R_1$  以保证最大控制电压为 -3V 左右。通常为保证调整的准确性，各电位器一般选择小型多圈式电位器。