

实验34音频功率放大电路P429

该实验完成后请保管好线路板；请在最后实验考试时带过来，将根据实验试卷要求调试相关技术指标。

浙江大学电工电子教学中心
傅晓程

桌号请写在实验地点后
例如，地点：东3 - 2XX A1
验收任务详细见后述
本次需提交实验报告



实验目的

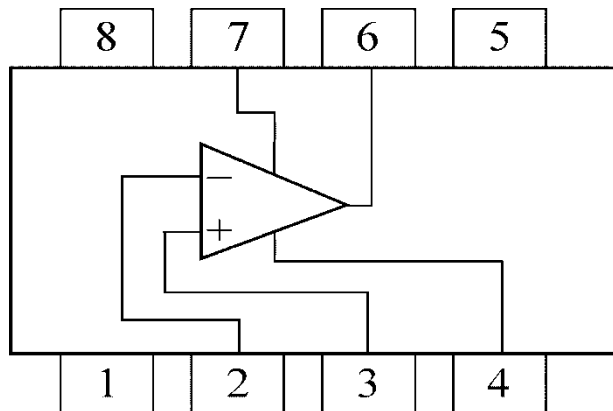
1. 理解音频功率放大电路的工作原理。
2. 学习手工焊接和电路布局组装方法。
3. 提高电子电路的综合调试能力。



实验任务和验收内容

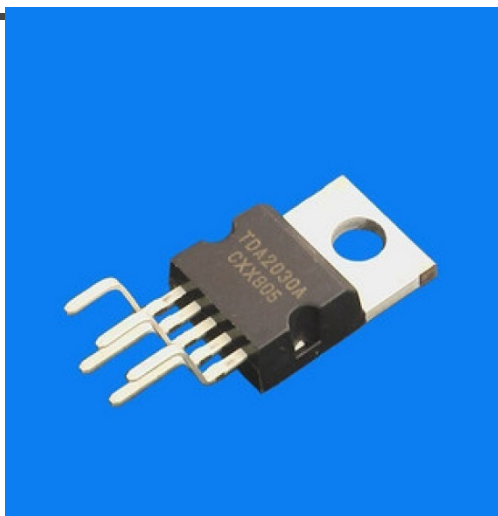
1. 静态调试
 2. 动态调试
 3. 空载测量整机指标 (验收)
 4. 加载测量整机指标
 5. 听音试验 (选做)
- 调试方法一般：先分调，后联调；先静态，后动态！
- 请参照P440-P442的：五、系统调试(注意：实际参数有差别)

UA741或LM741引脚排列



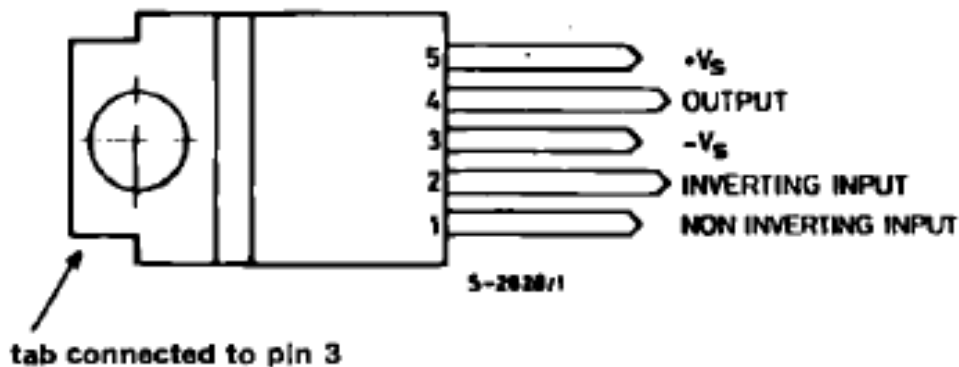
LM (UA) 741集成运放	
脚7	正电源
脚4	负电源
脚2	反相输入端
脚3	同相输入端
脚6	输出端

TDA2030A引脚封装(仿真用LM12CLK替代)



TDA2030A集成功放

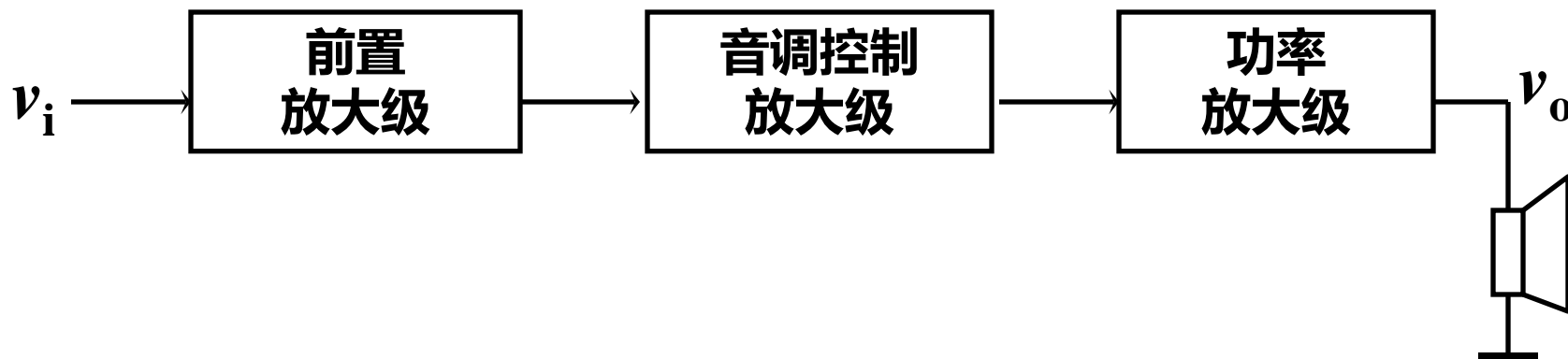
脚1	同相输入端
脚2	反相输入端
脚3	负电源
脚4	输出端
脚5	正电源



集成功率器件TDA2030A连成OCL电路输出形式。TDA2030A功率集成电路具有转换速率高，失真小，输出功率大。**特别提示：**引脚3与散热接触面是连通的，散热器不要碰到地线或电源线，否则有可能导致芯片损坏。

实验电路与原理

音频功率放大电路，也即音响系统放大器，用于对音频信号的处理和放大。按其构成可分为前置放大级、音调控制级和功率放大级三部分。



前置放大电路

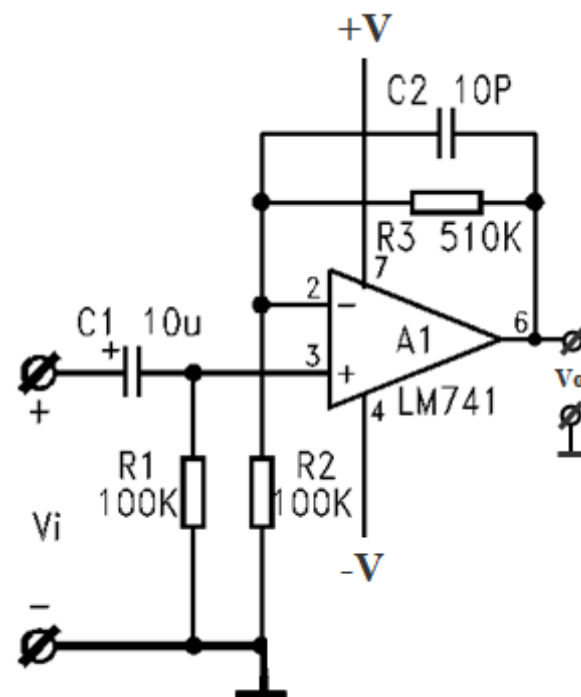
前置放大级输入阻抗较高，输出阻抗较低。前置放大级的性能对整个音频功放电路的影响很大，前置级通常要选用低噪声、低漂移以及足够带宽的运放。

由A1组成的前置放大电路是一个**电压串联负反馈同相输入**比例放大器，理想闭环电压放大倍数为

$$A_{vf} = 1 + \frac{R_3}{R_2}$$

输入电阻 $R_{if} = R_1$,
输出电阻 $R_{of} = 0$

静态电压：同相端 V_P 、反相端 V_N 以及
输出端 V_O 接近0。



问题1：前置放大电路的上、下限频率有什么决定？

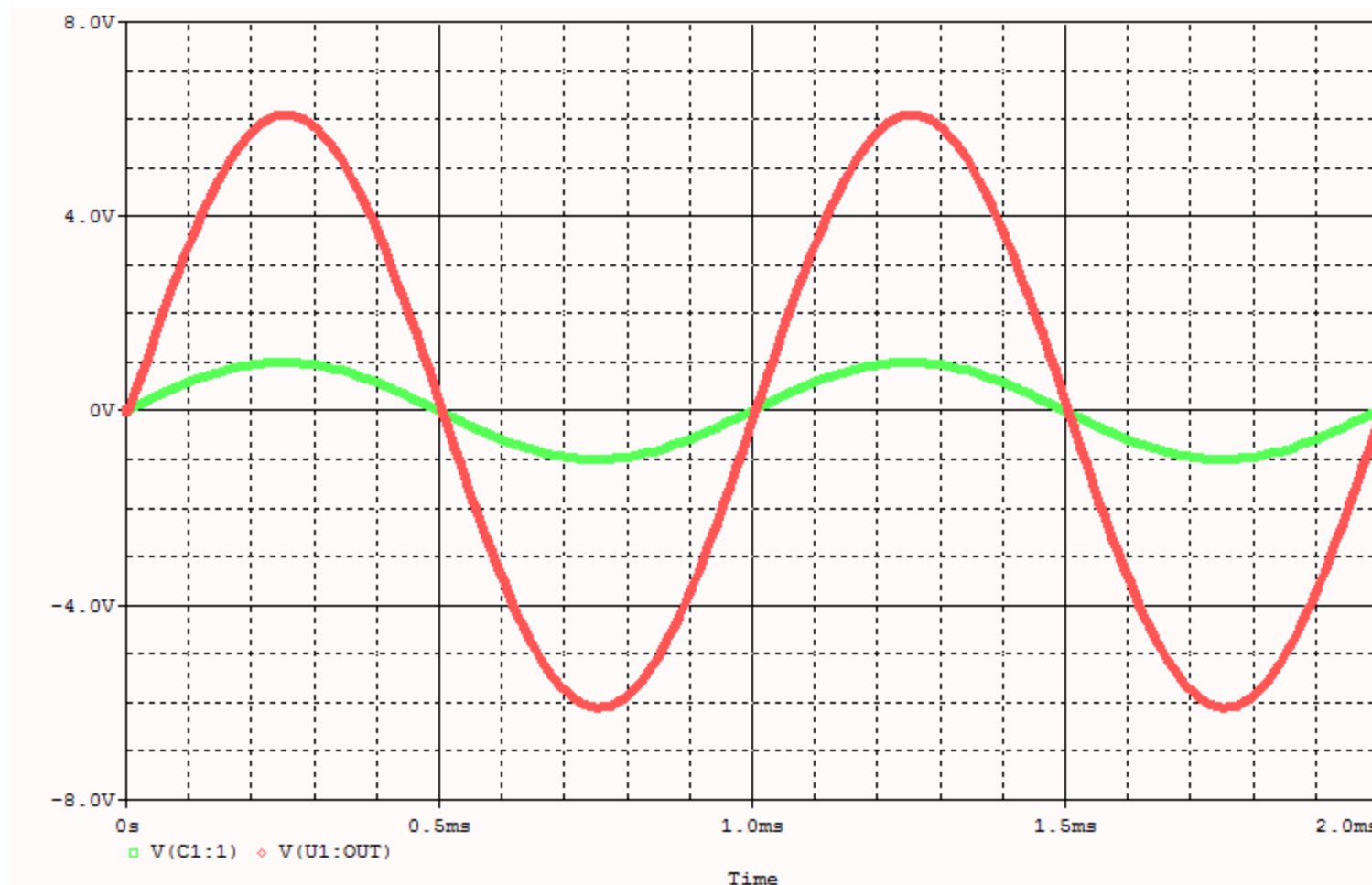
注意： C_2 消除自激振荡

F

X

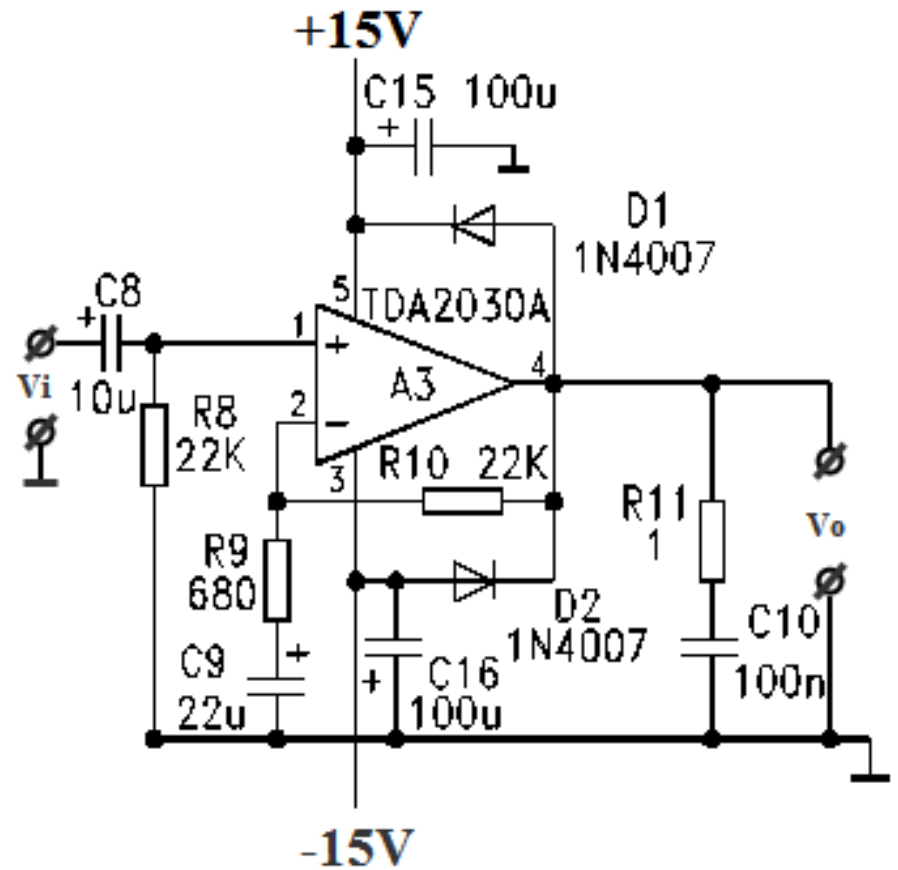
C

前置放大电路动态调试输入输出波形



功率放大级：

功放级电路中，电容 C_{15} 、 C_{16} 用作电源滤波。 D_1 和 D_2 为防止输出端的瞬时过电压损坏芯片的保护二极管。 R_{11} 、 C_{10} 为输出端相移校正网络以补偿感性负载，其作用是把扬声器的电感性负载补偿接近纯电阻性，避免自激和过电压。电容 C_8 是输入耦合电容，其大小取决于功率放大电路的下限频率。



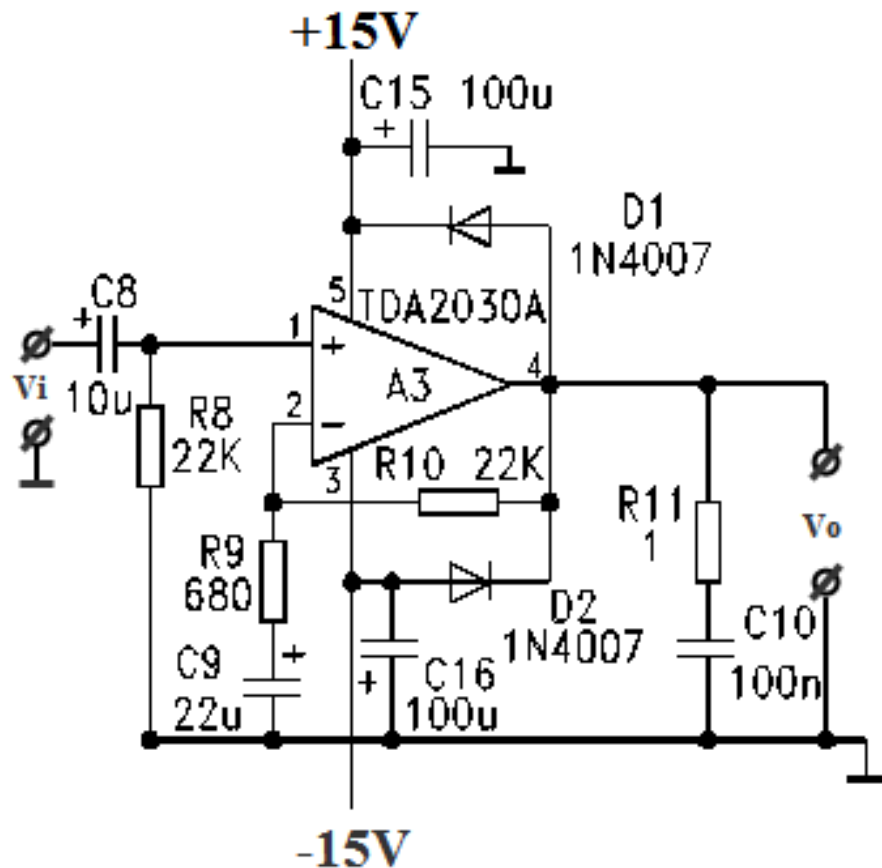
功率放大级：

图中通过 R_{10} 、 R_9 、 C_9 引入了深度交直流电压串联负反馈。由于接入 C_9 ，直流反馈系数 $F' = 1$ 。对于交流信号而言，因为 C_9 足够大，在通频带内可视为短路，所以交流反馈系数由 R_{10} 、 R_9 确定。因而该电路的电压增益为

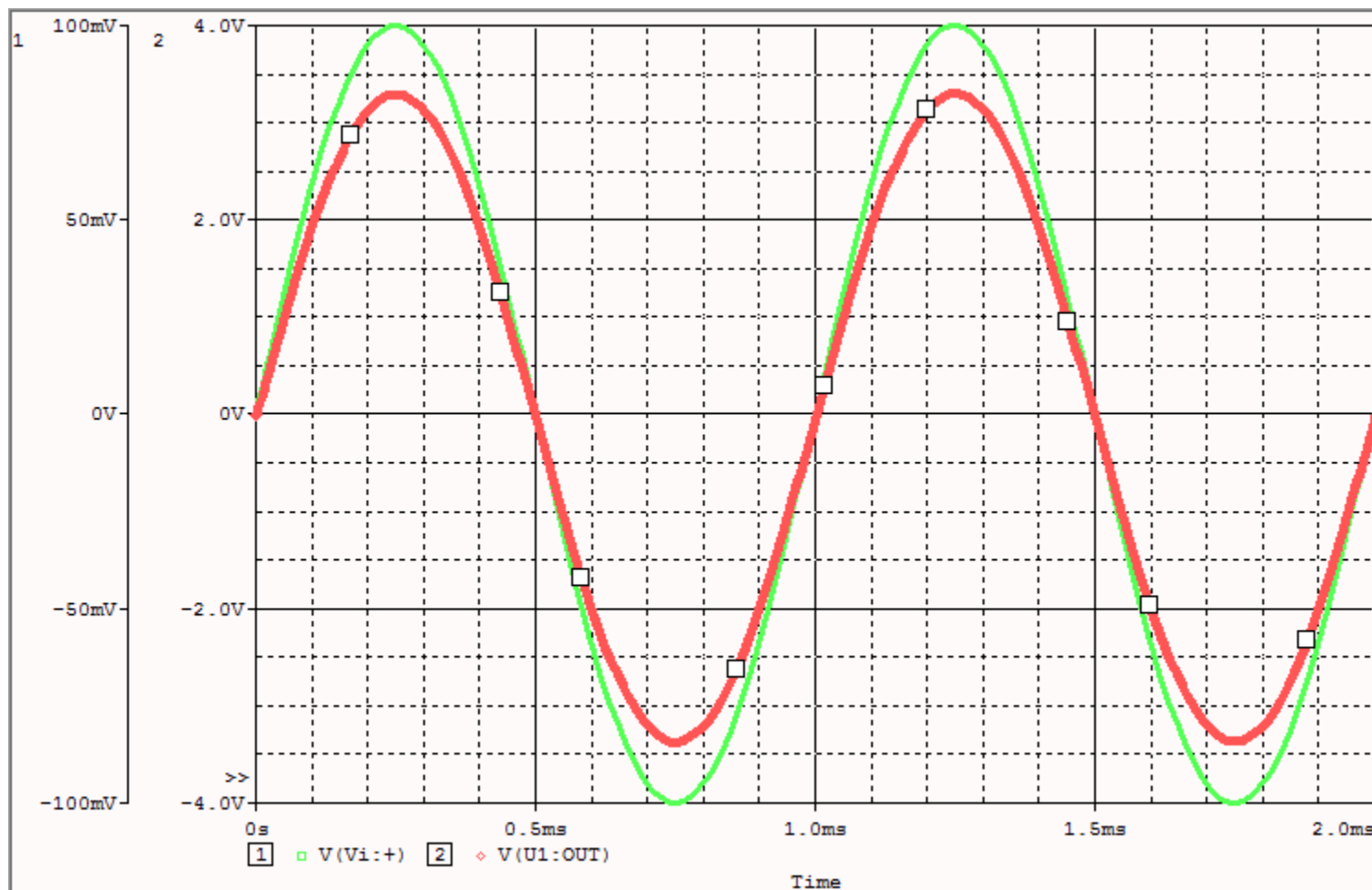
$$A_{v3} = 1 + \frac{R_{10}}{R_9}$$

R_9 、 C_9 决定了下限频率。

静态电压：同相端 V_P 、反相端 V_N 以及输出端 V_O 接近0。



功率放大级动态调试输入输出波形



音调控制级（原理）

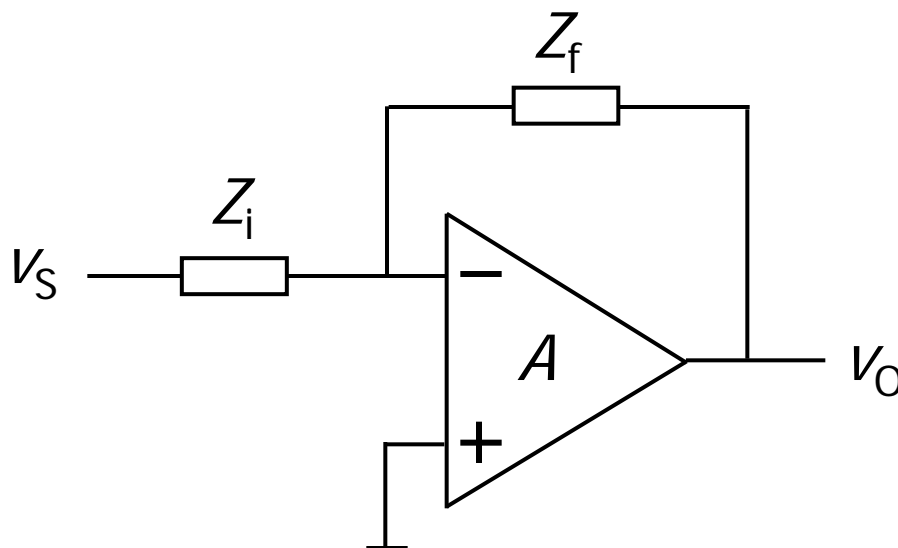
右下图所示反相输入式比例运算电路, 电压并联型负反馈电路。

Z_f : 反馈回路阻抗 ;

Z_i : 输入回路阻抗。

闭环电压增益 :

$$A_{vf} = -\frac{Z_f}{Z_i}$$



只要设计合理, 且 Z_f 、 Z_i 可调, 则 :

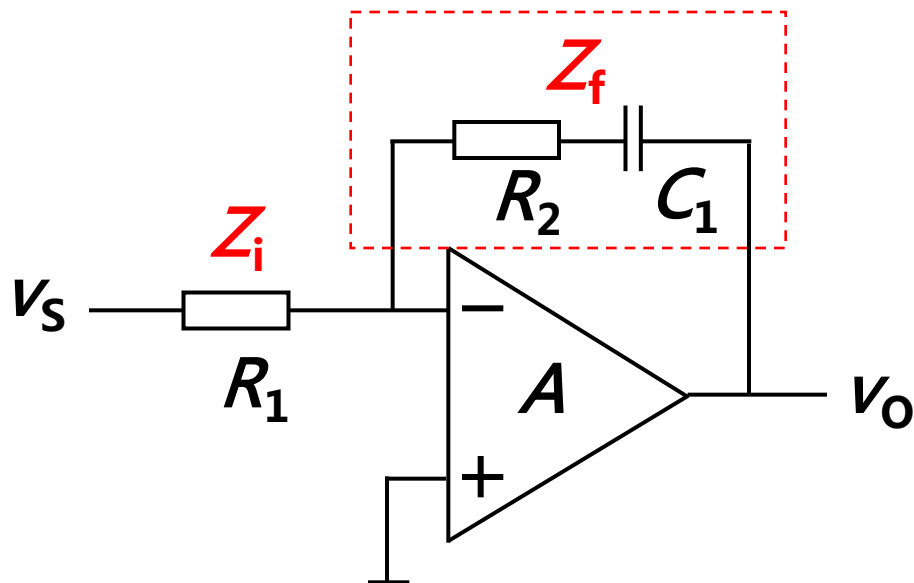
闭环增益将随信号频率变化, 从而实现音调控制。

反馈/输入回路采用 : RC 网络。

音调控制级（低音提升）

C_1 取值较大

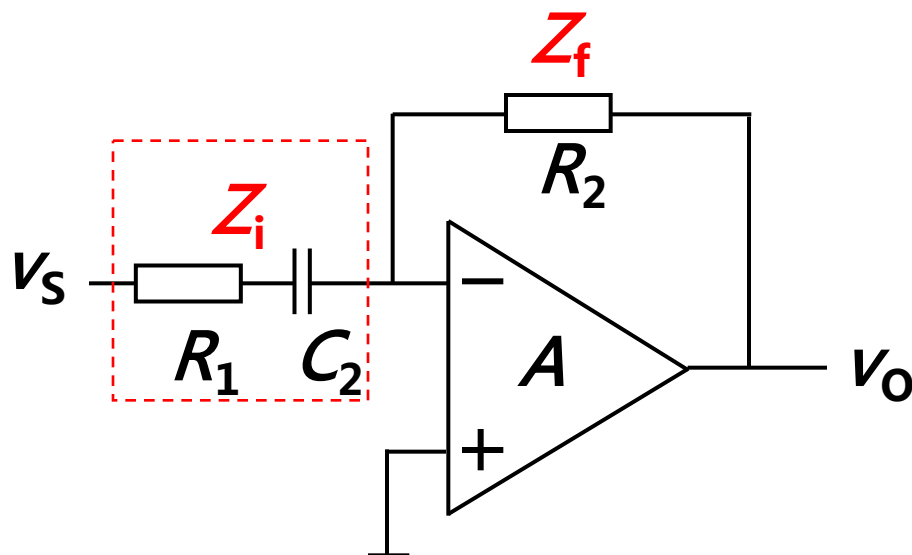
$$|A_{vf}| = \frac{\left| R_2 + \frac{1}{j\omega C_1} \right|}{R_1}$$



音调控制级（低音衰减）

C_2 取值较大

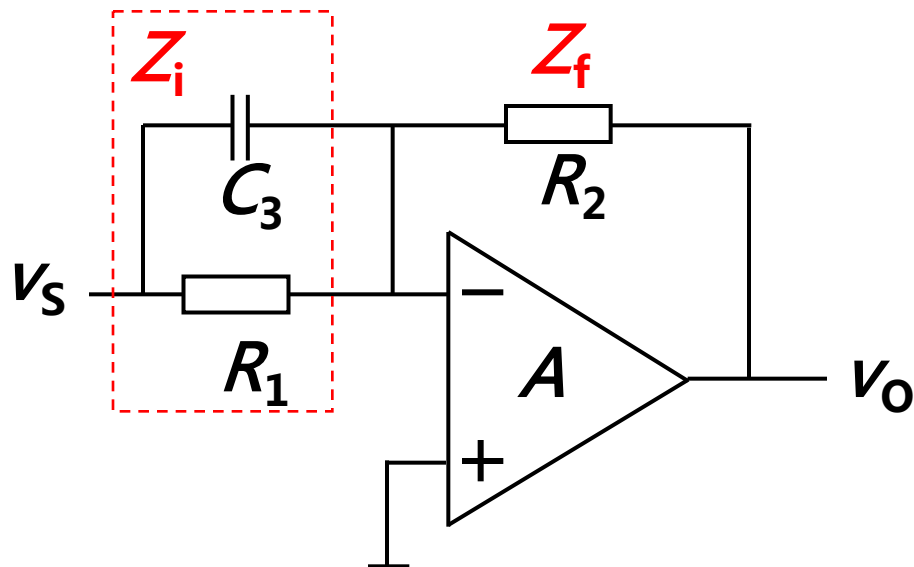
$$|A_{vf}| = \frac{R_2}{\left| R_1 + \frac{1}{j\omega C_2} \right|}$$



音调控制级（高音提升）

C_3 取值较小

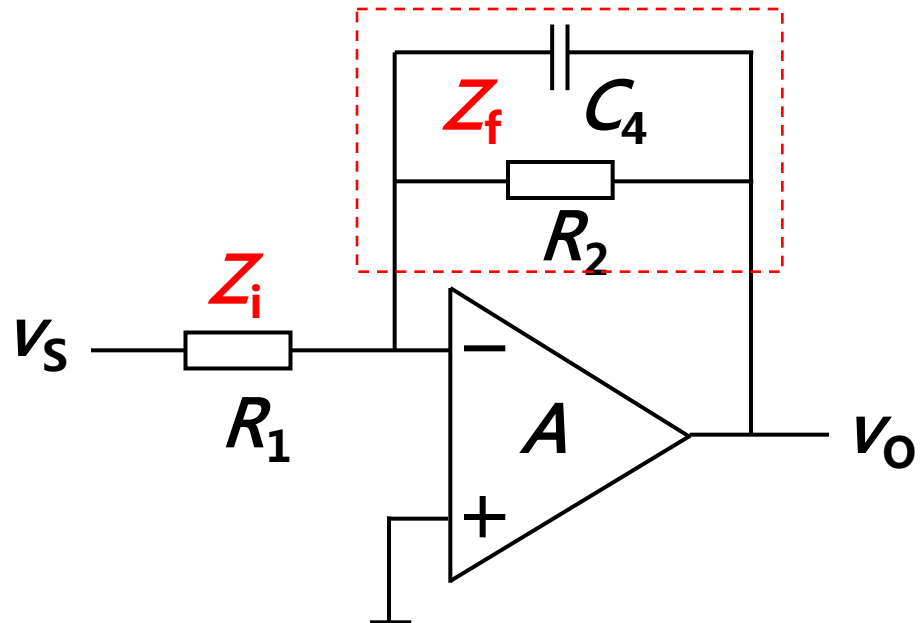
$$|A_{vf}| = \frac{R_2}{\left| R_1 // \frac{1}{j\omega C_3} \right|}$$



音调控制级（高音衰减）

C_4 取值较小

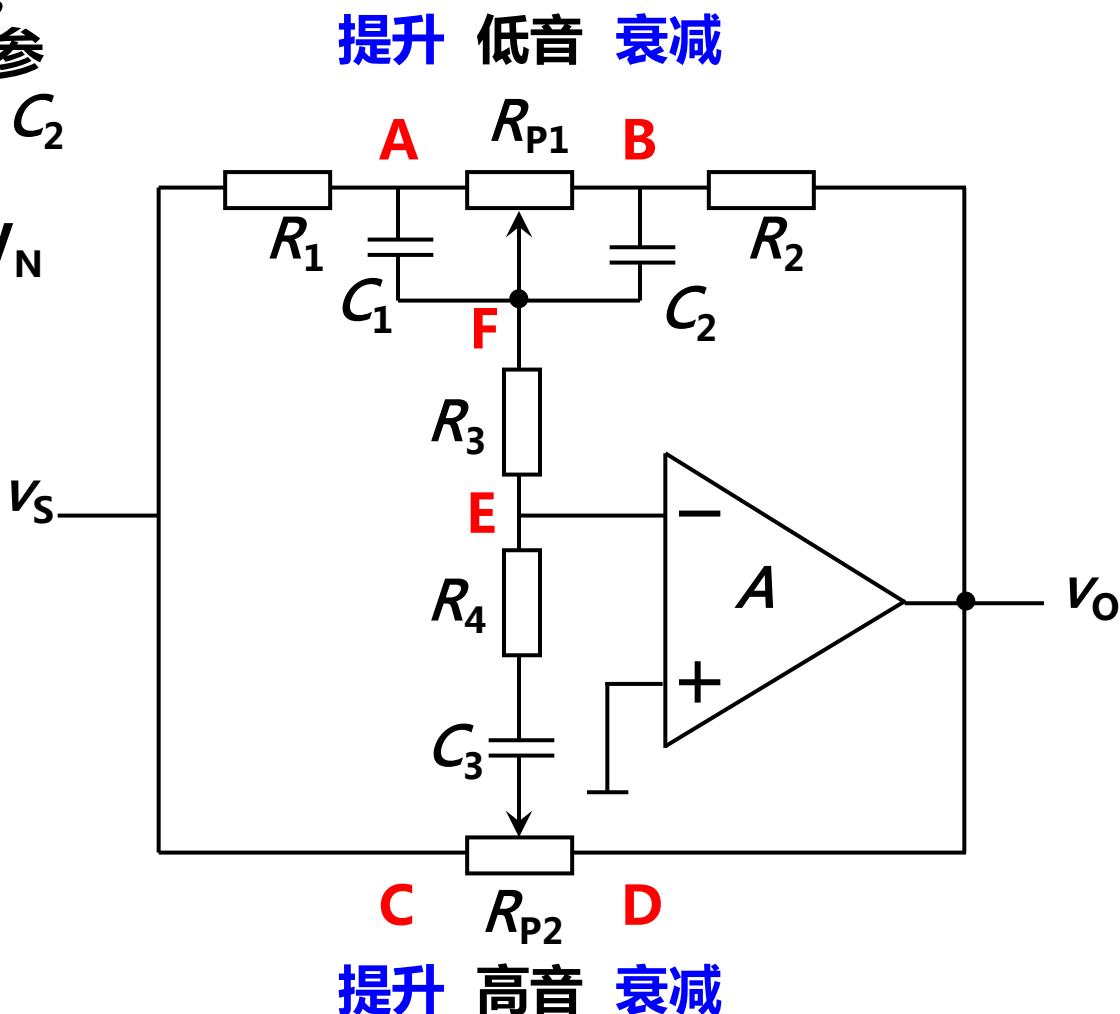
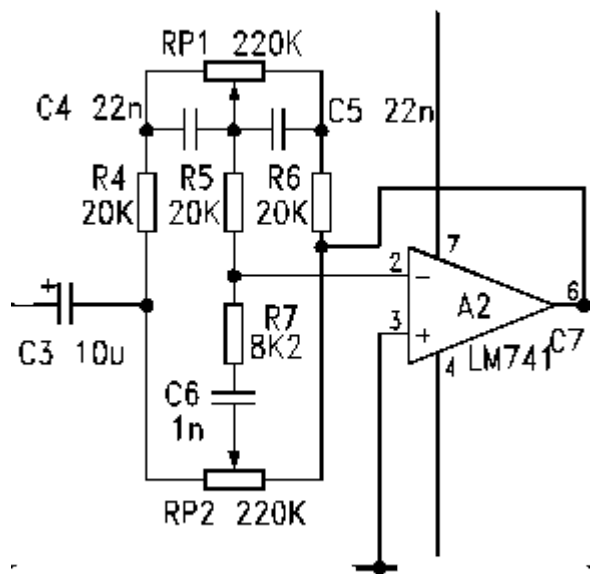
$$|A_{vf}| = \frac{\left| R_2 // \frac{1}{j\omega C_4} \right|}{R_1}$$



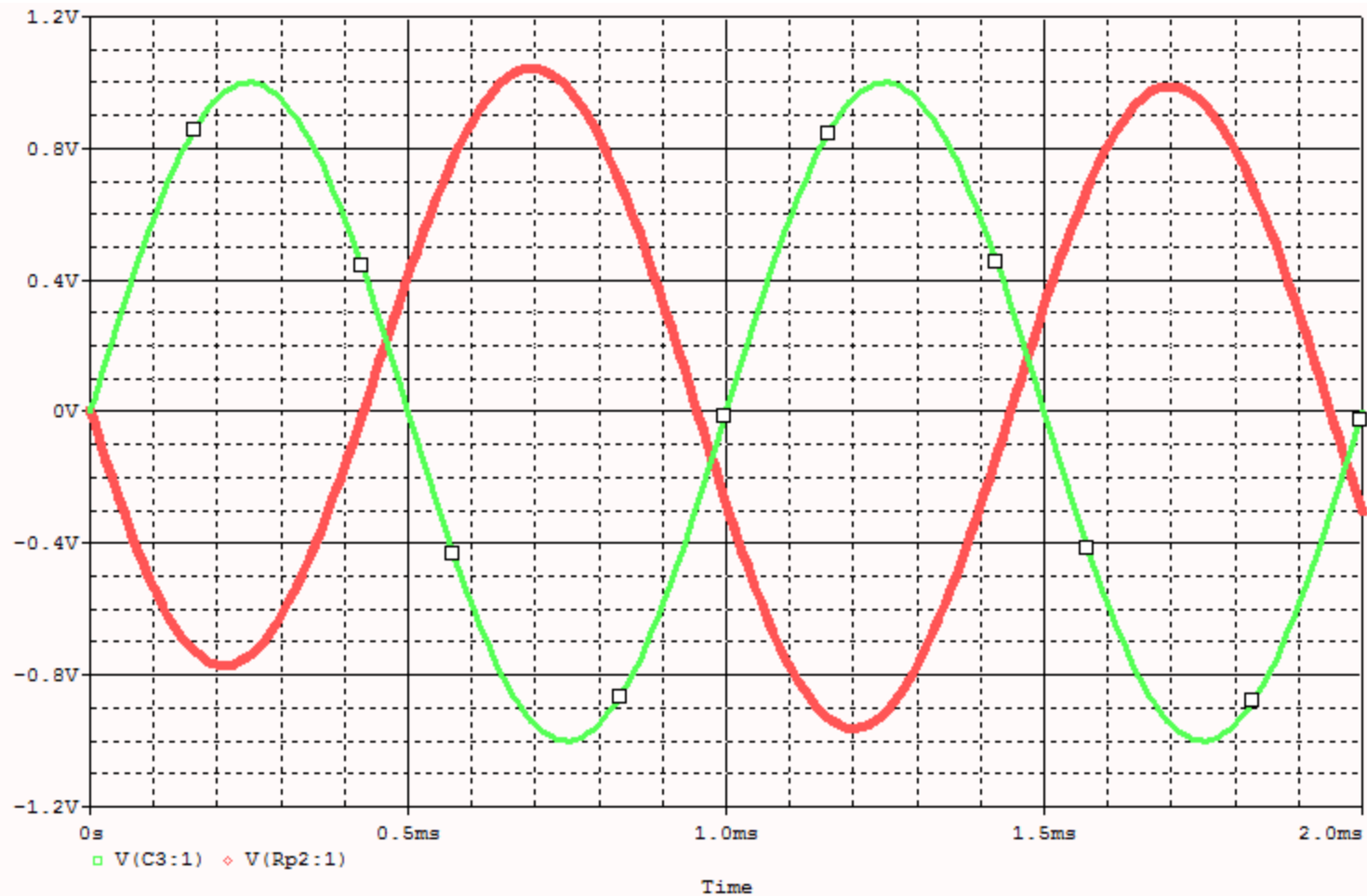
音调控制级（综合电路）-RC型负反馈音调控制电路

$R_1 = R_2 = R_3 = R$; $R_4 = R/3$;
 $R_{P1} = R_{P2} = 9R \gg R$ (电阻参数实际电路稍有不同) ; $C_1 = C_2$
 $\gg C_3$;

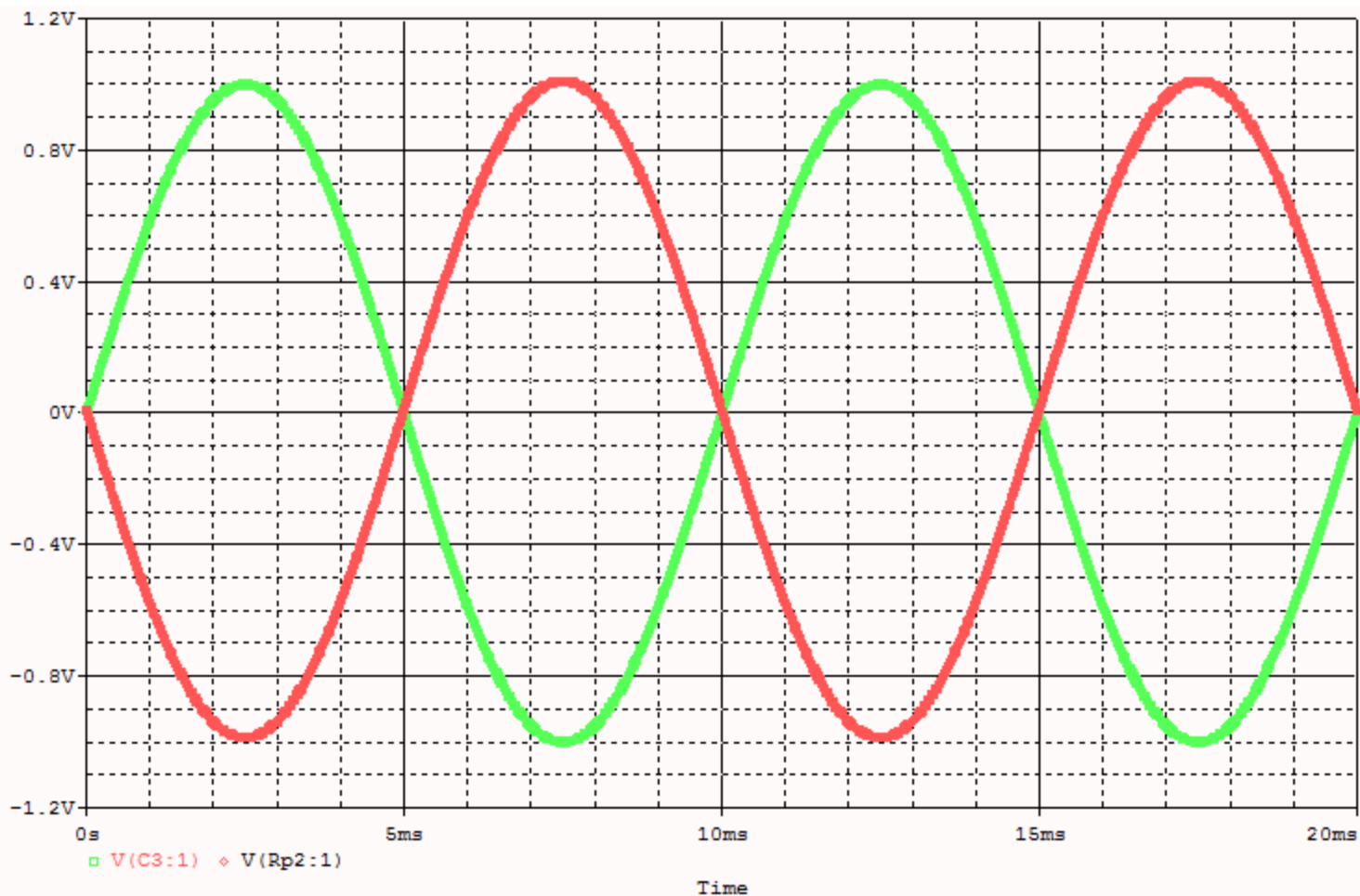
静态电压：同相端 V_P 、反相端 V_N
 以及输出端 V_O 接近0。



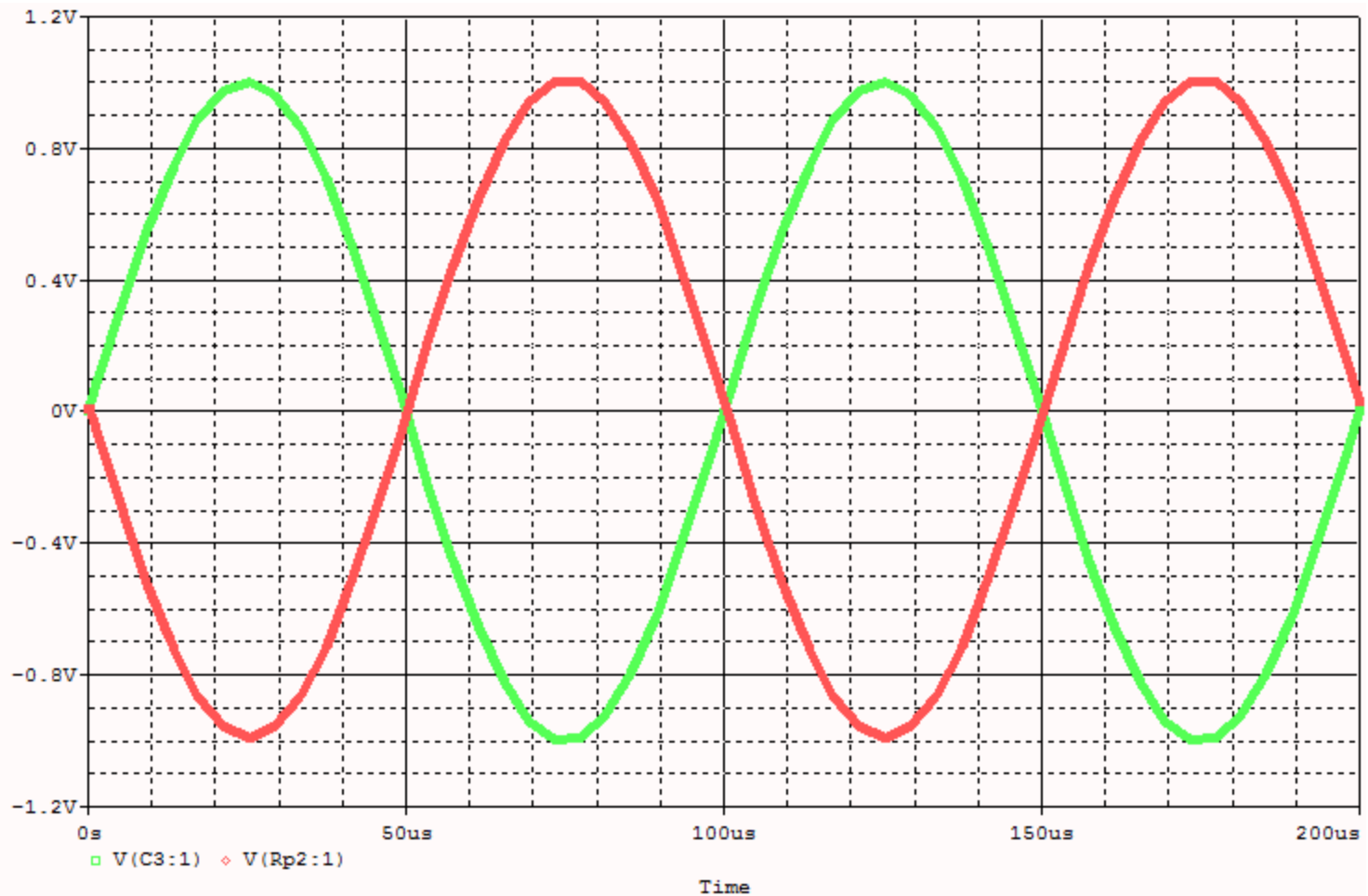
$f=1\text{KHz}$ 时, $R_{P1}R_{P2}$ 在中间位置输入输出波形



$f=100\text{Hz}$ 时, $R_{P1}R_{P2}$ 在中间位置输入输出波形



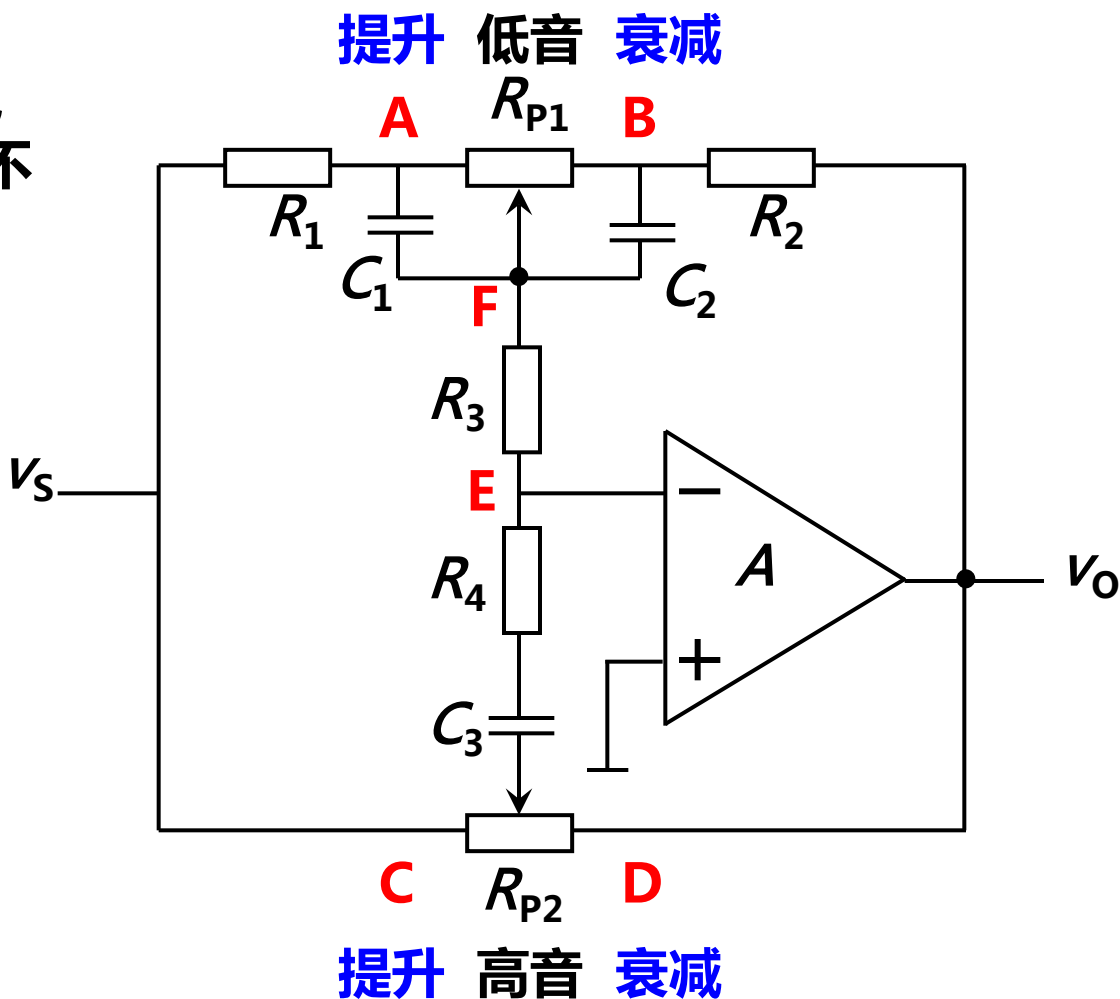
$f=10\text{KHz}$ 时, $R_{P1}R_{P2}$ 在中间位置输入输出波形



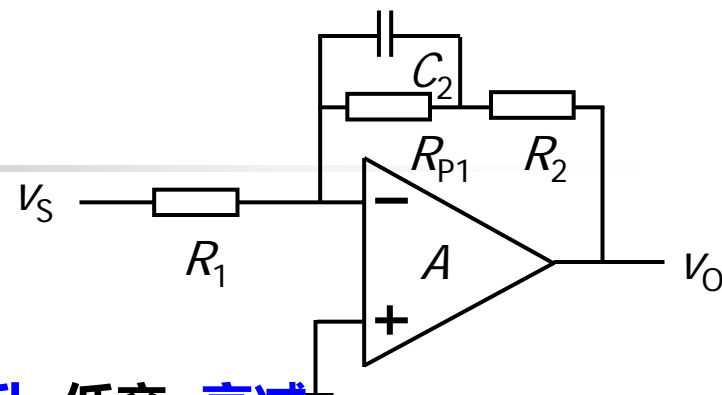
音调控制：低频区分析

$C_1 = C_2 \gg C_3$ 。对于低音信号来说，由于 C_3 的容抗很大，相当于开路，此时高音调节电位器 R_{p2} 在任何位置对低音都不会有影响。

$U_F \approx U_E \approx 0$ （虚地） R_3 的影响可忽略



低频区分析：低音提升



✓ R_{P1} 调至 A 点 (C_1 被短路) ;
右上所示等效电路。

✓ 增益最大提升量 ($f=0$) :

$$A_{vf} = -\frac{R_2 + R_{P1}}{R_1}$$

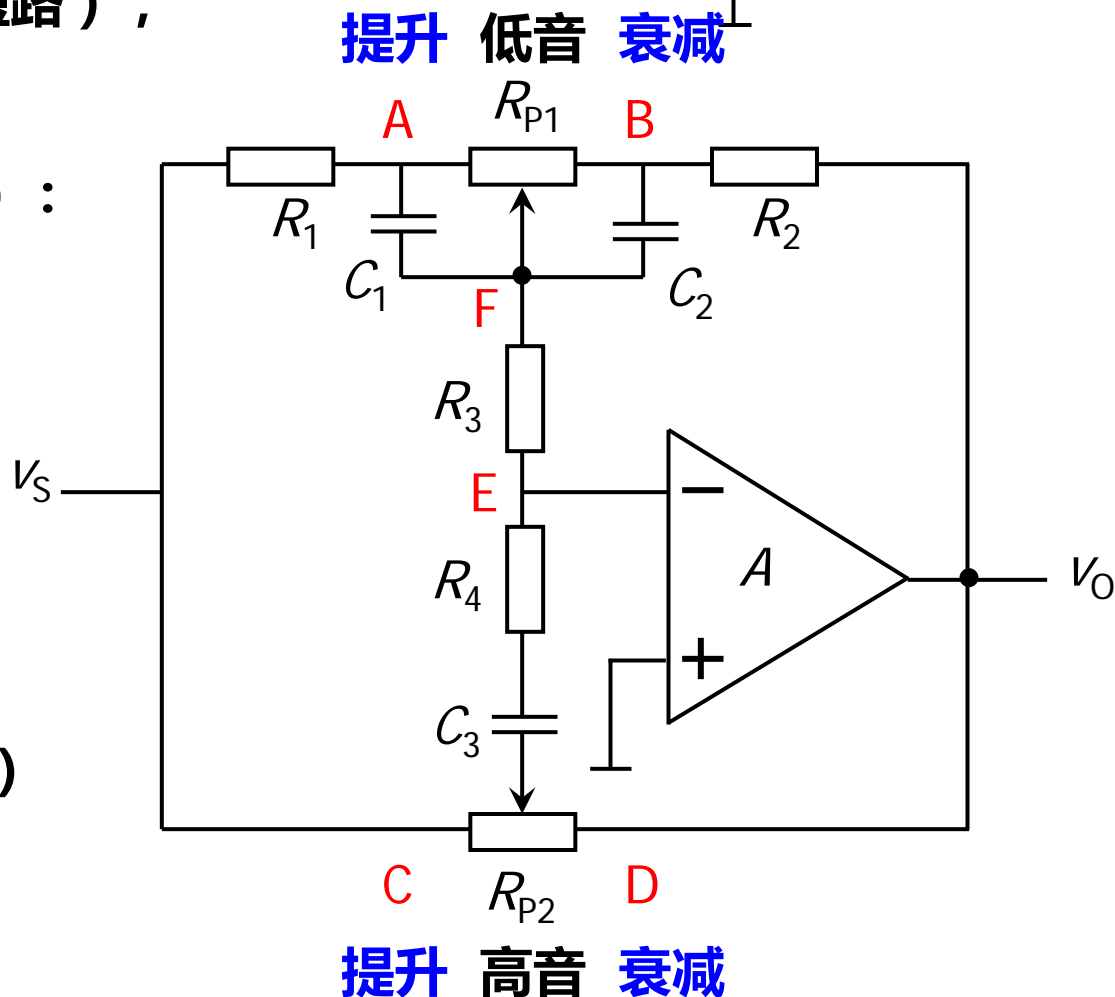
✓ 若定义：

$$R_1 = R_2 = 20 \text{ k}\Omega ,$$

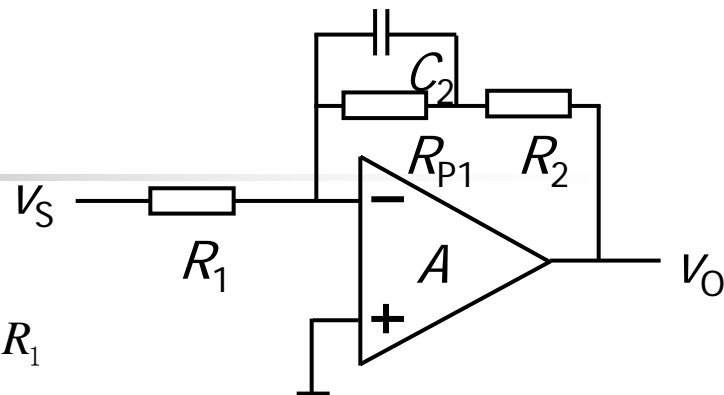
$$R_{P1} = 220 \text{ k}\Omega。$$

得：

$$A_{vf} \approx 12 \text{ (约 21.6dB)}$$



低频区分析：低音提升



✓ 转折频率：
$$\dot{A}_v = -\frac{Z_2}{Z_1} = -\left(\frac{R_{P1}/j\omega C_2}{R_{P1} + 1/j\omega C_2} + R_2\right) / R_1$$

$$f_{L1} = \frac{1}{2\pi R_{P1} \cdot C_2}$$

$$\dot{A}_v = -\frac{R_{P1} + R_2}{R_1} \times \frac{1 + j\omega C_2 \frac{R_{P1} \cdot R_2}{R_{P1} + R_2}}{1 + j\omega C_2 \cdot R_{P1}}$$

$$f_{L2} = \frac{1}{2\pi(R_{P1} // R_2)C_2} \approx \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$$

✓ 定义： $R_1 = R_2 = 20 \text{ k}\Omega$ ， $R_{P1} = 220 \text{ k}\Omega$ ， $C_2 = 0.022\mu\text{F}$ ，
得：

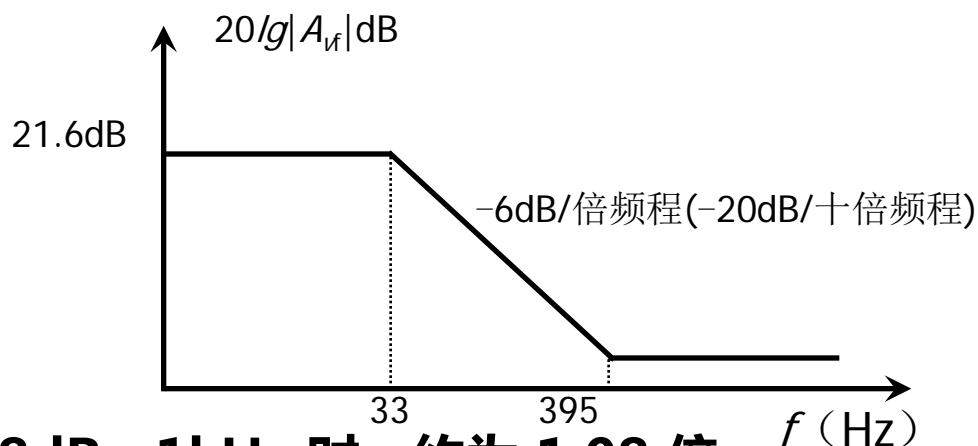
$f_{L1} = 33\text{Hz}$; $f_{L2} = 395\text{Hz}$

$f \rightarrow 0$ 和 $f \rightarrow \infty$ 时电压增益？

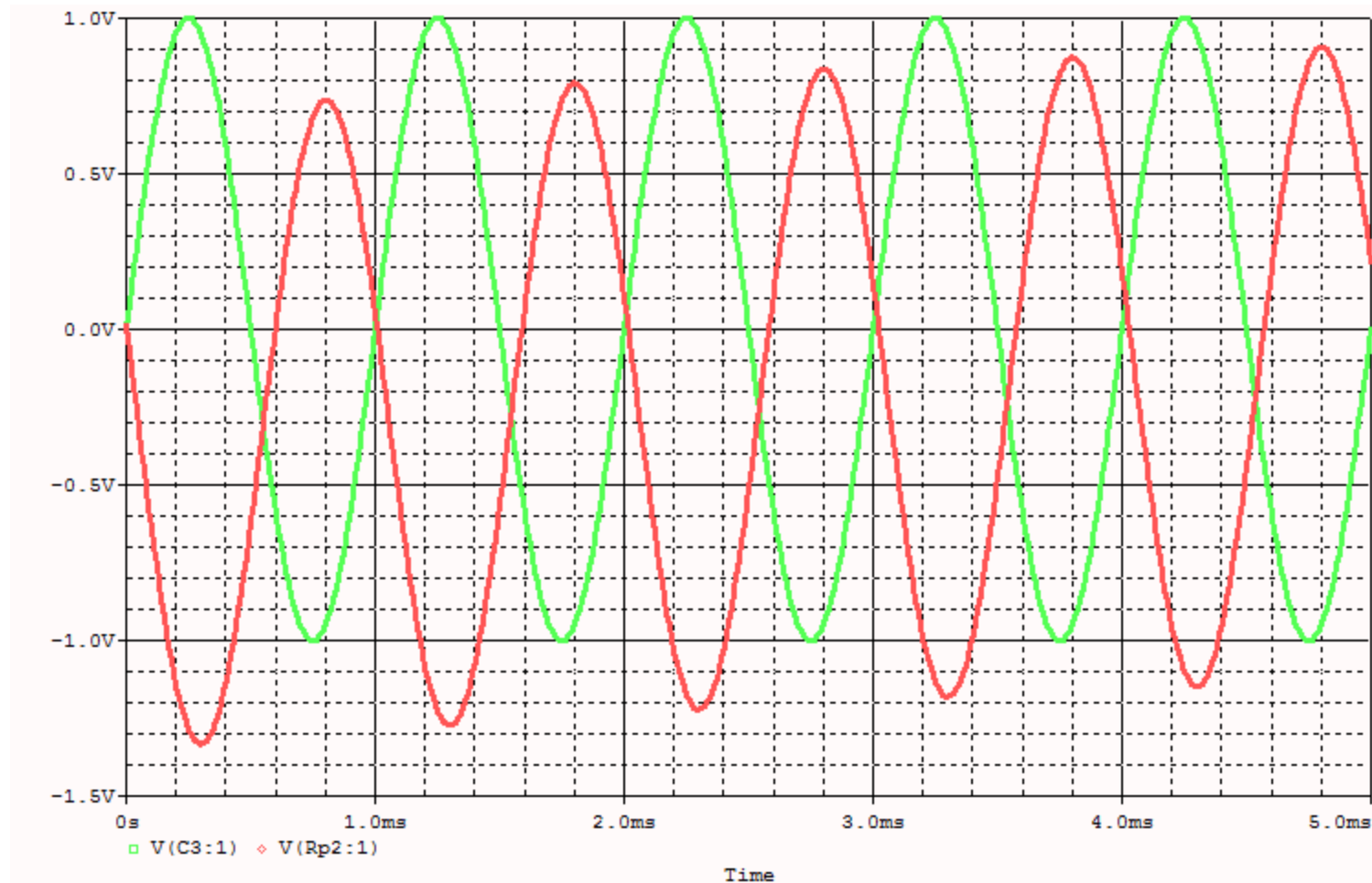
(∞ 在运放技术指标允许下足够大)

✓ 幅频特性：

(100Hz 时，约为 3.88 倍，11.8dB；1kHz 时，约为 1.08 倍，0.64dB)

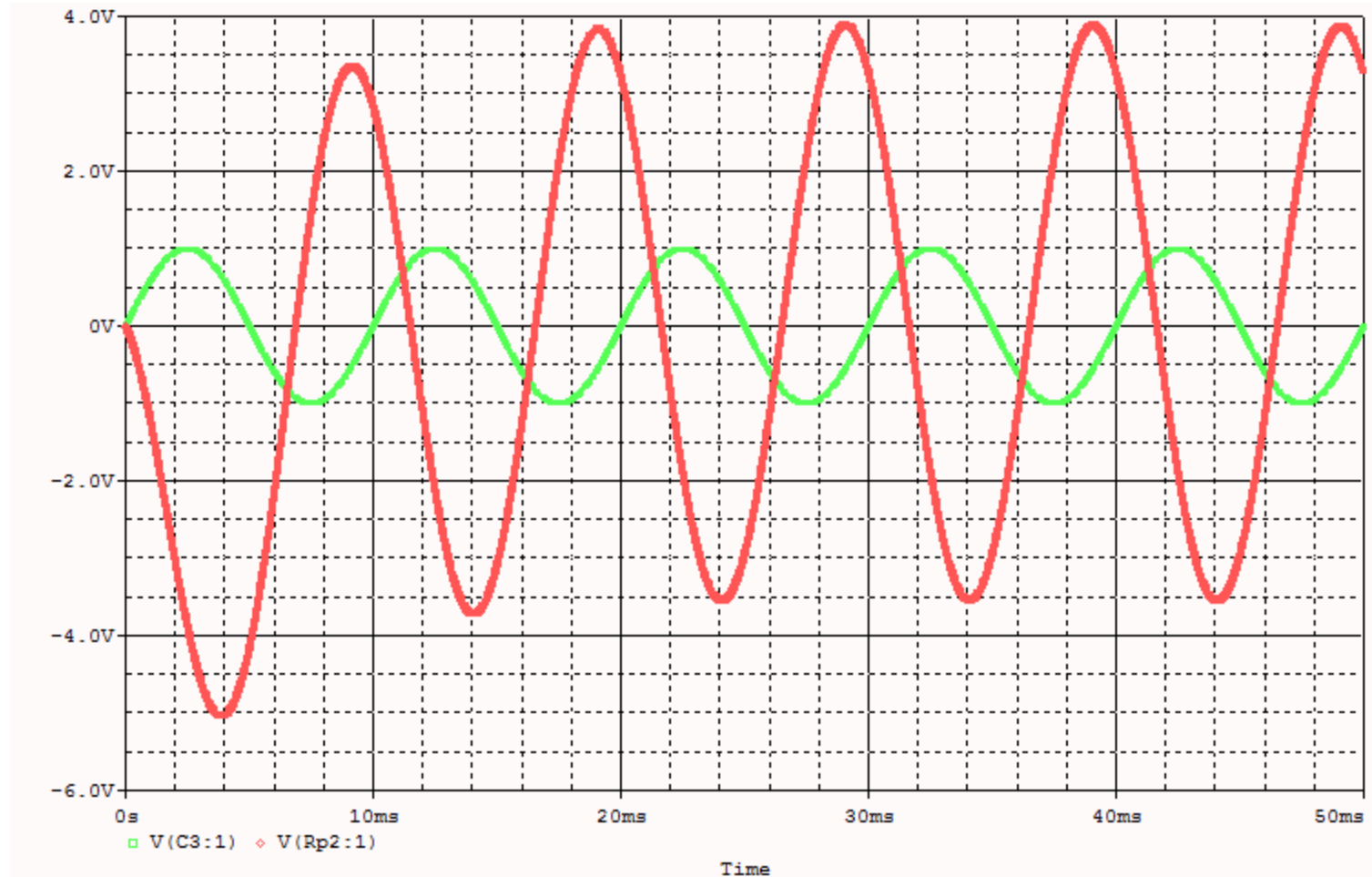


$f=1\text{KHz}$ 时, R_{p1} 调到A端 R_{p2} 在中间位置 输入输出波形



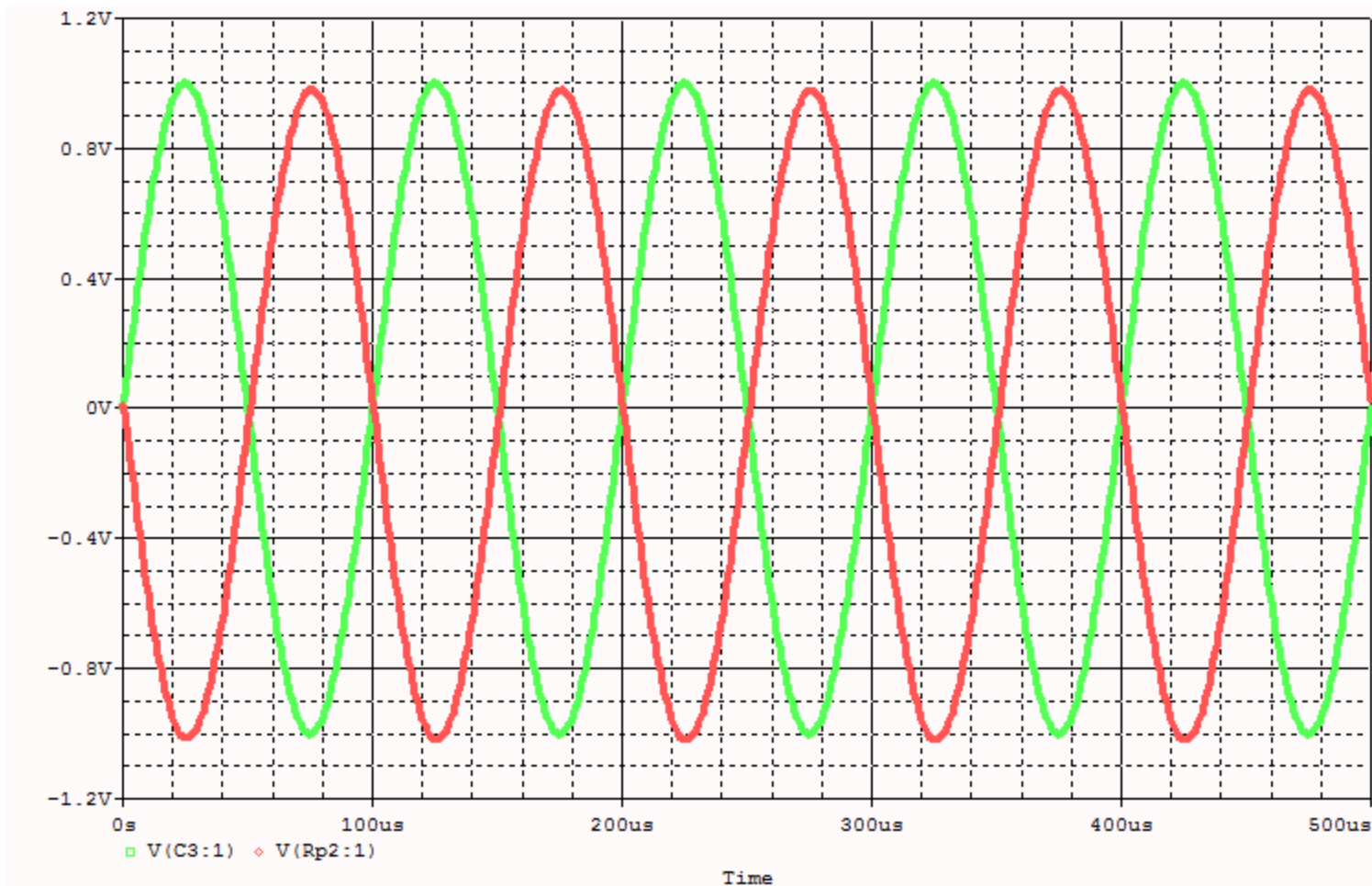
在中音域, 增益仅取决于 R_2 与 R_1 的比值, 即约等于1 (0 dB)

$f=100\text{Hz}$ 时, R_{p1} 调到A端 R_{p2} 在中间位置输入输出波形



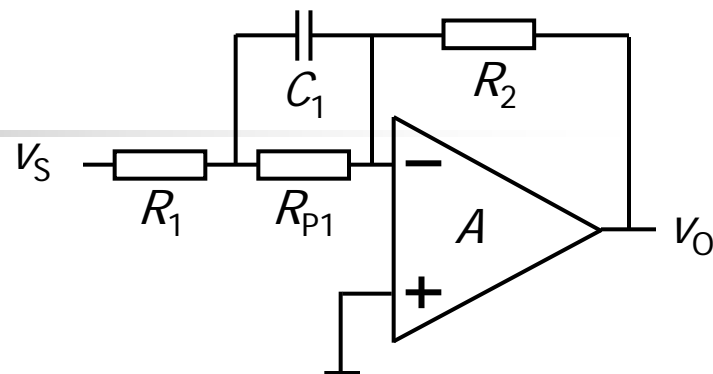
在低音域, 增益可以得到提升

$f=10\text{KHz}$ 时, R_{p1} 调到A端 R_{p2} 在中间位置输入输出波形



在高频域, 增益仅取决于 R_2 与 R_1 的比值, 即约等于1 (0 dB)

低频区分析：低音衰减



- ✓ R_{W1} 调至 B 点 (C_2 被短路) ; 右上所示等效电路。

- ✓ 增益最大衰减量($f=0$) :

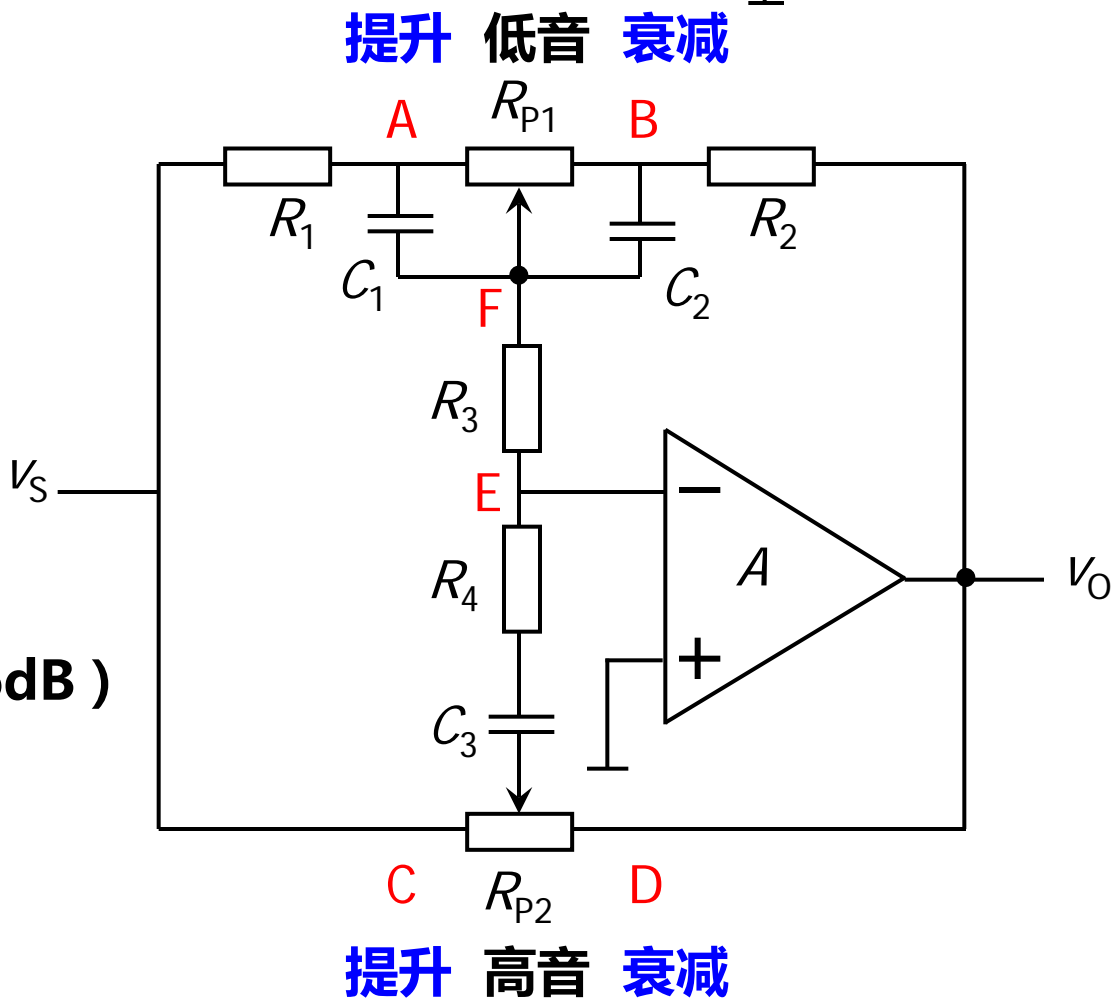
$$A_{vf} = -\frac{R_2}{R_1 + R_{P1}}$$

- ✓ 定义 :

$$R_1 = R_2 = 20 \text{ k}\Omega , \\ R_{P1} = 220 \text{ k}\Omega .$$

得 :

$$A_{vf} \approx 0.083 \text{ (约 -21.6dB)}$$



低频区分析：低音衰减

✓ 转折频率：

$$\dot{A}_v = -\frac{R_2}{R_1 + (1/j\omega C_1) // R_{P1}} = -\frac{R_2}{R_1 + R_{P1}} \times \frac{1 + j\omega R_{P1} C_1}{1 + j\omega (R_{P1} // R_1) C_1}$$

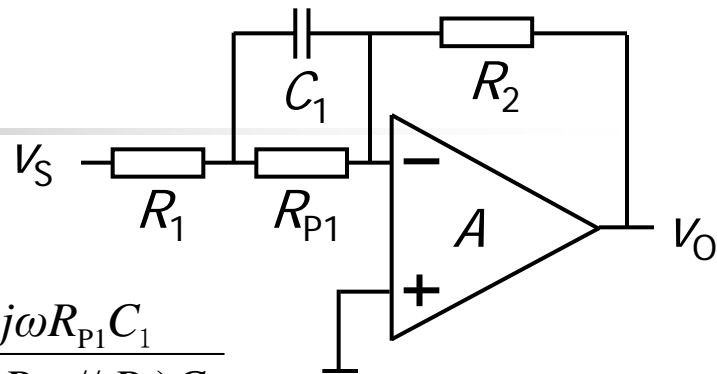
$$f'_{L1} = \frac{1}{2\pi R_{P1} C_1}$$

$$f'_{L2} = \frac{1}{2\pi (R_{P1} // R_1) C_1} \approx \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

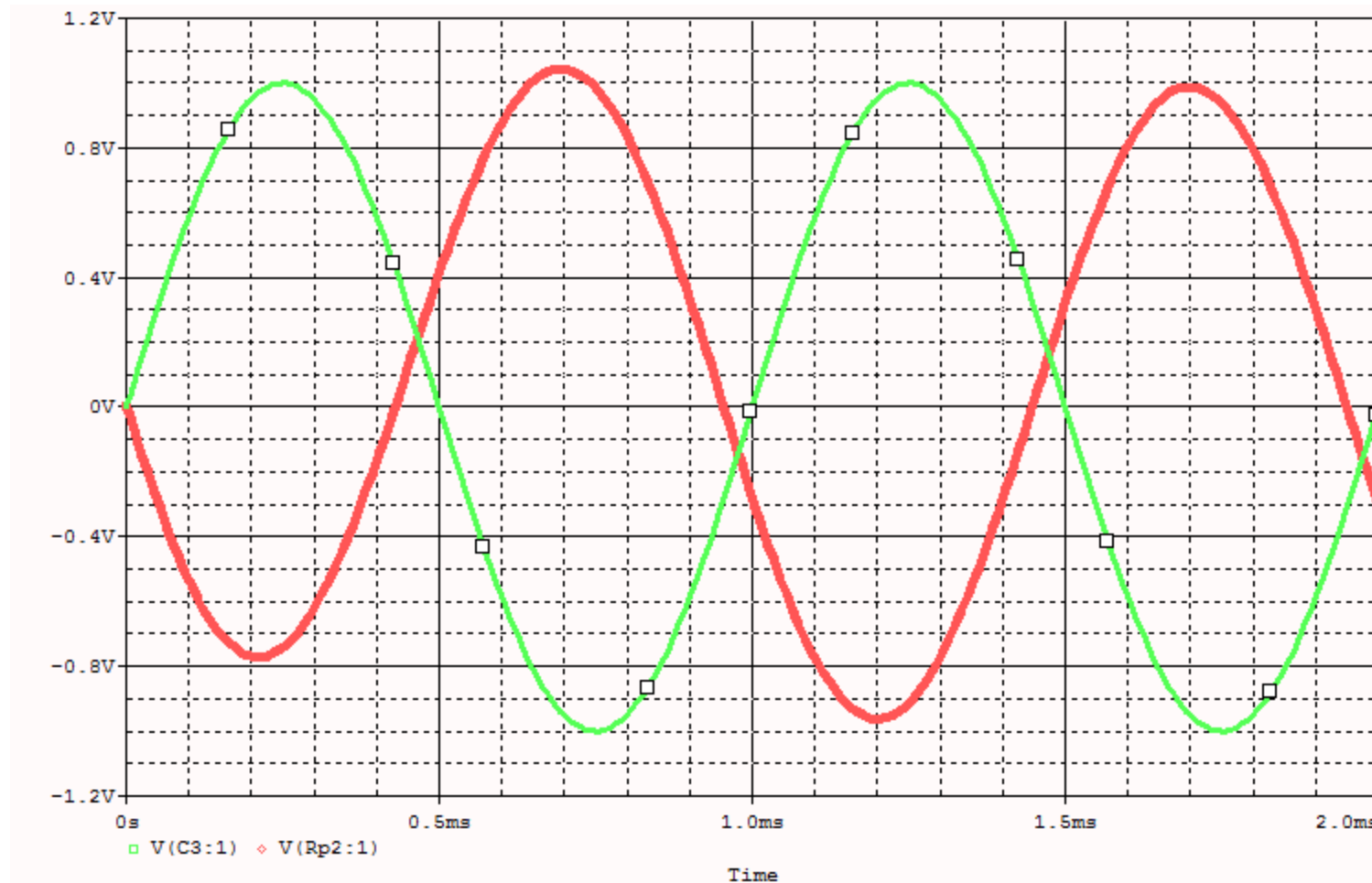
$f \rightarrow 0$ 和 $f \rightarrow \infty$ 时电压增益？（ ∞ 在运放技术指标允许下足够大）

✓ 定义： $R_1 = R_2 = 20 \text{ k}\Omega$ ， $R_{P1} = 220 \text{ k}\Omega$ ， $C_1 = 0.022 \mu\text{F}$ ，
得： $f'_{L1} = 33 \text{ Hz}$ ； $f'_{L2} = 395 \text{ Hz}$

✓ 幅频特性？

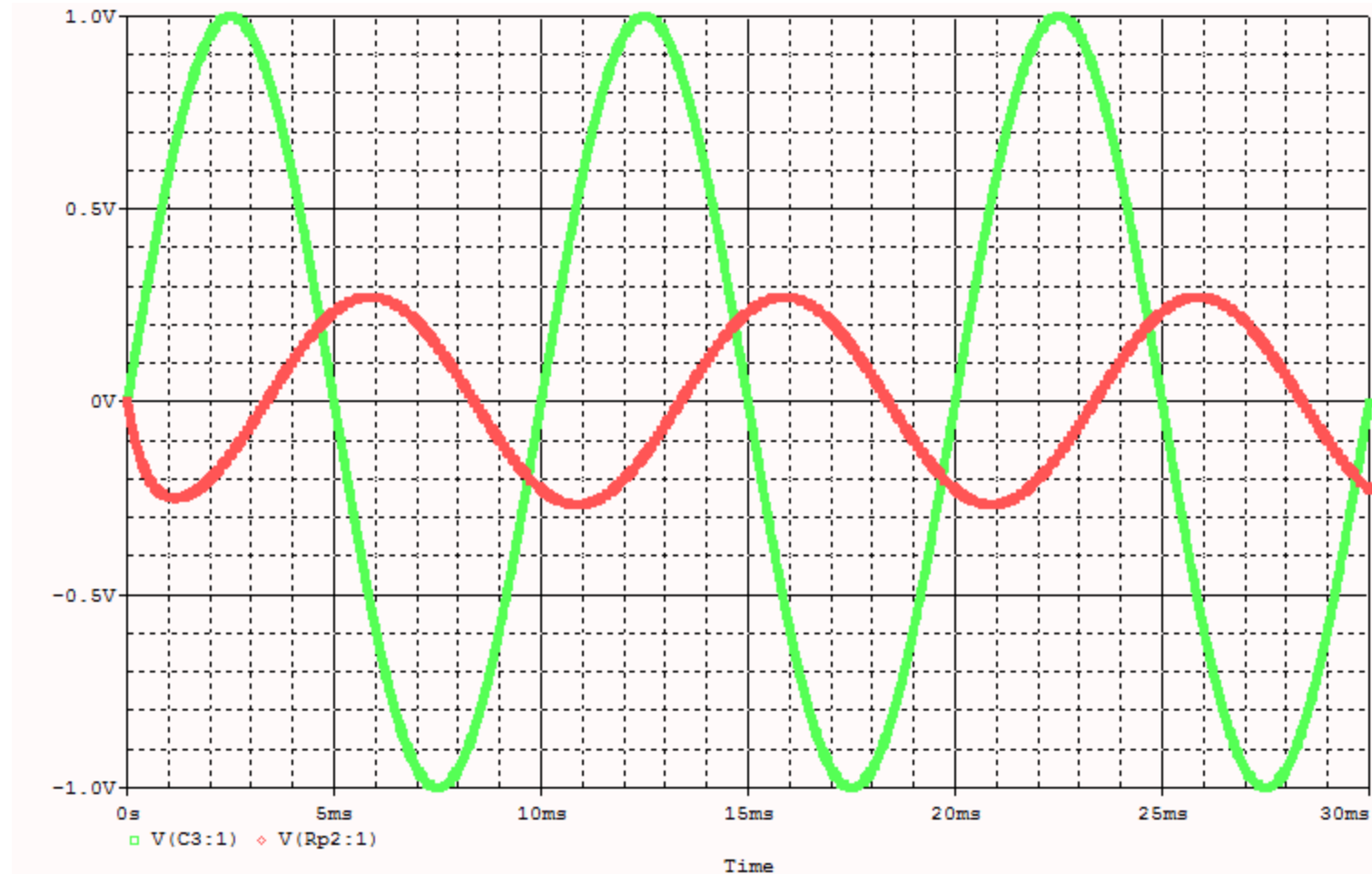


$f=1\text{KHz}$ 时, R_{p1} 调到B端 R_{p2} 在中间位置 输入输出波形



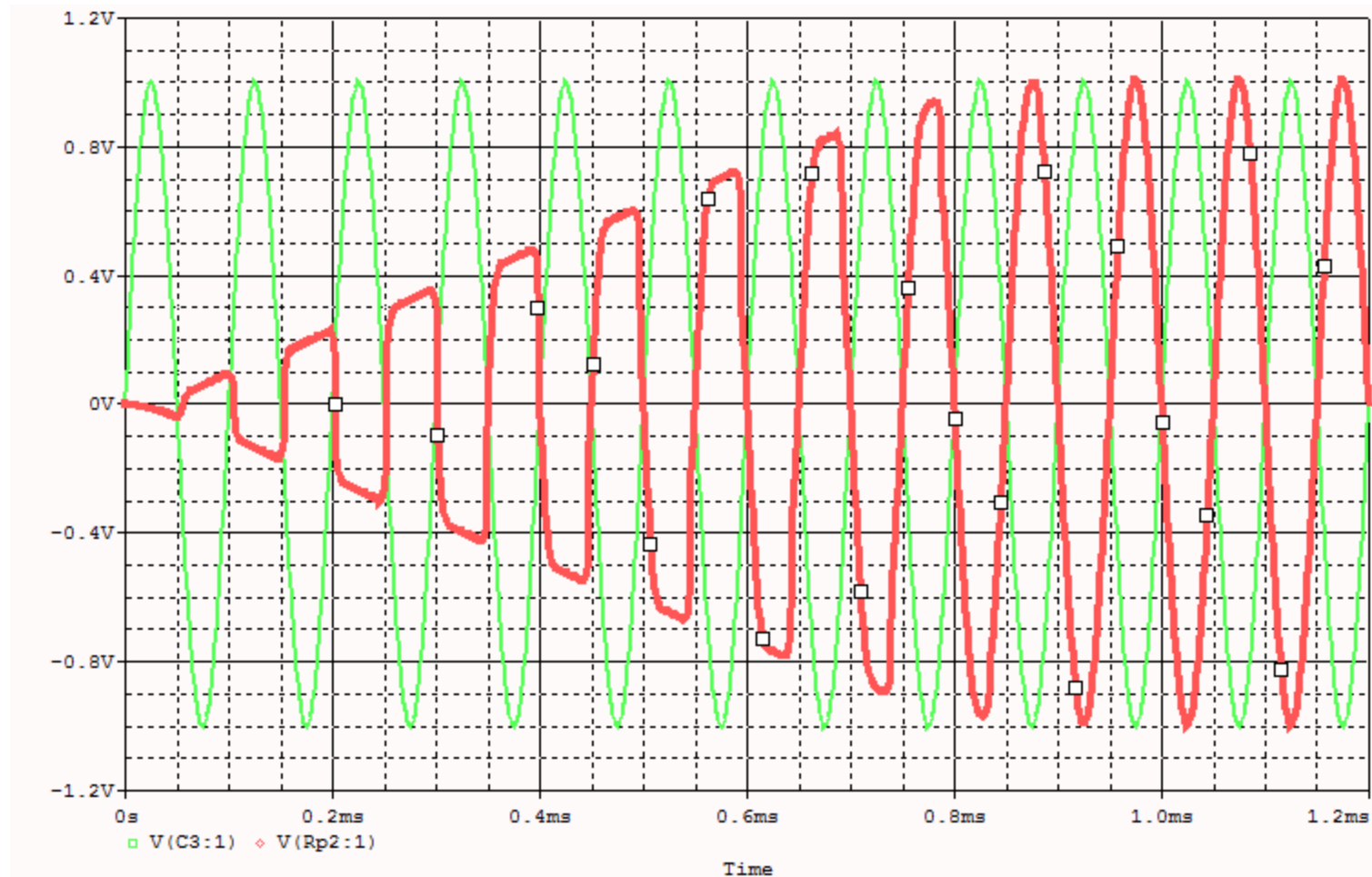
在中音域, 增益仅取决于 R_2 与 R_1 的比值, 即约等于1 (0 dB)

$f=100\text{Hz}$ 时, R_{p1} 调到B端 R_{p2} 在中间位置 输入输出波形



在低音域, 增益可以得到衰减

$f=10\text{kHz}$ 时, R_{p1} 调到B端 R_{p2} 在中间位置输入输出波形

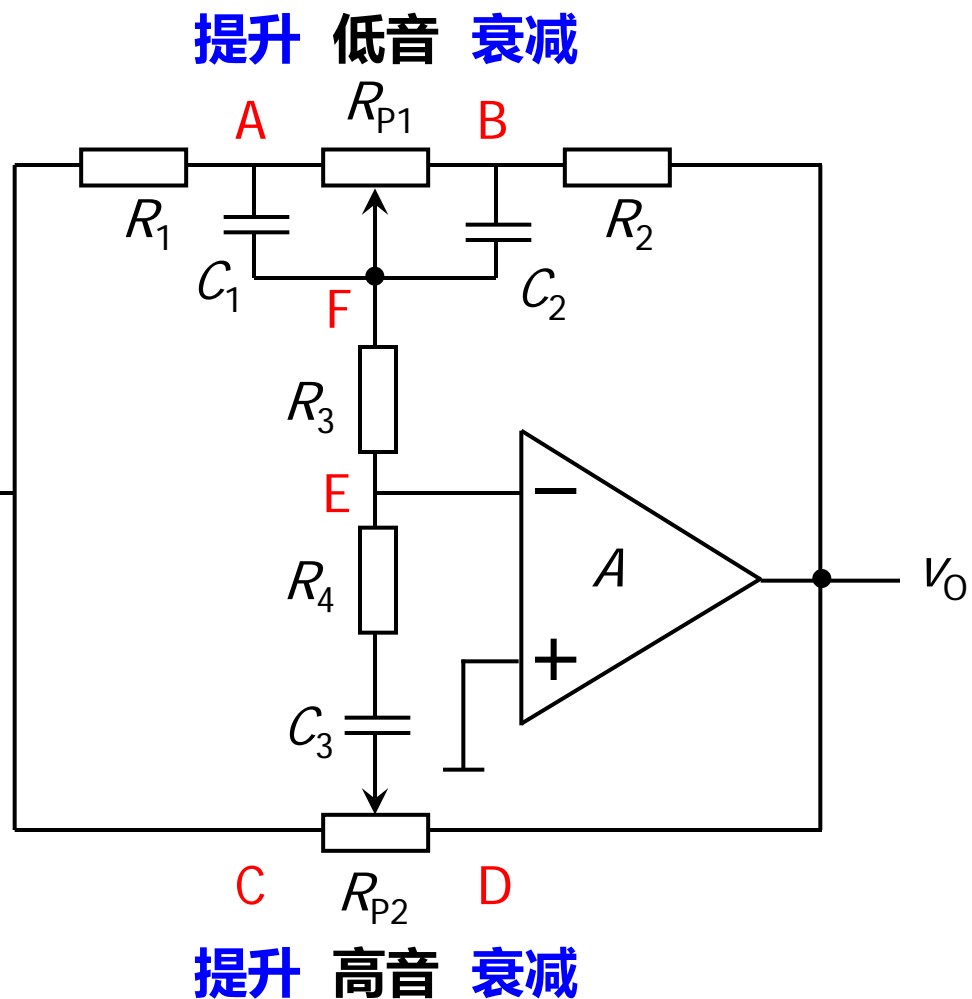
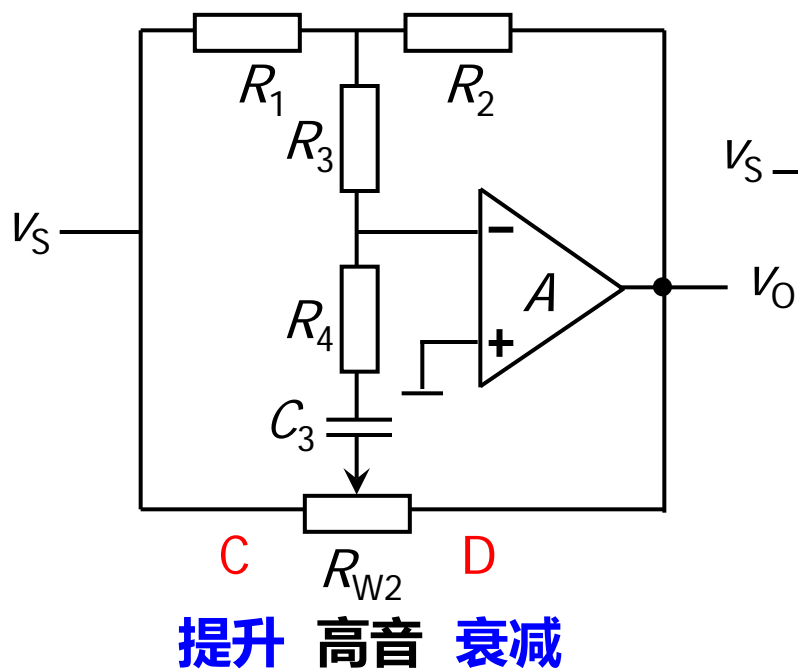


在高频域, 增益仅取决于 R_2 与 R_1 的比值, 即约等于1 (0 dB)

音调控制：高频区分析

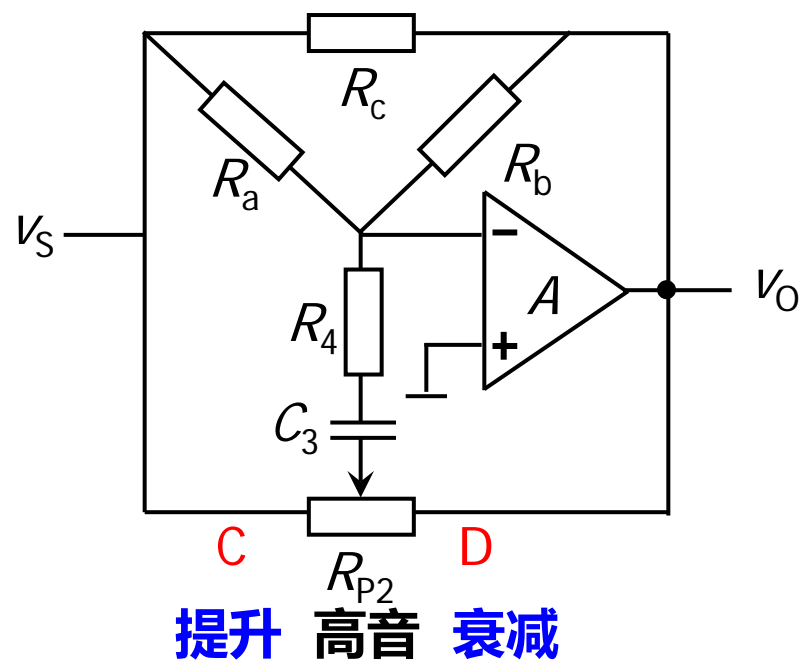
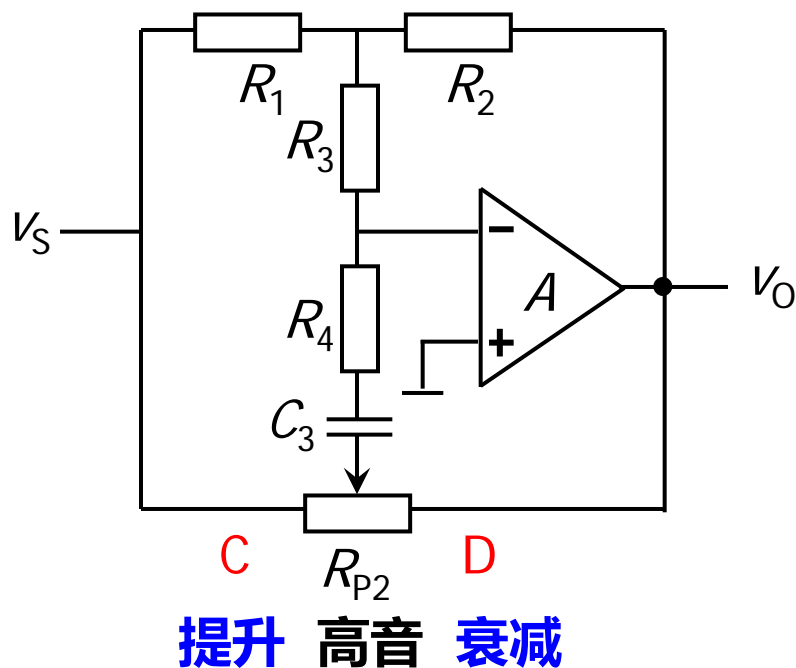
- ✓ C_1 和 C_2 较大（对高频可视为短路）；
 C_3 较小（ C_3 、 R_4 支路起作用）。

- ✓ 下图所示等效电路。



音调控制级（高频区分析）

- ✓ 若 $R_1 = R_2 = R_3 = R$ ，Y 形接法可变换成 Δ 形接法（右下图）。
($R_a = R_b = R_c = 3R$)
- ✓ 由于前级输出电阻很小（如小于 500Ω ），则：
 R_c 可视为开路（ v_o 通过 R_c 的反馈信号被输出电阻旁路）



高频区分析：高音提升

- 右图所示 R_{p2} 调至 C 点时等效电路。
(R_{p2} 数值大，视为开路)

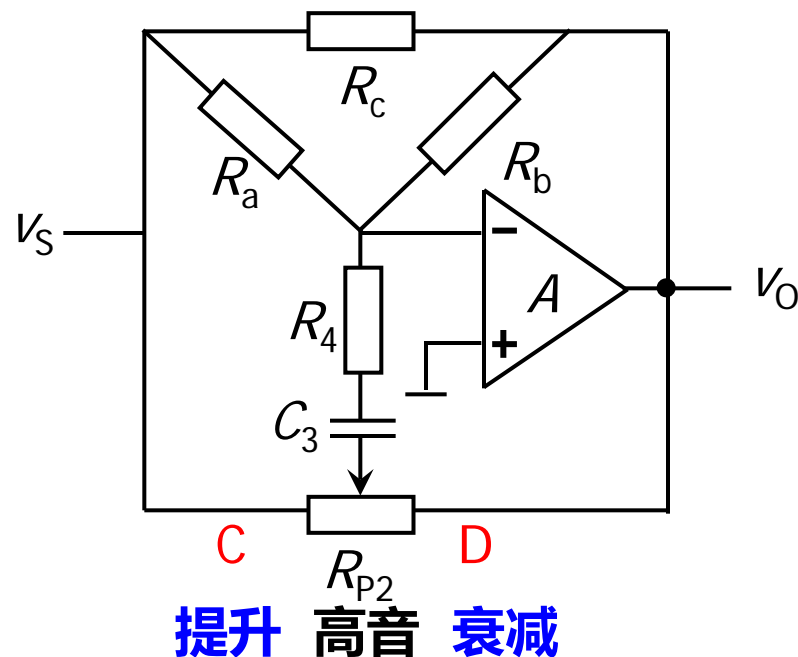
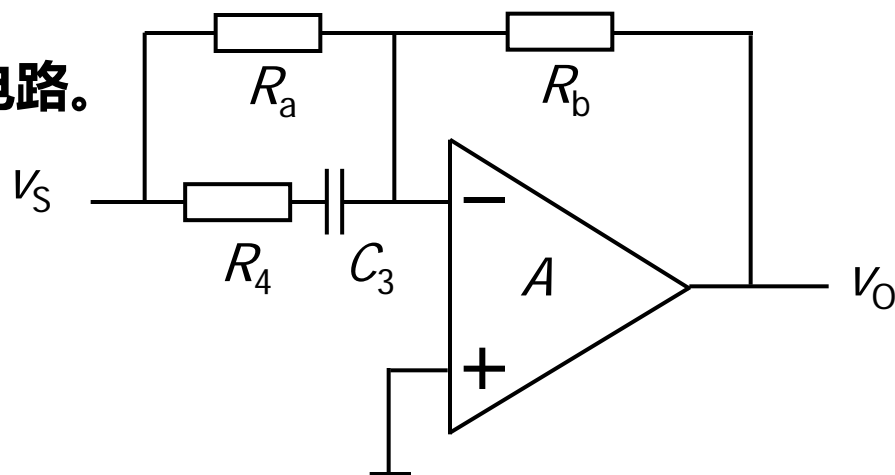
- ✓ 高音增益最大提升量：

$$A_{vf} = -\frac{R_b}{R_a // R_4} = -\frac{R_4 + 3R}{R_4}$$

- ✓ 定义：
 $R = 20 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 8.2 \text{ k}\Omega$ 。

得：

$$A_{vf} \approx 8.32 \text{ (约 } 18.4\text{dB)}$$



高频区分析：高音提升

$$\dot{A}_v = -\frac{R_b}{(1/j\omega C_3 + R_4) // R_a} = -\frac{R_b}{R_a} \times \frac{1 + j\omega C_3(R_4 + R_a)}{1 + j\omega C_3 R_4}$$

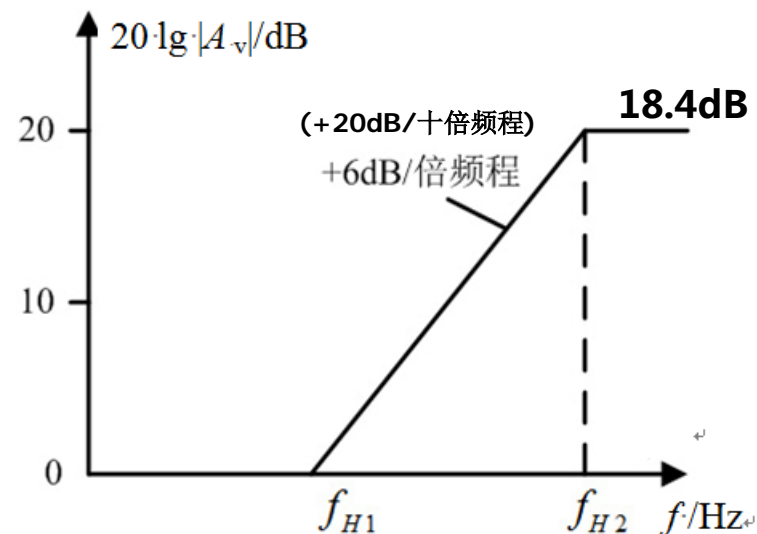
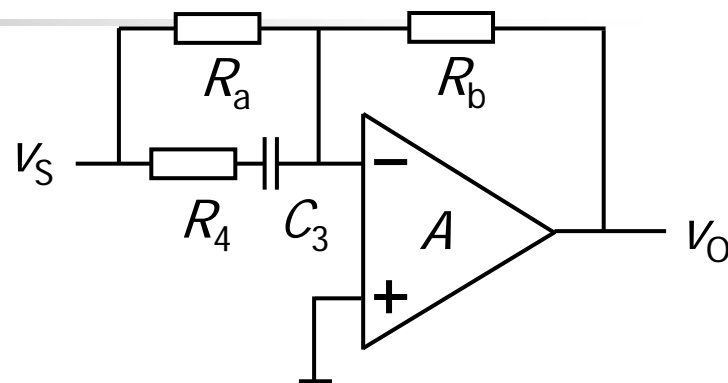
$$f_{H1} = \frac{1}{2\pi(R_a + R_4)C_3} = 2.3\text{kHz}$$

$$f_{H2} = \frac{1}{2\pi R_4 C_3} = 19.4\text{kHz}$$

$R_a = R_b = R_c = 3R = 60\text{K}; R_4 = 8.2\text{ k}\Omega;$
 $C_3 = 1000\text{pF}$

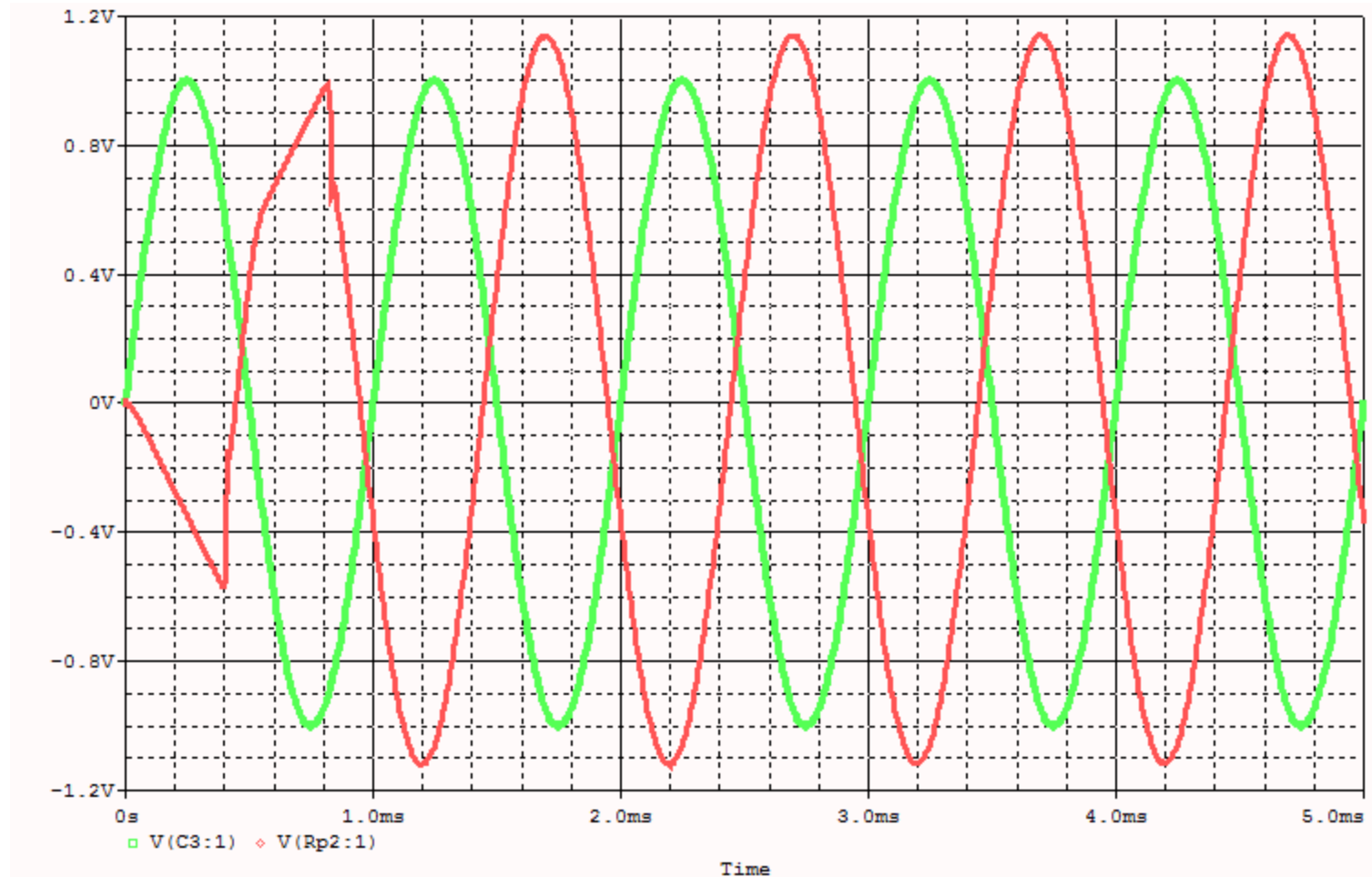
10kHz 时，约为 3.91 倍，11.8dB;

1kHz 时，约为 1.09 倍，0.74dB。



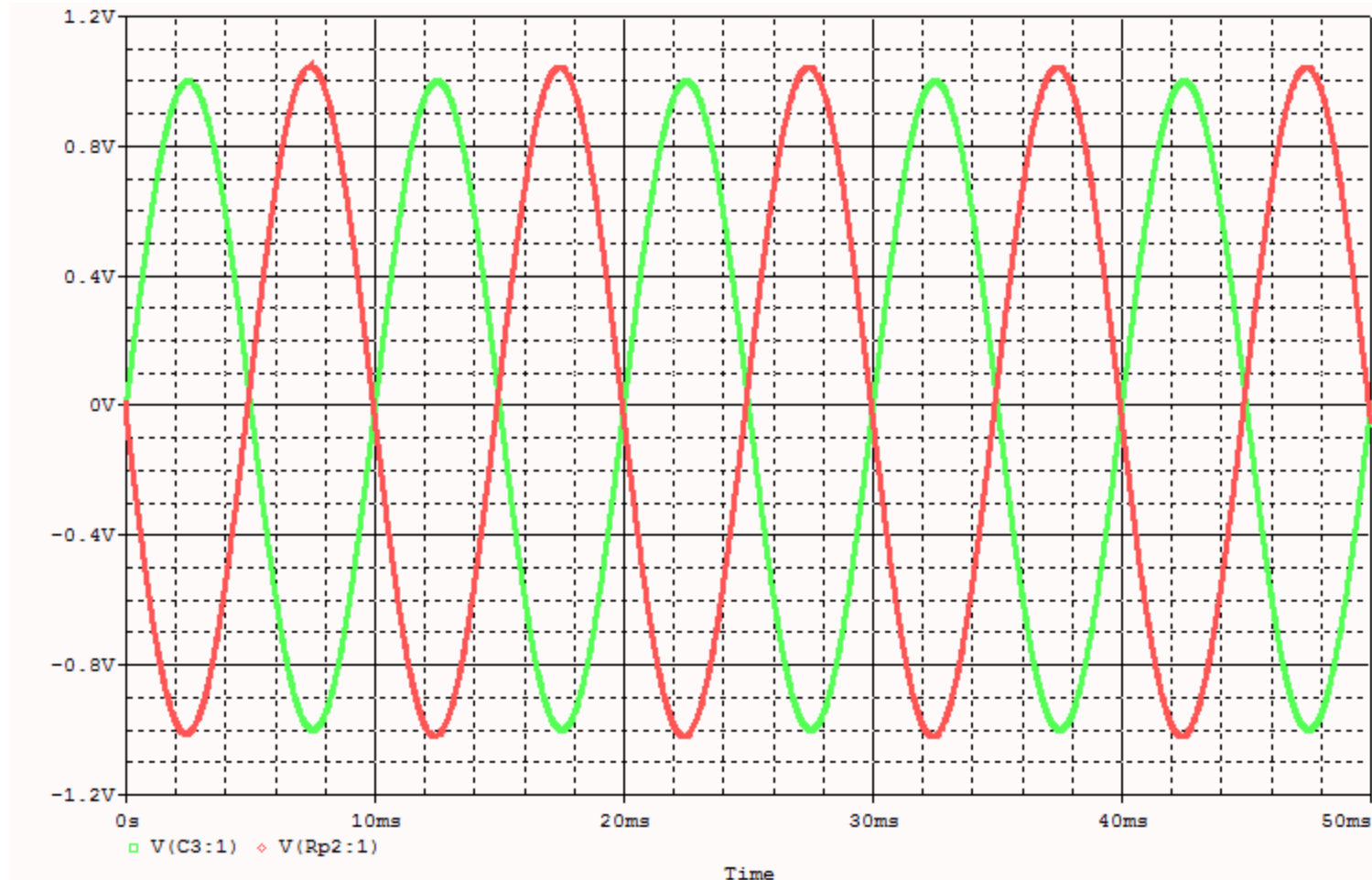
f→0和f→∞时电压增益？（∞在运放技术指标允许下足够大）

$f=1\text{KHz}$ 时, R_{p1} 调到中间位置 R_{p2} 在C端输入输出波形



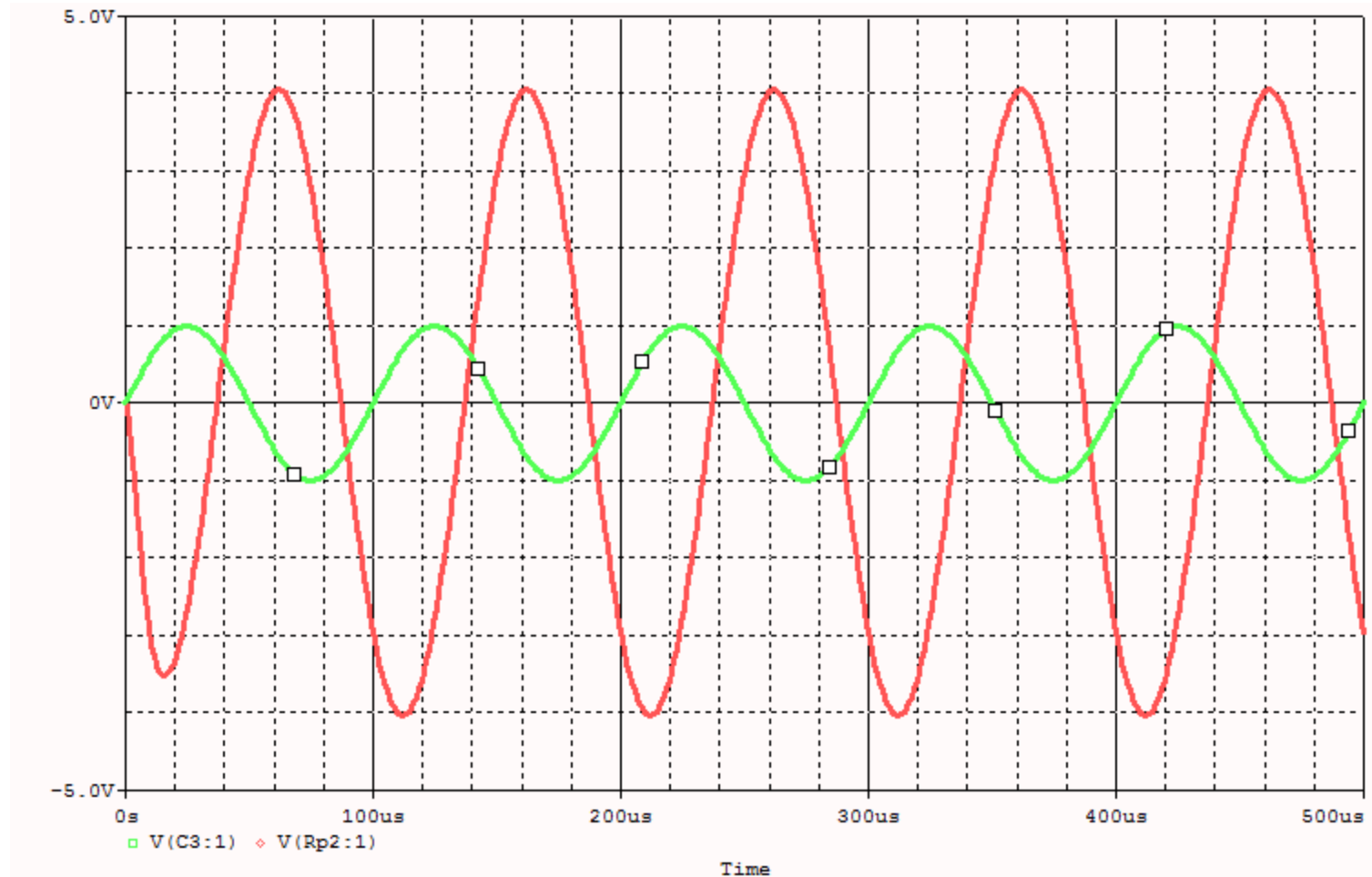
对于中音域信号, 放大电路的增益约等于1 (0 dB)

$f=100\text{Hz}$ 时, R_{P1} 调到中间位置 R_{P2} 在C端输入输出波形



对于低音域信号, 放大电路的增益约等于1 (0 dB)

$f=10\text{KHz}$ 时, R_{P1} 调到中间位置 R_{P2} 在C端输入输出波形



对于高音域的信号, 放大电路的增益可以得到提升

高频区分析：高音衰减

✓ 右图所示当 R_{p2} 调至 D 点时等效电路。
(R_{p2} 数值大，视为开路)

✓ 高音增益最大衰减量：

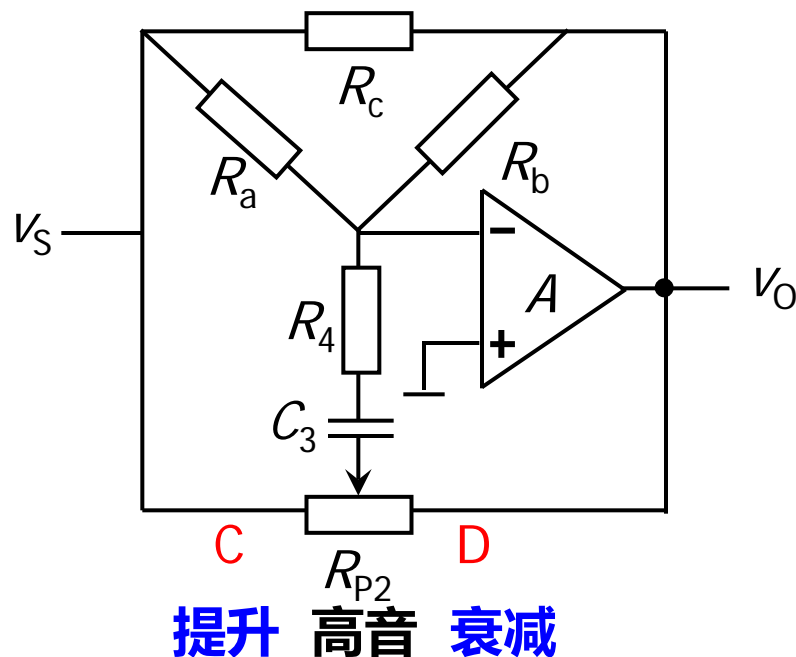
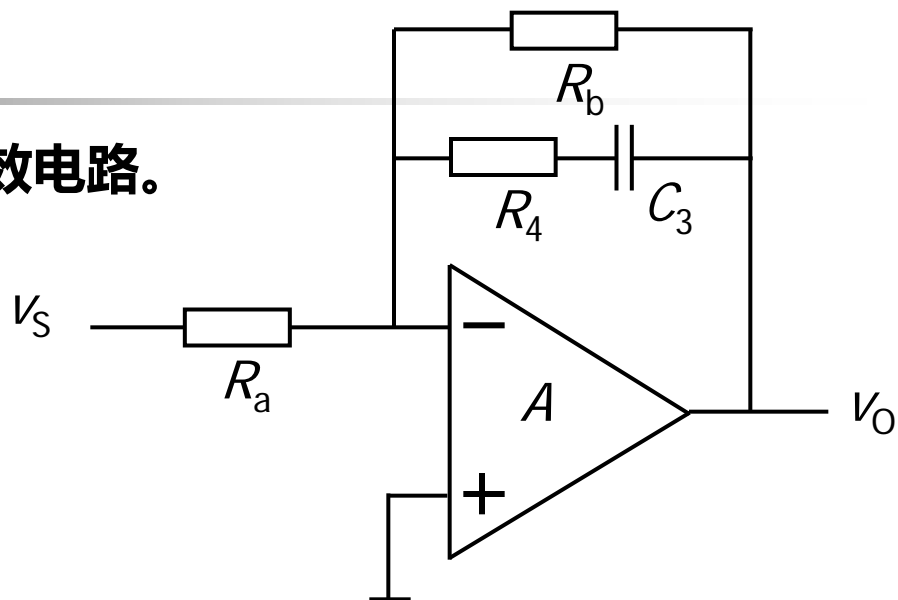
$$A_{vf} = -\frac{R_b // R_4}{R_a} = -\frac{R_4}{R_4 + 3R}$$

✓ 定义：

$R = 20 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 8.2 \text{ k}\Omega$ 。

得：

$A_{vf} \approx 0.12$ (约 -18.4dB)



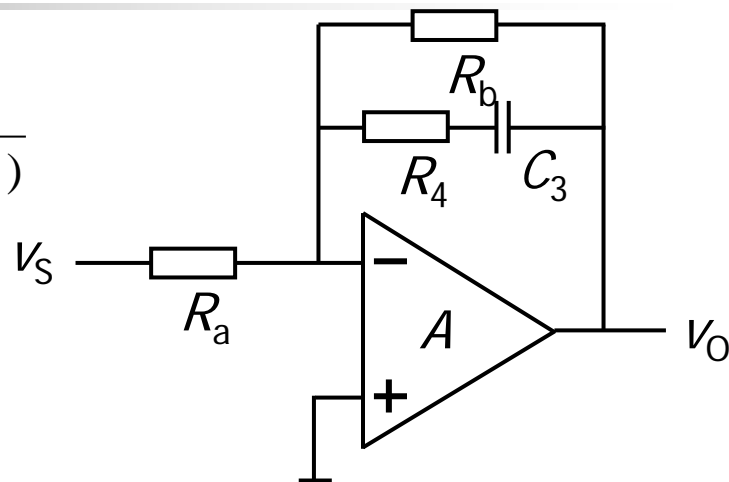
高频区分析：高音衰减

$$\dot{A}_v = -\frac{(R_4 + 1/j\omega C_3) // R_b}{R_a} = -\frac{R_b}{R_a} \times \frac{1 + j\omega C_3 R_4}{1 + j\omega C_3 (R_4 + R_b)}$$

$$f_{H1}' = \frac{1}{2\pi C_3 (R_4 + R_b)} = 2.3K$$

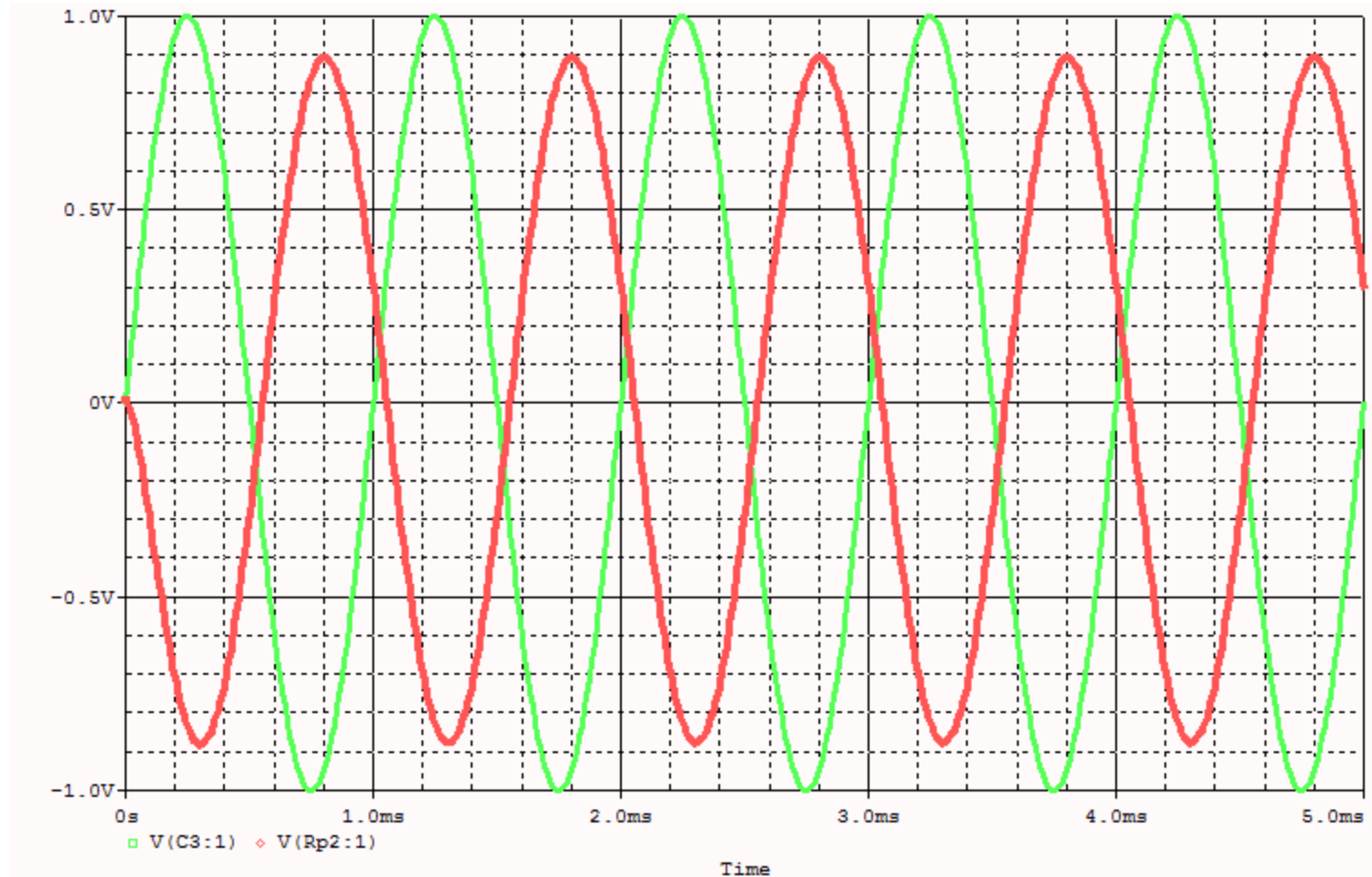
$$f_{H2}' = \frac{1}{2\pi C_3 R_4} = 19.4K$$

$$R_a = R_b = R_c = 3R = 60K; \quad R_4 = 8.2 k\Omega; \quad C_3 = 1000pF$$



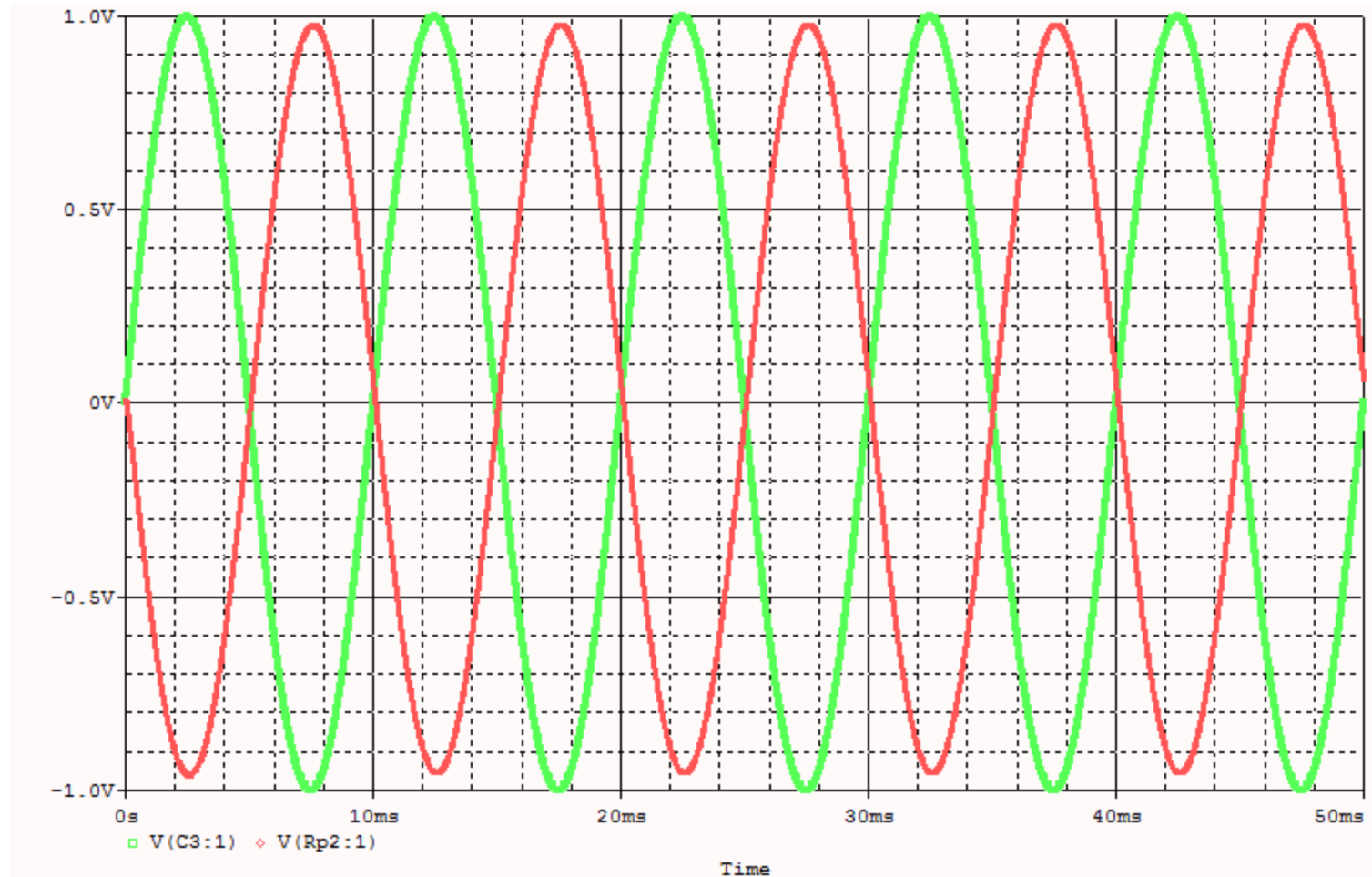
$f \rightarrow 0$ 和 $f \rightarrow \infty$ 时电压增益？（ ∞ 在运放技术指标允许下足够大）

$f=1\text{KHz}$ 时, R_{p1} 调到中间位置 R_{p2} 在D端输入输出波形



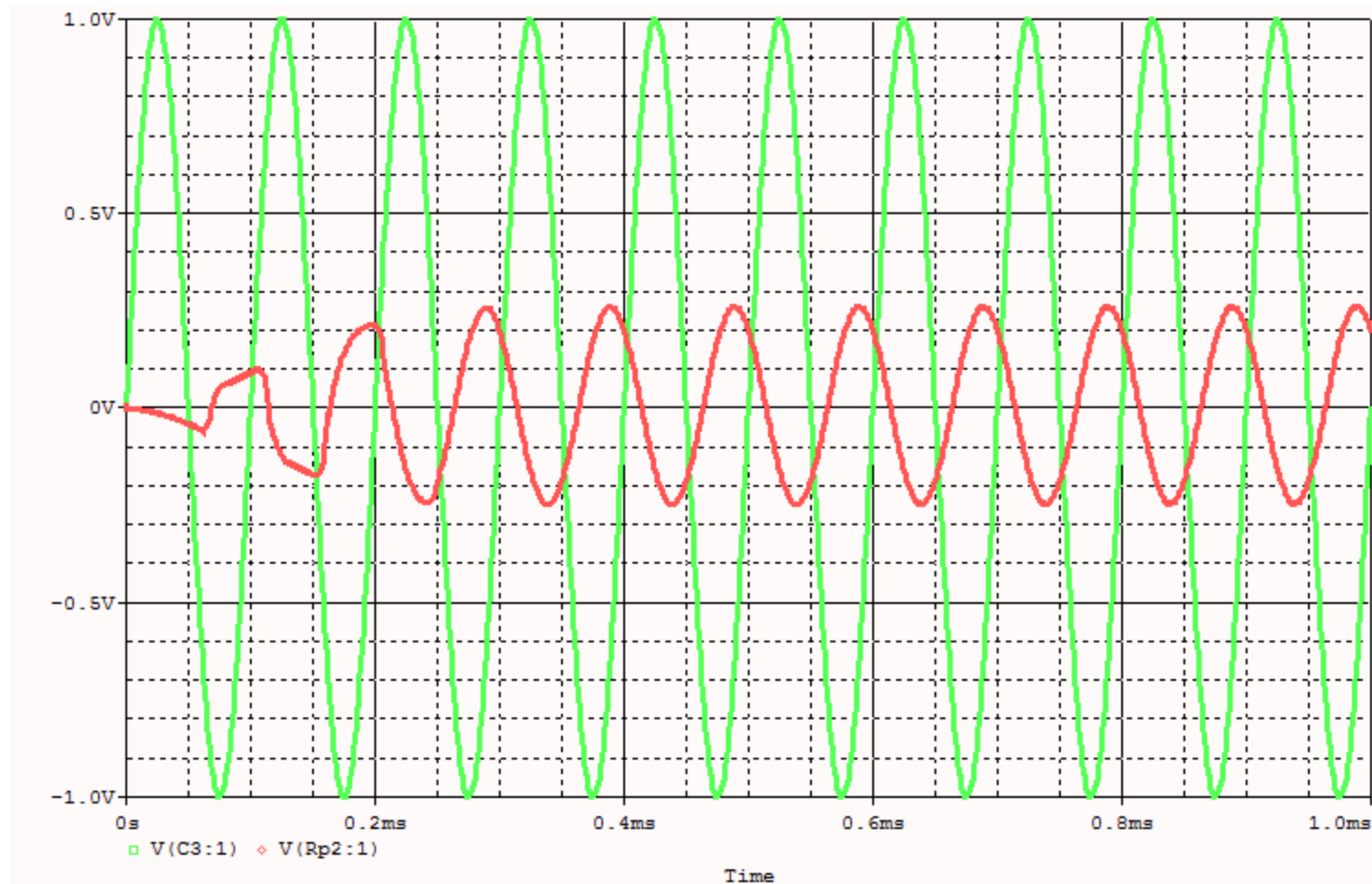
对于中音域信号, 放大电路的增益约等于1 (0 dB)

$f=100\text{Hz}$ 时, R_{p1} 调到中间位置 R_{p2} 在D端输入输出波形

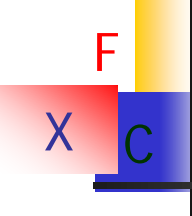


对于低音域信号, 放大电路的增益约等于1 (0 dB)

$f=10\text{KHz}$ 时, R_{p1} 调到中间位置 R_{p2} 在D端输入输出波形

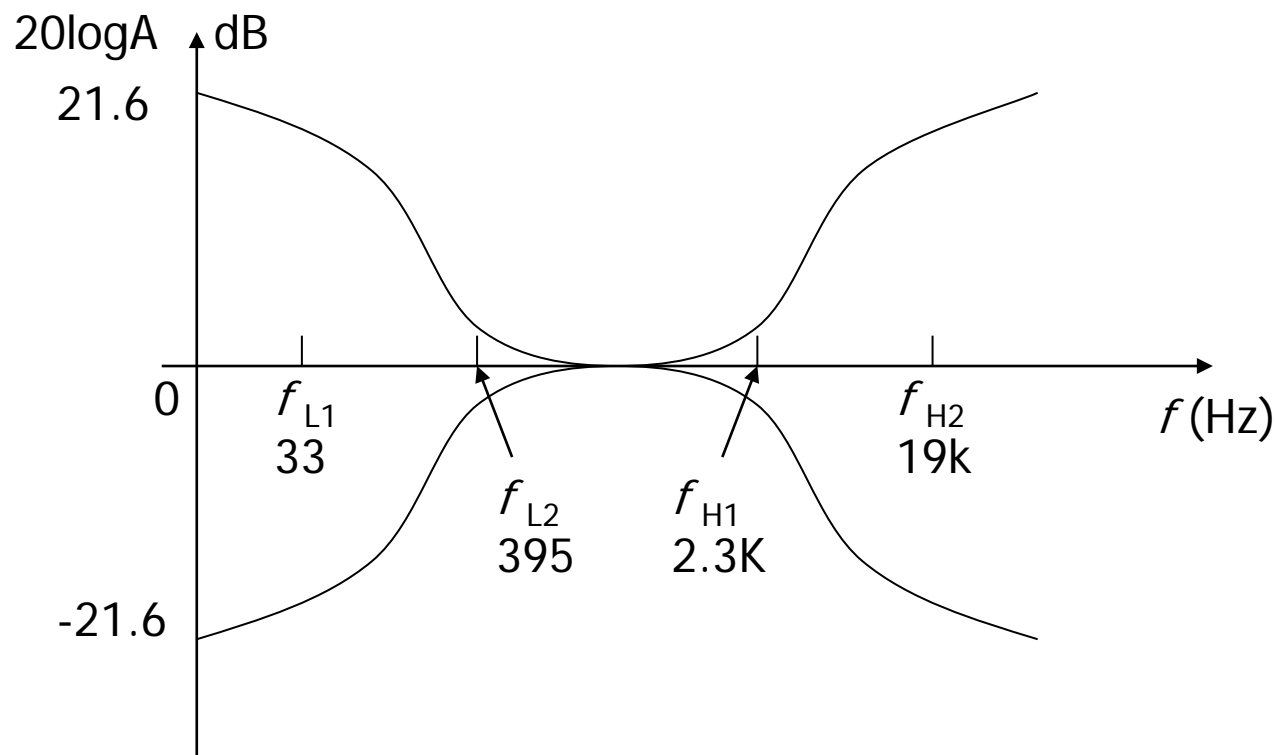


对于高音域的信号, 放大电路的增益可以得到衰减



音调控制：整体效果

- ✓ 将音调控制电路的高/低音提升/衰减曲线画在一起：幅频特性曲线。



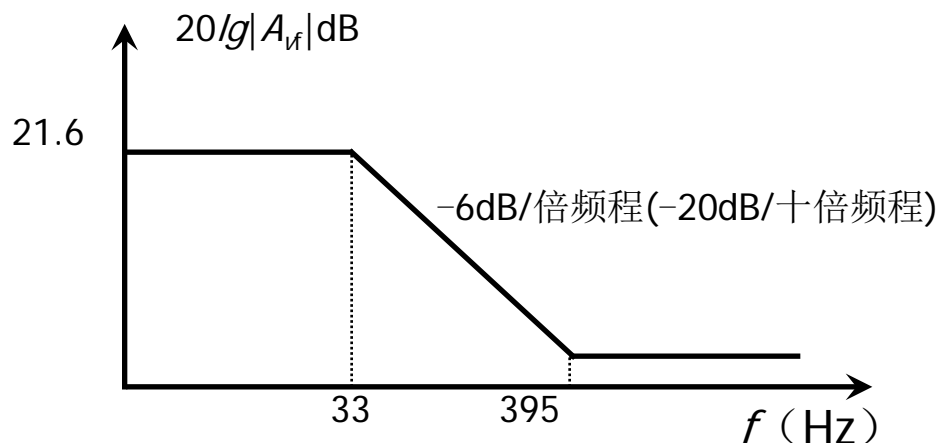
由图可见，音调控制级的中频电压放大倍数 $A_{vm}=1$ ；当 $f < f_{L1}$ (33Hz)时低音控制范围为 ± 21.6 dB，当 $f > f_{H2}$ (19kHz)时高音控制范围为 ± 18.4 dB。

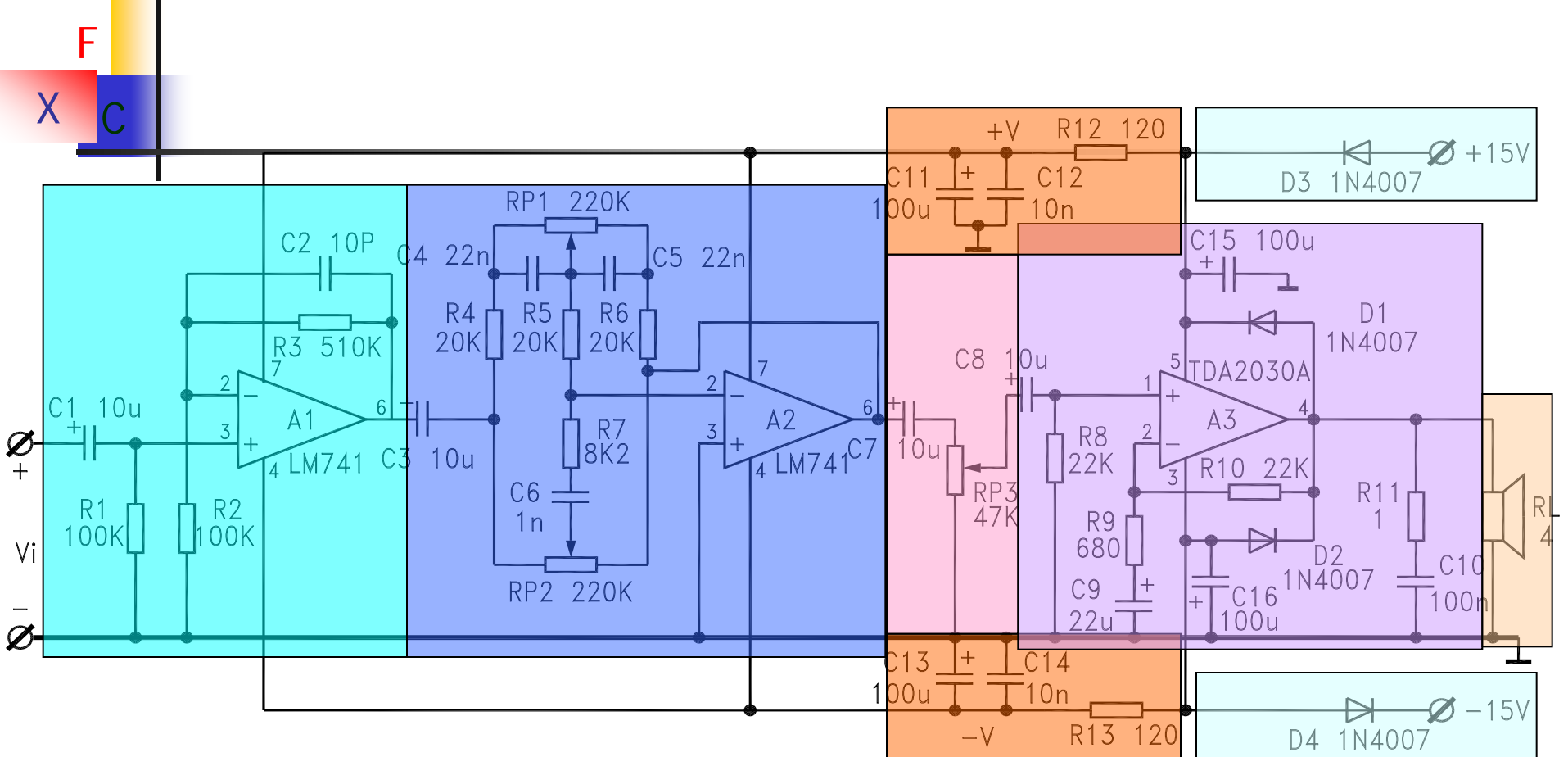
音调电路参数设计请参看P437-439

计算高、低音调节的转折频率。根据 $R_{P1} = R_{P2} = 9R$ 的条件，该音调控制放大器电路的最大提升和衰减量为 ± 20 dB，根据幅频响应波特图可知， f_{L1} 、 f_{L2} 、 f_{H1} 、 f_{H2} 为转折频率，且幅频特性是按 ± 6 dB/倍频程的斜率变化的。按要求需在低音100Hz处的提升或衰减12 dB，所以低音调节转折频率为：

$$f_{L1} = 100 / 2^{\frac{20-12}{6}} = 39.68 \text{ Hz}$$

$$f_{L2} = 100 \times 2^{\frac{12-0}{6}} = 400 \text{ Hz}$$





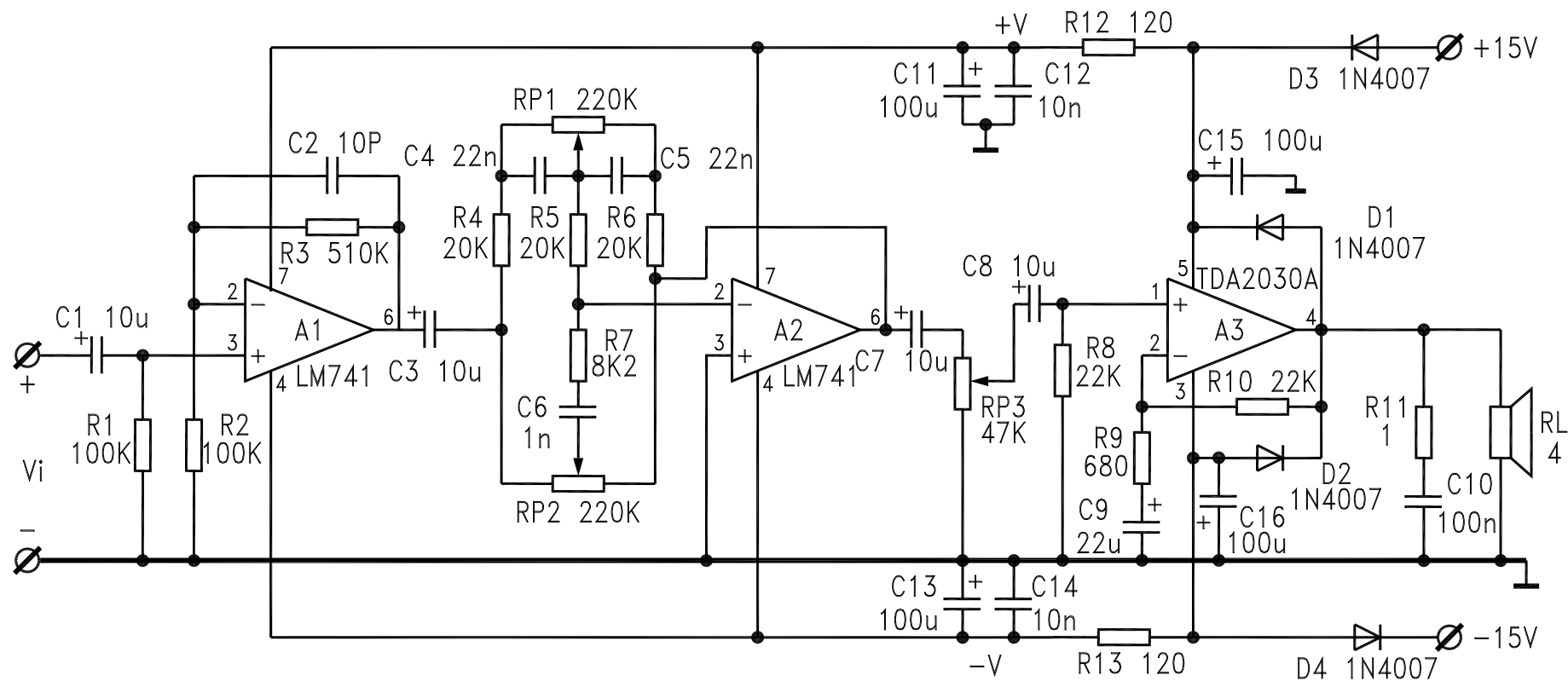
- | | | | |
|---|---|--|--|
| 前置电路 | 功放电路 | 音调电路 | 电源保护 |
| 退耦电路 | 音量调节 | 电路负载 | |



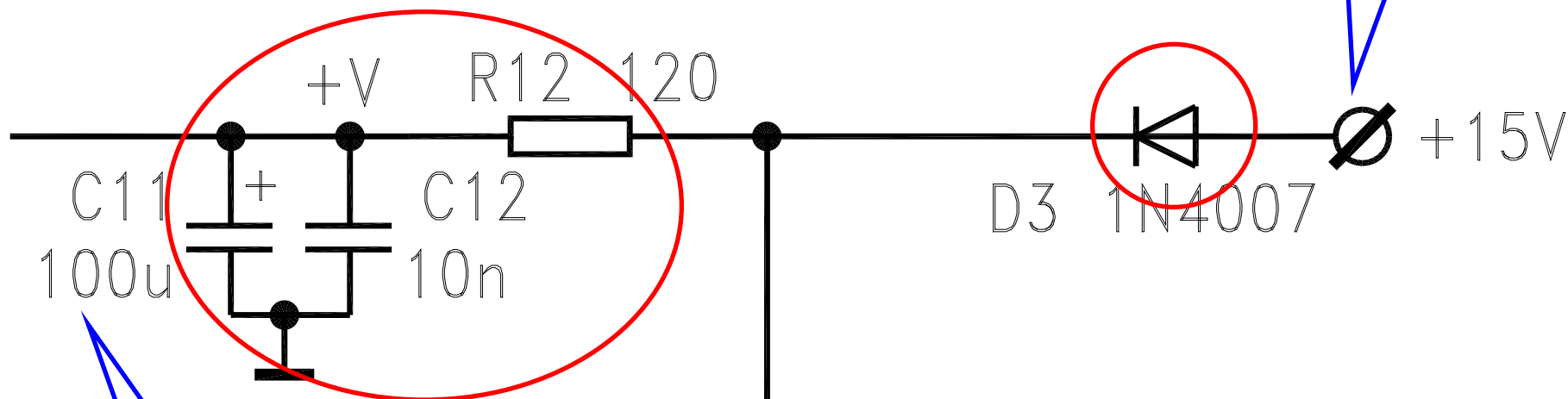
实验准备工作

- 1、打印电路原理图，熟悉电路。
- 2、在断电情况下，查看电路板是否有短接、错焊、虚焊等。
- 3、检查万用表、示波器、函数发生器是否正常。
- 4、学习检查RIGOL-DP832A电源，设置 $\pm 15V$ （用万用表测量示数**校准**），最好设置**过流**。
- 5、两个UA741请先**不要插上**！
- 6、**需特别检查**：电解电容极性有没有接反；正电源、负电源、地之间有无短路。散热片与集成功放是否**紧密接触**（必须用螺丝固定）。

原理图--打印电路图，以便实验时调试时参考。



问题2：退耦电路中R12和R13放置的位置要注意什么？退耦电路的作用是什么？

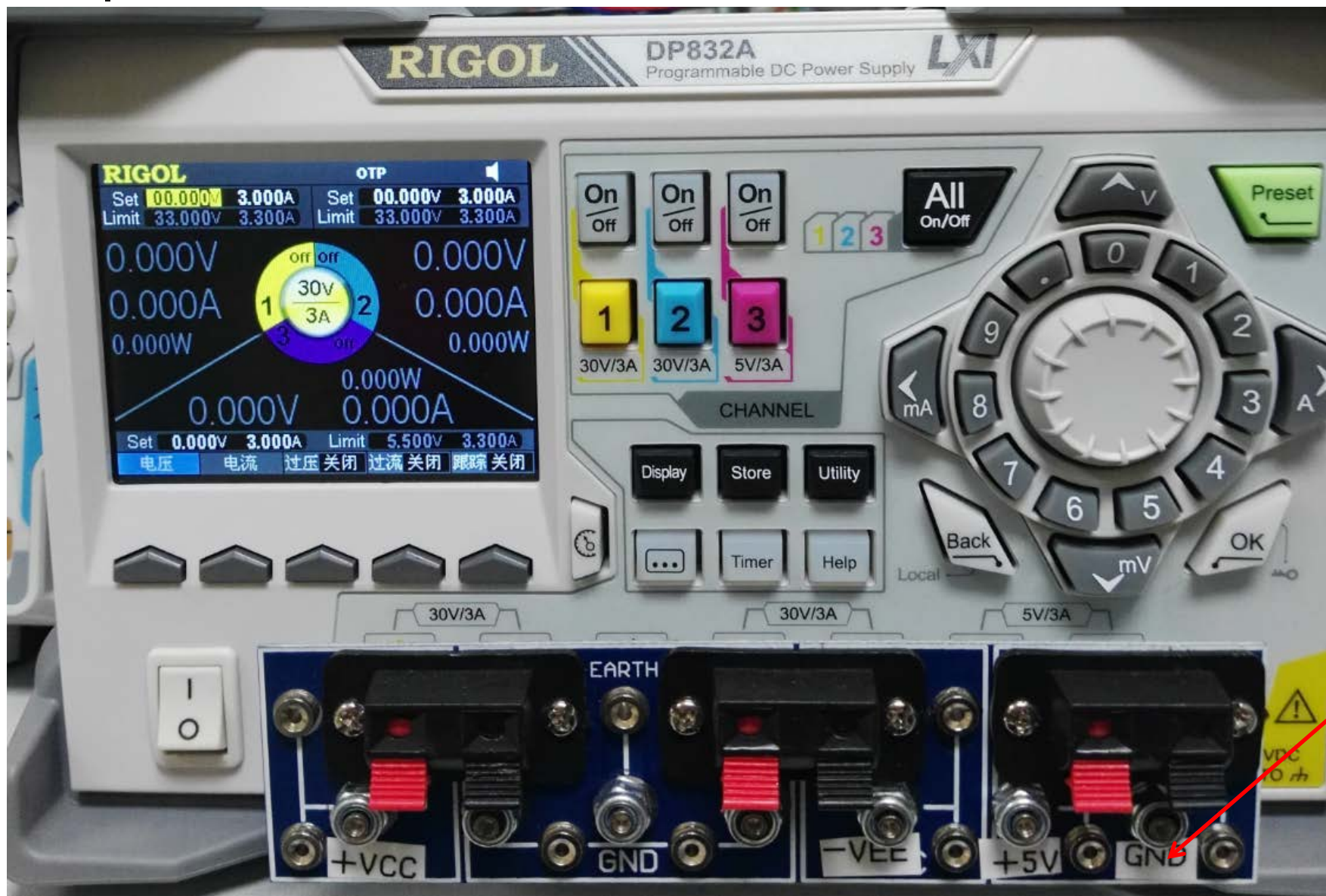


外部电源
输入

输出至
前置+音调电路

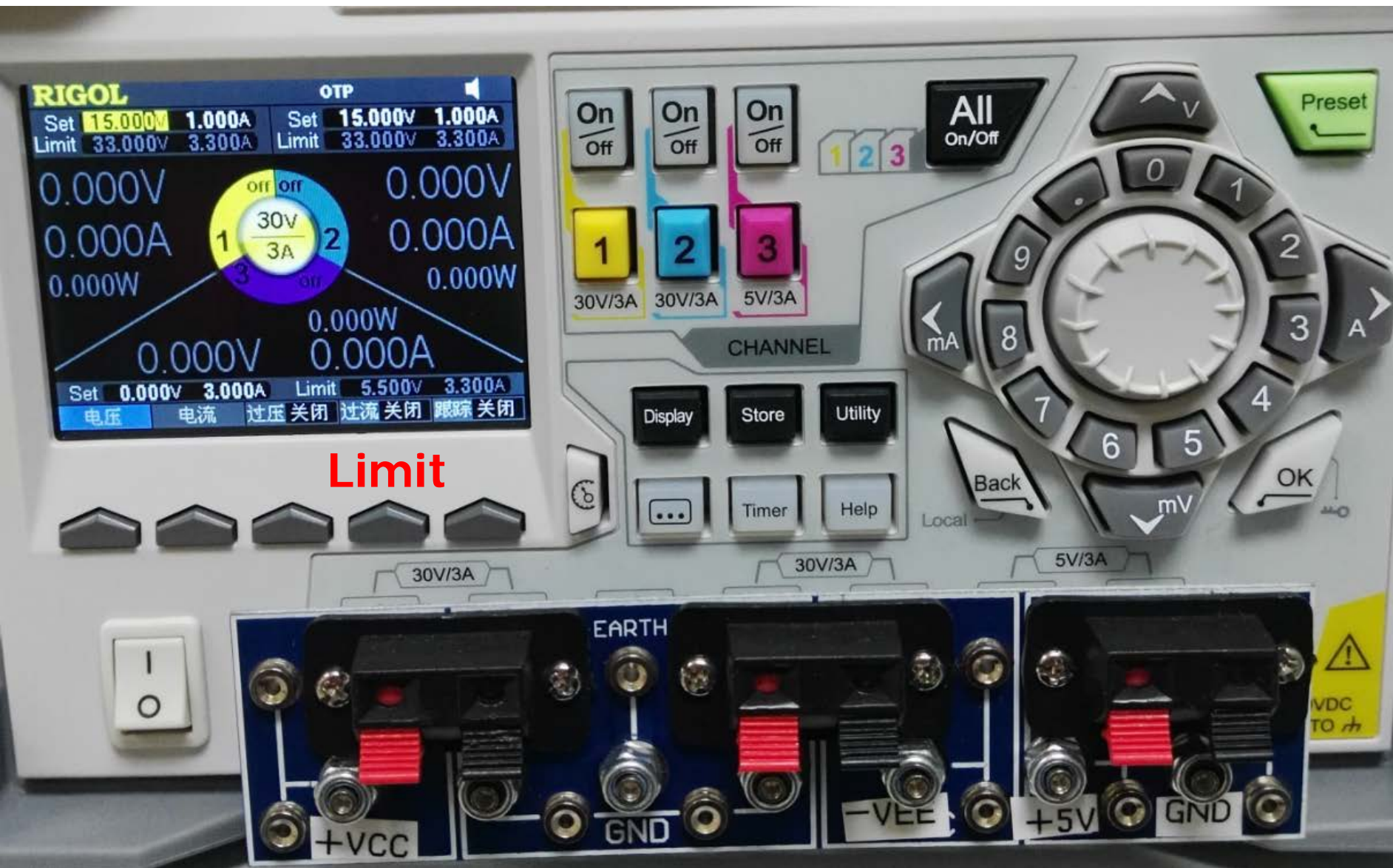
输出至
功率电路

F
X C
Preset(2个GND是不连接在一起的)不要去连接EARTH



FC
XC

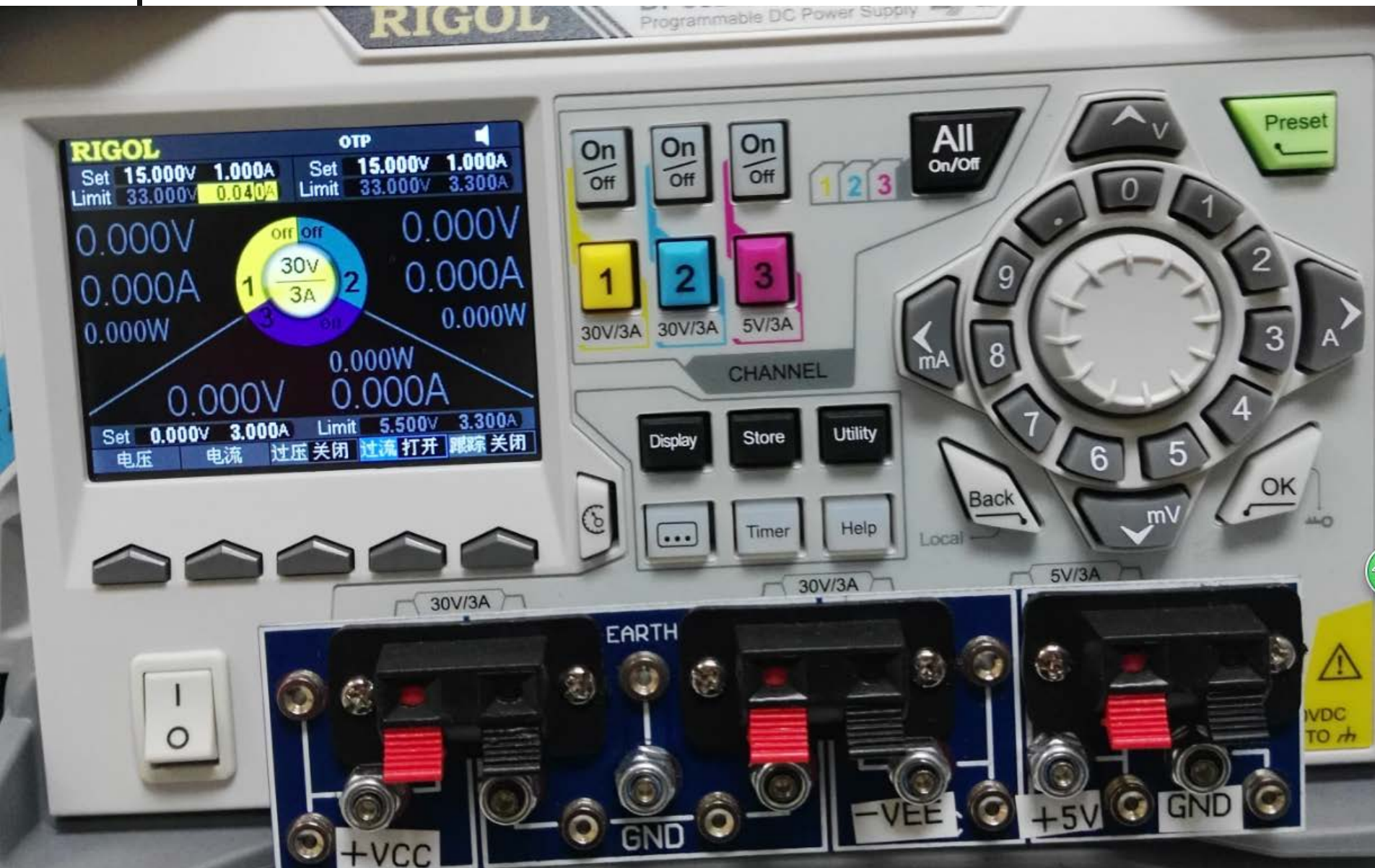
设定1的过流选择----切换1(注意：输出电压和过流按要求设定；输出电流和过压默认或可酌情设置)



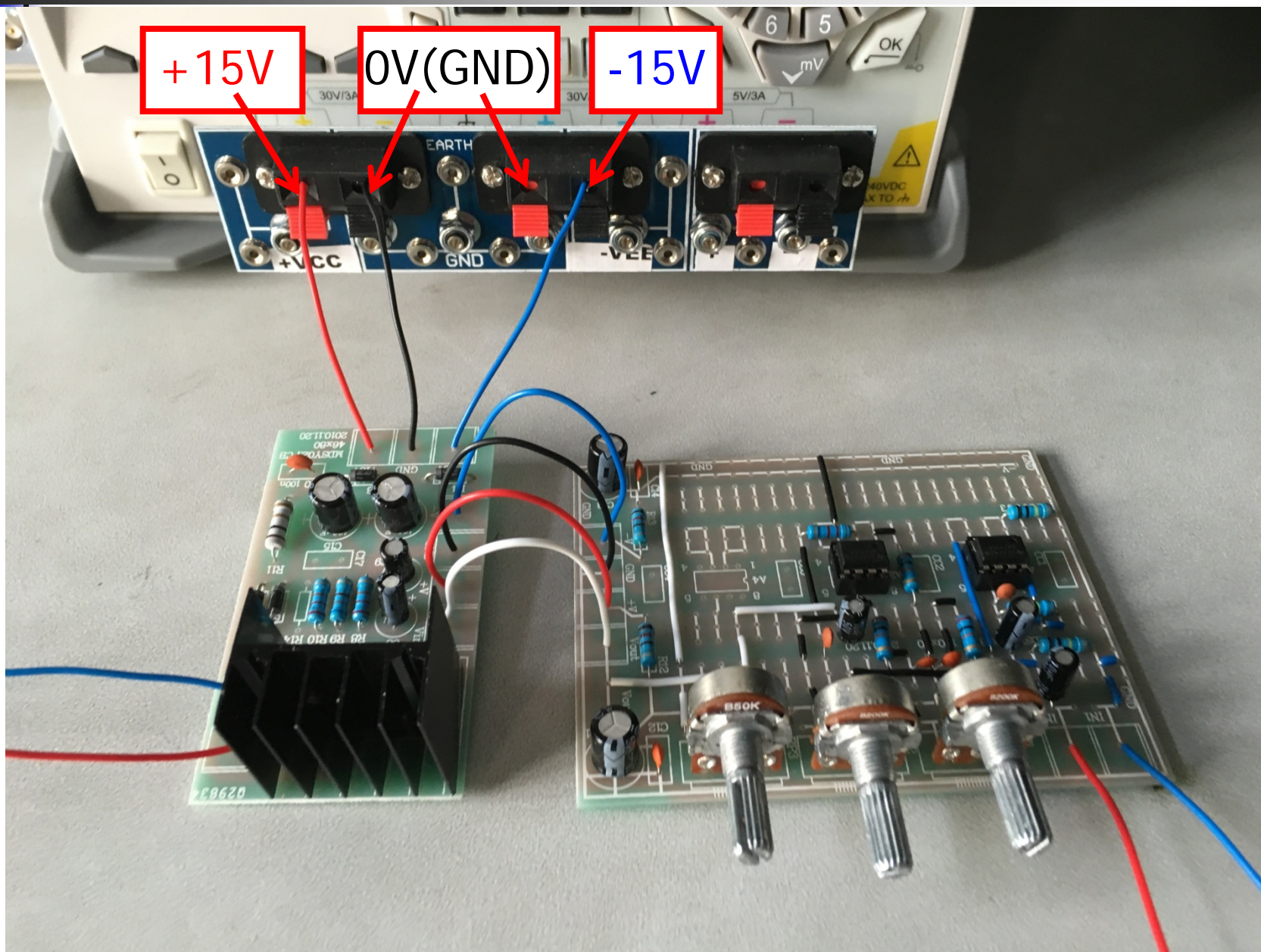
Limit



过流打开（带载实验时过流参数可设0.8A或关闭）
最大不失真输出时电源电流在0.5A

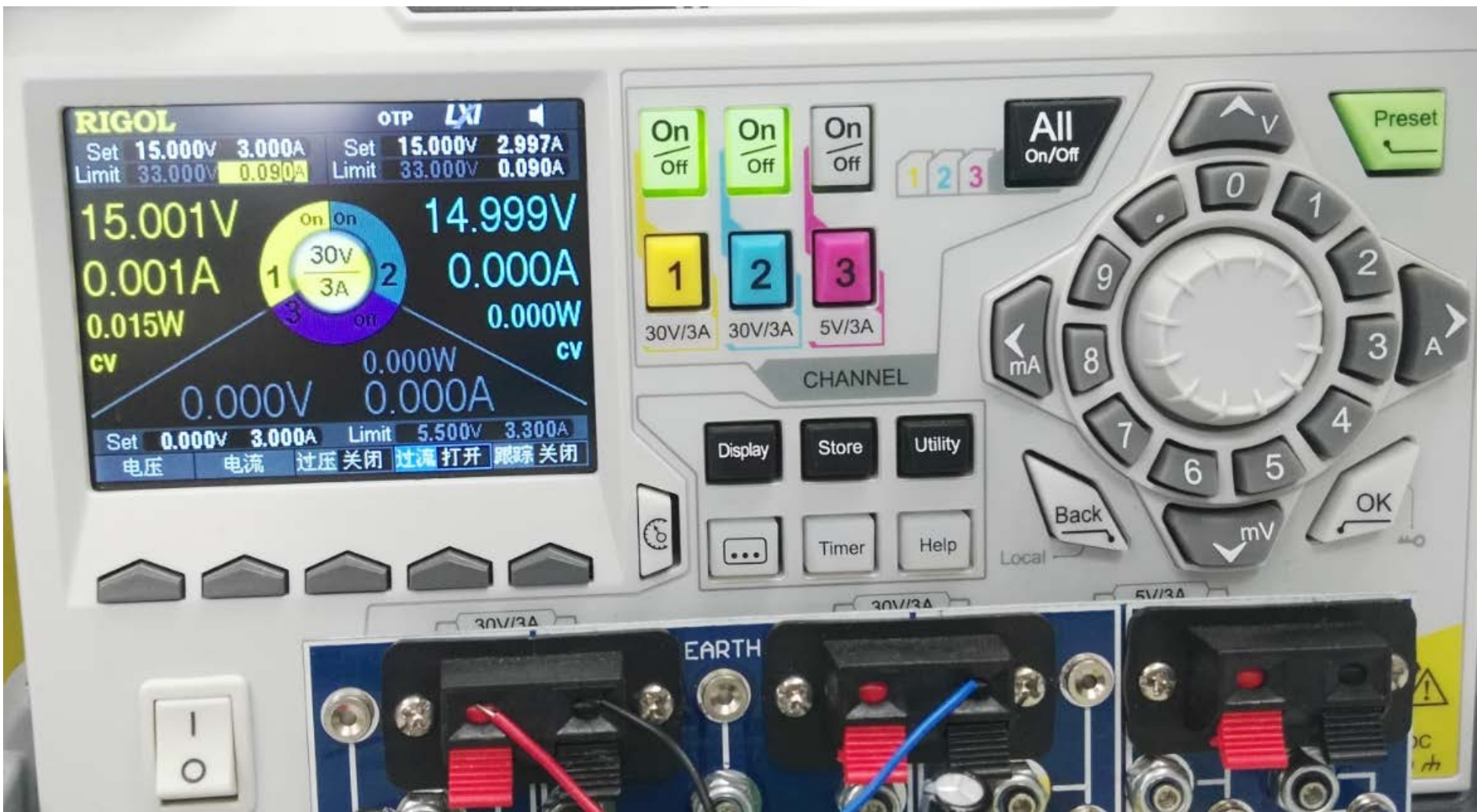


DP800电源的接线方法



F
X C

单独一二级不插UA741芯片



F
X C

单独一二级插入UA741芯片



单独第三级和整机空载电流（UA741是否插入影响很小）



注意：单独第三级和整机带载电流，是随输出幅度持续放大而持续增大，最大可在0.5A以上。



实验调试注意事项

- 1) 电源线必须卡在卡座上，不能搭在插孔中。
- 2) 打开电源后，注意观察电流大小（约**0.024A ? 或0.002A**）。
- 3) 测量集成运放各引脚电压时，避免引脚短路，以免造成运放损坏。
- 4) 测量集成功放TDA2030的输出电压时，**不要直接在TDA2030的引脚上测量**（选相连的电阻电容引脚）（TDA2030引脚短路时必定烧毁）。

注意参考：为什么？条件？

UA741各管脚静态电压（近似值）：

7 : + 14.2V , 4 : - 14.2V , 2、3、6 : 0V

TDA2030各脚静态电压（近似值）：

5 : + 14.3V , 3 : - 14.3V , 2、1、4 : 0V



1. 静态调试

- 1) 对照原理图，检查电路的正确性。
- 2) 加电源，注意观察（**电源电流大小，有无冒烟**）。
- 3) 静态测试：将输入接地，测试各级电路的静态工作点。要求**零输入时零输出**。

注意：大小板子一起调试和大小板子分开调试，然后再焊接在一起调试的**异同**。

参考表格静态工作电压

静态电压	V_{O1}	V_{O2}	V_{O3}
实测值			



2. 动态调试

- 1) 输入信号频率为1kHz的正弦波 (**幅值多大?**)。
- 2) 用示波器检查各级电路的输出, 验证电路功能 (**注意输入输出影响?**)。
- 3) 分别调节音调控制电位器RP1和RP2, 检查输出幅度如何变化 (**注意频率?**)。
- 4) 调节音量电位器RP₃, 检查输出幅度是否变化。
- 5) 电路功能正常后, 将音量电位器RP₃置于**最大位置**、音调控制电位器置于**中心位置**, 用示波器测量主要节点的电压幅度, 记录到表格中, 并且记录相关波形。

注意: 大小板子一起调试和大小板子分开调试, 然后再焊接在一起调试的**异同**。

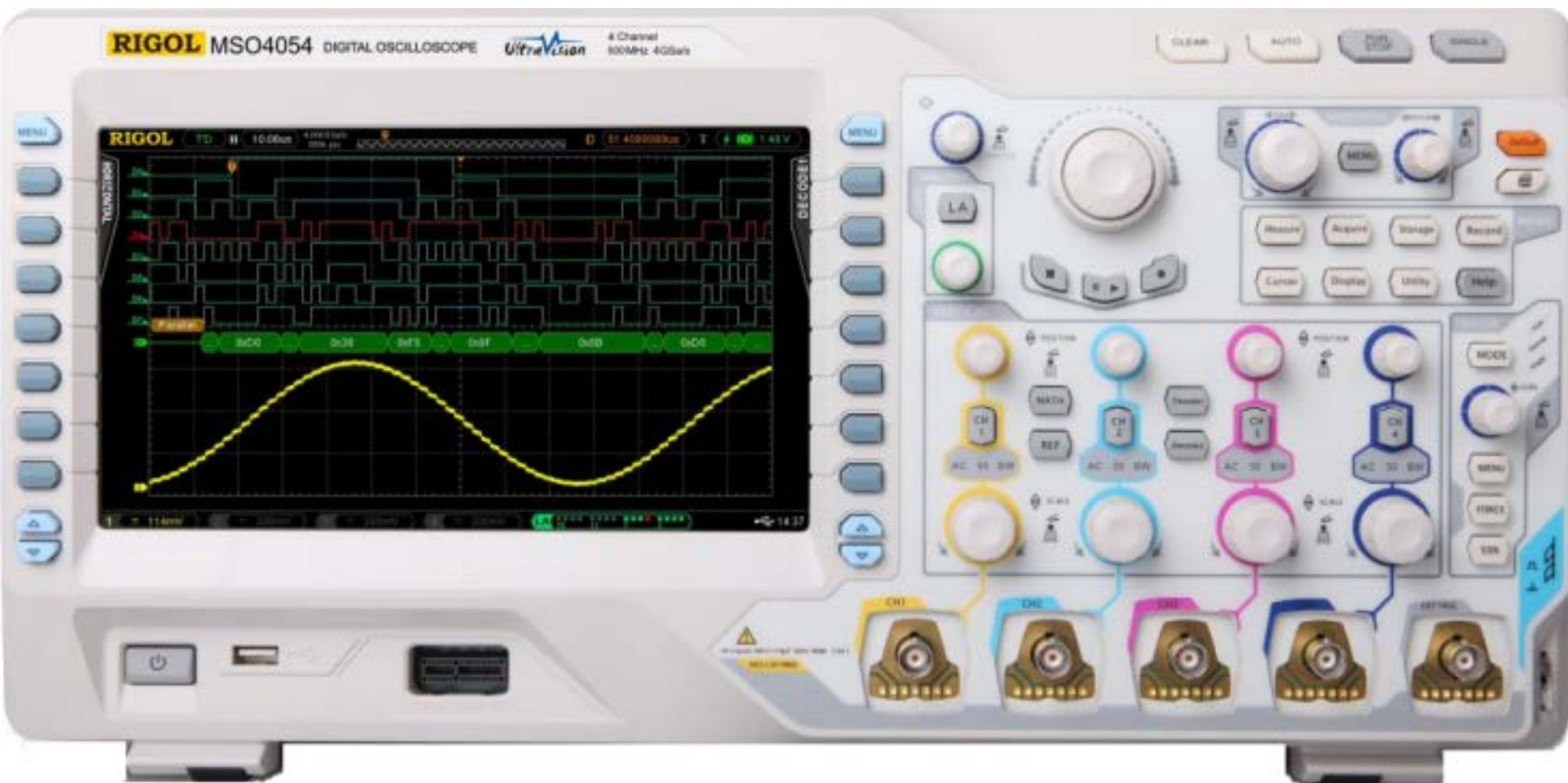
注意: 动态的所有指标都需要用示波器**统一**测量出其**有效值(交流耦合)或峰峰值**, 并且请关注相位关系。

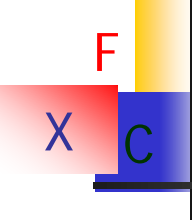
DG4000函数发生器



F
X C

MSCO4054示波器





实验数据记录

参考表格

节点电压	实测值	放大倍数	实测值
$V_i = V_{i1}$		前置放大级 A_{v1}	
$V_{o1} = V_{i2}$		音调控制级 A_{v2}	
$V_{o2} = V_{i3}$		功率放大级 A_{v3}	
$V_{o3} = V_o$		整 机 A_v	

验收3. 空载测量整机指标

注意：整机指标（1~4）都应在音量电位器 R_{p3} 置于最大位置、音调控制电位器 R_{p1} 和 R_{p2} 置于中心位置时进行测量。

1) 整机电压增益 A_v （-180左右）

在不失真情况下，整机电压放大倍数。

2) 最大不失真输出电压 V_{omax} （有效值约大于8.5V）

刚好不出现失真时的输出电压。

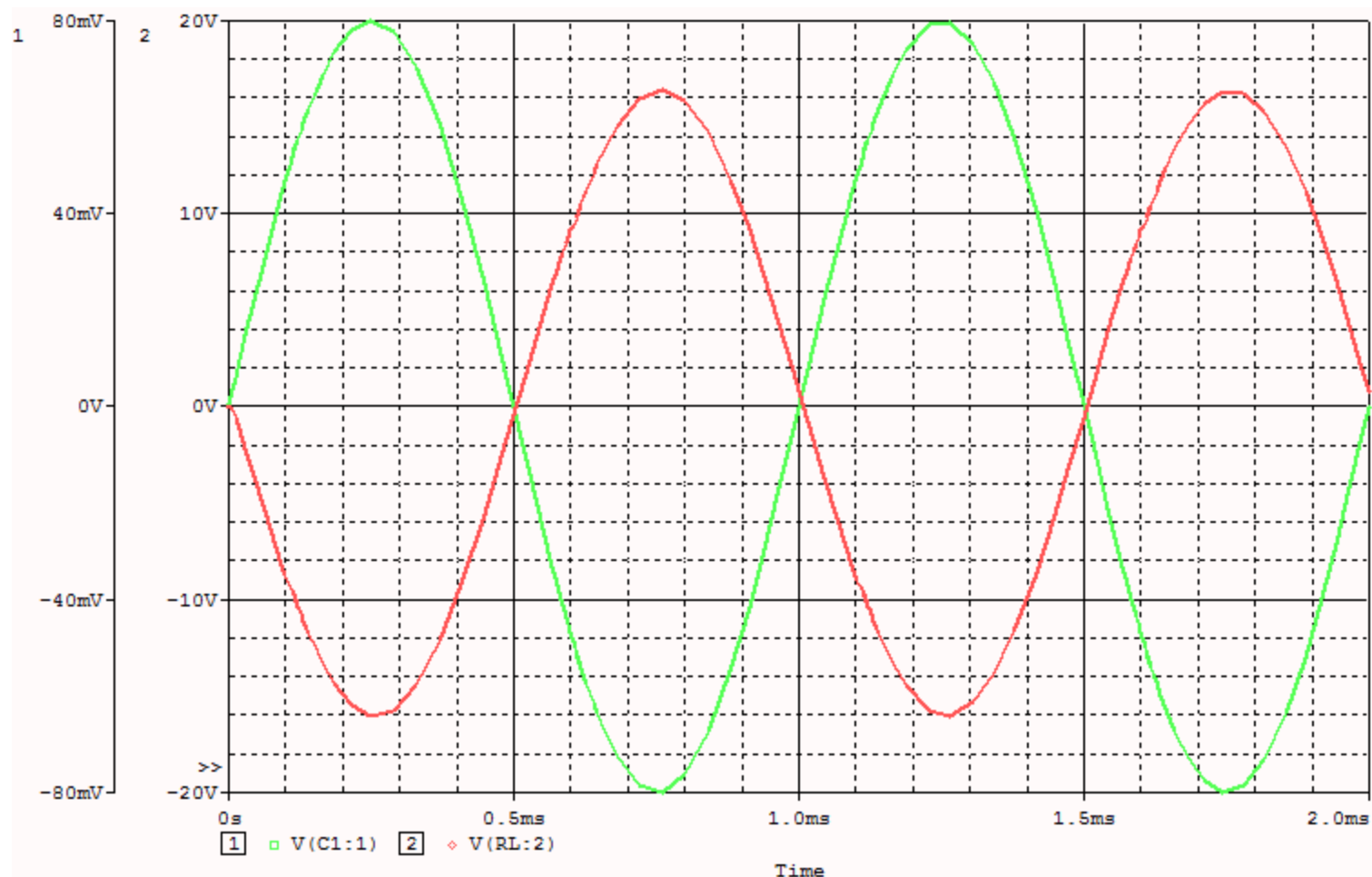
3) 输入灵敏度 V_{imax} （有效值约小于60mV）

最大不失真输出电压时所对应的输入电压，称为输入灵敏度 V_{imax} 。

4) 最大输出功率 P_{omax} （空载不测）

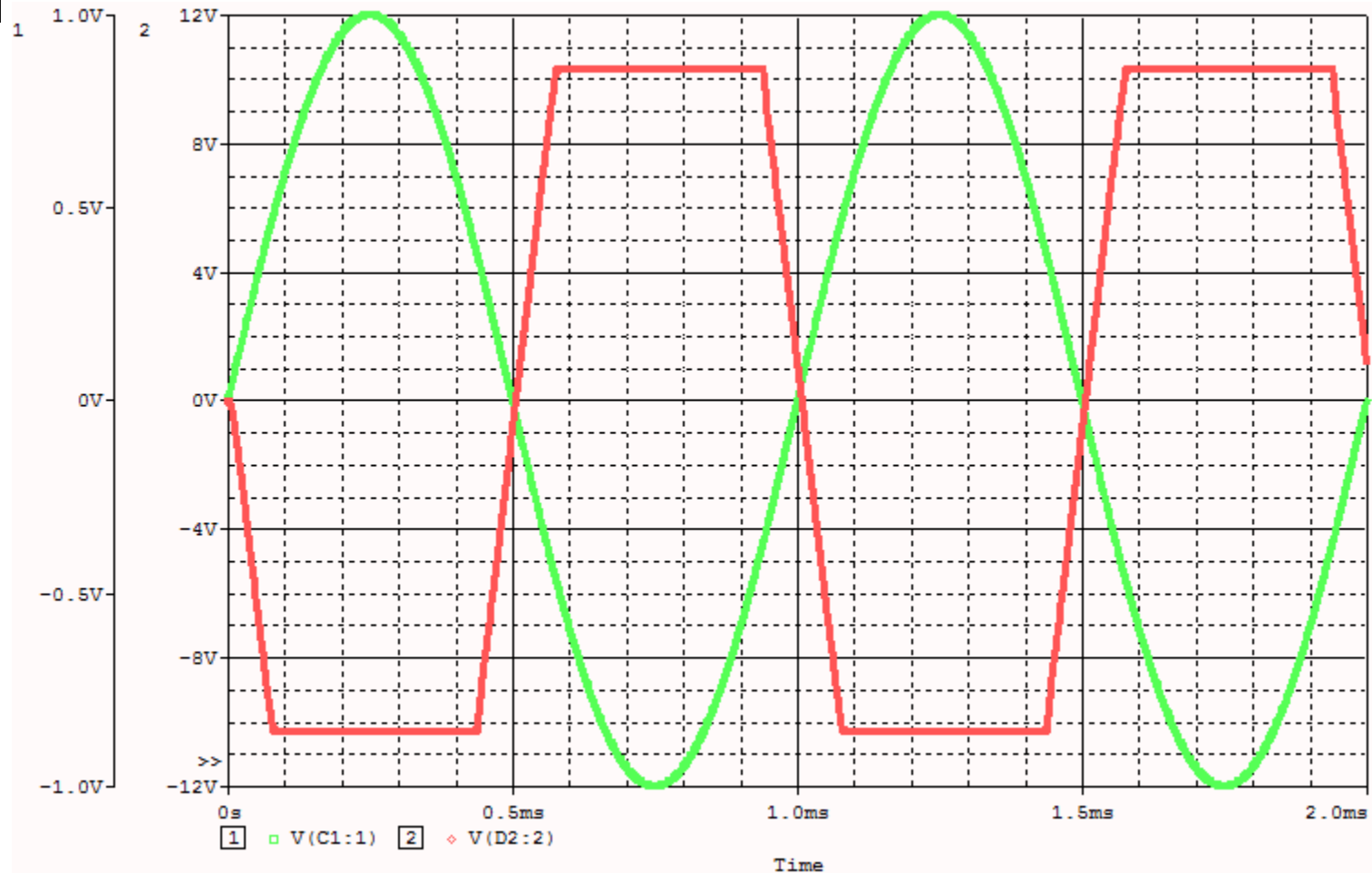
当接负载时，由 V_{omax} 计算出 P_{omax} 。

$f=1\text{KHz}$ 时, R_{P1} R_{P2} 调到中间位置 R_{P3} 最大输入输出波形



注意：最大不失真在仿真时，会有问题，在接近失真的时候，仿真会出问题。如果把LM12CLK管脚上的两个100UF电解电容去了，则输出波形是无论多少幅度都不会失真的。

F
X **C** $f=1\text{KHz}$ 时, R_{P1} R_{P2} 调到中间位置 R_{P3} 最大**输入****输出**波形



注意：如果芯片电源管脚直接接电源可以解决上述问题。

验收3. 空载测量整机指标

注意：整机指标（5）应在音调控制电位器 R_{p1} 和 R_{p2} 置于中心位置时进行测量。但可以调节音量电位器 R_{p3} 使输出为1V有效值，可便于调试。

5) 频率响应特性 f_L 和 f_H

电压放大倍数下降到中频段时的0.707倍时，所对应的频率。

上下限频率的测量类似于共射放大电路。先在中频段（如：1kHz）使输出电压达到合适的幅度，然后保持输入信号幅度不变时，调节频率，使输出电压幅度达到中频段的0.707倍。

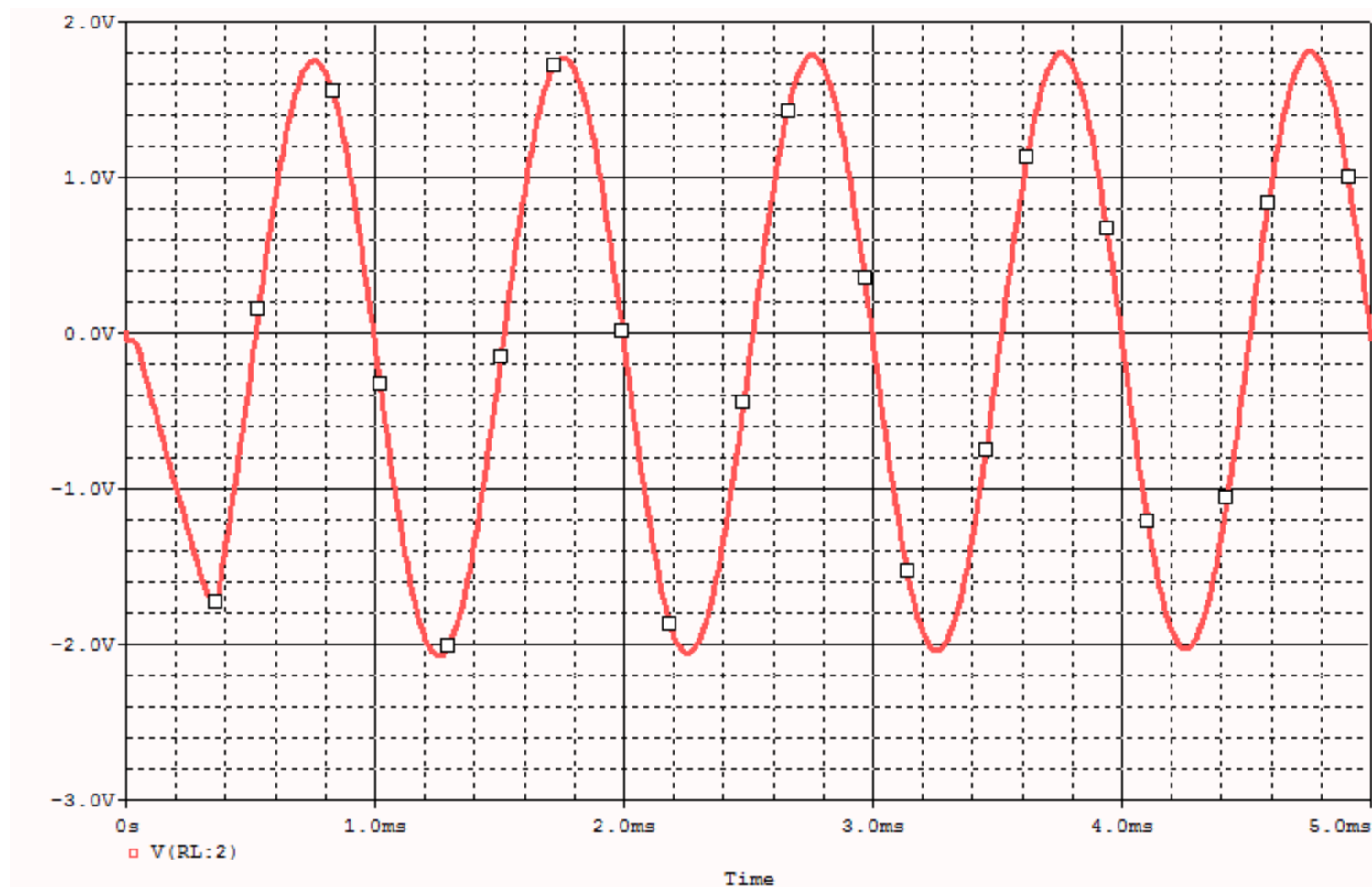
备注：通频带不小于50Hz~20kHz。测量时输出电压幅度应不超过最大输出幅度的70~80%左右，如取1V有效值。

F

X

C

$f=1\text{KHz}$ 下的电压波形峰峰值约3.8V

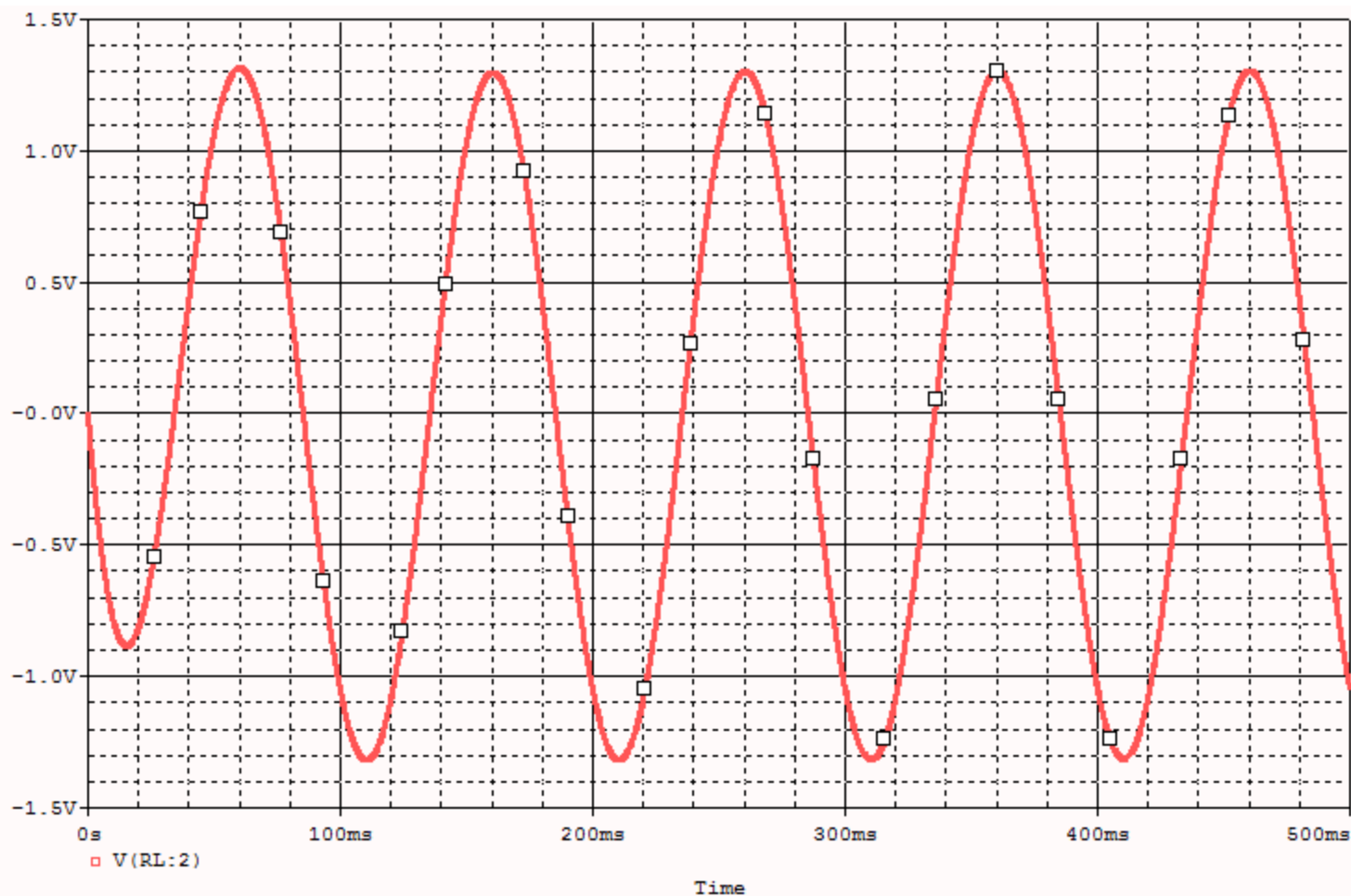


F

X

C

$f_L = 10\text{Hz}$ 下的电压波形峰峰值约2.6V

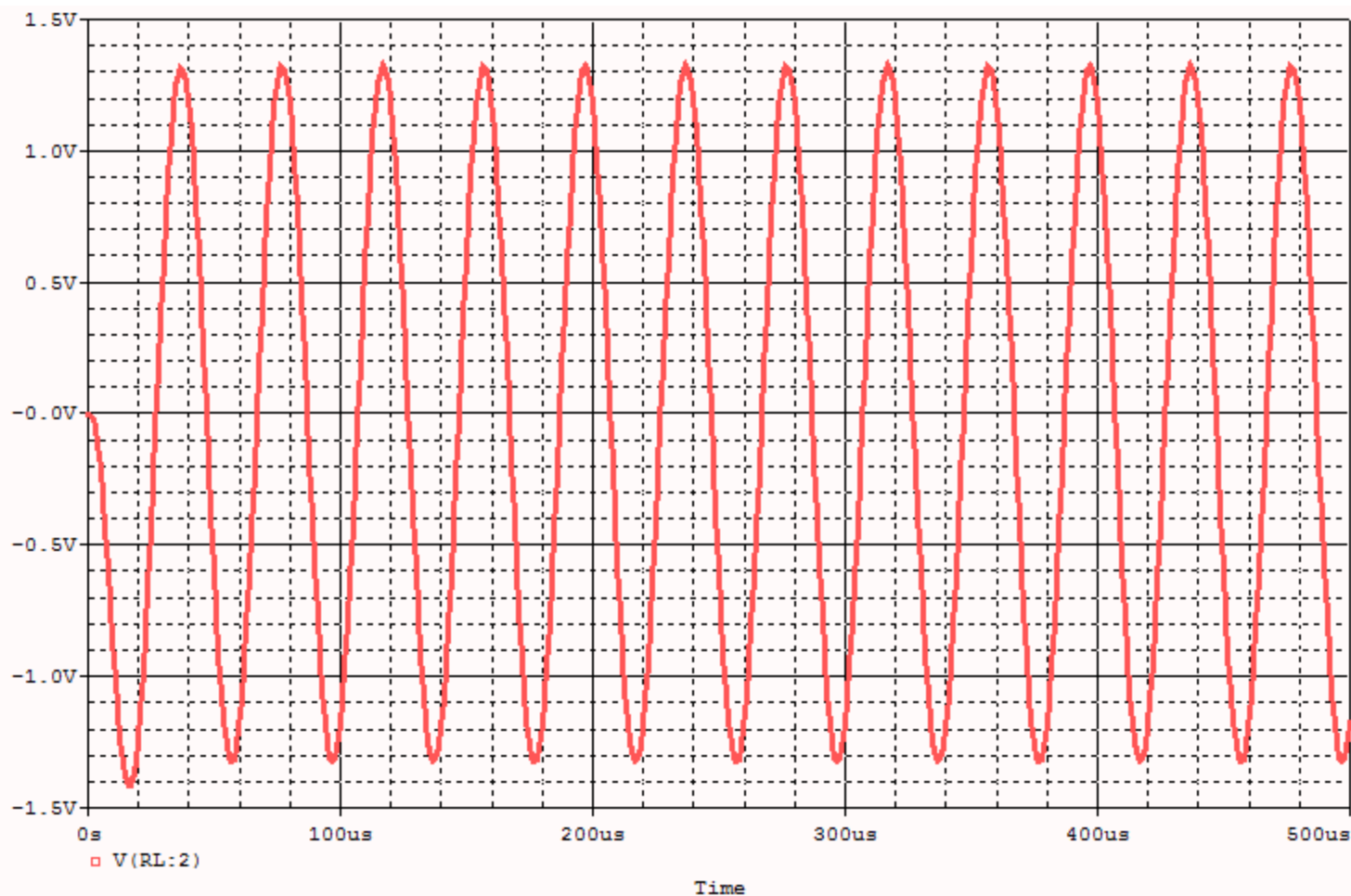


F

X

C

$f_H = 25\text{KHz}$ 下的电压波形峰峰值约2.6V



验收3. 空载测量整机指标（该部分可用独立的音调控制电路替代。）

6) 高低音控制特性（可调节音量电位器 R_{p3} 使输出为0.5V有效值）

先将 R_{p1} 、 R_{p2} 电位器调至中间位置，调节输入信号（ $f=1\text{kHz}$ ），使输出电压为最大输出电压的10%左右（0.5V左右），测出 V_o 。

保持输入不变， R_{p2} 电位器保持中间位置调节信号频率至 $f=100\text{Hz}$ 。使低音电位器 R_{p1} 分别至两端位置A、B，测出 V_{oA} 和 V_{oB} 。并由此计算出低音净提升量和低音净衰减量，用分贝表示，即：

$$20\lg \frac{A_{vA}}{A_v} = 20\lg \frac{V_{oA}}{V_o} \qquad 20\lg \frac{A_{vB}}{A_v} = 20\lg \frac{V_{oB}}{V_o}$$

保持输入不变，将低音电位器 R_{p1} 调回到中间位置，调节信号频率至 $f=10\text{kHz}$ 。使高音电位器 R_{p2} 分别调至两端位置C、D，测出 V_{oC} 和 V_{oD} 。则高音净提升量和高音净衰减量为（单位为分贝）即：

$$20\lg \frac{A_{vC}}{A_v} = 20\lg \frac{V_{oC}}{V_o} \qquad 20\lg \frac{A_{vD}}{A_v} = 20\lg \frac{V_{oD}}{V_o}$$

备注：高低音提升衰减量的实测值约为 $\pm 10\text{ dB}$ 左右。



4. 带载测量整机指标

在输出端接上额定负载（ 8Ω 功率电阻），重测整机各项指标，并与空载时测量值比较。

带载还需测量：**噪声电压** V_N （有效值约小于15mV）

没有输入信号（即将输入端对地短路）时，测得的输出电压有效值称为噪声电压。

注意：

- 1) 请判断是否 8Ω 功率电阻（10W）
- 2) 稳压电源电流与输出幅度有关，最大不失真输出时通常约为0.5A；输出的失真过多，稳压电源电流会超过0.5A以上。
- 3) 带载输出时集成功放和 8Ω 功率电阻会发烫，应尽快完成指标测量（十几分钟内）。
- 4) 噪声电压不一定是正弦波，但通常用等效的正弦波有效值来表征。
- 5) 稳压电源电流会超过1A以上，一般情况下TDA2030A烧短路；若过流在关闭状态电源电压会远小于15V。如果有过流保护一般会起到保护作用。

5. 听音试验（选做）

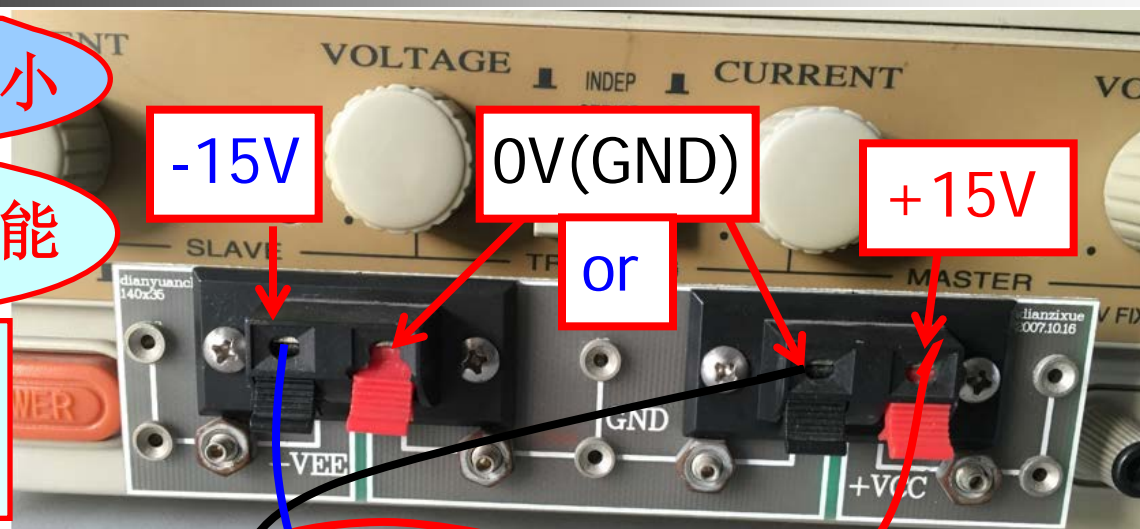
- 1) 试听前将音调电位器 R_{p1} 和 R_{p2} 置于中间位置，音量电位器 R_{p3} 置于**最小位置**。
- 2) 收音机选台（最好是音乐），声音大小合适。
- 3) 电路板连电源，输入连收音机，输出连音箱。
- 4) 打开电源，调节 R_{p3} 使音量大小合适，感觉喇叭发音情况。
- 5) 分别调节音量至最小和最大，感觉喇叭发音情况。
- 6) 音量调至适中，逐一改变音调电位器 R_{p1} 和 R_{p2} ，感觉高低音提升衰减效果。

试音时板子的接法

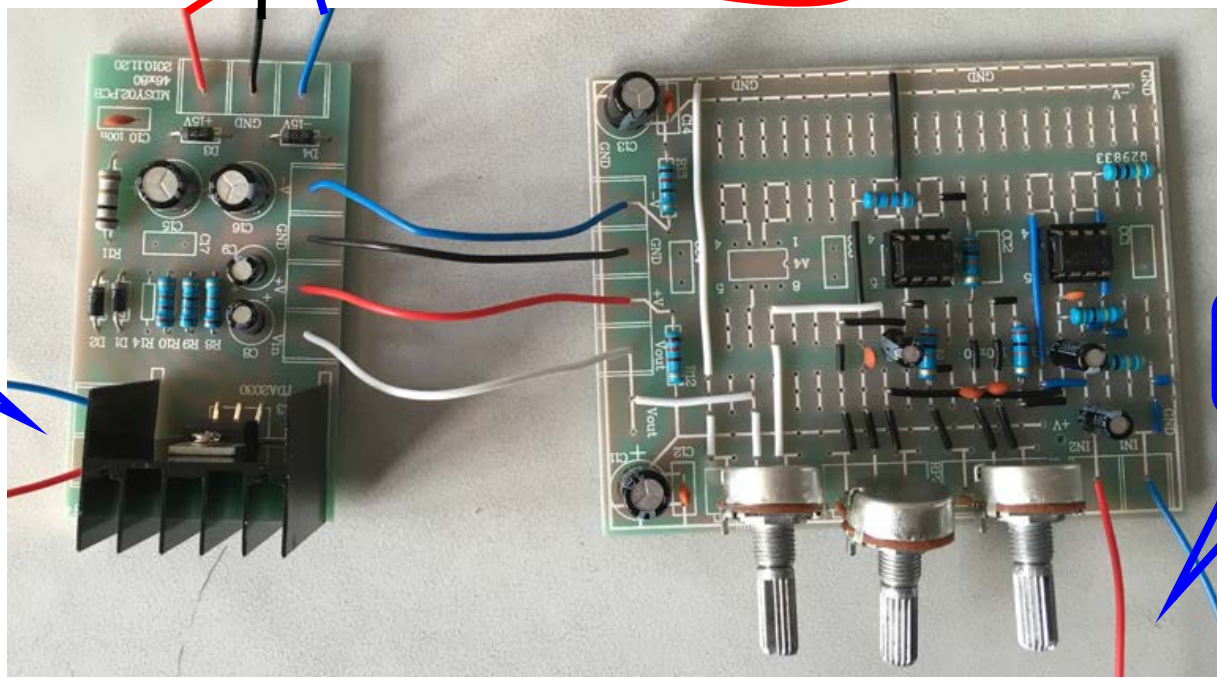
注意电流大小

利用限流功能

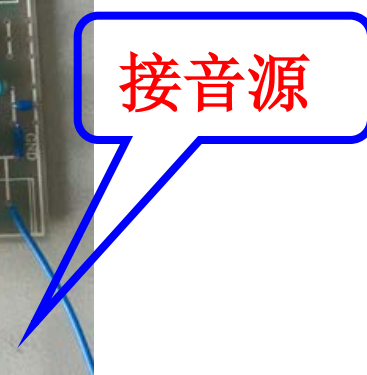
电源线需卡在卡座上



接喇叭



接音源



验收要点

请在空载下测量且记录以下数据及波形后，申请验收

1.各级基本参数

各级静态工作点，各级的放大倍数

2.整机数据、波形的记录

- (1) 整机电压增益 A_v ，最大不失真输出电压 V_{omax} ，输入灵敏度 V_{imax} ；
- (2) 频率响应特性 f_L 和 f_H ；
- (3) 高低音控制特性。

3.完成上述后现场调试给指导验收

- (1) 查看线路板的布局，焊接；
- (2) 问题；
- (3) 请现场随机操作调试“2.整机数据、波形的记录”过程。
- (4) 若确实因不可控因素没能用自己的板子，请如实告知；实验动手成绩被取消（如没有如实告知则本学期实验将视为不及格）。

4.验收完成

- (1) 会在线路板上标注上时间座号（如：二A1）
- (2) 请开始带载实验（无需验收）

注意：带载和空载测量时，测量地线都要接在同一节点，否则带载测量时，由于电流挺大，引起地线上有20mv左右电压降，对示波器造成损毁，且引起测量误差。



思考题

问题1：前置放大电路的上、下限频率有什么决定？

问题2：退耦电路中R12和R13放置的位置要注意什么？退耦电路的作用是什么？



课后作业

本次需提交实验报告，要求请参看实验教材的要求和课件要求，及请回答教材和课件中思考问题。

选做：请仿真本次实验任务，且请把整个文件夹提交至FTP。（该电路会出现收敛问题，建议芯片电源电压直接接电压源模型一般可以解决）（提交要求：座号姓名.rar）

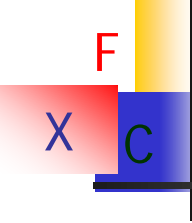
- 1、请提交做好的整个EDA文件夹的内容；请配上word文档说明。
- 2、提交时需压缩文件，压缩文件名的命名“座号_姓名.rar”。
- 3、提交的位置和截止时间：

“选做 10_11 音频功率放大电路_下次上课前提交”

注意：该实验完成后请保管好线路板；请在最后实验考试时带过来，将根据实验试卷要求调试相关技术指标。

注意：音频功率放大电路实验需2周完成！

注意：在实验中若元件有缺失或损坏，请去209房间门口自己查找。如果运放LM741、TDA2030A缺失或损坏，请去210或213值班室找值班老师。



下次实验

- 实验20 有源滤波器设计P357