

# OCL 功率放大器的设计

王小鲁  
2010 级  
计算机

[ludlu521@163.com](mailto:ludlu521@163.com)

李帅  
2010 级  
计算机

[695026654@qq.com](mailto:695026654@qq.com)

## 摘要

功率放大器能将微弱信号放大，在系统终端呈现信号原信息。本次试验主要对 OCL 放大器进行设计与仿真，阐述了 OCL 功率放大器的基本原理，对 OCL 放大电路的静态、动态调试进行了系统分析。

**关键词：**功率放大 设计 仿真  
OCL 原理 系统分析

## Future Distribution Permission

The author(s) of this report give permission for this document to be distributed to Ocean University students taking future courses

## 引言

低频功率放大器，根据工作状态的不同，可分为甲类，乙类和甲乙类

## 1 研究内容

OCL 电路是采用正负两组对称电源供电，没有输出电容器的直接耦合的单端推挽电路，负载接在两只输出管中点和电源中点。OCL 功率放大器是在 OTL 功率放大器的基础上发展起来的一种全频带直接耦合低功率放大

三种。放大器的工作状态由三极管的静态工作点的设置决定。甲类功率放大器的最高效率只有 50%，而乙类功率放大器的效率可达 79%。OCL 放大器的基本原理就是利用两只处于乙类工作状态的异型晶体管的互补对称特性，使其轮番工作。

OCL 功率放大器种类繁多，本次实验对传统放大器做了两点修改：一是采用横流长尾式差动电路；二是改用了  $V_{be}$  扩大电路来对  $Q_4$ 、 $Q_5$  提供偏置，使温度补偿特性更好。

器，它在高保真扩音系统中得到广泛应用。

## 1.1. 实验与分析

### 1.1.1 OCL 功放各级的作用和电路结构特征

OCL 功率放大器可分为：功率输入级、推动级（激励级）和输出级三部分。

(1) 输入级：主要作用是抑制零点漂移，保证电路工作稳定，同时对前级送来的信号作用低失真，低噪声放大。为此，采用带恒流源的，由复合管组成的差动放大电路，且设置的静态偏

置电流较小。

(2) 推动级作用是获得足够高的电压放大倍数，以及为输出级提供足够大的驱动电流，为此，可采带集电极有源负载的共射放大电路，其静态偏置电流比输入级要大。

ER：参考电压

VN：负电源供电

(3) 输出级的作用是给负载提供足够大的输出信号功率，可采用有复合管构成的甲乙类互补对称功放或准互补功放电路。

### 1.1.2 电路设计

#### 1.1.2.1 OCL 功率放大器技术指标

(1) 额定输出功率  $P_o$

(2) 负载电阻：  $R_L$

(3) 频率响应  $f_L - f_H$

(4) 失真度  $\gamma$

(5) 输入灵敏度  $V_i$

(6) 稳定性和噪声电压等

管子已接近饱和，此时输出电压，所以为保证功放的最大不失真功率  $P_{om}$  达到指标，电源电压必须大于最大输出电压。考虑到管子的饱和压降以及发射级电阻的降压作用，我们用下式表示电源电压与最大输出电压的关系：

$$E_c = 1/\eta \sqrt{2P_{om}R_L}$$

所以  $E_c \approx 14V$ ，选定电源电压为  $\pm 15V$ ，其中  $\eta$  称为电源利用效率。一般取  $0.6 - 0.8$ 。

#### 1.1.2.2 OCL 功率放大器整体电路

(1) 确定电源电压

电源电压的高低决定着输出电压的大小，而输出电压又由输出功率来决定。当输出功率达到最大是，

(2) 选择大功率管 Q12、Q13

$$\text{由 } BV_{CBO} > 2E_c = 30V ;$$

$$I_{cm} > I_{c12max} \approx E_c / R_L \approx 1.88A$$

$$P_{CM} > P_{C12max} \approx 0.2P_{om} + E_c I_o$$

取  $I_o = 20\text{mA}$  时,  $P_{CM} > 1.90\text{W}$ , 按以上极限参数, 选择 2SD1691。

(3) 选择互补管 Q10、Q11 以及计算

$$R_{31}、R_{32}、R_{27}、R_{30}、R_{34},$$

由

$$BV_{ceo} > 2E_c = 30V$$

$$I_{CM} > 1.5I_{c12max} / \beta_{12} \approx 47\text{mA}$$

$$P_{CM} > 1.5 I_{c12max} / \beta_{12} \approx 48\text{Ma}$$

则 Q10 为 BC337 ; Q11 为 BC177 。

根据  $R_{31} = R_{32} = (0.05 \sim 0.1)R_L$  选  $R_{31}$ 、

$R_{32}$  为  $0.5\Omega$  电阻 (电阻丝绕制, 功率大于  $1\text{W}$ )。

因为  $r_{i12} = r_{be12} + (1 + \beta_{12})R_{31} = 40.5\Omega$ , 所

以  $R_{27} = R_{30} = 5r_{i12} = 202.5\Omega$  (取

$220\Omega$ ), 又  $R_{34} = R_{27} // r_{i12} = 40\Omega$

(取  $R_{34} = 39\Omega$ )。

(4) 计算推动级电路

$$\textcircled{1} \text{ 取 } I_{CQ5} = 3I_{C10max} / \beta_{10} \approx 2.5\text{Ma}$$

\textcircled{2} 计算 Q9 偏置电路

选取 Q9 为 2SC1815, 若忽略分流作

用,  $I_{CQ9} \approx I_{CQ5}$ , 则流过 Q9 基极偏置电

阻的电流  $I_R \approx 10I_{CQ9} / \beta_9 = 0.5\text{mA}$ ,

$$R_{23} \approx V_{BE9} / I_R = 1.4\text{K}\Omega \text{ (取 } R_{23} 1.5\text{K}\Omega \text{)}$$

所以,  $R_{24} // R_{25} = 2R_{23} = 3\text{K}\Omega$  (取  $R_{24}$  为  $6.2\text{K}\Omega$  的电阻,  $R_{25}$  为  $6.2\text{K}\Omega$  的电位器)。

\textcircled{3} 计算  $R_{28}$ 、 $R_{29}$

由

$$R_{28} + R_{29} \approx (E_c - |V_{RE11}|) / I_{CQ8} = 5.75\text{k}\Omega$$

, 要求  $1.9\text{k}\Omega > R_{29} > 160\Omega$ , 得取  $R_{29}$  为

$1\text{k}\Omega$ ,  $R_{28}$  为  $4.7\text{k}\Omega$ 。

\textcircled{4} 选择 Q8

由

$$P_{CM} > 5E_c I_{CQ8} = 187\text{Mv}$$

$BV_{CEO} > 2E_c = 30\text{V}$ , 得选择 2SA733 即

可满足要求 (PNP 型)。

\textcircled{5} 自举电容

$$C_{19} \geq 10 / 2\pi f_L R_{29} = 32\mu\text{F} \text{ (取 } C_{19} \text{ 为}$$

$33\mu\text{F}$ )

(5) 计算输入级电路

\textcircled{1} 取差分管工作电流

$$I_{C5} = I_{C6} = 0.8\text{mA}$$

$$I_{C7} = 2I_{C5} = 1.6\text{Ma}$$

\textcircled{2} 计算  $R_{17}$   $R_{18}$   $R_{19}$   $R_{20}$

取  $R_{17} + R_{18} = |V_{BES}| / I_{C5} = 900\Omega$  (若

$R_{17}$  为  $470\Omega$  电阻,  $R_{18}$  为  $1\text{k}\Omega$  可调电位

器。调节时，应使  $R_{18}$  由小向大改变)。

为了防止在调节  $R_{18}$  时，Q8 电流过大烧毁晶体管，可以在 Q8 发射极串接一电阻  $R_{26}$ ，此时推动级稳定性提高了，但增益会有下降。接入  $R_{26}$  后，计算  $R_{17}$

$R_{18}$  应使用下式：

$$R_{17} + R_{18} = (V_{BE5} + I_{E8} R_{26}) / I_{C5}$$

$$R_{19} = V_{D1} + V_{D2} - V_{BE7} / I_{C7} = 440\Omega \quad (\text{取 } 47\Omega)$$

$$R_{20} = [E_C - (V_{D1} + V_{D2})] / I_D = 4.5K\Omega$$

(取  $4.3k\Omega$ )

### ③ 选择 Q5、Q6、Q7

由

$$P_{CM} > 5P_{C5} = 5P_{C6} = 5E_C I_{C5} = 60Mw$$

$$BV_{CEO} > 1.2E_C = 18V$$

所以选择 2SC1815。Q7 也可选用同样类型管。

Proteus 仿真电路

### (6) 计算反馈支路

$$\text{取 } R_{16} = R_{22} = 47k\Omega$$

$$R_{21} = R_{22} / (A_{vf} - 1) = 2.35k\Omega$$

(取  $24k\Omega$ )

$$C_{18} R_{22} \geq 10 / 2\pi f_L R_{21} = 33\mu F$$

(取  $47\mu F$ )

$$C_{15} \geq 10 / 2\pi f_L R_{21} = 1.7\mu F$$

(取  $10\mu F$ )

### (7) 计算补偿元件

$$\text{取 } R_{33} = 20\Omega$$

$$C_{20} = 1 / 2\pi f_H R_{33} = 0.4\mu F$$

(取  $0.1\mu F$  即可)

$$C_{16} = C_{17} = 100\mu F$$

整幅电路原理图见附录。

## 1.1.3 仿真与调试

计算好电路各项参数后，我们用 spice 对电路进行仿真，下面是我们仿真结果（如图）。

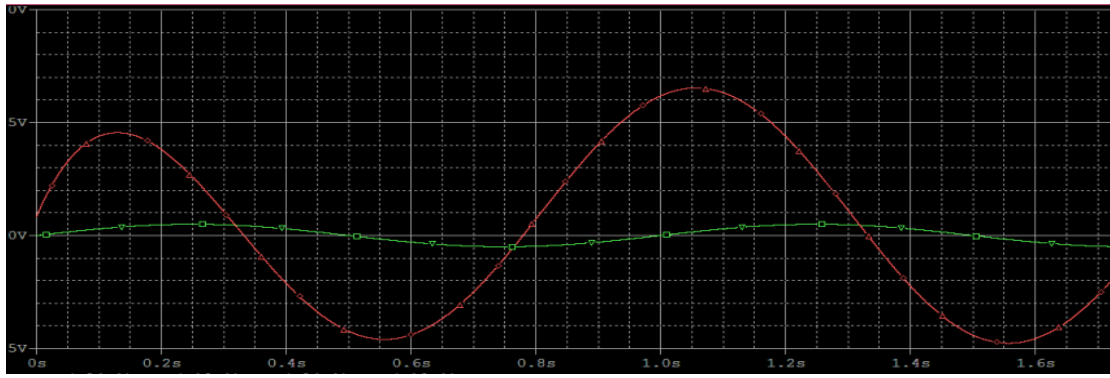


图 1

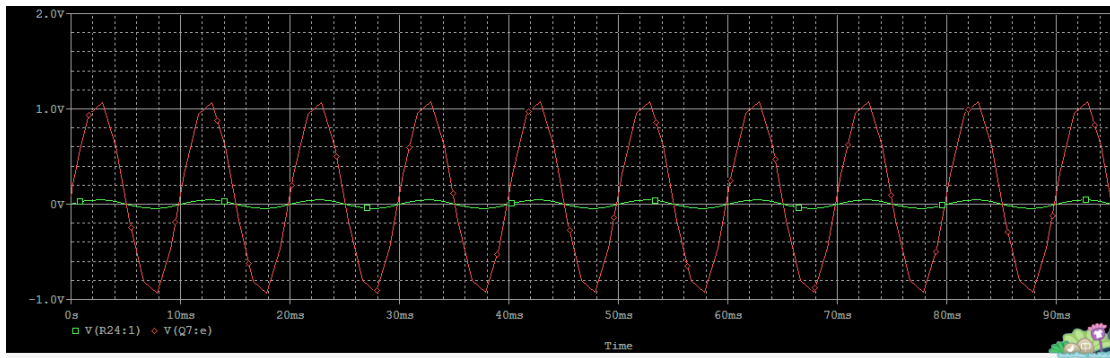


图 2

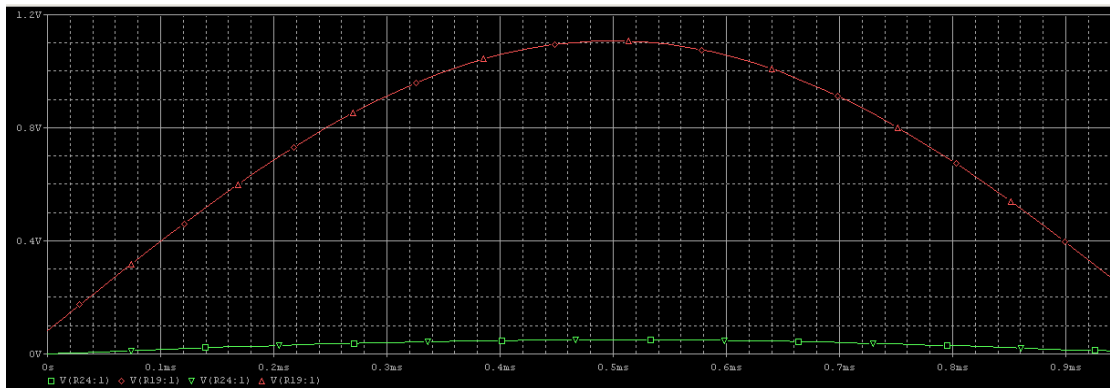


图 3

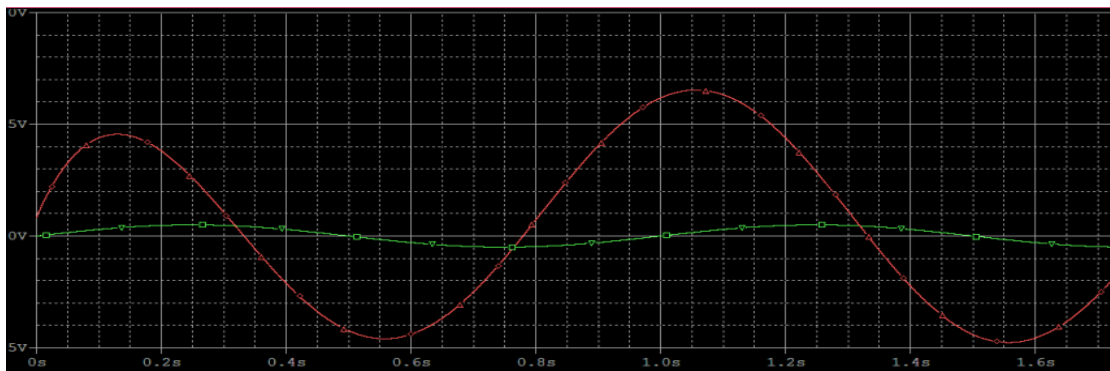


图 4

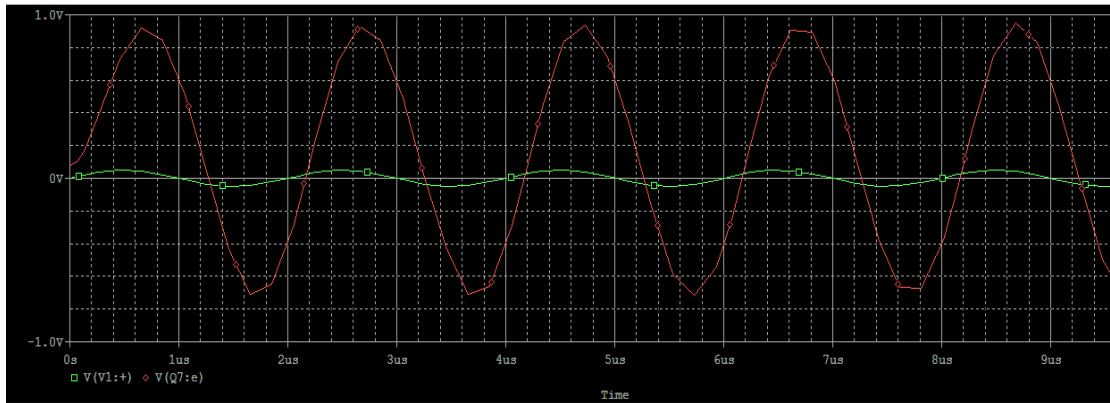


图 5

下面我们在输出端加上输出电容，对其进行仿真：

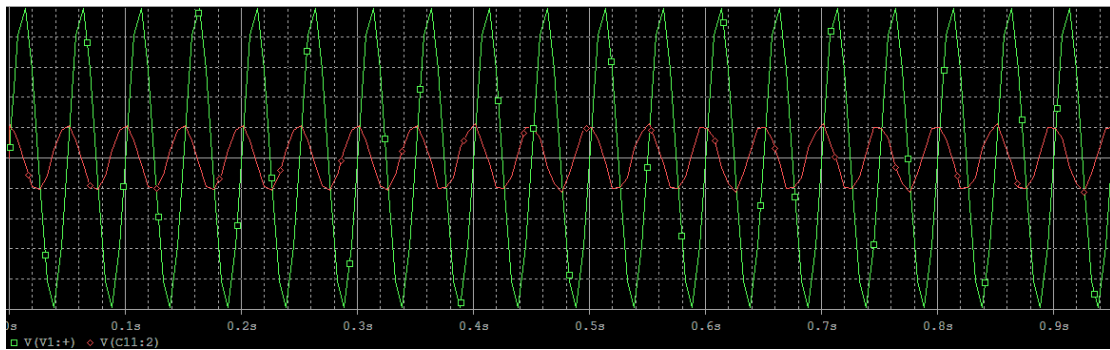


图 6



图 7

下面两幅仿真图是输入信号频率分别为 1KHZ、5KHZ，对输出信号进行傅里叶变化，发现输出信号的能量分别主要集中在 1KHZ、5KHZ，输出和输入频率相同，没有发生相位变化。

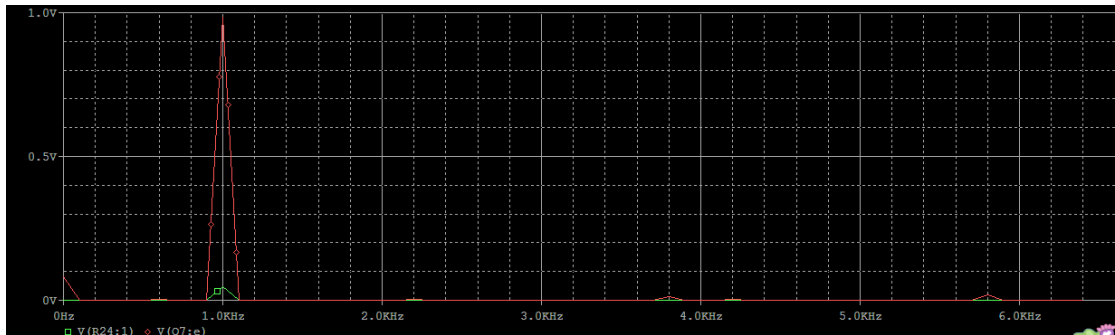


图 8

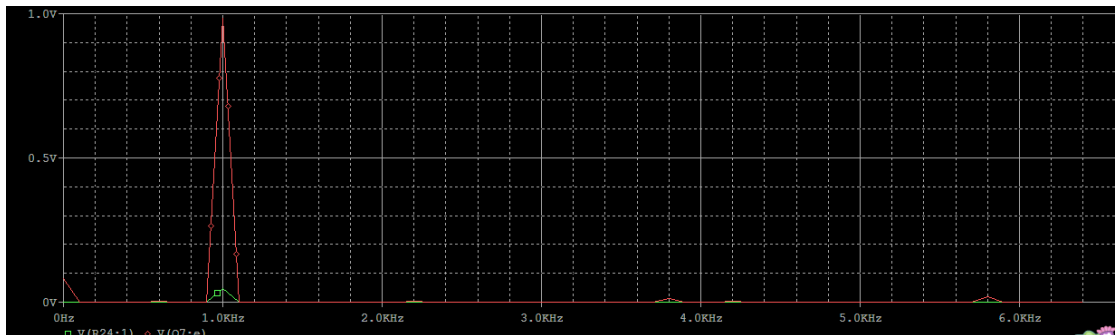


图 9

### 图示仿真结果:

(1) 如图 1 所示, 我们输入幅值为 50mv, 频率为 1HZ 正弦信号, 离输出幅值为 0.9v 的正弦信号放大倍数远不足 20 倍。

(2) 如图 2 所示, 我们输入幅值为 50mv, 频率为 100HZ 正弦信号, 输出幅值为 1.1v 的正弦信号放大倍数为 22 倍。

(3) 如图 3 所示, 我们输入幅值为 50mv, 频率为 500HZ 正弦信号, 离输出幅值为 0.9v 的正弦信号放大 20 倍也有很大差距。

(4) 如图 4 所示, 我们输入幅值为 50mv, 频率为 1HZ 正弦信号, 离输出幅值为 0.9v 的正弦信号放大倍数远不足 20 倍。

(5) 如图 5 所示, 我们输入幅值为 50mv, 频率为 50kHz 正弦信号, 输出幅值为 0.9v 的正弦信号放大倍数为 18 倍。

经过对比我们发现, 该 OCL 功率放大器的最佳频率值为 20HZ~20KHZ, 在此范围内电压放大倍数为 22 倍左右, 失真小。

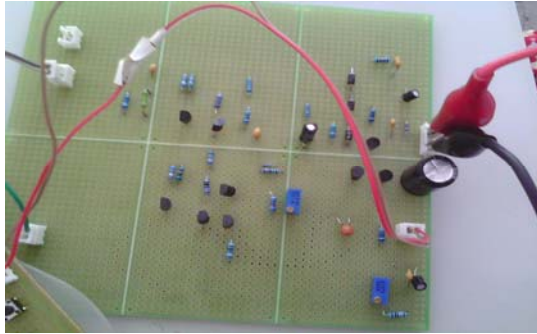
(6) 如图 6 所示, 我们输入幅值为 50mv, 频率为 20HZ 正弦信号, 输出电压不放大反而缩小。

(7) 如图 7 所示, 我们输入幅值为 50mv, 频率为 20KHZ 正弦信号, 输出幅值约为 1v 的正弦信号放大倍数约为 20 倍。

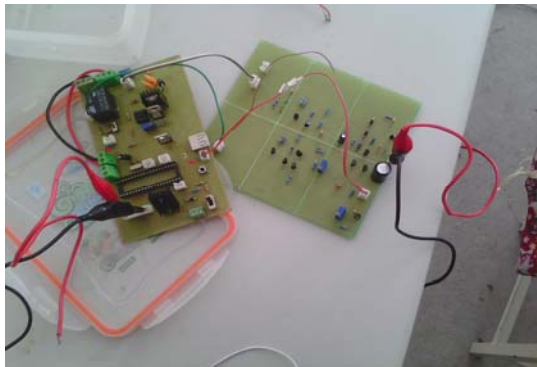
从中我们不难看出由于 OCL 电路输出端不用电容耦合, 低频特性好。

(8) 如图 8,9 所示, 电路的调试过程一般是先分级调试, 再级联调试, 最后进行整机调试与性能指标调试。

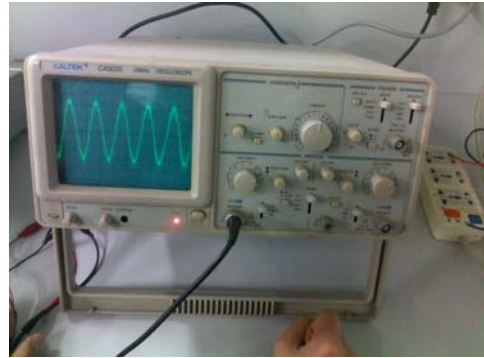
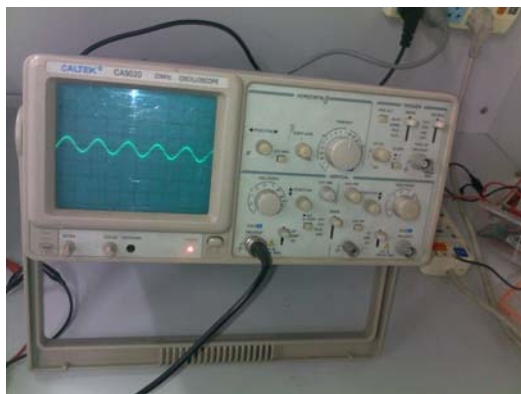
### 实际电路设计:



该图为完整的电路图设计, 各器件参数均按照设计图中给出的数值进行焊接。



上图左侧为自己制作的稳压电路, 想要实现的目的不稳定的电流经过该电路稳定在 15V 电压左右进行检测。



单独给定独立电源之后实验结果, 现象还是比较明显的, 能够起到功率放大的作用。

## 2 结论

从仿真结果可以看出

1. 该 OCL 功率放大器的最佳频率值为 20HZ~20KHZ, 在此范围内电压放大倍数为 22 倍左右, 失真小。
2. 由于 OCL 电路输出端不用电容耦合, 低频特性好。
3. 傅里叶变换发现输出信号的能量分别主要集中在 1KHZ、5KHZ, 输出和输入频率相同, 没有发生相位变化。
4. 电路的调试过程一般是先分级调试, 再级联调试, 最后进行整机调试与性能指标调试。

从实验测试结果可以看出

实验中的电路设计还是存在缺陷, 虽然很多参数按照给定的电路图进行设置, 但不可避免会出现电路功耗变大, 或者是失真的情况出现。实际还是跟理论有不小的出入的。



### 3 感想

通过这次为期两周的设计，我们对以前所学的模电和电路知识有了更深层次的理解与巩固，并学会了 spice 软件的应用，对电路进行仿真。深深感觉到掌握一款新软件的难度，在安装 *PSPICE16.3* 时费时很长，接连破解三次最后才安装成功。设计一个完整的电路，需要不断的尝试摸索，这在很大程度上提高了我们考虑问题的全面性。设计完整的电路，还要考虑到它什么功能需要什么电路来实现。另外，还要考虑它的可行性，实用性等等。这样，也提高了我们分析问题的能力。通过这次设计，我的理论知识上升到了一个实践的过程，我们需要多训练实际动手操作，增强我们的动手能力。

因为对 spice 软件不能熟悉运用，而且此仿真软件有所限制，所以仿真的过程中遇到了很多困难，许多元件在元件库找不到，不过有困难才能让我们学到更多。

通过这次课设，我们也深刻体会到了自己知识的匮乏。意识到自己所学的知识的肤浅，只是一个表面性的，理论性的，根本不能够解决在现实中还存在的很多问题。因此，学习中应

多与实际应用相联系。总之，通过这次设计，不仅使我们对所学过的知识有了一个新的认识。而且提高了我分析问题能力。使我们的综合能力有了一个很大的提高。

### 4 分工安排

王小鲁：合作寻找电路，参与简单部分电路仿真，主攻实际实验方面，焊接电路及测试等，修改论文。

李 帅：合作寻找电路，主攻软件安装测试，总体电路的仿真和测试工作，修改论文。

### 5 致谢

感谢郑海永老师上传的关于 spice 仿真资料，让我们从中受益匪浅；感谢班级同学为我们提供 *orcad16.3* 破解软件，让我们可以成功运用各种元件模型进行仿真，同时我们在与班里同学一起讨论的时候，也收获到了很多。

### 6 参考文献

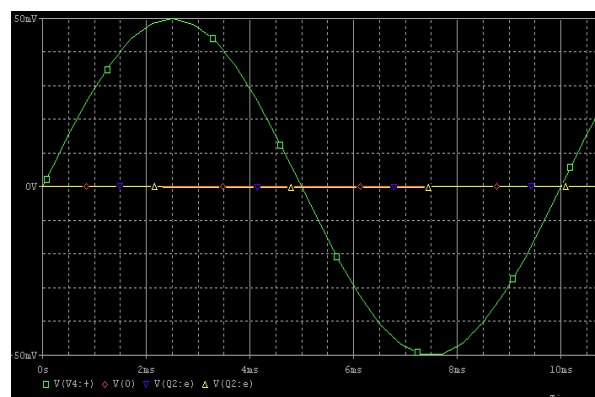
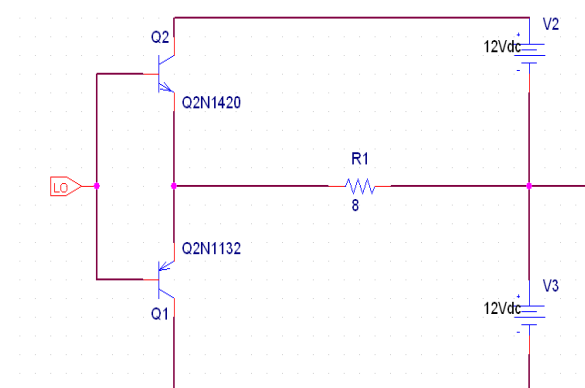
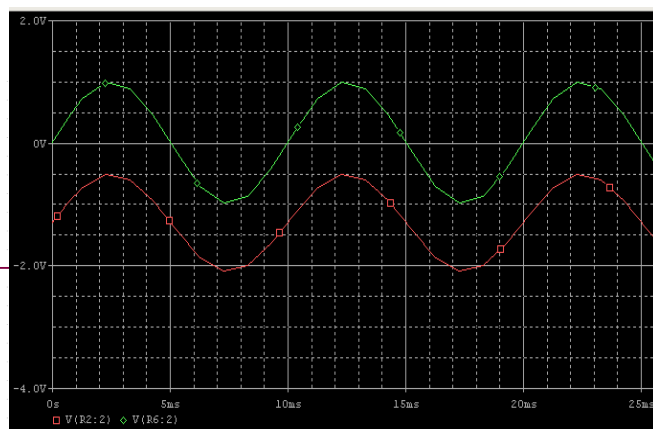
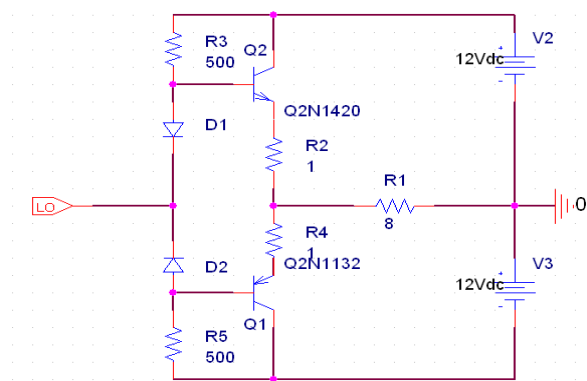
- [1] 《模拟电子技术基础》. 童诗白, 华成英. 高等教育出版社. 1987. 5
- [2] 《数字电子技术基础》. 阎石. 高等教育出版社. 1997. 1
- [3] 《PSpice 电子电路设计与分析》. 机械工业出版社

[4] 《通信电子电路》. 于洪珍. 清华大学出版社

## 7 附录

简单的 OCL 原理仿真图, 根据这些图我们进一步推出的完整图形。

存在波形交越失真的 OCL 放大器放大器原理图及仿真



经改进的OCL放大器放大器原理图及仿真

