

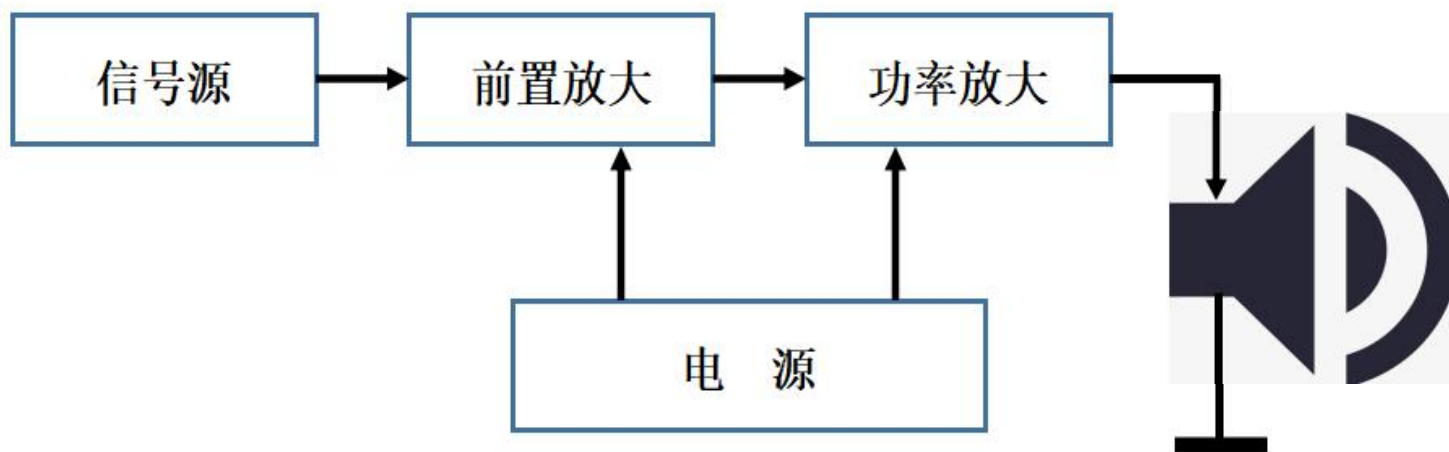
# 实用音频放大器

胡鸿志

2020. 6. 13

# 设计任务

- 设计并制作低频功率放大器。



# 题目分析

- 1. 基本要求

(1) 放大通道的正弦信号输入电压幅度为 $0.1\sim 1V_{pp}$ ；采用双电源供电，电压不大于 $\pm 20V$ ；在等效负载电阻 $R_L$ 为 $8\Omega$ 时（功率放大部分单独供电），放大器应满足：

- ① 最大不失真输出功率 $P_{OR} \geq 10W$ （失真度小于5%），此时效率 $\eta \geq 40\%$ 。

分析：负载 $R_L = 8\Omega$ ，输出功率 $10W$ ，可计算输出电压。

$$P = \frac{U_o^2}{R_L} \quad U_o = \sqrt{P \times R_L} = \sqrt{10 \times 8} = 8.94V \approx 9V$$
$$U_{OPP} = 2\sqrt{2}U_o = 2.828 \times 8.94 \approx 25.3V$$

电源电压 $> \pm 12.7V$ ，考虑到三极管压降，使用 $\pm 15V/18V$ 电源

功放输出峰值电流： $12.7V \div 8\Omega \approx 1.59A \approx 1.6A$

# 题目分析

- 1. 基本要求
  - (1) 放大通道的正弦信号输入电压幅度为 $0.1\sim 1V_{pp}$ ；采用双电源供电，电压不大于 $\pm 20V$ ；在等效负载电阻 $R_L$ 为 $8\Omega$ 时（功率放大部分单独供电），放大器应满足：
- ① 最大不失真输出功率 $P_{OR}\geq 10W$ （失真度小于5%），此时效率 $\eta\geq 40\%$ 。

分析：负载 $R_L=8\Omega$ ，输出功率 $10W$ ，计算放大倍数。

总放大倍数：

$$25.3 \div 1 = 25.3 \text{倍} \quad 25.3 \div 0.1 = 253 \text{倍}$$

实际放大倍数应大于25.3倍，小于253倍，

综合考虑，放大倍数定为100倍。

# 题目分析

- ① 最大不失真输出功率 $P_{OR} \geq 10W$ （失真度小于5%），此时效率 $\eta \geq 40\%$ 。
- ② 后级功放带宽 $BW \geq (40 \sim 20000) Hz$ 。
- ③ 在前置放大级输入端交流短接到地时， $R_L = 8\Omega$ 上的交流声 $V_{PP} \leq 200mV_{pp}$ 。

分析：功率放大电路的主要技术指标（参考模拟电子技术）

① 最大输出功率 $P_{om}$ ：功放提供给负载的最大交流功率。

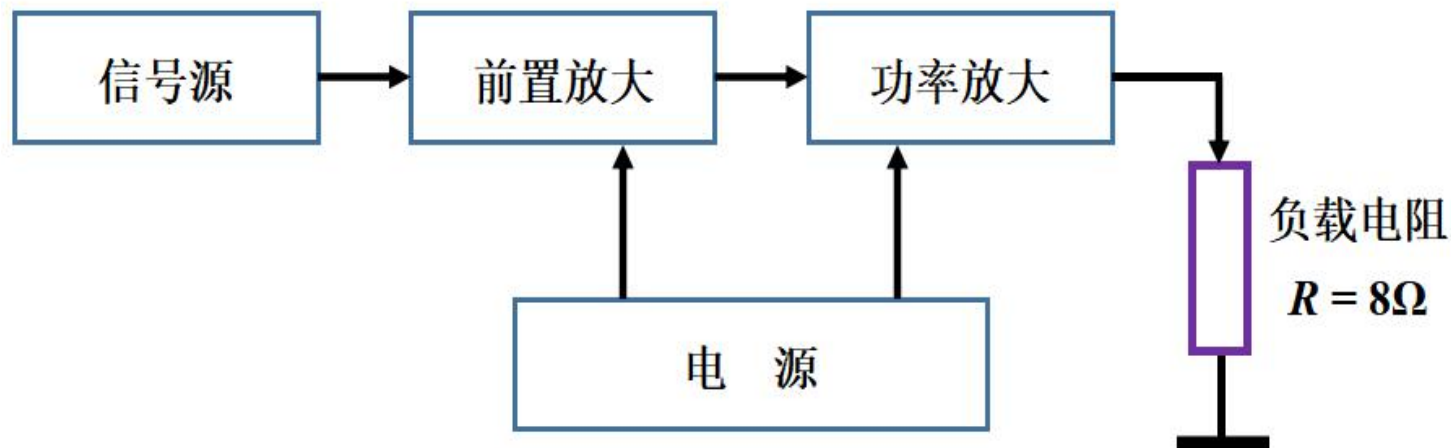
② 转换效率 $\eta$ ：最大输出功率 $P_{om}$ 与电源提供的功率之比。

功放类型 { 甲类：失真小音质好，输出功率和效率低（ $< 25\%$ ）。  
乙类：效率高，但会产生交越失真（ $< 78.5\%$ ）。  
甲乙类：解决乙类交越失真，效率高于甲类。

电路带宽较宽，放大电路考虑使用直流耦合（直接或电阻连接）。

（交流耦合：电容连接）

# 题目分析



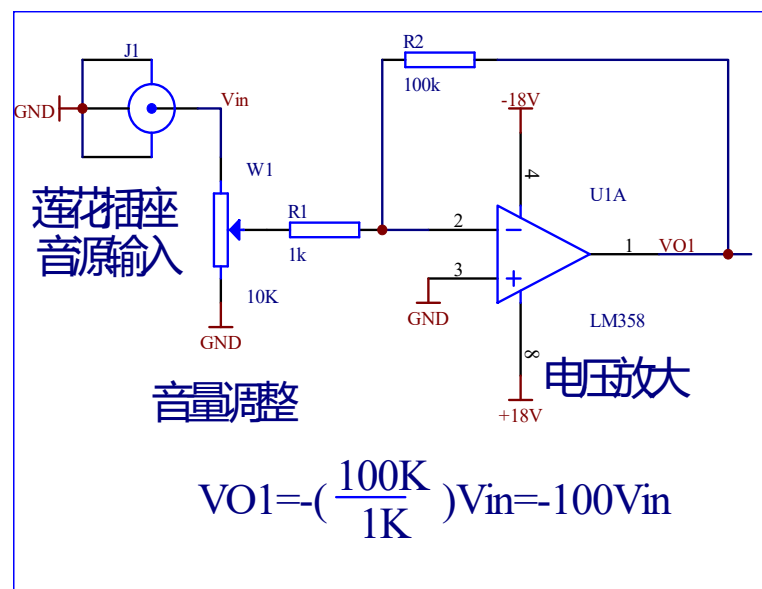
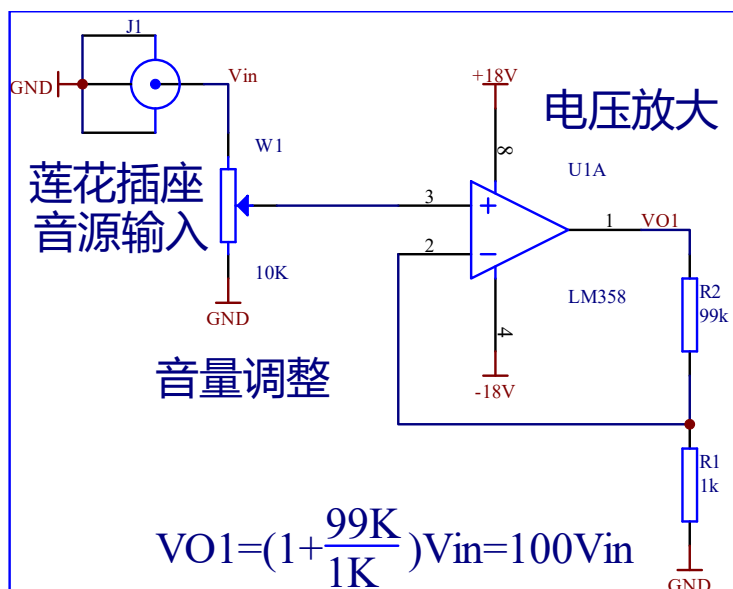
前置放大器主要起电压放大作用，其电压增益为100；  
功率放大器主要起电流放大作用，其电压增益一般设为1。



# 前置放大器电路



- 一般使用运放制作前置放大器。
- 可以使用同相放大器，也可以使用反相放大器。



以上两个电路貌似能满足要求，其实存在着问题。

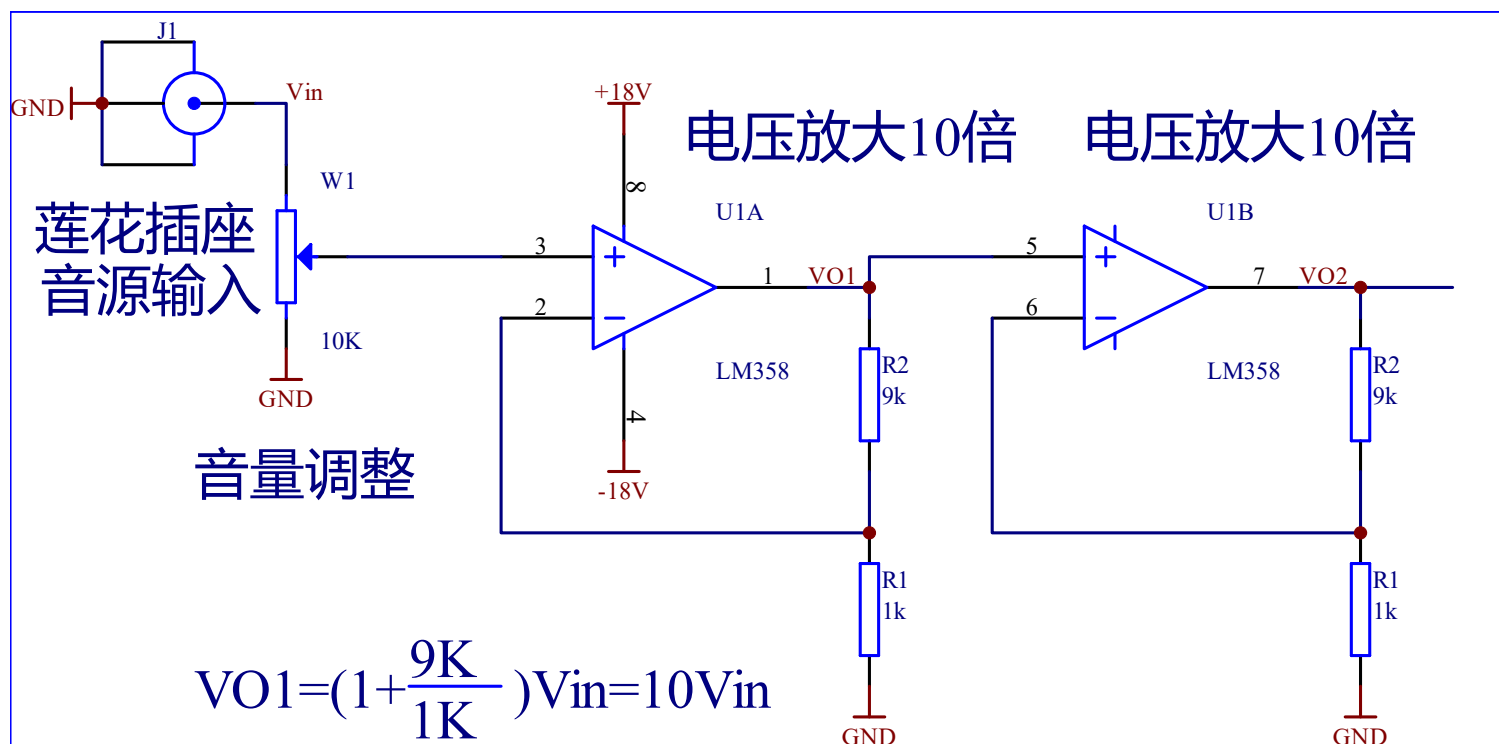
# 运放的增益带宽积

- 分析：运放的增益带宽积（GBWP/GBW/GBP/GB）
- LM358            GBW=1MHz
- 放大20KHz信号时只能放大50倍。
- NE5532            GBW=10MHz
- 放大20KHz信号时可以放大500倍。
- 结论：若使用单级放大器，不能使用LM358，可以使用NE5532。



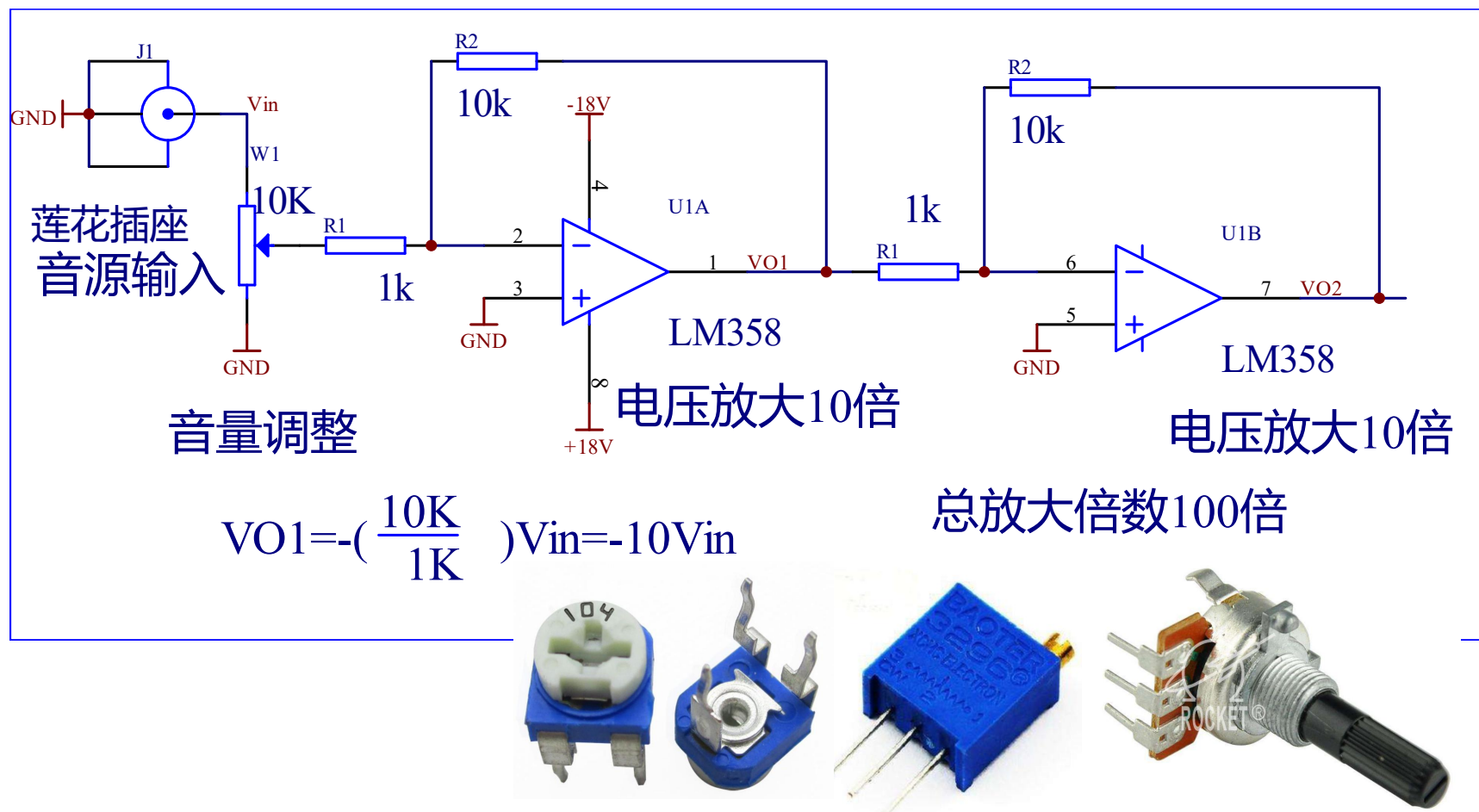
# 前置放大器电路

- 两级放大电路的方案。



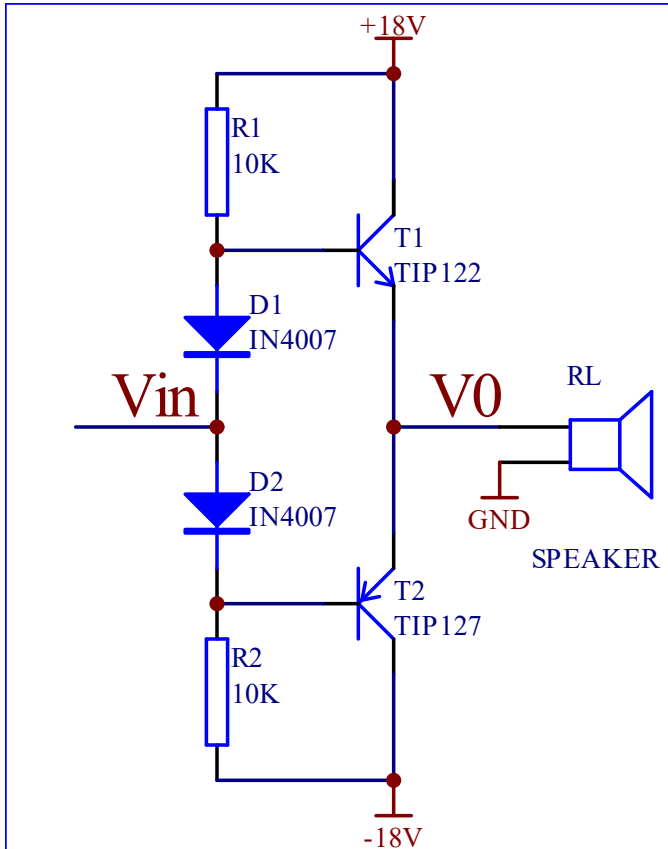
# 前置放大器电路

- 两级放大电路的方案。

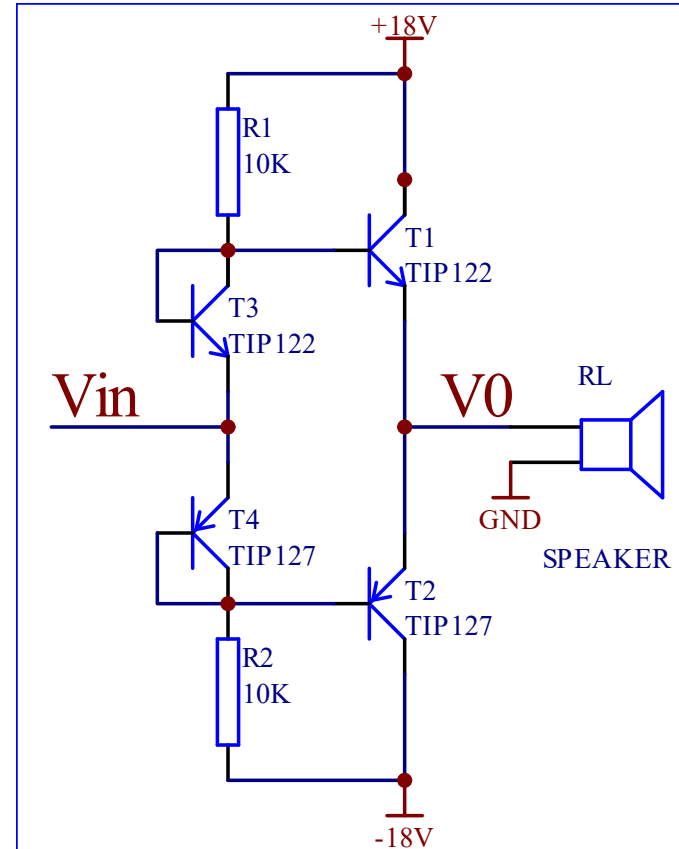


# 功率放大电路

- 采用甲乙类互补推挽结构

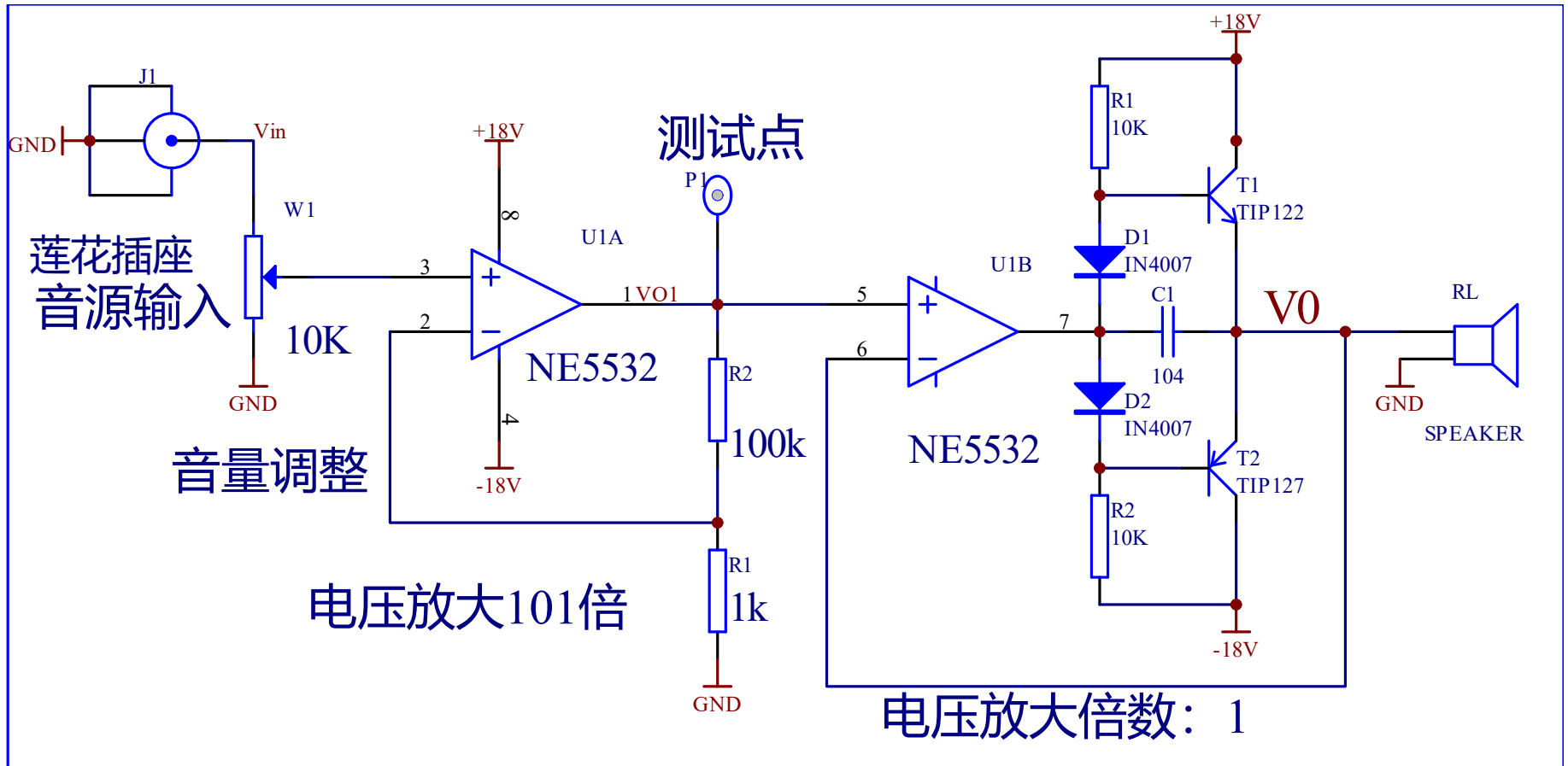


D1、D2用于减小或消除交越失真



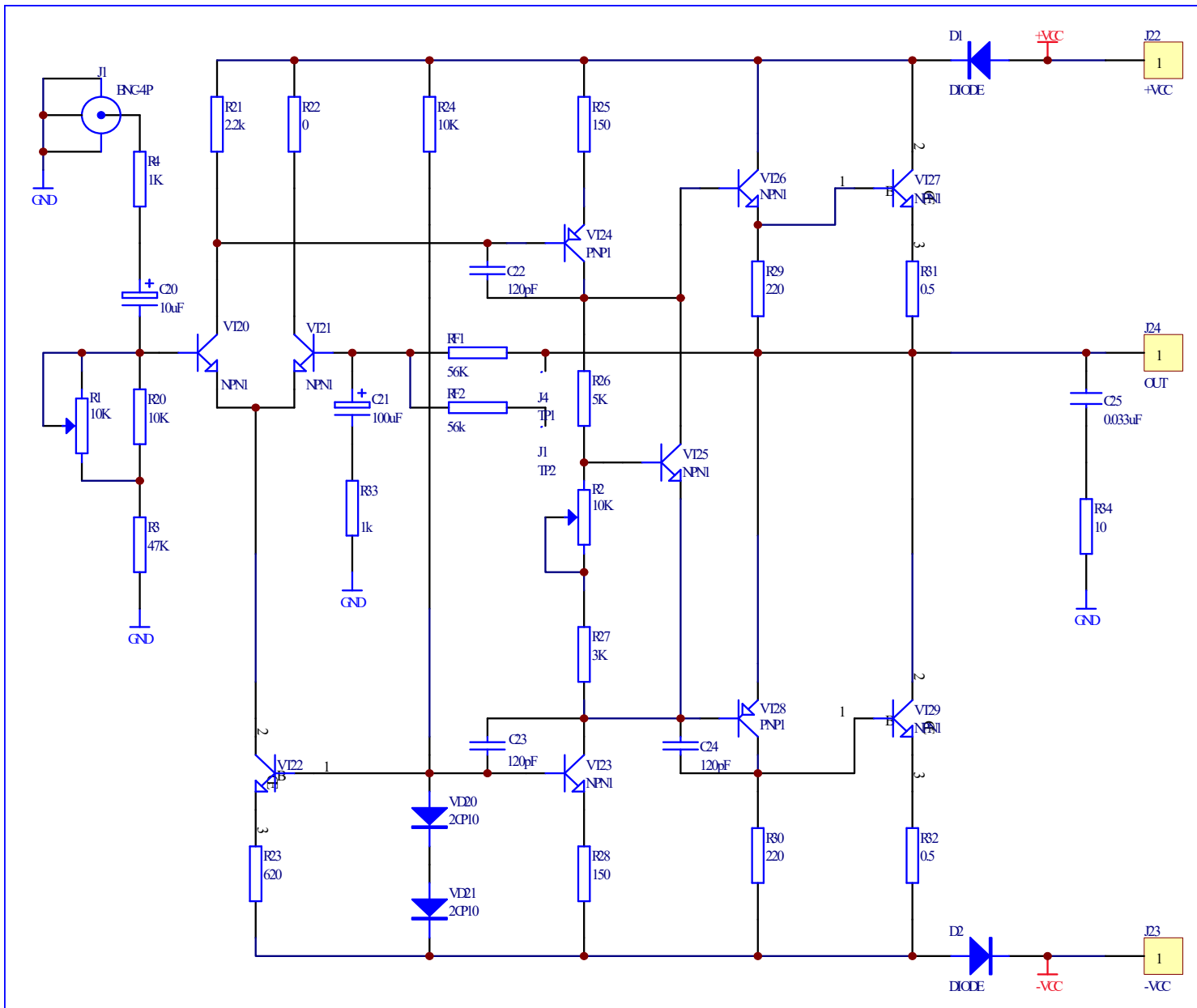
T3、T4用于减小或消除交越失真

# 推荐电路

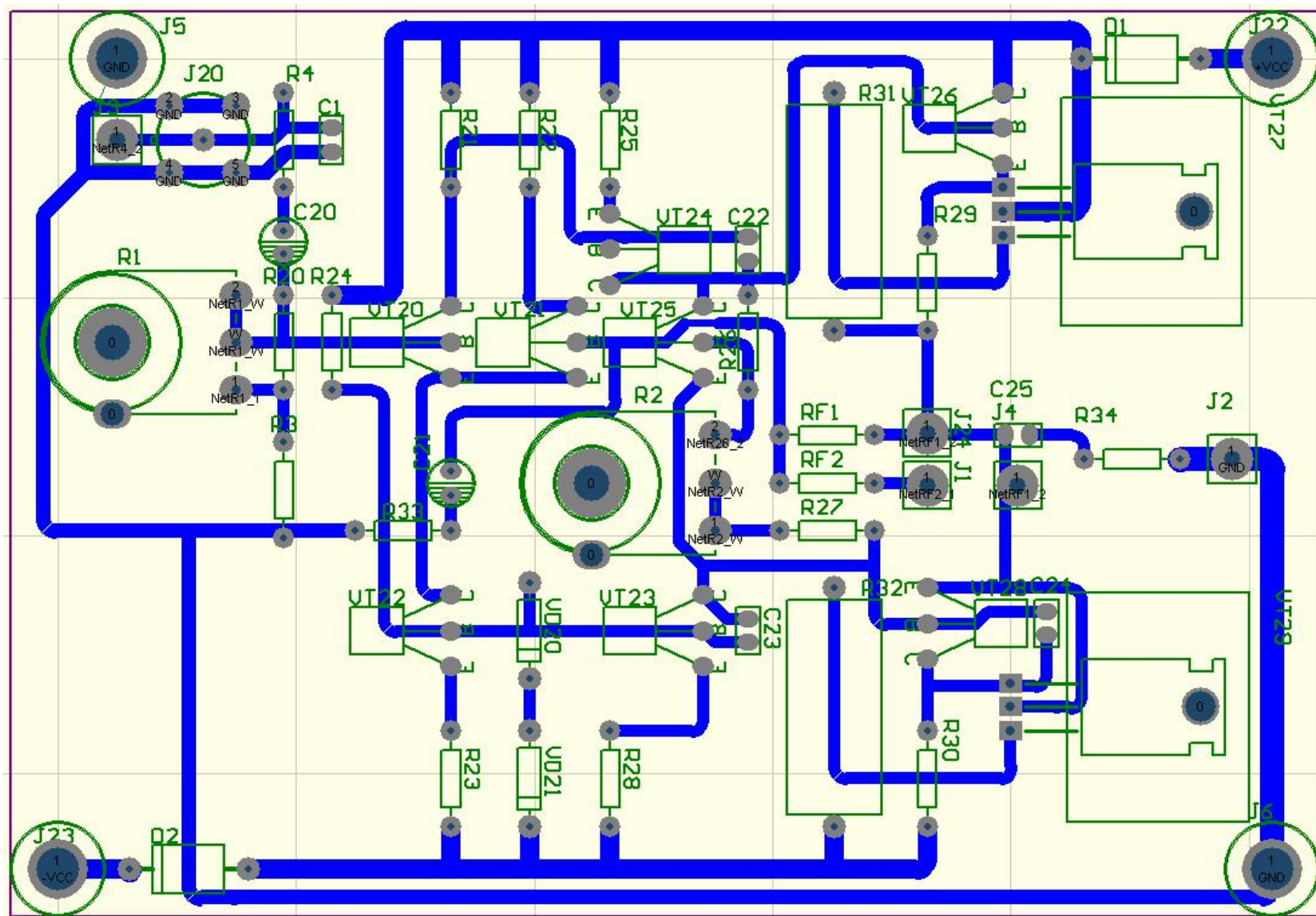


TIP122的hFE值为1000，所需驱动电流： $1.6A \div 1000 = 1.6mA$ ，NE5532能满足驱动要求。

# 全分立元件功放



# 全分立元件功放

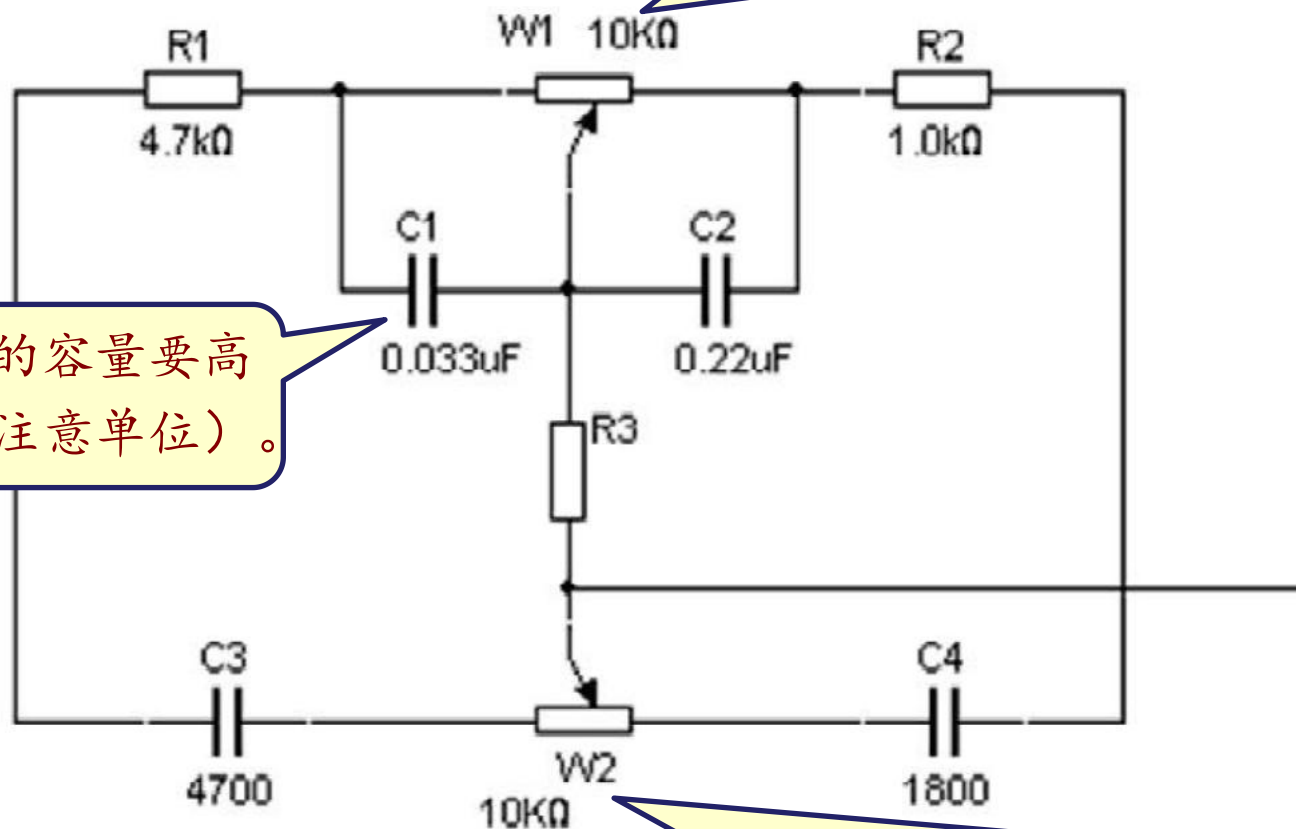


# 音调控制电路

## ① 衰减式音调控制电路

当低音电位器W1 滑动臂向左端移动时，C1 视为短路，低音获得提升。

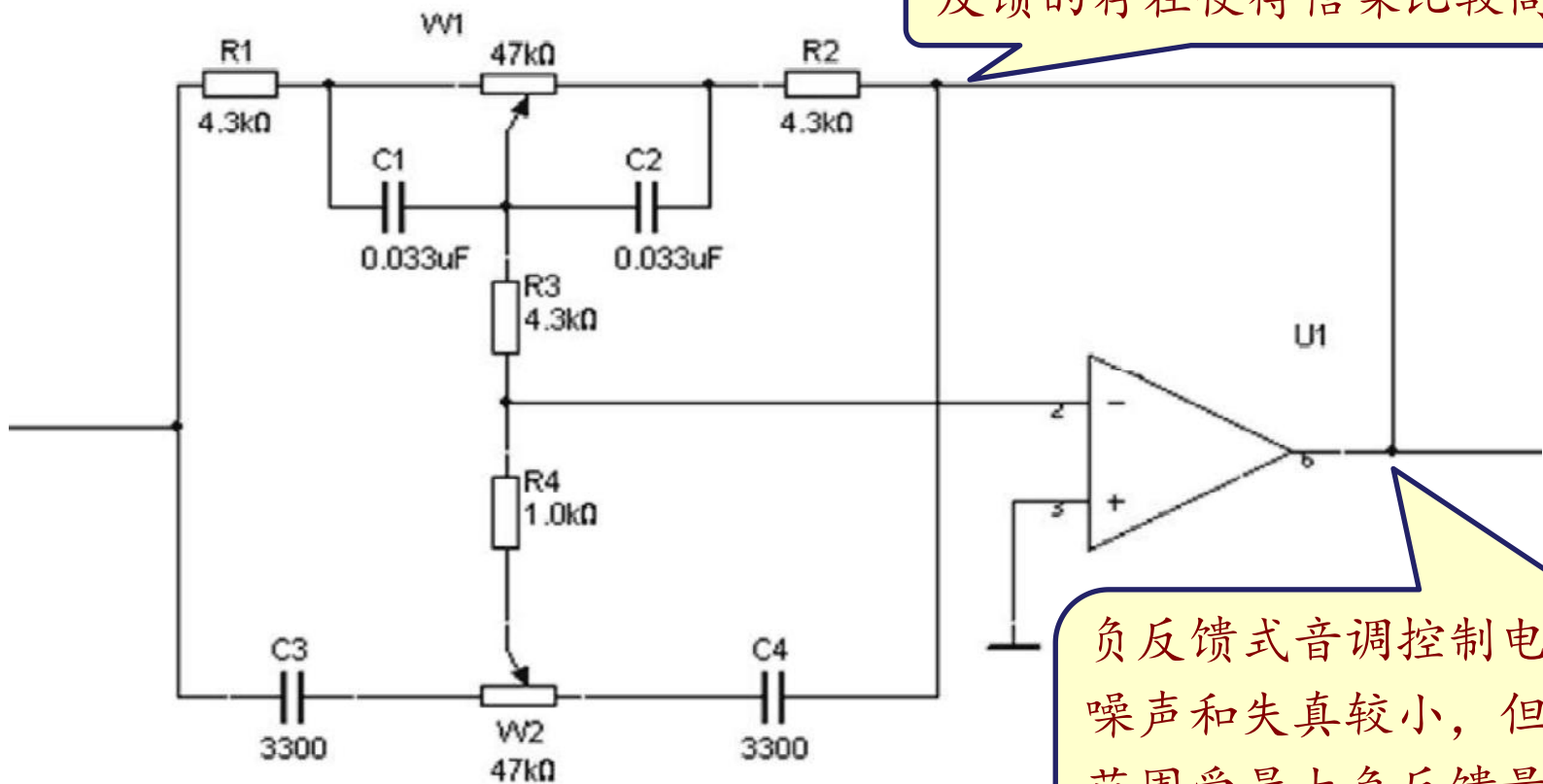
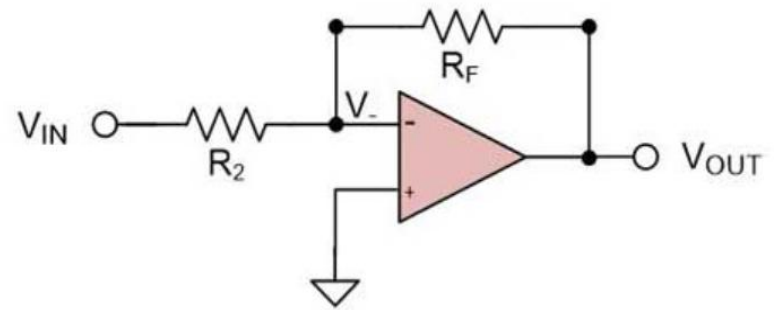
电容C1、C2的容量要高于C3、C4（注意单位）。



W1和W2的阻值远大于R1、R2，并且W1、W2 分别只对高音、低音起调节作用，调节时中音的增益基本不变，其值约等于R2/R1。

# 音调控制

## ② 负反馈式高低音调节的音调控制



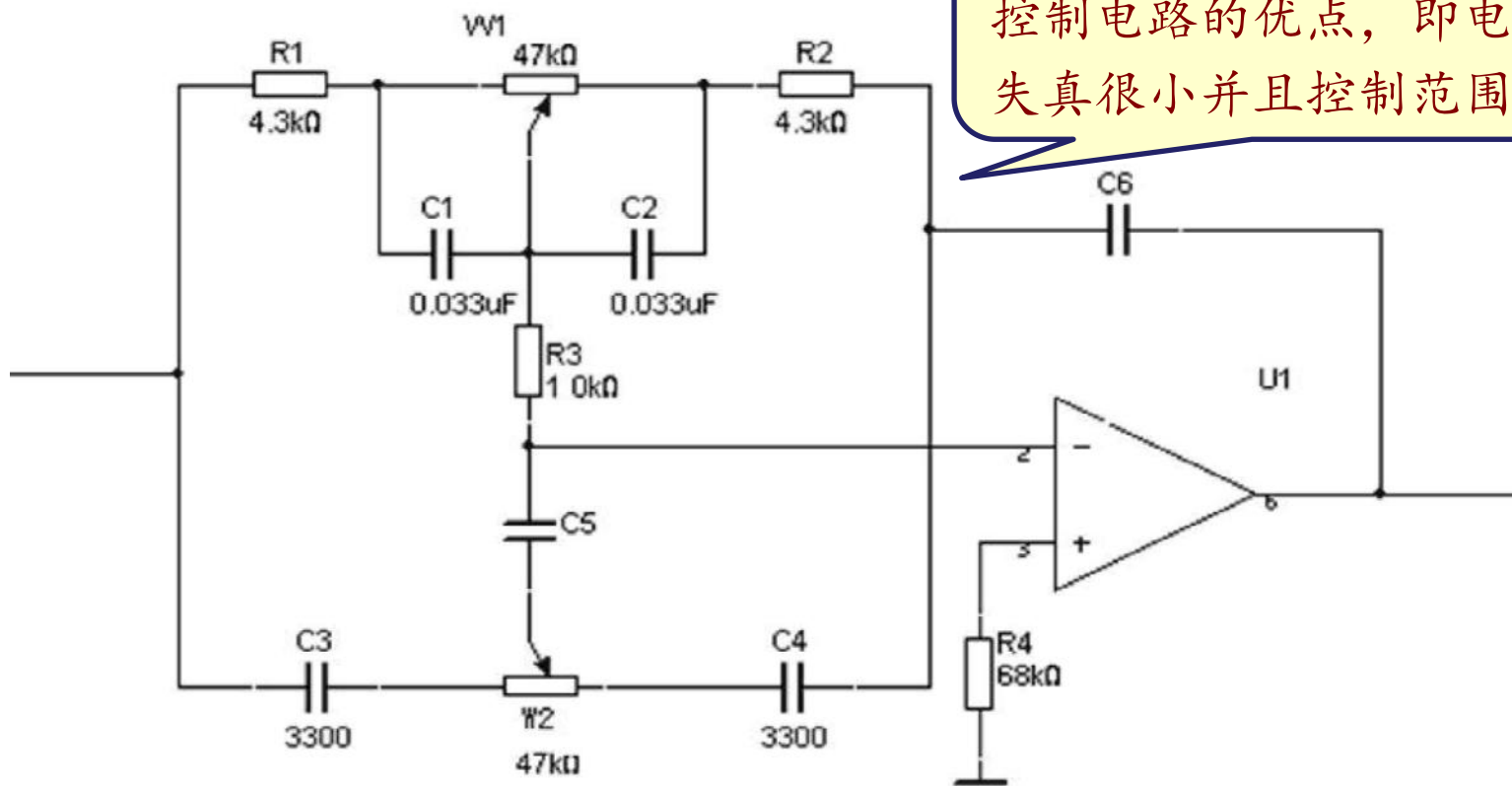
反馈的存在使得信噪比较高。

负反馈式音调控制电路的噪声和失真较小，但调节范围受最大负反馈量的限制，调节范围不大。



# 音调控制电路

## ③ 衰减负反馈混合式音调控制电路



具有衰减式和负反馈式音调控制电路的优点，即电路的失真很小并且控制范围很宽。

注：参考《常用音调控制电路解析与设计》（张墅）

# 数字音量控制电路

发挥部分

(1) 制作数字音量控制电路（不得采用专用音响音量控制集成电路，可用通用数字电路或单片机控制电路实现），用两只轻触开关分别实现音量的加减，控制等级不少于8级。

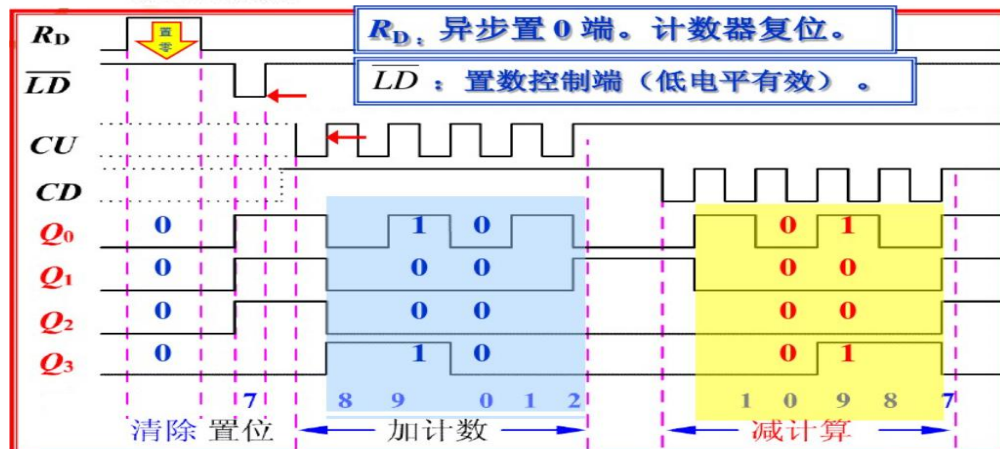
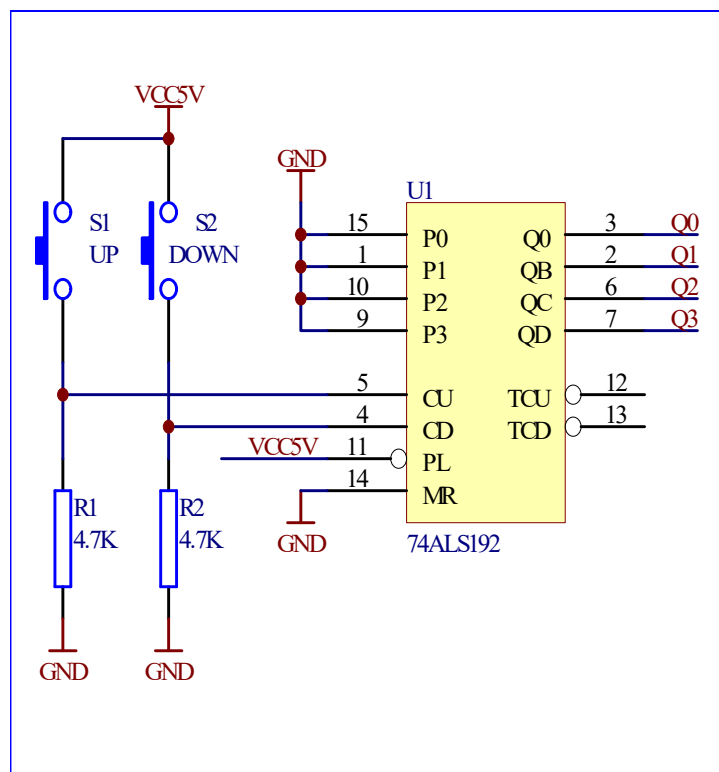
Mode Select Table

MR	$\overline{\text{PL}}$	$\text{CP}_U$	$\text{CP}_D$	Mode
H	X	X	X	Reset (Asyn.)
L	L	X	X	Preset (Asyn.)
L	H	H	H	No Change
L	H	$\nearrow$	H	Count Up
L	H	H	$\searrow$	Count Down

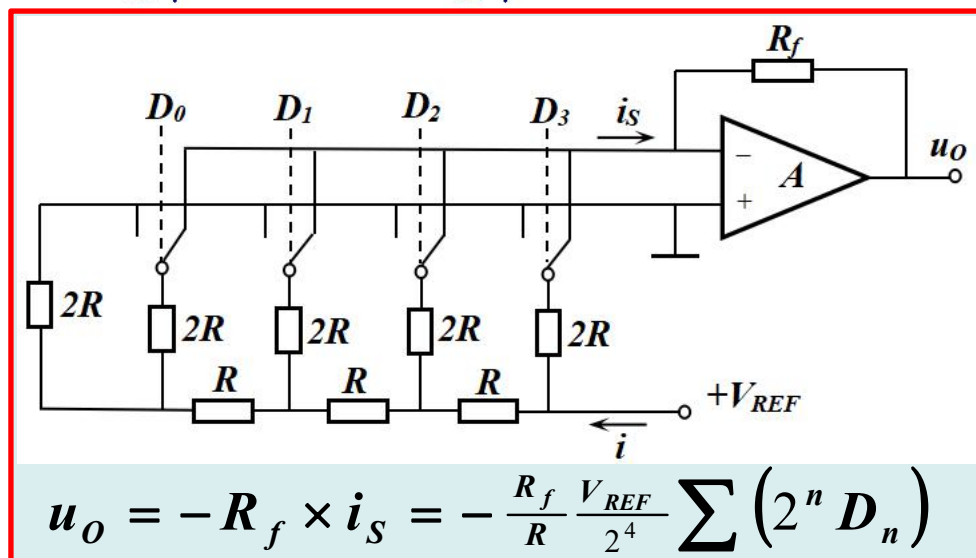
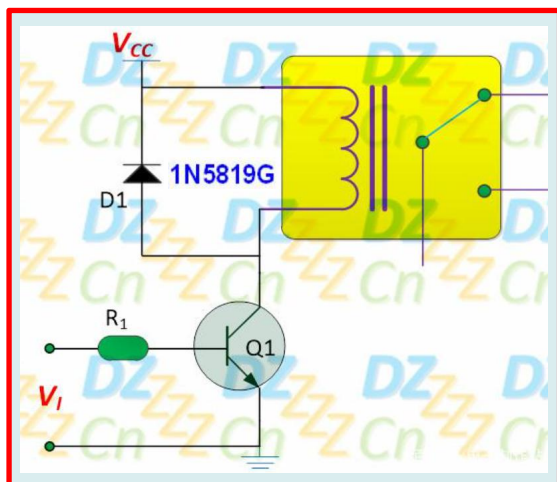
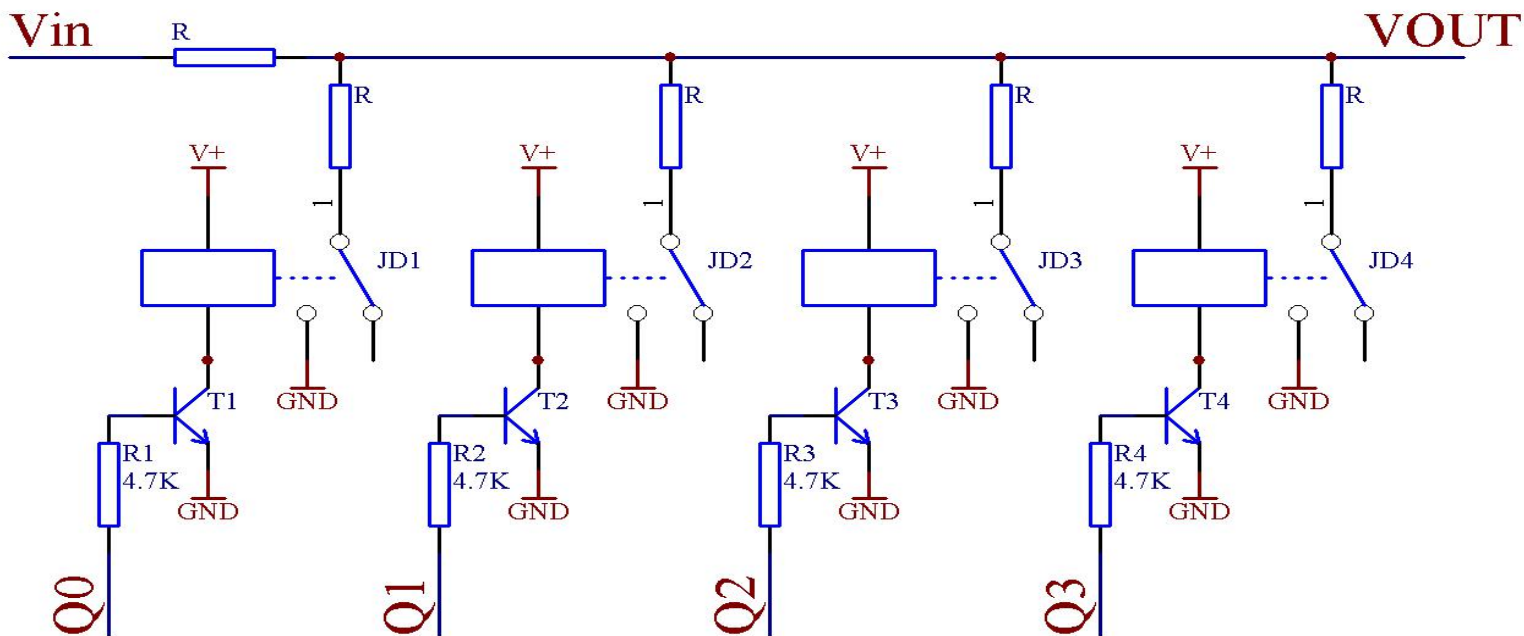
H = HIGH Voltage Level

L = LOW Voltage Level

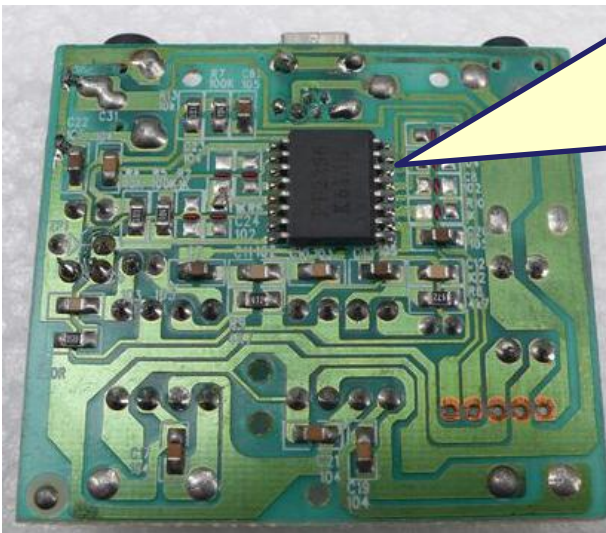
X = Immaterial



# 数字音量控制电路



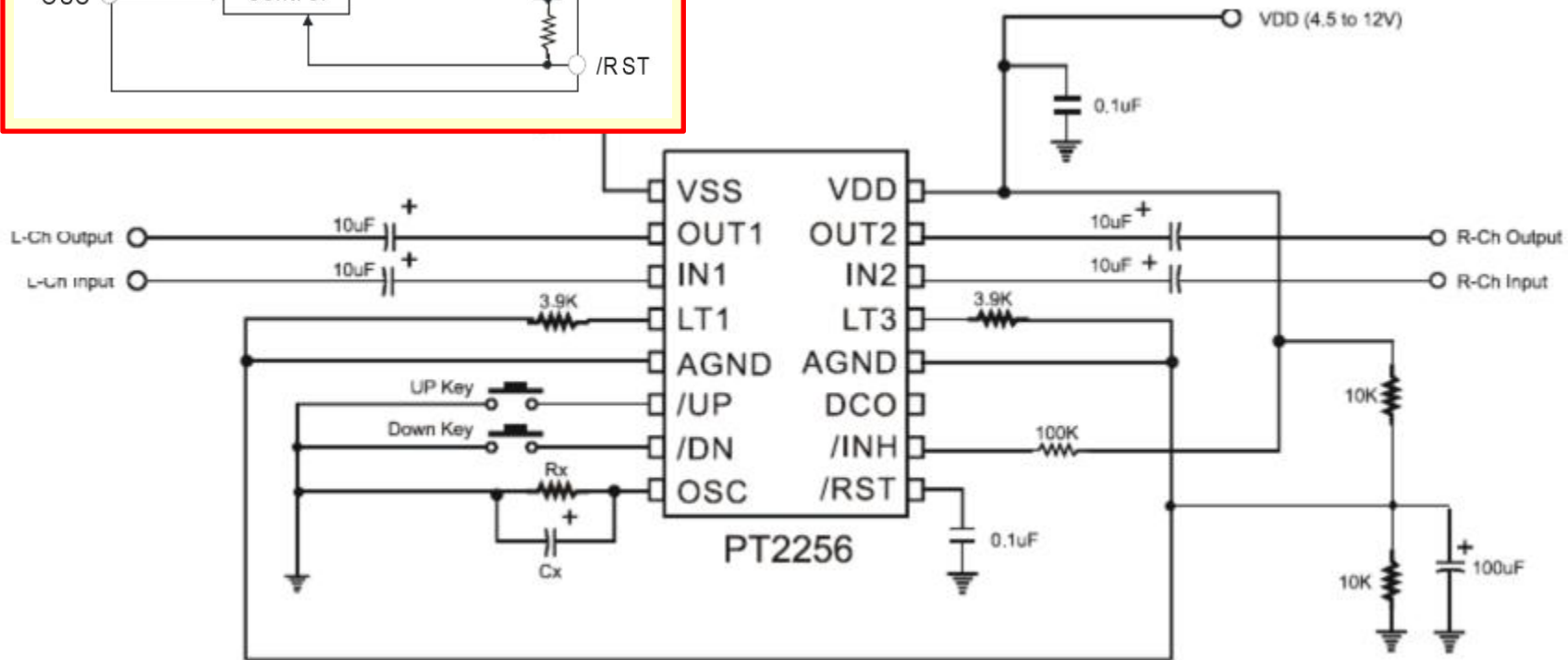
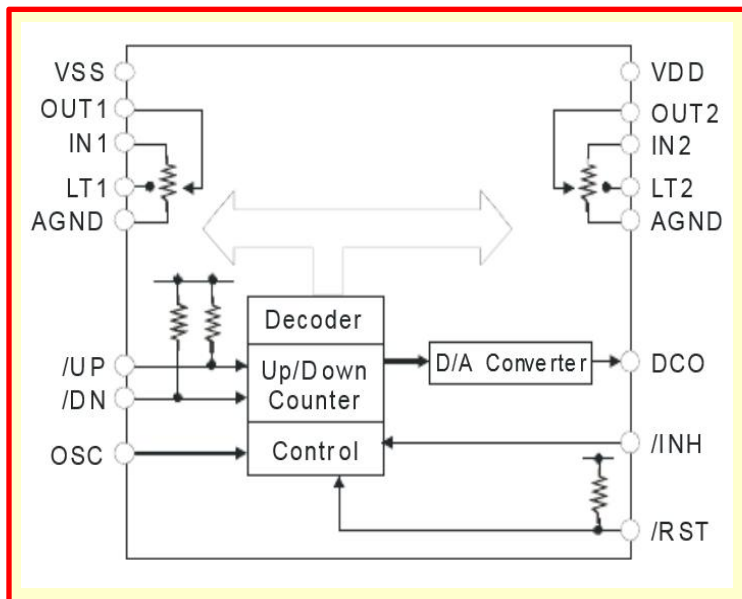
- PT2256数字音量电位器/数字电子音量板/电子音量控制板
- <http://item.taobao.com/item.htm?spm=a230r.1.14.12.i2yC8b&id=37860258380&ns=1&abbucket=14#detail>



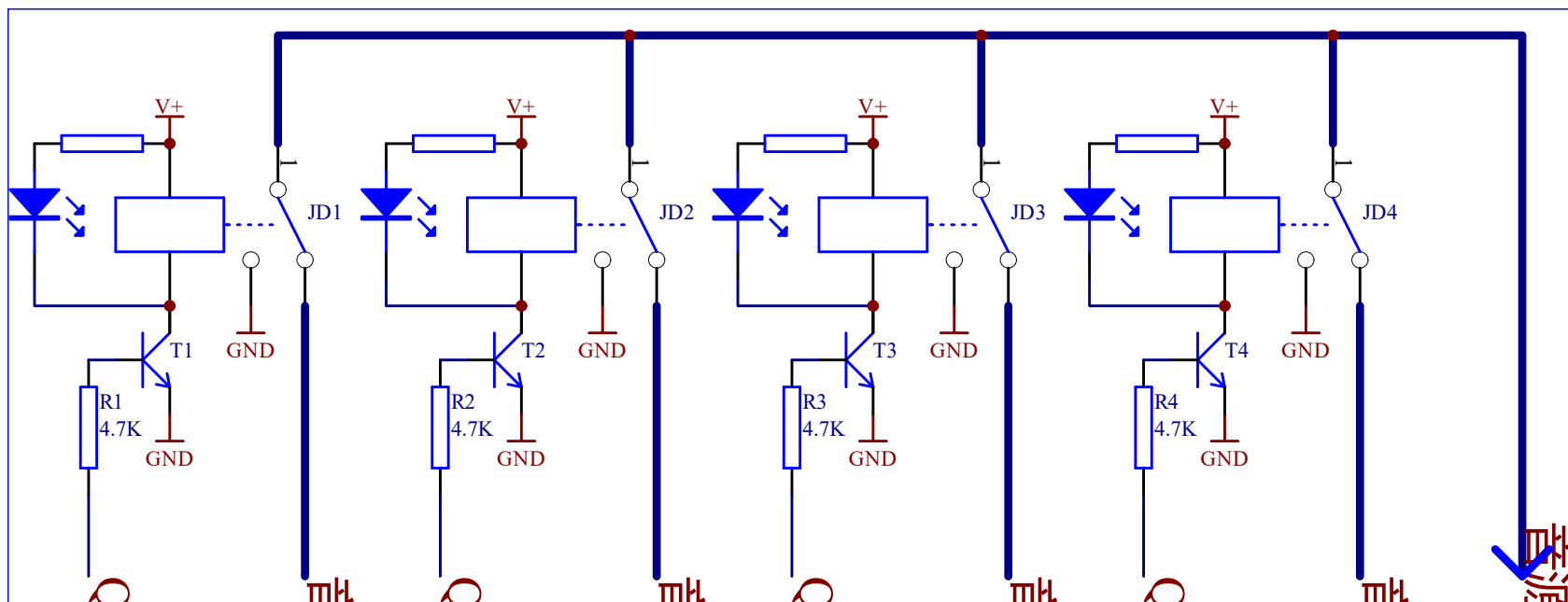
PT2256 采用CMOS 工艺，音量控制电子化的专用集成电路。采用SOP-16封装。芯片特点如下：

- 1、工作电压范围较宽2.5~10V；
- 2、内置8级直流电压输出；
- 3、低功耗，高性能。

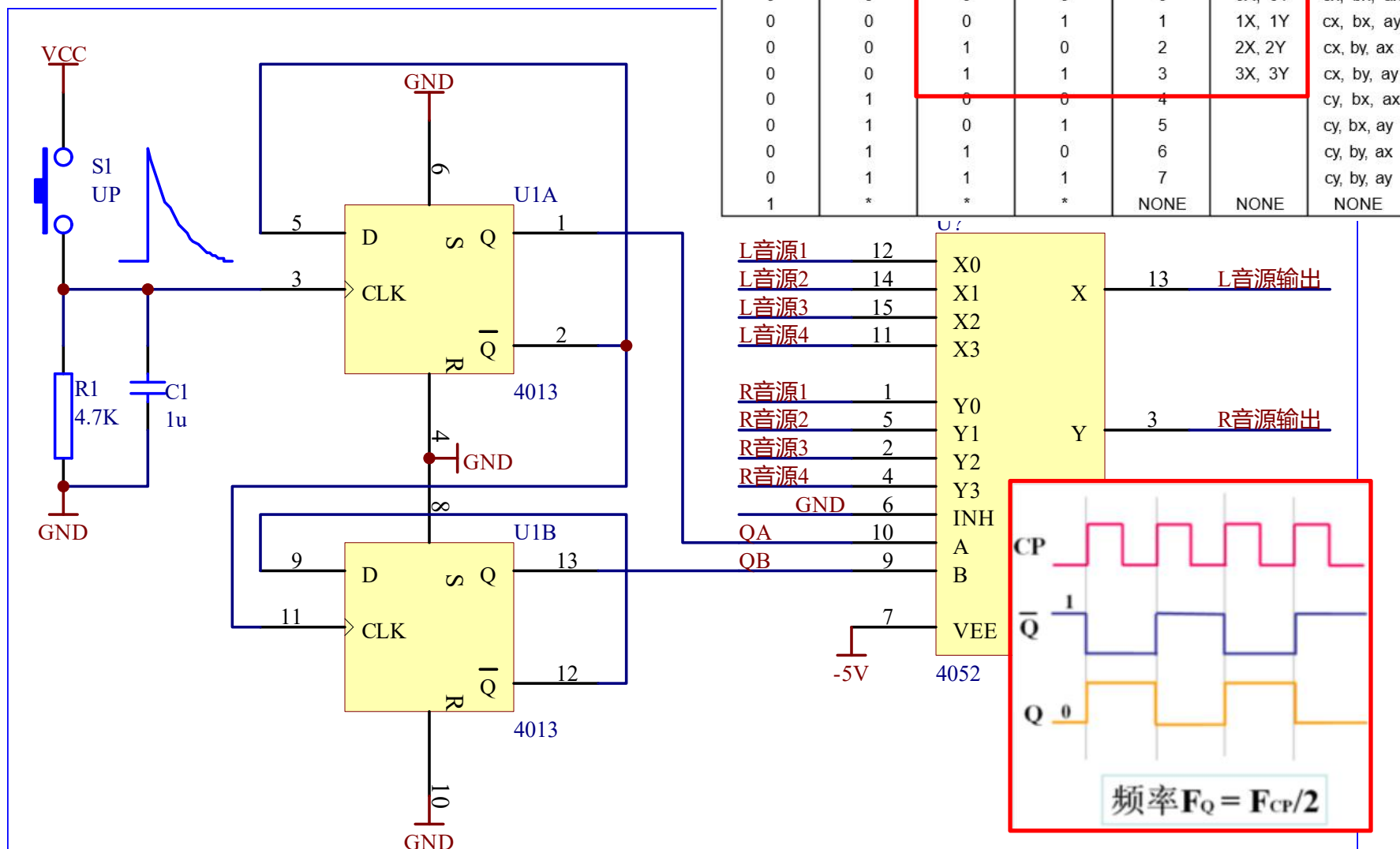
# 音量控制



# 四路音源选择与指示电路

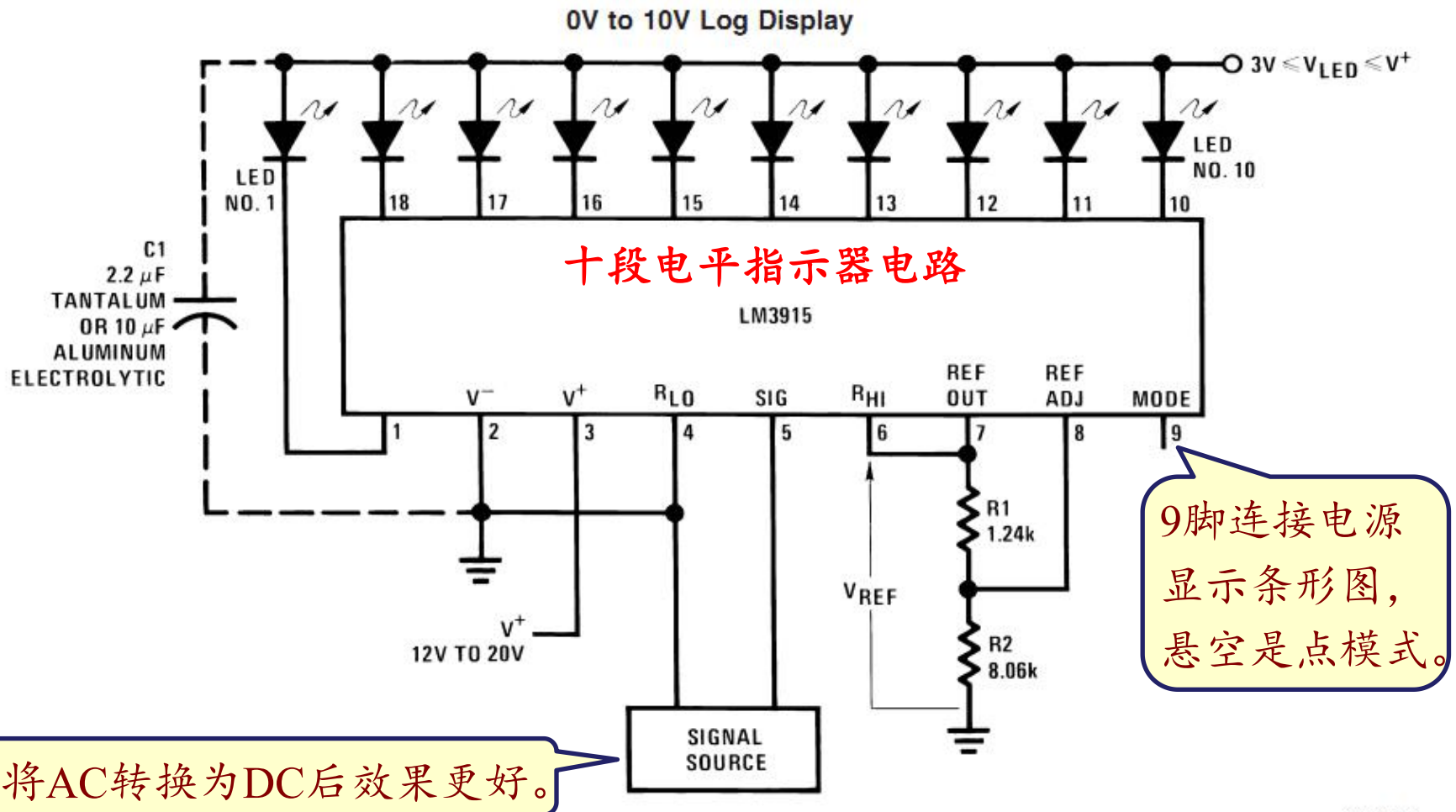


# 四路音源选择电路



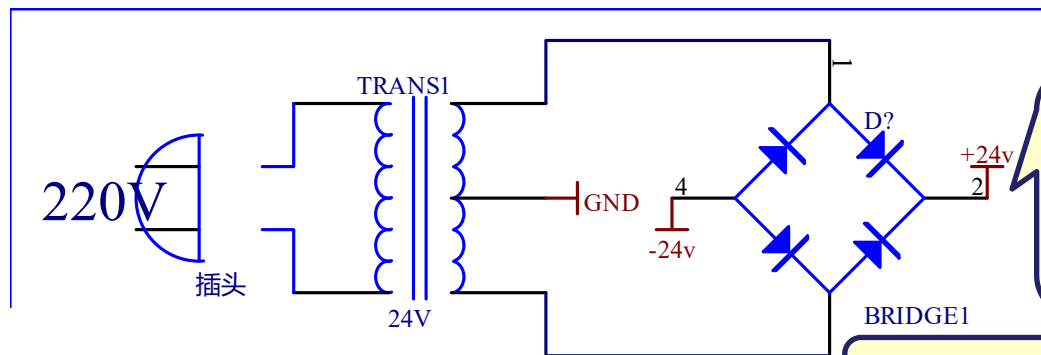
# 音量等级显示电路

## Typical Applications



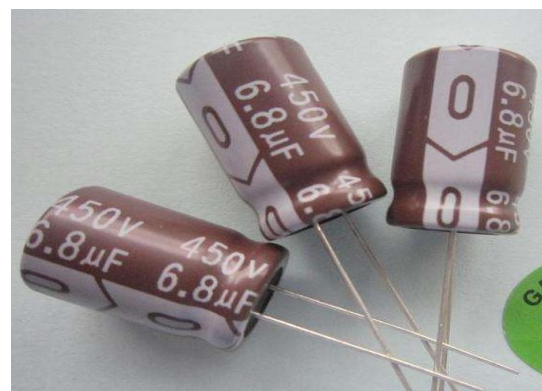
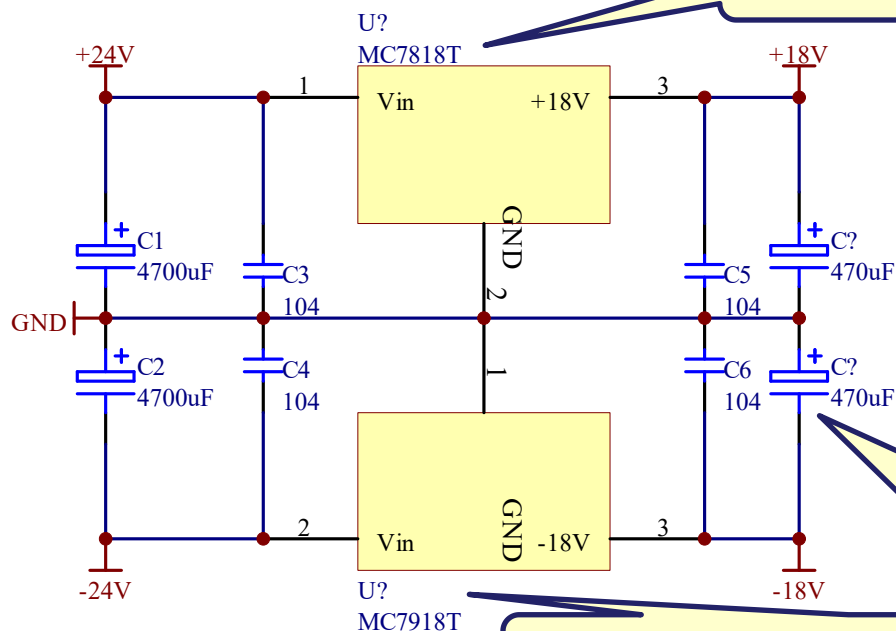


# 电源电路



稳压芯片输入电压选择，  
要保证稳压芯片的输入  
和输出有合理的压差。

稳压芯片的电路布局 and 散热要合理。



注意电解电容的极性和  
耐压值 (25/35/50V) 。

输出电压5/6/8/9/10/12/15/18/24V。

# 散热设计

