

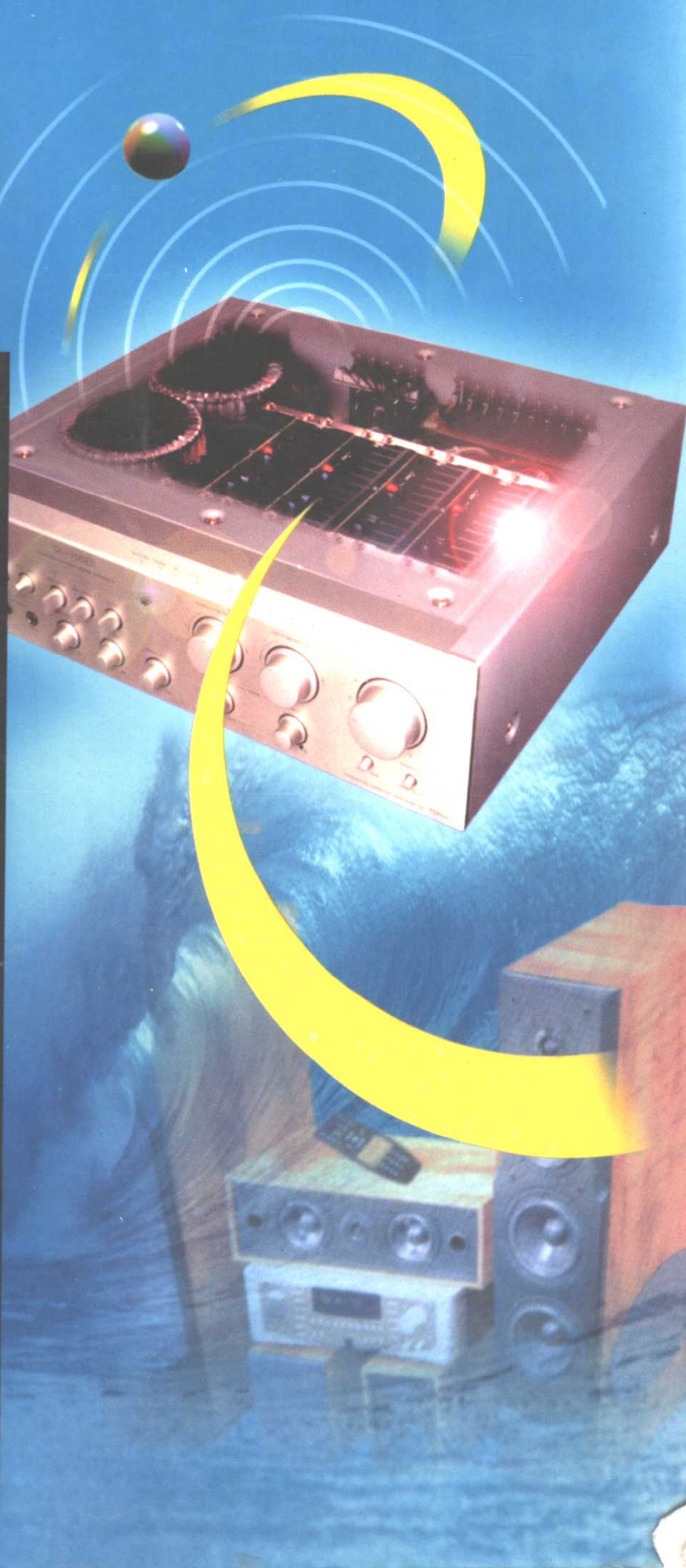
新型实用 功率放大电路 集锦

杨帮文 编著



无线电爱好者丛书

精·品·系·列



各种功率放大电路
原理详尽解说

电子管功率放大器·胆石混
合功率放大器·晶体管功率
放大器·场效应管功率放
大器·高频功率放大器·
有源功率放大器……大放送

大量实用电路设计实例·
设计技巧·制作与调试
方法·教你轻轻松松
成为“摩机”高手

无线电爱好者丛书精品系列

新型实用功率放大电路集锦

杨帮文 编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

新型实用功率放大电路集锦/杨帮文编著. —北京: 人民邮电出版社, 1999. 9

ISBN 7-115-07776-2

I. 新… I. 杨… III. 功率放大器-电路图-图集 IV. TN722.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 13799 号



本书主要介绍了目前较为流行的各种功率放大器的工作原理、元器件选择、制作与调试, 包括电子管功率放大器、胆石混合功率放大器、模块功率放大器、晶体管功率放大器、集成电路功率放大器、晶体管与集成电路混合功率放大器、场效应管混合功率放大器、高频功率放大器、有源功率放大器。书中所选的电

路均具有较强的代表性。
本书内容丰富, 语言生动, 实用性强, 是音响发烧友“摩机”的必备参考用书。本书可供无线电爱好者, 音响产品设计开发、维修人员参考使用。

《无线电爱好者丛书》精品系列 新型实用功率放大电路集锦

-
- ◆ 编 著 杨帮文
 责任编辑 姚予疆
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
 北京朝阳隆昌印制厂印刷
 新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
 印张: 24
 字数: 594 千字
 印数: 1-4 000 册
 - 1999 年 9 月第 1 版
 1999 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-07776-2/TN · 1479

定价: 31.00 元

中国电子学会

《无线电爱好者丛书》编委会

主 任：杜肤生

副 主 任：徐修存 宁云鹤 李树岭

编 委：王亚明 刘宪坤 王明臣

刘 诚 孙中臣 安永成

郑凤翼 赵桂珍 聂元铭

郑春迎 孙景琪 李勇帆

刘文铎 陈有卿 徐士毅

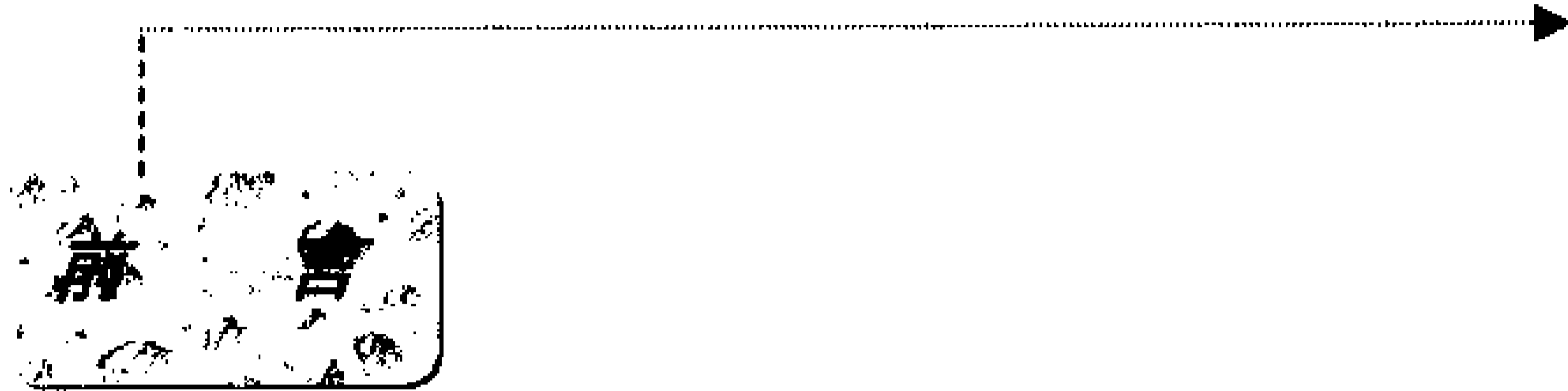
于世均 贾安坤 张国峰

无线电爱好者丛书前言

众所周知,迅速发展着的无线电电子技术,是一门应用十分广泛的现代科学技术。它的发展水平和普及程度是现代化水平的重要标志。为了普及电子技术知识,培养更多的无线电爱好者,适应现代化建设的需要,中国电子学会和人民邮电出版社约请有关专家编写了这套《无线电爱好者丛书》。

本丛书从无线电爱好者的实际条件出发,按照理论联系实际的思想,深入细致地讲述各种无线电元器件和常用电子电路的原理;介绍各种家用电器、电子设备(如收音机、扩音机、录音机、电视机、录像机、电子计算机、计算器、复印机、电子相机、常用电子仪器仪表、电子钟表、电冰箱、空调器、洗衣机、吸尘器、电风扇、电热器具等)的工作原理、制作技术、使用和维修方法,为无线电爱好者提供所需的各种技术资料及有关工具书,使读者通过阅读本丛书和不断动手实践,能逐步掌握应用电子技术的基本技能。本丛书的读者对象是各行各业的广大无线电爱好者。

我们衷心希望广大电子科学技术工作者、专家、学者和无线电爱好者,对这套丛书的编辑出版工作提出宝贵意见,给予帮助。让我们共同努力,为普及无线电电子技术,为实现我国现代化做出贡献。



随着人们生活水平的提高，建立适于自己口味的家庭影院梦幻组合已不是梦想。广大音响发烧友渴望找到新颖、实用的功率放大电路的资料，并根据自己的需要和兴趣动手组装，在组装过程中感受到一份自我创造的乐趣。为了帮助发烧友提高制作水平，我们编著了这本集原理、制作、调试、维护及应用于一体的《新型实用功率放大电路集锦》一书，以飨读者，使他们能尽快掌握安装制作技术，从而能加工出音调清晰、音域宽广、音质优美的音响。

本书共分十部分，主要介绍了电子管功率放大器、胆石混合功率放大器、模块功率放大器、晶体管功率放大器、集成电路功率放大器、晶体管与集成电路混合功率放大器、场效应管混合功率放大器、高频功率放大器、有源功率放大器和家庭影院的工作原理、元器件选择、制作与调试方法。书中所选的电路均具有较强的代表性。本书内容丰富，语言生动，实用性强，是音响发烧友“摩机”的绝佳参考用书。

本书可供无线电爱好者，音响产品设计开发、维修人员参考应用。

为使本书的资料更广泛、全面，在本书的编写过程中从有关报刊杂志上优选了一部分功率放大电路方面的资料，在此向有关作者表示衷心的感谢！

由于编著者水平有限，书中不妥和疏漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编著者

目 录

一、电子管功率放大器	1
1. 8W 真空管功率放大器	1
2. 8W+8W 电子管功率放大器	2
3. 高品质 10W 超线性胆机	4
4. 用 811A 电子管制作 10W 末级功放	5
5. 60W×2 线性标准式电子管扩音机	7
6. 和韵 M100 合并式电子管功率放大器	12
7. 名胆 2A3 及其应用	15
8. 纯甲类小胆机	17
9. 介绍一款宽频带电子管扩音机	19
10. 自制小功率胆机功放	20
11. 电子管小功放的制作	21
12. 一款入门胆机的制作	24
13. 耳机放大器	25
14. 两款电子管 OTL 放大器	26
15. OTL 胆机放大器制作	27
16. 新型胆机推挽功放电路	28
17. 利用旧电子管收音机制作的一款优质“胆”机	29
18. 利用电子管收音机改制小功率胆机	30
19. 高功率电子管功率放大器	31
20. 一款 Hi-Fi 电子管功率放大器	35
21. 音色纯真的电子管扩音机	39
22. 300B 的高保真功率放大器	44
23. 电子管功放的调试	48
二、胆石混合功率放大器	50
1. 简洁的胆、石混合功放的制作	50
2. 胆石混合功放新制作	52
3. 混合式优质放大器	53
4. 混合式功率放大器	55
5. 30W 混合式放大器	59
6. 新颖的胆石混合功率放大器	61
7. 新颖的混合式 BTL 功放	63

8. NE5532 推动的电子管功放	64
9. 皇牌运放直推胆管的功放	66
10. 电子管+场效应管功放的制作	67
11. 劲力十足的功率放大器	69
12. 具有音调控制功能的 Hi-Fi 放大器	70
13. TEA-1000 功率放大改进一例	72
三、模块功率放大器	74
1. 真正靓声的推动模块	74
2. 新颖大功率多功能功放模块	76
3. “超级功放王” D-200W 模块	78
4. 超级傻瓜大功率功放模块	80
5. 高增益功放 IC——傻瓜 1006	81
6. 简单的功率放大器	83
7. 采用 AP500A 的 DC 场效应功放	83
8. 高性能 DC 功放驱动电路 AP500A	85
9. 高音质场效应扩音机芯	87
10. 前馈功率放大器	89
11. 100W+100W 功率放大器	91
12. 50W 功率放大器	93
13. 100W+100W 厚膜功率放大器	94
14. 采用 STK3048 和 STK6153 的实用电路	98
15. STK3048A+STK6153 功放电路	98
16. STK3048 和 STK6153 组合的高品质功放	99
17. 性能卓越的准甲类 Hi-Fi 功放	101
18. 巧摩功放板，直追高保真	102
19. 质优价廉的 100W×2 功放电路	103
20. STK4040x1 制作的 Hi-Fi 功放	104
21. 用 STK4044 制作高保真功放	105
22. 简洁至上的 200W 全对称功放	106
23. 用优质开关稳压电源供电的 STK6303 合并式功放	107
24. 用 STK6303 的 300W 功放	108
四、晶体管功率放大器	110
1. 超甲类功率放大器	110
2. 一款具有动态偏压的甲类放大器	110
3. 50W 甲乙类功率放大器	111
4. 直接耦合推挽功率放大电路	112
5. 互补差动全对称功率放大器	114
6. 全互补功率放大器	116
7. 大动态、低失真全晶体三极管三级差动功放	117
8. 电流负反馈直流功放	118

9. 电流负反馈功放	119
10. 新型双环功率放大器	120
11. 前级分频式功率放大器	121
12. 2×150W 无大环反馈高保真功放	122
五、集成电路功率放大器	124
1. 性能优异的 CD 随身听耳机功放 IC——TDA1308	124
2. TDA1510 功率放大器及应用	124
3. 如何调整 TDA1514A 功放	125
4. TDA1514A 的应用	126
5. 高保真 TDA1520 集成功放电路	127
6. 用 TDA1521 组装的功率放大器	128
7. TDA2030A 音频功放及应用	129
8. 集成电路 TDA2822 及应用	130
9. Hi-Fi 集成功放 TDA7294	131
10. 25W 单片音频 D 类功放 IC——TDA7482	133
11. 用 LM1875 组装 BTL 高保真放大器	134
12. 采用 LM1875 的电流反馈型功放电路	135
13. 让 LM1875 声音更靓	135
14. 功率放大器 LM1875 及应用	136
15. 新型 Hi-Fi 立体声功放 IC——LM1876	138
16. LM3875T 和 LM3876T 高性能 40W 单片音频功率放大器 IC	139
17. 新一代高性能集成功放 LM3886	140
18. 30W 音频功率放大器 LM4700	142
19. 耳机放大专用集成功放 LM4880	144
20. 小功率音频放大器 MC34119	146
21. 集成电路 BTL 功放	150
22. 低成本集成电路功率放大器	152
23. 仿一体化结构制作集成功放	153
24. 自制全集成电路扩音机	155
25. 自己组装全集成高保真恒流源功率放大器	157
26. 适合自制的集成电路功放	159
27. 自制高保真发烧 Hi-Fi 功放	160
28. 价廉声靓的床头 Hi-Fi	164
29. 高品质立体声 Hi-Fi 组合放大器	165
30. 自制 100W×2Hi-Fi 功率放大器	168
31. 双 25W 立体声音频功率放大器	169
32. 12W×2 高保真汽车功放	171
33. “随身听”功率接续器的制作	172
34. 优质功率接续器的制作	173
35. 具有消人声功能的功率接续器	175

36. 适合初学者制作的功率接续器	175
37. 一种适合初学者制作的功放电路	178
38. 适于学生自制的一款低价优质功放	180
39. PI-AD20 小型功放	181
40. 直流伺服恒流功放	183
41. 单芯片音频功率放大器	183
42. 一款简单易制的功放	184
43. 自制电流负反馈电子分频式功率放大器	185
44. 汽车全套无线电设备声频功率放大器	188
45. 一款高保真前后级功放	189
46. 简单适用的“卡拉OK”功率放大器	191
47. 一款简洁的合并功放	192
48. 简洁的前级分频功放	193
49. 用运放皇作功率放大器	194
50. 一款廉价音频功放	195
51. 带低音提升补偿的功放电路	196
52. 一款优质微型功放	196
53. 自制微机“土声卡”	199
54. 一款“土炮”音响的制作	200
55. 价廉物美的小型音响组合	202
56. 高保真随身听组合	203
57. 大功率运算放大器	204
58. 英国 HINARI 激光立体声组合音响的改进	205
六、晶体管与集成电路混合功率放大器	207
1. 新创意纯甲类功放	207
2. S 类功率放大器	207
3. 30W×2 高保真功率放大器	209
4. 简洁的 50W 优质功放	212
5. 70W 合并式功放	214
6. 用 μ PC1342V 驱动的 110W 发烧功放	214
7. 实用电流反馈式合并功放	216
8. 简洁精炼的 DC 功率放大器	218
9. ALA 功放摩机	220
10. 新型电流驱动放大器	222
11. BGW-150 功放电路	224
12. 采用开关电源的高保真功放	226
13. “怪招”功放	227
14. AV-501 型功率放大器电路	228
15. 小型无线扩声系统	230
16. 性能优良的便携式扩音机	232

17. 具有直流耦合的晶体管音频放大电路	232
18. QSC1300 功放原理与检修	234
19. 利用美声 TA-1500 发烧功放电路板装机	236
七、场效应管混合功率放大器	239
1. 50W 纯甲类对地推挽功放	239
2. 50WD 类功率放大器的制作	242
3. 2×80W Hi-Fi 功率放大器	243
4. 100W×2 功放电路	246
5. 100W 开关电源功放的制作	247
6. 全对称 MOS FET 100W Hi-Fi 放大器	249
7. 带输出变压器的场效应管功率放大器	252
8. TDK 大功率场效应管全桥组件在开关电源及 D 类放大器中的应用	254
9. 音质至上的场效应管功率放大器	256
10. 简洁音质至上的功率放大器	257
11. 上下对称分别负反馈方式场效应管功放	258
12. 纯直流场效应管功放电路	259
13. 自制高品质合并式功率放大器	261
14. 键控音量耳机放大器	262
15. 300V/ μ s 超高速音频功放	263
16. Powon-HE328 Hi-Fi 功率放大器的安装与调试	268
17. 仿制 AURA-VA50 功放	270
八、高频功率放大器	272
1. 30~500kHz 功率放大器	272
2. 5W 40~500kHz 功率放大器	274
3. 20W 40~500kHz 功率放大器	276
4. 25W 40~500kHz 功率放大器	278
5. 1.8MHz~175MHz 宽带功率模块 MC7210、MC5792 及应用	281
九、有源功率放大器	285
1. 自制有源二分频 Hi-Fi 放大器	285
2. 两种有源二分频功放电路	287
3. 高品质有源二分频恒流功放的制作	289
4. 有源电子三分频音箱	291
5. 自制小功率电子三分频有源音箱	293
6. 电子三分频功放的制作	296
7. 发烧三板斧 Hi-Fi	297
8. 有源电子分频功放系统	298
9. 用 LM1035 的前级分频功放	300
10. 自制超低音重放系统	300
11. 给彩色电视机加装超重低音音箱	302
12. 自制有源超重低音炮	302

13. 多媒体超低音有源音箱的制作	305
14. 几种超重低音电路的制作	309
15. 功能完善的低音炮功率放大器	310
16. 无线有源重低音箱	315
17. 车用有源低音炮	316
18. 帕斯卡驱动小型重低音音箱	317
19. 书架式有源音箱	318
20. 电子管有源音箱	319
21. 高性能有源防磁音箱的制作	324
22. 一款高性价比的有源音箱	329
23. 自制多媒体有源音箱	332
24. 一款 Hi-Fi 有源一体化音箱	334
25. SRS 有源防磁音箱的制作	338
26. 一套适用于 MPC 的功放及音箱	343
27. 高音细腻的 120W 功率放大器	345
十、家庭影院	349
1. 一款基于个人电脑的“桌面影院”	349
2. 自制一套性能优越的家庭影院 AV 组合	350
3. 自配“家庭影院”AV 组合	353
4. 适合家庭影院的功率放大器	354
5. LM3886 在家庭影院中的应用	356
6. 自制高品质合并式功放	358
7. 环绕立体声电路	360
8. 自制高性能四维环绕声放大器	362
9. AVK200 家庭影院放大器与检修	364
10. N×75W 合并式功放组件	370

一、电子管功率放大器

1. 8W 真空管功率放大器

甲类放大器音质清纯优美，令许多人津津乐道。其原因是其不存在交越失真，不会产生刺耳的奇次谐波，不会产生乙类放大器那样的开关失真。

【电路原理】

8W 真空管功放电路原理如图 1-1 所示(图中只画出了一个声道)。本机的电路十分简单，两个声道只用了 3 只真空管，一只 6N4J、两只 6P3PJ。前置级为典型的自偏压越级负反馈的电压放大器，该放大器选用北京电子管厂的高 μ 管 6N4J，放大系数为 97.5。6N4J 特性参数与大量应用的 6N2 十分相似，但从结构上讲，6N4J 采用了以下方法降低噪声。

- (1) 内部两只三极管灯丝串联并带中心抽头，可平衡供电，降低交流声；
- (2) 每一只三极管及两管之间均加有屏蔽层可降低感应噪声。
- (3) 选料更精良。该机末级用了长沙曙光电子管厂的 6P3PJ，此管的输出阻抗低，这对输出变压器的自制提供了方便。

输出变压器的制作好坏是影响整机频响的要点，而一般各大厂的电子管后级输出变压器的绕制方法是保密的。这里为了保证性能又方便制作，采用分层交替绕法，初级可分四段，次级分三段，以降低漏感和分布电容。输出变压器的基本参数为：28mm×40mmE 型铁芯；初级线径 $\phi 0.21$ ，绕 2600 匝；次级线径 $\phi 1.1$ ，绕 135 匝。具体绕法如图 1-2 所示。

电源如图 1-3 所示，采用简单的阻容滤波。灯丝电路则采用直流稳压供电以求得最佳的信噪比。电源变压器的容量 $P \geq 100W$ 。

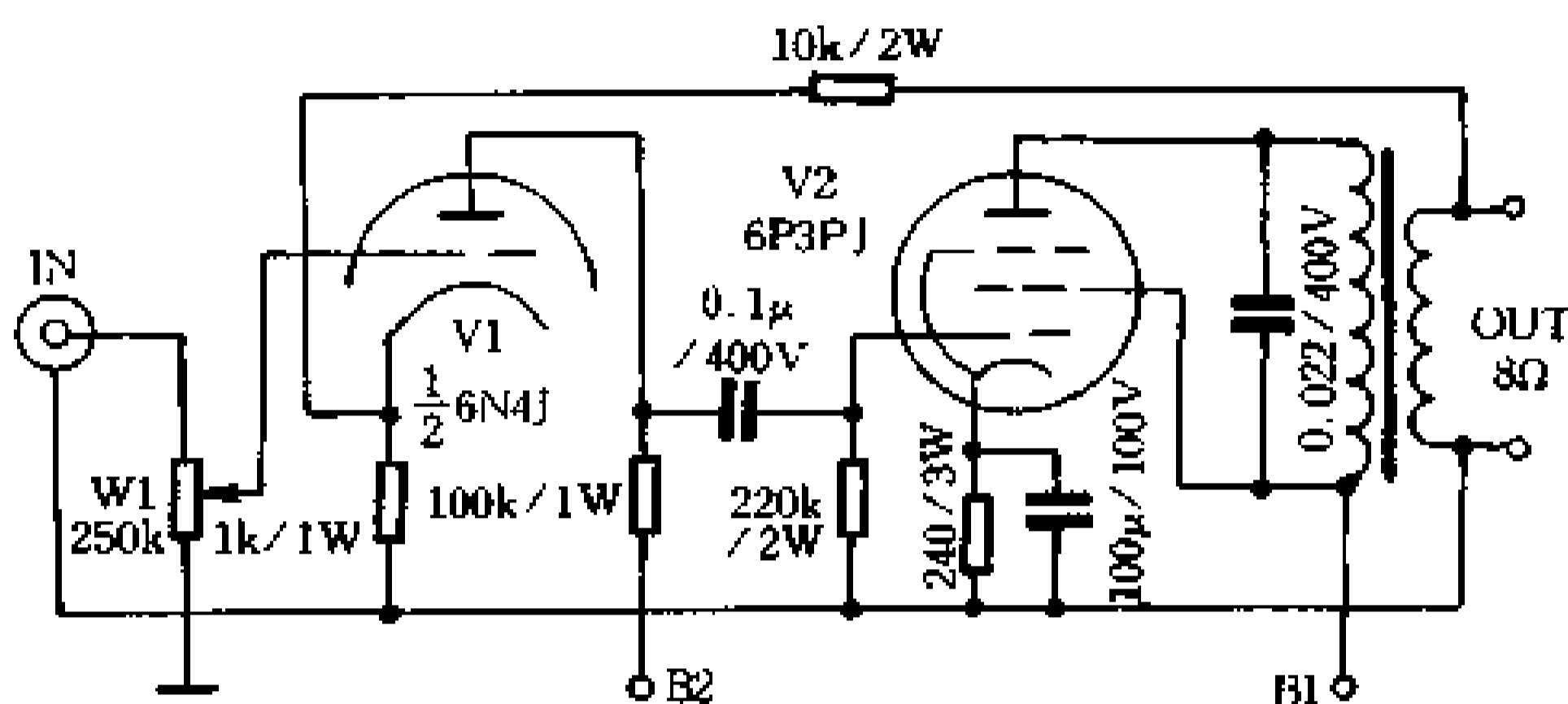


图 1-1

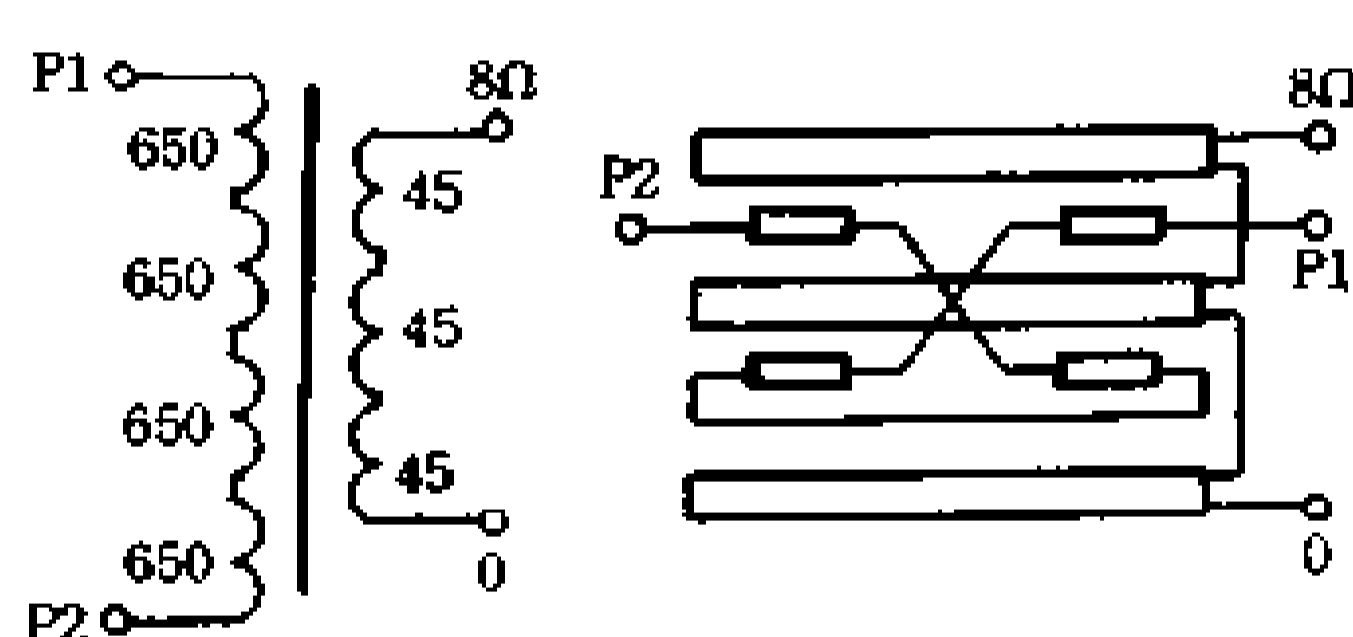


图 1-2

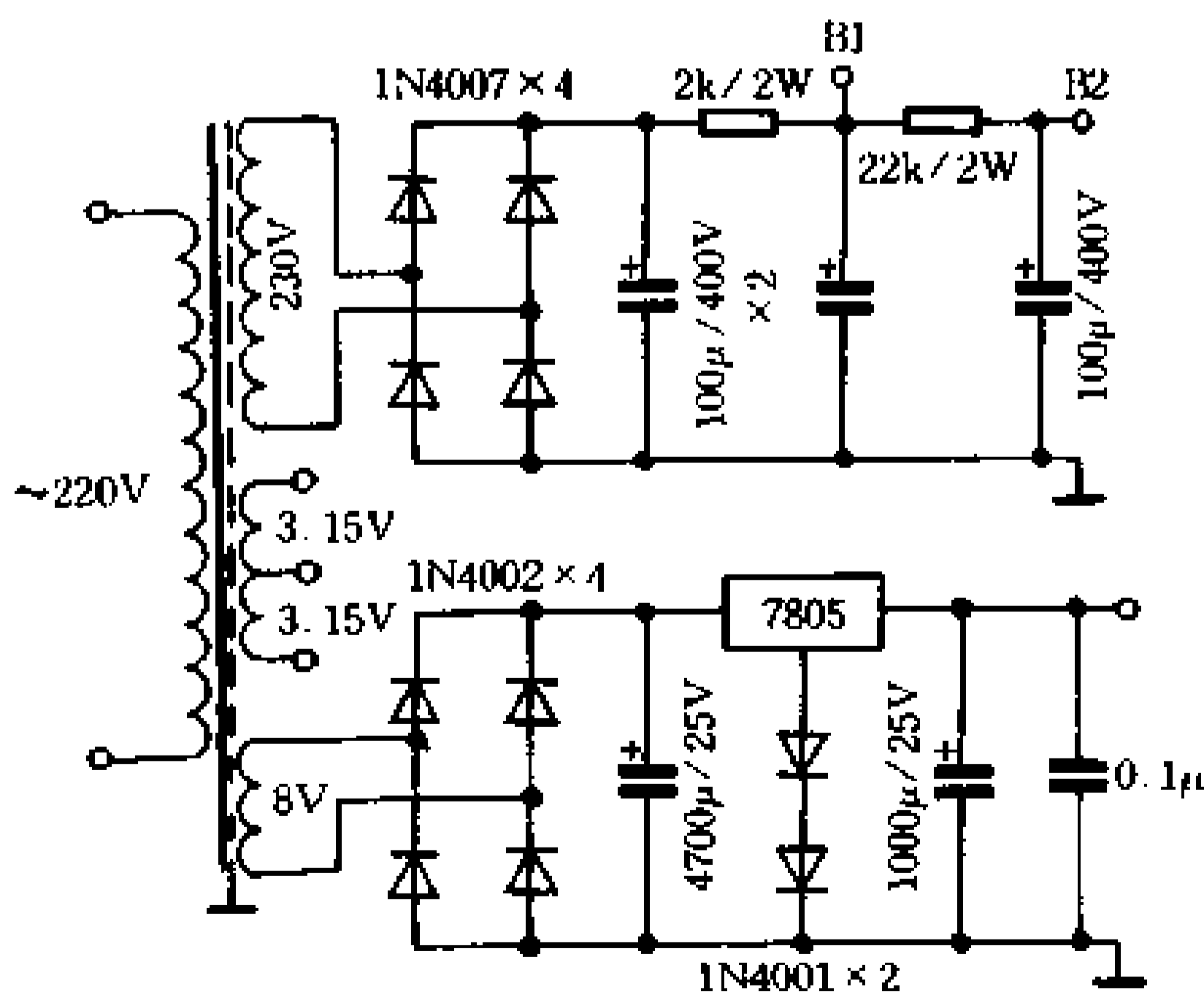


图 1-3

本机机壳可采用 $100\text{mm} \times 40\text{mm}$ 的铝合金框料叠合，在其一面开大口做底，另一面可开管座孔做面，元件的连接采用搭焊的方法。装好后认真核对电路图，先不插电子管通电，查有无打火、冒烟现象，测量灯丝及阳极电压有无太大的差异，无误即可插上真空管。调试过程中可接入扬声器，它不像晶体管 OCL 电路那样在扬声器中可能出现直流烧坏扬声器。通电后留意有无噪声，如有，应把输出变压器初级两端对调一下，以消除正反馈（使之变成负反馈相位）。如果焊接无误，一般均能成功。本机输出功率为 8W ，宜用它来推动灵敏度高一些的音箱。

2. $8\text{W} + 8\text{W}$ 电子管功率放大器

电子管放大器以音质甜润柔和而倾倒了众多发烧友。本文介绍的电子管功放为单端甲类双声道模式，很适合初级“胆迷”仿制。

【电路原理】

整机电路如图 1-4 所示。本机的前置放大器 VE1 采用低 μ 、低 R_i 双三极管 6N6（左、右声道各用其半）。工作状态设计在甲类。推动级 VE2 选用高 μ 、低 R_i 的国产电子管 EN11J，电路形式为大家共识的低失真、宽领域 SRPP（Shunt Regulated Push-pull）电路。末级功放 VE3 采

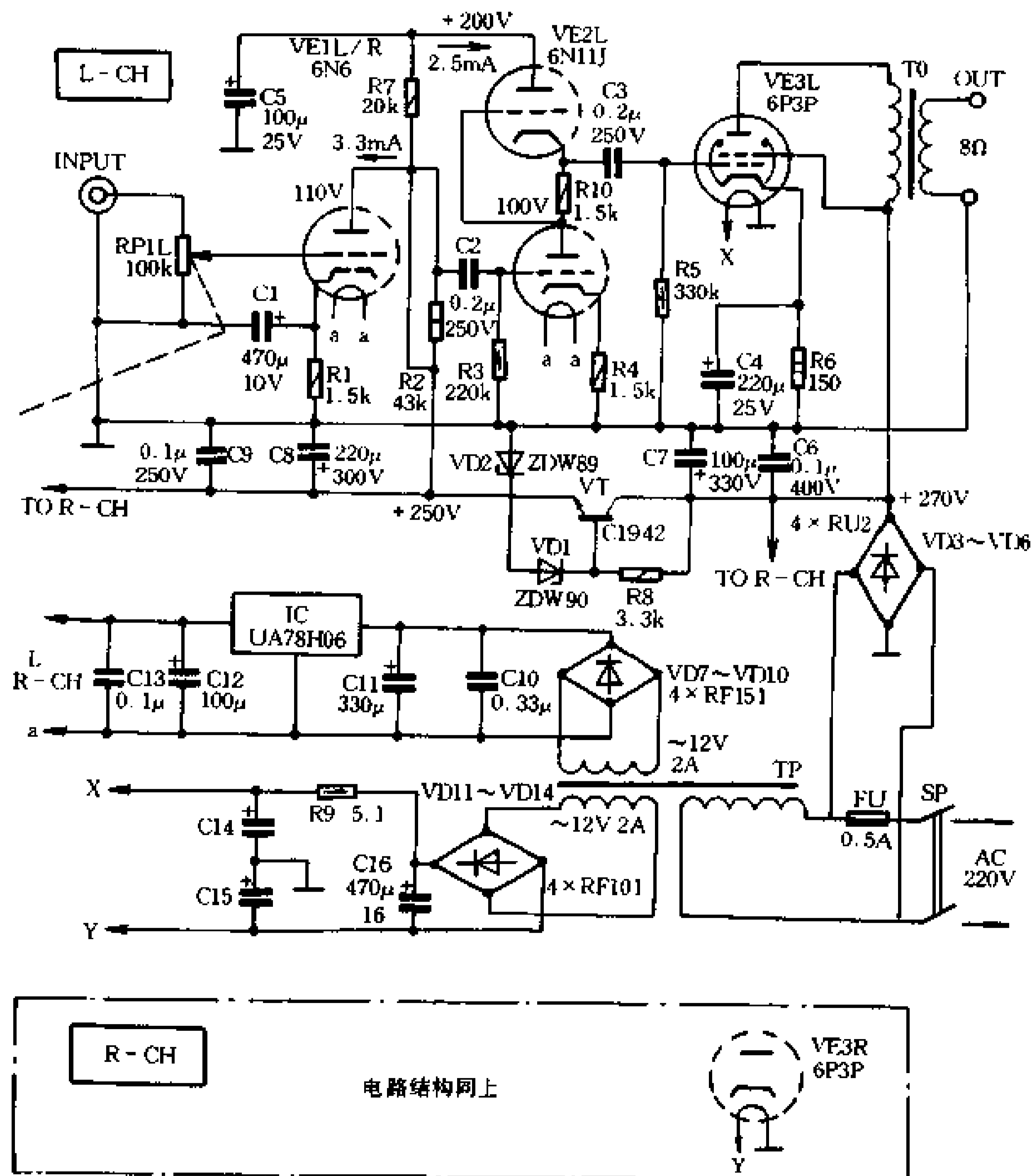


图 1-4

用小功率束射四极管 6P3P。各管的典型电气参数如表 1-1 所示。

表 1-1

参数名称	符 号	典型电气参数值		
		6N6	6N11	6P3P
灯丝电压	U_f	6.3V	6.3V	6.3V
灯丝电流	I_f	0.75A	0.34A	0.9A
阳极电压	U_a	120V	90V	250V
最高阳极电压	U_{aM}	300V	130V	400V
静态屏流	I_{s0}	30mA	16mA	75mA
动态屏流	I_{sD}	—	—	78mA
栅偏压	E_g	-2V	-1.5V	-13V
帘栅电压	E_{g2}	—	—	250V
静态帘栅电流	I_{g20}	—	—	5.5mA
动态帘栅电流	I_{g2D}	—	—	7.5mA
互 导	S	11mA/V	12.5mA/V	6mA/V
内 阻	R_i	—	2k Ω	—
放大因数	μ	20	27	—
阳极功耗	P_{aM}	4.8W	2.2W	20.5W
帘栅功耗	P_{g2M}	—	—	2.8W
最佳负载阻抗	R_{sa}	—	—	2.5k Ω
输出功率	P_o	—	—	6.5W

电子管的阳极电源直接取自交流 220V 市电网。市电经 VD3~VD6 桥式整流、C6、C7 滤波后取得 +270V 电压，为功率管 6P3P 的屏极、帘栅极供电；+270V 又经 VT、VD1、VD2 调节稳压后产生 +250V 电源为前级 VE1 阳极供电；+250V 再经 R7、C5 二次滤波形成 +200V 电压为 SRPP 电路供电。这种直接采电方式可以使电源变压器 TP 简单化，对减小 TP 的体积、重量和制作成本十分有益。

单端放大器因无 CMRR(共模抑制)作用，故而对电源的要求比较苛刻。因此，阳极电源采用双电容滤波；另外，所有灯丝均由电流供电。其中，前置和推动经 IC(VA78H06)稳压后馈入灯丝；另一组交流 12V、2A 绕组经电桥 VD11~VD14 整流、C14~C16 滤波，在 X、Y 端子产生约 12.4V 电压对双声道功放管灯丝供电。电源变压器 TP 选用“声达”成品(50VA~12V×21220V)。

【元器件选择】

R 均采用低噪声五色环系列电阻，音量电位器 RP1 为“海仙”WH148-100k Ω 双联(For Audio)；耦合电容和电源快速滤波电容选用 XINDAK-L 或 H 系列 CBB 精品，电解为 CD291 彩色电容。输出变压器 To 自制，铁芯采用 E、I16×16-D310-0.35-1 硅钢片制作。初级绕组采用 QZ/ Φ 0.44 漆包线绕制 96 匝。

【制作方法】

本机采用“搭棚”焊接法装配。底盘可用武汉产镜面不锈钢半成品(29mm×405mm×60mm)，也可选用 2~3mm 优质铝板自行弯制。

本机只要选件精良，不发生装焊错误，一般均可一次成功。本机调校完成后输出功率可

达 $8W+8W(RMS/8\Omega)$ ，频响为 $20Hz\sim 20kHz(\pm 2dB)$ ，失真度 $T_{HD}\leq 3\%$ 。

3. 高品质 10W 超线性胆机

本文介绍用一只八十年代上海长兴电器五金厂生产的 10W 高保真输出变压器，并参照有关厂家推荐的电路原理图，作了一些改动，增加了前置放大，制作了一台不用调试的超线性合并式胆机。虽然只有 10W 输出功率，但音色丰富润泽，作为家用，在 $15m^2$ 的房间里，气势宏伟，毫不逊色。

【电路原理】

本机电路原理如图 1-5 所示。从图中可以看出，功放管自生偏压为每管单独提供，减少在业余条件下功放管配对的苛刻要求。前级灯丝采用直流单独供电，减少感应交连的机会，提高了信噪比。

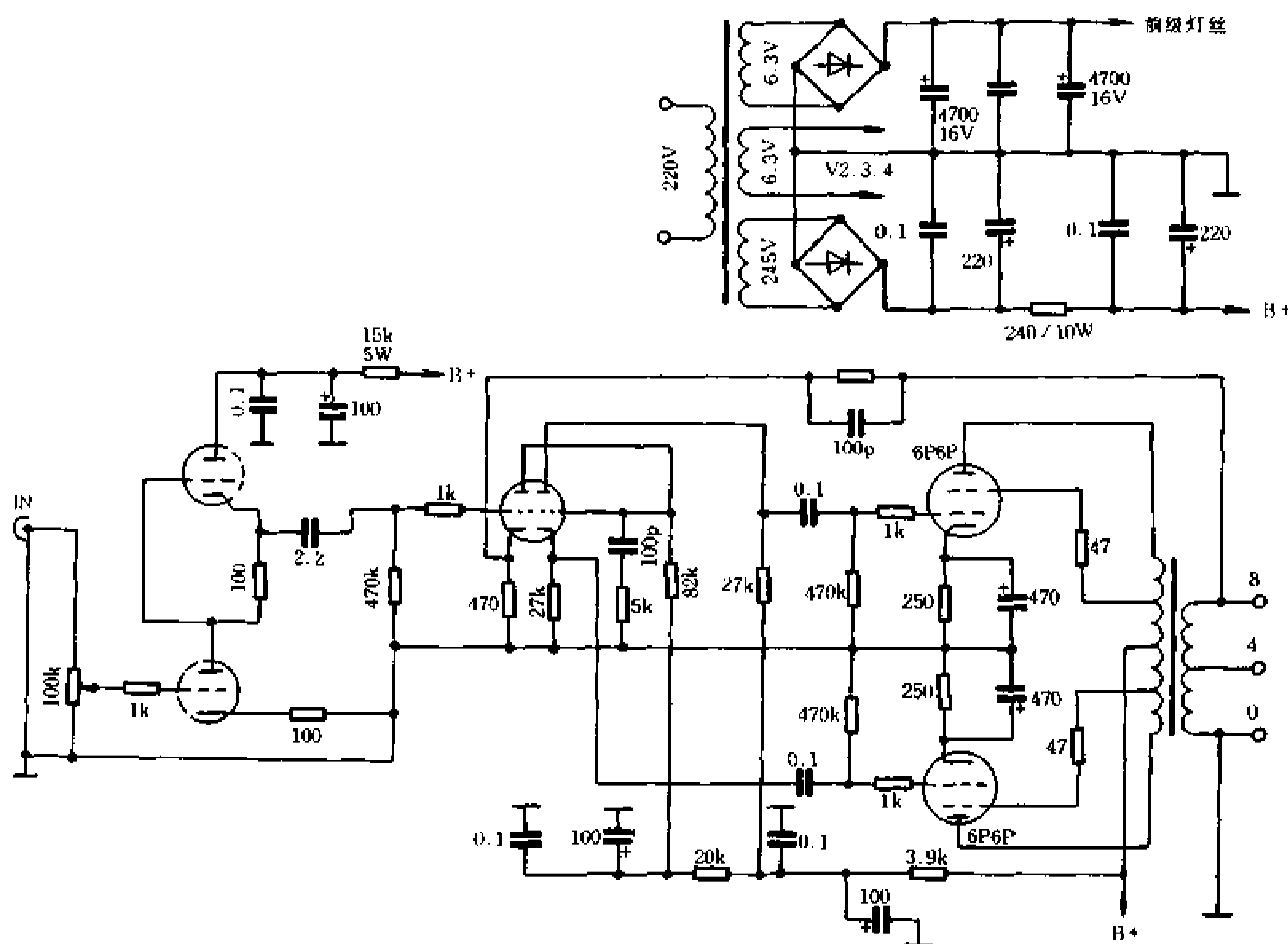


图 1-5

【元器件选择与安装】

电子管选用曙光牌 6P6P、6N8P，均为军用级。电阻为金属膜电阻。耦合电容为德国产 WIMAMKP10，滤波电容、退耦电容采用日本红宝石、黑金刚等品牌。为使听感更好，再并上 WIMAMKC 小电容。虽然都是从旧货摊买来的拆机品，但无假冒伪劣之嫌。电源变压器是拆旧六灯收音机的电源变压器两只，分别供电。如此单双声道结构，其优良的效果就不言而喻了。本文采用搭棚焊接工艺，一点接地，两声道各用一条接地母线，在输入端 RCA 座汇合处一点接地，即 RCA 座不用绝缘，与机壳良好接触。地线用粗裸铜线。排线要从前到后，不

要跳级。导线要交叉而不要平行，弱信号要远离强信号，主电路与电源电路要隔开，特别是前置电路布线更要严谨，先不要插电子管，通电测量各级电压是否正常。插电子管前，在输出端应接上负载。插倒相管时，若听到啸叫声，是负反馈接反。然后再接上自制的三分频音箱，一个个音符是那样流畅自然，一首首乐曲是那样优美动听，令人陶醉。

4. 用 811A 电子管制作 10W 末级功放

【电路原理】

811A 是一枚典型的直热三极管，阴极材料为碳化钨，与靛胆 805 相似，仅在最大屏耗上小一些。805 在国产有线广播设备中现在仍广泛采用，而 811A 就几乎未见用于音频设备中。直热式三极管的诱人音效激发了一批胆迷们去发掘一些尘封老“胆”，艺高胆大的胆迷自制成功率很高。811A 便是其中非同凡响的又一靛胆，它出声无矫揉造作之感，“字正腔圆”，可用一个“素”字来形容。这也许就是 Hi-Fi 迷经常大谈而特谈的原汁原味吧！

811A 是美、日命名，在我国称之为 FU-811，前苏联生产的叫作 T-811A。这些仅叫法不同而已。它的结构尺寸及电参数均相同或相似，可直接互换使用。811A 的基本数据如表 1-2 所列。主要用于振荡和功率放大，在《无线电通信用电真空器件手册》和《无线电广播技术手册》上均注明可用于功率放大，用作胆后级有据可考，但在过去的岁月里音频领域未见其踪。这也许是其钨钨阴极不如氧化物阴极的电子管省“油”（电）。但在发烧盛行的今天，只要音靛就行。

表 1-2

型 号	C_g	C_p	C_g/P	A ₂ 类标准状态	
	pF	pF	pF	栅偏压	+20V
811A	5.5	0.6	5.5	栅流	11mA
A ₂ 类标准状态				负载阻抗	5000Ω
屏压	550V			输出功率	10W
屏流	70mA			谐波失真	<5%

811A 为右特性三极管，这类管子工作时有栅极电流 I_g 产生，为了有效地泄放栅流，常规设计中均采用变压器耦合，栅极所吸收的电子由变压器次级线圈泄放到公共接地端，栅极电流 I_g 方向相反，而次级线圈的交变信号则加之栅与地间，完成前后级耦合，如图 1-6 所示。这种应用电路由于采用了推动变压器，制作成本变得相当高，因为高质量的推动变压器难于制

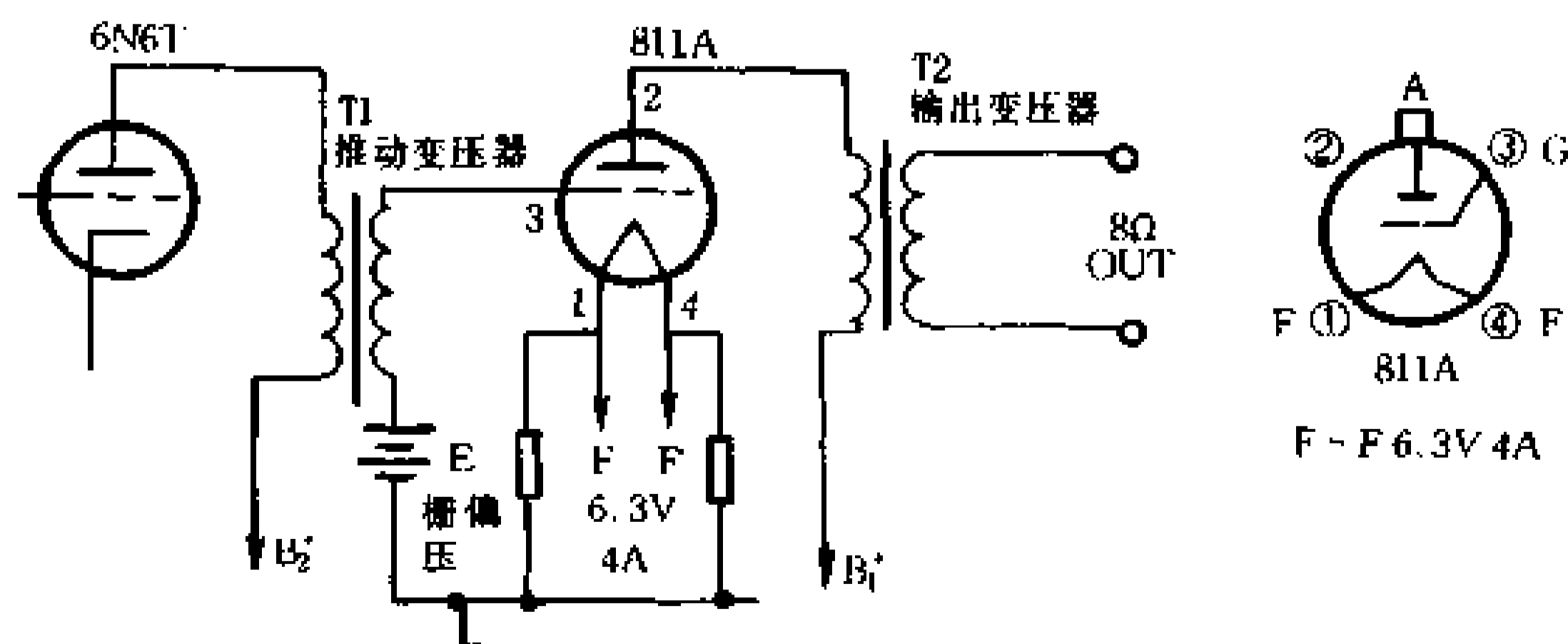


图 1-6

作，而售价与输出变压器不分上下。这里另辟蹊径，采用了输出阻抗非常低的阴极输出器来作推动放大级，并且采用直接耦合方式。这样一来，由于阴极输出器阻抗低，功率管栅极电子便有泄放之路，使得静态直流工作点不至于随信号变动而造成严重失真。设计得简捷而成功的这类线路如图 1-7(b)所示。采用直接耦合较之变压器耦合低频传输性能好，也无相移，制作成本低。众所周知，阴极输出器的电压增益不会大于 1，故图 1-7(b)所示线路的电压增益主要由输入级来保证。本电路分析了 SRPP 和五极管放大，能得到满功率输出所需要的电压增益。对比两款线路，大同小异，但从零配件的获得来看，图 1-7(a)更适合国内胆迷制作，图中用胆 2C52、6K6GT、811A 分别可用国产的 6N9P、6P6P、FU-811A 代换。注意灯丝电压 2C52 为 12.6V，而 6N9P 为 6.3V。这几枚国产电子管由于无人炒，售价颇低，可尽量选六、七十年代生产的丁级管。用代国产管后，图中带“*”的电阻 R 需重新确定，可用一阻值为 $470k\Omega$ 的 3W 绕线电位器代替 R ，然后调节其阻值，使 811A 的阴极电位在 120V 便可，量其阻值，用一固定电阻焊上便可。电源部分线路未给出，丰俭由人，晶体整流、电子管整流均可，但滤波最好采用 CLC 方式。值得注意的是，2C52、6K6GT 的阴极电位均在 100V 之上，为防止灯丝、阳极间跳火，要注意灯丝的接地方式，可采用灯丝独立供电，也可采用如图 1-7(a)虚线所示线路。

图 1-7 中的 811A 的工作状态为 A_2 类， $E_p=550V$ ， $I_p=70mA$ 、 $E_g=+20V$ ， $I_g=11mA$ ，输出功率足有 10W，与名胆 300B 相当。失真系数在 NFB 时不大于 5% ($P_o=10W$)，加

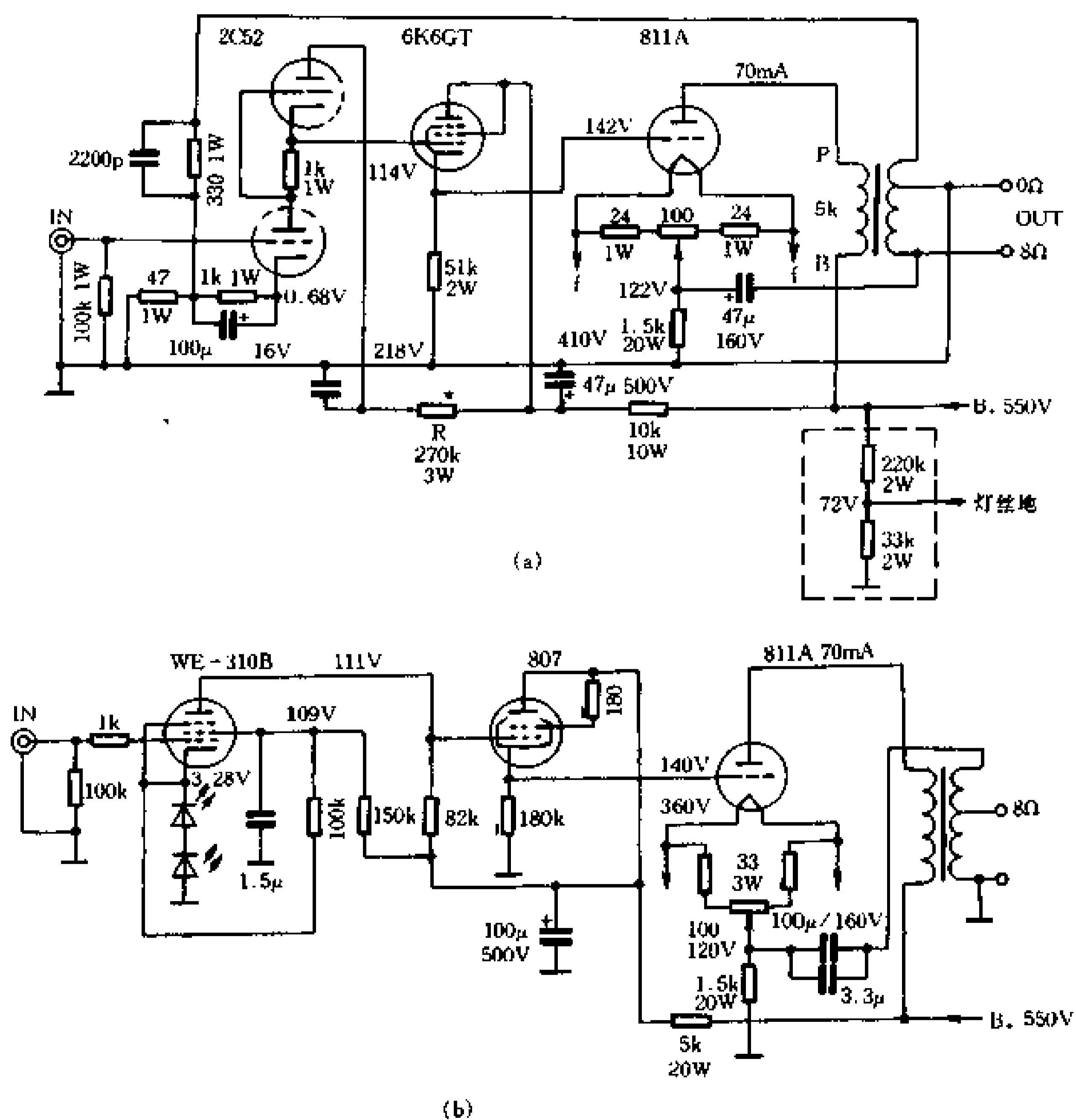


图 1-7

NFB6dB时，失真系数不大于3.5%，对单端胆机来说已相当不错了。A类胆机的偶次谐波失真时声音具有美化作用，不加NFB也无碍，反而相当于购了一台免费的听觉激励级，何乐而不为！

5. 60W×2 线性标准式电子管扩音机

本文介绍的60W×2线性标准式电子管扩音机是在美国《无线电与电视新闻》上发表的。

【电路原理】

线性标准式放大器按照传统的电路结构，功率电子管按照束射管的标准接法，如图1-8所示。

输出级功率电子管采用EL34、KT88、KT100等束射四极管，电路属甲乙类推挽放大器。栅偏压电路既不完全是固定偏压，也不完全是阴极偏压，而是采用半固定偏压方式。

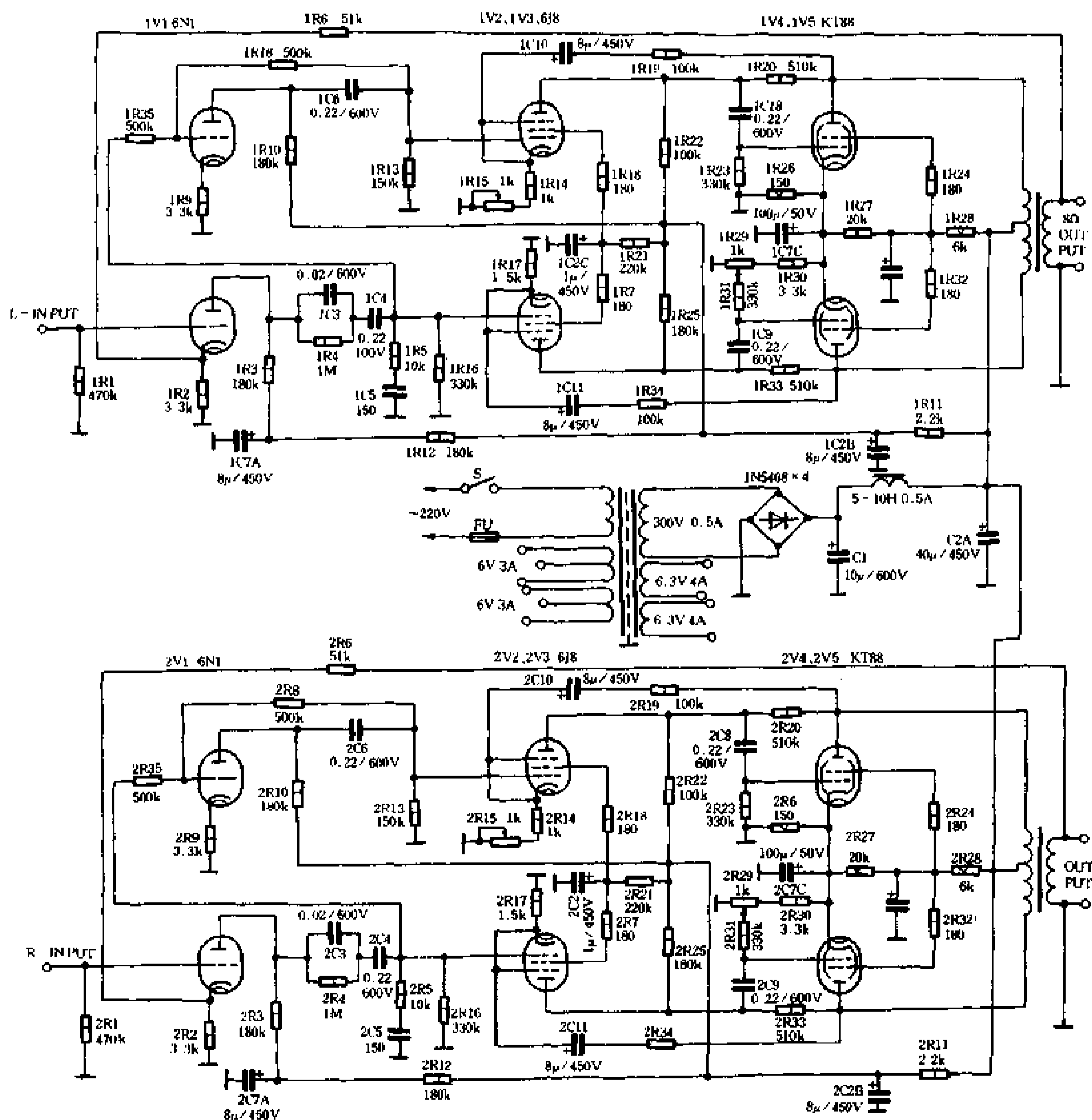


图 1-8

当输出电子管采用 EL34 作推挽放大时，每路输出功率可达 $40W \times 2$ ；采用 KT88 作推挽放大时，每路输出功率可达 $60W \times 2$ ；采用 KT100 作推挽放大时，每路输出功率可达 $80W \times 2$ 。

输出变压器采用分层式高保真绕法，其屏极至屏极的负载阻抗为 $5 \sim 8k\Omega$ 。为提高变压器的效率应采用冷轧硅钢片。本机外观如图 1-9 所示。其底板尺寸和底板接线分别如图 1-10 和图 1-11 所示。

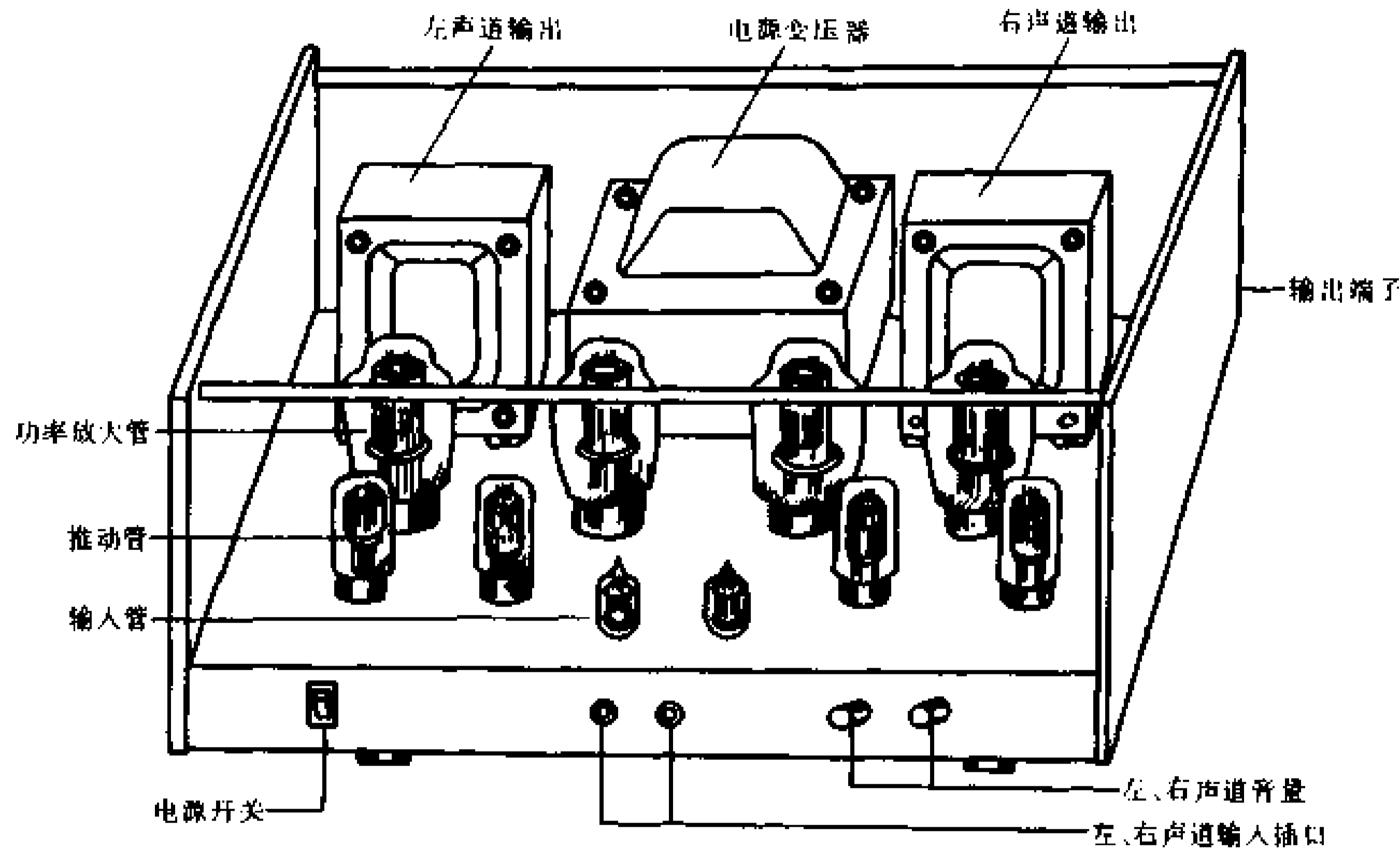


图 1-9

线性标准式放大器的特点是总的负反馈量大(达 34dB)，在图 1-8 电路中采用了三重反馈式，以求得放大器的稳定和较高的技术指标。为防止自激振荡，在电路中安排了合理的补偿网络，对高频段与低频段的频响采用了阶梯式补偿方式，其电路的技术水平较高，如图 1-12 为扩音机的负反馈结构。

图 1-8 中推动管 V2 与 V3 采用高频五极管，如 6J8、6SJ7、EF86 等均可。因为五极管的增益比三极管高，静态内阻非常高，平衡状态更为良好，这样有利于加多级负反馈。

R20 与 R33($510k\Omega$)为输出管屏极至推动管屏极间的负反馈电阻，其反馈量为 11dB。

由于推动级是由高频五极管组成的电阻耦合放大器，虽然存在上述两级负反馈网络，推动级与输出级的总增益仍可达 50dB。

输入和倒相采用双三极管 6N23、6N11、6N10、6N2 等，由 V1 的一半组成公共屏极负载式倒相电路，其负载电阻由 R10($180k\Omega$)、R13($150k\Omega$)和 R8($500k\Omega$)并联而成。

V1 的另一半担任输入电压放大，其输入阻抗为 $500k\Omega$ 。在输入管的阴极至输出变压器的次级间接上 R6($51k\Omega$)，作为整机的负反馈电阻，其反馈量为 14dB。

这样整机的总反馈量即等于 $9dB + 11dB + 14dB = 34dB$ 。

有了这样深度的负反馈，电路的失真、稳定性、信噪比、频响等技术指标均可达到较高的水平。

音频放大器的频响补偿要点，主要取决于电路的形式和放大级数的多少。在多级音频放大电路中，电压放大器通常采用电阻耦合放大电路，而功率放大器则通常采用变压器耦合放大电路，所以多级音频放大器总的频率响应也就是由这些基本电路的频率响应组合而成。

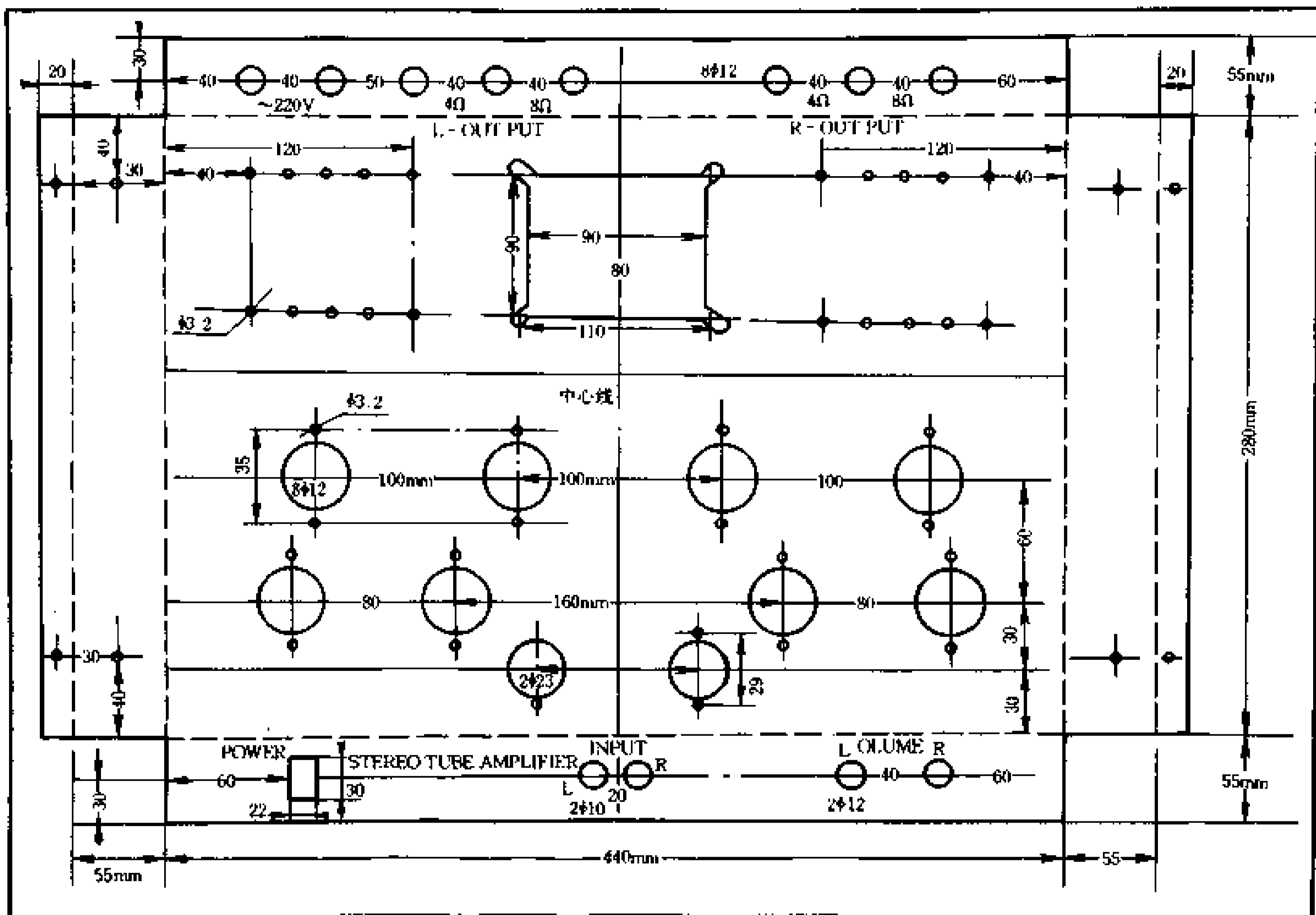


图 1-10

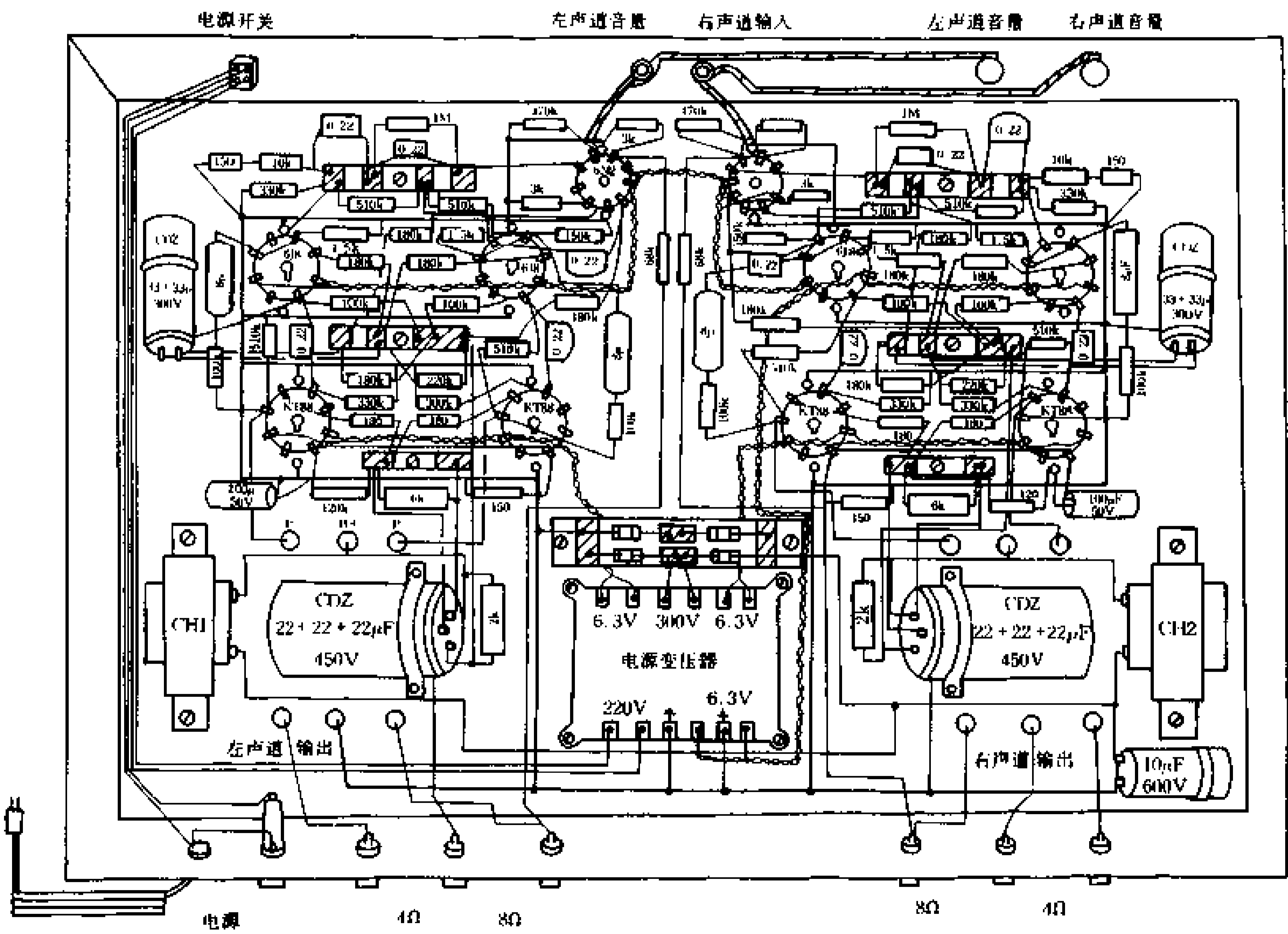


图 1-11

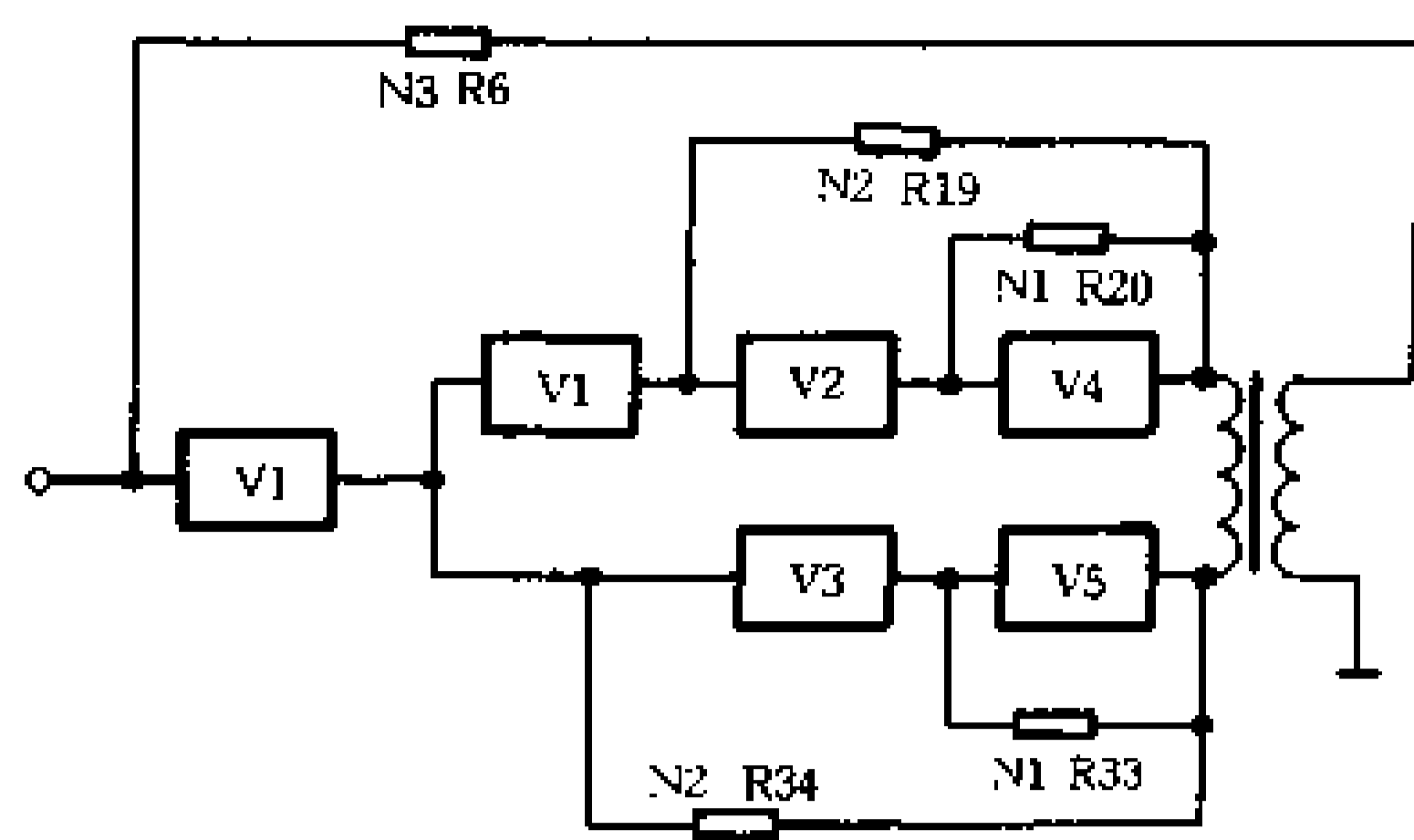


图 1-12

本电路的频响曲线在中部频率段是平坦的，而在低频段与高频段则按一定的斜率下降。对于与此相关的相位特性，若以中部频率相位作基准，低频段的相位是超前的，而高频段的相位是滞后的，所以在多级放大器中经常采用阶梯法分别对低频段和高频段进行专门的补偿。

本电路的阶梯补偿电路设置在前级放大器中，这种设计是完全合理的。如果将补偿电路接到末级，则低音频段的最大输出就会减小，若勉强增大输出，那在阶梯电路之前的放大级中就会产生显著的非线性失真。

显著的非线性失真。

根据测试，低频段的频响曲线从 50Hz 起按 6dB/倍频程的斜率下降，在按这一斜率下降到 8Hz 处频响曲线再度平坦。故根据这一特点，本电路在 50Hz 到 8Hz 之间插入按 6dB/倍频程下降的阶梯补偿电路。

阶梯补偿电路接在 V1 的屏极中。在低频段，C5 的容抗极大，因此 R5、C5 可以看作不存在，这样从 V1 屏极向右方看就得出图 1-13 所示的等效电路。这里为了简化起见，C4 的容抗不计，等效中的 R 由 R16(330kΩ)和 R35(500kΩ)并联，约等于 200kΩ。电路频率补偿特性如图 1-14 所示。

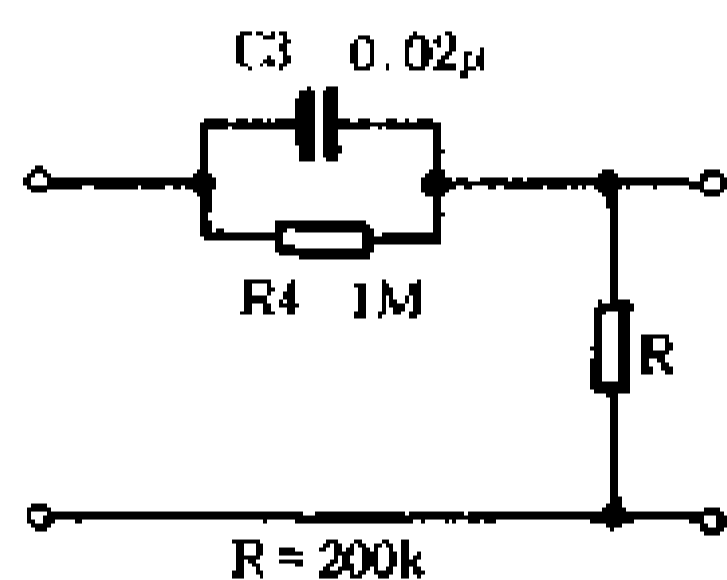


图 1-13

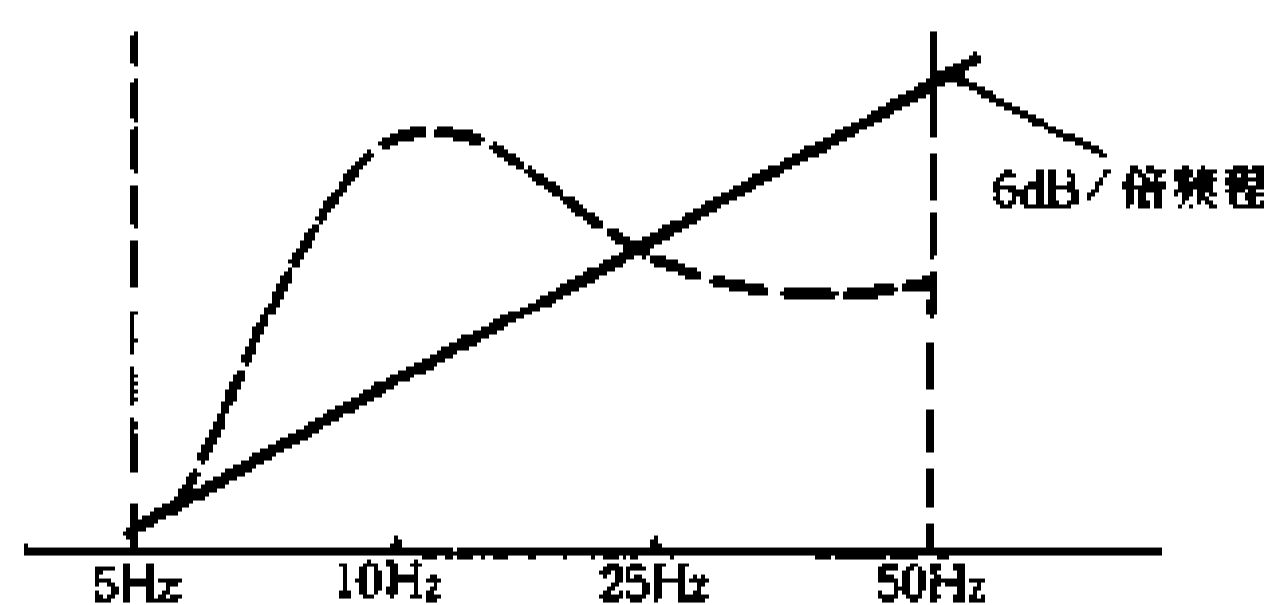


图 1-14

在高频段，C3、C4 的容抗很小，故可忽略不计。所以等效电路即由 R5(10kΩ)与 C5(150PF)再加上 VE1 管的内阻 R(约等于 300kΩ)组成，如图 1-15 所示，其频率补偿特性如图 1-16 所示。

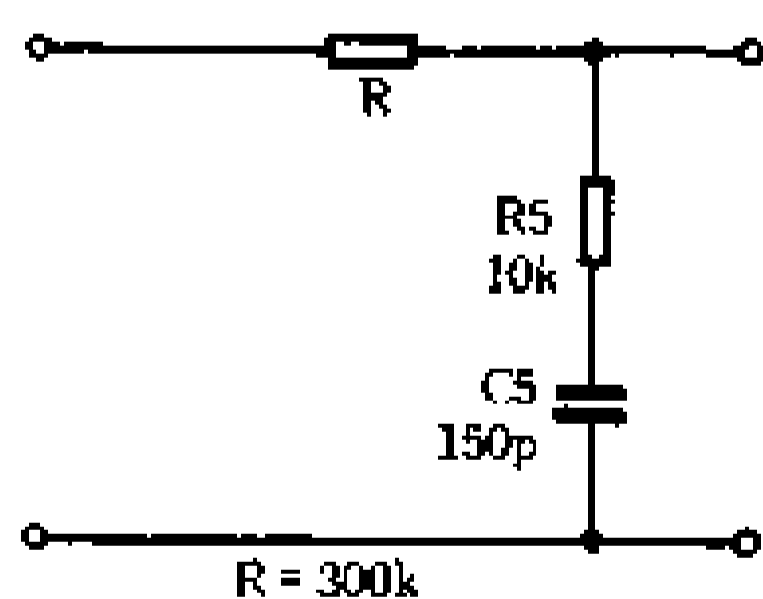


图 1-15

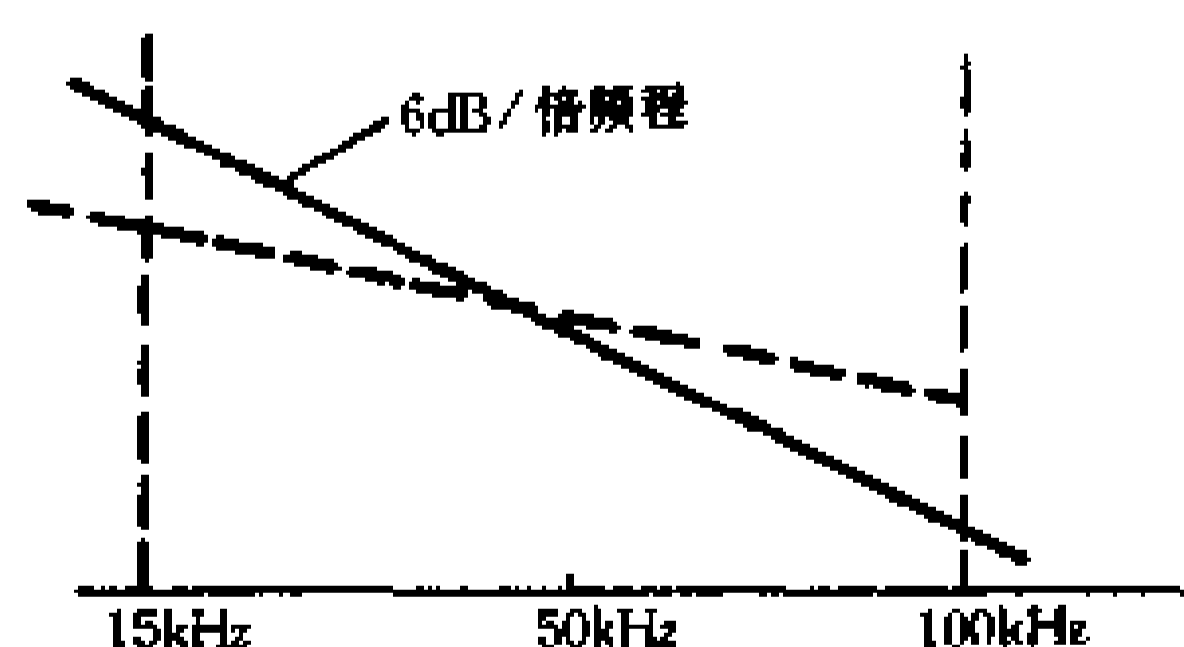


图 1-16

【整机调试】

安装焊接工作结束后，便着手进行整机的调试。在插上电源以前，应仔细地将全部接线与电路核对一下，看看是否有接错与漏接的元器件，各元件的位置是否安排妥当，一切检查结束后，即可通电进行调试。

(1) 调整各级工作点

电源部分的调整：先测量电源变压器各交流电压值，再测各灯座上的灯丝电压值。左、右声道推挽功率放大管的灯丝分为两路，每路均为 6.3V。前置级与推动级的灯丝电压为 6V，并带有中心抽头接地。前级灯丝电压低于后级，其目的是让前级灯丝的发射能力稍微降低，以减少杂声与交流声。

再测高压输出，经过桥式整流、滤波后的直流高压，其数值应等于交流高压值的 1.4 倍，如交流高压为 320V，则直流高压应等于 $320V \times 1.4 = 448V$ 。

推挽功率放大级的调整：先在输出端子上接好假负载或扬声器，再插上电子管，切勿使输出空载。测量屏极电压和帘栅极电压时，是万用表正端接屏极或帘栅极，负端接该管的阴极，而不是接地，因为屏极和帘栅极电压都是对阴极而言。

调整栅负偏压时，应注入信号，并要求推挽管的两管栅负偏压相同，相差较大时可调整阴极电阻及栅漏电阻的数值。

屏极电压与帘栅极电压不宜相差过大，如用 EL34 作功放管，屏极电压在 400V 时，其帘栅极电压应保持在 380V 左右。如电压相差过大，则表明高压电源的内阻过大，阻流线圈内阻偏大、滤波电容器容量不足以及高压泄放电阻数值过小等。

推挽管的屏极电流相差不应超过 5%，这样两管就比较平衡，非线性失真较小。如相差过大，除调整阴、栅阻值外，还可以互调配对的电子管。

如功放管屏流过大，会导致功率电子管屏极发红，这样很容易烧坏功率管。这时应先检查输出变压器初级或次级负载是否有过载或短路，再检查栅负偏压是否正常，帘栅极电压是否过高，阴极旁路电容是否短路或严重漏电。

推动级的调整：推动级的功能是为功率放大级提供足够的推动电压，如推动功率不足，则功放级不能达到规定的输出功率。应先测量推动管屏极电压与栅负偏压是否达到正常数值，再检查耦合电容与旁路电容是否良好，最后再检查负反馈网络是否正常，阻容器件是否有变质等。

前置放大器的调整：先调整前置放大器各极工作点，使之处于正常值。由于前置放大级灵敏度较高，极易产生交流声。分析其原因有两种：一种是由于电路本身产生的，即因为静电感应而产生的交流声，这是因为栅极回路与阴极回路的接线隔离未安排妥当；另一种是因磁感应而产生的交流声，这是由于栅极回路和阴极回路与底板的通地未在同一点上，受到磁力线感应所致。此外还有电子管本身栅极与阴极间有漏电现象，或阴极与灯丝间有漏电现象，此时在阴极可采用大电容旁路或在灯丝中心抽头处加接平衡电阻来解决。

(2) 新装机如何开口发声

当各极工作点调整无误后，则可从输入插口端注入信号，如激光唱机或随身听的音频输出信号。本机音量电位器由小逐渐调大，此时扬声器即可发出宏亮的声音。

如果扬声器毫无音讯，应当逐级检查。先将信号源的输出端子一端接地，另一端串接一只隔直电容后，从前置级的栅极直接输入，如果此时有声音，则表明输入插座没有接触好，如果仍然无声响，可将信号逐级从倒相管、推动管栅极输入，如还是无声响，则可加大信号源的输出，将信号直接送到功放管的栅极，扬声器中如仍无声，则表明输出变压器或扬声器有断线。把原因找到后，新装机即可开口发声。

(3) 如何消除新装机的交流声

电子管功放机与晶体管功放机不同，其电源滤波不是依靠几千至几万微法的电解电容器来解决的。一台质优的电子管机，正常情况下在距音箱 1 米的范围内是听不到明显的交流声的。如果在 3 米以上的距离仍能听到明显的交流声，则表明此机尚存不足之处，必须从前置

级开始逐级检查。

当输入接线端子通地不良，或金属隔离线的接地线与信号线反接时，均会产生交流声。判断隔离线是否反接时，先用手按在输入端子上，此时交流声会显得更大，而通地不良时，则用手按在输入端子上时，交流声反而随之减小。

将音量电位器置于最小位置，如仍有交流声，则表明交流声发生在内部各级，必须逐级进行检查。

先将前置级与推动级电子管全部拔去，只剩下功率放大管，如扬声器内仍有交流声，则可能是电源变压器或阻流线圈在安装时，铁片未旋紧或铁片与底板之间产生振动引起交流声。此时除旋紧铁片外，还应当将变压器与底板之间加上隔离垫片。电源变压器的静电隔离层接地不良，也会产生交流声，电源滤波电容器容量不足会引起交流声，可增加并联滤波电容器。当第一级滤波电容失效时，不但交流声大，而且音轻，因为高压降低了；第二级滤波电容失效时，不但交流声大，而且有啸叫。

功放管灯丝上电压不足或灯丝与阴极漏电均会产生交流声。推挽管不平衡也会产生交流声，可以互换一试。

插入推动管后如产生交流声，应着重检查推动级的去耦电容是否漏电。栅漏电阻通地不良、交连电容器装置位置不当及附近杂散电磁场的影响，均会产生交流声。

最后插入前置放大器，如插入后产生交流声，除检查一般元件的装置位置外，还应着重检查两只音量电位器的接地，如金属隔离线过细，通地点不妥当，均会引起交流声。

输入端子的接地点也很重要，必须使用内阻较小的编织多股接线，在输入管附近接地。

(4) 如何减小新装机的失真

推挽功率放大级的屏极电压、帘栅电压与栅负偏压应尽量调整到两管对称与平衡，这是改善失真的关键。

功放管的灯丝电压不足，或阴极与灯丝漏电时均会导致失真。输出变压器次级阻抗与扬声器音圈阻抗不匹配会产生失真。阻抗过小，发声尖锐；阻抗过大，发声沉闷。输出端子至音箱的引线过长过细也会产生失真，且音量越大失真越大，最好按功率输出大小采用音响专用接线。输出变压器初级阻抗与功放管屏极阻抗不匹配时，音量增大、屏极效率下降，也会导致失真。推挽管阴极旁路电容器漏电，栅极耦合电容器漏电，均会导致音轻，并伴有严重的失真。倒相级的屏阻不等，导致倒相输出不平衡，亦会引起失真。前置放大级的屏极电压过低，耦合电容器漏电均会产生失真。

6. 和韵 M100 合并式电子管功率放大器

最近几年，电子管音频放大器在市场上的占有量正在逐步增长，它虽称不上主流，但它的复出也确实引起了较大的反响。

许多朋友都曾有过这样的疑惑：电子管作为一种古老的电子器件，早已是昨日黄花，在二十多年前已被淘汰，今日的复出究竟是什么原因呢？回答或许是多种多样的。在此，谨引用我国的一位著名电声学家的话，作为这些疑惑的解释，“那种把电子电路的发展分为电子管、晶体管、集成电路、大规模集成电路等四个时代，我认为一个时代比一个时代先进的说法，对电子计算机技术来说可能比较确切，对声频电路说来则似乎并不全面”。以上四个时代的划分，只表达了电路形式的不同，但声频电路的先进性，主要应看设备的综合指标、综合性能，特

别要看音质是否良好，不能只看电路形式。

不可否认，晶体管音频放大器在近些年经过不懈的努力确实有了长足的进步，但作为晶体管器件本身却并没有发生根本性的转变，其器件本身的一些先天缺陷反过来也制约了它在音频领域更进一步的发展。这也就是为什么晶体管电路越做越复杂的原因。

在国外，电子管机常常被人称之为“贵族机”，这主要是指它的价格。而在中国大陆，情况则大为不同，首先，中国是目前世界上电子管生产量最大的国家，得天独厚的条件也就促进了国内电子管的发展。目前，国内生产的一些优秀电子管机型，无论在外观、性能、素质、声音等方面都与国外的一些优秀机型相距不远，而在价格方面却比国外机型便宜很多，为国人所能接受。

北京欧博音响技术公司开发、生产的 M100 型合并式电子管音频放大器便是一款针对国内市场的低价位机型。它的使用甚为方便，只需接上信号源（如 CD 机、VCD、卡座、收音头等），接上音箱线即可开声，免除了前后级搭配挑选等问题的烦恼。

以有限的成本而达到理想的效果，这对于设计师来说几乎是一个难题。如何使 M100 的素质得到保证呢？对于这样一台低价位机型，M100 在关键的元器件上注入了最大的投资，并没有做省略处理，以此保证了整机的素质在一定的水平线上。

【电路原理】

M100 的电路如图 1-17（图中只画出一个音频通道）所示。它共使用了 2 只 6N11、2 只 6N8P、4 只 EL34A。它是一款真正意义上的前后级合并式放大器。独立的内前置级部分与后级可连可分。在一般情况下，机内的前级已经可以满足使用，若有升级要求，便可通过 LINEIN 接口，接入更为发烧的前级（如和韵 QM-I 分体前级），即可达到目的。这样的设计，主要是为了方便用户，也可用来单独比较后级或者前级之用。

从 M100 的电路上看，它属于典型的电子管电路。它的前级放大、后级输入级放大都是普通的共阴极放大器，长尾式倒相级，末级功率放大是经过改良的标准接法。然而，也就是在这普通的电路上，根据测试指标及主观听音要求，对电路参数进行慎重仔细的选择调整。首先，是整机的开环特性，M100 后级的开环增益设计的比较低，输入级选用了低内阻低噪声高跨导的电子管 6N11，开环的频响，失真度等指标都比较理想。这也就为施加浅量大环路负反馈创造了条件。M100 的大环路负反馈量的改变对声音倾向有着重要的影响。M100 的大环路负反馈量只有 5.8dB，闭环 10W 时的影响是 6Hz~60kHz（-3dB），谐波失真在 10W 时 0.15%（1kHz、10kHz）。浅量的负反馈也就带来了声音上的一些特征：明朗、富有弹性、低音丰厚清晰，瞬态反应良好，同时，中音也反应的更加醇厚。

由于输出变压器是一个感抗器件，并由于分布电容及漏感的存在，使频率高端会出现一个谐振峰，虽然这个谐振峰远在人耳听域之外，但它的存在确实会部分影响听域内声音的重播。为此，M100 对零极点进行了修整补偿，使频响曲线呈单调下降的状态，这一点，在音频放大器里尤为重要。

M100 的末级功率放大，经过反复实验，最后采用了改良的标准接法，它不同以往常见的标准接法，而是在帘栅极各自引入一定的电流负反馈，使末级的谐波失真、特别是高频端的谐波失真较之于标准接法超线性接法有了较大幅度的降低，主观听音方面也有了可观的改善，同时，在稳定可靠的前提下，输出功率又提高到了每个声道 50W(RMS)以上。

输出变压器在后级放大器里所起的作用是举足轻重的，它几乎是后级放大器的灵魂所在。M100 的输出变压器采用了多层多段结构，无氧铜漆包线绕制、高矽冷轧硅钢片、环氧树脂端

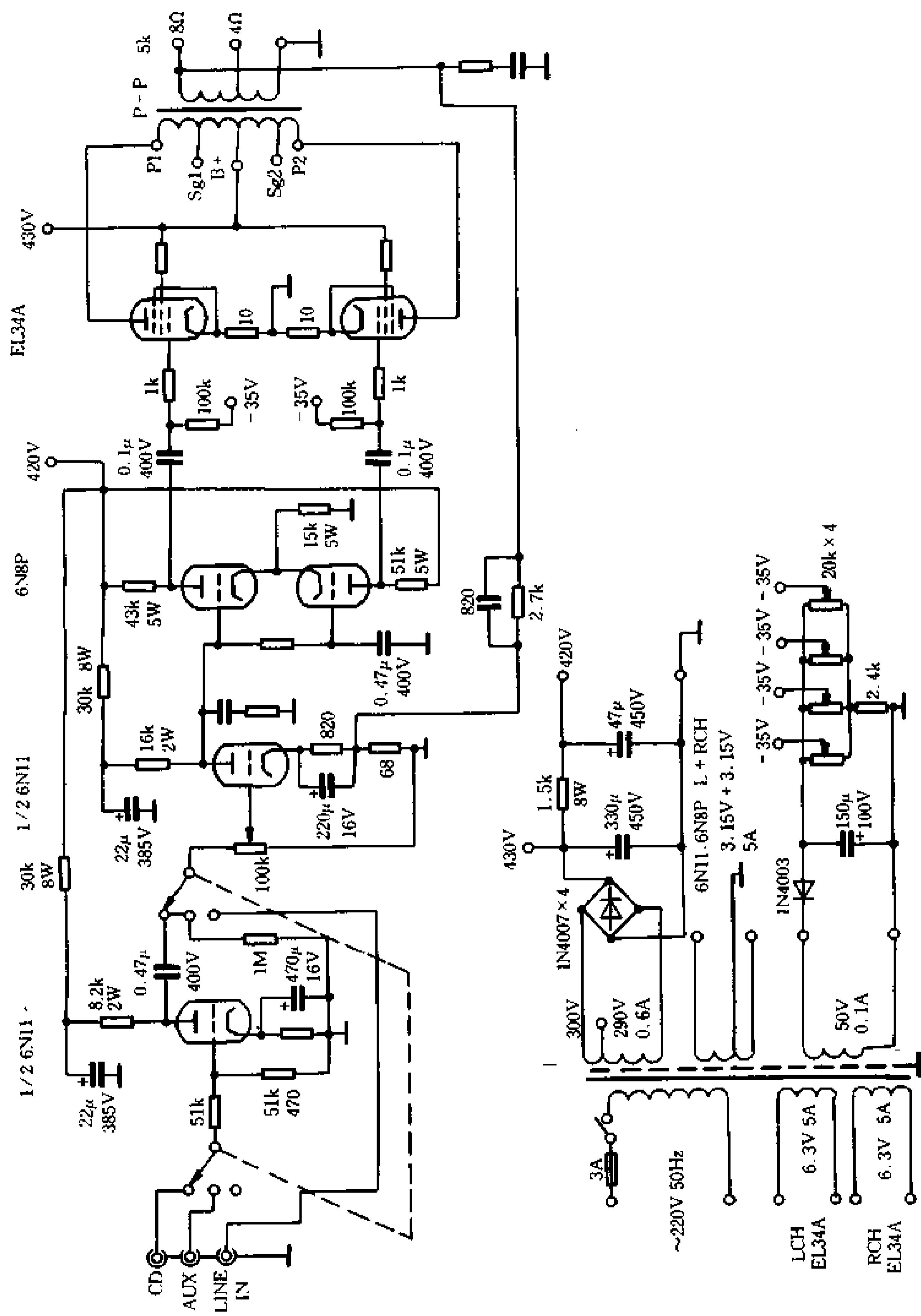


图 1-17

封。变压器的初级电感量在频率 50Hz 时 175H 左右，分布电容、漏感非常之小，在频率 1kHz~10kHz 时的初级漏感小于、等于 8mH。

在整机外形布局上，M100 采用了进口不锈钢底壳，两侧附以美国樱桃木梯形木边，圆形冲压变压器罩，三只变压器呈倒“品”字形安置，整体的重量分布，热分布都十分良好。外形看上去大方明快。

整机的电压放大级及倒相级安装在一块双面印制电路上，灯丝部分由导线连接，功率放大级则由搭棚焊接工艺。输入选择部分以最短捷的导杆开关方式连接，使信号串扰降低到最低限度。

M100 使用了环形电源变压器，WIMA、ERO 耦合电容、进口电解电容、ALPS 音量电位器，镀金扬声器端子 RCA 座、北京 718 厂生产的 RJ 型金属膜电阻，军品电子管。特别值得一提的是：M100 所使用的 EL34A 电子管是近期北京电子管厂根据设计者的要求精心研制的，与 M100 的声音特点相得益彰。

M100 搭配什么样的 CD 机和音箱是许多朋友所关心的事情。CD 机方面，中低价位的可选用 CEC891、马兰士 63、飞利浦 931、951 等。音箱方面的选择则以英国音箱为主，像 ProAC、KEF、Rogers、Spendor、HARBETH 以及 AVANCE 等。线材方面有美国的怪兽、AQ、荷兰的 VDH 等。以上的这些音箱及线材在中低价位都有多款可供选择，整套系统的预算可控制在万元之内，若是搭配得当，效果一定不会令人失望。

M100 在播放各类音乐体裁时都有比较好的适应性，这一点正和设计者的初衷相吻合。用它播放《响韵》中的《无词剧》一曲时，大鼓的动态、质感、能量感与现场十分相近；当播放方明、雅坤的朗诵时，人声的口形合适，定位清晰；在男女声对唱《三十里铺》这首歌里，男女生两位演员的声音表现的很“通”，没有过多的渲染和损伤。在播放小提琴、大提琴、钢琴及管弦乐队的演奏时，M100 表现出一种很耐听的音乐感，又不失之准确的特性。

7. 名胆 2A3 及其应用

本世纪三十年代，2A3 诞生于美国的 RCA 公司。2A3 是一支典型的直热式功放三极电子管，它以内阻低、线性好、频率特性优良而著称，在声频领域使用了达半个世纪之久。2A3 并非 RCA 公司的一枝独秀，在过去年代里原西德、英国、前苏联及东欧一些国家均曾大量生产，形成了一个 2A3 家族。如 AD1(原西德、东欧)、2C4C(苏式)，其它各国也推出了 6 字头系列的 6A3、6B4G、6C4C。以上各管，性能相同或相近，只要注意到灯丝电压和管脚排列方式，换上不同品牌，便可领略不同风味。RCA 公司的 2A3、OTK 牌的 2C4C 独具魅力，在胆机迷中，多有珍藏。近年，数码音源的出现，使尘封老胆重放异彩。为满足国内外发烧市场的需要，我国长沙曙光电子管厂也开发成功了国产 2A3，其外形及电参数与 RCA 公司的 2A3 完全相同，可互换。由于材料技术及生产工艺的差别，其胆味与上述各牌又有不同，在东邻日本倍受称道。2A3 特性如表 1-3 所示。管脚排列方式如图 1-18 所示。

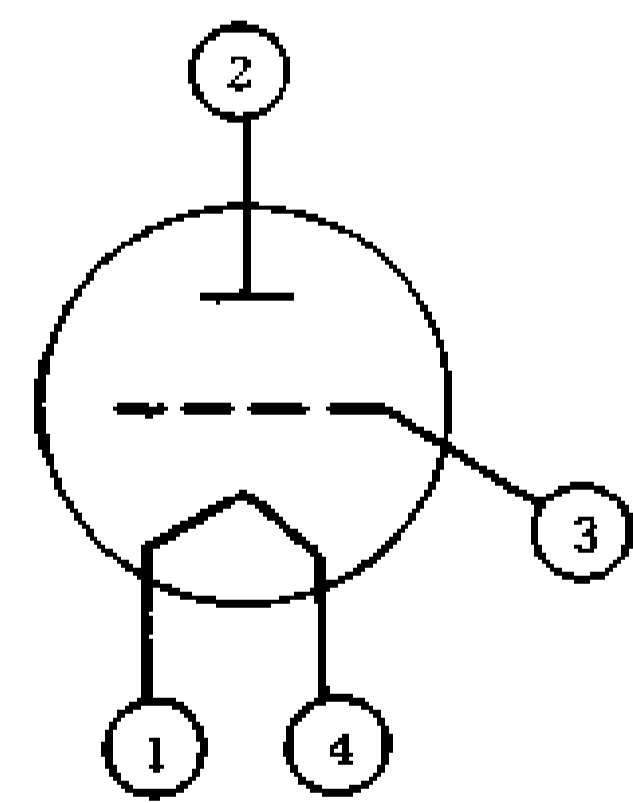


图 1-18

2A3 的应用电路很多，按工作状态分不外乎有单管 A 类、推挽 A、AB1、AB2 类，尤以 AB1 类最为常见。表 1-4 列出了 2A3 的 A 类单管及 AB1 类推挽工作状态，由此派生出了很多应用电路。本文选出了具有代表性的几种应用电路作一介绍。

表 1-3

主要用途:	音频功率放大	主要用途:	音频功率放大
主要电参数:		主要电参数:	
灯丝电压	2.5 伏	阴极自给偏压电阻	750 欧
灯丝电流	2.5 安	电压放大系数	4.2
屏极电压	250 伏	跨导	5.25 毫安/伏
屏极电流	60 毫安	最大屏耗	15 瓦

表 1-4

工作状态	A 类单管	AB1 类推挽	
		固定偏压	阴极自给偏压
屏极电压(V)	250	300	300
栅极偏压(V)	750Ω 阴极电阻自给	-62	780Ω 阴极电阻
激励电压(V)	≤45	124(G-G)	-
零讯号时屏流(mA)	60	80	80
最大讯号屏流(mA)	60	147	100
负载阻抗(Ω)	2500	3000(P-P)	5000(P-P)
输出功率(W)	3.5	15	10

负反馈对音质害多益少，现在已成共识。但不加负反馈就能稳定工作的放大器件可谓凤毛麟角。而 2A3 的开环特性就很理想，在无负反馈时，工作稳定，这无疑对减少 TIM、IIM、PIM 失真大有裨益。如图 1-19 所示为近年来在日本胆迷中流行的单管 A 类放大线路，图标元件已换用国产相同器件。该线路简单、元件少、制作很容易，其出声迷人，浓郁的胆味令人

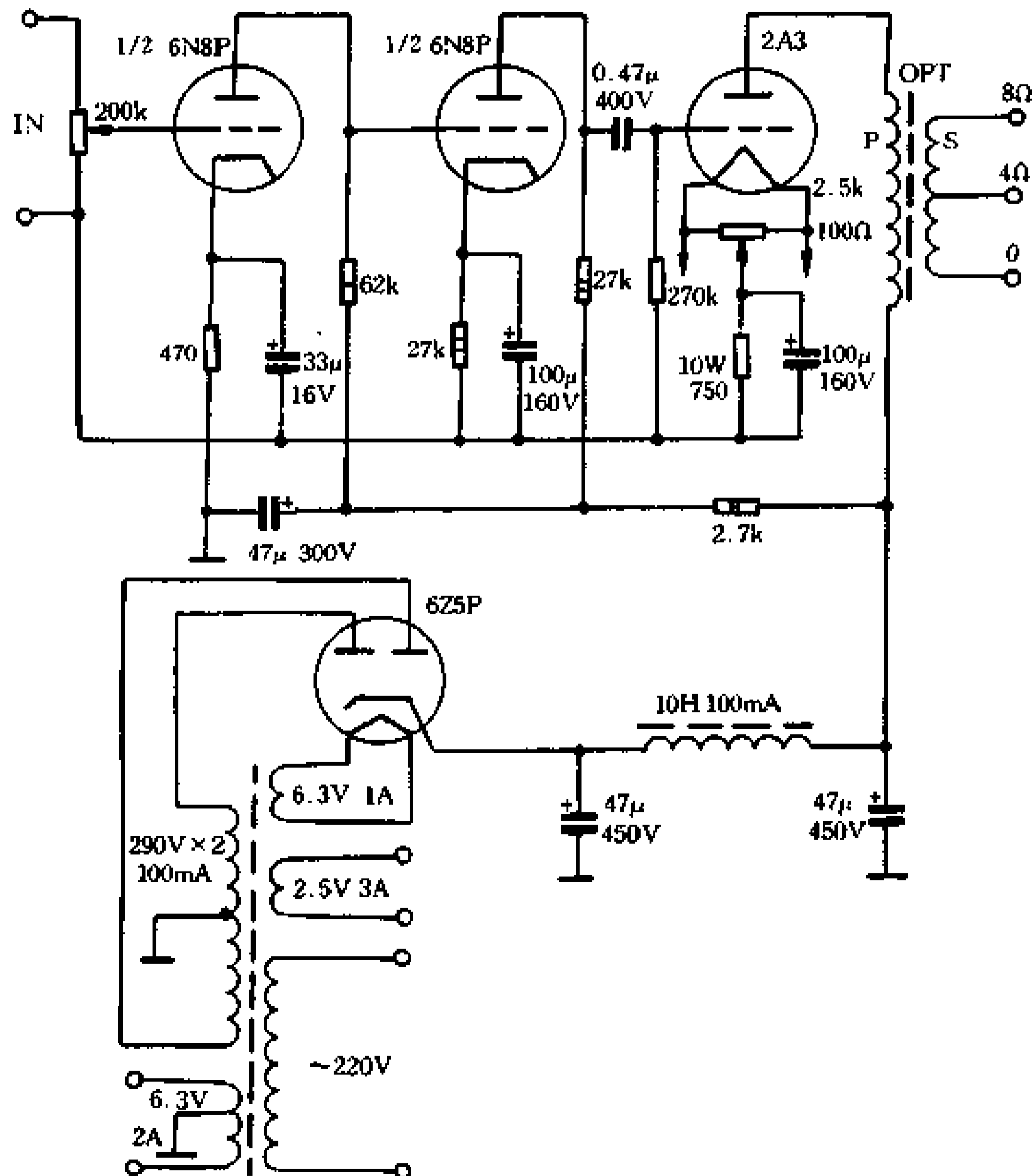


图 1-19

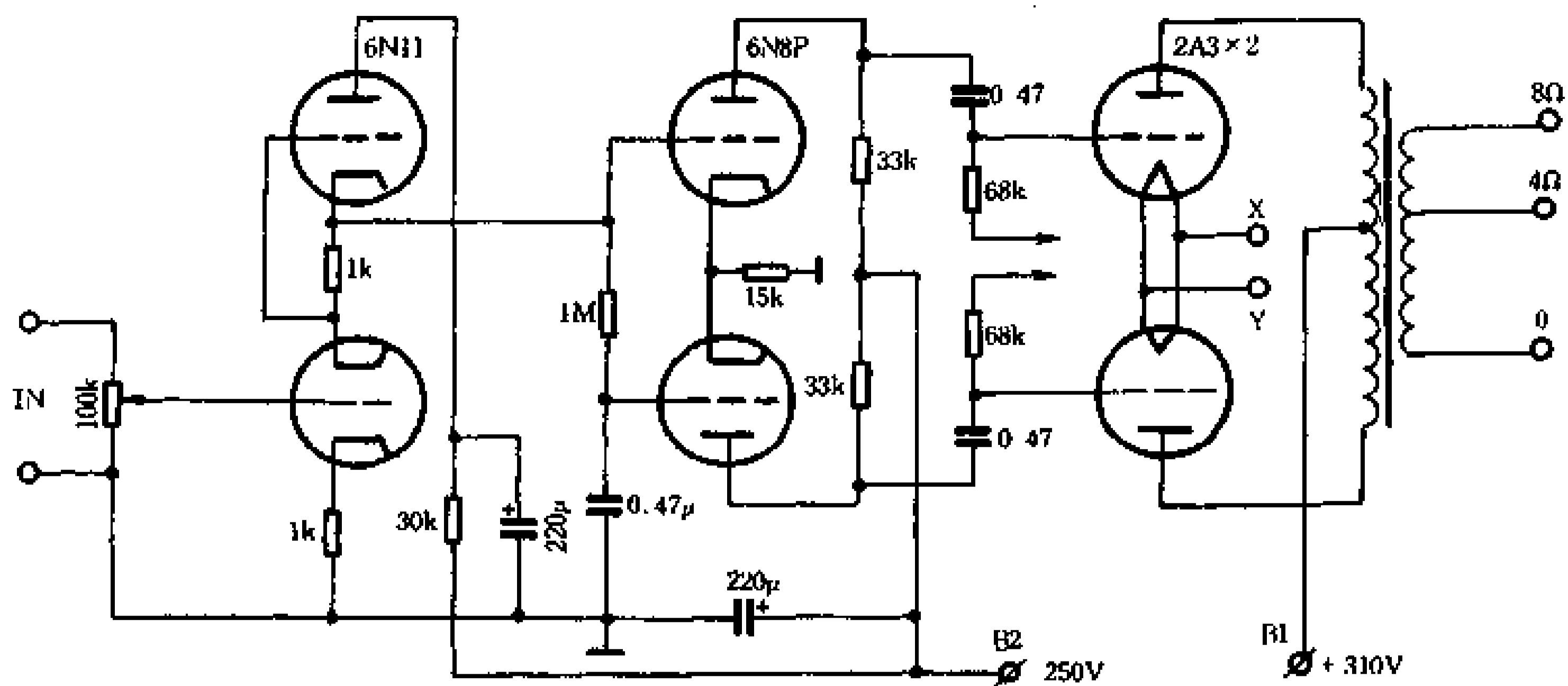


图 1-20

倾倒。而图 1-20、图 1-21 为推挽放大，有 10~15W 的输出功率。图 1-20 电路在胆迷中制作较多，出声不凡，不知是否得益靛胆 6N11，有待验证。最具有发烧味的可能要算图 1-21 所示线路了，由于使用了推动变压器，元件数目少得出奇，阻容元件仅 5 个。该线路倒相信号严格对称，激励电压可过荷，而不改变偏压，影响工作点，具有相当高的保真度，听感上也更胜一筹。但倒相用的推动变压器，制作难度较大，市售品售价不低，这是其缺点。

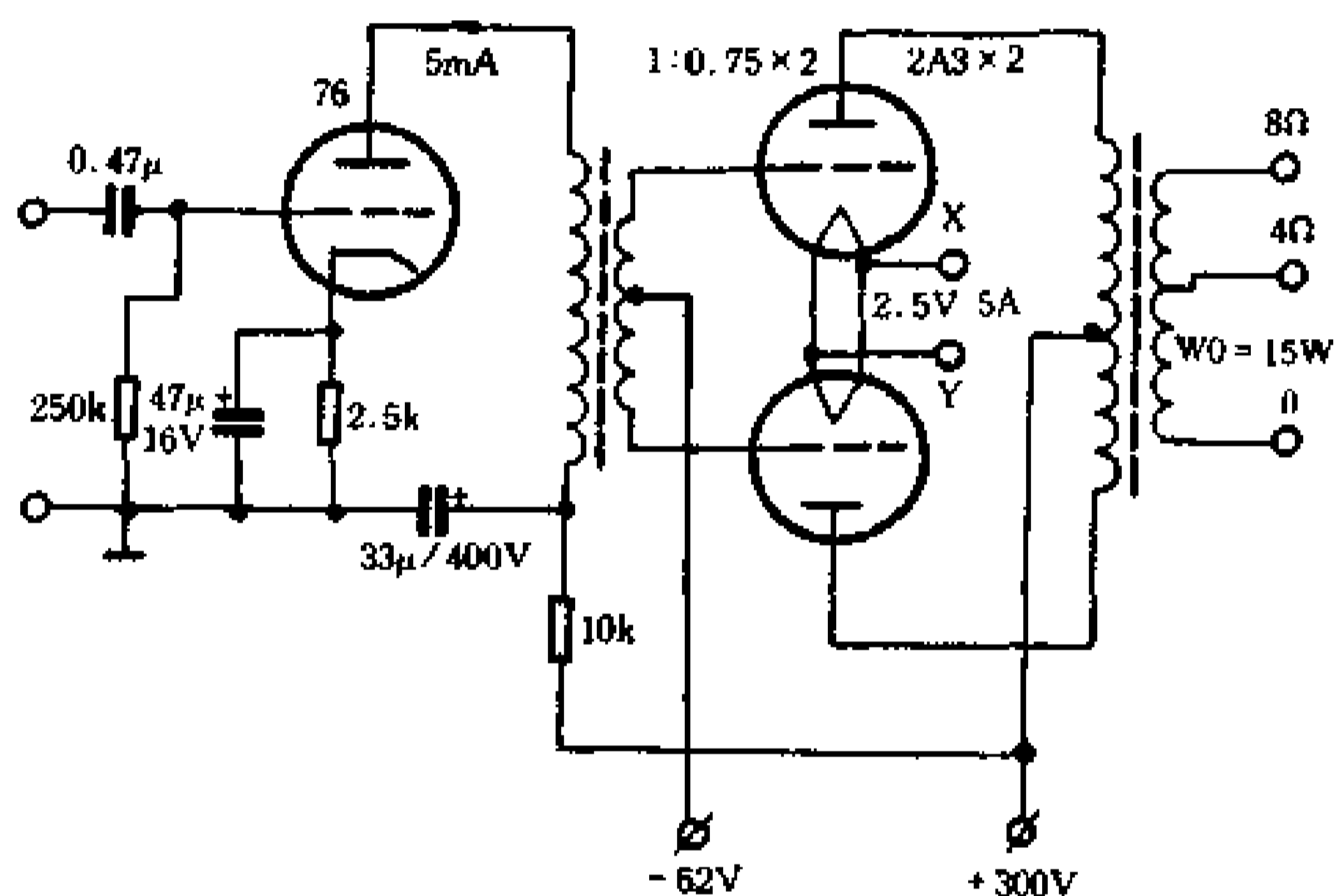


图 1-21

8. 纯甲类小胆机

本文介绍一款适合初级发烧友制作的小胆机。该机的主要特点如下：

- (1) 电路十分简洁(整机共有两枚电子管)，安装和调试很容易。
- (2) 工作点 Q 调至胆管特性曲线的中点，使之工作在纯甲类。这样，不但能得到较高的保真度，而且解析力表现也较突出。
- (3) 两只胆管均采用三极管，以便利用其 V_g 、 V_c 对 I_b 的双向控制特性提高线性度；同时，三极管的内阻较低，它在动态放大时能表现出电源特性，因而负载变化时的影响相对较少。
- (4) 电源供电采用半导体二极管整流电路，其中“热子”为稳压供电，整流电压经 7806 稳压取得 6V 输出，使灯丝处于欠压状态。这种供电方式对减小交流声、提高胆管寿命、缩小体积都是十分有利的。

该纯甲类小胆机如图 1-22 所示。该机的前置级和末前级由 V1 担任。V1a 做前级电压放大器，R1 是本级的 AC/DC 负反馈电阻，同时给 V1a 提供 1V 左右的自偏电压。R8 搭接在输入、输出级之间，形成大环负反馈，以便抑制大动态输入时引起的失真。V1b 和外围电路构

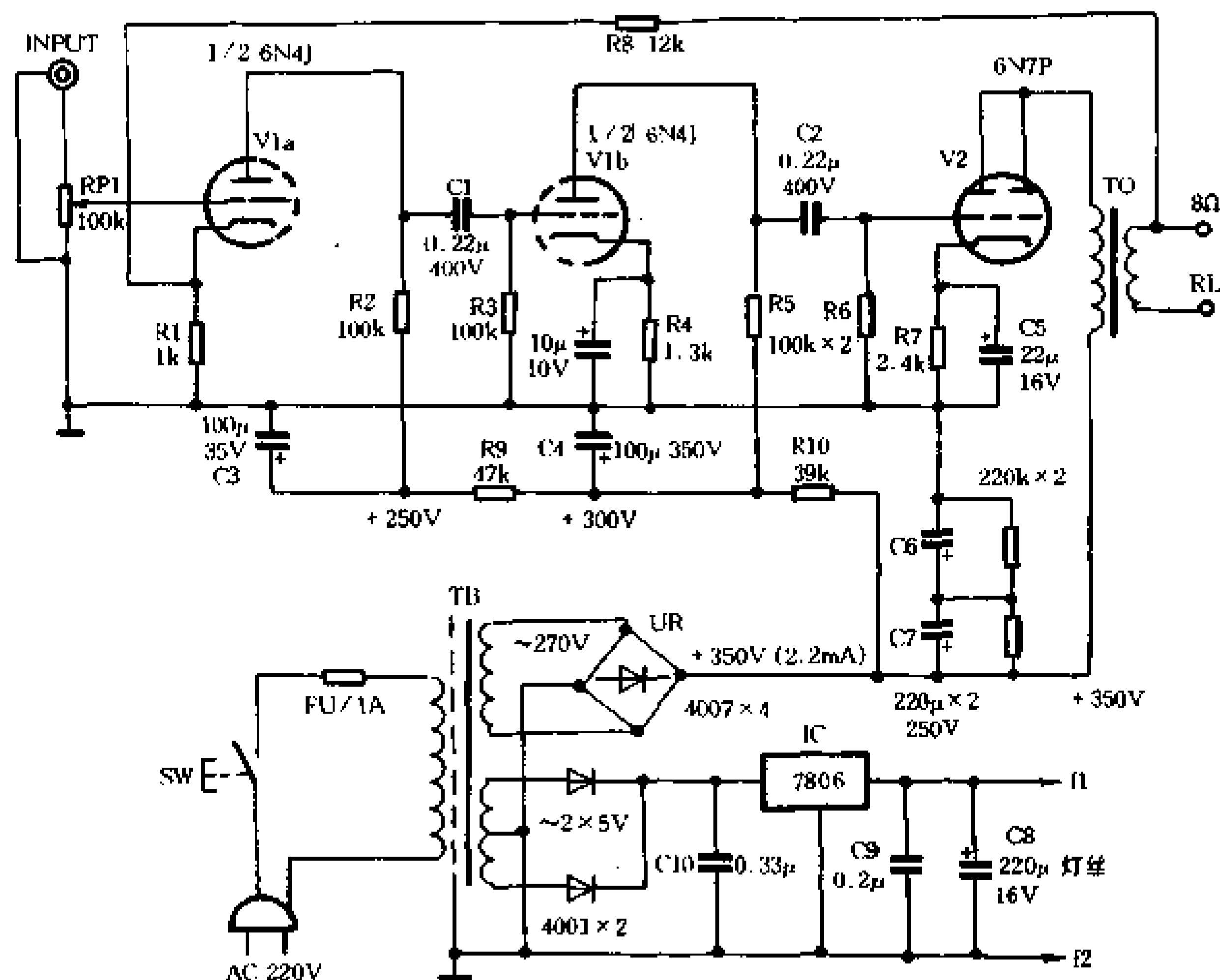


图 1-22

成功放激励器，确保末级功放能取得足够的推动电压，从而能产生较大的功率输出。

“小胆机”选材要精良，以便取得理想的“胆韵”。RP1 选用日产密封 WH161-1BP 电位器；电阻全部采用金属膜系列，功率容量要足够大。有条件时选用早期生产的“大红炮”电阻效果更佳。滤波电容采用“RUBYCON”电解电容，也可用国产品 CD11 系列。与滤波电解电容器并联的高频滤波电容器可选用 CT1 瓷片电容。级间耦合最好选用 SCLN 或国产 XIND AK-CBB 电容。VE1 为 6N4，VE2 采用旁热式共阴双三极管 6N7P。6N4J 和 6N7P 的管脚排列如图 1-23 所示。VE1 和 VE2 的特性参数如表 1-5 所列。电源变压器 TB 选用旧式电子管收音机老品；输出变压器 TO 自制，铁芯用冷轧硅钢片， $\mu > 8000$ 高斯，截面积 $S_c \geq 3\text{cm}^2$ ，绕组采用 4N 无氧铜 (OFC) 线分层分段绕制。初、次级匝数比 $n = N_1 / N_2 = \sqrt{R_{oa} / R_L}$ 。式中 N_1 、 N_2 分别为 TO 的初、次级匝数， R_{oa} 为末级输出电阻， R_L 为扬声器阻抗。详细的绕制方法可查阅有关资料。

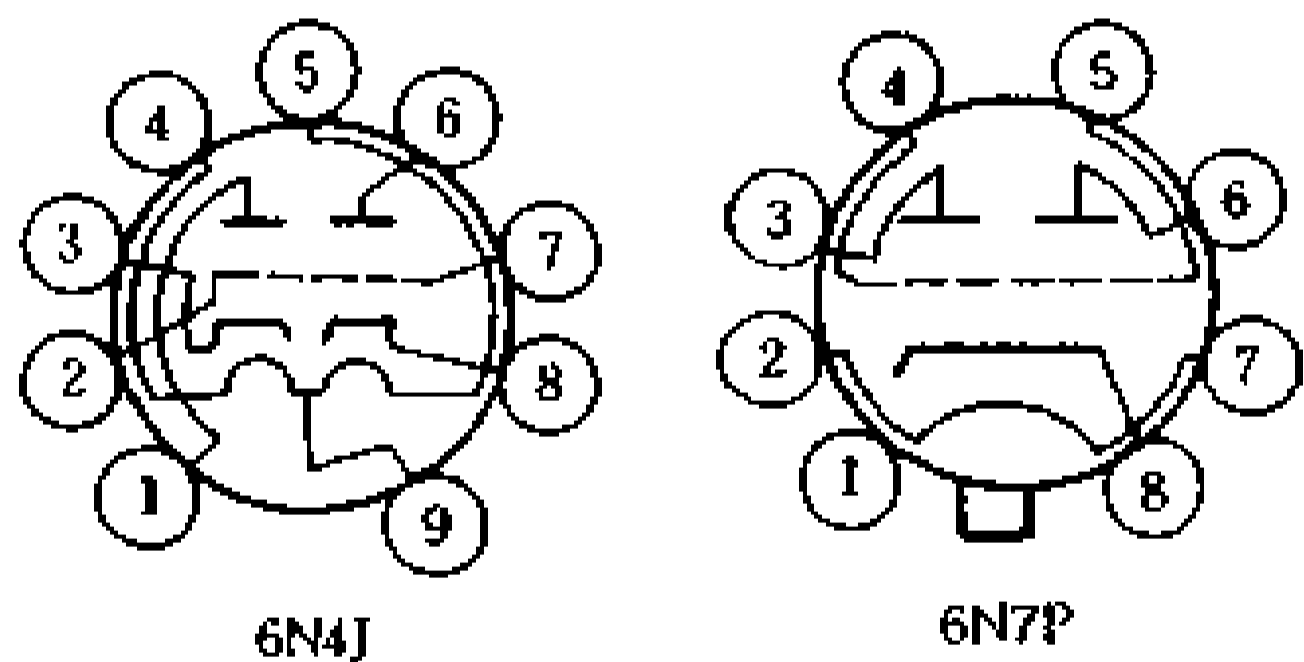


图 1-23

输出变压器 TO 自制，铁芯用冷轧硅钢片， $\mu > 8000$ 高斯，截面积 $S_c \geq 3\text{cm}^2$ ，绕组采用 4N 无氧铜 (OFC) 线分层分段绕制。初、次级匝数比 $n = N_1 / N_2 = \sqrt{R_{oa} / R_L}$ 。式中 N_1 、 N_2 分别为 TO 的初、次级匝数， R_{oa} 为末级输出电阻， R_L 为扬声器阻抗。详细的绕制方法可查阅有关资料。

表 1-5

参数名称	型号及其他	数据代号		代用型号
		6N4J	6N7P	
灯丝电压	U_f	6.3V	6.3V	6N4 代用品:
灯丝电流	I_f	0.3A	0.8A	ECC83
阳极电压	V_a	250V	300V	12AX7

续表

参数名称	型号及其他	数据代号		代用型号
		6N4J	6N7P	
阳极电流	I_a	2.3mA	3.5mA×2	6H211
栅极电压	V_g	-1.5V	-6.0V	6AX7
跨导	S	2.1mA/V	2.2mA/V	6AU7
内阻	R_i	46.5kΩ	22kΩ	
放大系数	μ	97.5	35	6N7P代用品:
最大屏压	E_{amax}	≤300V	≤400V	6N7/GT/G
阴极最大电流	I_{kmax}	10mA	≥50mA	6H7C
阳极最大功耗	P_{amax}	≤1W	≤60W	6A6
最佳阳极负载	R_{an}	—	2.5kΩ	5694

该机无需设计印制板,可用“搭棚”法焊接。技术指标: $P_{\Delta} \geq 5W(RMS)$, $F_R = 20Hz \sim 20kHz$, $THD \leq 5\%$ 。

9. 介绍一款宽频带电子管扩音机

在音响发烧友内,“胆”机(电子管)正以其“原汁原味”的魅力,越来越受到发烧友的推崇和青睐,如磁石般地吸引着音响发烧友。

胆机和石机相比,有较大优势:

- (1) 它的信号过荷承受能力明显优于石机。同等输出功率的胆、石机在相近的条件下工作,胆机的音质更加动听。它的低音绵绵牵绕、婉转柔和、高音清脆、铿锵有力。
- (2) 开环指标较好,无须加太深的负反馈,所以瞬态互调畸变极小。
- (3) 胆机的保护电路简单、热稳定性能好等优点,也是石机无法比拟的。

【电路原理】

电路如图 1-24 所示。RP2、R6、R7、R8 与 C2、C4 组成高通滤波器。由于 C2 对高音容抗较小,而对低音容抗较大,故输入到 RP2 的高音电压基本上高于分界频率(1kHz)。V5、V5' 的阴极未加旁路电容,以造成一定电流负反馈,末级则有 R14 和 C7 组成负反馈,以消除失真,改善高音音质。RP3、R19、R20、C12、C13 组成低通滤波器, C9 为高频旁路电容。VE2、VE2' 采用直接耦合,由于没设耦合电容,低音频率损失较少。末级采用推挽放大,使输出功率余量较大,同时可降低非线性失真和讨厌的交流声。

由于 V1' 的阴极电路上有电流负反馈, V2 阴极上有从输出端送回的深度负反馈,因而整个放大管失真很小,且可增加低音扬声器的阻尼。V3、V4 的阴极电路里,由 R29 至 R33 构成平衡电路,用以调整电子管的工作点,平衡屏流中的直流成分,减轻输出变压器直流磁化的影响。

组装和调试与普通电子管收音机相同,这里不作重述。

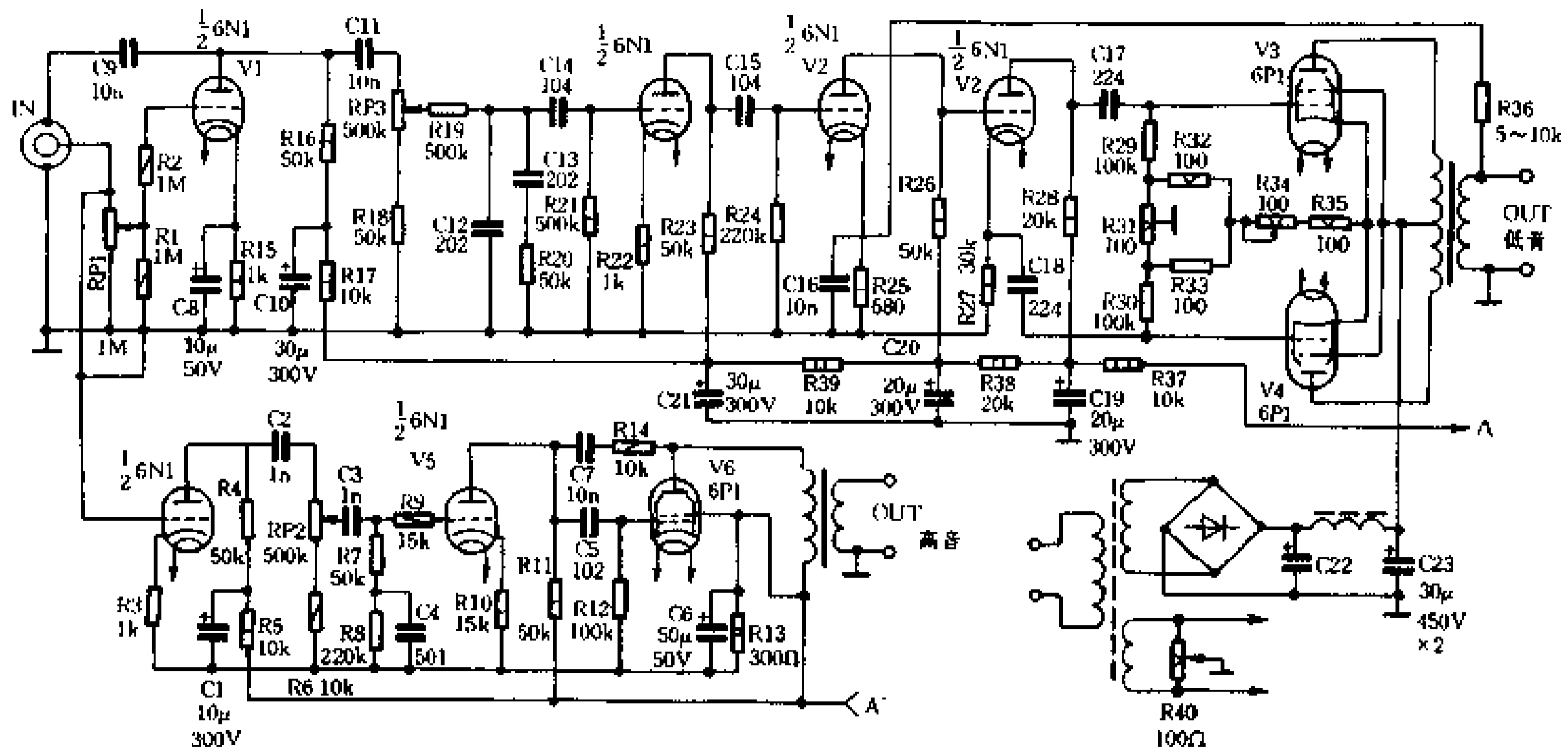


图 1-24

10. 自制小功率胆机功放

胆机被视为贵族机，单是价格昂贵的“输出牛”，就足以让许多朋友谈“胆”色变。其实，不用“发烧牛”照样可以使胆机发烧。

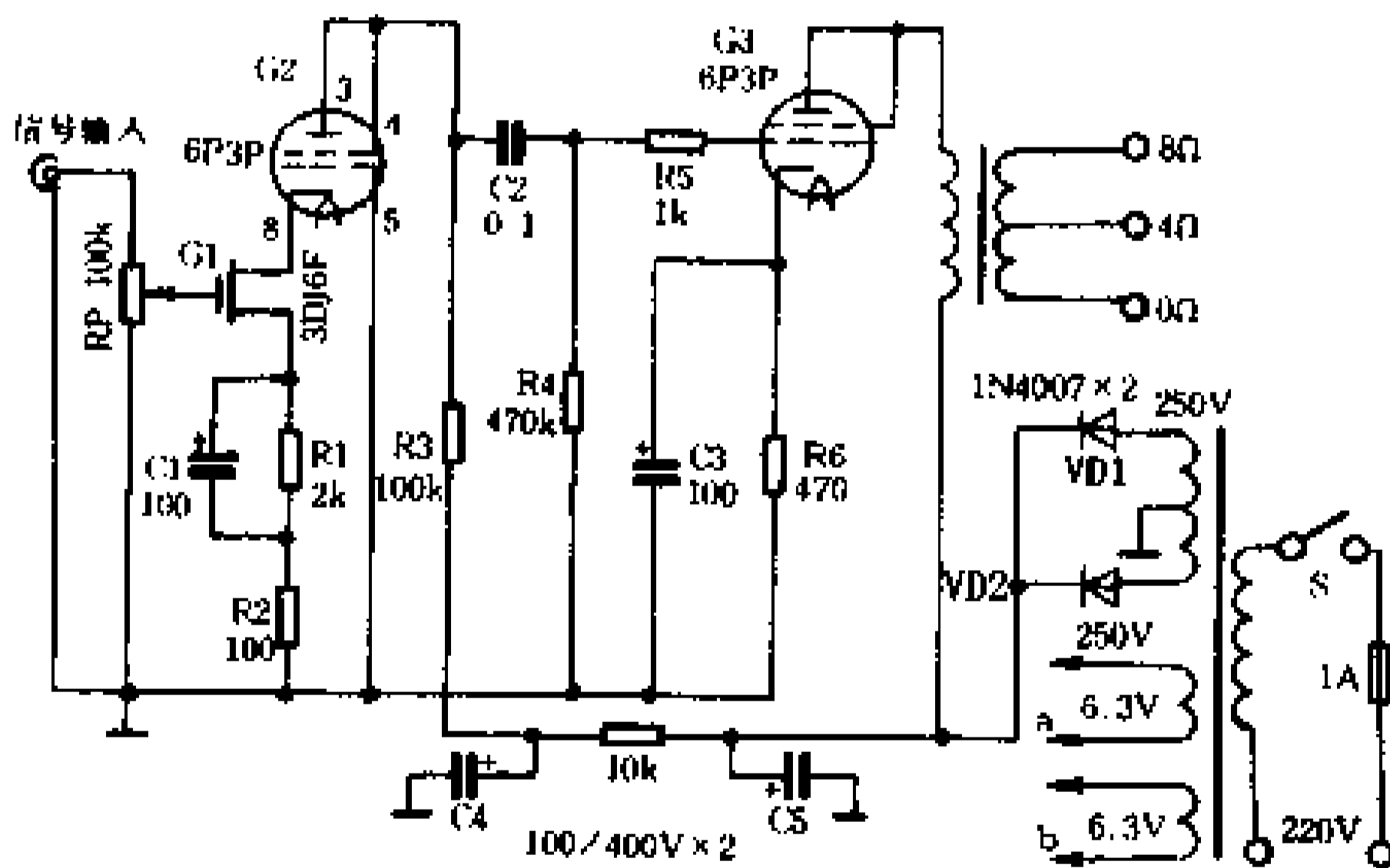


图 1-25

【电路原理】

如图 1-25 所示，小功率胆机用的是国产结型场效应管 3DJ6F 和国产 6P3P 组成的甲类放大器。用 3DJ6F 和 6P3P 组合成为输入级用于小功率胆机中，无论是音质还是动态范围均比用 6N1 等管子的功放好。

即使用普通输出变压器，音质亦非普通大屏幕彩色电视机音响所能比。其输入可直接接 CD 或 VCD、SVCD、CVD 输出。

【元器件选择与安装】

本机所用电阻均为金属膜电阻，电容 C2 可用 CBB 电容，C1、C3 用的是钽电容。连接线的是镀银线或粗一些的单股铜导线。输出变压器可用普通定阻或定压式线间输出变压器，有条件的换一对“输出牛”效果更佳。机内接地应集中一点接机壳，机壳可用镀锌铁板或铝板自制，机壳的制作和电路原理在此不赘述。电源变压器可选用两只相同的旧电子管收音机电源变压器，左右声道分别供电，以提高整机性能。按图装配好后，只要微调 R1 使音质最佳即可。

本机虽然用料并不考究，但其频响范围可以很容易地达到从 100Hz~18000Hz 左右。我们知道，大多数人的听力范围只有 30~15000Hz，所以本机上限频率已经足够了。那么下限频率如何满足呢？用一个有源低音音箱，这样既做到了放音频率的向下延伸，又弥补小功率胆机爆棚音不足。

11. 电子管小功放的制作

电子管收音机是七十年代以前中国百姓的高档家电，此类被闲置的五、六管收音机大都质优耐用，我们不妨来点石成金，把它改造成品质颇佳的双声道小胆机。这对于渴望品尝胆味的广大发烧友来说，提供了一条很好的玩胆发烧入门之道。

改造后的电路是用两只 6P1 电子管作双声道 A 类功率输出，其输出功率是双 3~5W。电子管纯 A 类放大，音质甜美，实用不失真音量与 12W 左右的晶体管机相当。配以灵敏度较高的音箱，在普通房间里也有足够的音量，尤其宜用于小书房环境，以欣赏语言和轻音乐为最佳。

【电路原理】

图 1-26 所示为原收音机与改造后胆机的方框图。

电原理如图 1-27 所示，这是一个典型的电子管甲类单管放大电路。图中一个声道是原收音机的音频放大电路，另一声道是增加的一路音频放大器，所增加的元件是电子管 6P1 和输出变压器，以及一些阻容件，元件成本在 40 元以下。把原电路带“*”号的电容器删去，其余元件数值按图标值更换。电阻功率除了有标注的以外，均选用 1/2W。音频输入口可插 VCD 碟机、录音座、收音机调谐器等。

【元器件选择与安装】

功放电子管除了原来的 6P1 型外，还可以选性能更好的 6P14 或 6P15，它们的差别如表 1-6 所示。

表 1-6

电子管型号	热丝功率	互导(灵敏度) (mA/V)	阴极电阻 (Ω)	阴极电压(V) 第一栅负偏压	管脚接法
6P1	6.3V×0.50A	4.9±1.1	270	-12.5	按图 2 套用
6P14	6.3V×0.74A	≥9	120	-6	按图 3 套用
6P15	6.3V×0.74A	≥12	80	3.8	按图 3 套用

电源变压器 T1 可以直接用原收音机的 45W 变压器。改装后胆机电源功率估算公式：

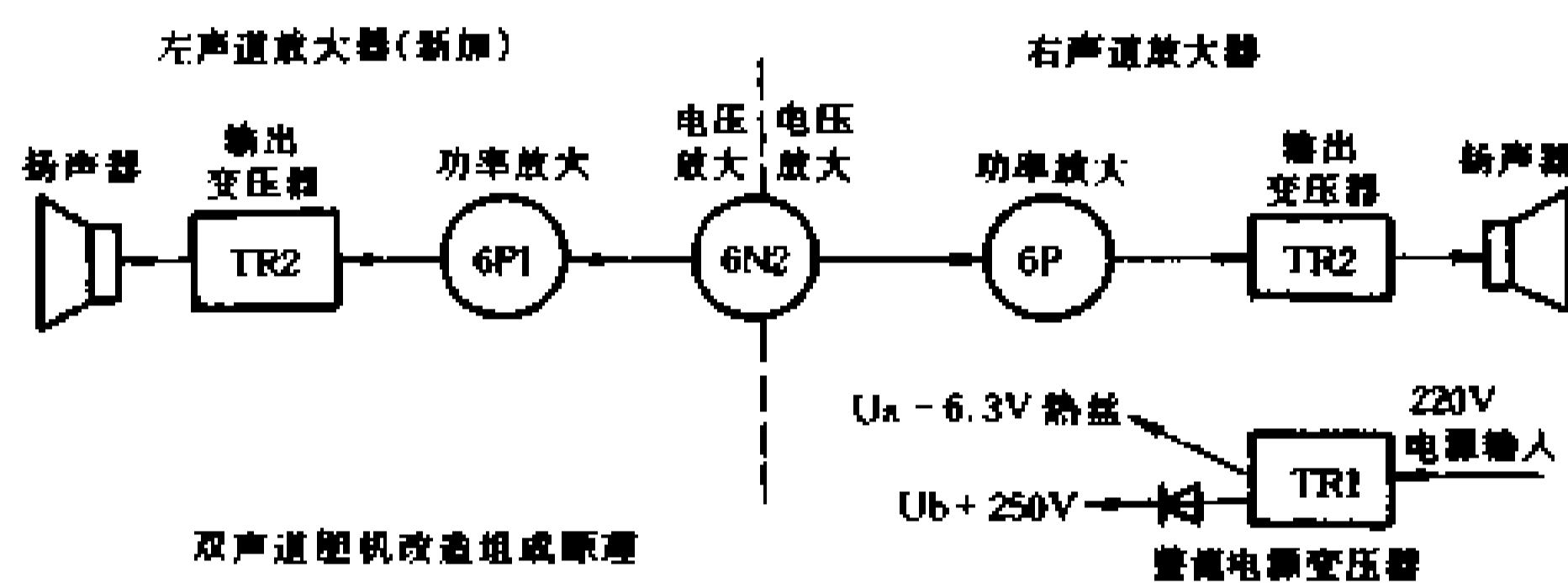
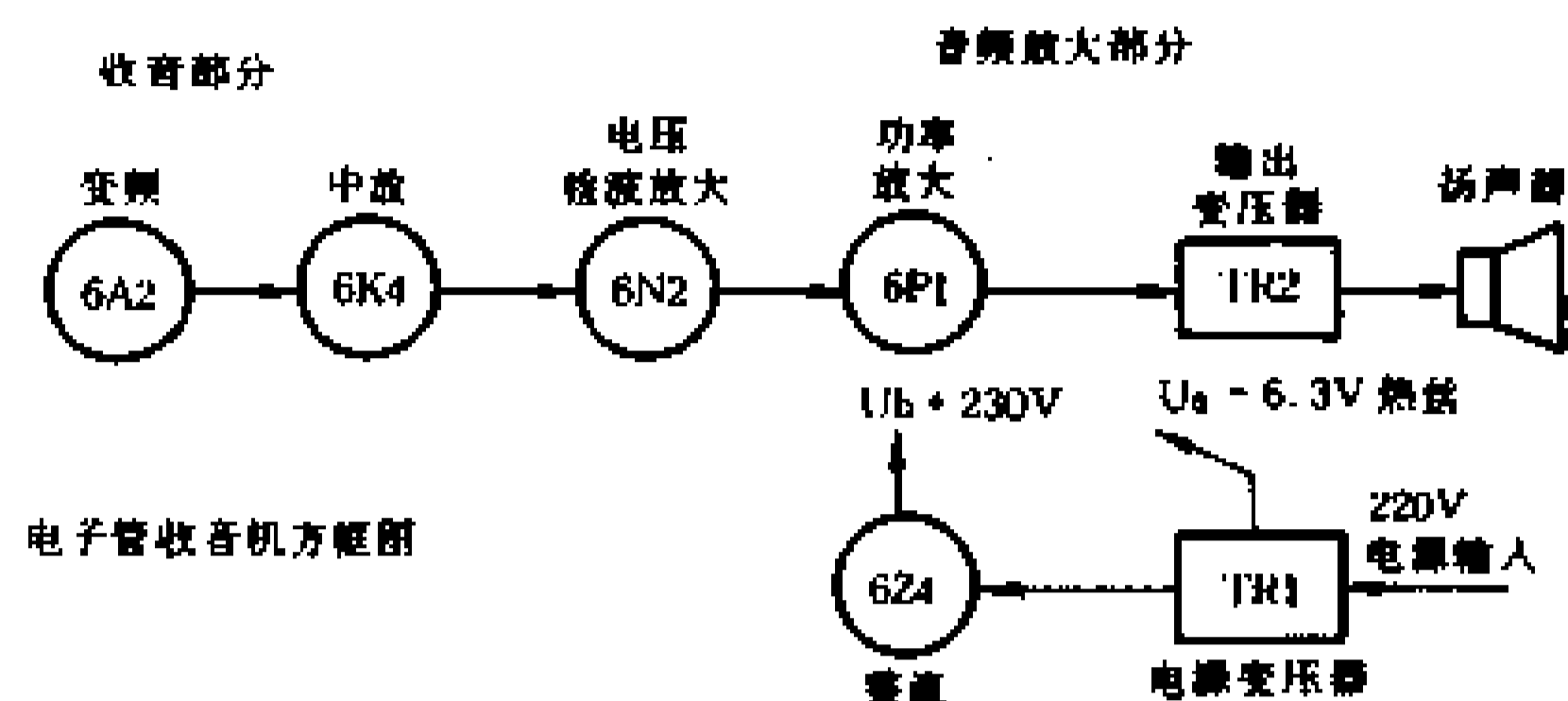


图 1-26

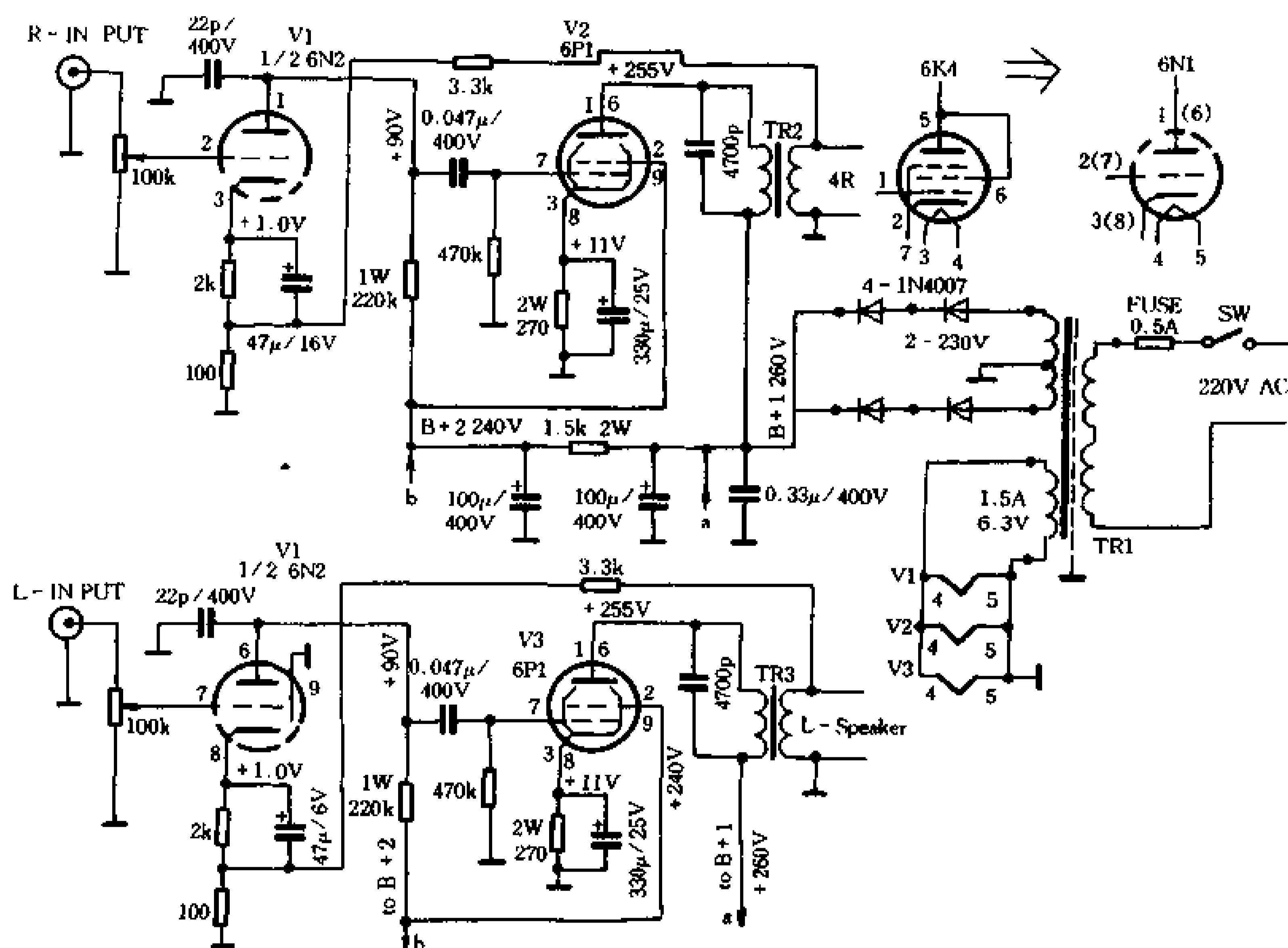


图 1-27

$$\begin{aligned}
 P &= 2(P_s + P_h) / \eta \\
 &= 2(250 \times 0.044 + 6.3 \times 0.68) / 0.78 \\
 &= 39.2 \text{ W}
 \end{aligned}$$

式中 P_s 为电子管的高压耗散功率, P_h 为电子管的热丝耗散功率, $(P_s + P_h)$ 为每一声道的消耗功率, η 为电源变压器的效率, 这里 $\eta = 0.78$ 。

可见改装前后功率相似, 只是高压线圈的线径稍小, 但连续使用四、五小时发热也不会有问题。改装前最好把电源变压器重新浸漆处理。

输出变压器 TR2 可用原机的, 另一只 TR4 在难以购买时可自制, 其数据计算方法如下:

6P1 类 (6P13、6P15、6V6、6P6P 等) 小功率电子管的输出阻抗都是 $5\text{k}\Omega$ 左右, 负载扬声器的阻抗有 4Ω 、 8Ω 等, 输出变压器的初次级线圈数比为:

$$n = \sqrt{\frac{R_s}{R_s/\eta}} = \sqrt{\frac{5000}{R_s/0.8}} = \frac{63.2}{\sqrt{R_s}}$$

由此计算出用 4Ω 的扬声器时 $n = 31$, 与 $220\text{V}/6.3\text{V}$ 的变压器相符; 用 8Ω 的扬声器时 $n = 22.3$, 与 $220\text{V}/9\text{V}$ 的变压器相符, 可直接利用这样的电压比, 功率为 10W 的变压器代用。当然, 用专用输出变压器更好。

输出变压器有直流电通过, 为避免直流磁饱和, 原来变压器的铁芯要拆开, 改原来交错插片的方法为 E、I 片分别迭齐后对插, 两部分铁芯交界面垫一层 0.2mm 厚的聚脂薄膜, 插

片一定要紧密，否则影响音质。如有可能两只输出变压器都用同一方法制造，以保持两声道的一致。

输出变压器是取得良好音质的关键，进一步提高音质的方法是做成初、次级绕组分层夹绕的形式，即绕线次序为“1/2次级绕组+初级绕组+1/2次级绕组”，以增加耦合和减少漏感，如此能有效地提高音质。

可以利用原来收音机底座，并保留原来的1/2 6N2-6P1通道作一声道。在原来6K4胆之处装上新加声道的功率放大管6P1的九脚管座。电路采用“搭棚”工艺焊接，仿原来的元件排列布线来焊接新加的声道。另外，接元件表更换原机的旧元件，这是改善音质的措施。四只整流二极管IN4007直接焊在原整流电子管的管座上。所增焊的元件只有十来个，即使初学者也容易无误地完成。

还有一类收音机的音频电压放大不用双三极管6N2，而用单三极管6G2，因此要利用原来做中频放大的6K4做新加声道的音频电压放大管。把五极管6K4改为三极管的做法如图1-27所示，这样做对左右声道音量音质的平衡无可觉察的差别。

【通电试机】

进入通电试机的步骤之前，有三点要做到：

(1) 直流260V高压不能短路，用万用表红笔接地，黑笔接B+处，量得阻值应大于100kΩ，否则就要排除接线错误或元件漏电等故障。

(2) 高压电解电容器及整流二极管的正负极性不可接反，否则有爆裂电容器的危险。

(3) 要确认接好了扬声器。胆机与晶体管机相反，负载怕开路而怕瞬时短路，负载开路会形成音频的过高电压而击穿输出变压器。

完成以上三点检查后，就可通电了。通电后电子管灯丝预热一分钟后放大器开始工作，此时新加的声道可能会出现啸叫，这时负反馈的极性接反了，只须把输出变压器任一端的两线头对调即可。只要元件质量好，接线正确，一般都不用调整就能正常工作。

原理图所标的电压值可供参考，电源变压器的次级高压不同，实测电压值也与图1-27有所不同，误差在10%内均为正常。

不少初学者视电子管电路既神秘又危险，实际上胆机并不比晶体管机更难制作，只是形式有别而已。因胆机电路简单，无调整元件，无烧管之忧。其直流高压因内阻大，暴露接点少，较之220V市电危险性小一些，但也要注意安全。发烧友动手装过此电路就有百分之百成功的体会。

原收音机粗硕的木箱不要了，机器为裸机的外形，灯丝殷红的胆管挺立于机座之上别有一番风味。有人对胆机的裸机造型颇有微言，但更有人认为，裸机表面无任何高压暴露，电子管玻壳温度不致灼手，不存在危险性。比“黑盒子”的石机造型来说，胆机的造型更显高雅及艺术感。

70年代还广泛流行一类七灯收音机(以红灯714型为代表)，内中加入高低音色调节，音质较好，读者可按图1-28原理图进行改装，但技术要求高一些。

本文所述只是改造利用电子管收音机一例，有创造力的发烧友并不拘泥于此。例如可以改造一台电子管前级放大器，以甜美清醇的胆味去改善晶体管后级偏刚硬的音色。又例如可以改造成一部高中音(频带约3kHz以上)的高频带功放，而原来的晶体管功放改为中低频功率放大，使电子管纯清的高中音与晶体管充沛有力的低音融为一体，珠联璧合，使你的机器升级为优质的高级音响。

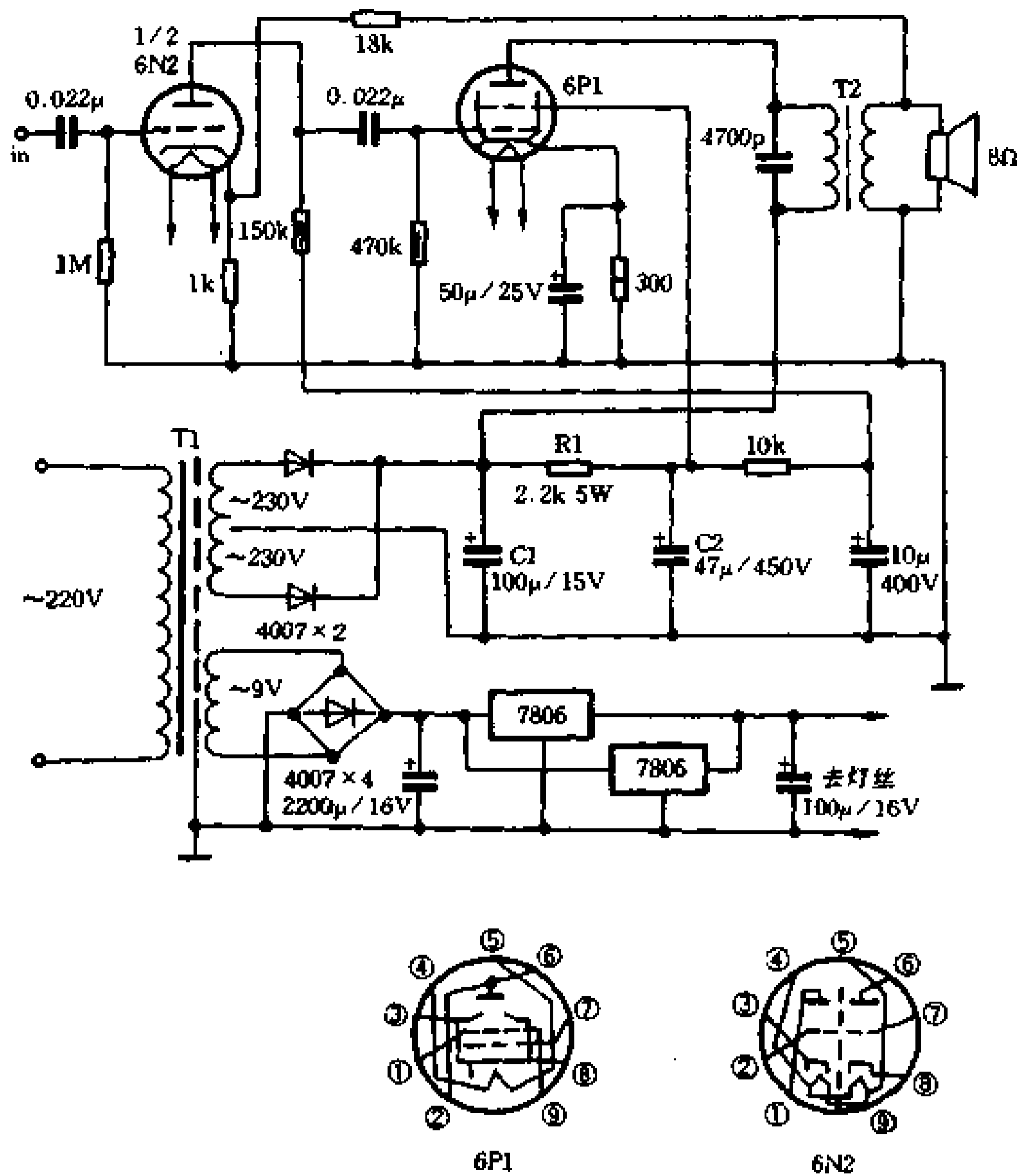


图 1-29

13. 耳机放大器

本文所介绍的 6S6 原为早期的电子管电视机内用作视频放大的器件，由于它的自偏电阻为 30Ω ，可省略掉阴极电阻，而直接串上耳机，减小阴极输出的衰减。在放大器正常工作条件下，耳机承受的直流电压等于 $1.5V$ 左右。

【电路原理】

本电路采用 6N1 作前置放大，6S6 作功率放大，因此阳极直流电压选在 $270V$ 左右，并由前级接入。电源的整流器件最好选用 5Z3P 或两只 6Z4 担任，效果更好。至于灯丝电压，首先要保证两路声道之间特性的一致，希望两路声道的前、后级能独立供电。电路原理如图 1-30 所示。

6N1 的前级因未接入交流负反馈，所以电路的增益较大，约为 30 倍左右。

假定输入电压为 $10mV$ ，6S6 的输入端便能得到 $0.3V$ 左右的电压，从阴极的输出功率经过计算，约为 $0.158W$ ，足够驱动耳机。

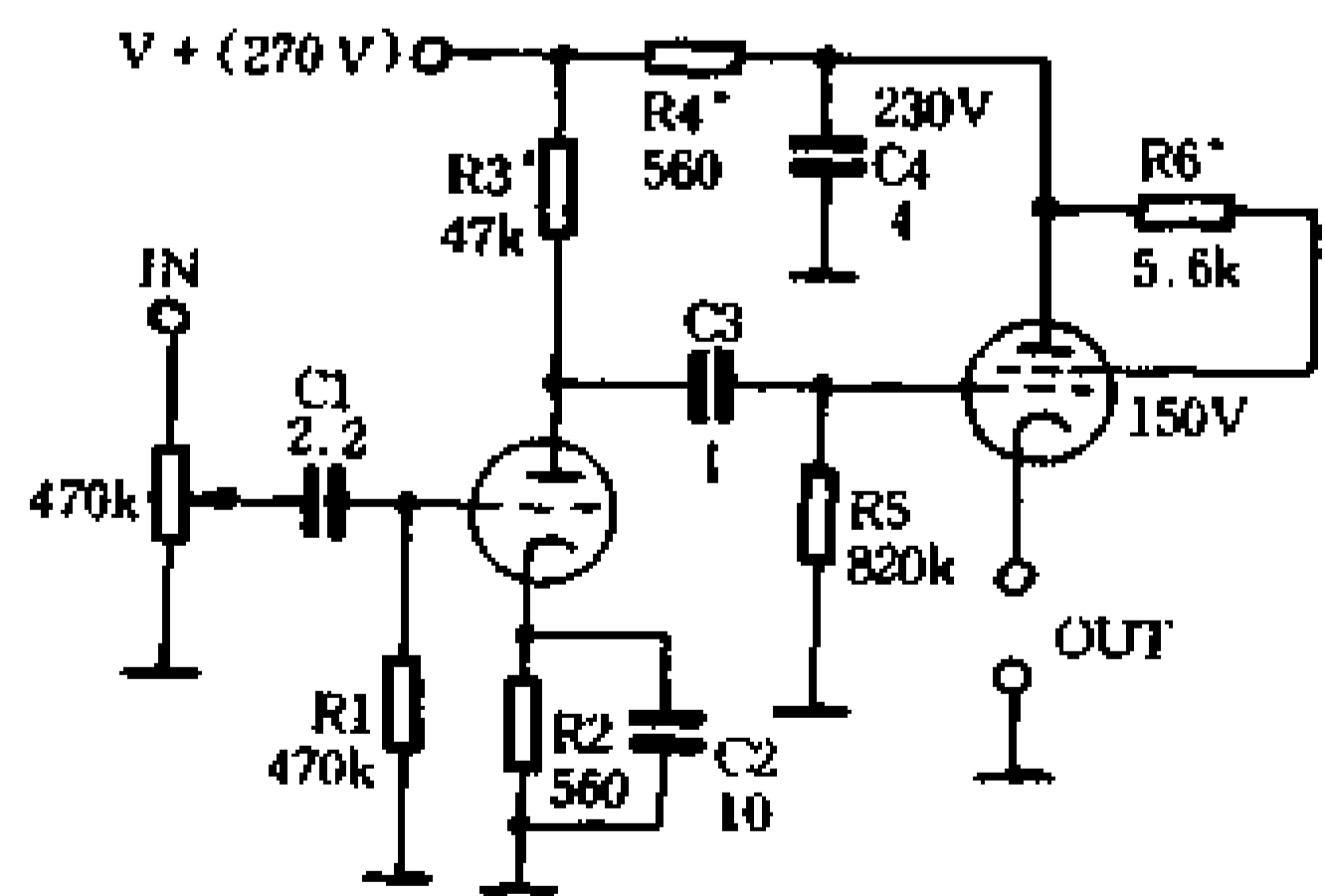


图 1-30

6S6 的功耗较大,在使用过程中要注意散热的问题,本文不赞成在胆机电路里使用电解电容(除滤波电容外)和体积庞大的电容器。本机 C1、C2 用 CA 型, C3 用聚丙烯电容, C4 用电解电容。

装机时,有条件的可以采用印制线路,阳极电压、地线的走线宽度要加大。管座的内圈不要走线,以免干扰,其它的按照印制线路的设计规则进行布线就可以了,然后先确定电路中各点电压是否满足设计值,不满足则需调整带“*”号的器件,插入胆管,进行试声。

总之,本电路结构简单,即装即听,让你用耳机也可以领略一下胆机迷人的风采。

14. 两款电子管 OTL 放大器

电子管性能好不好跟输出变压器的品质有很大的关系,已是人所共知的事。海外的器材商品中也有干脆取消输出变压器的所谓电子管 OTL 放大器。

如图 1-31 和图 1-32 所示放大器就是这类商品中的两款。电子管均为国产品,电路也基本相同,所不同的是功率管的型号,图 1-31 用的是 6P13P;图 1-32 用的是 6C19,倒相及电压放大部分则皆用 6N1 担任。作为商品器材,最讲究推陈出新,像这样更换功率管便另立一款型号的做法,可供音响爱好者借鉴。

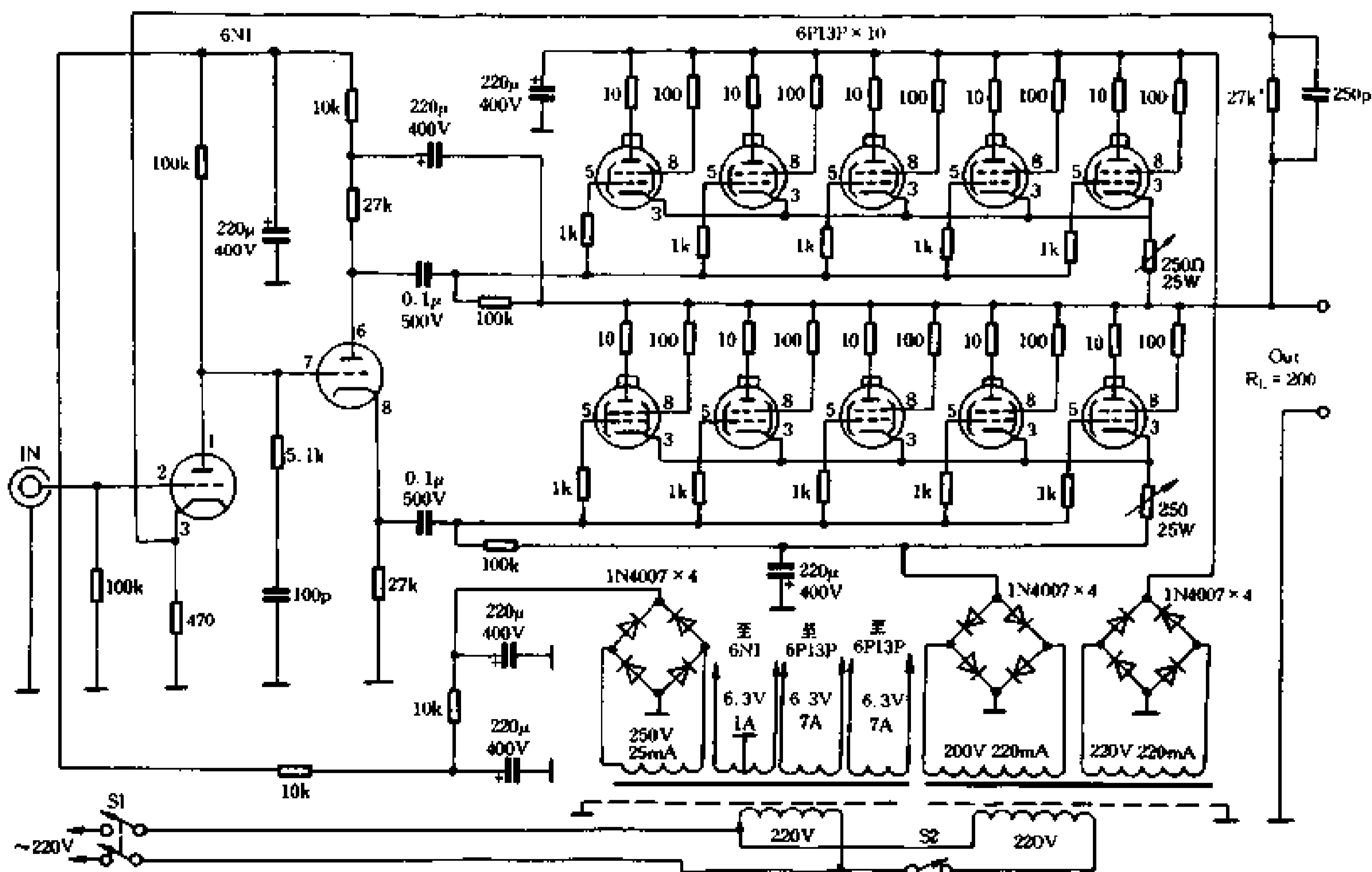


图 1-31

如今扬声器的阻抗多为 8Ω , 16Ω 和 32Ω 的已很少见到。为了适应低阻抗的负载,电子管 OTL 放大器的输出级不得不采取多管并联的办法,由于电子管的技术参数常有一定程度的离散性,因此,制作这类放大器很重要的一环便是事先必须对电子管进行测试筛选。

图 1-31 和图 1-32 的放大器输出功率为 $15W$ (有效值)左右。

后测中点输出电压应为零。如有偏离可微调 RP1、RP2。当一管中两 5Ω 电阻端电压或两管栅偏压相差较大，应换管一试。然后用 8Ω 、 $10W$ 电阻作负载串 $1A$ 电流表接中点，同时并上 $10V$ 电压表，开机观察 2 分钟，其输出电压电流均应为零。重置两表为 $10mA$ 、 $1V$ 挡后开机 30 秒钟电流由零上升到 $2mA$ 随即逐渐回零，这时电压为 $0.02V$ 。和晶体管机相比，开机瞬间不会产生较大不平衡电压冲击音箱，完全可免去保护扬声器的继电器。接入自制惠威 3000 型音箱，开机表现极为寂静。直驳联声二合一 VCD 机播放雨果金碟，不经任何修饰，试听感觉音质圆润、高音不浮低音不浑，音域宽广十分耐听。

16. 新型胆机推挽功放电路

这种胆机推挽功放原理如图 1-34 所示。输出级的两管直流电路是串联的，交流电路是反向并联的。各元器件构成一个电桥，其中两臂是管子的内阻，另外两臂是电源 GB1 和 GB2 的内阻。 R_L 是有抽头接地的负载。

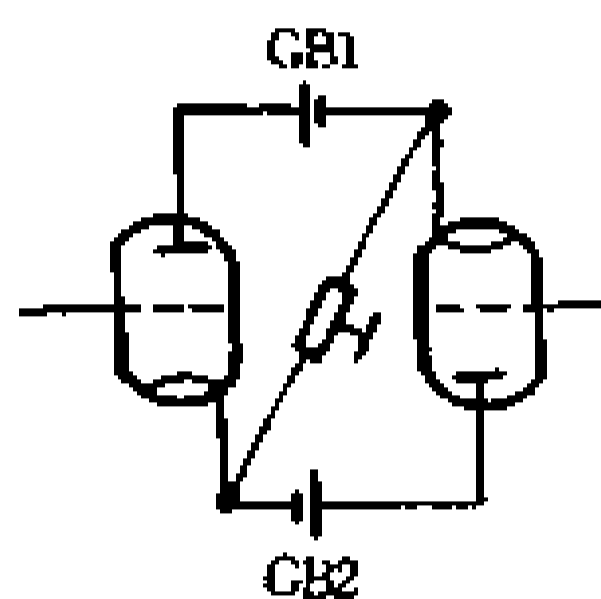


图 1-34

具体电路如图 1-35 所示。这里只给出一个声道。前置级由 6N11 构成 SRPP 电路，具有输出阻抗低、失真小、高频响应好的特点，倒相级则采用常用的长尾倒相电路，这里不作详细分析，读者可参考有关文章。末级则是由两只输出管构成反向并联推挽电路，输出管各电极的接线与通常的推挽放大器末级管的接线是不同的。另外，电源要有两套，且各自独立。不难看出，所谓的反向并联推挽电路，不过是在普通推挽放大电路的基础上增加了一套电源，然后把其中一只管子的极性掉换，再把电源和负荷的位置对换而已。

置对换而已。

该电路最大的特点就是输出变压器结构极为简单，为自耦变压器，而性能却很好。因为输出变压器只有一个线圈，所谓的初、次级不过是从其上抽头而已，因此耦合紧、漏感小，可不用夹层、分段、交叉绕制。又因负载上无直流通过，故以同样体积的铁芯，可以得到较大的电感。

图 1-35 中带 * 号的元件，要根据所有管子的不同，适当加以调整。

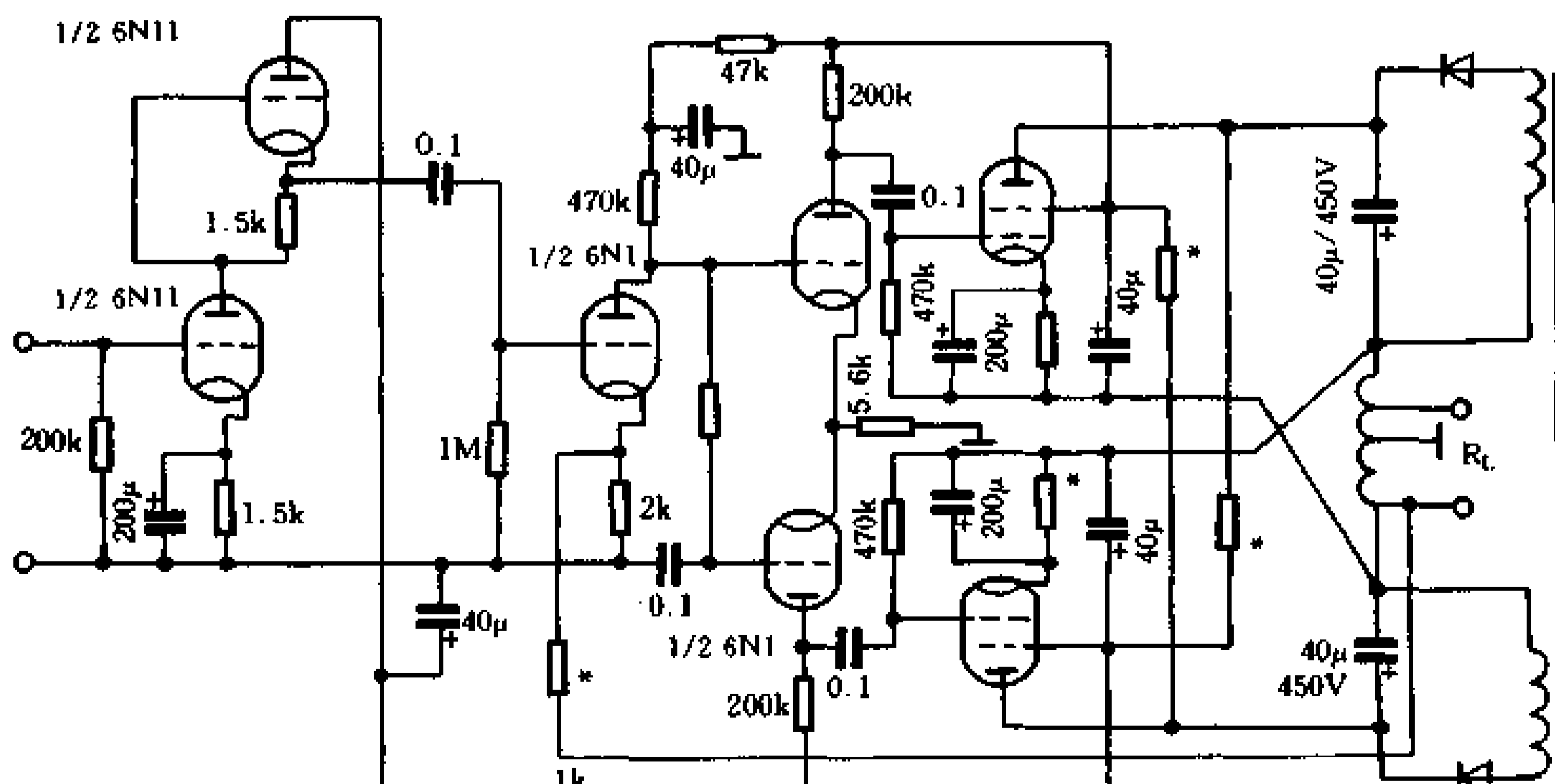


图 1-35

17. 利用旧电子管收音机制作的一款优质“胆”机

如今电子管收音机大都成了淘汰废弃之物，很容易找到或以极其便宜的价钱买到。利用原机上的主要元器件，我们可以制作出音质和音色都极靓的优质“胆”机，以满足家庭中 VCD 和优质盒带的放音要求，十分经济实惠。电路如图 1-36 所示。

在过去，普通电子管收音机通常按国标大都是三级机。由于受成本和元器件的限制，特别是受输出变压器的制约，一般其频响较窄，特别是在其低频端，频响大都在 150Hz 以上。所以沿用普通的标准式单端功放，显然是不能满足 VCD 和优质盒带的放音要求的。为了尽量利用原电子管收音机的元器件，本机采用了特殊的阴极输出式的功放级。采用这种电路形式所带来的好处是极为明显的。首先，由于采用阴极输出使功放级的内阻大大降低，而内阻的显著降低使功放级对扬声器的阻

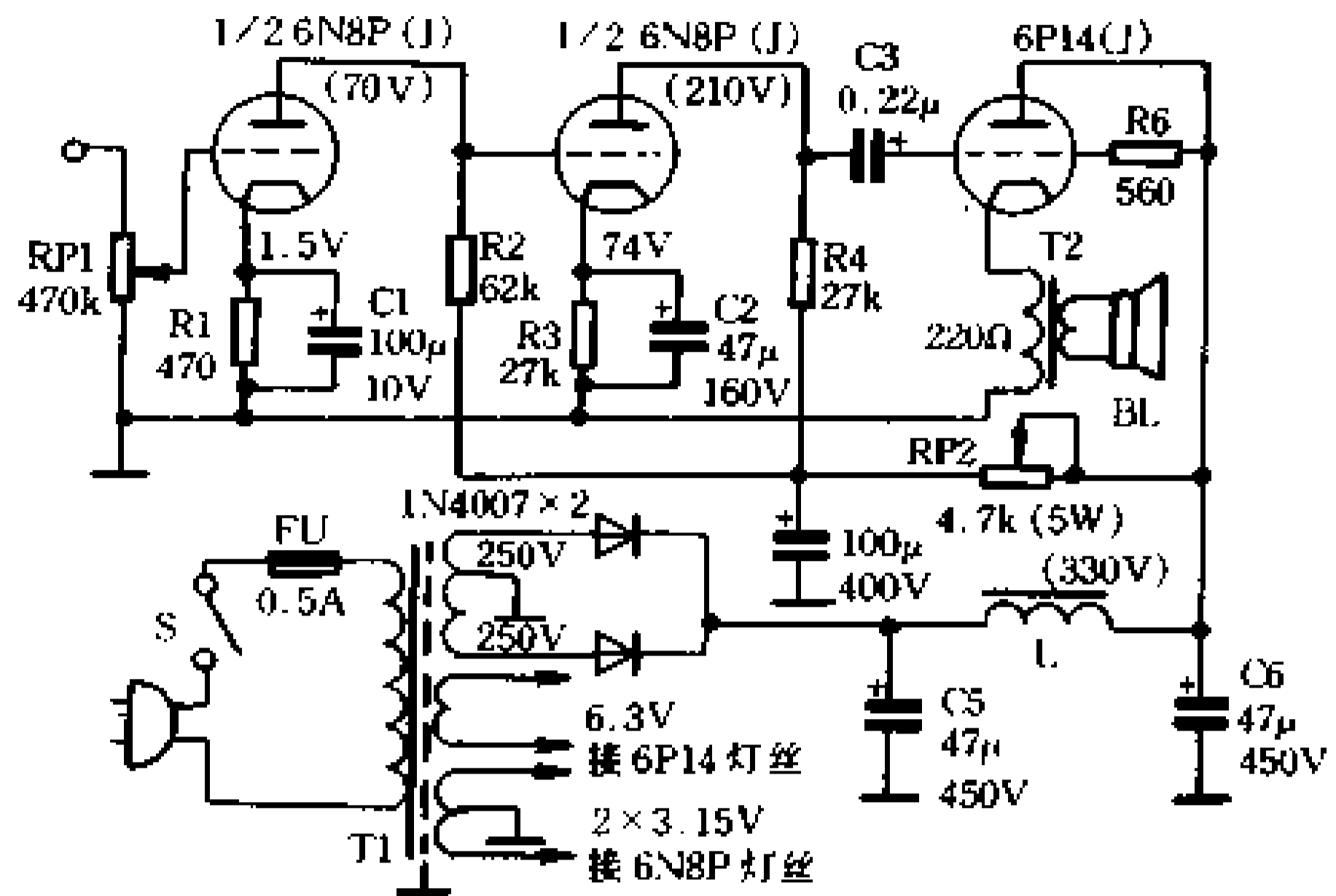


图 1-36

尼作用大大增强。从而明显地提高了放音的清晰度和解析力。消除了一般“胆”机放音时易产生的“拖尾”现象。第二，由于功放级采用阴极输出，使功放级处在极强的负反馈，极大地拓宽了通频带，充分消除了失真，以致于我们能够利用原电子管收音机输出变压器这种普通品来制作本机的输出“牛”。也正是因为这样，本机电路中输出变压器的阻抗比有点变化对电路的正常工作没什么影响。第三，虽然功放级存在着极深的负反馈，但由于它属本级负反馈，不像跨级负反馈那样，会由于电路中存在着相移等有产生高频自激的可能，会使放大器工作不稳定。当然，由于功放采用阴极输出，所以功放级是没有电压增益的，因此本机特别在输入级与功放级之间增设了一级由 1/26N8P 担任的激励电压放大。需要说明的是，由于该级放大输出的激励电压的信号幅度很大，用普通小九脚电压放大管如 6N1、6N2 等均不易胜任。本机的输入级（第一级）和激励级（第二级）之间的耦合方式采用了直接耦合，这样更使电路更加简洁，更使本机的频响特性得以进一步提高。

在元器件的选用上本着节约的原则尽量采用原电子管收音机上的。如电源变压器 T1 滤波用的扼流圈 L，输出变压器 T2 等，都可以选用旧收音机上的，但须注意，由于要考虑立体声放大器两个通道间的平衡，所以要尽量选用同一型号的两台电子管收音机上的同类元件去制作同一台放大器。有的型号收音机没有扼流圈，这时仍可利用原机的降压滤波线圈电阻（一般为 1~2kΩ）代替扼流圈；若原电阻阻值较大，也可另选用 2kΩ（5W 以上）的可调电阻，尽量使功放级的屏压达到 330V，因为较高近限使用屏压可使功放级有较大的输出功率和动态范围，也有利于进一步减小功率管的失真。电路中唯一的耦合电容可选聚丙烯或聚脂电容。其它阻容元件可在原收音机上选用质量好的，也可另购新品，几只滤波电解电容也可换用彩色电视机用的电解电容。需要注意的是，由于输出变压器 T2 的初级绕组的直流电阻充当功放管 6P14 的阴极电阻，以产生功放管的固定栅偏压，且该电阻在此工作状态下一般以 220Ω 为宜（可以略有一点出入）。所以在选用输出变压器时，应用万用表测一下所选的电子管收音机输

出变压器的初级绕组的阻值，应用阻值近似于 220Ω 的，巧合的是许多此类收音机使用的输出变压器（如功放管为 6V6GT、6P14、6P1、6BQ5 等）的初级绕组的阻值均为 200Ω 左右，正好符合此要求，实际这个阻值在 $150\sim 300\Omega$ 时电路仍能正常工作。该机可用大于或等于 1.5mm 的铁皮制作底板。要注意旧电子管收音机电源变压器一般是立式安装，大都没有屏蔽盖，所以电源变压器 T1 与输出变压器 T2 要互相垂直方向安装，尽量减小其间的漏磁交连。

该机若按图安装和设置屏压，不用调试即可正常工作。由于不同的电源变压器，其次级高压略有不同，可以通过加接可调电阻使 6P14 的屏压维持在 330V 。前面两级的屏压可通过调整 RP1 使其达到图中给定的屏压。

由于是电子管功放，所以使用时若预热时间稍长，更能放出好声。需要说明的是该机输出功率不是很大，不失真额定输出功率在 5W 左右，不太适合喜欢“爆棚”的烧友，但其清丽柔美如水的音色，却极适合在家庭中欣赏弦乐和人声。本机试听时音源使用先锋 CLD-1590 影碟机，音箱用双 8 英寸低音哑铃式音箱（其中扬声器均用“伟达”牌）。全机制作成本仅几十元，既经济又实惠。

18. 利用电子管收音机改制小功率胆机

70 年代末到 80 年代初，为数不少的家庭都拥有一部电子管收音机和电唱机，然而时代在飞速前进，电子技术更是一日千里，如今成了数码音响的天下，古老的电子管收音机已闲置高阁，有的甚至成了垃圾，只有那些怀旧的人可能仍将他们放在某些角落，偶尔玩味以唤起美好的回忆。“三十年河东，三十年河西”，在电子管再度流行的今天，我们完全可以让它再度焕发青春。

若爱好者低价购买一台湖南广播电视器材厂生产的“芙蓉”牌电子管收音机，利用其底座、电源变压器、接线座、电子管座、输出变压器，拆除收音部分的元件，以留出空间。原机中电压放大管 6N2、功率放大管 6P1 的安装位置不变，另一声道 6N2、6P1 管座则安装于原收音部分的中频变压器处，用热熔胶固定之。注意上下皆涂胶方能固定牢靠，这样就避免了业余爱好者重新钻孔的麻烦。因 9 脚孔孔距较大，加工起来确实不容易。原收音机底板下有 15 位接线板，再增加一声道后接线柱便不够用了，可利用边角余料用钢锯条自己刻制几条便可，由于是直线条，故刻制十分简单。刻好后固定在原机壳下面与原接线支架排成一条直线，然后即可接线。电路如图 1-37 所示，元件安排如图 1-38 所示。

电阻可选用 2W 左右的金属膜或碳膜电阻。电容可选用纸介、聚丙烯电容、耐压为 400V 以上；选用不同介质的电容器可获得不同的音色。以前老式纸介电容器虽无极性，但标有黑圈的一端即为接地端，具有屏蔽作用。电子管可选用湖南长沙生产的“曙光”牌，性能甚优。输出变压器可在当地广播电视部门购得，亦可自制。

铁芯可选用 $\text{GE}12\times 18$ ，叠厚为 18mm ，初级绕 2854 匝，次级绕 114 匝；线径初级用 $\Phi 0.1\text{mm}$ ；次级用 $\Phi 0.54\text{mm}$ ；若扬声器为 4Ω ，则变压器次级为 86 匝。现场扬声器大部分标称阻抗为 8Ω ，故变压器应绕有 8Ω 之抽头，以便灵活配置音箱，也可另拆其它旧电子管收音机的变压器。

原电源变压器距离底板应有 $10\sim 20\text{mm}$ 高，对抑制交流声颇有好处。灯丝线要双线绞合，并沿底板走线，且接一只电位器，对平衡交流声有立竿见影之效果。原指示灯绕组不同，以减轻变压器负担。原 6Z4 整流管取下换上 1N4007，可直接焊在原 6Z4 管脚上，滤波电容用彩

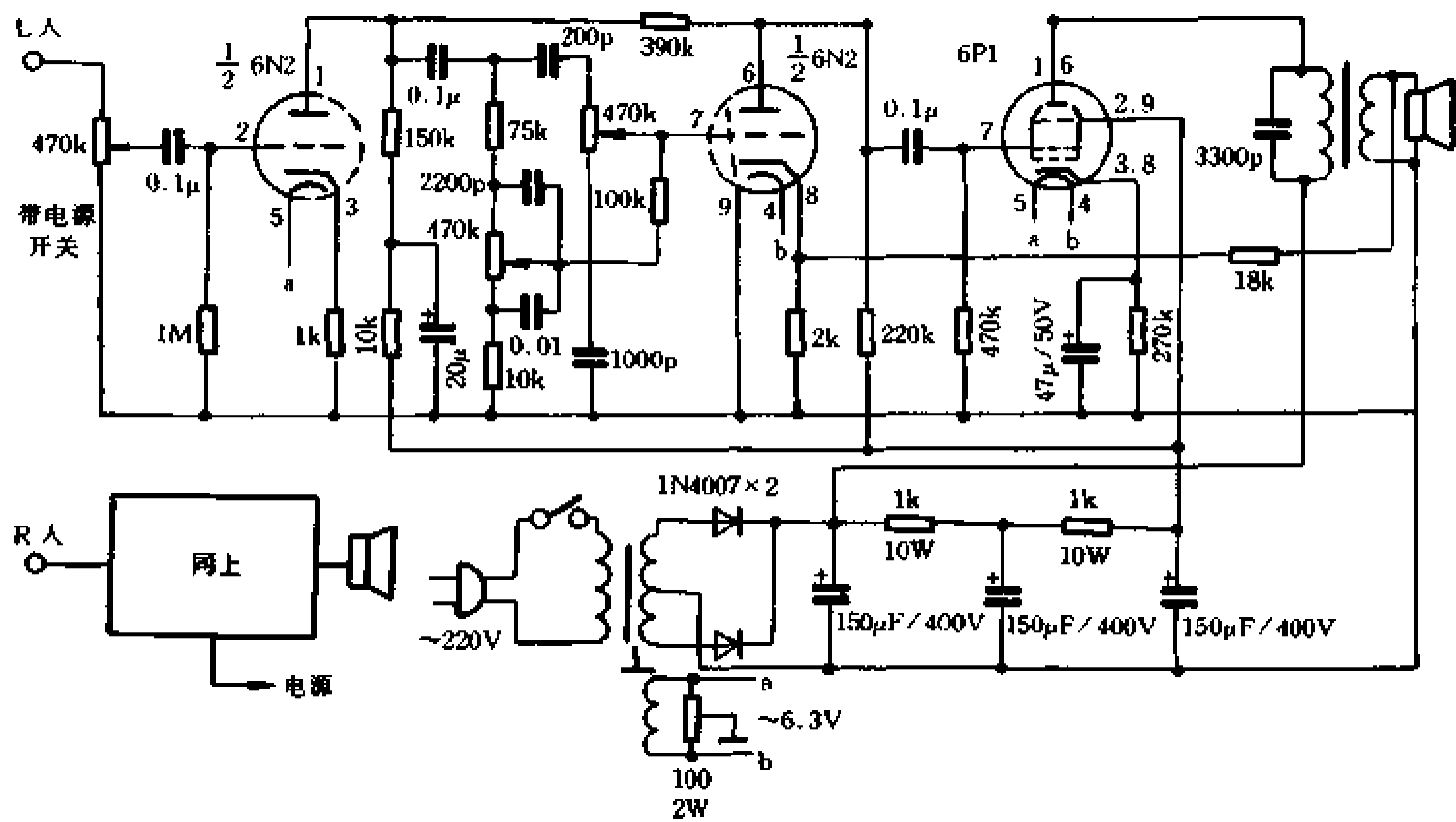


图 1-37

色电视机电解电容，各元件之连线应尽量短，焊点光滑牢固。信号输入可利用原拾音插孔，为Φ6.5插座。另一声道可在其旁边靠近原收音部分处钻孔，安上Φ6.5插座。音量电位器中心头至栅极须用屏蔽线连接，靠近栅极的一端接地。两声道高、低音、音量电位器与收音机的音量电位器成一条直线排列。原机仅有简单的音调电路，现改为高低音分别可调电路。

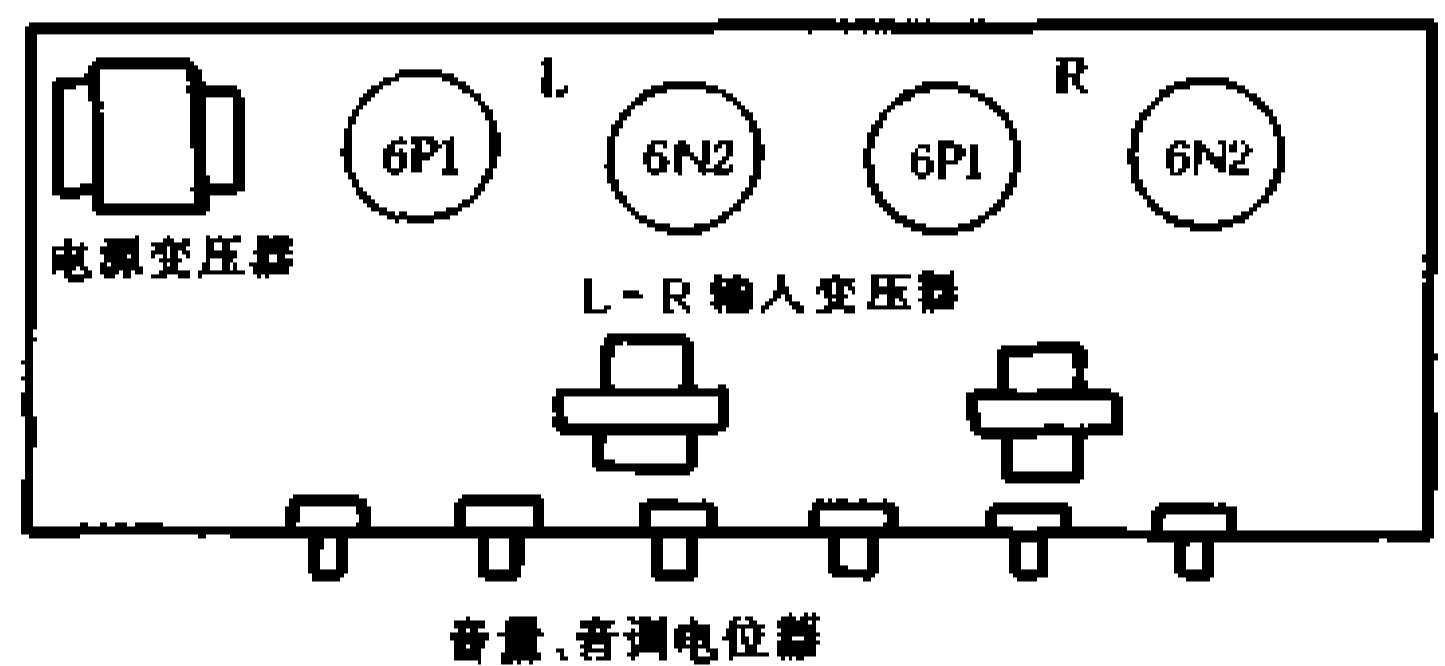


图 1-38

不少电子刊物对音调电路不甚推崇，实际上优质软件毕竟不多，大多数消费者对《CD 圣经》等资料上介绍的优质软件只能望梅解渴，无奈使用一些低质唱片，利用高低音分别可调电路可收到改进音色之效果，这如同录音师录制时加进许多调音设备一样，当然，不加也行。

整机安装完毕后裸露在外的只有电源变压器一只，输出变压器二只，电子管四只，六只电位器轴柄，看上去简洁美观，功能齐全，叫人爱不释手。

试机前应仔细检查，防止错接虚焊，核对无误后便可开机，如出现啸叫，可将输出变压器初级接线对调一下。以《保罗·莫里哀和他的乐队》演奏的《小鸟与孩童》和叶倩文的《秋来秋去》为例，联机试听，听惯了胆机的人对胆机音色会有种全新的感受，声音圆润、甜美，尤其是弦乐表现得异常细腻，没有坚硬、毛糙之感，发烧友可细细品味。

以上电路简单，很适合初级发烧友制造，对于收入不高又想享受胆机品味的人不妨一试。顺便提一提，国产名牌扬声器如“飞乐”、“南鲸”、“银笛”、“惠威”系列的确可与“洋货”媲美，不少进口扬声器只是宣传力度大，其实音质并不一定十分出色。

19. 高功率电子管功率放大器

自从 30 年代美国在电子管钨丝敷钍技术上取得了突破性进展以后，高功率直热式发射管竞相问世，当时这些高功率管主要还是用于军事通讯设备上，而为高功率音频放大器设计的

电子管可谓凤毛麟角，音响发烧友要制作高功率音频放大器只有从高功率发射管中来挑选。

在 800 系列高功率发射电子管中，性能比较优越且大量被选用于音频放大器的如表 1-7 所示。

表 1-7

型 号	灯丝电压 (V)	灯丝电流 (A)	屏极电压 (V)	栅负压 (V)	无信号屏流 (mA)	满信号屏流 (mA)	栅至栅输入峰压 (V)	屏至屏负载阻抗 (Ω)	最大输出功率 (W)
800	7.5	3.25	1000	-55	28	160	300	12500	100
801	7.5	1.25	600	-75	8	130	320	10000	45
805	10	3.25	1500	-16	84	400	280	8200	370
807	6.3	0.9	750	-30	15	240	150	6600	120
809	6.3	2.5	1000	-9	40	200	155	11600	145
810	10	4.5	1500	-30	80	500	345	6600	510
811	6.3	4	1500	-9	20	200	150	15000	140
812	6.3	4	1250	-30	30	240	160	12000	150
813	10	5	1500	-85	50	305	160	9300	260
845	10	3.25	1250	-50	30	200	150	6900	160

采用这些高功率电子管制作的音频功率放大器，其输出可达 100~300W，峰值音乐功率当然就更高，可达到 400~1500W。目前这些高功率的电子管在国内也均有生产，其型号略有改变，如 805、807、813 等电子管，国内型号为 FU-5、FU-7、FU-13 等，其特性与结构均按照国外产品。

现推荐两台性能比较优越，制作又比较方便的高功率电子管功率放大器。

(1) 电压放大级

该机电路原理如图 1-39 所示，它的电压放大管 V1 可采用 6N9P、6N8P、6N1、6N2 等双三极管，输入阻抗在 200k Ω 以上，动态范围较大。输入信号先经电容耦合放大，再由 T1 级间变压器进行倒相，其变压器圈数比为 1:1，而且采用并联馈电法，级间变压器次级接的两只 470k Ω 电阻，既作为推动管 V2、V3 的栅偏电阻，又起稳定放大器工作的作用。

(2) 推动放大级

该机的推动放大级采用推挽方式，以保证优良的放大特性。推动管 VE2、VE3 可采用 2A3、6C4、6N7P 或 6P1，6P6P 改为三极管接法。T2 为输入变压器，为抑制放大倍数，以减小失真，其变压器线圈数比仍为 1:1。

(3) 功率放大级

功放级采用甲乙类放大器，以获得较高的保真度，功放电子管可采用 845、211、811、812 等。T3 为输出变压器，初级至屏最佳负载阻抗为 6900 Ω ，屏极电压为 1000V。输出变压器的次级低阻输出为 8 Ω 与 16 Ω ，可直接配接高保真音箱；高阻 250 Ω 输出挡，配接线间变压器专供长距离传输。

功放电子管如改用 805(FU-5)时，屏极电压升高至 1200V 至 1500V，可获得 200W 以上的输出功率。

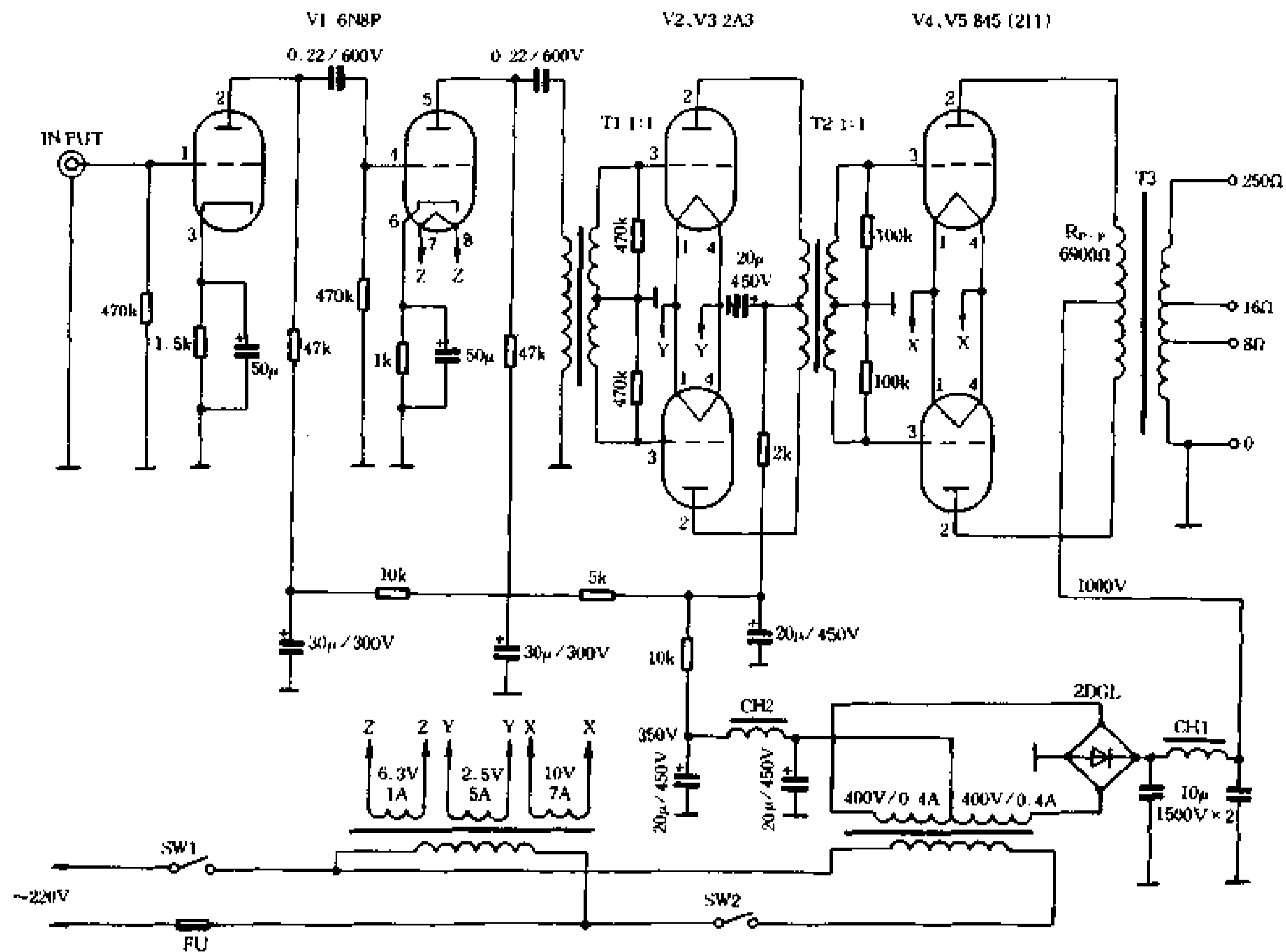


图 1 39

(4) 电源的供给

由于大功率放大器电子管的屏极电压甚高，一般均在 1000V 以上，所以高压变压器与灯丝变压器必须分开，并设置两只电源开关 SW1、SW2，使用时先开 SW1 让灯丝预热几分钟后，再开启高压开关 SW2，这样对直热式功放管的灯丝能起到保护作用。

该机的高压绕组为 400V+400V，经桥式整流后可获得 1000V 的直流高压，高压整流二极管应采用 2DGL 玻璃钝化二极管，耐压应在 1kV 以上。高压经扼流圈滤波后供给功放管屏极，滤波电容应采用油质高压电容或 CBB 塑封电容，其耐压均须 1kV 以上。在高压绕组的中心抽头处，经过滤波可获得 350V 的次高压，专供推动管与电压放大管屏极。

(5) 大功率 260W 功率放大器

该电路根据美国 ALTEC 公司采用 813 功率管制作的功率放大器设计的，该大功率放大器的问世曾颇受音响界的好评，其原理如图 1-40 所示。

该机为甲乙类功率放大器，功放管采用 813 直热式束射四极管，国产型号为 FU-13，该电子管结构设计合理，性能卓越，在高频发射与功率放大方面得到了广泛的应用。屏极最大电压可达 2000V，因而有较大的输出功率。该机的额定输出功率为 260W，音乐功率可达 1000W 以上，在发烧级“胆”机中功率可以称霸。

功放级屏极至屏极的最佳负载阻抗为 9300Ω，栅负偏压为 -85V，功放级的校准主要通过电位器调节栅负电压，使两只功放管的屏流趋于一致，这样输出最大、失真度最小。

该机的电压放大亦为推挽式，由一对锐截止五极管 6AU6(即国产 6J4)担任。输入变压器兼任倒相工作，其输入级的输入阻抗为 300Ω。整机电路设计简洁明快，毫无赘笔。

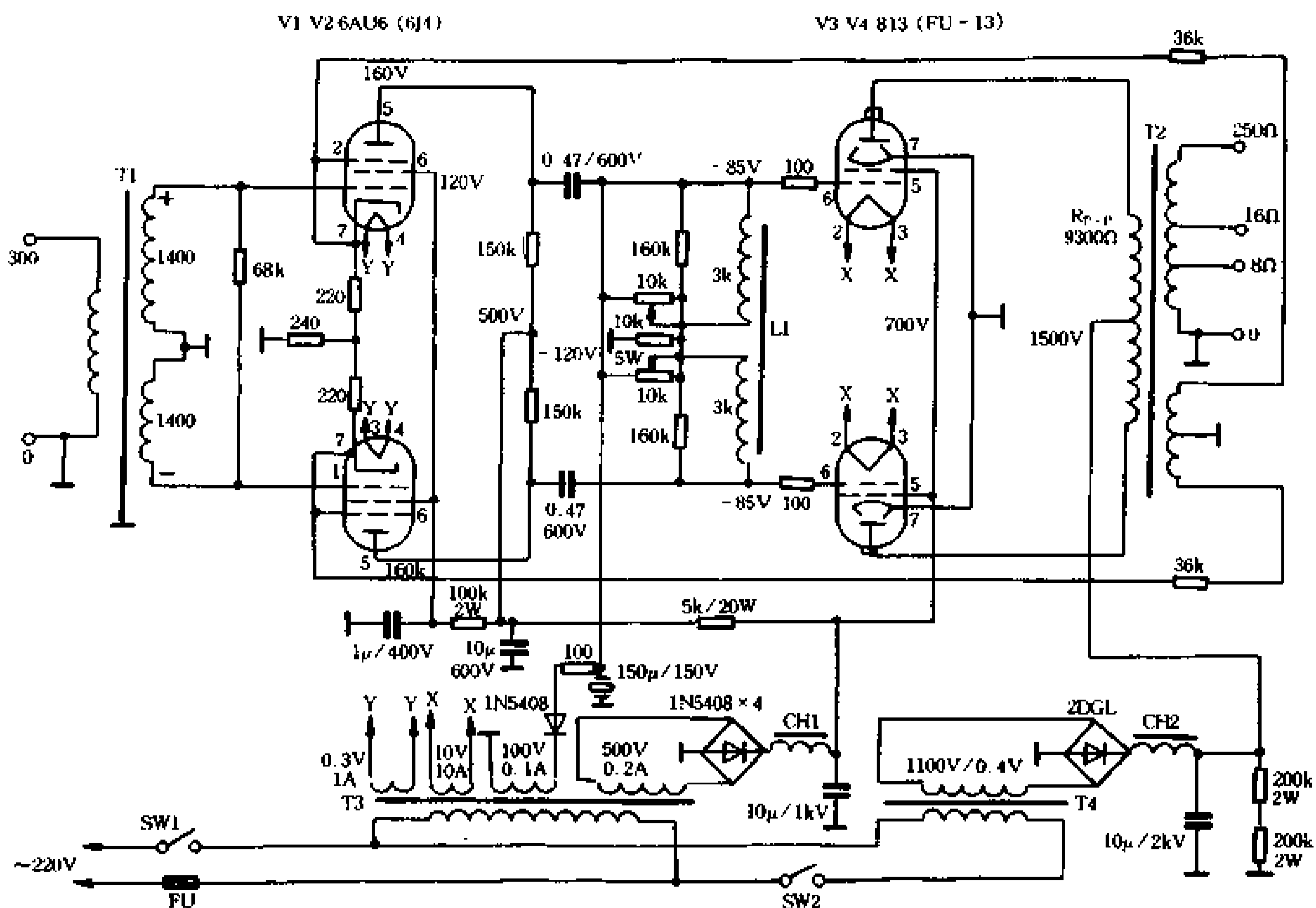


图 1-40

813 和 815 功率管的最佳工作状态如表 1-8 所示。

表 1-8

电子管型号	845	813	电子管型号	845	813
屏极电压	1000V	1500V	栅极偏压	-50V	-85V
零信号时屏极电流	30mA	50mA	栅至栅极音频信号峰压	90V	160V
满信号时屏极电流	200mA	305mA	束射屏极电压		0V
帘栅极电压		750V	屏至屏极最佳负载阻抗	6900Ω	9300Ω
零信号时帘栅极电流		2mA	输出功率	100W	260W
满信号时帘栅极电流		45mA			

【高功率放大器装配要点】

(1) 防止产生交流声

① 电源变压器与低频扼流圈均采用座式装配时，两只变压器的铁片直接与底板相贴，此时铁芯内的交流磁场会延伸到铁底板上，很容易诱发交流声。其解决方法是将电源变压器及扼流圈与底板之间加装双层绝缘垫圈，使铁片与底板之间留出空隙，这样就会减少干扰。或者采用直立式变压器，这样铁片所产生的磁力线与电子管轴垂直，影响就减小了。

② 电源变压器与输入、输出变压器之间应相互垂直安装，以减少交流磁场的干扰，输入变压器一定要远离电源变压器，最佳办法是外加屏蔽罩壳，还可以采用封闭式。

③ 大功率电子管的灯丝电流甚大，一般可达 3~5A，如果灯丝接上后电压降落过大，引起灯丝电压不足，这样便会产生交流声，所以电源变压器灯丝绕组的电流一定要保持足够的

富裕量。

④ 如果推挽管不平衡，不但失真大而且会产生交流声。经校准两管的栅负压与屏流，如仍有交流声，则表明两管特性不一致，应采用同一牌号同一时期出厂的产品。

⑤ 推动级两管不平衡或栅偏电阻接地不良亦会产生交流声。电压放大级的耦合电容安装位置不当，受附近杂散磁场影响亦会产生交流声。

(2) 失真的防止

① 高压桥堆不平衡或高压整流管内阻过大，均会引起高压回路内压降加大，导致失真增大。

② 高压滤波电容器容量不足或漏电，以及引线过长过细均会导致放大器失真。

③ 功放管的栅负压与屏流应仔细进行校准，如两管的测量值相差10%，即可引起明显的失真。

(3) 杂声防止

① 高压电源开关在高压通过时会引起电火花，使用频繁后其触点可氧化，引起接触不良产生喀、喀杂声。

② 高压滤波电容内部质量不佳或耐压不足时，电容内部亦会产生电火花，引起杂声。

③ 高压电源变压器的高压绕组绝缘不良，亦会引起层间跳火，发出吱、吱杂声。

④ 电子管管座绝缘不良，在1000V以上电压作用下，极易产生漏电现象并产生杂声，严重时还会发热烧毁。

20. 一款 Hi-Fi 电子管功率放大器

当今晶体管和集成电路一统天下，而电子管——二十世纪初就问世的最古老的放大器件似乎已被人们淡忘了，但是在音响界，这一 Hi-Fi 放大器的鼻祖虽不如昔日风采，但仍以其不可取代的音色和大动态的魅力令人依恋，在所有 Hi-Fi 放大器中电子管可以说是最受人尊重的。自从1947年威廉逊放大器诞生以后，电子管曾独领风骚，随着当今数字音频技术的迅速发展及数码音源的普及，电子管又适时地融合到这一数字音响潮流中，其重放数字音源的魅力更令人心驰神往，再加上国内外已悄然兴起的电子管回归热，电子管又逐渐建立起在现代放大器中不容动摇的地位，重现昔日的辉煌。目前，世界上最昂贵的放大器几乎都是用电子管做的，电子管在极品放大器及数码音源放大器中得到了广泛的应用。

【电子管功率放大器的特点】

(1) 电子管功率放大器的信号过载能力明显优于晶体管功率放大器，因此功率储备量可以比晶体管少一半。与相同功率的晶体管放大器相比，电子管放大器的低频声音比较柔和，高频声音比较纤细，而晶体管放大器却明显存在一种所谓的“晶体管声音”或“金属声”，声音有些发硬。

(2) 电子管功率放大器的负反馈加得不深，一般不存在瞬态互调失真，而晶体管放大器的开环增益很大，其电声指标是依靠加大反馈来实现的，这就使晶体管放大器容易产生瞬态失真，不易察觉。

(3) 晶体管功放总的音质属典型的暖色调，尽管实测性能指标表明电子管功率放大器的性能不一定超过晶体管功率放大器，但将这两种功放进行试听比较，你顿时会感到电子管功放那种特有的甜润空气感。电子管功放音色之平衡、润滑和细腻是晶体管无法比拟的。

当然我们不是说电子管功放是十全十美，众所周知，电子管存在工作电压高、功耗大、体积大等缺点。

【电路原理】

电子管功放的适宜功率在 30W 左右，考虑到留有余量，该机设计功率确定为 $50\text{W} \times 2$ ，采用甲乙类推挽式超线性电路。超线性电路是在束射四极管的帘栅极引入负反馈，它的性能指标将比标准接法提高很多，但输出功率下降，约为标准接法的 70%。根据这一要求，功放管首选蜚声海外的音频专用管 KT88。

功放的输入灵敏度设定为 0.775V，故功放增益：

$$k = \frac{\sqrt{50 \times 8}}{0.775} = 25.8 (\text{倍})$$

可见，只需要很少的放大级即可达到要求，电路结构采用典型的三级式：前置放大→倒相推动→推挽功放。前置放大级采用宽频响应、低输出阻抗、低失真的 6DJ8 SRPP 电路，倒相级采用各国发烧友一致看好的共阴极长尾式倒相电路，这一级采用 6N1 三极管，约有 20dB 的增益，足够提供 KT88 推挽输出电路所需要的栅对栅推动电压。

在供电电路方面，采用高压延时电路以保证电子管内预热时间，延长管子的寿命。前级电源采用晶体管稳压电路，该机功放及电源部分的原理分别如图 1-41 和图 1-42 所示。

根据 6DJ8 和 6N1、KT88 的特性参数，确定各管的工作电压和电流。6DJ8： $E_g = 115\text{V}$ ，两管串联即是 230V， $I_g = 9\text{mA}$ 。6N1： $E_g = 360\text{V}$ ， $I_g = 3.2\text{mA}$ 。KT88： $E_g = 500\text{V}$ ， $I_g = 50\text{mA}$ 。

在输入级 SRPP 电路中，R1 是 V1 的栅漏电阻，根据 6DJ8 的参数特性取为 470k Ω ，其作用有两个：(1)把阴极对地的直流电压加到栅极；(2)泄漏在屏极正电场作用下飞落到栅极部分电荷，以避免由于过多的电子积累造成栅压过负，影响正常工作。R2、R3 是 V1 和 V2 的栅压自偏电阻，还构成了电流负反馈电路，另外，R3 还是环路负反馈信号的接入点。由 6DJ8 的特性曲线可知：在 $E_g = 115\text{V}$ 、 $I_g = 9\text{mA}$ 时，要求 $E_g = 2.9\text{V}$ ，则 $R_k = R_2 = R_3 = 2.9\text{V}/9\text{mA} = 330\Omega$ 。

为提高整机频响指标，V1 阴极直接耦合到倒相管 V3 的栅极。R4 是 V4 的栅漏电阻，R4 取 1M Ω 。C2 是 V4 的旁路电容，以使 G4 的栅极电位恒定，由于电子管栅极回路的内阻很高，对电容 C2 的绝缘电阻有极高的要求，故采用聚丙烯电容，C2 取 $\mu\text{F}1400\text{V}$ 。V3、V4 构成长尾倒相电路，为使倒相信号的对称好，R6 宜取得大一些，但由于静态工作点的限制，取 $R_6 = 20\text{k}\Omega$ 。R5 与 R7 是 V3 和 V4 的屏极负载， $R_5 = R_7 = 30\text{k}\Omega$ 。RP 可以调整倒相信号的对称性，选用 5k Ω (1W)。

信号从 V3 和 V4 的屏极经 C3、C4 耦合到功放级 V5 和 V6 的栅极，取 $C_3 = C_4 = 0.33\mu\text{F}$ 。R8 和 R11 是 V5 和 V6 的栅漏电阻，它是栅压偏置回路的一部分，它又作为倒相管 V3 和 V4 的交流负载，因此 R8 和 R11 宜取得大一些， $R_8 = R_{11}$ 取 250k Ω 。R9 和 R10 是栅偏压的分压电阻，R9 和 R10 取为 39k Ω 。R12、R13 是 G5 和 G6 的防振电阻，其作用是防止电路中的高频寄生振荡，取 $R_{12} = R_{13} = 1\text{k}\Omega$ 。R14 = R15 = 8.2 Ω ，它们的作用是加入少量的电流负反馈。

输出变压器是整机中最关键的部件，直接影响到整机各项性能指标，输出变压器最主要的作用是完成阻抗匹配，由于电子管的输出阻抗比较大(内阻大)，而扬声器的阻抗多为几 Ω ，解决这一矛盾的方法就是采用变压器。为了使该机达到高性能，采用先进的 R 型变压器，其铁芯呈圆形，铁芯周围磁场分布均匀，由于分布在 R 型铁芯两侧的两个绕组采用逆相平衡绕制，因而能有效抑制两线圈中间区域的漏磁通。通常其磁通只有 EI 型铁芯变压器的十分之一，

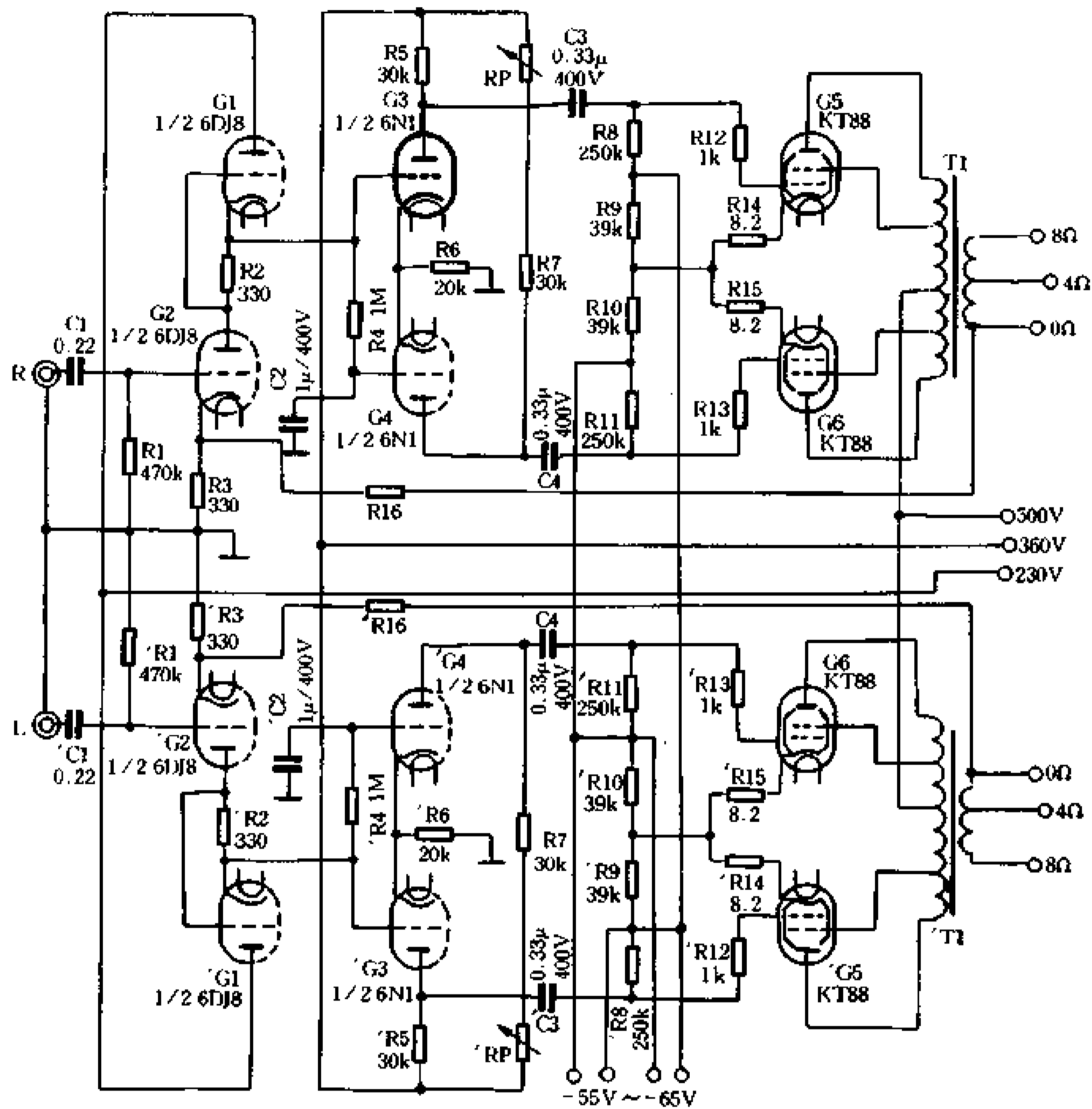


图 1-41

C型铁芯变压器的五分之一，又由于圆截面铁芯能使线包紧附铁芯，因而噪声很小，它的这些独特优点能使音响设备获得好的音质。除此之外，在功率相同的情况下，R型变压器较之EI或C型变压器还有铁损低；温升小等优点，但其绕制却需要相当高级的自动化设备，生产困难，价格也贵。

由于采用了高性能材料和先进工艺，该机输出变压器的频响能达到 $10\text{Hz}(-0.8\text{dB})\sim 50\text{Hz}(-1\text{dB})$ ，为提高整机指标奠定了基础。

该机电源部分的各组电压如图1-42所示，三个整流桥分别由4只1N4007构成，R1、R2是C1、C2、C3和C4的均压电阻，以防止两个电容串联时由于分压不均匀造成一个过压。继电器是用来实现高压延时控制的，该机使用其常开触点组。R3是功率电阻，由于继电器K1输出与VT1输出间有 $500\text{V}-360\text{V}=140\text{V}$ 压差，故加接R3以降低对VT1管的要求，R3取 $60\text{V}(40\text{mA})$ 。R4取 $82\text{k}\Omega$ 。C6取 $10\mu\text{F}$ ，用来减小纹波输出。VD13~VD15为稳压二极管，电压达到 360V 左右。VT1、VT2接成达林顿形式，以获取最佳的稳压效果。C7和C9为高频滤波电容，取 $0.1\mu\text{F}$ 。R5和R3一样，用以分担功耗，R5取 $1.5\text{k}\Omega$ 。R6同R4取 $82\text{k}\Omega$ 。C7=C5。VT1、VT2采用高压大功率晶体管2SC3306，VT3为中功率晶体管2SC3743。

固定栅偏压由 65V 交流经整流滤波后输出，由于基本不需要提供电流，故对元件要求不高。VT4采用2SC3743。RP1~RP4为 $20\text{k}\Omega$ 电位器，用以调节各管栅偏压，控制静态电流。

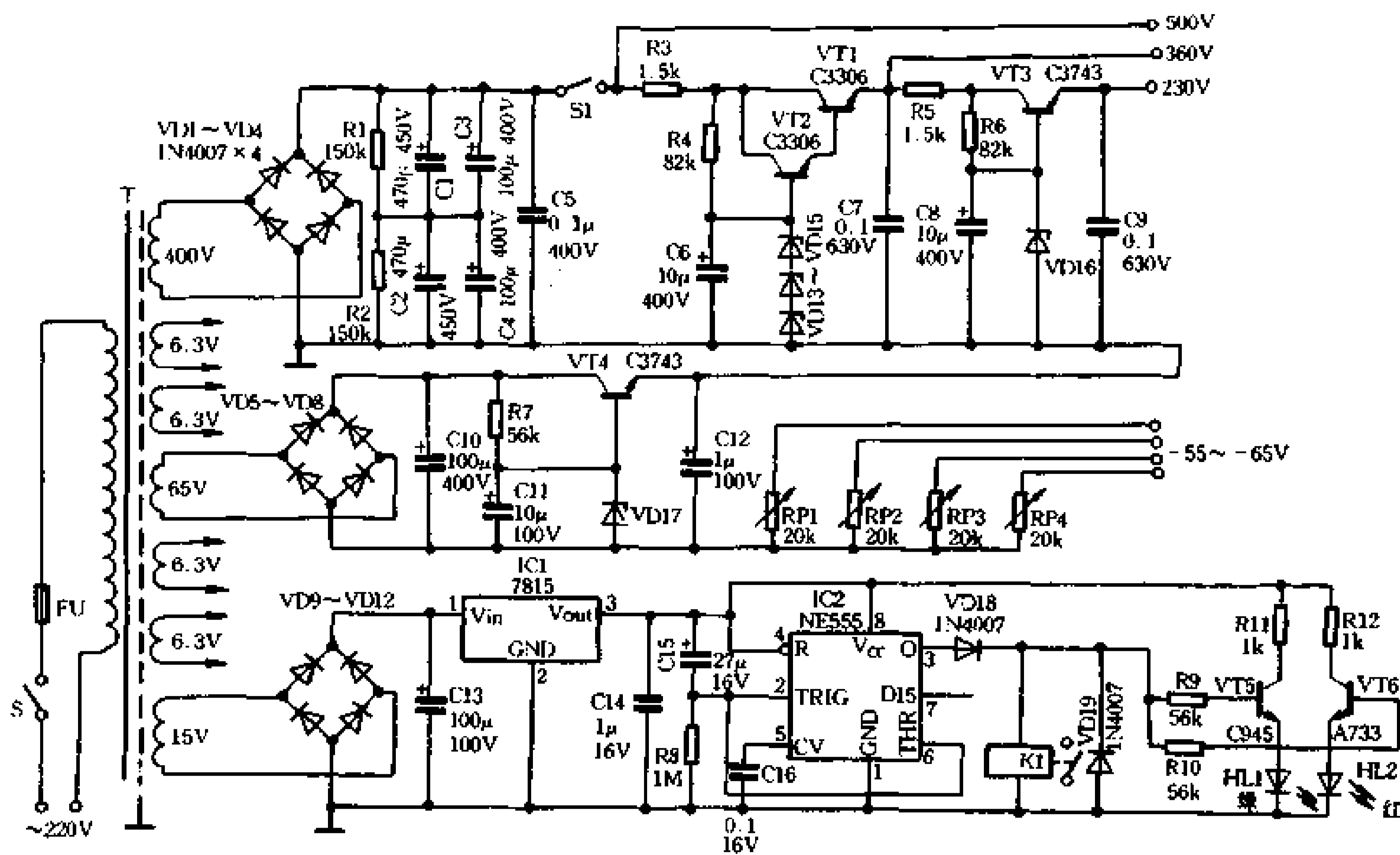


图 1-42

高压延时控制电路由一片 555 集成电路承担，这是一个典型的延时电路，可直接驱动继电器，其延时时间约为 30s。工作状态指示由一个互补管 2SA733 和 2SC945 来完成，电源刚接通，延时时间未到，IC2 的③脚输出低电平，VT6 管导通，红灯 HL2 点亮。延时时间一到，③脚变为高电平，驱动继电器接通高压，同时使 VT5 受到触发，绿灯 HL1 点亮，VT6 截止，红灯熄灭，整机处于工作状态。

灯丝供电采用交流，每声道功率管单独使用一组，每声道电压放大和倒相推动共用另一组，这样共需四组，每组有中心抽头接地。

电源变压器和前面介绍的输出变压器一样也采用 R 型铁芯，考虑到动态时功率管屏流可达 100 多 mA，故变压器留有较大余量，功率选用 360W。

【安装和调试】

电子管电路由于工作在高压状态，调试安装时尤其要注意安全。

该机共采用三块印制电路板，左、右声道各一块，电源一块。按要求装上各元件，其中两只调整管要安装散热器。检查无误后，首先调试电源板，接通电源，测各输出端电压应正确。再将电源板与放大板相连，但注意一定要等高压电容放电完毕后再操作，以免高压触电。连接好各条引线，先不要插入电子管，调整功放管栅偏压为 -65V，测量其它阳极电压均正常后切断电源。最后插入电子管，在输出端接上假负载(切不可空载)，开机测试。

在输入端接入 1kHz 小信号正弦波，用示波器观察倒相级两端的输出，或接入晶体管毫伏表测量倒相级两端电平值，调整 RP 使两值相等，调试过程中要密切注意各管，尤其是功率管屏极是否发红，以免烧坏！

将输入端用 600Ω 电阻短接，在功率管屏极接一电流表，调节栅偏压，使静态电流为 50mA，然后在输出端接上晶体管毫伏表，调整另一功率管的栅偏压，使输出的噪声电平最小，此时，两功率管的静态电流将基本相同。

两个声道调试完成后，接入 1kHz/0.775V 正弦信号，用示波器监视输出波形，同时调整反馈电阻，使功放输出 20V 左右的不失真电压，此时整机调试完成，将各板装入机壳，接好地线。

【指标测试和试听音评价】

经测试，该机已达到国家 A 级扩音机标准，主要指标为：

有效功率 $50\text{W} \times 2$

噪声电压 左 0.3mV

右 0.36mV

失真 0.6% (50W)

频响 20Hz(-5dB)~30kHz(-0.45dB)

该机完成后，曾先后请发烧友试听，总的评价是：高音明亮，低音浑厚，尤其对人声有不俗表现，在有些频域音响效果比“先锋”音响更好。

21. 音色纯真的电子管扩音机

本文向发烧友介绍一种音乐功率达 $120\text{W} \times 2$ 、有效值功率为 $30\text{W} \times 2$ 的超线性功率放大器。这种放大器的电路在威廉逊放大器的基础上作了改进，其中最显著的特点是在功放输出级设计了帘栅极反馈，使放大器的输出性能比威廉逊放大器有了一定的提高，其工作状态为甲乙类。如采用 6P3P 作推挽管，其放大器最大有效输出功率每路可达 30W。屏极至屏极负载最佳阻抗为 $6\text{k}\Omega$ 左右。输出变压器初级帘栅极抽头位置的线圈匝数比为 0.43。

由于超线性放大器工作在甲乙类，所以最大输出时的平均电流和平均帘栅电流都比无信号时增大，因而栅偏压也将增加到 -40V 左右。该电路的 6N2 为输入级和倒相级。6N1 为推动激励级（又称中间放大级），6P3P 为功率放大级，其电路原理如图 1-43 所示。

【装配要点】

(1) 先布接地线

在铁制的扩音机底板上分左右两个声道安装铜质焊片，注意与底板保持良好的接触，然后以电源变压器为起始点，由末级输出端子至功放级、倒相级、前置输入级，用直径 1mm 左右的裸铜丝与铜焊片直接焊牢。并注意变压器和输出端的大电流接地线不可与输入级的小电流接地线直接形成回路。虽然用万用表测量机内所有接地线内阻均为 0Ω ，但对交流信号而言其间电位差很大，会引起杂波与交流声干扰。

(2) 再布灯丝线

该机电子管的灯丝供电分为三组。左声道与右声道两组功放管各接一组灯丝，第三组有中心抽头接地的灯丝是专供左右声道输入管与倒相管的。灯丝线选用较粗的多股塑料线，为防止感应交流声，灯丝接线应全部采用绞链方式将双根塑料线绞合起来，走线也应尽量贴在底板上。

(3) 装高压电源部分

虽然电子管机的电源部分比晶体管机线路简单，调试容易，无需要稳压与大电容滤波等，但由于抑制交流声比较复杂，在设计时必须考虑周到，如电源变压器的安装位置、外界电磁场的辐射效应等。

高压电源部分采用 CLC 元件组成的 π 型滤波电路，L1~L2 分别为左右声道的阻流线圈，

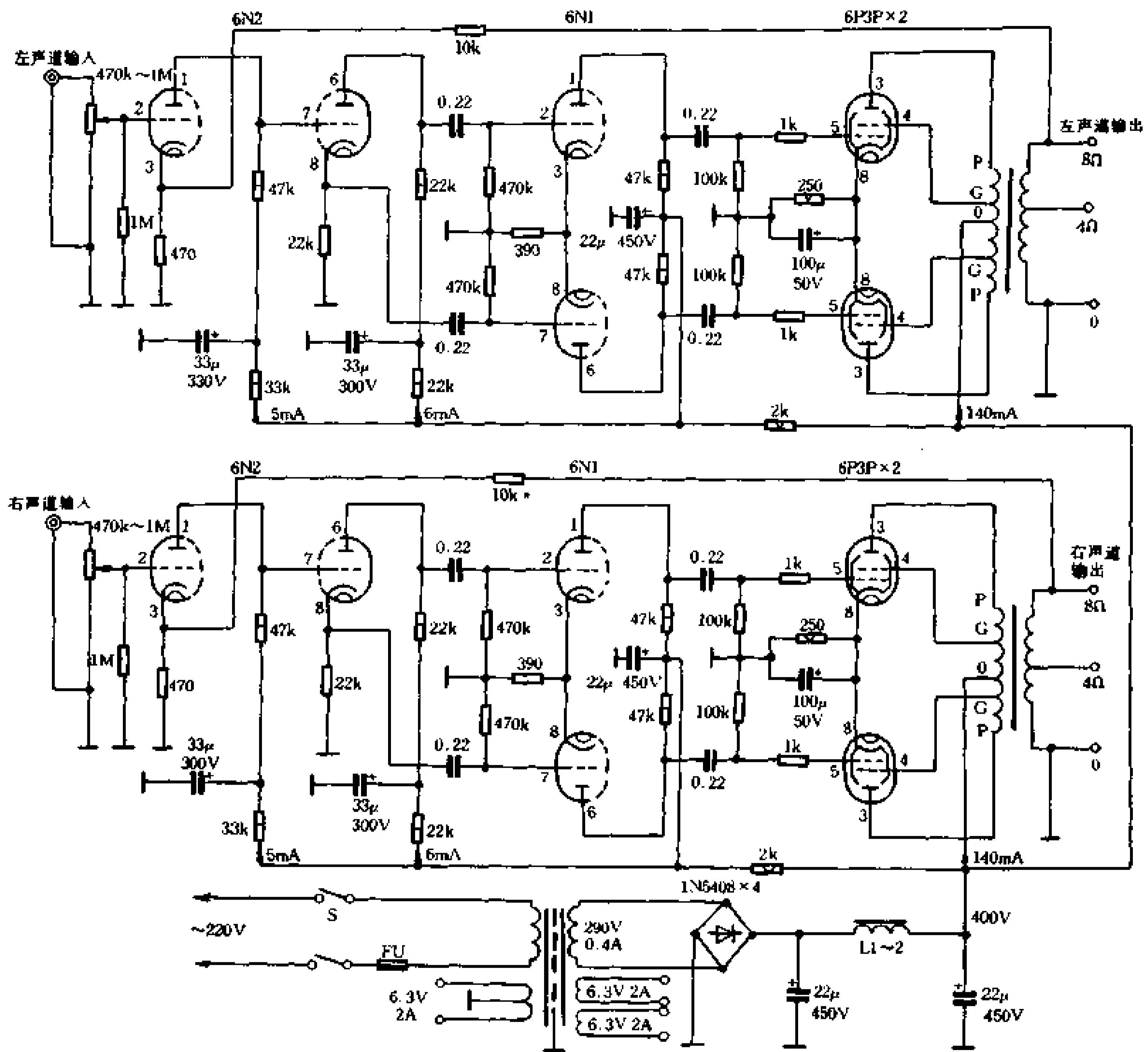


图 1-43

由于采用它后则电源内阻小、效率高，故能获得较小的纹波系数。

电子管高压电源在静态与满载时波动较小，故滤波电容器的容量有几十微法已足够。本机为安装方便，电解电容采用复合式的CDE型，铝质外壳为共用负极，安装时用粗裸铜丝在外壳上绕紧，并在就近处接地。

高压整流管与前级的次高压电源，应采用接线架支撑起来，支架可以自制。前级次高压电源由于电流小，故采用CRC滤波电路。

(4) 装各级元器件

安装各级电阻、电容时应尽量做到一点接地，以防止交叉干扰。

为防止杂声干扰，该机的电阻均采用金属膜电阻。

(5) 电子管栅极防干扰

电子管的栅极阻抗较高，为防止交流、杂波等的干扰，必须注意与高压回路的元件不能紧贴。为此，高压回路的去耦电阻也应自制支架使之架空装配。

(6) 输入级防干扰

输入管栅极的灵敏度很高，极易受交流杂波信号的干扰，所以，输入管栅极与音量控制电位器由于引线较长，必须采用金属屏蔽线，其外层金属编织网的接地，应安排在输入管阴

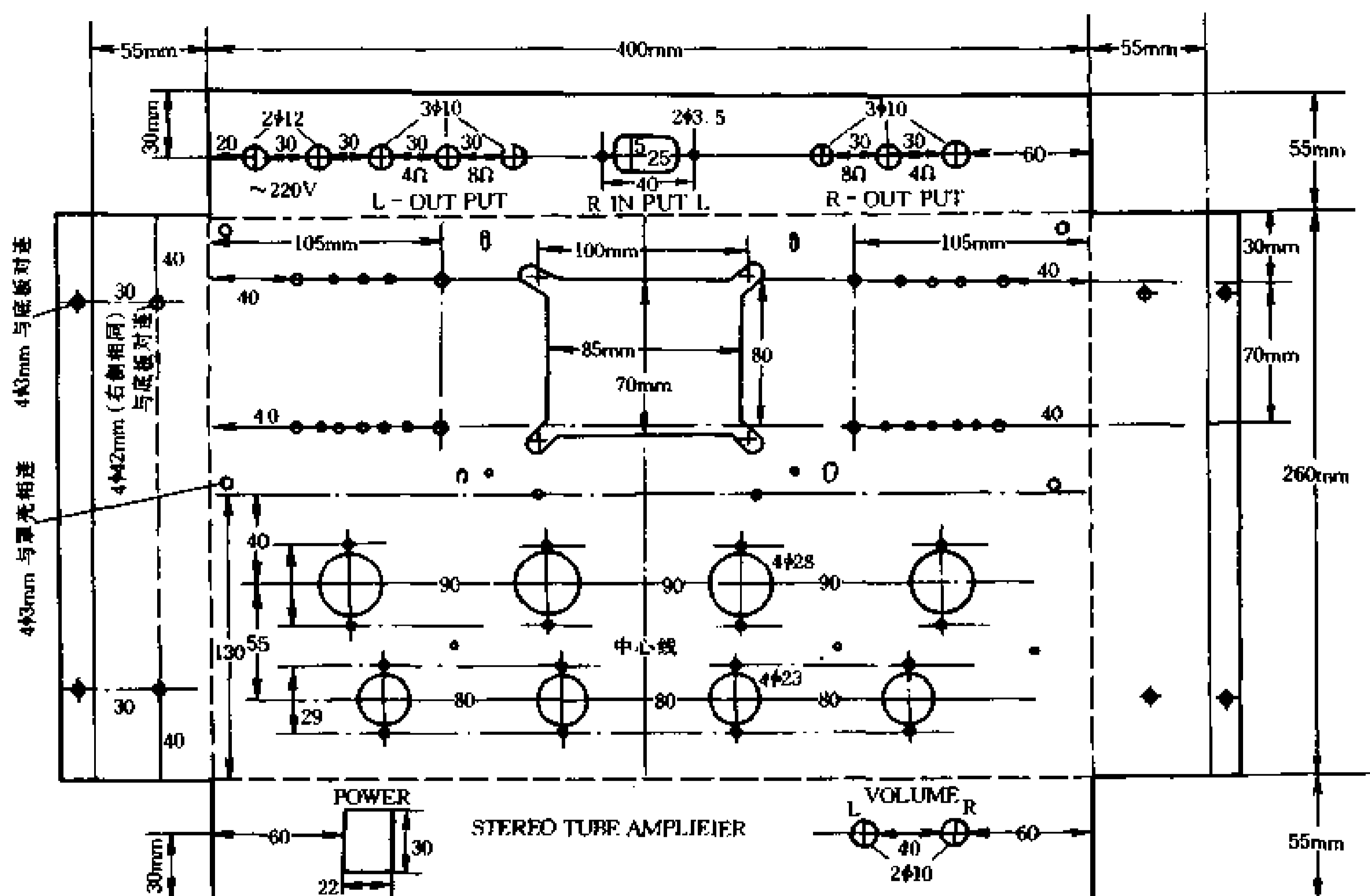


图 1-45

【调试要点】

(1) 对初装电子管扩音机的发烧友来讲，因电子管机的工作电压比晶体管机高得多，为防止因疏忽而触电，调试时最好座在木凳上，脚不要踩地。测量高压电源时最好用单手操作，切勿一手扶在底板（因为底板就是负极），一手测量电压，这样很容易被机内高压电击。

电源关断后，机内的高压滤波电容仍有储存的电荷，一不小心也会放电，应先使电容对底板放电后，再测量其它各级元器件。

(2) 在插上电子管以前，必须用万用表测量各管的灯丝电压。6P3P、KT88、EL34 等功放管的灯丝脚均为②、⑦脚。6N1、6N2 等管的灯丝脚均为④、⑤脚。然后再测量各级高压电源，并注意各管的屏极电压空载时与插上电子管后的电压数值有差别，可参照电路图中的各级电流值来计算压降，除屏极负载电阻、阴极电阻外，还应考虑到每只电子管的内阻。

还应注意的是功放管栅极与阴极间的栅偏压（晶体管机为正偏压、电子管机为负偏压），是随着输入信号的大小而变化的。如果管子的栅偏压相差过大，可通过调整栅漏电阻来解决，如阴极电压相差过大，也可以通过调整阴极电阻的阻值来解决。

(3) 插上电子管以后进行调试时，切勿使输出端子空载，必须接上扬声器或假负载，否则输出变压器很容易被击穿，电子管内部也容易因空载的高电压产生极间打火。

电子管如产生负载短路，不会像晶体管机那样瞬间就把功放管烧坏，而易产生输出变压器发热，或电子管屏极发红等现象，此时应立即关机断电，排除故障。

(4) 为防止电磁场感应产生交流哼声，该机的电源变压器采用卧装的形式，而左右声道的输出变压器则采用立装形式，两者间相互垂直。调试时还应将铁制屏蔽外壳罩上，以免与电子管产生感应。

(5) 电子管的配对工作不像晶体管那样严格，因为同一型号的晶体管其放大倍数相差很

大，而电子管的放大系数基本上差不多，只要采用同一型号、同一厂家的同批产品，其配对工作可省略。

该机功放管的阴极电阻为 250Ω 至 300Ω ，其阻值与输出功率的大小密切相关，阻值减小功率增大，反之则功率减小，频响展宽。

(6) 整机初调结束后，再接上负反馈电阻，其阻值为 $10k\Omega$ ，负反馈量约 $20dB$ 。电阻阻值增大，反馈量减小，整机输入灵敏度提高；电阻阻值减小，反馈量增大，频率响应展宽，噪声减小。整机输入灵敏度范围较宽可在 $0.2V$ 至 $1.5V$ 之间调整，信噪比可达到 $-65dB \sim -70dB$ 。

反馈量过深将会导致低频自激。如接上反馈电阻后，输出增强并伴有啸叫，则表明输出端相位接错，变成了正反馈，此时调换相位即可。

整机调试完毕后，从输入端输入音频信号进行试听，有条件者还可借助仪表测试其电性能。整机置于中等输出功率，连续开机一至二小时，各部分均无异常现象，即可认为初装顺利。

【输出功率的估测】

将 VCD 机或收录机的音频信号由输入级注入，音量电位器置于最大位置。将万用表拨到交流 $25V$ 或 $50V$ 挡，并联在输出接线端子上或扬声器箱两端，开启电源使扩音机预热三分钟后再进行测量。

输出功率的计算方法：

$$\text{输出功率 } P = \frac{V_o^2}{R_L}$$

其中 V_o 为输出电压； R_L 为负载阻抗

将收录机或 VCD 机的输出信号逐渐加大，则万用表上的输出电压读数也随之增加，此时可按输出电压值计算出输出功率。

在 4Ω 负载下，如测得 $8V$ 或 $11V$ 的输出电压，则输出功率分别为：

$$P_1 = \frac{V_o^2}{R_L} = \frac{8^2}{4} = 16W$$

$$P_2 = \frac{V_o^2}{R_L} = \frac{11^2}{4} = 30W$$

在 8Ω 负载下，如测得 $12V$ 或 $16V$ 的输出电压，则输出功率分别为：

$$P_1 = \frac{V_o^2}{R_L} = \frac{12^2}{8} = 18W$$

$$P_2 = \frac{V_o^2}{R_L} = \frac{16^2}{8} = 32W$$

如经上述测试，其输出电压达不到要求的数值，可适当对电路进行调整：

(1) 减小 V_3 与 V_4 管(推挽管)阴极电阻的阻值，可从原电路中的 250Ω 减小至 150Ω 或 200Ω 。

(2) 如推动管 V_2 的推动功率不足，也会影响输出功率，这样可将推动管阴极电阻从 390Ω 的阻值适当减小至 $200\Omega \sim 250\Omega$ 。

(3) 降低整机的反馈量。该机的总负反馈电阻为 $10k\Omega$ ，可将电阻的阻值增大至 $15k\Omega \sim 20k\Omega$ ，这样输出功率亦可提高。

22. 300B 的高保真功率放大器

降低放大器的失真，负反馈既是一剂灵丹妙药，同时也会带来许多副作用。在电子管放大器中，由于输出变压器在超低频域的非线性及高频域的相移等缺陷，使放大器超低频及高频域的失真改善程度有限。大量的负反馈甚至造成放大器的不稳定而产生超低频或超高频寄生振荡，使音质下降甚至使功放管过载降低寿命。因此，近些年许多有实力的音响公司均开始注重放大器开环质量的提高，从元器件到电路设计都有较大程度的改进。通过减小负反馈深度，甚至取消负反馈，尽量减少负反馈所带来的不利的影响，使放大器在听感上有所改善。本文向读者介绍一款完全不用负反馈的高质量电子管功率放大器。

【电路原理】

300B 是一种可靠性高，特性优良的功率放大三极管。在回路设计时应该使 300B 的优良特性得到充分的发挥。为了与 300B 灯丝的预热时间相配合，开发了 WE-274 整流二极管，而本次制作的放大器采用了整流效率高的东芝 1S2711 硅二极管。考虑到 300B 灯丝预热时间，采用了固定栅偏压与自给偏压并举的偏压供应方法。全部回路构成如图 1-46 所示。整机全部采用三极管。末级功放管 300B 产生的二次谐波失真，通过电压放大级特意产生的反向二次谐波在末级予以抵消，因而没有采用负反馈。

全机所用电子管的特性参数见表 1-9。在本机电路中，300B 的屏极电压为 420V，屏流为 70mA，屏耗为 29.4W，输出变压器的初级阻抗为 3.5Ω。

表 1-9

	300B	12AU7	12AX7	接线图
Ef(V)	5.0	6.3/12.6	6.3/12.6	
If(A)	1.2	0.3/0.15	0.3/0.15	
Ep(V)	400	250	250	
Ip(mA)	80	10.5	1.2	
Eg(V)	-84	-8.5	-2.0	
Rp(Ω)	700	7700	62500	
Gm()	5500	2200	1600	
μ	3.9	17	100	
RL()	2.5K			
P0(W)	12.5			
Pdmax(W)	40			

三极管在单独使用时，由于 E_g-I_p 特性的非线性，输出波形中含有大量的谐波成分，其中二次谐波特别多，在最大输出附近可达 -26dB，即 5% 左右。本机没有采用负反馈，末级产生的二次谐波失真是借助于电压放大管 12AX7 来抵消的。抵消的方法如波形图 1-47 所示。为了抵消末级产生的二次谐波，使初级电压放大管 12AX7 工作在与末级输入输出特性相近似的区域，输入信号经 12AX7 放大、反相后输出与末级二次谐波失真相反的驱动信号，从而抵消末级产生的二次谐波失真。

12AX7 的一侧用于电压放大，为了满足 300B 栅极驱动电压的要求，电压放大必须有足够的电压增益。为了获得抵消二次谐波失真的特性，工作在屏流非常小的状态，因此，屏极负载电阻取得非常大(500kΩ)。

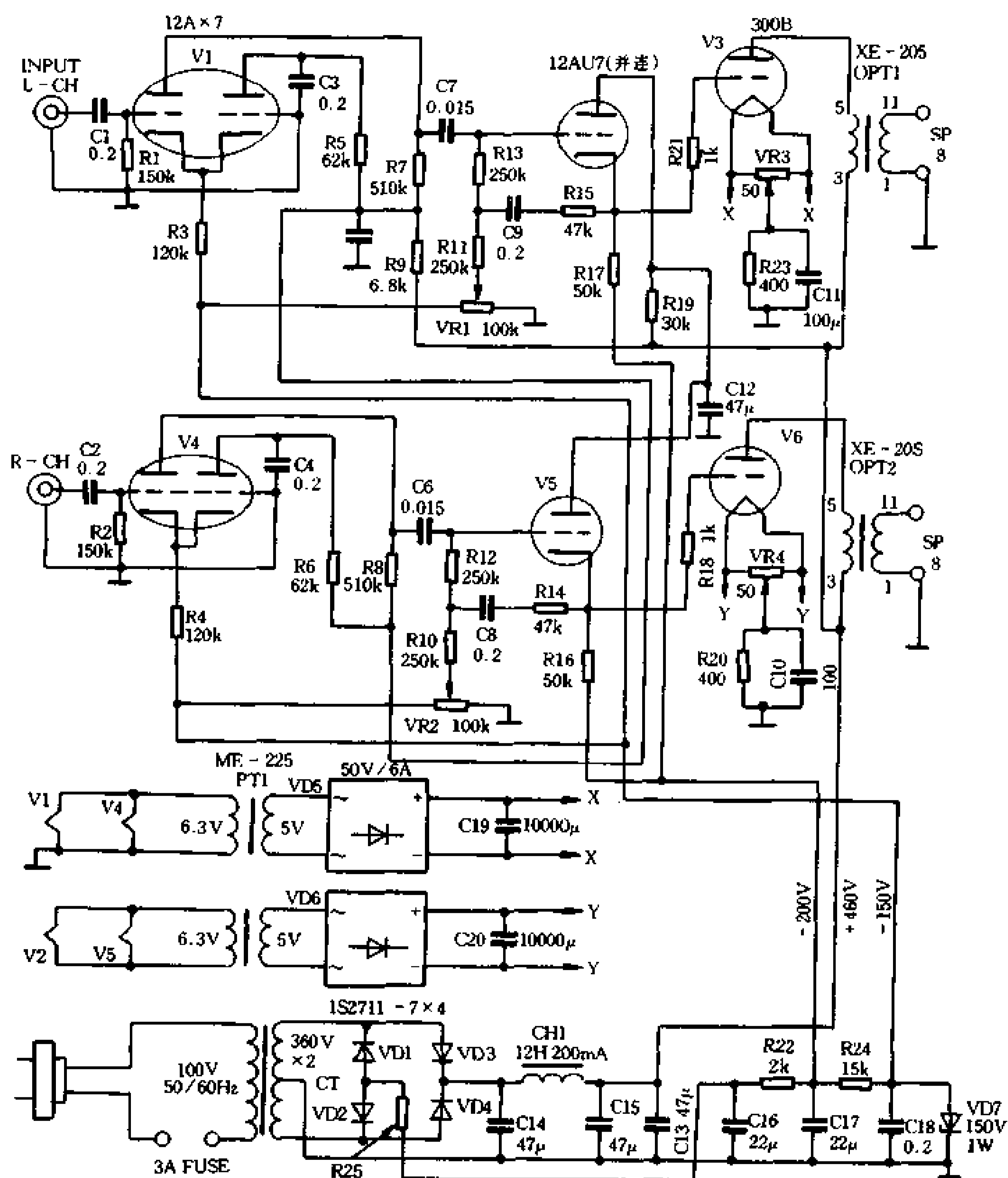


图 1-46

12AX7 的另一侧接成栅极接地放大器，使电压放大侧偏压更稳定，阴极交流阻抗低，可省掉阴极旁路电容。12AX7 的工作点可通过调整阴极电阻来设定。

电压放大级的输出电压完全可满足 300B 的驱动要求，但是，由于输出阻抗很高，不能直接驱动 300B。12AX7 并接后接成阴极跟随器，在此起到阻抗变换作用。其阴极直接与 300B 栅极相连接，300B 的偏压由 12AU7 栅极的可调电阻 VR1(VR2) 进行调整。300B 大约一半的偏压由其灯丝中点所接的 400Ω 电阻以自给偏压的方式获得，而剩余的偏压由 12AU7 来提供。这种方式可以提供最佳的偏压设置。这样，当电源接通时，虽然不能像 WE-274 整流管那样完全与 300B 配合工作，然而它可保证电源刚接通的一段时间内 300B 处于截止状态，防止在灯丝预热期间有屏流流过。此后，随着旁热式三极管 12AU7 阴极的慢慢加热，300B 的偏压缓缓地趋向设定值，使 300B 的灯丝寿命得以延长。自给偏压的采用主要是为了安全性，用以保证昂贵的 300B 不受损坏。

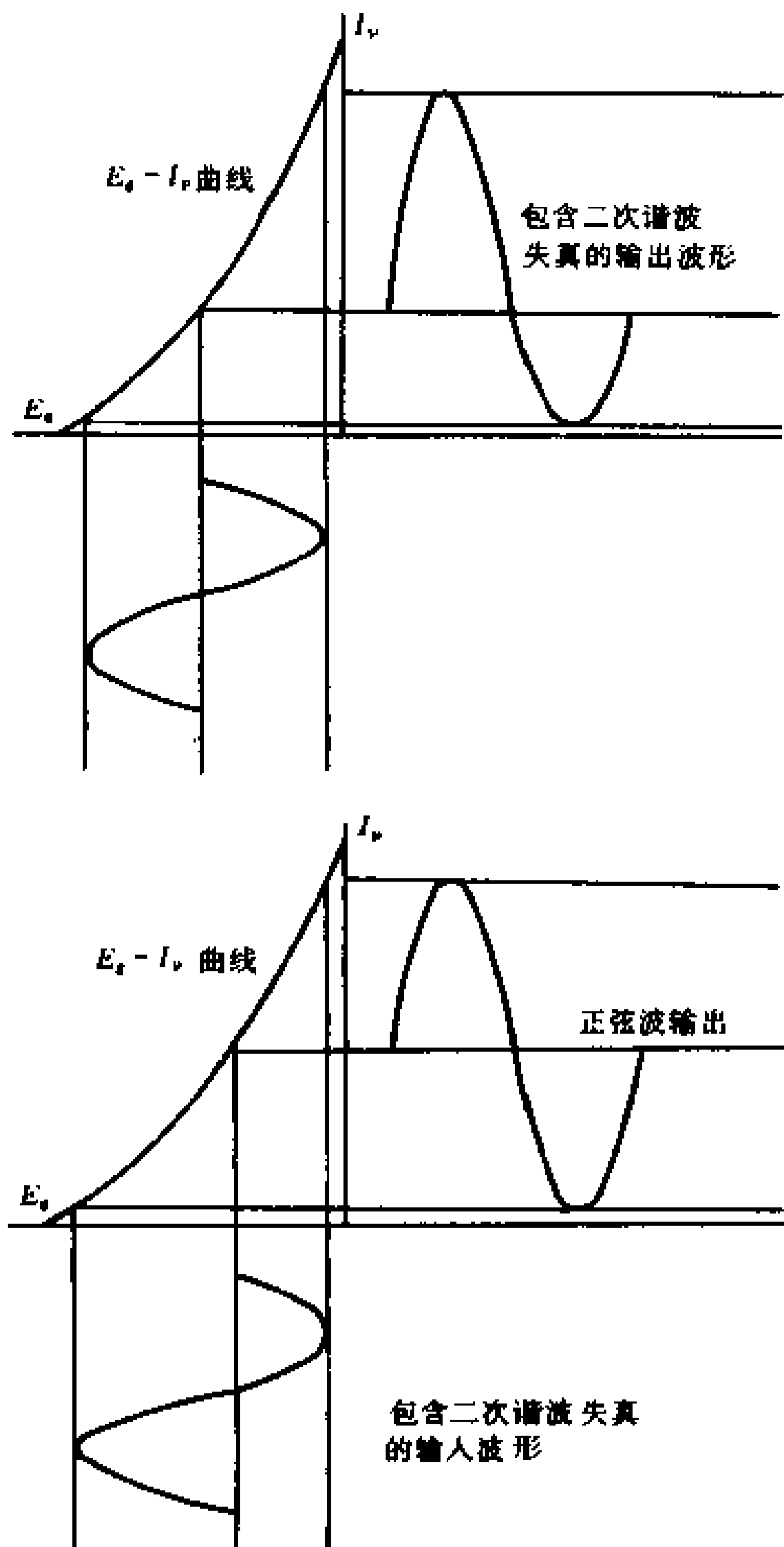


图 1-47

【元器件选择与安装】

12AU7 栅极的耦合电容采用质地优良的云母电容,在保证音质的同时使偏压更稳定。另外,耦合电容与相关元件组成一高通滤波器,防止 10Hz 以下的频率通过,可防止 300B 过载。输出变压器的初级阻抗、频率特性、失真率和稳定性等对放大器的性能至关重要。自从威廉逊等采用大量负反馈的放大器出现以来,输出变压器的绕线方法及铁芯的材质都有较大进步,出现了很多种高质量的输出变压器,使电子管放大器的高保真得以实现。本机在制作中采用了具有制造电子管输出变压器丰富经验的平田电机制造的 TANGO 牌 XE-20S 型输出变压器,其主要参数见表 1-10。国内爱好者可选用“金牛”牌等成品变压器。如果自制,需要有一定的制作经验,可参考表 1-10 及有关资料设计,应采用分层或分段式绕法。

电源变压器自制和选用成品都可以,只要功率及各绕组的电压及电流满足要求并留有一定的余量即可。300B 灯丝以采用直流供给方式减小交流声。即使这样,经 $10000\mu\text{F}$ 电解电容滤波后仍残留有大约 1V 的纹波电压,因此,在灯丝两端跨接一只 50Ω 可调电位器调整中点位置可有效地消除交流声。

整机采用传统的搭棚式焊接,地线采用截面较粗的塑胶线连接,并在电压放大级附近一点接机壳。装配过程中,配线首先从电源部分开始,灯丝配线需采用双绞线并远离信息回路以减少纹波

干扰。电压放大级灯丝接地端应靠近电压放大级,灯丝的哪一端接地应在调试时由试验决定,以交流声最小为准。信号通路的元器件尽量靠近管座装配,其中 R1、R2、C3、C4、C6、C7 直接跨接于管脚之间。负偏压供给部分焊装在一块独立的接线板上。装配完成后应仔细检查一遍接线是否正确,当确认无误后方可进行下一步的通电调试。

表 1-10

功率	20W(45Hz/3.5k Ω)	频率特性	25Hz~90kHz(-2dB)
初级感抗	1mW 时 16H 最大 18H	初级电阻	110 Ω (20 $^{\circ}\text{C}$)
初级容许电流	160mA	阻抗比	3.5k Ω /8 Ω
损耗	0.33dB		

【电路调试】

注意:在通电调试前必须接好扬声器或假负载。为了安全起见,每次关断电源后应用 1k Ω

电阻使+B电源对地放电，然后才可进行焊接或调整工作。

在电源接通前将调整偏压用的VR1、VR2旋向负电源一侧。在电子管插入前后均应对各灯丝电压检测，确认一遍。300B灯丝电压应在4.7~5V范围之内。

(1) 偏压调整：本机负偏压供给非常重要，负偏压供给回路结点的电压及电流值如图1-48所示。其中-150V和-280V两点的电压值要求尽可能准确。若偏离较大，应做适当调整。偏压调整决定300B的工作点，调整时将万用表拨于DC50V挡，接于R20(R23)两端，慢慢将VR1(VR2)旋向地端，使R20(R23)两端电压达到28V即可，此时300B的屏流为70mA。经过一段时间热机后再调整确认一次。

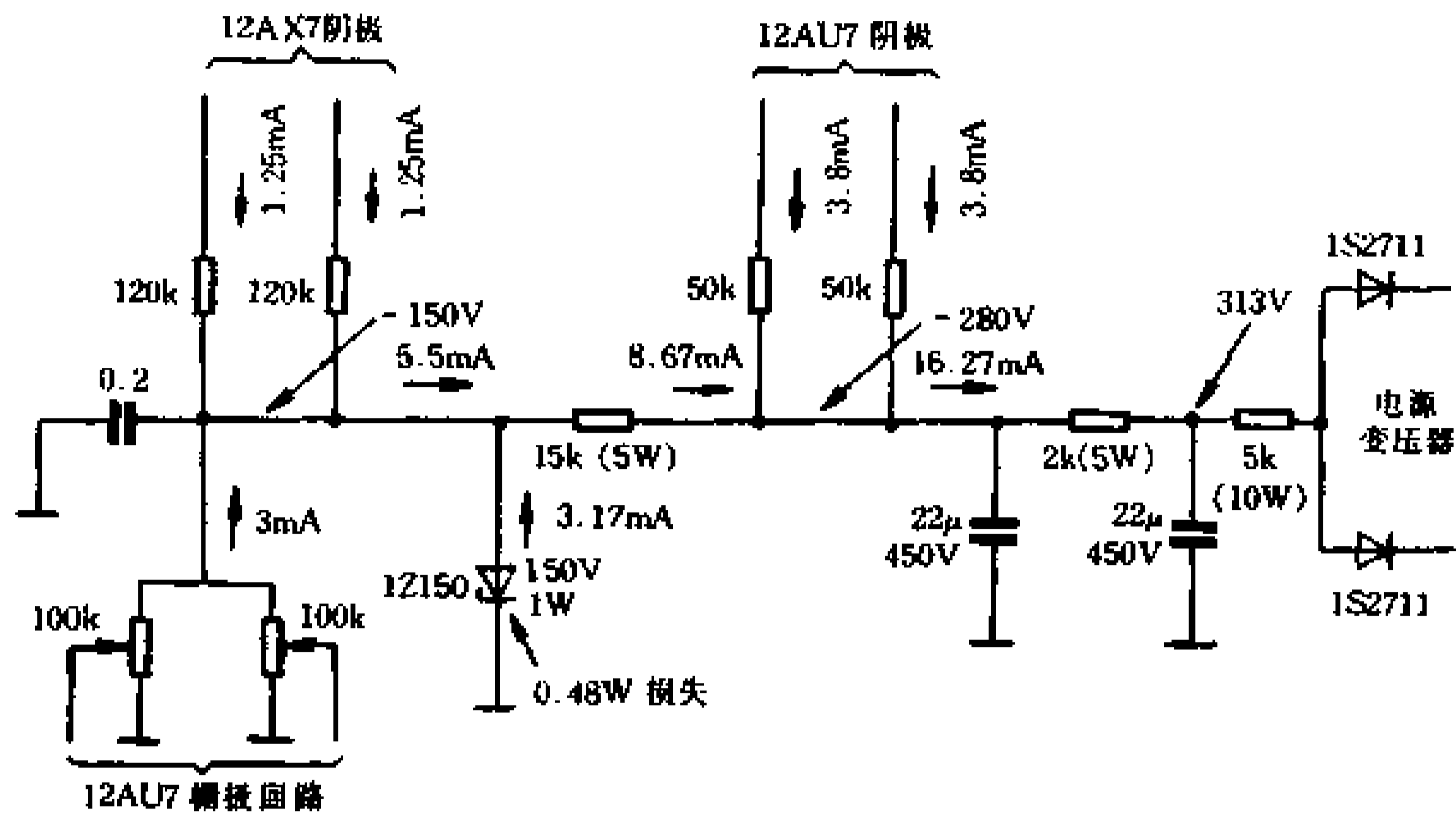


图 1-48

(2) 交流声平衡调整：将输入端短路，调整VR3(VR4)使扬声器中的交流声最小即可。

(3) 抵消二次谐波失真调整：对于12AX7来说，阴极所接的120Ω电阻(R3、R4)的阻值基本上就为最佳值，但由于管子的一致性及其生产厂家的不同多少会有些差异，对于有失真仪、高频电压表、高保真正弦波信号发生器的爱好者可进行更精确的调整。首先，将120kΩ换成100kΩ固定电阻串43kΩ可调，将扬声器换成8Ω25W电阻的假负载两端，调整信号发生器频率为1kHz，并使放大器输出功率为1W左右，此后调整43kΩ可调电阻，求得失真最低点，最后将4kΩ可调电位器至两个最低点的中间点，测量其值并与100kΩ相加后换成相应的固定电阻即可。

【测试结果与试听】

1W输出时的频率特性及阻尼系数如图1-49所示。由于未采用负反馈，放大器的频率特性向高、低两端延伸很宽，在音频范围内，阻尼系数DF基本保持在2.7左右，反向推算放大器的内部阻抗大约为3Ω。与晶体管放大器及采用深度负反馈的电压输出放大器相比，本放大器具有非

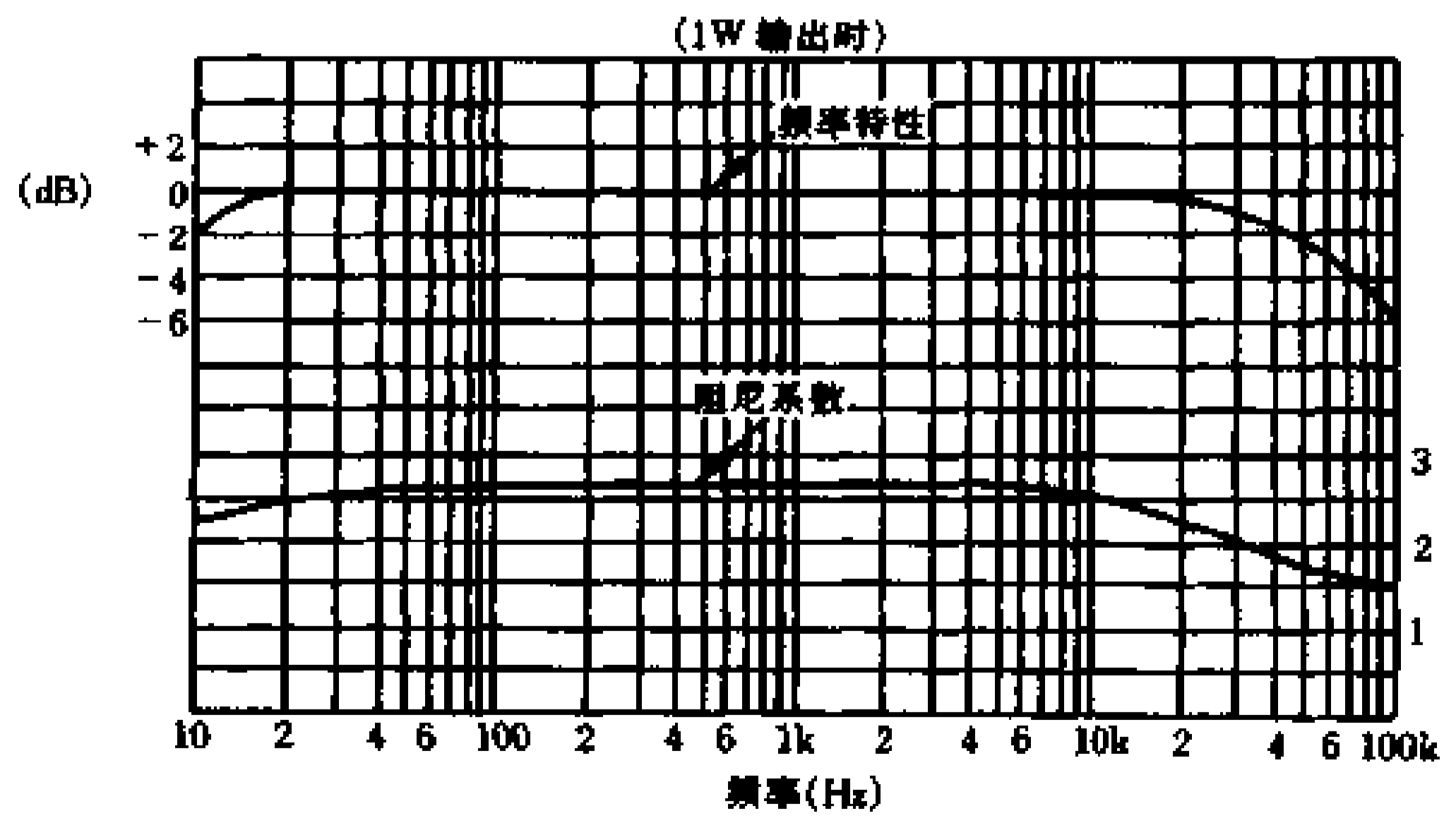


图 1-49

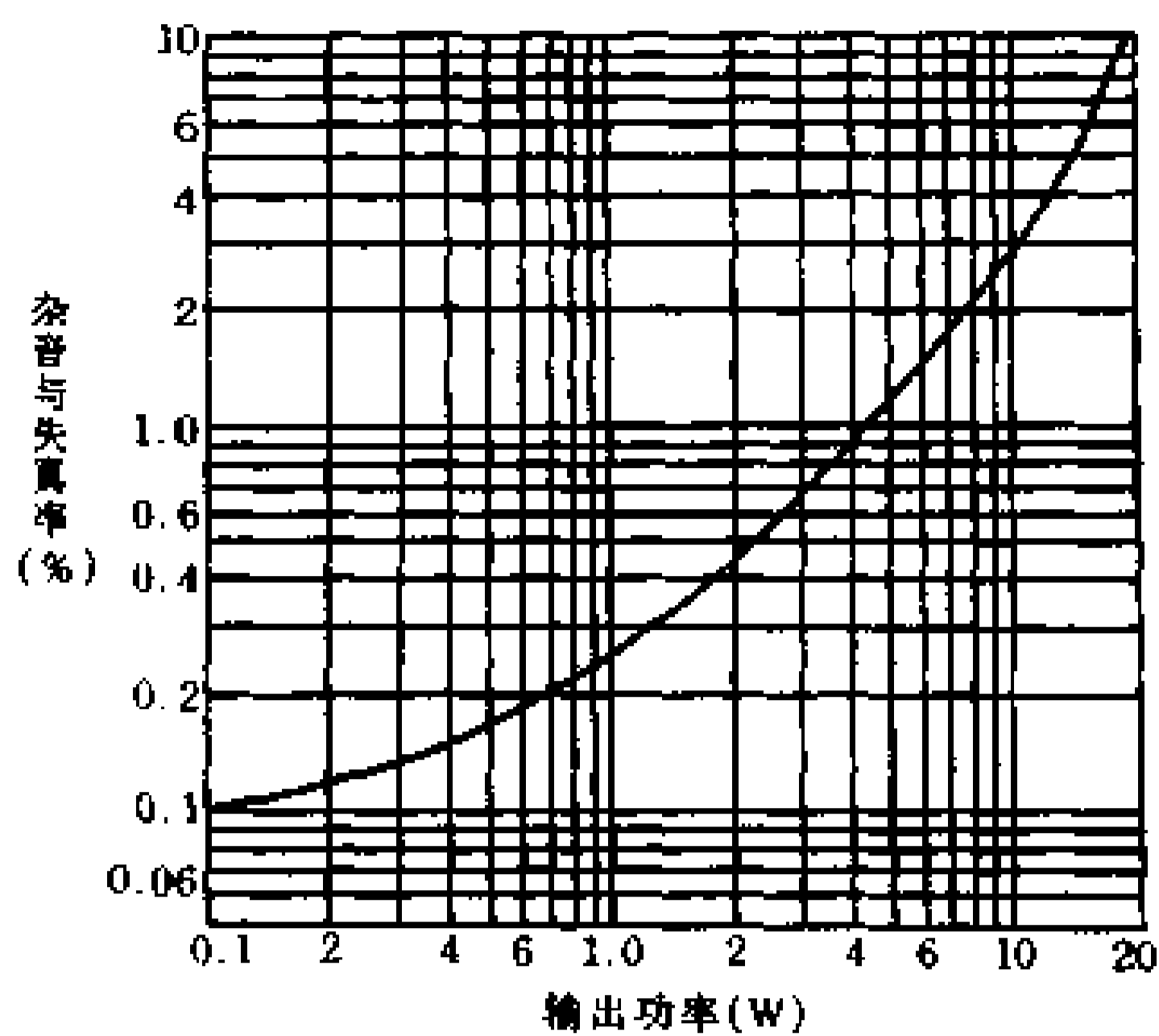


图 1-50

常独特而迷人的音色。

杂音与失真率如图 1-50 所示。失真率随着输出功率的增加基本上呈线性增长，这种失真不象削顶失真那样急剧变化，因此，是一种在听觉上不易查觉的软失真。当输入信号电压为 1.2V 时，输出功率可达 10W，失真率为 3% 左右。

本机在实际试听时采用了高保真的模拟唱机，试听中感觉本放大器从低频到高频的平衡感、鲜活感非常优良，对音乐的再现非常真实，特别是吉他的余韵和低频的量感很具魅力。古典音乐，音色醇厚，令人回味无穷。

23. 电子管功放的调试

如图 1-51 为一款简单易制、电子管互换性较强的通用化电子管功放电路。

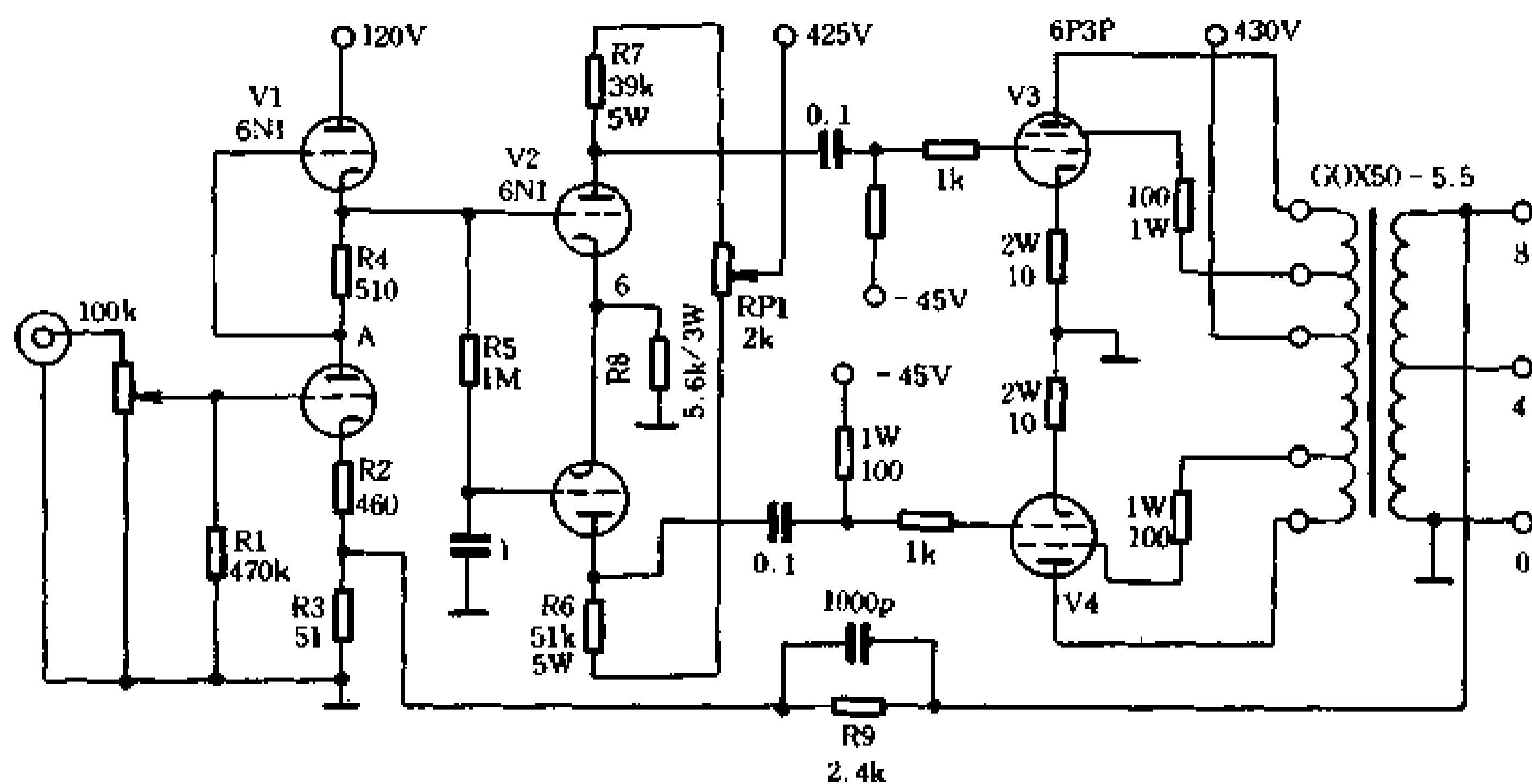


图 1-51

【电路原理】

电压放大级采用 SRPP 单端推挽电路。倒相推动级采用共阴极长尾式倒相电路。功率级采用超线性电流放大电路。以上三种电路是目前胆机较为流行且电气特性良好的实用电路。有所差别的是大环路反馈是接在 R2 和 R3 的分压点上，而不是直接接电压放大级的阴极。实践证明，这有效地克服了放大器的超低频振荡。

【元件选择】

电子管 V1 可选用 6N1、6N3、6N4、6N6、6N10、6N11 等 9 脚花生管，实际互换证明效果都不错。V2 选用 6N1，也可用 6N10，只是阴极电阻 R8 应为 12kΩ。功率管选用 6P3P、KT88 和 EL34 都行。输出变压器可采用大极典公司(原金牛牌)GOX50-5.5 型或曙光厂 SG50A 型，但价格昂贵。对于初入胆机的烧友，可先采用 25W 或 50W 线间变压器按图 1-52 所示接法作

为输出变压器，实际效果也不错。待对胆机的安装调试成熟且聆听一段时间后，再购买成品输出变压器。

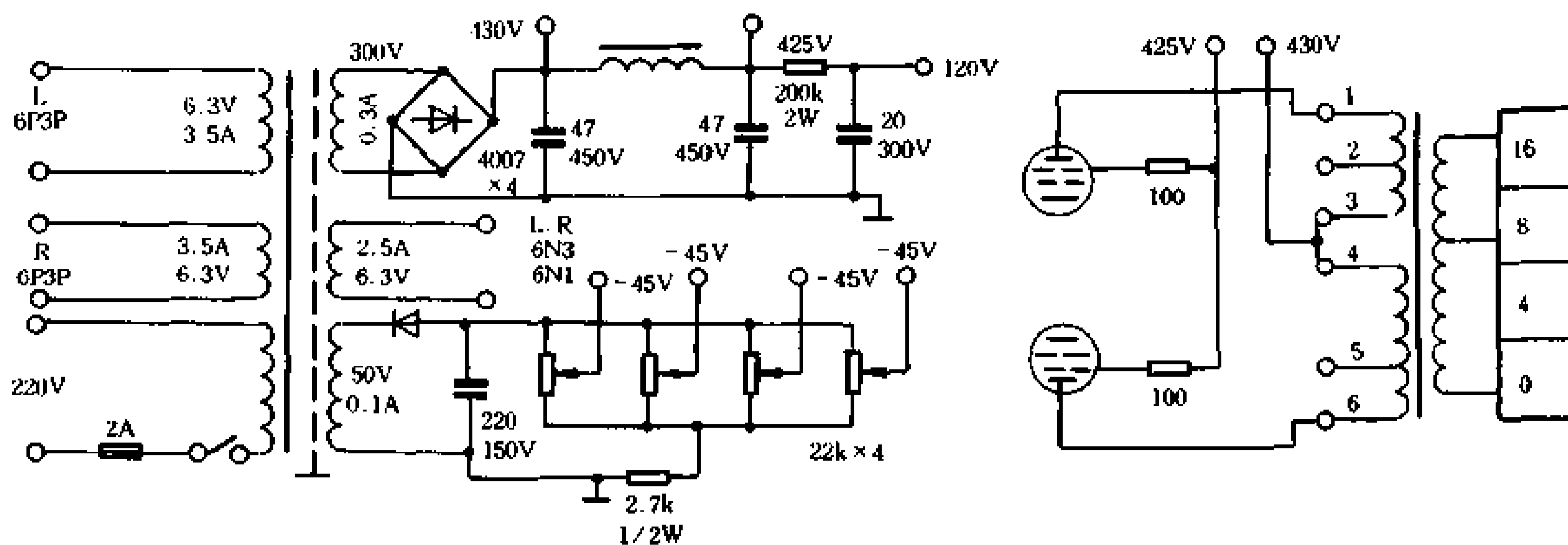


图 1-52

【安装调试】

全部元件可安装自制 400mm×350mm×60mm 的金属底板上。所有阻容元件最好利用电子管管座和接线柱搭棚焊接。应该指出，各级接地元件的接地点不要利用底板就近接地，应将一根长 $\phi 1.5 \sim 2\text{mm}$ 的搪锡铜线(有条件用镀银导线)利用接线柱架空在底板上作为专用接地导线。以电压放大级、倒相级、功放级为序，将各级接地元件汇接焊于该专用架空地线的相应的一点上，然后将架空地线功率级的一端与电源滤波器电容接地端一并焊接于底板上，电压放大级专用接地线一端悬空，此举是装配胆机的关键。

所有元件安装无误后，按以下步骤进行测试。不插入电子管接通电源，测量供电系统的各交直流电压，正常后插入 V1 测量 A 点电压应为 60V。该电压放大级只要 R2、R3 之和与 R4 的阻值控制在 $\pm 2\Omega$ ，V1 内两管特性一致则无须调试。将 V1 拔去插入 V2 测量 B 点电压，调整 R8 使电压为 6~9V，然后再插入 V1，重新测量 B 点电压应约等于 A 点电压 60V，至此电压放大级和倒相级调整完毕。对于倒相级正负半周对称性的交流调整，可在输入端送 15kHz 信号，在倒相级两屏极测量其波幅，调整 RP1 使波幅对称。初入胆机者有可能将 R6 和 R7 装反，可测量两电阻上的直流电压应基本一致。

功率级调整首先将 V1、V2 拔去，使栅负压电位器置最大负压位置，插入 V3、V4 测量两管阴极电压，调整相应的栅负压电位器使电压值为 0.3~0.4V。以上调整合格后插入全部电子管，接入假负载(可用汽车 12V 前灯泡代替)。也可以直接接入音箱，将音量电位器逐渐开大，若此时假负载发亮或扬声器中发出音频振荡声，说明放大器自激，应同时调换两功率管屏极和帘栅极上输出变压器的接线，自激会消失，至此全机调整完毕。为了可靠，最好开机烤机一小时后再重复以上的测量。

关于反馈调整，按图标示反馈元件的 RC 值，其 800Hz 的反馈量约为 6dB，实际反馈量的大小由各人耳感可适当调整反馈电阻 R9。建议以 4~6dB 为宜，以确保放大器的稳定性和频率特性。

最后谈谈功率管的配对，先将音量电位器旋至最小或将 V1、V2 拔去，调整栅负压为一定值(6P3P 为 -45V，EL34 为 -35V)，将功率管分别插入管座，测量阴极上的电压值，并做好记录，以最接近的值作为对管。一般采用同一厂家同一时期生产的电子管按以上配对方法是切实可行的。

二、胆石混合功率放大器

1. 简洁的胆、石混合功放的制作

眼下胆机卷土重来，胆机的温馨音质确令人向往，但胆机对输出变压器要求很高，自制有一定难度。市售发烧级功放，售价之高令人望而却步。本文参考了大量资料，充分发挥胆机和石机的各自优势，认真选料，打造出这款纯甲类胆、石混合功放。

【电子管放大器的主要特点】

(1) 信号过载承受能力强，明显优于晶体管，其低音柔和，高音比较纤细，不存在“晶体管声”或“金属声”。

(2) 由电子管组成的放大器，一般负反馈加得不深，当设计合理时可丢掉负反馈，一只三极管的开环放大倍数一般在 20~100 倍之间，一般不存在瞬态失真。

(3) 电子管功率放大器的音质受输出变压器的影响较大，而输出变压器的绕制工艺极为复杂。

【VMOS 晶体管放大器的主要特点】

(1) 输入阻抗不高，但输入电容较大，并且存在一定的离散性。可见由于其输入阻抗呈容性，因而在宽频带内工作时的输入阻抗变化较大，在音频的高端只有几千欧。

(2) 输出电流大。

(3) 所需输入驱动电流较小。

(4) 输出具有平方率的特性，故奇次谐波极小，而偶次谐波对提高音质很有利。

由以上对电子管和 VMOS 管的分析，本机设计思想已一目了然。VMOS 管输入阻抗呈容性，为克服这一弱点，特为此加了一级电子管阴极输出器。

【电路原理】

混合功放的电原理如图 2-1 所示。由图可见该机线路简单，输入电压放大级选用电子管 6N11J。6N11J 是深受发烧友欢迎的低价发烧管，其性能颇佳。该级电压放大器的电压增益设计在 30 倍左右，它的输入特性频率可达数兆赫以上。阴极输出器选用电子管 6N1J，6N1J 和 6N11J 一样在发烧界享有盛名。该极阴极输出器有两个作用：一是利用它的高输入阻抗减少电压放大器的负荷，这对减少失真，获得大的动态输出极为有利；二是它的低输出阻抗消除了 VMOS 管输入阻抗呈容性对频带的影响，为展宽整机频带创造了有利条件。为了更好地降低输出器的输出阻抗，该机用一只 6N1J 并联使用。以上两管在选用时首推“曙光”牌电子管。

输出级 VMOS 管选用最近推出的发烧精品 K135、J50 大功率场效应管。该级工作于纯甲类状态，以减小失真。

电子管的灯丝电压采取直流供电方式，以增加电子管的工作稳定性和减少噪音。前后级电源采用双电源分别供电。为提高双声道的分离度，各声道电源也可分别设置。合用功放级

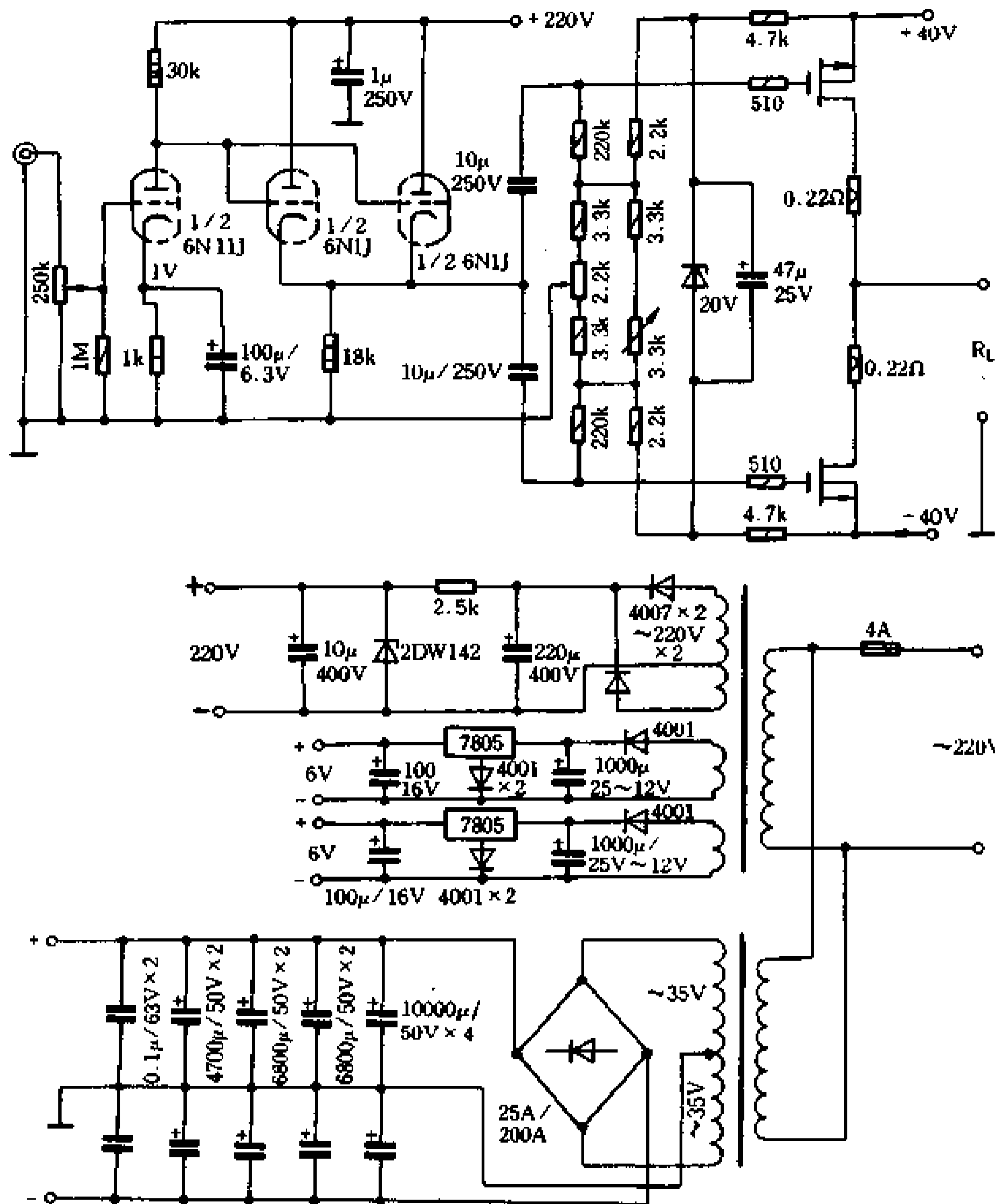


图 2-1

电源时，变压器可选用 500W 的环型变压器，电阻除标定功率外一律使用五色环 1W 金属膜电阻，0.22Ω 电阻采用无感线绕电阻。整流管为快速恢复二极管；电源滤波电容上并上一只无感 CBB 电容，以增加整机的高频信号解析力；其它电容器一律选用 CBB 型电容；6N11J 的阴极旁路电容为钽电容。可调电位器选用多圈型，以增加工作的可靠性。功放管的散热器要足够大，且要注意整机散热效果。

由于本机线路简单，电子管电路部分可直接布线，末级放大部分可选用印制板，整机的布线要合理。有关注意事项可参考有关书籍。放大器的调试比较简单。调试时先在输出端接一只 8Ω/50W 的电阻，调 2.2kΩ 使输出中点电压为 0V，调 3.3kΩ 使输出级静态工作电流为 1.5A。以上两项的调节可多次交叉进行，以保持输出中点电压为 0V，输出级静态工作电流为 1.5A 的稳定状态。经过以上调试，一款高性价比的胆石混合功放制作完毕。

该功放使用前要进行充分烤机，可首次烤机 48 小时，并在烤机期间经常观察电压、电流是否达到设计要求，必要时做相应的调整。如用三分频发烧级音箱试听，其音质令人耳目一新。

2. 胆石混合功放新制作

二十世纪 60 年代装电子管收音机；70 年代落地式音响；80 年代又开始搞晶体管和集电电路。随着器件的不断更新，箱底里也积压了不少过时的器件，如电子管、变压器等。90 年代胆机复出，眼下又流行胆石混合机，于是沉寂多年的那些器件找到用场。本文制作一台混合式功放，前胆后石，所采用的电子管都是早年电子管和落地式音响上常用的，后级则采用了 AP500A 电压驱动模块，中功率 VMOS 管和大功率晶体管，电路简洁，性能优良，音色亦胆亦石，别有一番韵味。

【电路原理】

整机电路如图 2-2 所示。电子管 6G2 担任输入级，对前面音源送来的信号进行电压放大。6G2 是双二极管三极管，在电子管收音机中作检波和低频电压放大。其中的三极管是高 μ 三极管，音色明亮柔和，使人有一种亲切感。虽然现在人们很难推崇用 6N11 接成的 SRPP(单端并联推挽)电路，它的特点是转换速率高，高速特性极佳，但音色比较接近石机，胆机韵味不如高 μ 三极管浓。6G2 中的双二极管用不上，将其直接接地。常用的 6J1、6K4 等五极管，也可以代替 6G2 作低频电压放大，效果也很不错。不过 6J1、6K4 等五极管的电压增益远高于三极管，将使电压放大器的灵敏度增高，如不需要高的电压增益，可以将它们接成三极管使用。

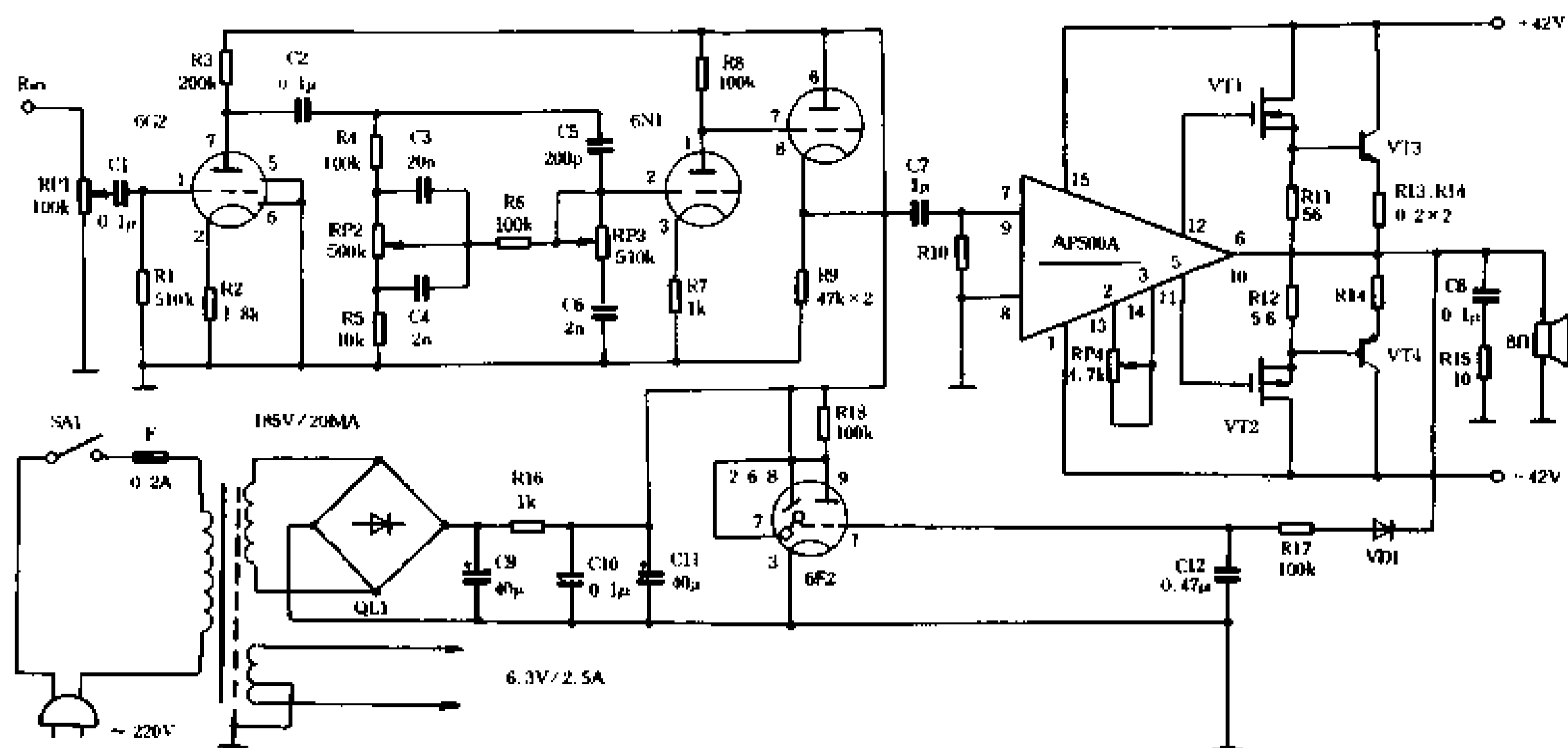


图 2-2

音调控制电路采用了衰减式，优点是控制范围大，不易自激，这种方式更符合人耳的听觉的特性，缺点是噪声和非线性失真比负反馈式音调控制电路大，但这个缺点可以通过优选元件、合理布线等方法克服。两只电位器 RP2、RP3 分别调节低高音，调节范围都在 $\pm 12\text{dB}$ 以上，控制效果是很明显的。衰减式音调网络有一定的损耗，另加一级电压放大器予以补偿。

6N1 为第二级电压放大器，它是中 μ 双三极管，素有万能管之称。在使用中它常被用来作电压放大器和倒相器。在五、六灯收音机中常把其中的一个三极管接成二极管担任检波，另一只三极管作电压放大。在二、三灯简易收音机中，6N1 的一个三极管则接成整流管，而用另一个三极管作功率放大，在不大的房间里收听，声音也很响亮。本机 6N1 的一个三极管接

成共阴极放大器，它有二十几倍的电压增益，以补偿无源 RC 音调网络的衰减。6N1 的另一个三极管接成阴极输出器形式，它的电压增益接近于 1，但输出阻抗小，有很强的负载能力，这对驱动后面的功放电路，减小连线的噪声是很有利的。两个三极管直接耦合，既节省元件，又改善了频响。6N1 也可以用 6N2、6N4 等高 μ 双三极管置换，但它们的屏流较小，负载能力不如 6N1。

AP500A 是一种新型的功放电压驱动模块，其各项性能指标在同类模块中均属上乘。它内含双路电路，很适合装制立体声音响。转换速率达 $70\text{V}/\mu\text{s}$ ，装成的放大器具有上佳的瞬态响应，远优于 TDA1514、LM386 等单片式功放集成电路。它的电压范围很宽，因此制作功率小到几瓦，大到上百瓦的功放都很容易。AP500A 的外围电路简单，所以元件很少。模块的第②、③脚和第⑬、⑭脚是静态电流调整端，在调试时用并在两脚间的电位器，将功放级的静态电流调在 100mA。

功放级由 4 只管子组成，为一典型的全互补 OCL 电路。前面两只为中功率 VMOS 管，型号为 2SK214、2SJ77，日本日立公司产品，输入阻抗高，线性好。末级则采用了久负盛名的大功率晶体管 2SC2922、2SA1216，声音优美强劲，输出功率可达 50W 以上。与用大功率 VMOS 管担任输出级相比，大功率晶体管的饱和压降低，有更大的输出功率，效率较高。此外，在大信号输出时，双极型晶体管的线性优于大功率 VMOS 管。

电子管 6E2 俗称“猫眼”，在六灯收音机中作调谐指示。本机则用它来显示输出电压幅度。输出信号由二极管 VD1 整流变成负电压，经 RC 积分电路加到 6E2 的栅极，6E2 的屏流随之改变，美丽的淡绿色荧光带随输出幅度而闪动，美观而富于动感。6E2 的荧光屏是带状的，而较早型号的调谐指示管 6E1 的荧光屏是扇形的，更像“猫眼”，两者的电路有区别，面板上的装饰罩也不相同，使用时应予以注意。

【元器件选择】

本机有电子管和晶体管两种有源器件，电源电路相对要复杂一些。电压驱动模块及功放级的电源由高频开关电源供给，采用了武汉天龙电子研究所的产品，型号为 DNC-450E，功率为 450W，输出电压 $\pm 35\text{V} \sim \pm 45\text{V}$ ，输出电流 $0 \sim 6\text{A}$ ，功率大，体积小，重量轻，代表了新一代音响电源的方向。电子管则设另一只工频变压器供电。变压器初级接 $\sim 220\text{V}$ ，次级有两个绕组，一组经整流，滤波后变成 200V 的直流高压供给电子管屏极；另一组 6.3V 则直接给灯丝加热。为平衡灯丝漏电交流声，6.3V 绕组有中心抽头接地。此变压器可用旧两三灯收音机的电压电源变压器，也可自行绕制，容量有 25W 可以满足要求。

业余制作 Hi-Fi 音响，其原则是简洁至上，而胆石混合功放最能体现这一原则。本机的制作，既实现了 Hi-Fi 放音的目的，又使闲置的器件得以利用，可谓一举两得，这对其他音响爱好者也会有一定的参考价值。

3. 混合式优质放大器

本文介绍一款混合式超值放大器。该机符合“玩”家“简洁至上” (Simple is the best) 的组机原则，很适合初级发烧友“焊机”试用。

【电路原理】

本机由电子管前级 SRPP(单端并联推挽)电路、差动平衡式倒相激励器、优质双功放集成电路和简易电源等单元组成。电路原理如图 2-3 所示。

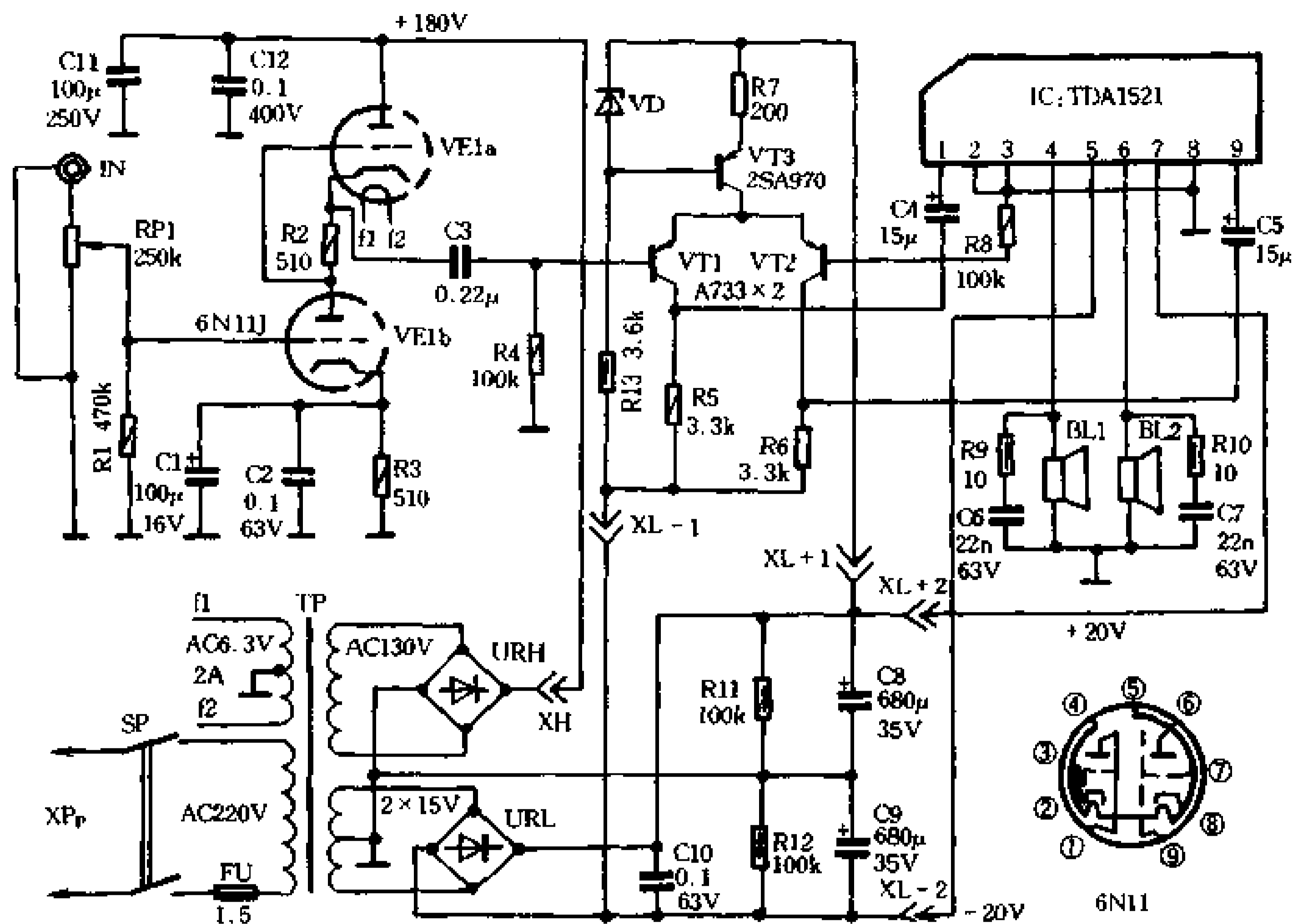


图 2-3

本机前级选用国产发烧名管 6N11J 担任。6N11 是一个中 μ ($\mu=27$)，低内阻 ($R_i \approx 2k\Omega$) 的双三极管，驳接成典型的 SRPP 电路。该电路具有输出阻抗低，保真度好，动态范围大等突出优点，很适宜制作放大器的线路输入级。工作状态选在甲类，此时阴极电流 $I_{a0} \approx 4mA$ 。该电流在阴极电阻上产生约 2V 左右的自给偏压。放大后的音源信号由上半管 VE1a 的阴极输出，经 C3 耦合进入差动激励器 VT1 的基极。激励信号分别由 VT1、VT2 的集电极输出，并送入功放集成电路 TDA1521 的信号输入端子①、⑨脚，进行功率放大。

【元器件选择】

元器件的选择注意兼顾 Hi-Fi 性能和经济性。差动级选用高频特性优良的 2SA970、2SA733 或 2SA844、9015 等。VD 为 2CW50 (0.25W/2V/10mA)。整流器选用超快速恢复二极管，其中 VRL 采用 BYW98-150 (3A150V)，VRH 采用 TVR06-G (0.6A、400V)。电阻全部选用 RJ 型国产金属膜电阻器。RP 采用仪表 (CPU) 专用线性电位器，有条件可选用日产 ALPS 电位器 (塑壳)。电容器 C3~C5 品质要高，建议采用国产 XIXDAK-CBB-补品 (红色)；C1、C8、C9 为日本 ELNA；C2、C6、C7、C10 为 WIMA 补品电容器；C11 采用 CD03HV，C12 为上海产金属化聚丙烯电容。IC 为 TDA1521，主要技术参数如表 2-1 所示。电源变压器 TP 采用市售成品环形变压器。如无类似规格也可自行绕制。铁芯采用高磁通密度冷轧取向硅钢片 (如 DQ120-27) 卷制而成的 R 型铁芯，功率容量不得小于 160VA。绕组需用 OFC 高级漆包线绕制。制作方法在很多电子类书刊中都有介绍，不再赘述。本机所用的元器件的规格已标示在图 2-3 上，以便造型时参考。

本机由于电路十分简洁，所以无需制作印制线路板，可采用“搭棚”式焊接，将全部机件合理地安排在底盘上。只要元件精良，又不发生虚焊、错焊和漏焊，一般均可一次成功，无需作任何调试。

表 2-1

参数名称	代 号	参 数 值	单 位	参数名称	代 号	参 数 值	单 位
电压范围	GB	7.5~20.0	V	两路增益差	ΔKV	0.2	dB
静态电流	I_0	40.0	mA	噪声输出	No	70.0	μV
输出功率	P_0	2×15.0	W	分离度	DR	70.0	dB
谐波失真	THD	0.1	%	纹波抑制	RF	60.0	dB
功率带宽	BP	20.0~20.0K	Hz	输入阻抗	Z_{in}	20.0	k Ω
电压增益	KV	30.0	dB				

注：该 IC 具有短路和过热保护功能；可以自动静噪，静噪电压小于 $\pm 7.5V$

4. 混合式功率放大器

由半导体器件和电子管组合成的混合式音频放大器，如果设计得当，往往能取长补短，充分发挥半导体器件和电子管各自的优势，收到事半功倍的效果，现介绍两款具有一定特色的混合式音频放大器。

【电路原理】

(1) 用数字IC 做前置的电子管放大器

图 2-4 介绍的放大器是一款结构简单、品质优良的混合式音频放大器，放大器的前置级由反相器 CD4069 及外围电路构成。

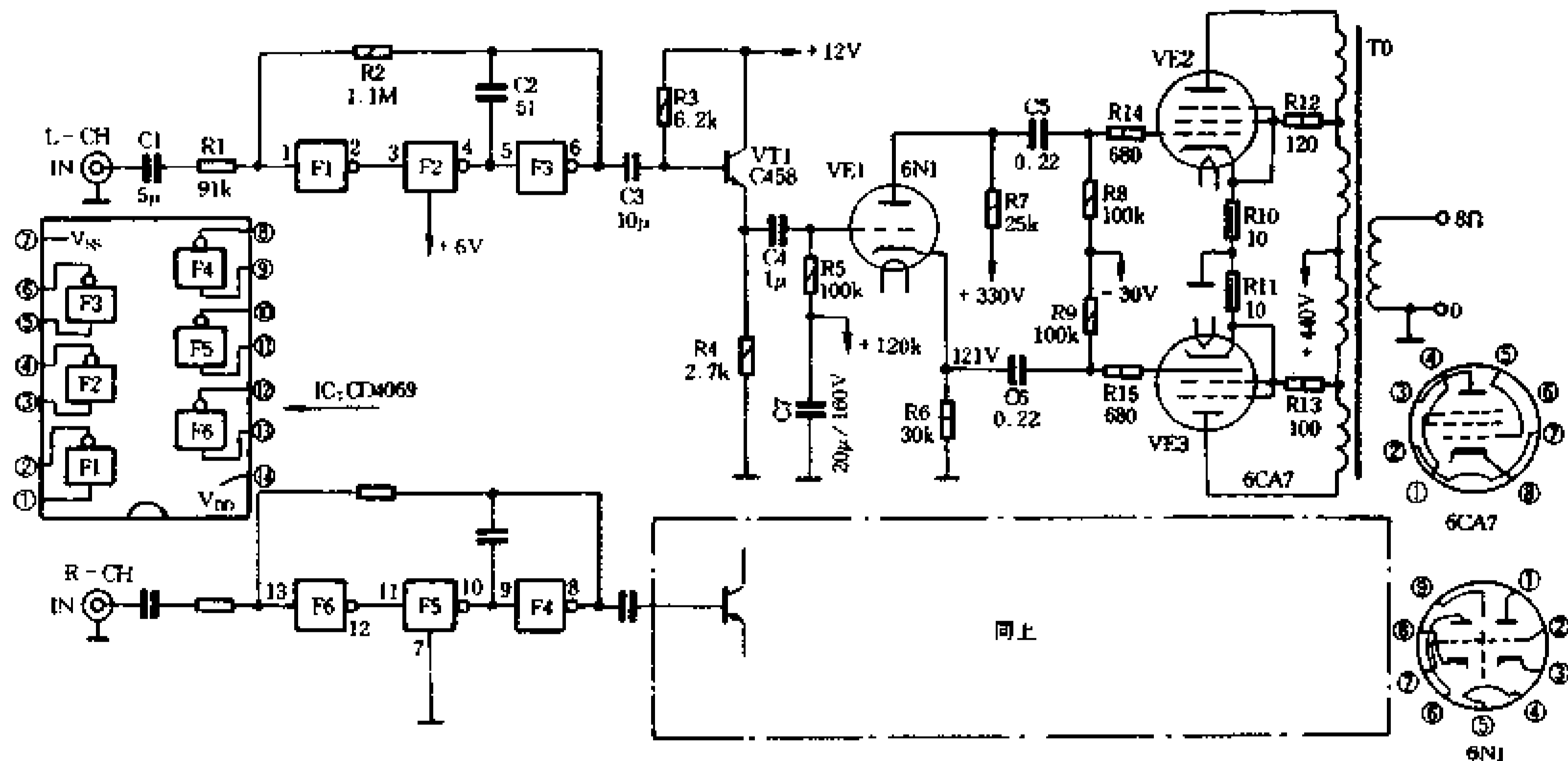


图 2-4

CD4069 的单元结构如图 2-5(a)所示，它是由两只 CMOSFET 对接而成的，其输入—输出特性如图 2-5(b)所示。由于它的单元特性是一条优良的开关曲线，所以常用 CD4069 组合成各种控制电路的自动开关、单稳或方波发生器，很少用作线性放大。实际上图 2-5(b)所示的曲线是理想化的特性，其实际特性曲线如图 2-5(c)所示，在它的中部区域存在一个线性区。如果把 CD4069 的一个单元接成图 2-5(d)所示的放大器形式，则在 CD4069 输入端注入音频信号 e_i 时，在其输出端便可取得被放大的高保真信号 e_o ，参看图 2-5(c)。

图 2-4 前端是 CD4069 组成的级联前置放大器。左声道使用集成电路的一半(F1~F3)，右

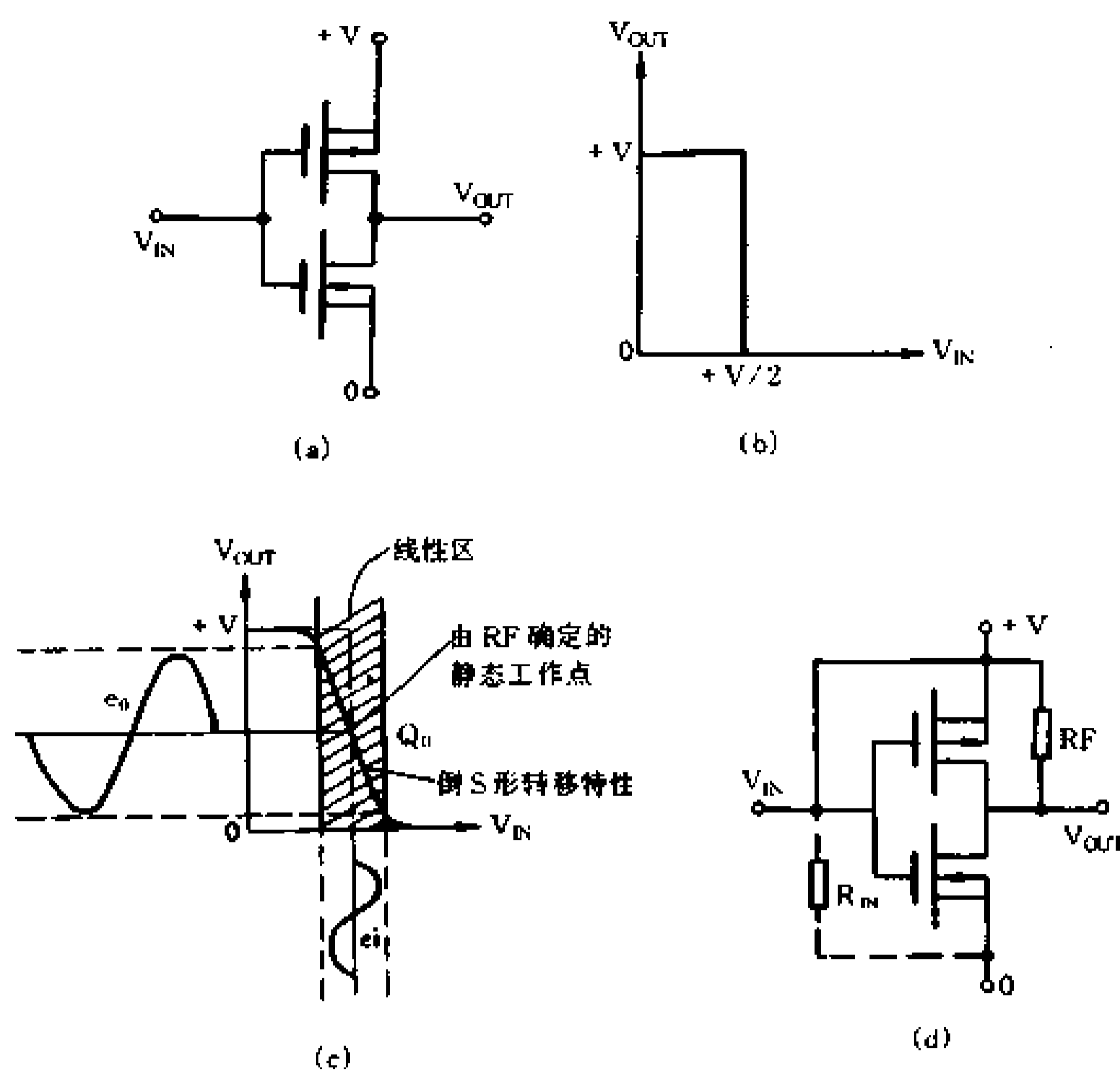


图 2-5

音质进一步改善。

整机供电电源如图 2-6 所示。中、高压(+120V、+330V、+440V)部分由 AC310V 绕组产生；功放级的 -30V 偏压和缓冲器 VT1 电源(+12V)由 AC30V 绕组提供；两组 AC6.3V/4A 绕组分别为左、右声道的功率五极管灯丝供电；AC3.15V×2 绕组产生两组 DC6.2V 直流电压，分别为 6N1 灯丝和 CD4069 供电。

(2) 使用电子管前置的集成功率放大器

放大器的前置级要求低噪声和高输入阻抗，而后级则要求高保真。用电子管作前置级，功放 IC 作后级并构成 BTL 输出电路，不仅能较好地满足上述需求，而且还能充分发挥“胆”、“石”器件的声音特长。图 2-7 介绍的放大器就是按照这一思路设计而成的。

放大器的前置级由低噪声高频三极管 6C12(VE1)担任。该型管在早年多用于“标准信号源”的电压放大部分，在音响电路中很少使用。但从其特性来看，颇似音响发烧三极管 5876，所以用在此处一定会有优良的表现。

推动级也采用 6C12(VE2)，P-K 分割式连接兼做倒相器。VE1 为自给偏压，偏置电阻 R2 无旁路电容，以便对 AC 和 DC 信号产生少量负反馈，使失真减小、稳定性提高。VE2 采用直接耦合，既能使电路简化，又能使带通得到扩展。放大后的音频信号由 VE2 的屏极和阴极输出，送至 IC1、IC2 构成的 BTL 功率放大器。

功放级接入了局部负反馈网络，以便进一步压低失真。扬声器单元 BL 并接有波切洛特(Boucherot)电路(C5、C6、R8、R9)，目的是改善扬声器的阻抗特性并进一步降低噪声。

放大器的电源电路如图 2-8 所示。TP 采用“武汉火牛”(成品)，容量为 320VA。TP 的次级有两个绕组，甲组为 32V×2(4.8A)；乙组为 18V×2(0.3A)。该 R 型变压器的 I_0 (空载电流)≤19mA， p (空耗)≤3.7W， ΔU (电压调整率)≤6.5%， η (效率)≥14%， V (体积)=D120×60， G (重量)=3.2kg。甲绕组经 UR1 整流，VT1/VT2、VD1/VD2、C13~C18 等滤波和

声道使用另一半(F4~F6)。晶体三极管 VT1 接成共集放大器，作为 IC 前级和电子管后级间的缓冲器。

电子管 6N1 的一半 VE1L 组成 P-K 分割式倒相电路，兼作功放的激励级，另一半 VE1R 用于右声道。VE1 的工作状态设计在甲类，偏置电压 $E_s \approx -1V$ ，此时管子的静态电流 $I_{s0} \approx 4mA$ 。

末级功放由一对素有“一代风流”雅称的国产功率五极管 6CA7 担任，采用固定偏置，工作状态为甲乙类。两管驳接成 PP(推挽)电路，并借助“金牛”输出变压器的辅助端子取得“超线性”功效。这种设计的目的是利用功放电子管帘栅极的负反馈来压低失真并减小输出阻抗，从而使功放管的效率得到提高，音

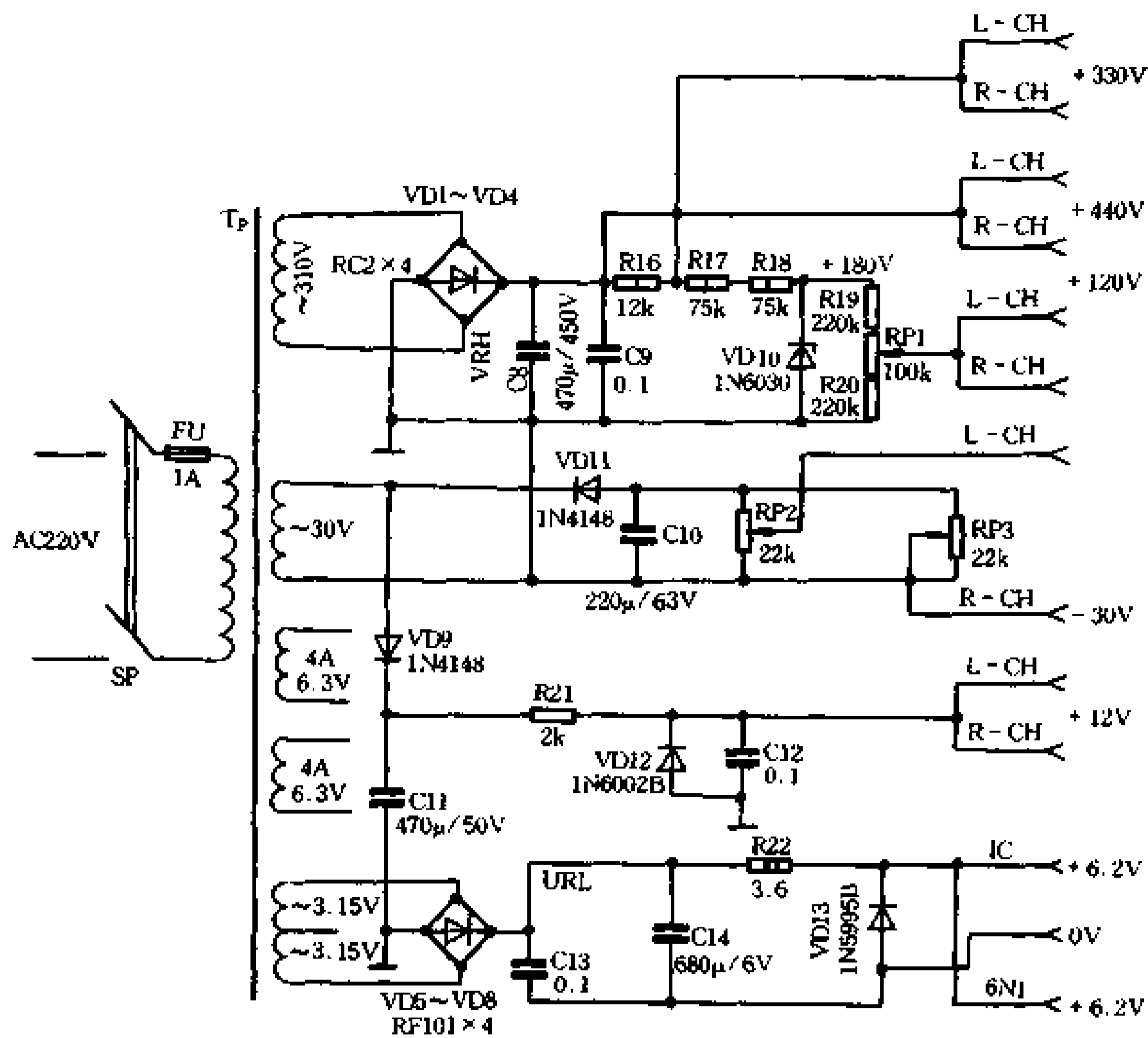


图 2-6

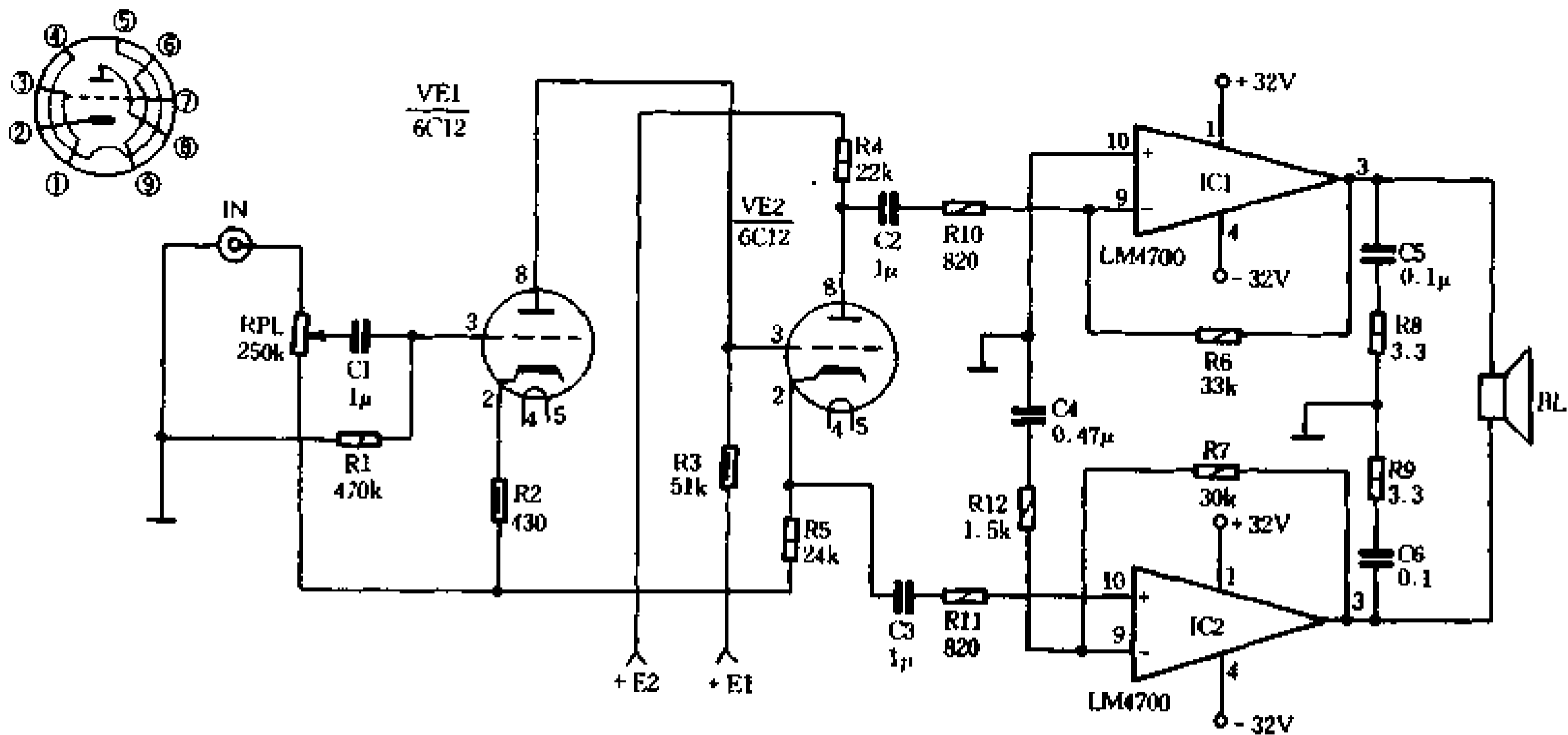


图 2-7

稳压，产生±32V电源为功放IC供电。乙绕组经UR2、UR3整流，7812稳压和C20~C25滤波，取得I、II两组+12V电源，分别为左、右声道的电子管灯丝供电(VE1、VE2和VE1'、VE2'为串联连接，每管灯丝电压为6V)。屏极电源E2、E1采用彩色电视机整流方式，即电网经UR4整流，再经RC“II”型滤波。滤波电容C9、C11采用CD291型彩色电视机电容。使用这种电源在操作时要注意安全，最好加装一只5W的电源变压器为电子管单独供电。

【元器件选择】

元件的选择应兼顾放大器的特性要求和经济实惠。级间耦合电容采用国产XINDAK-CBB-L系列精品，小电容选用云母CY3系列；滤波电容可采用进口小型化的铝电解。电阻全

部选用金属膜电阻，电位器为仪表专用精密“产品”。所用电子管的典型工作参数参看表2-2。整机所用元件的规格已标注原理图上。

表 2-2

参数名称	符 号	电 气 参 数 数 据		单 位
		6N1	6CA7*1	
灯丝电压	U_f	6.3	6.3	V
灯丝电流	I_f	0.6	1.5	A
阳极电压	U_a	250.0	430.0	V
阳极电流	I_a	7.5 ± 2.0	65.0×2	mA
跨 导	S	4.35 ± 0.65	--	mA/V
放大系数	μ	35.0 ± 7.0	--	--
内 阻	R_i	5.6~11.4	6.0^{*2}	k Ω
帘栅电压	U_{R2}	--	430.0	V
帘栅电流	I_{R2}	--	11.5	mA
阴极电阻	R_k	600.0	240.0^{*3}	Ω
输出功率	P_o	--	30.0~35.0	W
最大屏耗	P_{AM}	2.2	50.0	W
最大栅极电阻	R_g	1.0	--	M Ω
帘栅电阻	R_{R2}	--	100.0	Ω
激励电压	U_g	--	>20.0	V

- * 1. 6CA7 超线性接法时的工作状态；
- * 2. 6CA7 的最佳负载阻抗；
- * 3. 双管共用的自给偏压电阻。

该机电路比较简单，因此可采用“搭棚”式焊接，无需制作印制电路板。调试时先调 RP1，倒相管 6N1 的阴栅极间偏压为 1V 左右；再调 RP2、RP3 使左、右声道功放管的偏置均为 -30V 即可。该机输出功率可达 30W 以上，非线性失真小于 3%。

放大器中的 C1~C3 选用 XINDAK-CBB 精品，C4~C6 为 CL 电容，R 为 5 色环精密金属膜电阻，RP 为 KK210(风之声)250k Ω 步进双联电位器。其它元件及规格如图 2-7 上的标注值。

制作时可按图 2-7、图 2-8 刻制两块线路板或直接“搭棚”装配。焊接完毕经检查无误后便可通电调试。由于电子管较“结实”，LM4700(美国 National Semiconductor 公司新品)又具有完善的过流、过压、过热保护装置，所以通电时无需多考虑器件的安全。加电之后首先测量 R2 两端电压，应为 1.3V，否则需微调 R2，然后再调整 R3，使 VE2 的 G~K 间电压为 -1.5V。其它电路免调。

【主要技术指标】

- (1) 输出功率 P_o 60W \times 2($R_L=8\Omega$ /RMS)
- (2) 频响 FR 20Hz~20kHz(± 0.5 dB)
- (3) 失真系数 THD $\leq 0.1\%$

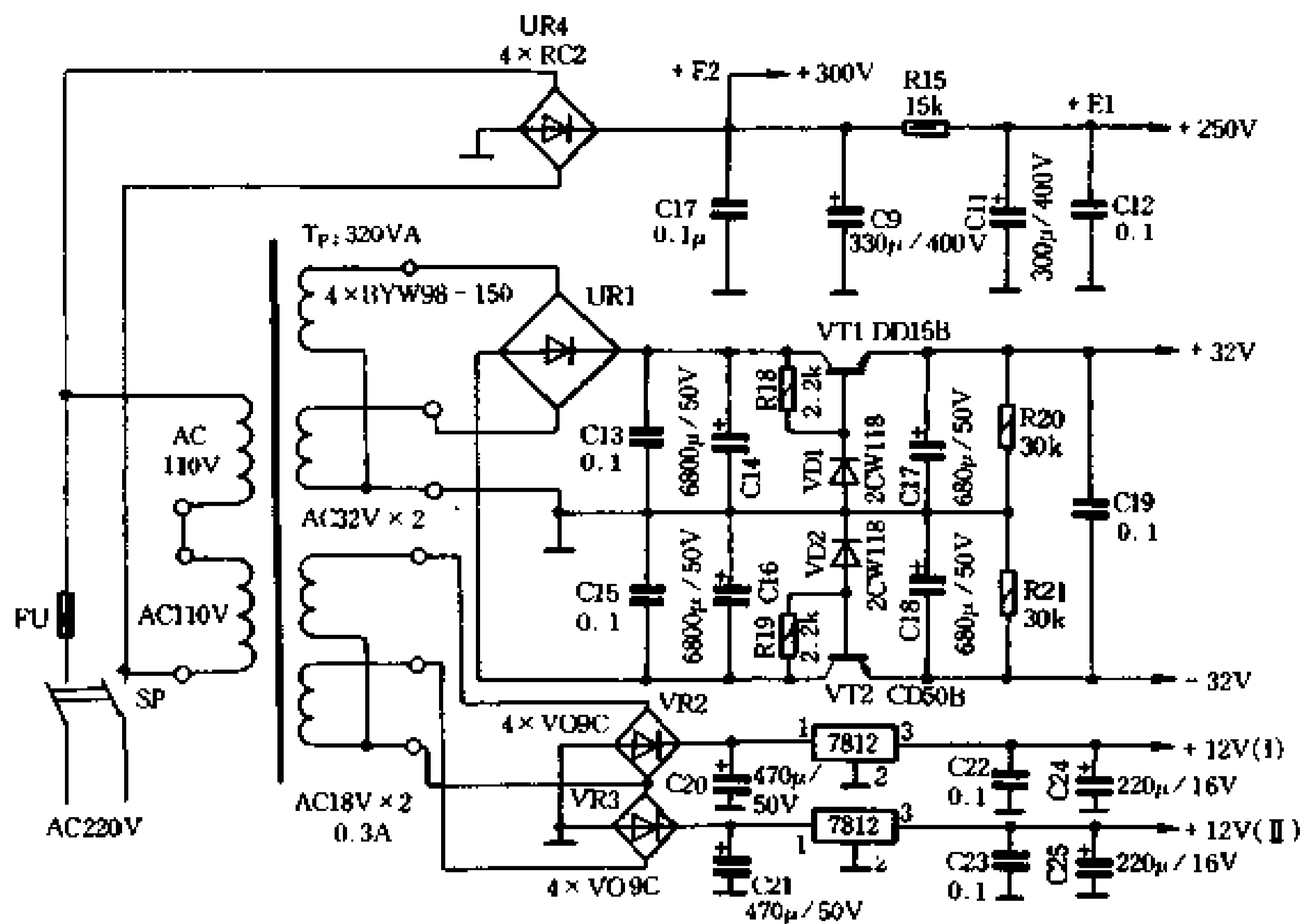


图 2-8

5. 30W 混合式放大器

本文介绍的混合式 30W 放大器仅由两只电子管和两只晶体管组成，很适合初学者试装、试用。该放大器虽不能再造“Hi-End”声效，但刚、柔并举的胆、石之韵，亦颇令人陶醉其中。

【电路原理】

放大器的前置级和倒相器由两只三~五极管 6F2 充任，其管脚分布如图 2-9 所示，电气参数如表 2-3 所示。该管颇具盛名，其力度和解析力均在 6GH8 之上。两只 6F2 的三极管部分驳接成单端并联推挽式 SRPP(Shunt Regulated Push Pull)电路，以便取得大动态，小失真和低输出阻抗。SRPP 电路在放大器中由于“内力”的限制，所以不能直推功放。本机运用 6F2 的五极管部分接成共阴差动倒相电路(常称“长尾式倒相器”)，以补充 SRPP 的“内力”不足。为了修正、补偿“长尾”阴极公用电阻的影响，负载 R6、R7 取不同的阻值(参看电路原理图 2-10)，其目的是使上、下倒相管的增益趋于平衡。SRPP 电路的工作点设在三极管输出特性的线性段($I_{a0} \approx 3\text{mA}$)，“长尾”电路的 $I_{a0} \approx 2.5\text{mA}$ 。

末级功放选用大家共识的 SAKEN(三肯)名牌管 2SC2922(NPN)和 2SA1216(17A、180V、200W、50MHz)，接成并联推挽输出(OTL)电路。输出端子接入 BOUCHEROT(坡切洛特)补偿网络，目的是提高上端频率的稳定性。

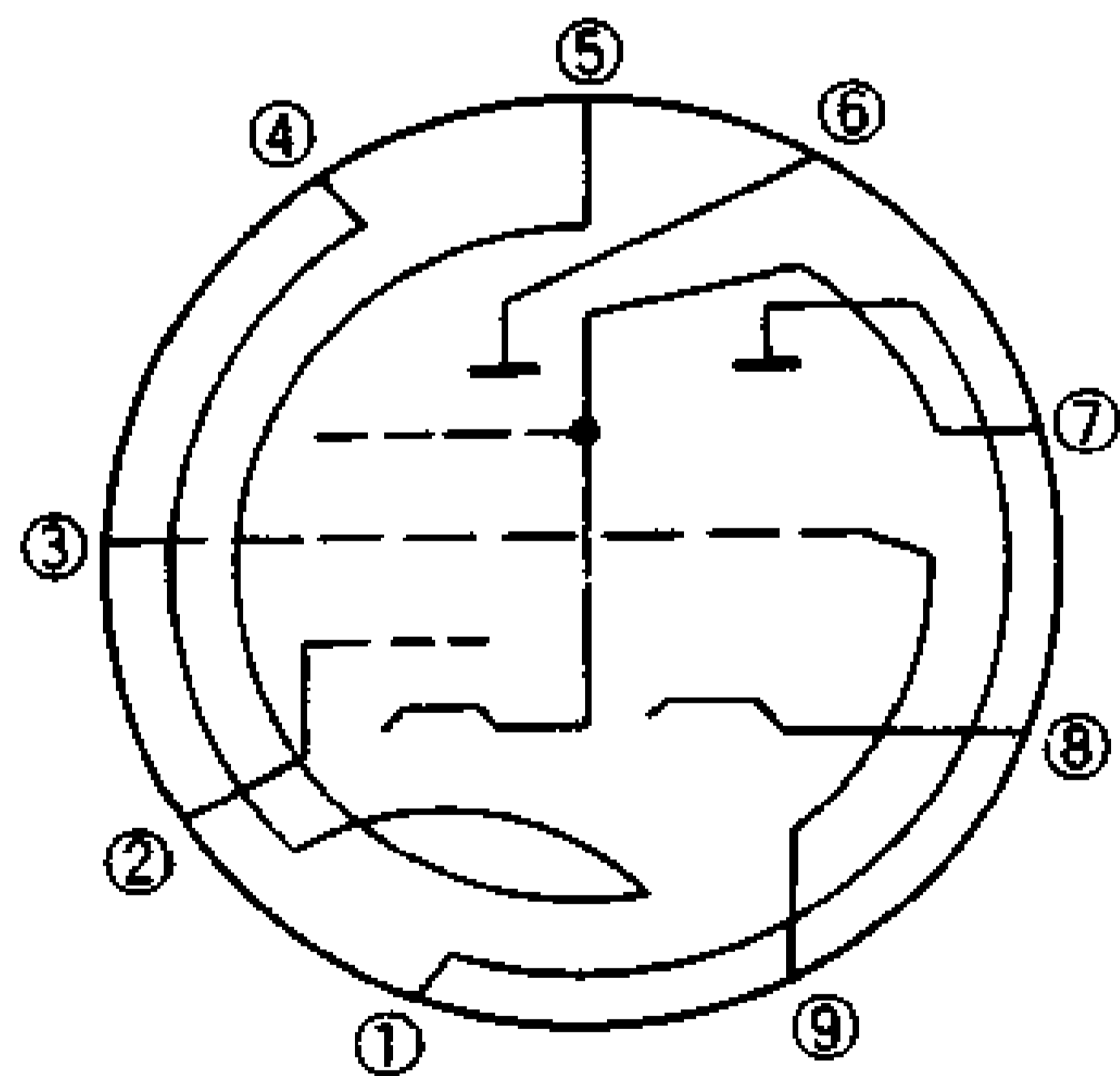


图 2-9

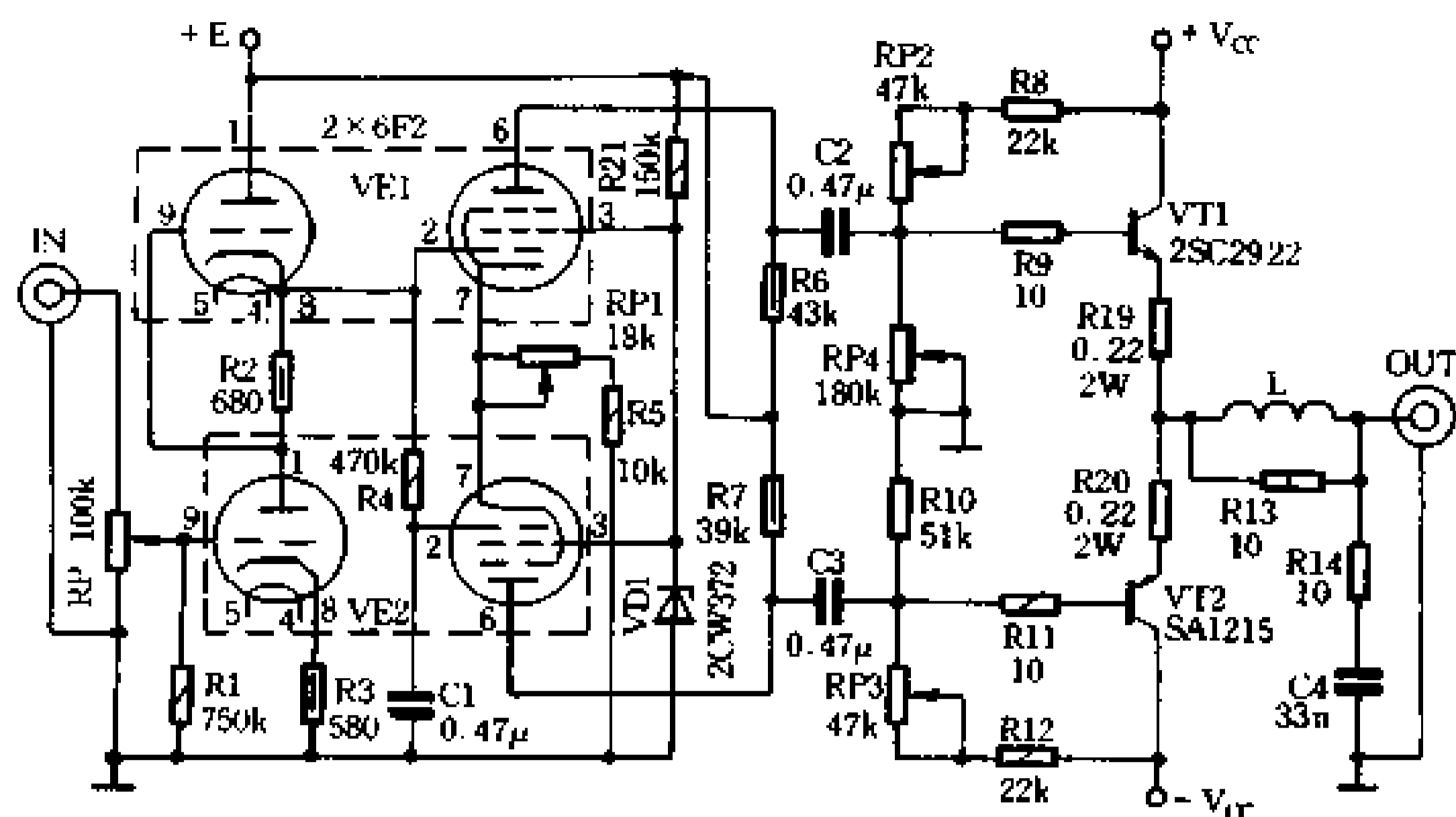


图 2-10

表 2-3

序号	参数名称	符号	参数值	单位
1	灯丝电压	U_l	6.3	V
2	最高丝压	U_{lmax}	6.9	V
3	最低丝压	U_{lmin}	5.7	V
4	灯丝电流	I_l	450 ± 50	mA
5	阳极电压	U_a	150(250)	V
6	最高阳压	U_{amax}	300(300)	V
7	阳极电流	I_a	$18 \pm 6(10 \pm 3)$	mA
8	阴极电阻	R_k	56(68)	Ω
9	互导	S	8.5(5.2)	mA/V
10	内阻	R_i	5(400)	k Ω
11	放大因数	μ	40(2000)	—
12	最高栅压	U_{gmax}	0(0)	V
13	最高屏耗	P_{am}	2.7(2.8)	W
14	最高放射	I_k	20(20)	mA

注：表中括号内的数据为五极管部分的参数

图 2-11 为放大器供电电源，“火牛” TP1、整流电桥 VR_L 和平衡滤波器(C10~C13、R17、R18 等)构成 $\pm V_{cc}$ ($\pm 43V$) 电源，对末级功放 VT1、VT2 独立供电。TP2、VR_H、VRF 及 VT3 等组成胆前级电源。高压 +E 模拟彩色电视机一次直流不稳定电压的获取方法，由市电 (AC220V) 直接经 VR_H 电桥整流、VT3 降压调节后取得。这样既方便又能使 TP2 的容量降低，对减小整机体积和降低制作成本颇具裨益。TP2 次级的两个 AC9V 绕组并联使用，AC9V 经 URF 整流、IC (7805) 稳压，取得 +5V 直流电源为胆管灯丝供电。因为胆管灯丝电源要求 AC6.3V 的有效值电压，它和直流电压的有效变换系数为 $\sqrt{2}$ 。所以胆管灯丝改用直流供电时，其值大于 DC4.5V 足矣。

【元件选择】

本机所用电阻除 R19、R20 为音响专用无感电阻外，其余均为阻燃五色环金属膜系列电

阻。RP 采用广东“风之声”KK210 型步进式电位器，价位不高，性能很好，堪称“物美价廉”；其它电位器可选用 WIW3 型玻璃轴微调。小容量(2.2 μ F 以下)电容除 C4 选用 CL 涤纶，C2、C3 选用 XINDAK-H 系列 CBB 之外，其余均为“长城”CBB22。电源滤波中的 C6、C8 为 CD291 型彩色电视机配套电解；C12、C13 采用 10000 μ F150V “黑金刚”，C15、C17 为 ELNA 电解。L 自制(采用 Φ 0.27 漆包线在 R13 密绕 22 匝即可)。“火牛”TP1、TP2 选用“恒达”成品，其中 TP1 为 200VA，TP2 为 25VA。其余元件及规格均按图 2-10、图 2-11 中的标注值选型。

【安装与调试】

放大器和电源应分开安装。因电路简洁，所以可采用“搭棚焊接”。“底托”选用 1.5~2.0mm 铝板弯制，并在适当位置打孔，以便安装电子管座和接线架。如果安装双声道，可按图 2-10、图 2-11 制作两套结构完全相同的电路。

本机的调试极其简单。在通电前，应先行检查，看有否错焊、虚焊和漏焊现象。检查无误后，再将输入端暂行短路，输出端接入 10 Ω /20W 假负载，RP1~RP3 调至最大阻值位，RP4 调至中间位。接通电源，调节 RP4 使 R19、R20 的公共接点电压为 0V(用数字表监测)。之后分别调节 RP2、RP3 使 R19、R20 两端的电压均为 0.044V(相当 VT1、VT2 的静态电流为 200mA)。RP1~RP3 应反复调节，至满足上述要求为止。最后调节 RP1，至 6F2⑦~②脚间电压为 3V 即可。调节 RP，可改变输入信号电压的大小。

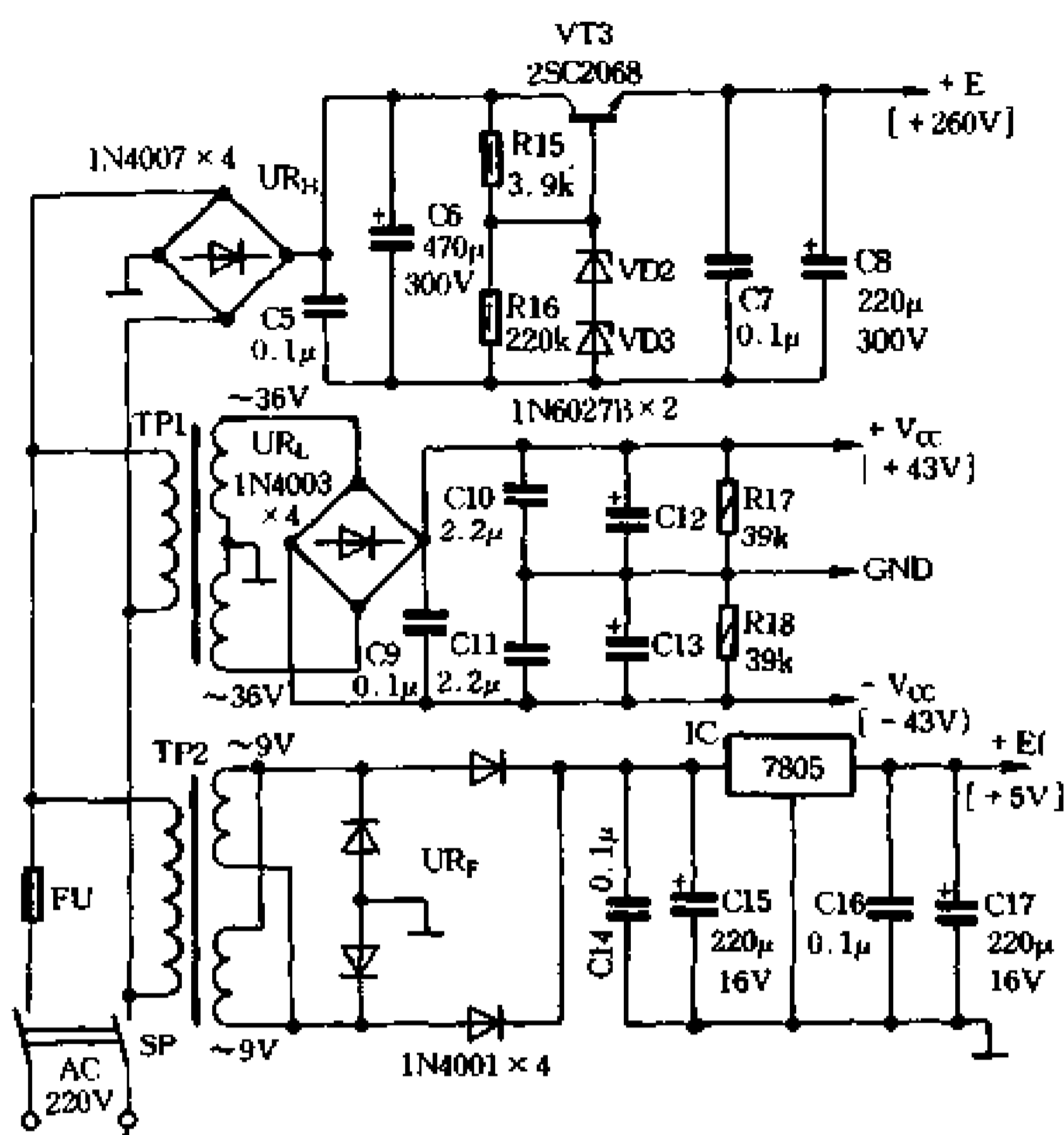


图 2-11

6. 新颖的胆石混合功率放大器

胆石混合功放集电子管与晶体管之长，以其电路简洁、音色独特而受到厂家和音响发烧友的青睐，成为当前很流行的一种功放形式。但胆石混合功放也存在一个缺点，那就是其电源电路相对要复杂一些，既要有电子管的阳极高压和灯丝低压，又要有晶体管的前级电压和输出级电压。

【电路原理】

本文介绍的胆石混合功放，新颖实用，性能优越，其独到之处是将电子管阳极电压与晶体管前级电压合为一组，简化了电路，降低了整机的成本，电路如图 2-12 所示。

整机由输入级、音调控制级、电压驱动级、功放输出级及电源等五部分组成。采用了三种有源器件：电子管、电压驱动模块及互补达林顿对管。电路原理图如图 2-13 所示。

电子管采用 6N11，这是一种中 μ 高频电压放大双三极管，原本用在电子管电视机的高频电路上，现在却成为抢手的音响靓管。它的特点是转换速率高，音色清澈明快，富有层次感。

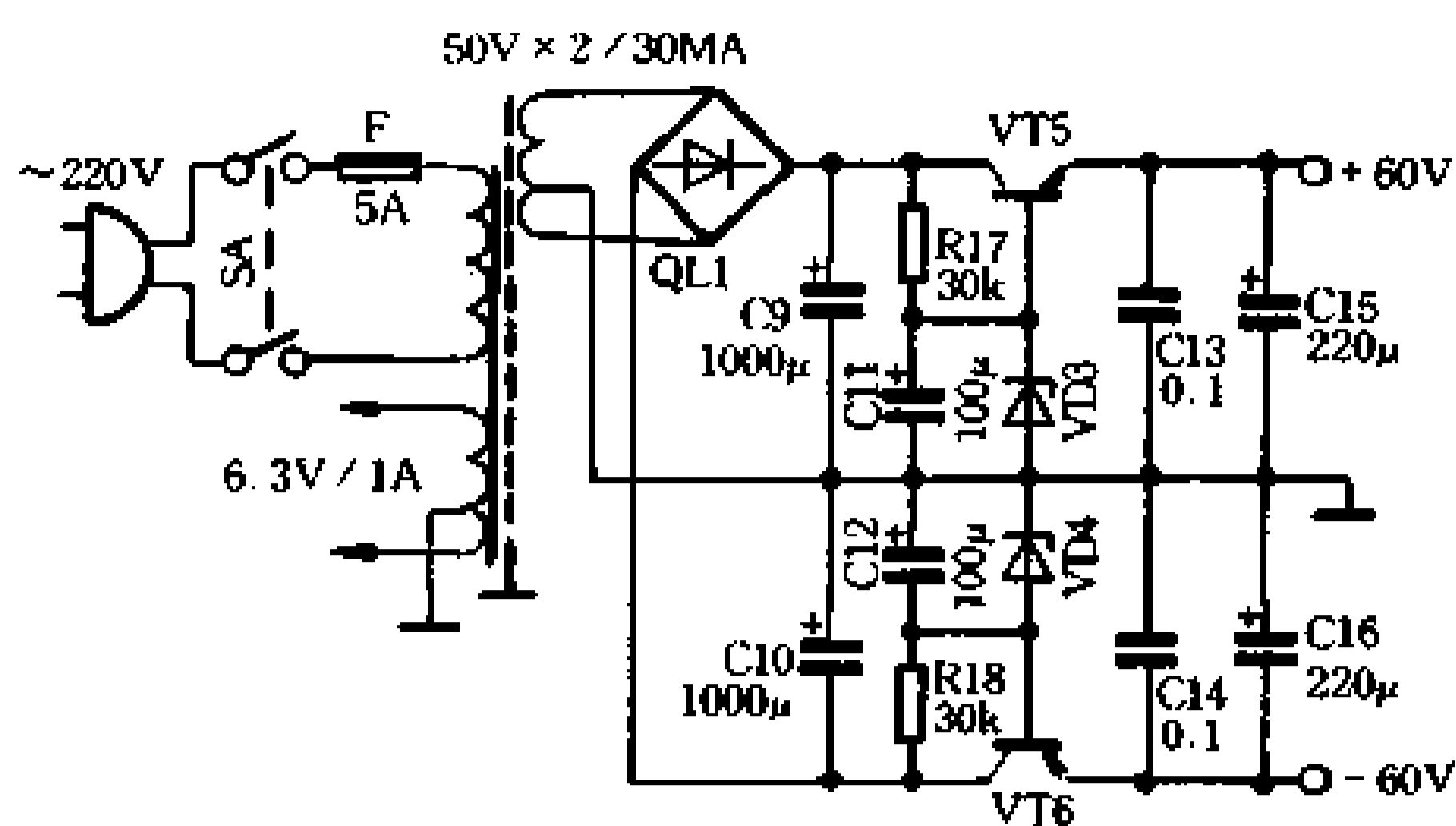


图 2-12

它属低压电子管，阳极电压只有 90V，在使用中常被接成 SRPP 形式，即对直流而言，两只三极管是串联的。本文 6N11 的两只三极管均接成共阴极放大电路，因而采用 $\pm 60V$ 电压供电，完全可以正常工作。6N11 的一半 (1/2V1) 作输入级，对前面音源送来的信号进行电压放大，电位器 RP1 调节输入信号幅度，作伴音音量控制。电位器 RP2、RP3 及其它阻容元件构成衰减式音调控制网络，高、低音的控制范围都在 $\pm 12dB$

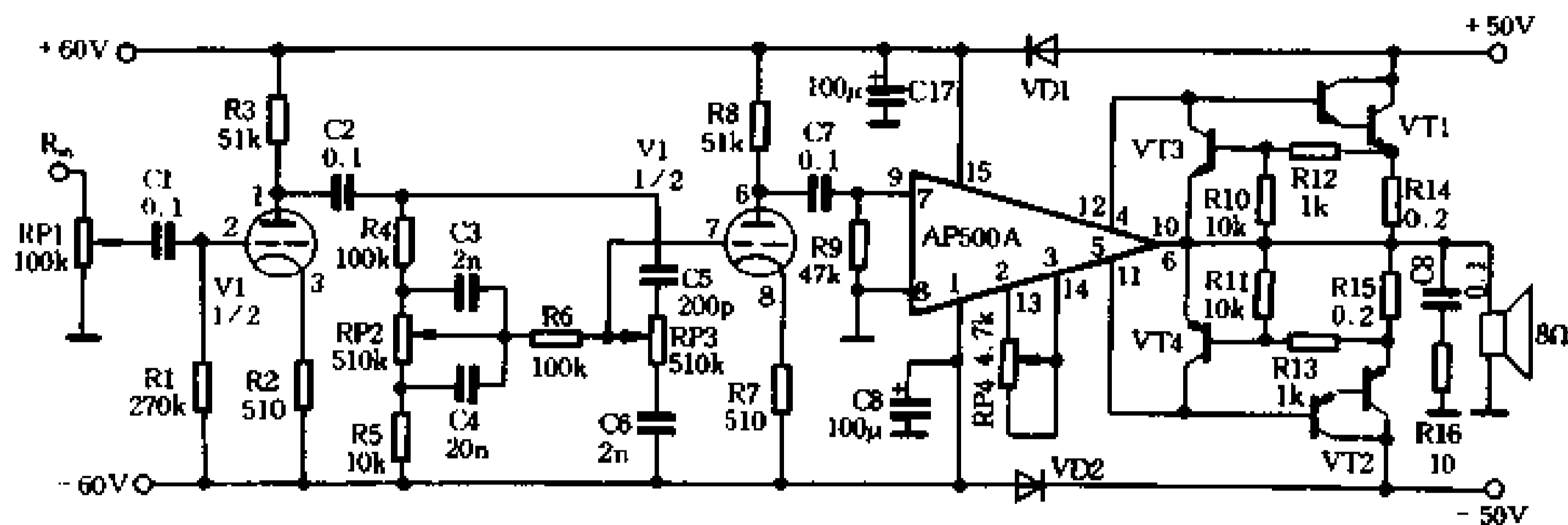


图 2-13

以上。这种衰减式音调控制器更符合人的听觉特性，已被越来越多的音响设备所采用。衰减式音调控制网络有 20dB 的损耗，由 6N11 的另一半 (1/2V1) 构成的电压放大器予以补偿。

AP500A 是当前国内性能优良、功能齐全的一种电压驱动模块，内含两路相同的电路，因而只用一只模块即可组成立体声放大器，它的转换速率 SR 高达 $70V/\mu s$ ，远高于目前最优秀的单片功放集成电路 IC，因而它的瞬态互调失真 TIM 很小，能有效地克服“晶体管声”。由于 AP500A 是高耐压器件，供电的极限电压为 $\pm 75V$ ，在这里它与电子管阳极电压采用同一组电压供电，为 $\pm 60V$ 。模块的第②、③脚和第⑬、⑭脚为静态电流调节端，通过跨接在两脚间的电位器调节功放管的静态电流为 100mA。

互补达林顿管 VT1、VT2 组成推挽输出级，型号为 MJ11032、MJ11033，在音响界久负盛名，其音色温暖，深受人们的喜爱。在 VT1、VT2 发射极串联的电阻 R14、R15，阻值很小，起电流负反馈作用，能减小功放级的失真。另一方面它们又作为功放管保护电路的取样电阻，当输出管的电流大于 3.2A 时，R14、R15 上的电压大于 0.7V，保护三极管 VT3、VT4 导通，输出功率管截止，从而避免了因过流而烧毁价格昂贵的末级功放。末级供电电压为 $\pm 50V$ ，而前级供电电压为 $\pm 60V$ ，比末级高出 10V，这种高、低压供电方式，有利于提高前级的动态范围，降低失真，增大末级的电压利用率。

为减小整机的重量和体积，电源由高频开关电源和工频电源组成。功放级用武汉天龙电子研究所生产的高频开关电源供电，型号为 DNC-760，输出电压 $\pm 40 \sim \pm 0.5V$ ，输出电流 7.6A，容量为 760W，该电源比起大环牛、大水塘传统供电方式具有更多的优越性。电子管和驱动模块的电源，由单独的小功率变压器供给。变压器次级有两个绕组，一组 $\pm 50V$ 经整流、

稳压和有源滤波后，变成±60V 直流电压，供给 6N11 和 AP500A 模块；另一组 6.3V 交流电压直接供给 6N11 灯丝。为平衡灯丝供电回路产生的漏电交流声，6.3V 绕组加有中心抽头并接地。变压器的有关数据，可参考其它书籍，自行绕制，容量一般有 10~15W 即可。

【元器件选择】

为达到 Hi-Fi 放音要求，电路所用元器件应择优选取，耦合电容器 C1、C2、C7 应采用优质 CBB 电容器。除 R14、R15 为 2W 线绕电阻，R16 为 2W 金属膜电阻器外，其余均为 1/4W 五环金属膜电阻器。达林顿对管的参数应尽量一致，β 值相差最好在 5% 以内，以美国 MOTOROLA 公司原装产品为佳。市面上很多是墨西哥产的，质量较差。音量电位器要用 Z 数型的，音调控制电位器要用 D 数型的，保护电路和有源滤波电路的小功率三极管，可用 2N5401 和 2N5551。功率管的发热量很大，必须加有足够面积的散热器。

7. 新颖的混合式 BTL 功放

在“胆”机复苏的今天，仍有许多的“发烧友”不曾耳闻“胆声”的靓丽，这并不单是靓胆难求、昂贵，主要是电子管末级的复杂调试及输出变压器的绕制令众多发烧友望而生畏。于是对“胆机”的了解仅限于“书上说的”、“报上写的”。本文将给那些迷恋“胆”味的“发烧友”们介绍一款优质的“混合式”功放。

【工作原理】

如图 2-14 所示(只画出一个声道)。V1、V2 组成了典型的 SRPP 前级电路，该电路有较高的增益，以便补偿后面衰减式音调电路对信号的损耗。选择衰减式音调电路原因有两个：一是因为电路简洁、稳定、无需调试；二是因为衰减式音调电路不会对原信号产生不良相移，使得最终输出的信号定位性好。V3 为倒相级，输出两个相位相反的信号分别推动 IC1、IC2 组成的 BTL 功放电路。IC1、IC2 选用了美国国家半导体(NS)公司推出的高性能大功率功放集成电路 LM3886，该电路采用了先进的过压、欠压、短路等保护电路，用两块这样的功放集成电路组成的 BTL 电路在±30V 供电的情况下，可为 8Ω 负载提供 100W 以上的连续平均功率。

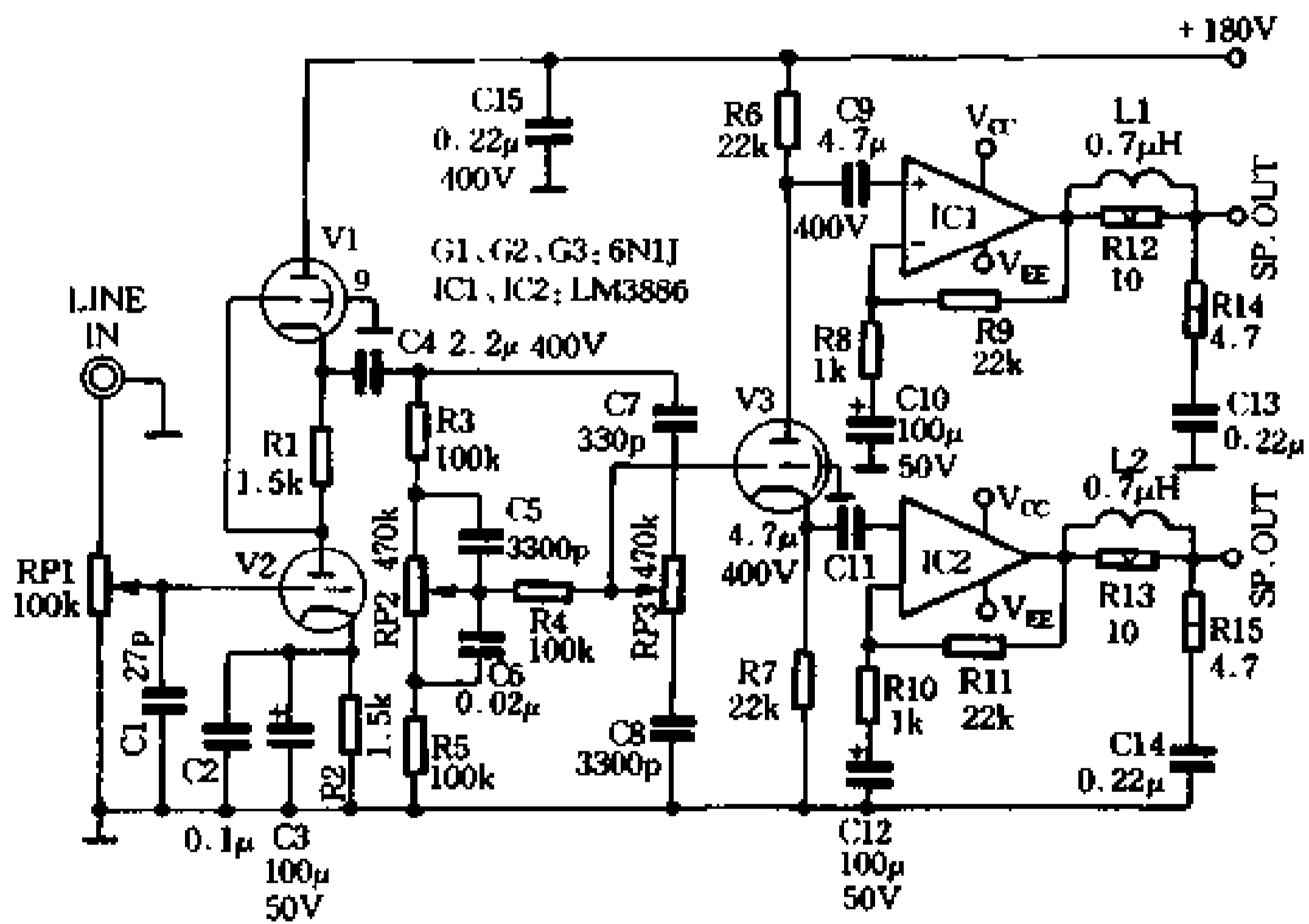


图 2-14

对于“Hi-Fi”电路来说，电子元件的选择非常重要，电子管可选用“曙光”牌 6N11，有条件的也可用 6N11J、12AX7 等。所用的阻容元件最好选用优质金属膜电阻和 CBB 无感电容。C3、C10、C12 三只电解电容选用优质钽电解。L1、L2 用 Φ1.2mm 的铜线在电阻上绕 22 匝制成。NS 公司的 LM3886 产品的一致性很好，无需作配对实验。

【元器件选择】

供电电源线路如图 2-15 所示，采用高、低压分别供给式。高压变压器容量选在 50VA 以

上，次级电压为 160V 和 6.3V，要说明的一点是灯丝电压 6.3V 用双线并绕成 3.15V，并且中心抽头，这样只要将中心抽头接地便可有效地抑制交流声，低压变压器容量不要小于 400VA，否则会因电源的不充足而使音质大减。整流用 25A 全桥，滤波电容用 4 只 10000 μ F/50V 的大电解，保证电源能提供充足的能量。

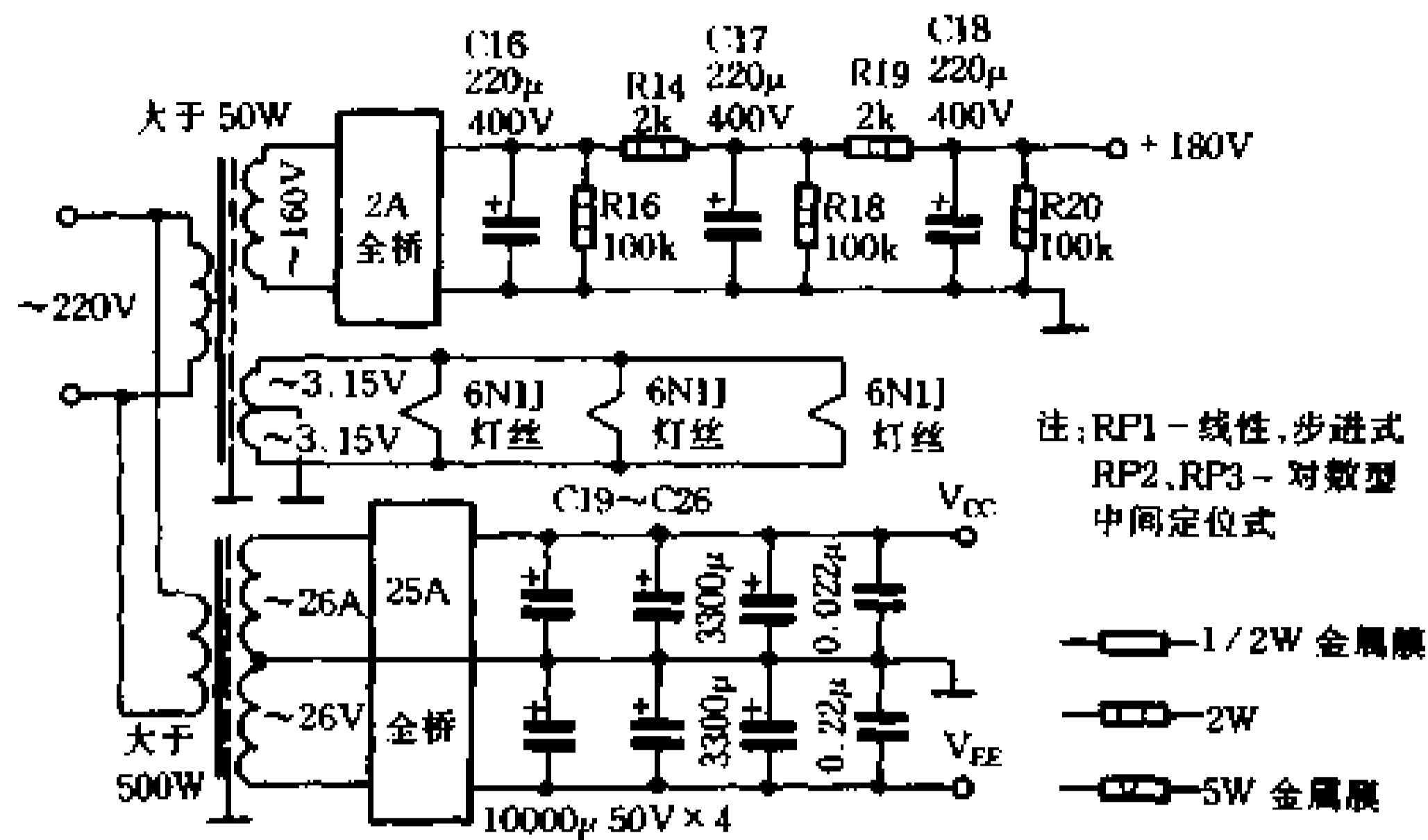


图 2-15

本功放由于功率很大，发热也大。因此要选用足够大的散热器，以免在满功率状态下机内产生高热。安装焊接时，直接将电子管插座装在电路板上，板上元件疏密要均匀。电容尽量远离电子管；大电阻和散热器，以免温度上升而使元件参数变化。

【仪器测试及主观试听】

本机频响为 10Hz ~ 80kHz \pm 0.5dB， \pm 35V 供电时功率为 126W、失真度为 0.08%、信噪比为 112dB。

从仪器测试数据可以看出该功放确实有许多过人之处，主观试听搭配为：先锋-1750 型大影碟机；东鹏-966k 小影碟机；家用南鲸 8" 哑铃箱；韩国 SMK-215H 大音箱。

家用小功率时 (RP1 音量电位器旋度小于 1/4) 评价为：高音清亮、不刺耳；中音真实、久听不厌；低音有力、无音染。像电吉他的 SOLO 乐段、电贝司的击挑技巧都表现十分出色。将高音电位器升至 +3dB 可感觉到交响乐中的碰铃、三角铁之声“啾啾”之耳。改接大功率箱子，升至近满功率工作一个多小时，该功放也无汗颜之感。高、低音控制也相当不俗，令人确有“胆声”之感。

本功放有两大特点和新意，一是两只末级集成电路都工作在同相放大状态下，这与一般普通的 BTL 功放有不同；二是“胆”与 IC 功放结合，它无普通三极管功放的“石味”，也无场效应管功放的“软脚病”。因此，除家庭使用外，完全可替代舞厅、剧院、卡拉 OK 厅等场合的专用功率放大器。

8. NE5532 推动的电子管功放

随着 VCD 机的出现和普及，胆机越来越受音响爱好者的青睐。本文介绍一款用运放之皇 NE5532 推动的电子管功放，音质相当不错。功放管选用曙光 6P3PJ 级束射四极管，输出功率在 7W 左右，可以满足一般家庭听音乐要求，电路非常简单，只要焊接无误，不需调试就可工作。

本机功放电路如图 2-16 所示，电源电路如图 2-17 所示。电路原理不再赘述，其中灯丝 6.3V 电压由 LM317T 稳压后获得，也可接成如图 2-18 所示恒流源电路，恒流源电路对延长灯丝寿命有利，但调试稍麻烦， R^* 在 1.5 Ω 左右。制作时耦合电容一定要选用优质 CBB 电容或钽电解电容，电阻除标明功率以外均选用 0.25W 金属膜电阻。

很多发烧友之所以不敢“染指”胆机，高压只是一个原因，更重要的是怕输出变压器缠

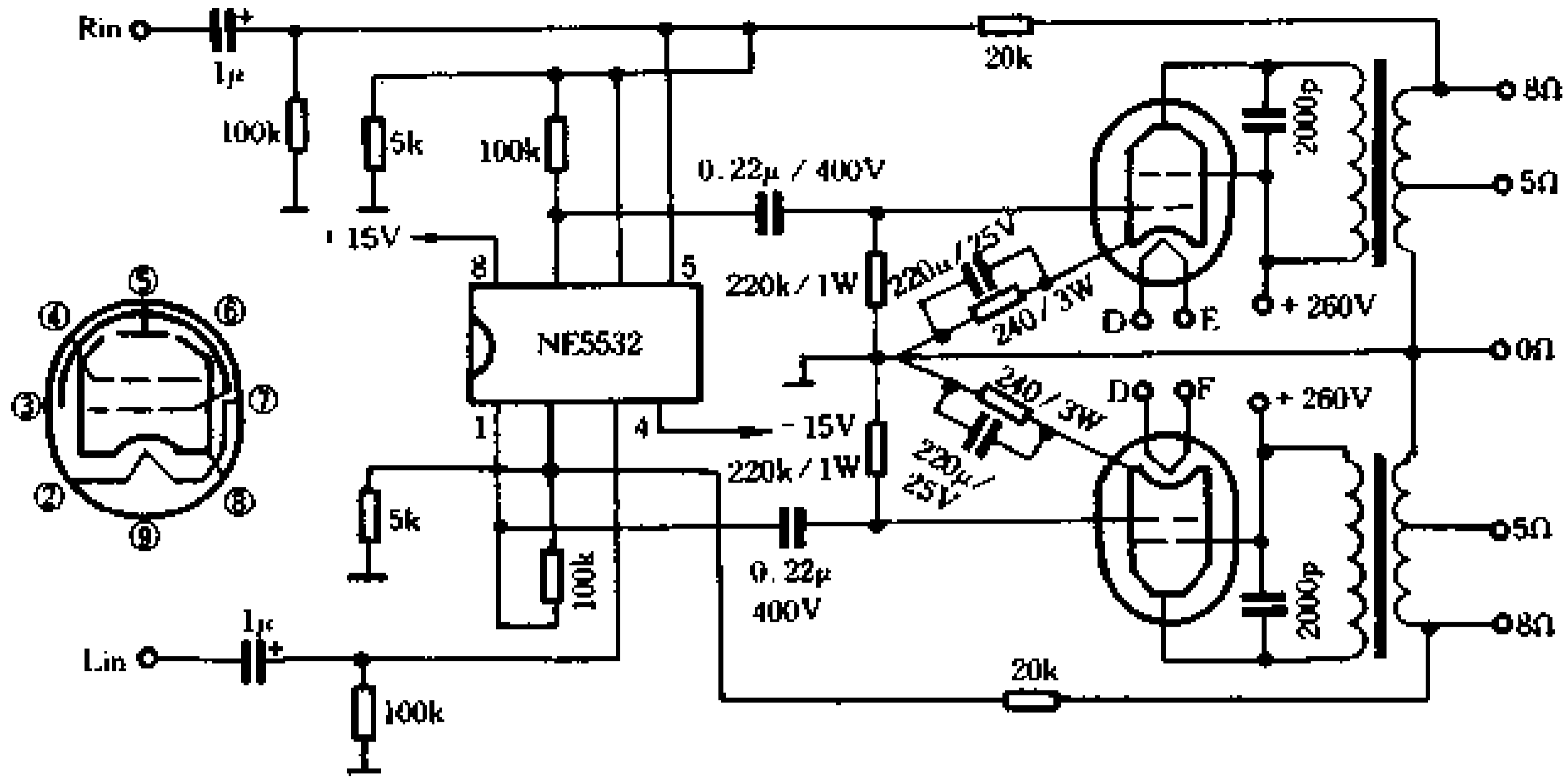


图 2-16

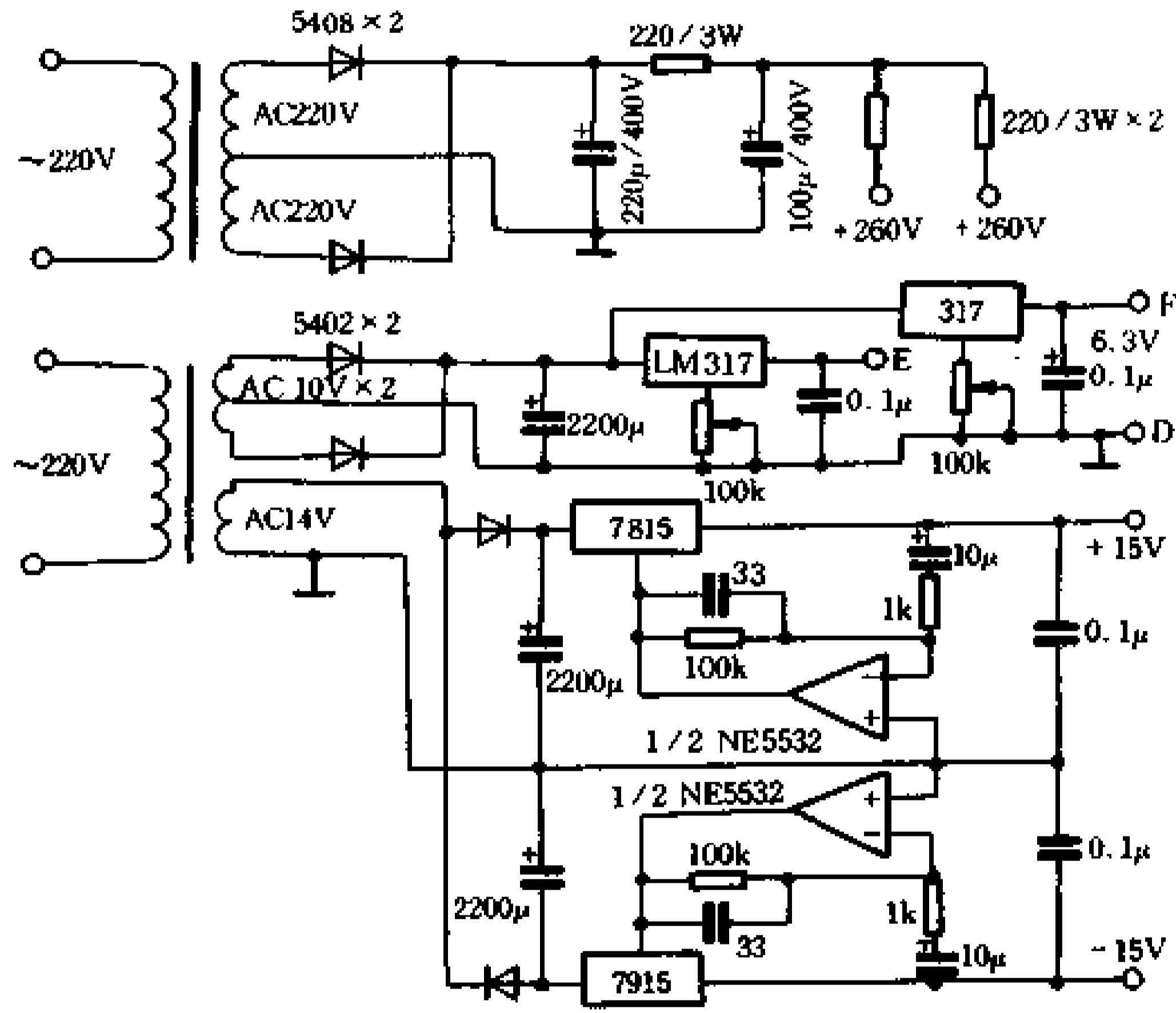


图 2-17

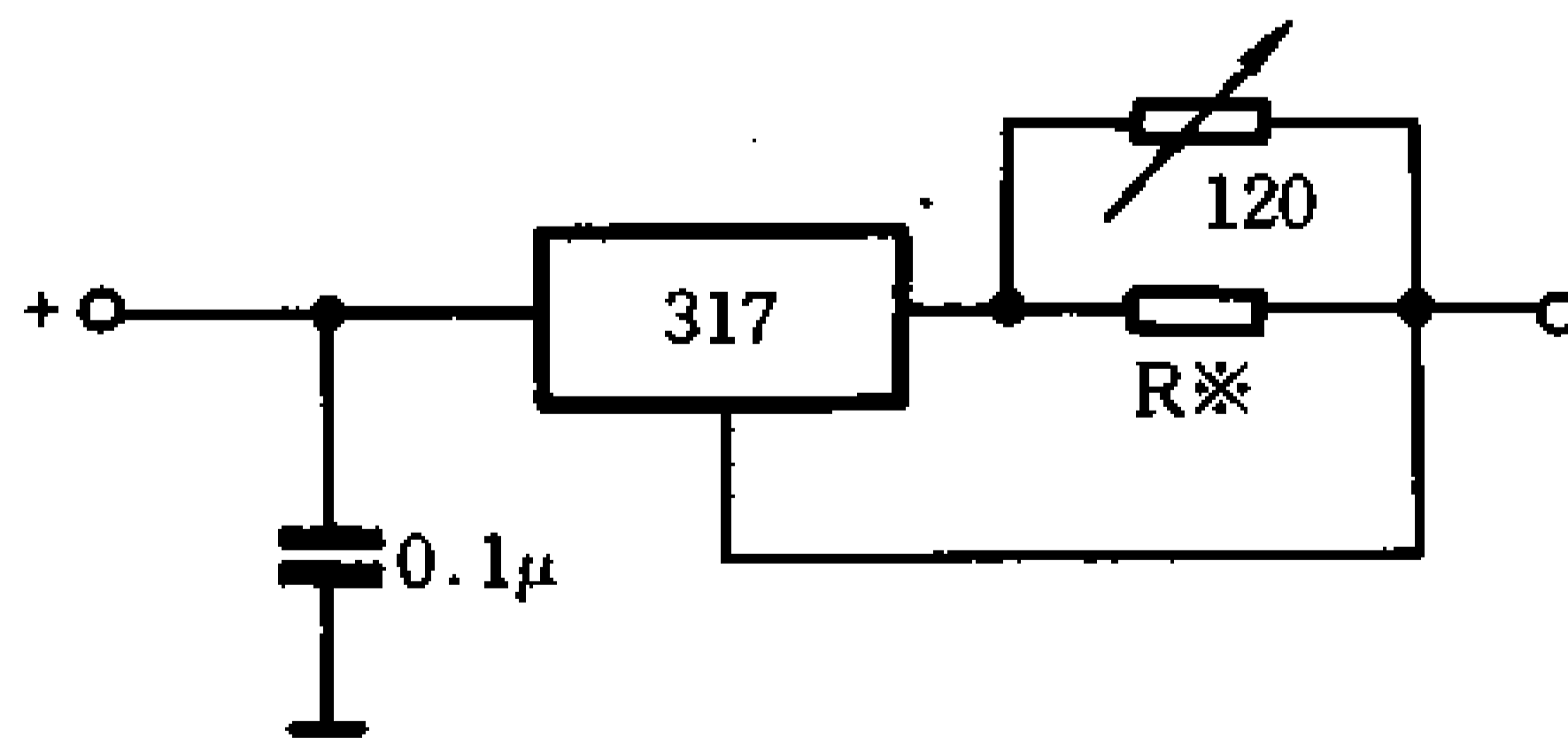


图 2-18

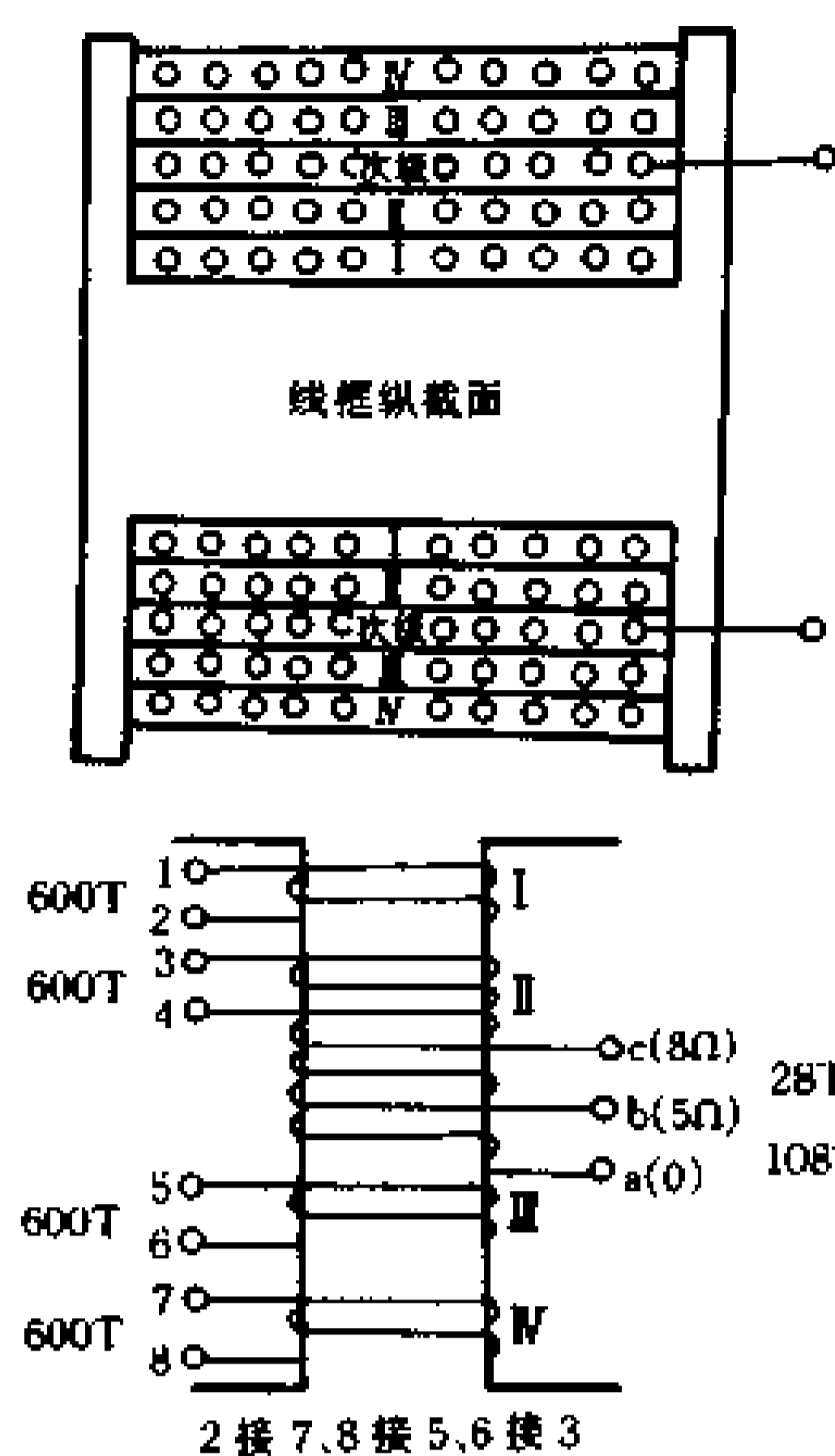


图 2-19

不好而得不到靓声。但制作也并非难事，只要选用好的矽钢片，优质漆包线，仔细缠都会得到很好的效果。下面对输出变压器的绕法作一说明。要使低频响应好，变压器初级电感要尽量大，要使高频响应好，漏感和分布电容要尽量小。本机变压器选用舌宽 25mm 的 E 型矽钢片，叠厚 30mm。为取得较好的效果，采用分段分层的绕法。层间用绝缘纸隔开。E 型片和 I 形片之间留 0.5mm 左右的空隙。具体绕制方法如图 2-19 所示。初级用 $\Phi 0.17\text{mm}$ 高强度漆包线，次级用 $\Phi 0.7\text{mm}$ 漆包线绕制。层间用绝缘纸隔开。

也可将电源变压器省掉，直接从 220V 交流电整流获得 280V 左右电压。需要注意的是，如果省掉电源变压器，本机切勿同接地的音源连接，否则会发生危险。

装好后检查无误即可通电试机，灯丝电源接通 5 分钟左右再接通阳极电压。如有异常，马上关机检查，改正后再试。

9. 皇牌运放直推胆管的功放

本文介绍的运放皇十靓胆直耦的小功率放大器，是家用发烧佳品。

【电路原理】

电源用小功率变压器，前级和灯丝由一只 30W 的变压器供电。主电源由工频电网直接整流滤波向胆管供电，免去了一大变压器。

利用运放在正、负电源上输出端为 0V 的特点和胆管的栅极可在 0V 静态工作特点，使得电路可采用直耦的方式。免去了胆-胆的高压、高质的耦合电容，同时也降低整机的成本，而且电路更加简洁。

输出变压器是本机的关键元件，输出信号的频率上限受此件的限制，建议采用金牛牌 GOX5.5-50，也可自制，数据如图 2-20 标注所示。元件选择既要发烧又要经济，运放没有用高价位 LT 系列，而用运放皇 NE5532。

电子管的放大器的线路都比较简单且热稳定性高，与晶体管机种比起来，胆管还有两个

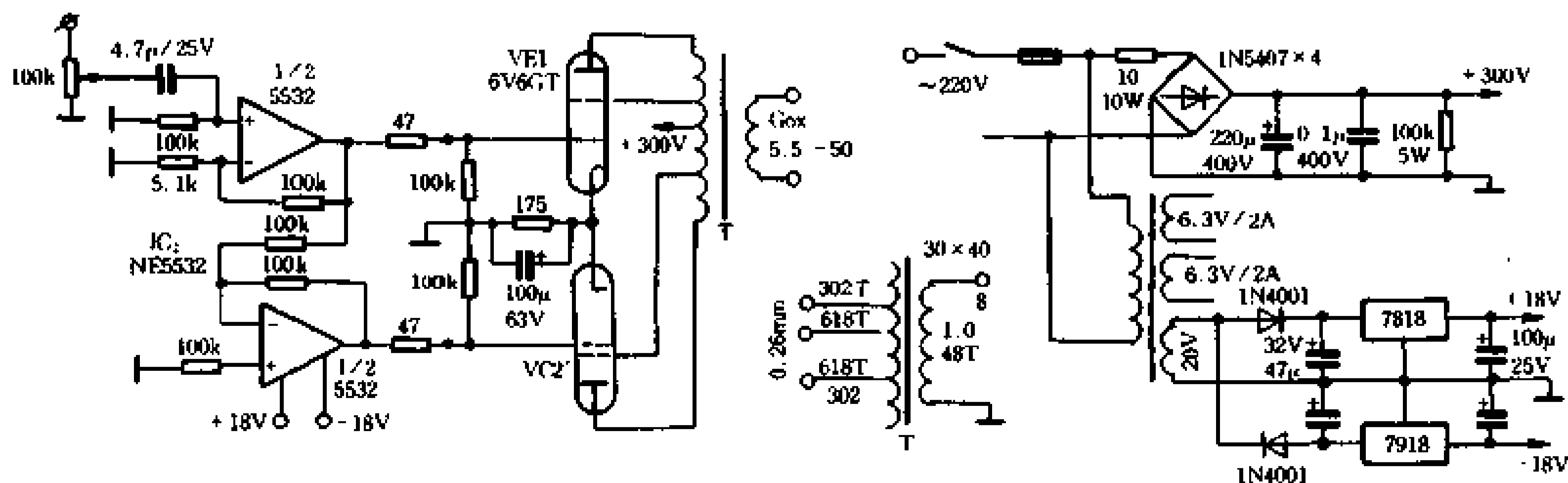


图 2-20

最大的优点：那就是一致性好；组装配件时比较好调整。另一个特点就是它是一个电压控制器件，使用时容易匹配。

选用阳极在 250V 时栅偏压在 -12V 左右的电子管，因受运放电压的限制，选用 6V6GT 一类的管子接成超线性电路，可得 10W 功率。

末级选用甲类放大状态。使得电子管处在最佳状态。取消了大环路负反馈，从而避免了瞬态互调畸变。由于不加反馈，内阻较低和良好的线性，加之电子管过载性好是晶体管机无法达到的。

该机完全是直接耦合的，保证了信号的传递过程中的频宽问题。整机的电压增益由 IC 提供，并输出同相信号推动 VE1 做同相输出；另一运放倒相推动 VE2 反相输出。

电子管的工作点由阴极电阻大小决定，本机设在屏流 44mA/300V 左右。阴极电阻为 175Ω。

前级电路装于一块印制板上，用铁皮包封以进一步降低噪声干扰，只留出音量旋钮和输入、输出端子、电源线等。然后装于底板上成为一黑匣子。NE5532 前级组装完可用一耳机检查电路性能。不接胆时，前级相当于一桥式放大器，前级噪声应该是极低的。

注意：本机从工频电网直接供给，万一不慎即触电。建议整机组装完后应严格做绝缘处理，旋钮应选绝缘型，其它线路应在通电前先接好，不可带电操作。

本电路最大功率 10W(推挽)，耗电小于(立体声)140W，输入灵敏度 750mV。

音色好是本机的一大特色。胆管的温柔，运放的通莹，5532 的美名，自不必言喻。花钱不多，请爱好者不妨试一试。

10. 电子管+场效应管功放的制作

凡是玩过电子管功放的发烧友都知道真空管功放音色温暖、圆润、细腻迷人，富有空气感。但这些并非举手可得，繁琐的输入输出变压器；电源变压器的绕制；真空管的配对；阳极电压和栅负压的调整……着实令人头痛。

本文介绍一款电子管+场效管功放电路，自制的胆石混合功放。

如图 2-21 所示，该电路前级电压放大采用了三只双三极管真空管，一只 6N9、二只 6N8，其参数及代换型号如表 2-4 所示。末级采用了甲类无大环负反馈 0dB 功放，失真极小，解析

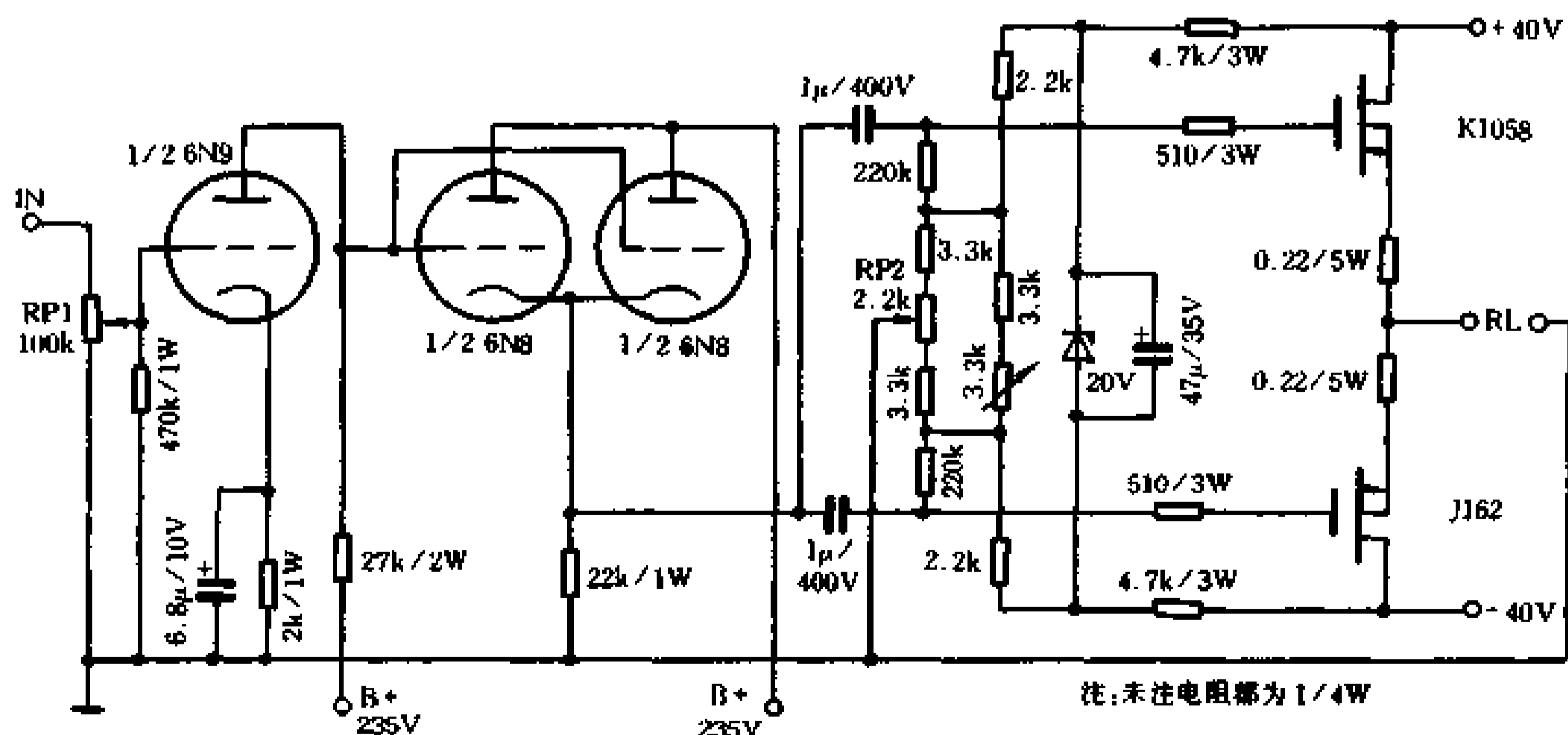


图 2-21

力极高。原电路功放管采用了 K135/J50 场效应互补对管，因现在这种管子售价极高，且不易购到，现改用特性参数曲线与其几乎一样且易购的日立场效应对管 K1058/J162，这两种管子的参数如表 2-5 所示。

表 2-4

电子管	灯丝电压	灯丝电流	跨 导	放大系数	代 换 型 号
6N8	6.3V	0.6A	2.6	20	6SN7、6F8G、6H8C、CV181
6N9	6.3V	0.3A	1.6	70	6SC7、6SL7、6H9C、6CY7、ECC35

表 2-5

项 目	型 号		项 目	型 号	
	2SK1058/2SJ162	2SK135/2SJ50		2SK1058/2SJ162	2SK135/2SJ50
漏源电压 V_{DS}	160/-160V	160/-160V	输入电容 C_{iss}	600p/900p	600p/900p
栅源电压 V_{GS}	$\pm 15V$	$\pm 14V$	输出电容 C_{oss}	350p/400p	350p/400p
栅极电流 I_D	7/-7A	7/-7A	导通时间 t_{on}	180ns/230ns	180ns/230ns
沟道功耗 P_{ch}	100W	100W	关断时间 t_{off}	60ns/110ns	60ns/110ns
正向跨导	0.7~1.4s	0.7~1.4s			

前级电子管电压放大部分采用底板直接布线，在焊接元件时，元件引线不宜留得太长，宜用瓦数大一些的烙铁来焊。栅极和屏极引线切勿相互靠近；平行走，应尽量远离。每个元件都要可靠焊接，过渡的焊点要用接线支架布线，先从电阻、电容开始，然后是电源及灯丝线。为了得到最佳的信噪比，本机前级三只电子管的灯丝电压及阳极电压均采用直流稳压供电。输入末级的两只耦合电容(1 μ /400V)对音质影响很大，应采用高品质的电容，本文采用的是进口的 WIMA 电容。6N9 阴极旁路电容应采用钽电容。

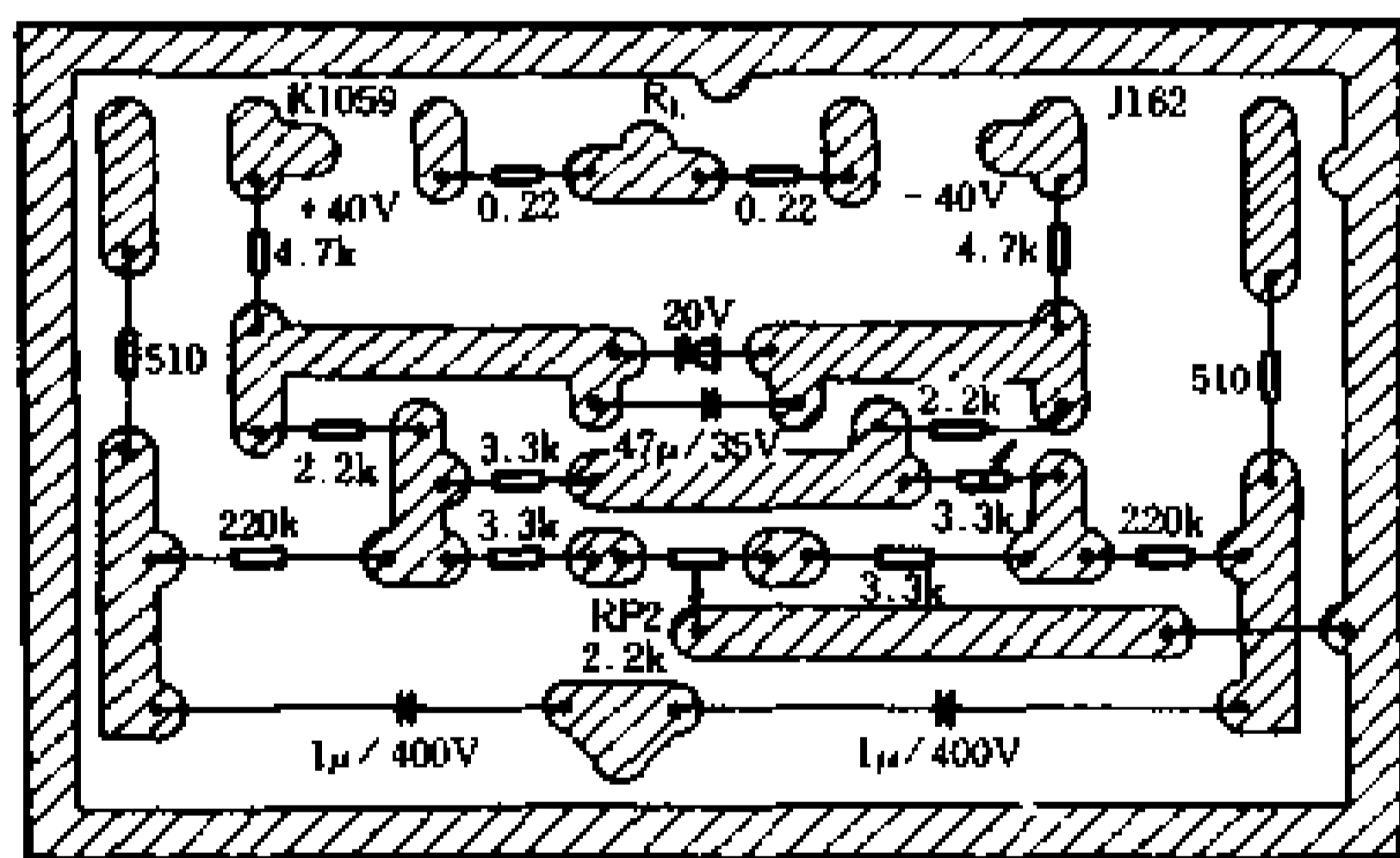


图 2-22

末级放大采用印制电路板布线，印制电路板电路如图 2-22 所示。各元件孔距可随各人情况调整。图中 0.22 Ω 的电阻应采用无感线绕电阻，如没有也可用水泥电阻代替。需要特别的强调的是其互补场效应功率管一定要严格配对，焊接场效应管时要先用铜丝将管子的三极管脚短接，利用烙铁的余热焊接，以免烙铁漏电或感应电压击穿场效应管。

所有元件装配好后，再按照图核对无误即可进行调试。电子管部分要注意阳极电压及灯丝电压无误，只要元件焊接正确，基本无需调

试。场效应管部分在电源的正极处串入一只 3A 电流表，功放的输出端接一只 10 Ω /10W 的水泥电阻并上一只 1V 电压表，调试 RP1、RP2 使静态电流为 1.2A，输出中点电压为 0V。煲机 1 小时，待整机温度稳定后，再调一次 RP1、RP2 即可。因为本机后级处于甲类状态，温度很高，所以其末级功率管散热器的散热面积应足够大，必要时可采用一只仪表风扇降温，使散热器表面温度勿超过 70 $^{\circ}C$ 。

本机电源如图 2-23、图 2-24 所示，电源变压器总容量不应小于 500W，如有条件者可采用武汉天龙机电研究所生产适合于胆石功放的开关电源。

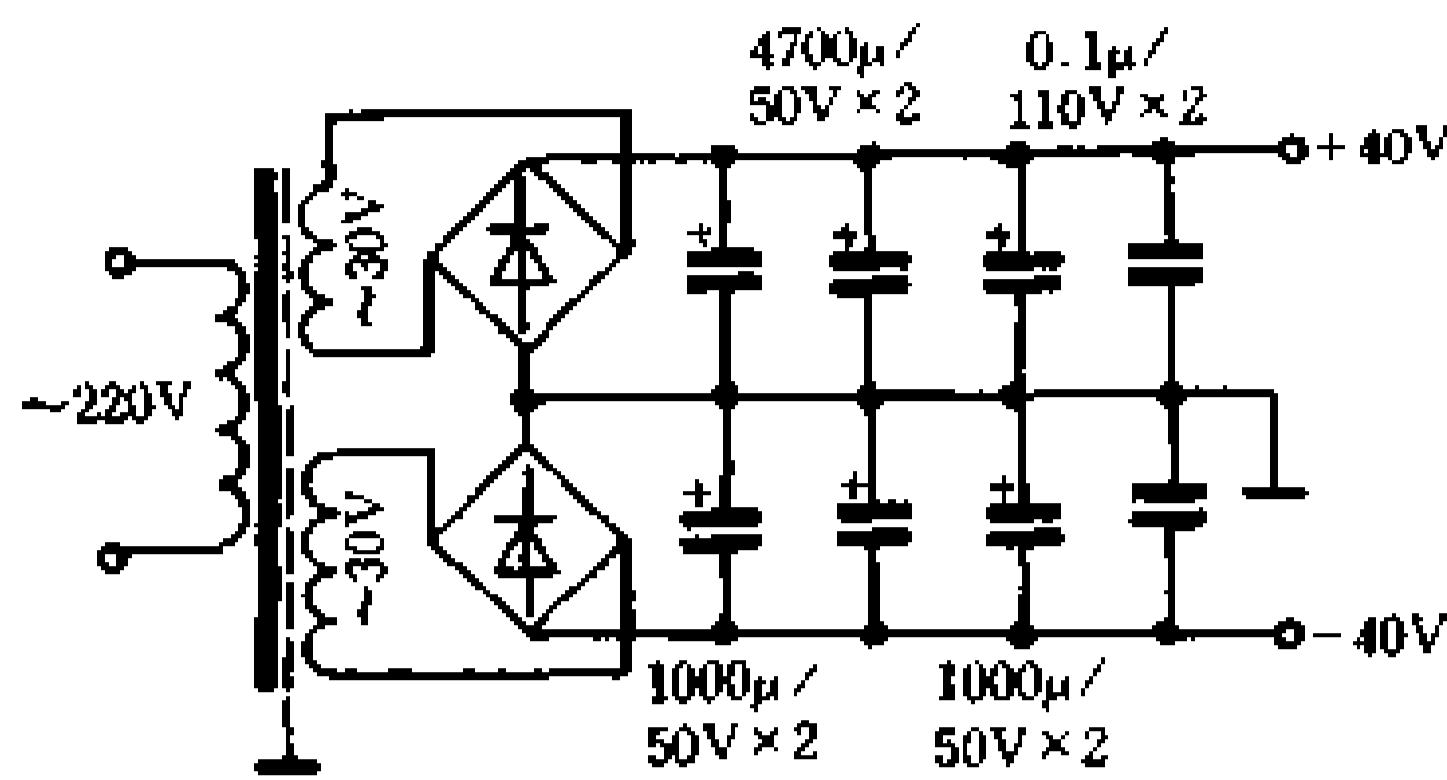


图 2-23

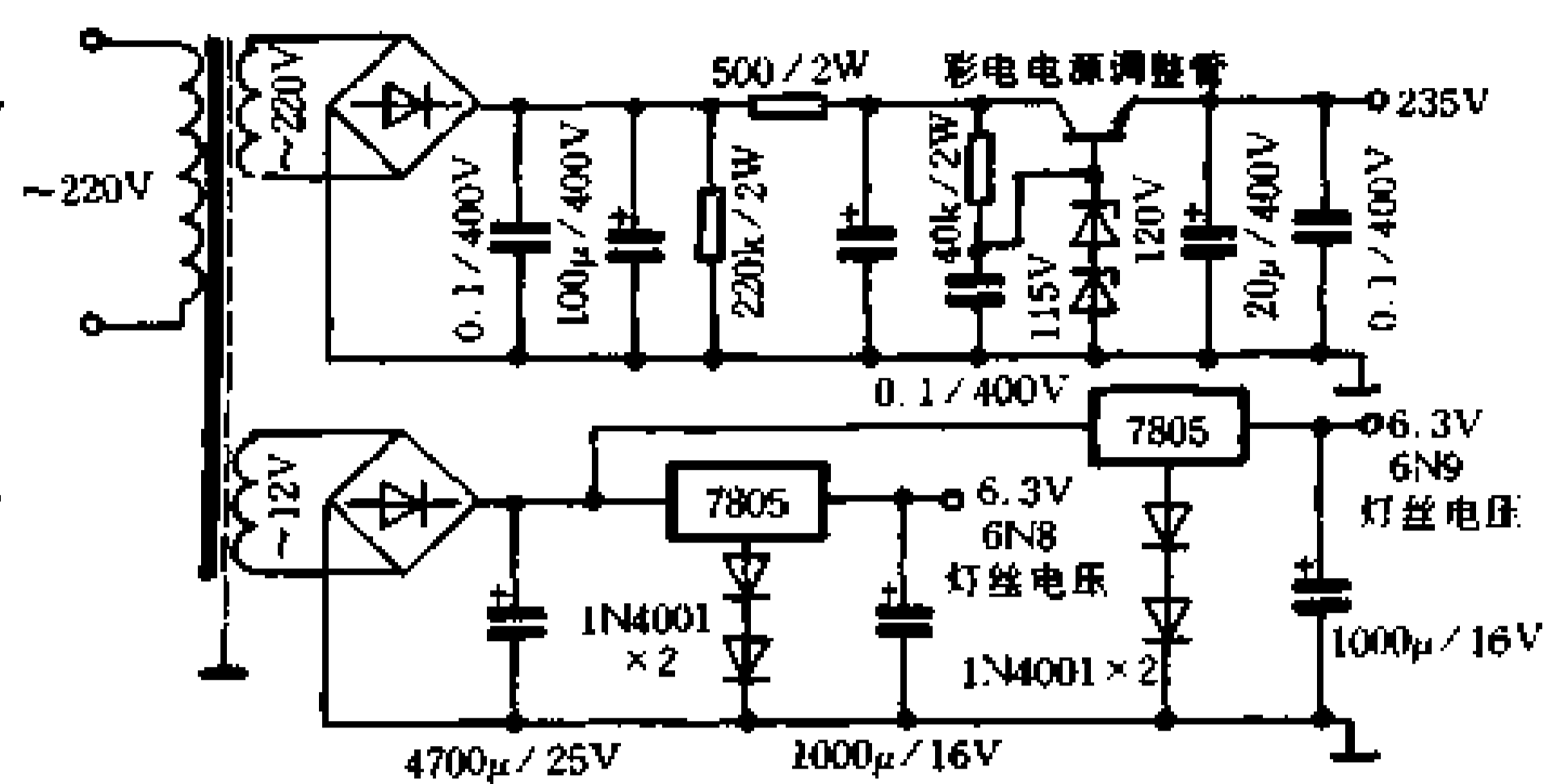


图 2-24

11. 劲力十足的功率放大器

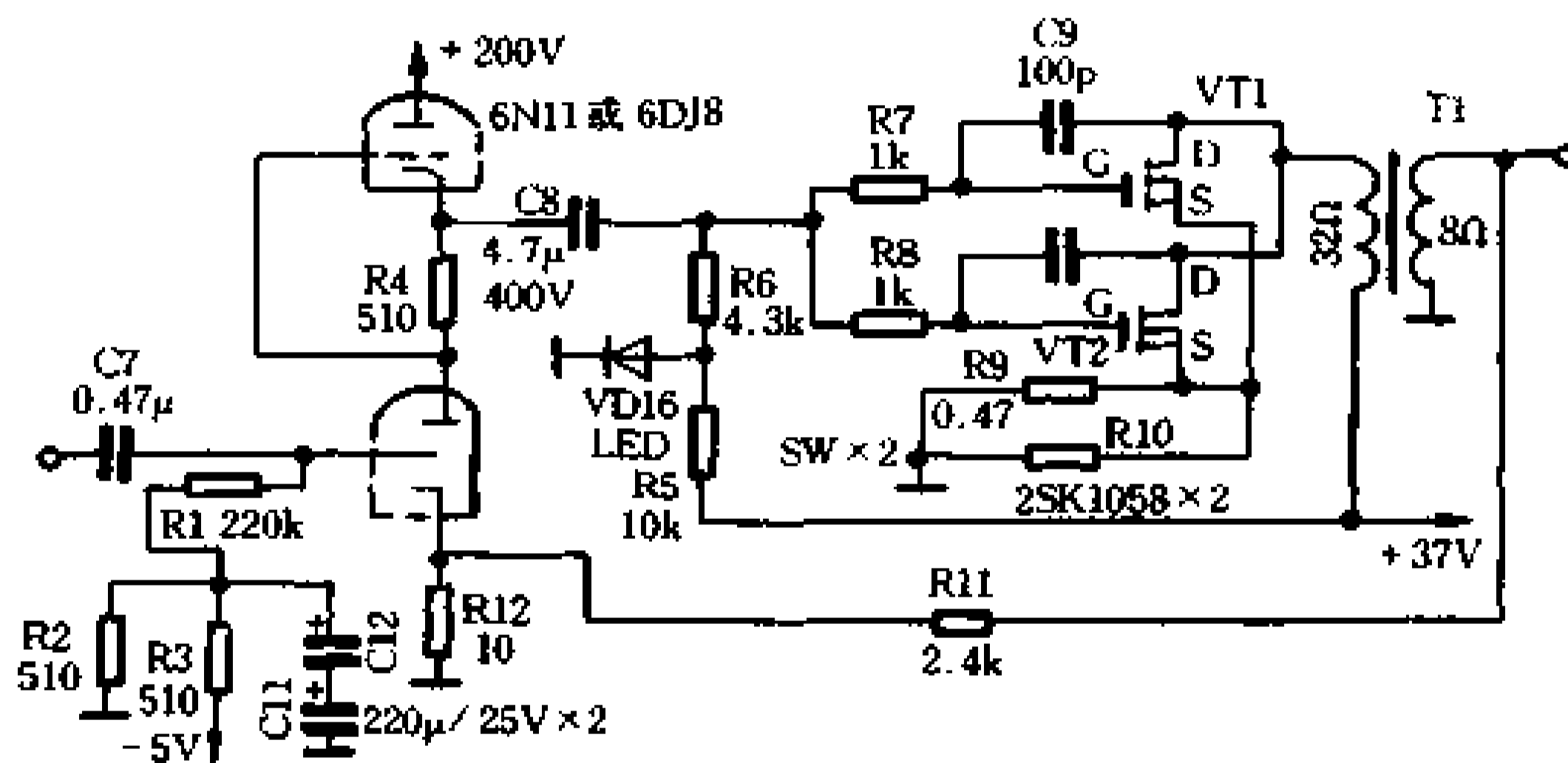


图 2-25

欣赏音乐的不同环境对放大器的要求是不同的。一般的功率放大器都是为宽阔的房间内用大音量重放而设计的，音量开小了气氛出不来，听音效果会打折扣。为了能在诸多限制的环境中欣赏到高质量的音响效果，本文介绍一款声音劲力十足、制作容易的功率放大器。

放大器的电路如图 2-25 所示，它具有以下特点：

(1) 推动级采用一只 6N11 电子管作并联调整推挽式放大，高频响应好，信噪比高。

(2) 该放大器末级半导体功放管不用稳压电源供电，由图 2-26 可知，

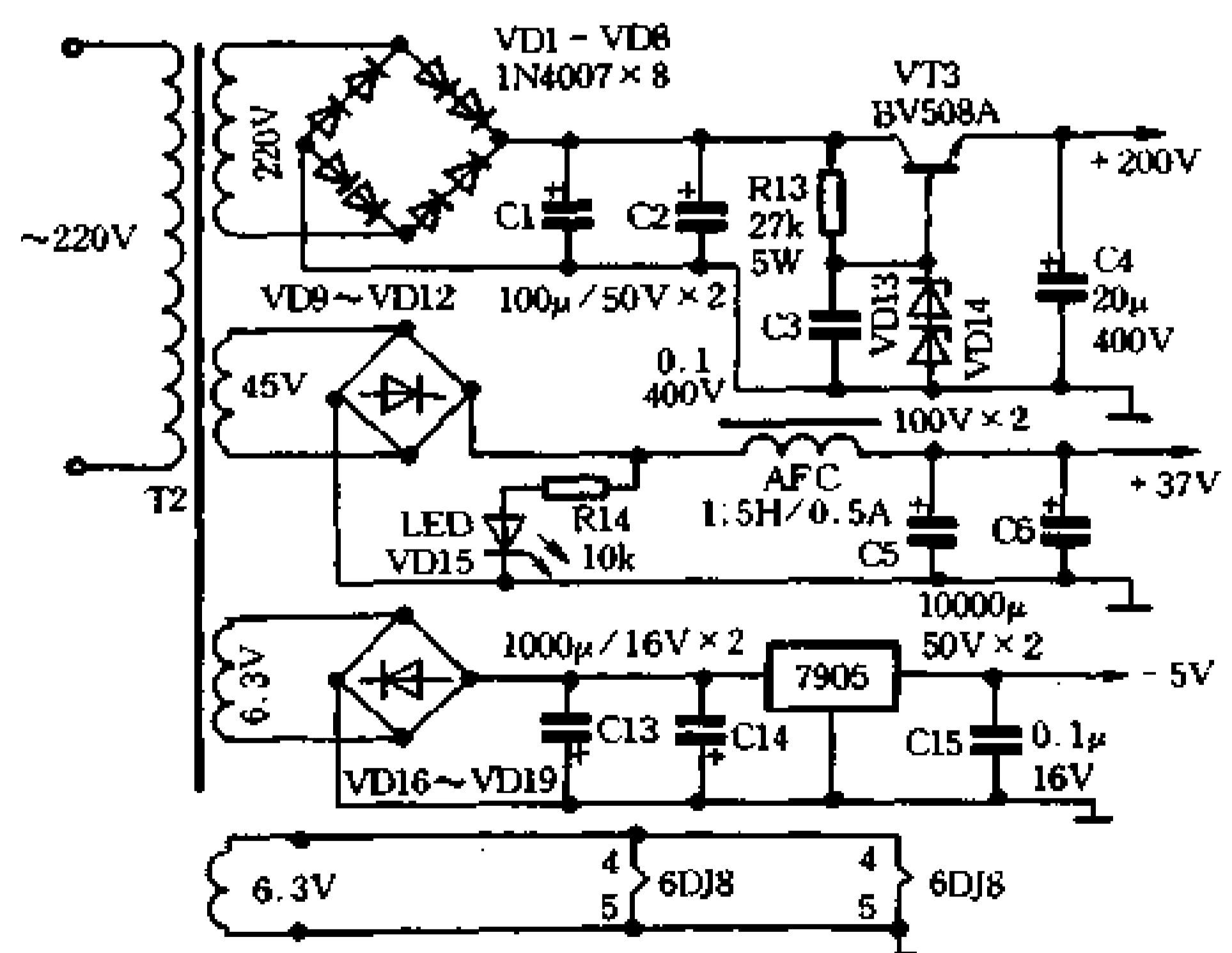


图 2-26

1.5H/1.5A 的扼流圈和 20000 μ F/50V 电解电容组成 LC 滤波网络供电。

(3) 输出变压器制作容易,自制时采用舌宽 24mm、叠厚 40mm 的优质硅钢片做铁芯,初级总共 200 匝,由两个 100 匝的绕组串联;次级用 100 匝,实际制作时用两根 Φ 0.72mm 和一根 Φ 1.02mm 的双丝高强度漆包线三股并绕,辨明三个绕组的头和尾,然后把两个 Φ 0.72mm 的绕组头尾串联作为初级, Φ 1.02mm 的绕组做次级。硅钢片顺插,留出 0.5mm 空气间隙。

(4) 使用砷化镓发光二极管为末级功率管提供 1.9V 偏置电压,末级功率管工作点极稳定。换用其它功率时必须调整偏置电压。

(5) 该放大器制作相当容易,本文采用 1mm 铜板制成底座,搭棚焊接工艺;电子管、变压器、大电解露在底座上面,其它元器件装在底座内,连接线越短越好。

放大器输出功率 15W,与自制惠威 SS6-VA 土炮音箱配用,定位准确,弦乐人声柔美细腻,音质糯而有劲,特别适合于小房间内听 Hi-Fi 音乐之用。

12. 具有音调控制功能的 Hi-Fi 放大器

本文介绍一款由“靚”音电子管和音响集成电路组成的合并式混合放大器。该放大器由电子管做前级,音响专用集成电路 AD711 和 LM1875 做后级。

【电路原理】

放大器原理电路如图 2-27 所示。

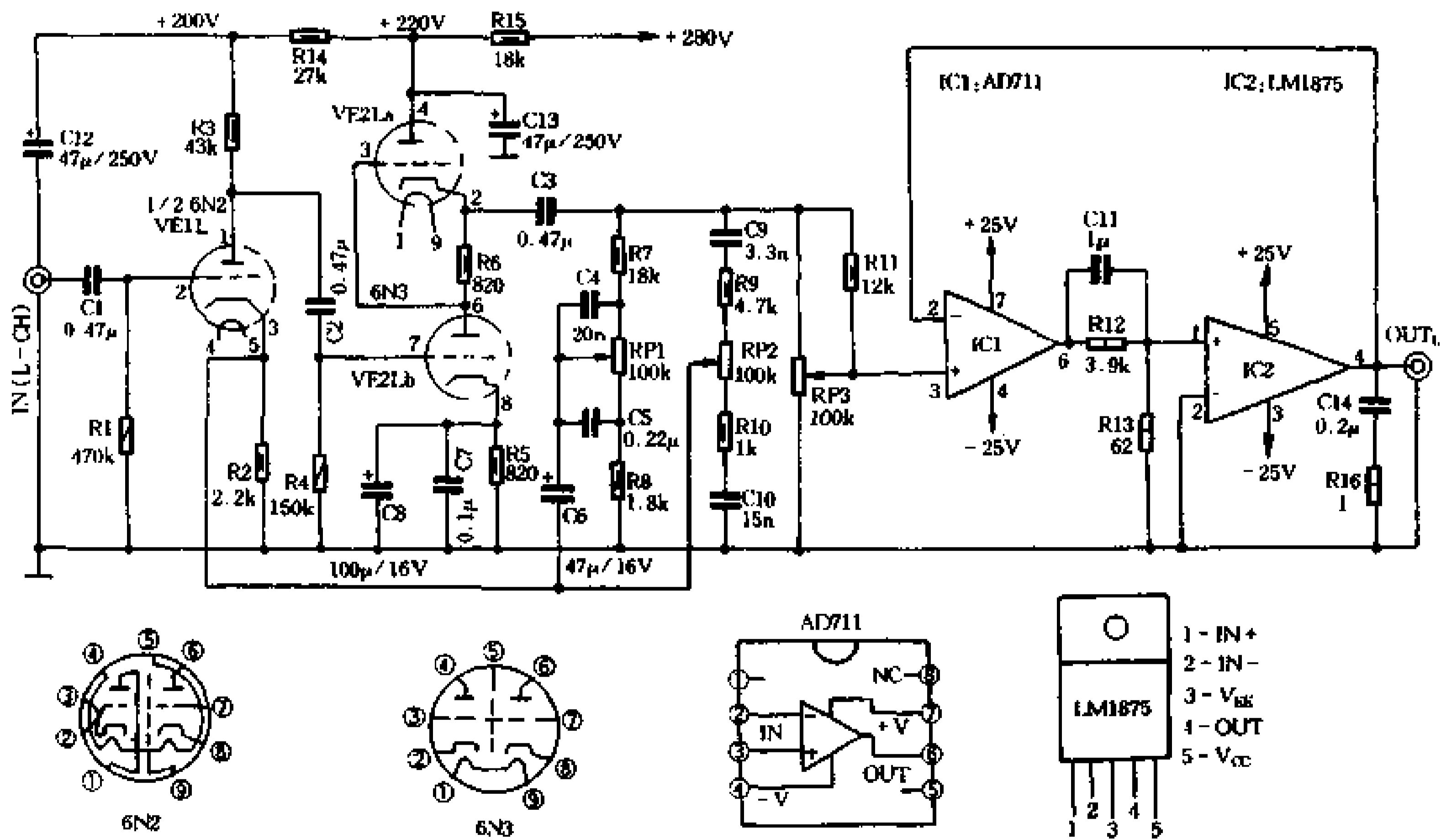


图 2-27

为了提高对各类音源的适应性,特选用优质、价廉的高 μ ($\mu=97.5$) 双三极管 6N2 构成线路输入放大器(6N2 的一半 VE1L 用于左声道,另一半 VE1R 用于右声道)。R2 为输入级的直流偏置电阻,屏流 I_{s0} 流经 R2 时,产生约 1.5V 的直流电压 E_g ,通过栅漏电阻 R1 加至 VE1L 的栅极,形成线路放大器的负栅压。此时,VE1L 工作在甲类状态,具有良好的线性。R2 的第二个作用是对音源信号产生适量的交流反馈,使失真进一步降低,稳定性进一步提高;R2

的作用之三是音调反馈，本输入级具有输入阻抗高(数百千欧)、动态范围大、瞬态响应好等突出优点，这正是 Hi-Fi 前级所必需的。信号经由 VE1L 放大后从阳极输出，通过 C2 耦合到功放激励器 VE2。VE2 由高频特性优良的电压放大管 6N3 担任，其内部的两个三极管接成成熟的 SRPP 电路(并联调节式推挽电路)。该电路的特点是失真小、输出阻抗低、动态范围大，因而可以适合诸如 IC、FET、TR、VAL 等构成的各类功放。对于上述功放电路，无论其“食量”大小，SRPP 电路均能绰绰胜任。

衰减式音调控制网络(TCN)安插在前、后级之间。从 SRPP 电路中 VE2L 阴极 K 输出的音频信号，一路经由音量(VOLUME)电位器馈入后级 IC1 的③脚；另一路则经由 TCN 网络回馈至线路放大器 VE1L 的阴极。这种电路组合程式，即可以有效的抑制噪声和失真，又能保持衰减式 TCN 的调节特性。在图 2-27 中，C4、C5、R7、R8 和 RP1 构成低音调(Bass)控制网络。当 RP1 上调时，C5、C4 组成的网络对低音频信号的负反馈量增加，于是低音相对减弱；RP1 下调时，则是低音相对增强。C9、C10、R9、R10 和 RP2 组成高音调(TREBLE)控制网络。当 RP2 上调时，高音频的负反馈量增加，于是高音域被衰减；反之(RP2 下调)，高音域被提升。

AD711 和 LM1875 组成功放后级。在功放电路中，希望取得高保真、大功率输出。而一般的功率运放为负载提供较大的功率并不困难，但多数功率 IC 都存在着失真大、线性度差的缺点。如果在大功率 IC 前端插入一片线性好，失真小的精密运放 IC1，使功放 IC2 处于 IC1 的反馈环路之中，实践证明，这种连接方式能达到扬长避短、相得益彰的功效。该连接方式称为“涡轮增压式组合连接”(TCC)。TCC 放大器的主要特点是：既保持了 IC1 失真小、失调低的优点，又具有 IC2 大电流的放大能力。可见，TCC 是功放 IC 的理想搭配方案。在 TCC 电路中间，插入了一节由 C11、R12、R13 构成的 RC 网络，其目的是为了音频信号提供适当的相位补偿，以便使 IC1、IC2 放大器的频响趋于稳定。

【元器件选择】

整机供电电路如图 2-28 所示。TP 为市售成品恒达牌 100VA 环型变压器。电子管前级高压由市电直接整流(URH)产生，使电源电路大为简化。灯丝由 TP 次级一组 18V 串联供电；另一组 18V 经 URL 整流、C15~C17 滤波，产生±25V 低压电源，为 IC1、IC2 提供工作电压。低压滤波(C16、C17)选用 Rubycon 电容(70WV 系列)，高压滤波 C19 为闪光灯轻型电容 CD17H-470μF-330V。C15 为 CL11-0.1μF-100V(涤纶)电容，C18 为 CBB22-0.1μF-400V(聚丙烯)电容。放大器中的 C1、C2、C3、C11 为 XINDAK-CBB-L 系列电容，C4、C5、C7、C9、C10、C14 为涤纶 CL11 型电容，C6、C8 为 CA42 型钽电解电容，C12、C13 为 CD03HV 型高压电解电容。电阻全部选用金属膜系列。电位器 RP1 和 R-CH 声道的 RP1'、RP2 和 R-CH 声道的 RP2' 选用 KK210。电子管和功放集成电路的电气参数分别列于表 2-6；表 2-7 中。

该机电路十分简单，只要选件精良、安装无误，一般均可一次成功，无需做任何调试。

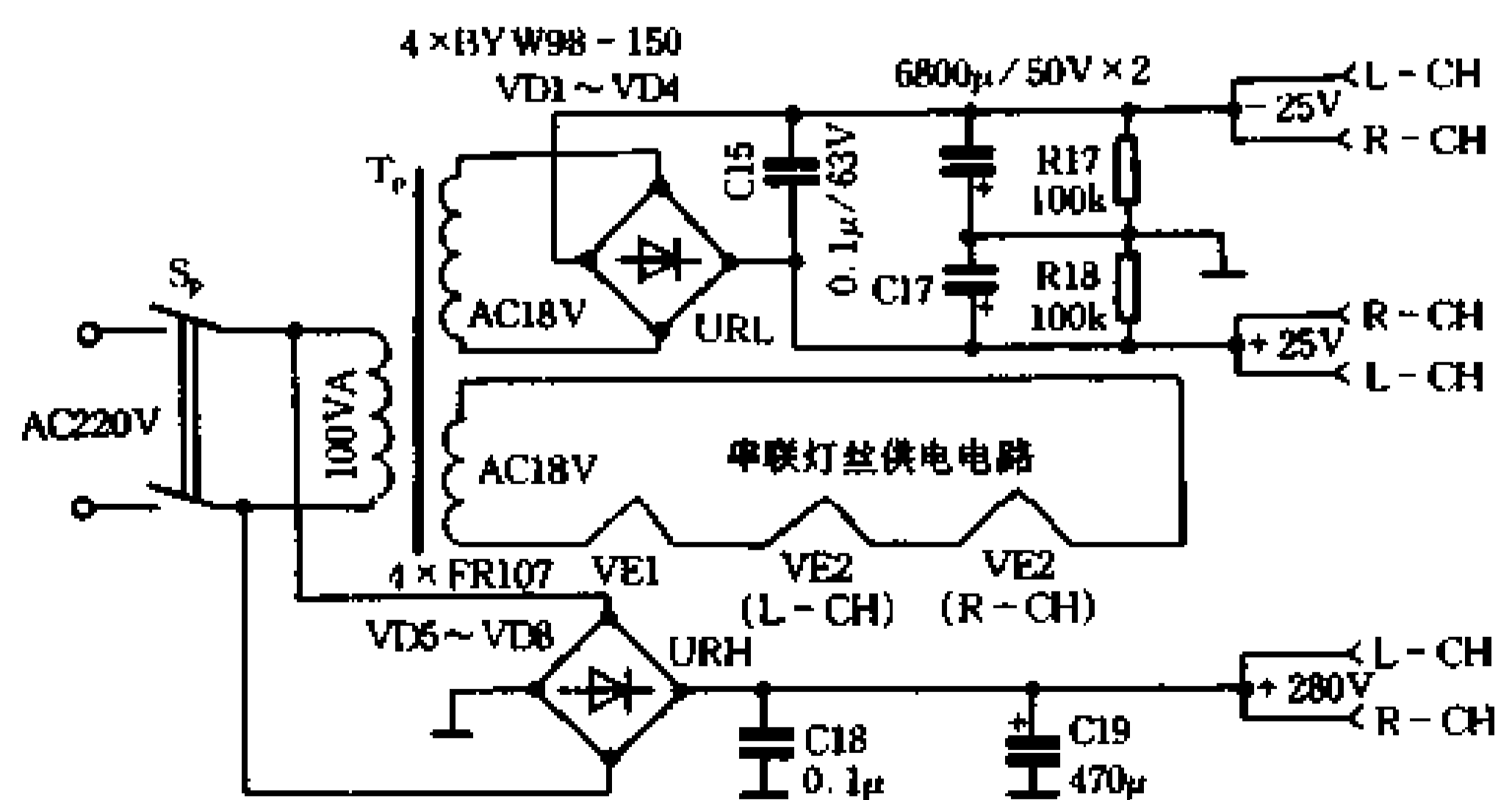


图 2-28

表 2-6

序 号	参 数 名 称	符 号	参 数 值		单 位
			6N2	6N3	
1	灯丝电压	U_i	6.3 ± 0.6	6.3 ± 0.6	V
2	灯丝电流	I_i	0.34	0.35	A
3	阳极电压	V_a	250.0	150.0	V
4	最大阳压	V_{aM}	300.00	300.0	V
5	栅极电压	E_g	-1.5	-2.0	V
6	阳极电流	I_a	2.3 ± 0.9	8.5 ± 3.5	mA
7	跨 导	S	1.6~2.65	4.1~7.8	mA/V
8	放大因数	μ	97.5 ± 1.75	35.0	-
9	输入电容	C_{gt}	2.15	2.6	pF
10	过渡电容	C_{gt}	≤ 0.8	1.3	pF
11	阴极电流	I_{kM}	10.0	18.0	mA
12	最大屏耗	P_s	1.0	1.5	W
13	最大栅阻	R_g	0.5	1.0	MΩ
14	用 途	-	电压放大	电压放大	-
15	阴极结构	-	旁热式	旁热式	-

表 2-7

序 号	名 称	参 数 值 及 说 明
1	电源电压	$\pm 8V \sim \pm 30V$ (单电源时为 $16V \sim 60V$)
2	最佳电源	$\pm 25V \sim \pm 27V$ (单电源时为 $50V \sim 54V$)
3	输出功率	$25W/R_L = 4\Omega$, $30W/R_L = 8\Omega$, $V_{DD} = \pm 25V$
4	失真系数	0.02% ($R_L = 8\Omega$, $P_o = 20W$, $V_{DD} = \pm 25V$)
5	带 宽	1.3MHz ($\pm 3dB$)
6	内部结构	单功放
7	封 装	To-220
8	厂 商	National Semiconductor Co.
9	其 它	-

13. TEA-1000 功率放大改进一例

“东方”TEA-1000 是国产电子管、晶体管合并式功率放大器。该机用料较为考究，除采用两个大型电源变压器、两个 $10000\mu F$ 电容、NE5532 前置放大器以及山肯发烧功率管 2SA1494、2SC3858 以外，在前级还用了二个 6N1 电子管(左右声道各一)。该机音质醇厚、性价比较高。

当然该机也存在薄弱环节，如它的电子管灯丝电源稳压电路就存在缺陷：它采用一个三端稳压器 7812 供电，7812 的输出电压为 12V。6N1 电子管灯丝电压为 6.3V，两个串接为 12.6V，所以机中又在稳压器下加了一只二极管 1N4148，从而使输出电压升为 12.6V。同时，由于两个电子管的灯丝功耗较大，而 7812 的功率不够，所以原机中除了给 7812 加装庞大的散热器外，还并接了一个 27Ω 的分流电阻，以保护其不致烧毁，如图 2-29 所示。这个缺陷就为发生故障埋下了隐患。这个电阻因为其阻值过大，其实是很难起保护、分流作用的。过小

势必引起灯丝电压升高，将危及电阻本身及电子管的安全。另外，因为交流电网电压不稳，电子管将不能得到稳定的直流电压。

本人就碰到一例保护电阻烧毁(开路)的故障，修复时，在 7812 输出端加装了一个大功率三极管 3DD15(功率更大的同类型管更好)，配上散热器，将稳压输出接入大功率管的基极，将大功率管的集电极接在 7812 的输入端，发射极作输出，接至电子管 V1、V2 灯丝。同时，考虑到功率管的发射结压降，输出电压将低于 12.6V，又在 7812 的下面加了二只二极管 1N4148，使得输出电压稳定在接近 13V 的电压(不受电网波动影响)，如图 2-30 所示。改动后，该电路的输出内阻大大降低，满足电子管灯丝的功耗。工作时，该部分电路的发热量大大减小。

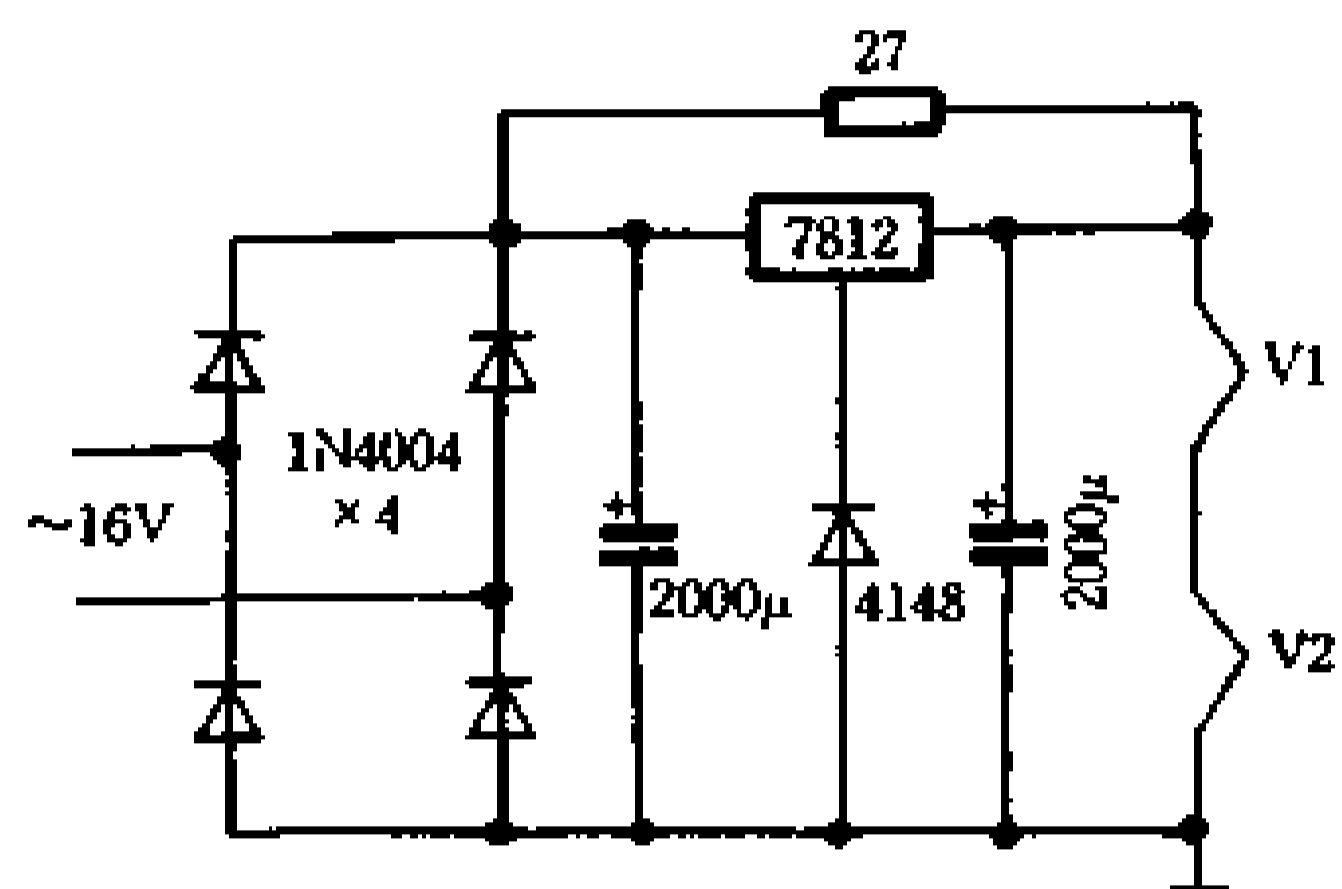


图 2-29

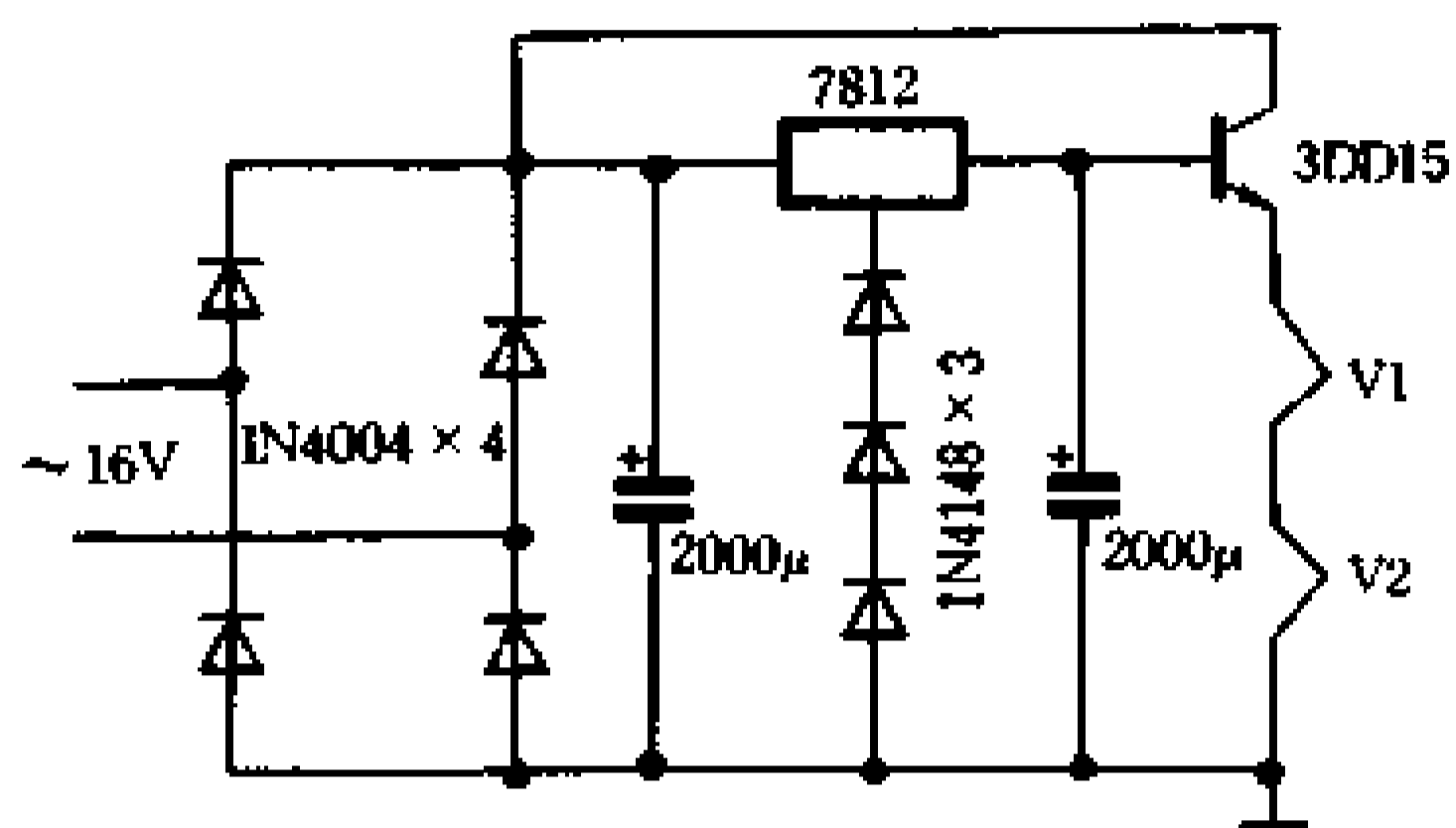


图 2-30

三、模块功率放大器

1. 真正靓声的推动模块

许多发烧友乐于自制功放，不过傻瓜功放(包括厚膜电路功放)制作简单、功率较大，但是音质不如集成电路功放。比如最新的 LM3886 其外围元件少，RMS 功率有 50W，保护电路

齐全。但声音表现在中高频上比好的分立元件功放有一定的差距，控制力也欠佳。这里说的好的分立元件功放不是指市场上的许多廉价功放，有些功放不论从原理到用料都缺乏科学性，音质差是必然的结果。一个好的电路设计加上优质元器件的合理使用才是“靓声”的关键。本文推荐广东科力斯公司出品的 SAM 推动模块。

科力斯公司在音响界是很有名气的，经营许多发烧器件。SAM 系列模块推出已有两年多了，认为这种电路设计符合靓声原则，用两块制作了一款后级功放，实际效果胜出了国产名牌功放。

【电路原理】

如图 3-1 是 SAM 模块的内部电路图。现代的高速场效应管输入运放都采用类似的电路，像 OPA627。如图 3-2 是日本马兰士公司的 HDAM 模块内部电路。HDAM 可以说是大名鼎鼎了，许多马兰士公司的高级

CD 机，PM15 高级功放都采用了它。比较这两款电路，可以发现 SAM 内部电路多了一级共基放大器，即输入电路为共源共基放大，而 HDAM 仅为共源放大。由于场效应管的耐压低、跨导小，故 HDAM 开环增益不大，只能用于低压的场合，代换普通运放效果自然出众。而现代功放要求驱动电压高、失真小，故 HDAM 就不合适了。SAM 就可以承受较高的电源电压。SAM 有两种型号：一种是 A 型；另一种是 B 型。A 型适合小信号放大，电源电压范围为 $\pm 15V \sim \pm 40V$ ；B 型则为功放中的电压推动，电源电压可以高到 $\pm 55V$ ，输出电压摆幅仅比电源电压低 2V。

从用料上看，SAM 模块输入级采用孪生场效应管 NPD5564，这是一对音响专用管，小功率采用了 2SA970、2SC2240，最后一级采用了适中功率管 2SA1145 和 2SC2705，恒流管采用 2SK373，栅源极接了 750Ω 电阻构成了 1mA 的恒流源。所有这些管子的参数如表 3-1 所示。可以看出双极型三

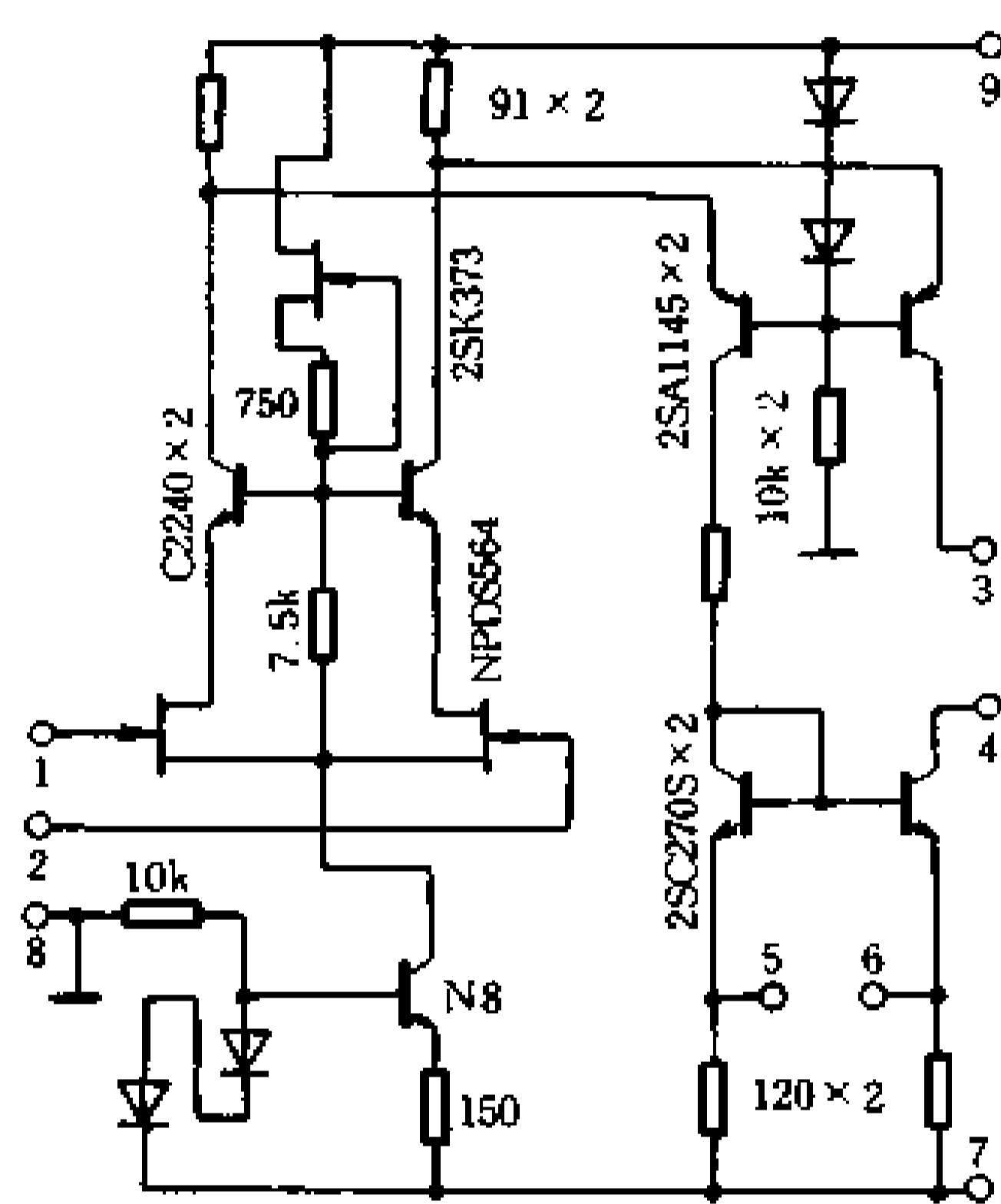


图 3-1

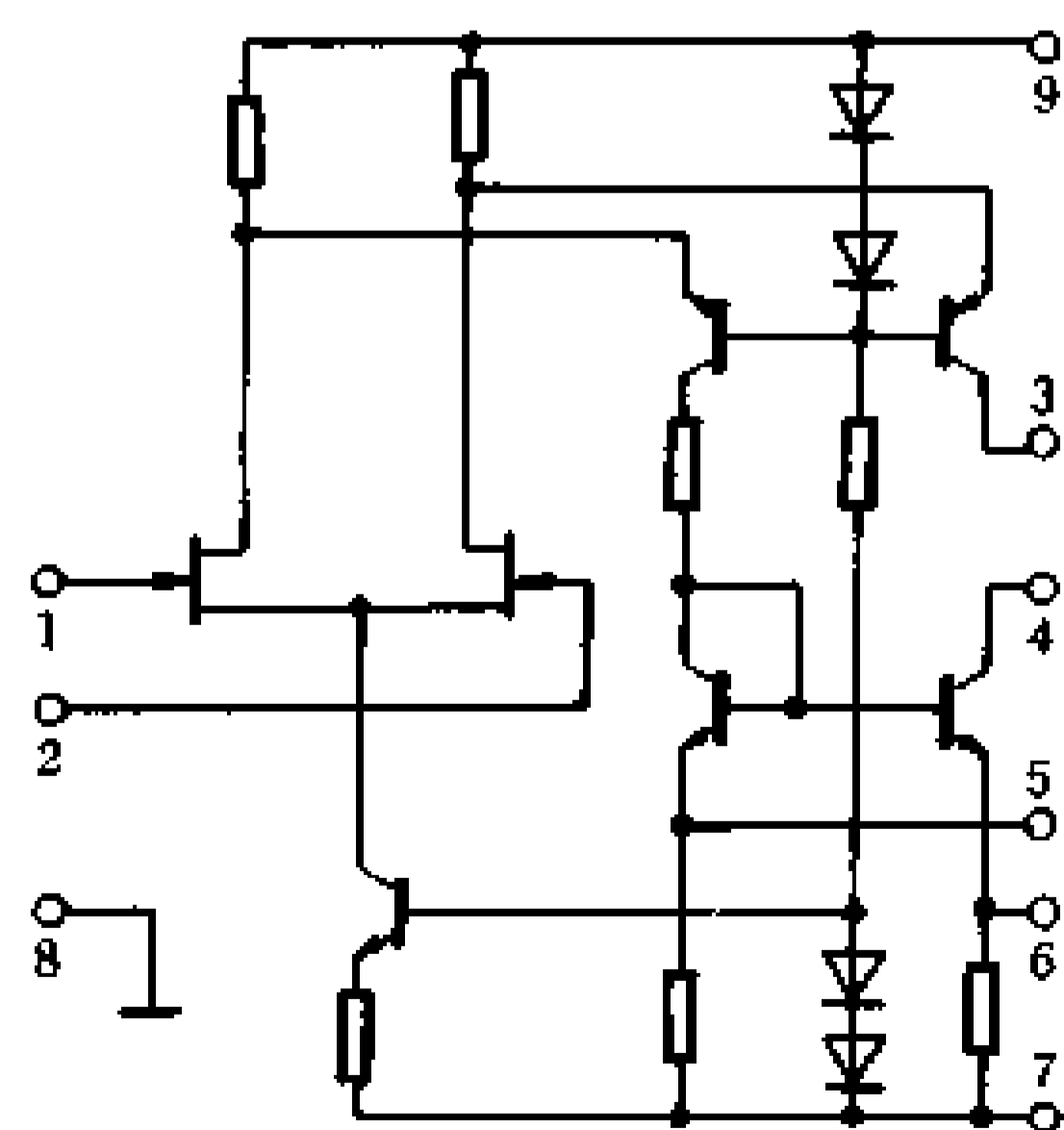


图 3-2

极管 C_{ob} 都极小，绝对是 Hi-Fi 用管，所有电阻均为 1/4W 五环金属膜电阻。

电路放大形式是共源、共基、再共基，这种电路可以称之为目前最好的放大电路形式之一。输入级的共源共基电路工作点为 1.5mA(每管)，这种电路基本上已成为 Hi-Fi 输入电路的标准模式。第二级共基放大级工作电流为每管 5mA，这个电路与美国夏文卡顿的对地推挽有异曲同工之妙，只不过夏文卡顿的对地推挽是上下对称电路，而本电路是单端差分电路而已。由于第二级是差分，能更好地提高共模参数，使工作点更加稳定，副作用是输出阻抗较大，对后级的输入阻抗有一定的要求。

从上述用料分析和电路分析来看，SAM 模块可称之为国内唯一合乎 Hi-Fi 标准的推动模块。SAM 模块在一些小节上也是精益求精的，像纯铜屏蔽罩，镀金双面板，镀金插针，所有对管均为良好的散热耦合等。大小方面都兼顾。

表 3-1

	BV_{bo}	I_{cm}	P_{cm}	F_T	C_{ob}
2SA970 2SC2240	120V	100mA	300mW	100M	4P
2SA1145 2SC2705	150V	100mA	800mW	200M	2P
2SA985 2SC2275	160V	1.5A	20W	150M	
NPD5564	55V	5mA	500mW		4P

图 3-3 是自制功放的原理图。后级电路与普通电路没有什么不同，只不过 K214/J77 前面加了一次缓冲，这是因为像 K214 之类的 MOS 中功率管输入电容较大，与模块的几十千欧的输出电阻会构成一个低通滤波器，会影响整个电路的频响以及瞬态响应。国内有些刊物上介绍 K214 之类管子的应用时仅介绍要工作于大电流而未考虑它们的输入电容的影响，这有些不妥。2SK214 和 J77 在本电路中工作电流也在 100mA 以上，故这两个管子要装在大散热器上。

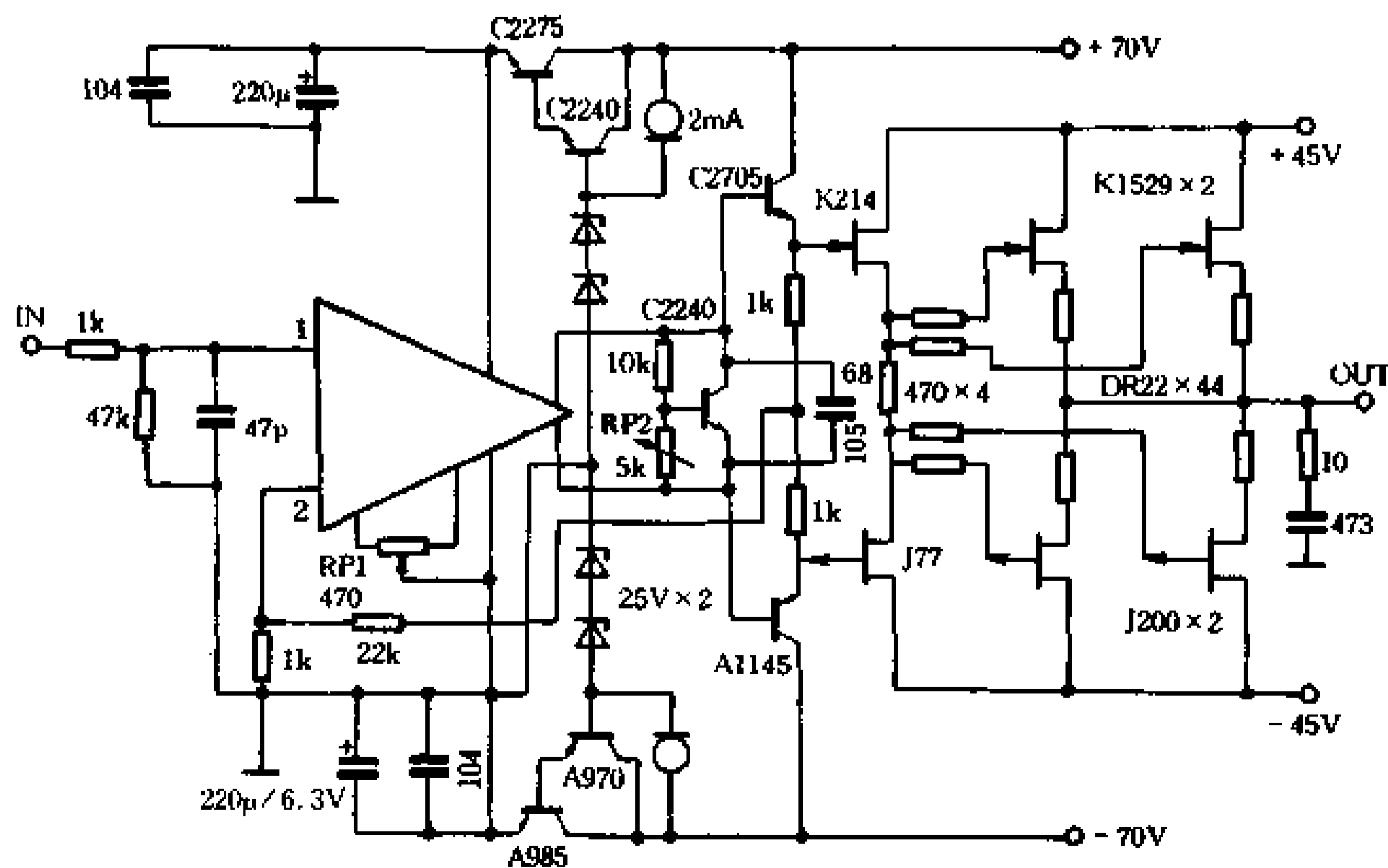


图 3-3

注意一下 SAM 电路所用稳压电源,这种电路具有最好的瞬态响应。由于恒流管的恒流电流仅为 2mA(太大了稳压管功耗会有问题),故调整管采用了复合管,复合管也用上了音频专用管,故对电源要求亦相对严格。C2275 和 2SA985 都要加装小型的散热器。

该电路测试结果:带宽 10Hz~100kHz 相当平坦;1kHz 的方波波形非常漂亮;总失真度 < 0.5% (8Ω 负载,1kHz,10W 输出);最大功率 98W (8Ω);RP1 是中点电压微调电位器,RP2 是功放管静态电流调整,由于采用了大型散热器,KIS29、J200 的静态电流调至每管 200mA。对这种功放,完善的保护电路是必要的,本文采用 TA7317 制作,此处不再多说。

最终的听音评价表明该功放素质很高,推动“美之声”的监听一号都能发挥出色,而监听一号公认是难推的音箱。可见 SAM 模块的确不凡,胜过好几台进口机,这也是本文向大家推荐的理由。

2. 新颖大功率多功能功放模块

D-200W 模块设计独特,将过载、过压、过热、短路、电源极性接反、扬声器冲击等多种保护功能集于一模块内。模块采用独特的乙类同步动态偏置电路使静态功耗到最低。具有快速的瞬态响应能力,较高的增益和等响度效果。D-200W 经国家某二级计量站鉴定达到设计指标。其基本原理框图如图 3-4 所示。

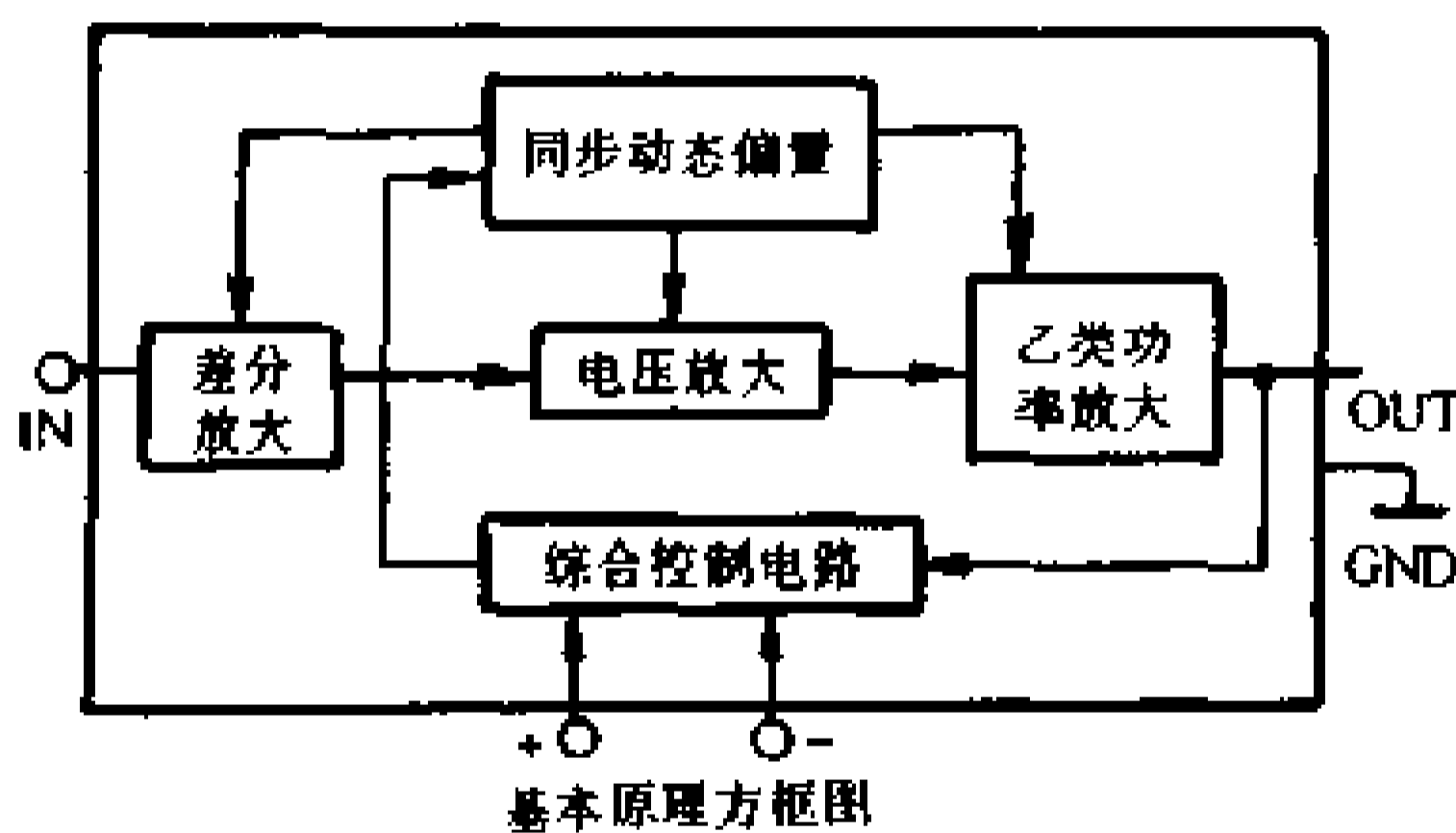


图 3-4

D-200W 前级采用差分放大、恒流源供电,激励级电压放大亦用恒流负载。末级是乙类同步动态偏置功放。综合控制电路除保证过热、过压、负载短路等保护功能的实现外,并供给同步动态偏置电路和三级放大偏置电流。模块整体静态电流 < 15mA,功放末级静态仅 3~5mA,基本达到了静噪效果。模块电路设计“简洁”,仅有三级放大,最大输出时瞬态电压可达电源电压幅度。在电源电压 $\pm 50V$ 时,瞬态转换速率在 20Hz~20kHz 频段内高达 $\pm 50V/\mu s$ 。

达 $\pm 50V/\mu s$ 。

末级功放采用 6 只专用高频大功率管芯片并联输出,电路输出内阻极低。由于乙类同步动态偏置作用,电路自动调整能力很强。输出接感性、阻性负载阻抗从高阻至下限 2Ω,模块均能正常工作,模块用时不另加前置放大。

D-200W 模块在音响上的应用方法如图 3-5、图 3-6、图 3-7、图 3-8 和图 3-9 所示。

【技术参数】

- (1) 工作电压: $\pm 5V \sim \pm 54V$;
- (2) 不失真额定功率: $(P_o) = 115W$;
- (3) 总谐波失真 (THD): 20Hz ~ 20kHz < 0.5%;
- (4) 转换速率 (SR): $\pm 50V/\mu s$;

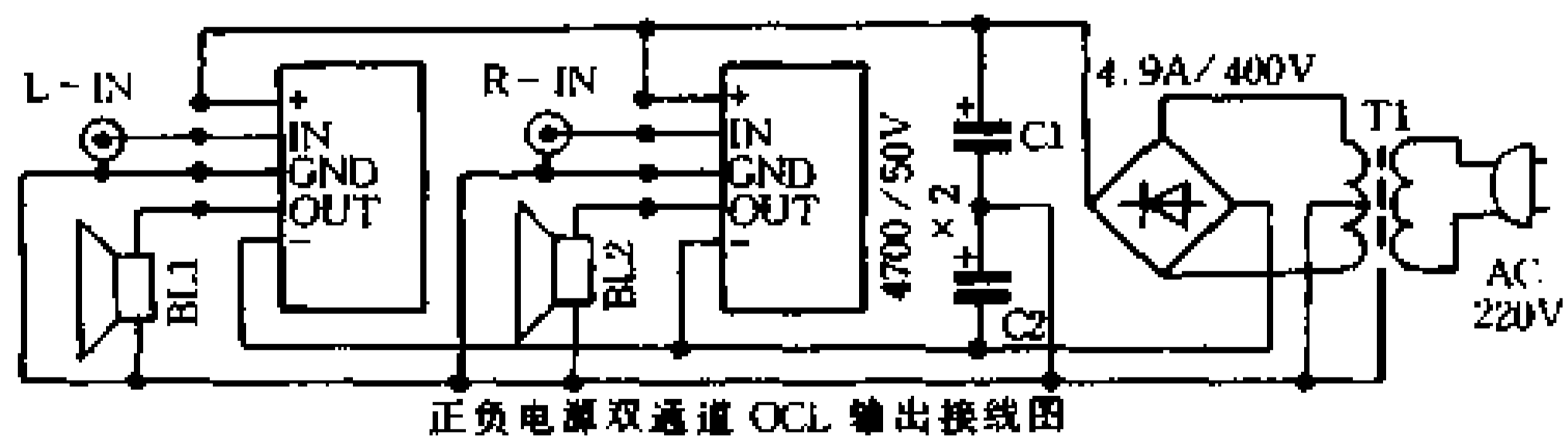
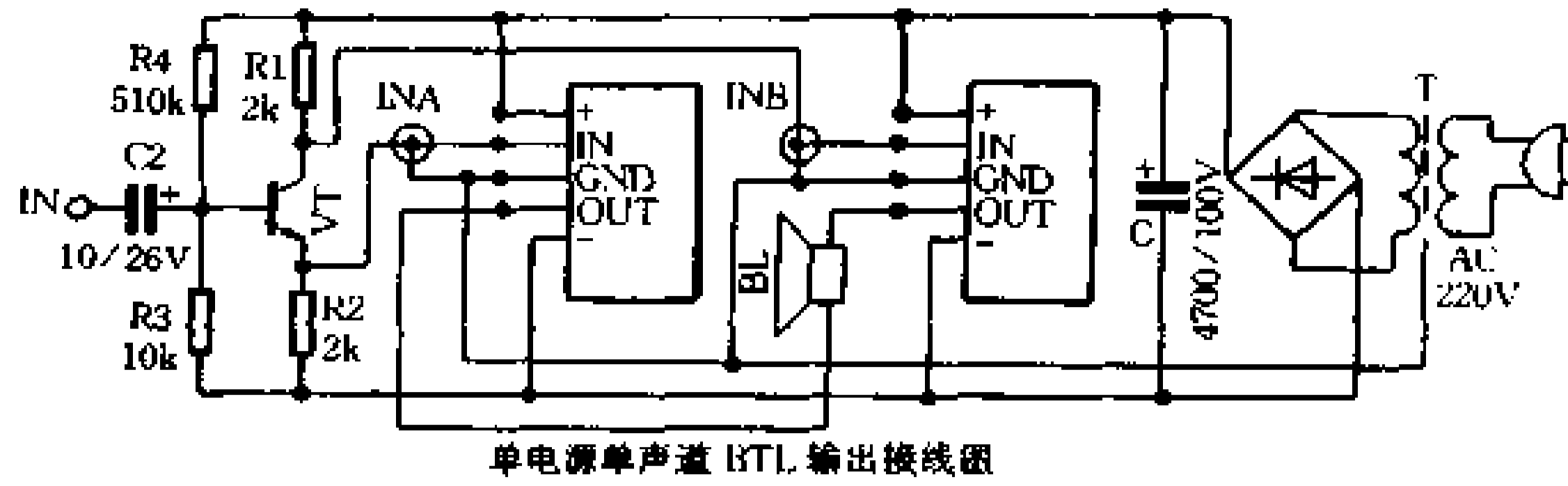
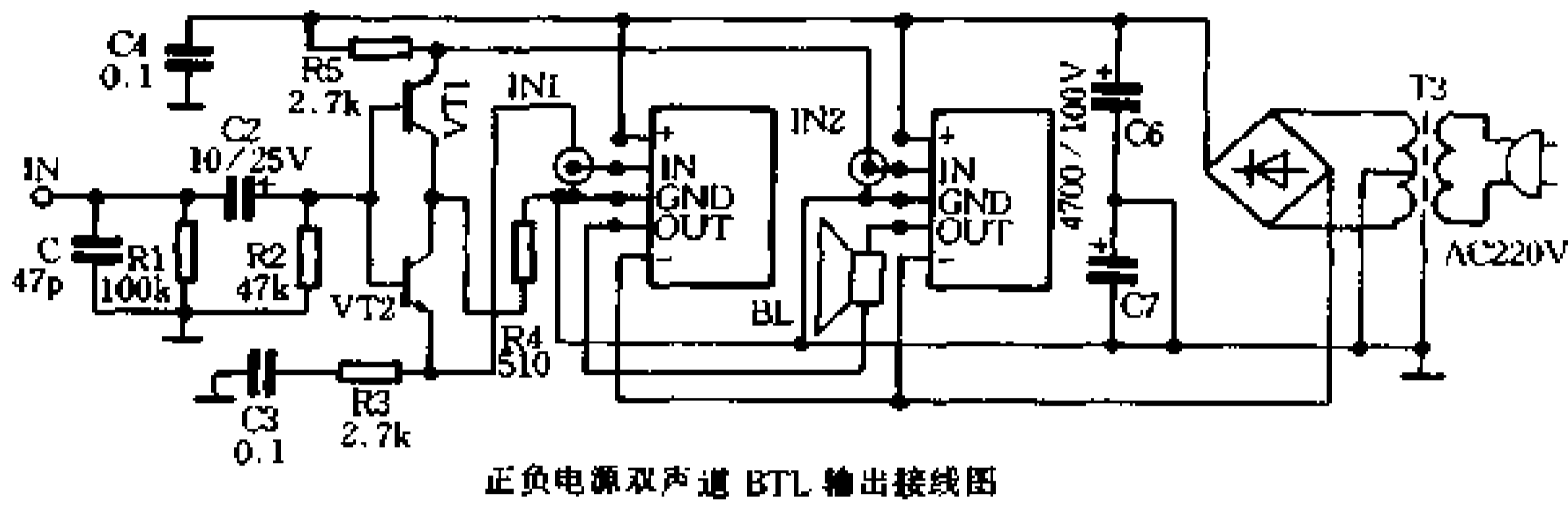


图 3-5



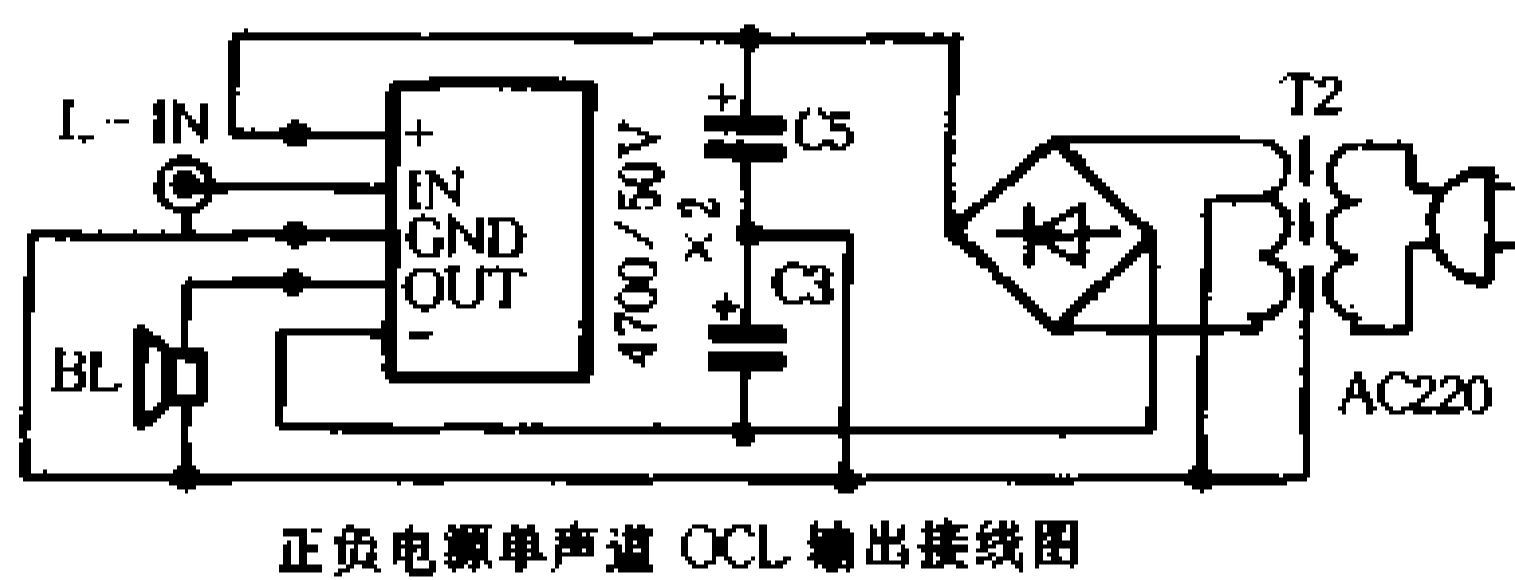
单电源单声道 BTL 输出接线图

图 3-6



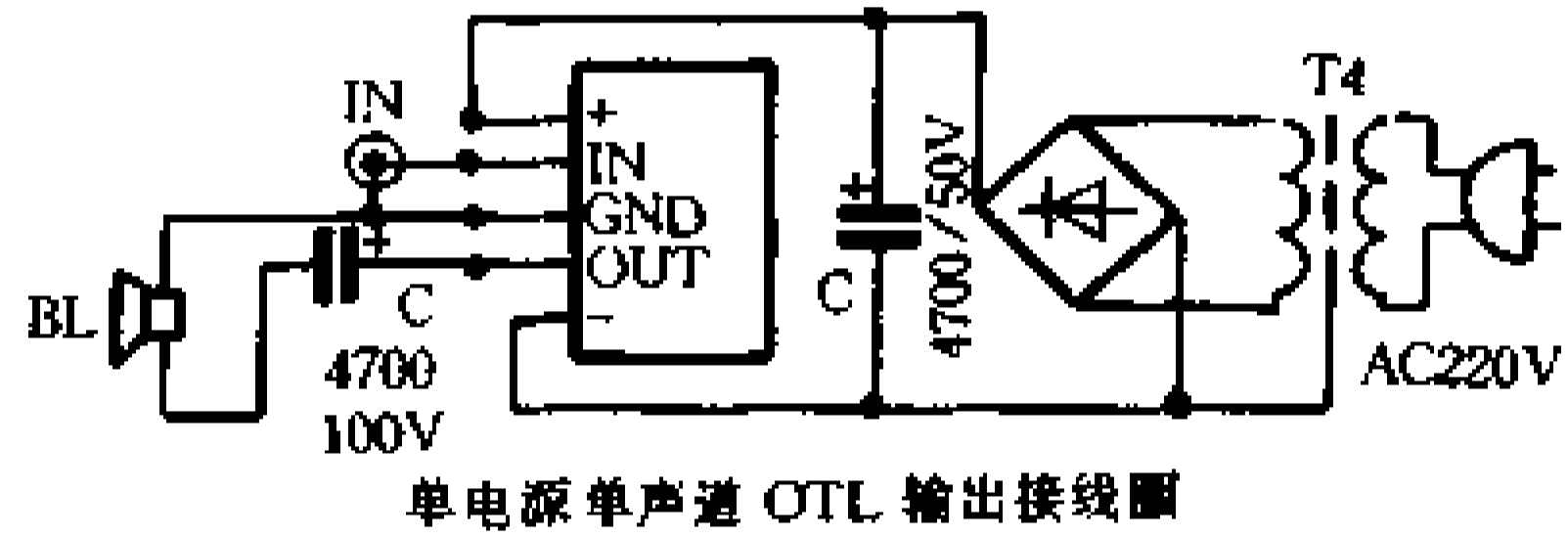
正负电源双声道 BTL 输出接线图

图 3-7



正负电源单声道 OCL 输出接线图

图 3-8



单电源单声道 OTL 输出接线图

图 3-9

- (5) 频响: 20Hz~20kHz;
- (6) 总静态电流: <15mA;
- (7) 信噪比(S/N): 112dB;
- (8) 最大音乐功率(瞬态): 300W;
- (9) 电压频响: 5Hz~600kHz;
- (10) 功率频响: 5Hz~350kHz;
- (11) 整机增益: 113dB;
- (12) 输出中点失调电压: <30mV;
- (13) 额定正弦功率输入灵敏度: $\leq 350\text{mV}$;
- (14) 标称输入阻抗: 47k Ω ;
- (15) 标称输出阻抗: 8 Ω ;
- (16) 保护电压: 60V;
- (17) 保护电流: 6A;
- (18) 温度保护: 90 $^{\circ}\text{C}$;
- (19) 推荐工作电压: $\pm 45\sim\pm 54\text{V}$;
- (20) 不另加散热器自身功率: $\geq 10\text{W}$;
- (21) 模块尺寸: 100mm \times 60mm \times 15mm。

自身散热器厚 4mm, 表面绝缘安装型。另加散热器表面功率散热尺寸: 10W/100cm²。

3. “超级功放王” D-200W 模块

“超级功放王”模块电路实际上是准乙类同步动态偏置功放电路。它不仅具有乙类功率放大器较高效率，又有着甲类功率放大器的优良音质，且彻底消除了甲乙类放大器的开关失真。实际电路又不同于国外介绍的超甲类(新甲类)同步动态偏置电路。它以简洁结构、集过压、过热、过流(负载短路)、防扬声器冲击、防极性反接等多种保护功能于一体。在静态低功耗、动态响应速度；低失真和功率频响方面以及具有“胆机”音响效果均达到相当水平。

本模块电路能放大音频信号中含有的丰富偶次谐波、使音乐细节中的谐音、余音有弹性，显得韵味悠长，有自然的回响效果。而低音回响也无拖泥带水现象，仅三级放大的“直通快车”将瞬态响应推到电源电压的幅度，爆发的能力相当好。为让更多的发烧友了解本电路的性能特点，现将电路分析如下。

【电路原理】

电路原理如图 3-10 所示。

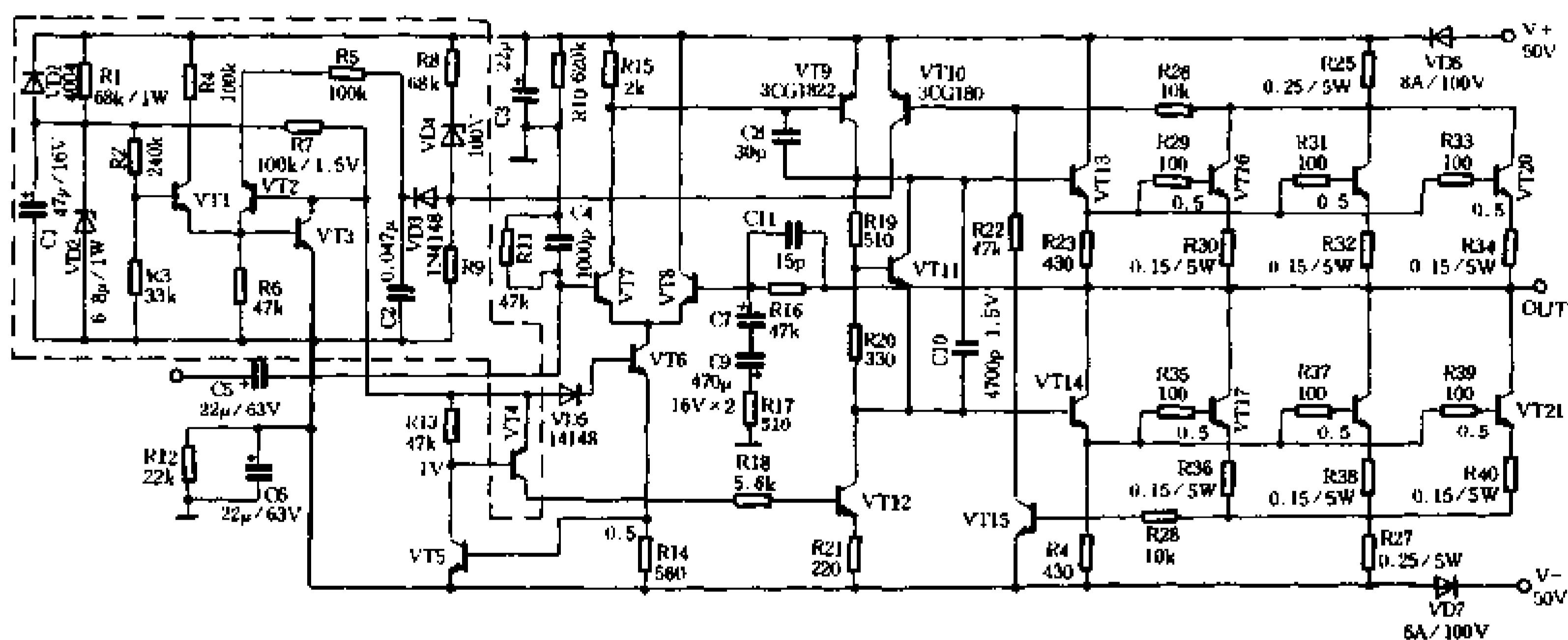


图 3-10

差动输入级由 VT6、VT7、VT8 等组成。中间主增益级由 VT9、VT12 等组成。功率输出级由 VT11、VT13、VT14、VT16、VT17、VT18、VT19、VT20、VT21 等组成。动态偏置电路由 VT4、VT5 等组成。保护电路由 VT1、VT2、VT3、VT4、VT10、VT15 等组成。总偏置电流供给稳定电源由 VD1、VD2、C1、R1 等组成。防极性反接及平衡电路由 VD6、VD7、C3、R10、C6、R12 组成。开关机防冲击电路由 VT1、C1、VT4、VT6 等组成。电路系直耦。

(1) 主增益级动态偏置放大原理

由于独特的同步动态偏置电路，将 VT4 巧妙地设置在差分级恒流环节中，充分利用恒流源的交流阻抗(电位)在动态时的交变过程，通过 VT4 对后级 VT12 进行与信号同步的偏流控制，达到与后级功放同步动态偏置放大的目的。众所周知，通常传统功放电路中的 VT12 是中间电压放大级 VT9 的集电极恒流源负载。在这里，是将 VT12 与 VT9 互相作为集电极同步动态电流负载。VT12 又是过热、过流、过压和动态偏置电流对末级的主控管。

当 U_{in} 无信号输入时(静态)，由 VD2 提供 6.8V(对 V-)的稳定偏压经 R7、VD6、VT6 的 eb 结、R14，构成差动输入级的静态偏置和 VT5 的静态偏置，可以推算出 $U_{R14} \approx 0.5V$ ，晶体管 VT5 处于截止状态。VT4 也处于截止状态，因此不能为 VT12 提供偏置电压，从而使末级

功率管处于非偏置的截止状态，这时整个功放电路的静态电流仅是虚线框内的综合控制电路的差动输入级的工作电流，总电流小于 10mA。

当在输入端 U_{in} 加入一交变信号时，由于差动输入采用非平衡输入方式，必然引起 R14 上的电位变化，当 $U_{R14} \geq 0.7V$ 时，VT5 导通，VT4 也导通，并向后级 VT12 提供与信号同步的动态偏置，与此同时，中间增益级的 VT9 从差动级输出负载电阻 R15 处，取得交变(电流)电压信号与 VT12 同时导通，整个功放进入工作线性区，达到了信号电压和信号电流(即动态偏置电流的同步供给)同步、同相放大的目的。这使电路有效地抵消了通常电路中信号在传输过程中电压、电流相位差引起的自激和损耗现象。

(2) 末级同步动态偏置原理

当交变信号从 U_{in} 输入后，由于引入了同步动态偏置的措施，使 VT9 和 VT12 同步、同相位放大导通，此时 VT9 和 VT12 互相为对方的集电极同步动态电流负载，并且导通幅度基本接近，中间增益级 VT9、VT12 集电极的回路动态电流比通电路大几倍到十几倍。因此，不但使 VT11 组成的末级偏置状态更加稳定之外，同时保证了 VT11 偏置电压 1.5V，电位始终固定在总电源电压的中心位置。让末级上、下臂功放管在动态时，从自身向上滑动的偏置中同步得到几毫安到数安培的静态起始电流，保证了输出上、下波形衔接的完整光滑。

根据本电路两级动态偏置放大原理定性分析，在差动级恒流源中的信号动态电流幅度和谐波含量，受到负反馈输出电路的抑制和影响较少，信号在通过 VT9、VT12 同步同相位放大后，在 VT9、VT12 的集电极电源回路中产生了迭加和合成的现象，增大了对末级推动的信号电流和谐波含量，才营造出胆机的音响效果和谐音的延伸性能(空间立体感)以及小音量等响度效果。

(3) 过流和过压保护电路

VT10、VT15 是末级功率管跟随级电流采样管。R25、R27 是采样电阻，当 U_{R25} 和 $U_{R27} \geq 0.7V$ 时，VT10、VT15 导通，使 VT2 正偏导通，与 VT3 形成正反馈导通，VT3 的集电极电压降至 0.3V，后极电路失电停止工作。当总电源电压一旦超过 VD4 的击穿稳压值时，VD4 导通，使 C2 上电压升高，VT2 正向导通，并与 VT3 形成正反馈导通，VT3 的集电极电压降至 0.3V，切断后级，电路停止工作。

【元器件选用】

如用分立器件组装，各单元除要求全部正品器件外，误差范围应 $\pm < 5\%$ 。必须全部采用高频、高压晶体管。全部晶体管 $\beta > 100$ 以上。VT7、VT8、VT13、VT14 及末级同极性大功率晶体管，要求 β 值、线性、 BV_{ebo} 、 BV_{ces} 和 PN 结正向电阻全部精确配对。本电路调整点仅为 R15。如器件配置得好，基本可不用调试。输出中点失调电压不得超出 $\pm 30mV$ 。

【D-200W 电路典型参数指标】

- (1) 工作电压： $\pm 5V \sim \pm 54V$ ；
- (2) 保护电压： $\pm 60V$ ；
- (3) 最大电流：5.8A；
- (4) 保护电流：6A；
- (5) 功率频响失真度：输出功率 10W 时，20Hz~100kHz 通频带正弦平均 $< 0.5\%$ ；
- (6) 额定功率失真度(8 Ω /100W, 4 Ω /200W)：平均 $< 0.5\%$ ；
- (7) 最大峰值功率： $\geq 300W$ ；
- (8) 静态电流： $< 15mA$ ；

- (9) 静态输出失调电压: $<10\text{mV}$;
- (10) 电路增益: 40dB ;
- (11) 转换速率: $\pm 50\text{V}/\mu\text{s}$;
- (12) 温度保护: $85\sim 110\text{C}$;
- (13) 额定正弦功率时输入灵敏度: $\leq 350\text{mV}$;
- (14) 信噪比: 112dB ;
- (15) 电压频响: $5\text{Hz}\sim 600\text{kHz}$;
- (16) 功率频响: $5\text{Hz}\sim 300\text{kHz}$ (在 300kHz 时为 3W)。

4. 超级傻瓜大功率功放模块

D 系列超级傻瓜大功率功放模块是一种新颖的免外围元件单声道功放集成模块, 具有输出功率大、使用电压范围宽、不怕过载过压、频率响应宽和失真小等特点。其外形庄重憨厚; 输出功率强劲。现场聆听效果非凡、高音明亮、清澈, 中音层次鲜明, 低音雄浑有力, 是音响发烧友理想的功放新器件。

【性能简介】

(1) 采用硬质耐高温阻燃塑料封装, 对外仅 5 个引出脚, 图 3-11 是其封装外形。它的散热基板厚度达 4mm , 如不另加散热器, 可保证有 10W 功率输出。

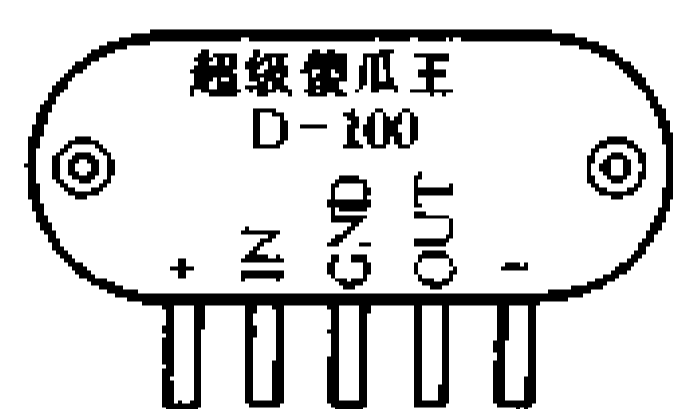


图 3-11

(2) 工作电源电压范围宽, 可在 $5\text{V}\sim 50\text{V}$ 范围内正常工作。

(3) 模块内设有过压和过流保护电路, 当工作电压或工作电流超过规定值时, 模块自动停止工作, 待电压或电流值降到规定值后, 又会自动进入工作。

(4) 模块内设有短路和过热保护, 模块在工作时, 如负载不慎将对地短路, 甚至长时间短路, 模块也不会烧坏; 如果散热器面积不够或环境温度过高等原因使模块温升过高, 过热保护电路启动, 使整个功放停止工作, 待温度降至安全值时模块才自动恢复工作。

(5) 模块内设置有防反接装置, 如安装时, 不小心将电源极性接反, 也不会发生烧块事故, 改正接线后, 模块即能正常工作。

(6) 免调试。接线正确, 通电后不用调试即可正常工作。

(7) 采用高速优质芯片, 频响宽: $10\text{Hz}\sim 350\text{kHz}$, 可满足不同档次音响发烧友的需要。

(8) 对扬声器无冲击、无损坏作用。模块设计电源电压起始点在 3V 下即可进入工作, 因此开机或关机时, 听不到扬声器的冲击声; 模块内设置有电位控制电路, 极其有效地控制输出端中点电位的温漂现象, 使扬声器内无直流电通过, 因此能对扬声器实行切实可靠的保护。

(9) 免外围元件。模块内浓缩多种功能电路于一体, 因此只要接上电源、音箱、信号源即可正常工作, 不必外接任何元器件。

【典型应用电路】

采用一块 D 系列傻瓜功放集成块, 可以很方便地组织一个单声道 OTL 或 OCL 音频功率放大器, 图 3-12 是单电源声道 OTL 输出典型应用接线图。图 3-13 为正负电源单声道 OCL 输出典型应用接线图。如需搭接双声道功放电路, 则需使用两块傻瓜功放模块。图 3-14 是采用正负电源的双声道 OCL 输出典型应用接线图。

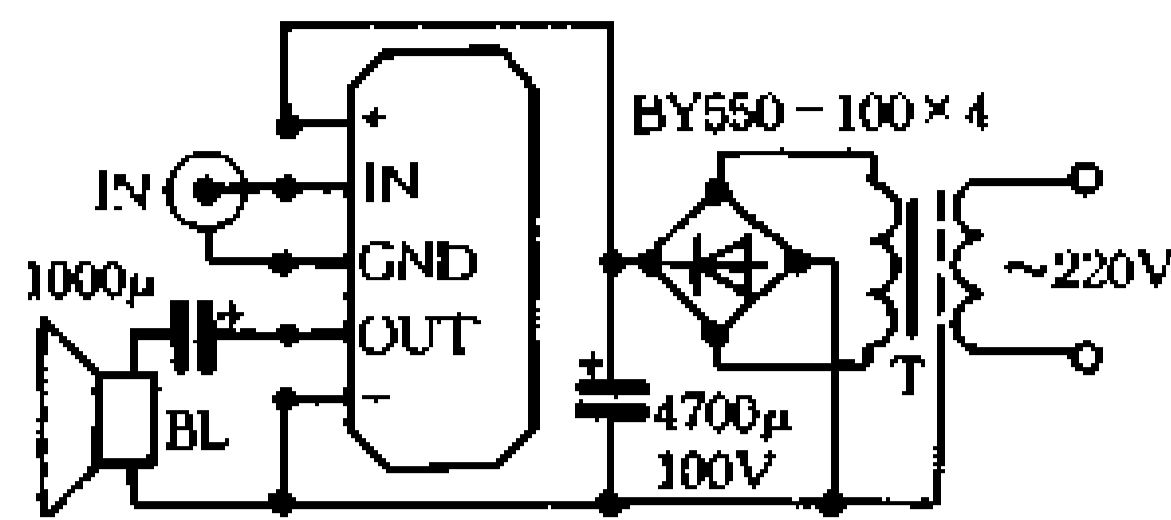


图 3-12

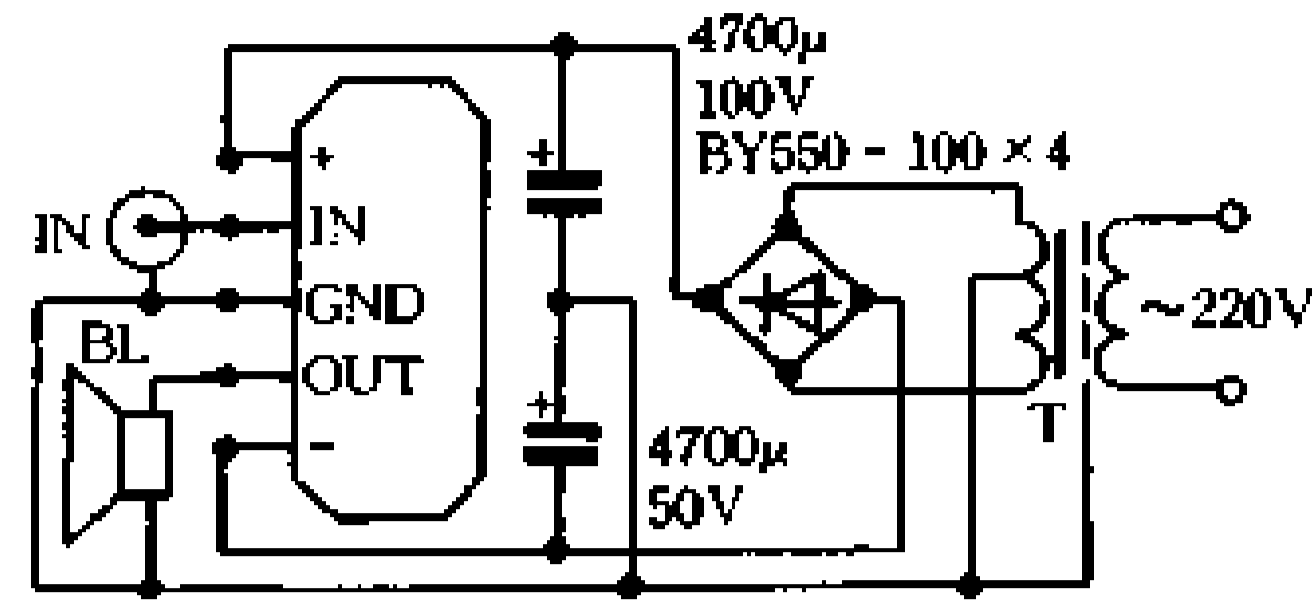


图 3-13

安装时需注意：信号输入线应采用屏蔽线，其接地端必须直接接在模块的地端(GND)，否则易引起自激或产生交流噪声。电源电压的峰值不应超过模块保护峰值电压，否则模块因过压保护而停止工作。为保证模块有足够的输出功率，应采用厚实和散热面积足够大的散热器，如采用风冷(如用仪表风扇)，散热器面积可以相应减小。由于模块本身散热片与内部电路绝缘，所以安装散热器时不必考虑绝缘问题。

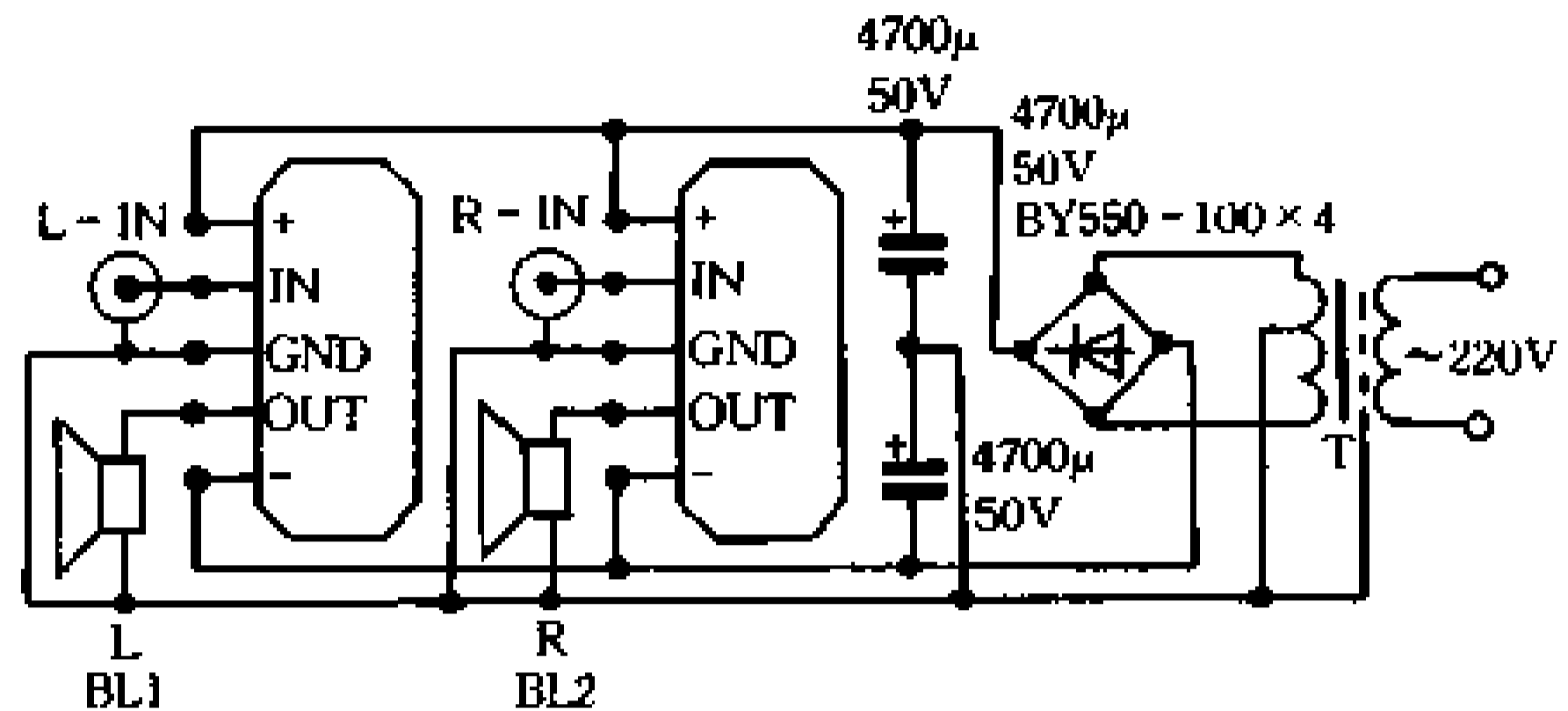


图 3-14

D 系列超级傻瓜大功率功放模块技术参数如表 3-2 所示。

表 3-2

参 数	型 号	D-100	D-150	D-200	单 位
最大不失真输出功率		100	150	200	W
额定不失真输出功率		50	75	400	W
工作电压范围		25~45	45~50	45~55	V
保护峰值电压		±50	±55	±60	V
保护峰值电流		4.0	5.0	5.3	A

5. 高增益功放 IC——傻瓜 1006

【性能简介】

傻瓜 1006 是一种直流单电源供电，额定输出功率 6W 的 OTL 音频功放电路。在同等条件下，其音质及输出功率可与中挡汽车收音机媲美，能满足一般小房间收音要求。这种 IC 采用 5 脚单列直插塑封，并具有紧固散热器的螺栓孔位，其外形及引出脚功能如图 3-15 所示。主要参数如表 3-3 所示。

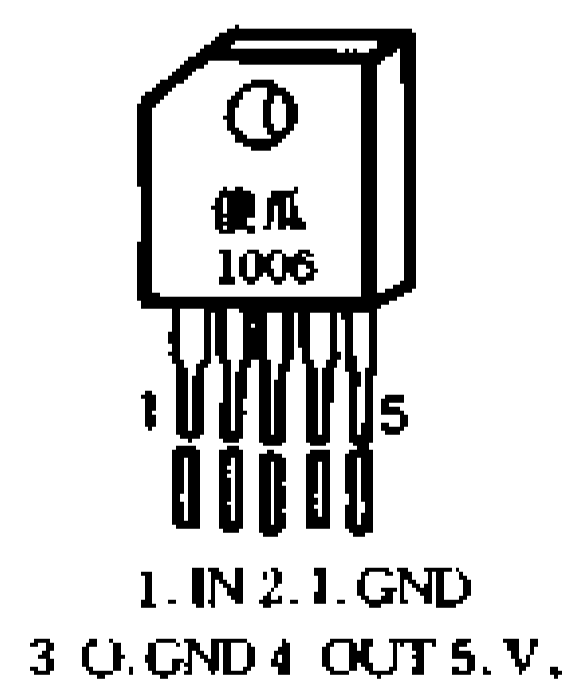


图 3-15

这种功放 IC 由于体积微小，与达华电子厂生产的系列大傻瓜相比，人们习惯称之为“小傻瓜”。实际应用中只需接入输入、输出信号及耦合电容(OTL 功放电路必须的隔直电容)，即可加电收音，如图 3-16 所示。

由参数表可以看出，这种小傻瓜有三个显著特点，即宽的频响应和高的放大能力，以及甲乙类滑动型工作点偏置。在输出 3dB 内变动时，低频段可下潜到 40Hz，高音频段可延伸至 90kHz，虽然超过 20kHz 以上的音频信号人耳反应不出，但可明显改善音乐高音频段的清晰

表 3-3

参数名称	参数值	单位
工作电压范围	8-18	V _{DC}
典型使用电压	12-13.8	V _{DC}
最大输出功率	6	W
静态工作电流	100	mA
最大峰值电流	3.3	A
输入短路噪声	0.2	mV
频率响应	30-90k	Hz
失真度(P _o =1W)	1	%
电压增益	45	dB
输入/输出阻抗	50k/4-8	Ω
允许工作温升	80	℃
散热器面积	100×100×3	mm

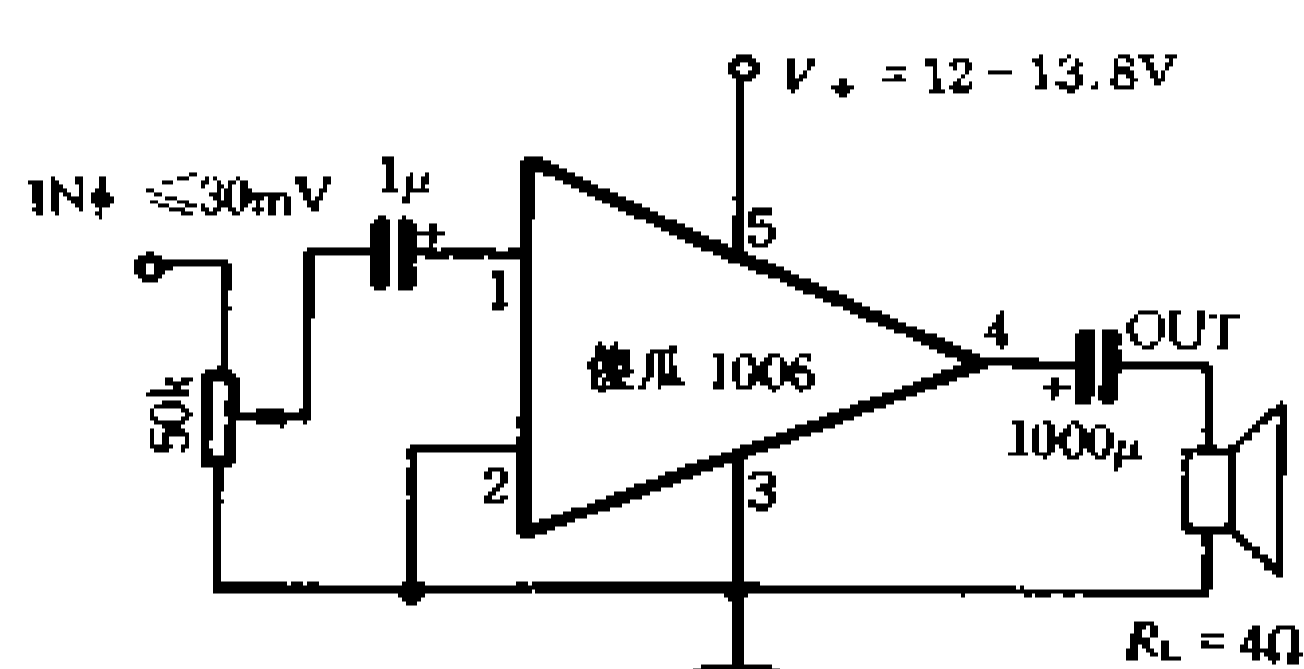


图 3-16

透明度。小傻瓜的闭环增益达 45dB，比普通功放电路高出约 15dB，即放大能为比普通功放 IC 的 5~6 倍。例如当 $V_+ = 13.8V$ 、喇叭阻抗 $R_L = 4\Omega$ ，失真度 $THD = 10\%$ 时，输入 $U_m = 30mV$ 正弦波信号，负载可获得 6W 正弦功率输出，而当输入端短路时的噪声输出小于 0.2mV。因此，对于较弱的前置信号源如话筒放大输出级、十余毫伏以下的录放音微小信号，小傻瓜都能给予满意的放大。为

了尽可能减小弱信号放大时功率电路的交越失真，小傻瓜采用了甲乙类滑动工作点偏置，小信号时偏置处于甲乙类，大动态时便自动将工作点滑向乙类，因而动态下有很好的工作效率。

由小傻瓜构成的 6W 功放机芯(双声道时使用两只小傻瓜电路)因为体积小，可以直接固定在书架式音箱内部，连接好正负 12V 直流电源，并把 5kΩ 音量电位器固定在音箱易于调节的地方(信号连接线均要使用屏蔽线)，接入喇叭和信号源即可开机试听。

【注意事项】

(1) 当信号源已有音量控制时，则不必给小傻瓜另行设置音量电位器。

(2) 当前置信号源输出超过 30mV 以上时(例如收音机的检波输出常有 200mV, CD、VCD 机的音频输出往往在 1000mV 以上)，均要先串接分压电阻使之不大于 30mV 后再送入小傻瓜进行放大，以免产生过荷失真现象。

(3) 经常满载或长时间使用时，应给小傻瓜配上不小于 10cm×10cm 的铝板散热。

(4) 当使用市电整流滤波器供电时，电源变压器应有 8W 容量，双声道加倍。其次级交流电压应控制在 10V~12V 之间，勿超过 12V，否则经整流滤波后的轻载直流电压将超过 17V，到深夜市电升高时，很易造成小傻瓜过压而影响正常使用。

(5) 小傻瓜内部虽有 overheating、overvoltage 及输出短路保护功能，但因承受作用时间通常较短，因此建议不要超过规定值使用，以免损坏电路。

6. 简单的功率放大器

“简单”是指放大器的电路简单，制作比较容易，只要照图 3-17 焊接，保证元件质量，一试就灵。

【电路原理】

傻瓜 175 是大功率模块，只有五只引脚，内部输出对管采用互补的大功率场效应管，外围不用任何元件。它输出功率大、线性好、频响宽、失真小，特别是其对大动态信号响应迅速的特点，因而在中初级音响制作中得到了广泛的应用。

傻瓜 175 管脚排列和应用电路如图 3-17 所示。傻瓜 175 本身也带有散热器，与内部电路绝缘，但工作时仍要加散热器，散热器尺寸以不小于 $250\text{mm} \times 120\text{mm} \times 2\text{mm}$ 为宜。应用时推荐工作电压为 $\pm 22\text{V}$ 。采用 8Ω 负载时，额定输出功率为 35W ，最大功率为 75W ，这时听感最佳，听起来颇有讨人喜欢的电子管放大器风味。傻瓜 175 外围虽不用任何元件，但供电的质量必须上乘，滤波电解电容以不小于 $10000\mu\text{F}$ 为宜，并联在其上的 $0.22\mu\text{F}$ CBB 电容对提高本功放的高频反应有利。供双道工作时，电源变压器选用 200W 的，次级输出为 $2 \times 18\text{V}$ ，如果采用环形变压器会更好一些。制作时采用双单声道结构，电源部分公用，两只傻瓜 175 各作左、右声道放大。印制板设计为整体结构，要求采用环氧板。整流二极管采用 $3\text{A} \sim 5\text{A}$ 的即可。

【安装制作】

(1) 先测量变压器次级输出电压是否为交流 18V 左右，然后再测量整流后的直流电压为 $\pm 22\text{V}$ 左右；

(2) 焊入傻瓜 175，测量输出电压应小于 0.2V ，否则傻瓜质量有问题，应予调换；

(3) 接入音箱，感应输入端，扬声器应发出较响的嗡声；

(4) 接入信号源，试听一段时间后，再复测傻瓜 175 输出端电压，仍应小于 0.2V 。

【注意事项】

(1) 考虑到对不同音源的适应性，此功放加有音量电位器，如果配套音源已有音量调节，则可取消本功放的电位器；

(2) 信号线应采用屏蔽线，尽量短，并且各引线不要扎在一起，以免造成高频自激；

(3) 当从随身听取出信号时，可将 $47\text{k}\Omega$ 电位器换成 $1\text{k}\Omega$ 的， $47\text{k}\Omega$ 电阻换为 100Ω 左右。

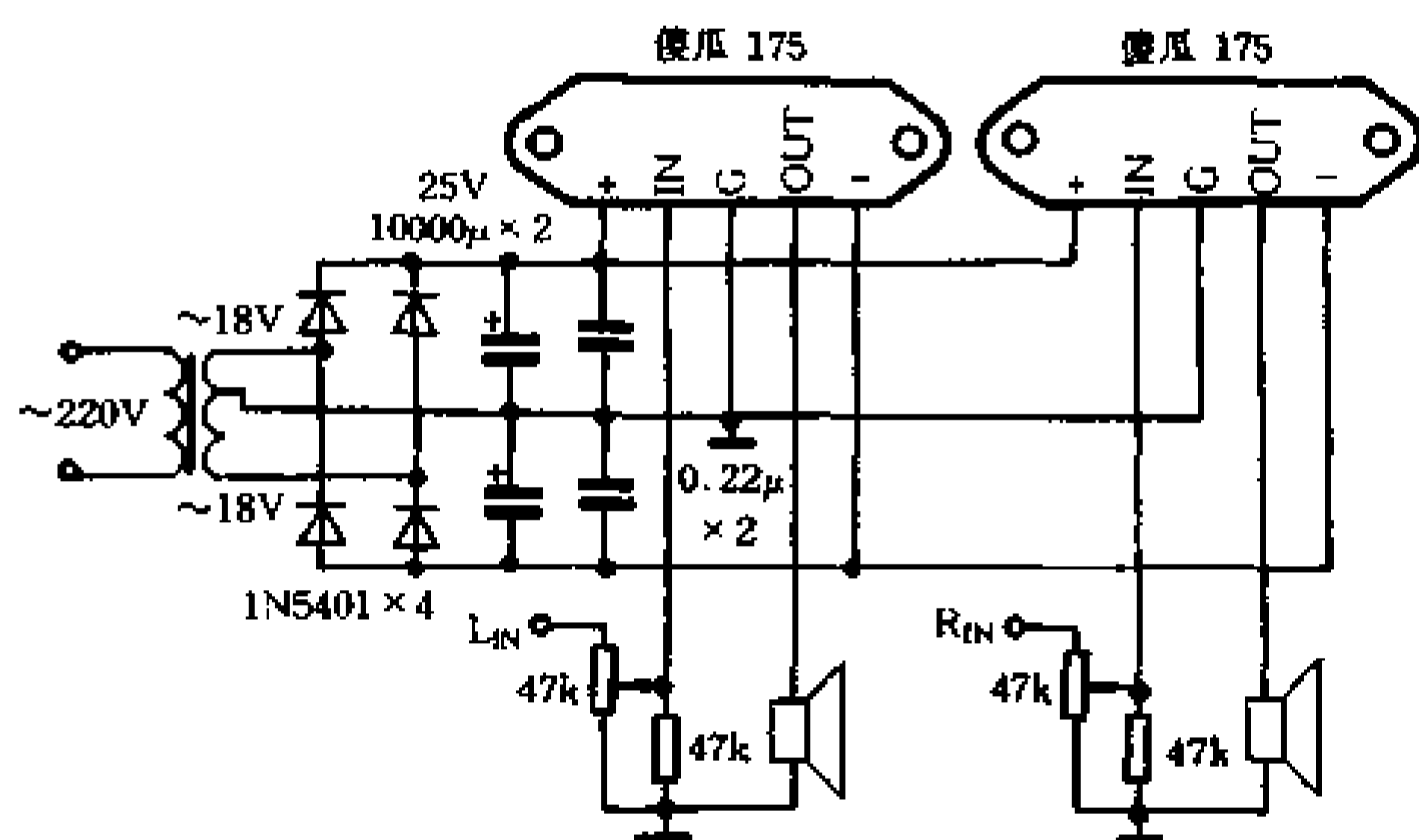


图 3-17

7. 采用 AP500A 的 DC 场效应功放

【电路原理】

本功放是双声道的，核心器件采用 AP500A 模块，该器件系高耐压高速双 JFET 输入放大

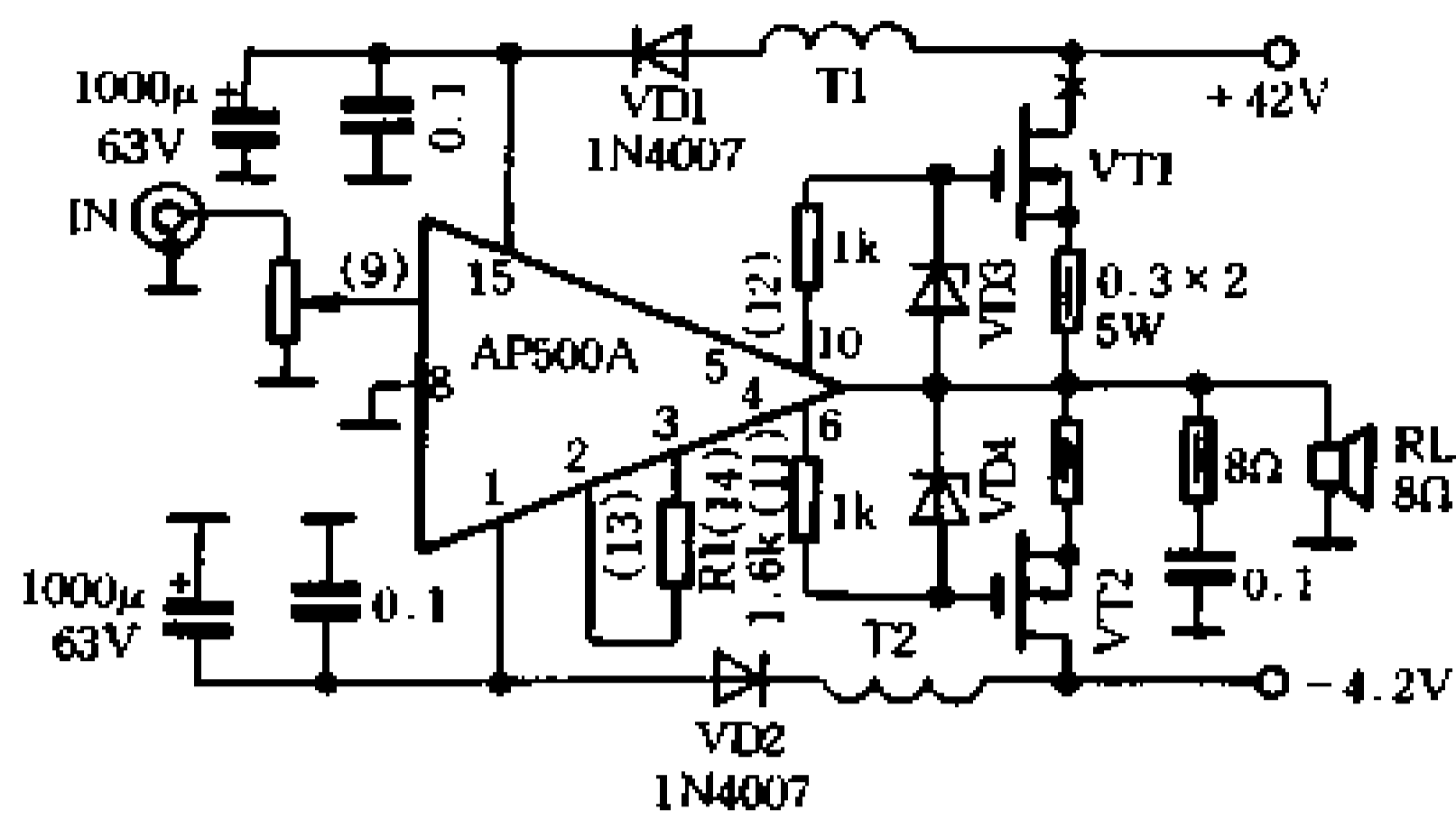


图 3-18

器，内部具有微调输入失调电压结构，闭环工作时具有自动调零(零漂小于 90mV)及 30dB 增益，同时具有很小的失真度(小于 0.02%)和很宽的电压频响(0Hz~500kHz)，外围配以少许必要的元件，即可构成一部宽频响 DC 功放，如图 3-18 所示(只画出一个声道)。图中 AP500A 作电压放大级，VT1、VT2 作电流放大级，电路简单，前、后两级放大器相辅相成，缺一不可；电流放大级采用大家熟悉的 VMOS 场效应管，它作功放所表现出优异的音乐特性已为大多数发烧友所共识。

烧友所共识。

如图 3-19 是本功放配套的电源电路。

T1、T2 是升压绕组，这两个副绕组用来提升前级电路 AP500A 的工作电压，使前级工作电压高于后级工作电压，也就是采用高、低压供电，这样做有利于提高本功放的信号线性，降低大动态输出时的失真，同时可提高本电路的实际输出功率，加大本功放的动态范围，实现电路的超动态。图 3-18 电路中 VD3、VD4 用于保护 VMOS 管的栅极绝缘层，因为采用高、低压供电的功放电路，在大动态工作时，前级输出的动态电压范围若过高于后级动态范围，就会击穿后级 VMOS 管的栅极绝缘层，所以这里必须用上两个稳压管以保护 VMOS 功放管。由此可见前级电压也不必做得太高，这里 T1、T2 采用两组 9V 交流电源，经整流、滤波后，可使前级电压比后级电压高出 ±6V 左右。实际装机时，T1、T2 也可另外用一个变压器供电(焊接 T1、T2 时无须分清其绕组极性，在印制板接上 T1、T2 就行)；无条件也可不用这两组电源，这时需把印制板上 T1、T2 的位置短路，后级电源能通过 VD1、VD2 向前级放大器供电。

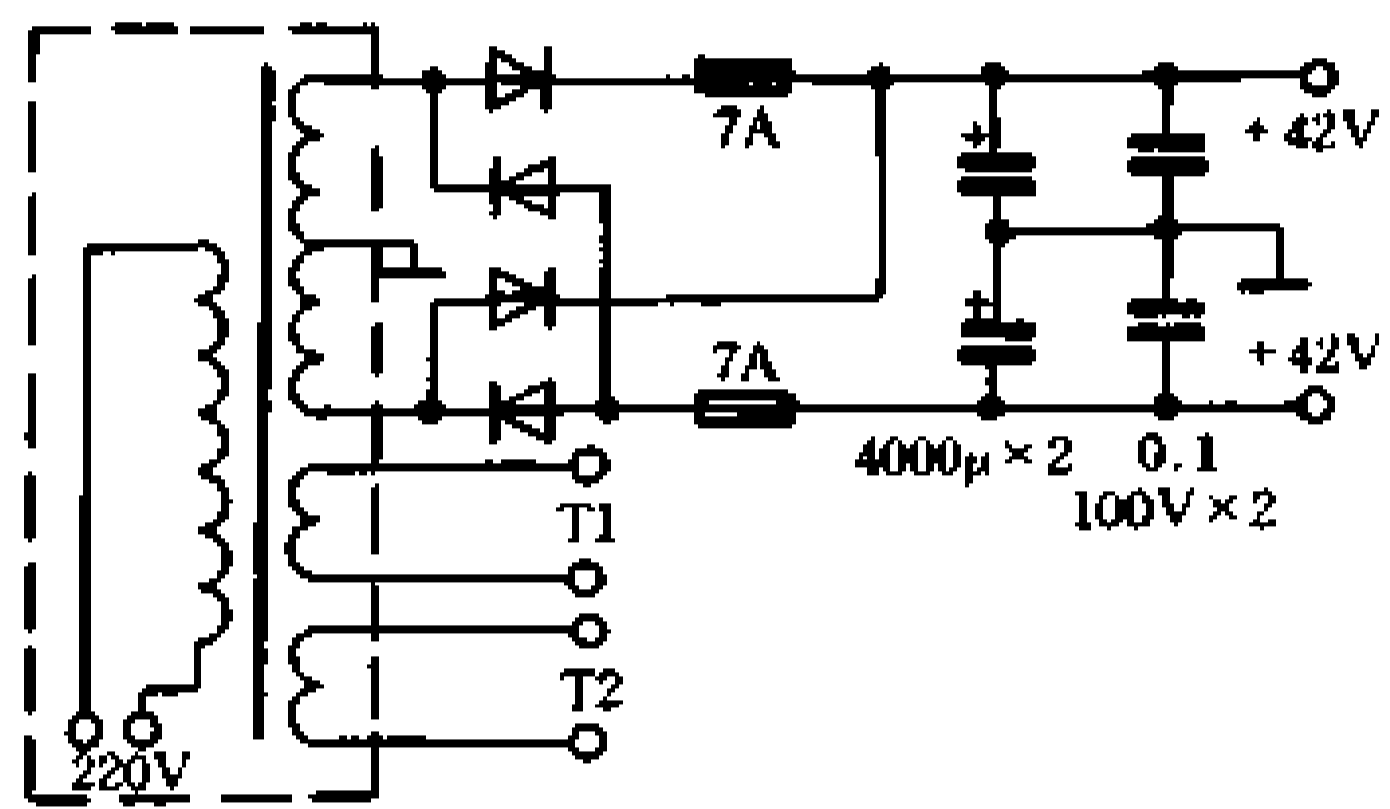


图 3-19

【元器件选择与安装】

本电路元件少，选用器件时 VT1、VT2 应用耐压 150V，电流 8A、功耗 70W 以上的场效应管，并用大面积散热器辅助散热。VD3、VD4 用 12V 稳压管。AP500A 是双声道放大器，其中②~⑦是一个声道引脚，⑨~⑭是另一个声道引脚，①、⑧、⑮分别接负电源、地端、正电源。变压器应选用功率 220W 的。电路其它元件无特别要求，可按图 3-18 所标注的选取。

按图正确装配，不用调试，就可投入正常扩音工作，本功放额定输出功率达 100W×2。

可按下述方法调整静态电路：把图 3-18 电路打“×”处断开，然后串上毫安表，断开负载，关掉音量电位器，并把 R1、用 1 个 2.2kΩ 微调电阻代替，同时把微调电阻阻值调至最大值，然后接通电源，用改锥慢慢调小微调电阻的阻值，毫安表显示的读数就会慢慢上升，一般把功放管的静态电流调在 30~50mA 就可以，这时电路处于甲乙类，若调得过大，电路将变成甲类 DC 电路，这时散热器、功放管、变压器、滤波器、整流器都应相应加大，电路比较不好处理，所以建议把功放调整在甲乙类比较经济且音质也较理想。调节完毕，固定好微调电阻，然后去掉毫安表，并把打“×”处接通，静态电流调试工作结束。

本功放设计合理，实际听音时，可以让人感觉到低音深沉，气势磅礴、雄壮、劲力十足；

中音甜畅、欢快；高音十分清晰、赏心悦目，令人耳目一新，真切地表现出宽频响、超动态 DC 场效应功放应具有的魅力。

8. 高性能 DC 功放驱动电路 AP500A

【性能简介】

AP500A 是一种高耐压双声道场效应输入 DC 功放驱动集成模块，它在音响电路上的运用，不但具有集成功放电路简单的特点，而且具有分立功放电路使用灵活的特点，它与常见功放电路相比，AP500A 还具有以下特点：

(1) AP500A 内部采用先进的 DC 放大结构，使得输出零点电位相当稳定，在电源电压为 $\pm 14V \sim \pm 60V$ 时，输出零点漂移电压均小于 $90mV$ (实测通常都小于 $60mV$)；

(2) AP500A 纯为一只高性能 DC 功放驱动器，没有带大功率功放管器件，由此有效地避免了常见功放集成电路常因某个功放管损坏而使整个集成电路报废的通病；

(3) 输出端带有保护电路，这样，即使它所驳接的功放管发生短路故障也不会损坏本模块；

(4) 它所驳接的功放管无需配对，只要是同一类型号的管子接上去，即可正常工作；

(5) 属 DC 放大形式，获得了理想的低频特性，由于消除了输入端电容，所以也改善了功效的瞬态指标，减小了失真度，并获得了更小的开关机冲击声；

(6) 极高的工作电压自适应范围，极限工作电压高达 $\pm 75V$ ，为读者提供制作大功率功放不可缺少的条件；

(7) 本模块功耗低，无需考虑其散热问题。

【电路原理】

AP500A 的外形与内部结构如图 3-20 所示，其主要电参数如表 3-4 所示。

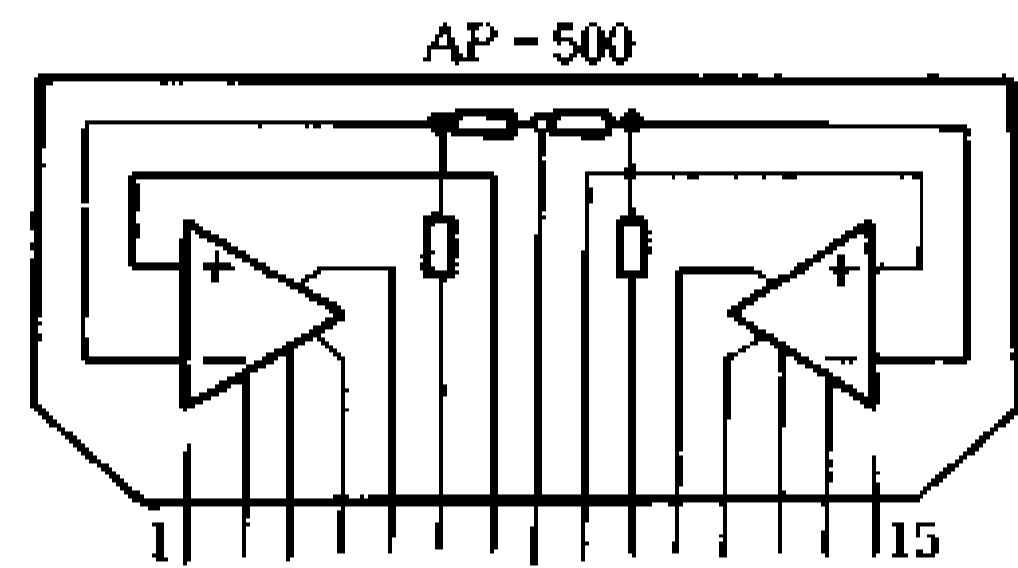


图 3-20

表 3-4

AP500/A 电气参数表：

(工作电压 $\pm 60V$ ，按图 2 接法)

极限电压	$\pm 75V$
推荐电压	$\pm 14V \sim \pm 60V$
增益	30dB(27dB)
输出噪声	$< 4mV$
失真度	$\leq 0.02\%$
零点漂移	$< 90mV$
输入阻抗	49k Ω
频率特性	
低频	0Hz 增益 27dB 100Hz 增益 30dB
高频	10kHz 增益 30dB
上升沿速率	70V/ μs (10kHz 方波)

由于 AP500A 具有上述如此多优点，所以它在音响上的运用有着不可比拟的优越性，利用 AP500A 可制作出 OTL、OCL、DC、BTL、甲乙类、超甲类、甲类等各种各具特色的功放电路。如图 3-21、图 3-22 是 AP500A 的典型 DC 功放运用电路图。其中 AP500A 模块作功放的电压放大，并驱动 VT1、VT2 功放管，VT1、VT2 担任功放的电流放大任务，图 3-22 采用了 VMOS 场效应功放管，具有电子管特性的 VMOS 功放管与 DC 场效应输入的 AP500A 配用，能够充分地发挥 VMOS 管 DC 功放所特有的高音纤细、低音强劲有力的特点。如图 3-23 是本功放的供电电路，图 3-21、3-22 采用 $\pm 42V$ 供电时，输出功率高达 $200W \times 2$ 。用 $\pm 28V$ 供电时，亦可输出 $90W \times 2$ 功

率。由于 AP500A 具有极宽的电压自适应能力，所以在推荐使用电压范围内(包括±42V、±28V)，电路无需调试即可正常工作。对功放管的工作状态要求严格者，可按图 3-21、图 3-22 中虚线所示接入可调电阻，来设定末级功放管 VT1、VT2 的工作状态(如：乙类、甲乙类或甲类，亦可在外围电路接上少许辅助元件，使 VT1、VT2 进入超甲类工作状态)。另外，由于功放管是作功放末级的电流放大，其功耗较大，所以需采用散热片的辅助散热器。同时要注意：

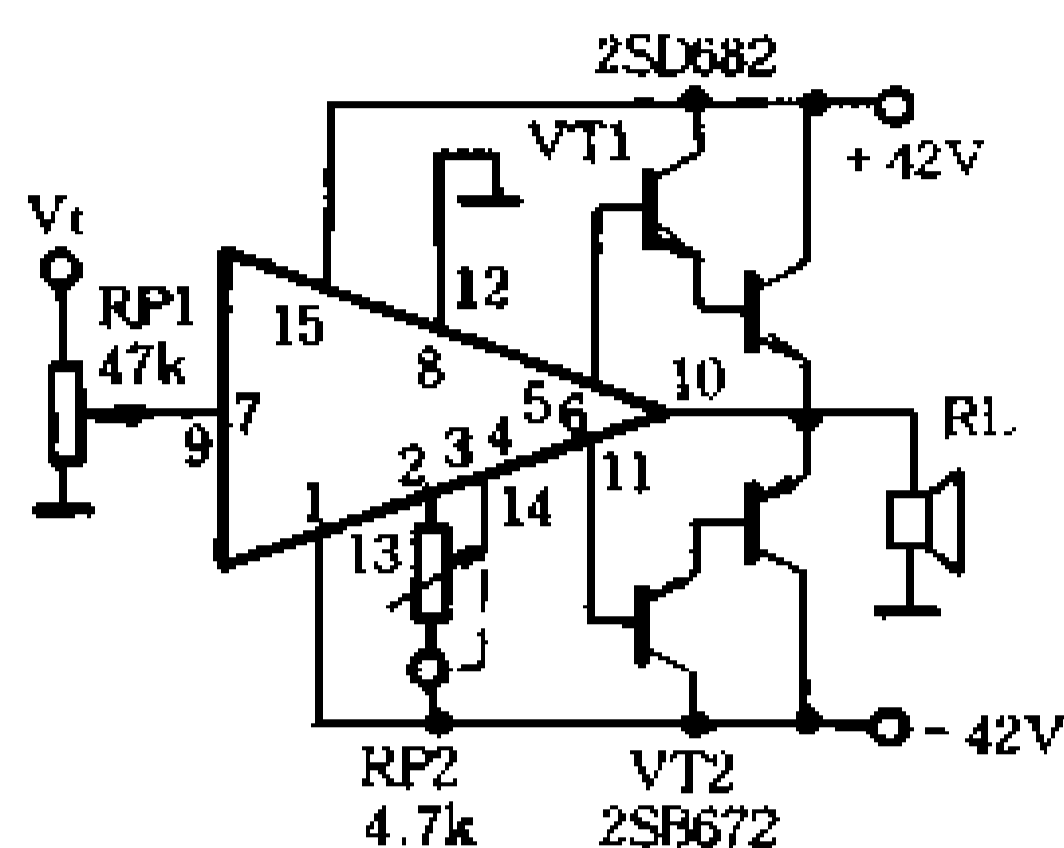


图 3-21

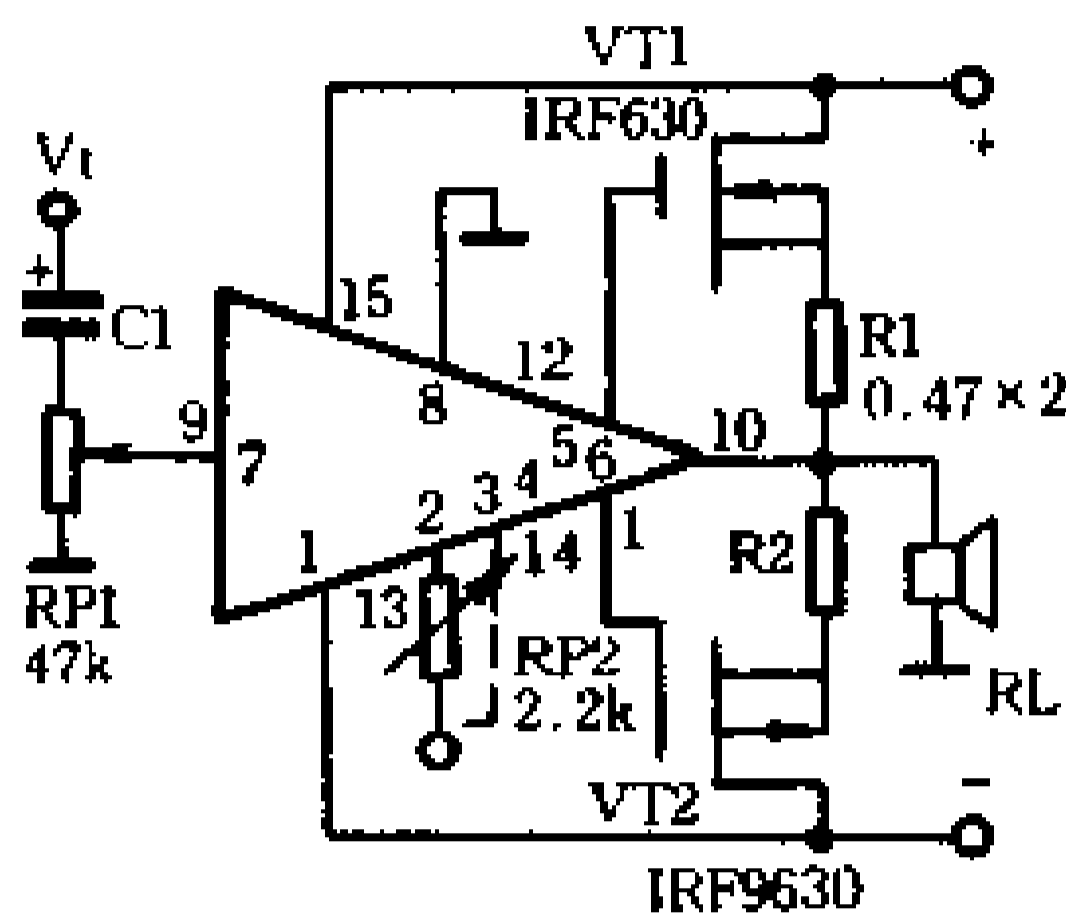


图 3-22

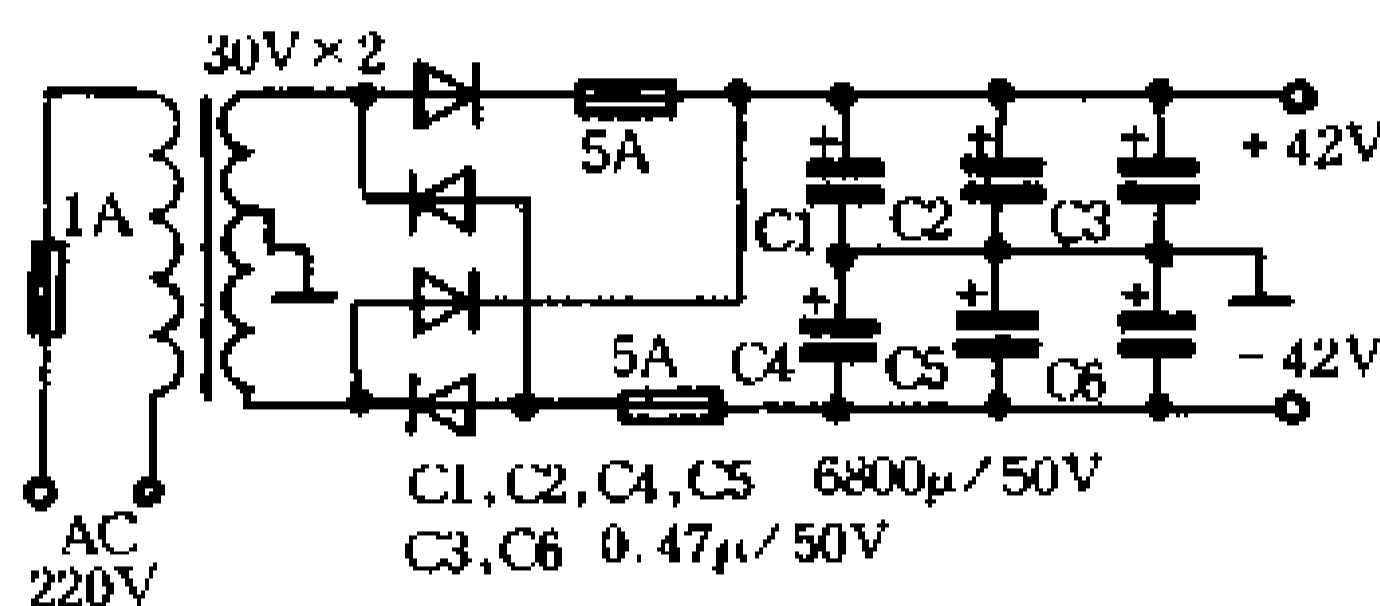


图 3-23

(1) AP500A 安装时应焊接牢固，避免引脚出现虚焊。

(2) 本集成模块具有直放大能力，低频响应非常好，因此请广大使用者要慎重，与 AP500A 相连接的信号源零点电位应稳定为零，否则输送到 AP500A 的直流电位经放大后可能会损及负载系统(音箱)，对付这种情况，解决的最简办法是在信号源的输出端接上一个隔直电容(图 3-22 中的 C1)。

个隔直电容(图 3-22 中的 C1)。

(3) 由于 AP500A 为高压驱动器，且具有优良的高频特性，故 AP500A 即可用于工业电器的驱动电路上，具有广泛的使用范围。

(4) AP500 系列有 AP500 及 AP500A 两种型号，其中 AP500 为通用型驱动集成电路，适于作音响功放、工业电器的驱动电路；AP500A 开环增益比 AP500 大，用于音响功放驱动电路，能获得比 AP500 更小的失真度。

【改进方案】

改进电路如图 3-24 所示。在 AP500A 模块的输入端⑦脚和⑨脚上增加了 C1、R1 两只电容、电阻，主要作用是滤除 20kHz 以上的音频信号，使 AP500A 工作更加稳定。在输出端增加了 R2、R3、R4、R5 四个电阻，R2、R3 两只电阻的设置，主要是考虑到后级采用 VMOS 大功率场效应管时，防止高频自激改善高频特性。R4、R5 两只电阻为大功率管负反馈电阻，使末级大功率管工作状态更加稳定。在电源上增加了两只二极管 VD1、VD2 及 C2、C3 两只电容。以防止当某些高电平猝发的大信号出现时，在电源上就会产生很大的脉动电流，这势必影响前级供电。

试制中还发现用 AP500A 推动的末级大功率管对音色的影响很大(这不排除与末级功放的工作状

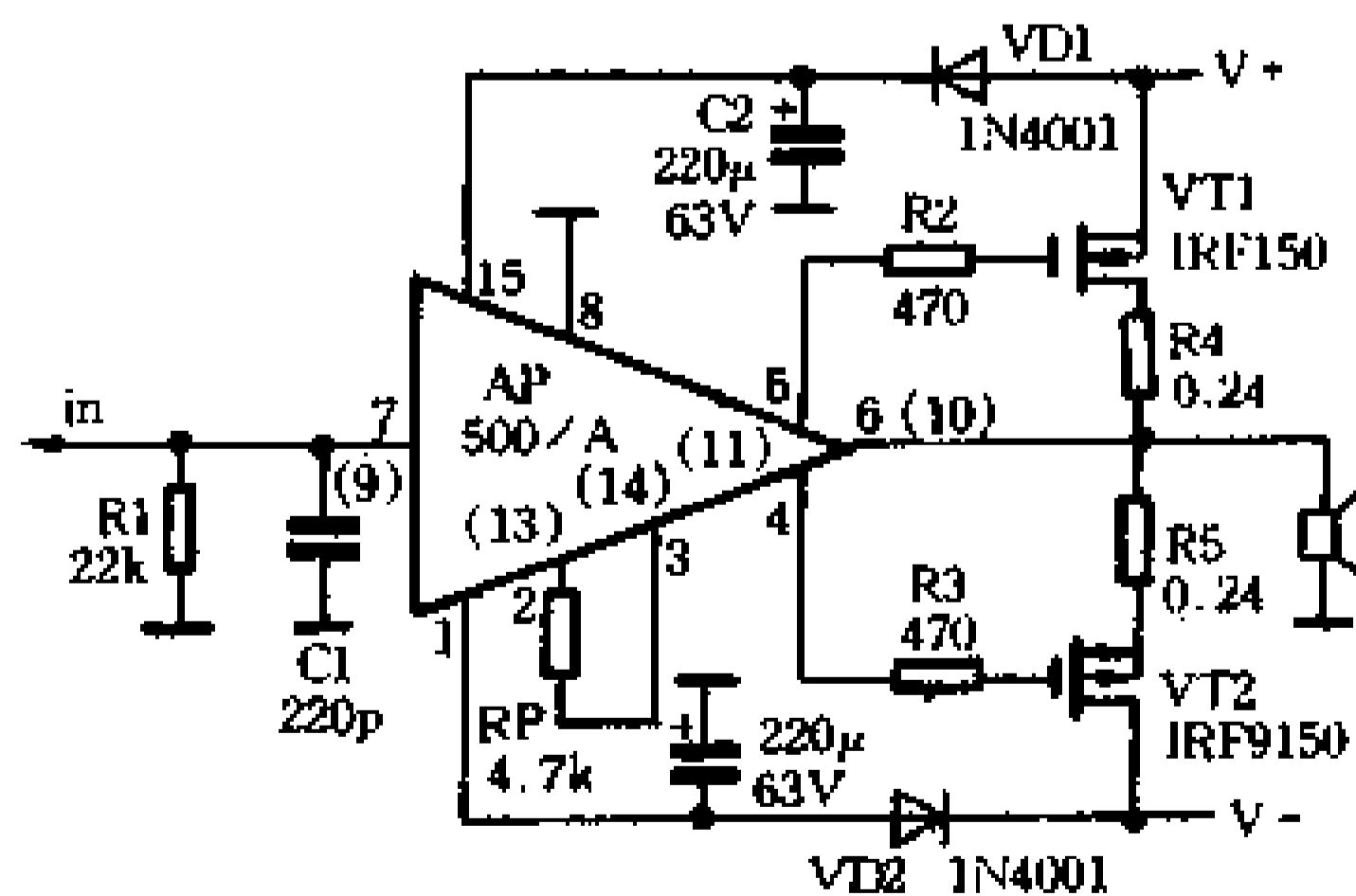


图 3-24

态有关),当末级功放用大功率 VMOS 场效应管接入电路时,主观试听感觉:音色温柔自然,音场宽阔;低音潜得很深,后劲十足;高音清晰,极有胆味。但小音量时,中高音区略显不足。当末级功放换用达林顿三极管时,音色艳丽清秀,中高音区通透明快,解析力较高,但低音区显得有些发紧,不如场效应管深沉有力,中小音量时,声音比较漂亮。

AP500A 功放驱动模块的不足之处在于对末级使用正温系数的大功率三极管考虑得不够,如果末级调整在甲类工作状态,必须外加补偿。这还有待进一步试验。另外 AP500A 开关机时有一较小的电流冲击声,这可能与末级大功率配对好坏有关,有条件的读者不妨增加一个开关机延时保护电路,以保证 AP500A 开关机时更为安静可靠。

9. 高品质场效应扩音机芯

采用绝缘场效应管(MOSFET)作功率放大的 Hi-Fi 音响电路,其优点已被众多发烧友认识、接受和使用。由于场效应管具有电子管的电控特性,有较高的传输效率和转换速率,低噪声、高阻抗输入和无存储效应的大动态低阻输出特性,其热稳定性也优于普通三极管。因此,用场效应制作的扩音机,其音质自然有一种圆润细腻的感觉。

【电路原理】

本文介绍的扩音机芯,均采用场效应管作输出的功放模块,配以大容量整流滤波固化组件以及 12 槽散热器组成,其外观如图 3-25 所示,整体结构极为简洁。按其功率大小,扩音机芯分别为 80W、190W 单声道和 $2 \times 80W$ 双声道三种型号,不同功率的机芯组合,所需要的这三种部件规格见表 3-5。下面介绍内部结构。

(1) 大功率场效应功放模块

图 3-26 为单声道功放模块外形、引脚以及内部电路原理。按输出功率大小有 80W、190W、 $2 \times 80W$ 三种封装结构,它们均采用典型的差分输入全对称互补 OCL 功放电路,末级功放采用了一对大功率高速率场效应管。该模块电路具有较高的输入阻抗,中点零电位稳定性好,失

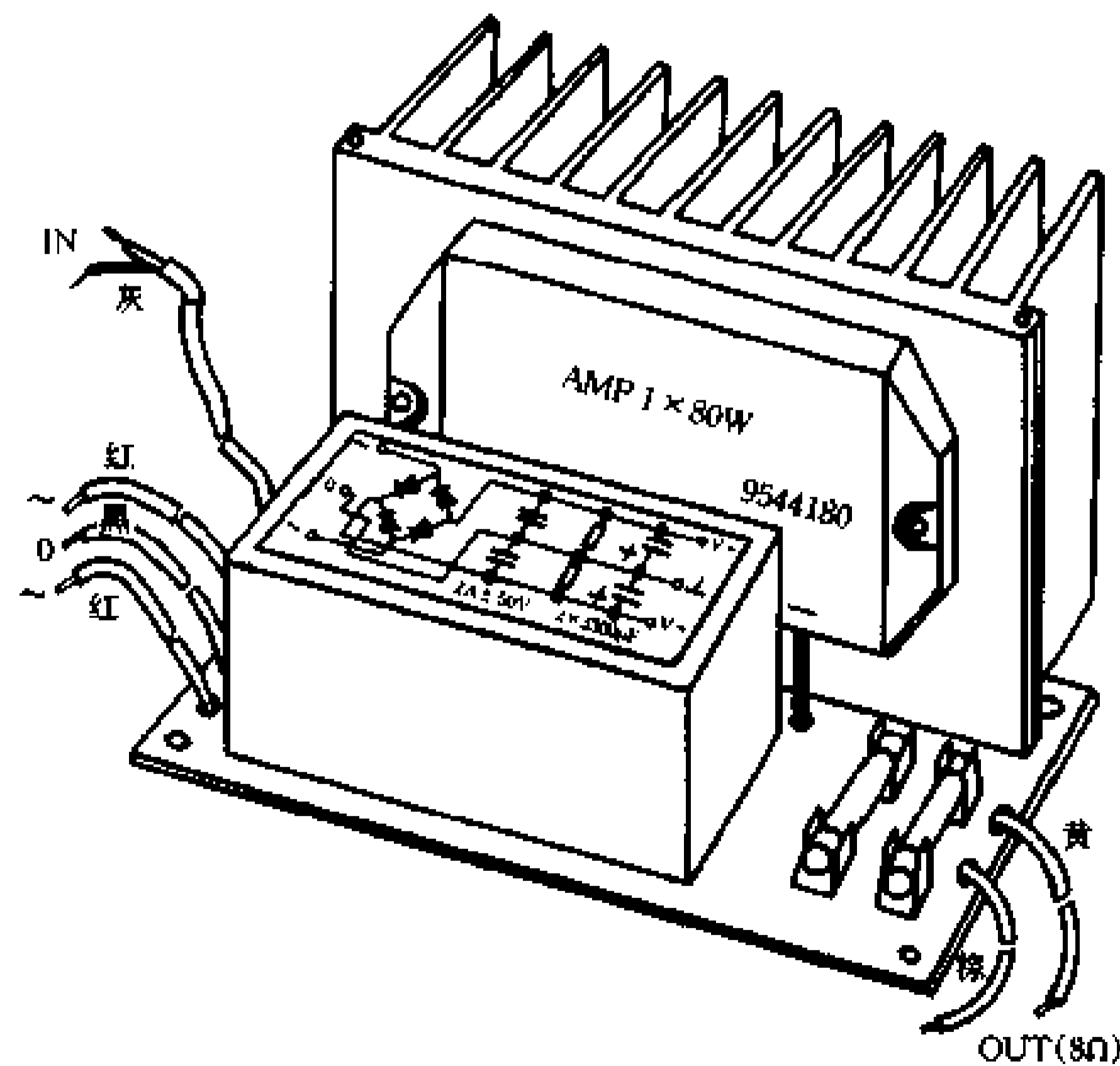


图 3-25

调电压小于 30mV，增益 30dB，其频带在 10Hz~50kHz 内有较好的平坦特性。

表 3-5

套件型号	功放模块	滤波组件	12槽散热器
80W	AMP1×80W	3300 μ F	12×9cm
190W	AMP1×190W	6800 μ F	12×12cm
2×80W	AMP2×80W	6800 μ F	12×12cm

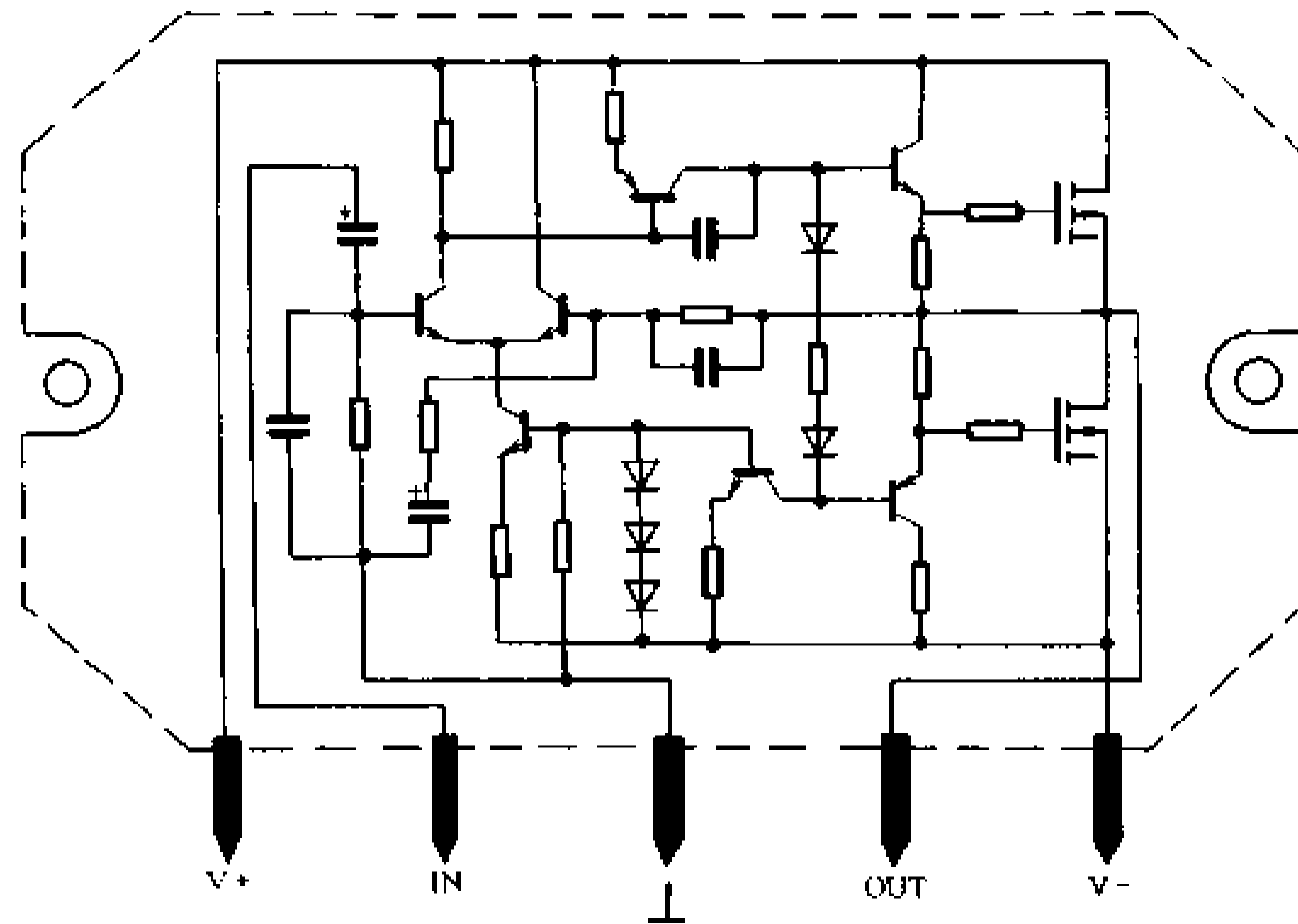


图 3-26

模块底衬导热板已与内部电路电气隔离，安装散热器时无需装设绝缘垫片。

(2) 整流滤波组件

为使音响发烧友组装扩音机的方便，机芯的供电除电源变压器外，余下的全波整流桥、大滤波电解、防止高频自激的高频电容以及泄放电阻等，已固化封装为一体，使用时只需根据扩音机芯的功率选择量选择合适的整流滤波组件即可。其内部结构如图 3-27 所示。

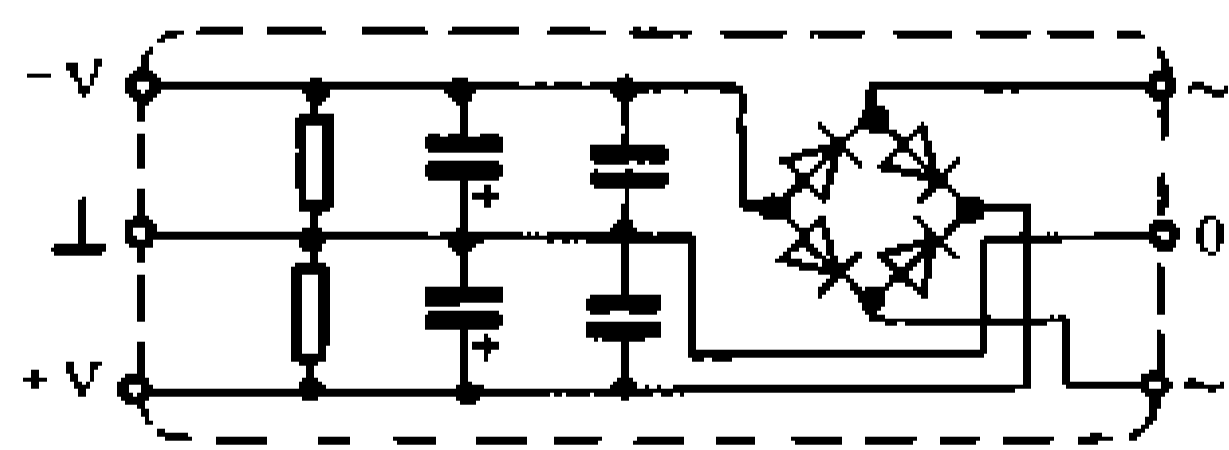


图 3-27

这种扩音机芯的电路连接十分简便，图 3-28 虚线框内仅示出 80W 机芯的电路接线，其余两款扩音机芯的接线大同小异，制作时把功放模块、电源滤波组件（其 V+、V- 端靠保险管插座插入印制板）、保险管支架焊接在线路板上。最后焊接好输入屏蔽线、黄棕色输出线以及至变压器的红黑线，插上保险管，一台扩音机芯在免调试下即告完工。这时，只要有一只合适的电源变压器（80W 及 2×80W 机芯，可选功率为 60~100W/100~150W、次级电压在 18~24V×2 的变压器；190W 机芯，可选功率 120~200W、次级电压在 (20~26V)×2 的变压器），一台 VCD 碟机，一只（或一对）8 Ω 音箱，并分别与扩音机芯驳接妥当，便可开机。当播放风格各异的重低音音乐时，你会有一种震撼心魄的体会，其低音劲力十足，富有弹性，中音通透明亮，高音清澈纤细，使您领略“发烧”之乐趣。

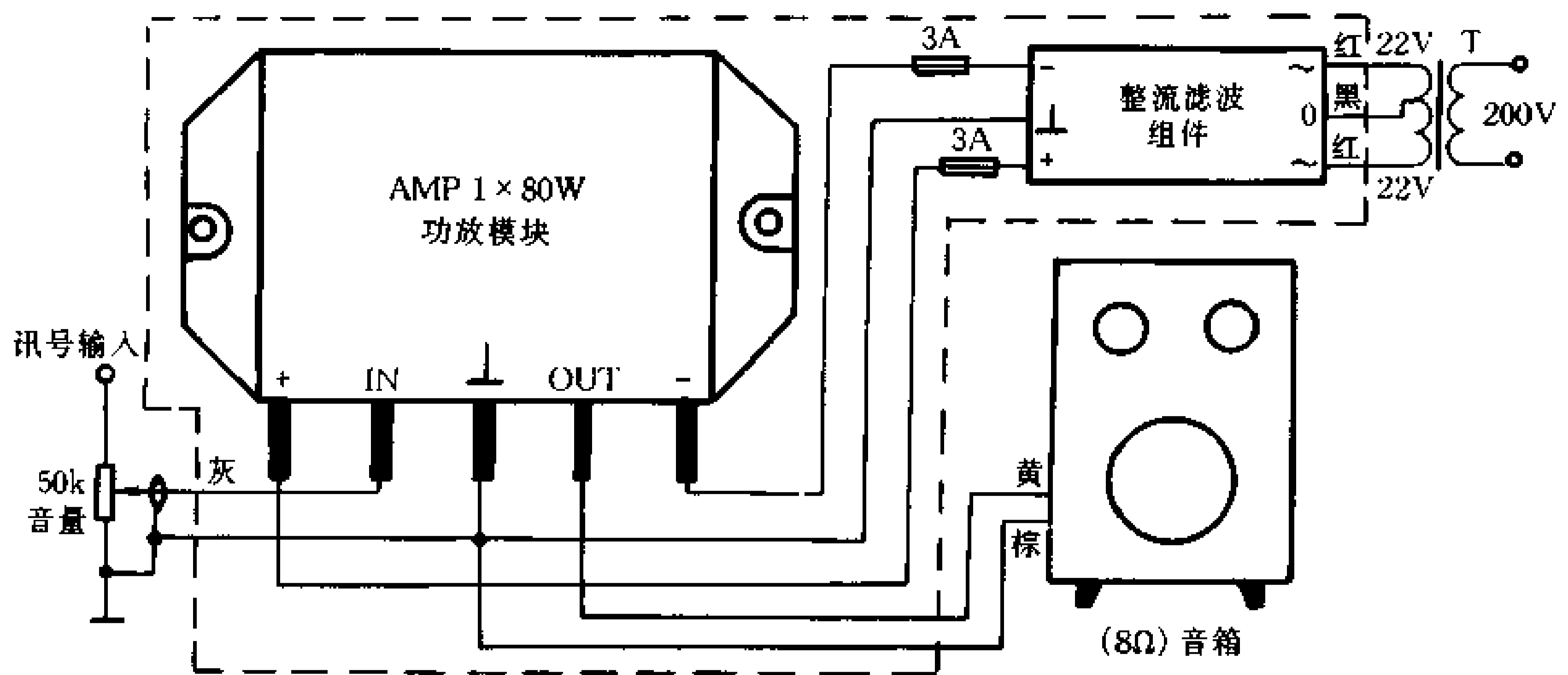


图 3-28

【注意事项】

- (1) 输入的交流电源电压，不应超出使用极限值，以保证扩音机安全运行。
- (2) 长时间满载工作或散热器温度超出 60℃ 时，应增加散热措施，如采用 6cm×6cm 或 8cm×8cm，24V 仪表风扇加强散热效果。

10. 前馈功率放大器

目前，国内外有很多功放名机应用了前馈技术，诸如电流倾注式功放、ALA 功放、双超线性功放等。然而这些功放大都用分立元件装成，电路复杂、元件繁多，在缺少足够测量仪器的条件下，业余仿制并非易事。

本文设计制作的前馈功率放大器。由于采用了功放驱动集成模块 AP500A，不仅使整机电路大为简化，元件节省近一半，而且免去了差分对管选配和整机调试等许多麻烦，其效果是十分明显的。

AP500A 是功放驱动集成电路家族的新成员。这是一种高耐压场效应管输入的 DC 功放驱动模块，功能齐全，性能优越，所以它一问世，就受到了广大的音响发烧友的青睞。与其它功放驱动集成块相比，AP500A 外围电路最简单，且内部有零点伺服电路，输出零点相当稳定，零飘电压小于 90mV。特别是它的转换速率 SR 很高，达 70V/μs，因而采用 AP500A 装制的功放，瞬态互调失真 TIM 很小，能有效地克服所谓的“晶体管声”。这一点也是它优于单片功放集成电路的地方，目前最好的单片功放集成电路，转换速率远低于 AP500A，如 TDA1514 的 SR 为 15V/μs，LM3886 的 SR 为 19V/μs。AP500A 内有两路相同的电路，用一块集成电路就可以装制立体声功放。

【电路原理】

本功放的电源电路原理如图 3-29 所示。这里只画出了一个声道电路，另一声道电路完全相同。

输入信号经 AP500A 放大后，驱动一对互补 VMOS 管 VT1、VT2 做甲类推挽放大，放大后的信号由源极输出，经电阻 R1、R2 加到负载上。同时 VT1、VT2 也作为末级的电压驱动

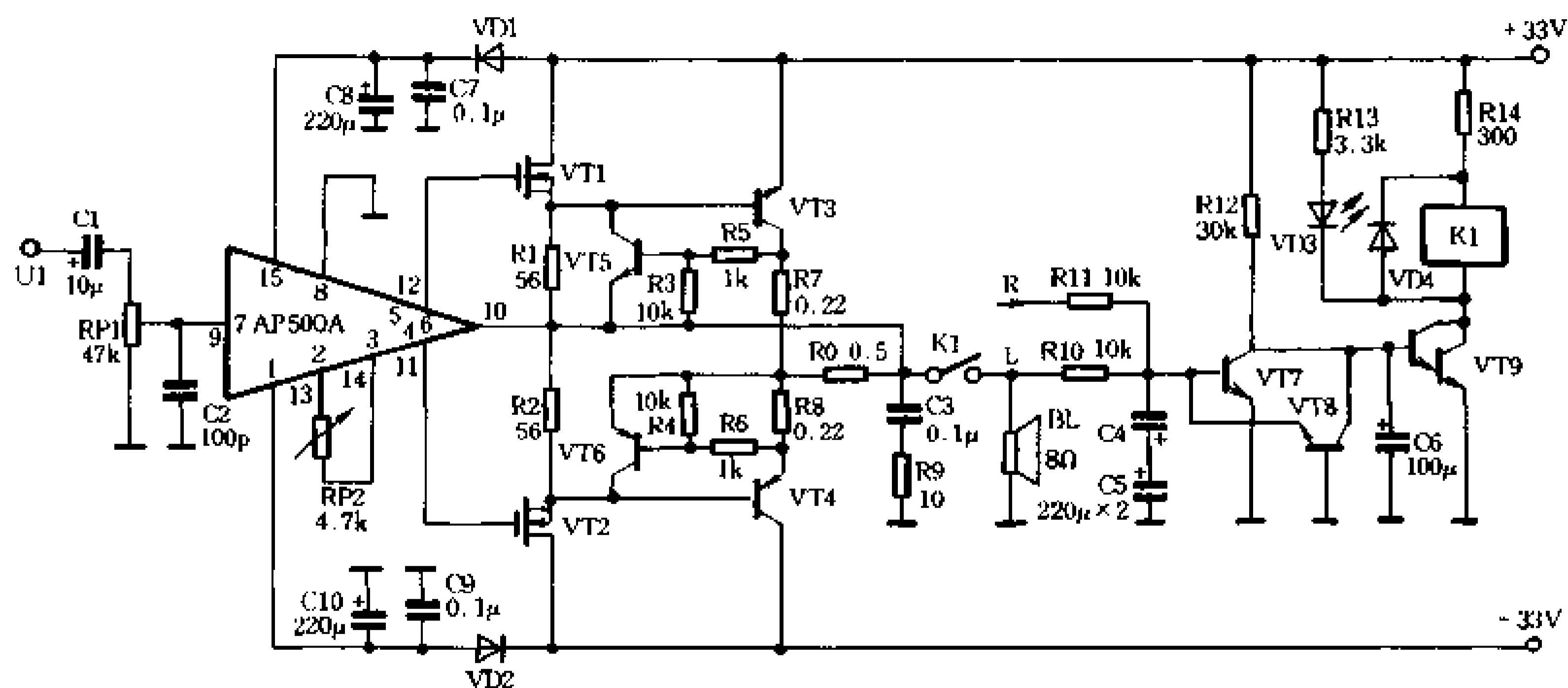


图 3-29

级，R1、R2 上的信号电压分别驱动一对大功率互补三极管 VT3、VT4 作甲乙类推挽放大，输出经电阻 R7、R8、R0 加到负载上。由于 R1、R2 的阻值相对于扬声器阻抗很大，限制了 VT1、VT2 的动态范围。它的输出功率只在 4W 左右，而 R7、R8、R0 的阻值都很小，所以 VT3、VT4 承担本机的主要输出功率。当电源电压为 ±33V 时，最大不失真功率为 30W。R0 为前馈取样电阻，VT3、VT4 射极上的信号电流通过 R0 时，R0 上的信号电压经 AP500A 内部的反馈回路加到 AP500A 反相输入端，经 AP500A 比较放大后，产生一个与失真信号大小相同、相位相反的信号，加到负载与原失真信号相抵消，这就是当前流行的“误差前馈校正电路”。就其电路原理而言，本功放与电流倾注式功放输出管静态时无偏流，为纯乙类放大，而本机输出管静态时有偏流，为甲乙类放大，能更有效地克服输出级产生的交越失真。R7、R8 是 VT3、VT4 的射极电阻，有一定的电流负反馈作用，能改善末级的非线性失真，同时 R7、R8 也是输出管的过流取样电阻。当输出管射极电流大于 3.2A 时，R7、R8 上的电压超过 0.7V、VT5、VT6 导通，使得 VT3、VT4 截止，从而避免了价格昂贵的大功率输出管被烧毁。为消除开关机的冲击，防止因零漂，负载短路而引起过流损坏放声系统，本机加有扬声器保护电路，它的原理很简单，很多书刊都有详尽的介绍，这里不再赘述。

本机电源采用了武汉天龙电子研究所开发的高频开关电源，型号为 DNC-300A，输出电压为 ±33V、输出功率 300W。与传统的采用环形变压器、大滤波电容的工频电源相比，高频开关电源不仅体积小重量轻、效率高，其性能也是工频电源无法比拟的。本机采用高频开关电源，在价格上非但没有提高，反而略有降低。实践表明，使用高频开关电源，对本机的表现力、解析力有很大的提高。对现成功放的改造，换用优质电源，比用极品运放和阻容器件摩机有效得多。家用电器使用开关电源将是今后的发展趋势。

【调试方法】

本机只有一个元件 RP2 的阻值需要调整，其步骤是：先将 RP2 的阻值旋到最大，在功放管的集电极与电源间串接直流毫安表，逐渐减小 RP2 阻值，使功放管静态电流为 100mA，调节完毕后，最好将电位器焊下，测出阻值，再换上一只与其阻值相同的金属膜电阻，这样能提高电路的可靠性。

【元器件选择】

VT1、VT2 是前馈输出级，必须选用优质 VMOS 功率管，这里是利用的 2SK214、2SJ77。

VT3、VT4 功放管选用了东芝名管 2SC3280、2SA1301 如果对音质不十分苛求，也可以采用价格较低廉的 2N3055，2N2955，这两种管是使用较早的大众化发烧管，效果也不错。VT1 与 VT2、VT3 与 VT4 的各项参数，应尽量配对。VT5、VT7、VT8 为小功率 NPN 管 2N551，VT6 为 PNP 管 2N5401。VT9 为达林顿管 TIP122。VD1、VD2 为普通整流二极管 1N4005。保护电路继电器 K1 触点容量应足够大，这里是用的 JQX-128F，DC24V。R7、R8、R9、R10 为 3W 线绕电阻器，其余电阻器均为 1/4W 金属膜电阻器。C3、C7、C8 为聚丙烯 CBB 电容器。AP500A 是直流放大器，输入信号源的零电位稳定与否对本机可靠性有很大影响，这里采用了电容输入方式，输入电容器 C1 应选用高品质的钽电解电容器。VT1、VT2 与 VT3、VT4 必须加有面积足够大的散热器。

本机不失真输出功率为 $30W \times 2$ ，已足够满足一般家庭放声的需要，如仍嫌输出功率不够，可换用天龙电子研究所的其它型号高频开关电源，如 DNC-1050A，并更换电路的某些元器件，可使功放的输出功率达到 $100W \times 2$ 以上。

由于本机采用了性能优良的 AP500A 功放驱动集成模块，新颖的前馈功放电路及高频开关电源，装制十分简单，整机性能良好，试听效果令人十分满意。

11. 100W+100W 功率放大器

【电路原理】

如图 3-30 是推动级采用集成电路 LA4425 的功率放大器，一对功率模块 1490 担任推挽输出，由于使用了阻抗变换器，无论扬声器是 4Ω 、 6Ω 或 8Ω ，都能够获得 100W 的输出功率，

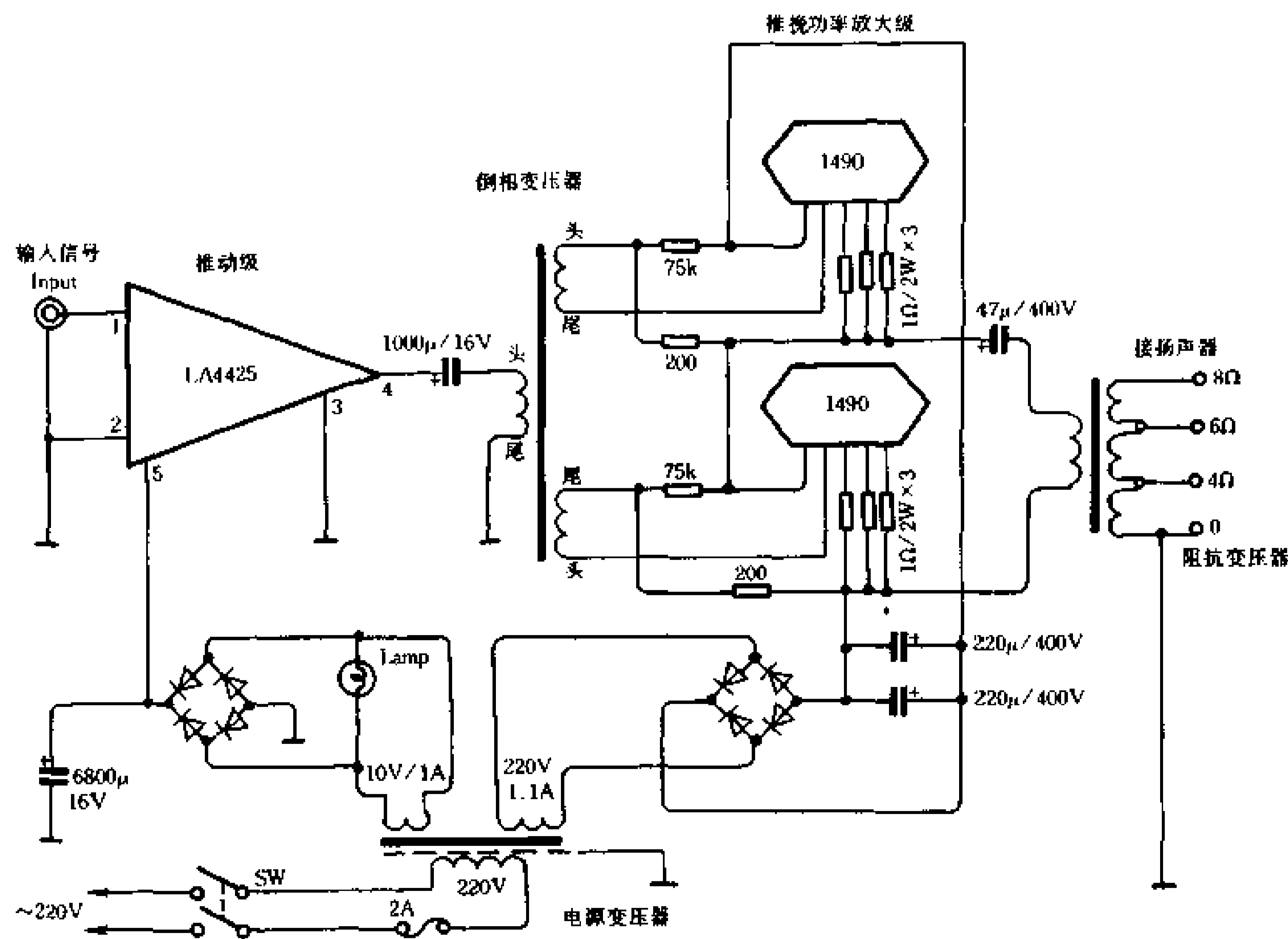


图 3-30

图中所绘的是立体声系统里一个声道的电路，另一个声道与此完全相同。

这个电路的特点是结构十分简洁，各部分的组成一目了然，只要焊接无误勿需调试即可投入运行。由于全机阻容元件不多，总共仅有 5 个电容、10 个电阻，再加上 3 块集成电路、2 块桥堆和 3 只变压器，因而收集元件不太费功夫，焊装省时省事，颇受音响爱好者青睐。

主要元件的规格以及有关技术要求详见表 3-6，3 只变压器如欲自行绕制，可参考以下数据。

表 3-6

品 名	数 量	规 格	说 明
金属膜电阻	2 只	1W、75kΩ	炭膜电阻亦可用，误差力求小于 5%
金属膜电阻	2 只	1W、200Ω	也可以采用氧化膜电阻
金属膜电阻	6 只	2W、1Ω	也可以采用氧化膜电阻
电解电容	1 只	400V、47μF	如果能用钽电解电容更好
电解电容	1 只	16V、1000μF	如果能用钽电解电容更好
电解电容	1 只	16V、6800μF	容量再大些亦可
电解电容	2 只	400V、220μF	CD281 型，直径 30mm，高 40mm
桥式硅堆	1 只	800V、15A	能用 1000V 的更好
桥式硅堆	1 只	100V、2A	3A 的也能用
电源变压器	1 只	初级 220V 次级 { 220V、1.1A 10V、1.0A	环形或方形均可以用
倒相变压器	1 只	初次级圈数比 1:3:3	环形或方形均可以用
阻抗变换器	1 只	初级阻抗 100Ω 次级阻抗 4、6、8Ω	环形或方形均可以用
功率模块	2 只	1490	两只的参数力求一致
集成电路	1 只	LA4425	应选购正品
保险丝	1 只	2A	尺寸按照保险丝座的要求选配
指示灯小电珠	1 只	12V、0.15A	型号按照指示灯座的要求选配

电源变压器——铁芯截面积为 3500mm²，初、次级各绕组均用同样粗细的 Φ0.72mm 漆包线缠绕。初级 220V 绕 440 圈，次级用 220V 也绕 440 圈，另外一组低压 10V 绕 20 圈。初、次级之间应加入静电隔离层。

倒相变压器——铁芯截面积为 660mm²，初、次级各绕组皆以同样直径的 Φ0.31mm 漆包线缠绕，先采用 7 股并绕的方式绕好 100 圈，每一股都留出适当长度的线头和线尾。这样，实际上有 7 组 100 圈，将其中一组作为初级，剩下的 6 组匀为两份，每份 3 组，分清头和尾，按照头与尾相衔接的形式，串联而成两个 300 圈的次级绕组。自制这个变压器应该选用优质高强度聚酯漆包线，缠绕时切勿磨损漆膜，焊接时一定要搞清楚头、尾，倘若弄错便有可能把末级的功率模块 1490 烧毁。

阻抗变换器——铁芯截面积为 1350mm²，初级用 Φ0.55mm 的漆包线绕 350 圈，次级用 Φ1.35mm 的漆包线绕 100 圈，在第 70 圈处抽头为 4Ω，第 87 圈处抽头为 6Ω，绕满 100 圈则为 8Ω。

用该放大器驳接加拿大制造的 psb500 和 psb800 扬声器(如表 3-7 所示),以及来自德国慕尼黑黑的杰作 ATL911 型扬声器。用它来欣赏《一个假期在中国》、《天涯歌女》、《傻豹》和《黑教堂》等唱片,放声纯美质朴,没有染色现象。这 3 款扬声器造型优美,配以具有大将风度的功率放大器,更是相得益彰。

表 3-7

psb 500 扬声器(加拿大)	频率响应: 47~20000Hz(±2dB), 阻抗: 6Ω, 灵敏度: 90dB/W/m, 功率: 100W。 高音单元: Φ19mm, 低音单元: Φ200mm, 高 584mm、宽 254mm、深 304mm。
psb 800 扬声器(加拿大)	频率响应: 44~20000Hz(±2dB), 阻抗: 8Ω, 灵敏度: 90dB/W/m, 功率: 150W。 高音单元: Φ25mm, 低音单元: 2 只 Φ200mm, 高 895mm、宽 254mm、深 342mm。
ATL 911 扬声器(德国)	频率响应: 24~26000Hz(±2.5dB), 阻抗: 4Ω, 灵敏度: 88dB/W/m, 正常使用功率: 6~120W 高 1040mm、宽 140mm、深 292mm。

12. 50W 功率放大器

【电路原理】

至今单片及混合功率 IC 几乎都不能获得满意的高频特性。如图 3-31 所示电路是三洋厚膜 IC STK084G 的应用图,在 20kHz 以内,输出功率 50W,失真率仅为 0.003%。

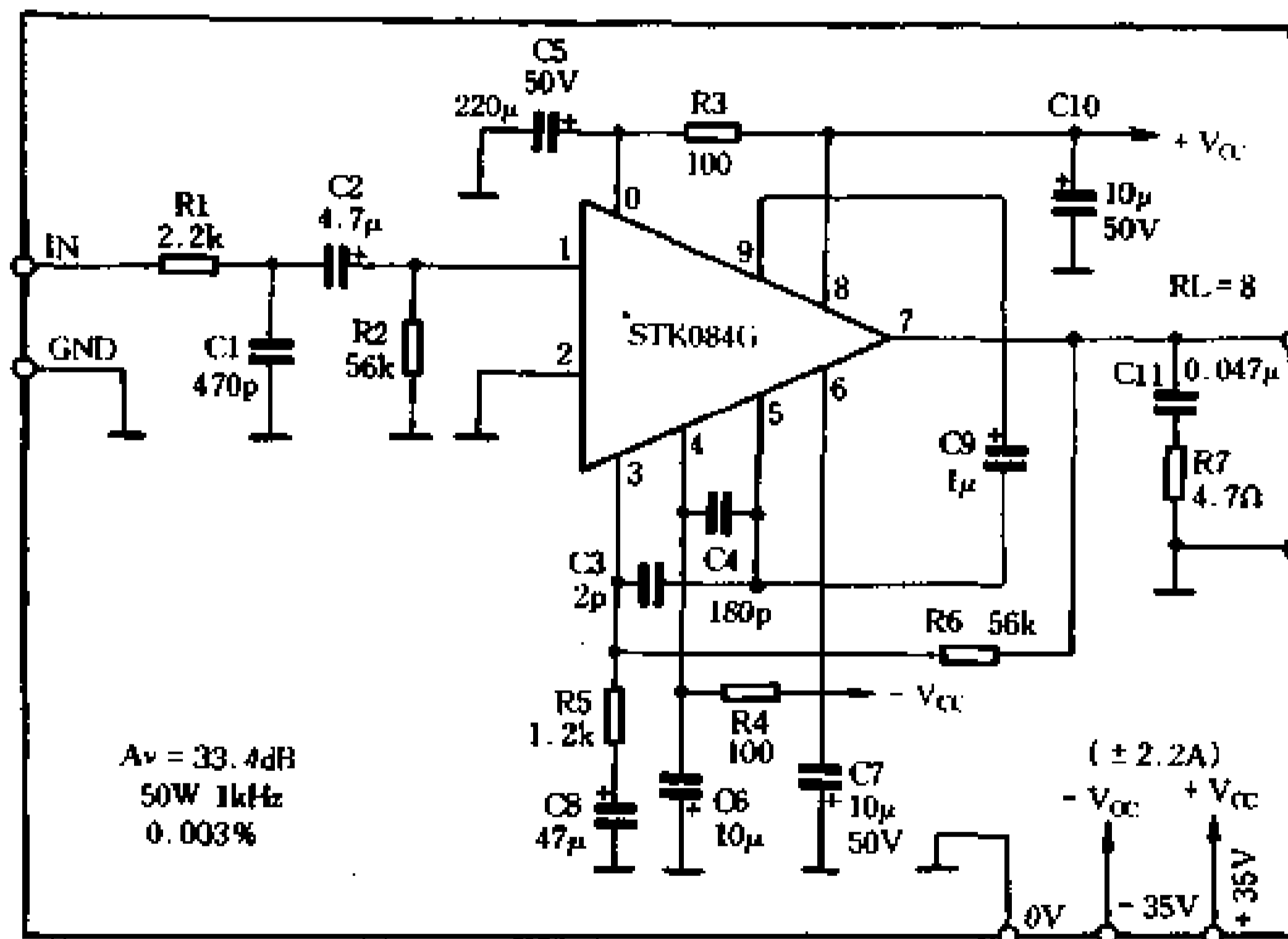


图 3-31

电路主要部分已 IC 化,故外加零件以大电容量电容器为主。如图 3-32 所示为 STK084G 内部电路。输入级由 VT4 及 VT5 组成的电流镜像电路,把 PNP 差动放大输出变换为单端输出,同时得到较大的增益。中间级处理大的振幅,也决定放大器转换速率,所以应尽量以大电流驱动,VT8 组成的共基极电路消除米勒效应所导致的高频特性恶化。

VT1 与 VT6 为恒流源偏置电路,可以抑制电源变动造成的影响。VT7 则为输出三极管提供偏置,消除基极与发射极之间电压 V_{be} 非线性过渡区,还有温度补偿的作用。

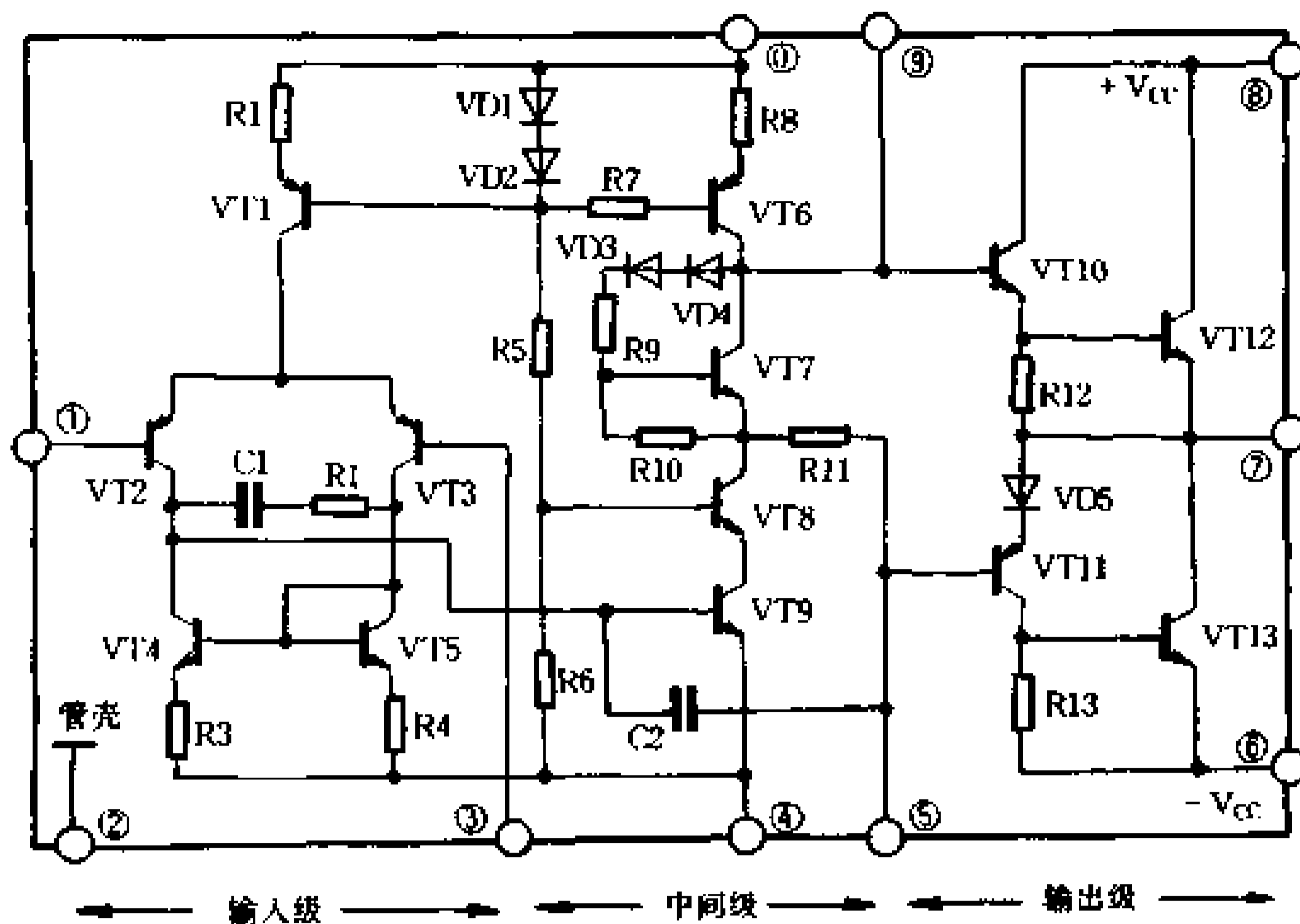


图 3-32

【元器件选择】

输出级采用达林顿连接方式来获得更高的电流放大倍数，以便能输出较大的电流。

STK084G 是为音响用功率放大器所设计的，所以应用在其他场合的时候，为了力求高频特性良好，电容器 C1 和 C4 的值，宜在保证稳定性的基础上适当减少。C11 与 R7 是为感性负载而设的阻抗补偿电路。电压增益由 R6 与 R5 的比值决定，约为 34dB，欲想改变，需调整相位补偿电容器 C3 及 C4。

其它元件无特殊要求，但是散热与电源容量应予以重视。STK 系列可使用铝板或专用的散热器。

电源需要 ±35V 左右的直流电源，最大电流为 3.5A，其平均电流则为 2.2A。

13. 100W+100W 厚膜功率放大器

用旧电子管 6V-5 制作的乙类 150W 功放，其还音效果能令君有“闻韶忘味”之感。胆迷们称她为“青山不老”。

【电路原理】

STK3102 和 STK0100 是三洋公司 80 年代的“配套”厚膜电路。其中 STK3102 为双电源二通道前置电压放大器电路，15 脚直插式结构，内部电路结构形式如图 3-33 所示。由图可见，上下两部分放大器的构成完全相同，各自担当一个声道的信号放大功能。其中 VT1~VT5 组成双端(①、②脚)输入、单端输出的差分放大器。VT3、VT4 分别为 VT1、VT2 的电流源负载，VT5 为偏置电路。偏流取决于 R3 的阻值，即 $I_{cs} = 0.7V/R_3$ (约为 2mA 左右)。此时，流过 VT1、VT2 的电流约为 1mA。VT6、VT7 驳接共射、共基放大器，这种组合可以用较少的相位补偿电容获得较宽的频带宽度。VT8 是 VT6、VT7 的电流源负载，电流 $I_{cs} = 0.7/R_7$ (约为 6mA 左右)。

功放厚膜 STK 0100 I 是 STK0100 的改型器件，双电源供电。内置八只晶体三极管、三只二极管和八只电阻，构成十分简洁的 OCL (Output Capacitor Less) 互补对称推挽功放。输出功率大、温度稳定性好、失真小、增益可调。STK0100 I 的实际内部电路结构如图 3-34 所示。

其中 $R_1 \sim R_4$ 、 VT_1 、 VT_2 和 VD_2 构成温度补偿型输出级的偏置电路。如果在 STK0100 I 型输出端③、⑧脚接入限流电阻 R_{12} 、 R_{11} 后再接入负载 R_L ，则“0”点应能保持 0V，此时，⑦、④脚间的电压（即图 3-34 中的 A、B 点电压） U_{AB} 可用下式表示：

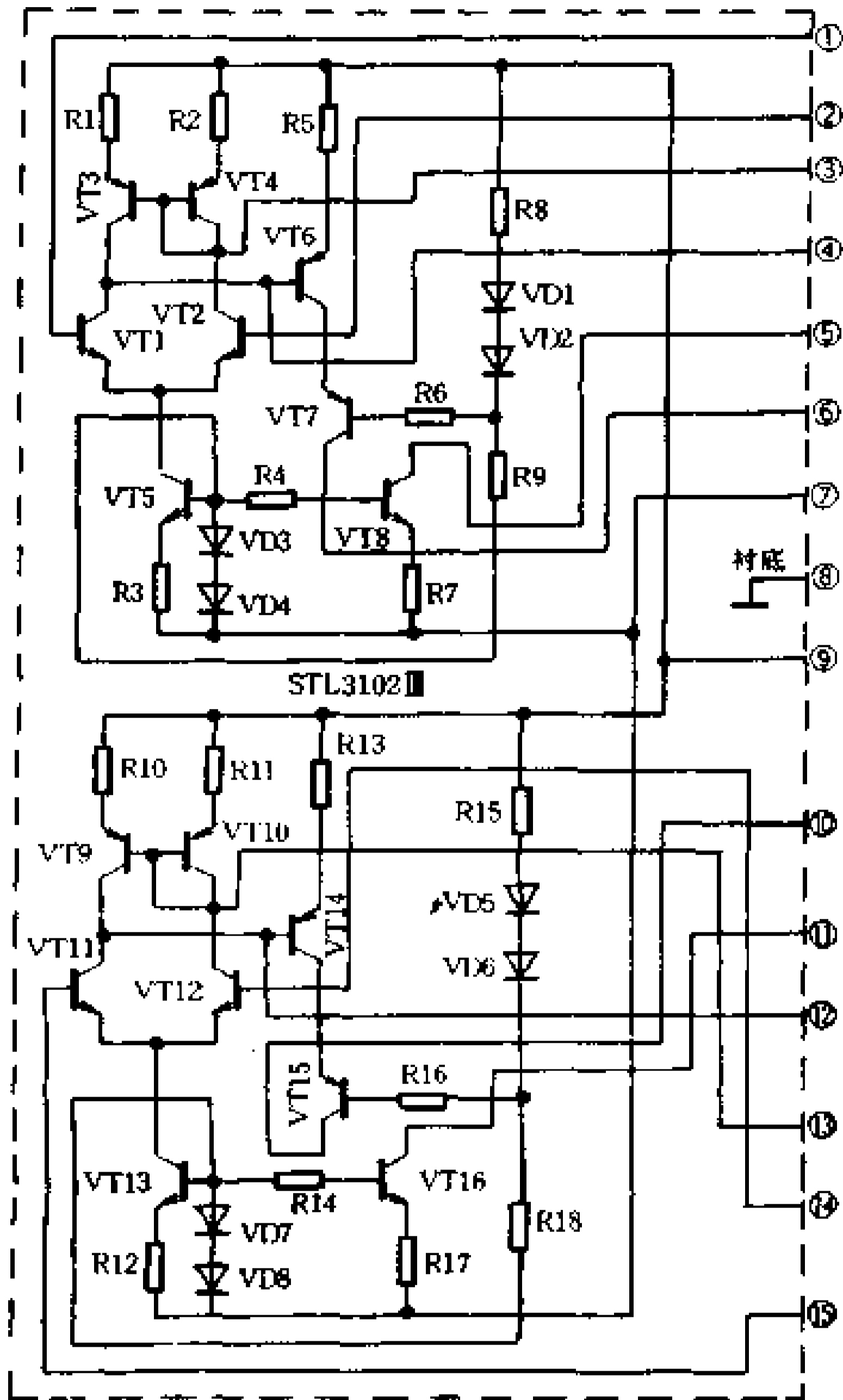


图 3-33

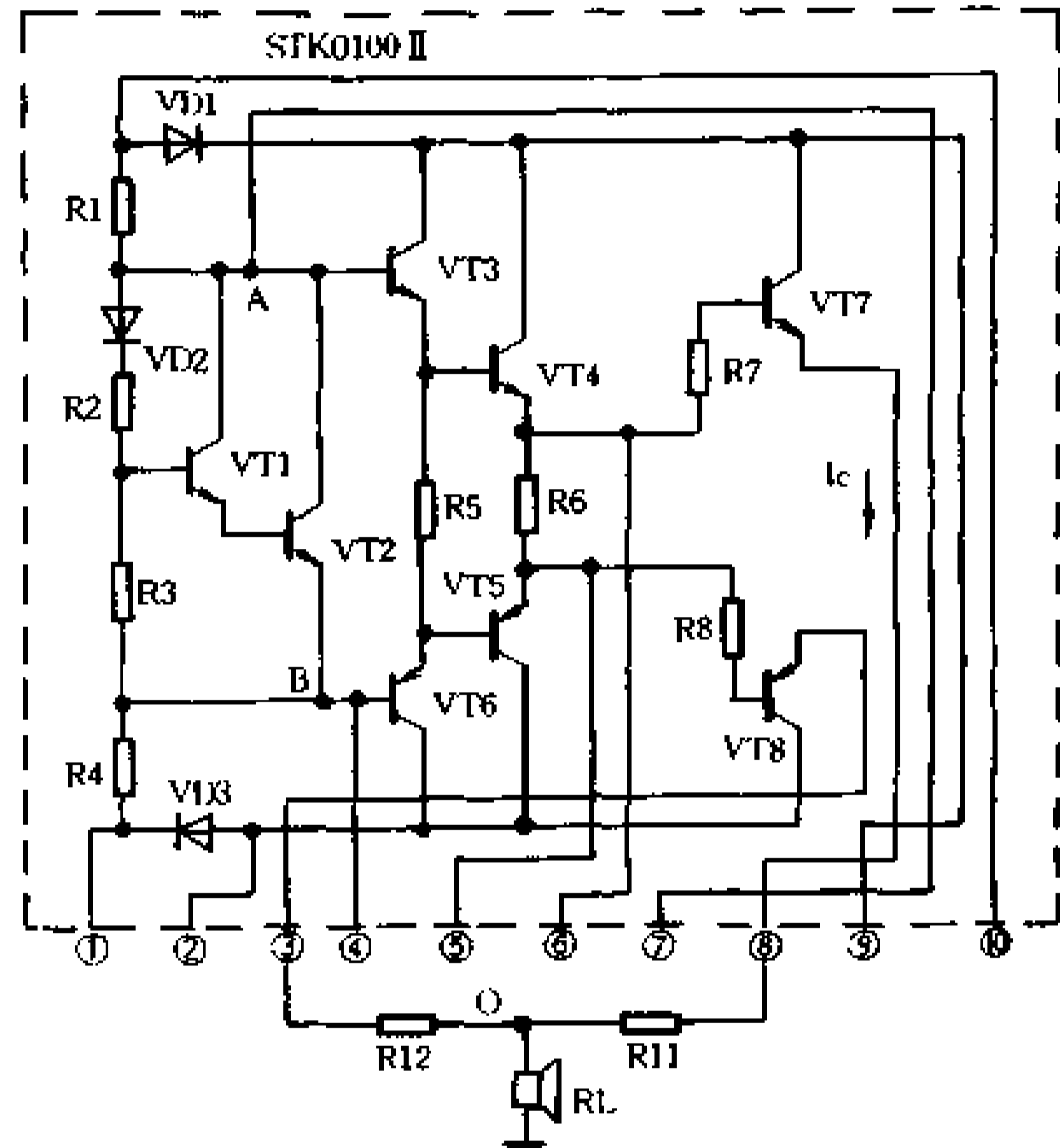


图 3-34

$$U_{AB} \approx b \times U_{be} + I_c (R_{11} + R_{12})$$

通过适当地选取 R_{11} 、 R_{12} 阻值，就能有效地控制 STK0100 II 内末级互补推挽输出管 VT_7 、 VT_8 的静态工作电流 I_c ；由于 I_c 是 U_{be} 的函数，所以在输出级温度发生变化时， U_{be} 还能对 I_c 起自动温度平衡、补偿作用。

功放厚膜电路 STK0100 I 为单排直插式结构，自带散热器，STK0100 I 和前置厚膜电路 STK3102 的主要电气参数如表 3-8 所示，配套组合总体放大器电路如图 3-35 所示。

图 3-35 中的 R_{16} 、 C_7 和 R_{14} 、 C_{10} 为大环负反馈网络，闭环增益 $K_v = R_{16}/R_8 = R_{14}/R_9$ 。如果取 $R_{14} = R_{16} = 100K$ ， $R_8 = R_9 = 1K$ 时， $K_v = 100$ (40dB)。由于电容 C_8 、 C_9 的隔直流作用，所以直流增益为 0dB，输出端子的直流电平与输入端子（①、⑮脚）的直流电平均为 0V。IC1 的④与⑥脚和⑩与⑫脚间的 C_{11} 、 C_{12} 为相位校正电容；③与④和⑫与⑬脚间的 RC 网络为第一级消除二阶效应的补偿电路，用来提高整机的稳定性。由于厚膜电路的对称性十分良好。因此，对供电电源要求相对较低，选用图 3-36 所示的简易电源供电即可稳定工作。

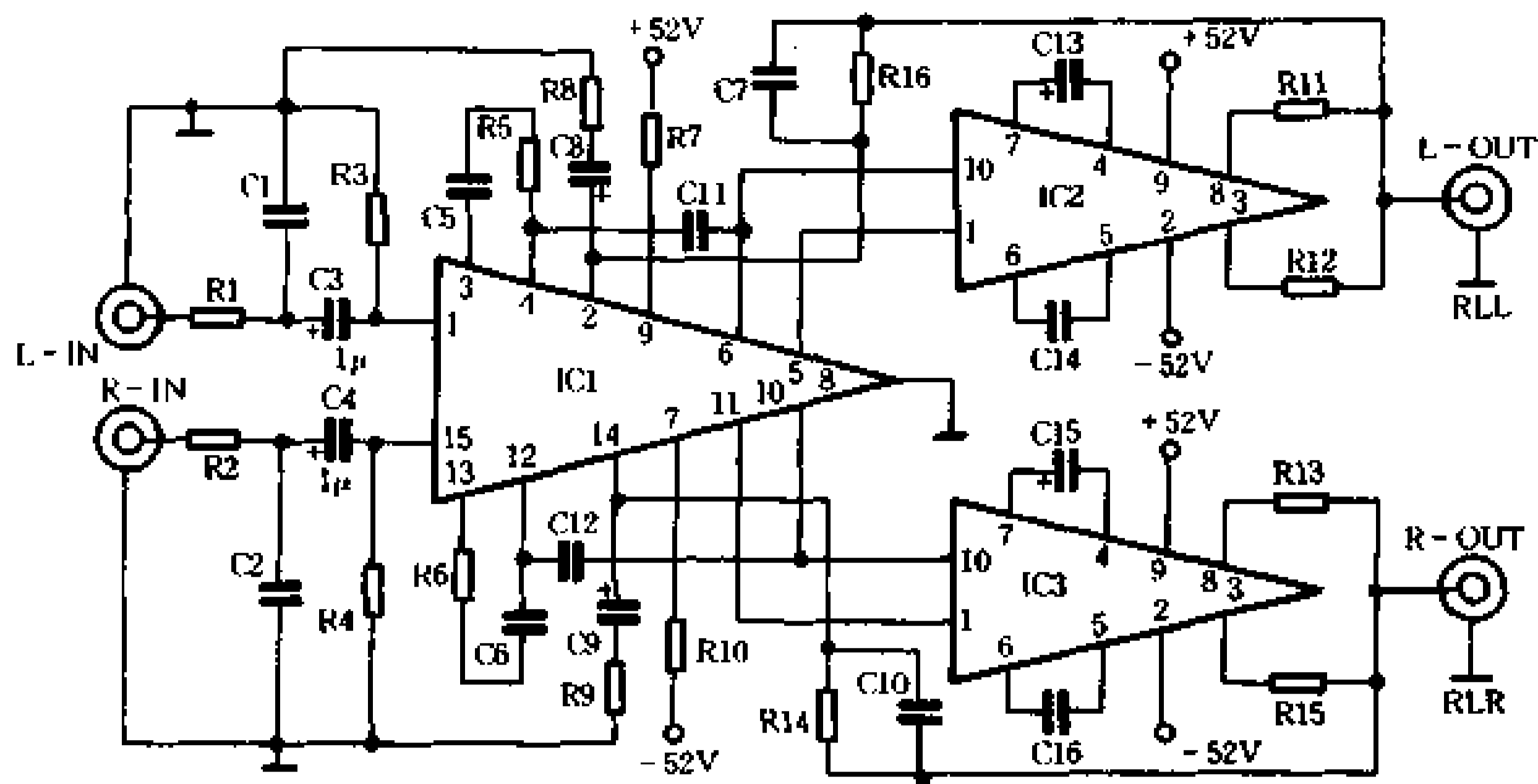


图 3-35

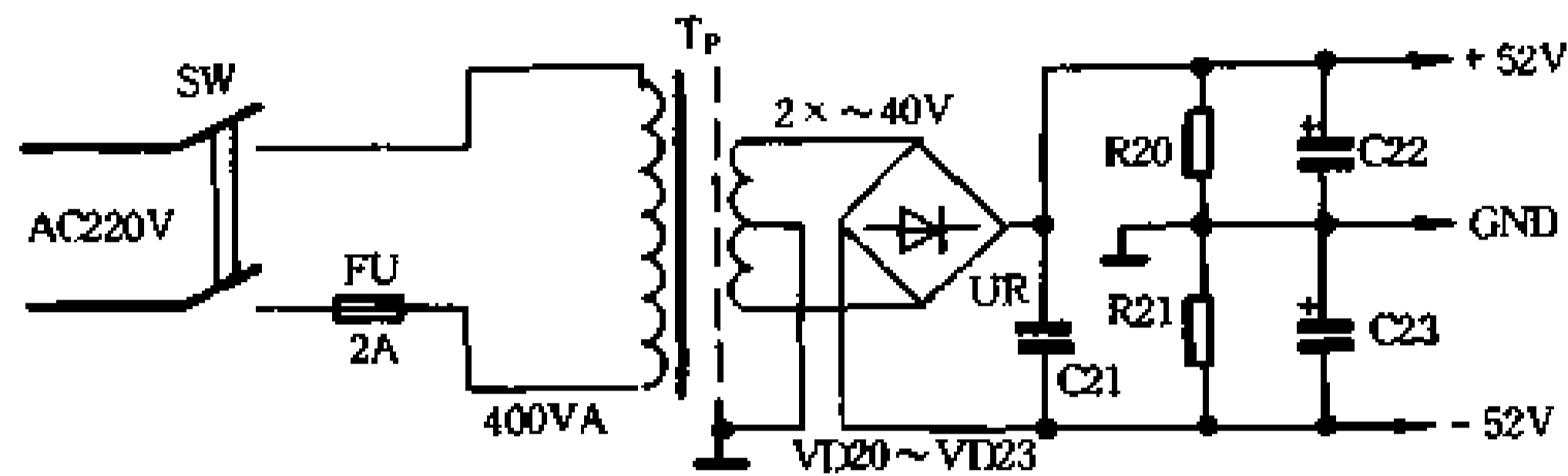


图 3-36

表 3-8

参数名称	符号	电气参数值		单位
		STK3102	STK0100 1	
最高工作电压	V_{max}	±75	±75	V
热阻	θ_{jc}	—	1.1	°C/W
最高结温	T	115	150	°C
静态电流	I_c	20~30(±60V)	40±20(±60V)	mA
推荐工作电压	V	±50	±52	V
输出噪声电平	V_{ND}	1(±60V)	—	mV
输出功率	D_o	—	100(±52V)	W
失真系数	THD	0.005	<0.01	%

注：1. 表中括号（）内数据为测试条件规定值；

2. 通用测试条件为： $f=20\text{Hz}\sim 20\text{kHz}$ 室温 $T_a=25^\circ\text{C}$ 。

【元器件选择】

本机(图 3-35、图 3-36)所用元器件参数列于表 3-9，未提及元件按图上标注的规格选用。

【安装与调试】

本机可自制两块印制线路板，即主放大器板和电源板。安装时，电源变压器单独固定，电源板应远离 IC1 的输入端子，而且需加电磁屏蔽。本机的主要指标如下：

- (1) 输出功率： $P_o=2\times 100\text{W(RMS/8}\Omega)$
- (2) 频率响应： $F_R=20\text{Hz}\sim 20\text{kHz}(+1\text{dB})$

(3) 失真系数: 参看图 3-37(PO-THD 曲线)

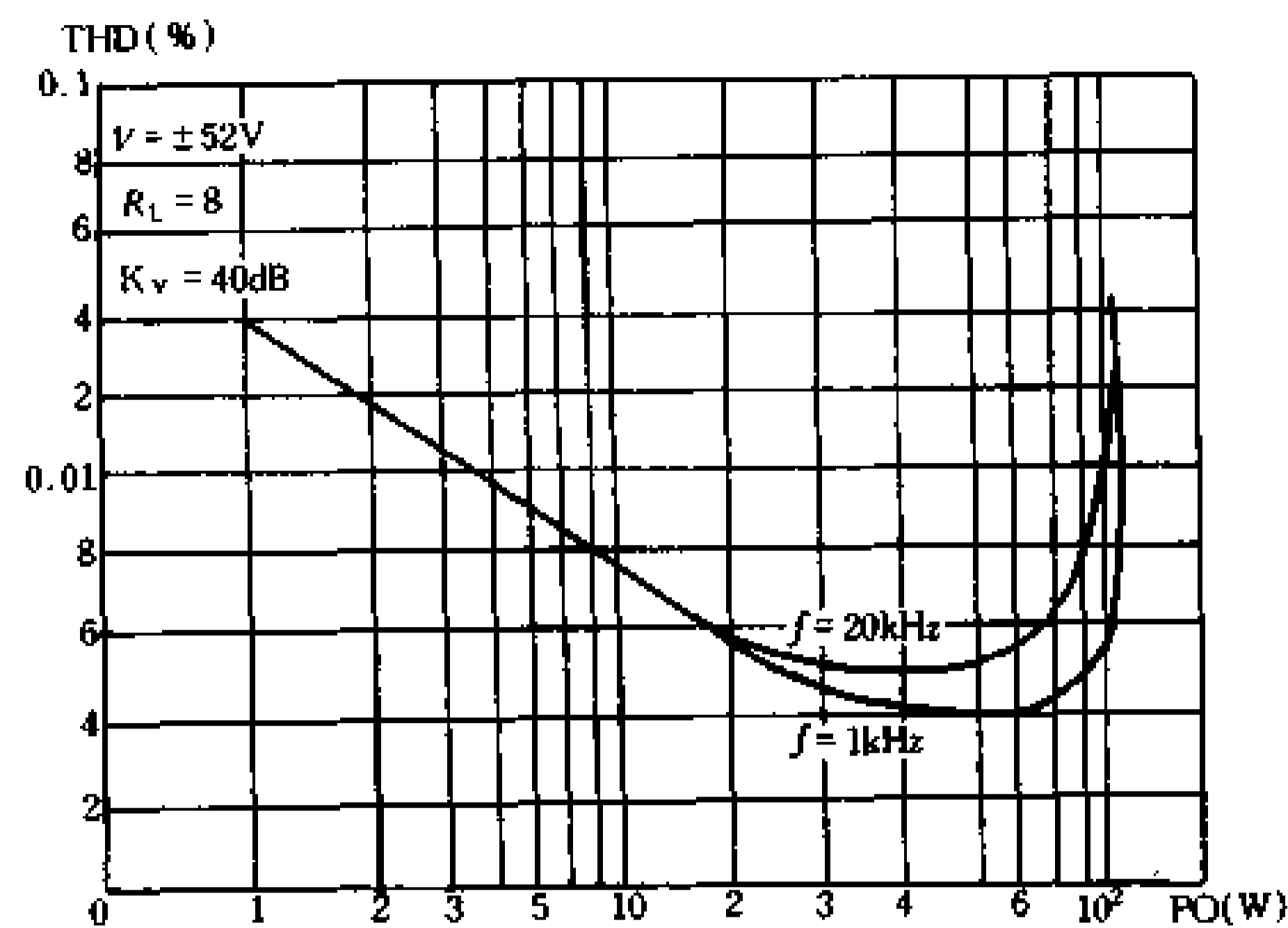


图 3-37

表 3-9

序号	代号	规格型号	说明	序号	代号	规格型号	说明
1	R1	RJ14-0.25W-200±1%	金膜五环精密电阻	25	C7	CC1-3pF-50V	同上
2	R2	RJ14-0.25W-200±1%	同上	26	C8	ELNA-22μF-25V	日产补品电容
3	R3	RJ14-0.25W-100K±1%	同上	27	C9	ELNA-22μF-25V	同上
4	R4	RJ14-0.25W-100K±1%	同上	28	C10	CC1-3pF-50V	高频瓷片电容
5	R5	RJ14-0.25W-470±1%	同上	29	C11	CC1-15pF-50V	同上
6	R6	RJ14-0.25W-470±1%	同上	30	C12	CC1-15pF-50V	同上
7	R7	RJ15-0.25W-100±2%	同上	31	C13	WIMA-1μF-50V	进口补品电容
8	R8	RJ14-0.25W-1K±0.5%	同上	32	C14	WIMA-0.047μF-63V	同上
9	R9	RJ14-0.25W-1K±0.5%	同上	33	C15	WIMA-1μF-50V	同上
10	R10	RJ15-0.5W-100±2%	同上	34	C16	WIMA-0.047μF-63V	同上
11	R11	0.47/5W	进口无感电阻	35	c21	XINDAK-0.1μF-160V	L 系列 CBB
12	R12	0.47/5	同上	36	C22	ELNA-10,000μF-56V	日产补品电容
13	R13	0.47/5W	同上	37	C23	ELNA-10,000μF-56V	同上
14	R14	RJ14-0.25W-100K±0.5%	同 R1	38	IC1	STK3102 ■	三洋厚膜
15	R15	0.47/5W	同 R11	39	IC2	STK0100 I	同上
16	R16	RJ14-0.25W-100K±0.5%	同 R1	40	IC3	同上	同上
17	R20	RJ15-0.5W-15K±1%	同上	41	UR	BY29-8AX4	快速恢复
18	R21	RJ15-0.5W-15K±1%	同上	42	FU	2A	保险管
19	C1	CY0-3-120pF-100V	云母电容	43	SW	2W2D-3A-250V	
20	C2	CY0-3-120pF-100V	同上	44	Tp	400VA(40+40V)低压绕组不用	四川恒达
21	C3	WIMA-1F-50V	进口补品电容	45	L-IN	RCA	镀金
22	C4	WIMA-1F-50V	同上	46	R-IN	同上	同上
23	C5	CC1-68pF-63V	高频瓷片电容	47	L-OUT	同上	同上
24	C6	CC1-68pF-63V	同上	48	R-OUT	同上	同上

14. 采用 STK3048 和 STK6153 的实用电路

本文介绍一款功放厚膜集成电路 STK3048 和 STK6153,其放音音质令人刮目,性价比极高,特别适合于初学者和偏爱集成功放的朋友们制作。

【电路原理】

(1) 用 STK3048 直接推动互补大功率管

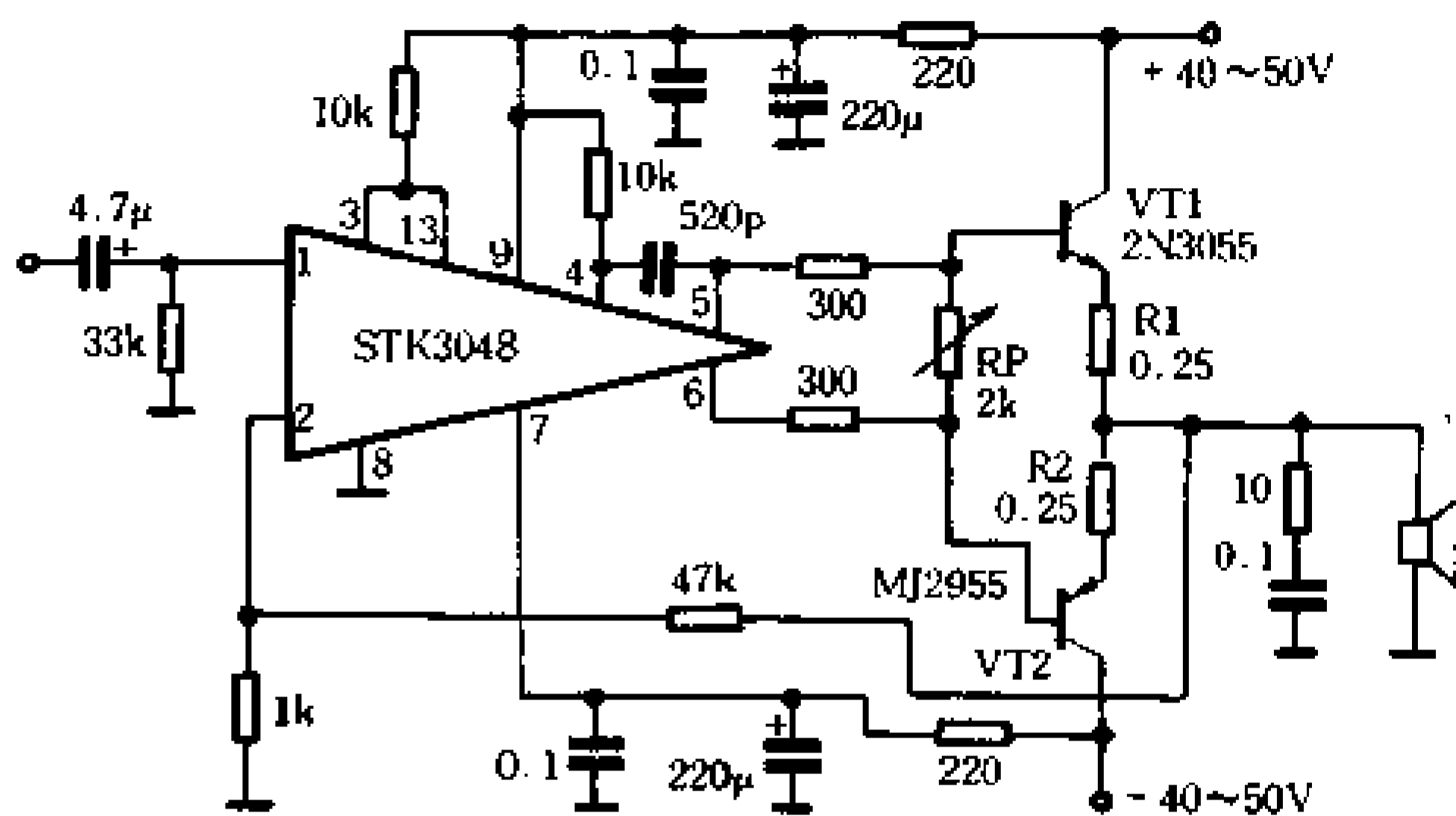


图 3-38

STK3048 的使用电压高、动态宽,差分输入管配对精确,其共发射极端与输出集电极端均采用恒流源负载,故失真低,增益高,对电源纹波抑制能力强。用 STK3048 推动大功率管不但性能优越而且省去了许多配对与调试,简单可靠。

如图 3-38 是用 STK3048 推动功率管 2N3055 和 MJ2955 的电路图,线路简洁到不能再少一个元件。R1 和 R2 可以直接使用成品板上的。通电后如果管子不烫手;也无其它异常即可空载调整 RP,使 R1、R2 上的压降为 10~13mV,这样 VT1 和 VT2 的静态电流为 40~50mA,工作于甲乙类状态。焊接时可将退耦电容与集成电路第⑧脚焊在一起,其它的入“地”端都接于此。中点电压如果大于 10mV,则可接入伺服电路(本文实测为 30mV)。调好后即可驳接扬声器工作。试听时感觉与一些中档机相比毫不逊色。

如果管子不烫手;也无其它异常即可空载调整 RP,使 R1、R2 上的压降为 10~13mV,这样 VT1 和 VT2 的静态电流为 40~50mA,工作于甲乙类状态。焊接时可将退耦电容与集成电路第⑧脚焊在一起,其它的入“地”端都接于此。中点电压如果大于 10mV,则可接入伺服电路(本文实测为 30mV)。调好后即可驳接扬声器工作。试听时感觉与一些中档机相比毫不逊色。

(2) 用 LF353 推动 STK6153

STK6153 采用全互补对称结构,有速度快、噪音低、功率大等优点,由于内部使用恒流源偏置,故状态稳定。其外露散热器已与内电路电气绝缘,使用方便。电路如图 3-39 所示。适当改变电阻阻值可以调整电路的增益。小容量隔直电容选用优质 CBB 电容能改善音质。

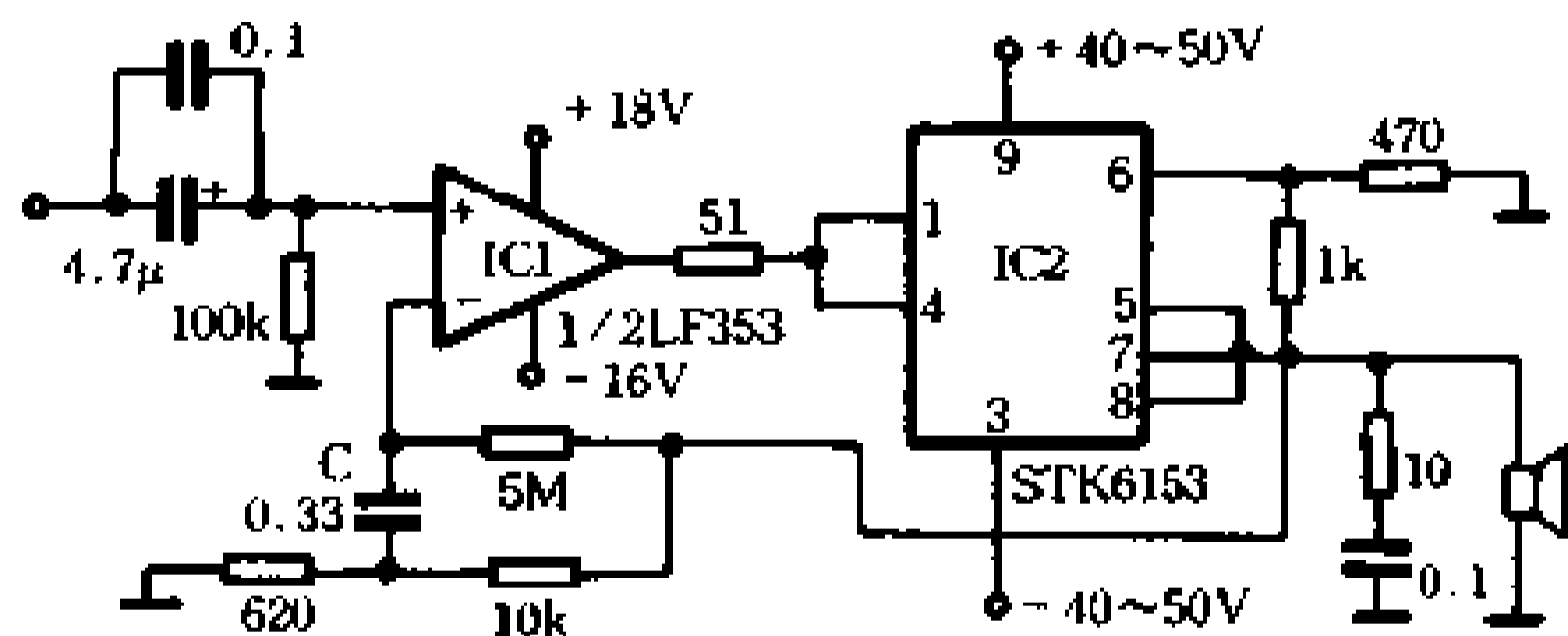


图 3-39

本电路无须调试。试听时感觉高音出奇的鲜亮,甚至觉得是否有点夸张,但非常剔透,毫无勉强感。主观评价比 TDA1514 的 LM3886 的高音分明,低音的弹跳感和质感也相当强,听感非常好。

15. STK3048A+STK6153 功放电路

摩机主要从以下几方面着手:

- (1) STK3048A 的输入增设一级共源共基放大器。构思是用科力斯的 SAM 模块的输入级,以获得高跨导和低噪声。
- (2) 用 STK6153 中的后级达林顿管作为稳压滤波,以保证大动态时前级不受后级影响。

(3) 末级采用超大电流 MOS 场效应管 2SK851。从技术指标看，电流大、导通电阻小、开关速度快、失真率低，可驱动低阻抗负载。价格约 23 元一只，与 A1301/C3280 相当。

(4) 电源采用武汉天龙电子研究所的开关电源 DNC-350。

(5) 采用电流负反馈和中点直流电位伺服技术，既改善听感，同时又防止零点漂移。实测每声道仅为 5mV。

(6) 采用计算机开关电源所用风扇强制散热。电路如图 3-40 所示。

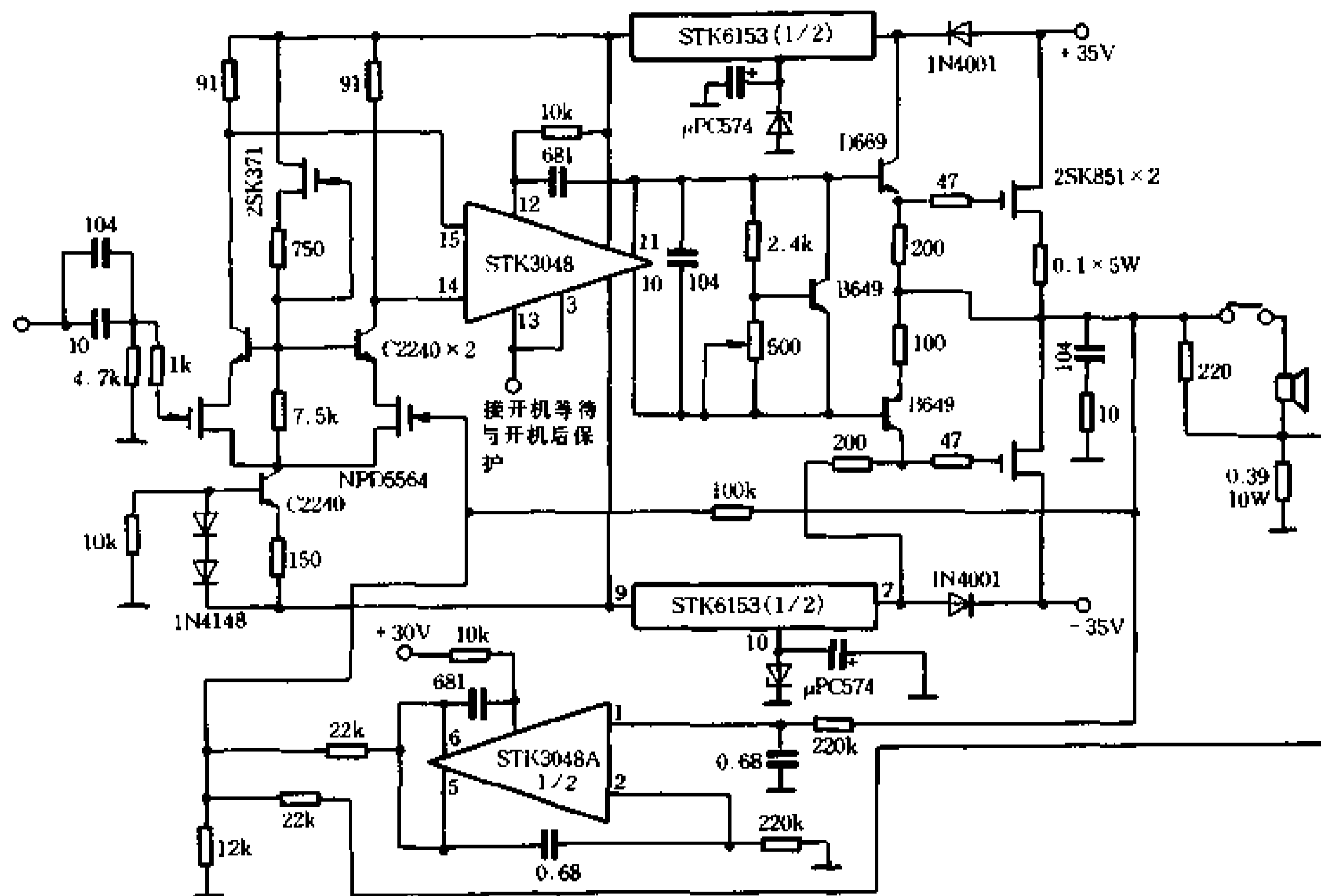


图 3-40

16. STK3048 和 STK6153 组合的高品质功放

STK3048 和 STK6153 系日本三洋公司厚膜功放集成电路。STK3048 是前级电压放大集成电路；STK6153 是后级电流放大集成电路。

STK3048 为 15 脚双声道单列式厚膜封装，其外露散热器与⑧脚相连，但与内电路绝缘。⑧脚接地后对内电路有一定屏蔽作用。该厚膜块工作时不必再另装散热器。

STK3048 内部共有两级，输入级带保护的差分放大器，差分管基极的两只二极管起保护作用。其集电极的阻容串联相位补偿网络可防止输入级因突发信号产生瞬态失真。在两集电极间连接有一组镜像电流源。此电路接入的目的是将右输入管电流线性地倒相与左输入管构成两个相减的电流源，对后级实施电流激励。主电压放大级为一共基共射电路，上管对信号进行宽带放大，并为输入、输出级间的直耦提供阻抗匹配；下管线性地输出上管的放大电流旨在降低该级的开环失真，并对后级提供较大的激励功率。该两级放大管均辅以恒流源作负载，对电源纹波抑制力较强。

STK6153 为 10 脚单声道单列式厚膜封装(双声道需两块)，内电路已与外露散热器电气

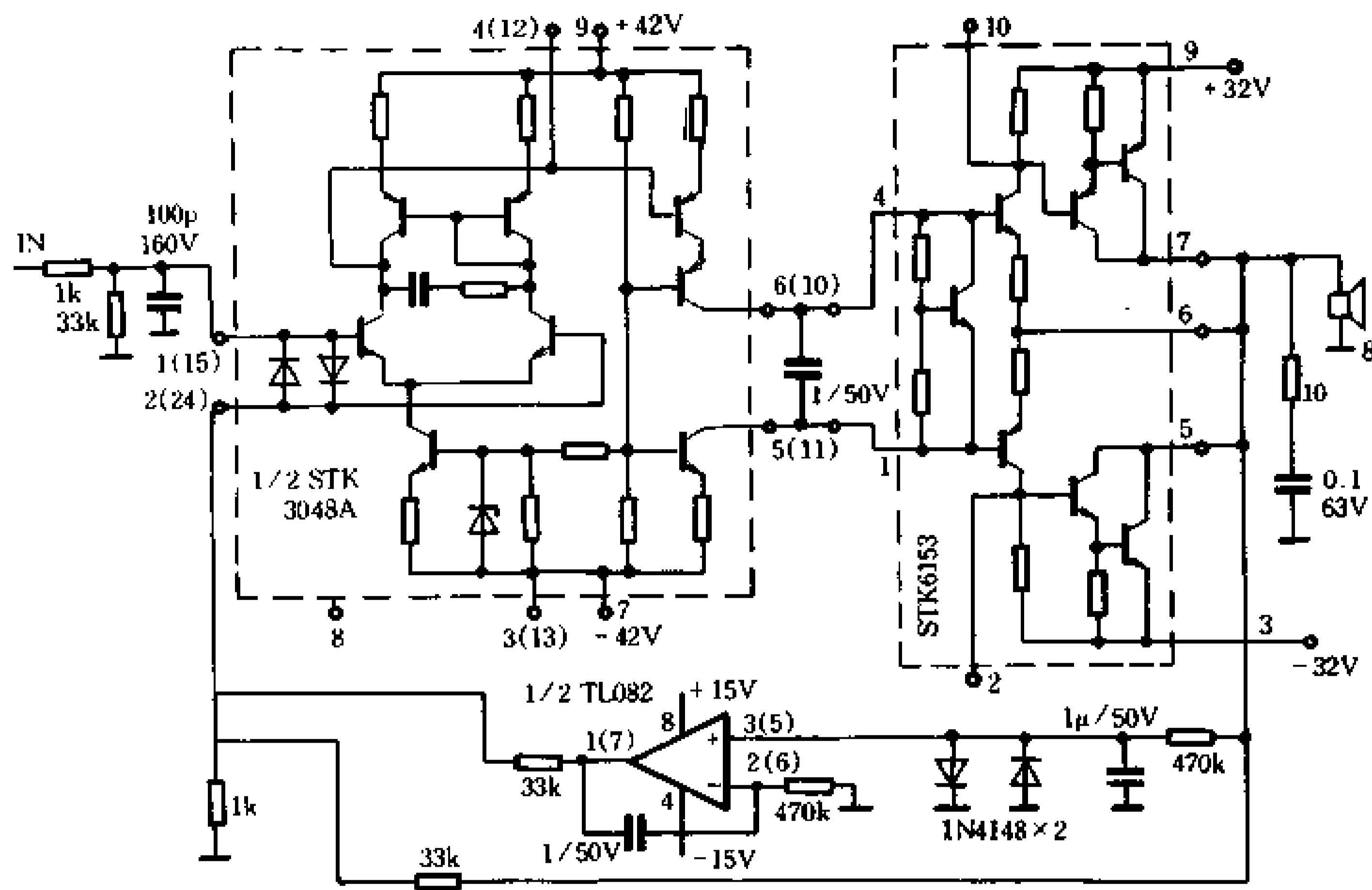


图 3-41

绝缘。STK6153 内部集成了恒压源偏置、末前级推动和末级复合电流放大电路。采用全互补对称结构，具有高速率、高精度、大功率、低噪声等优良特性。由于恒压源偏置的内置，末级大功率管始终处于最佳工作状态，具有极佳的温度补偿作用。该厚膜块的互补输出学设计成倒置式达林顿复合电路，以集电极开路的形式输出，可降低输出阻抗。

由 STK3048 和 STK6153 组成的功放电路如图 3-41 所示(电源、保护电路略)，虚线框内分别为前后级 IC 实物剖析出的内部电路。前级小电容可选用德国产 WIMA 或 ERO 优质电容，电源滤波用大电解选用日产 Marcon NIPPON、CHEMICON Nitsuko、Rubycon 品牌的电容为最佳，每只大电解并联一只 WIMA $0.1\mu\text{F}\sim 0.33\mu\text{F}$ 的小电容以改善频率特性。电路不用调试即可正常工作，在总体听音感觉上，全音域范围内的各频段显得非常平衡，动态大、频响宽、失真低、瞬态响应快、音质纯净有力，且噪音特别小。电路正弦功率： $2\times 100\text{W}$ 、失真 $\leq 0.008\%$ ；负载阻抗： 8Ω ；频响： $10\sim 100000\text{Hz}$ 。

STK3048 和 STK6153 内部电路较为简单，其音质甚佳。但外围线路的设计和外围元件的选用对 IC 音质影响较大，故本功放采用如图3-42所示的电路。

(1) 采用 Gm 控制音量，把音量电位器接在 IC3(NE5532)的增益控制点上，改变其负反馈深度以改变音量大小。STK3048 工作在最佳稳定状态。调节音量时几乎没有滑动噪音。更重要的是小音量放音时动态范围仍不变，大音量时音乐细节表现得淋漓尽致，毫无拖泥带水之感。

(2) 采用恒流负反馈电路，线性电阻 R 和 R' 变放大器恒压方式为恒流方式来驱动负载，使功放的瞬态特性得以改善，增强低音的力度和高音的清晰度。

(3) 取消环路负反馈电容，IC4(NE5532)及外围元件构成输出中点零位伺服电路。用来伺服 STK3048 的②、④脚，对取消反馈电容后而造成 STK6153 输出端直流电位的漂移，提高放大器的高、低频解析力。

该放大器主观听音评价：高音纤细清晰，中音明亮透彻，低音丰满强劲，音域层次分明，

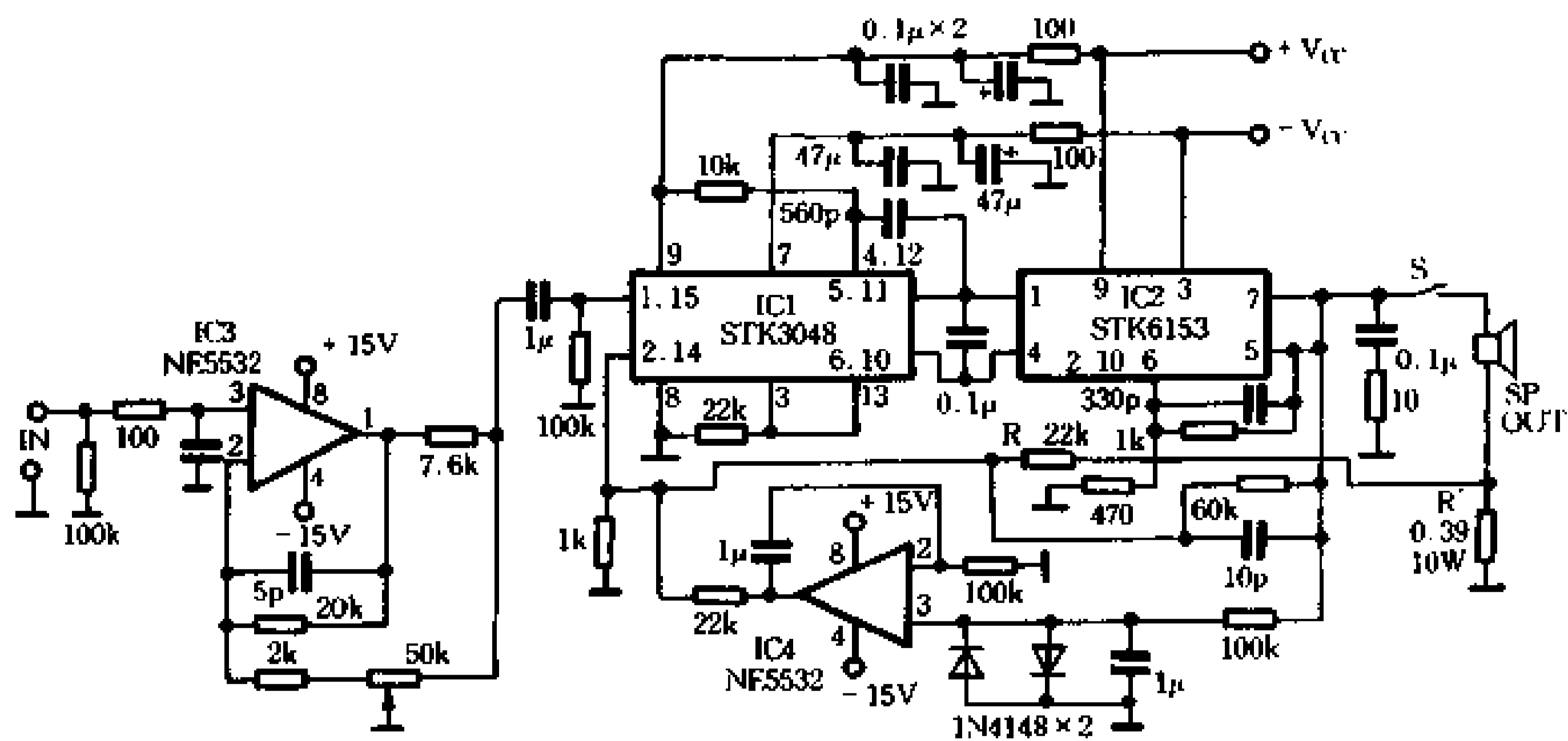


图 3-42

谐波失真小，噪音低，动态范围极宽。

由于该电路输出功率较大，应注意使用的电源要有足够的容量，STK6153 散热器不宜太小。运放 IC 采用独立的有源伺服电源供电。另外，放大器务必装上扬声器保护电路。

17. 性能卓越的准甲类 Hi-Fi 功放

【电路原理】

STK3048 与 STK6153 是一种性能较好的厚膜集成电路，用其很容易制作出一款性能优越的功放，但是其缺点也是不容忽视的。首先，STK6153 是集电极输出电路，所以输出电阻较大；其次，由于其内部偏置电路已定，无法对其静态电流进行调整，这难免令人感到有些遗憾。对此，本文将其作了些改制，制作了一套性能卓越的准甲类 Hi-Fi 功放。电路原理如图

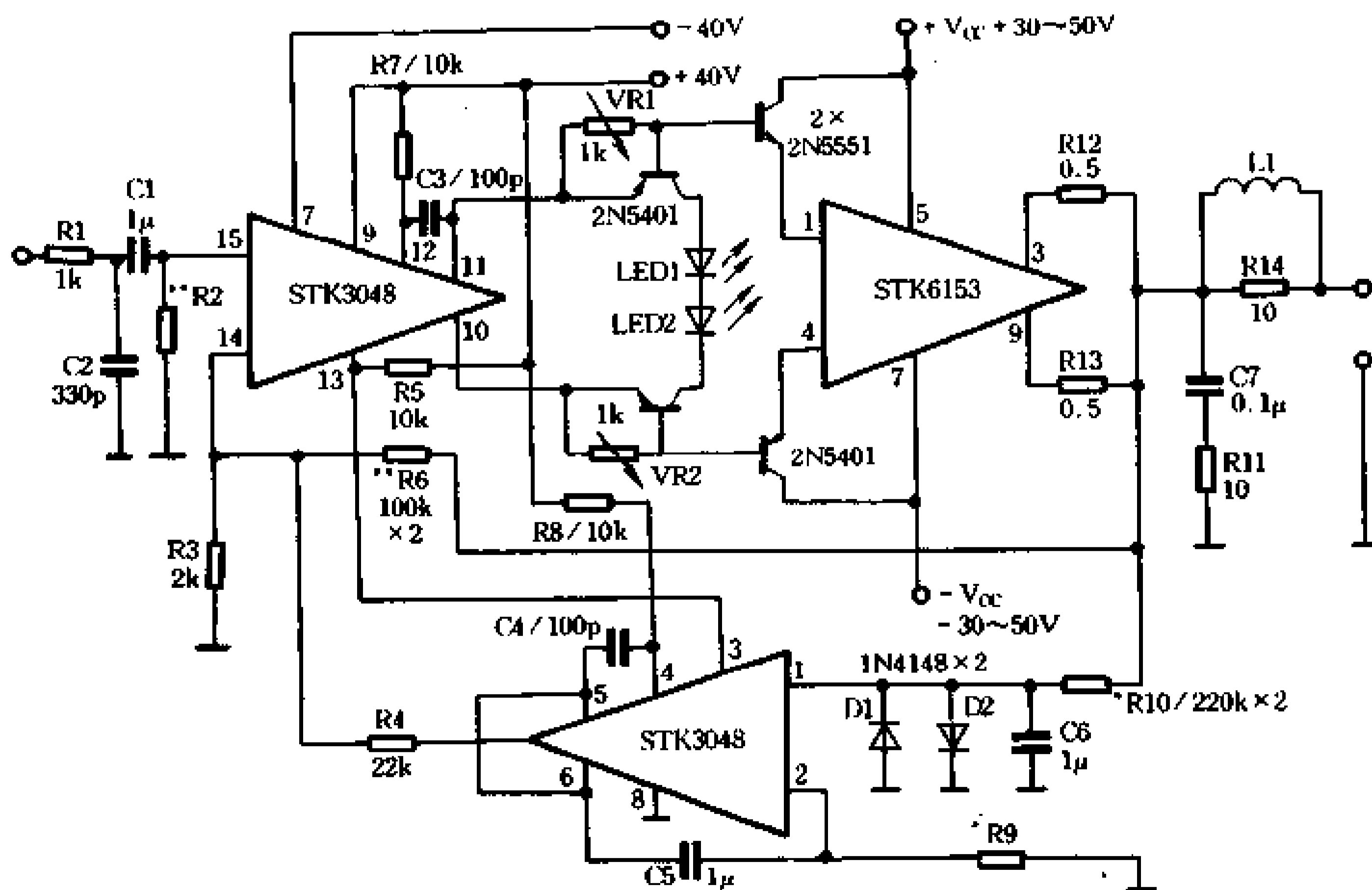


图 3-43

3-43 所示。

本机对元件无特殊要求，但耦合电容最好用 CBB 电容(如新德克)。VD1 和 VD2 可选用压降为 2V 的发光二极管，R12 和 R13 选用功放专用 2~5W 的渗碳电阻。值得一提的是其采用了基极电流偏置，并对 STK6153 的传统接法做了些变动，改为由射极输出的电路。本电路制作与调试比较简单，只需对 VR1 和 VR2 稍作调整，可根据个人的不同喜好调整其末级静态电流，一般调在 100mA 为宜，然后把它价换成两个固定的电阻即可。最后，测一下中点电位，一般都应在 1mV 以下。制作时如不嫌杂乱，也可以直接在原电路板上改动，但最好能另外设计一块印制板，这样不仅对抗干扰有好处，而且还会更美观。

18. 巧摩功放板，直追高保真

笔者购到两块由 STK3048A 与 STK6153 组成的功放板。按照接线图接上电源和音箱试听，结果大失所望，其放音效果与说明书所言相去甚远，低音干瘪、生硬，中高音欠通透、清晰且刺耳难听，就像把音箱放进木桶里放音一般，整个音场杂乱无章。仔细将说明书电路图与实际电路(见图 3-44)对着看，发现两电路相差很大。在弄清实际电路原理之后，顿生摩机之念。

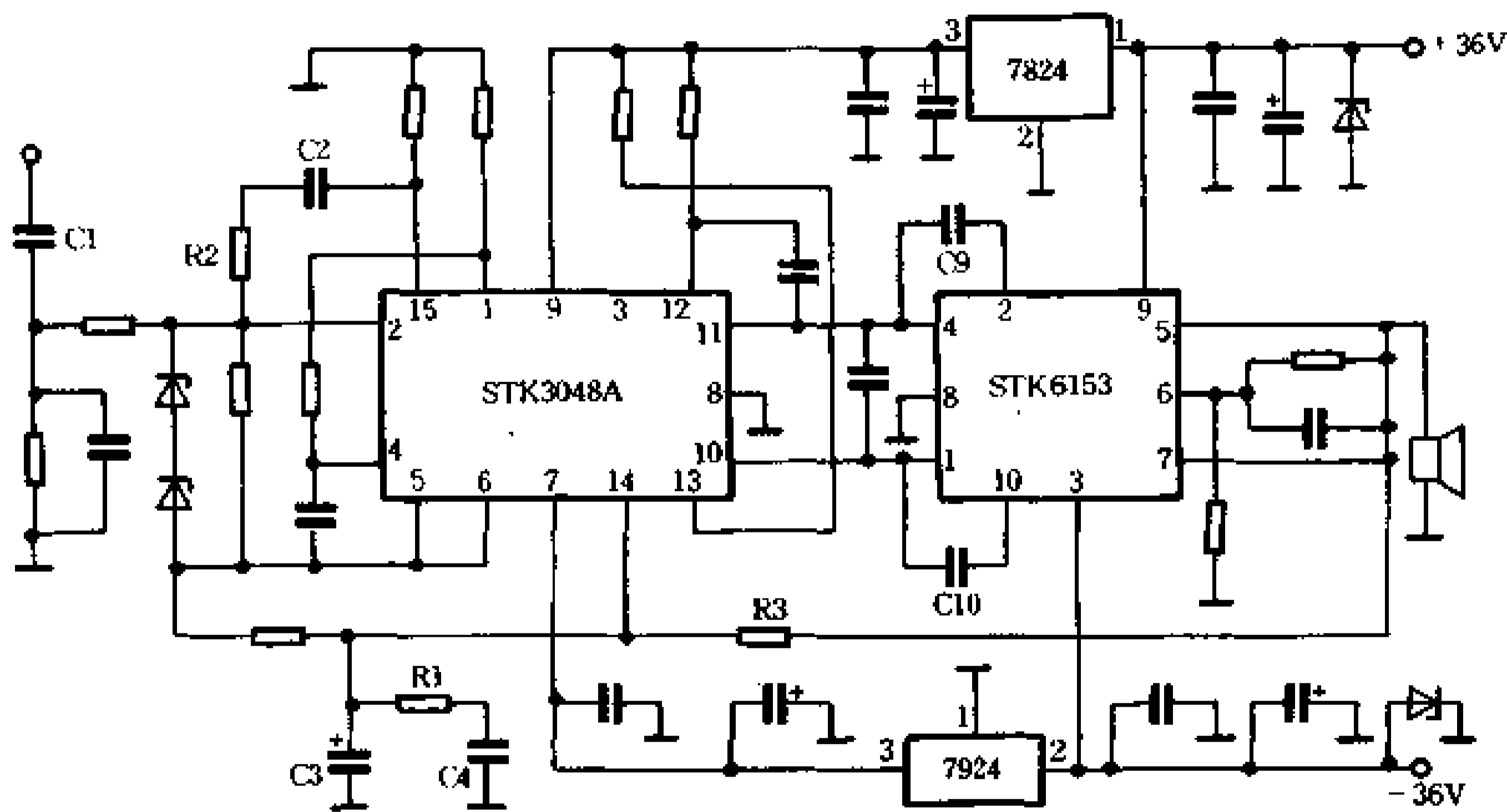


图 3-44

【摩机过程】

(1) 在 STK3048A 的信号输入端②脚串入一只 $4.7\mu\text{F}/50\text{V}$ 钽电解电容器，此举使 STK6153 输出端的直流电压由原来的 48mV 降至 12.5mV(C2、R2 接入时有效)。

(2) 在 STK3048A 的②脚与⑤脚之间串入一只 $0.1\mu\text{F}/50\text{V}$ 的 CBB 电容 C2 及 $6\text{k}\Omega$ 电阻 R2，使高频响应有了极大的改善。调整此电容的容量，高频响应则有微妙的变化，具体容量爱好者可根据喜好而定。建议此电容容量最好定在 $0.01\sim 0.47\mu\text{F}$ 之间。

(3) 将 10Ω 的 R1 及 C3(原为两只 $0.1\mu\text{F}/50\text{V}$ 电容并联)拆除，将 R1 换为 220Ω ，C3 的容量选择在 $22\sim 220\mu\text{F}$ 之间。此电容值的大小对低音的表现影响极大，容量太小，低音改善不明显；容量过大则低音发浑，显得过于夸张，不过同时也与音箱的低频表现有关。

(4) 将反馈电阻 R3 由 100kΩ 减小至 72kΩ，使整机增益适中。加入 0.047μF 的 C4 亦可改善高频。STK6153①脚与②脚之间的 C9 和④脚与⑩脚之间的 C10，可防止功放自激，容量选择在 10~50pF 之间。在功放板的四只退耦电容上各并联一只 0.1μF/50V 的 CBB 电容，对改善电源的高频特性有一定作用。

(5) 把串在 STK6153 通往 STK3048A 正负电源上的两只 100Ω 的电阻拆除，加入 78、79 系列三端稳压器，可减少后级放大动态输出时电源对前级的影响。

经过以上摩机，花费不足几元，但收效不凡：低音结实有力且富有弹性，中高音极富色彩，通透而清晰。真可谓低音有石机的威猛，中高音有胆机的韵味，整体音色表现相当平衡。使用该功放板时，最好在输出端接入喇叭保护器，以防不测。

19. 质优价廉的 100W×2 功放电路

本文介绍一种由前置放大厚膜电路 STK3048A (IC1) 作推动级，功率放大厚膜电路 STK6153 (IC2) 作功放的 100W×2 功放电路。STK3048A 采用高电压供电，可提高音乐动态范围，谐波失真极小。它取消了输入电容，以扩展频率范围，减小失真。此外，还可将电路中的 RC 滤波 (IC1 的⑦、⑨脚) 改为稳压电源供电的方式。STK6153 的输入端采用恒压电路，以减少交越失真，在 8Ω 负载下的输出功率 (32V) 为 100W。在 STK3048A 内部恒流源的作用下，输出中点电压不需作任何调整，即可满足工作。中点保护在电路中 A 点引出来，读者可根据需要自行加装。电路原理如图 3-45 所示。

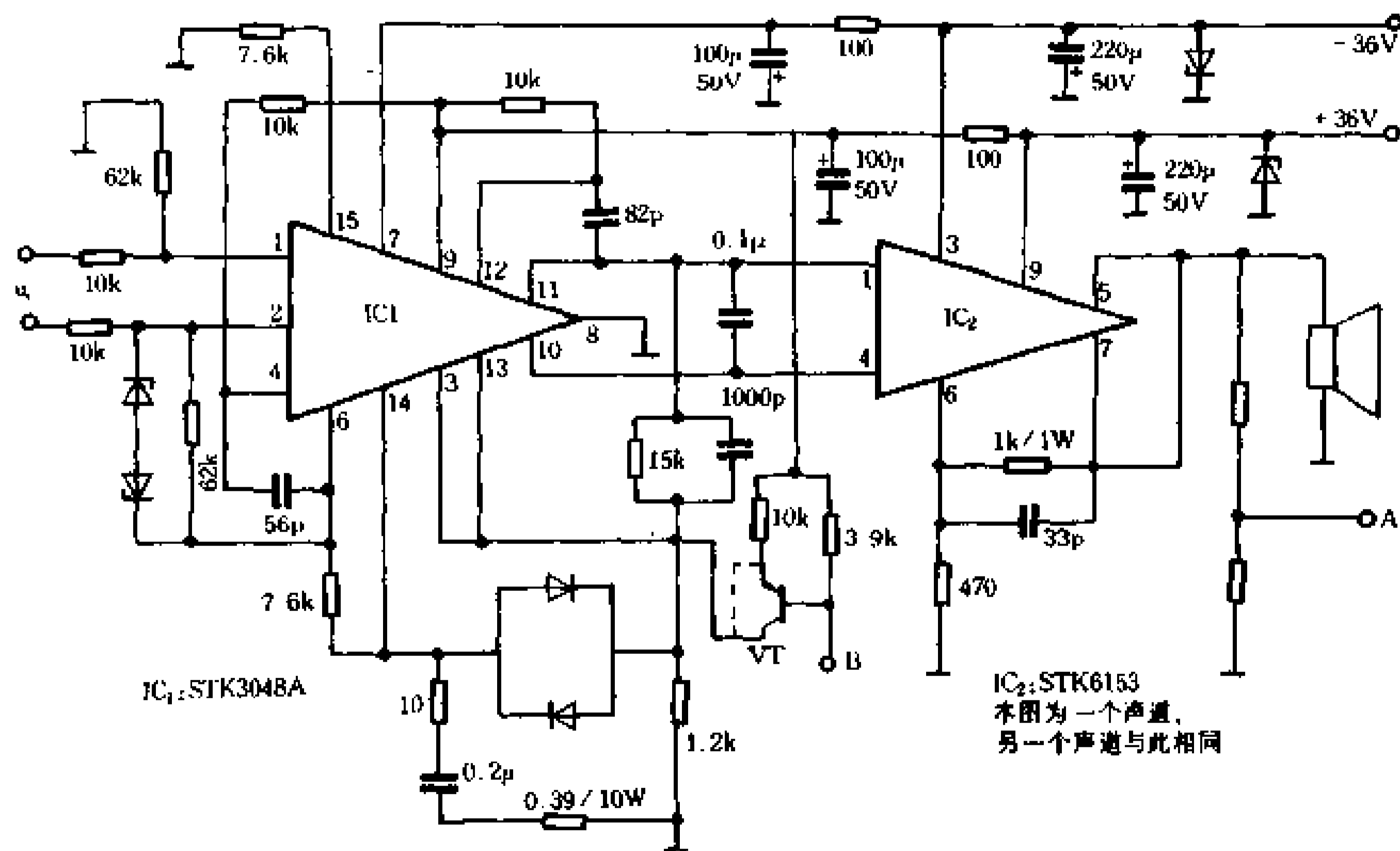


图 3-45

图中 VT 为控制管，电路中的 B 点输入一个高电位，IC1 导通，否则不工作。在电路中将其发射极与集电极短路 (图中虚线所示)，以保证电路正常工作。本电路设计为基本电路，读者可根据需要进一步完善本功放，也可在前级加入音调、重低音、混响、卡拉 OK 等电路。电源采用双 36V 供电，滤波电容推荐采用 8000μF/50V 电解电容。

20. STK4040x1 制作的 Hi-Fi 功放

本功放电路极为简洁，信噪比高，超低失真度，音色佳，功率容量大(额定 70W+70W)，性价比高，易制作。

【电路原理】

STK4040x1 是一种优选的 Hi-Fi 功放电路，有极佳的电参数：在 $U_c = \pm 43.5V$ ， $R_L = 8\Omega$ 条件下，额定输出功率不小于 70W，最大谐波失真仅为 0.008%，典型值为 0.003%，3dB 频响为 20Hz~20kHz。如此突出的性能指标，在功放电路中确实是难得的。如图 3-46 为其内部等效电路。VT3、R1、VD1、VD2 组成的恒流源电路作为差分对管 VT1、VT2 的共射阻抗，提高了输入级的放大倍数和共模抑制比。差分级的单端输出信号直通 VT8 的基极，作为激励级的输入。VT7、VT8 共同组成一种近似共射共基电路，同时，VT7 为近似共基接法，本身电压增益大，与 VT8 结合构成激励级的电压增益仍然很高。更重要的是由于 VT7 的基极接地具有隔离和屏蔽作用，使 VT8 的输出信号不易反馈到输入端，保证激励级的工作更为稳定，进一步降低失真。VT6 和 R2、VD1、VD2 组成另一恒流源电路作为激励级的交流负载，它比普通电阻负载(如 STK465、STK4151 等许多集成功放)，具有更高的交流阻抗，增益更高，工作非常稳定、可靠。VT9、R8、R9 和 VD3 组成一种“倍增恒压电路”，恒压值主要由 R9 和 R8 的比值决定。它比起用二极管串接电路稳压效果更好，动态内阻更小，输出级的直流偏置越稳定，激励信号的波形更对称，失真更小。VT10、VT11 和 VT12、VT13 组成全对称 PNP-NPN 达林顿对管，使输出级电路更为简洁，对称、线性好、失真小。

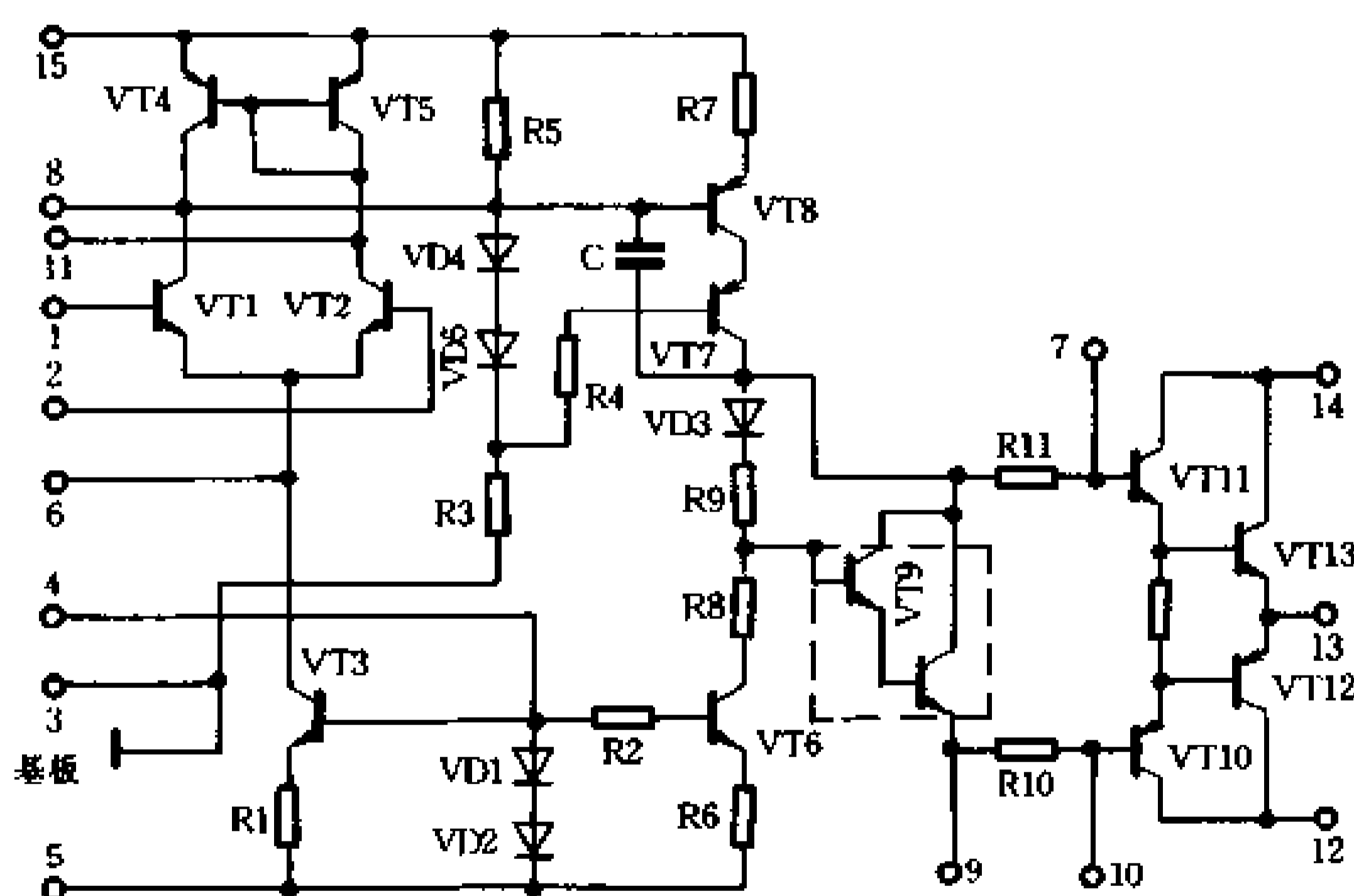


图 3-46

可见，本功放集成电路由于采用了对称性、稳定性好的全互补输出电路，并广泛应用恒流源电路和高 β 值的恒定偏置电路，激励级采用共基共射形式，减小了滞后补偿电容，明显地改善了放大器的开环频响和非线性失真。另外，由于集成工艺能有效地保证差分对管和输出对管的参数一致性，使得电路指标比起分立元件电路更易得到保证和提高。

如图 3-47 是用 STK4040x1 和 NE5532 组成的放大器(只给出一声道)，IC2 采用较深的直流和交流负反馈，工作稳定，能给出 27dB 的增益。IC1b 构成有源音量控制电路。在电位器接地点 3 端滑至 1 端时输出最大，且能给出 12dB 的增益。

板，将 STK4044 精心固定在散热器上，再将各部分按技术要求连接起来，即成整机。但在安装中需注意以下几点：

(1) 变压器铁芯通过螺杆与机壳连接(即接地)。

(2) 考虑到滤波电解耐压均为 50V，故 STK4044 工作电压以±45V 为宜，这并不影响其它性能。

(3) 散热器必须与机壳严格绝缘。

(4) 整机一点接地。

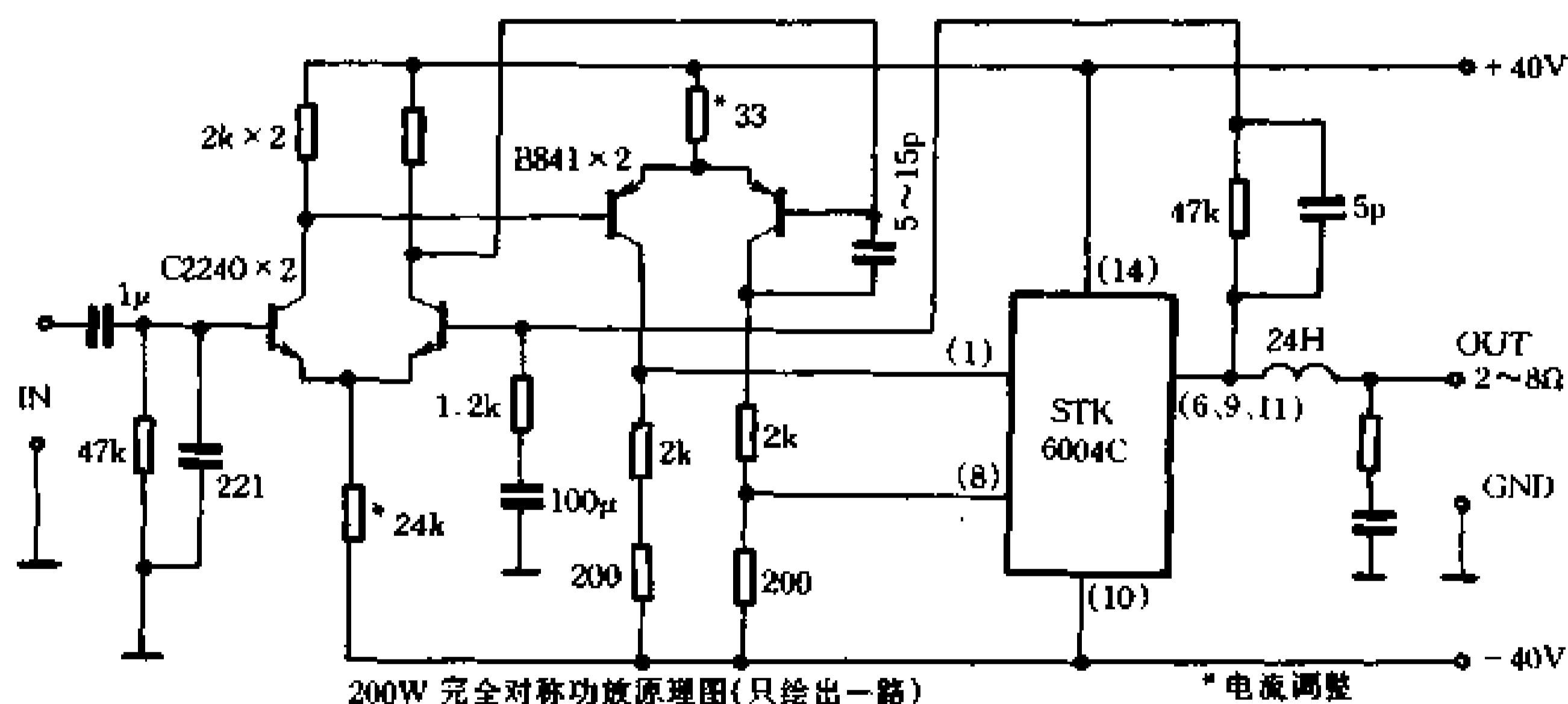
经检测无误后通电，分别以“奇声”328 卡座和 ONE497CD 机为音源，自制 LM1036 为前级试音，效果实在不错，尤其大音量动态时，更显得从容不迫。长时间试音后，实测各点电压，两机依然对称且一切正常，用手触摸散热器，仅微热。

STK4044 的确是一款大功率高品质的器件，用它自制的功放绝不亚于价格昂贵的成品机，且在制作中提高了技术。

22. 简洁至上的 200W 全对称功放

在近年来的很多发烧文章中，简洁至上一直是很多发烧友津津乐道的话题。下面所介绍的正是这样一款电路简洁而效果上佳的完全对称功放电路。

电路原理如图 3-49 所示。STK6004C 是日本三洋公司制造的一块超大功率厚膜电路，内部有三组大电流图腾柱式输出对，每组耐压都不低于 200V，电流不小于 15A，灌有导热良好的透明硅凝胶，自带散热且与内部电路绝缘。因内部电路十分复杂且部分已固化，本文对其进行改造，取出精华部分成为图 3-50 的电路，并把它安排在全对称功放的后级(第三级)。而第一、二级均采用普通的差分电路，各级都用电阻作负载，其特点是电路简洁、失真小、频响宽、音质佳。因采用自装的开关电源带有多重保护，故该功放的保护电路特别简单。电路



(a)



(b)

图 3-49

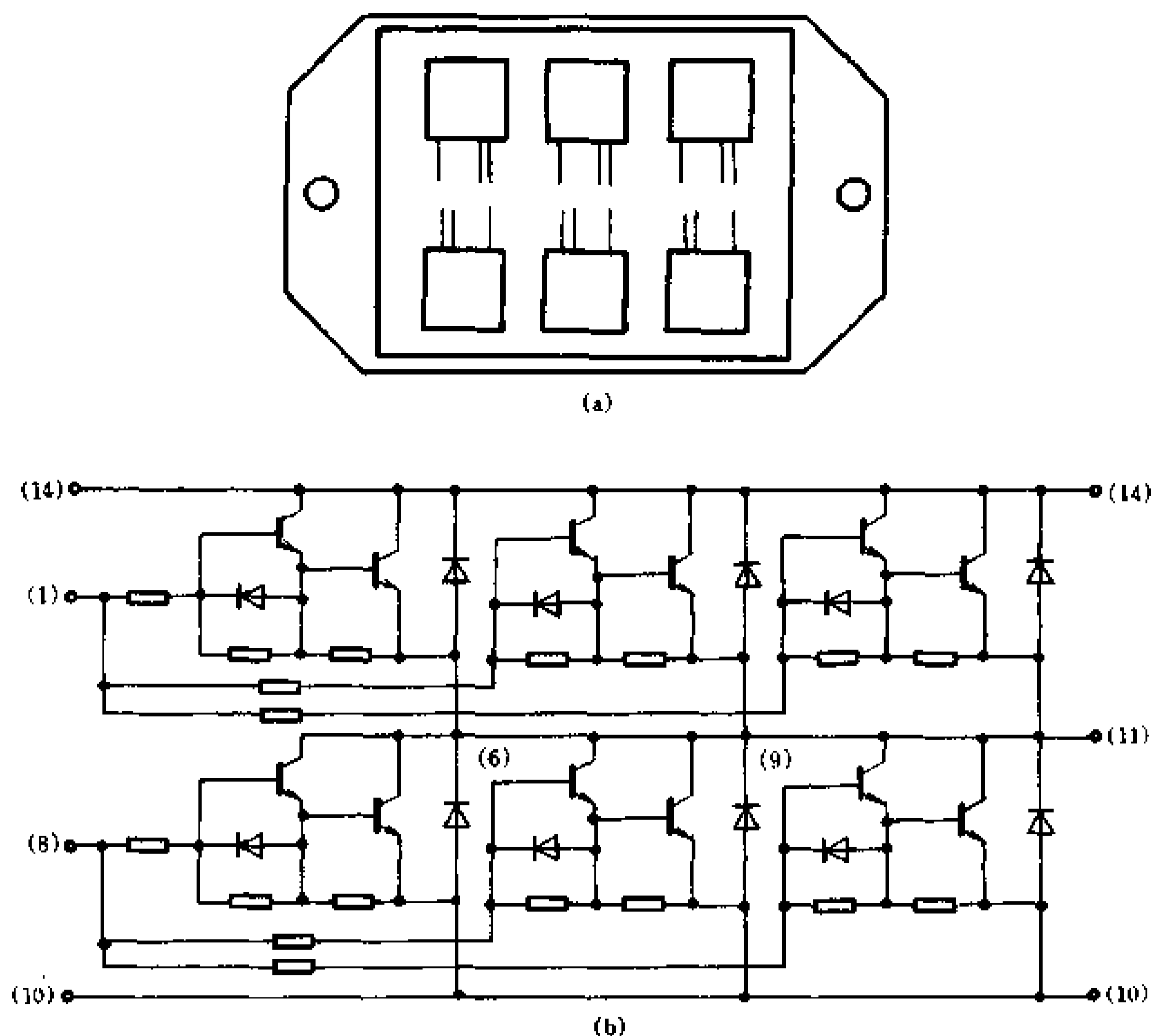


图 3-50

总增益可根据需要确定，一般在 40dB 左右为佳。

值得一提的是元器件与电源的质量。因越简单的电路对元器件与电源的要求就越高，所有的差分对与末级输出管都要配对(STK6004C 是天生的配对管)。电源最好能选带稳压及保护功能齐全的开关稳压电源，作为立体声应选择电源功率在 300W 以上，本例为 400W。

本功放制作十分简单，几乎不用调试就可正常工作。因功率大，特别要注意散热，若能用仪表风扇并加一个智能控制电路效果更佳。

23. 用优质开关稳压电源供电的 STK6303 合并式功放

大家知道，音频功率放大器实际上为电源调制器，故电源供给系统的地位在功放中举足轻重，有人甚至说一台好的功放，其电源成本应占一半以上。时下的功放，无论是国外的还是国内的，大都用传统的整流滤波电源，而选用理想的优秀高频高速开关电源的厂商还很少，究其原因除成本外，主要认为高频电源尚存在射频干扰、高频泄漏、反应速率稍差以及声染等问题。其实，有一新型号为 AA-12480(输出电压为 36V, 电流为 4.2A) 的进口精密开关电源，较好地解决了上述问题，成本也较低，把它们运用于功放，效果出色，现介绍给爱好者们参考。

电路原理如图 3-51 所示，功放部分采用日本三洋公司制造的 STK6303 大功率厚膜集成电路，其供电电压最大可达 $\pm 50V$ ，输出电流可达 10A 左右。单片电路在稳压供电 $\pm 36V$ ，就能得到 100W 的正弦功率。在电路中的运放 AD712 为负反馈式音量控制，其优点是本身为一优质的增益可调的(0~10 倍)前置级，采用性线电位器，平衡度高，控制过程全无噪声，很实

用,值得推广。NE5532 作为厚膜电路 STK6303 的推动级,是一种准 DC 模式,本级增益约 15 倍。该功放的输入灵敏度为 300mV, 阻抗约 10kΩ, 可适应各种常用信号源(当然要注意阻抗匹配等)。

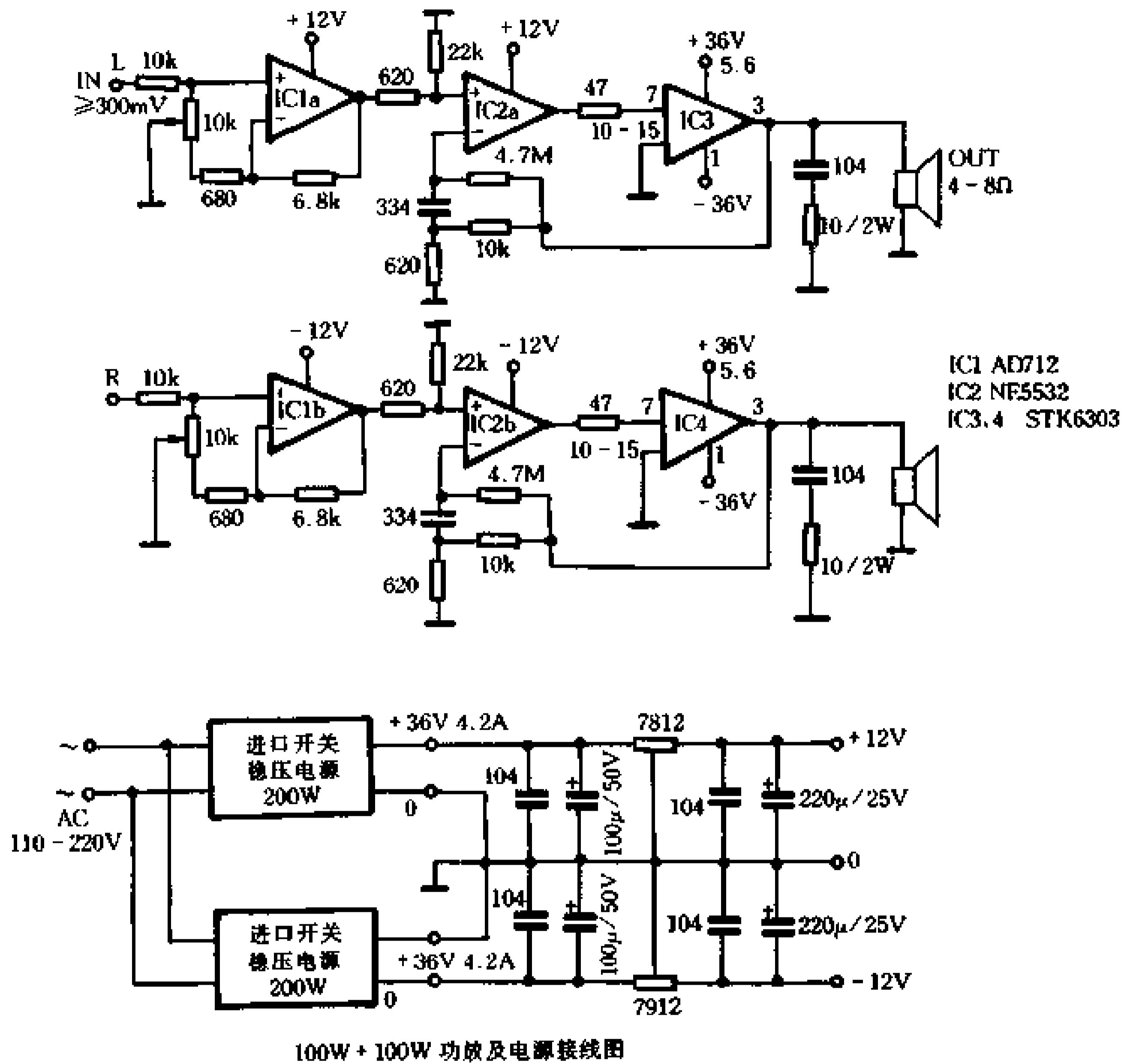


图 3-51

本功放的供电采用二只进口的精密开关稳压电源, 型号为 AA12480, 输出为 DC36V、4.2A。该电源材料与工艺都比较先进, 电路更为成熟。在输入与输出都带有多重滤波电路, 抗干扰极强; 采用高低压全隔离, 安全可靠; 低压直流用大电感滤波、储能, 线性稳压、高速跟踪输出电压的变化, 其速率甚至超过功放级; 具有过压、过流、过热等多重保护; 良好的磁电兼容; 用厚铝作坚固外壳兼做散热、美观、实用。在实际试听时, 发现在零功率至满功率输出时, 其电源输出±36V 电压几乎不变。这样良好的特性是用“环牛”、“R 型”、“大水塘”电容供电方式所不能比拟的。

该放大器装配简单, 不用调试, 使用时注意连接线尽量粗而短, 厚膜电路的散热要足够, 有条件最好能用仪表风扇强制风冷。

24. 用 STK6303 的 300W 功放

【电路原理】

STK6303 是三洋公司的一种大功率厚膜集成电路, 一块电路分成 A、B 两面, 在国内尚很鲜见, 至今也尚未查到其内部电路原理图。估计是专用于某些进口大功率变频调速用电机

伺服。通过反复试验，发现用其B面(如图3-52所示)做后级功放的电流放大，用发烧运放作激励，再用二个型号为AA12480、输出为DC36V、4.2A的进口开关精密稳压电源，作成一款发烧功放，效果极佳。

电路如图3-53所示，这是一部极简洁的准直流BTL300W合并功放。其中IC1a为负反馈式音量控制，增益约为0~10倍可调。IC1b增益为1的反相器，IC3、IC4分别为STK6303F，接成准直流功放模式，增益约15倍，且与上述电路配合，接成BTL形式，输出灵敏度约为150mV，可在4Ω负载得到约300W的不失真功率输出，足以推动任何家用

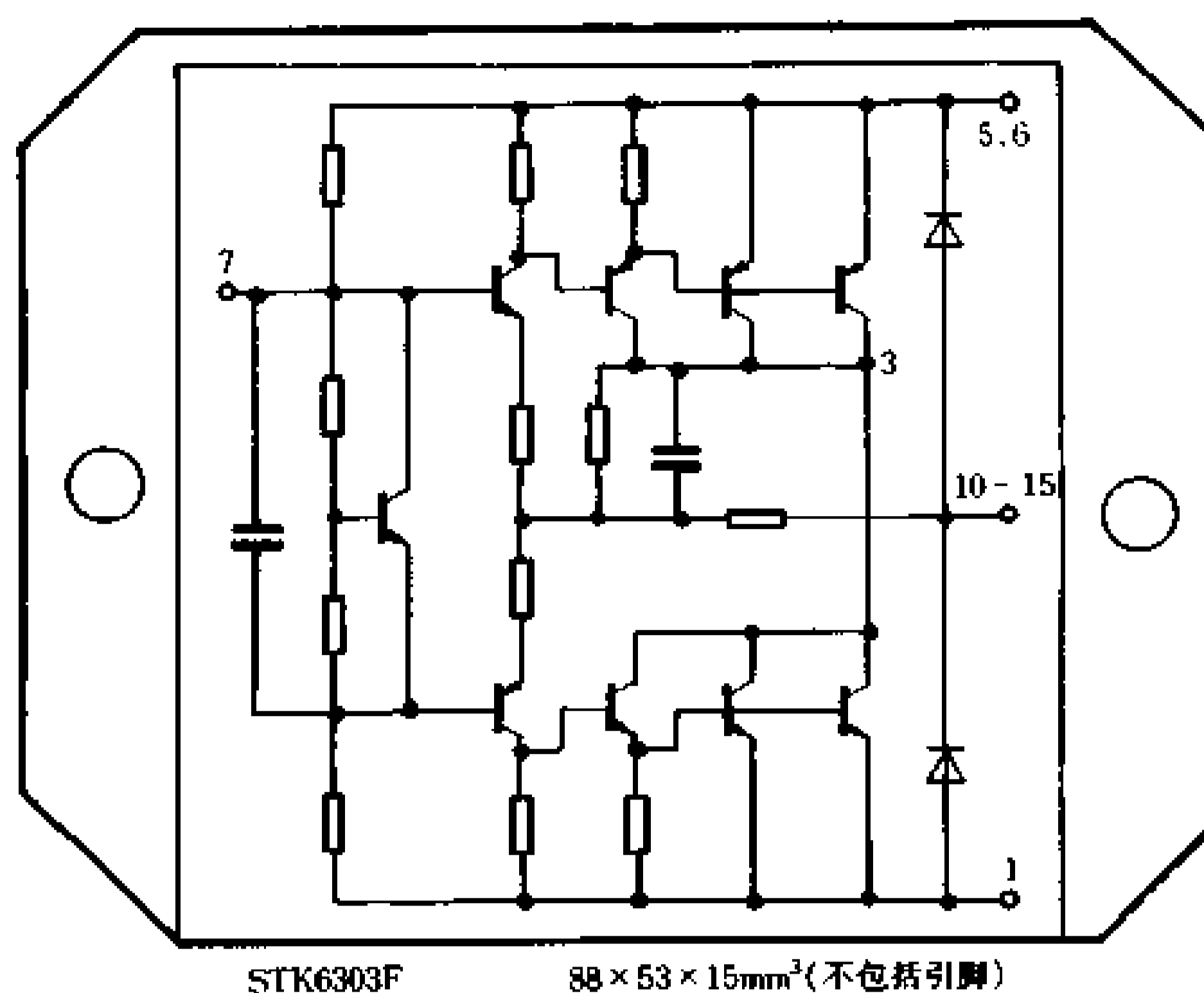


图 3-52

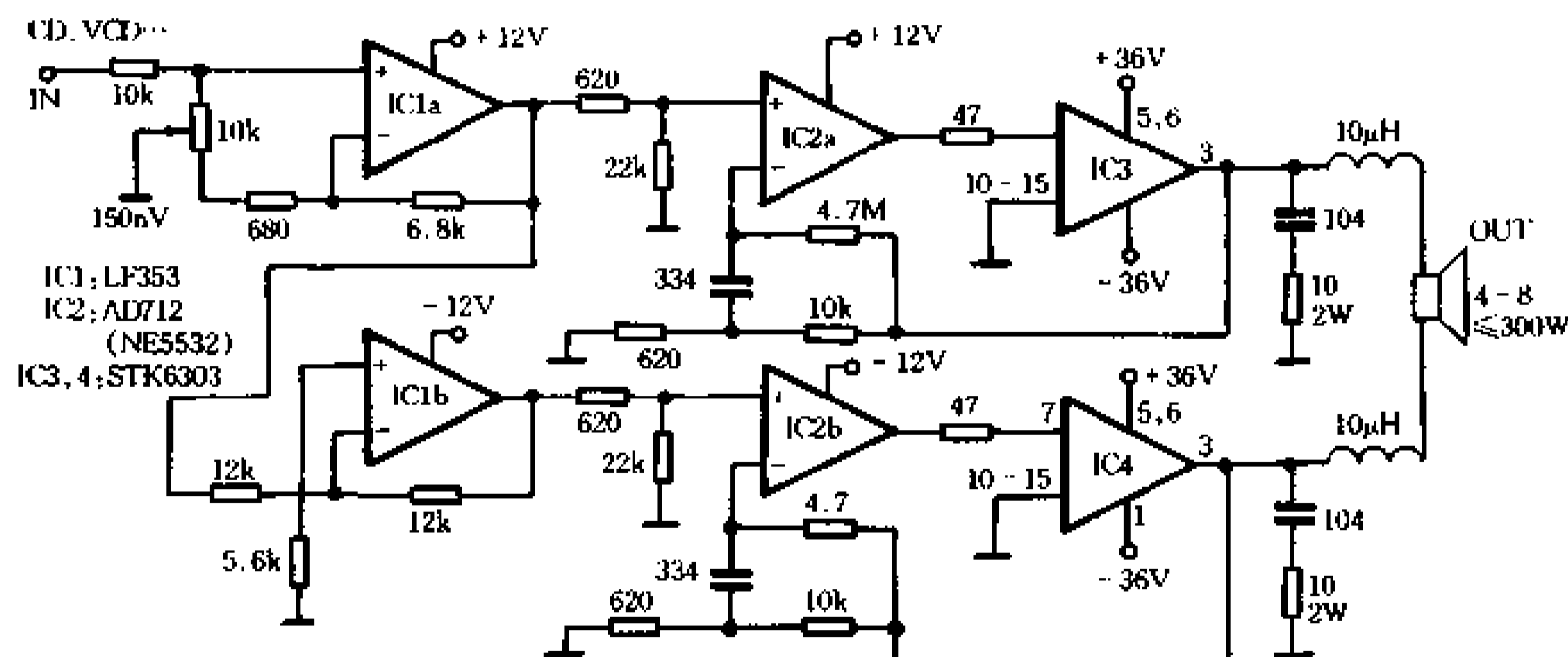


图 3-53

大功率音箱。

该放大器装配简单，不用调试，其开关电源自带过压过热过流保护。装配时注意厚膜电路的散热一定要良好，有条件最好能用仪表风扇强制风冷。

四、晶体管功率放大器

1. 超甲类功率放大器

电路如图 4-1 所示。元器件的选择及安装要求与一般全互补对称功放一样。应注意的是，两只二极管应选用高频二极管，或用高频三极管的一个结代替。安装时必须把 VT1、VT2 与功放管 VT11、VT12 进行热耦合，以稳定静态电流。

由本电路结构可知，在开环时功放管 VT11、VT12 静态电流分别由 VT1、VT2 组成的恒流源决定。调试时，R1、R3 用电位器代替，其测试应大于实际测得的恒流值为 2mA 时的电阻值，反复调节两个电位器，使末级电流为 100mA，输出中点电压为零伏即可。调完后用固定电阻换回，即可投入正常使用。

本电路输出功率大于 50W，电压增益为 29 dB。

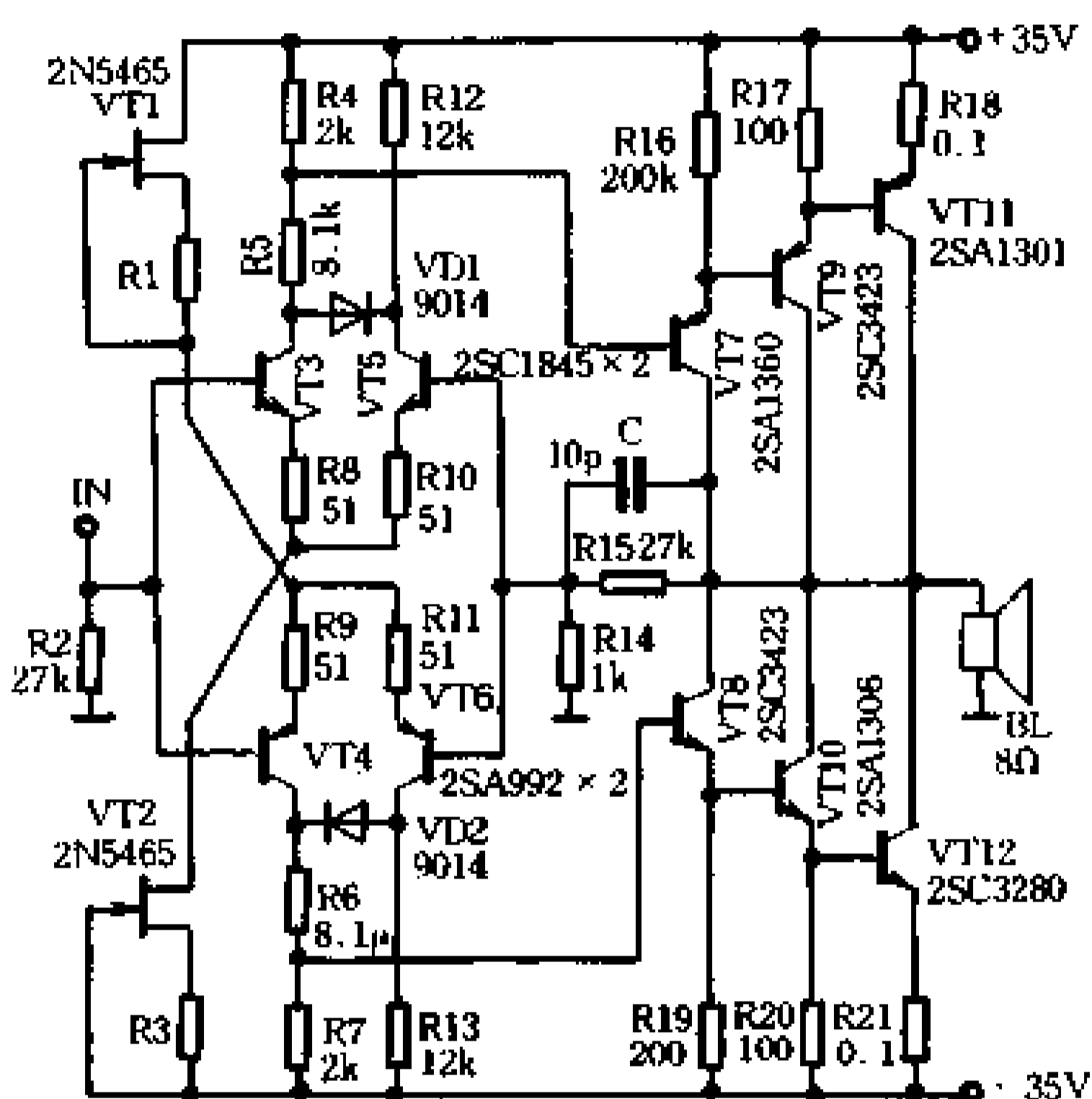


图 4-1

2. 一款具有动态偏压的甲类放大器

【电路原理】

如图 4-2 所示，这部功放的输入级是一对场效应管，优点是输入阻抗高，动态范围大和噪声低。VT3、VT4 组成第二级放大，VT5 提供 1.8mA 的电流给 VT1、VT2；VT6 提供 9.5mA 的恒定电流给 VT3、VT4。由于 VD1 的导通，电流电压即使有波动，不会影响到 VT5、VT6 的基准电压，保证了 VT1、VT2 两管电流的稳定。VT9~VT14 组成互补输出级，它的输出电流受 VT8 的控制。VT8 是一个恒压电路，动态内阻小， V_{ce8} 的电压恒定不变，调节 RP2 可以调整静态工作电流大小。VT7、C3、R13、VD2 组成一个动态偏压电路，它的原理是：在信号输入增大时，VT7 使 VT8 的基极电流下降，VT8 的 V_{ce} 升高，VT9~VT14 的电流也相应升高，最高峰值可达 4~5A，使推挽输出自动工作在甲类状态，不仅减少交越失真和谐波失真，而且提高电源的利用率，动态偏压的控制量由 R13 决定。C5 是加速高频信号的大环路负反馈电容，具有相位超前的补偿作用。可降低瞬态失真和互调失真，并可防自激。输入级还加有高频滤波网络，以便将一些不必要的高频噪音滤掉，提高信噪比。

【元器件选择】

在电路所用晶体管的 BV_{ceo} 要求大于或等于电源电压的两倍。场效应管 $V_{DS} \geq 50V$ ， G_m

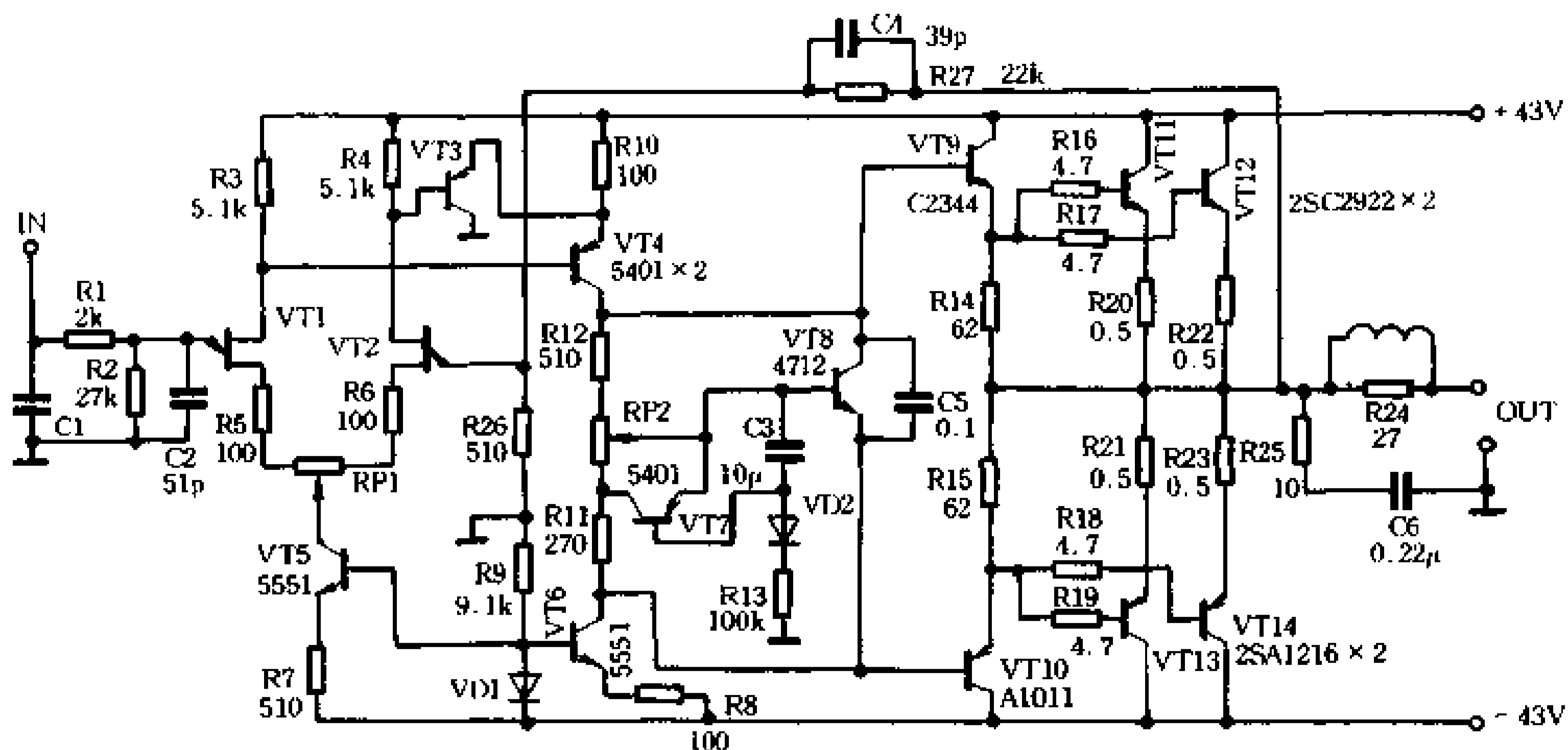


图 4-2

也必须一致。互补输出级应测量小电流到大电流的直流放大倍数，要求线性好，每位相差不超过1%，输入级的 f_T 可选高一些，输出级的 f_T 则应低些。电阻宜用性能稳定的金属膜电阻。C3选用CA系列，其余均为CBB电容。在选管时，必须对推动级的晶体管选择引起重视。实际上推动级的工作状态决定着末级输出工作能否轻松自如。现今大功率功放使用的电源电压都比较高，输出管驱动电流也比较大，推动级的功耗相当可观。这也就是高级功放的推动级选用中功率及大功率管并加散热器的原因。

【安装与调试】

由于该电路的各级都是直接耦合的。其中一只元件不合格则可能影响工作状态，甚至损坏晶体管。故须仔细检查元件质量。安装时，调节零电位和静态电流的两个电位器可就近安装在VT1、VT2和VT7的附近，外壳必须良好接地。大功率管和射极电阻均装在足够大面积的散热器上，以免大电流通过线路板而产生不必要的寄生耦合，VT8装在四个晶体管的中间，作温度补偿用，以稳定静态工作电流。

这部功放的调试十分简单。首先在放大器的末端接一个40~60W、27Ω或者电压36V、功率60W的机床工作灯泡作假负载。用万用表测量中点电压应为0V左右，若达不到要求则可能是差分管不配对，或者元件管脚焊错。对静态电流的调试：调节RP2，使输出管的射极电阻两端的电压降在100mV左右，这时静态电流在200mA。

3. 50W 甲乙类功率放大器

发烧友都希望能制作一台优质的功放，但多数刊物上刊登的优秀电路，往往又过于复杂而难以下手。本文介绍一款甲乙类输出的纯后级功放电路，电路简洁，音质令人满意，有兴趣者不妨试试。

电路如图4-3所示。VT1~VT4组成一、二级差分放大，VT6~VT7构成功率输出管，VT8、VT9为推动电路。VD1~VD3、VT5为VT6~VT9提供偏压。电路的增益由R6、R7控制为30倍左右。整个电路简洁明了，一目了然。

本机的调整非常简单：调整RP1使中点电位为0V；调整RP2，使R13两端电压为0.1V

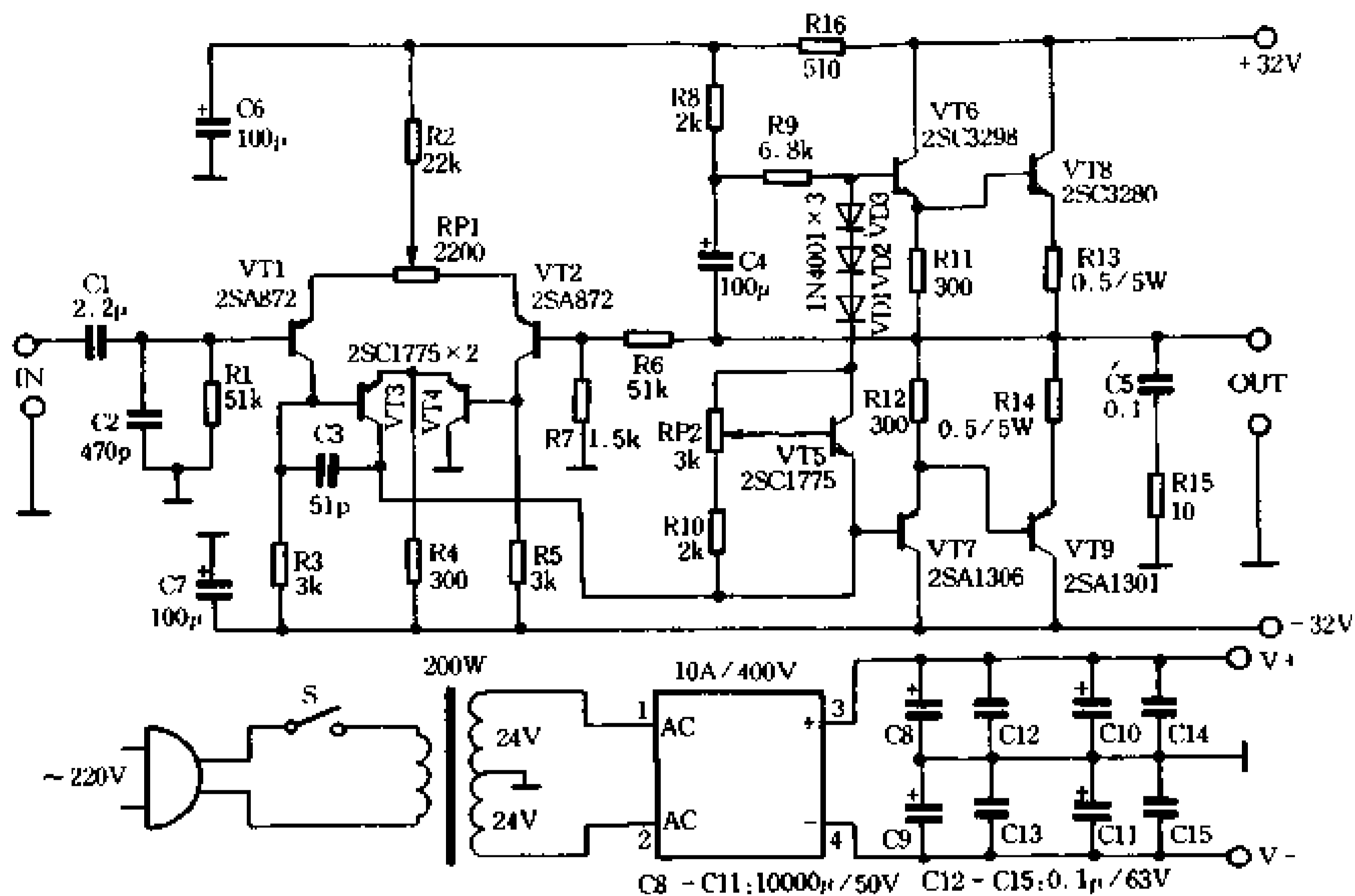


图 4-3

左右。反复调整几次即可投入使用。

4. 直接耦合推挽功率放大电路

直接耦合推挽功率放大器是一个理想的换代型音频功率放大电路，电路的音质、音量等均优于以前所有的音频功率放大电路。

在早期的晶体管音频功率放大电路中，普遍采用变压器耦合推挽功率放大电路，由于电路中的变压器存在着一些缺点，如：体积大、效率低、失真大等。随着晶体管和集成电路制造的技术飞速发展，可靠性不断提高，价格大幅度降低，出现了另一类无输入、输出变压器的 OTL、OCL 电路。此电路具有小型化、易集成、便于加负反馈等优点。但 OTL、OCL 电路仍有不足之处，如：功放级串联供电，最高输出功率理论上只有变压器耦合推挽功率放大电路的 1/4。电路不能作到完全对称。普及型机由于功率放大器加入深度负反馈，失真仍然较大，尤其是瞬态互调失真。本文介绍一种能克服以上电路不足之处的直接耦合推挽功率放大电路。

【电路原理】

电路工作原理如图 4-4 所示。VT1、VT2 构成差动式输入级，VT7 是它的恒流源。R1、VD1、VD2、VD3、RP2 共同决定输入级和整机的静态工作点。输入级的两输出端直接与电压放大级 VT3、VT4 的基极相连。功放级 VT5、VT6 采用两只相同的导电性的达林顿 NPN 三极管，两管基极分别直接与电压放大级 VT3、VT4 的集电极相连。VT3、VT4、VT5、VT6 均被偏置于甲乙类工作状态，BL 是双音圈扬声器，两音圈阻抗相等，以相反的相位分别直接与功放级 VT5、VT6 的发射极串联。

当输入信号输入正半周时，根据差分放大电路原理：VT1、VT2 两管集电极输出信号电压大小相等，极性相反。IC1 增加，集电极负载电阻 R5 上的电压降增加，VT3 发射结正向偏

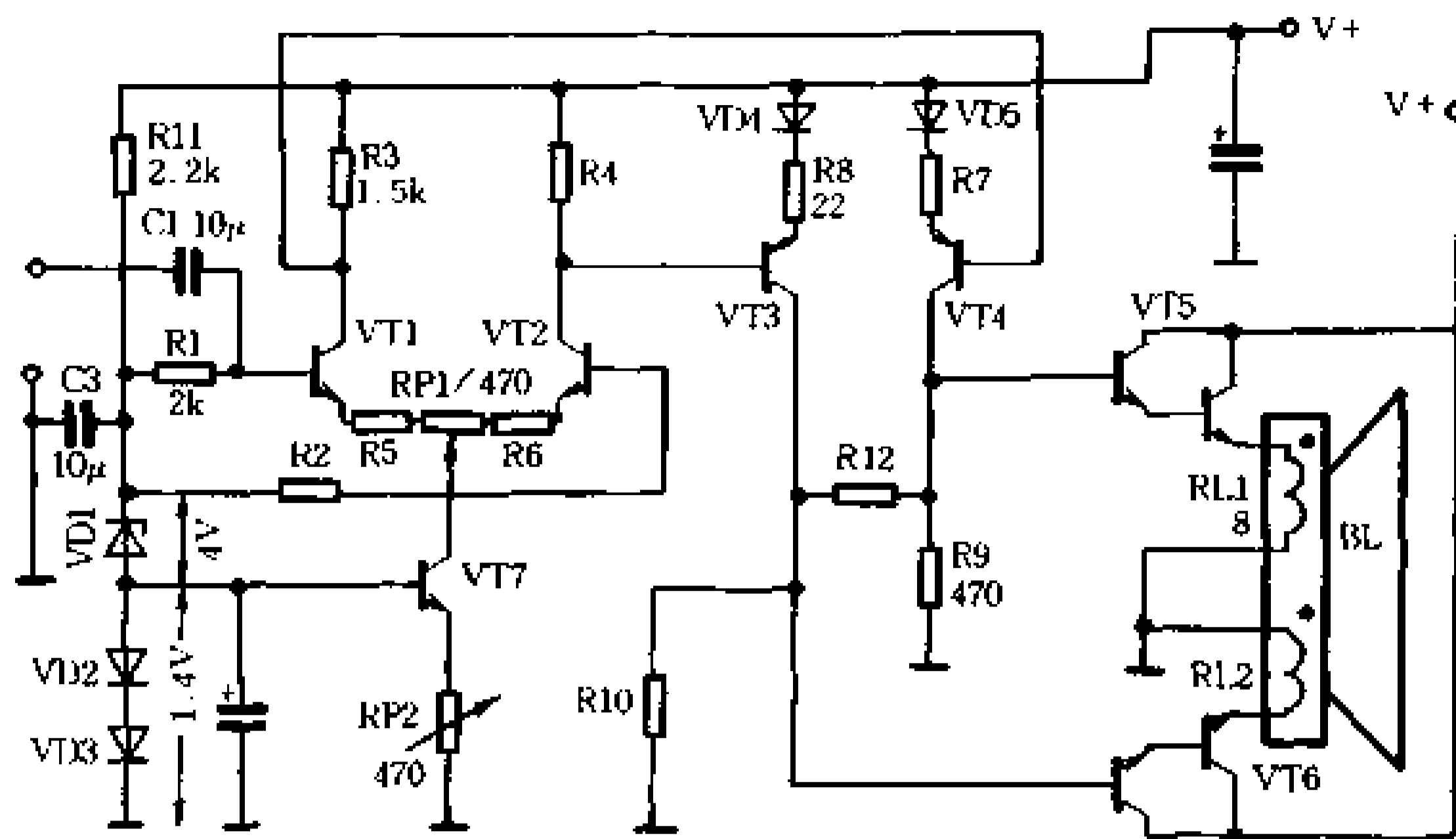


图 4-4

压增加， IC_2 降低，集电极负载电阻 R_4 上的电压降低， VT_4 发射结正向偏压降低。因此， VT_4 截止。 VT_3 导通，集电极电流随输入信号而变化，经功放管 VT_5 进一步放大后， I_{c5} 流过双音圈扬声器的 RL_1 音圈，在它上面得到相应的正半周，推动扬声器纸盆向外运动（设向外）。当输入信号输入负半周时， VT_3 截止、 VT_4 导通，集电极电流随输入信号而变化，经功放管 VT_6 进一步放大后流过双音圈扬声器内的 RL_2 音圈。在它上面得到相应的负半周，推动扬声器纸盆向内运动（ RL_1 、 RL_2 相位相反）。这样虽然两只功放晶体管分别在不同的半个周期内导电，各输出半个信号周期，但在双音圈扬声器上就直接合成一个完整的信号周期，同时完成电声转换。

电路采用温度负反馈。装配时必须把所有的晶体管紧贴在同一块散热板上得到均温。利用 VD_2 、 VD_3 的负温度特性来补偿温度变化而造成的静态电流漂移。

电路各级并联供电，有两个输出端与负载直接耦合。其优点是：

(1) 输出功率是 OTL、OCL 电路的四倍，功放级输出的信号电压接近电源电压，可以很方便地增设自举电路。提高了电源的利用率。

(2) 电路可设计成完全对称，无大环路直流负反馈、无大环路交流负反馈的直接耦合推挽功率放大电路。这种电路结构与原有的各种推挽功率放大电路从理论上比较，对被放大的信号正负半周的对称性、信噪比、失真度等都有较大幅度的改善。更容易集成化、更容易制成高保真大功率放大器。

(3) 很容易做到使功放级不发生截止，在图 4-4 中只加入一个 R_{12} 电阻就能较好地克服推挽功率放大电路的奇次谐波失真。同时还能改善负载的各种失真。

(4) 应用于大功率扩音机可降低成本。输出功率容易扩展如图 4-5 所示。应用于低压收音机、放音机等，如图 4-6 所示可大幅度提高输出功率。

(5) 对供电电源的纹波不敏感，降低了电源成本，静噪声小。无开关机电流冲击声。

采用双音圈扬声器，其优点是：

(1) 双音圈扬声器只比现有扬声器多一组音圈。结构简单易制作，几乎不增加成本，但与之配合的电路可大大简化，降低了整机成本。

(2) 双音圈扬声器与现有的扬声器具有兼容性，有串联、并联、双线并绕两个圈的，还可只接一组音圈。有三种不同阻值供现有电路选择，有更大的灵活性。

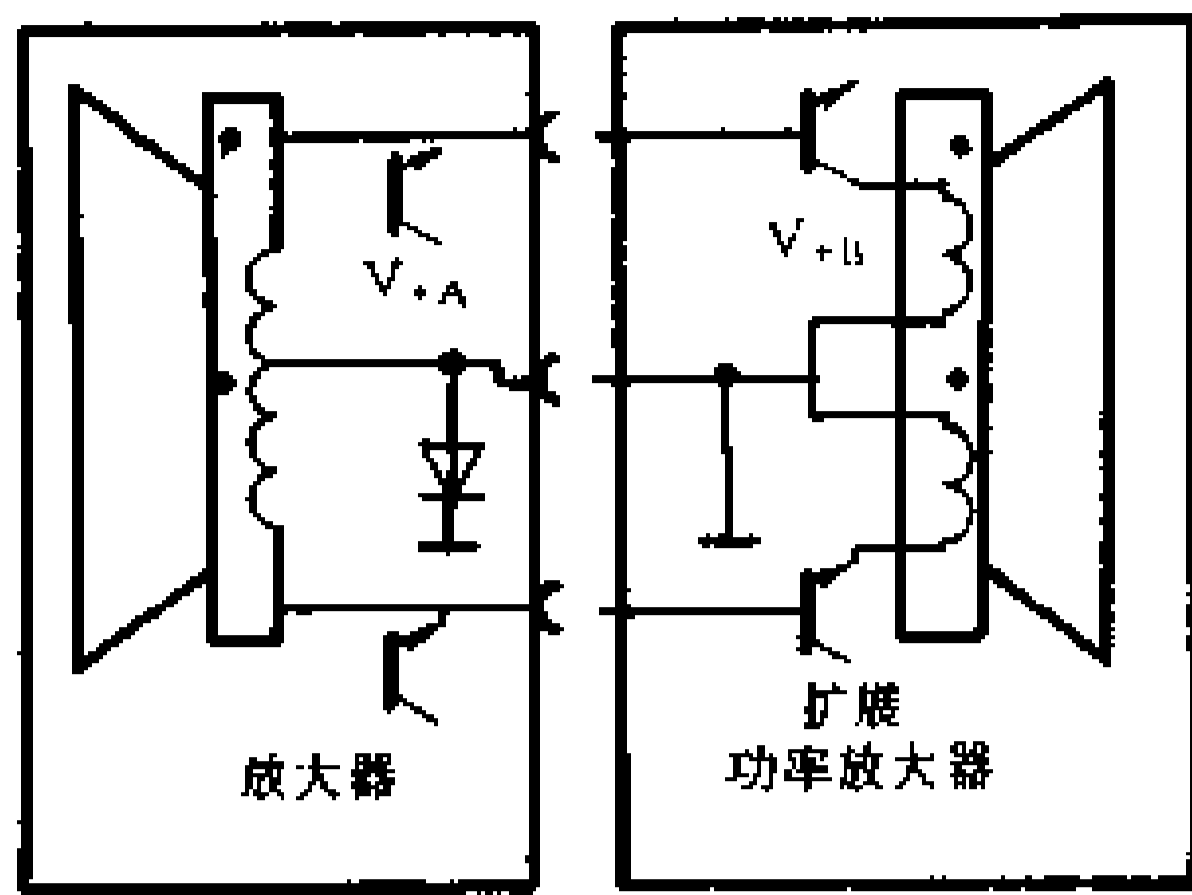


图 4-5

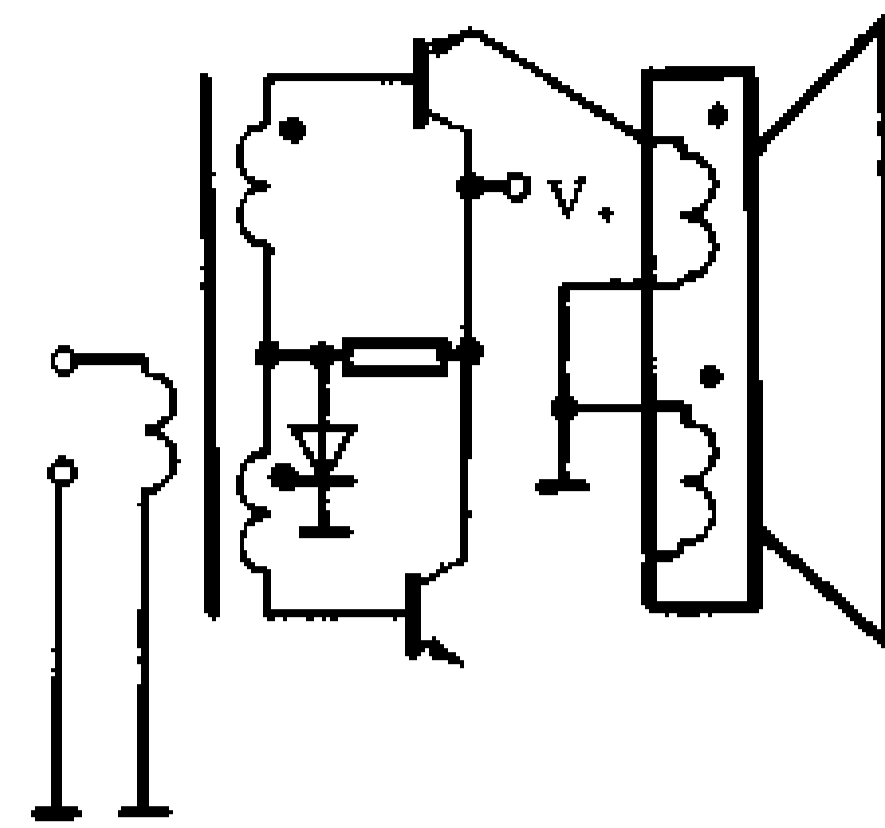


图 4-6

5. 互补差动全对称功率放大器

本文介绍的功放，只要元件可靠，装接无误即可正常工作，而性能也相当令人满意。主机性能参数如下：

- (1) 额定输出功率：30W(8Ω, 20Hz~20kHz)；
- (2) 频率响应：10Hz~100kHz(±3dB)；
- (3) 失真度：<0.2%(20Hz~20kHz)；
- (4) 输入信号电平：0.8V；
- (5) 本电路的输入级、输出级以及反馈电路有着明显的特色。

【电路原理】

本机电路如图 4-7 所示。输入级采用互补差动电路，一方面它可充分发挥差动电路共模抑制比高的优势，同时互补推挽的运用，可减少非线性失真，增大动态范围。4 只差动管射极分别接入负反馈电阻，既可减小本级失真。晶体管 VT5、VT6 是作恒流用的。VT7、VT8 组成推动级，射极电阻同样起着稳定增益、改善线性的作用。电容 C3、C4 可防止高频自激。

晶体管 VT9~VT14 组成交叉耦合推挽电路。它的最大特点是工作点不需调试。末级功放管自动稳定在甲乙类工作状态。常见的交叉耦合电路如图 4-8(a)所示，它只宜用于负载阻抗大的场合，否则动态范围将减小。解决的办法一是加自举电路，如图 4-8(b)所示，但此法缺点是激励管功耗大，放大器功率效率低，同时瞬态影响变差；二是增加一只二极管和一只小功率激励管，即可克服第一种方法中的缺点。

本电路第三个特点是大环路反馈电路。首先是采用 100% 直流负反馈，以保证通电后，输出端直流电压为 0V。R5 接入，可以保证输出端不接扬声器时电压亦为 0V。其次是反馈信号由电压反馈(通过 R3、R2、R1)和电流反馈(通过 R6、R4、R2)组合运用。后者的加入还可减少扬声器非线性失真，使本机音色更加悦耳。C6 的作用是超前补偿这样可增加工作稳定性，进一步减少瞬态互调失真。

【元器件选择】

本机所用元器件，选择时以满足对称为主。互补差动管 VT1、VT2、VT3、VT4 只要耐压大于 40V、噪声小、β 值较大(β 值误差小于 5%)的高频小功率即可。如 2SC945/2SA733, 9014/9015 等均可。VT7、VT8、VT9、VT10 只要耐压大于 80V、β 值中等以上(β 值配对误差少于 5%)的中功率高频管即可。如 2N555/2N5401 等。VT11、VT12 则至少用中功率管，耐

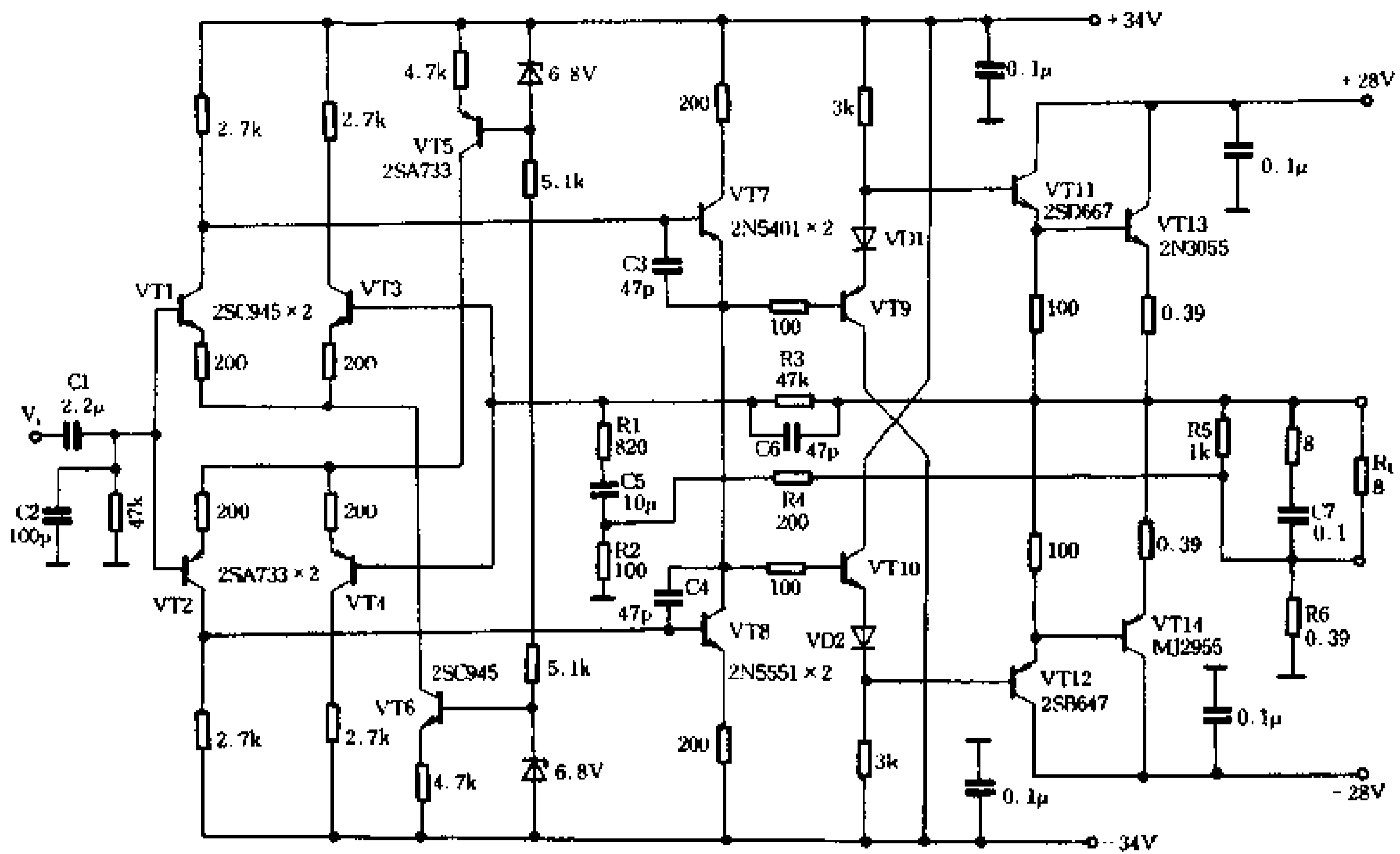


图 4-7

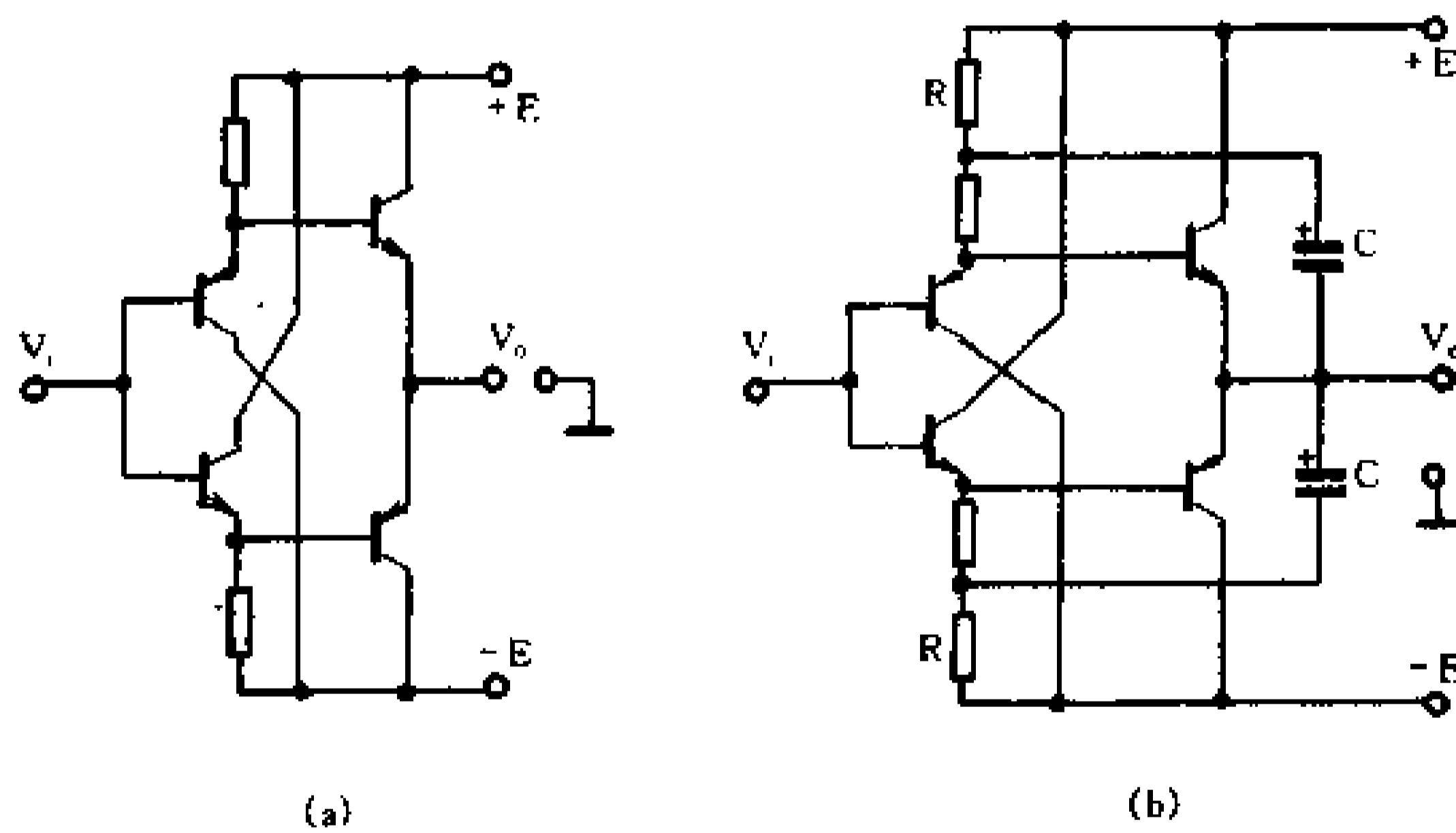


图 4-8

压大于 $80V$, $I_{cm} > 100mA$, $P_{cm} > 0.5W$, $\beta > 100$ (β 值配对误差小于 5%)。如 2SD667/2SB647, 2SC1940/2SA915 等。VT13、VT14 用 2N3055, MJ2955 就很不错了。二极管 VD1、VD2 应选用正向电阻小的, 如一般快恢复二极管, $I_{DM} > 100mA$ 即可。其它阻容元件也应讲究对称, 反馈电容 C5 可用二只 $22\mu F$ 的钽电容反极性串联成无极性电容, 这样可提高电路性能。

关于电源供电问题, 常见的功放电路采用前后级等电压供电。这样可使电路简单一些。但也有明显的缺点: 首先后级大的脉动电流, 使电源纹波增加, 为克服交流声, 必须采用大容量电解电容来滤波。同时末级高供电电压将使功率、效率大大下降。更重要的是末级管子功耗大, 将严重影响安全可靠, 功放管散热问题突出。因此大功率放大器宜采用前后级分开供电。前级比后级高 $5V$ 左右, 通常已足够了。若有条件, 前级用稳压供电更好。如图 4-9 是电源电路, 变压器功率容量至少 $100VA$ (对双声道而言)。

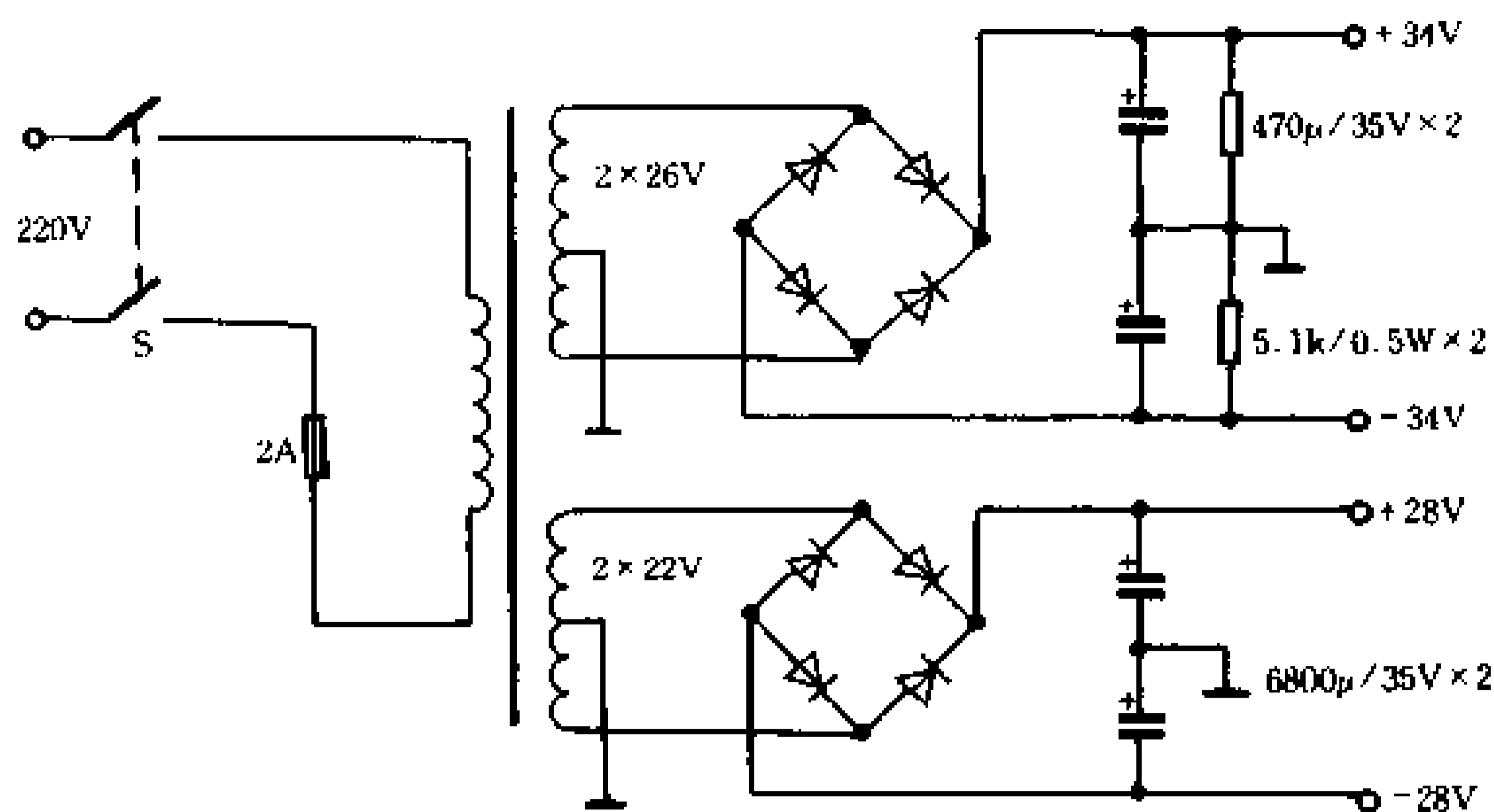


图 4-9

6. 全互补功率放大器

本功率放大器采用恒流二极管作差动放大级和激励级负载，并用达林顿复合管作全对称互补输出，具有电路简单、工作稳定、性能优良，对电压的适应性好等优点。主要技术指标如下：

- (1) 电源电压 $\pm 15\text{V} \sim 24\text{V}$ ；
- (2) 输出功率为 40W ；
- (3) 谐波失真 $< 0.5\%$ ；
- (4) 频响范围 $20\text{Hz} \sim 20\text{kHz} \pm 3\text{dB}$ ；
- (5) 静态电流约 25mA 。

【电路原理】

电路如图 4-10 所示。它由两级电压放大器 and 一级互补电流放大器组成。VT1、VT2 组成第一级差分放大器，用恒流二极管 VDH1 来取代传统的发射极电阻，大大提高了 OCL 电路的稳定性。输入信号经 C1 耦合至 VT1 的基极，R1 为 VT1 的直流偏置电阻，C2 用来滤除输入信号中的高频干扰。反馈信号由 R3、R4 和 C3 网络反馈到 VT2 基极。第一级放大信号由 VT1 集电极输出，直接耦合到 VT3 基极，R5 为 VT3 发射极负载电阻，恒流二极管 VDH2 是 VT3 的集电极负载。由于 VDH2 的恒流作用，所以该放大器激励级无需采用常见的自举电路，从而克服了自举带来的瞬态特性变劣等弊病，保真度更高。VT5、VT6 作互补射极功率输出器，C4 为密勒防振电容。

【元器件选择】

VDH1 选用工作电流为 1mA 、耐压 30V 的恒流二极管，VDH2 选用工作电流为 3mA 、耐压 50V 的恒流二极管。C1、C2、C5 选用 CBB 型聚丙烯电容，C4 选用独石电容，容量在 $10 \sim 100\text{pF}$ 之间作调整，C3 选用钽电解电容。电阻 R8、R9 选用 2W 水泥电阻，其它电阻均为 $1/4\text{W}$ 的金属膜电阻。VT5、VT6 需加装铝散热器。

所有元件焊接无误后，调整 R6，使该放大器的总静态电流在 $20 \sim 30\text{mA}$ 左右即可。

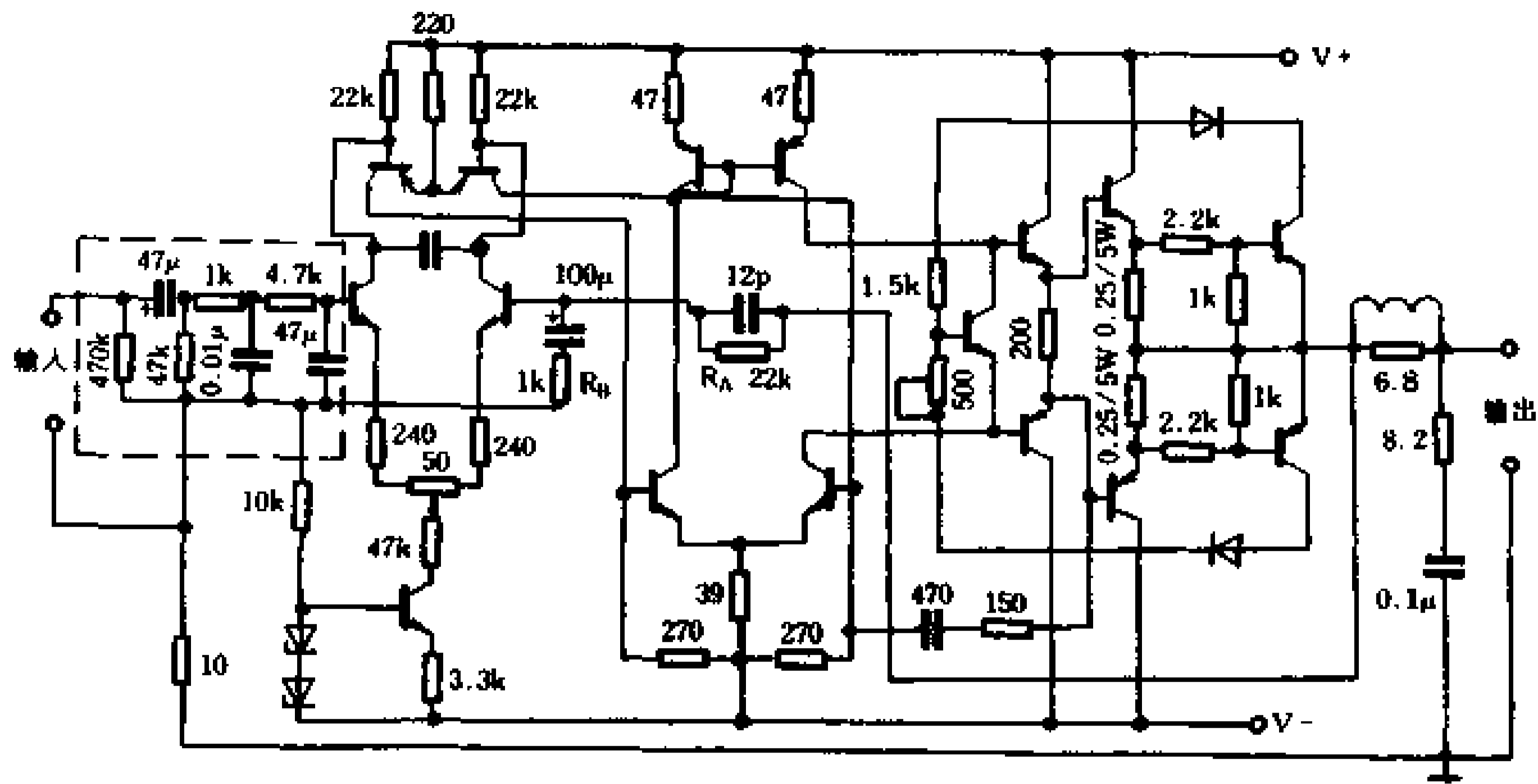


图 4-11

右。本电路电源电压适应范围较宽，一般从 28V~60V 均能正常工作。当然，电源电压不同，输出功率也将有所变化。

本三级差放功率放大听觉明显比二级差放的功放好，而且放音时高音细腻，中音通透，低音丰满，在送放雷鸣闪电，万炮齐轰的大动态音响时，均无失真。

8. 电流负反馈直流功放

本功放电路较简单。其特别之处在于它的输入级并非传统的差分式电路，而是新型的电流负反馈电路。其优点在于频带宽，转换速率较高，无相位差等。数万元的日本金嗓子功放用的也是这种电路。

设计时，将输入级静态电流定在 1.5mA 左右，用较廉价的 A992/C1845，也可用 A872/C1775。第二级用 A1145/C2705，也可用 A1360/C3423。推动级用 D669/B649，用 C5171/A1930 更好。偏置管用 B649 即可。电路中两个可调电阻均用多圈精密可调电阻。输出端的两个 5W 电阻用金属化陶瓷电阻，其它电阻用 1/4W 五色环金属膜电阻。470μF 电容用 ELNA，0.1μF 用 WIMA，10μF 电容用三洋 OS-CON 固态电容。电路中两只二极管能改善大动态时的音质，简单而效果好。电源变压器用 200W 的环型变压器，双 36V。桥堆用 20A 以上的，滤波电容建议用 ELNA、PHILIPS、Rubycon 等名牌电容，其音质影响非常明显。电路原理如图 4-12 所示。

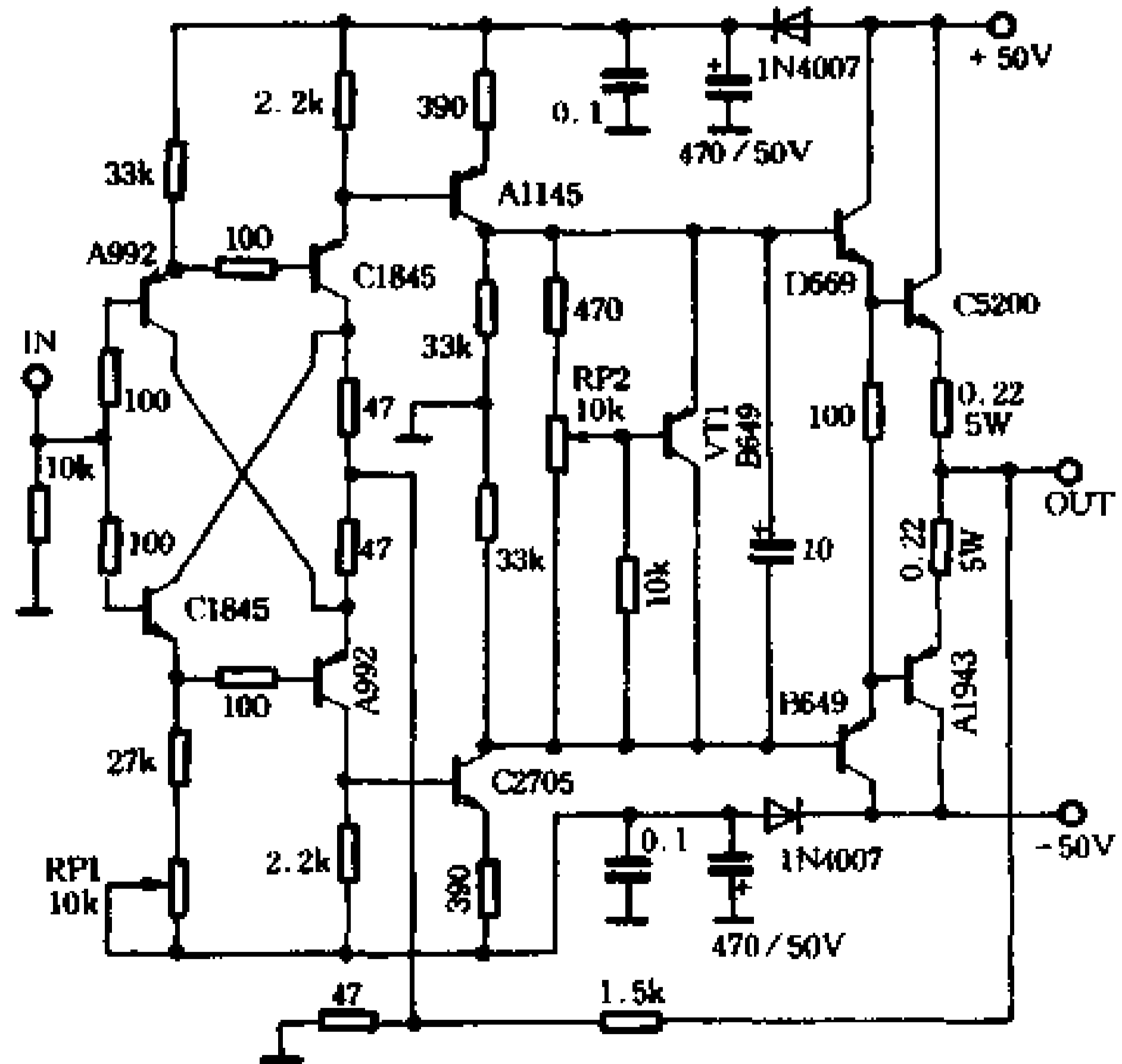


图 4-12

安装时，将输出级和偏置管装在一块散热器上，以保证温度的稳定性。调整时，不接扬声器，先将 RP1 和 RP2 调至中间位置，检查无误后，接通电源。用数字万用表测输出级两个三极管的发射极之间电压，调 RP2 使所测电压为 50mV 左右，此时输出级静态电流约为 10mA。再测输出端对地电压，调 RP1 使其在 $\pm 20\text{mV}$ 内。烤机半小时后，再重调一次，即可接扬声器试音。散热条件允许时，可将输出级静态电流调至 1~2A，使其工作于甲类状态，音质更好。

本功放属全对称直流功放，工作频带从直流到数百千赫，功率为 100W/8 Ω (每声道)。噪音极低，耳朵贴近扬声器也听不到噪音。造价数百元，其音质却远非一般功放可比。主要表现在其非常清晰，控制力强，瞬态响应非常好。

9. 电流负反馈功放

本文对一台 WDB228 乙类功放进行打“摩”，使之成为一台电流负反馈功放，音质甚为满意，特介绍如下。

【电路原理】

WDB228 功放电路如图 4-13 所示。电路为准 DC 结构，输入级(VT1、VT2)差分放大；主电压放大级(VT3、VT4)也采用差分放大；VT5、VT6 组成镜像电路，VT5 集电极与基极相连，使 VT3 的集电极信号直接加到 VT6 基极，结果 VT4 与 VT6 组成一推挽放大级，不仅失真低，增益也高。另外输入级加有低通滤波器，输出端有“茹贝尔”RC 网络，提高了抗干扰性和防振性能；VD3~VD5 是为了加强温度补偿能力。然而由于其末级设计为纯乙类输出，使得重放效果“石机”味甚浓，中小音量音质尚佳，大音量时声音干硬，并伴有严重的交越失真。针对此不足，一为增加甲类动态偏置电路，用加大末级静态电流以减小交越失真。另一种则是改变电路的反馈形式，使之改电压负反馈为电流负反馈，以改善扬声器机械振动产生的失真。

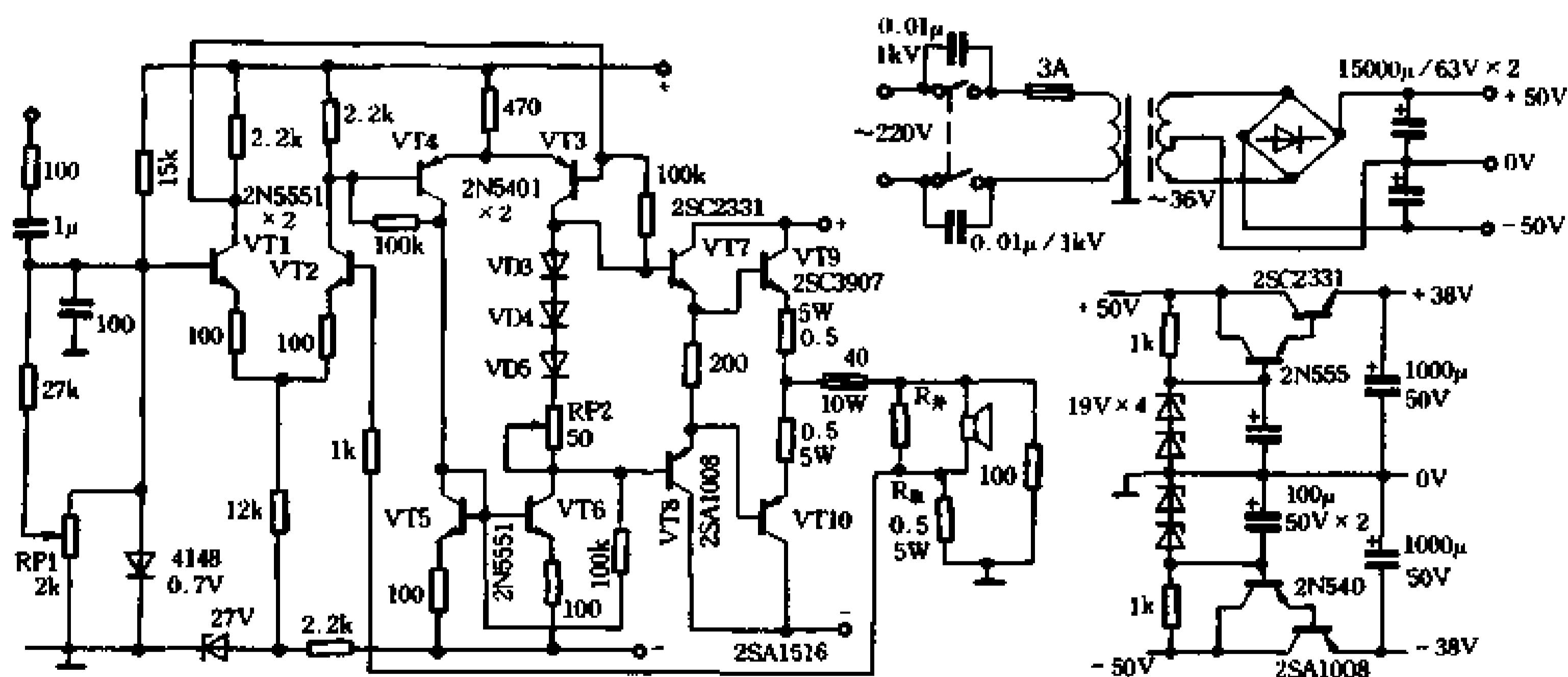


图 4-13

本文决定采用电流负反馈形式摩机。首先在电压激励各管集、基极之间跨接了电压并联负反馈电阻(100k Ω)，以降低电压激励级的输出电阻。将电压负反馈电阻(27k Ω)去掉，将 VT2 的基极对地电阻(1k Ω)焊在原负反馈电阻的位置上，作为反馈电阻 R_f 。并按图增加一取样电阻 R_s 。改动后的电路还不能将扬声器直接接入电路，因电路为纯直流放大形式，且电流负反馈

功放输出的直流漂移较大，必须有可靠的扬声器保护电路方式可接入。笔者曾不慎烧毁一南鲸扬声器，后来在输出端增加了扬声器并联电阻 $R_{\#}$ ，把扬声器阻抗控制在最大为 40Ω ，但不要超出电压放大级的控制范围。这里 $R_{\#}$ 取 $10W/40\Omega$ 大功率电阻。这样做可以不带扬声器调节输出端电压，而且当扬声器两端发生短路时，可以自动减小末级对管的静态电流，从而保护了昂贵的扬声器。 $R_{\#}$ 和 $R_{\#}$ 均取正品大功率水泥电阻，尤其是 $R_{\#}$ 电阻不能用粗铜丝代替，须阻值准确，功率容量足够。可将 $R_{\#}$ 和 $R_{\#}$ 就近直接焊在电路板上。电流负反馈要有足够的反馈电流，故 R_i 值不能大，一般不超过 $1k\Omega$ ，这里取 $1k\Omega$ 。

改动后的功放其输出端电压经常由于市电波动而漂移较大。这是由于电流负反馈的正反相输入端是不对称的，共模抑制比不高。正相输入端可达数兆欧，而反相输入端仅数十欧。要稳定输出端电压，须将电压放大级电源电压稳定，使电压放大级与输入级各管的静态工作点不致发生漂移而变化，从而达到稳定输出端零点电压的目的。由于条件限制只采用了简单的串联式稳压电源，如图 4-13 中所示，然而已达目的。具体方法是将电压放大级与电流放大级的供电电源分开，增加一稳压电源给电压放大级。另外电流负反馈功放在大信号放大时工作电流大，故对电源要求甚高。本文用广州产 $500W$ 双 $36V$ 优质环牛代替原机 $200W$ 方形变压器，滤波电容换以日本黑金刚 $1500\mu F/63V$ 的优质音响电容，整流管采用高速型的。上述打磨，大大降低了电源内阻。

【调试与试听】

调试时先不接入扬声器，调节 $RP1$ 使输出电压为 $0V$ ，然后接入扬声器，此时测扬声器两端电压应小于 $100mV$ 。如大于 $100mV$ 应更换对管。调节 $RP2$ 使末级静态电流达 $200\sim 250mA$ 即可。原机散热器较小，换以 12 瓣黑色大型散热器，并增加一仪表风扇，改善整机通风散热条件。另外还须将 $VD3\sim VD5$ 贴着散热器安装，以便取得良好的温度补偿效果。试听时，与原机相比低音极为柔和自然，在其它机上显得沉闷的大鼓声变得柔和而有弹性，扬声器被控制得很好，这是采用电流负反馈所致。中高音极为纤细娇嫩，清晰透明，这是由于电流负反馈电路频带宽，转换速率高，大大消除了讨厌的瞬态失真。

10. 新型双环功率放大器

本文介绍的双环功率放大器可以较好的克服普通 OCL 电路的一些缺点。它的动态电声技术指标可与直流功率放大器相媲美。但无一般直流功放电路输出端直流漂移大，常需另设直流伺服电路的缺点。

【电路原理】

电路原理如图 4-14 所示。在 $VT1$ 、 $VT2$ 及 $VT5\sim VT11$ 等组成的信号功率放大电路中每级都加了适当的局部负反馈，取了大环路负反馈电容，选用特征频率高的晶体管，以此减小瞬态互调失真，改善瞬态响应、展宽通频带和减小开机冲击声。该功率放大器的显著特点在于 $VT3$ 、 $VT4$ 及 $VT5\sim VT11$ 等组成另一个直流负反馈放大电路与上述信号功率放大电路以极简单的形式结合起来，组成两个结构上互相联系，工作过程又各自独立的闭合环路。即所谓的“双环”功率放大器。两个环路共同作用，使得放大器的输出端静态直流零电位非常稳定。若由于某种原因使输出端直流电位 U_0 上升，则经反馈和直流放大，可使 U_0 降到 $0V$ 。电路中的 $C3$ 、 $C4$ 用于滤除反馈信号中的交流成分，使 $VT3$ 、 $VT4$ 所在环路无交流负反馈作用。 $C2$ 可使 $VT3$ 、 $VT4$ 两管基极对地保持平衡，减小开关机的噪声。

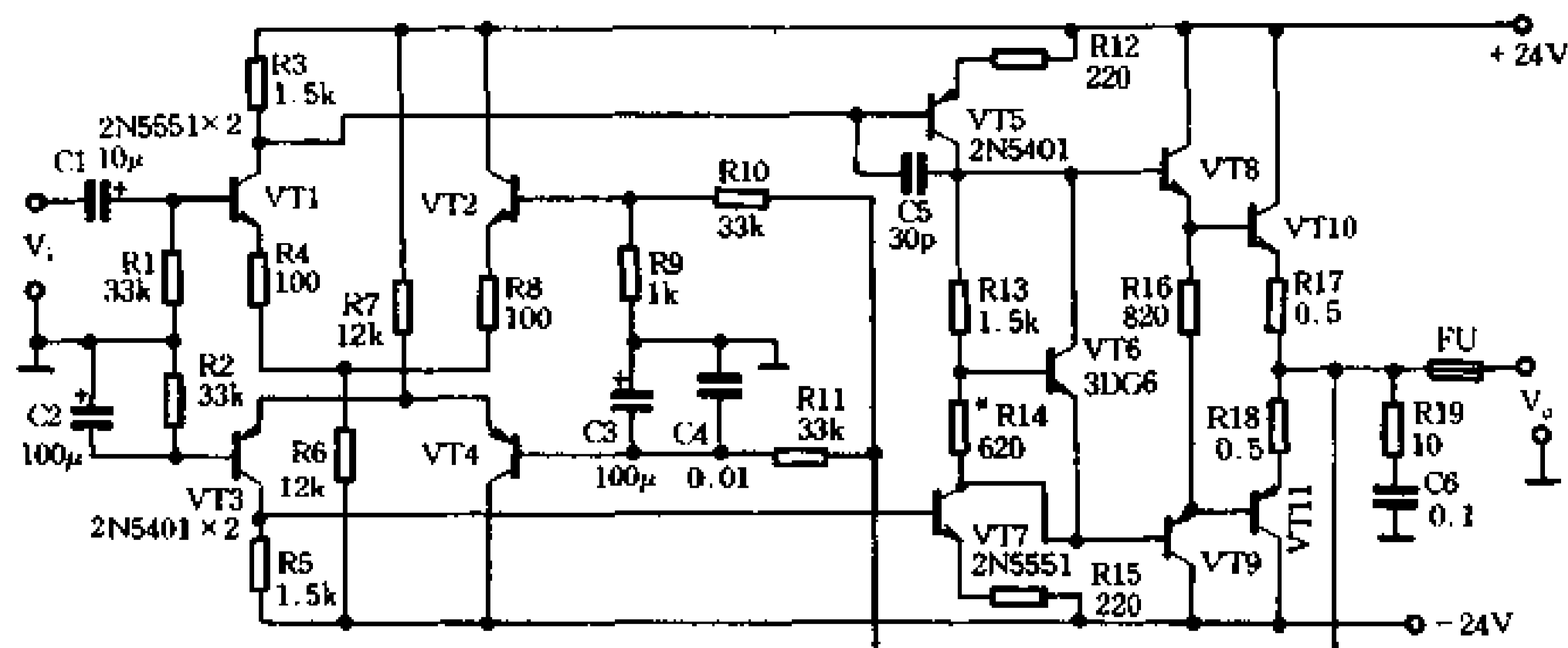


图 4-14

实践证明，当放大器的输入端 VT1 的基极直流电位略有偏移时，输出端静态直流零电位仍可稳定不变，原因是 VT3、VT4 所在环路有极强的抑制输出端零漂的能力。这就为功放电路与前级放大电路之间采用直接耦合创造了条件，从而可制作出性能优良的多级全直耦放大器。若将功放电路的输出端略加改动，还可制作出小信号“双环”放大器，使之获得更广泛的应用。

【安装与调试】

晶体管 VT1、VT2；VT3、VT4；VT5、VT7；VT8、VT9；VT10、VT11 分别配对。VT1、VT2 与 VT3、VT4 参数接近对称就可以了。在三极管配对良好的情况下，只要装配无误，无需调试便可正常工作。本电路按 $I_{c1} = I_{c2} = I_{c3} = I_{c4} = 1\text{mA}$ ， $I_{c5} = I_{c7} = 4\text{mA}$ 设计。不同电压供电时，只需改动 R6 与 R7 的值，使之等于 $EC/2k\Omega$ 。VT8~VT11 可按不同的输出功率自作适当选择。

11. 前级分频式功率放大器

音响发烧友中流行在大功率放大器中使用 f_T 高的大功率管。在功率越做越大的情况下，为此必须付出较大的代价，这不仅指在经济上付出，而且包括由此引起不易解决好的自激对音质的破坏及对可靠性的威胁。其实，我们只要把占能量约 70% 的中低频段和占 30% 的高频段分别做成功放，就完全能解决上面的问题。这就是“前级分频”或“电子分频”功放。

显而易见，做一台 RMS100W 的全频段功放比做一台 RMS 高频段 30W + 中低频段 70W 的功放成本要高，制作要难，可靠性要差，而后者附带的好处是分频效果好过前者。另外，小功率高频段功放可以放心地降低对转换速率的要求。

【电路原理】

现用 10A/100W 以上， f_T 为数兆赫的大功率管（价格仅 3~4 元左右一只，是 f_T 为 50MHz 以上同功率管的五分之一以下）进行制作。我们可以采用十分简洁的电路构成十分优良、可靠性很高的中低频段的大功率放大器。图 4-15 给出的就是一种成熟的电路，你不用担心它会像全频段大功率放大器那样容易出问题或损坏，也无须使用低高频内阻的电容或进行种种高频补偿，而且其充足的能量特别适合于家庭影院系统。除了电源部分，你无疑会惊讶它的成本低。而你想把它改变成甲类放大器时，更能体现它的高增益（非高效率）的好处。这些大电流、大功率管子工作起来稳如泰山，你只要适当加大散热器或并联使用就可以了（不考

虑电源供给)。什么瞬态失真；高频自激你都能易如反掌地摆平，另外制作的高频段小功率（相对）放大器，比如，30W 功放，因功率较小，它的转换速率有 20V/微秒左右就够分了，此外，这种功放做起来省钱省事，甚至可以采用集成功放。

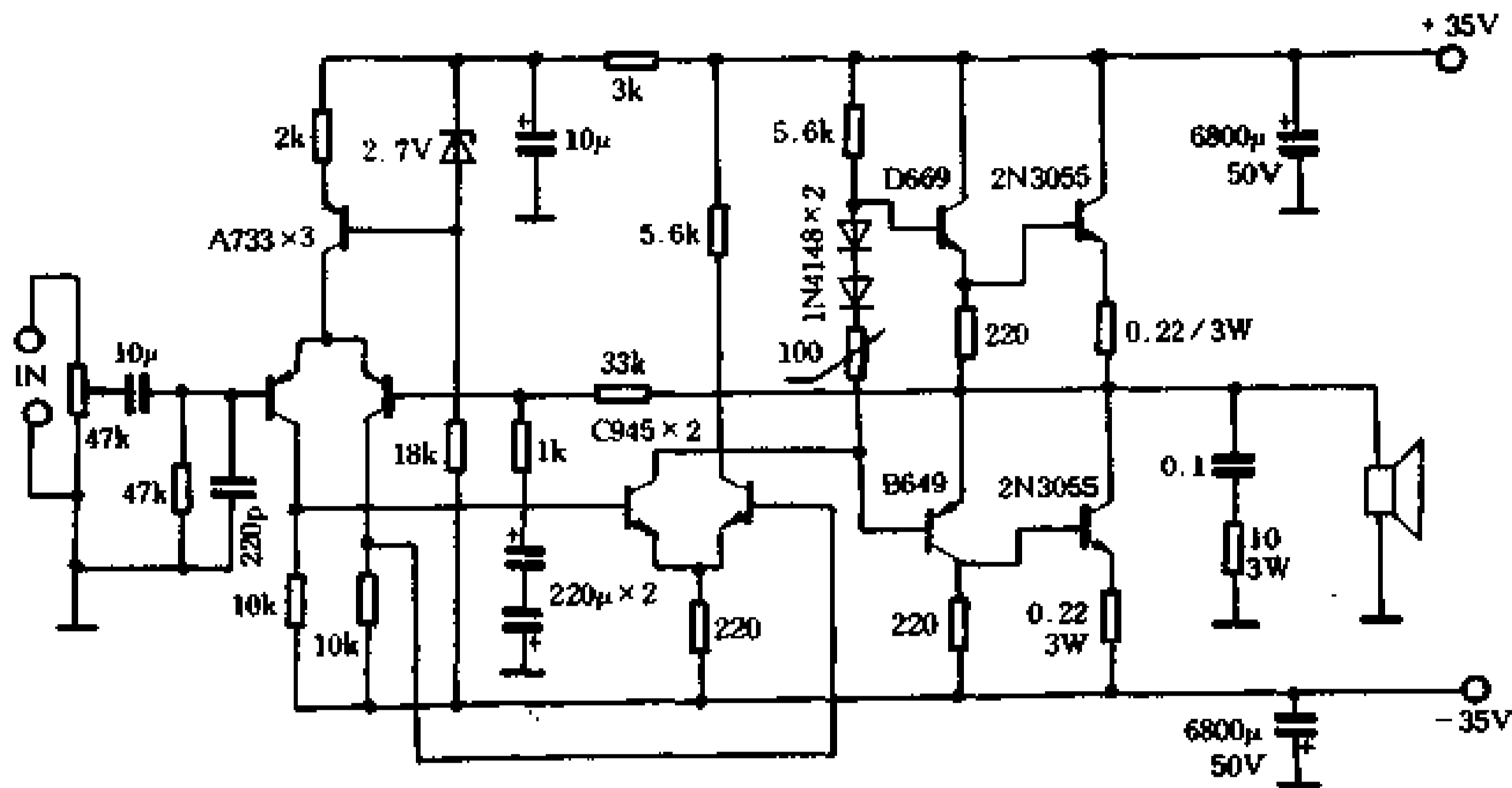


图 4-15

有关前级分频的集成放大器同样简单，建议采用运算型分频（即 B 频段 = 全频段 - A 频段），可参考有关资料，所用运放不必高要求，所用电容也不必严格符合计算值，但两声道必须一致。

12. 2×150W 无大环反馈高保真功放

【电路原理】

众所周知，从功放输出级到前级的大环路反馈虽然能改善放大器的频响和谐波失真指标，但是对放大器的瞬态特性和一些动态指标的影响却是弊多利少，特别是将扬声器上的感应电压反馈到前级，会造成信号失真，本文介绍的一种高保真功放电路就是取消了大环路反馈，并采用了直流化的全对称差分前级放大器，带射极恒流源电路，稳定性好，线性佳，由 LF356 构成的输出端直流电位伺服电路可自动保持输出端电位的稳定，整机电路如图 4-16 所示（电源电路及保护电路略）。

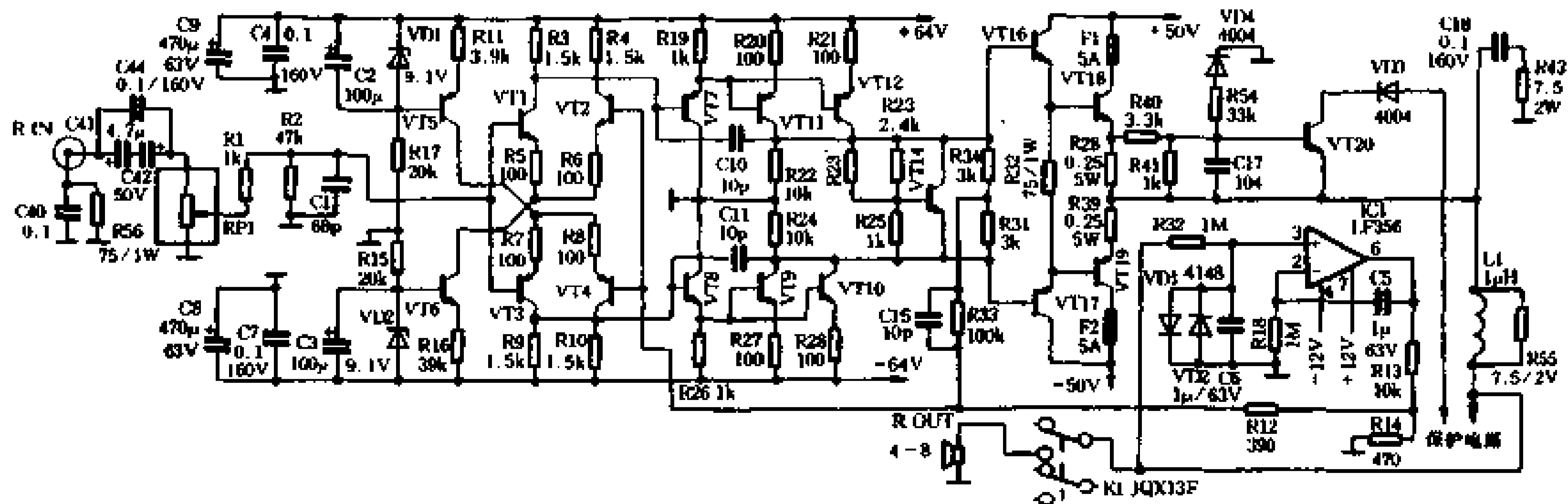


图 4-16

该放大器采用了双变压器和两套完全独立的电源电路供电，使左、右声道相互影响减小到最低限度。另外放大器还采用了前级供电电压高 $\pm 64\text{V}$ ，后级电压低 $\pm 50\text{V}$ ，前后级分别供电的方法，使放大器的前级动态范围变大且不受后级电源电压不稳定的影响，进一步提高了保真度。前级采用了并联稳压电路供电，具有电压稳定，对电源变化的反应速度快等特点，可以改善整机的动态指标。本电路还具有一个较完善的保护电路，可对开机冲击，输出点电位变化，输出管过载等进行保护。

电路中，并联稳压管为 2SC2775A、2SA985A，电压激励管为 BC489、BC490(或 2SB647、2SD667)，差分对管为 BC546、BC556(或 2SC2389、2SA1038)，其余管可选用极性和耐压合适的小功率管。本电路的功放管可选用两种：一种用日本三肯管；另一种用美国管，用三肯管的功放(型号为 B-2150S)音色冷艳，力度好；用美国管的功放(型号为 B-2150M)音色偏暖，柔和细腻，各有特色。本功放的实测性能如下(仅供参考)：

- (1) 输出功率可达 $150\text{W} \times 2$ (连续波)；
- (2) 谐波失真 $< 0.02\%$ (30W)；
- (3) 互调失真 $< 0.03\%$ ；
- (4) 信噪比 $> 100\text{dB}$ ；
- (5) 频率响应 $3\text{Hz} \sim 100\text{kHz}$ ($\pm 1\text{dB}$)；
- (6) 阻尼系数 > 200 (100Hz, 1W)；
- (7) 转换速率 $> 100\text{V}/\mu\text{s}$ 。

从以上指标来看，本功放电路确实是一种“发烧级”的高保真功放电路，特别适于发烧友欣赏各类音乐节目。

五、集成电路功率放大器

1. 性能优异的 CD 随身听耳机功放 IC——TDA1308

TDA1308 是飞利浦公司新近推出的甲乙类耳机驱动集成电路，它的最大特点是体积小，功耗低，特别适合于 CD 随身听等数字袖珍音响，也可用于激光唱机的耳机监听。TDA1308 采用⑧脚小型封装，各脚功能如图 5-1 所示。

TDA1308 内设有短路保护功能，无开关机冲击声，工作电压为 3~7V，单位增益下的转换速率达 $5V/\mu s$ 。 $U_{DD}=5V$ ， $R_L=32\Omega$ ，输出功率 60mW。信噪比 110dB，通道分离度 70dB。TDA1308 的应用电路如图 5-2 所示。喜爱动手的发烧友可按电路图制作，取代普通 VCD 机、CD 机上仅用 4558 之类低挡集成电路作一级放大的耳机电路部分，其结果令人满意。

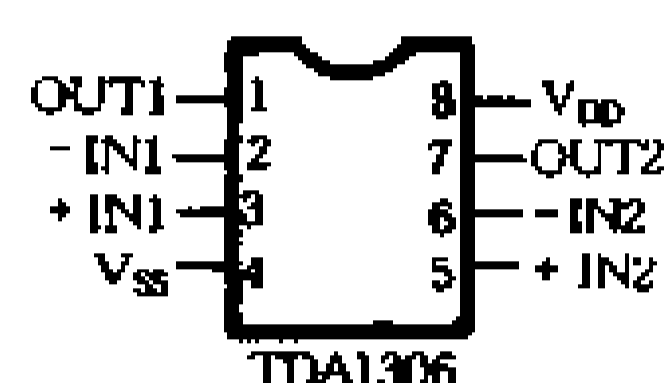


图 5-1

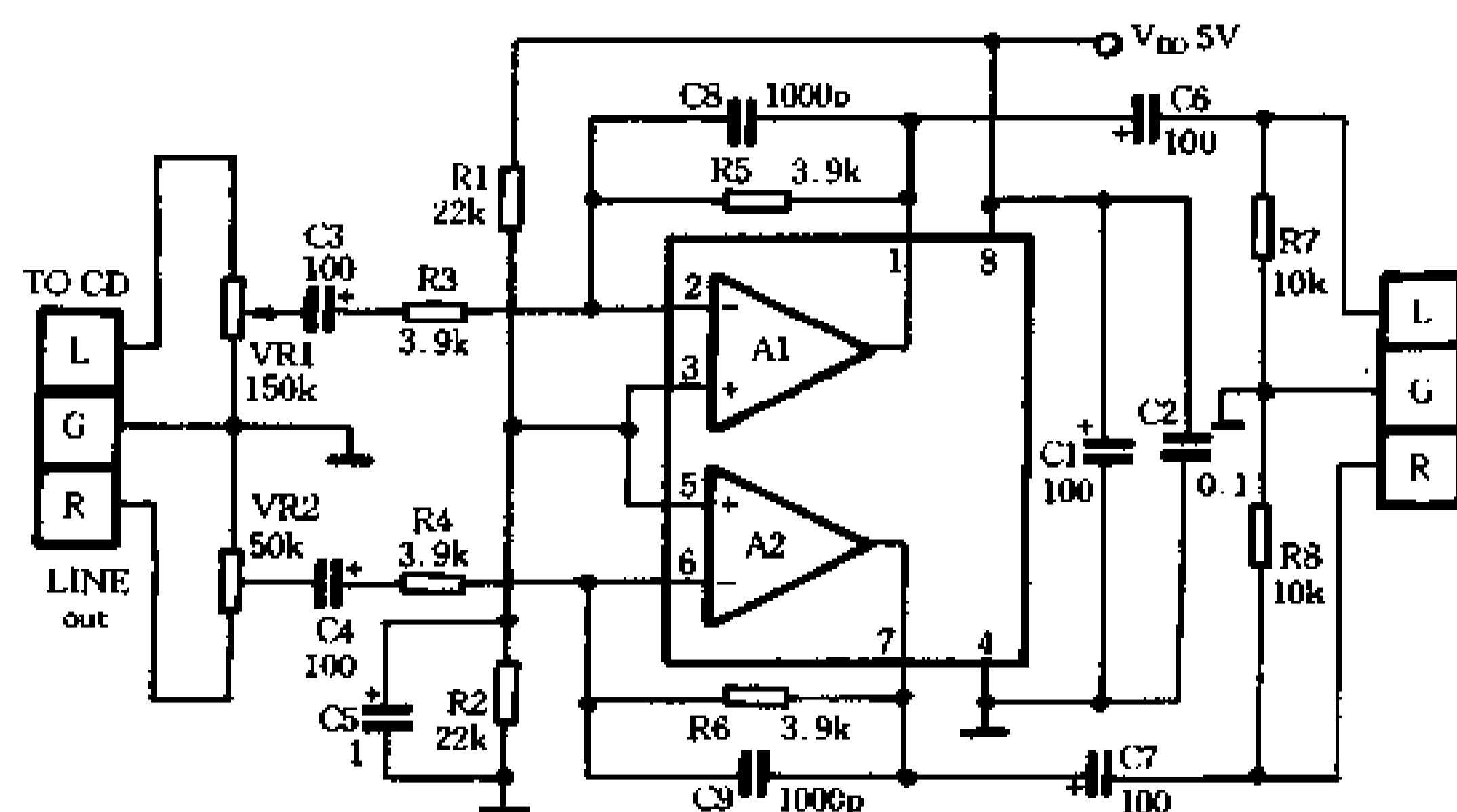


图 5-2

2. TDA1510 功率放大器及应用

TDA1510 为飞利浦公司生产的音频功率放大器。该集成电路内设有负载短路；负载开路，过热等保护电路。具有输出端静态电压稳定，纹波抑制性能好、外接元件少、体积小、稳定性高等特点。可组成立体声和 BTL 功放，电路如图 5-3 所示。该机能驱动 1.6Ω 低阻扬声器。极限电压无信号时为 28V；有信号时为 18V。正常工作电压为 6V~18V。在 $V_{CC}=14.4V$ ， $f=1kHz$ ， $T_s=25^\circ C$ 时测试，闭路增益为 40dB，双声道输出功率为 12W，BTL 输出功率为 40W。适用于汽车收放机和立体声收录机做音频功率放大。

TDA1510 与 TDA1515 外形和结构基本相同，差别仅为 TDA1515 的④脚对地接有一只 $47\mu F$ 电解电容，作为扬声器保护。其双声道典型放大电路如图 5-3。典型 BTL 放大电路如图 5-4 所示。

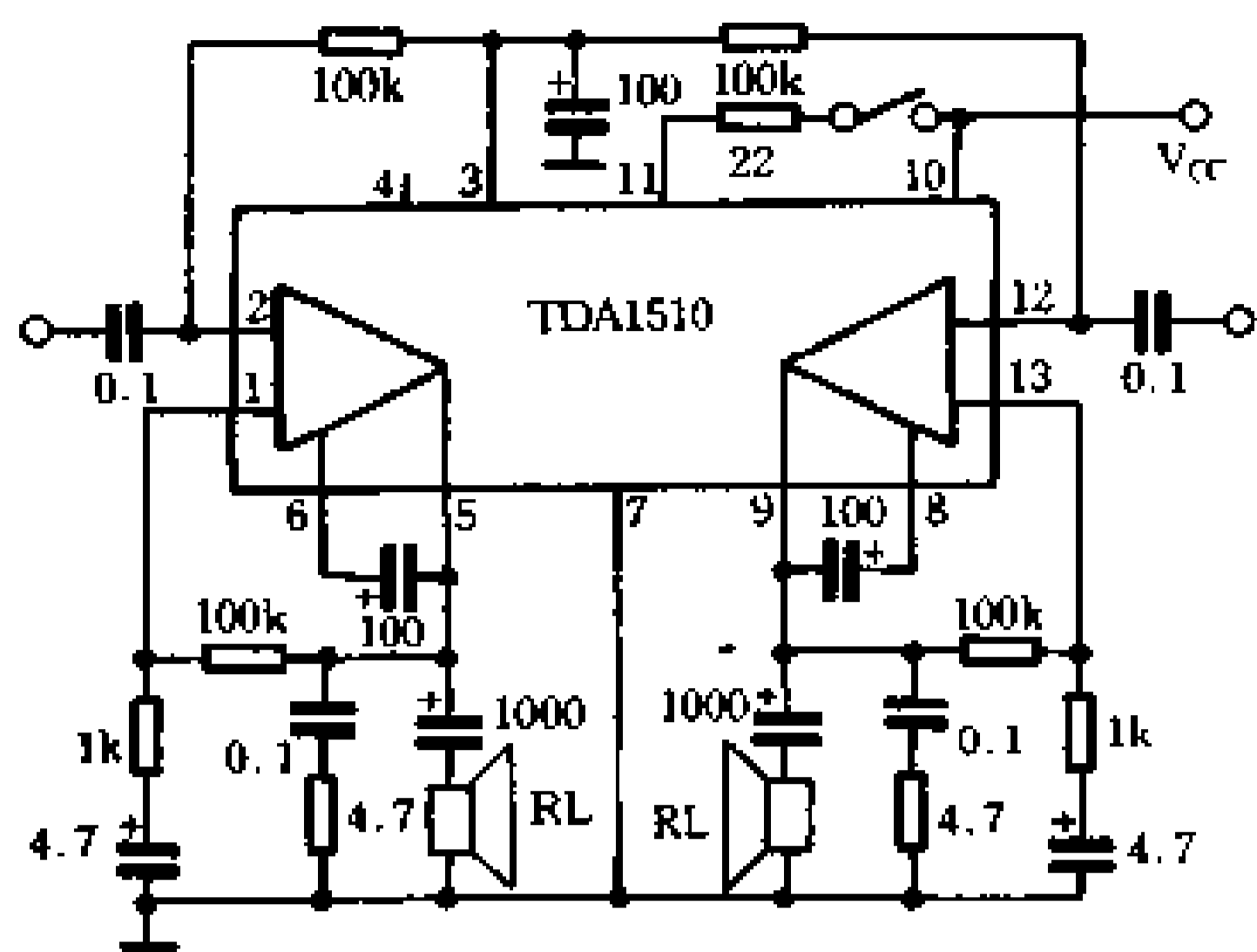


图 5-3

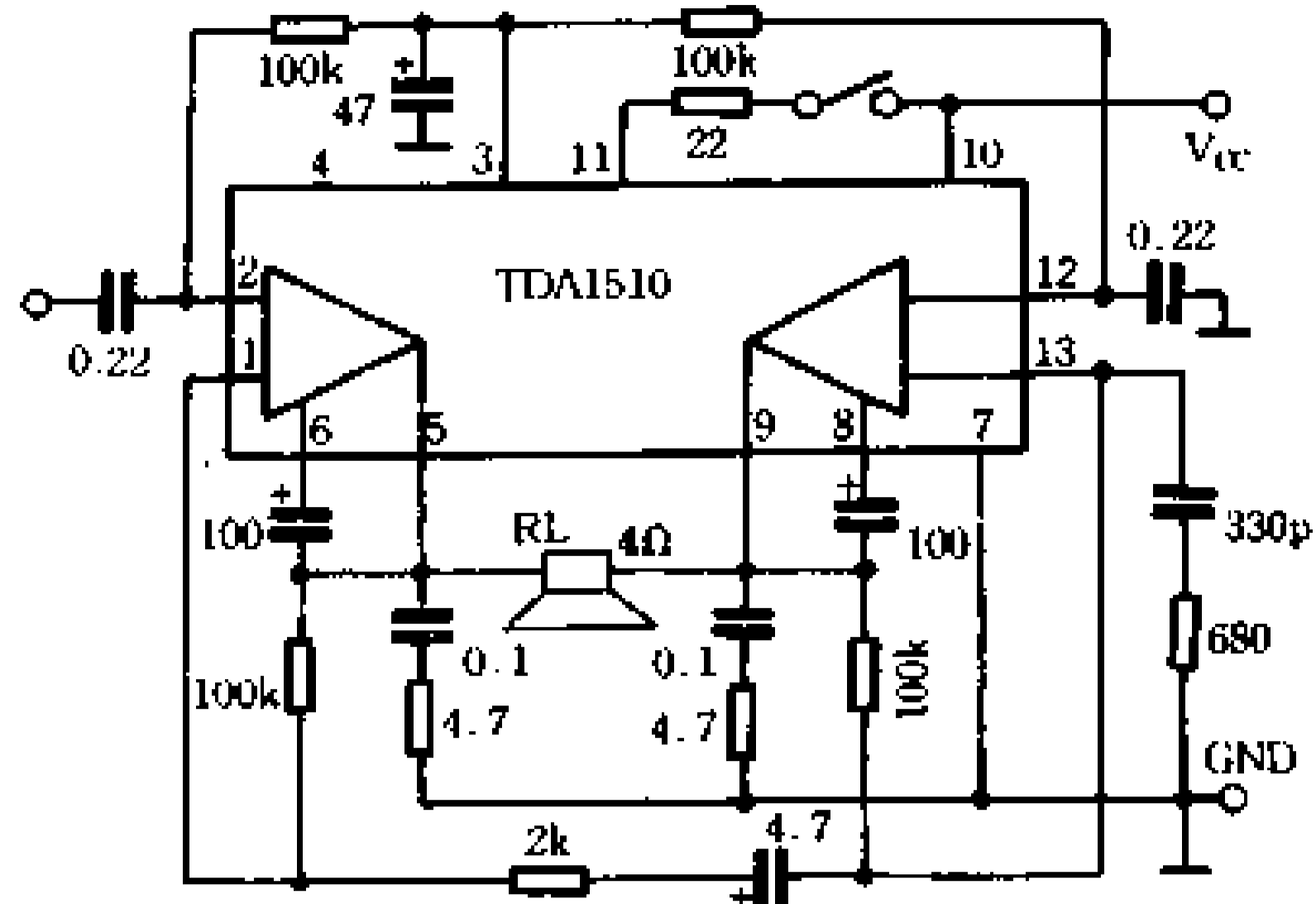


图 5-4

3. 如何调整 TDA1514A 功放

TDA1514A 是飞利浦公司专为数字音频系统而设计的功放电路，该功放 IC 具有的功能和特点为频响宽、失真小、动态范围和输出功率大等优点，深受发烧友的青睞。

TDA1514A 功放虽然有很多功能和优点，但使用不当，也很容易造成损坏。因此，这种功放集成电路在安装、调试过程中，必须把握好以下几点：

(1) 功放集成电路使用电压不能超过 $\pm 27.5V$ ，选取 $\pm 23V \sim \pm 25V$ 为宜。本文曾使用功放集成电路的极限电压 $\pm 30V$ ，随着市电电网的波动，已经损坏了两块 1514A，因此，使用电压绝对不能超过 $\pm 27.5V$ 。

(2) 调整功放输出点 0V 电压，须采用直流伺服电路，如图 5-5 所示。伺服电路能较好地解决功放输出端直流电位的漂移。伺服电路供电可在 $\pm 25V$ 电压上取，也可以通过变压器另绕一组双 15V 经整流三端稳压后供伺服电路使用，如图 5-6 所示。如果使用有源伺服电源供电效果更好。伺服电路用的运放集成电路，不少发烧友喜欢用运放之皇 NE5532，使用这种运放集成电路，应用 NE5532N 型的，最好不要用 NE5532P 型的，因为 P 型易自激，给中点调零电位带来困难，搞不好会损坏功放电路，市面上 NE5532N 很难购买到美国的产品，不如使用 LF358、LM368、C4558 等运放集成电路，若用 C4558(日产，价格比 NE5532 低一半)效果

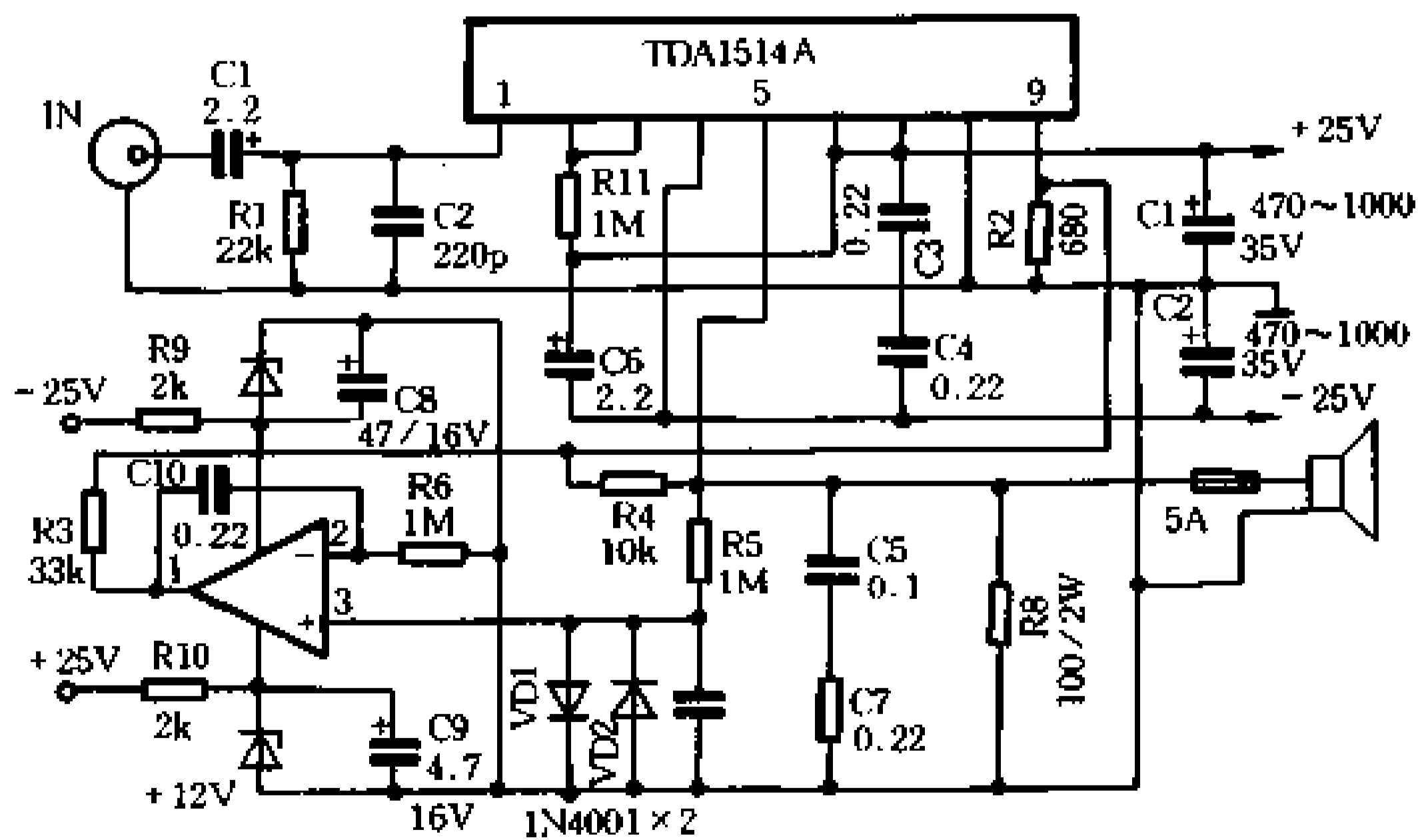


图 5-5

相当不错，经测试，功放集成电路的中点失调电压，其中一个声道为 0.5mV；另一声道为 2.5mV。

(3) 功放集成电路输出电流达 6~8A，输出功率达 50W，如果安装两路输出，元件质量要有保证。一是电源变压器功率应大于 200W，初级线径使用 $\phi 0.6\text{mm}$ 漆包线绕制；次级线径选用 $\phi 1.3\text{mm}$ 漆包线，采用双线并绕，以满足功放低音力度的要求；二是功放整流电流应选用不小于 10A 的桥堆或二极管，以利于功放大电流工作；三是电源退耦滤波电容选用不小于 $10000\mu\text{F}/50\text{V}$

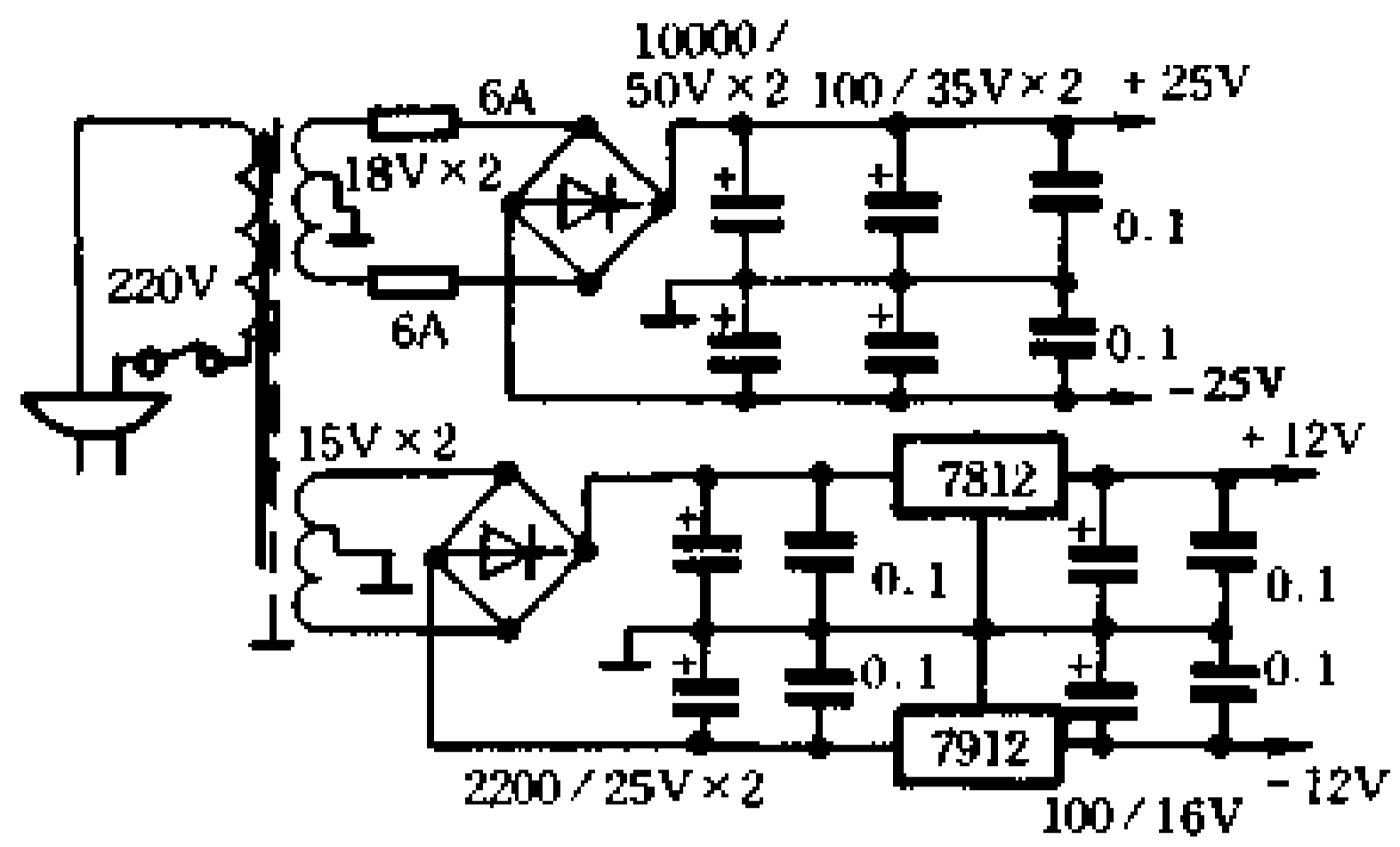


图 5-6

的大电容，容量不足时，可用多只并联使用；四是功放散热器面积要有保证，为减少功放集成电路与散热器之间的热阻，应在接触面涂上硅脂，散热器以工作 4 小时不感到烫手为宜。

(4) 电源退耦滤波电容应尽量靠近功放集成电路，如果引线较长时，应在功放线路板(正负电源与地端)上直接焊上两只 $470\mu\text{F}/35\text{V} \sim 1000\mu\text{F}/35\text{V}$ 的电容，以减少功放输出的交流声和线路自激。

(5) 功放整流输入两端和扬声器输出端应加装保险丝，有条件的可安装扬声器保护电路。总之，使用 TDA1514A，只要掌握上述要点，并注意元件质量和布线焊接工艺就可以调试好这套优质功放。接上 VCD 或其它高保真信号源进行煲机，推动一对自制的惠威 S8、SS1 音箱试听，音色透通纯正，感觉低音力度丰富厚实，高音的解晰力清晰明快，很有电子管功放的韵味。

4. TDA1514A 的应用

TDA1514A 音频功放系飞利浦公司为数字音频系统而设计的高保真功放 IC，其优越的性能已为广大发烧友所知。本文在此将 TDA1514A 的应用体会介绍给大家。

电路原理如图 5-7 所示。该集成电路具有以下特点：

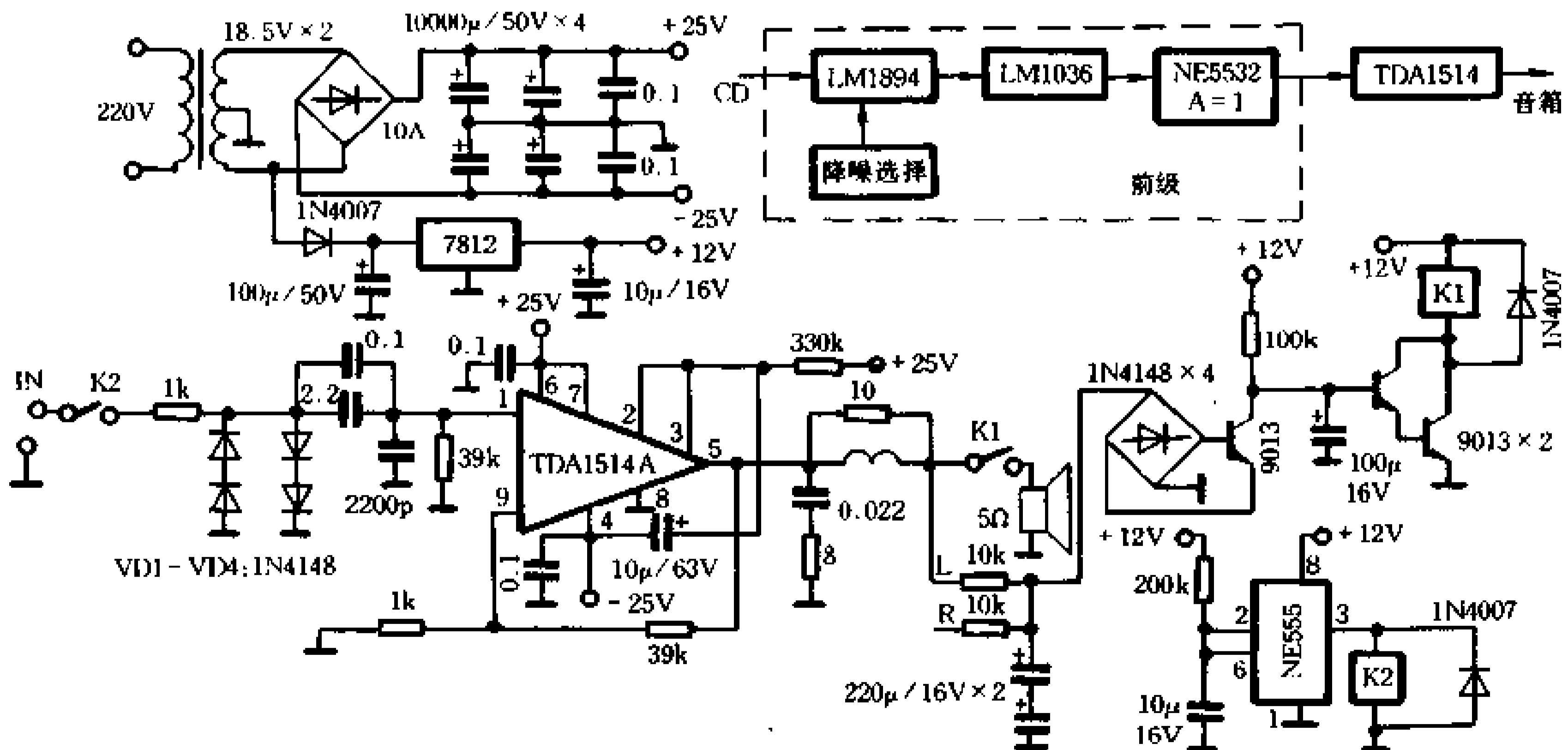


图 5-7

- (1) 取消交流反馈电容，保证低频相位不发生畸变。
- (2) 功放输出端加入 L、R 电路，让功放工作更加稳定。
- (3) 功放输入端加入由 VD1~VD4 组成的钳位电路，保证功放不受大信号的冲击而损坏。
- (4) 功放输出端加扬声器保护电路，接通电源后，K1 延迟 3 秒吸合。
- (5) 功率输入加入保护继电器，K2 延迟 6 秒吸合，防止接通电源瞬间，前级对功放的冲击。
- (6) 精心制作线路板，严格一点接地。将功放输入端接地，功放输出噪声应十分微弱，几乎不可闻。
- (7) TDA1514A 的正负电源端，接退耦电容，保证功放在功率输出时不发生自激。
- (8) 交流电源取双 18.5V，让 TDA1514A 在推动 5Ω 负载时工作在安全工作区；当推动 8Ω 负载时，交流电源电压取双 22V。

本文中所介绍的功放电路作后级放大，采用 LM1894、LM1036、NE5532 作前级，配 NEWM AX(新马士)、NCD-200RE 激光唱机，驳接“低频霸主”音箱，结果表明，该组合音质极佳。

5. 高保真 TDA1520 集成功放电路

飞利浦公司生产的 TDA1514 高性能功放以其优异的品质得到广泛的好评，但此电路采用双电源供电，对于目前大多数音响爱好者来说，要想摩机首先遇到的问题还是更换主电源变压器。可是往往主电源变压器又含有辅助电源，为了保持原有功能，必须重新增加一只双电源变压器，或者重新定制一只保留原辅助电源又含有双电源绕组的变压器。本文介绍一种既能解决了上述问题而其性能又可以与 TDA1514 媲美的功放，这就是不太为人们所熟悉的 20W 高保真 TDA1520 集成功放电路。

该电路具有如下特点：

- (1) 单电源供电，电源适用范围宽(15~50V)；
- (2) 低噪声、低失真 THD=0.01%($P_0=16W, V_C=32V$)；
- (3) 动态范围宽(20Hz~20kHz)，并具有高转换速率；
- (4) 具有过热保护、过流保护以及交流短路保护和静噪功能；
- (5) 外围元件少，电路简洁，一装即成，无需任何调试。

尽管该集成电路标称仅为 20W(此时 THD 仅为 0.5%)，对于居室面积十几平方米的来说使用 TDA1520 集成功放已能令人满意，表 5-1 中列出该电路的主要技术指标。

表 5-1

参 数	数 据	测 试 条 件
电源电压	15~50V	
静态电流	45mA	TDA1520 为 50mA
开环增益	74dB	
闭环增益	30dB	
输出功率	20W	$V_{CC}=42V, R_L=8\Omega, THD=0.5\%$
谐波失真	0.01%	$P_0=16W$
输入电阻	1MΩ	
功率带宽	20~20kHz	
输出电阻	0.01Ω	第⑤脚
备注	7 脚静音接地	

该电路外围电路十分简洁如图 5-8 所示，因此对组合音响的功放进行摩机或修理十分方便，经实践对多台音响进行摩机效果十分满意，噪声明显减小，解析力明显提高，高中音层次分明，音乐中很小的细节都表现的十分清晰自然，音场定位准确，低音表现十分出色。

下面具体介绍制作方法，图 5-9 给出的是双声道印制线路板。可用刻刀直接刻划，然后打孔。

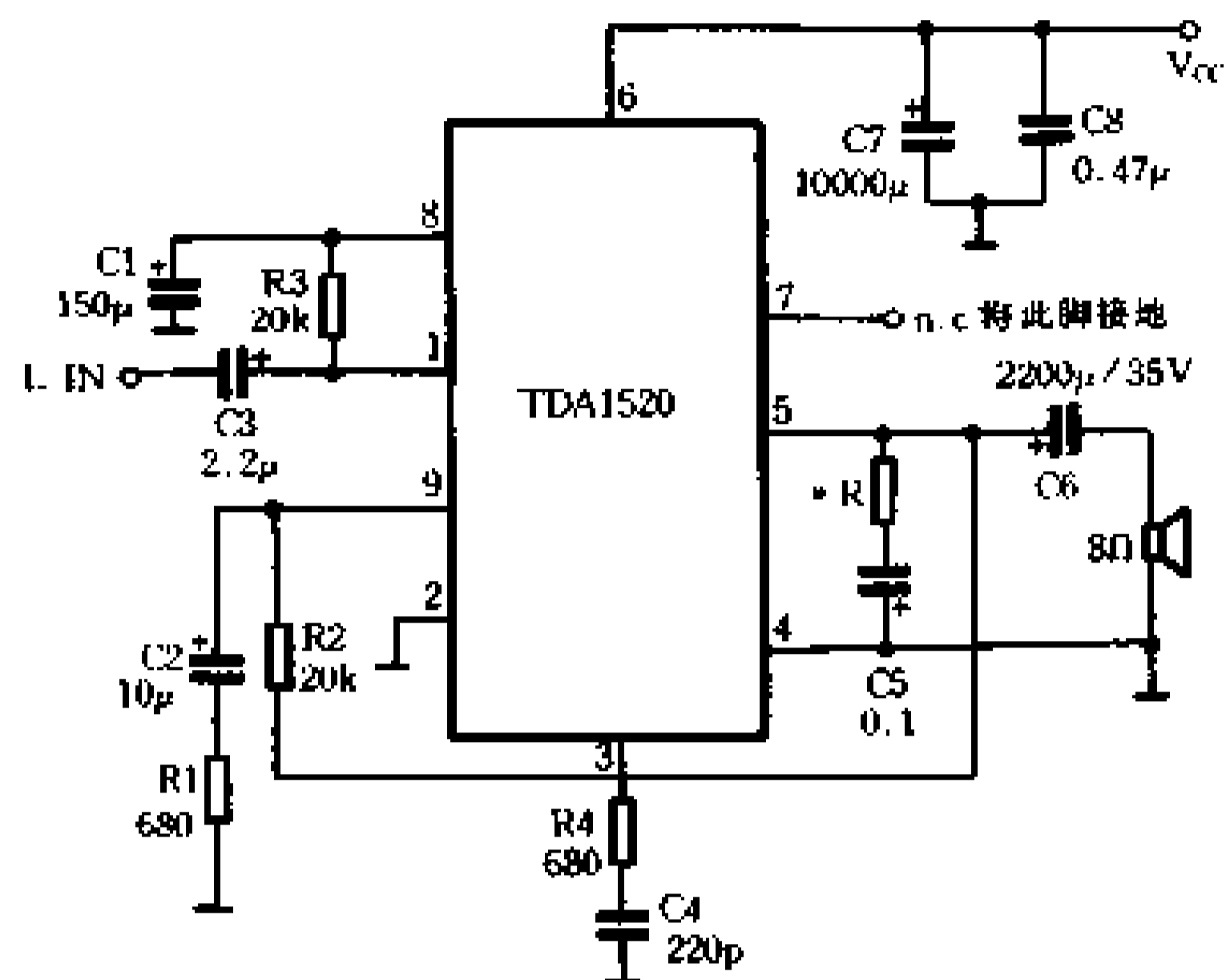


图 5-8

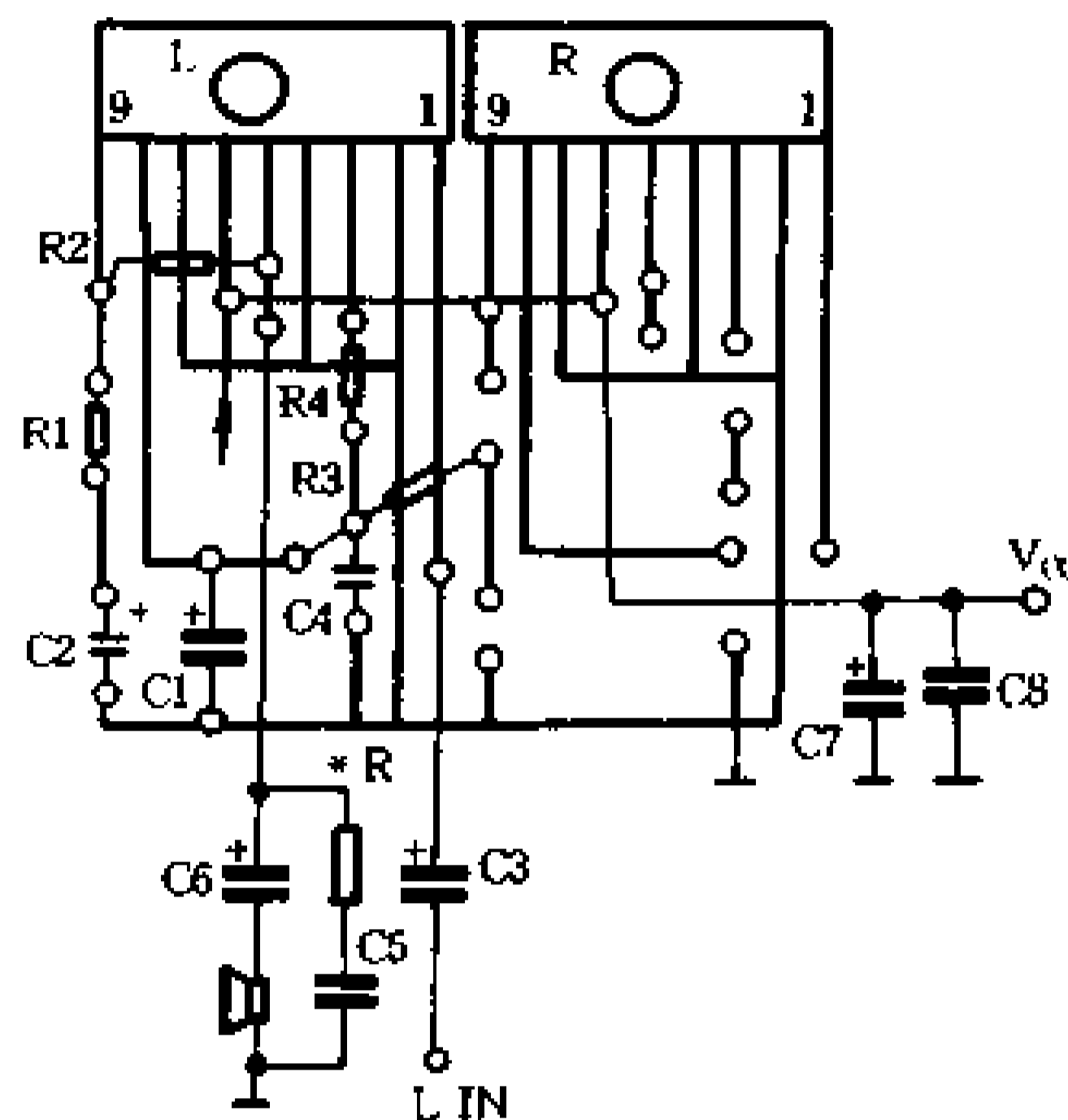


图 5-9

【元器件选择】

电阻选用 1/4W 金属膜电阻，小容量电容选用 CBB 电容，大容量电容选择优质电解电容，输出级耦合电解电容最好选用红宝石等优质电容，在其两端各并一只 $10\mu\text{F}$ 的小电解电容以提高高频解析力。以上阻容元件尽可能做到参数与要求的一致。这样只要按图中所示元件的位置，一一对号入座，焊好以后核对一下，分别接入输入、输出以及电源线（注意：最好用屏蔽线并采用一点接地）。在输出端相位校正网络中，*R 的阻值对音色有一定的影响，阻值取在 $2.7\Omega \sim 4.1\Omega$ 之间为宜，由于该电路为宽带功放，前级的噪声系数不容忽视。另外将原电流的输出端并接 10000 微法以上的电解电容，同时在其两端并联一只 $0.47\mu\text{F}$ CBB 电容。将功放集成电路固定在一个 $180\text{mm} \times 80\text{mm} \times 3\text{mm}$ 的铝板上。这样的功放的制作即告完成。

接入音源开机试听，也许您会发现 20W 的输出功率的放大器其音色是如此的美妙、高中音圆润而不失亮丽、低音极富有弹性感，使那些号称功放皇者的下限指标为 10Hz 却黯然失色。用 VCD 欣赏交响乐时，你会发现件件乐器就象在您面前演奏一样，歌星的歌声是那么优美动听。

6. 用 TDA1521 组装的功率放大器

TDA1521 是一块优质功放集成电路，内部带有过热、短路保护及扬声器延时功能。该电路相关报刊虽有介绍，但试装后，其功能、效果未能达到预期目的。为此，在实验室对该电路进行了多次设计改进，并经仪器检测，使该电路的功率输出、失真率、信噪比、动态范围及高、低音提升指标，均达到较高的水准。改进后的电路如图 5-10 所示。改进的 TDA1521 功

放，特别适合 VCD、CD、盒带、调谐器、卡拉 OK 等信号输入。

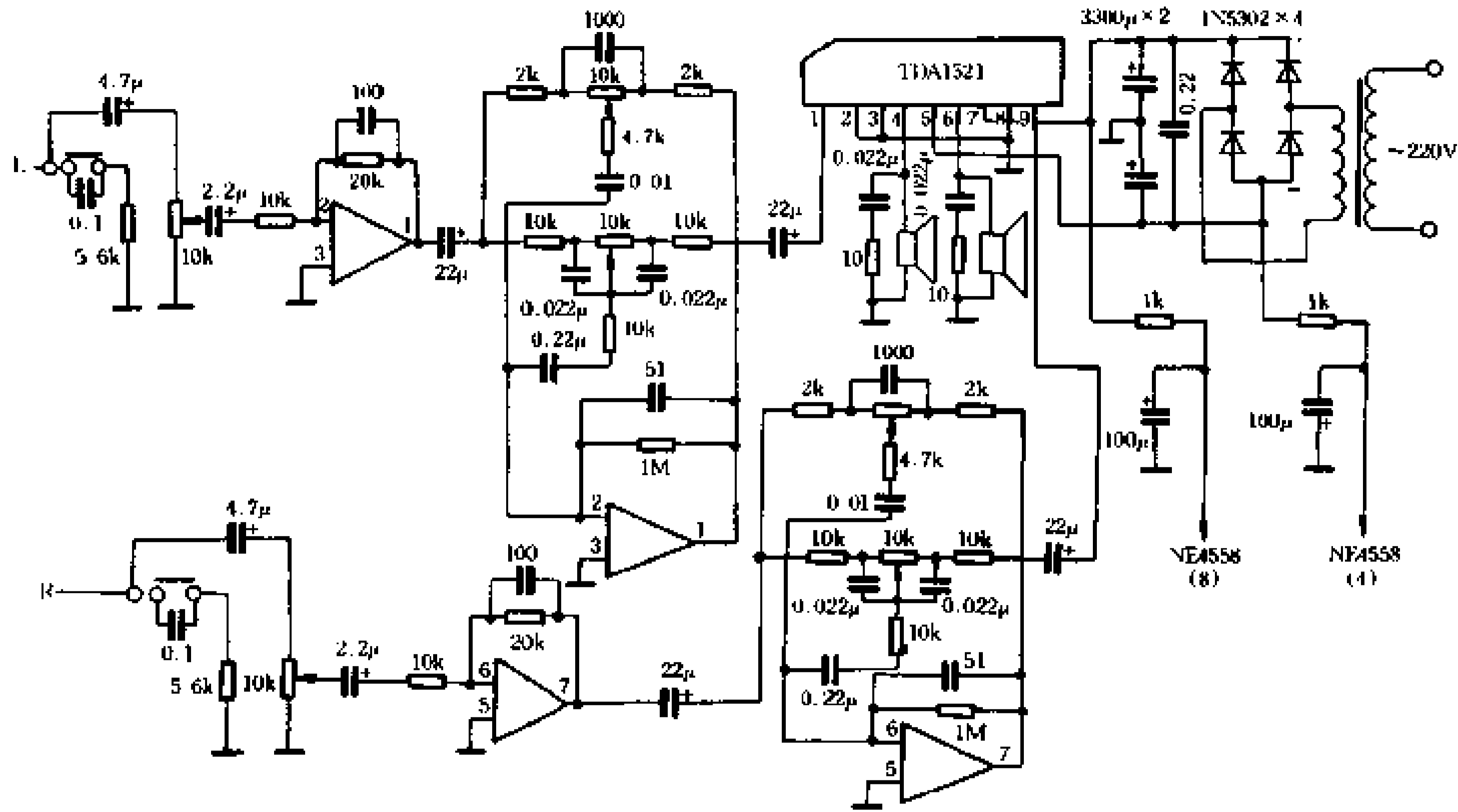


图 5-10

该电路前置放大部分采用运放之皇 NE5532，音调调节部分选用 NE4558。在低音电路中合理选用阻容元件，通过仪器监测，使 50Hz 时比原设计提高 8dB，具有较强的低音效果。由于在音量开小时，高音衰减较大，所以，电路加入了 LS 功能，即使在小音量时，也能保证有均衡的高、低音输出。

该机电路性能指标如下：

- (1) 当 $U_c = \pm 24V$ 时，PMPO 可达 $2 \times 250W$ ；
- (2) 频响：20Hz~20000Hz，50Hz 时，低音提升量最大，可达 20dB；高音提升量为 18dB；
- (3) 失真度： $\leq 0.1\%$ ；
- (4) 信噪比：70dB。

该机试听时，感到高音明亮，清晰、层次分明。低音丰满醇厚，当低音提升量最大时，具有重低音的振撼效果。音量开小时，仍有明显的低音效果。

7. TDA2030A 音频功放及应用

TDA2030A 为意大利 SGS 公司产品，采用 5 脚塑料封装，电路内部设有短路和过热保护。其典型应用电路如图 5-11 所示。TDA2030A 的技术参数如表 5-2 所示。

TDA2030A 实际上是 TDA2030 的改进型，前者可以替代后者，两者主要区别在于最高电源电压 V_{sm} 与输出功率 P_o 等参数不一样，若用 TDA2030 直接代替 TDA2030A，就要看整机电源电压及音频输出功率。当 TDA2030A 的 V_{cc} 电压为 $\pm 16V$ ，输出音频功率不大于 9W ($R_L = 8\Omega$) 或 4W ($R_L = 4\Omega$) 时，用 TDA2030 替代 TDA2030A 问题不大。反之，代换后极易损坏 TDA2030 或音频输出功率达不到原机的水平。

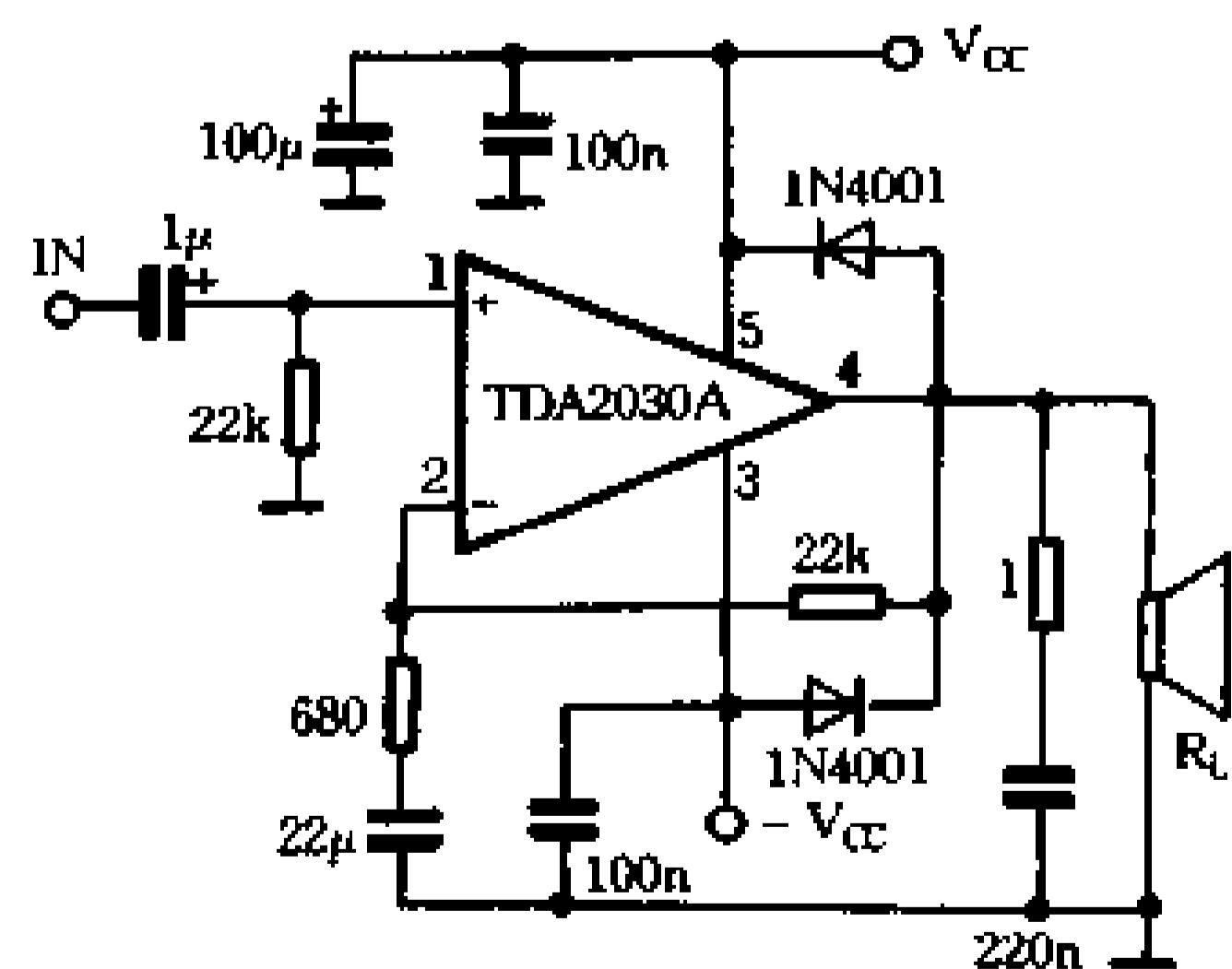


图 5-11

表 5-2

参数名称	电源电压范围	最高电源电压	输出功率典型值	开环电压增益	总谐波失真率	频响	输入电阻
参数符号及单位	V_{CC} (V)	V_{m} (V)	P_o (W)	GVO (dB)	THD (%)	BW (Hz)	R_i (k Ω)
TDA2030A	$\pm 6 \sim \pm 20$	± 22	12($R_L = 8\Omega$) 18($R_L = 4\Omega$) (V_{CC} 均为 $\pm 16V$)	80	0.8 ($P_o = 2W$)	10~15000	500

8. 集成电路 TDA2822 的应用

下面介绍的放大器使用 TDA2822 电路, 采用 BTL 连接方式, 构成常用的喊话器和功放电路。

喊话器、功率接续器(有源音箱)两用机电原理图如图 5-12 所示, 本电路既可作小型扩音喊话使用, 也可适用于袖珍立体收放机、收音机, 作为音频功率放大器用扬声器放音。整个电路采用 3 节 5 号电池(4.5V)供电, 其静态电流为 6mA~9mA, 输出功率可达 1W 左右。

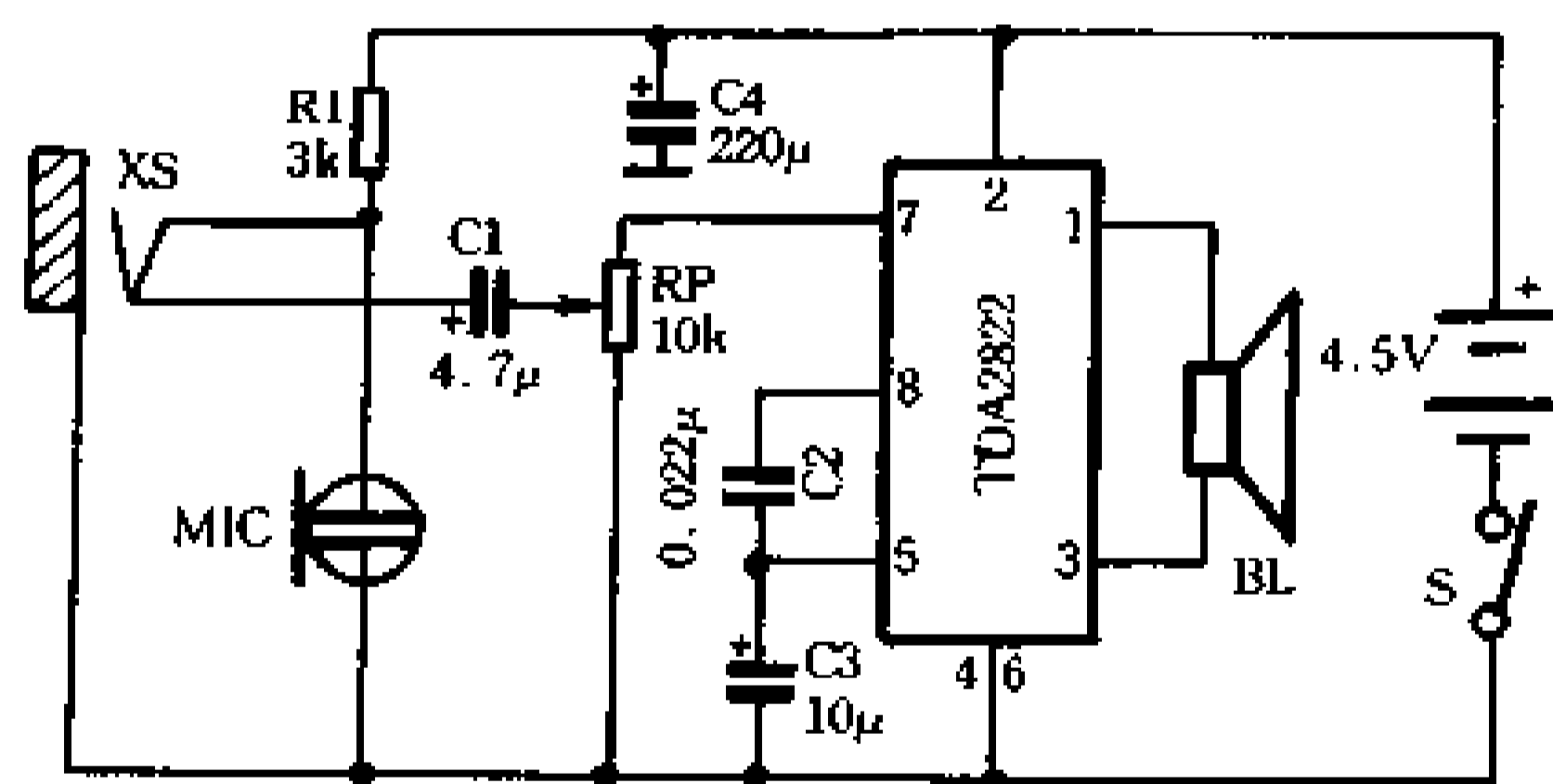


图 5-12

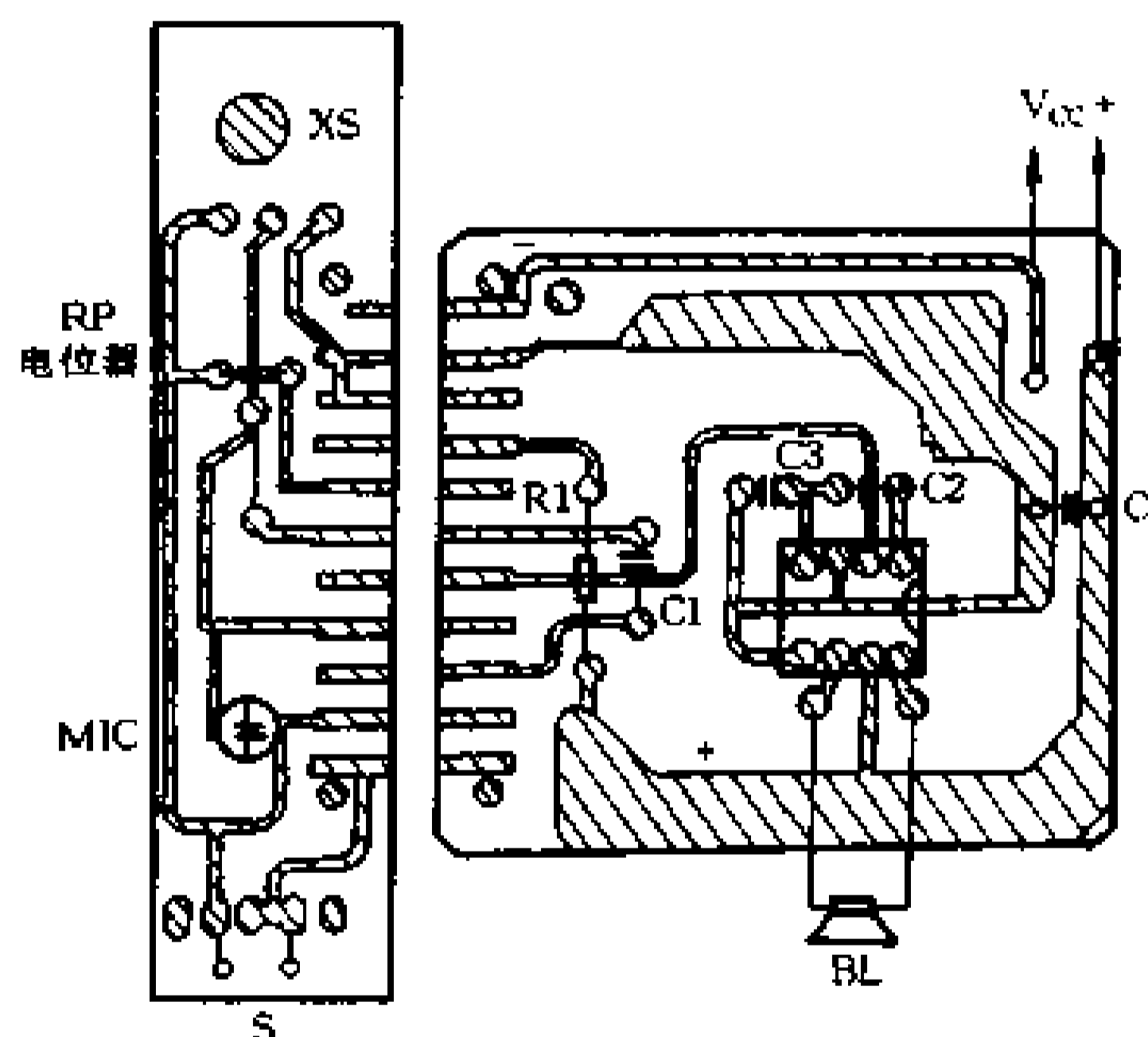


图 5-13

本电路将 TDA2822 集成内部两个功放级接成桥式电路, 称 BTL 电路。BTL 电路的优点是: 制作容易, 携带使用方便, 可减少失真, 改善音质, 增加输出功率, 并使电路大为简化。

【电路原理】

本机工作原理如下: 合上开关 S, 当对面话筒 MIC 讲话时, 音频话音就经 C1、RP 从集成电路 TDA2822 的⑦脚输入, 经过内部 BTL 功放电路放大后, 由扬声器 BL 发声时, 发音清晰明亮, 并可由电位器 RP 调节音量的大小。

【制作方法】

先按电路图清点并选择下列元件:

- (1) 集成电路 TDA2822: 1 只;

- (2) 8脚插座：1只；
- (3) 电解电容器：C4 220 μ F/10V 1只；
C2、C3 10 μ F/6.3V 2只；C1 4.7 μ F/6.3V 1只；
- (4) 电位器 RP：10k Ω 1只；
- (5) 电阻器 R：3k Ω 1只；
- (6) 电源开关 S：(1 \times 1)拨动开关 1只；
- (7) 驻极体电容话筒：1只；
- (8) 2英寸扬声器：1只；
- (9) 透明塑料机壳：1只；
- (10) 印制电路板：2cm \times 8cm 1块；5.5cm \times 5.2cm 1块；
- (11) 立体声三芯插头： ϕ 3mm 1只；
- (12) 金属屏蔽线：1根。

按图 5-12 将上述各元件焊接在印制电路板上，如图 5-13 所示。制作时先将开关 S、话筒 MIC、集成电路 TDA2822、扬声器 BL 固定后焊接在印制板上，然后对照图 5-12 电路将 R1、C1~C4 连接线等焊在印制板上。

对照电路、焊接元器件无误后，开始接上电源，进行调试、检查。因电路外围元件少，本机无须调试就能成功。

9. Hi-Fi 集成功放 TDA7294

欧洲著名 SGS-THOMSON 意法微电子公司近期向中国大陆推出一款音色颇有新意的 DMOS 大功率集成功放 TDA7294，一扫以往线性集成功放和厚膜集成功放生、冷、硬的音色，广泛用于 Hi-Fi 领域，如家庭影院、有源音箱。该器件为 15 脚封装，外形如图 5-14 所示。各端脚作用如下：①脚为待机端；②脚为反相输入端；③脚为正相输入端；④脚接地；⑤、⑪、⑫脚为空脚；⑥脚为自举端；⑦脚为 $+V_s$ (信号处理部分)；⑧脚为 $-V_s$ (信号处理部分)；⑨脚为待机端；⑩脚为静音端；⑬脚为 $+V_s$ (末级)；⑭脚为输出端；⑮脚为 $-V_s$ (末级)。

TDA7294 内部线路设计以音色为重点，兼有双极信号处理电路和功率 MOS 的优点，具有耐压高、低噪声、低失真度、重放音色极具亲和力等特色；短路电流及过热保护功能使其性能更加完善。

TDA7294 主要参数为： V_s (电源电压) 为 $\pm 10V \sim \pm 40V$ ； I_o (输出电流峰值) 为 10A； P_o (RMS 连续输出功率) 在 $V_s = \pm 35V$ 、 8Ω 时为 70W， $V_s = \pm 27V$ 、 4Ω 时为 70W；音乐功率 (有效值) $V_s = \pm 38V$ 、 8Ω 时为 100W， $V_s = \pm 29V$ 、 4Ω 时为 100W。

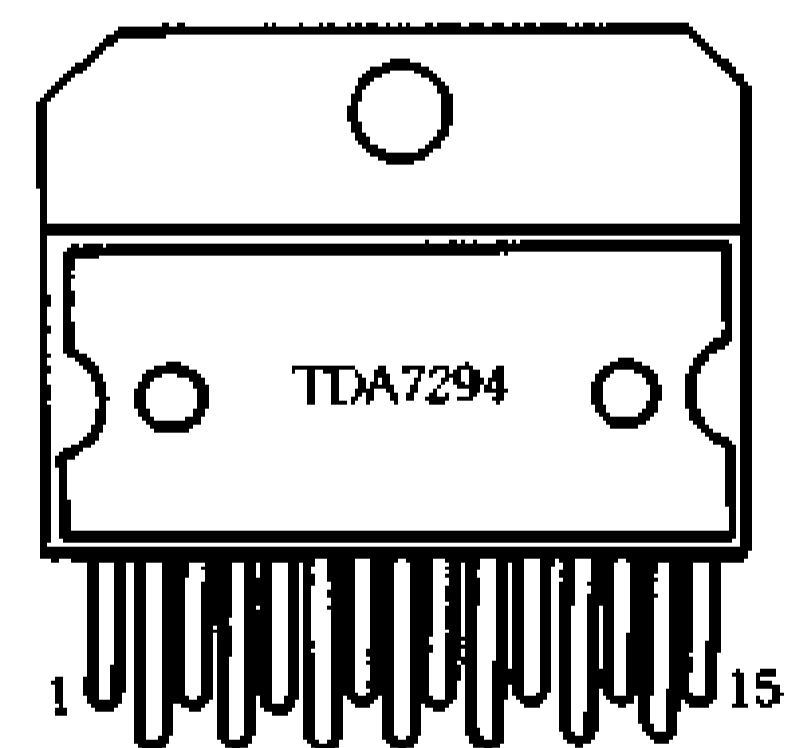


图 5-14

TDA7294 标准应用电路如图 5-15 所示，图 5-15 电路闭环增益为 30dB，增大 R3 或减小 R2 可以提高放大器增益，反之增益下降；R4、C4 决定待机时间常数，取值大时增加等待开/关时间，反之缩短时间；R5、R6、C3 决定静音时间常数，取值大时静音时间延长，反之缩短；当控制端接低电位时为待机和静音状态。当控制端接 V_s 时，因 $(R_5 + R_6) > R_4$ ，⑩脚比⑨脚后升到高电位，而关机时先变为低电位，这就使待机和关机过程均在静音状态下进行，保证了放大器开关机无噪声。

由于业余自装分立元件功放常因测试条件不具备、元件配对差而出现音色粗糙、自激等

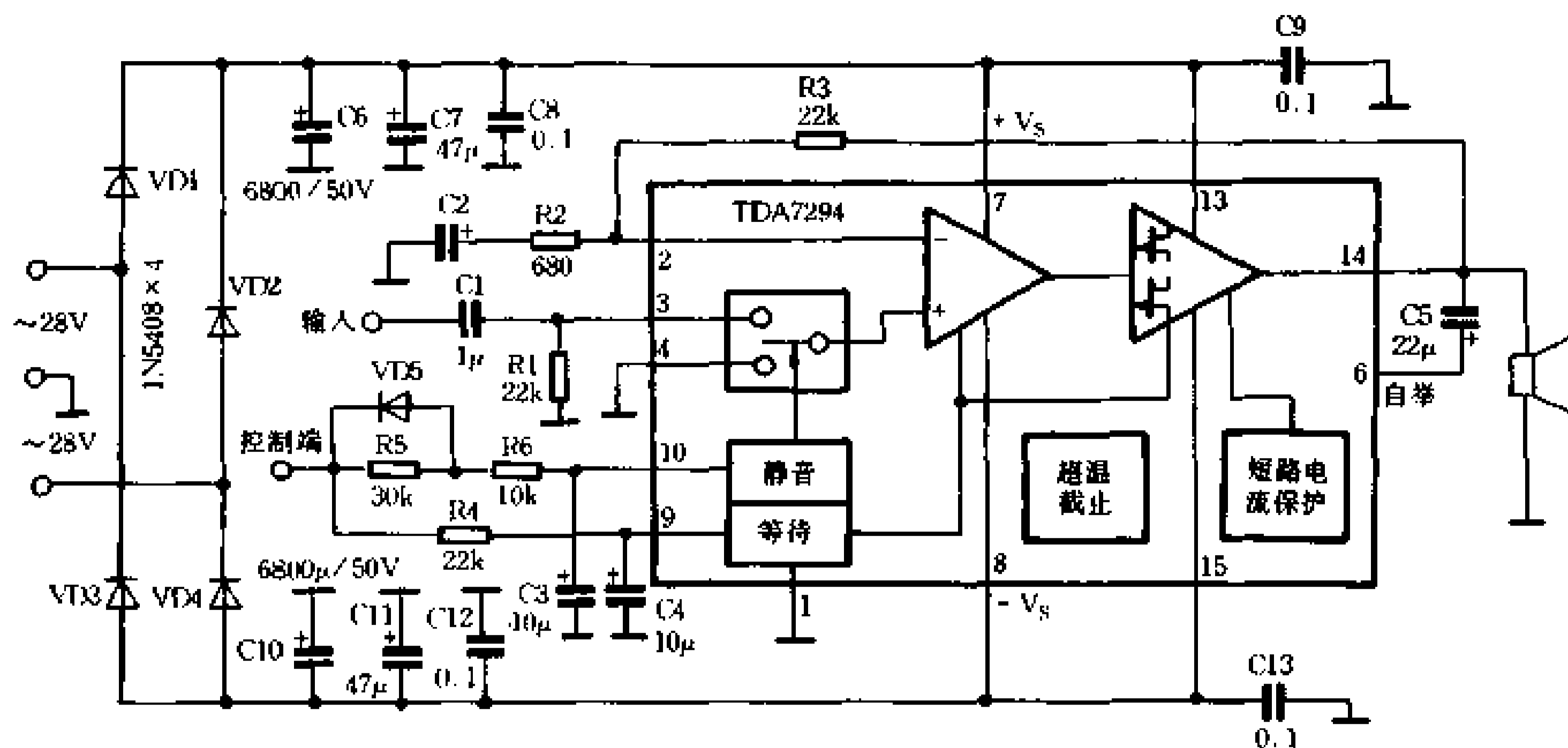


图 5-15

问题，而 TDA7294 性能优良、外围元件少、安装简单、价格低廉，较其它集成功放更有音色上的优势，十分适合电子爱好者自装家庭影院功放及 Hi-Fi 功放。

【元器件选择与安装】

(1) 安装：自装之前应备齐元器件，元件选用优质正品。滤波电解电容容量应达 $6800\mu\text{F}$ ，耐压达 50V ；电阻采用金属膜型；整流管电流应为 3A 以上；电源变压器可采用环型，也可采用 EI 型以降低成本，但容量应足够大，每声道为 $100\sim 150\text{W}$ ，这样才能保证放大器低频特性优良。元件备齐后，须用万用表逐一检查，避免把开路、短路或变质元件装入电路板，给下一步通电调试带来麻烦。焊接应采用中性松香焊锡丝，切忌用氯化锌等酸性焊剂，以免导致印制板铜箔间漏电或锈蚀印制板。散热器使用专业梳齿型铝散热器，尺寸为 $160\text{mm}\times 45\text{mm}\times 80\text{mm}$ ，以上有两个固定孔，用自攻螺钉紧固在印制板上。TDA7294 外壳为 $-V_s$ 端，与散热器间应装上绝缘导热片。

(2) 通电：焊接安装完毕，检查无误后，用万用表电阻挡测 $\pm V_s$ 端对地应无短路才能通电。如果有调压器，第一通电可先调低电压再接入。为防止意外情况损坏扬声器，第一次通

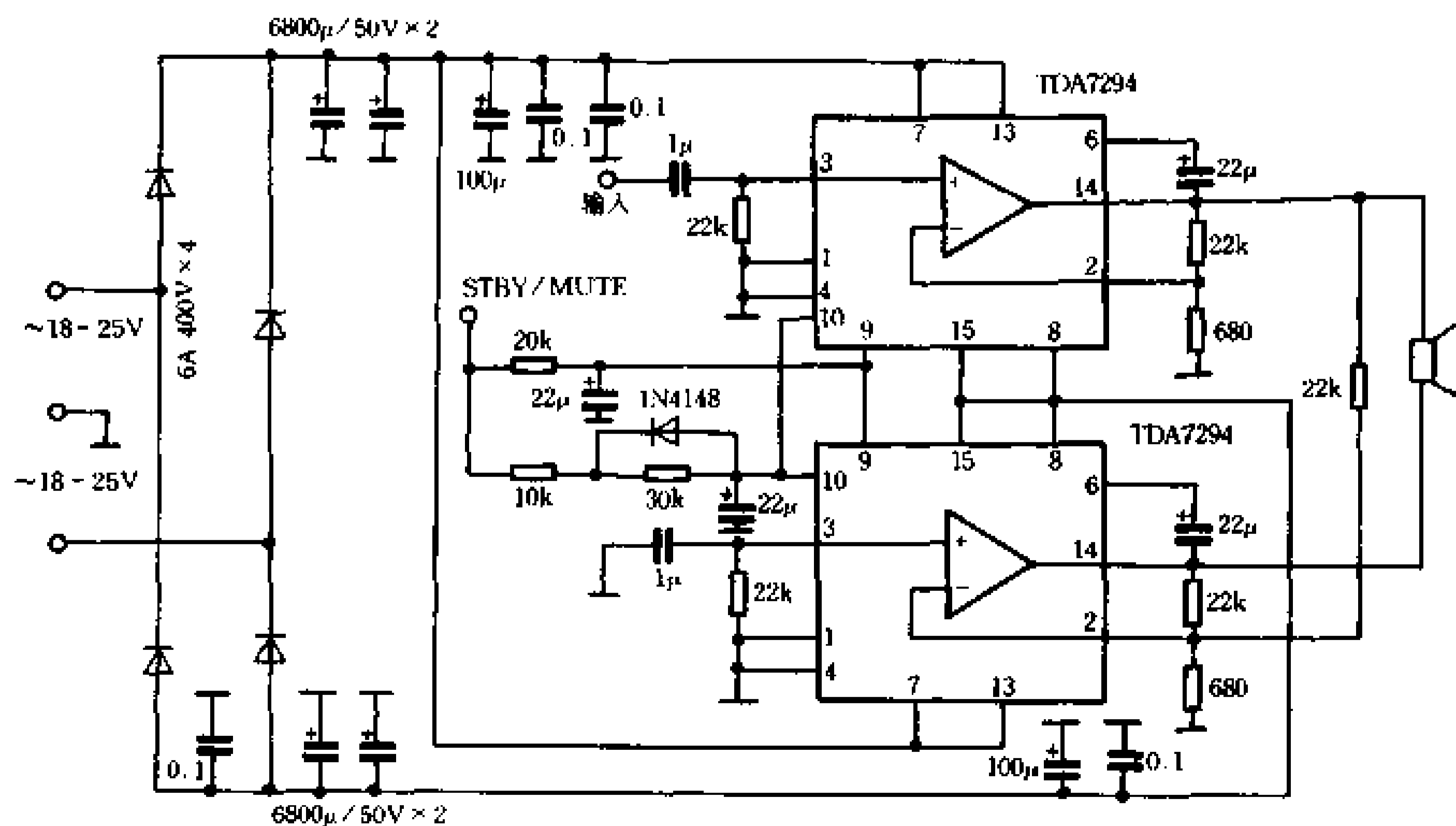


图 5-16

电不接扬声器。通电后，先测 $\pm V_s$ 是否正常及对称，再测 TDA7294⑩脚输出端应无直流电压，若一切正常，即可接入扬声器试音。输入 CD 机、VCD 机或卡座插放的音乐信号，即可品味劳动成果带来的欣喜，一般来说，只要具备电子技术和焊装基础知识，就有能力安装成功。

对于歌舞厅，有源低音炮等大功率专业应用领域，可选用如图 5-16 所示 BTL 功放，两只 TDA7294 均配各自专业散热器，在 $V_s = \pm 25V$ 、 8Ω 时，最大连续输出功率达 150W；在 $V_s = \pm 35V$ 、 16Ω 时，最大连续输出功率达 170W。

10. 25W 单片音频 D 类功放 IC——TDA7482

近期，SGS—THOMSON 公司推出了三款单片 D 类功放 IC，它们分别是 TDA7480 (10W)、TDA7481C (18W) 和 TDA7482 (25W)。本文以输出功率最大的 TDA7482 为例加以介绍。

TDA7482 是音频用 D 类脉宽调制单片功放 IC。此系列 IC 主要设计用于高效率场合如大屏幕彩色电视机的伴音系统和家用立体声装置等。

TDA7482 的主要技术参数为：

(1) 有 25W 的额定输出功率。工作条件是： $R_L = 4 \sim 8\Omega$ ， $THD \leq 10\%$ 。其实根据推荐的电参数，当 $R_L = 8\Omega$ ， $P_{\text{出}} = 1W$ 时其 THD 仅为 0.1%。

(2) 有很高的输出效率。当 $V_{CC} = \pm 21V$ ， $R_L = 8\Omega$ ， $P_{\text{出}} = 18W$ 时，效率达 78%，因此工作时仅需很小的散热器，甚至不用亦可。

(3) 宽工作电压范围。推荐值为 $\pm 10V \sim \pm 25V$ ，很适合汽车蓄电池供电。

(4) 内设有过流保护装置，当 $R_L = 0$ 时保护动作门限为 3.5A~5A。

(5) 内设有过压保护装置，保护阈值为 50V。

(6) 有过热过载保护，过热关闭温度为 150℃。

(7) 有 ST-BY 及 MUTE 功能。

(8) 推荐脉宽调制的载频工作频率为 100kHz~200kHz。

(9) 输入噪声 (20Hz~20kHz) 为 $7\mu V \sim 12\mu V$ 。

(10) 输入阻抗为 30k Ω 。

(11) 最大功耗 3.8W。

TDA7482 的外形及管脚排列如图 5-17 所示。

TDA7482 的典型应用电路如图 5-18 所示。

关于脉宽调制的 D 类音频功放，在过去近半个世纪，国外杂志不断地进行过探讨报道。这一技术诱人的主要特点是输出效率高 (一般达 85~90% 以上)，这对输出功率较大的放大器比较重要。但其失真指标高 Hi-Fi 要求尚有相当的距离。现在所得知 D 类 PWM 功放的 THD 约为 0.1%~0.01%，但当功率大于 50W 时很难达到这个范围的指标。虽然采用 PWM 制作的音频功放，感到音乐味不太浓。其次强力的 PWM 载频必然造成中短波波段严重的电磁干扰，这恐怕是现有滤波设计无法满意解决的难题。尽管如此，在大屏幕彩色电视机的伴音输出级、多媒体电脑的音频部分和车载立体声系统中，PWM 功放的上述缺点显得并不重要，于是找到了它的用场。而且象 SGS—THOMSON 这样的国际大公司可以单片形式推出此类系列芯片，可以指望工作起来是十分可靠的，所以值得推荐。

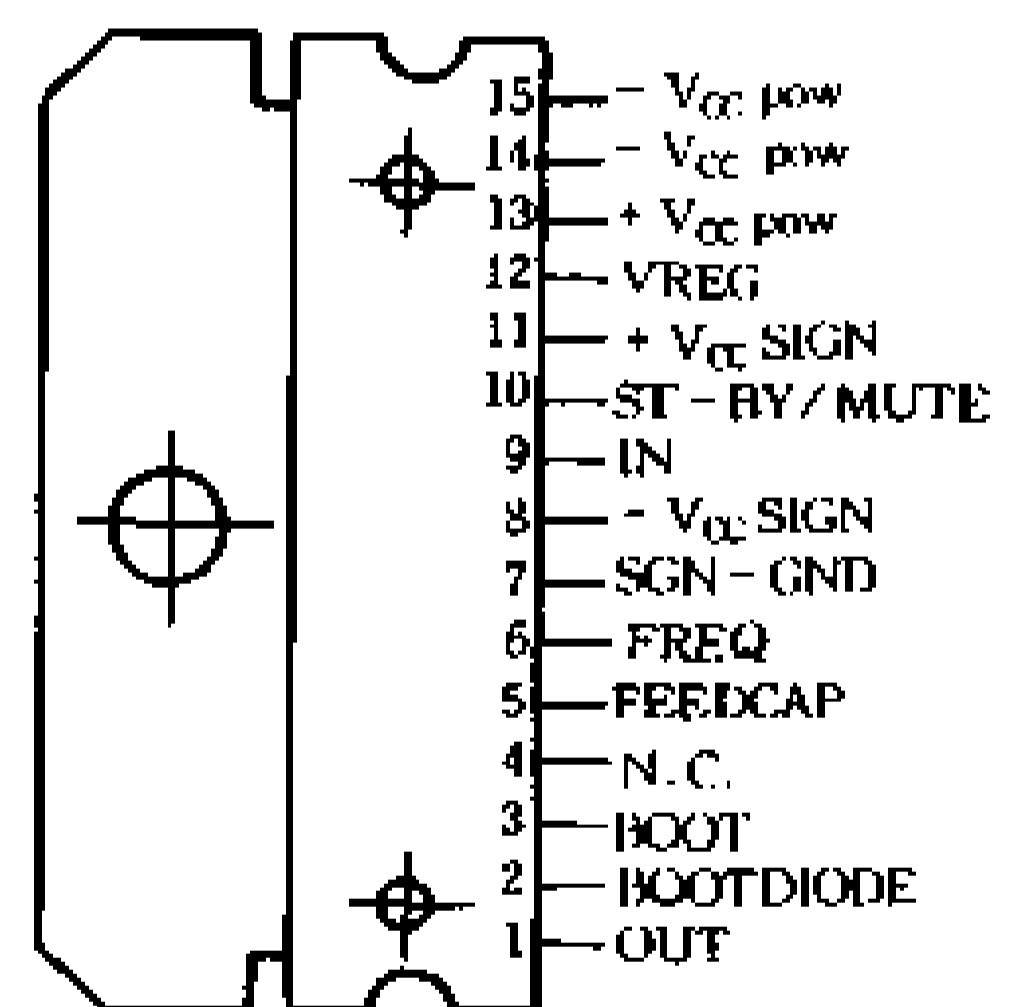


图 5-17

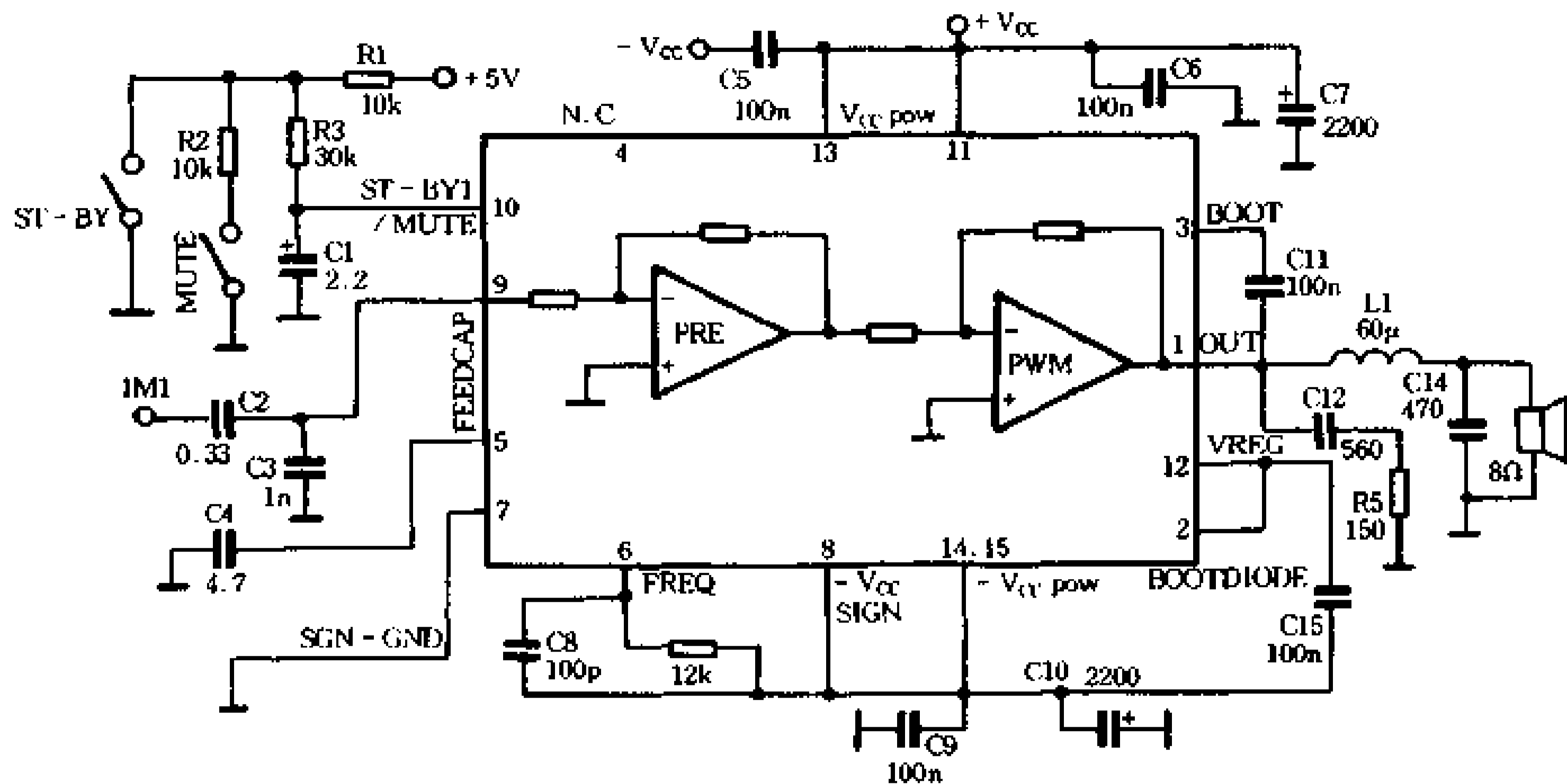


图 5-18

11. 用 LM1875 组装 BTL 高保真放大器

美国国家半导体公司(NS)出品的音响功率集成电路 LM1875 是音色诱人的品种之一, 它的输出功率与性能均优于 TDA2030A, 而体积大小则相同。和 TDA1514A 等功率集成电路相比较, 音质各有千秋。下面介绍的是用 LM1875 集成电路所组成的 BTL 功率放大器, 每声道各两枚, 最大输出功率为 $2 \times 80W$ 左右, 能满足家庭欣赏需求。电路原理如图 5-19 所示。

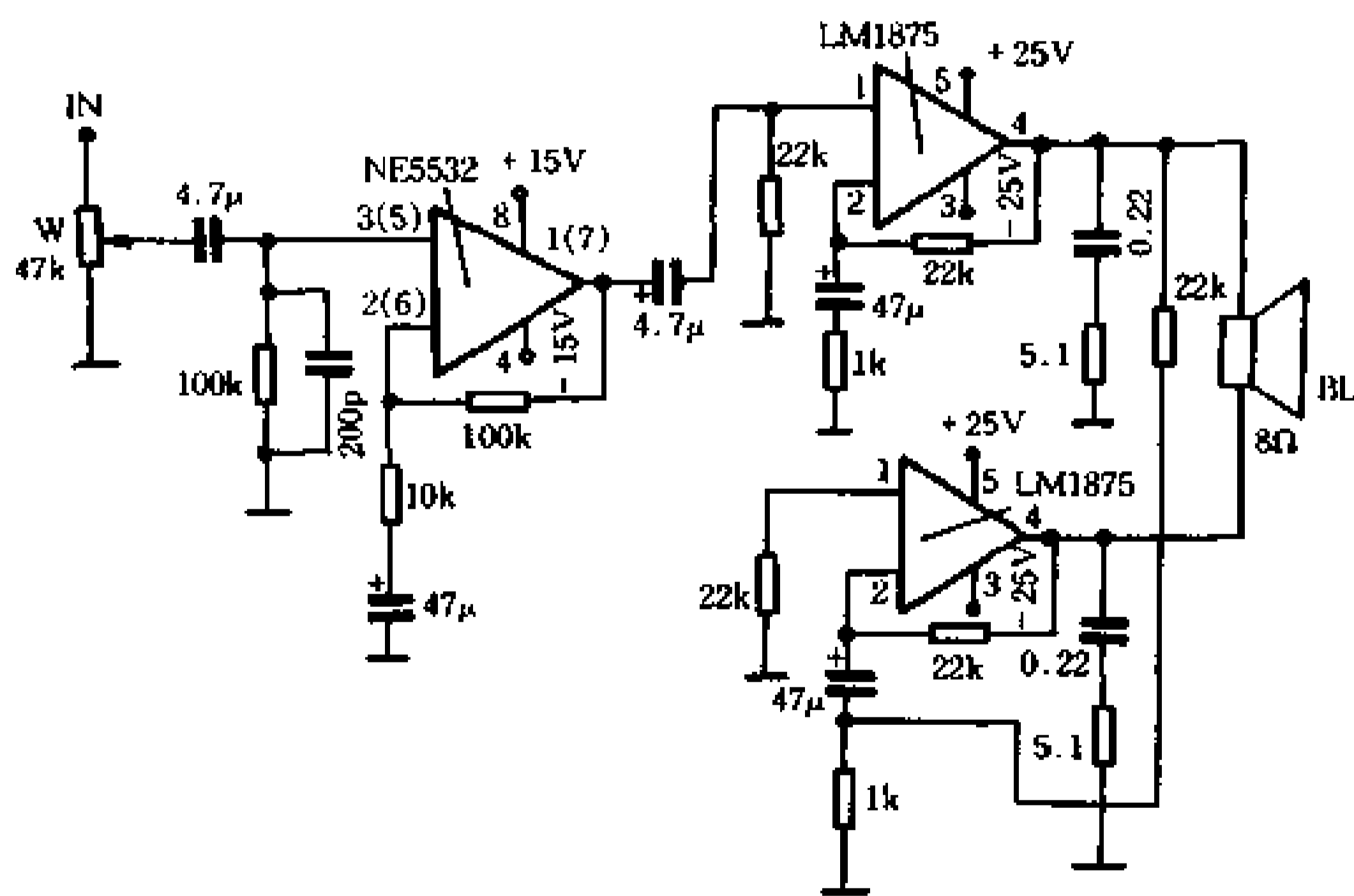


图 5-19

前置级采用运放皇 NE5532 为核心的优质 10 倍放大器, 以配合 LM1875 的输入灵敏度。该前置放大器电源最好采用高速有源伺服电路。优质 IC 要配优质外围元件, 如耦合电容器用 CBB 电容器或钽电解电容器; 反馈电容器用 ELNA 电容器; 滤波电容器用 $2 \times 10000\mu F$ “黑金刚”(每声道) 并联 $0.22\mu F$ CBB 电容器; 电阻器用五色环金属膜电阻器等。变压器采用次级交流电压 $2 \times 18V$ 的“环牛”最好。

整机装毕调试时, 若电路有自激, 应仔细调整移相网络电路中的电容器值, 一般使静态

电流 50mA~80mA 为宜。要求不太高，亦可取消移相网络。一个声道的电路如图 5-19 所示，另一个声道电路与此完全相同。

12. 采用 LM1875 的电流反馈型功放电路

电流型功放听感较好，采用功放集成电路 LM1875 的电流型功放电路如图 5-20 所示。图中，与扬声器 BL 串联的电阻 R3 阻值很小，流过扬声器的电流流过 R3，在其两端产生的取样反馈电压与输出电流成正比。将 R3 上形成电压经 R2 送到放大器的反馈输入端，组成电流负反馈，使放大器的输出阻抗升高，同时降低阻尼系数。电路中取消了所谓的茹贝尔网络，仅用 C4 作超前补偿。R2 的设置虽然使输出反馈电流不能百分之百反馈到负向输入端，但确防止了大反馈量对输入端产生的有害影响；同时，也使正负输入端的偏置得到平衡，消除输出端的直流偏移。

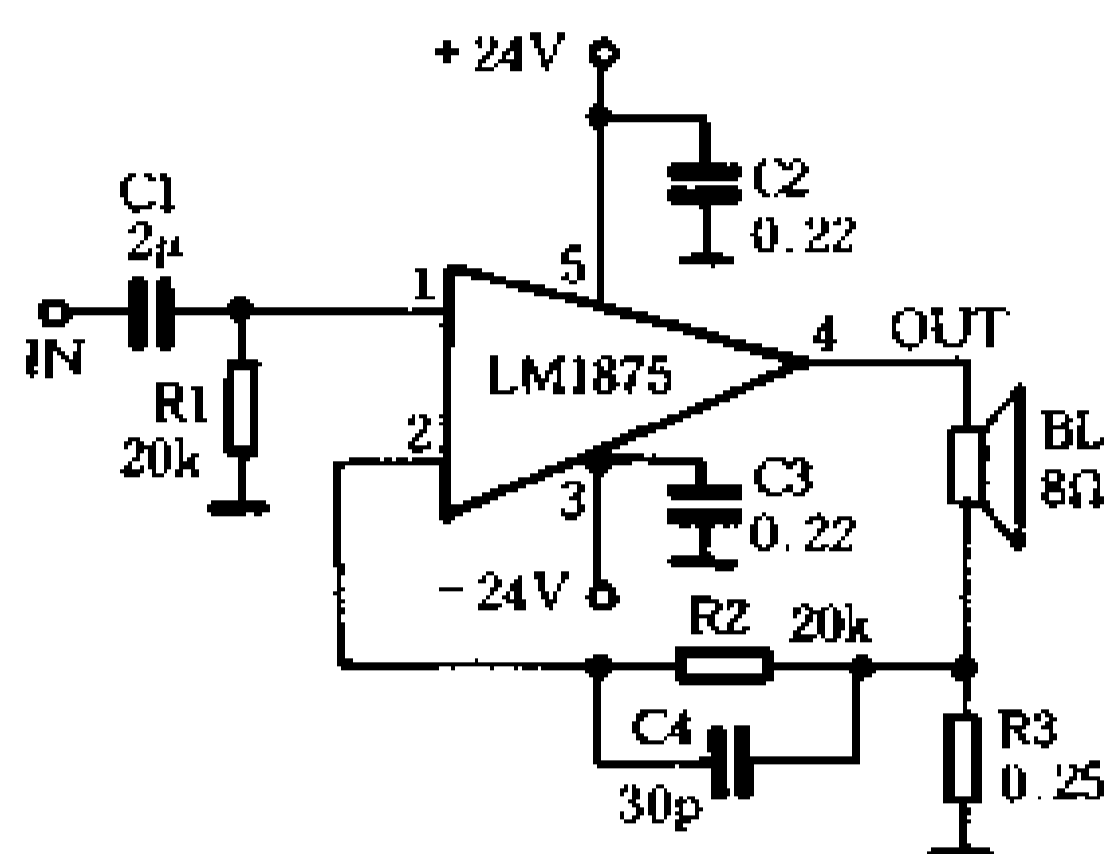


图 5-20

先在③、⑤脚焊上两只小型 0.22μF 电容，把它们的另一端焊在一起作为接地端。有关接地的电阻，均弯折后焊在这一点上。±24V 电源线和输出线直接焊在有关脚上。将输入端对地交流短路，在 BL 扬声器位置上焊一只 10Ω 电阻，通电测试输出端对地电压。如小于 100mV 且半小时后基本无偏移，即可断开输入短路线，接上扬声器即可。

13. 让 LM1875 声音更靓

LM1875 是美国 NSC 公司生产的一块高保真薄膜功放 IC。它的适应性很强，可以按 OTL、OCL 及 BTL 的不同接法，制作成不同形式的功率放大器。本文根据 NSC 手册推荐的 OCL 电路改装了一台放大器。经试听，觉得音域宽广、音色迷人。为了进一步发挥 LM1875 的潜在功能，使该功率放大器声音更靓，特在制作过程中反复试验，得到两点体会：其一，对外围元器件的选择非常重要。因本功放电路简单，外围元件少，故选用比较高档的元器件，甚至优质元件。虽然价格较贵，但总花费不会太高，音质却有很大提高。其二，在电路设计及制作方面，进行一些小改进，也能取得十分理想的效果。

LM1875 的最大不失真功率可达 30W，最大输出电流 4A。因此，力求左、右声道的电源各自独立。每声道电源变压器功率在 100VA 左右，尽量选用优质品，整流桥电流 >5A，电解电容器宜选用进口优质品或国产正品。滤波电容最好用 10000μF × 2。功放电源要直接取自滤波电容器端子，不要接至整流桥，以免引起交流声。

设计印制电路板时，应遵循信号地、功率地分别走线的原则，采用星形一点接地。实际上，LM1875 只有 5 个引出端，采用接线支架安装也十分方便。但应注意，切忌用较长的导线连接，特别是信号输入线。

电容器 C2、C3、C4、C9 及输入耦合电容 C1 对整机音质影响较大，如采用法国 SOLEN 产品，效果很好。电阻选用 1/2W 金属膜电阻。音量电位器采用日本 ALPS 音频专用双连电位器，该电位器机械摩擦噪声极小，一致性好。

原 LM1875 功放采用的是交流负反馈电路。容量较大的反馈电容对整机影响较大，可取

消该电容器。由于 LM1875 的失调电压很低，最大±2μV，因此，取消该反馈电容后，实测输出端直流电压仅在 10mV 左右，电路十分稳定。

改进后的电路如图 5-21 所示，采用优质元器件组装了一台增益为 26dB 的放大器。用已摩机的索尼 CDP-211 激光唱机作音源，推动一对 4 英寸低音，1 英寸高音小型进口音箱，音色十分细腻，力度充足，定位清晰准确。特别是聆听弦乐和人声时，既甜美又真实。

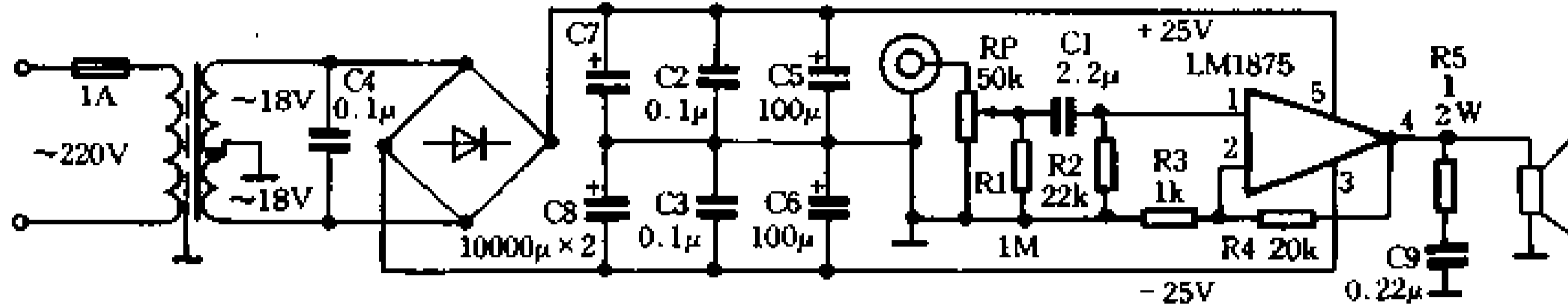


图 5-21

14. 功率放大器 LM1875 及应用

LM1875 系美国国家半导体公司(NSC)的产品。该器件是一种应用广泛的末级功率放大器，适合在音频放大、伺服放大、桥路放大、测试系统中的功率放大场合。它外围元件少，不失真功率大，单双电源均能工作，并且电路内自备过载、过热及抑制反向电势的安全工作区保护电路(感性负载)，是高、中挡音响中理想的应用电路。

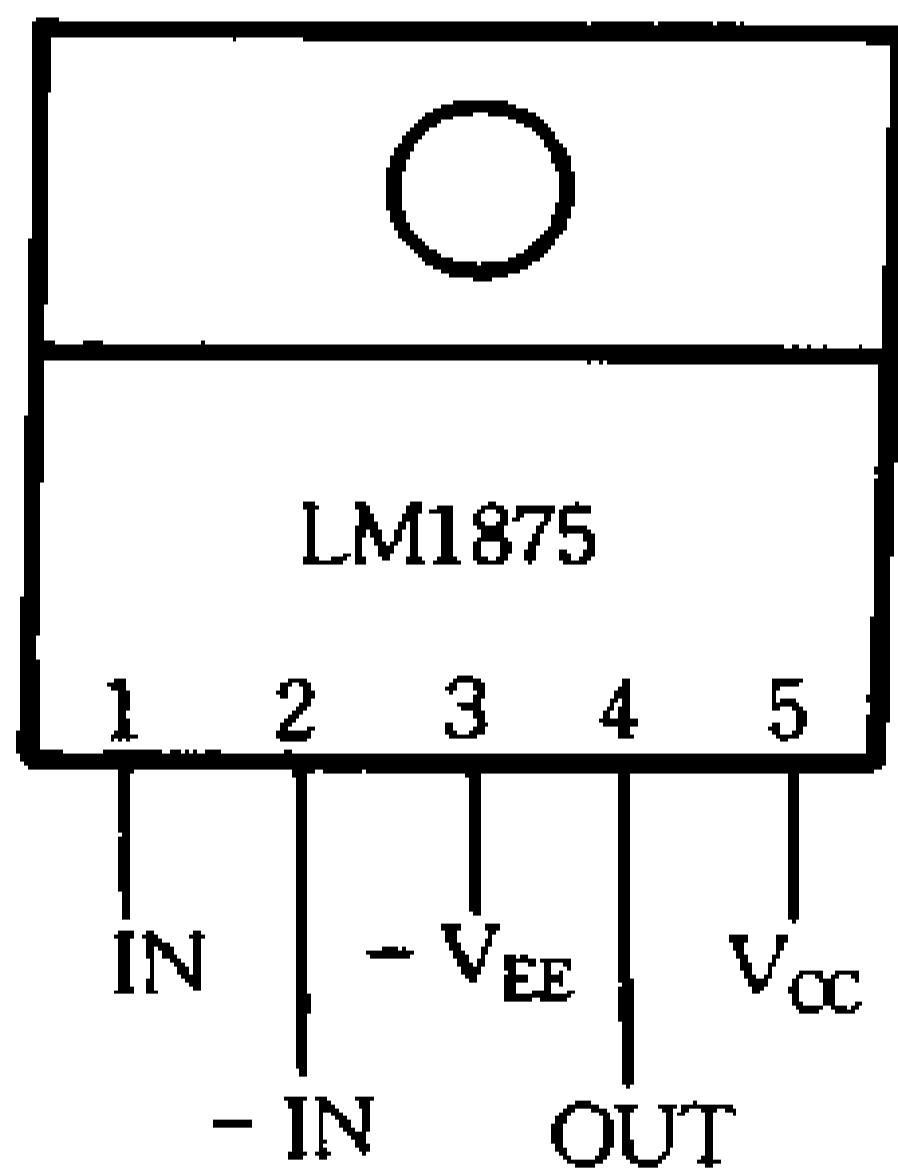


图 5-22

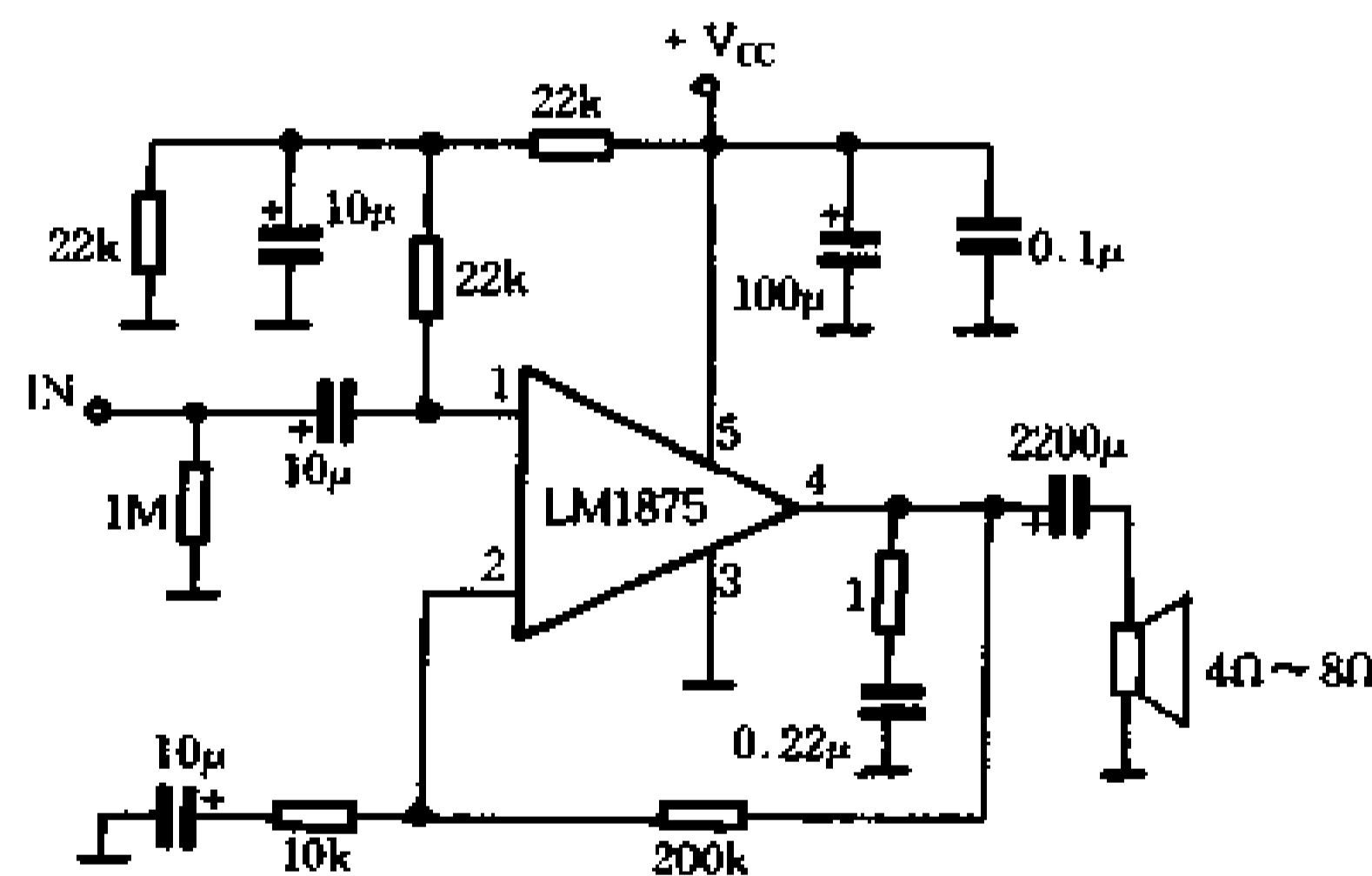


图 5-23

该器件具有以下特点：

- (1) 单双电源，宽电压范围(单 12V~50V 或双±6V~±50V)；
- (2) 最大不失真功率为 30W；
- (3) 低失真度输出(30W 时小于 1%)；
- (4) 开环增益 90dB；
- (5) 静态电流小于 100mA；
- (6) 最大输出电流 4A；
- (7) 最大摆幅率 8V/μs。

LM1875 外形、引脚如图 5-22 所示。OCL 功放电路原理如图 5-23 所示；OTL 功放电路原理如图 5-24 所示；BTL 功放电路原理如图 5-25 所示。

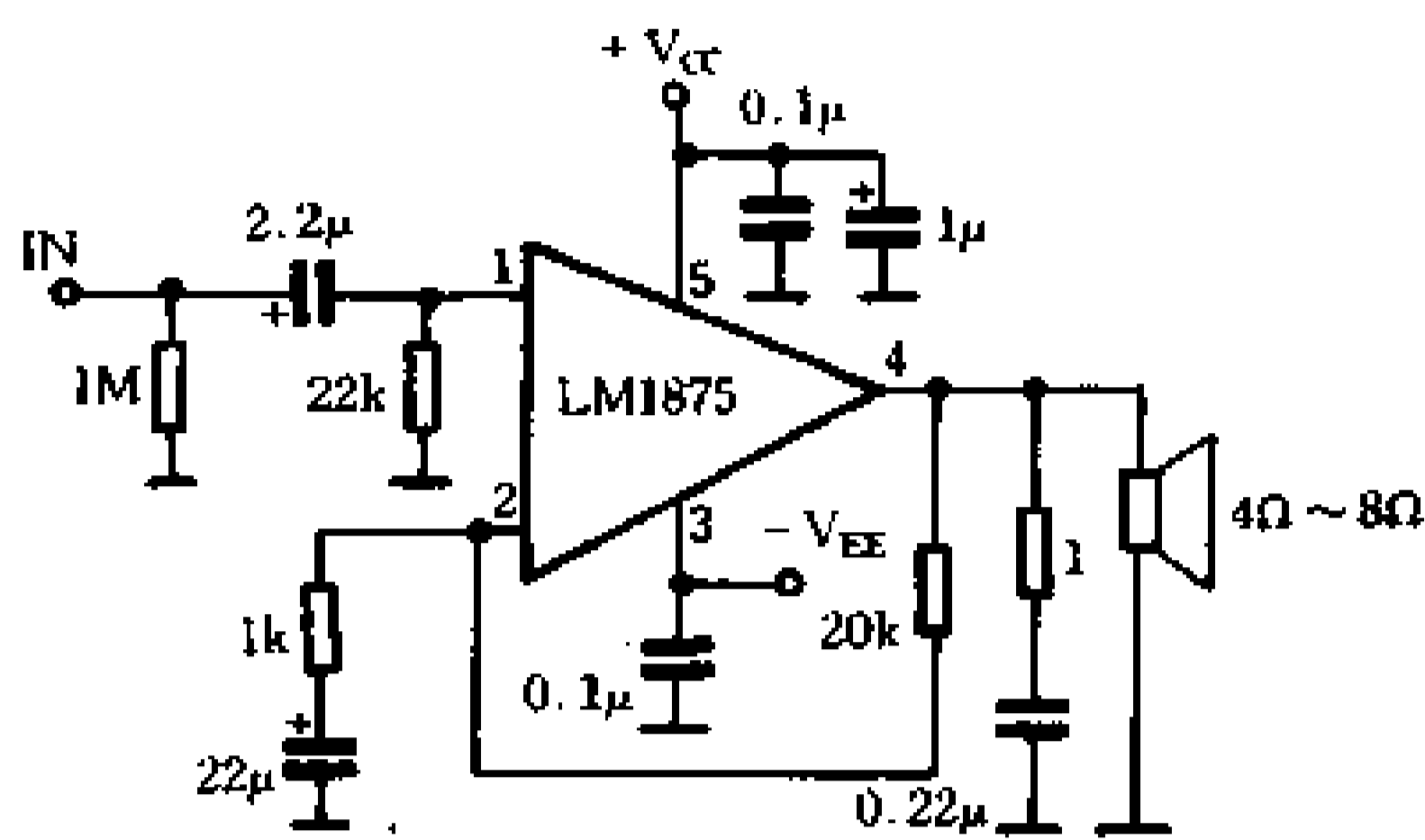


图 5-24

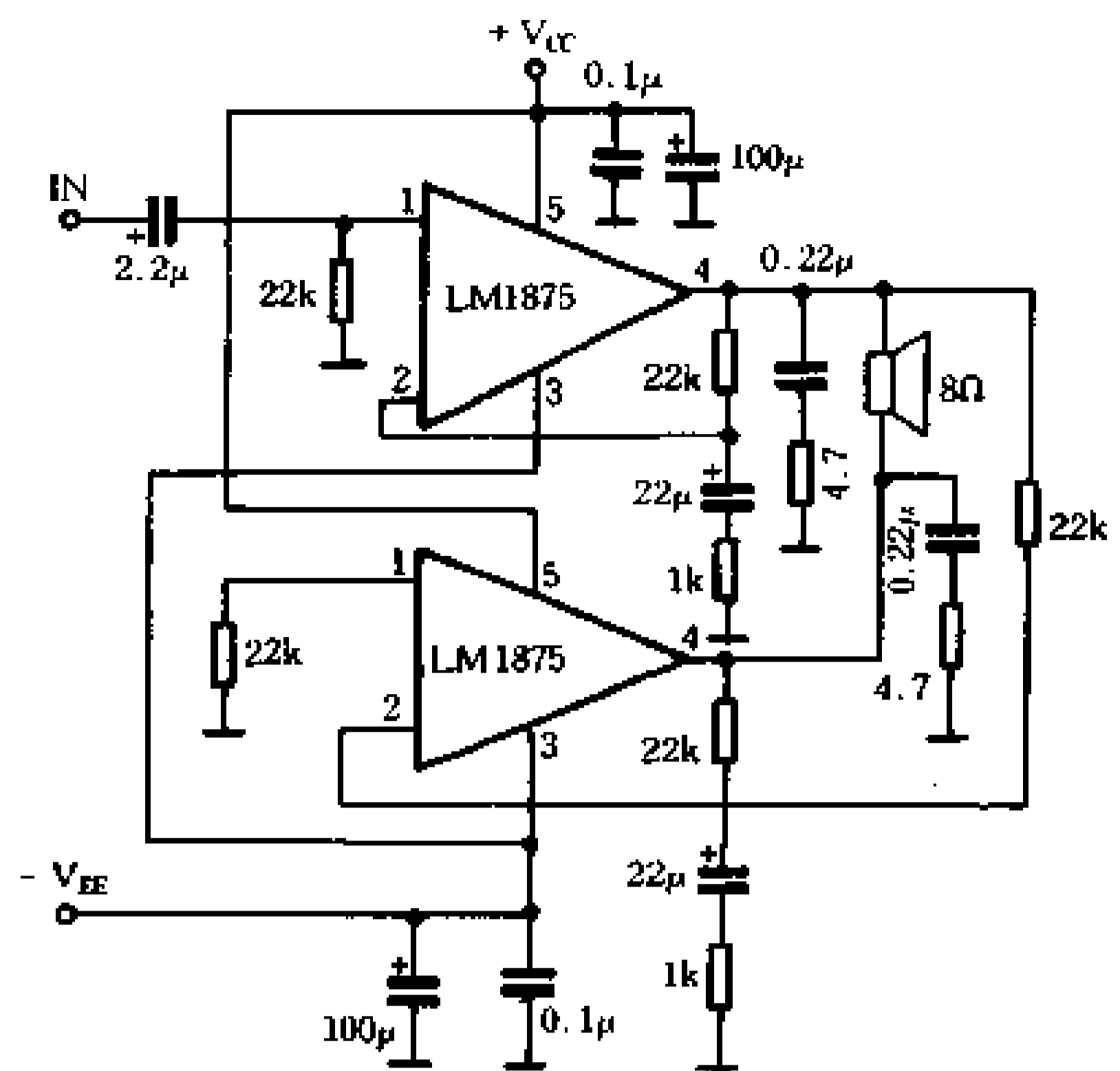


图 5-25

值得一提的是，当接成 BTL 形式时，最大不失真功率可达 100W。若用盒式磁带录音座或激光唱碟作音源放音时，需要在 LM1875 与音源之间串接一个增益为 20dB(即 10 倍)的前级放大器，电路图略。

表 5-3 是 LM1875 的生产厂家提供的两种典型应用数据与电路性能，供参考。

表 5-3

典型应用 电路特性	OTL 放大器	OCL 放大器
直流电源电压 (V_{CC})	+50V	+25V ($-V_{EE} = -25V$)
最大输出功率 (P_o)	25W	25W
总共谐波失真 (THD) $P_o = 20W$ $R_L = 8\Omega$ $f = 1000Hz$	小于 万分之二	小于 万分之二
额定电压增益 (A_v) $R_L = 8\Omega$	26dB	26dB

安装 LM1875 时，最好装上散热器，LM1875 的③脚与散热器相通。电路使用正负电源供电时，散热器不能接地，正负电源最好稳压。

当出现自激时，将会出现 LM1875 严重发烫、扬声器无声、输出退耦网络电阻冒烟等现象，此时 LM1875 的静态电流必须大于 1A。

这是因为 LM1875 的开环增益为 90dB，而接入电路后的闭环增益为 26dB，据此可推断是深度负反馈导致高频相移，并在某一频率上相移达 180°，这时负反馈变成正反馈，从而出现自激振荡。因此可通过降低负反馈深度或进行相位补偿的方法来消除自激。

降低负反馈深度会导致谐波失真增大。采用相位补偿有两种办法：一是在 LM1875 的“+、-”输入端之间接入 RC 相位补偿电路，但此法会造成 LM1875 的输入级增益降低，噪

声增大；二是在 LM1875 的反馈电阻上并联一小电容，即超前补偿。此法不改变电路的 THD 和噪声性能，也不降低电路的转换速率，对瞬态互调失真无不良影响，但电容值应尽量小（68pF 左右），最好用云母电容，以使电路的高频特性不受影响。

15. 新型 Hi-Fi 立体声功放 IC——LM1876

不少业余爱好者认为功放 IC 音色平庸，而喜欢用分立元件动手自制功率放大器以追求高音质，但分立元件多、调试复杂，还要增加不少保护电路。

事实上，优秀的功放集成电路性能不逊于分立元件制作的功放。这里介绍 NS 公司近期推出的一款高保真双 20W 新型单片音频放大器——LM1876。LM1876 的特色在于保护功能非常完善，内含 NS 公司专利 Spike 瞬时温度骤失保护电路，同时还有输出短路绝缘的 TO-220 封装，大可放心直接加上金属散热片，或直接固定于金属机壳上。LM1876 拥有输入/输出静噪模式及电压过低保护，两者结合起来可消除功率升高或者降低时产生的“噼啪”和“咔嚓”声，避免了损坏扬声器的可能性。准备过程中静态电流低至 4.2mA。

LM1876 技术指标如下：

- (1) 工作电压： $\pm 20V \sim \pm 35V$ ；
- (2) 8Ω 负载下可输出不失真功率： $20W \times 2$ ；
- (3) 总谐波失真(THD+N)：0.08%；
- (4) 信噪比： $> 85dB$ ；
- (5) 瞬态响应： $18V/\mu s$ (典型值)；
- (6) 通道分离度： $80dB$ 。

LM1876 适用于高保真电视、小型有源一体化音箱、环绕声放大器、汽车功放等场合。另外，LM1876 两声道完全分开，每声道均有独立的正负电压供电系统，各有各的地及正负电压输入脚，杜绝了声道之间相互干扰，保证了高保真音质。典型应用电路如图 5-26 所示。（只画出一个声道）。LM1876 外围相当简单，其管脚图如图 5-27 所示。尽管是单列 15 脚封装，但 15 脚分成前后排列(7+8)，对于“懒惰”的发烧友甚至可以直接搭焊，免去制线路板。

本文采用一台 AD827 摩过的 SONY CDP-497，接通 LM1876 制作的放大器(用 50W 环牛)，王馨平一首《别问我是谁》(国语)，甜美清亮的女性嗓音沁人肺腑，音乐细节触手可及，透明感及定位感很好，特别是女歌手富有娇柔甜美的女性韵味表现得淋漓尽致，令人感动。试听音箱是自制的惠威“低频霸主”。对于喜欢动手的发烧友，用 LM1876 制作功放很容易尝到成功的喜悦！

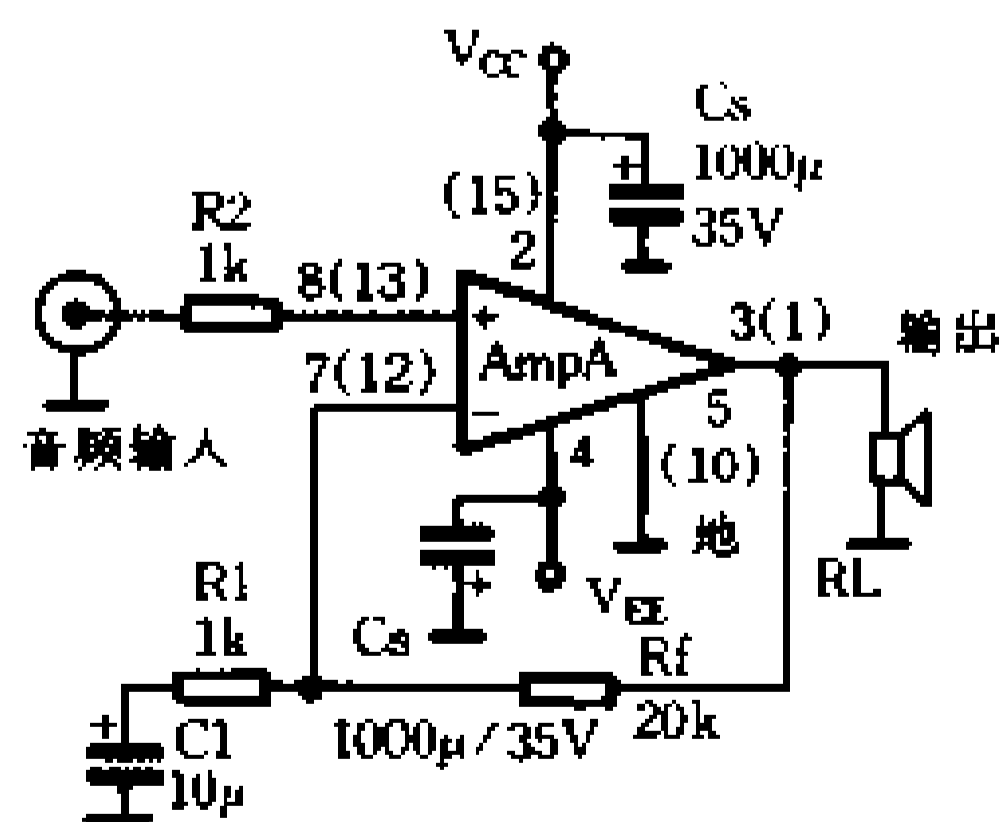


图 5-26

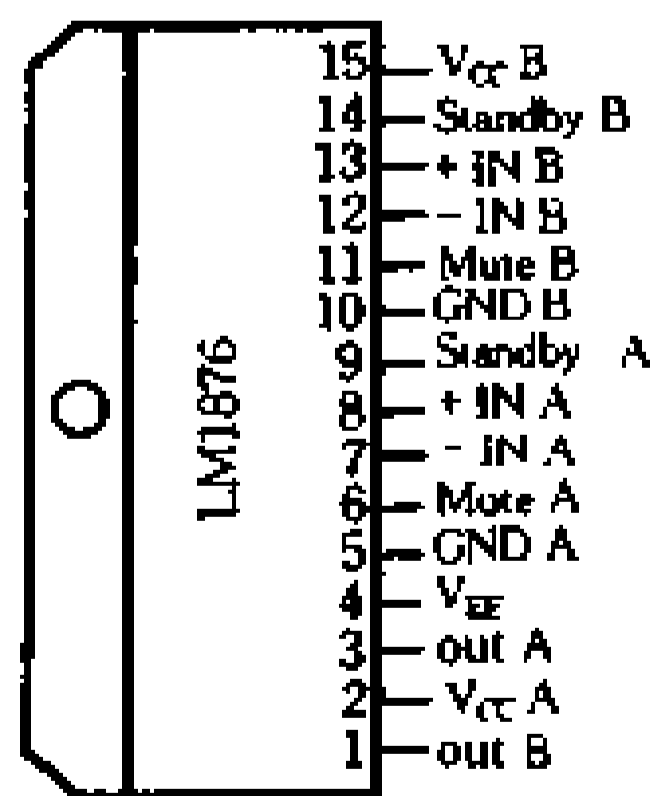


图 5-27

16. LM3875T 和 LM3876T 高性能 40W 单片音频功率放大器 IC

【电路原理】

LM3875T 和 LM3876T 是美国国家半导体(NS)公司推出的性能优异的集成功率放大器。在频率范围为 20Hz~20kHz, 负载为 8Ω 时可输出 40W 连续平均功率, 失真度仅为 0.05%。因此, 这是工厂设计制造高保真音响设备, 环绕声放大器、立体声电视机的优选功放 IC, 也是音响爱好者自制 Hi-Fi 功放的优选器件。

LM3875T 和 LM3876T 具有外围电路简单, 性能优越, IC 内采用了先进的过压、欠压、短路、热失控和瞬时温度峰值保护电路等诸多特点。在实际应用中, 性能一致性好, 可靠性高, 特别适合大批量生产的电子产品中应用。

这两种功率放大器 IC 的主要电性能指标如表 5-4 所示。

表 5-4 $V_+ = +35V$ $V_- = -35V$ $R_L = 8\Omega$ $T_A = 25^\circ C$

符 号	参 数	测 试 条 件	典 型 值
V ₊ + V ₋	电源电压范围	LM3875	20~80V
		LM3876	14~94V
P _o	输出功率	(max) THD+N=0.1% f=1kHz THD+N=0.2% 20Hz<f<20kHz	65W
THD+N	总谐波失真+噪声	40W 20Hz≤f≤20kHz A _r =26dB	0.05%
SR	转换速率	V _{in} =1.414V _{rms} f=10kHz 方波 R _L =2kΩ LM3875	11V/μs
		LM3876	16V/μs
I _s	总静态电源电流	LM3875 V _{oCT} =0, V _{ioCT} =0A	30mA
		LM3876 静音关 静音开	39mA 32mA
V _{os}	输入失调电压	V _{CM} =0V I _O =0mA LM3875 LM3876 静音关	1mV

图 5-28、图 5-29、图 5-30 为这两种 IC 的应用电路图。从图上可以看出, 这两种 IC 的外围电路较为简单, 使用也很灵活。LM3875T 可采用双电源, 也可采用单电源。用这两种 IC 做成的放大器实际可达指标如下:

(1) 输出功率: (电源 ±35V, R_L = 8Ω, 失真 = 0.2% 时, 56W。

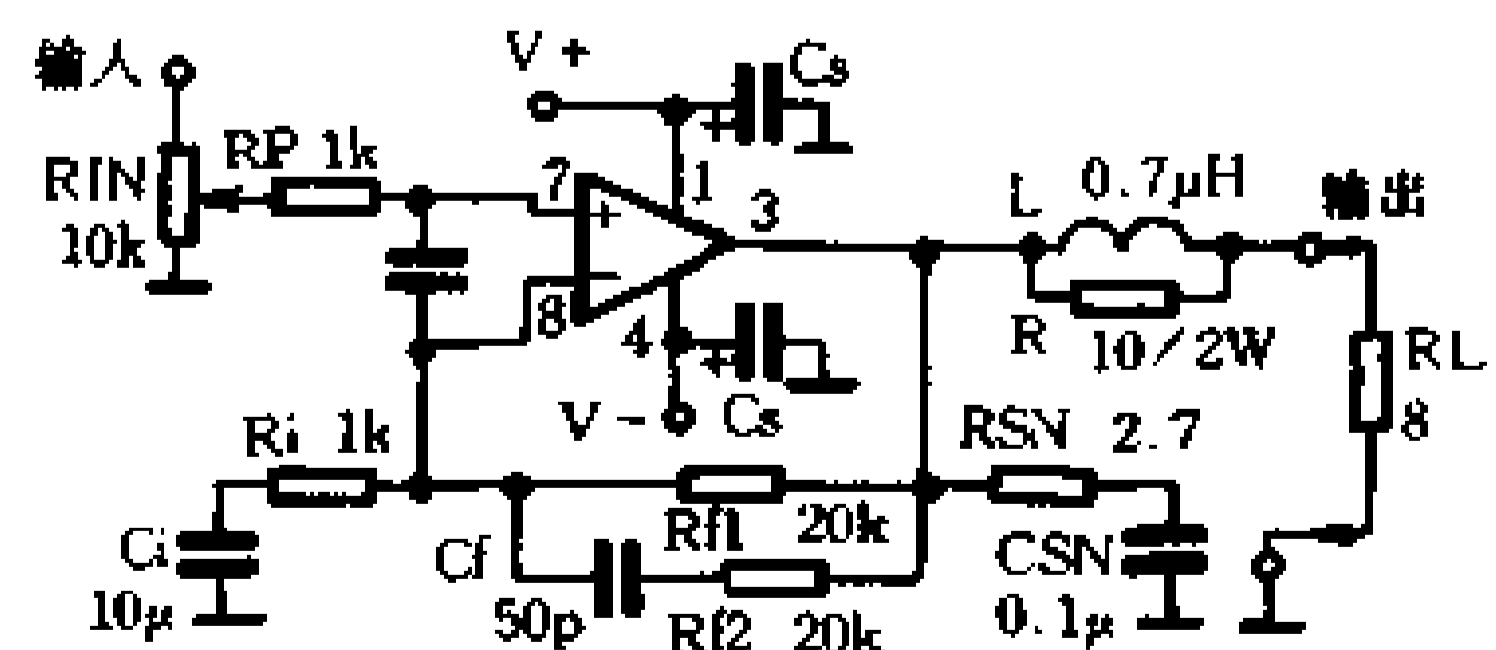


图 5-28

- (2) 总失真(加噪声): ($P_o=40W, 20Hz\sim 20kHz$)0.05%。
- (3) 频响: $5Hz\sim 100kHz \pm 0.25dB$ 。
- (4) 信噪比: ($P_o=40W, A$ 计权)114dB。

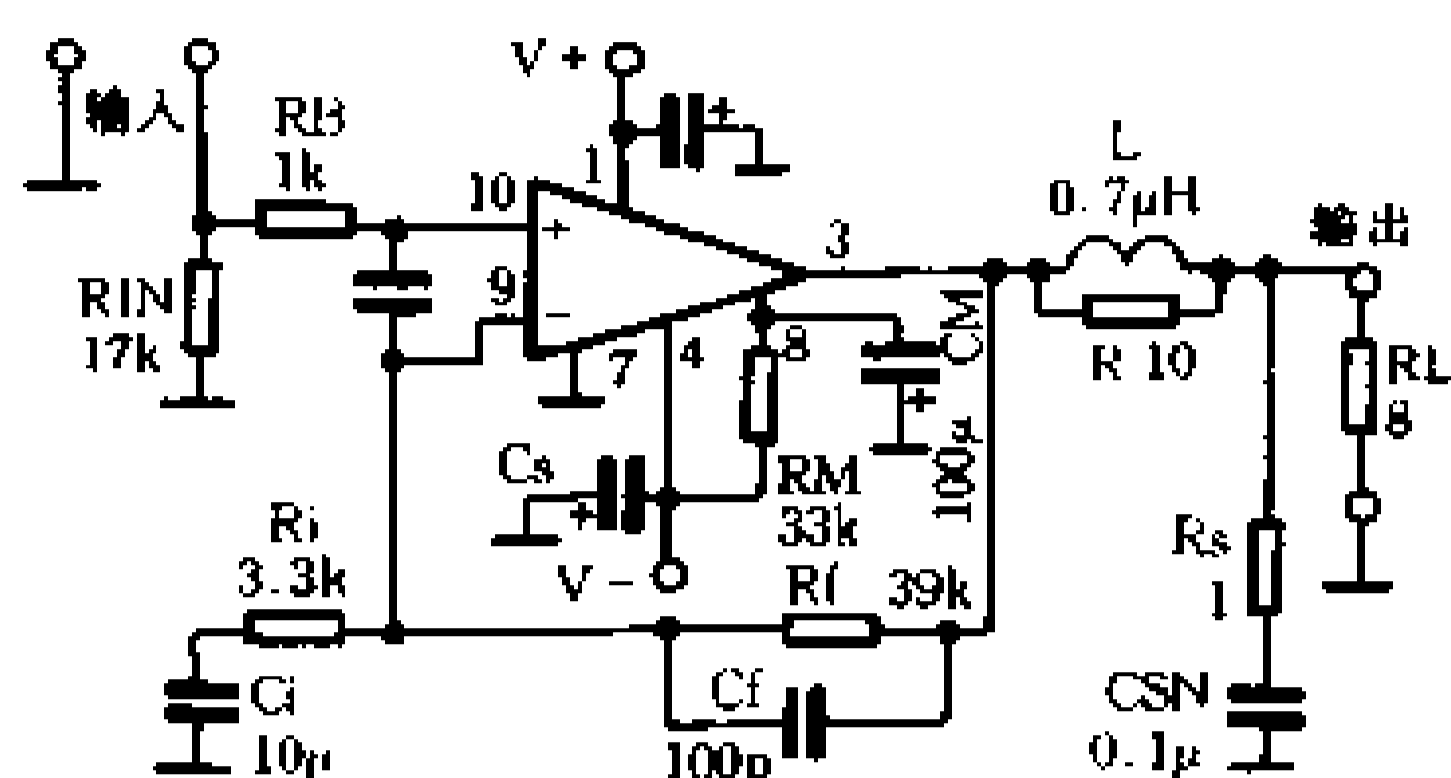


图 5-29

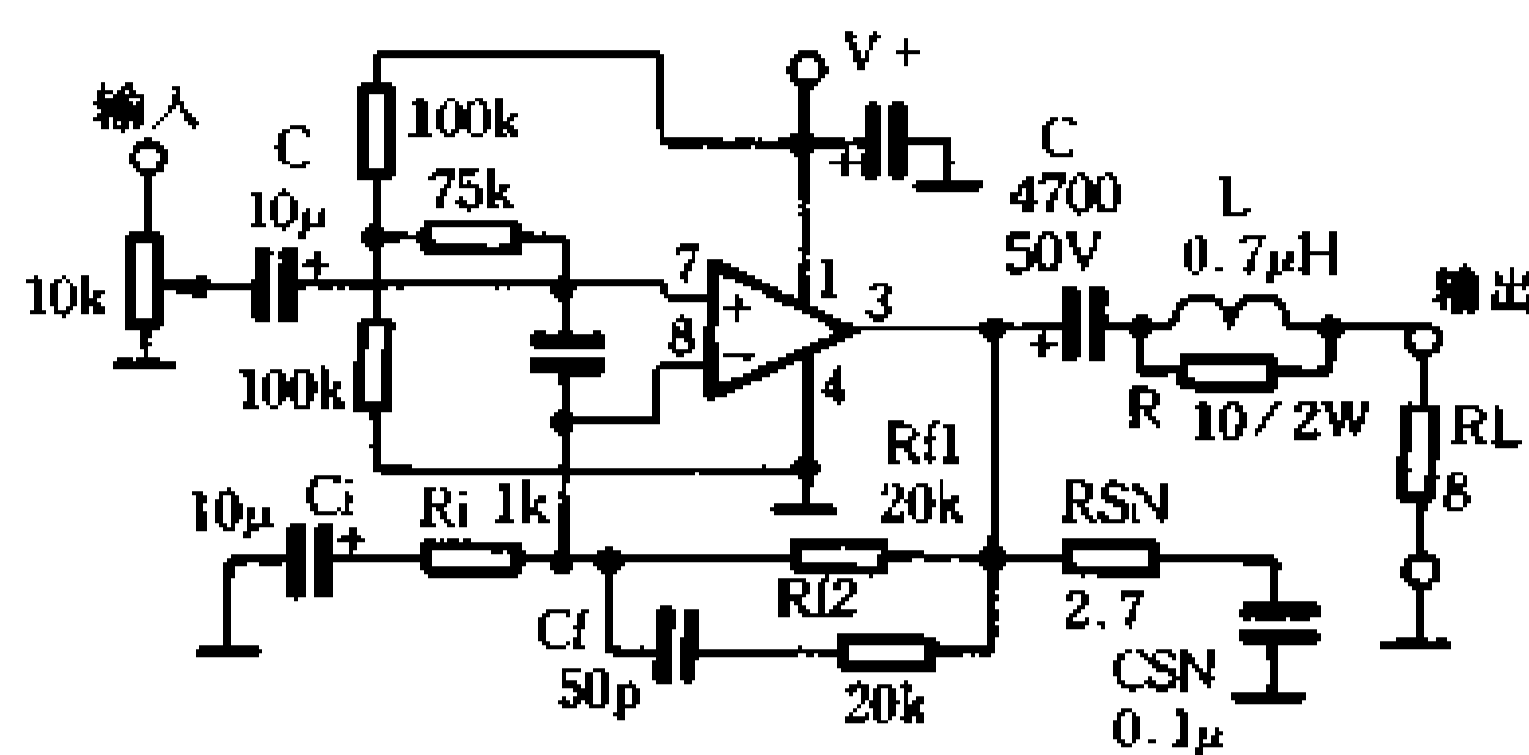


图 5-30

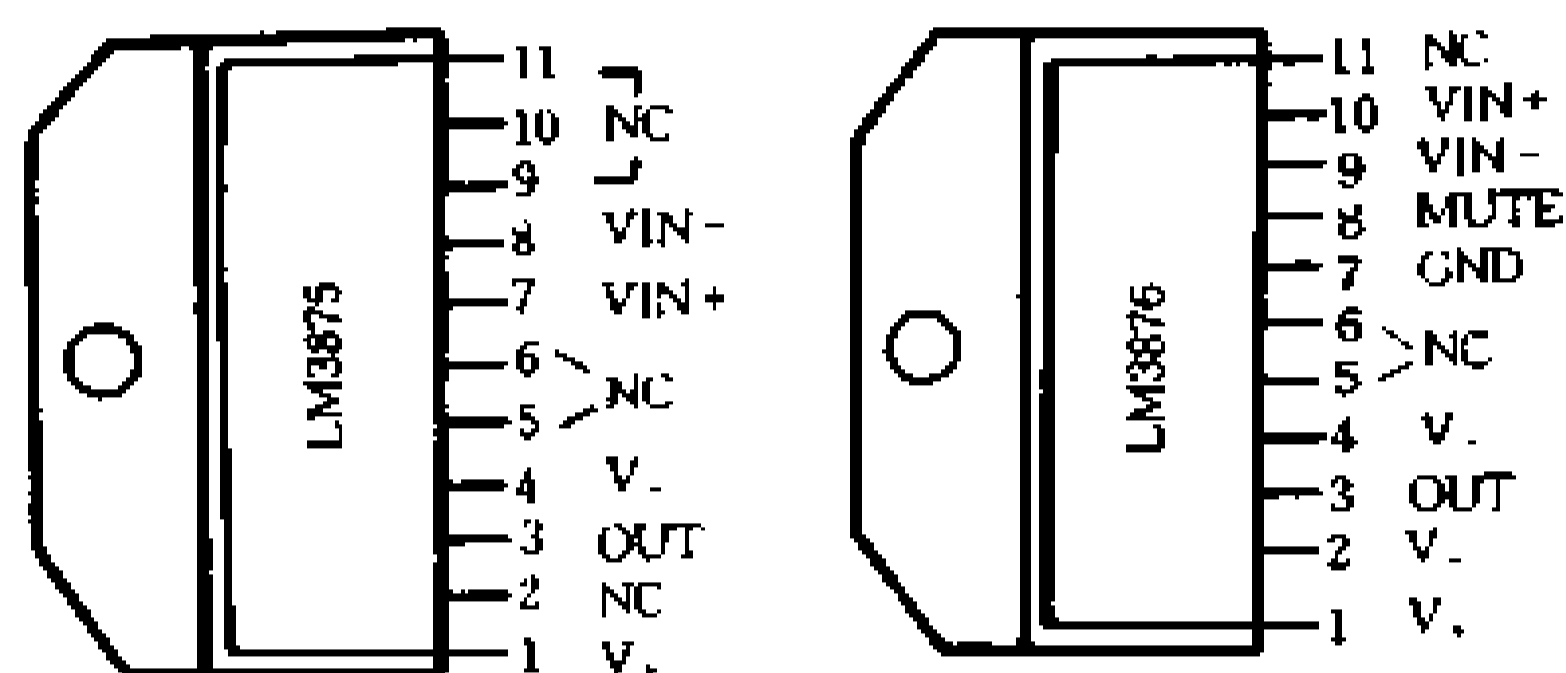


图 5-31

从以上指标可以看出,用 LM3875T 和 LM3876T 可以做成性能较优的 Hi-Fi 功率放大器,其成本较低,生产工艺性好,无须调试。也许有的爱好者认为输出功率太小,实际上“输出功率”在这里标称的是实实在在的,连续正弦波功率。若按某些进口家用放大器的标法,用两片 LM3875T 或 LM3876T 可做成“峰值音乐功率”达 1000W 的放大器!

LM3875 和 LM3876 的外形及管脚排列如图 5-31 所示。

17. 新一代高性能集成功放 LM3886

随着音响爱好者对重放声音质量要求的提高,一些发烧友把探求的目光由集成功放及厚膜功放转向晶体管分立元件功放或电子管功放。但如果分立元件功放的输入差分级,推动级及末级的对管配对不好,则整机性能必打折扣。

客观地说,早期集成功放在音质上的确存在这样那样的问题且功率偏小,但几年前也有音域平衡、音色宜人的精品见市,如美国国家半导体公司(NS)推出的 30W 功放 LM1875,若元件选配适当、印制板布线合理、电源供电充沛,小音量重放颇有 ARCAM(雅骏)与 CREEK(浪泉)一类功放的风范。

美国 NS 公司新近推出的 50W(RMS)高性能功放 LM3886,在 $5Hz\sim 100kHz$ 内,线性度良好,互调失真低至 0.004%,谐波失真及噪声(THD+N)仅 0.03%,兼有过压欠压过载、短路、超温保护及静噪功能,十分适合既追求音质优美,又追求音量强劲的发烧友装制大功率高保真音响、有源音箱或打摩改造旧型音频功放。

LM3886 外形及引脚排列如图 5-32 所示。主要性能如表 5-5 所示。典型应用电路如图 5-33、图 5-34 所示。电源电路如图 5-35 所示。

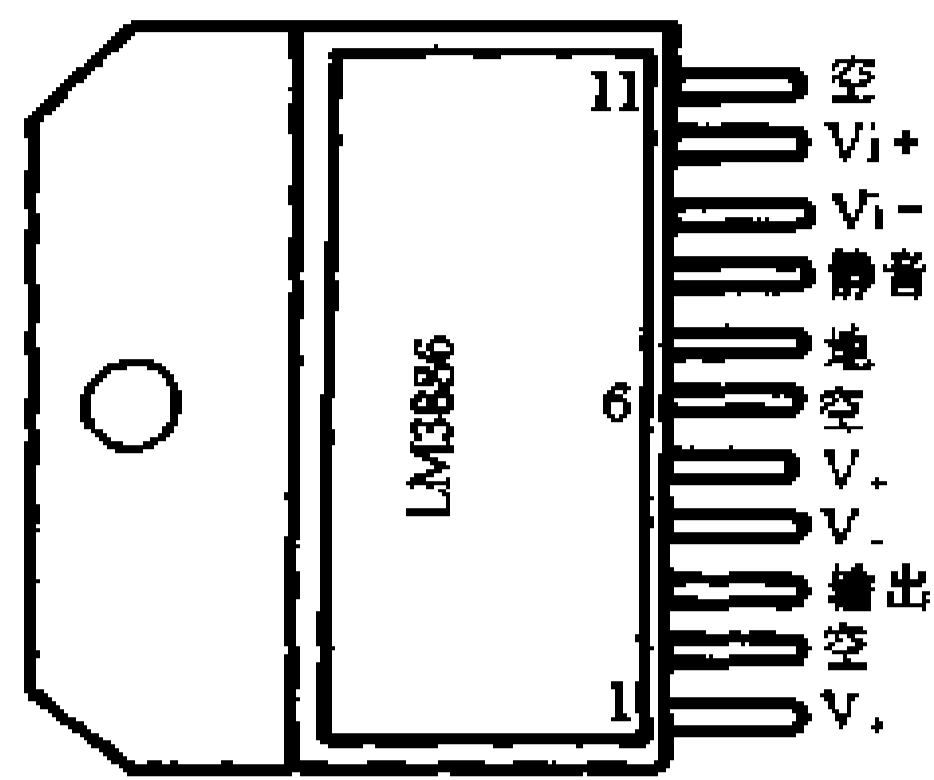


图 5-32

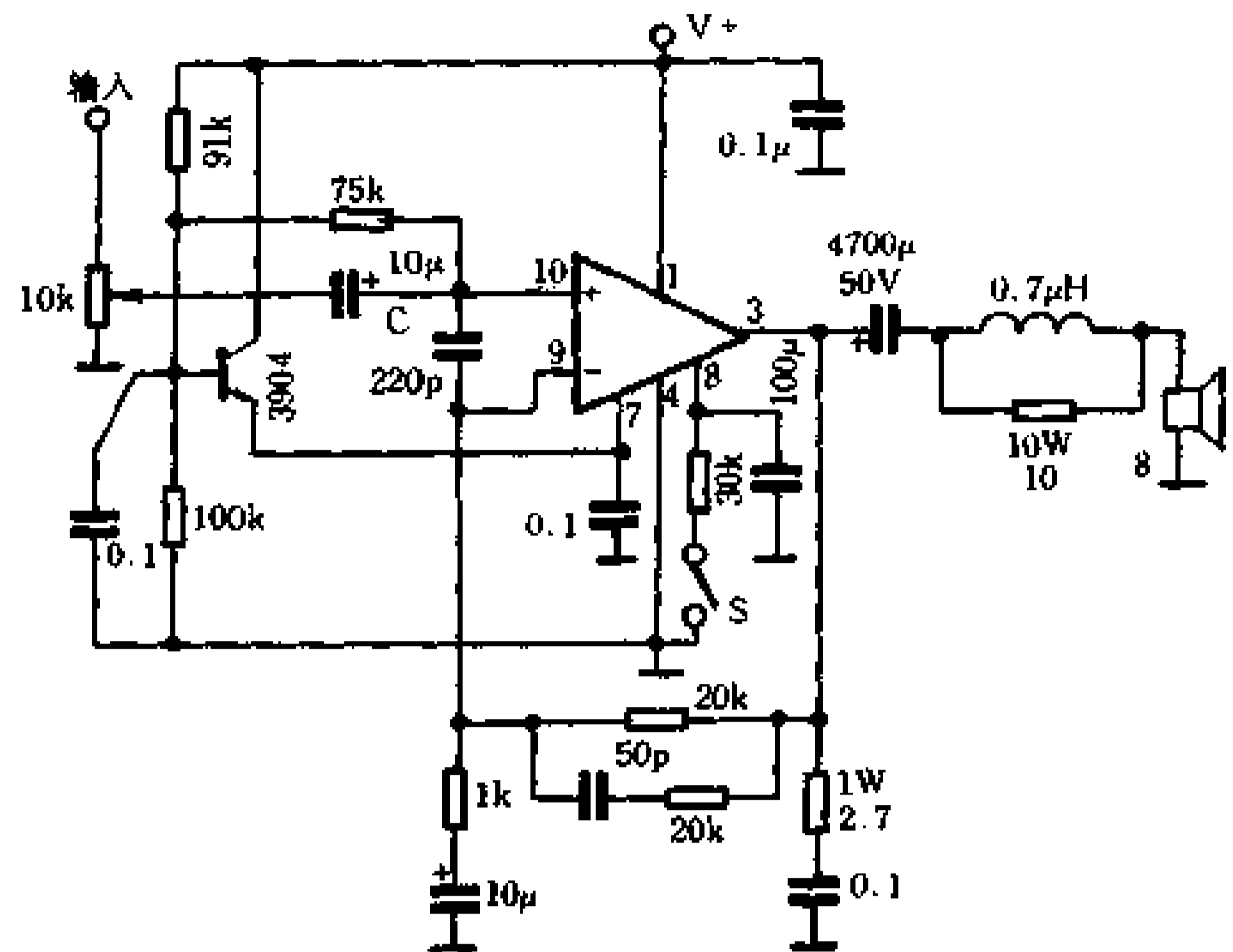


图 5-33

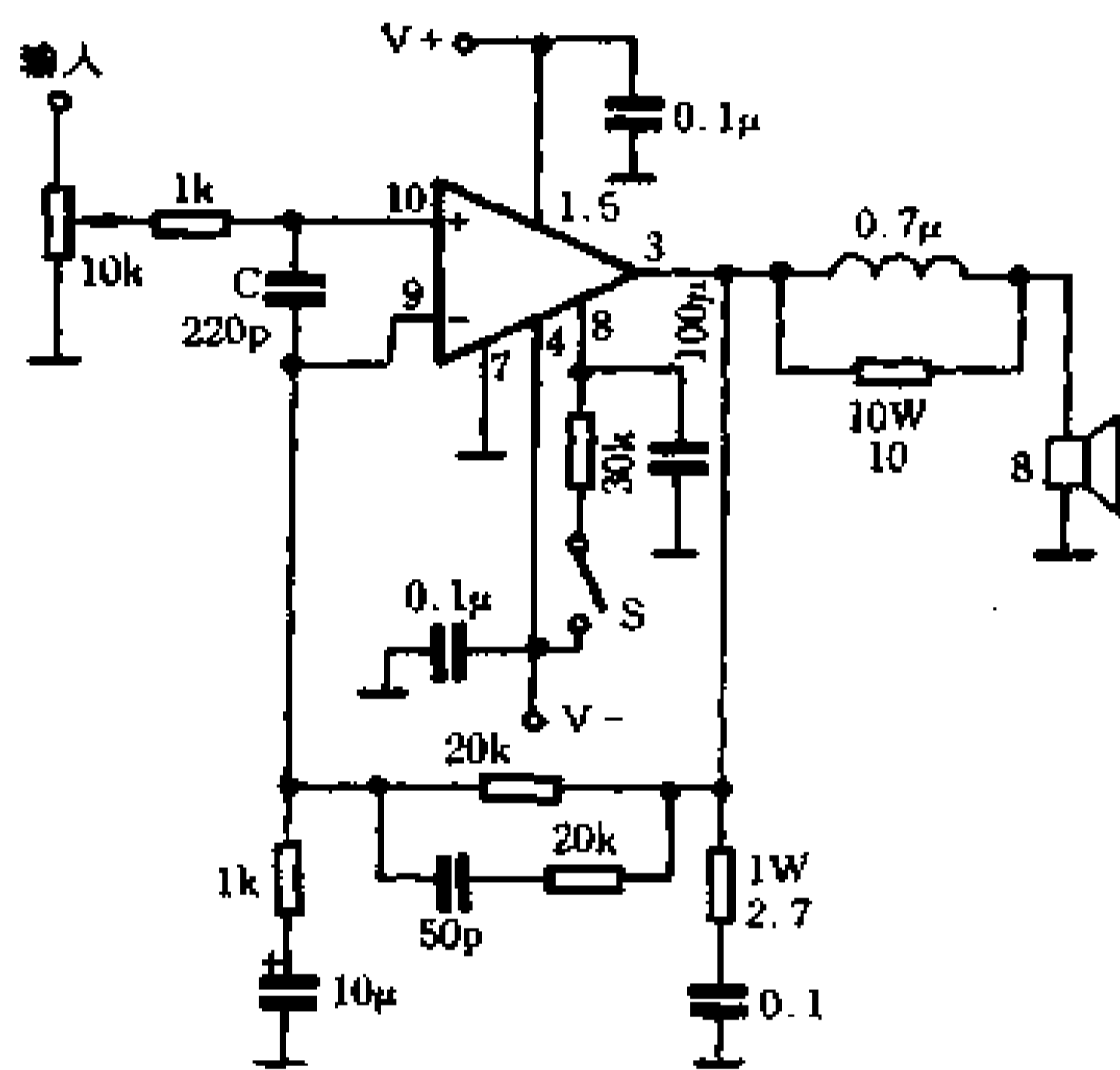


图 5-34

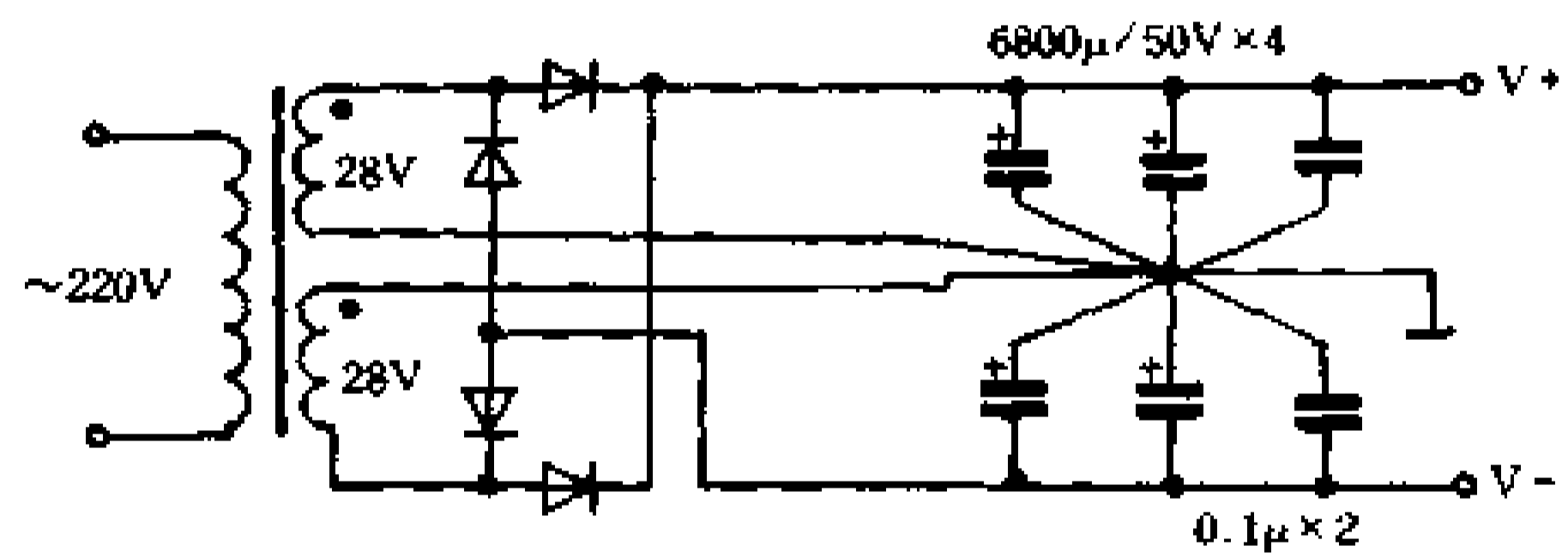


图 5-35

表 5-5

参 数	条 件	典 型 值
电源电压	最大±42	±35V
静音衰减	①脚开路或 0V, 静音 ②脚输出电流 ≥ 0.5mA, 无静音	115dB
输出连续平均功率	±28V, $R_L = 4\Omega$ ±28V, $R_L = 8\Omega$ ±35V, $R_L = 8\Omega$	68W 38W 50W
输出峰值功率		135W
总谐波失真	60W $R_L = 4\Omega$ 30W $R_L = 8\Omega$ (20Hz~20kHz)	0.03% 0.03%
转换速率	输入 2V, 上升时间 2ns	19V/ μ s
总静态电流		50mA

续表

参 数	条 件	典 型 值
最大输出电流	$\pm 20V, t_{on}=10ms$	11.5A
信噪比	60W, 1kHz	110dB
增益带宽积	$\pm 30V, 100kHz, V_i=50mV$	8MHz
互调失真	60Hz, 7kHz, 4:1	0.004%

制作与试听时注意:

(1) 电源供应充沛才能获得高响应速度, 为两声道供电的高品质环牛总功率宜 300~400VA, 次级电压为二组 28V, 整流桥 $\geq 15A$, 滤波电容的质量不可忽视, 可用 Macon, Nippon 等名牌或国产正品, 高频去耦电容以聚丙烯为佳。

(2) 由于输出功率大, 配用的散热器应有足够的辐射表面积, 并用导热硅脂降低热阻。

(3) 自制印板走线应注意输入回路与负载回路接地分开。

(4) 信号输入线宜短, 太长易自激, 输入端电容 C 可消除高频振荡, 容量为 50~500pF。

(5) 输出端 0.7 μH 的电感用 $\phi 1.2$ 漆包线直接在 10W10 Ω 金属膜电阻上平绕 22 匝后与电阻并联。

装毕试听。音源为 PHILIPS、CD-950, 功放为本机, 音箱为西雅士 H665+H417 闭箱和惠威 MasterSS6.5+威发 D20 两级倒相箱, 线材为日立 7N 信号线和爱索丝银质扬声器。

按图 5-34 应用电路设计的放大器印制电路板图如图 5-36 所示。

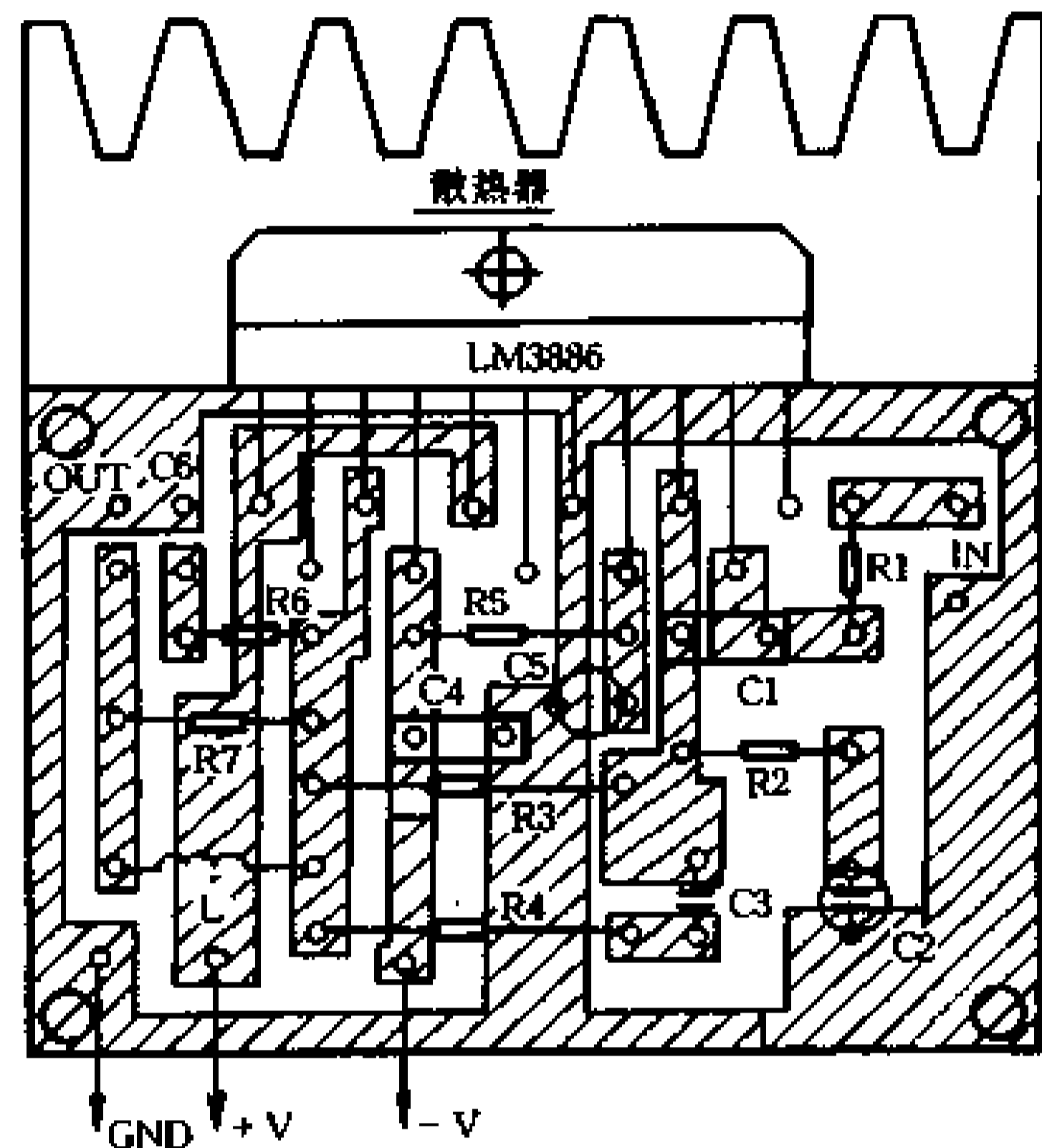


图 5-36

18. 30W 音频功率放大器 LM4700

LM4700 是美国国家半导体公司最近推出的新产品, 是一种带有静噪及备用模式选择的音频功率放大器。在负载电阻为 8 Ω 时, 能给出连续平均输出功率 30W(典型值), 其总谐波失真加噪声(THD+N)小于 0.1%。

LM4700 内部有独特的尖峰信号保护电路, 比一般安全工作区保护更为完善。它不仅可避免开机、关机时有危害的爆裂声, 而且包含有输出过电压、过电流、输出端对地或对电源短路等保护及热击穿、瞬时过高温保护。

由 LM4700 组成的放大器外围元件特别少, 但保真度及失真度可以与分立元件组成的功率放大器相媲美。

LM4700 主要的极限参数有: 电源电压 $|V_{CC}| + |V_{EE}|$ 为 64V; 共模输入电压 $\leq 60V$; 差动输入电压为 60V; 功耗为 62.5W; 工作温度范围为 $-20^{\circ}C \sim 85^{\circ}C$ 。

该器件在 $V_{CC} = +28V, V_{EE} = -28V, R_L = 8\Omega, f = 1kHz, THD+N = 0.1\%(\max)$ 时, 输出功率 P_O 典型值为 30W; 压摆率为 18V/ μs ; 信噪比为 108dB, 内部限制输出电流 $I_O = 3.5A$ 。

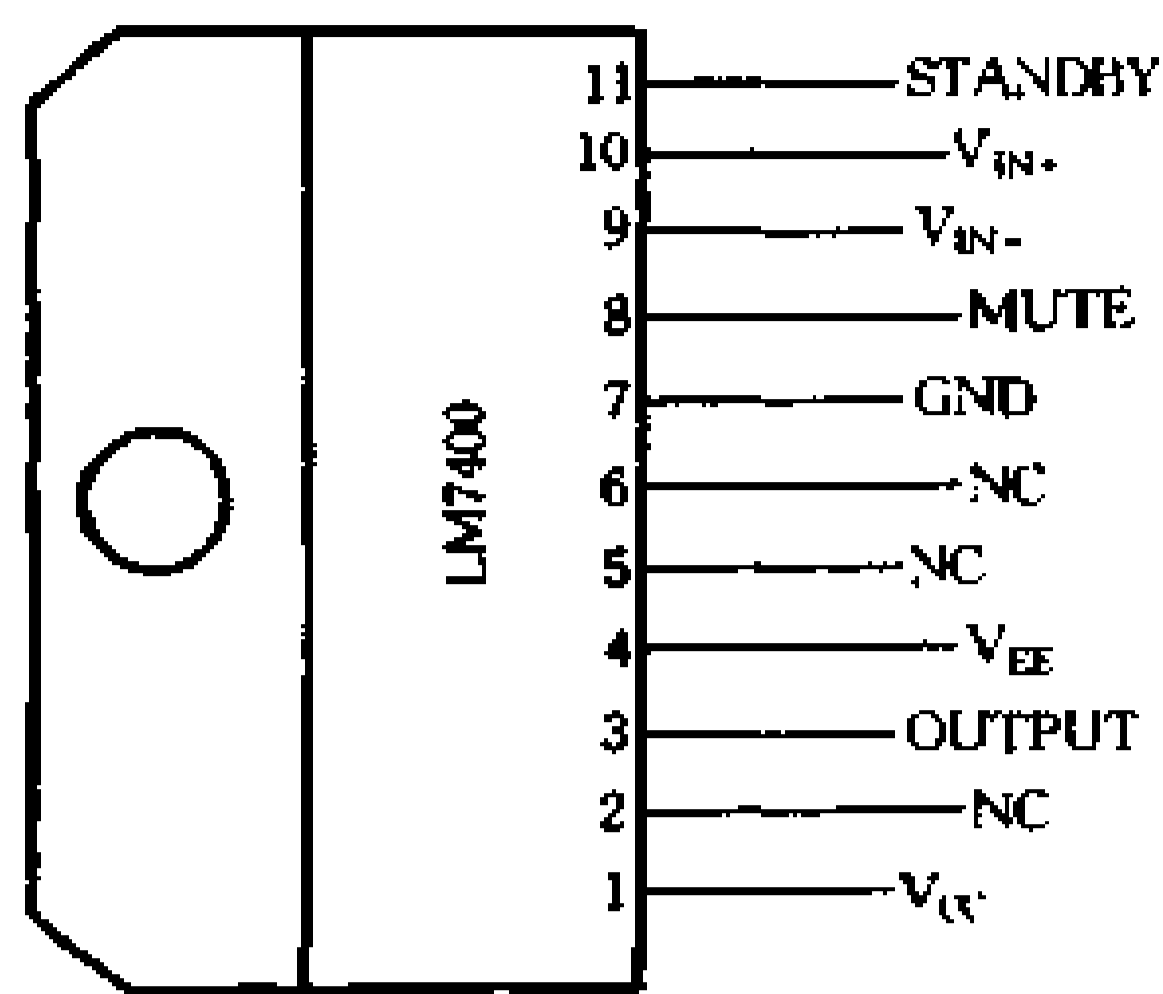


图 5-37

该器件输入失调电压 V_{OS} 为 2.0mV (典型值); 输入失调电流 I_{OS} 为 $0.002\mu\text{A}$; 输入偏置电流 I_B 为 $0.2\mu\text{A}$; 开环电压增益 A_{VOL} 为 110dB ; 增益带宽 GBWP 为 7.5MHz ; 共模抑制比 CMRP 为 110dB 。

LM4700 采用 11 脚 TO-220 封装。其散热部分与各管脚是绝缘的, 管脚排列如图 5-37 所示。各管脚功能如表 5-6 所示。

LM4700 有输入输出静噪及备用模式选择, 可由外部 TTL 逻辑电平来控制。在相应的管脚加低电平 ($<0.8\text{V}$) 时, 无静噪及备用功能; 在相应的管脚加高电平 ($>2.5\text{V}$) 时, 有静噪及备用功能。在备用模式时, 放大器耗电约 2.1mA 。

表 5-6

管 脚	符 号	功 能
1	V_{CC}	电源正电压
3	OUTPUT	放大器输出端
4	V_{EE}	电源负电压
7	GND	地
8	MUTE	静噪模式控制端
9	V_{IN-}	反相输入端
10	V_{IN+}	同相输入端
11	STANDBY	备用模式控制
2、5、6	NC	空脚

【典型应用电路】

(1) 双电源供电电路

典型的双电源供电音频功率放大器如图 5-38 所示。由图可以看出外围元件是极少的, 可以说是一种“准傻瓜”类放大器。这种放大器在输出功率为 10W 时, 其 (THD+N) 可低至 0.005% 。

放大器输出功率 P_O 与电源电压 (V_{CC} 及 V_{EE})、负载电阻 R_L 、放大器增益 A_V 及输入信号电压 V_{IN} 等参数有关。当已知负载电阻 R_L 及输入信号电压 V_{IN} 时, 可根据下述公式来确定有关元件参数及推算出 V_{CC} 及 V_{EE} 来。

$$V_{O(P)} = \sqrt{2R_L P_O} \quad (1)$$

$$I_{O(P)} = \sqrt{2P_O / R_L} \quad (2)$$

$$A_V = \sqrt{R_L P_O} / V_{IN} \quad (3)$$

$$A_V = 1 + R_f / R_i \quad (4)$$

式中 $V_{O(P)}$ 为输出峰值电压, $I_{O(P)}$ 为输出峰值电流, R_i 为反相端分压电阻, R_f 为反馈电阻。

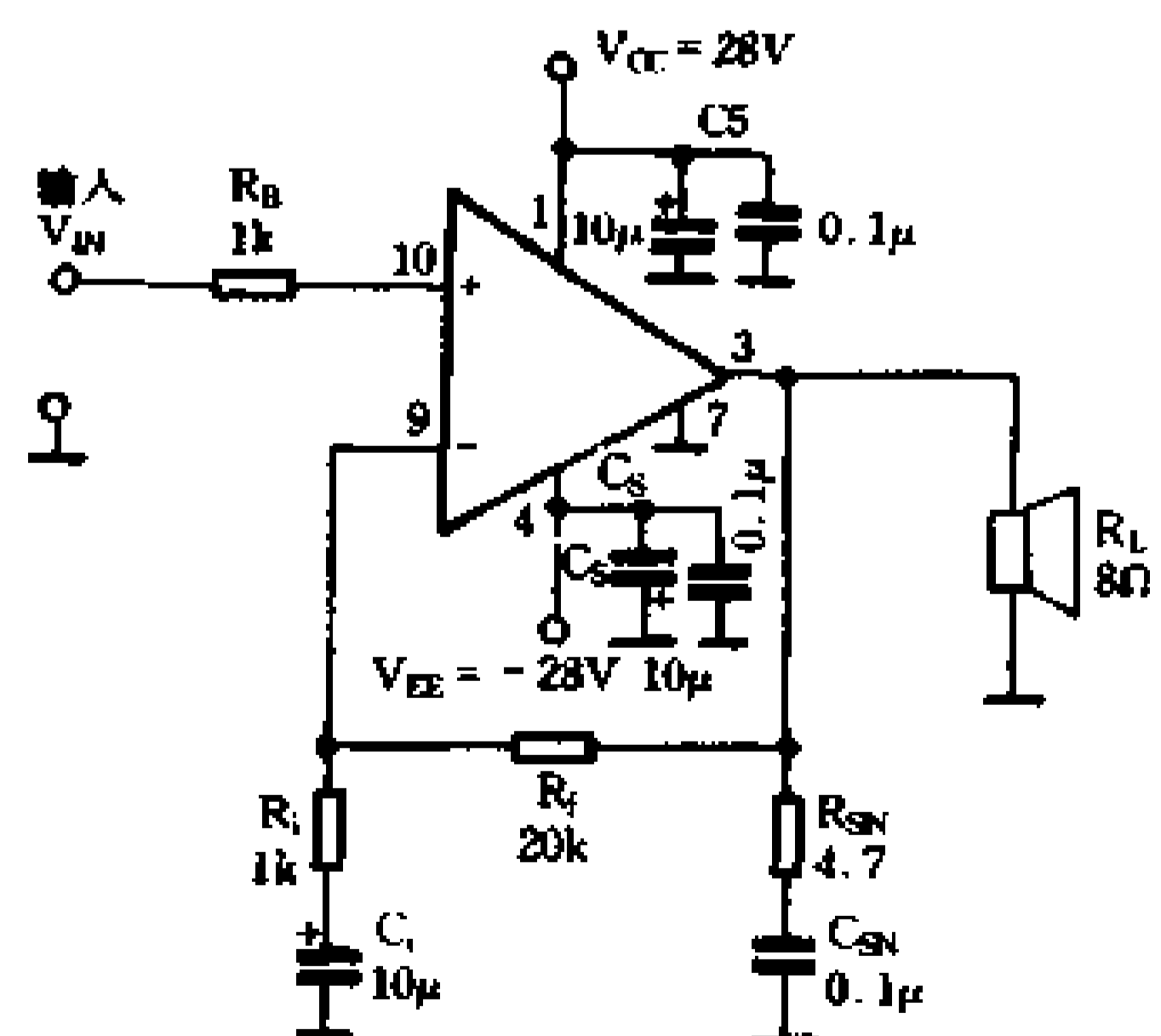


图 5-38

图 5-38 中 C_i 为反馈电容, 与 R_i 组成高通滤波器。根据低频截止频率 f_c , 可由

$$f_c = 1/(2\pi R_i C_i) \quad (5)$$

求出式中的 C_i 来。

R_{SN} 与串联的 C_{SN} 与负载并联, 可增加输出的稳定性; R_B 取值与 R_i 相等; C_S 值大于 $10\mu\text{F}$, 应并联一个 $0.1\mu\text{F}$ 的小电容以旁路高频。例如, 要求放大器输出平均功率为 25W , 带宽在 $20\text{Hz}\sim 20\text{kHz}$ 范围内为 $\pm 0.25\text{dB}$, 负载电阻为 8Ω , 输入信号电压为 1V , 则可求出放大器的电源电压及元件参数。

根据(1)式可计算出 $V_{OCP} = 20\text{V}$, 考虑到放大器输出电压要比电源电压低 5V , 则电源电压可取 $\pm 25\text{V}$; 若考虑电源调节量, 则电源电压要更高, 如 $\pm 28\text{V}$ 。

根据(2)式可计算出 $I_{OCP} = 2.5\text{A}$ (不超过输出限制电流)。

根据公式(3)可计算出 $A_v \geq 14.14$, 可选取 21 。按公式(4), 取 R_i 为 $20\text{k}\Omega$, 则 R_f 为 $1\text{k}\Omega$, $R_B = R_i = 1\text{k}\Omega$ 。

在 R_i 与 C_i 组成的高通滤波器中, 若选 f_c 为 16kHz , 则可按(5)式计算出 C_i 为 $10\mu\text{F}$ 。

R_{SN} 与 C_{SN} 的串联电路可消除高频不稳定性, 其高频极点频率可由下式计算得出:

$$f_c = 1/2\pi C_{SN} R_{SN}$$

一般 R_{SN} 取 4.7Ω , C_{SN} 取 $0.1\mu\text{F}$, f_c 约 340kHz 左右。

(2) 桥式放大器电路

桥式放大器电路如图 5-39 所示, 两片 LM4700 组成音频功率放大器, 在同样电源电压下, 输出功率要比单端输出大得多(理论上可达 4 倍)。

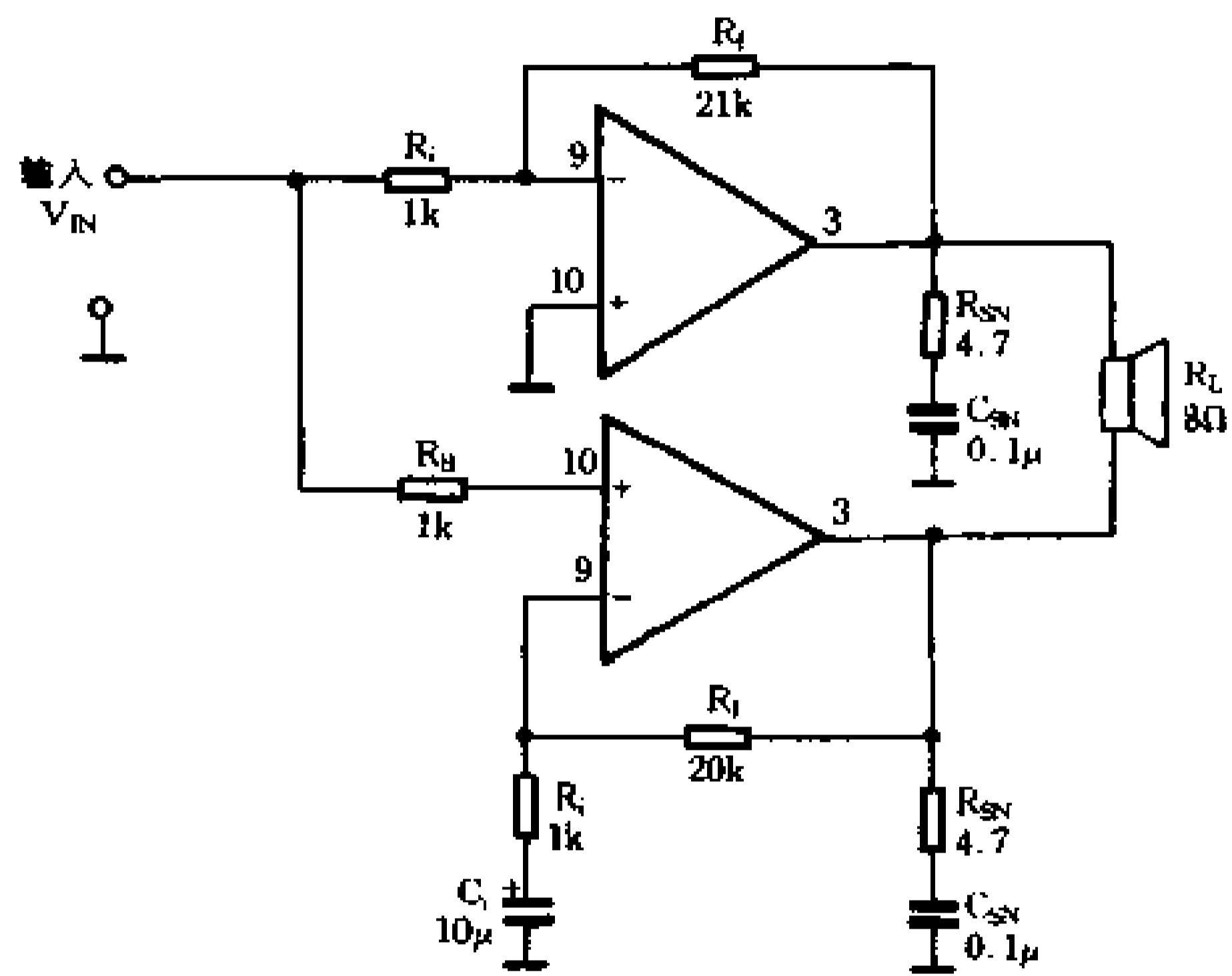


图 5-39

19. 耳机放大专用集成功放 LM4880

LM4880 是美国国家半导体公司专为高品质耳机放大器设计的一款 250mW 音频集成功率放大器。它在低电压、小电流状态下, 仍有极低的总谐波失真和噪声品质。这是一款优质小功率立体声功放器件。可广泛运用于高保真耳机放大器、个人电脑、CD-ROM 和便携式音频设备中。也可为早期音质欠佳的各种耳机放大电路打摩之用。

【电路特点】

这款双音频集成功放芯片, 电压范围从 $2.7\sim 5.5\text{V}$, 且具有自动关闭功能, 符合低耗节能化, 当采用 $+5\text{V}$ 电源, 负载阻抗 8Ω 时, 每路具有 250mW 输出功率(RMS)当频率 1kHz 时总谐波失真小于 0.1% ; 当 THD 放宽到 10% 时, 最大功率输出可达 $325\text{mW}(8\Omega)$ 。

为了利于采用表面安装技术和便携式音响设备使用, 外围电路不使用自举电路和缓冲网络, 除必要的能调整总电路性能的几个元件外, 没有多余元件。芯片能稳定地工作到单位增益状态, 便于用户调整总电路的放大能力, 不会产生自激。

外部封装分贴片式和双列直插式, 序号分别是 LM4880M 和 LM4880N。后者与一般 8 脚

双运放尺寸相同，适合业余爱好者使用。

芯片的内部示意图和 DIP 封装的管脚排列如图 5-40 所示。

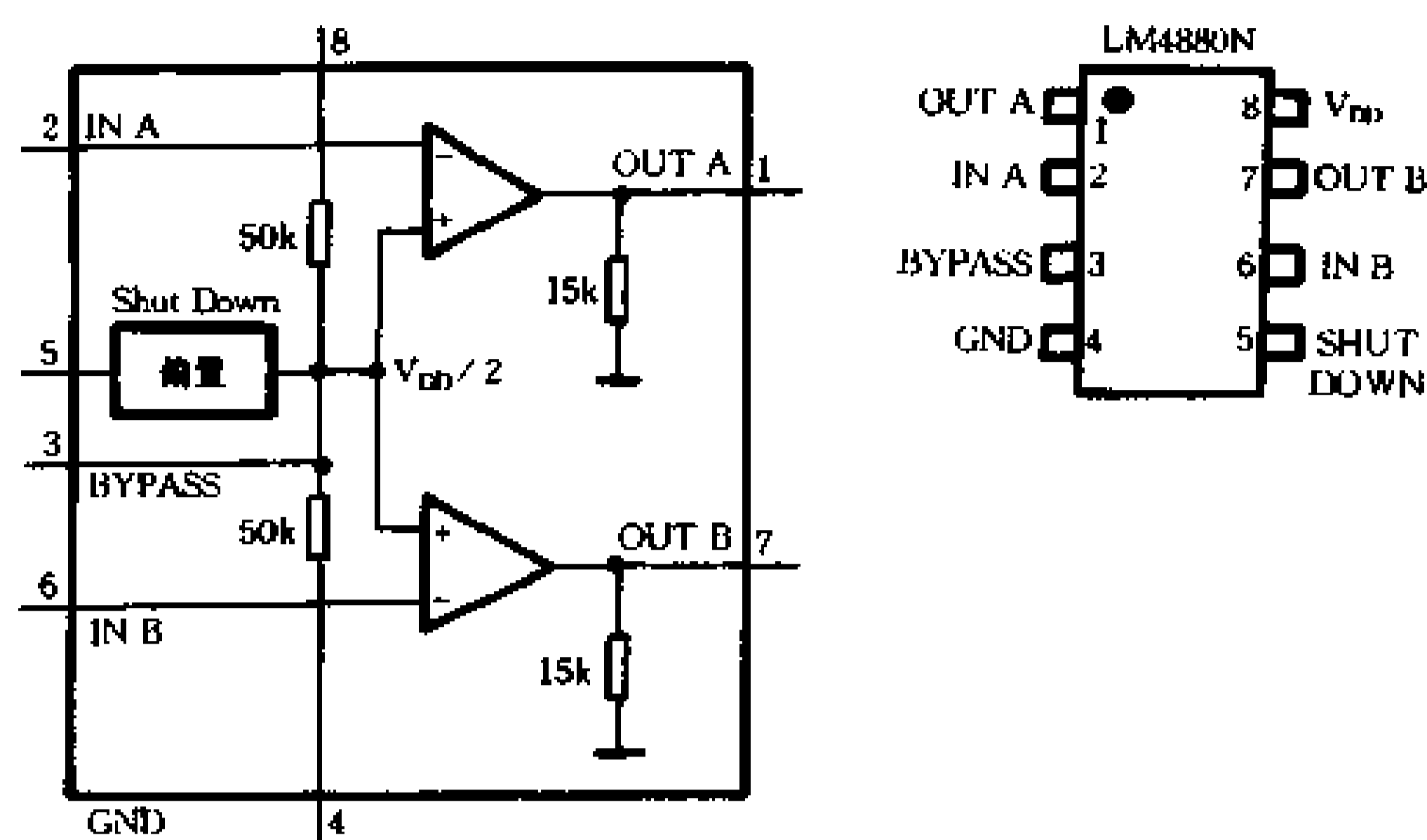


图 5-40

图中⑤脚为关闭使能端，置高电平时，芯片被关闭，不工作，以减少整机的功耗。这种设计适应电子设备的“绿色革命”，可用于节能型设备和绿色电脑中。③脚为旁路端，电压是 $1/2V_{DD}$ ，须接旁路电容，以消除开机冲击声。在价格和体积允许的情况下，容量大一些为佳。其它各脚功能明确不再解释。

LM4880 的主要电气特性如表 5-7 所示。除表中最后一项外，测试时温度为 25°C 。负载越轻，保真度越

高；在输出功率小于 80mW 时， 32Ω 负载上的 $\text{THD}+\text{N}<0.04\%$ ；对于 8Ω 负载，输出功率小于 200mW 时， $\text{THD}+\text{N}$ 也都小于 0.1% 。用作耳机放大器实为保真度极高的 H-Fi 发烧器件。测试条件： $f=1\text{kHz}$ ； $\text{BW}<80\text{kHz}$ ；总电路放大倍数 $K_v=-1$ 。

表 5-7

名称	条件	典型值	极限值
V_{DD} 电源电压 (V)		5	2.7(最小) 5.5(最大)
I_{DD} 静态电流 (mA)	$V_{in}=0\text{V}$; $I_o=0\text{A}$	3.6	6.0
I_{SD} 关断电流 (μA)	$V_{SHUT}=V_{DD}$	0.7	5
V_{OS} 输出失调电压 (mV)	$V_{in}=0\text{V}$	5	50
P_o 输出功率 (mW)	$\text{THD}+\text{N}=0.1\%$; $f=1\text{kHz}$ $R_L=8\Omega$ $R_L=32\Omega$ $\text{THD}+\text{N}=10\%$; $f=1\text{kHz}$ $R_L=8\Omega$ $R_L=32\Omega$	250 85 325 110	220(最小)
$\text{THD}+\text{N}$ 总谐波失真加噪声 (%)	$R_L=8\Omega$; $P_o=220\text{mW}$ $R_L=32\Omega$; $P_o=75\text{mW}$ $f=1\text{kHz}$	0.03 0.02	
PSRR 电源抑制率 (dB)	$C_B=1.0\mu\text{F}$; $f=100\text{Hz}$ $V_{\text{测试}}=200\text{mV}_{\text{rms}}$	50	
T_A 环境温度	不加散热片		$-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$

【应用电路】

本集成电路可应用为自动关断耳机放大器。本电路接到普及型 VCD 机的线路输出端，即可用优质耳机享受高质量的 VCD 音乐。

发烧友都知道将耳机直接插入普及型 VCD 的耳机插口收听，音质还不及优质磁带随身听。原因是这里的耳机放大电路几乎都用 RC4558 之类的电压放大型集成双运放，其输出阻抗高，重负载特性差，听感表现为高音刺耳，缺乏明亮感，低音频响范围和力度明显不足。如需耳机输出功能必须打“摩”。图 5-41 电路即是一例。

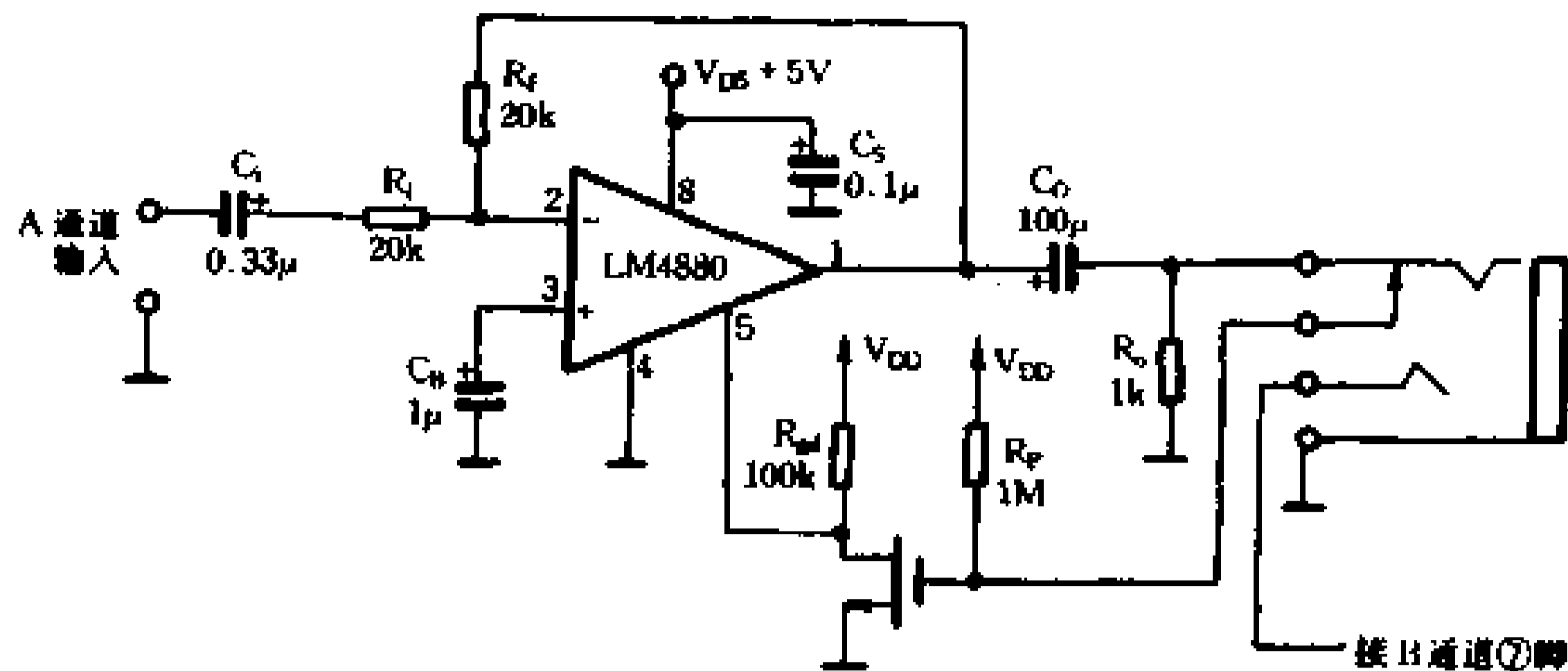


图 5-41

按图 5-41 电路参数安装，频响可达 $100\text{Hz} \sim 20\text{kHz} \pm 0.5\text{dB}$ ，电压增益为 -1 。如需调整电路指标，可按下述公式设计：

电路电压放大倍数： $K_v = R_f / R_i$ ；

输入电容： $C_1 \gg 1 / (2\pi R_i f_L)$ ；

输出电容： $C_0 > 1 / (2\pi R_L f_L)$ 。

f_L 为要求的最低频率。另外，当 C_1 大于 $0.33\mu\text{F}$ 时， C_B 也相应增大，以免出现开机冲击声和进一步提高电源抑制率。

图中自动关机电路是一只由 MOS 场效应管实现的。当耳机插入时，触点断开，MOS 管栅极接高电平，管子导通，⑤脚接地，LM4880 进入放大工作状态。拔出耳机，MOS 管栅极通过触点和 R_s 接地，MOS 管截止，⑤脚接高电平，LM4880 自动关闭。

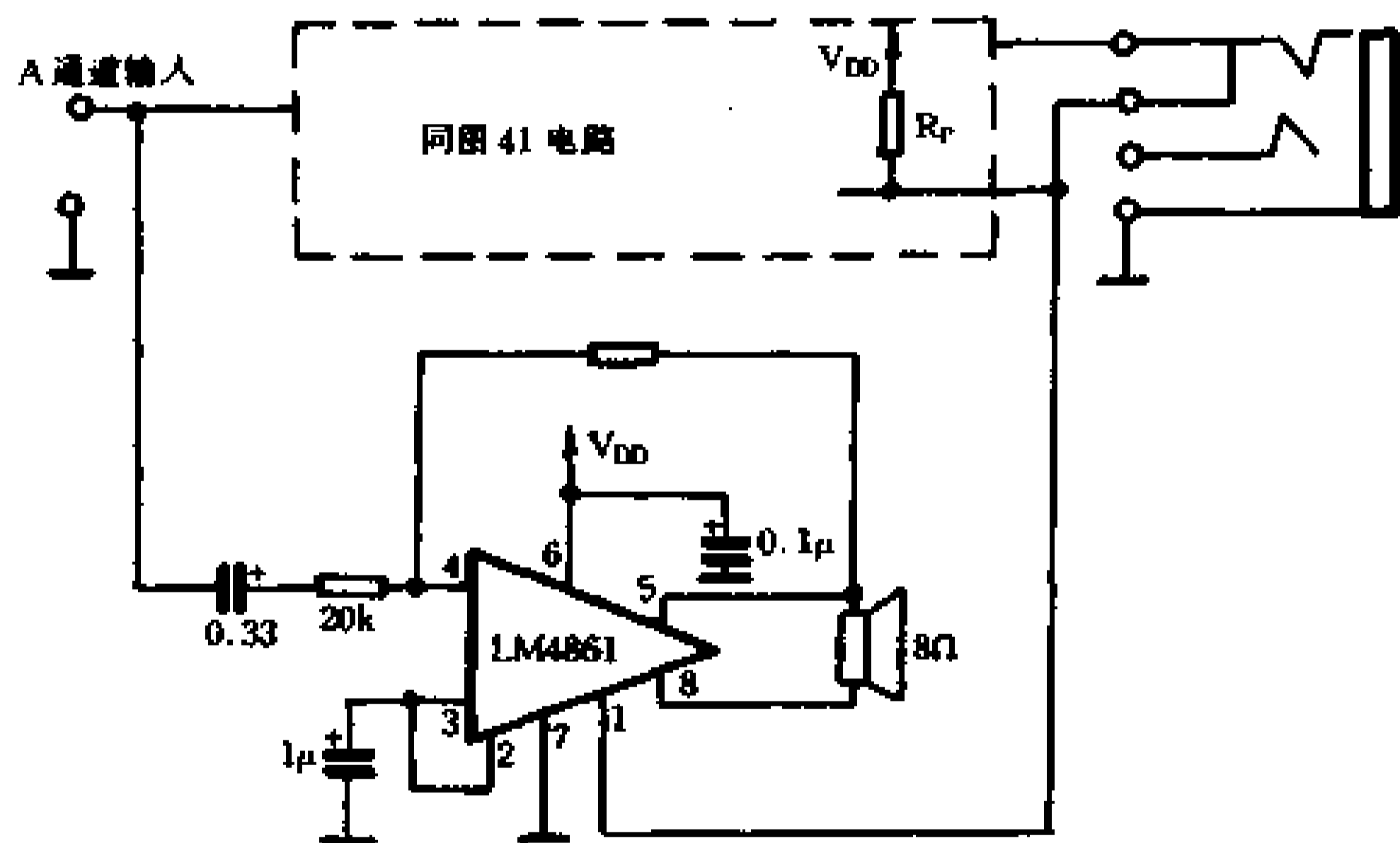


图 5-42

LM4880 还可应用制成自动切换功放电路，如图 5-42 所示。LM4861 在 5V 电压时能输出 0.5W 功率，接机内喇叭收音。插入耳机时，①脚通过 R_p 接到正电源上，喇叭电流自动关闭。拔出时，LM4861 的①脚通过触点和 R_s 接地，进入工作状态，而 LM4880 却正好关断，互相交替工作。

20. 小功率音频放大器 MC34119

美国摩托罗拉公司生产的音频放大器集成电路 MC34119 主要是针对电话机语音放大应用而设计的，当然也能用于其它音频放大场合。它能在很低的电压(最小 2V)下工作，例如用于靠电话线路自身供电的话机扬声器语音放大(如具有免提功能的话机)，并有一个芯片关闭控制端，可用来使放大器关闭控制端，可用来使放大器关闭以实现静噪及节约电能。

【电路原理】

MC34119 的内部电路框图如图 5-43 所示。它主电路由两个运算放大器 1 和 2 组成，放大器 1 在信号频率小于 100Hz 时具有大于 80dB 的开环增益。它的使用类似于运算放大器，可通过外接反馈电阻构成不同增益的主放大器。同样也可接成反相或同相输入方式，同相输入时可以具有较高的输入阻抗(125kΩ)。放大器 2 接成反相器，增益为-1。扬声器接到运放 1 和 2 的输出端(管脚⑤、⑥之间)，因此这是一个单端输入，双端差动输出的音频放大器。图 5-43 电路中运放 1 接成反相输入方式，其自身增益由电阻 R_1 和 R_2 确定为 R_2/R_1 ，而对扬声器差动输出端，电路总增益增大一倍，为 $2R_2/R_1$ 。由于运放 1 和 2 的单位增益带宽约为 1.5MHz，在闭环工作时为了使闭环响能覆盖全部电话语音频带(300Hz~3400Hz)，使用时其闭环增益不应超过 46dB(200 倍)，即 R_2/R_1 应 ≤ 100 。

MC34119 能向扬声器提供最大达 $\pm 200\text{mA}$ 的输出电流。在输出最大电流时，两个输出端在电源电压大于 6V 时，最低能达到 0.4V，在输出电流小于 200mA 时，其输出摆动范围将更大。

静态时，放大器的直流输出失调电压 $V_{O1}-V_{O2}$ 与器件内部运算放大器的输入失调电压关系不大，因为运放 1 和运放 2 的输入失调电压通常比较接近，因此在输出端几乎可以互相抵消，而 $V_{O1}-V_{O2}$ 的值与反馈电阻 R_f 成正比，而与电源电压的大小无关。由图 5-43 可见，由于运放 1 的输入偏置电流 I_{IB} 是流出运放的，并经④脚(V_{IN})经外接 R_f 流到音频放大器输出端⑤脚(V_{O1})流入运放 1，这就使 V_{O1} 相对输入负向变化 $R_f \cdot I_{IB}$ ，而 V_{O2} 经反相则正向变化同样的值，即 $V_{O1}-V_{O2} = -2R_f \cdot I_{IB}$ 。因器件的 I_{IB} 与电源电压无关，故电源变化对放大器的输出失调电压无影响。从减小扬声器两端的静态失调电压考虑， R_f 阻值不宜过大。由于 MC34119 的输入偏置电流很小，一般不超过 200nA(典型值为 100nA)，在 $R_f=10\text{k}\Omega$ 时，其 $V_{O1}-V_{O2}$ 不会超过 4mV，故影响是不大的。

MC34119 的③脚(FC1)和②脚(FC2)可通过外接适当的电容到地以提高器件的电源抑制能力(PSRR, 指放大器的输入失调电压随电源电压的变化率)。如图 5-43 中的 C_1 、 C_2 。 C_1 、 C_2 值越大，放大器的电源抑制能力越强，但电容量增大也会影响电路在上电时的接通时间，因为这两个电容必须通过内部 50kΩ 和 125kΩ 电阻充电。当 $C_1=1\mu\text{F}$ 、 $C_2=5\mu\text{F}$ ，接通电源 6V 时，电路接通时间约需 100ms。如电路由稳压电源供电， C_1 、 C_2 可取小些；在②脚(FC2)接 $5\mu\text{F}$ 电容，在③脚(FC1)接 $1\mu\text{F}$ 电容时约可提供 52dB 的电源抑制比。若③脚 FC1 上的电容足够

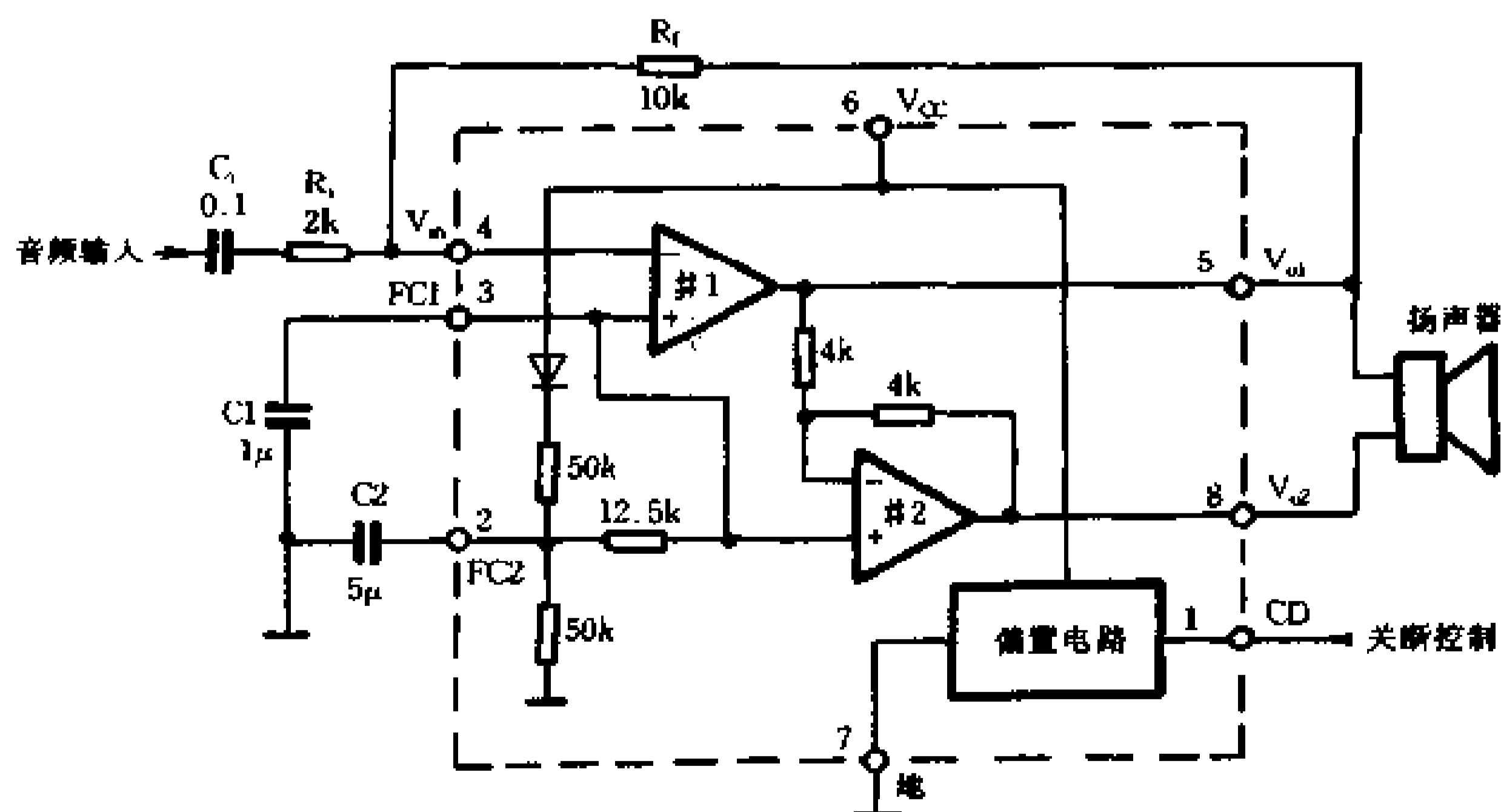


图 5-43

大，②脚 FC2 上也可不接电容。若电路靠电话线信号驱动扬声器，则需要较好的滤波，即取较大的 C1(5 μ F)、C2(10 μ F)值。

MC34119 的①脚为芯片的关闭控制端。当①脚(CD)加低电平“0”(0V~0.8V)时，放大器被启动，芯片内部的偏置电路为放大器建立正常的工作电流使电路工作。当脚①处于高电平“1”(2V~电源电压 V_{CC})时，芯片内部偏置电路被关断使放大器处于关闭状态。其作用或是为了节约电能，或是为了静噪(抑制噪声)或者二者兼而有之。如果脚①开路，则等效于低电平“0”状态。从脚①端看进去的输入电阻约为 90k Ω 。正常工作时 MC34119 的静态工作电流约为 3mA，关断状态($V_{CD}=V_{CC}$)时耗电在 $V_{CC}=3V$ 时仅 65 μ A，在 $V_{CC}=16V$ 时约 400 μ A。音频输出从 CD 信号被施加起的断开时间小于 2 μ s，接通时间为 12~15ms，这两个时间与 C1、C2 和 V_{CC} 的大小无关。当放大器被关闭时，其输出端 V_{O1} 和 V_{O2} 处于高阻状态，输出为零。

CD 端的关断、开启控制信号推荐使用高电平为电源电压 V_{CC} ；低电平为地电位 0V。

MC34119 能够安全工作的最大管耗由下式确定： $P_{DM}=(140^{\circ}\text{C}-T_A)/R_{JA}$ 。式中 T_A 为环境温度， R_{JA} 为器件自管芯到环境温度的热阻。对标准的塑封 DIP 器件(MC34119P)，其热阻为 100 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ；对表面安装器件(MC34119D)，其热阻为 180 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 。

在应用电路中 MC34119 的内部功耗由下式确定： $P_D=(V_{CC} \cdot I_{CC})+(I_{RMS} \cdot V_{CC})-(R_L \cdot I_{RMS}^2)$ 。式中 I_{CC} 为电源电流，当电源电压 V_{CC} 在 2V~16V 范围内时， I_{CC} 约为 3mA。 I_{RMS} 是扬声器上所得到的输出电流(有效值)， R_L 为扬声器阻抗。

MC34119 的外形和管脚排列如图 5-44(a)、(b)所示，这两种封装的器件均可在 -20 $^{\circ}\text{C}$ ~+70 $^{\circ}\text{C}$ 温度范围内工作。

应用 MC34119 设计电路时，与其它音频放大电路不同的是，一般在输出端和负载间不需要加缓冲器。接至扬声器的引线应捻紧，且不要很长，只需 10cm 左右即可。

图 5-43 所示应用电路对内部运放 1 相当于反相输入。这种接法放大器的输入阻抗和低频截止频率由 C1 和 R1 确定，增益为 $2R_f/R_i$ ，输出端 V_{O1} 、 V_{O2} 的直流电位等于 $(V_{CC}-0.7V)/2$ 。

如图 5-45 所示应用电路与图 5-43 的差别在于信号是由内部运放的同相端输入的，因而具有较高的输入电阻。由内部电路可见，其输入电阻约为 125k Ω 。电路增益为 $2(R_f+R_i)/R_i$ ，对图示参数应为 52 倍(34dB)，电源抑制比约为 50dB。

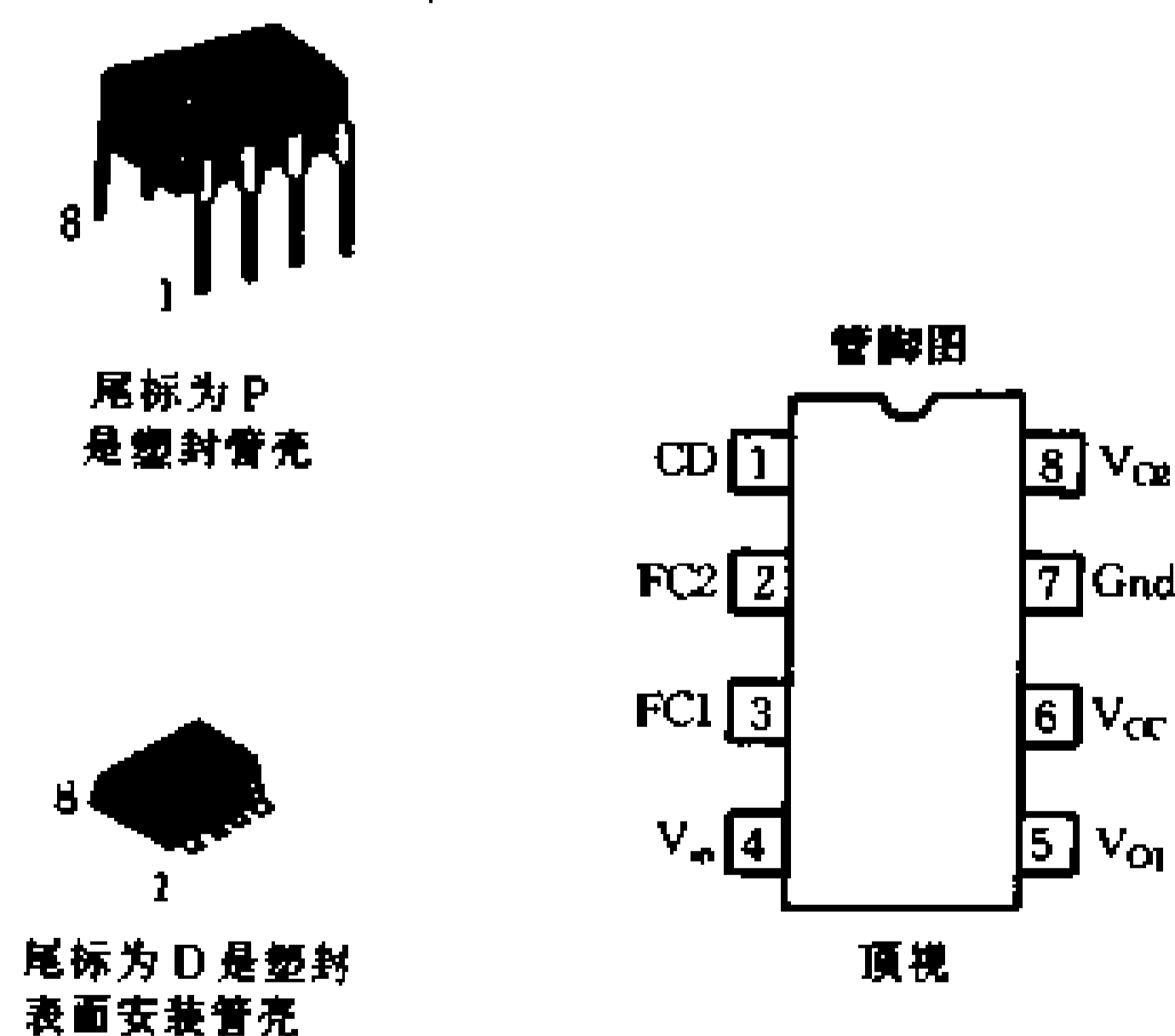


图 5-44

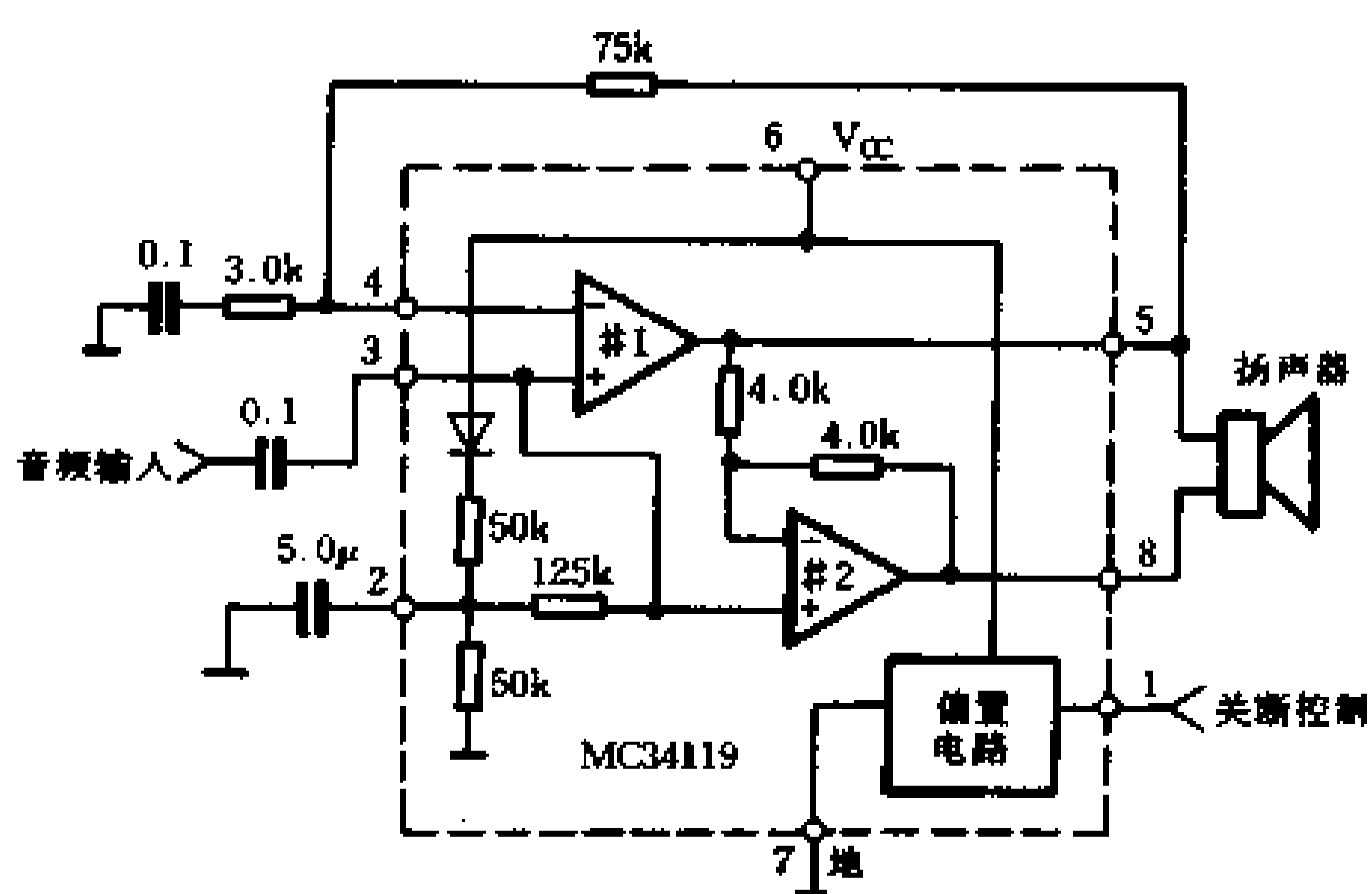


图 5-45

如图 5-46 所示，为具有抑制的音频放大器。如图 5-47 所示，为具有带通(高、低音抑制)的音频放大电路。

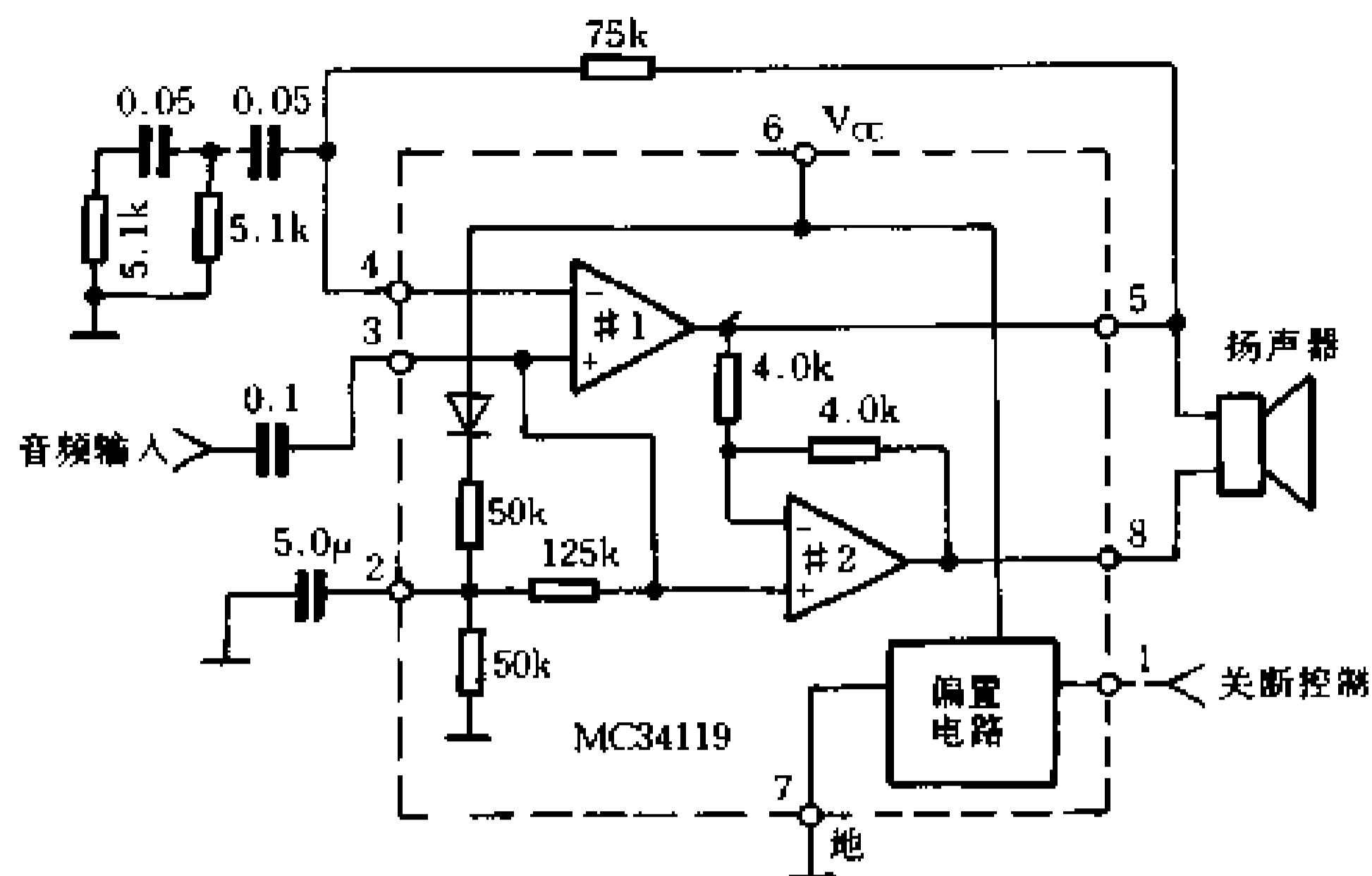


图 5-46

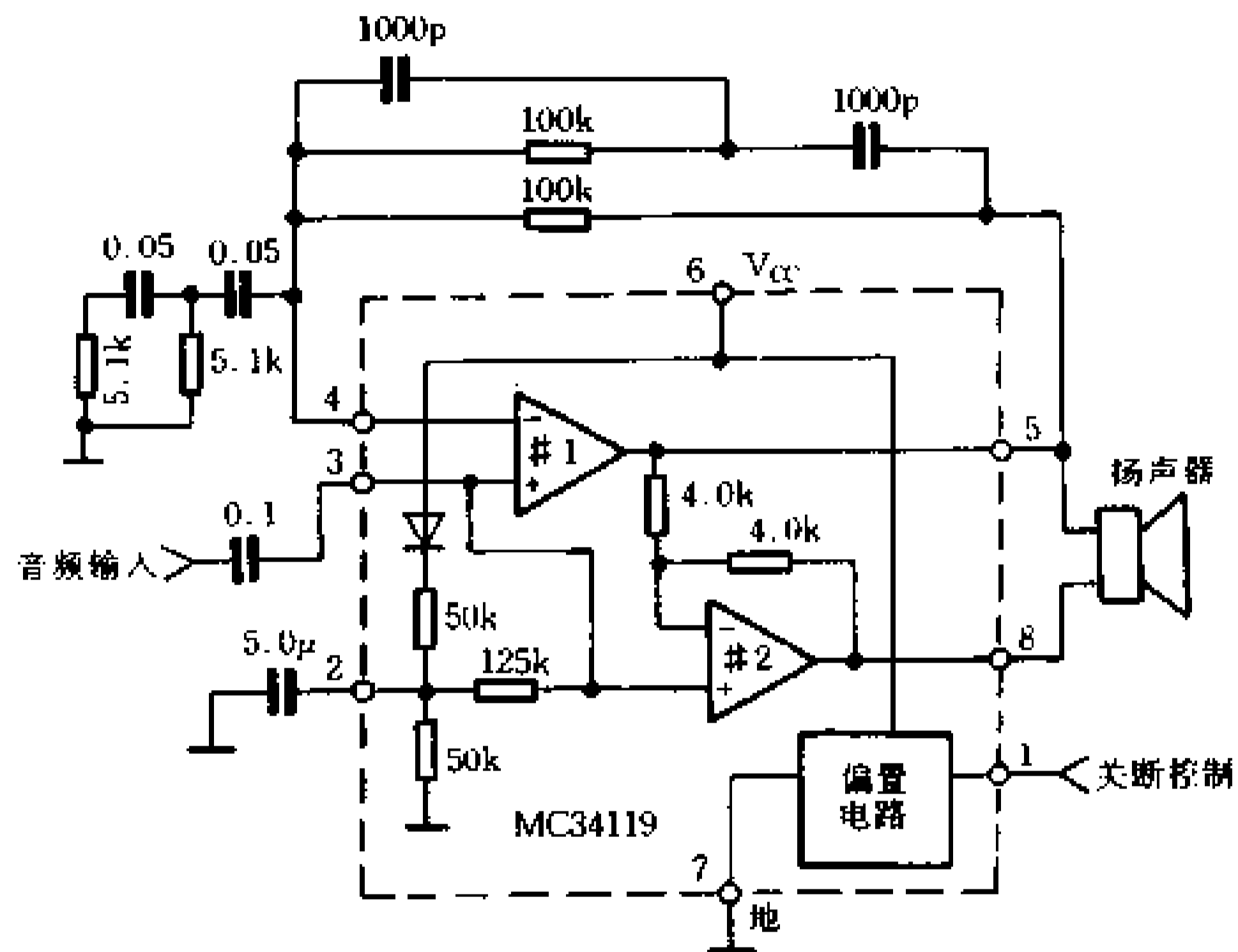


图 5-47

如图 5-48 所示，为使正、负电源工作的音频放大电路。增益为 50 倍，电路的关闭通过 NPN 晶体管的耦合实现，由数字电平控制。如果 V_{CC} 和 V_{EE} 是不对称的，则 FC1 脚必须通过

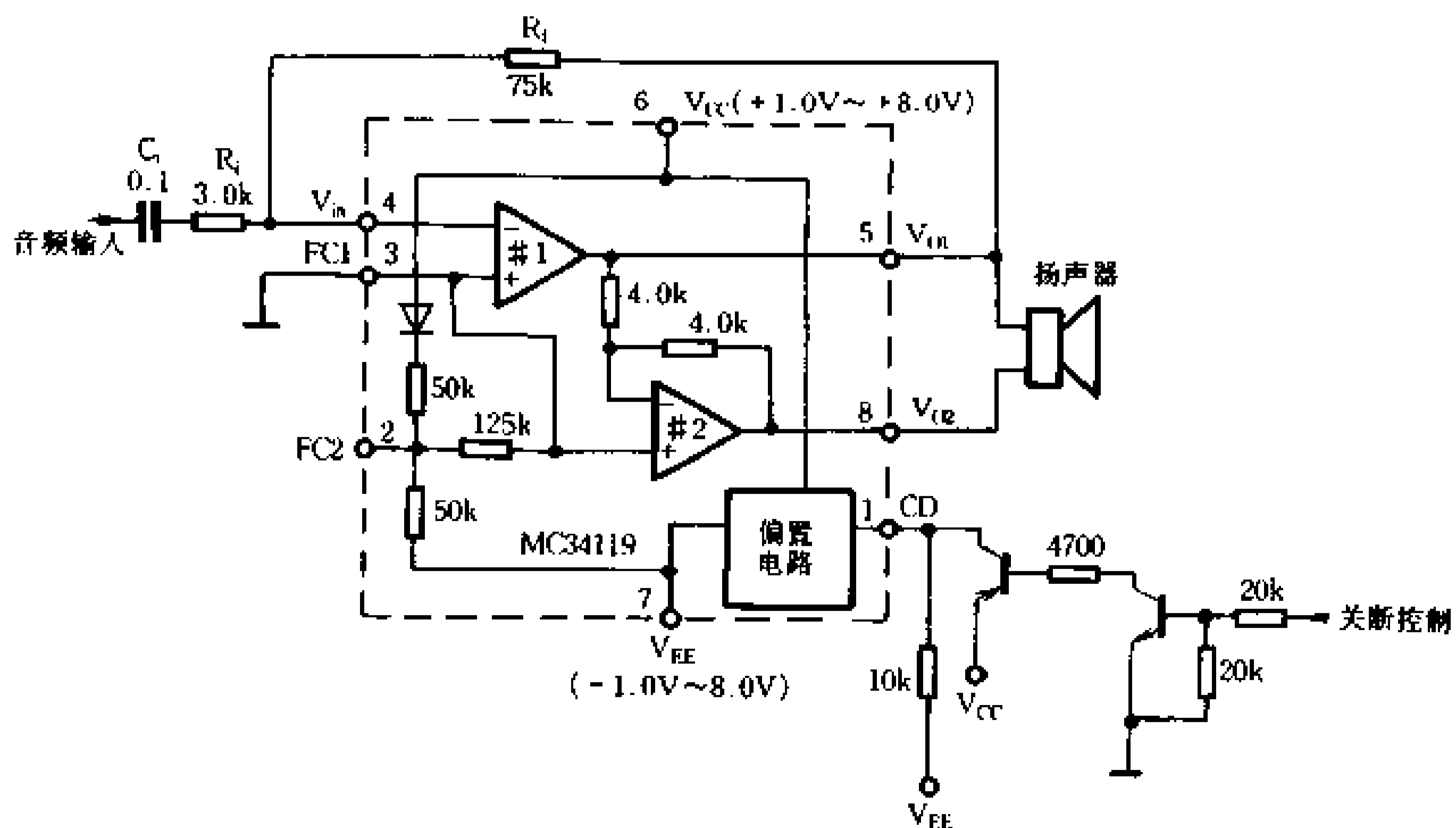


图 5-48

一只电容接地，如图 5-43 电路那样。

MC34119 的主要电特性如表 5-8 所示。

表 5-8

特 性	符号	最小值	典型值	最大值	单位
交流输入阻抗	r_i		>30		M Ω
开环电压增益(放大器 1, $f < 100\text{Hz}$)	A_{VOL1}	80			dB
闭环增益(放大器 2, $V_{CC} = 6\text{V}, f = 1\text{kHz}, R_L = 32\Omega$)	A_{V2}	-0.35	0	+0.35	dB
增益带宽积	GBW		1.5		MHz
输出功率					mW
$V_{CC} = 3\text{V}, R_L = 16\Omega, \text{THD} \leq 10\%$	P_{out3}		55		
$V_{CC} = 6\text{V}, R_L = 32\Omega, \text{THD} \leq 10\%$	P_{out6}		250		
$V_{CC} = 12\text{V}, R_L = 100\Omega, \text{THD} \leq 10\%$	P_{out12}		400		
总谐波失真($f = 1\text{kHz}$)	THD				%
$V_{CC} = 6\text{V}, R_L = 32\Omega, P_{out} = 125\text{mW}$			0.5	1	
$V_{CC} \geq 3\text{V}, R_L = 8\Omega, P_{out} = 20\text{mW}$			0.5		
$V_{CC} \geq 12\text{V}, R_L = 32\Omega, P_{out} = 200\text{mW}$			0.6		
电源抑制比($V_{CC} = 6\text{V}, \Delta V_{CC} = 3\text{V}$)	PSRR				dB
$C1$ 开路, $C2 = 0.01\mu\text{F}$		50			
$C1 = 0.1\mu\text{F}, C2 = 0, f = 1\text{kHz}$			12		
$C1 = 1\mu\text{F}, C2 = 5\mu\text{F}, f = 1\text{kHz}$			52		
输出直流电平 V_{O1}, V_{O2} ($R_L = 75\text{k}\Omega$)					V _{dc}
$V_{CC} = 3\text{V}, R_L = 16\Omega$	$V_{O(3)}$	1	1.15	1.25	
$V_{CC} = 6\text{V}, R_L = 16\Omega$	$V_{O(6)}$		2.65		
$V_{CC} = 12\text{V}, R_L = 16\Omega$	$V_{O(12)}$		5.65		
输出电平					V _{dc}
$I_{out} = -75\text{mA}, 2\text{V} \leq V_{CC} \leq 16\text{V}$ 高	V_{OH}		$V_{CC} - 1$		
$I_{out} = 75\text{mA}, 2\text{V} \leq V_{CC} \leq 16\text{V}$ 低	V_{OL}		0.16		
输出失调电压 $V_{O1} - V_{O2}$ ($V_{CC} = 6\text{V}, R_L = 75\text{k}\Omega, R_L = 32\Omega$)	ΔV_o	-30	0	+30	mV
输入偏置电流 ($V_{CC} = 6\text{V}$)	I_B		-100	-200	nA
等效电阻					k Ω
FC1 ($V_{CC} = 6\text{V}$)	R_{FC1}	100	150	220	
FC2 ($V_{CC} = 6\text{V}$)	R_{FC2}	18	25	40	
电源电流					mA
$V_{CC} = 3\text{V}, R_L = \infty, \text{CD} = 0.8\text{V}$	I_{CC3}		2.7	4	
$V_{CC} = 16\text{V}, R_L = \infty, \text{CD} = 0.8\text{V}$	I_{CC16}		3.3	5	
$V_{CC} = 3\text{V}, R_L = \infty, \text{CD} = 2\text{V}$	I_{CCD}		6.5	100	μA

[注]: 电流流入管脚为正, 流出管脚为负。

21. 集成电路 BTL 功放

采用集成电路组成 BTL(桥式推挽)功率放大器, 不仅能获得较大的输出功率, 而且能减小开环失真, 获得优良指标。

BTL 功放电路在信号的每个周期内，正负半周都能充分利用全部电源电压进行工作，所以在电源电压和负载阻抗相同的条件下，其输出功率是 OTL 或 OCL 单端推挽电路的四倍(理论推导从略)，这就大大地增加了功率储备，有利于减小瞬态互调失真。

【电路原理】

功放电路要减小开环失真的关键在于电路形式和工作状态都必须对称平衡。集成电路组成 BTL 功放，使输出电路的对称性更好。如图 5-49 是 BTL 的等效电路。输出正半周电流 I_a 流经 V1、RL、V4；负半周电流 I_b 流经 V3、RL、V2。理想的情况是，每个周期内流经 RL 的 I_a 和 I_b 数值相等，方向相反，在 RL 上合成一个对称完整的正弦波形。其条件是 $\beta_1 = \beta_3$ 、 $\beta_2 = \beta_4$ ，或者 $\beta_1 = \beta_2$ 、 $\beta_3 = \beta_4$ ，电路都能获得 $I_a = I_b$ 的对称输出。大家知道，许多音频集成功放电路的末级是采用准互补单端推挽电路，这种电路末级的两个同极性管子不是处于同一工作组态(共射与共集混合)，虽然管子参数很接近一致，但其上下臂的工作状态是不对称的，所以开环失真是很大的。它的高指标输出是靠深度负反馈获得的，其中还潜在较大的瞬态互调失真。如果把它组成 BTL 电路，则这种不对称状态就能得到很大的改善。尤其是双声道集成电路(如 STK465 等)，本来就具有 $\beta_1 = \beta_3$ 、 $\beta_2 = \beta_4$ 很好的对称性，组成 BTL 电路后，很容易获得较低的开环失真，其输出的高指标才是真正的优良指标，音质能明显得到改善。对于单声道集成电路来说，由于集成电路内管子参数的一致性较好，所以当两个单声道集成电路组成 BTL 电路时，也较容易满足 $\beta_1 = \beta_2$ 、 $\beta_3 = \beta_4$ 的对称条件，而获得较低的开环失真。

常见的集成电路 BTL 放大典型应用电路如图 5-50 所示。由于 R4 的存在，等于给 R7 加载上电阻，这就破坏了整个电路的对称性，使得差动电路对共模信号的抑制能力变差。另外，信号一边从同相端输入，另一边从反相端输入，由于集成电路的同相端和反相端的输入阻抗和特性都是不同的，也会使整个输入电路失去平衡，这就使得电路的开环失真增大。比较妥善的改进方法是增加一级差动级(如图 5-51 中的 VT1、VT2、VT3)，双端输出倒相，然后把这幅值相等，相位相反的信号分别从两个集成电路的同相端输入，这就使得 BTL 整个电路的输入和输出特性都达到对称平衡，开环失真得到更进一步的改善。差动级的输入方式可以单端输入，也可以双端输入，对 BTL 电路没有影响。要求 VT1 和 VT2 的参数一致，这在同型号管子中配对，显然是比较容易的。

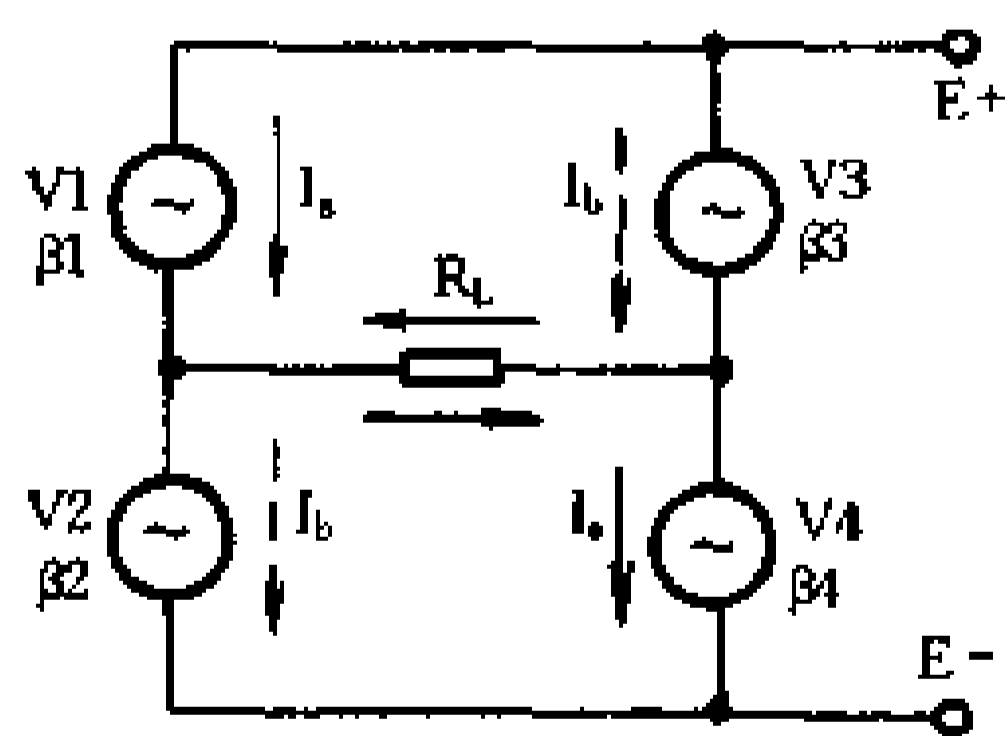


图 5-49

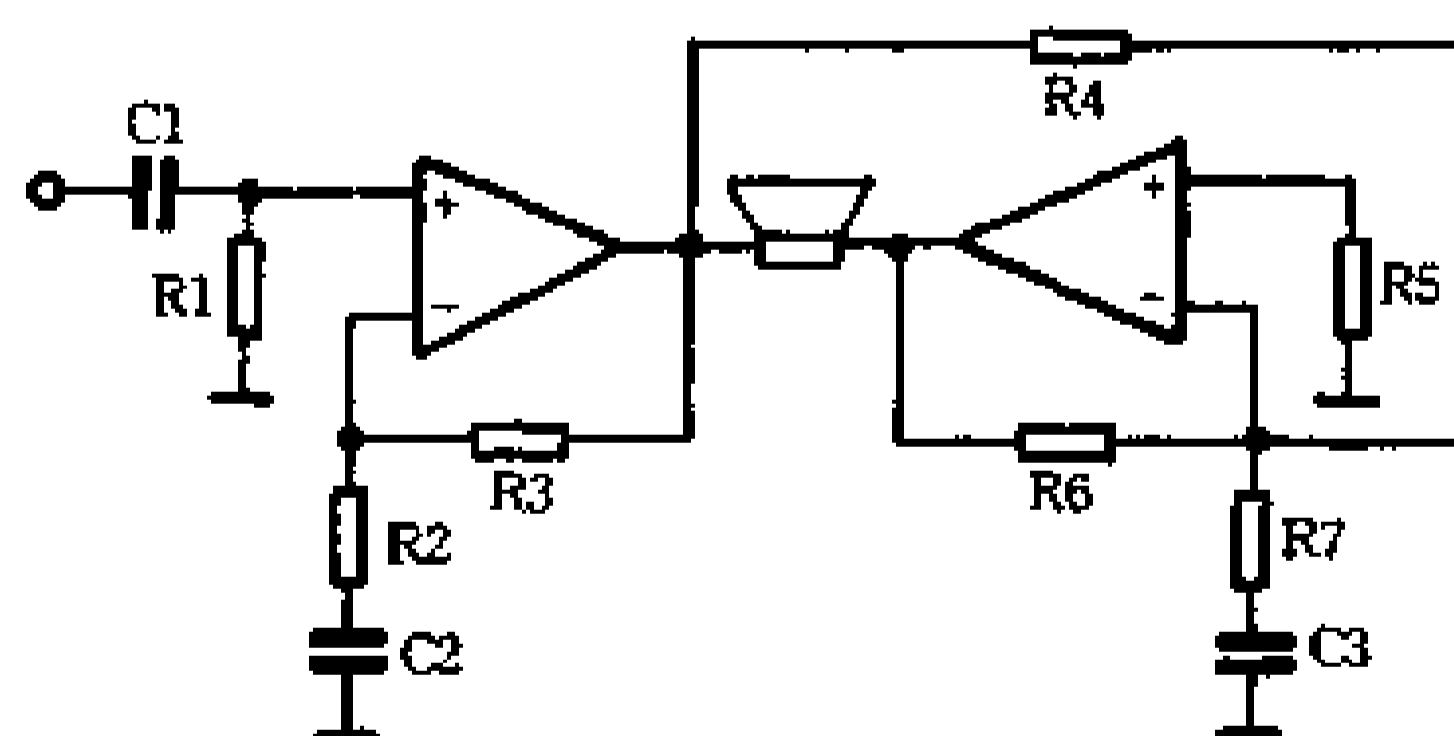


图 5-50

图 5-51 是采用两块优质 LM1875(美国 NSC 公司产品)功放集成电路组成的 BTL 功率放大器，负载阻抗为 8Ω ，额定输出功率为 $60W(RMS)$ ，最大输出功率可达 $90W$ 。整机输入灵敏度 $80mV$ 。前级(包括差动级)的电源与功放电源分开供给。电源变压器容量要求在 $200W$ 以上，正负电源滤波电容不小于 $10000\mu F$ ，才能保证有足够的能量储备。

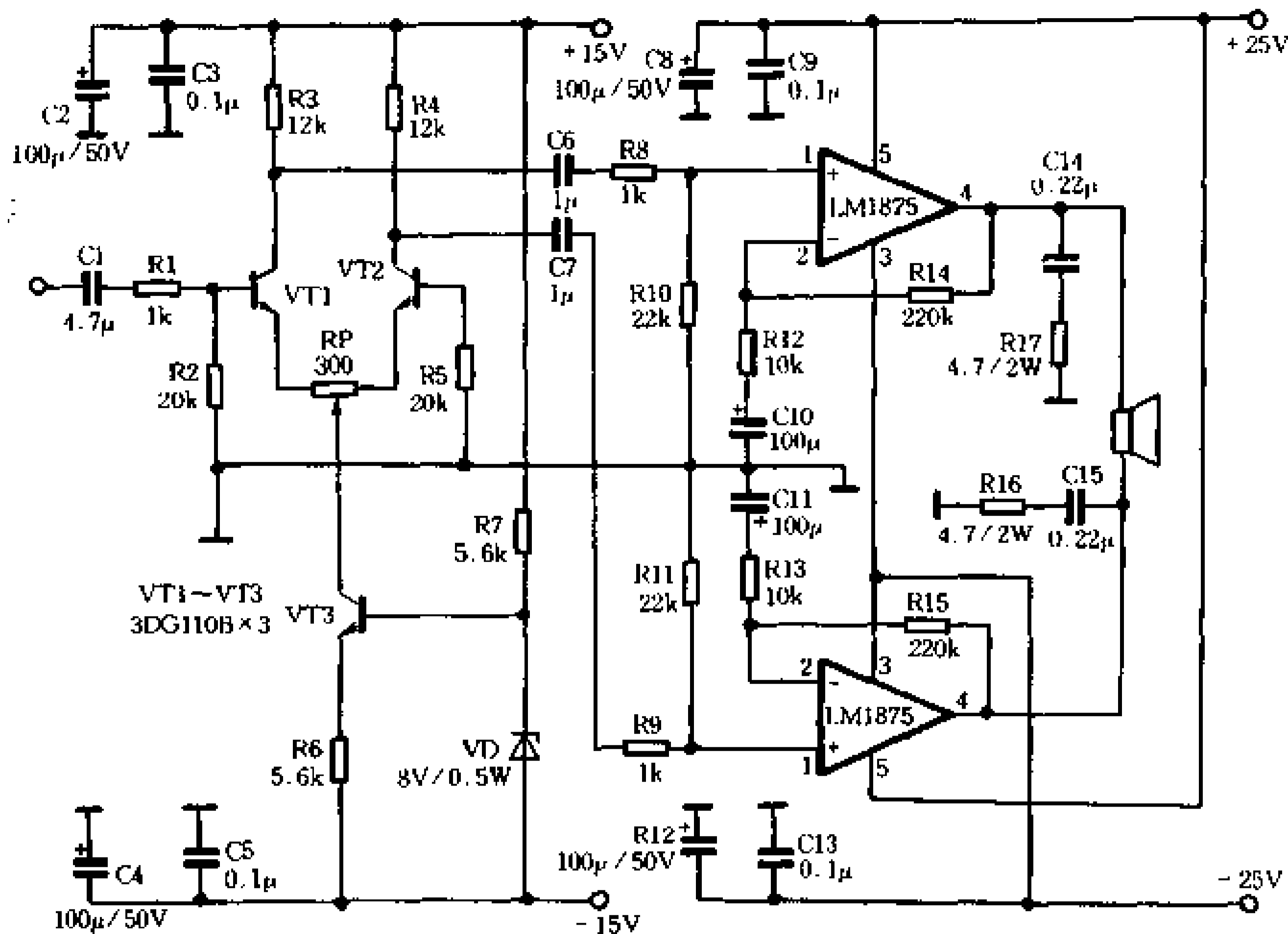


图 5-51

22. 低成本集成电路功率放大器

【电路特点】

此放大器适于工薪族的初级发烧友们自制。它有以下特点：

(1) 使用电源滤波器，如图 5-52 所示，音乐背景十分干净，信噪比得以提高。

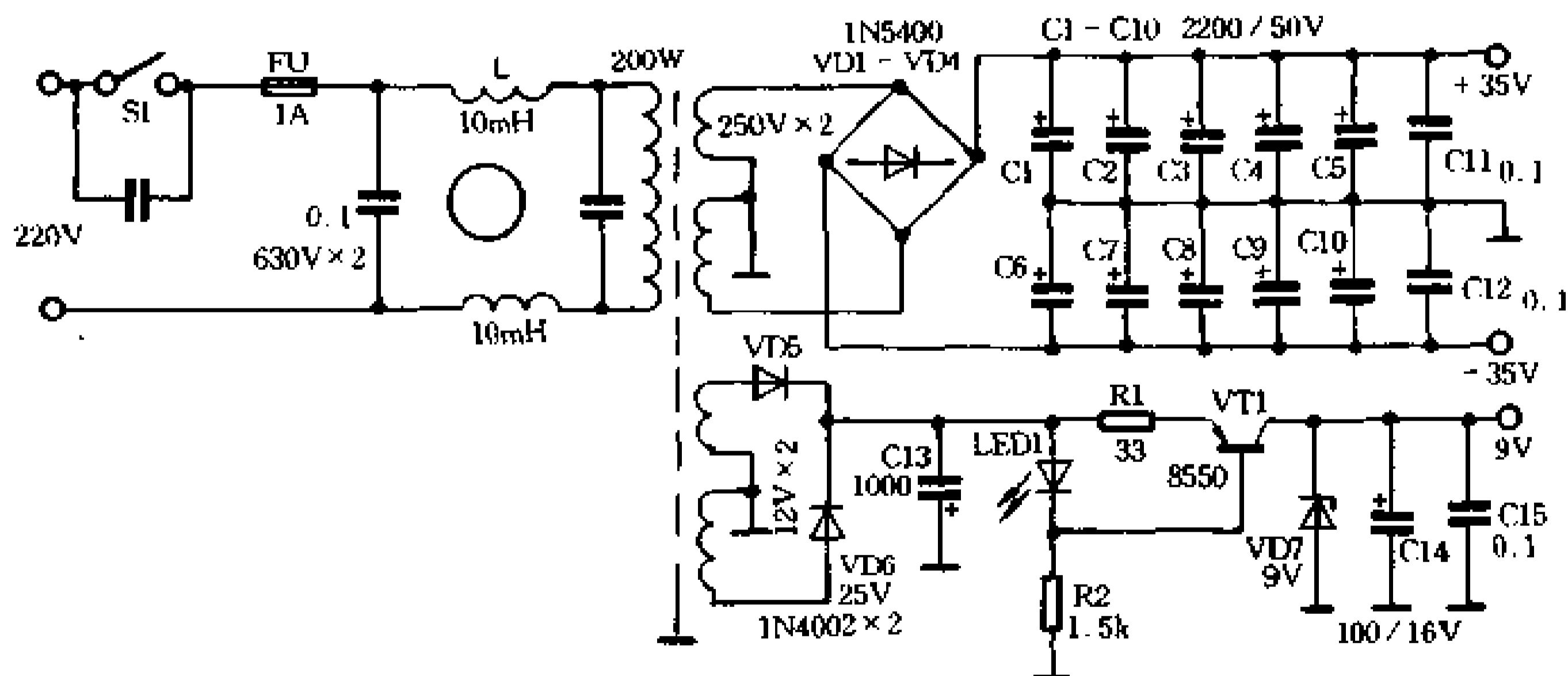


图 5-52

(2) 电源滤波电容采用 10 只 $2200\mu\text{F}$ 普通电解电容，使它们的等效串联电感及内阻比 $10000\mu\text{F}$ 音响专用电解电容都要低。

(3) 使用 CMOS 集成电路 CD4069 作前置放大，如图 5-53 所示。曾经用 NE5532 作前置放大，因为闭环增益只有 2 倍，发生高频自激而失败，故改为 CD4069，一举成功。

(4) 本机左声道采用反相放大可使两只 LM3886 均衡地向正负电源索取电流，电源电压始终对称，从而改善音质，使低音深沉有力，中音明亮，如图 5-54 所示。

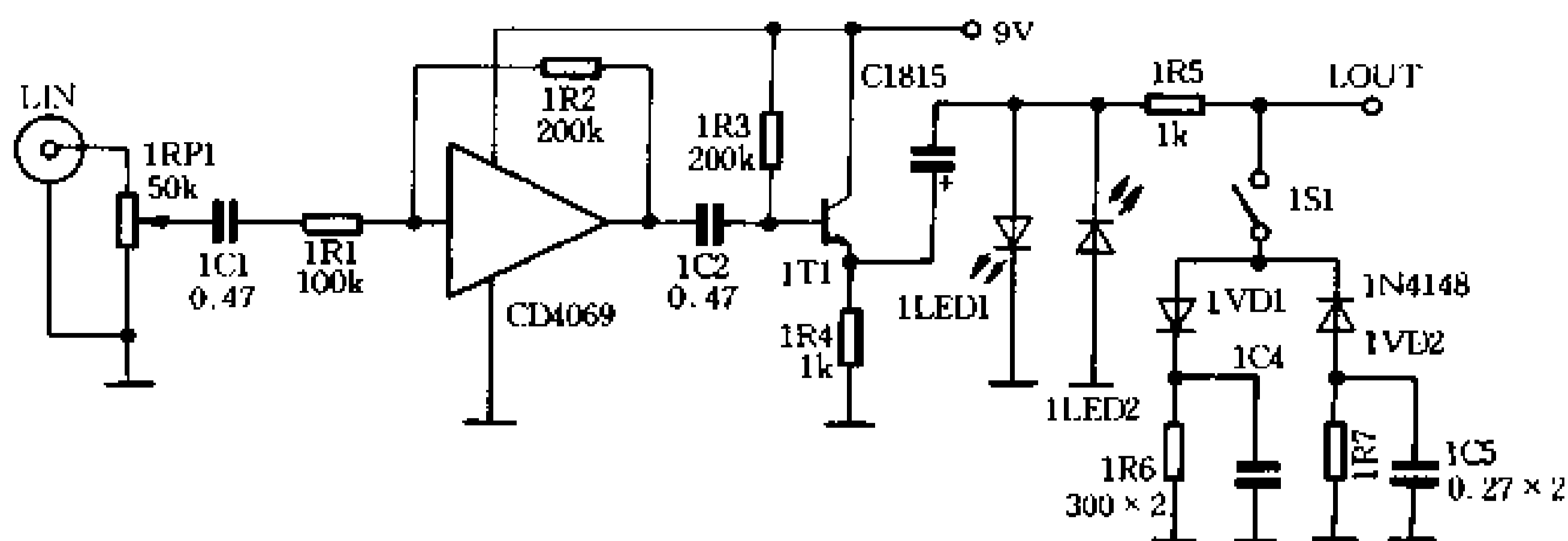


图 5-53

(5) 采用柔性削峰电路, 使后级不易过载, 不易烧毁音箱, 且增加了悦耳的偶次谐波。

(6) 本机 LM3886 的反馈方式为无源伺服式, 减弱了大容量负反馈隔直电容对音质的影响。

(7) 本机采用两只音量电位器, 可以改变削峰的程度, 以改变音色。还可以在小音量下欣赏颇具“胆”味的音乐。

【元器件选择】

所有元件均用正品, 按图中数值选取。变压器可选用 200W 环牛。容量不小于 $100\mu\text{F}$ 的电解电容可选用普通 CD11 型; 容量小于 $1\mu\text{F}$ 的可用涤纶或独石电容, 经济条件好的可用无感聚丙烯电容, 未标明耐压的均可用 63V 的; 除标明外, 所有电阻均选用

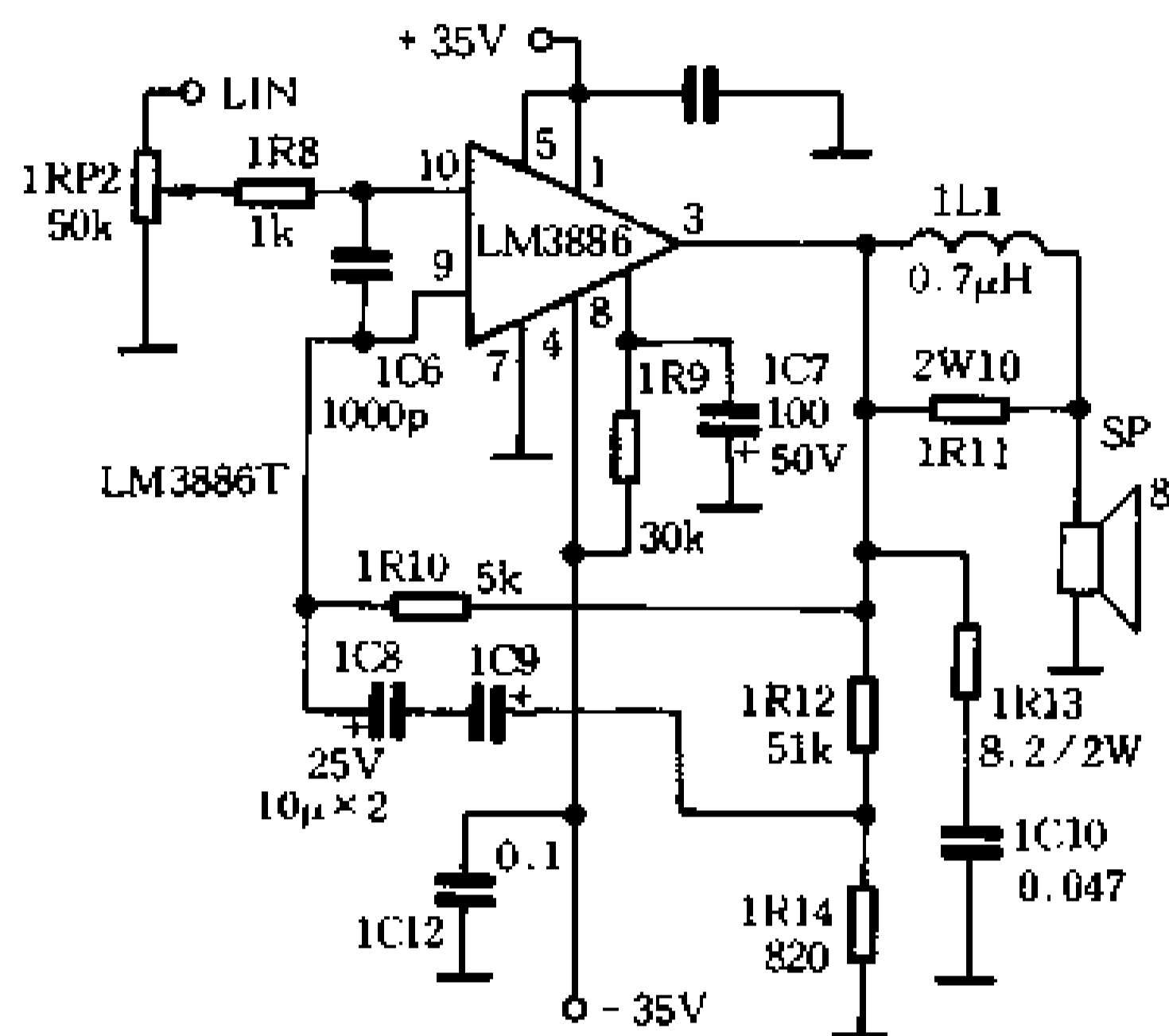


图 5-54

0.25W 五色环金属膜电阻。3 只发光二极管均用红色 LED。L 可用 $\phi 0.66\text{mm}$ 漆包线在 $\phi 22\text{mm}$ 磁环上绕两个 20 匝线圈, 绕向相反即可使用。1L1 可用 $\phi 1.2\text{mm}$ 漆包线在铅笔上密绕 12 匝脱胎而成。散热器总表面积约 1000cm^2 , 可用厚度不小于 1mm 的铝合金板下脚料制作, 将横截面为 $100\text{mm} \times 25\text{mm}$ 的铝合金板截成 10cm 长的两段, 一只 LM3886 用一段, 散热效果很好。LM3886 的选取视机壳材料而定: 金属机壳可用 LM3886TF, 木质或塑料外壳可用 LM3886T。

【注意事项】

(1) 本机输出端子左声道接地端为正极, 而右声道 LM3886 输出端为正极, 连接音箱时不要搞错。

(2) 若不用柔性削峰电路, 请将 1S1 断开。

试听表明, 它的音质比韩国三星组合音响的音质好多了。

看来, 低价也可靓声!

23. 仿一体化结构制作集成功放

TDA1514A 是大家熟悉的优质功放 IC。若按图 5-55 所示的改进后电路, 可以制作出一台高保真功率放大器。由于采用了仿一体化装配工艺, 使得制作特别容易, 也使 TDA1514A 的优异性能得以充分发挥。现将制作过程介绍如下。

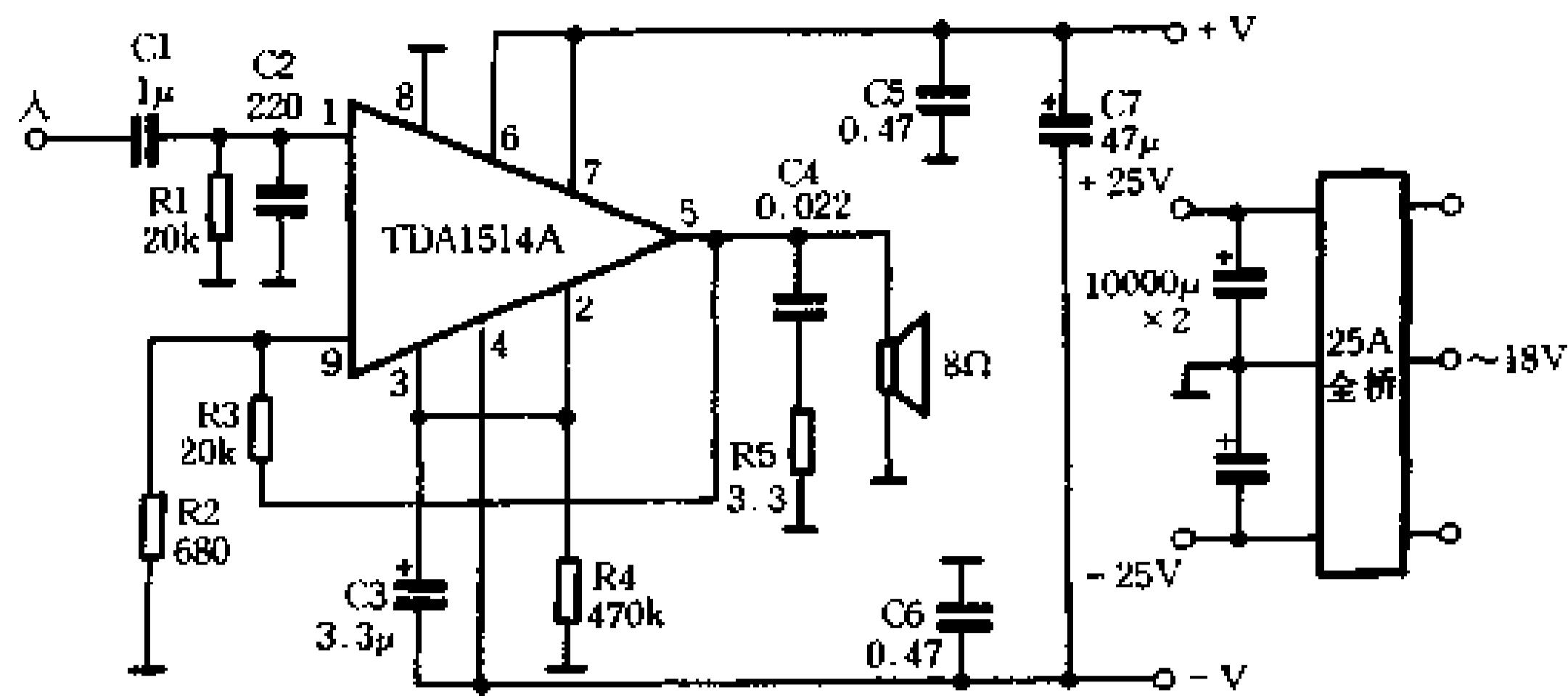


图 5-55

【印制板制作】

选两块 6cm×7cm 单面环氧敷铜板，按图 5-56 所示用断锯条刻好线路板。为求美观，直线部分最好用钢尺辅助划直。

【元件焊接】

将刻好的线路板铜箔面用 0 号砂纸打磨光亮，按图 5-56 所示在铜箔面烙上各元件。元件引脚尽量短。为增加焊接可靠性，可将元件引脚折弯一小段平贴焊接。在电源正、负极以及信号输出端的铜皮上要搪一层锡，以增强导电性。输入电容要用无极性电容。待各元件焊好后再焊入 IC，引脚不用处理，平贴在铜皮上焊接。

【线路板与散热片的安装】

选 5mm 厚平整铝板一块（铜板更好），尺寸不小于 12cm×24cm。按图 5-57 所示在铝板上钻孔，孔径 4mm，用于安装电路板、电源滤波电容等。开孔根据印制板固定孔位置和具体制作情况决定。图中是将左、右声道线路板、滤波电容、全桥等安装在铝板上的参考示意位置。其中线路板及有关

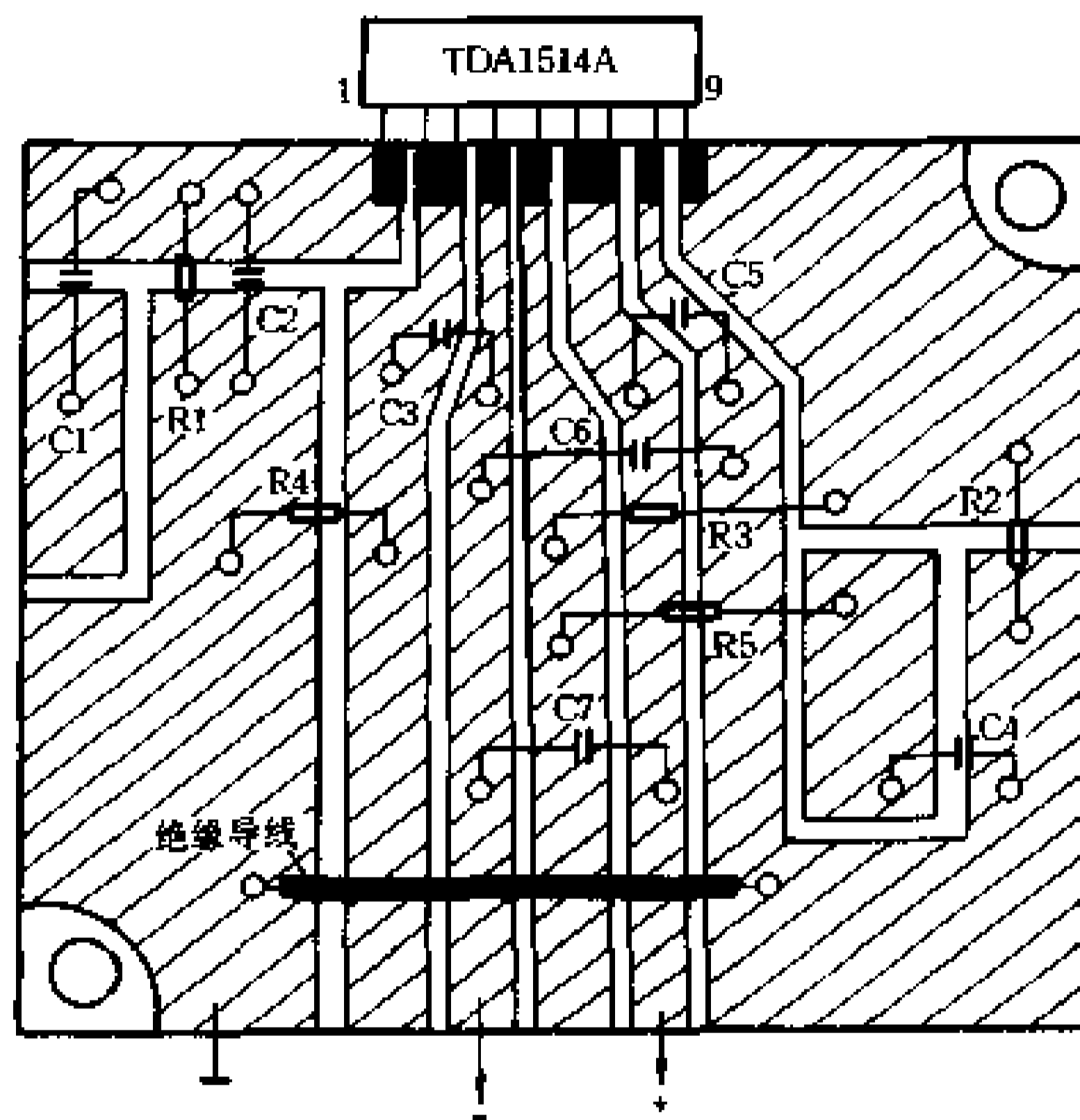


图 5-56

元件要注意与散热板的绝缘问题。滤波电容至线路板的正、负电源引线采用单股导线，便于弯折定型。有些连线需穿过铝板从背后引出。全桥采用方型带中心固定孔的方式。滤波电容量至少用 10000μF/35V。功放 IC 与铝板间应加一层薄薄云母片绝缘。云母片两面涂上导热硅脂，此部分安装如图 5-58 所示。最后将整块铝板接地。

【整机装配】

整机装配很简单，按照图 5-59 所示组装即可。值得注意的有以下几点：

- (1) 功放输出采用大型接线柱，并且地线接自滤波电容的接地端，而不是接自线路板地端。
- (2) 机内信号线选用专用信号线，最好不要使用市面出售的很细的屏蔽线，也可选用稍细的

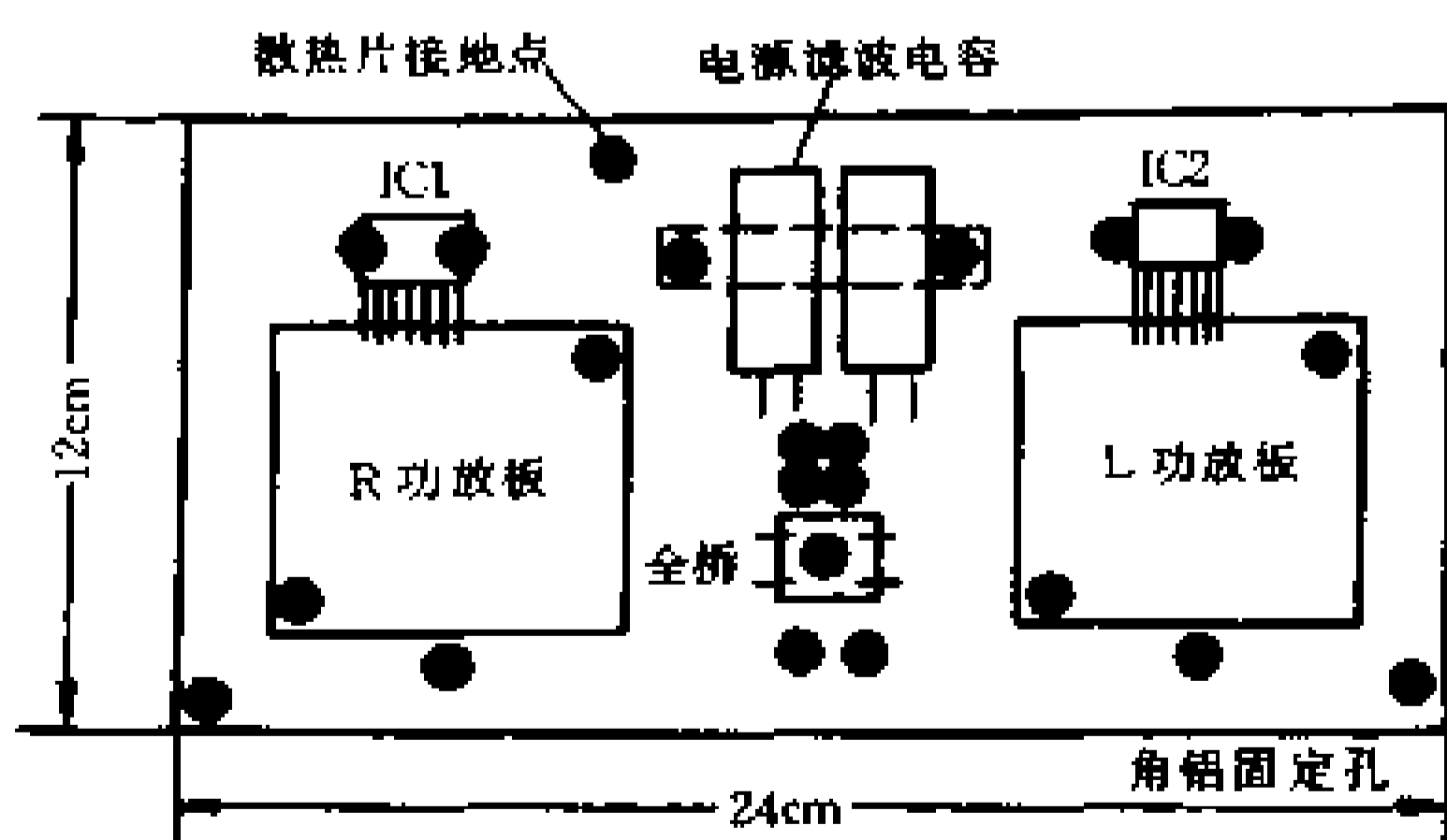


图 5-57

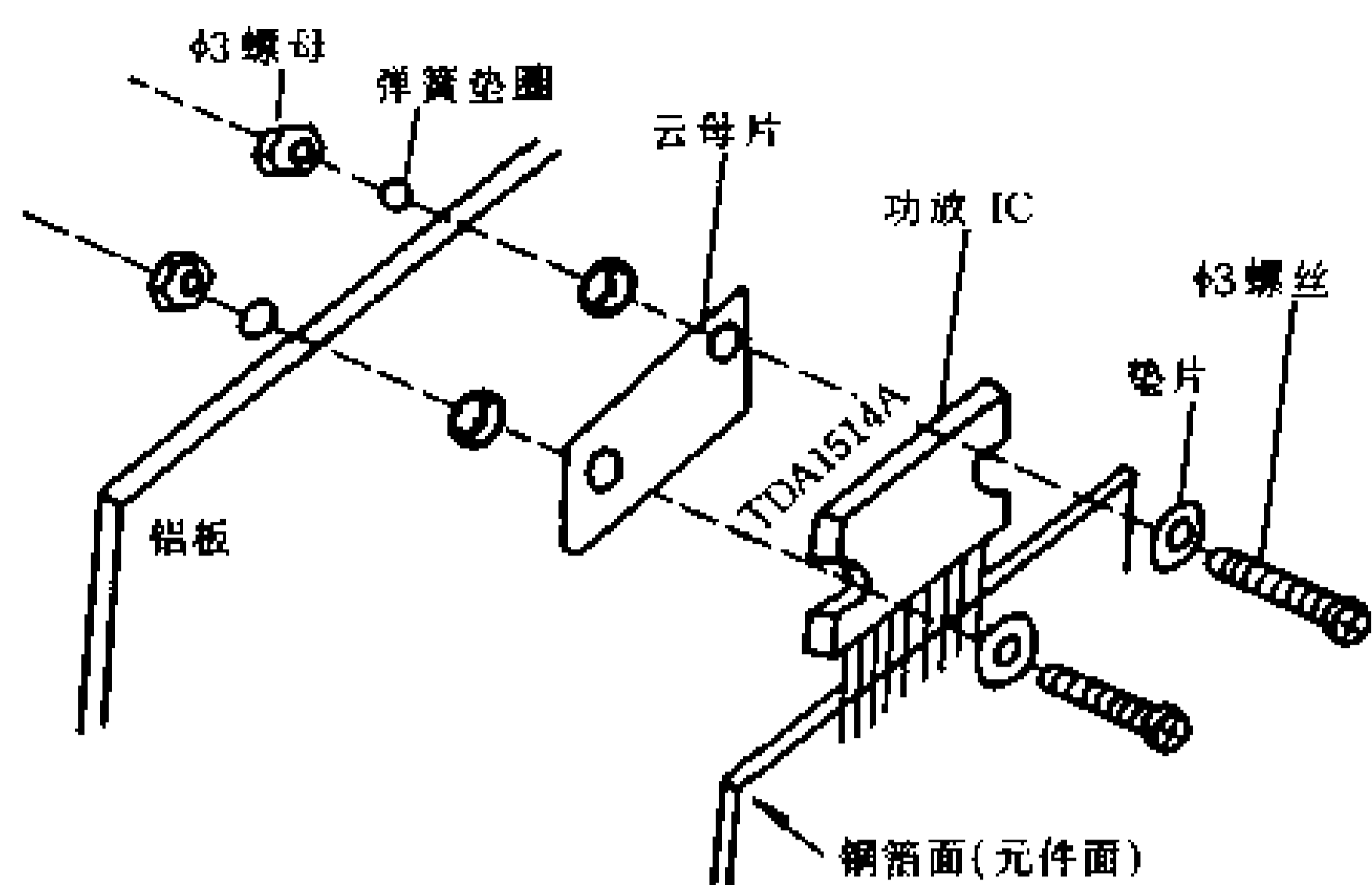


图 5-58

线。具体方法是：取 3mm 厚金属板，尺寸大小是 50mm×200mm。一端用铜螺丝固定一粗铜线引出做地线。选择屋内或屋外阴暗潮湿地方，将此铝板砸入地下，越深越好，并保持此处地面潮湿为好。

接“地”（指大地）是必须的，它可以消除讨厌的电源干扰声，还你干净清晰的音质，还可以消除静电带来的危险。最后提醒一点，当你将几台机器联机使用时，接大地的“地”只能接在功放机上，不可每台机器均接大地，否则形成地线环线，产生噪声。

采用一体化制作工艺，具有信噪比高（铝板起屏蔽层的作用）；制作容易（不用腐蚀，只需刀刻）、制作周期短（全部过程 1 天足矣）、拆卸维修方便等优点，即便是刚入门的爱好者，只要按本文介绍的方法制作，也同样能达到理想效果。其它单列引脚功放 IC 也适合采用此法制作放大器，如 TDA1521、LA440 等。

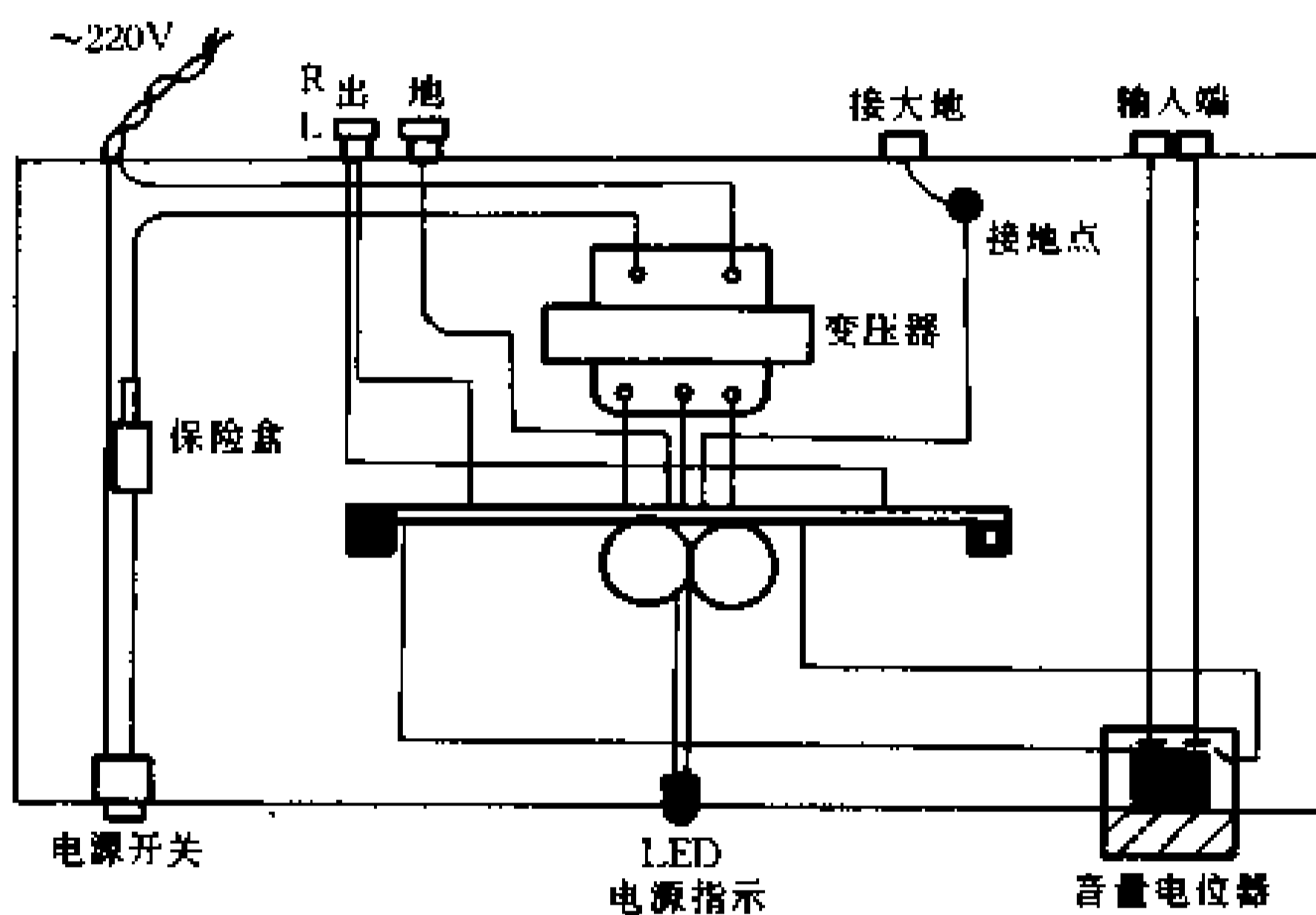


图 5-59

75Ω 同轴电缆线。

(3) 若机壳为金属壳，就在变压器与底板之间加上绝缘板后再固定。

(4) 输入信号的莲花插座负极应与外壳绝缘，电位器外壳应接地。

【大地地线安装】

住楼房的家庭采用带接地端的三芯插座比较省事，效果也很好。插座里的地线应与机壳上地端相连。对于没有地线的用户，可勉强从自来水管道上接一粗导线作地线（此法接地不良，也不安全），或自制简易地

24. 自制全集成电路扩音机

用一块 LM324 四运放集成电路和两块 TDA2030 功放集成电路，再配上少许其它元件，便可组成一部性能优良的立体声扩音机。由于电路全部采用集成电路，所以具有整机增益高，性能可靠，输出功率大，音质好，失真度小，耗电省，线路简单易于安装等许多优点。

【电路原理】

电路原理如图 5-60 所示。由运放集成电路的一组运放组成了一个声道的前置放大器，以补偿由于音调控制电路的插入引起的损耗。另一组运放组成一个声道的推动级放大电路，以取得足够的激励电压。RP1、RP4 等元件组成两个声道的低音调节电路；RP2、RP3 等元件组成两个声道的高音调节电路。两声道的音量控制电路是等响度控制电路，由 RP5、RP6 等元件组成，在音量较小时，低音可相应提升。调节 RP7、RP8 可使左右声道音量输出平衡。功放电路采用 TDA2030 集成电路，其外形为 V 形五脚单列直插式塑料封装，体积很小。当使用 ±18V 电源时，在 8Ω 负载上可获得不小于 15W 的输出功率。失真度小于 0.5%。如图 5-61

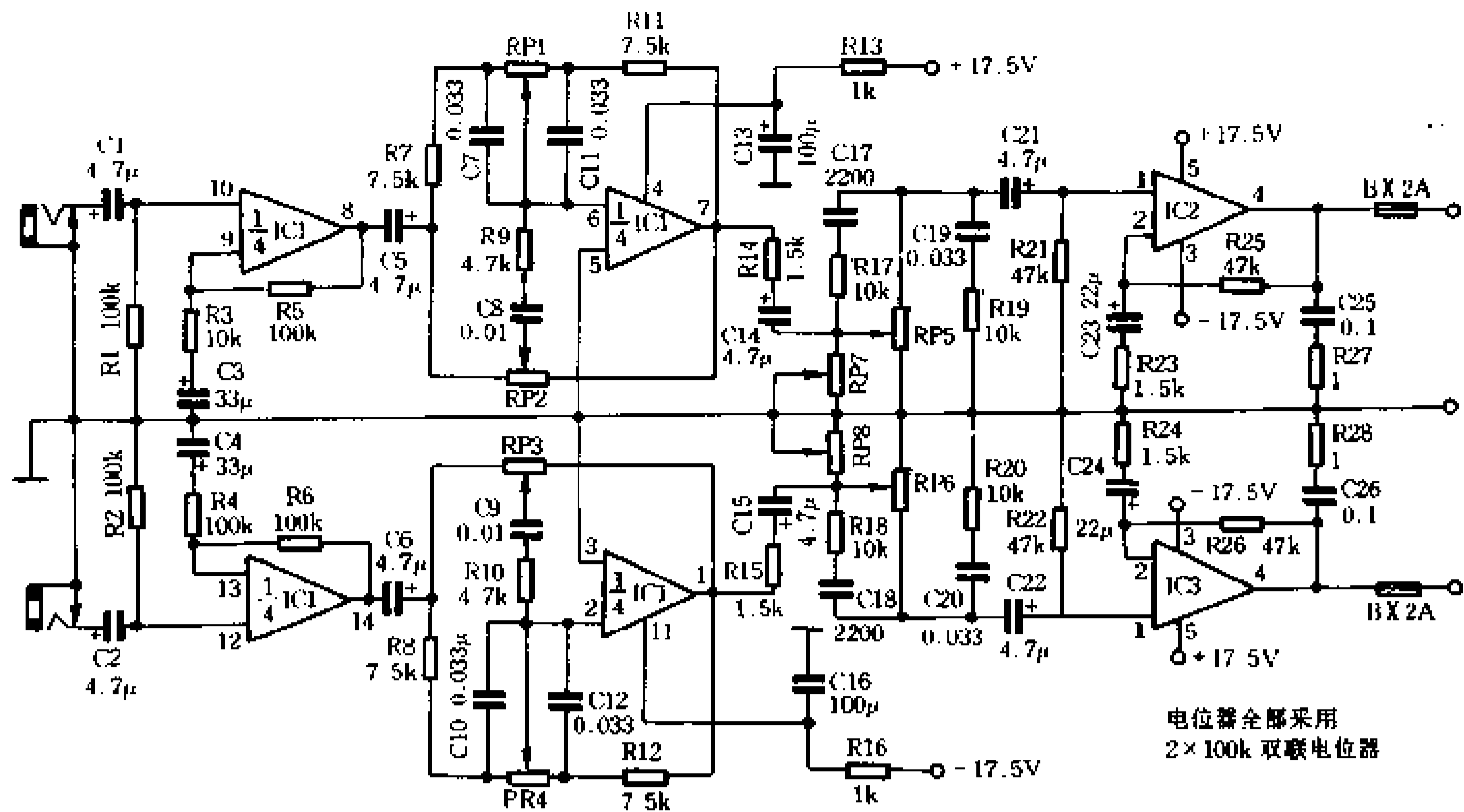


图 5-60

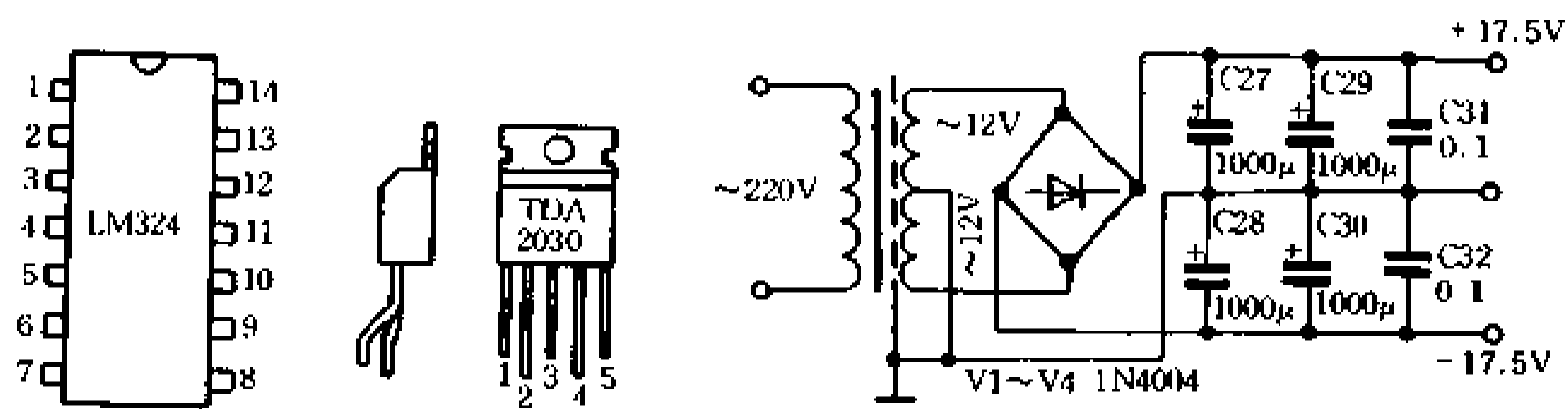


图 5-61

是 LM324 和 TDA2030 的外形。

图 5-62 是整机印制线路图，可供读者参考。如果自制线路板，设计时一定要注意输入端要远离输出端和电源供电电路，以防止自激和产生交流声；同时，为了保证音质，流过大电

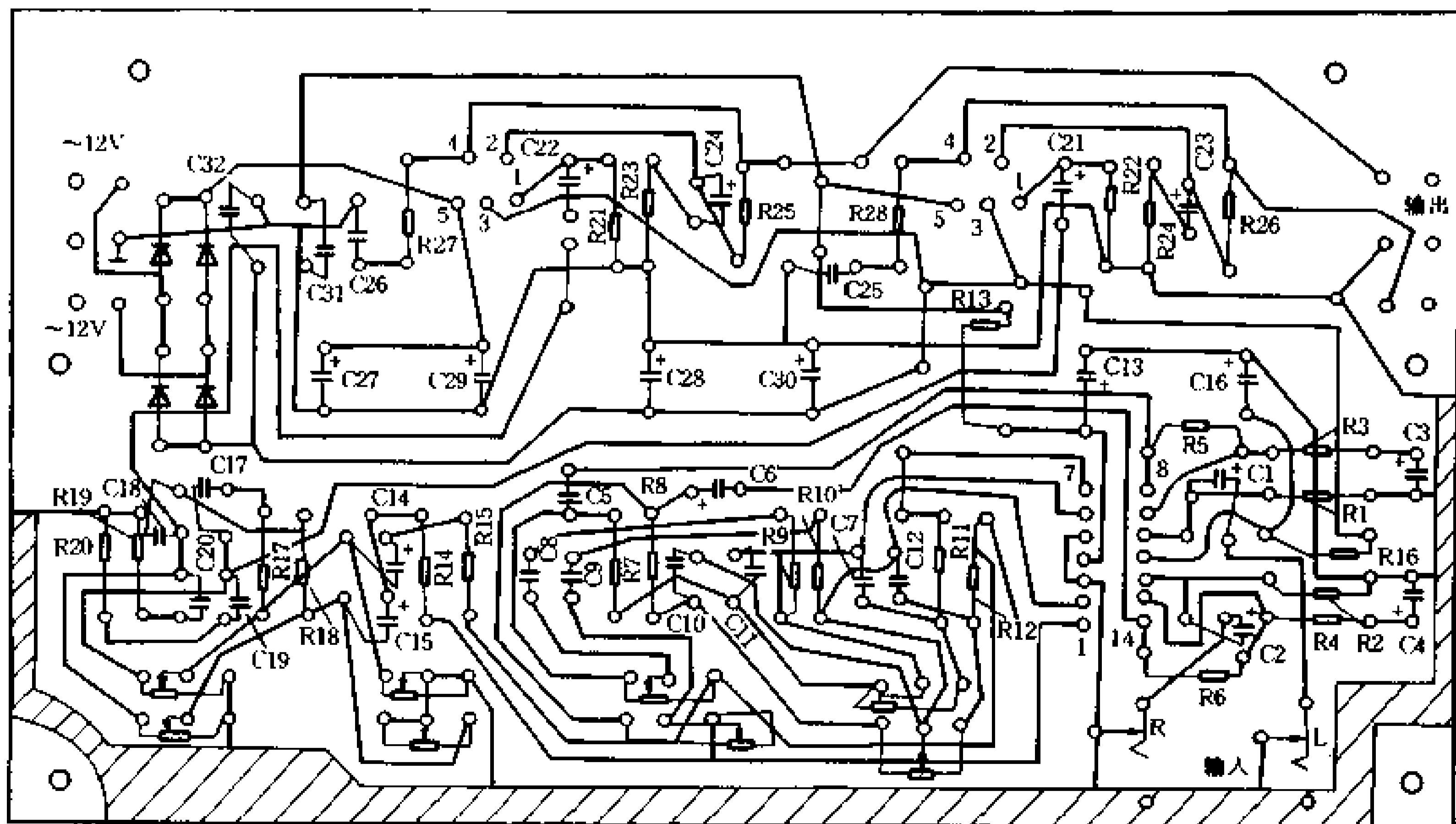


图 5-62

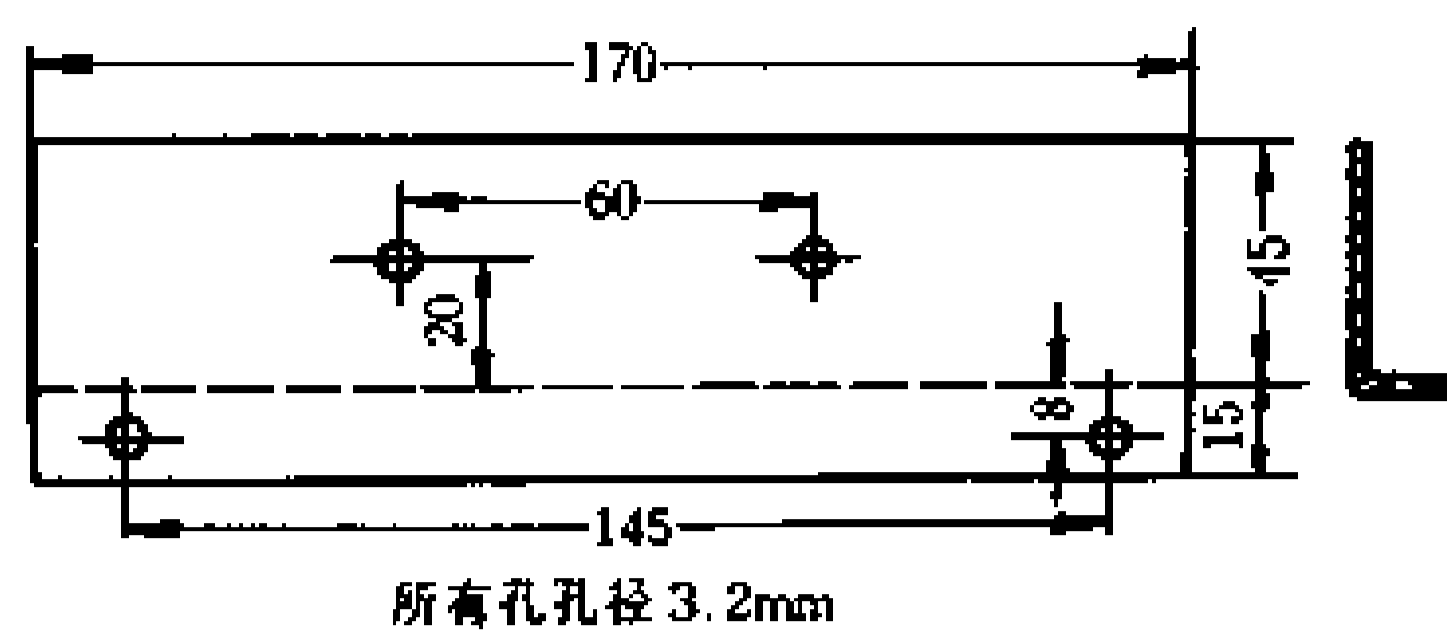


图 5-63

焊接前要认真把元件测试一遍，刮净引线搪上焊锡。焊接时先焊电阻，再焊电容。电阻全部贴板卧焊，电容器全部立装，所有电容器的耐压大于 16V。集成电路引线密度较大，要用小瓦数烙铁，注意不要搭焊。功放集成电路要加装散热器，散热器尺寸、制法参看图 5-63，散热器用厚 3mm 的铝板即可。

试听前，输出端一定要串联上 2A 的保险管，以保证扬声器的安全。先把音量电位器关至最小，把输入端短路。然后通电，用万用表直流电压挡测两功放集成电路第①脚对地电压为 0V，如果电压超过 $\pm 0.1V$ ，可检查滤波电容是否对称。再测量整流输出端输出电压是否 $\pm 17.5V$ 左右。如果电源部分元件符合要求，各路电压一般不会有很大偏差。

试听时，可先在功放集成电路①脚输入一音频信号或用手持改锥将金属部分从①脚输入人体感应信号，扬声器中应能放出声音。拆去输入短路线，从输入端输入信号，逐渐加大音量，仔细观察和抚摸各元件，除功放集成电路外，不应发热。如发现冒烟，某些元件发热，应立即关机，排除故障再试听。

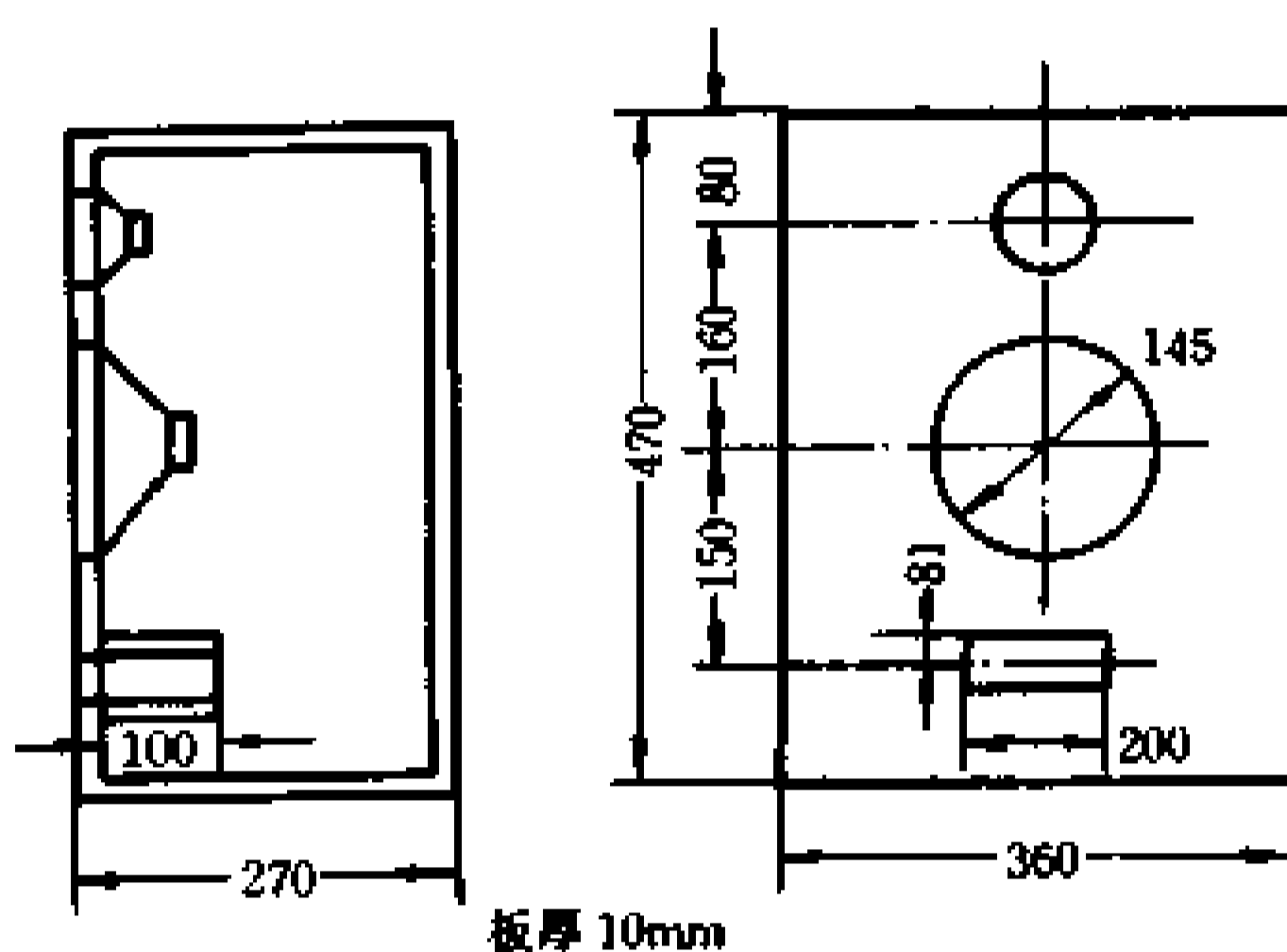


图 5-64

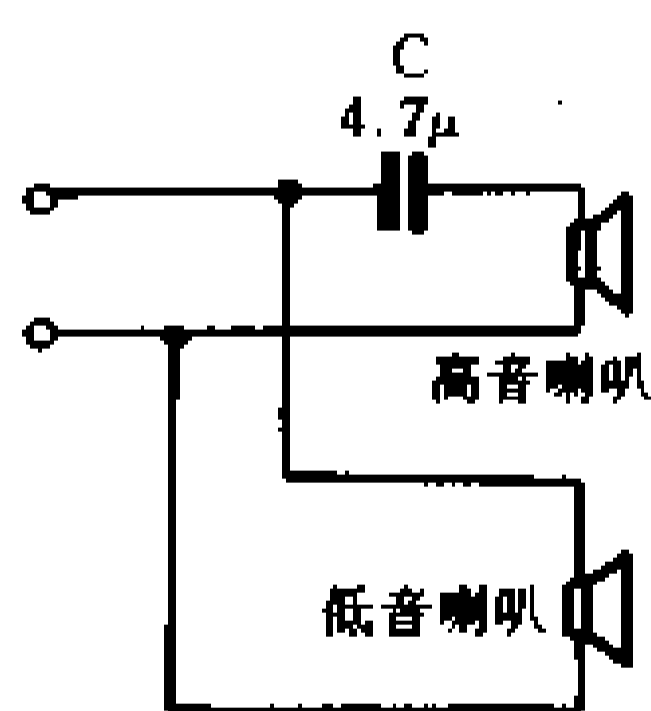


图 5-65

音箱可购买成品，也可自制。这里推荐一款倒相式音箱，其尺寸参看图 5-64。扬声器用 8Ω 、6.5 英寸的橡皮边扬声器，左右声道对称，质量要好才能保证音质。箱体各板角的结合，要用榫接，或用木螺钉紧固在一起，结合面要平整，灌满胶汁胶牢，防止漏气或松动。音箱位置可随聆听环境自行安排。左右声道扬声器音圈的相位应一致。高音扬声器可用小型 3W 扬声器，在低音扬声器电路串联一只无极性电容器，容量 $4.7\mu F$ 即可。也可用两只 $10\mu F$ 的电解电容器同极性串联作为一个电容器使用。电路如图 5-65 所示。

25. 自己组装全集成高保真恒流源功率放大器

电子爱好者制作一台高保真功放，过去用晶体管电路，一台机器要用上几十个管子，由于晶体管参数的离散性较大，在业余条件下要装好一台真正达到高保真水准的功放并非易事。如果用仪器检测调试又十分烦琐。近年来随着电声技术的发展，各类高保真音响 IC 相继出现，只要严格地挑选优良 IC，科学地将它们组合起来，制作就容易获得成功。

这里介绍一种性能优良的音向 IC 功放，它是具有四种立体声信号输入的恒流源功放。读者只要选择正宗的高质量元器件，制作能一次获得成功，不用烦琐的调试，各类音频指标都

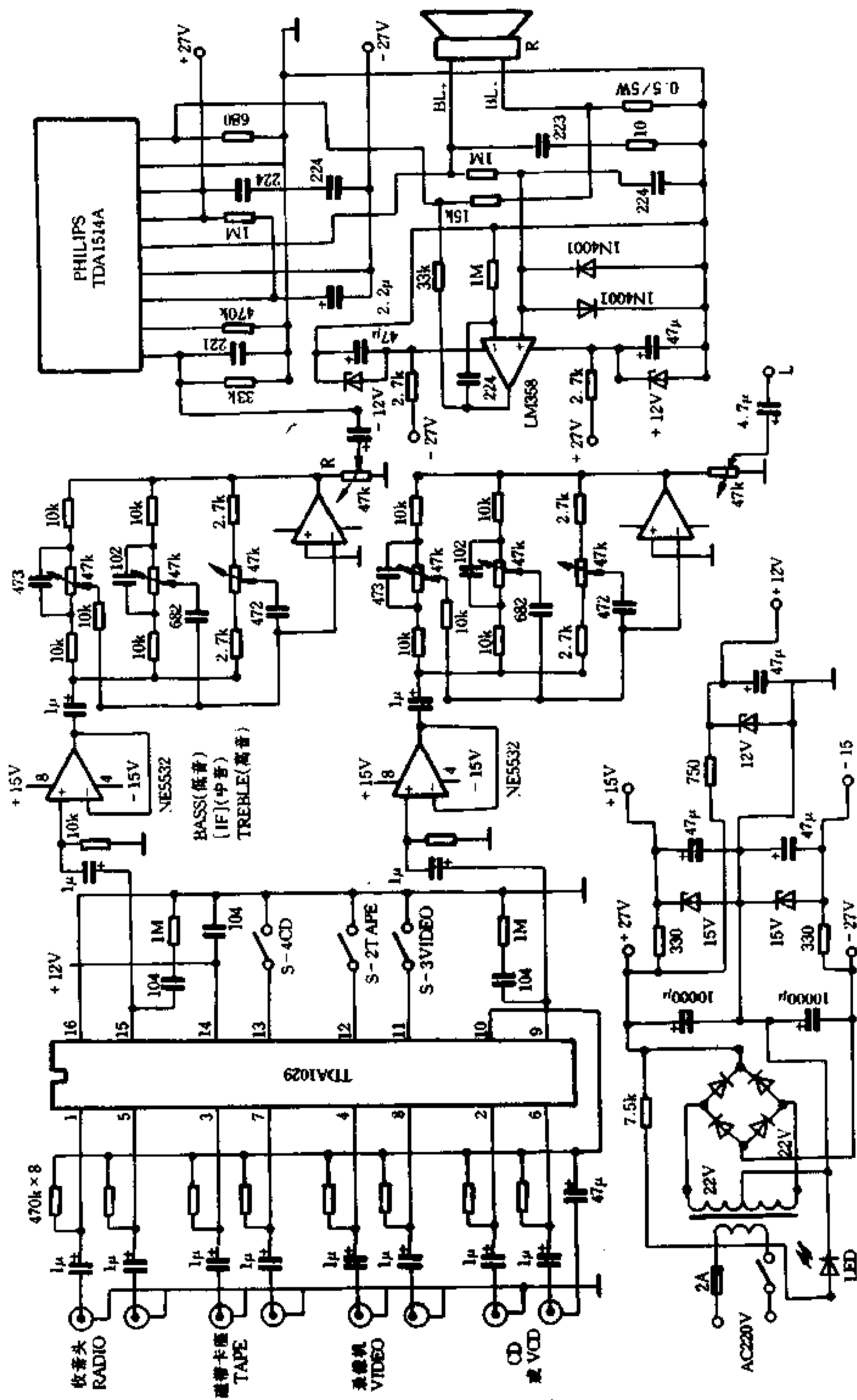


图 5-66

由 IC 作保证。缺点是成本略高。

本机具有失真小、频响宽、瞬态响应快、灵敏度高、动态范围大等优点。适用于 $20\text{m}^2 \sim 25\text{m}^2$ 房间使用，如果再用上 SRS5250S 音效处理器，即可获得强烈震撼的声场，并具有极佳的层次感和清晰度。

【电路原理】

如图 5-66 所示。电路前部是输入切换电路，这里使用一块由飞利浦公司专为高级音响设计的回路音频输入切换 IC TDA1029。它可适应 VCD、调谐器、磁带卡座、高保真录像机等音源的切换。切换时没有任何噪音，高保真度高。它的总谐波失真仅为 0.005% ，信噪比 $S/N = 120\text{dB}$ ，最大允许输入电压值 $V_m = 6\text{V}$ ，电压增益 $G_v = 1\text{dB}$ ，串音指标为 70dB ，工作电压范围为 $6 \sim 25\text{V}$ 、典型值为 12V 。本机采用 12V 稳压供电，输入电路设 8 个接口，可输入 4 种立体声信号。电路的中部是由 2 块 NE5532 组成的典型的三段均衡器，性能优良。

电路的末级采用两块飞利浦公司专为数字音响设备设计的高保真功放模块 TDA1514A（电路中只给出一个声道），接成直流伺服恒流源形式。使功放具有丰富厚实、清晰明快的音色，很有电子管功放的韵味。两块 TDA1514A 用一块专业型翼形铝合金散热器。输出功率 $P_{om} = 50\text{W} \times 2$ ，总谐波失真小于 0.08% ，转换速率 $15\text{V}/\mu\text{s}$ 、信噪比 85dB ，纹波抑制 75dB 。电源可采用高导磁率的硅钢片铁芯环形变压器，双电源供电，全波整流，2 个 $10000\mu\text{F}$ 电容滤波。NE5532 和 TDA1029 都用稳压源供电。

【元器件选择与安装】

机箱尺寸为 $W430 \times D250 \times H80\text{mm}$ ，用 1.2mm 冷轧钢板压制，整机全部用黑色亚光喷塑、丝网印字，前后板自左至右的安排分别是电源开关（开关上有 LED 指示）、高、中、低三段均衡钮、总音量钮和四选一切换钮。后面板自左至右可安排为 4 路输入、8 个接口、L、R 输出 4 个接线柱。最右边为电源进线和保险管座。旋钮用高级铝合金黑色高光钮，整机典雅庄重、明快。

配用的音箱一定要注意选用额定功率大于 60W 的，使用质量好的扬声器和 LC 分频器。如果购买成品音箱请读者注意整体质量。也可购买扬声器和 LC 分频器，自制一对箱体，这样可节省费用。

26. 适合自制的集成电路功放

对音响爱好者来说，如能亲手自制一台质优价廉的功放，的确是一件很得意的事。下面就向大家介绍一种经实际制作验证，适合音响爱好者自制的集成电路功放。该功放具有音质好、制作容易和免调试等特点，完全能满足一般家庭放音的要求。

现在流行一些采用分立元件组装的功放，本文认为，这种功放存在制作调试复杂，元器件配对烦琐，不适合业余爱好者制作。而采用集成电路制作功放可完全克服上述弊端。

【电路原理】

图 5-66 是该功放电路原理图。它由功率放大器、电源和开关机保护三部分构成。

功放部分采用四块 LM1875 组成。每个声道用两块 LM1875 组成 BTL 放大器，输出功率不小于 $2 \times 70\text{W}$ ，足以满足家庭放音的要求，电路采用美国国家半导体公司推荐的 BTL 标准电路。现在有文章建议在 LM1875 功放中使用伺服直流技术，本文认为性能提高有限，并大大增加了电路的复杂性，不太适合爱好者自制，故在这台功放中未采用。只是在功放输入端

增加一只 200pF 电容，构成一低通滤波器，去掉混入音频信号中的一些超音频信号。此举能降低功放在大音量时的瞬态互调失真，使声音更好听。

电源部分采用传统变压器降压，二极管整流形式，要求变压器容量不低于 200W，否则会影响放音力度，有条件时容量尽量大一些为好。在滤波电路上采用了电感电容组合滤波，即 L (半 π) 型滤波器，这种滤波器多用在专业仪表中，比单纯由电容滤波有更好的性能，须注意滤波后直流输出电压约为交流输入电压的 0.98 倍。电感 L 需自制，方法是用 10W 左右电源变压器铁芯，在其上用 $\phi 1.2\text{mm}$ 左右漆包线绕满即可，制作好的电感最好进行浸漆处理，以减小噪音。

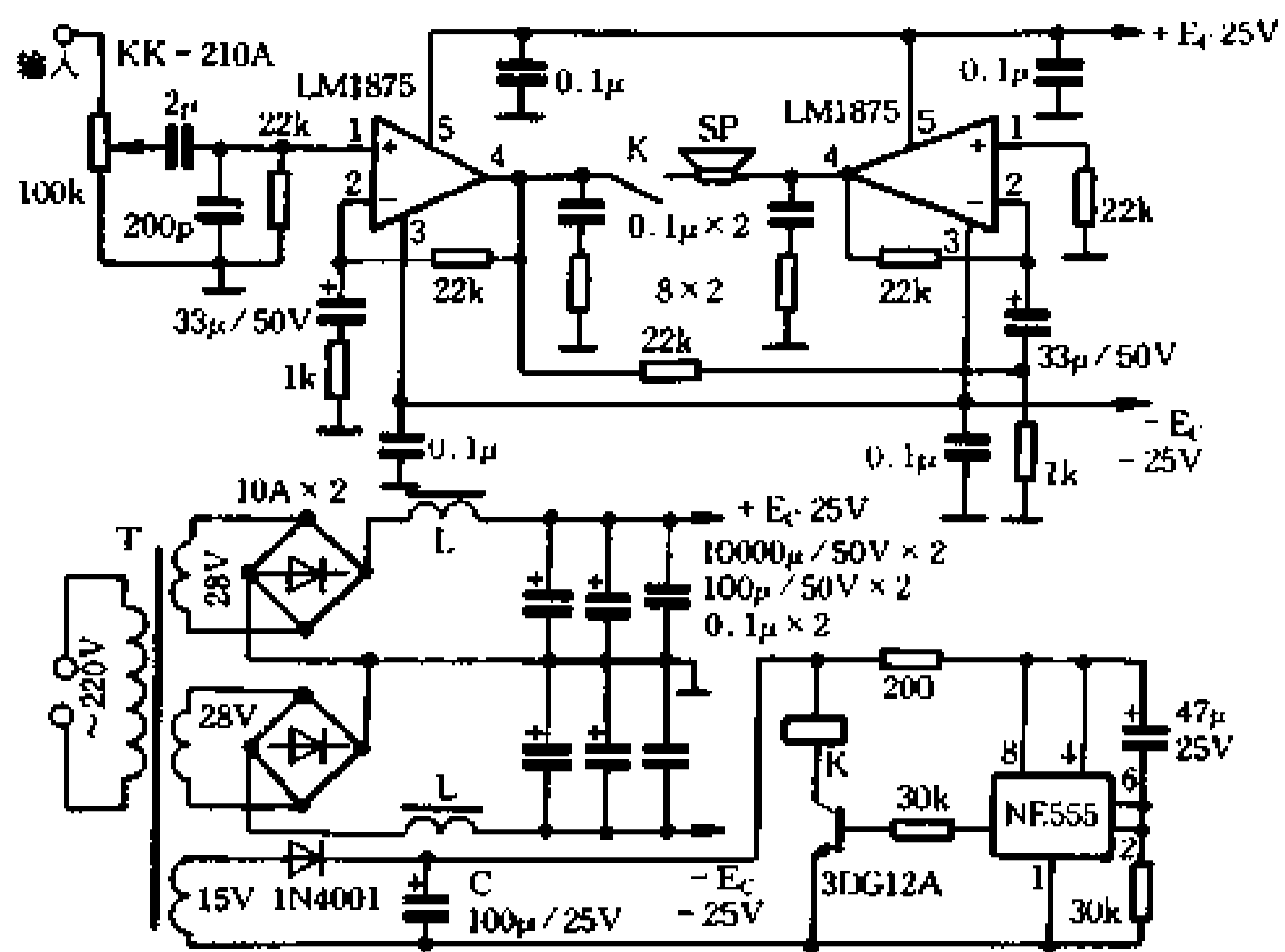


图 5-67

【元器件选择与安装】

在功放集成电路选择上，本文选用了美国国家半导体公司的 LM1875，这是目前各种同类功放集成电路中的优秀品种之一，其输出功率大，漂移电压小，内部保护功能较好，价格也较低。更重要的是 LM1875 音色温柔细腻，与 VCD 影碟机搭配使用，可部分弥补 VCD 影碟机的冷硬感，令声音清晰自然。本功放在开机时，因电路处于不稳定状态，有较响的开机噪声冲击扬声器，为克服这个现象，须加装一开机保护电路。为提高可靠性本电路使用了 555 时基电路。开机时，555 时基电路延时 5 秒~10 秒后输出信号控制继电器 K 接通扬声器。关机时，因保护电路滤波电容 C 远小于功放滤波电容，电压下降速度快于功放，在关机响声出现前继电器就首先失电断开扬声器，较好的解决了开机噪声对扬声器的冲击问题。

【注意事项】

(1) 制作时需要 LM1875 的电源脚，即③脚和⑤脚处各接一只 0.1 μF 电容(对地)，否则有可能会出现自激现象。LM1875 的金属外壳与负电源③脚相通，因本机采用正负电源供电，故 LM1875 加装散热器时需垫上云母片绝缘，即保护 LM1875 的金属外壳不与地相连通，否则会损坏 LM1875。也可将整个散热器与地隔离。

(2) 功放散热器要足够大，自身产生的热量也较多，选用散热器时要以长时间连续工作不烫手为原则，本文选用的是专业散热器，重量足有 1kg，长时间工作时温度不超过 70 $^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 元器件选择，目前市场上已出现有假冒 LM1875 出售，为避免上当受骗，建议到美国国家半导体公司指定厂家去购买，价钱也不贵。电位器往往影响整台功放的性能，为此须选用质量上乘之精品，切不可凑合使用。本文使用的广东风鸣祥电子厂生产的 KK-210A 步进电位器，使用证明物超所值，每只价格含邮费不过 48 元。

这台功放已使用近两年，未出过任何故障。

27. 自制高保真发烧 Hi-Fi 功放

Hi-Fi 是英文 High-Fidelity 的缩写，即高保真的意思，是指逼真地还原音源信息，即原汁

原味。本文向读者介绍一款高保真发烧 Hi-Fi 功放组合，全部制作成本仅需几百元，制作调试极容易，非常适合广大工薪阶层的音乐爱好者制作。该组合音质极其纯真通透、纤细和清晰，有兴趣的朋友可自制一套与市面千元以上的机子比试一下！

【电路原理】

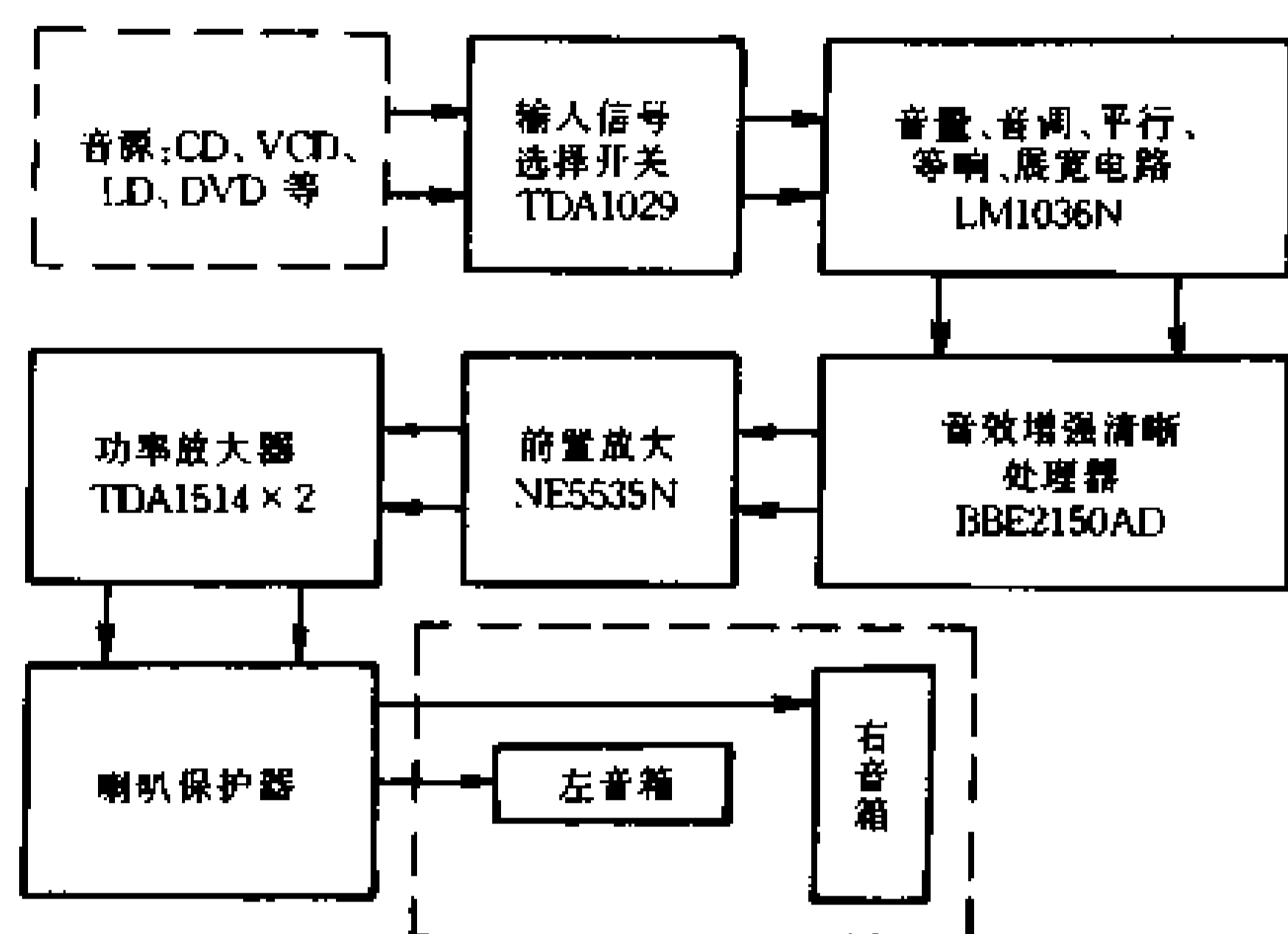


图 5-68

该 Hi-Fi 组合原理图如图 5-68 所示。音源 (CD、VCD、LD、DVD 等) 由该 Hi-Fi 组合的信号选择开关 TDA1029 进入音量、音调、平衡、等响、展宽电路 LM1036N。为使音乐信号表现力更自然，更逼真，更接近于原汁原味，由 LM1036N 输出的音乐信号输入 BBE2150AD，音效增强清晰处理器进行智能化地还原出逼真的原音信号，经 BBE 输出的信号由高速低噪音双运放“皇上皇”NE5535N (美国 Signetics 公司生产，比 NE5532N 还好。发烧友也称之为美国大 S 集成) 将信号放大推动功率放大级 TDA1514A × 2，功率放大后的信号由左右音箱进行音乐的 Hi-Fi 重放。

如图 5-69 是信号输入切换开关 TDA1029 的典型应用电路。TDA1029 是飞利浦公司推出的一片用于音频领域的立体声、四路高保真音源切换集成精品，可作组装或更换功放机信号选择开关用。

本 Hi-Fi 组合的音量、音调、平衡控制电路采用美国国家半导体公司 (NS) 的高品质音调电路 LM1036N。LM1036N 是采用直流电平控制音调 (高、低音)、音量、平衡的双声道集成电路。采用直流电平控制的优点是高低音调节量互不影响。音量电位器采用国产普通品也无噪音，控制非常平滑。LM1036N 具有频响补偿、宽范围单电源 (9~18V，典型值 12V)、信噪比高 (输入 0.3ms、90dB) 等特点，是发烧级集成电路。LM1036N 音调控制范围 > 15dB，音量控制范围 > 80dB，失真小于 0.03%。图 5-70 为 LM1036N 的典型应用电路。NE5532N 为美国 Signet-

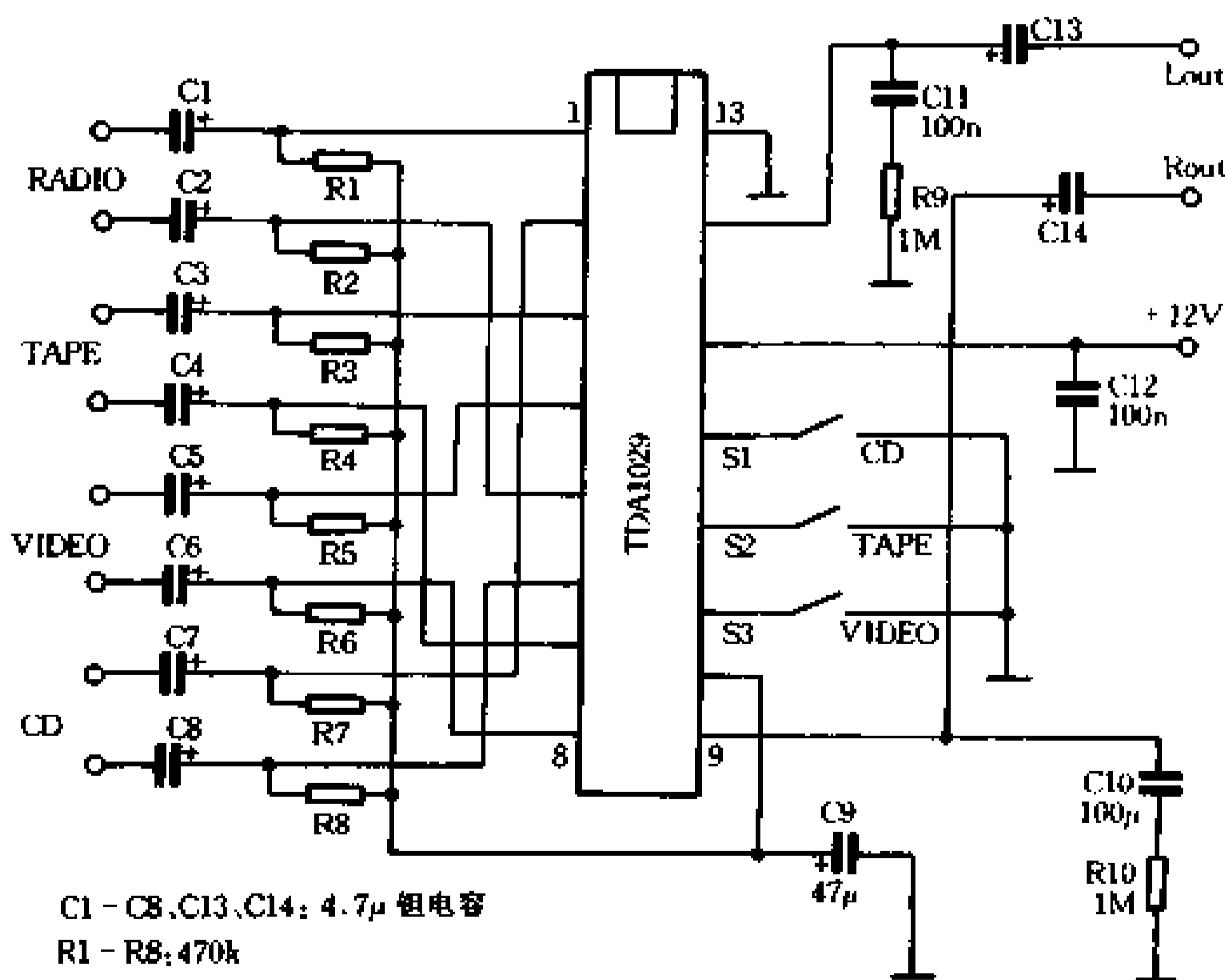


图 5-69

ics 公司产品，在电路中的作用是将信号进行一级放大并有展宽作用 (T、NEH 点短接时起展宽作用，该功能对卡座效果好)，以适用于不同音源的需要。对于已拥有功放机的音乐爱好者，也可以将原功放的音量、音调平衡电路，用图 5-70 的电路取代，令功放机音质得以改善。

Hi-Fi 的意思为逼真地还原音源信息，即原汁原味。本文介绍的 Hi-Fi 组合除了全部采用

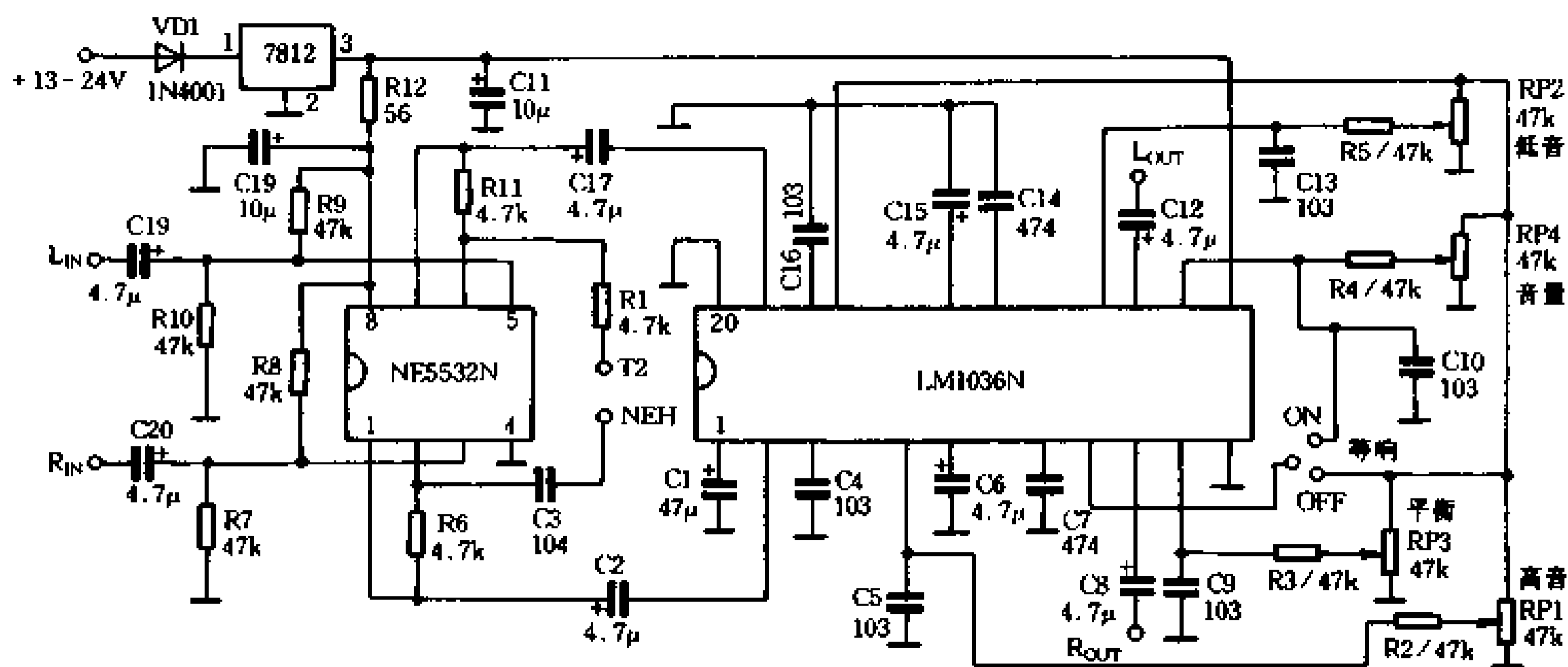


图 5-70

Hi-Fi 级发烧器件外，能真正做到 Hi-Fi 的功臣非 BBE 技术莫属了！BBE 是美国 BBE Sound Inc 公司推出的用于大幅度改善听音质量的一种音效增强清晰技术，该技术通过扬声器和耳机的一固有缺陷来恢复声音的清晰度，赋予音乐信号更自然、逼真的还原能力，使音乐表现力更接近于原汁原味。BBE 技术应用领域包括广播音响、专业音响、发烧音响、民用音响（CD、VCD、LD、DVD、电视等），BBE 可加装于任何功放机、电视机中，令其音质升级。有关 BBE 技术在很多电子刊物均已介绍，在此不再详述了。现再介绍一种各项指标、性能均很好的 BBE2150AD 的 BBE 电路，如图 5-71 所示，BBE2150AD 是日本 JRC 公司的产品，工作电压 4.5~13V，典型值 9V，工作电流 8mA(9V 时)，具有直通和 BBE 功能。BBE 的处理程度有两挡程度选择。图 5-71 为其应用电路，该电路采用了电源反接保护及三端稳压，因而加装于各种功放机、电视机时，可取原机中的电源，无需另备电源，加装非常方便。

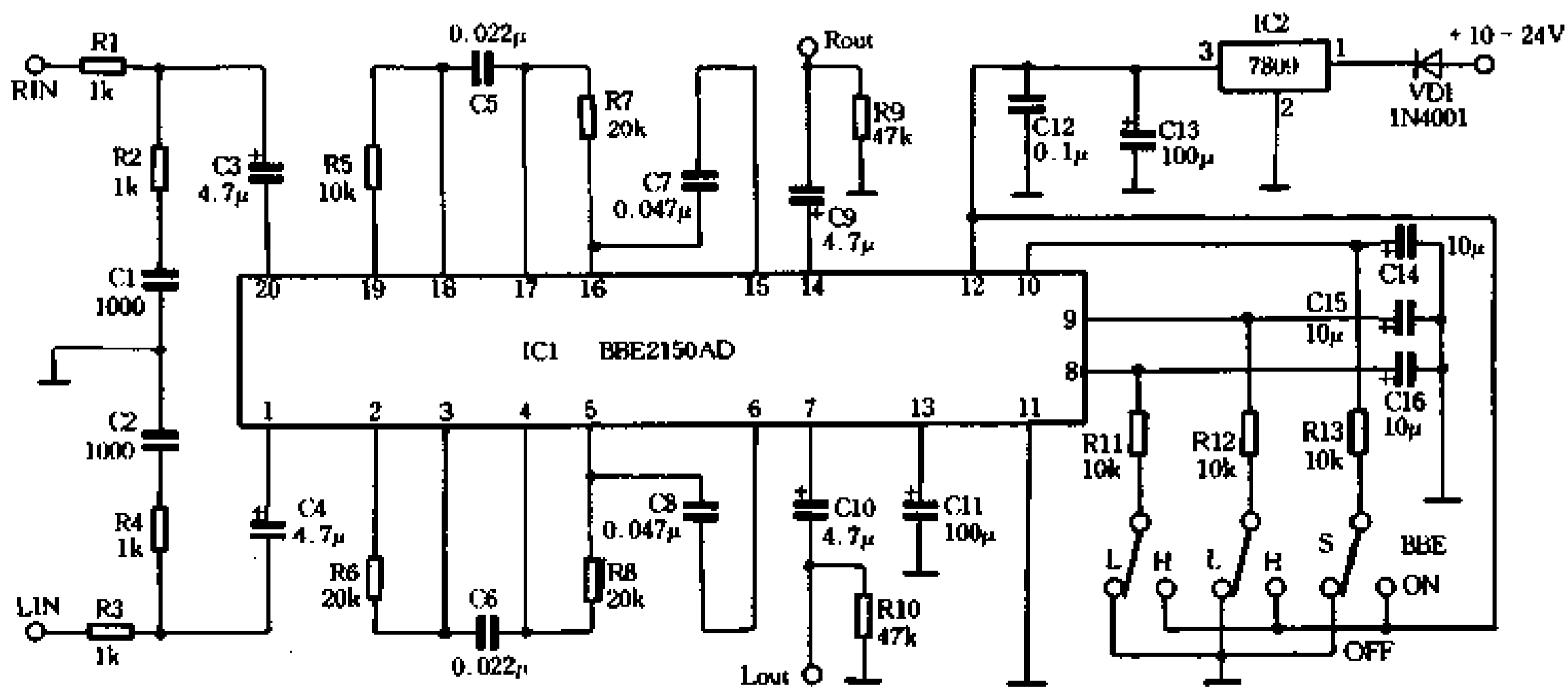


图 5-71

担任本 Hi-Fi 组合的信号放大推动功放采用的是 NE5535N，它比高速运放之皇 NE5532N 还好，具有高的开环频响、高的单位增益带宽，转换速率比 NE5532N 还要高，被发烧友称之为高速低噪双运放“皇上皇”。NE5535N 可直接代换 4558、4560、LM833 及 NE5532N 等，代换后音质将有显著改变，音质纯真通透，更加清澈。NE5535N 的应用电路与 NE5532N 效果一样。

众所周知，很多功放机都有 $100\text{W} \times 2$ 左右的功率，但应用于家庭中通常其音量只开 $1/5 \sim 1/4$ 左右，也就是只开 $10 \sim 30\text{W}$ 左右的功率，开大耳朵就要受罪了，扬声器也受不了并会使声音失真，因此一般几十平方米的家庭有“黄金功率” 30W 左右的音响器材最为合适。本文介绍两块飞利浦公司专为数字音响而设计的功放电路 TDA1514A 作为本 Hi-Fi 组合的双声道功放电路，如图 5-72 所示，另一声道与该图一样。TDA1514A 的输出功率大 $P_{\text{out}} = 50\text{W}$ ($V_p = \pm 27.5\text{V}$)，转换速率高，达 $15\text{V}/\mu\text{s}$ ，信噪比优良，达 85dB ，纹波抑制 75dB ，THD 为 0.08% ，TDA1514A 的工作电压 $\pm 9 \sim \pm 30\text{V}$ ；TDA1514A 电路设有等待、静噪状态，具有过热保护、短路保护、功率管安全、工作区保护以及静电放电保护；低失调电压，高纹波抑制，而且热阻极低。应用电路如图 5-72 电路的特点：采用恒流负反馈式以及具有直流伺服系统（直流伺服电路主要是用来精确修正 TDA1514A 电路在取消负反馈的对地隔直电容后，输出直流电位的漂移）；用线性元件电阻 $R_A (0.5\Omega/2\text{W})$ 把流过扬声器音圈的电流取样反馈给功放输入端，使放大器以固定电流方式驱动负载，扬声器受电流控制振荡而发声；当重放频率到了低频及谐振峰附近时，恒流式电路增强了低音的力度和高音的解析力，使整个系统的重放音色听起来丰满厚实又清晰明快，很有电子管功放的韵味。

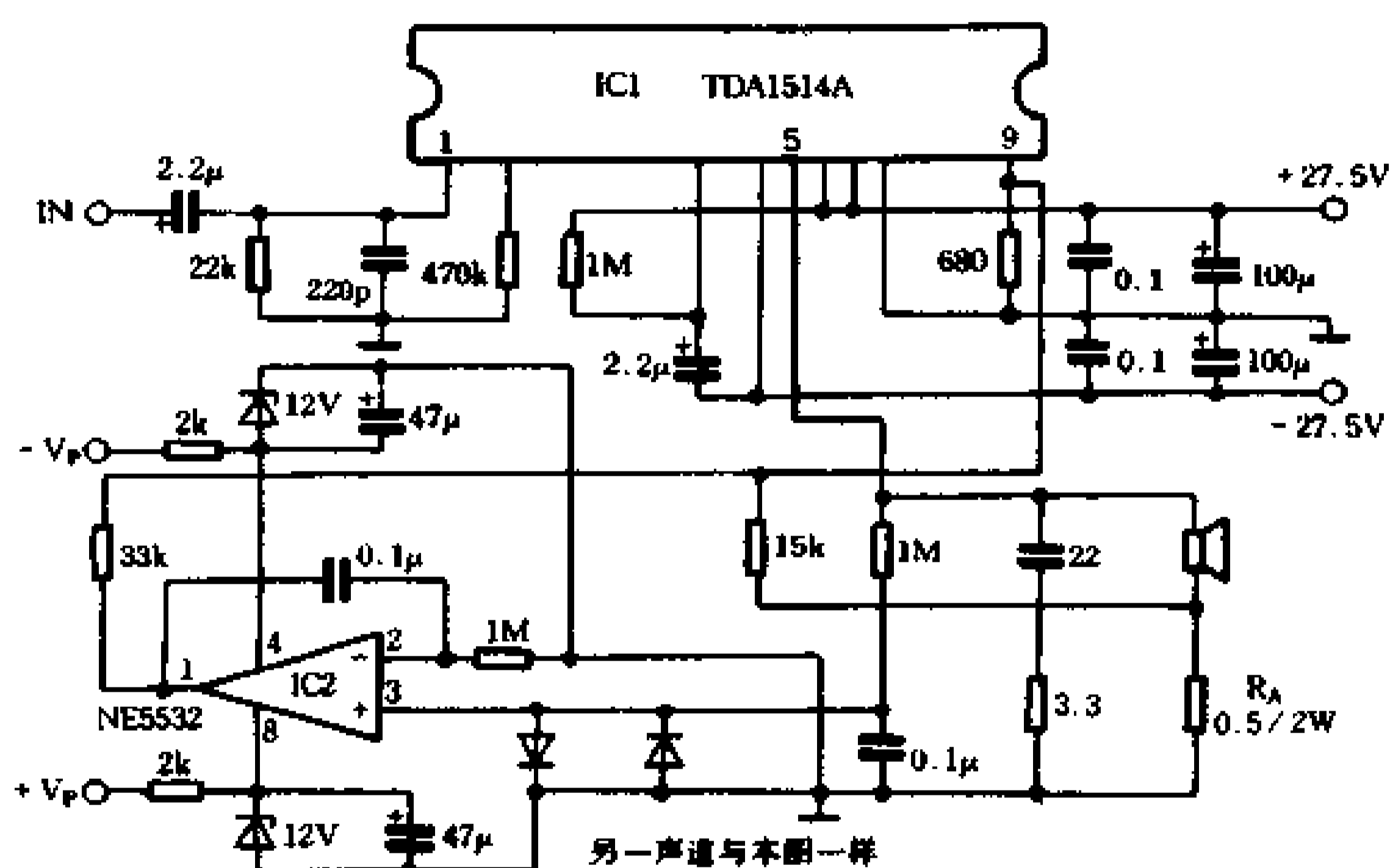


图 5-72

采用集成功放大批量的一致性有充分保证，最大的特点是立体声平衡度好，在可靠性及性价比方面均远优于分立元件功放。

【元件选择与安装】

为确保本 Hi-Fi 组合能做到 Hi-Fi 级，各电路中的无极电容均要采用进口 CBB 金属化无感电容，耦合电容用钽电容，所有电阻均采用 5 色环精密 ($\pm 1\%$) 金属膜电阻，集成电路一定要用正品，不能用廉价的水货。

为了能有效地提高整机的瞬态特性和高频特性，前后级电源要分别供电。实践证明前置级电路电源特性对整机的重放特性有重要影响，因此 TDA1029、LM1036N、BBE2150AD、NE5535N 均使用有源伺服电源电路的特点是其输出电压稳定，噪音极低，能保证前级的高频特性及瞬态特征，如图 5-73 是该有源伺服电路。

功放级电源相信广大发烧友都非常熟悉，所以在此不给出电路图。建议制作时整流二极管用 6A 的大电流二极管如 6A07 等。滤波电容应使用 $6800\mu\text{F} \sim 10000\mu\text{F}/50\text{V}$ 的南韩 SA NWHA 金色印字电容，金色印字是发烧级专用电容，日本黑金刚、红宝石也是非常好的发烧

电容。该电源板最好加上 3A~5A 的保险管，以确保安全。前后级供电可用一只 200W~300W 双 18V+双+12V 的环形变压器，双 18V 是功放级电源，经整流滤波获得约 ±25.5V 直流电压，采用双 18V 的电压只要市电不超过 260V，整流滤波后的电压就不会超过 TDA1514A 的最高工作电压 ±30V。该变压器的双 12V 可供有源伺服电源电路进行整流滤波等供电给前级电路用。

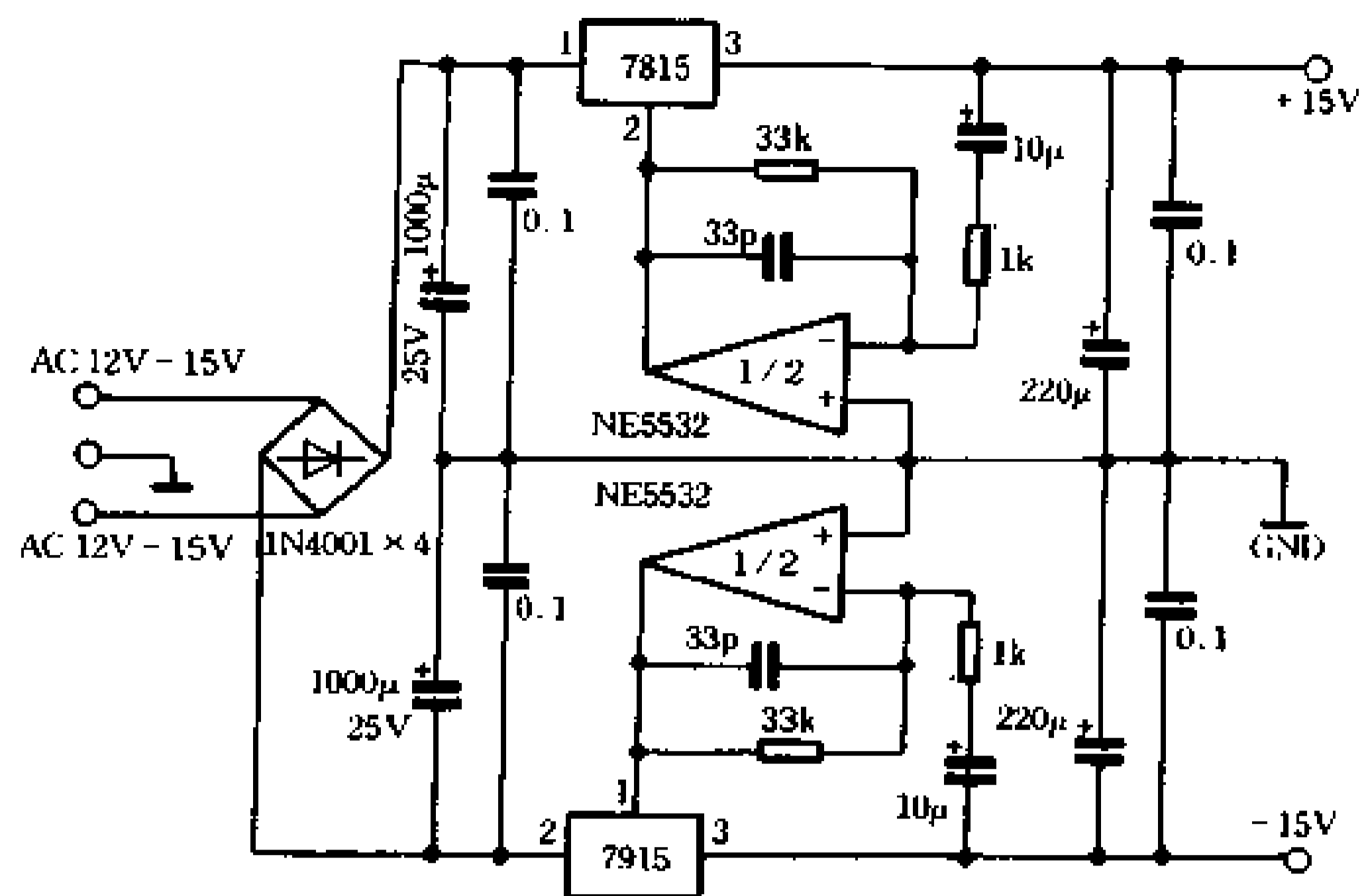


图 5-73

功放机箱目前市面上有出售，具体视不同机箱有不同的方案，全部电

路按图 5-68 组合原理图中的顺序逐一连接即可。但必须注意信号线要用优质屏蔽，电源线要粗而短，并且注意一点接地的方法，这样可防止产生噪声。TDA1514A 的输出端与扬声器接口中加上用专业银触点继电器，作扬声器的保护器，以确保扬声器的安全。

实际组装中若只有一台唱机的话，TDA1029 可以省略，有录音卡座可在卡座中安装上 LM1894N×2 动态降噪板。本 Hi-Fi 若需增加卡拉 OK 功能，可加进 CXA1642P 或 M65839SP 等，若要实现一对音箱产生三维空间加一块 3D 音场处理器，若要将本 Hi-Fi 组合组成多声道功放，可相应增加前置放大器及功放（如 TDA1521、LM1875 等）。

只要正确组装检查无误后即可试听。试听感觉是该 Hi-Fi 组合音质极其纯真通透，听起来音质温柔、细腻、亲切、甜美。总体上低音力度和弹性好，高音清晰纤细，营造出的音乐信号更自然、更逼真，是真正的 Hi-Fi 功放组合。

28. 价廉声靚的床头 Hi-Fi

这套系统由 CD 机、功放、音箱、电源、耳机组成。

CD 机采用米苏米美 97 年专为中国大陆推出的 4 速 CD-ROM，面板有加快及进出盒键，读盘能力强，家中 PHILIPS 731 CD 机无法正常放唱盘在这里能够顺利播放。它价格低廉，高音解析力不错，但力度不够，直接带耳机有推不动之感，但也是绝对超值的产物，相同价位的日立产品多为水货，且不能直接播放 CD。

自制的功放为 TL082 与 TDA1521，电路如图 5-74、图 5-75 所示。该机供电电压最好不要高于双 14V，但功率不能低于 20W，选用双 12V E 型变压器。电阻全部为 1/4W5 环金膜。电容用国产独石、涤纶。TDA1521 的输入采用了 SANYO 的 47µF/6.3V 的有机固体电容，560µF/35V 电解为 ELNA 的普通品，这里仅有的几支进口电容，事关音质，不容马虎，但价格较高。功放散热使用一只 486 散热风扇，基本上无干扰噪音。

音箱是用汽车上装扬声器的塑料壳固定两只南鲸 YD-110-8SXA 扬声器做的，其频响数据为 80~10000Hz，实听低频不深但反应快、准确，人声不错。其实乐器基音高于 8000Hz 不多。试放柴可夫斯基的《第一钢琴协奏曲》《1812》，感觉钢琴声大多数情况下表现较准确，铜管乐器能让你感觉到光辉灿烂，炮声下潜说不上，声压级不大，但很清晰。连线采用 1 元/米

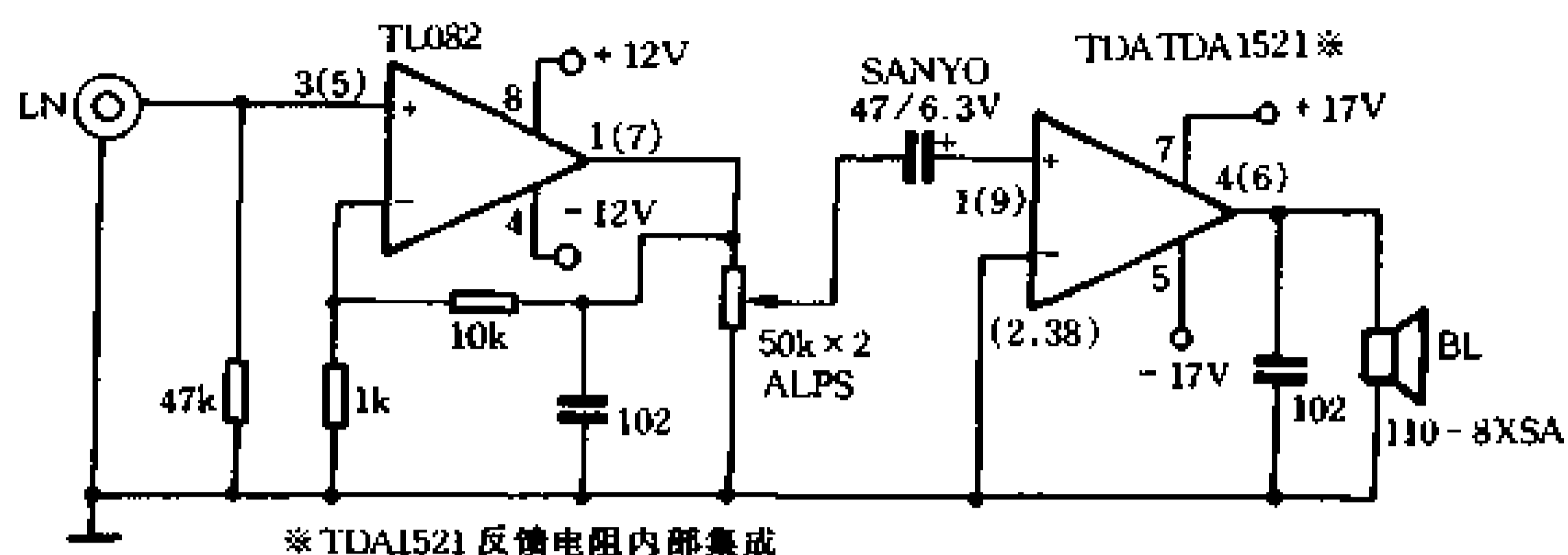


图 5-74

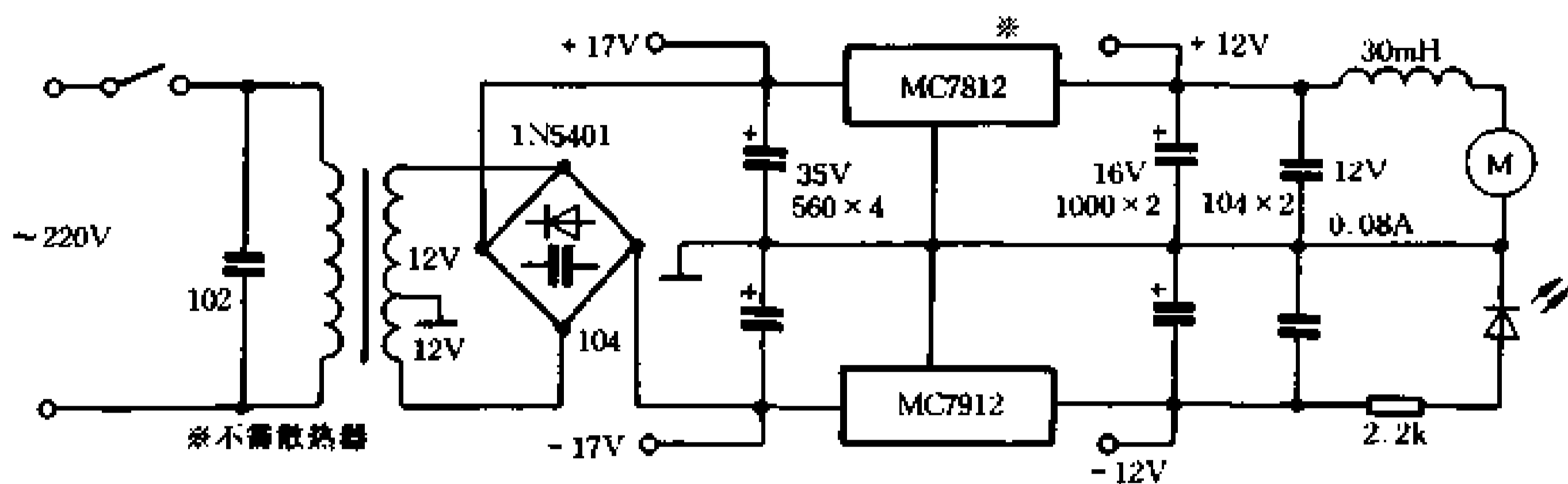
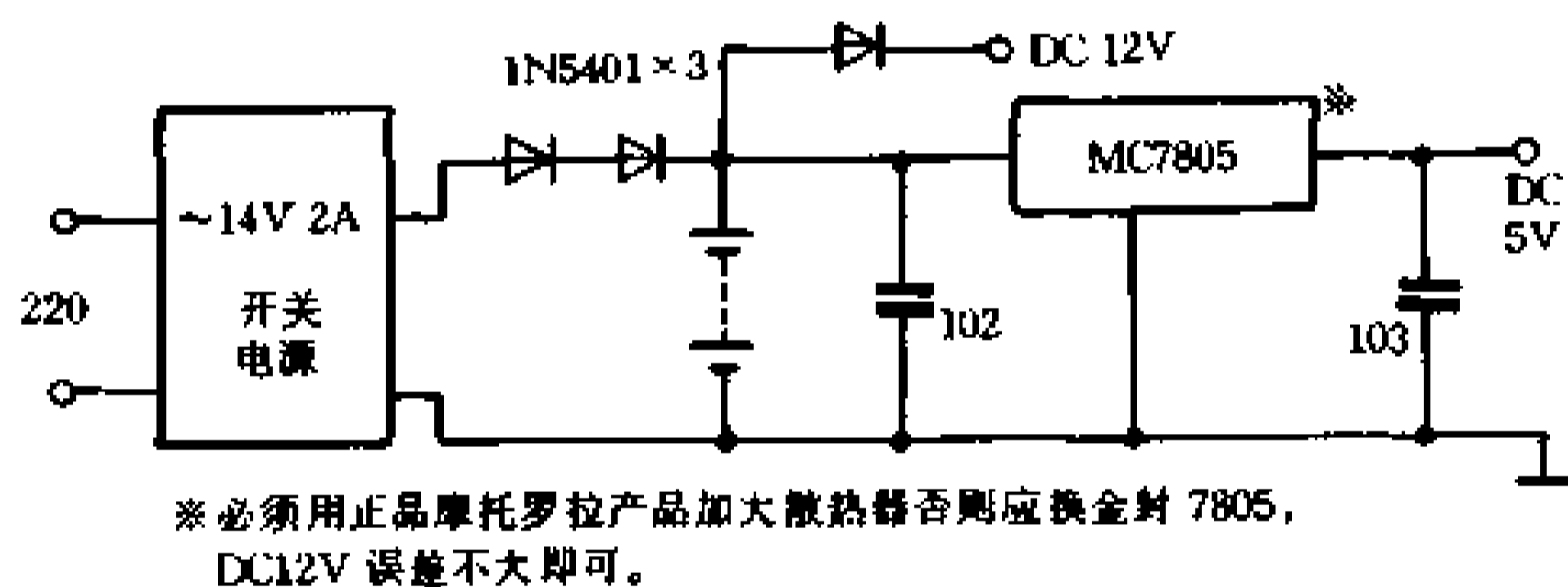


图 5-75



※必须用正品摩托罗拉产品加大散热器否则应换金封 7805, DC12V 误差不大即可。

图 5-76

的 30 股“金银”线。这款扬声器是 4 英寸中磁体最大的，与有的 6.5 英寸磁体差不多，且有屏蔽，可作中置或主声道中音。

电源采用“UPS”，一只 14V/2A 开关电源产生所有电压，停电（熄灯）时以蓄电池供电，电路如图 5-76 所示。该电池容量不可低于 4Ah，晚上还可带动一

只电风扇吹风，点一只小灯泡看书。

爱听耳机的同学可以自制一只耳机放大器，最好用两片 AD847 自制，耳机推荐 SONY 的 741 耳塞和 PHILIPS 的 SBC100 耳机，可根据经济实力参考。特点是性能平衡，性价比高。

29. 高品质立体声 Hi-Fi 组合放大器

为了满足初、中级发烧友的需要，下面介绍采用运放之皇 NE5532 和飞利浦功放名品 TDA1521、TDA1514 制作的一套 Hi-Fi 立体声单元，各单元既可单独工作，又可组合工作。它由磁头放大器、十倍线路放大和音调控制器、有源伺服电源、功放、音箱组成。

(1) 磁头放大器

下面各图均为双声道立体结构，只画出其中一声道。NE5532 之所以具有运放之皇的美誉，归功于其低噪声、高转换速率。考虑到不少初入音响圈的发烧友仍使用磁带作信号源，更重要的是磁带内容丰富、更新快、价格便宜，因此制作磁头放大器有一定的意义，采用 NE5532 制作的磁头放大器与普通收录机上(A3161、TA7668 磁头放大器相比较，即可发现 NE5532 的优异之处。单独代换普通的磁头放大器后，便可发现无信号时放大器一片宁静，当音响响起，仿

佛平静的池塘里投进一枚石子,对语言、音乐的清晰度有极大的改善;低音丰满厚实、高音纤细悦耳,有高级音响之效果,详细电路如图 5-77 所示,另外注意使用此磁头放大器时,最好能换用双轮廓、宽频响 DM62 磁头,效果将更加明显,它具有普通磁头所分辨不出的音乐细节。制作时注意磁头同放大器之间连线要有屏蔽线,并且尽量短,够用即可,制作好后的磁头放大器最好用一只铝盒屏蔽起来,以防干扰。如果自己制作线路板,要注意输入输出端信号线分开走。

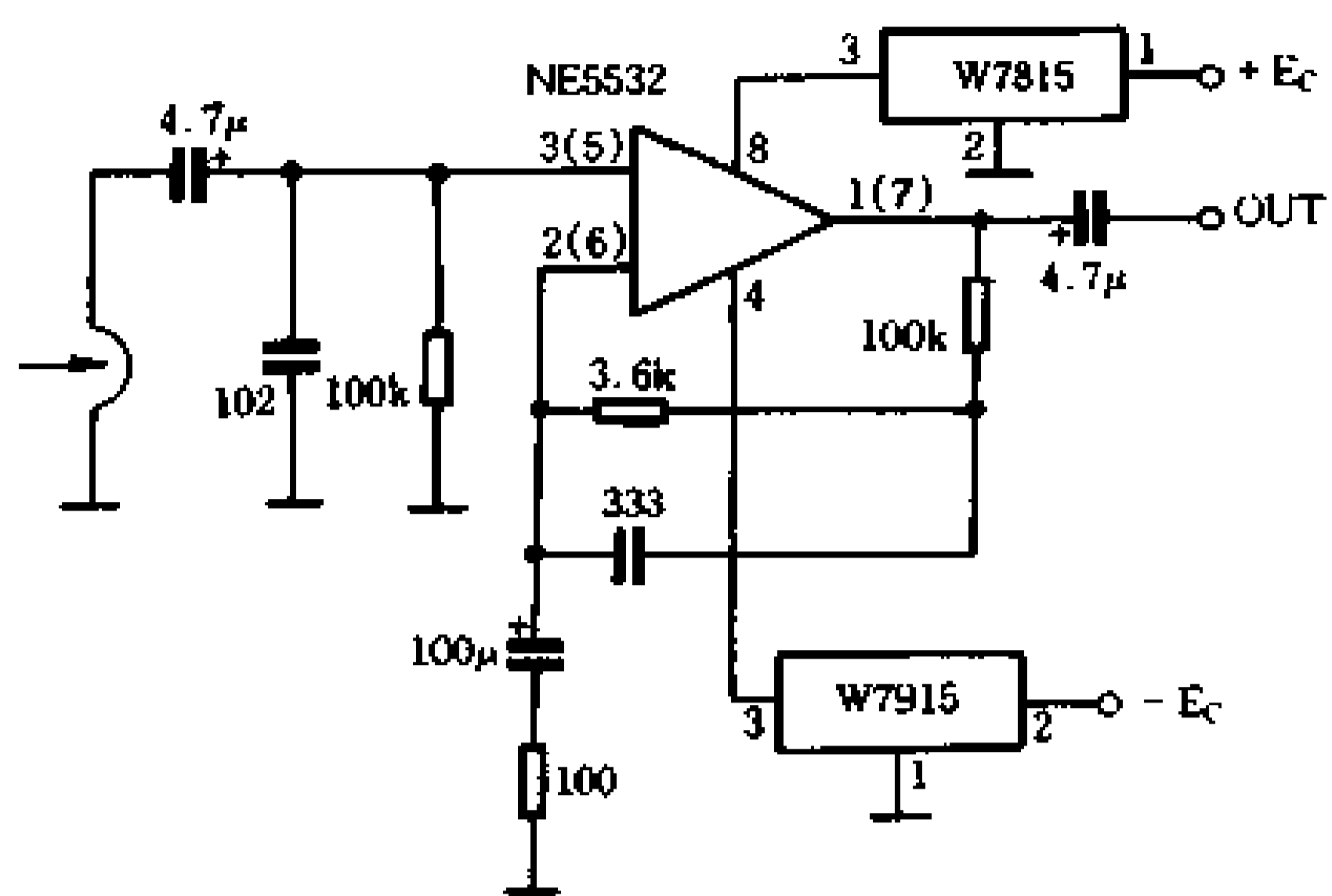


图 5-77

(2) 十倍电路放大器和音调控制器

这里中心元件仍选用运放之皇 NE5532,当 IC1 作十倍电路放大器,是为了补偿当音调控制器单独使用时增益不足, IC2 构成负反馈式音调控制器, RP1、RP2、RP3 分别作低、中、高音调节。其控制范围均不小于±12dB, RP4 为音量控制器,本音调控制器由于运放 NE5532 的使用,对低、高音的控制效果极佳,高音清晰细腻,低音浑厚有力,尤其是低音控制效果极佳,超过某些所谓的低音附加板。有意者不妨将此音调控制器同市售的多频段音调均衡器比较一下,看看哪个性价比高一些。考虑到此音调控制器的单独使用,运放 NE5532 的供电经稳压块 7815、7915 稳压供电,就不必用此稳压块了。电路如图 5-78 所示。

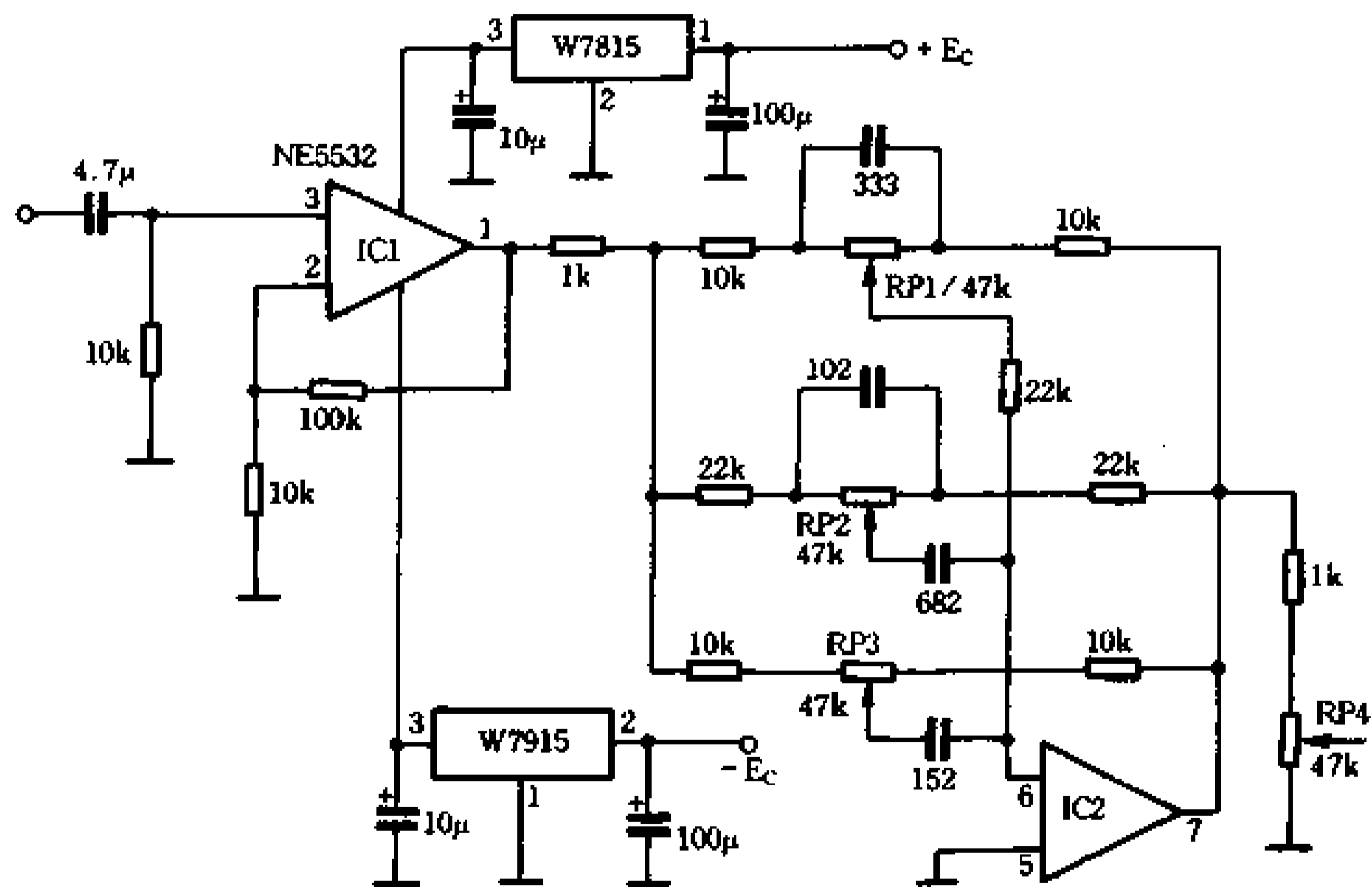


图 5-78

(3) 有源伺服电源

有源伺服电源,是松下公司研制的高性能电源,如图 5-79 所示。利用此有源伺服电源可以为激光唱机、双卡座的音频电路部分供电,有源伺服电源的性能极佳,效果比蓄电池还要好。实际工作时,可将稳压集成电路如 7815/7915 换以其它稳压值的稳压集成电路如 7809/7909, 7812/7912 等,为了便于使用环形变压器,故设计为双桥式整流电路,如果采用普通的

三抽头变压器，可以只用 VD1、VD2、VD3、VD4 四只二极管即可。环变可选用 25W 左右，利用此有源伺服电源可直接为前述的磁头放大器和音调控制器供电。

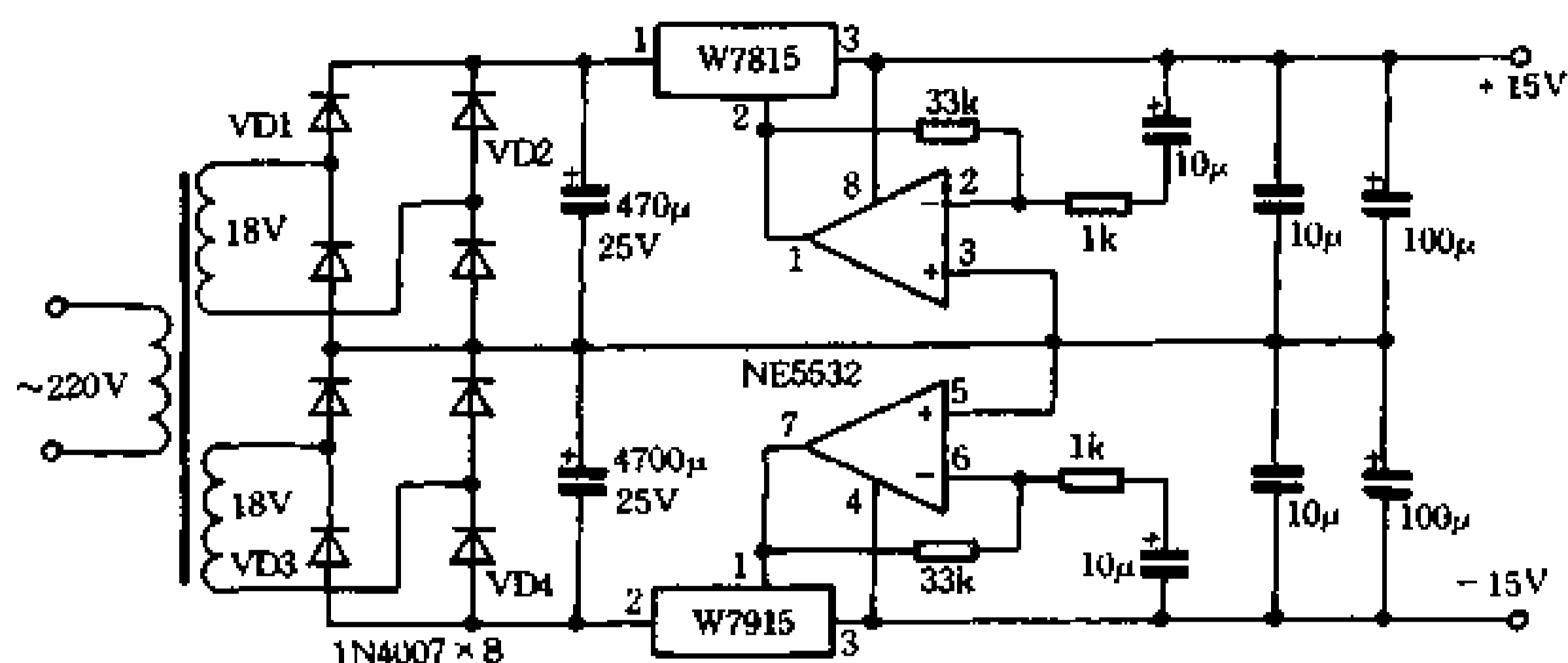


图 5-79

(4) 用 TDA1521 制作的功率放大器

TDA1521 是飞利浦的名品，额定输出功率为 $15W \times 2$ ，虽然输出功率不是很大，但足够家庭听音乐的需要。为了提高电源的使用率，在 TDA1521 之前加有约增益为 5 倍的正反相放大器。TDA1521 表现不错，声音很动听，音乐较流畅，缺点是声像的定位感略差一些。TDA1521 为双声道集成电路，工作时极限电压为 $\pm 20V$ ，常选用 $\pm 16V$ ，使用时变压器次级电压为双 12V，功率为 35W 左右即可。电路如图 5-80 所示。

(5) TDA1514A $\times 2$ 功放

为了得到更大的功率，有足够的功率储备，可以采用飞利浦公司专为数字音响推出的 50W 高性能单片功放 TDA1514A，它的低频力度极好，高音纤细，中音饱满，演奏大型交响

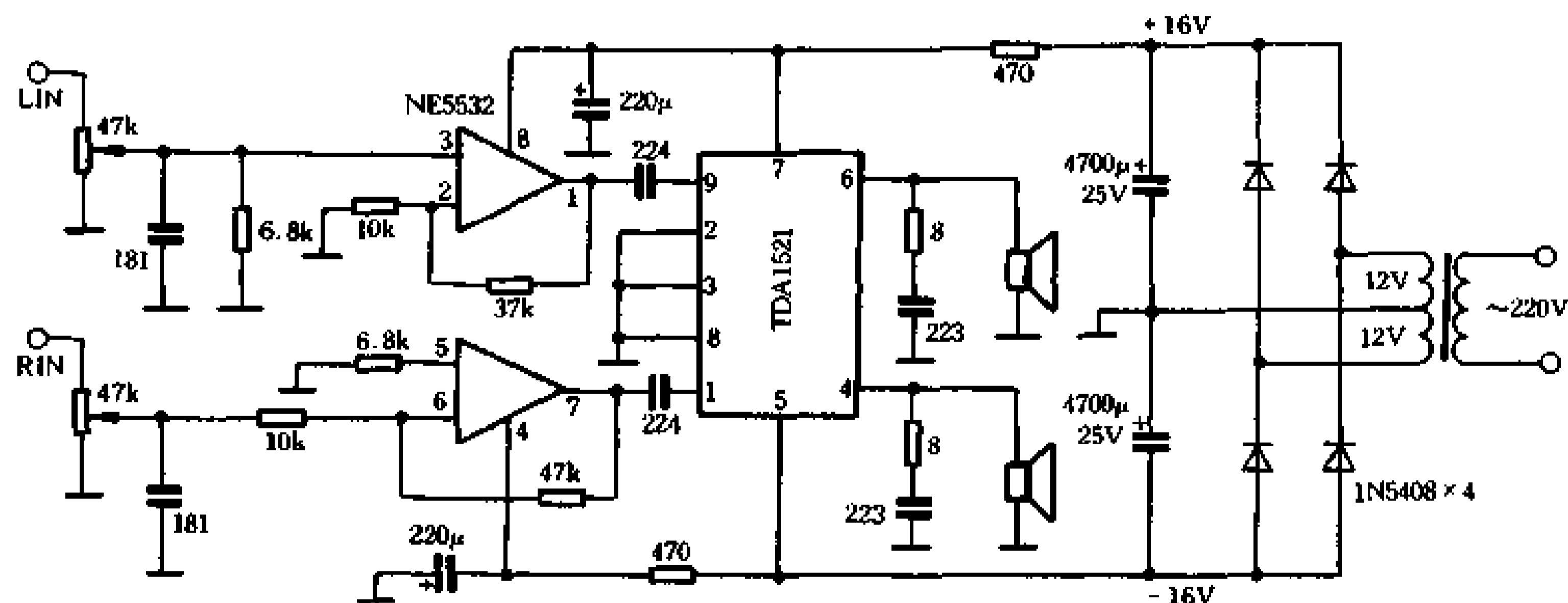


图 5-80

乐毫不费劲，对弦乐的表现很出色，定位极佳。试用后你将发现，TDA1514A 的确名不虚传，其表现对得起数十元成本，TDA1514A 在单声道，双声道使用时需两块。TDA1514A 的极限电压为 $\pm 30V$ ，常选用 $\pm 25V$ 工作，故自配变压器时注意，变压器的次级电压不要超过 $\pm 18V$ ，功率为 120W 左右。电路图如图 5-81 所示。

TDA1521、TDA1514A 制作时需加足够大的散热器，由于它们本身的散热片和负电源相通，故散热器和集成电路之间最好加云母片绝缘，并且集成电路固定在散热器上时，中间要加一层导热硅脂。此两款功放在输入级均加有音量控制器，这是为了满足功放的单独使用，便于同其它信号源配接，如 VCD、双卡座、随身听等，如果同前述的音调控制器并联用，只用

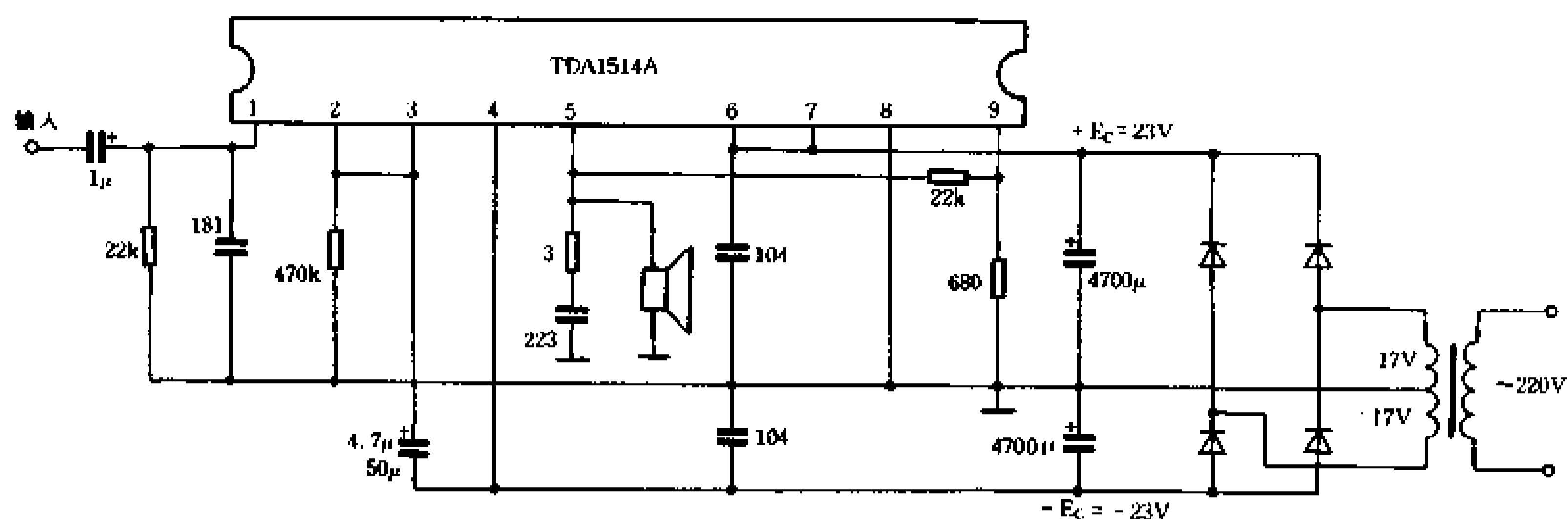


图 5-81

一级音调电位器即可。

电阻除注明外，均选 1/4W 五色环金属膜电阻，耦合电容选用钽电解电容，其它均选超小型金属化 CBB 电容，集成电路一定要选正品。

上述各电路并无奇特之处，均为经典应用，关键的是制作工艺，请制作者在以下几个方面加以注意：

- (1) 印制板设计合理；
- (2) 用料是否精良；
- (3) 集成电路是否为正品。
- (4) 音箱的制作。

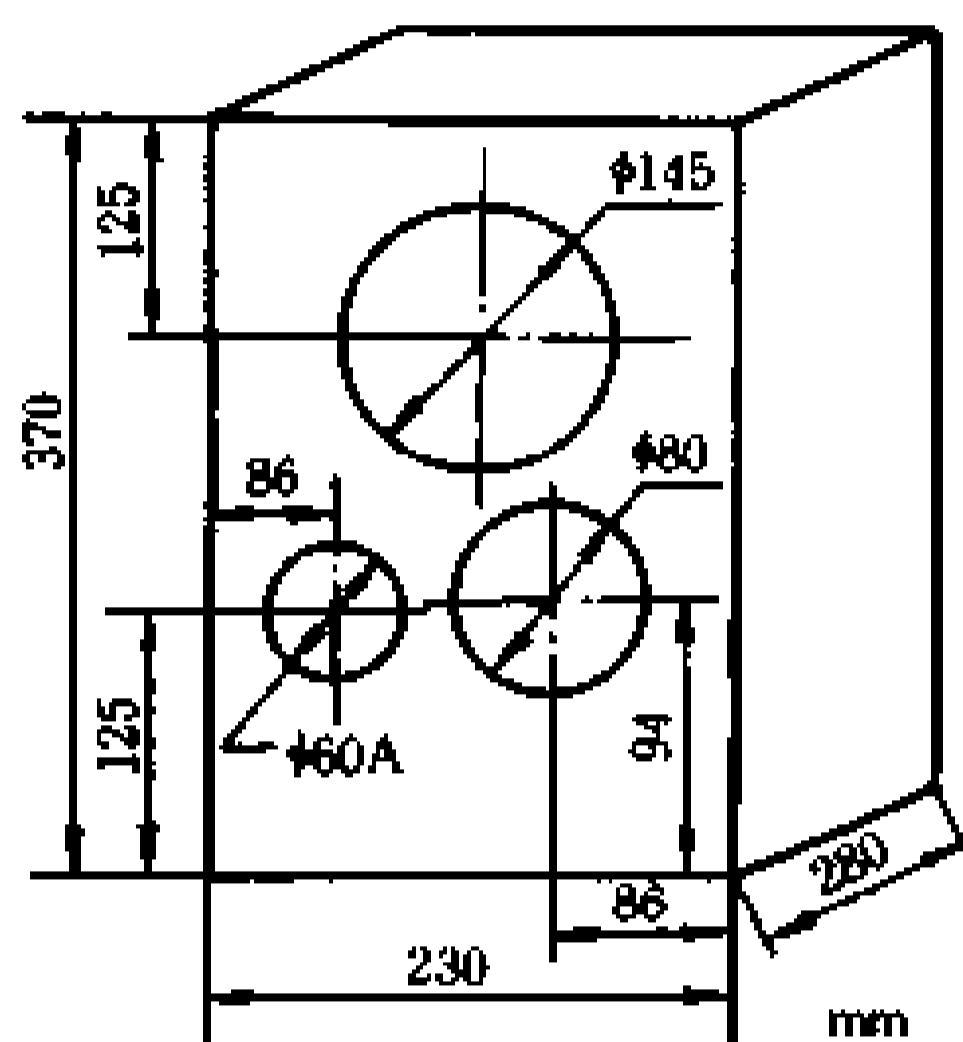


图 5-82

图 5-82 是为上述两功放设计配套的一对书架式音箱，为了便于日后升级，扬声器选用两

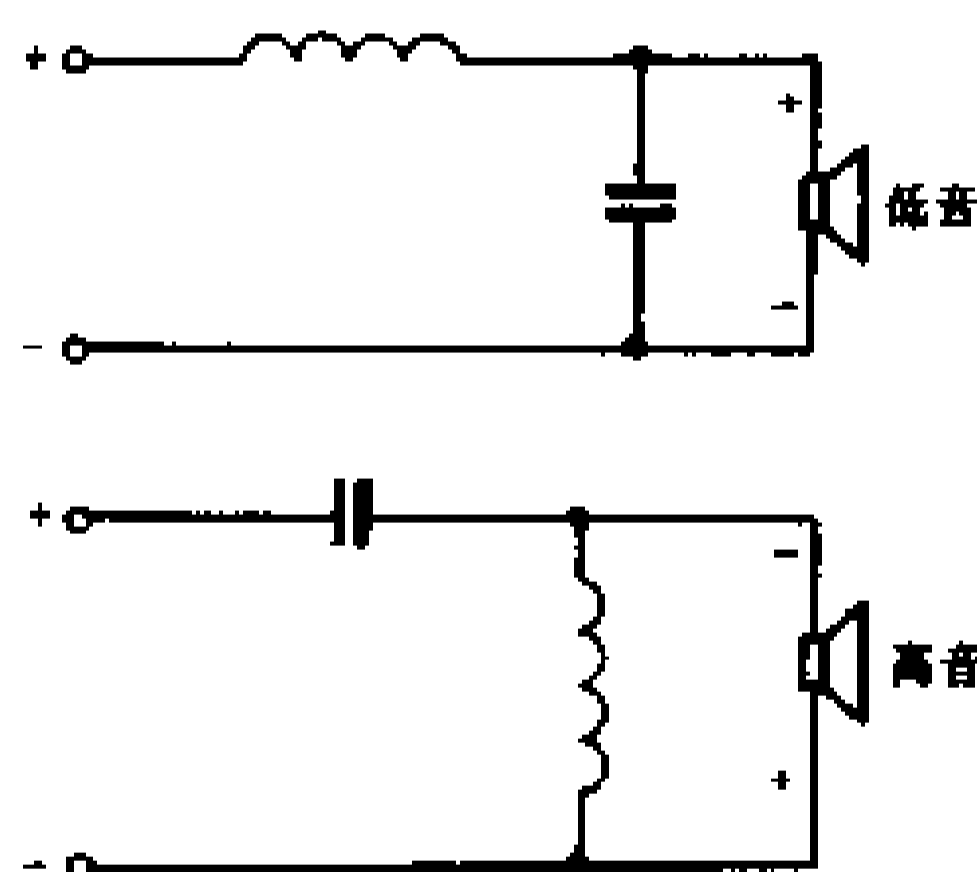


图 5-83

种不同型号的组合，为了克服声像的影响，面板上高低音安装采用非对称结构，并且低音在上，高音在下，扬声器之一选用“南鲸”牌，低音为 YD176-8X(8Ω、80W)，高音为 YDQG2.0-8F(8Ω、40W)，综合承受功率为 120W。如果经济允许，扬声器最好选用惠威喇叭，低音选用 SS6.5(5Ω、60W)，高音为 SSI(6Ω、80W)，这两种喇叭所用分频器电路如图 5-83 所示。高音喇叭同分频器要反相连接，分频器的分频点为 3.2kHz。音箱制作时板材要选用 20mm 厚的高密度纤维板，箱内要加支撑棒，表面进行 PVC 棕色木纹纸装饰(图 5-82 中 A 为倒相孔长，为 100mm)。

30. 自制 100W×2 Hi-Fi 功率放大器

众多的发烧友都喜欢使用三洋公司的 STK 系列功率放大器电路，如 STK4131、STK4191 等。但美中不足的是这些功放采用晶体管输出，其频响、失真及动态范围等指标都不高。这里向读者介绍一种性能优良的高保真功放音频混合集成电路 STK2100 I。

STK2100 I 为发烧级大功率功放集成电路。其输出使用了具有电子管特性的功率场效应管。输出功率为 100W×2，频响为 10Hz~20kHz，电路工作电压最低为 ±12V，最高为 ±50V，失真度为 0.01%。用它制作优质功放其外围电路十分简洁，失真小，频带及输出功率等参数都达到了优良指标。电路如图 5-84 所示，VD3 为扬声器桥式检拾电路，当功放电路正常时，

R、L 只有交流信号，没有直流电压，检拾电路不工作，VT1 截止，VT2、VT3 导通，K 吸合，功放输出接通扬声器。当电路出现故障时，VT1 导通，VT2、VT3 截止，K 释放，扬声器得到了有效的保护。

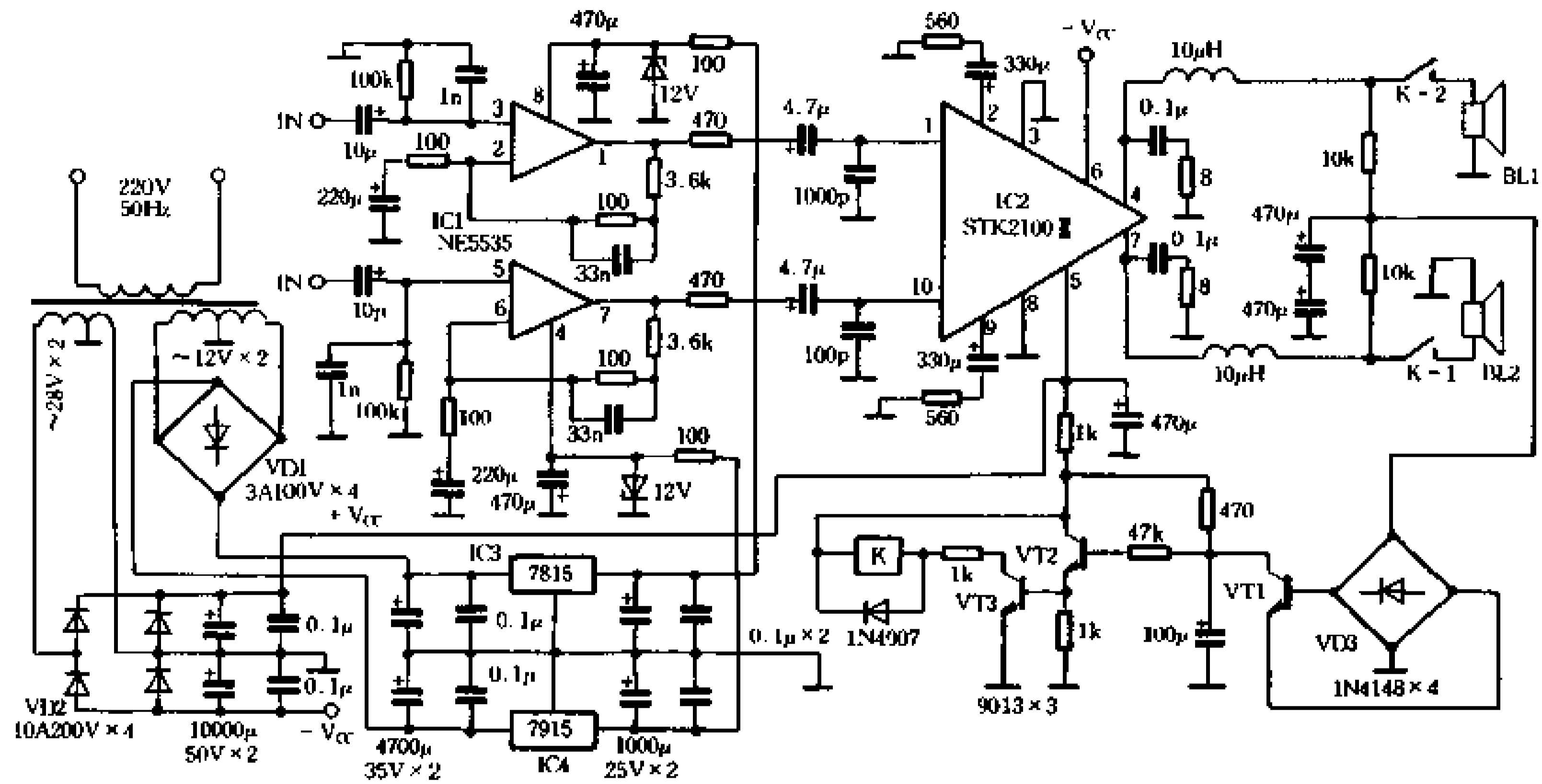


图 5-84

IC1 为发烧级低噪声、高转换率运算放大器 NE5535。NE5535 输出电路为 PNP-NPN 全对称互补结构，有一定静态电流偏置，内电路十分简洁。它具有开环频响、高的单位增益带宽、高的转换速率、开环失真小、噪声小及瞬时态特性好等优点，用它做 Hi-Fi 音频前置电路不失为一块理想芯片，并被誉之为运放之皇。

本电路电源变压器选用 250W 环型“火牛”，功放与前置电源分开供电，加之选用优质大容量电解电容，因此储备功率已足够大。电路中的所有电阻均为优质金属膜电阻。电容选用钽及 CBB 电容。故此整机高音粒粒入微，中音明亮透彻，低音结实浑厚，具有“胆”机风味。

31. 双 25W 立体声音频功率放大器

本文向广大业余电子爱好者介绍一种家用立体声，音频功率放大器，它虽然输出功率不太大(4Ω 时为 25W×2, 8Ω 时为 15W×2)，但作为家用却很合适。它的特点在于结构简单，功能齐全，成本低廉而且音质极佳，尤其适合初学电子的青少年电子爱好者和渴望“节约发烧”的音响爱好者们仿制。

【电路指标】

只要电路安装正确合理，不难达到以下各项指标：

输出功率(P_o)：在电源电压(双 21V)下，负载 4Ω 时 25W×2；负载 8Ω 时 15W×2，音乐功率不小于 50W×2。

总谐波失真(THD)：<0.1%。

频率响应(BW)：不小于 20Hz~20kHz。

信噪比(S/N)：≥90dB。

输入阻抗(R_i): $20k\Omega$ 。

输入灵敏度(V_i): $600mV$ 。

【电路原理】

整个电路由两部分组成——立体声功放和整流滤波电源。

如图 5-85 是立体声音频功率放大器电路图, 图中只画出了其中一个声道, 另一声道与此完全相同。音频信号由 XS1 加至

$4.7k\Omega$ 的音量电位器 RP2 后, 再由 C1、R1 送入功放集成电路 TDA2030A。C1、R1 组成一个高通滤波电路, 作为音频信号通过的第一个路口, 它的取值至关重要。这里 C1 取 $0.1\mu F$, R1 取 $51k\Omega$, 以保证 $20Hz$ 以上的超低频信号无损耗地进入 IC。另外, 反馈回路的 R6、C3 是整个电路中影响频响的

又一个关键点, 这里 C3 选用 $100\sim 220\mu F$ 的钽电容, 使得与 R6 的转折频率低达 $3Hz$ 以下也是出于同样的考虑。R4、R6、C3 组成负反馈回路, R4 与 R6 的比值决定了电路的增益, 具体值可由式 $A_v=1+R4/R6$ 得出。其中 R6 又与 R7 和 C4 组成了高音提升电路, 提升频率约为 $3.3kHz\sim 16kHz$, 提升量约为 $15dB$, 可增加放音的透明感。R3、R4 和 C5 组成低音提升电路, 提升频率为 $20\sim 200Hz$, 重在超低频段, 最大提升量可达 $20dB$, 用于增强放音的力度和量感。放音时适当提高低音, 不但可以提高音源的不足, 还可平衡整个频段的响度, 适合各人的听音嗜好。R5 和 C2 组成了茹贝尔网络, 其转折频率为 $160kHz$ 左右, 在与扬声器系统连接后, 则从 $20kHz$ 以上就开始起作用, 衰减高频信号, 以防止超高频自激。C6、C7 为电源退耦电容, 可消除电源的干扰噪声, 大大改善电源的瞬态响应。VD1、VD2 用于保护集成功放电路 TDA2030A, 当电路工作正常时它们不起作用, 但是电路出现意外的话, 它们对保护 IC 却起着至关重要的作用。因为, 为提高电路的可靠起见, VD1、VD2 以装上为佳。C8、R8 与 R2 组成了一个高频补偿网络, 有着等响度的控制特性, 可改善小音量的放音质量。

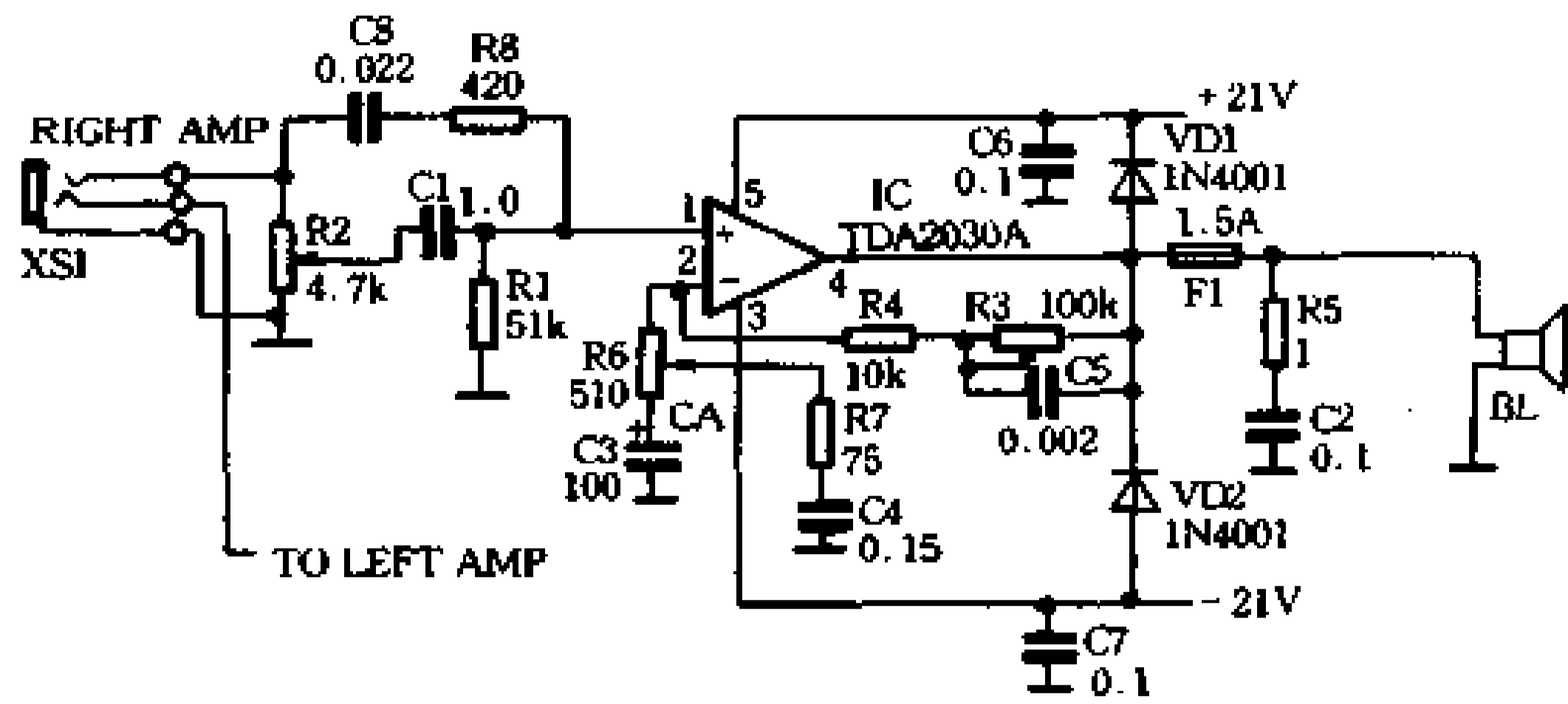


图 5-85

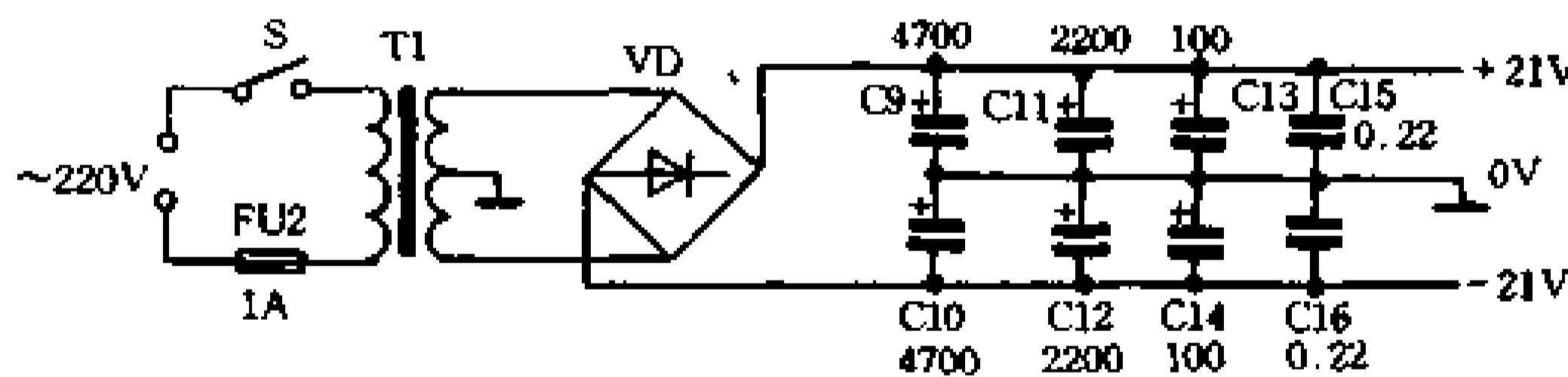


图 5-86

出正负 $21V$ 的直流电压。C15、C16 用于高频退耦。

【元器件选择与安装】

本电路由于使用了功放 IC(图 5-85), 并采用了新颖的电路设计, 因此外围电路比较简单。为了取得良好的放音效果, 所有的元器件均应从严选用, 而且焊接前必须严格测试一遍, 确保准确无误。功放 IC 选用久负盛名的 SGS 公司正宗的 TDA2030A, 电阻全部选用 $1/4W$ 金属膜色环电阻。电容除 C3 外选用聚丙烯电容, C1 若用 CBB 无感电容更佳, C3 为 $100\sim 220\mu F$ 钽电容。C6、C7 应尽量靠近 IC 的正、负电源管脚安装, 最好不要超过 $3cm$, 否则电路有时会

产生莫名其妙的自激。另外，IC 各脚的引线距电路板亦不可太长，原则上越短越好，否则电路也极易产生自激。R2、R3、R6 为双联电位器，其中 R2 选用指数型(Z 型)的，R3 和 R6 选用对数型(D 型)的。电源部分 T1 为双 15V，大于 50W 的变压器，左右声道各使用一套电源。若两个声道合用一套电源，则 T1 功率容量应增至 100W 以上。桥堆 VD 耐压应大于 100V，电流应大于 6A。C9~C14 的耐压应大于 25V，容量还可增大，但不宜减小。C15、C16 为高频退耦电容，可减小电源干扰噪声，改善瞬间响应。值得注意的一点是从立体声信号插口 XS1 到音量电位器 R2 之间以及从 R2 中心滑动头到 IC 输入脚之间必须用屏蔽线连接，否则电路极易感应到外界的杂音，产生讨厌的“嗡嗡”声。事实上，TDA2030A 是一块信噪比相当高的 IC，只要电路安装合理，即使把音量开得最大也很难听到有任何杂音。另外，焊接时一定要注意信号接地与电源接地各走一路，以免二者相互干扰。电路焊接完毕后先检查一遍，确保无误后方可加电。加电前要给 TDA2030A 装上足够大的散热器，以保证温升不至太高。只要各元器件正常，而且焊接无误，一般电路无须调试即可正常投入使用。

整机完成以后烤机十小时以上，再接上音源、音箱试听。音源可使用镭射唱机或录放音座。考虑到本机旨在“节约发烧”，本文仅使用 AIWA-T33MK2 WALKMAN 收放音机作信号源，驱动自制三分频音箱收音。先放几盘歌曲带，感觉音质干净亮丽、层次清晰、人声自然，毫无拖泥带水之感。尤其是节目间的空白处几乎听不到任何噪声。再改用大动态的现代的士高音乐试机，感觉高音不错，低音似乎略嫌不够带劲。适当提升高低音旋钮，听感立即有了明显的变化：但觉高音绚丽多彩，而低音则潜得很深，浓郁的超低频基音清晰可闻，中低音坚实有力，劲道十足，令人充分领略到现代音乐不光要用耳朵听，更需要用身心来感受到的无穷魅力。

32. 12W×2 高保真汽车功放

本文介绍一款用 NE5532 和 TDA1521 组合制作的高保真功率放大器，将其用于汽车音响获得了很好的效果，其电路如图 5-87 所示。前置部分采用 NE5532，其增益设置在 10dB 左右，

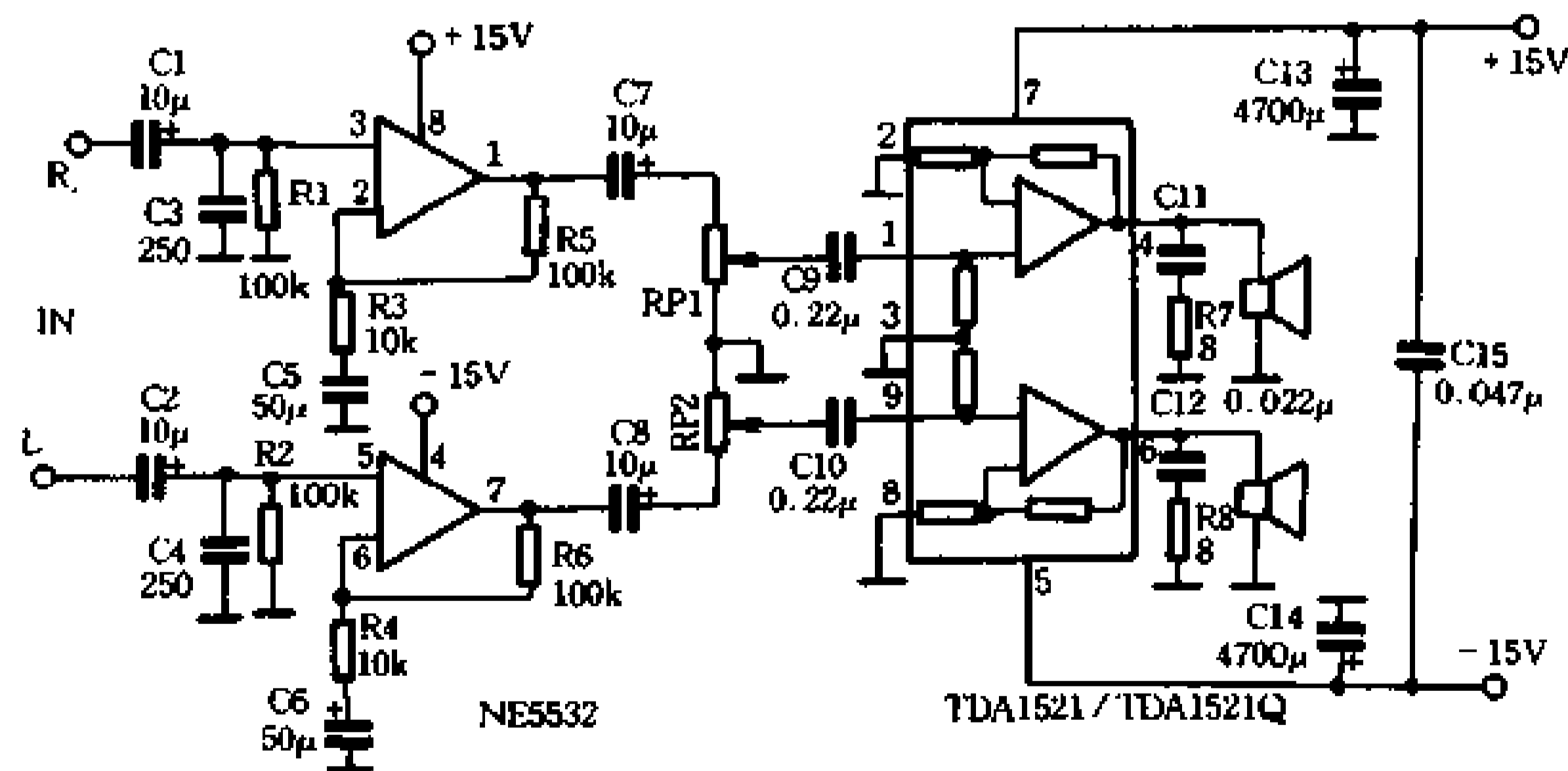


图 5-87

对小信号具有很高的灵敏度，声道隔离度典型值为 70dB($R_s=0\Omega$)，不失真输出功率大于 12W×2。除功率稍小外其性能均可与 STK 类功放媲美。所有电容耐压应在 25V 以上。耦合电容均用钽电容。电阻则选用 1/4W 金属膜电阻。音量电位器用 100K×2 双联优质电位器。信号线全部用屏蔽线。只要元件良好，一装即成，无需调试。

33. “随身听”功率接续器的制作

现在青少年朋友手中多拥有单放机，有的机型功能齐全，具有自动翻带、三段音调调节、数字调谐收音、超低音功能，麻雀虽小，五脏俱全。以放音机作信号源，配用下面介绍的两种功率放大器，可以让你也体会一下发烧的乐趣。

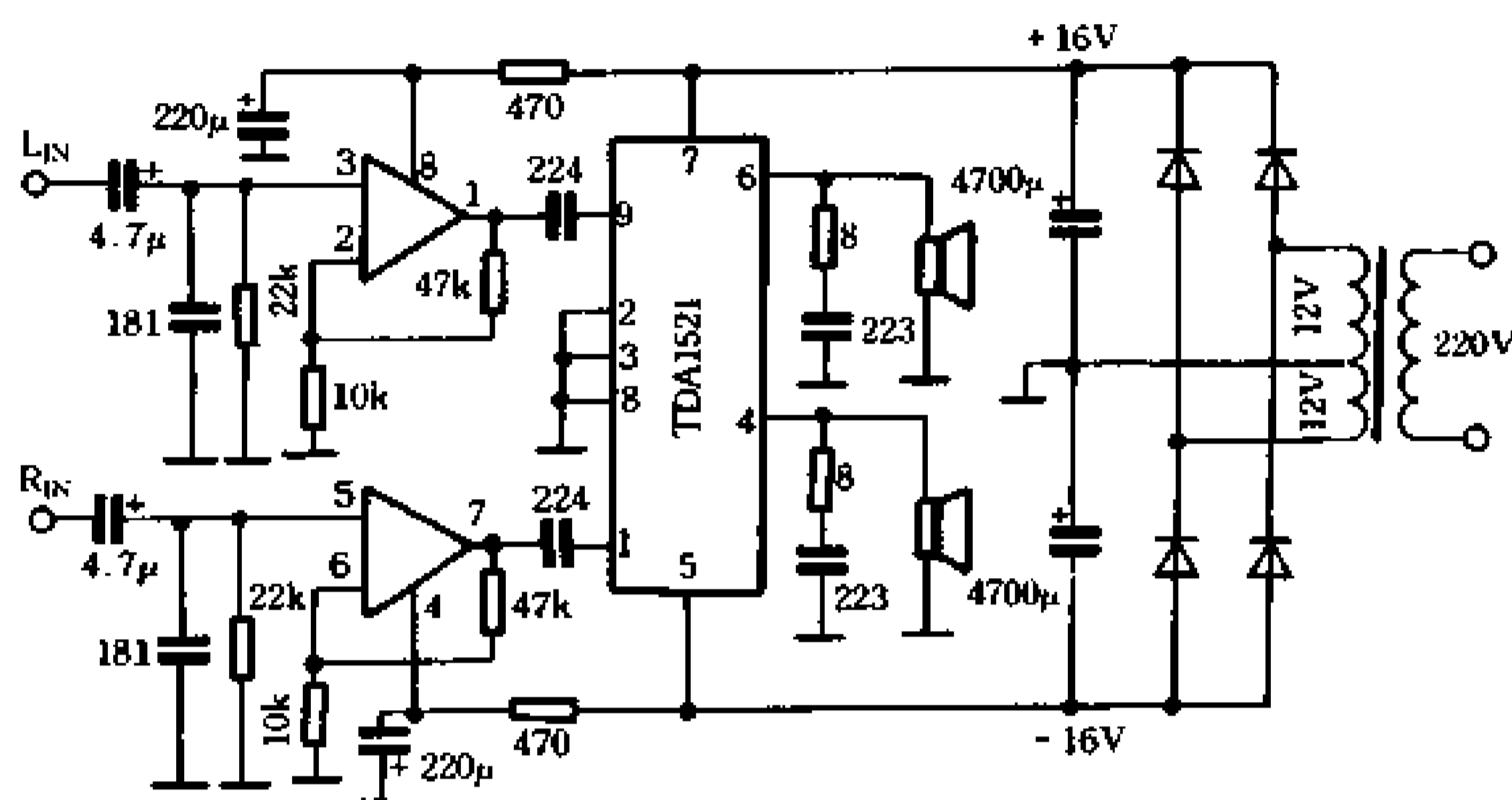


图 5-88

第一种功率放大器电路如图 5-88 所示。选用“运放之皇”NE5532 作 5 倍的线路放大器，后级功放选用高保真集成块 TDA1521。TDA1521 采用双电源 OCL 供电，这种电路省去了输出耦合电容，可以拓展低频响应。当电源电压为 $\pm 16V$ ， $R_L = 8\Omega$ 时，输出功率约为 $2 \times 15W$ ，此时失真仅为 0.5%。TDA1521 内有输出短路和过热保护功能，为业余制作提供方便。如图 5-88 的右边是电源电路，所用变压器次级电压为 $2 \times 12V$ ，经整流滤波后输出电压为 $\pm 16V$ ，直接供功放用电。NE5532 的供电和功放共用同一电源。

TDA1521 工作时要加上面积为 $120mm \times 50mm$ 的散热板，业余条件下可选用铝合金门窗的下脚料。由于 TDA1521 的⑤脚同本身散热器连接，已接负电压，制作中要注意散热器不要同地短接。TDA1521 与散热器接触面最好抹一层导热硅脂。

如果需要更大的功率输出可采用图 5-89 所示，由 TDA1514 $\times 2$ 制作的功放电路。此电路

采用飞利浦公司专为数字音响推出的 50W 高性能单片功放 TDA1514A。TDA1514A 低频重放力度好，推动一对自制的“南鲸”YD1768X (8Ω 、80W) YDQG20-8F (8Ω 、30W) 音箱试听，音色通透纯正，低音力度丰满厚实，高音清亮明快，很有电子管功放的韵味。当电源电压为 $\pm 25V$ ， $R_L = 8\Omega$ 时，输出功率可达 50W，足以满足家庭听音的需要。由于双声道电路相同，图 5-90 只画了一路，印板上已设计为双声道结构，共用一组电源。TDA1514A 工作时，仍要加上面积足够大的散热器，以长时间使用不烫手为宜。TDA1514A 的⑧脚同本身散热器

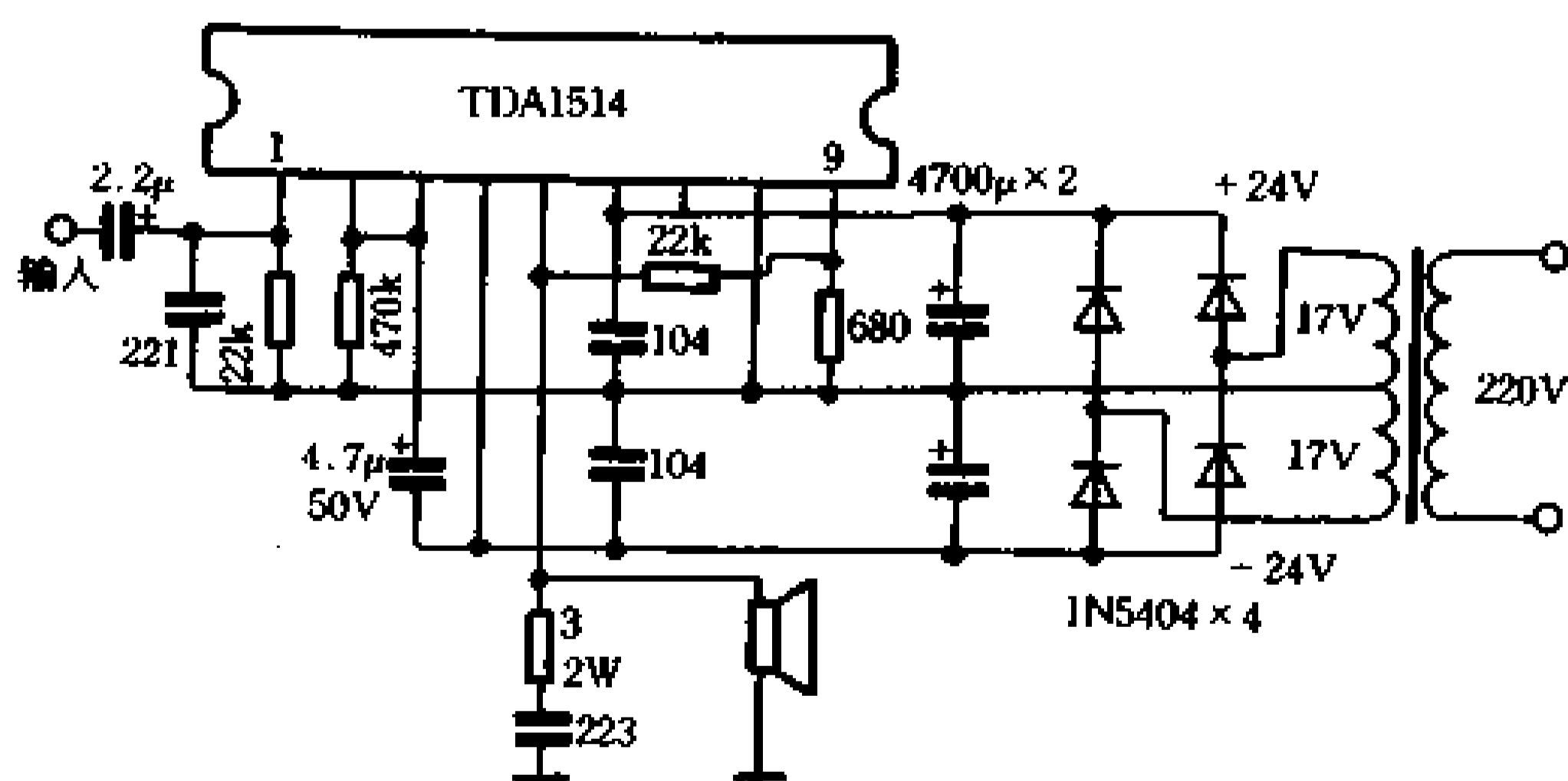


图 5-89

仍要加上面积足够大的散热器，以长时间使用不烫手为宜。TDA1514A 的⑧脚同本身散热器

相连，使用中仍要注意散热器不要接地，由于两块 TDA1514A 同时工作，如果长时间大功率欣赏音乐，能采用 200W 左右的环形变压器效果会更好。

如果收音机本身不具备音调功能，可采用图 5-90 所示的高保真直流控制音调控制器。该电路使用的集成电路，采用日本东芝公司的专用音调音量控制集成电路 TDA7630。本电路采用普通的单联电位器即可实现双声道的控制。本电路可设计在平衡位置，RP1、RP2、RP3 分别作音量、高音、低音调节。本电路对高低音的调节相当出色，低音不发浑，高音调到顶点时也没有负反馈式音调控制器刺耳的感觉。本电路仍设计为双电源供电，电源从功放引入，三端稳压器 CW7806/CW7906，稳压后供 TDA7630 用电。制作中要注意的是 7806/7906 的散热端不要短路，这是因为 7806 的散热端接地；而 7906 的散热端接负电源。

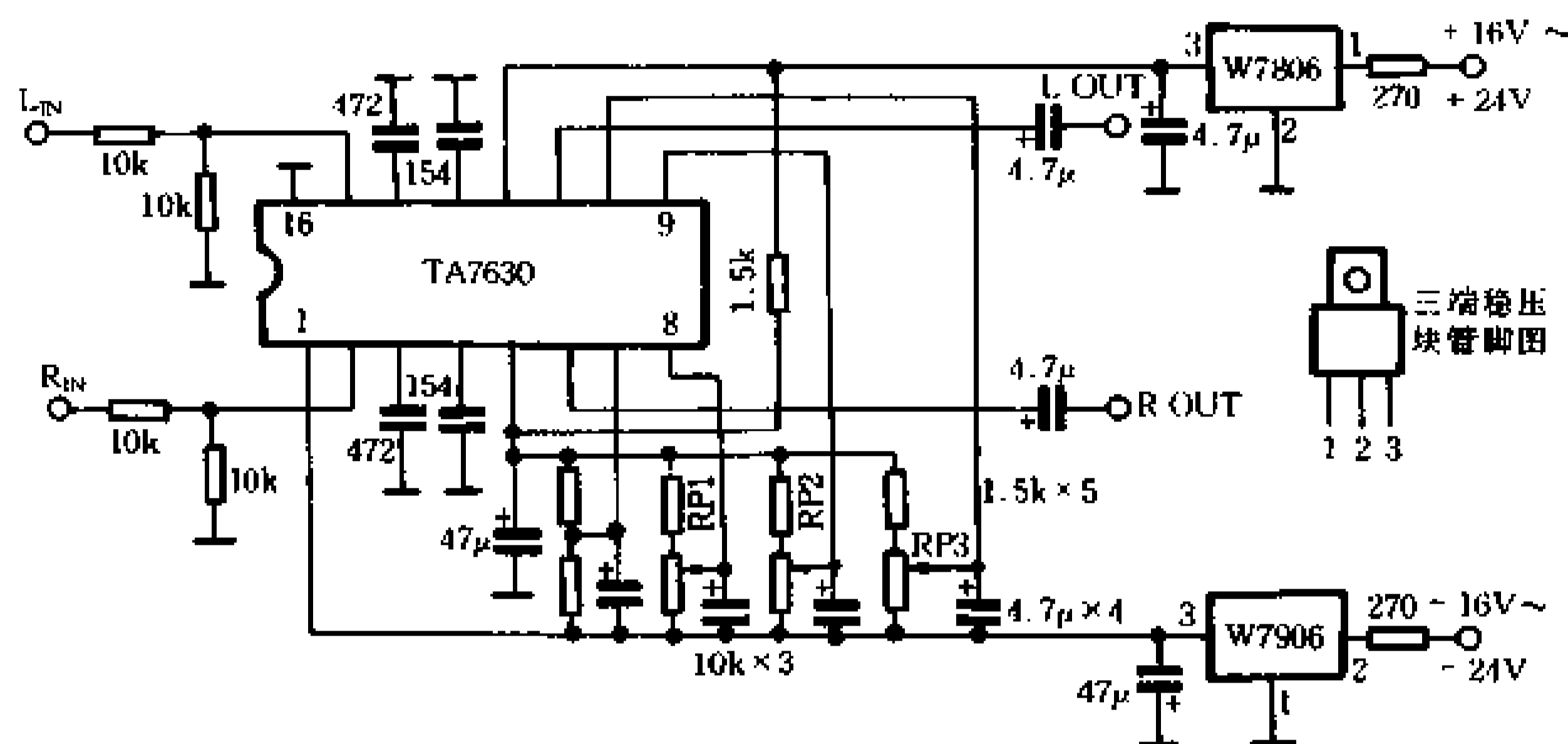


图 5-90

【元器件选择】

信号源的选择：本功放虽设计为采用收音机作信号源，如能选用 CD 唱机，VCD 影碟机作信号源效果更好。要注意的只是信号源的质量一定要上乘，否则不能发挥本功放的优良品质。收音机不要选用低档的，经实验，国货收音机中伟佳、柏声、奥迪、雷登质量均不错，带有自动翻带、三段音调调节和收音功能的收音机是优选品种。

电阻除注明外，均选用进口 1/4W 五色金属膜电阻，非电解电容均选超小型金属化 CBB 电容。

34. 优质功率接续器的制作

“爱华”(AIWA)随身听是目前拥有量较大的中高档机型，其音质优美、功能齐全，深受 Hi-Fi 迷的欢迎。但用耳机收听总难免有音场窄和缺乏纵深感的客观缺点。设计和开发高档功率接续器，充分发挥 AIWA 机的优点是广大 AIWA 拥有者的心愿。下面介绍一种功率接续器供爱好者制作。本设计仅考虑音量平衡一项功能，其它功能均运用原机已有操作掣，以简化电路。

该功率接续器的电路如图 5-91 所示。电路主要由 NE5532 和 TDA1514A 及外围元件组成。NE5532 与输入衰减网络组成 0dB 缓冲放大器，R101(以右声道为例)阻抗接近于耳机阻抗，为 AIWA 机提供合适的输出负载。R102 与 RP1 上半部分构成一衰减网络，可大大提高信噪比。即使输入端开路，本机噪声仍不可闻，磁带翻面的“咔嗒”声很小。IC1a 为 20dB 的同相放大器，以补偿输入端的衰减损耗。IC1a 与输入级的总增益虽为 0dB，但由于 NE5532 功

能优越，经该级处理后的音响更具有温柔味和富于弹跳力。这一点正好弥补了 TDA1514A 低频音色偏硬的缺陷。由 TDA1514 组成的主功率放大级，增益为 30dB。TDA1514 性能优异，为单列 9 脚封装，其额定输出功率在负载为 8Ω 时可达 40W。考虑家用功率余量已足够，所以本机免去了⑤、⑦脚间的自举网络，以减少信号调制“染色”。电路中的 R107 和 C105 构成了静噪控制阻容网络。开机时，IC2③脚处于低电位，静噪电路处于开启状态，电源通过 R107 向 C105 充电，当③脚电位上升到约 6V 时，静噪电路关闭，允许音频信号通过，从而起到开机延时的目的，其延时时间约为 1 秒。当电路过载时，②脚内接保护电路开启，静噪电路工作，阻止音频信号通过，保护集成电路不致损坏。

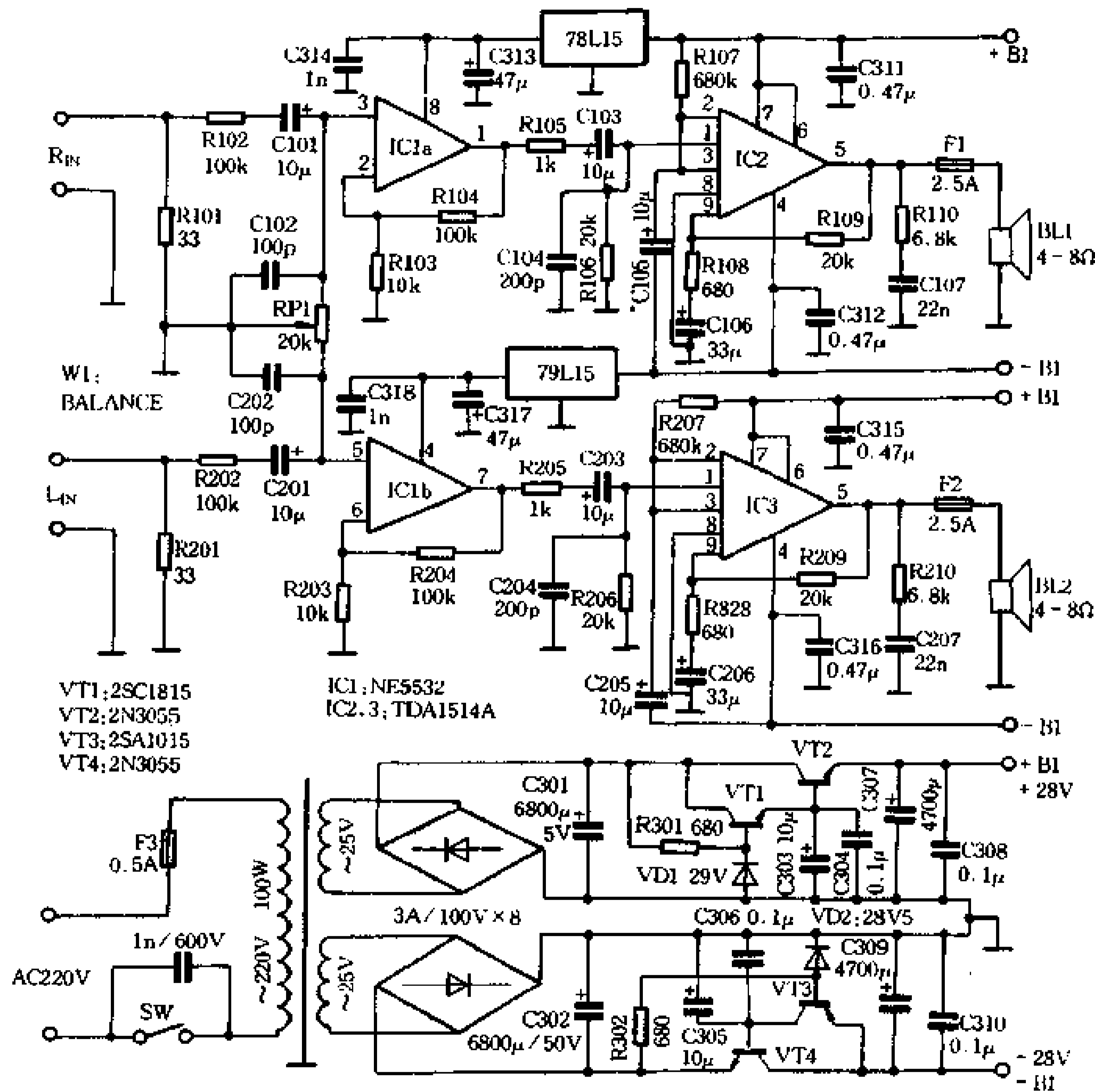


图 5-91

本机电源电路采用双桥整流滤波电路，可消除次级中心抽头式电路泄漏给放大器的 100Hz 哼声电流，使信号电流与纹波电流各行其道，有效地避免了哼声干扰和互调失真。VT1、VT2、VT3、VT4 构成串联式对称稳压电路，稳压输出 $\pm 28V$ 。78L15、79L15 为三端稳压集成电路，它为 IC1 提供稳定的 $\pm 15V$ 电源。78L15、79L15 也可用 7815、7915 代换，图中 F3 为电流过流熔断器(0.5A)。

制作时，注意 VT2、VT4、IC2、IC3 要装上足够大的散热器。器件与散热板之间要涂一层硅脂。TDA1514A 的散热板与④脚是相通的。除非是外加散热器与集成块之间垫以云母片，否则有必要用导线将散热器与④脚直接相连，以防止可能出现的短路电流损坏集成电路。

本机驳接的音箱负载阻抗为 $4\sim 8\Omega$ 时，音箱保护熔断器 F1、F2 取 2.5A 为宜。

只要元件可靠、焊接无误，不经调试，本机即可正常工作。

本文试机时采用的是 AIWA HS-J470 随身听。音箱为 10 英寸低音的三分频“银笛”音箱，重放具有低音有力，高音透彻，中音爽朗的效果。这是用耳机聆听所无法比拟的。

35. 具有消人声功能的功率接续器

本电路采用两块常见的功放集成电路 LM386，外围元件少，简单易制，但其使用效果较好，音质亦尚佳。该接续器使用 6V 电源供电，与立体声或 FM 立体声收音机配合使用，输出为一对小音箱，通过波段开关实现立体声功率放大和卡拉 OK 两种功能之间的切换。

【电路原理】

电路如图 5-92 所示。开关 S 所处位置为卡拉 OK 功能。图中以一只扬声器代话筒（亦可专门使用一只驻极体话筒）。声道通过 C9 送入 IC2 放大，放大后的信号经 C6、R3 送至 IC1 与伴音信号混合，经放大后输出至另一

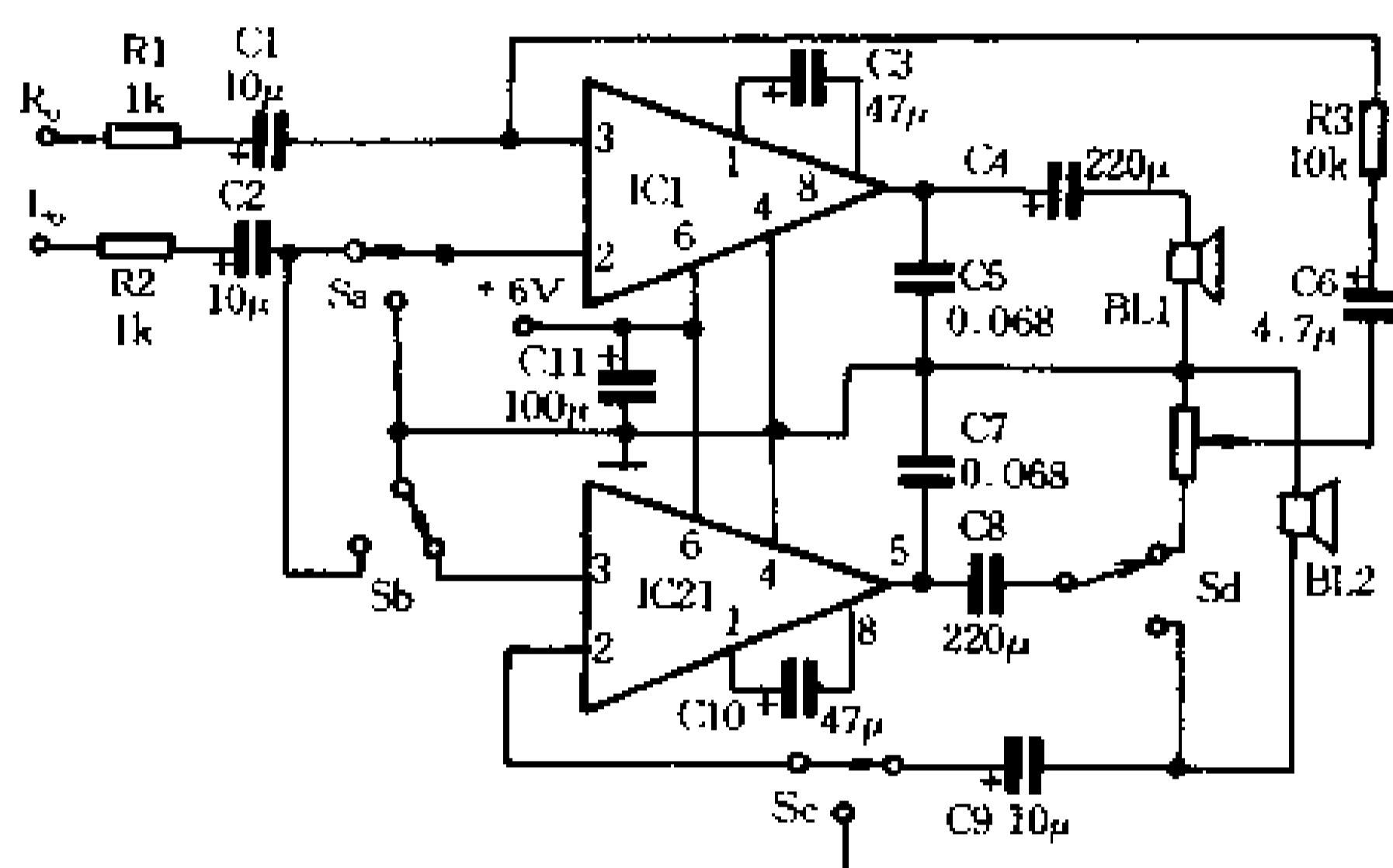


图 5-92

扬声器。声道通过 C9 送入 IC2 放大，放大后的信号经 C6、R3 送至 IC1 与伴音信号混合，经放大后输出至另一扬声器。LM386 的②、③脚为反相输入端，根据立体声录音的特点，人声在左右声道中相位相同，而中高频的伴音信号为非平衡录制，故经 LM386 反相相加后人声就被抵消掉了。当把开关 S 扳至另一侧时，IC1 与 IC2 分别担任右、左两声道的功率放大，输出功率 ≤ 1W。

该电路只要元件安装无误，元件质量良好，无须调试即能正常工作。音量及音调依靠音源本身加以控制。为使电路有较好的消人声效果，应使用录制质量较好的盒带。本电路较简单，无法与用 CXA1642 组装的专用卡拉 OK 消歌声电路相比，但丝毫不会影响你临时当一回歌星。

36. 适合初学者制作的功率接续器

为配合“随身听”制作的这个功率接续器外形大方美观、经济耐用、实用性强、组装简单，基本上不需调试即可正常工作。特别适合初学者制作，下面将电路原理及制作的方法介绍给读者，供参考制作。

【电路原理】

这个功率接续器采用日本三洋公司生产的、带散热器的 10 脚单列直插式塑封装结构的集成电路 LA4420。其输出功率为 5.5W，特别适合汽车收音机、单放机、便携式、台式收录音机作音频功率放大器用。该电路特点是增益高(达 50dB)、输出功率较大(5.5W)、噪声低、失真小、低负载(2Ω)工作。其内部还有短路、过载保护电路。当负载短路时能将信号切断，并能自动恢复正常工作。由于本电路带有均衡、音调电路，而且两个声道各自独立，高低音可任意调节，再配上下面介绍的音箱，则使放出的音乐立体声效果强，层次丰富，是一个比较理想的功率接续器。其工作电压为 12V，电路原理如图 5-93 所示。集成电路 LA4420 各脚排列情况如图 5-94 所示。

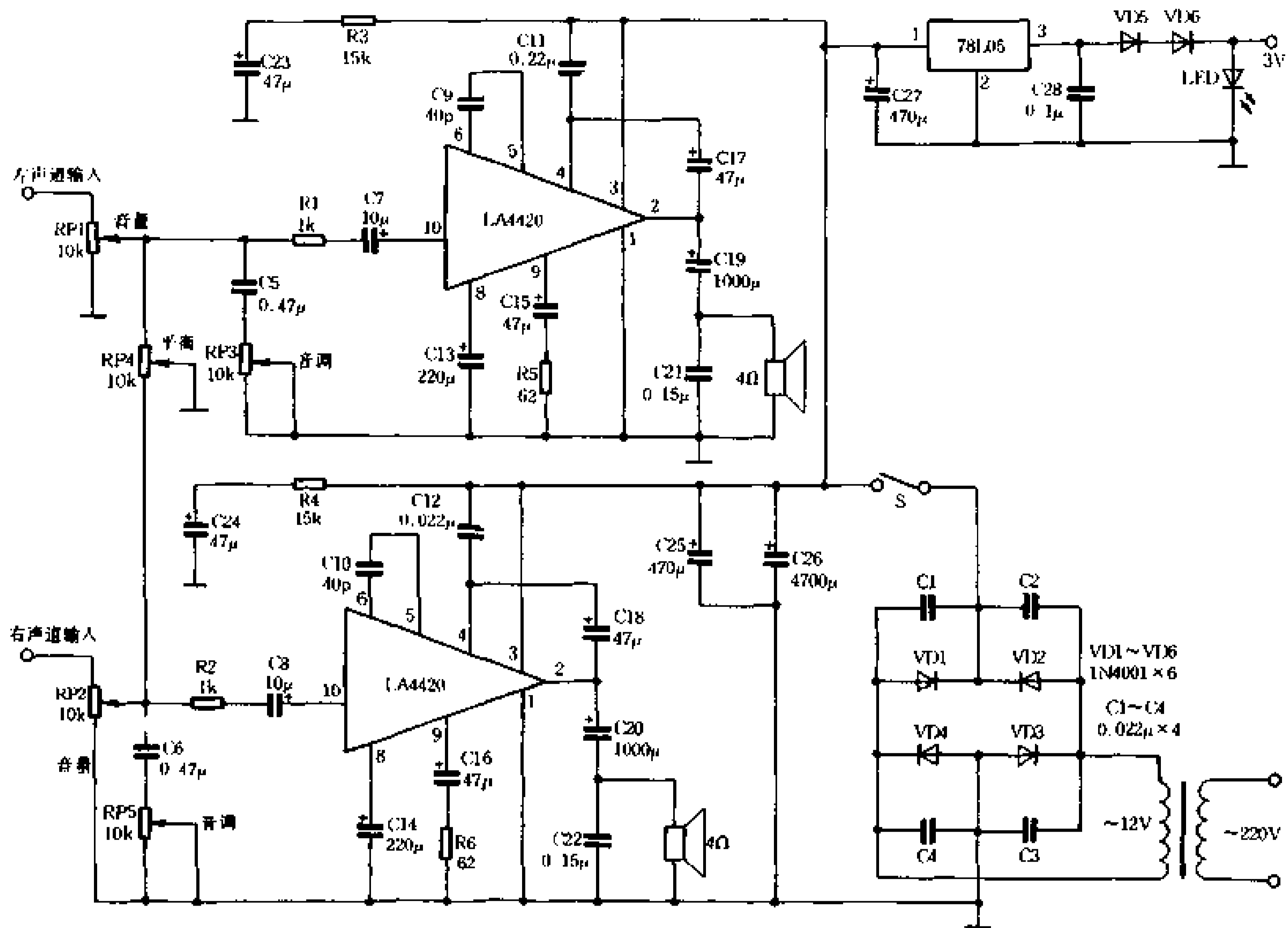


图 5-93

【元器件选择与安装】

本功率接续器是否能组装成功，集成电路 LA4420 是关键元件，所以一定要用正品，也可以用天津半导体器件一厂生产的 TB4420 或用日本三洋公司生产的 LA4430 等。电路中的音量、音调电位器用双联一体的电位器为好，这样可以保证两个声道信号的一致性（由电路中的平衡电位器来均衡两个声道声音的大小，来弥补听觉上的差异）。电阻、电容无特殊要求，按图 5-93 上的数据选择即可，尽量用体积小一些的元件，以便缩小整机的体积。整流二极管用 1N4001 或 1N4004。电源变压器用市面上出售的收录机常用电源变压器（次级为 12V，功率在 8~10W）。

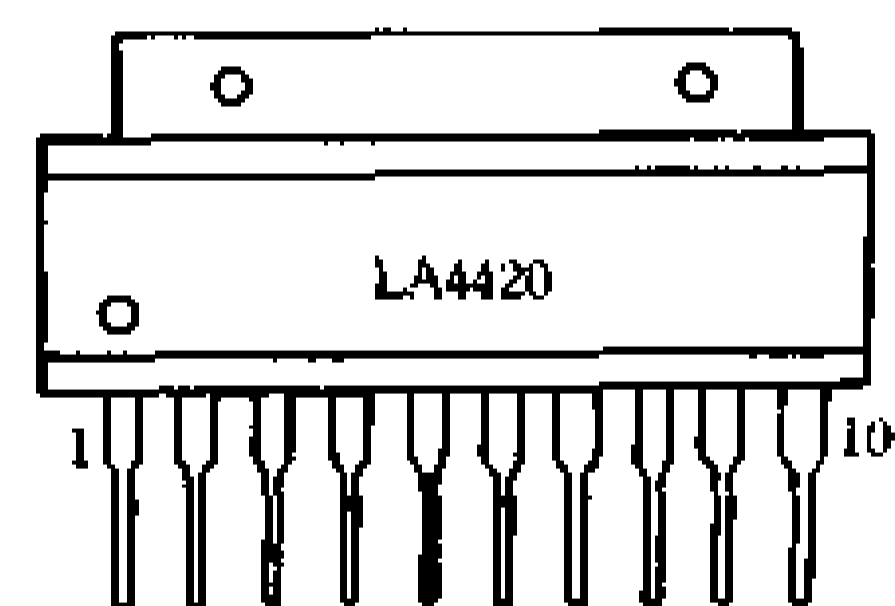


图 5-94

按图 5-93 设计自制印制线路板，然后用 20W 的内热式烙铁将所备元件按图 5-93 上的位置逐一焊接好。这道工序要认真、细心进行，特别是集成电路 LA4420 的焊接，要求动作快、时间短，以免烫坏集成块。有条件的最好用插座来固定集成电路，即先将 10 脚插座焊在印刷线路板相对应的位置上，再将 LA4420 按脚的排列顺序插到插座上，这样既方便又不会损坏集成块。在装 LA4420 之前，先要装上自制的散热器。散热器要用 1.5~2cm 厚的铝板按图 5-95 上的要求制作。整机焊接完成后不要急于加电，要认真检查元器件有无焊错位置，电解电容、二极管的极性以及集成块脚序排列焊接正确无误后方可加上电源进入调整阶段。

在调试前首先将音量、平衡、音调电位器用软线临时连接起来（最好用屏蔽线，否则有噪音干扰窜入机内），把整流稳压后的 12V 电源加上，用手触摸输入端，这时扬声器中应有明显的“嘟嘟”声音发出，这说明电路工作正常。再用万用表测试集成电路各脚的电压，应基本

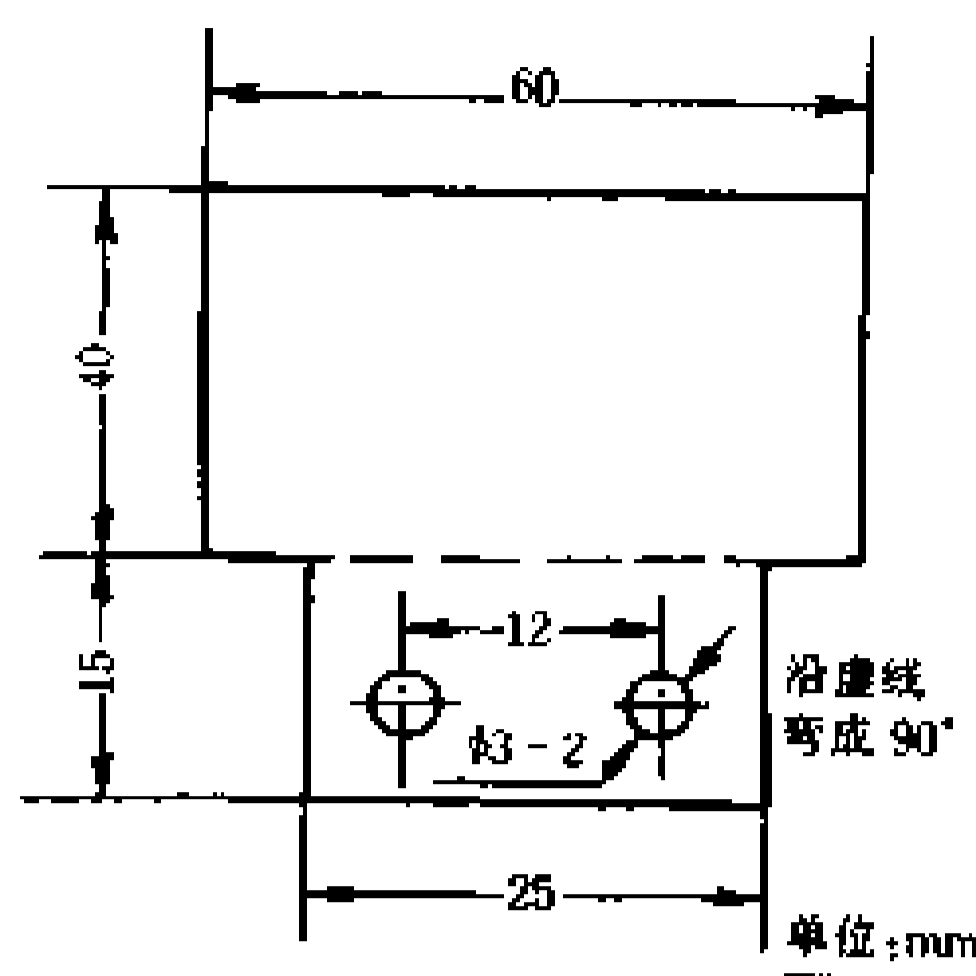


图 5-95

上与下列参考电压一致：①脚 0V；②脚 6.8V；③脚 13.2V；④脚 11.7V；⑤脚 8.2V；⑥脚 1.5V；⑧脚 6.8V；⑨脚 6.8V；⑩脚 6.8V。然后找一段三股屏蔽线，将屏蔽线两端焊上 $\phi 3.5\text{mm}$ 三芯插头，把“随身听”与功率接续器连接起来，放上音乐磁带，适当调节音量、音调、平衡电位器直至满意为止。此时调试工作结束（一般情况无须调试即可正常工作）。将调整后的机芯装到自制的机壳内，分别用螺丝钉加以固定。电位器与机芯的连线要求用带屏蔽的连线接，避免产生干扰的杂音。

【外壳与音箱的制作】

功率接续器的外壳，本文用的是文化商店里出售的有机玻璃文具盒经加工而成的，如图 5-96(a)所示。加工办法如下：先将文具盒的上部用钢锯条锯下，

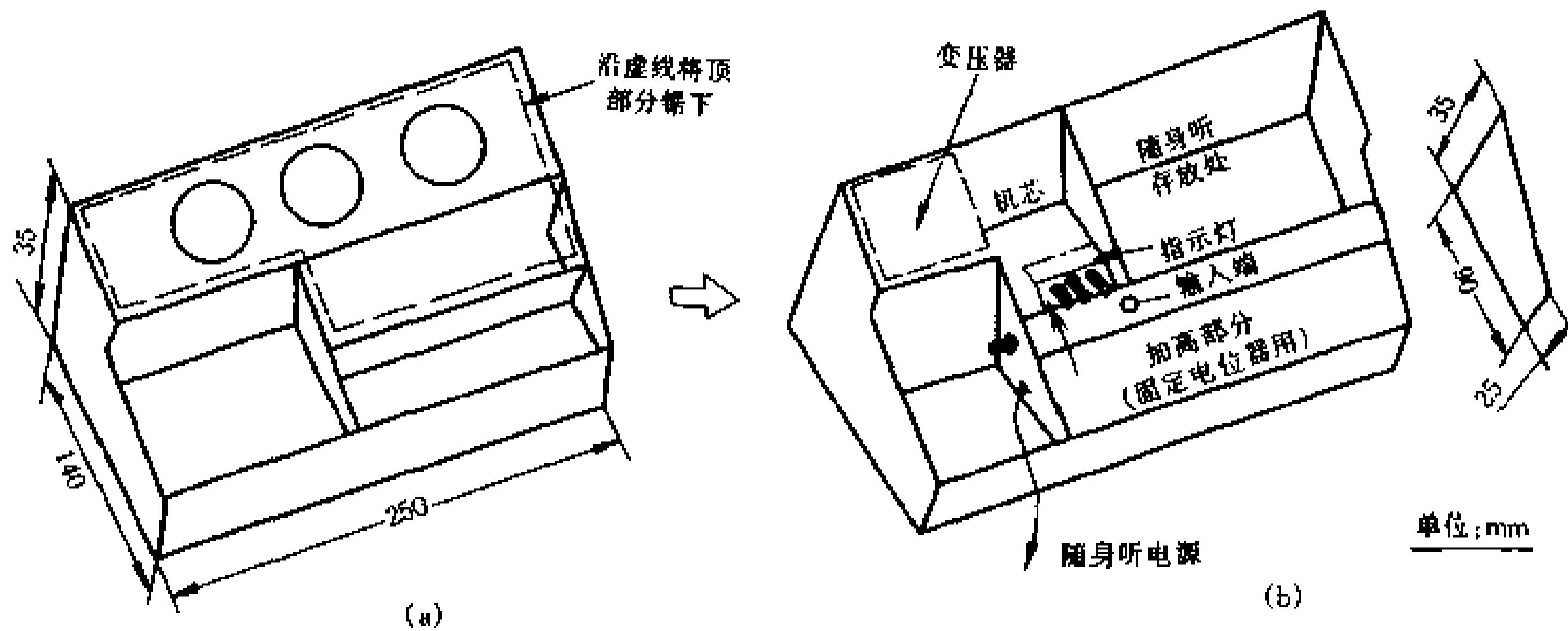


图 5-96

留前面一部分，并在此基础上用锯下的材料加高粘牢用，来固定电位器。找一块有机玻璃另做一个盒底，用万能胶粘牢，再找一块有机玻璃按图 5-96(b)给的尺寸加工好后，在紧靠机芯处用胶粘牢。要将文具盒分为两个部分，即机芯处和存放“随身听”处。电源变压器用螺丝钉固定在背侧面的位置上。在文具盒前部留下来的部分打一个 $\phi 8\text{mm}$ 左右的孔，以固定输入端的三芯插座之用。在侧面安装一个微型电源开关，并在它的偏下方处引出 3V 电源供“随身听”使用。在文具盒后背中心偏左处（机芯上方）开三个孔，装上插座，中间的接地，左右为两个声道的输出端，用来接两个音箱之用。在变压器后面开一个孔，将电源引出。到此机壳的加工工作完毕（这里仅供制作者参考，读者可根据自己的审美、爱好做成其它新颖别致样式的外壳）。

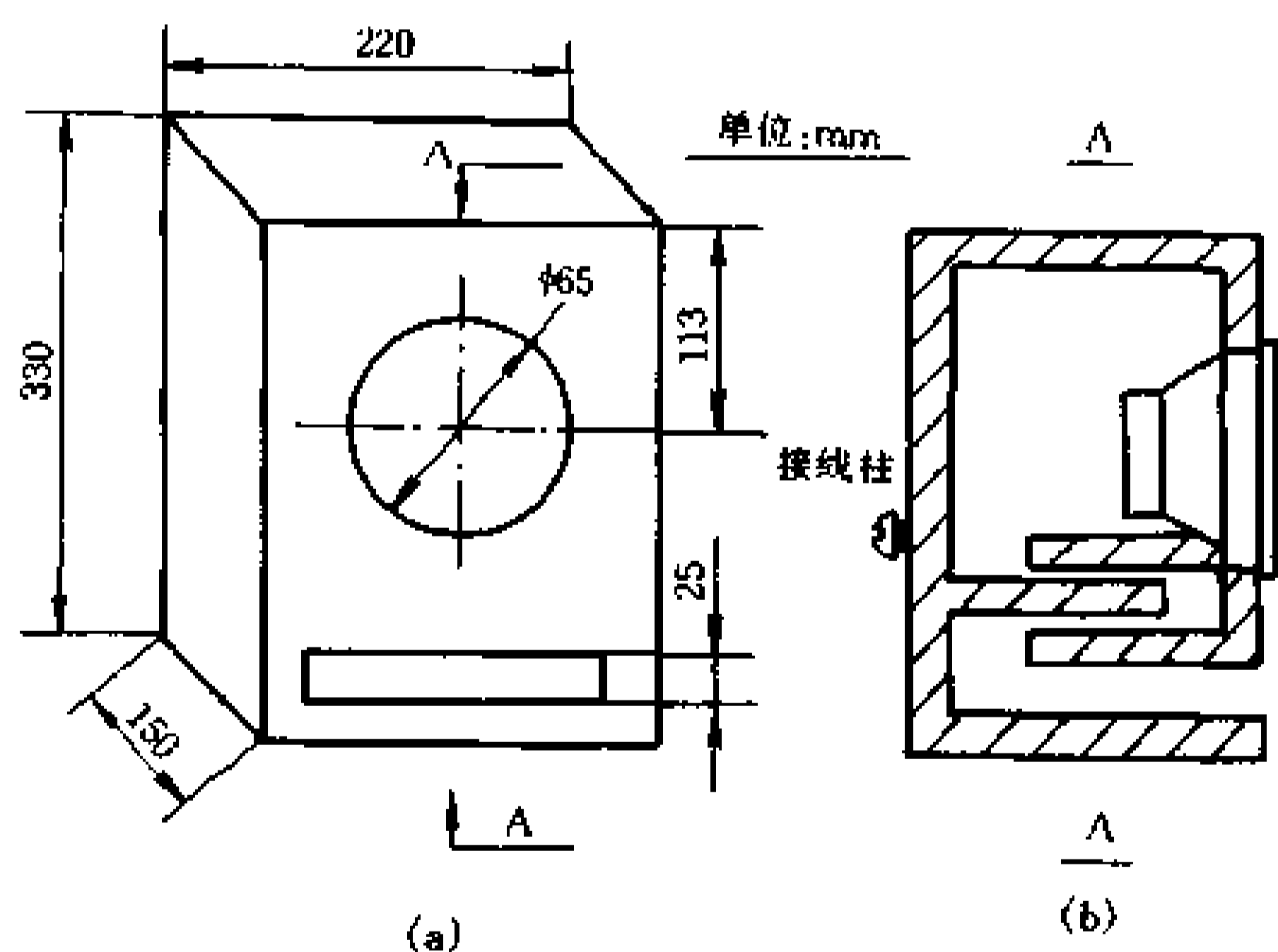


图 5-97

留前面一部分，并在此基础上用锯下的材料加高粘牢用，来固定电位器。找一块有机玻璃另做一个盒底，用万能胶粘牢，再找一块有机玻璃按图 5-96(b)给的尺寸加工好后，在紧靠机芯处用胶粘牢。要将文具盒分为两个部分，即机芯处和存放“随身听”处。电源变压器用螺丝钉固定在背侧面的位置上。在文具盒前部留下来的部分打一个 $\phi 8\text{mm}$ 左右的孔，以固定输入端的三芯插座之用。在侧面安装一个微型电源开关，并在它的偏下方处引出 3V 电源供“随身听”使用。在文具盒后背中心偏左处（机芯上方）开三个孔，装上插座，中间的接地，左右为两个声道的输出端，用来接两个音箱之用。在变压器后面开一个孔，将电源引出。到此机壳的加工工作完毕（这里仅供制作者参考，读者可根据自己的审美、爱好做成其它新颖别致样式的外壳）。

音箱质量的好坏涉及到声音质量的问题。本文用七层夹板制作的音箱，不随气候变化而

干裂、膨胀、不变形，由于不用传统的倒相管做助音器，而采用三块助音板按“Z”有一定空间的摆放，这就使得放出的声音更加丰富、音质也比较理想。具体方法如下：

先按图 5-97(a) 给的尺寸下料，然后打磨用胶粘合（不能用钉子钉）。助音板也要用胶粘合固定，具体安装的位置如图 5-97(b) 所示，最后在音箱的里面粘上一层粗糙的帆布，做为吸音之用，使音箱内不产生驻波。扬声器选用 $\phi 165\text{mm}$ 、4W 中音的喇叭，用螺丝钉直接固定即可。

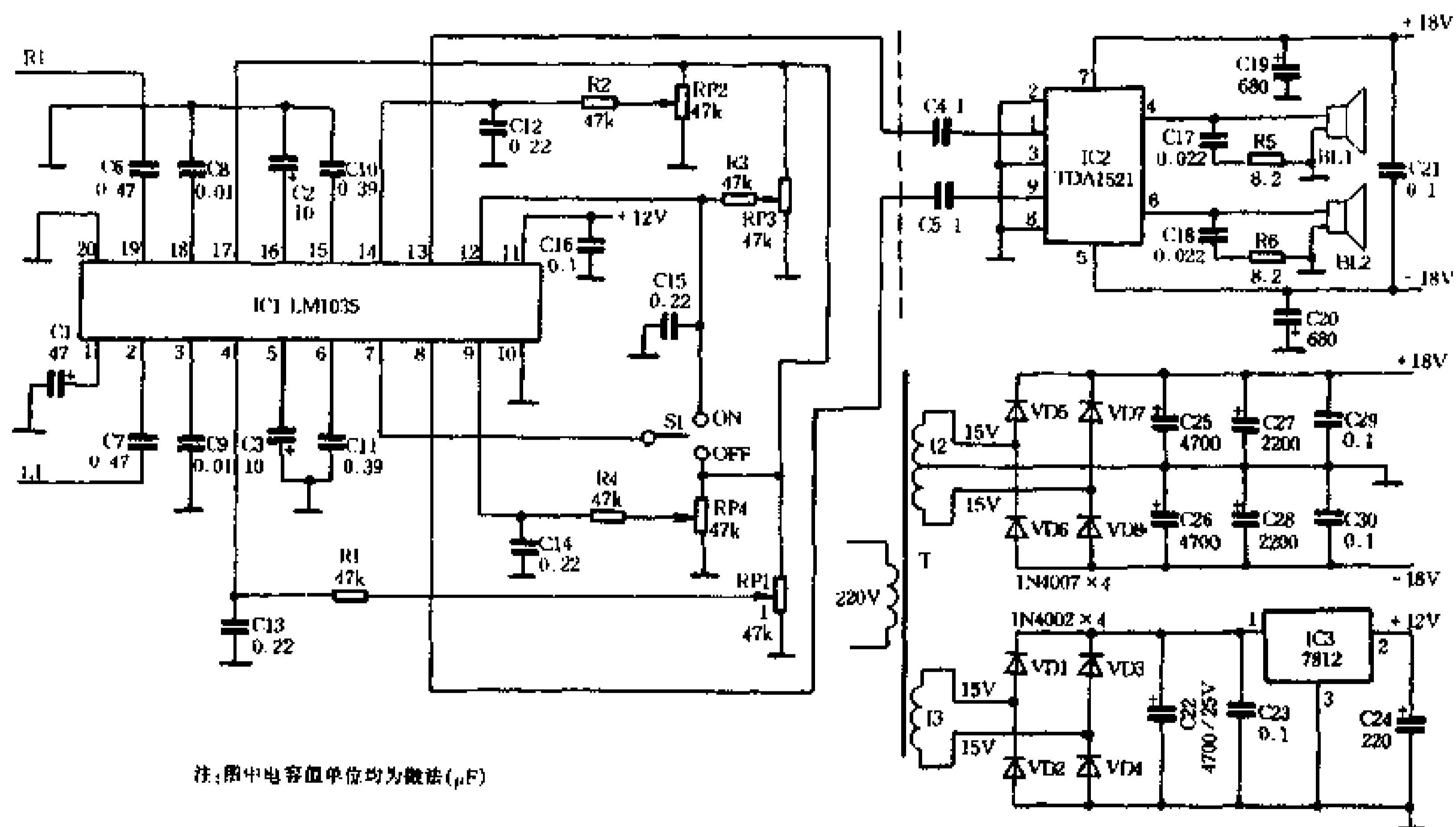
由于在设计外壳时考虑到外形美观问题，所以整个机芯、“随身听”都装放在文具盒内部，外部没有任何改动的地方，从外表来看，就是一个“文具盒”，可以摆放到任何地方而不影响家庭的布局，携带也很方便。可作为一般家庭要求不高的音响设备。

37. 一种适合初学者制作的功放电路

本文介绍的功放电路既简单易制，又保证其性能，同时成本不高，非常适合初学朋友制作。

【电路原理】

该功放包括前级控制电路，功放电路。电路如图 5-98 所示。虚线左边为前级电路，右边是功放电路。



注：图中电容值单位均为微法(μF)

图 5-98

功放电路采用飞利浦公司的优质双通道集成功率放大集成电路 TDA1521 作为核心元件。其内部具有两种相同的放大器，内含短路、过热保护功能。并且它具备输出功率较大，失真度小、声道平衡性能好、外接元件少等特点。在 $V_{CC} = \pm 16\text{V}$ 、 $R_L = 8\Omega$ 时可以得到 12W 的输出功率。有关该集成块介绍较多，这里不再多言。以下着重介绍一下用 LM1035 制作的前级控制电路部分。

LM1035 是 NEC 公司出品的高性能音量、音调器件。它通过直流电位的变化来控制高低音调、音量、平衡及响度补偿。具有控制范围宽、通道分离度高、失真小等优点。LM1035 的

主要电参数如表 5-9 所示。

图 5-98 以 LM1035 构成的音量、音调及平衡控制电路中, C8、C9 为 $0.01\mu\text{F}$ 时, 可在 16kHz 处获得 $\pm 15\text{dB}$ 的变化量; C10、C11 为 $0.39\mu\text{F}$ 时在 40Hz 处可得到 $\pm 15\text{dB}$ 的变化量。当⑦脚与⑫脚连通时, 实现响度补偿功能, 而⑦脚与⑰脚连通时, 响度补偿即可去掉。因而只用一个单刀双掷开关, 即可实现响度补偿选择。

表 5-9 LM1035 主要电参数 ($V_{\text{CC}}=12\text{V}, T_a=25^\circ\text{C}$)

参数名称	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压	11 脚	8		18	V
电源电流			35	45	mA
齐纳稳压输出	17 脚		5.4		V
最大输入电压	2 脚、19 脚 $f=1\text{kHz}$	2	2.5		V_{rms}
最大输出电压	8 脚、13 脚 $f=1\text{kHz}$ $V_{\text{CC}}=8\text{V}$		1.3		V_{rms}
	$V_{\text{CC}}=12\text{V}$	2	2.5		V_{rms}
	$V_{\text{CC}}=18\text{V}$		3.5		V_{rms}
输入电阻	2 脚、19 脚 $f=1\text{kHz}$	20	30		$\text{k}\Omega$
输出电阻	3 脚、13 脚 $f=1\text{kHz}$		20		Ω
音量控制范围	$f=1\text{kHz}$	70	80		dB
低音控制范围	$f=40\text{Hz}$		± 15		dB
高音控制范围	$f=1\text{kHz}$		± 15		dB
总谐波失真			0.05%		
通道分离度			75		dB
频率响应			250		kHz
纹波抑制			40		dB

LM1035 连在⑰脚上提供一个 5.4V 的稳压输出, 用于偏置控制电位器, 用一只电位器就实现了双声道控制。例如调节电位器 RP3 使⑫脚的直流电压发生变化而控制音量的大小。RP1 和 RP2 分别是高、低音调节电位器, RP4 是平衡调节电位器。由于是直流电压控制, 故所有的电位器连线不需用屏蔽线。

电源部分提供 $\pm 18\text{V}$ 和 $+12\text{V}$ 供功放与前级控制电路, 为方便制作, 图 5-99 给出了印制电路板图, 分功放和前级控制两部分, 电源部分较为简单, 可以自行制作。

制作该电路时, 为保证质量应精选元件, 特别是音频通路中电容最好选用 CBB 电容, C8、C9、C10、C11 可选用独石电容。TDA1521 应加散热片, 同时注意不可将三端稳压集成电路与 TDA1521 共用散热片。

制作后, 接上一对用“南鲸”扬声器制作的音箱, 音源用常见的随身听, 放上一段孟庭苇的《你看你看月亮的脸》, 高、低音层次分明, 其效果绝非用一般耳机收听所能比。尤适宜作功率接续器使用。

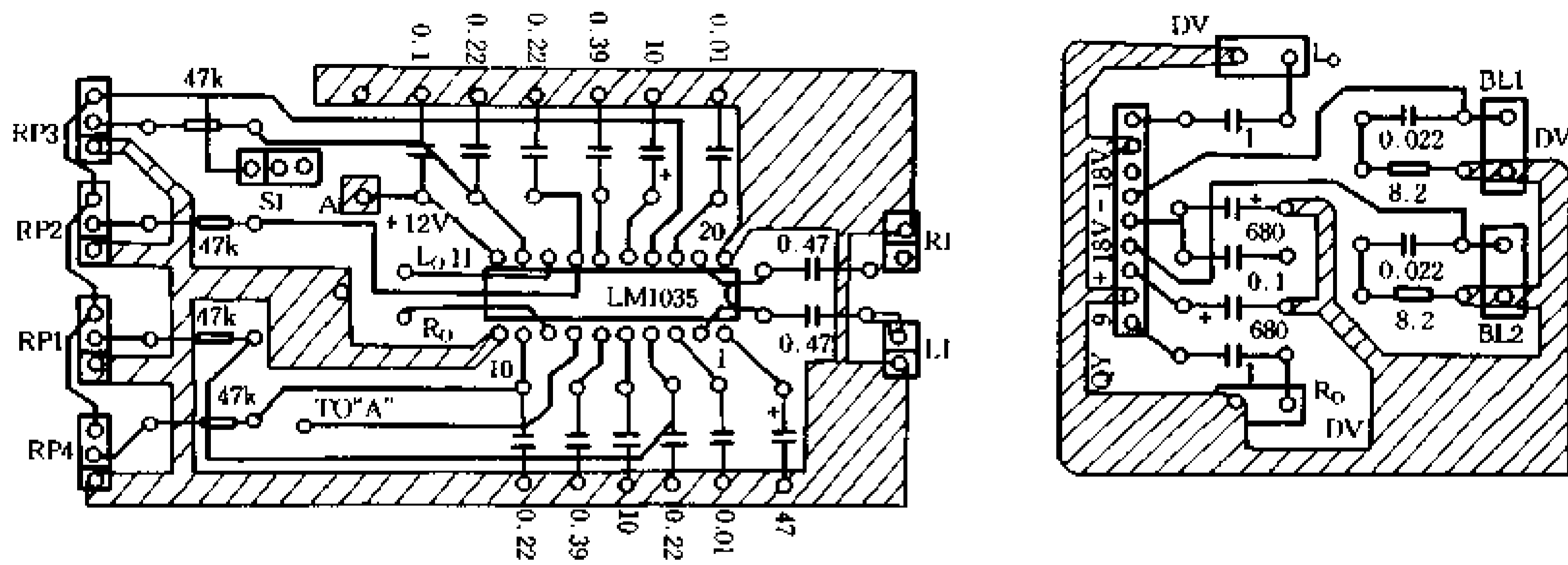


图 5-99

38. 适于学生自制的一款低价优质功放

许多学生都想自己动手制作一台功放，用“随身听”做音源，享受一下“发烧”的乐趣。学生财力有限，这里特向大家介绍一款造价极低的优质功放，它与小型收录机及低价位音箱搭配，可获得令人满意的效果，特别适合学生制作。

【电路原理】

该功放电路如图 5-100 所示，用了两只 TDA2030 集成电路做为功率放大；另用一只 TL082 构成有源伺服电路。TDA2030 内部设有过热、过压及输出短路保护，其外围电路元件少，装调十分方便。有源伺服电路的加入使电路工作更加稳定，同时使失真减至最小。另外，

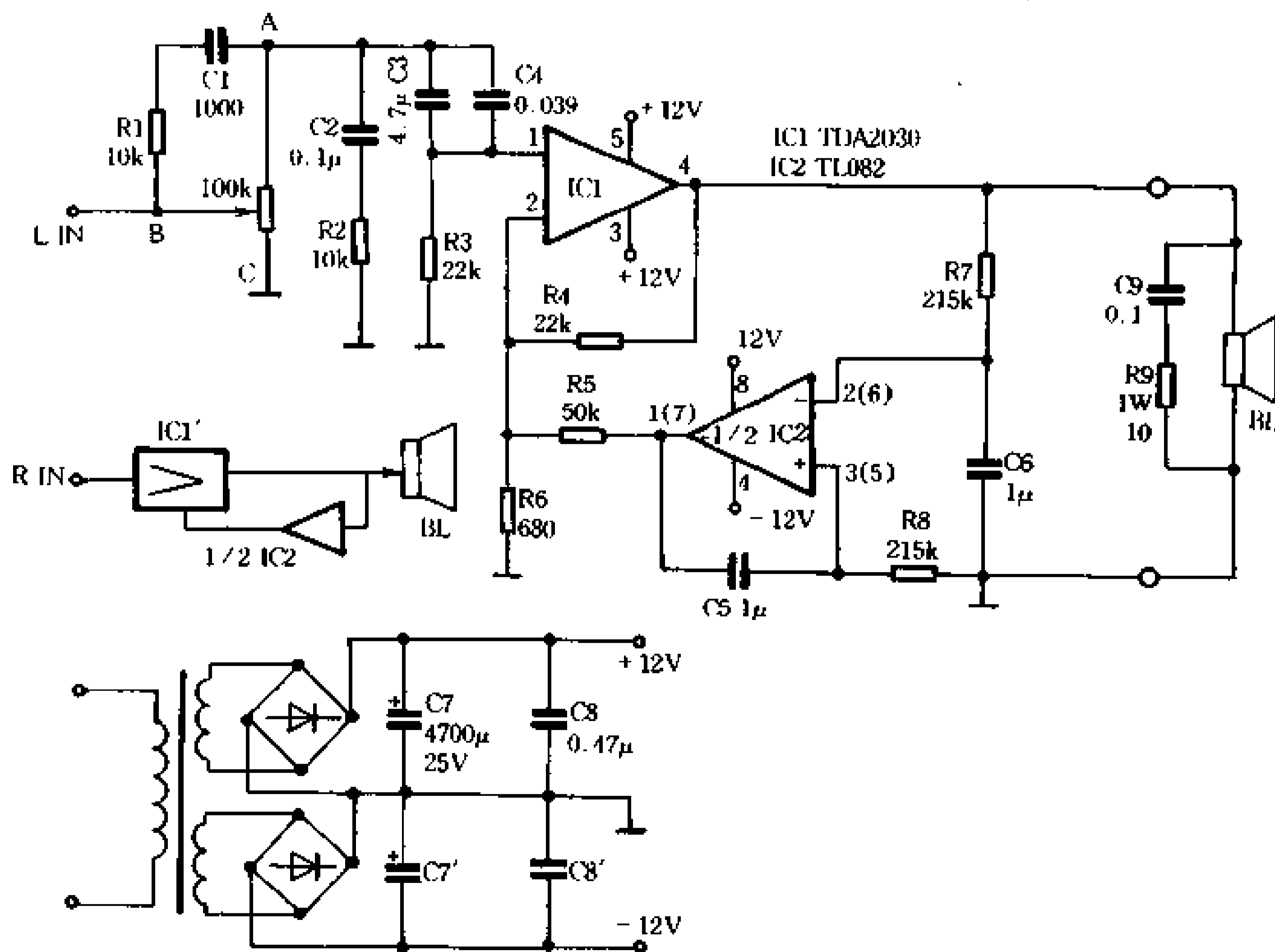


图 5-100

电路在输入端由 R1、C1, R2、C2 组成高低音提升电路, 在小音量时, 可适当提升高、低音。

如图 5-101 所示是其印制电路板图。在布线上实行严格一点接地的方法。

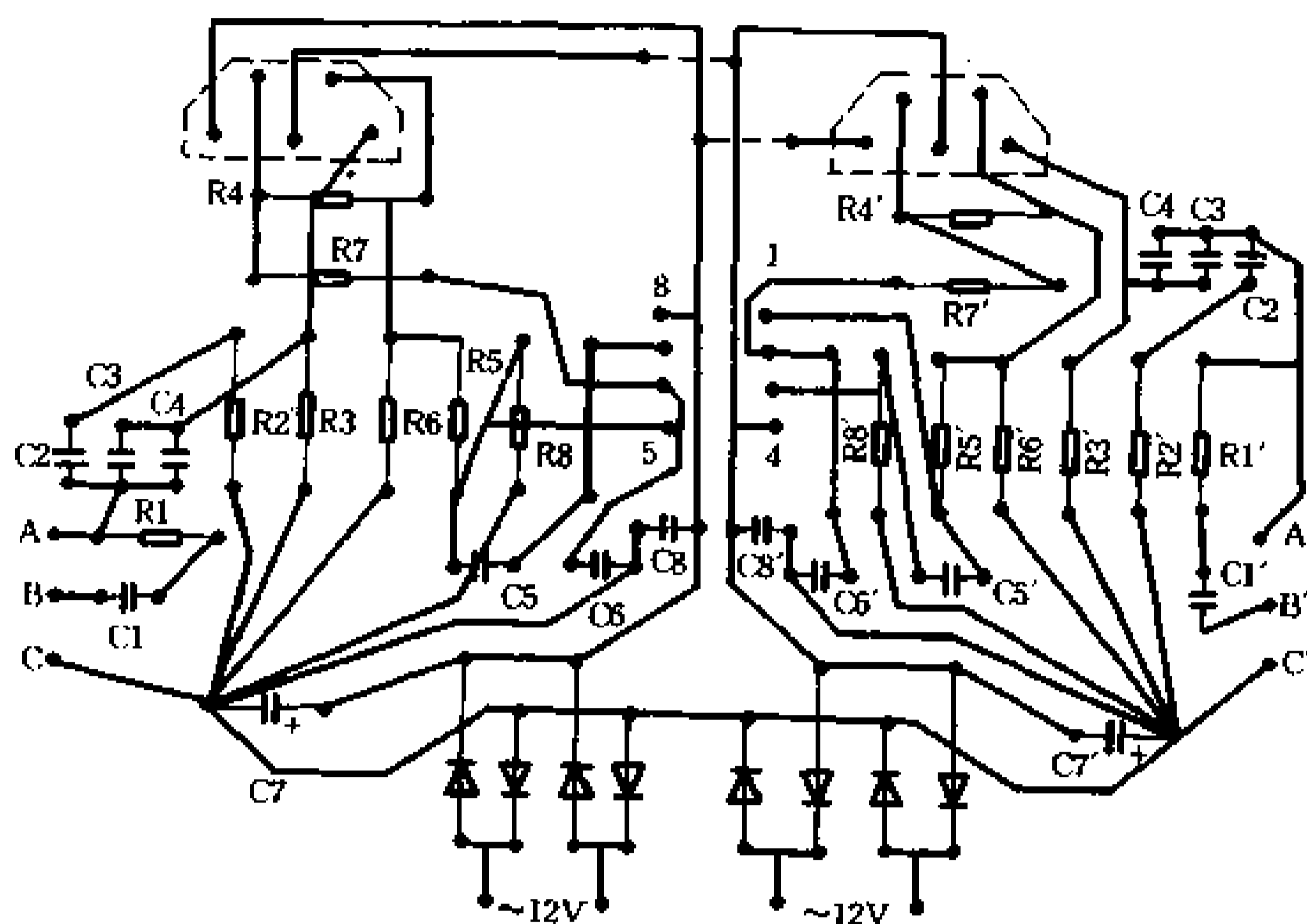


图 5-101

【元件选择】

元件选择一定要严格。市售的 TDA2030, 有些属劣质品, 购买时一定要认真辨认, TL082 也可用手头现有的 NE5532、LF353 等, 且电路不必改动, 可直接代换。一律采用金属膜电阻, 除 R9 用 1W 外, 其它均用 1/4W 电阻。电容器 C4、(C4') 用钽电容; C7(C7') 用 4700 μ F 电解电容器, 其它各电容均采用 CBB 金属化无感聚丙烯音频专用电容。电源变压器可用 40W、双 12V 独立输出的小型变压器。整流二极管最好选用 2A 的整流二极管。制作时, 可将 R9、C9 直接串联焊在扬声器端子上。电位器应用屏蔽线引出至面板上。

39. PI-AD20 小型功放

PI-AD20 为日本 NEC 株式会社小功放机, 消耗功率为 11W, 使用电源电压 9V。

该机体积小, 仅袖珍收放机设有电源插座、立体声输入梅花插座、立体声输出插座(可接耳机或小音箱)、超低音输出插座(可直推超低音箱)。机壳上另设有耳机音量、超低音增益、音量 3 只电位器调节器, 使用非常方便, 可广泛用于多媒体电脑、游戏机、音响上。电路如图 5-102 所示。

拆开机壳, 一块整洁牢固的电路板展现于眼前。专业流水线焊接点光滑干净, +105 $^{\circ}$ C 发烧级电容, 超薄双联电位器, 专业铝散热器。试听无论接耳机还是小音箱, 音质都纯净自然, 频响宽广, 特别是噪声几乎不存在。接入自制的超低音音箱, 声音立刻变得深沉有力; 同时接两声道也非常融合。此机市售价仅几十元钱, 实为超值。

不足之处是立体声耳机输出采用 M5216 运放放大, 其功率实在有限, 如能用 TDA2822、7050T、ULN3782 等小功率功放代换, 效果将会更佳。

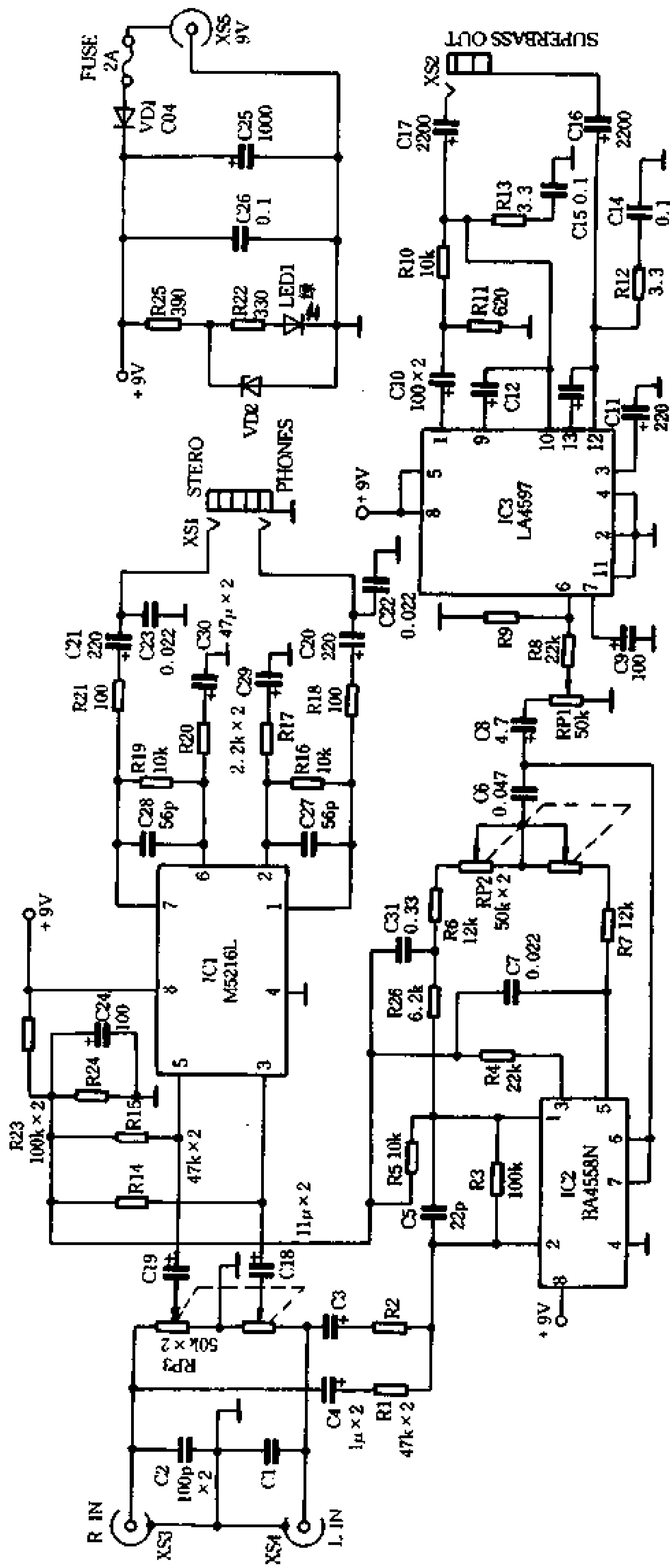


图 5-102

40. 直流伺服恒流功放

前些日子从某公司购得一块直流伺服恒流式立体声功放印制电路板，它采用 TDA1514A 集成电路，如图 5-103 所示。听后马上觉得其高频浓郁显得浮躁，低音匮乏，给人以干瘪呆板的感觉，另外其开、关机时“咔嚓”声很大。后来虽然参考了有关电子报刊，并对其作了些改进，但音质仍不能让人满意。最后在万般无奈的情况下，把线路恢复到飞利浦推荐的电路，放入原来的唱片试听，马上就觉得与原来不一样，低频表现出来了，而且显得有弹性，曲子的高中低频分布显得协调，高音不在刺耳但仍十分清晰，一扫原来呆板干硬的感觉，而且开、关机时“咔嚓”声几乎听不见了。就这样又听了几天，感觉低频仍嫌不足，于是把图 5-104 中 AB 点交流负反馈的低端截止频率，要比交流负反馈网络改成准交流负反馈好，如图 5-105 所示。因为准交流负反馈的低端截止频率要比交流负反馈的低得多，显然它要比直流负反馈稍高，但其对扬声器零电位的保持能力要比直流负反馈高一个数量级。通电后用数字表测其输出直流电压仅 3mV 左右，放入唱片细听，发现其低音潜得比原来更深，高音细腻了许多，直到这时才感到满意。

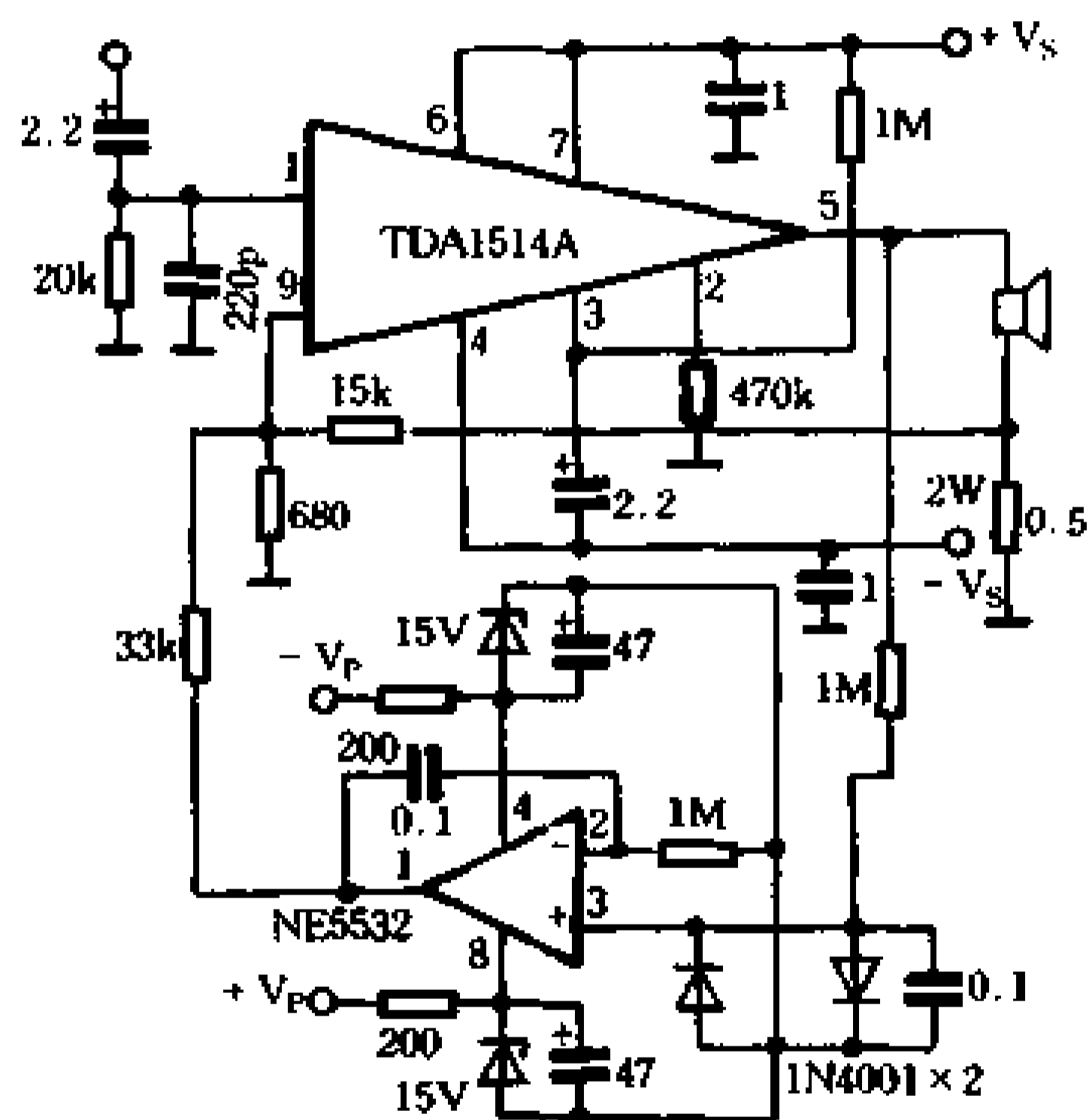


图 5-103

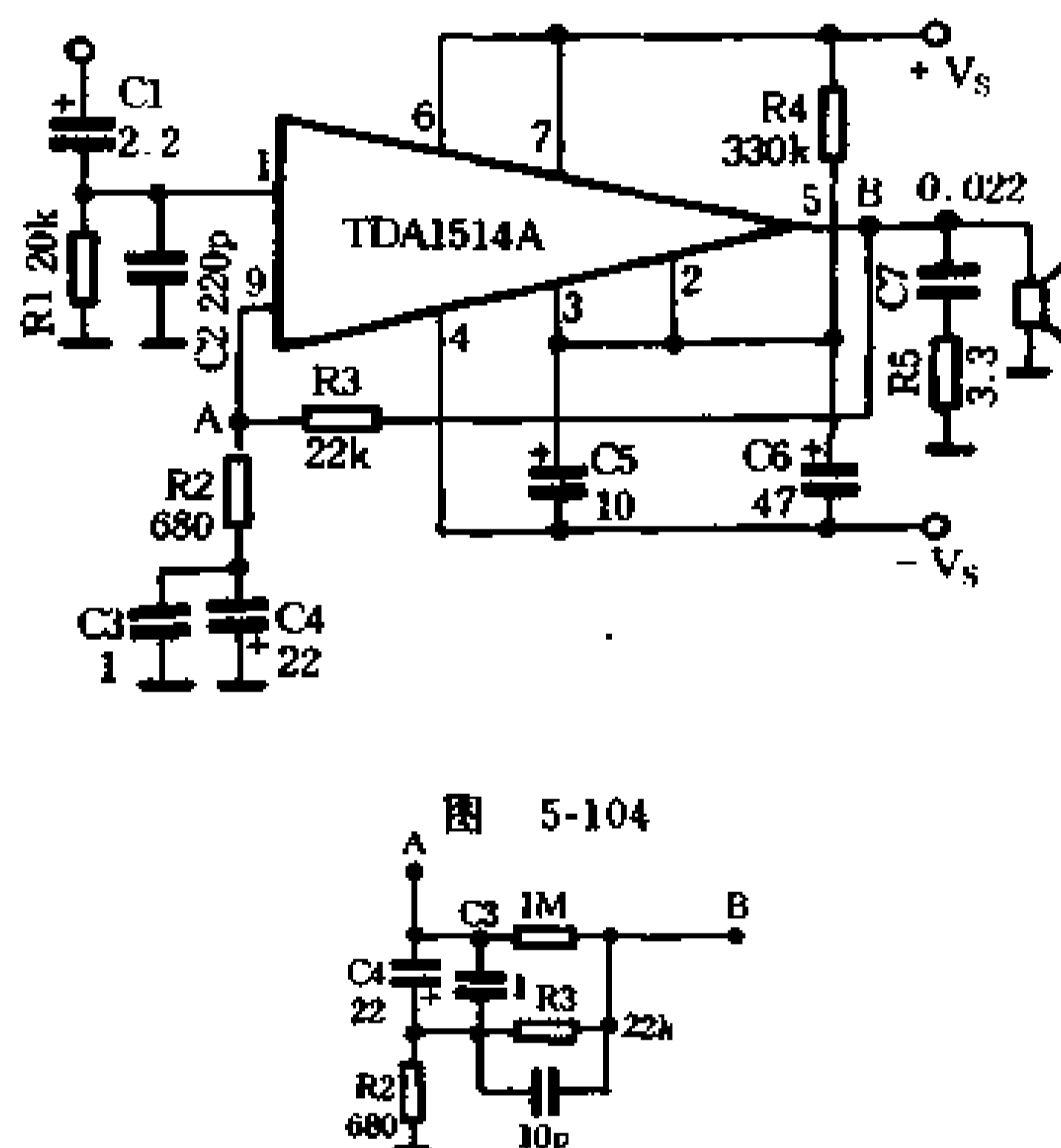


图 5-105

41. 单芯片音频功率放大器

【电路原理】

Burr-Brown 公司生产的 OPA541 芯片是一个功率放大器，它能由最大为 $\pm 40V$ 的电源供电，而产生最大电流为 5A 的连续输出。可通过外部的电阻，调节输出电流的大小，以保护放大器和负载，使之正常工作。OPA541 具有两种封装形式，一种是①脚塑封，另一种是 TO-3 密封封装。

OPA541 为一个性能较佳的功率放大器。电路如图 5-106 所示，该电路在音频信号的输入电平值为 $1.3V_{rms}$ ，由对称的 $\pm 35V$ 电源供电时，能够给 8Ω 的负载提供大约 60W 的功率。此

时,通过并联电阻 R6、R7 限制输出电流值(最大为 8.5A),也能安全驱动 4Ω 的负载,使之获得最大的驱动功率。但是 R6 和 R7 的设置要注意保证放大器在短路时得到安全保护。要使放大器在其安全区内工作,则要求电流门限值为 1.8A。决定电流门限电阻阻值 R_{C1} 可由下面的公式计算:

$$R_{C1} = (0.813/I_{abn}) - 0.02 \quad (\Omega)$$

该放大器的失真度低, THD 低于 0.5%。

IC 的静态电流仅为 20mA, 带宽由 C3 决定, 大约为 22kHz, 输入滤波器 R2、C2 用于减小 IMD(内部调制失真), 并且减小带宽, 使带宽降为实际的 16.6kHz; 低端的截止频率由 R1、C1 决定, 为 6.6Hz。

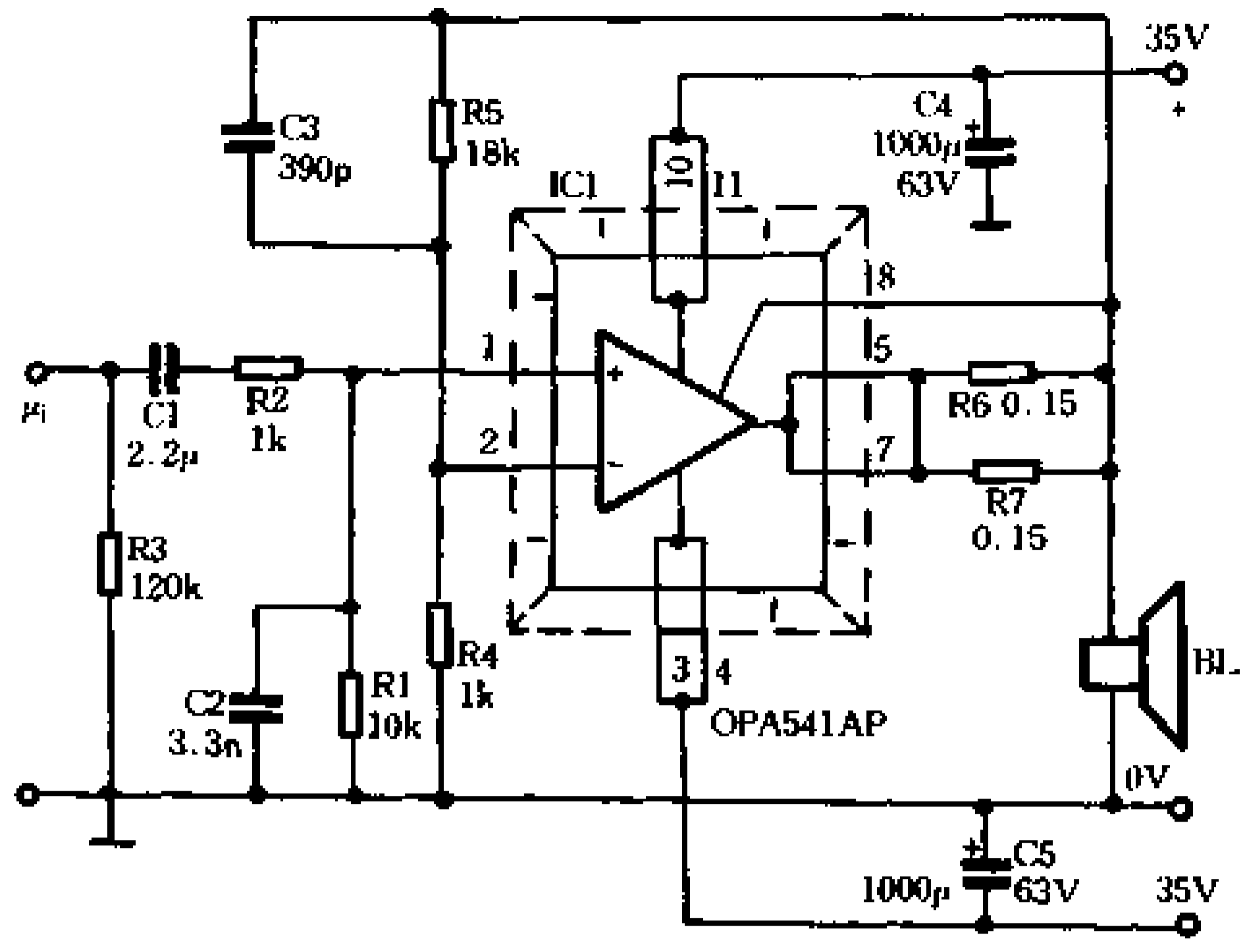


图 5-106

42. 一款简单易制的功放

一般的集成功放电路外围元件较多且需要较大的散热器。本文介绍的功放电路简单, 自制方便。

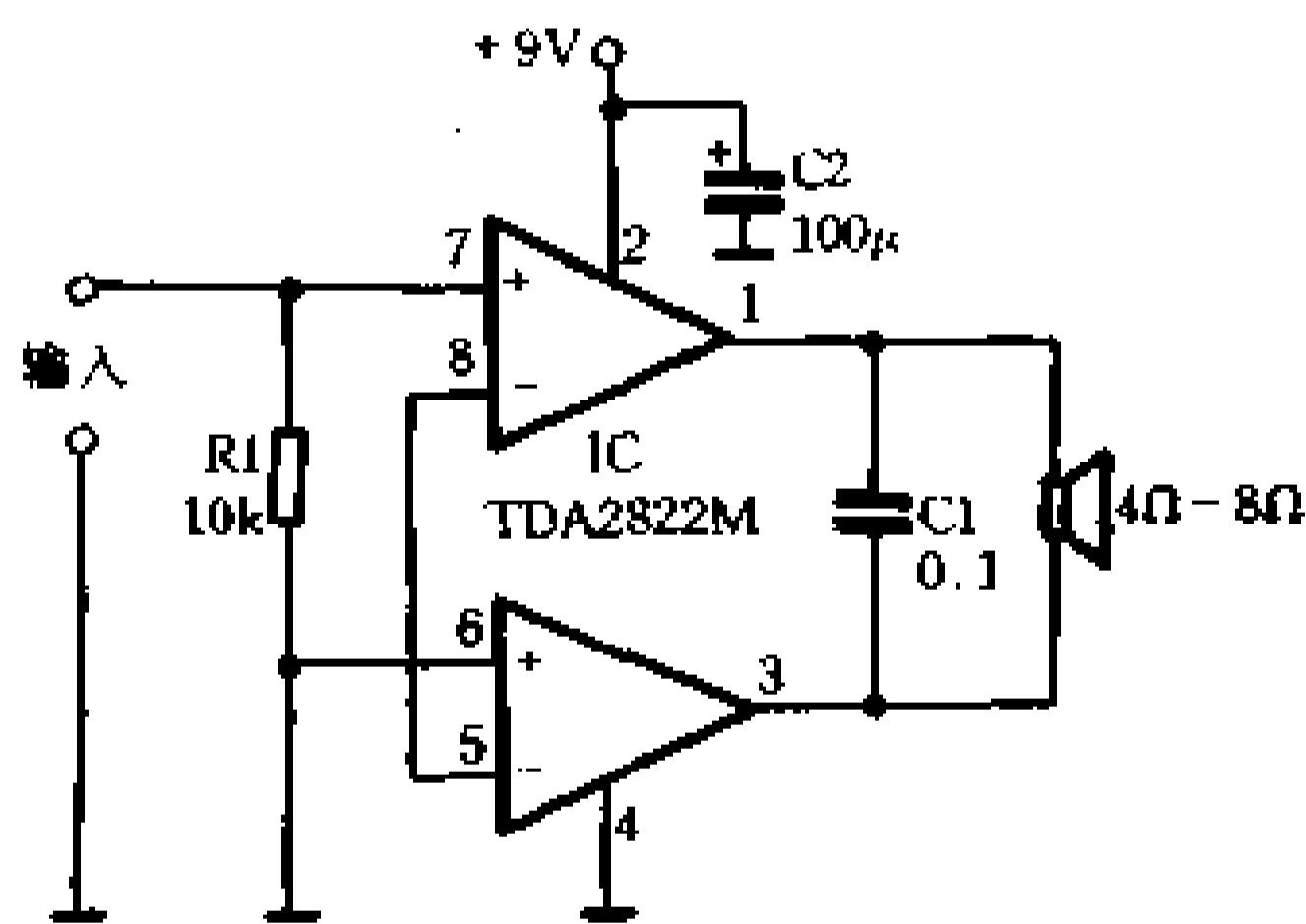


图 5-107

电路如图 5-107 所示。用一块 TDA2822M 功放集成电路接成 BTL 方式, 外围元件只有一只电阻和两只电容, 不用装散热器, 放音效果也令人满意。

【元件选择与安装】

集成电路 TDA2822M 为 8 脚双列直插式封装, 如果买不到可用 TDA2822 代替, TDA2822 的封装与 TDA2822M 相同, 它们区别在于: TDA2822M 从 3V 到 15V 均可工作, 而 TDA2822 的最高工作电压只有 8V。使用 TDA2822 必须把电压降到 8V 以下。R1 的数值要求不拘, 一般选用 10kΩ 的碳膜电阻。C1 可选用 0.1μF

的涤纶电容, C2 为 100μF/160V 的电解电容。

图 5-108 是其印制电路板图。由于电路简单, 印制板可用铲刻法制作。电路板不用钻孔, 用水磨砂纸或牛皮纸沾少量水擦亮, 用水洗净擦干, 涂上一层松香酒精溶液, 干后把元件直接焊在铜箔面即可。

焊好后检查无误, 然后先不接扬声器, 接上电源, 则正负输出端之间电压应小于 0.1V。接上扬声器, 用手触摸输入端, 扬声器应发出较大的“嗡”声。这时即可输入信号试音。

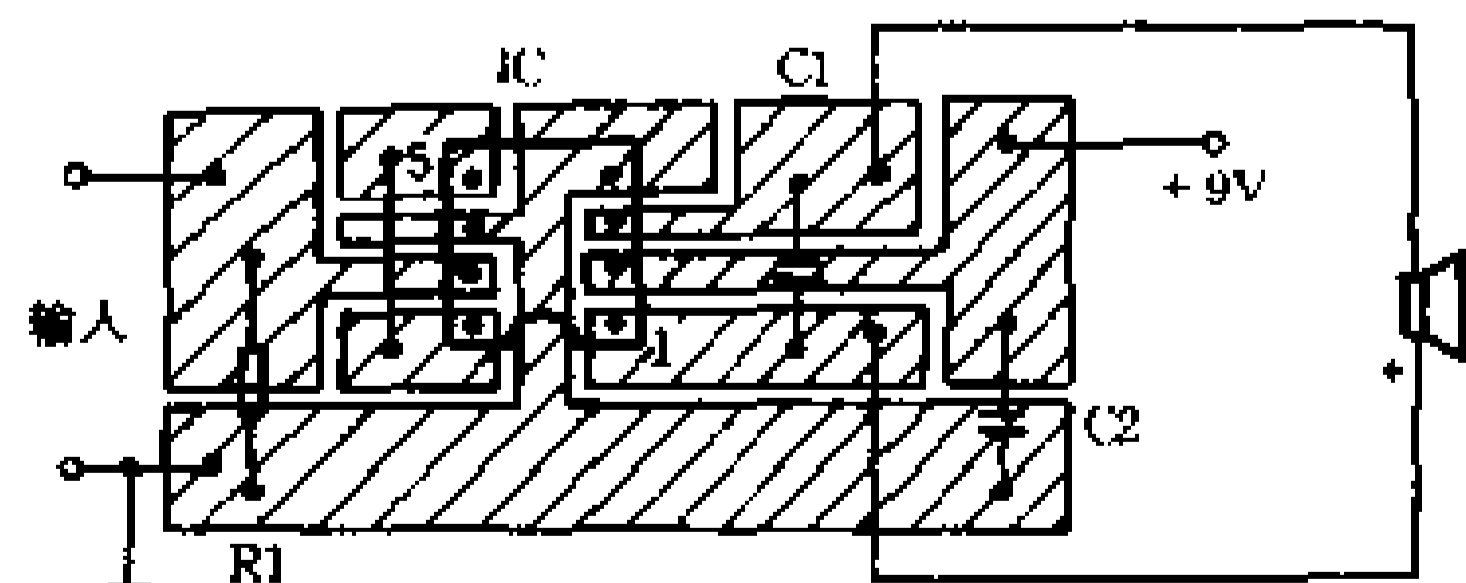


图 5-108

使用时应注意：由于本功放为直接耦合，所以输入信号不能带直流成分。如果输入信号有直流成分则必须在输入端串接一只 $10\mu\text{F}$ 左右的电容隔开，否则将有很大的直流电流流过扬声器，使之发热烧毁。

在实践中，若对图 5-107 再进行适当的改制则效果更为理想。改进后的电路如图 5-109 所示。在使用中发现，音量开得最大时 TDA2822M 发热烫手，于是给 TDA2822M 制作了散热器，如图 5-110 所示。散热器用厚 1mm，长 38mm，宽 25mm 的铝片制成。并在散热片上开 5~6 个长 10mm，宽 1mm 的槽，再把散热片沿虚线折成“U”形。装散热器时先在 TDA2822M

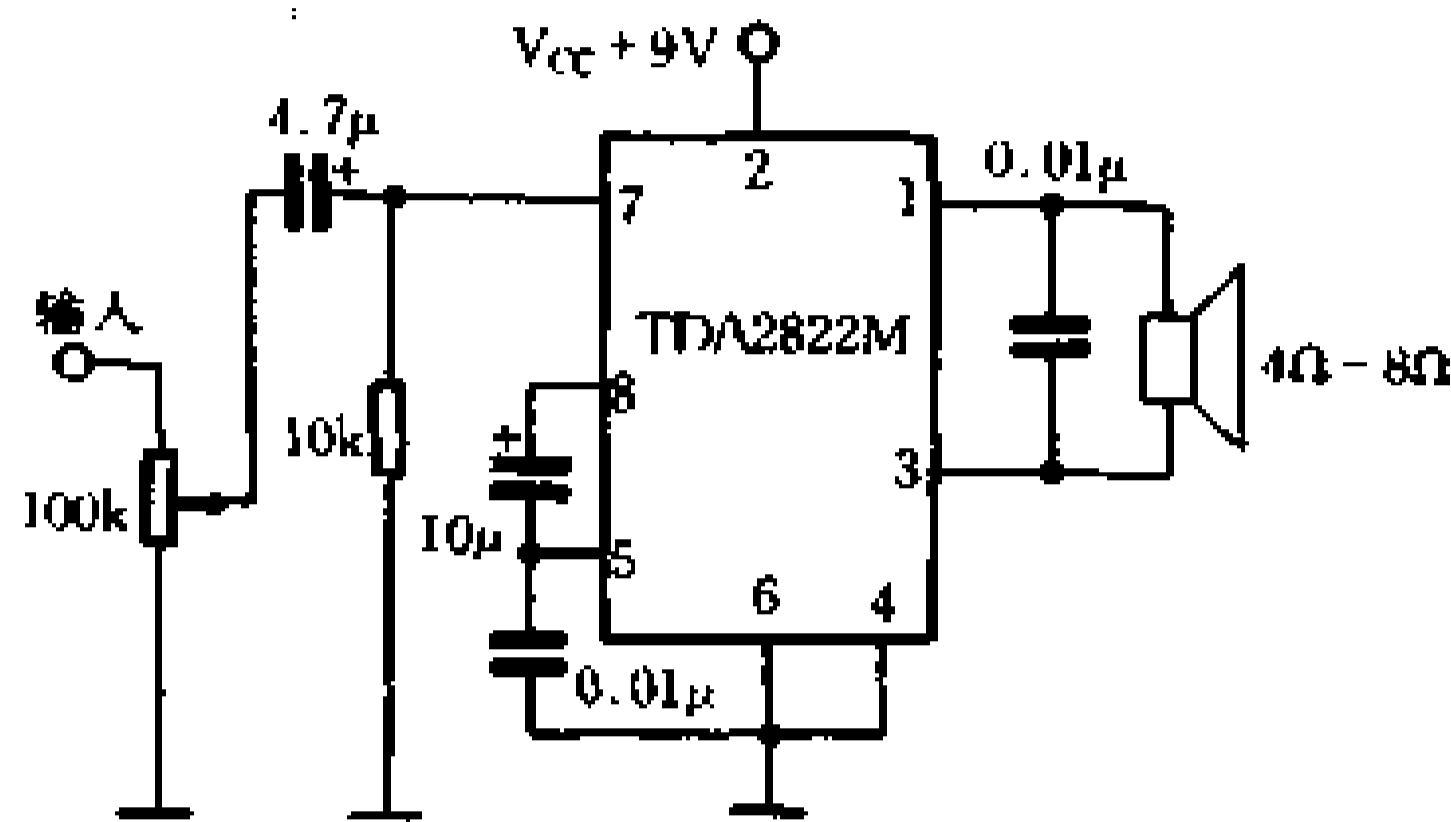


图 5-109

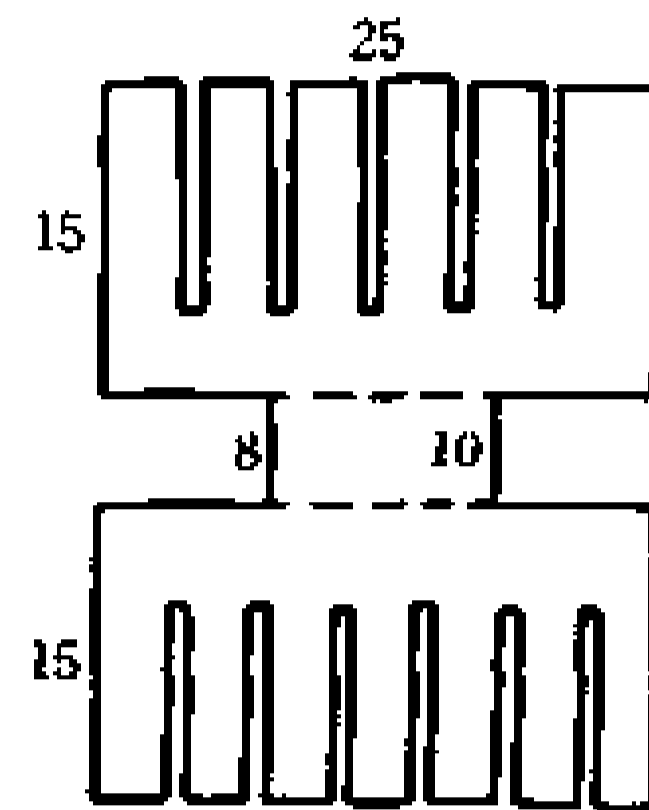


图 5-110

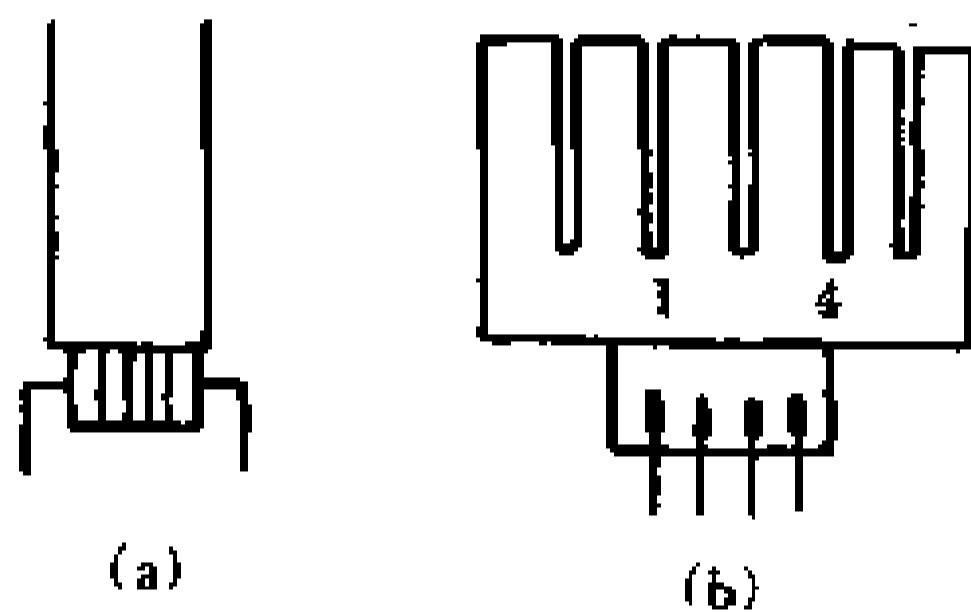


图 5-111

上放点硅脂(硅脂可剖开 3AX31 或 3AX81 管壳中取)。按图 5-111(a)用细线绑扎紧即可。应注意的是把 TDA2822M 的引脚数写在散热片的侧面，以免焊接时出错。加散热器后，音量开至最大散热器只暖一点，散热效果不错。此法也可用于其它小集成电路的散热。我们用两个功放电路做成随身听立体声功率接续器，来推动两个小音箱，效果很好。

43. 自制电流负反馈电子分频式功率放大器

本文作者参照有关书刊资料精心制作了一台靓声的电子分频式放大器。功放部分采用了设计新颖的电流负反馈电路。

【电路原理】

该机电原理图如图 5-112 所示。图中是一个声道的电路图。

从图中可以看出，整个电路十分简洁。它由以下几个部分组成：

(1) 电子分频部分。IC1 为有“运放之皇”之称的 NE5532。它与周围的阻容元件构成了一个典型的有源二阶滤波器。输入信号经过分频后送入后面的功放单元分别放大。按图中数据该滤波器分频点为 3.7kHz，若需改动，只需简单计算后改变滤波器的阻容元件即可。

(2) 功放部分。IC3 为 TDA1514。IC4 为 LM1875，它们分别担任低、中、高频段的放大。可以看出，该部分与大部分功放电路的最大区别在于其增加了负反馈电路。一般功率放大器采用的反馈形式皆为电压负反馈，而本机则采用了电流负反馈。R15、R23 把流过扬声器的电流取样，反馈到放大器的输入端，使放大器以固定电流方式驱动负载。这样，扬声器也成了负反馈网络的一个部分，可以消除扬声器阻抗对电声系统瞬态特性的影响，使系统瞬态失真减至最小，从而改善了音质。此外，采用了电流负反馈后，功放的输出功率随着负载阻抗的增大而增大，与电子管功放的输出负载特性相似，对改善音质也是有利的。

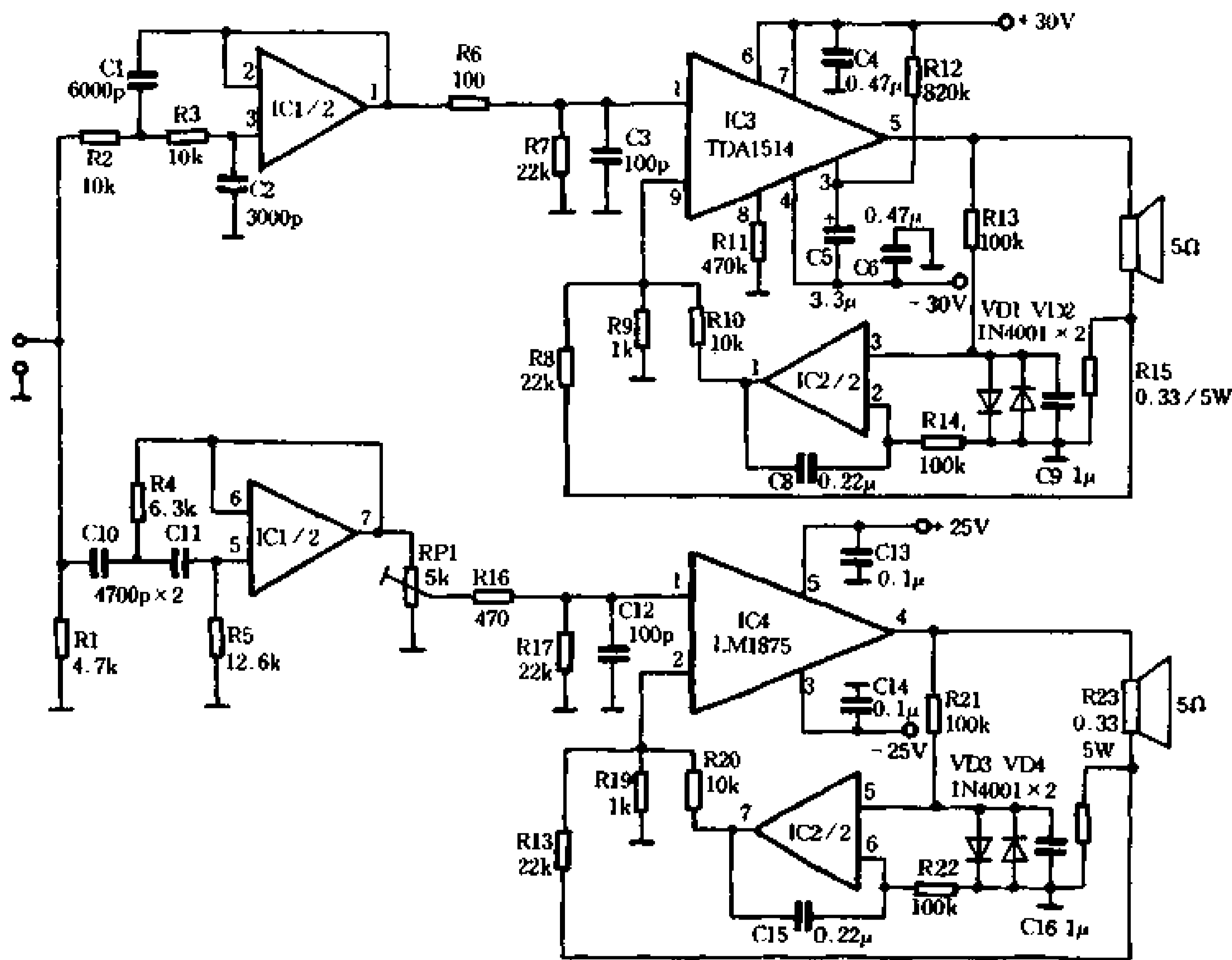


图 5-112

(3) 伺服电路。本放大器取消了所有的耦合电容及负反馈电容，故用另一块“运放之皇”构成了中点零位伺服电路，以稳定放大器输出端的直流电位。

【元器件选择与安装】

本放大器每个声道采用了一只有双22V、双18V/150VA的环形变压器。功放部分电源采用双桥式整流，大容量电容滤波。在大电容上并有0.1μF的CBB电容，以降低高频内阻。分频网络及伺服电路所需±15V电压，由直流±25V经三端稳压集成电路稳压后获得。电源部分原理如图5-113所示。

整机印制板图如图5-114所示（一个声道）。

为取得好的音质，制作时尽量选用优质元件。电路中的小功率电阻全部采用日本精度为1%的低噪音五色环金属膜电阻。分频网络中的R4和R5不是标称值，可采用双并联的方法，使实际值尽量接近计算值。大功率电阻R15和R23选用0.33Ω/5W陶瓷无感电阻，直接焊

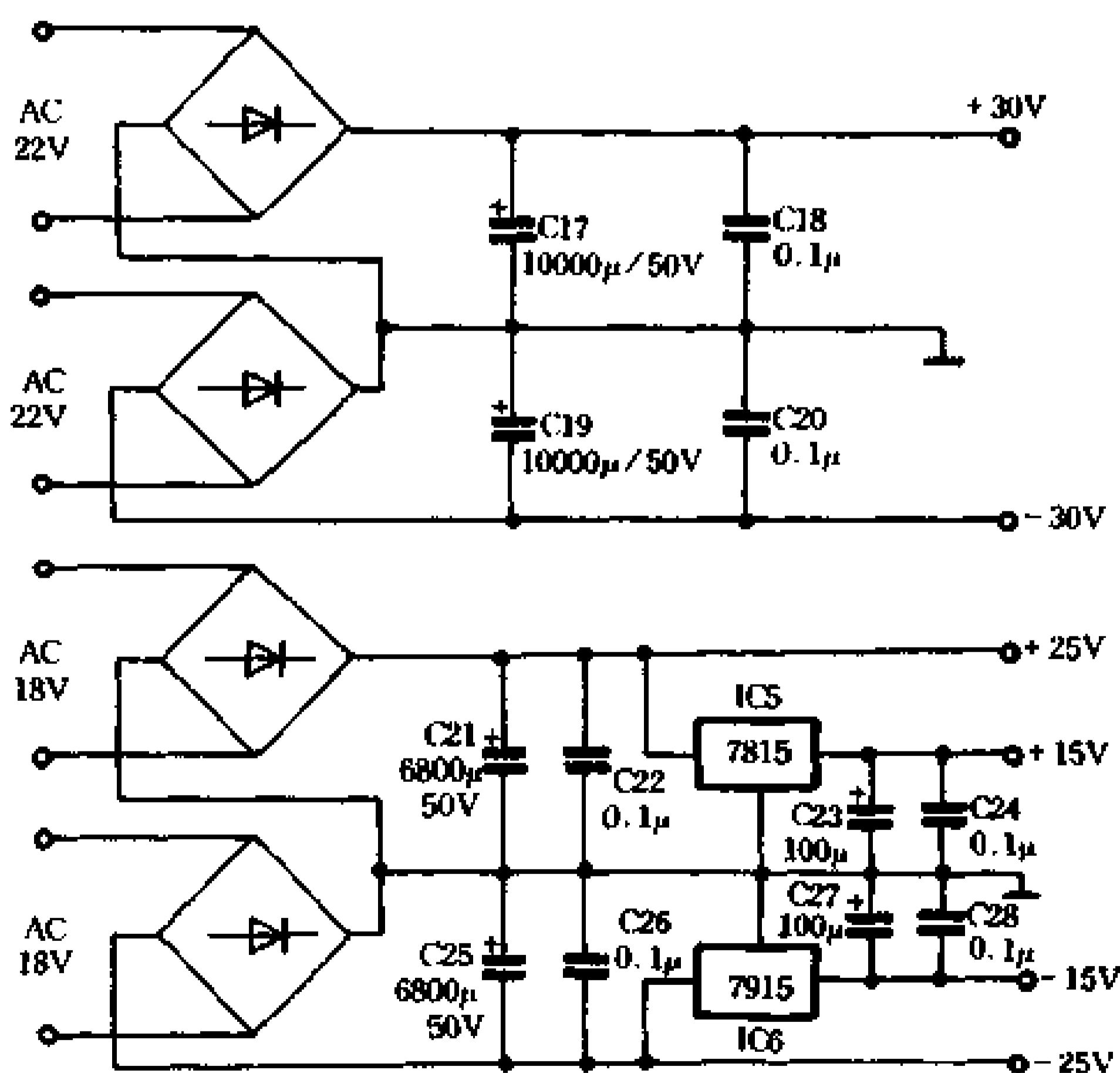


图 5-113

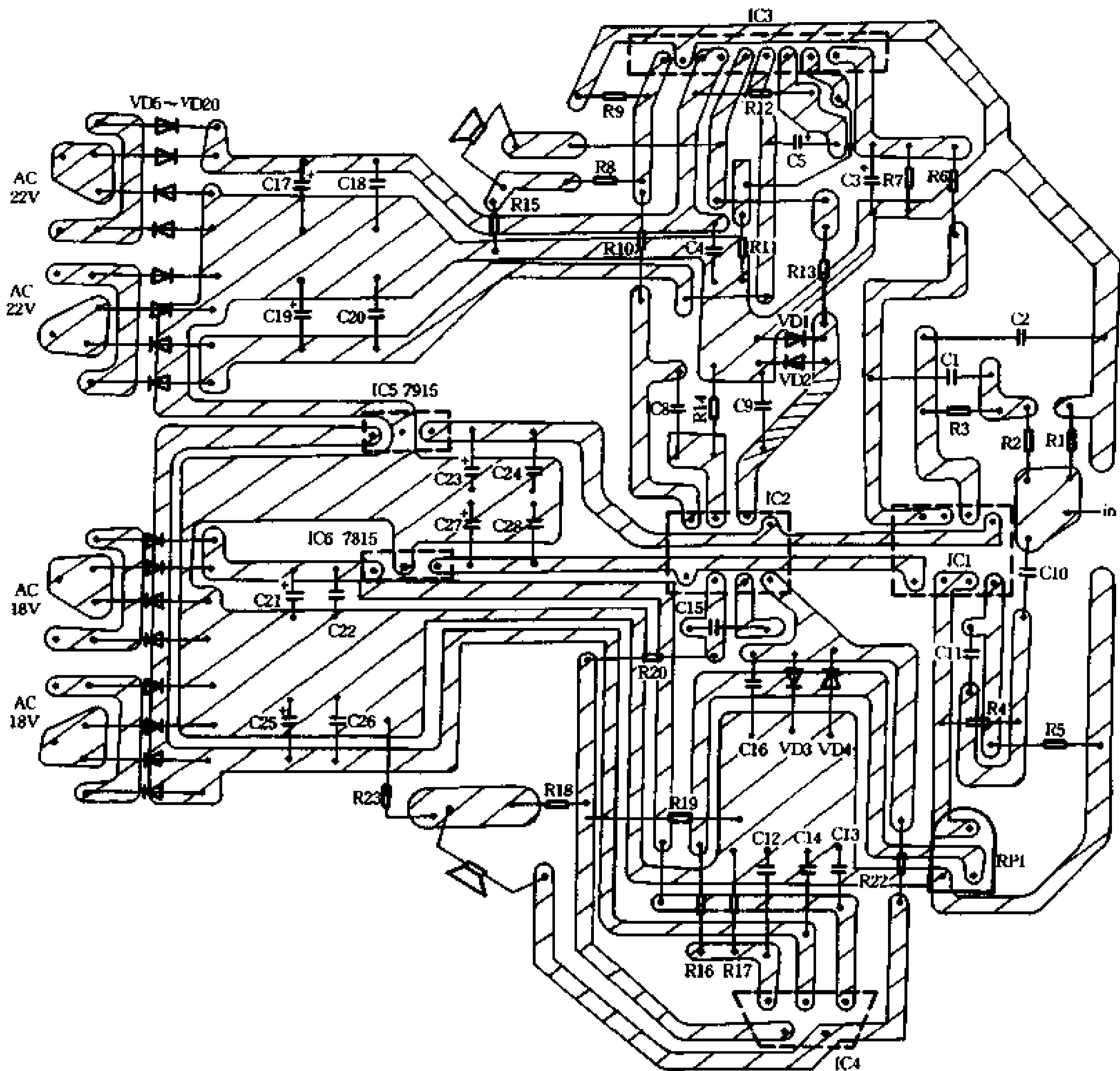


图 5-114

在铜箔面。其接地端与电源部分大容量电容接地端直接相连，以防止大信号在地电阻上产生压降形成干扰。容量小于 $10\mu\text{F}$ 的电容器选用西德 WIMA 电容。容量大于 $10\mu\text{F}$ 的电容器选用日本黑金刚高速电容。整流二极管采用了高速快恢复二极管，规格为 $6\text{A}/800\text{V}$ 。由于本机功率较大，采用了成品散热器。功放电路与散热器的接触面加上长度适当的绝缘云母片，且涂上一层硅脂，以利于导热。

所有元件安装完后，仔细检查，确认无误后可接通电源。RP1 是用来调整高频输出电平的，一般可调整至可调端与地端电阻为 $3\text{k}\Omega$ 处即可，也可根据个人喜好自行调整。然后再测输出端直流电位不超过 10mV ，即可接上扬声器试听。

试听时可使用先锋 CLD370 影碟机音源，音箱为“低频霸王”。取出音箱内原有功率分频器，高、低音扬声器分别与功放输出端驳接。其放音效果令人振奋，低音厚实有力；中音明亮，极富临场感；高音流畅纤细。整个音域层次分明，与以往所用功放相比，少了些生硬，多了些柔和，十分动听。

44. 汽车全套无线电设备声频功率放大器

【电路原理】

本文介绍一种用于汽车最佳而有趣的声频放音高质量放大器结构方案，以最低的花费就能实现，而且该方案同样可用于小型便携式音乐中心。该功率放大器的特点是低通道没有附加另外的放大器，低频通道的扬声器经滤波器接到二个立体声通道的输出端，其中一个信号反相，因而构成桥式连接电路，在低电压供电的情况下，压缩型低频公共扬声器上可以获得足够的功率。

声频功率放大器电路如图 5-115 所示，双运放大器 IC1 构成前置放大器，它的一半在左声道工作于反相状态，而另一半在右声道工作于同相状态，前置放大器的放大倍数等于 1，除了使信号在其中一声道反相外，它还提供功率放大器 IC2 和 IC3 集成电路输入端的偏压。为了使功放放大器输出端在电源电压接通后直流电压平稳缓慢增大，消除接通电源瞬间产生的“喀啦”声，在电路中引入了消“喀啦”声电路 R6、C5，电源接通时，C5 上的电压是缓慢增长的，不会使输出产生“喀啦”声。二极管 VD2 用于电源断开后电容 C5 快速放电，稳压管 VD1 用于功率放大器输出端的直流电压，因而供电回路的波动不会影响声频放音的质量。该电路的另一特点可以工作在普通单通道状态，例如收听语言节目，在这种情况下降低了消耗功率，提高了被放大信号的下限频率。同时用开关 SA1 断开扬声器 BL3 及滤波器，而扬声器 BL1、BL2 经过电容器 C16、C17 连接，减弱了低于 100Hz~150Hz 频率的信号。BL1、BL2 扬声器也经过 R17、C14 和 R18、C15 连接，使高于 300Hz 频率的信号通过。

声频功率放大器的参数如下：

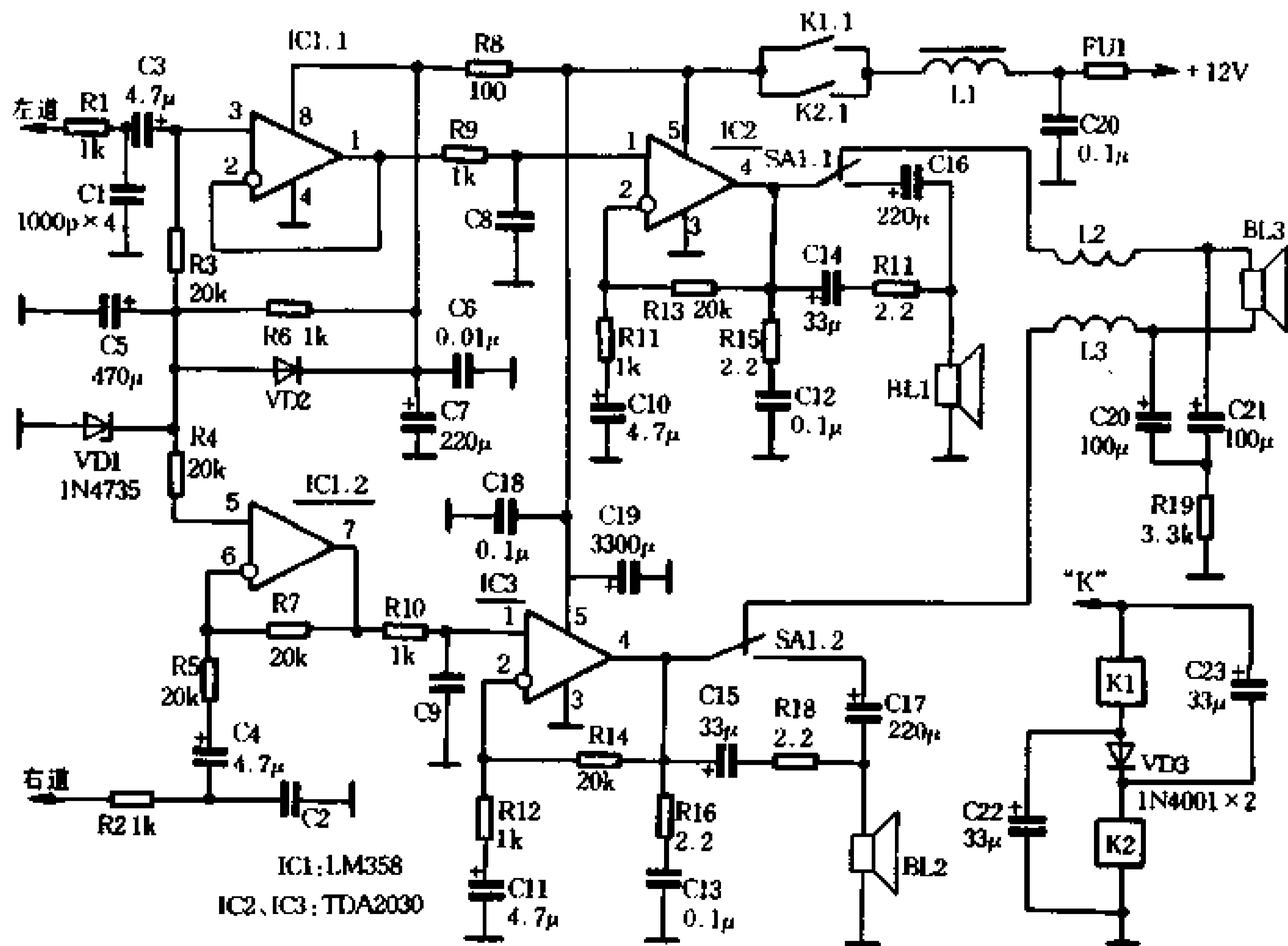


图 5-115

- (1) 放音频率(-3dB电平)的额定范围为 25~22000Hz;
- (2) 立体声道的有效功率为 5.5W×2;
- (3) 低频道的有效功率为 22W;
- (4) 额定输入电压 0.25V;
- (5) 在额定输入电压时谐波系数为 0.12%;
- (6) 电压放大系数为 26dB;
- (7) 静态电流 120mA~150mA;
- (8) 电源电压为 11.7~14.4V。

该声频功率放大器的最大一个特点是它的接通方式，这种接通方法是借助于二个电磁继电器 K1 和 K2，在“K”端子当电源加上时二个继电器经电容器 C22 和 C23 并联接通，电容器充电之后继电器绕组经二极管 VD3 串联接通，这样可以减少流过继电器绕组的消耗电流，改善了功率放大器的温度状况。

【元器件选择与安装】

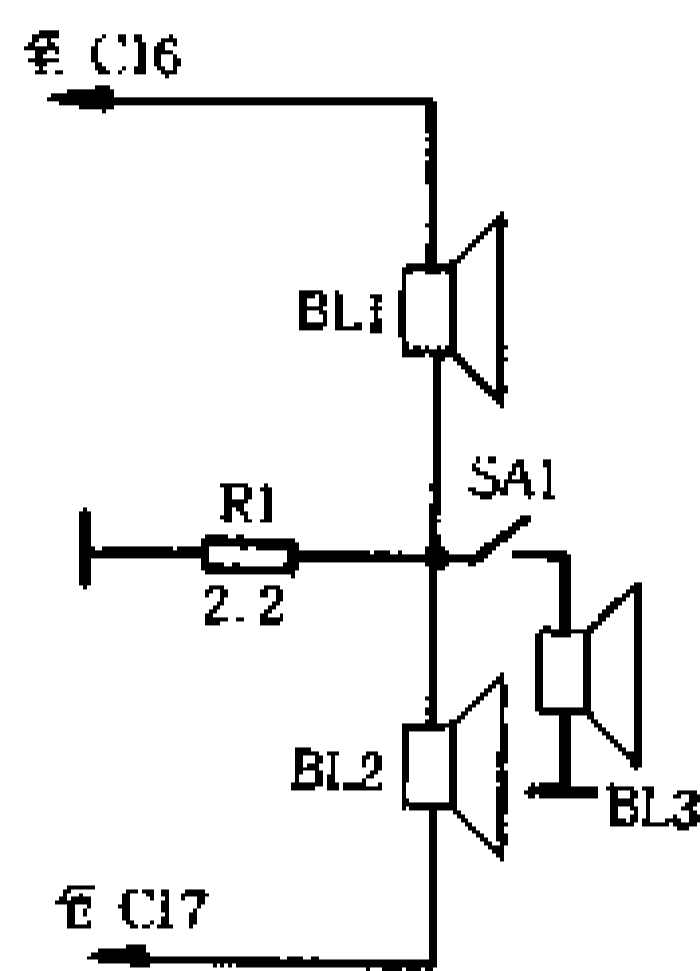


图 5-116

电感 L1 自制，利用便携式收音机输出变压器的铁芯，用 1.0mm~1.2mm 的漆包线绕满骨架。电感 L2、L3 为空芯线圈，在直径为 50mm 的木模式塑料模上用截面积约 1mm² 的漆包线绕 100 匝。功率放大器的调整首先是确定放大器的静态电流不超过 150~200mA。继电器 K1、K2 不加电压，其触点 K1.1、K2.1 用短路线短路，在保险丝 FU1 处串接一只安培表，测出其静态电流。给继电器 K1、K2 加上电压(去掉 K1.1、K2.1 的短路线)，接通电压电路工作，K1.1、K2.1 触点闭合。开关 SA1 在图示位置，在放大器的输入端加入音乐信号，选取电阻 R17、R18 使低频和中高频网络之间的音量均衡。调节 R11、R12 可以改变放大器的放大系数，

调节 C5 可以改变放大器输出端直流电压的增长时间。

如图 5-116 为提供立体声通道信号放音的扬声器连接电路，将它安装在驾驶室中心位置的仪表盘上，可产生良好的音响效果。

45. 一款高保真前后级功放

经众多发烧友实践，推荐下面一款高保真前后级功放。

该功放的前级放大器如图 5-117 所示。由动态降噪器和直流音调、音量控制器构成。

LM1894 是一块非互补降噪集成电路，能对普通磁带、VCD 碟片、FM 广播作 10 分贝降噪，故使用广泛，且失真低、电路简单。

由于各人欣赏音乐环境的不同，对高低音有不同的爱好，故音调控制器是音响组合中必不可少的部分。高保真音响对音调控制器的要求是：能改变频率响应，符合各人爱好，但对音质无损。故推荐单片直流音调音量控制集成电路 LM1036。此集成电路有高音、低音、音量、等响度、平衡调节功能。为了使用的方便，本电路已将等响度设计于常开状态和平衡状态，不必再调节。由于各控制端均采用直流电压控制，电位器不在信号通道中，因而电位器同电路的连接不必使用屏蔽线，同时也消除了电位器的滑动噪声，单联电位器即可实现双声道调节，不必使用价格高昂的电位器就能达到高保真调节，是发烧友制作高质量音调音量控制器的优选品种。实践试听表明，该控制器对高音低音控制力极好，大音量大动态时无一般

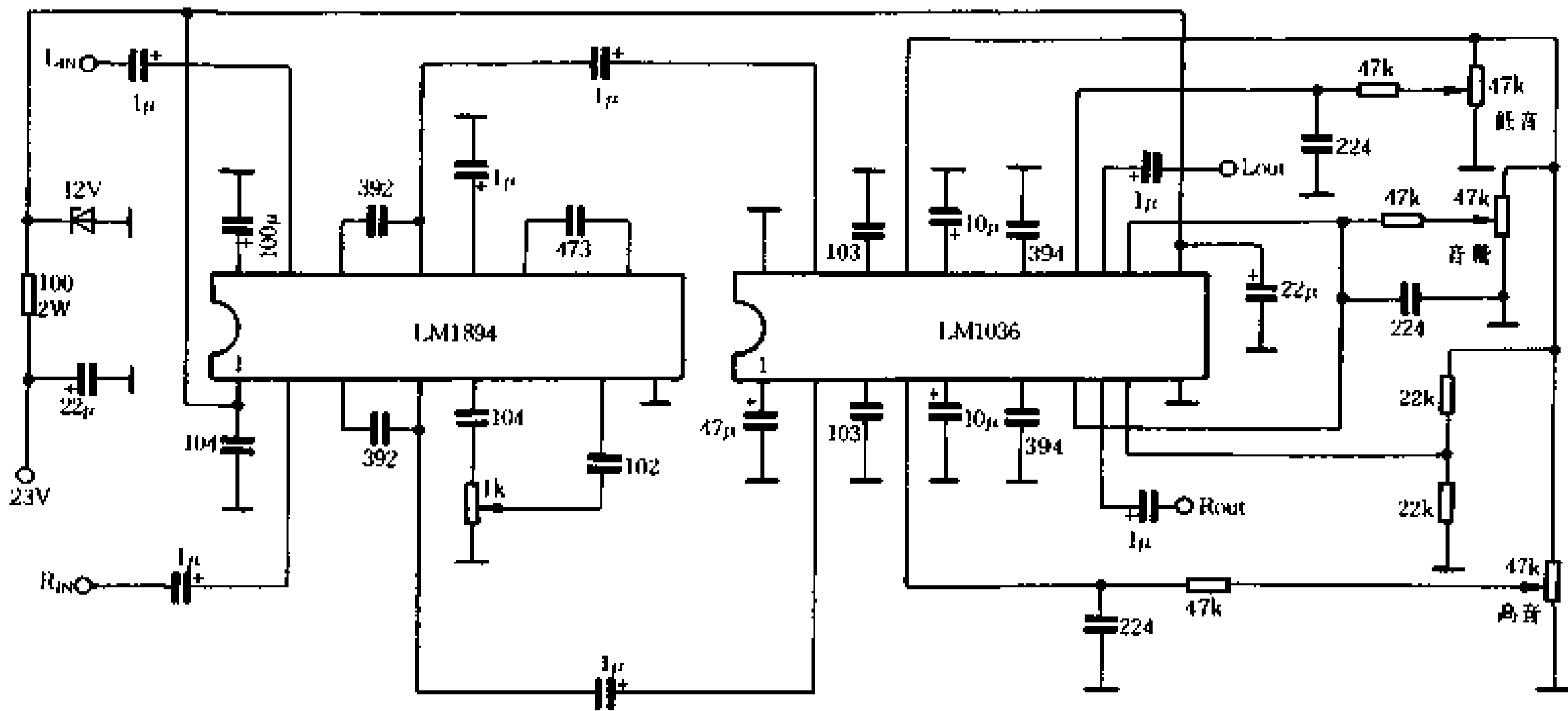


图 5-117

音调控制电路刺耳发毛发软之通病，极动听；将此前级加装在一些音色偏冷偏硬、高低音欠佳的功放上，也有移山倒海之功效；此音调控制器的低频控制力极好，超过一些超低音附加板。

对动态降噪器进行调试时，可用一盘未录节目的空白磁带放音，将高音提升最大，低音衰减最小，音量开足，调节 LM1894⑤、⑥脚间 1kΩ 可调电阻，使扬声器中噪声处于即将增大状态，此步工作最好反复几次。

LM1875 是一性能不错的功放集成电路，以其简洁的电路、优异的性能，得到了众多发烧友的欣赏。使用它所制作的功放，经过一番比较和评价，超过了不少市售成品机。

LM1875 静态电流约 70mA，工作中为甲乙类放大状态，这点为其音色奠定了基础。当 $E_c = \pm 24V$ ，负载为 8Ω 时，其输出功率可达 25W 左右，谐波失真只有 0.04%，完全可以满足家庭听音和业余欣赏的需要。

LM1875 只有 5 只管脚，是一块单声道集成电路，双声道使用时需用两块，共用同一组电源，如图 5-118 所示。如果认为一只 LM1875 输出功率不足，可以每声道使用两只 LM1875 制作成 BTL 功放，如图 5-119 所示，这时输出功率可达 70W 以上。实际上，20W 的功率已优

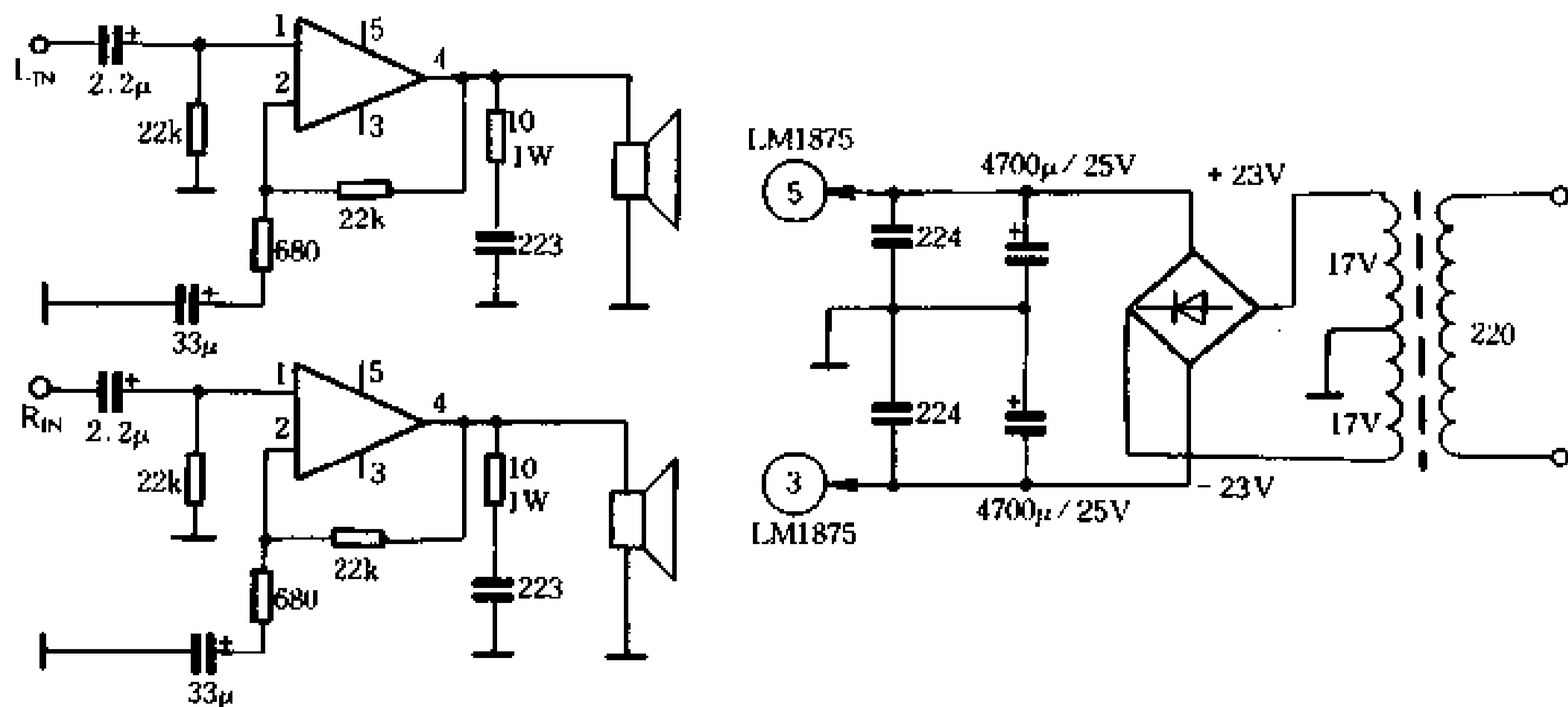


图 5-118

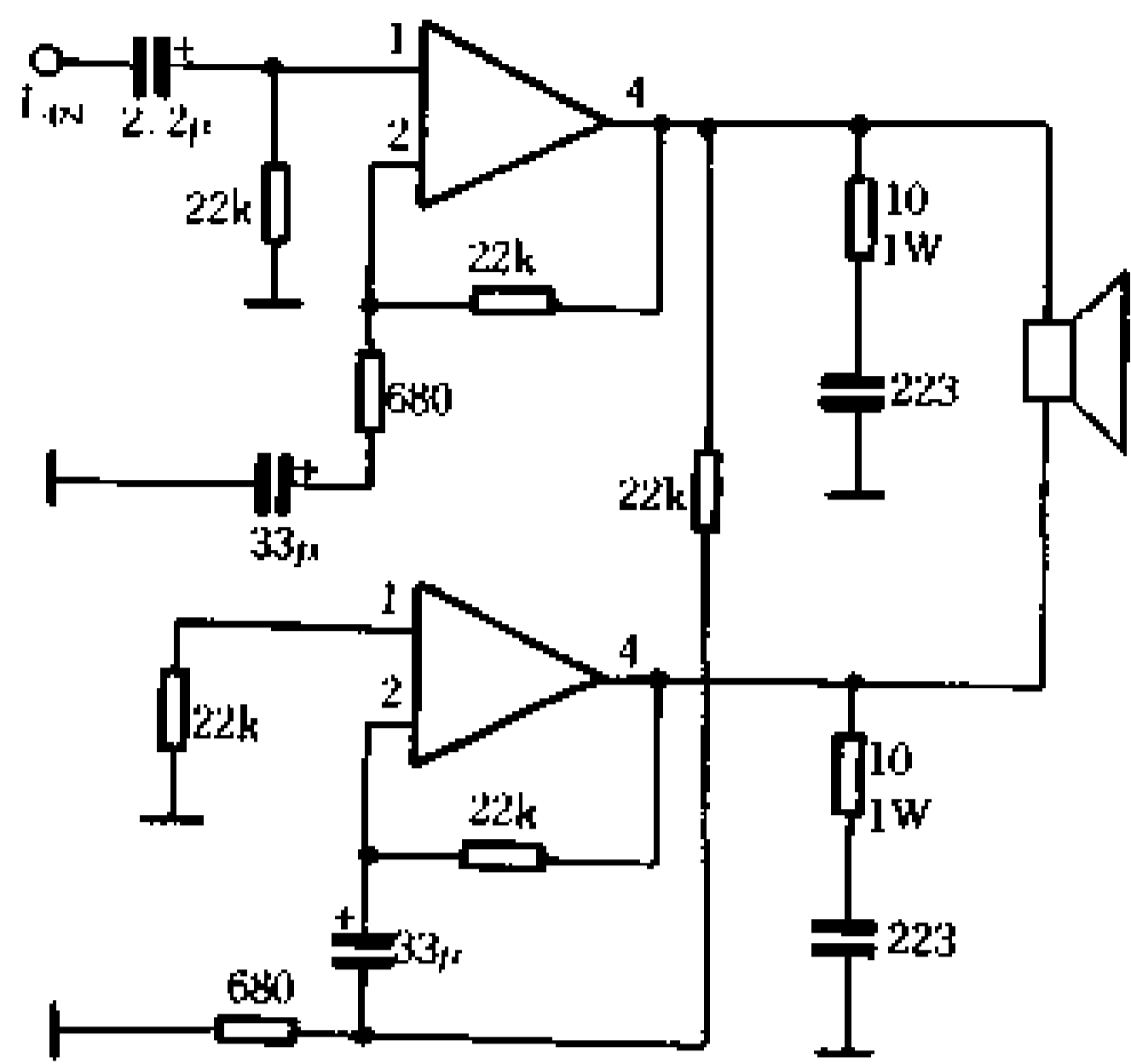


图 5-119

完整的纯后级功放，可配用不同信号源。

文中的前置和功放既可单独使用，也可组合。在实际应用中，最好为前置做一块 12V 的稳压板供电。

除注明外，电阻均选进口五色环 0.25W 金属膜电阻，耦合电容选用钽电容，小容量电容均选超小型金属化 CBB 电容，元件焊接前最好用万用表测量一遍，以防差错，这是质量和靓声的保证。

于市售组合音响所标的 120W 音乐功率。

注意：无论是 LM1875 的 OCL 功放还是 BTL 功放，均应配用面积足够大的散热器。由于 LM1875 的③脚接负电源，与本身所带散热器相通，如果 LM1875 与外接散热器固定时中间不加云母片绝缘，千万不要将散热器接地。如果不是常用大功率欣赏，一般情况下家庭听音不过 5W 左右，这时可选 40W 左右的变压器；如果是常用大功率欣赏音乐，可选 200W 左右的环形变压器。LM1875 在正常工作中，供电电压不要超过 $\pm 30V$ ，常选 $\pm 25V$ 。除其③、⑤脚上的电压为 $\pm 24V$ 外，其余各脚电压均为 0V。如果静态时有噪声干扰，可在③、⑤脚上并联一只 $4.7\mu F/50V$ 电解电容。图 5-118 即是一台完

46. 简单适用的“卡拉 OK”功率放大器

如图 5-120 所示是利用 TDA2822 的特点设计的收音电路。它将立体声的 L、R 声道同时等量放大分别送入功放电路 LM386 的正、反相输入端。

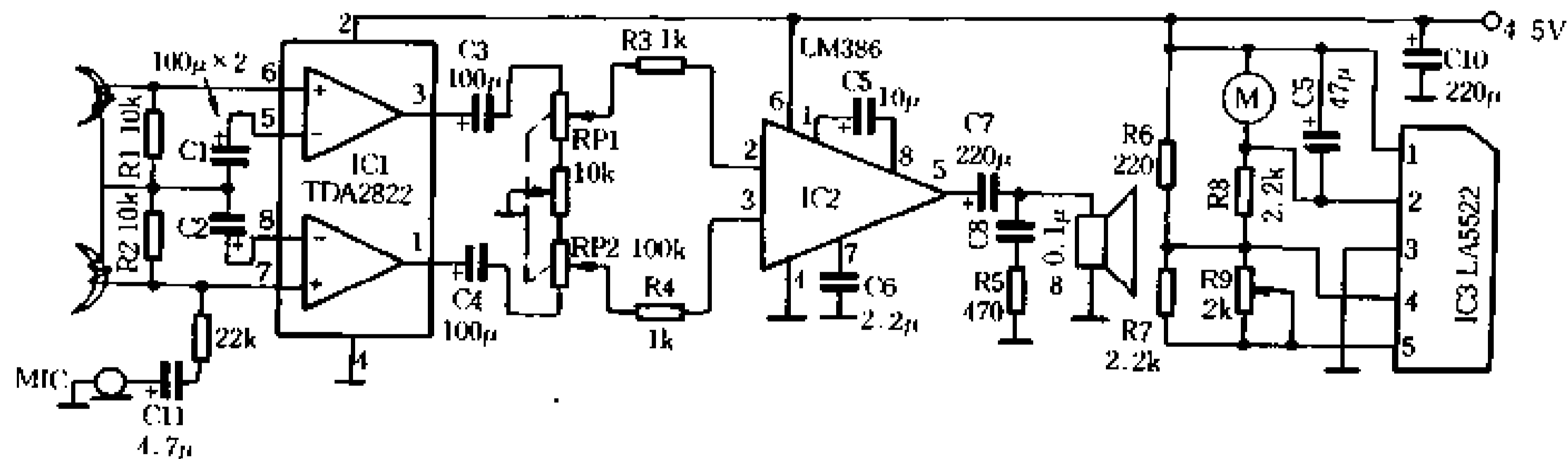


图 5-120

LM386 两输入端的输入电阻都为 $50k\Omega$ ，对地电平接近于零，当两个相同的电平信号加入 LM386 正、反相输入端时，这两个相同的信号在 LM386 内部会相互抵消。立体声磁带中的歌手的歌声是均匀分布在 L、R 声道上的，它经相同的放大，再加入 LM386 的两个相反的输入端，歌手的歌声能抵消掉，通过调节平衡电位器 RP2，能使歌声抵消到最小量。而磁带上的伴奏音乐由于是在 L、R 声道上分别录制的，其内容及乐队排列两个声道也不尽相同，所以伴奏音乐能保留、放大输出。

当你的歌声通过 MIC、C11、R9 输入到 TDA2822 的一路放大，再经 LM386 放大能和伴奏音乐通过扬声器发出声音。

而放大器中残存的微弱的原歌声恰成为你歌声的背景声,加强你歌声的纵深感,完美了你的歌唱。LA5522 是电机稳速电路。

全部电路采用三块小型集成电路及少量的外围元件构成,具有体积小,成本低的特点。

使用该娱乐器只要立体声磁带即可,无须特地寻找 OK 伴奏带,使用方便。

该娱乐器集麦克风、放音于一体,拿在手中,演唱自如,没有拖线的干扰。

图 5-121 是“卡拉 OK”娱乐器的外型图。扬声器位置离麦克风位置较远,不会影响演唱。扬声器最好选用超薄型的,这样制作时体积可做得较小。

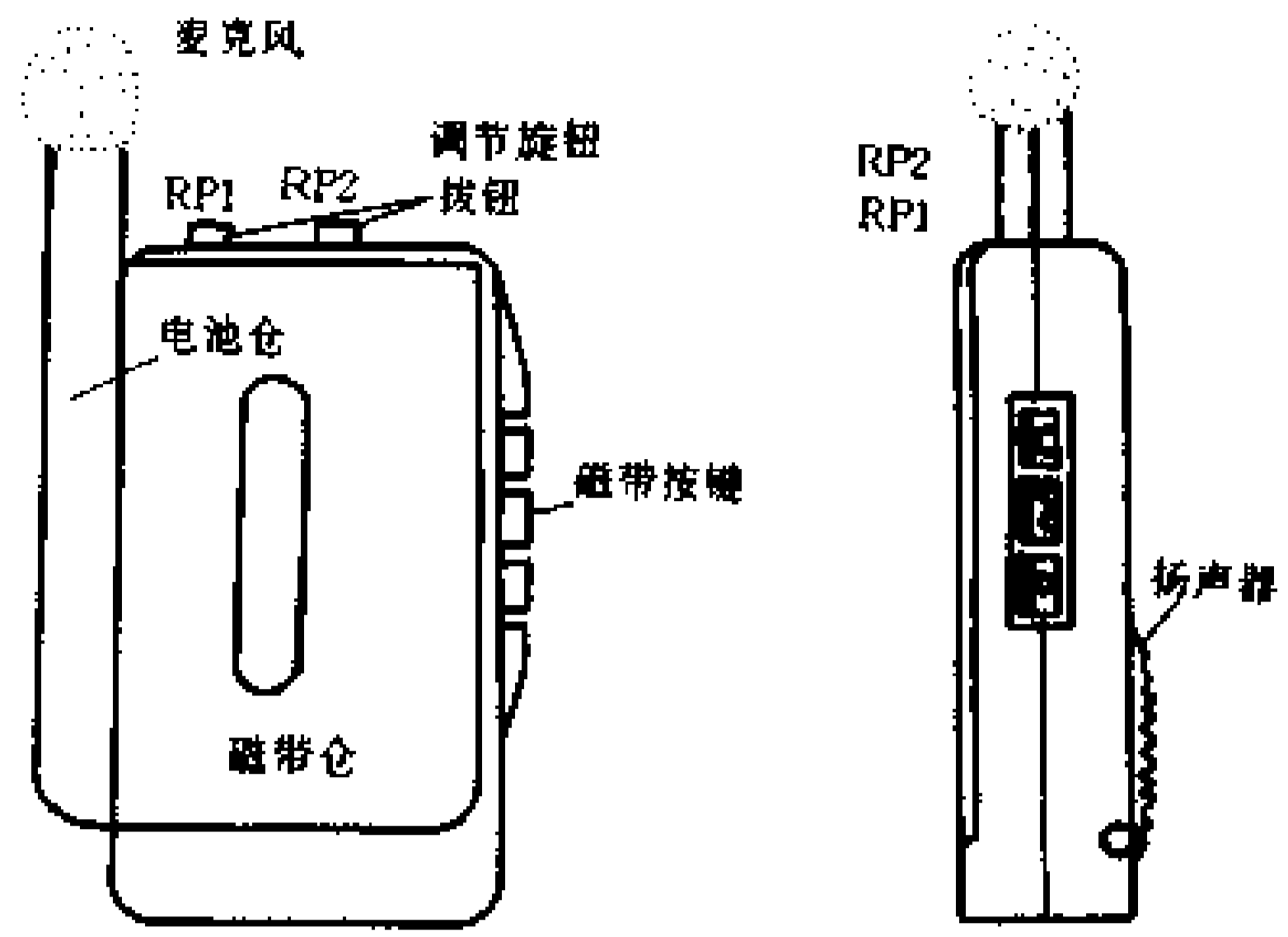


图 5-121

47. 一款简洁的合并功放

优良的电路,不是线路复杂,就是元件难觅,往往令人望而却步。由此,本文参考国内外发烧高手的佳作,遵循“简洁至上”的发烧定律,最终“烧”出自己的土炮。

电路原理如图 5-122 所示。本机磁头放大采用标准的补偿曲线,对磁头信号进行原汁原味

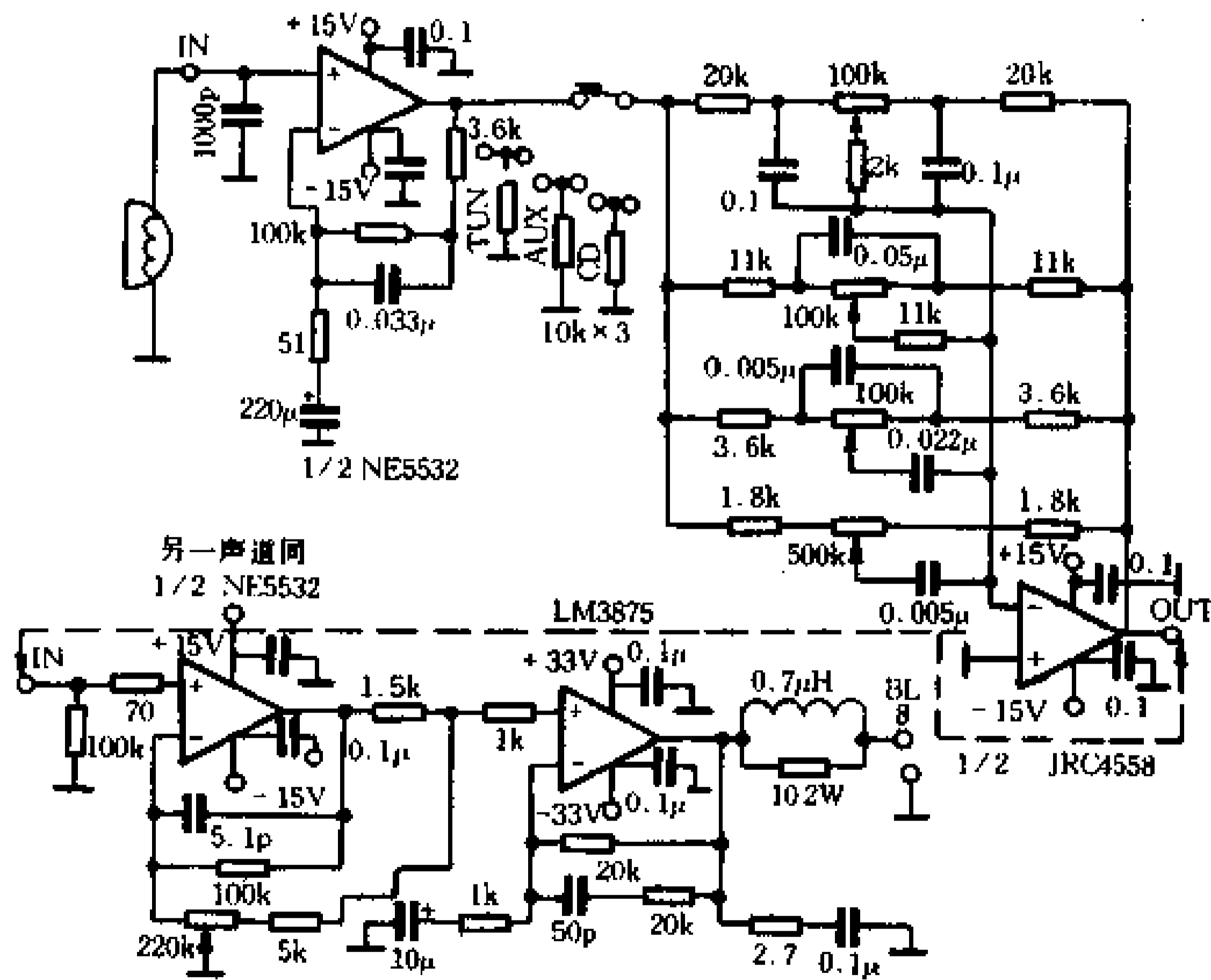


图 5-122

地放大。音调控制部分采用常见的反馈式控制电路,不同的是增加一重低音控制频段,以便提升和衰减重低音,力求获得最佳的聆听效果,本电路调节范围可达 $\pm 20\text{dB}$ 。音调控制级输出的信号经采用 GM 技术的前置放大电路后,送入 LM3875 进行功率放大。LM3875 是 LM1875 的升级产品,有较好的技术性能和较大的输出功率,可满足大部分发烧友的要求。本功放电路有失真小于 0.05% 的 $40\text{W} \times 2$ 的正弦波连续功率。

【元件选择与安装】

磁头用 DM62；电容用钽电解或金属化聚丙烯电容；电阻用金属膜电阻，有条件者可用进口低噪金属膜电阻。运放供电采用松下的有源伺服技术（电路见有关文章），送往各级电源应并上 $0.1\mu\text{F}$ 的聚丙烯电容。由于整机元件皆为高档元件，价格较贵，但电路简单，所以花费也不多。考虑到部分发烧友条件有限，元件可以酌情选用。本机采用混装结构的机壳（ $430\text{mm} \times 120\text{mm} \times 300\text{mm}$ ）备有 TAPE 输出，AUX、CD、TUN 输入端子和前置输出、功放直入端子，以便直接和高保真声源驳接。

主观评价：失真低，音色清纯柔美，低频力度好。CD 用 TEACPD-555 和惠威 605 倒相式音箱时音色更高一层。磁带放大信号噪声要大一点，但相信电路处理得更好些或加装降噪电路，可望噪声有所改善。

48. 简洁的前级分频功放

简洁的电路重放出优质的声音是不少音响爱好者孜孜不倦的追求目标。本电路就是基于此点，以简单的电路重放优美的音乐，适合音响爱好者装制。

本电路设计时采用了立体声音调、音量和平衡控制专用集成电路 TA7630P。该集成电路是通过改变其第⑦、⑧、⑨、⑩脚上的直流电压来实现音量、音调和平平衡控制的，避免了噪音混入，提高了电路的信噪比，电位器的引线可以很长并且布局较随便，降低了制作难度。电路原理图如图 5-123 所示。

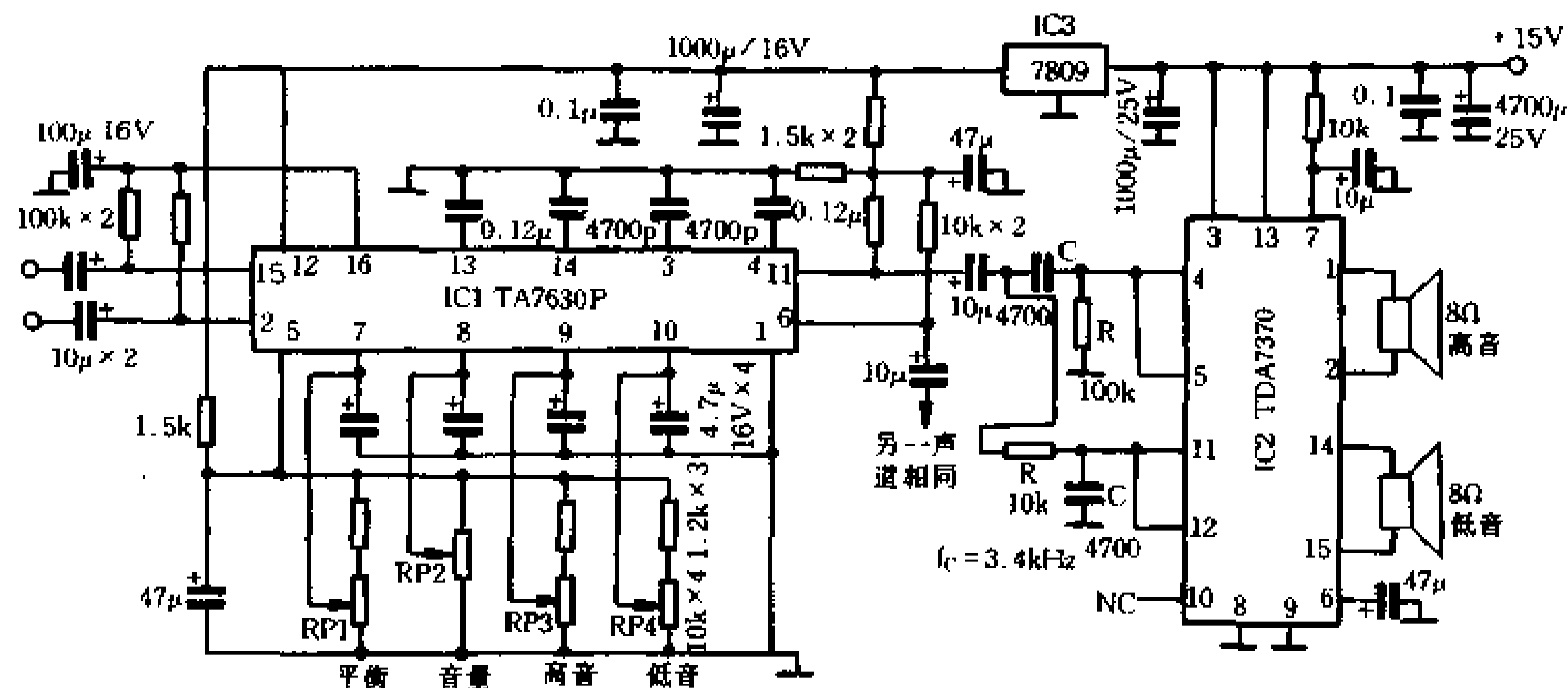


图 5-123

为了省去价格较昂贵的 LC 分频器和获得更纯真的音质，本电路采用了 RC 无源二分频网络，既能获得平直的振幅特性和相位特性，又使得电路制作极其容易。本电路由阻容元件构成无源二分频网络，按图中的数值，分频点 $f = 1/2\pi RC \approx 160/RC \approx 3.4\text{kHz}$ 。

【元器件选择与安装】

功放选用 TDA7370，每块 TDA7370 内部各含 4 路功放，每路增益约 26dB，最大电源电压为 18V，最大输出电流为 3.5A，其外围元件很少，没有自举电容，带软启动，有通断抑噪功能，对负载感应、反极性电源、输出短路和过热均有保护作用。本电路每个声道均将内部的 4 路功放接成双路 BTL 形式，输出功率为 10W 时失真仅为 0.03%，最大输出功率时输入电压为 760mV，功放散热器尺寸不小于 $200\text{mm} \times 80\text{mm} \times 10\text{mm}$ ，分频电阻电容的误差应小于

5%，耦合电容都采用优质钽电容。

试听时，音源采用 ONE 牌 BCD950 激光唱机；音箱使用惠威 8 英寸二扬声器书架式。播放一曲张国荣的《倩女幽魂》，略带哀怨的乐韵令人为之动情，音乐味十足，回味无穷，高低音表现均相当出色。最大特点是音质清纯透澈，一尘不染，这也许就是前级电子分频的优点吧。

49. 用运放皇作功率放大器

被称为“运放之皇”的 NE5532 在音响界中极负盛名。由于该运放颇具电子管的韵味，普遍被发烧友们用来制作前置级或功放激励级。而本文则另辟蹊径，用 NE5532 来制作一款功率放大器。

NE5532 的转换速率达 $9\text{V}/\mu\text{s}$ ，超过一般的功率放大集成电路，消除了瞬态互调失真，能使音色柔美细腻。该运放输出阻抗低至 0.5Ω ，而耗散功率更高达 800mW ，用来制作小功率的高保真放大器是再合适不过的了。

因为单运放输出功率过小，不足以推动低阻抗的扬声器，特将 NE5532 的两个运放接成 BTL 电路形式，使其输出电流和电压振幅增大一倍。依据 $W=I^2R_L$ ，在理论上将运放的输出功率增大到四倍，并且这种双推挽直流平衡放大电路能使运放在信号输出时，仍保持非常小的失真。具体电路如图 5-124 所示。工作原理与一般的 BTL 电路相同，这里不再重复。为使

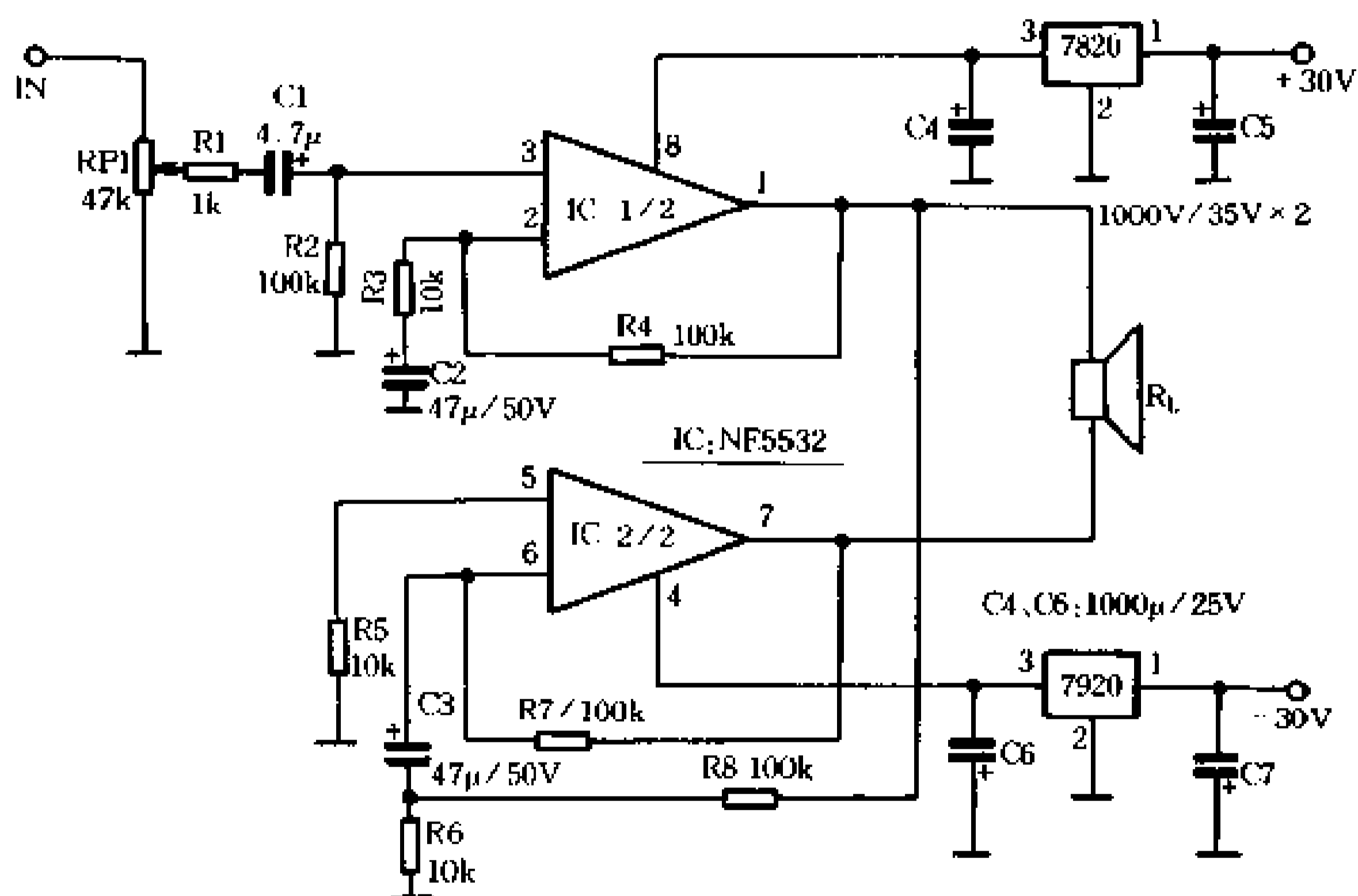


图 5-124

本电路具有较大的动态范围，将运放的工作电压取为 $\pm 20\text{V}$ ，输出峰-峰值电压为 $\pm 18\text{V}$ 。电源采用能提高音质的三端稳压集成电路供电，有条件者可以接成有源伺服电源，这样音质更佳。本电路元件较少，应尽量采用高级品。运放用正宗美国西格内特斯公司的产品；C1 选用聚丙烯电容；C2、C3 可以用 ELNA 补品电解电容；电阻全部采用 1/4W 金属膜电阻。整个电路增益设定为 20dB。

本电路工作时耗散功率较大，集成电路发热严重，必须采取有效措施，以防烧毁运放。因 NE5532 采用塑封双列 8 脚结构，于是本文在集成运放表面涂敷一层散热硅脂，再用厚 1mm，长 3cm，宽 1.5mm 的铜皮弯成 U 形的散热器，将运放 NE5532 紧贴在上面并固定，如图 5-125

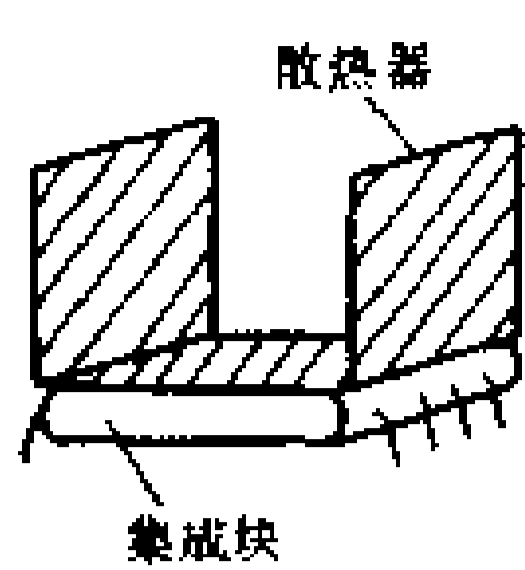


图 5-125

所示，即大功告成了。

本运放虽然采用 BTL 电路工作，但输出功率仍然偏小。所以必须配合灵敏度较高的扬声器才能发挥其卓绝性能。本文选用“南鲸”牌 YD220-8X 涂胶盆低音和 YDQG20-8H 方八角球顶高音组成的二分频倒相音箱，其灵敏度高达 94dB。

本文用爱华 J505 做音源，在较安静的环境下聆听，果不然被发烧友们赞叹“大动态时威猛够劲，纤细处晶莹剔透”，不失为一款简洁声靚的高保真电路。

50. 一款廉价音频功放

这是一个廉价且体积小、性能好的音频功率放大器，它可用于汽车收音机、收录机、报警器及其它要求功率不大的场合。

主要技术指标如下：

- (1) 输入电平 -20dB/600Ω；
- (2) 输出功率 100mW/8Ω；
- (3) 额定输出功率时非线性失真 ≤5%；
- (4) 音频输出信噪比 ≥43dB。

【电路原理】

电路如图 5-126 所示。电路选用了集成双运算放大器 LM358 作为电压放大器，第一级 (1/2IC1) 为前级反相放大器，它将微弱的信号进行电压放大。第二级 (1/2IC1) 构成缓冲隔离放大器，其特点是输入阻抗高，输出阻抗低，从而提高了前级运放带负载的能力，有效地阻隔

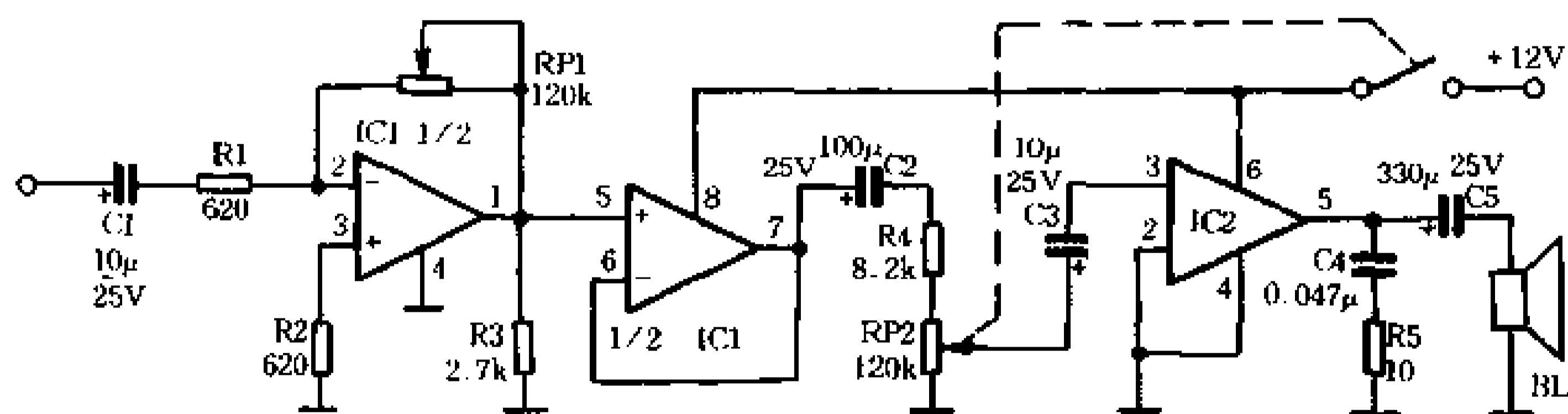


图 5-126

了后级负载对前级放大器的影响。末级采用了音频功率放大集成电路 LM386 (IC2)，它对 LM358 送来的信号进行功率放大，经耦合电容器 C5，推动扬声器 BL 发出声音。

电位器 RP1 为负反馈电阻，调节 RP1 的阻值，可改变第一级的电压放大倍数。调节 RP2 的阻值，可改变 IC2 输入信号的大小，达到调节输出音量的目的。电阻 R5、电容 C4 为高频校正网络，以防止放大器出现自激。输出电容 C5 不仅起着隔直作用，同时还影响着低频端频响的好坏。

IC1、IC2 的外形及管脚排列如图 5-127 所示。

扬声器 BL 为 0.25~2W/8Ω。电阻的标称功率均采用 1/8W、RJ 电阻。

只要元件选择无误，安装正确，一般不用调试便可使用。

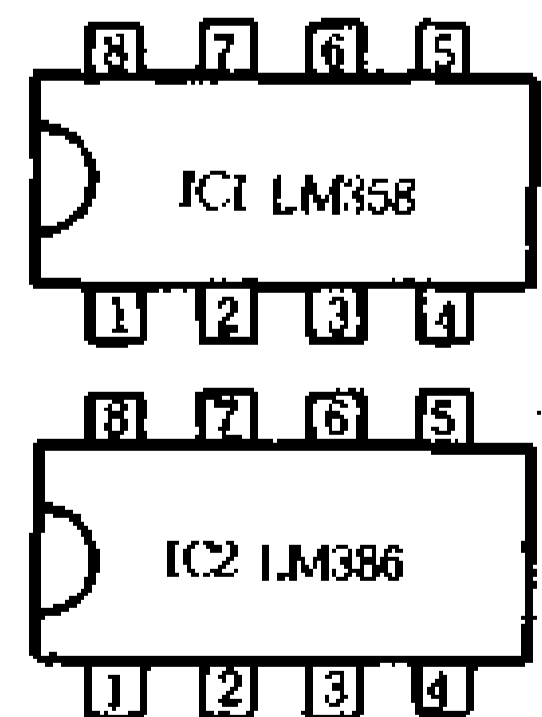


图 5-127

51. 带低音提升补偿的功放电路

迄今为止，几乎所有的高保真功率放大器都被人们设计成为具有平坦的频率响应特性曲线。然而，由于扬声器的声压频率特性曲线并不是平坦的直线，采用上述频率响应特性曲线完全平坦的功率放大器来推动扬声器，并不能获得良好的还声效果。以常用的10英寸、6.5英寸泡沫边高保真低音扬声器来说，它们的下限共振频率约为26Hz与45Hz，Q值一般为0.6与0.4。相对于中间频带的输出灵敏度，10英寸扬声器在26Hz时输出声压下降了大约9dB；6.5英寸扬声器在45Hz时输出声压下降了大约15dB。如果采用频率响应曲线平坦的功率放大器来推动它们工作，就会明显的感到还声装置的低音不足。换句话说，要想使具有平坦的还声特性曲线，用来推动扬声器工作的功率放大器，应该具有与所有的扬声器的声压频率特性曲线对称互补的输出电压频率响应特性曲线。

如图5-128所示为带低音提升补偿的实用功率放大电路。按照该功放电路上所标的元件参数，当开关S1、S2均断开时，该功放可将45Hz以下音频的输出增益相对200Hz以上，音频提升7~8dB；S1闭合，S2断开时，该功放可将30Hz以下音频的输出增益相对150Hz以上，音频提升5~6dB；而当开关S2处于闭合状态时，该功放20Hz~140Hz有平坦的频响。显而易见，前面两种输出方式分别适合用来推动低音单元为6.5英寸和10英寸泡沫边扬声器的音箱，而最后的平坦输出

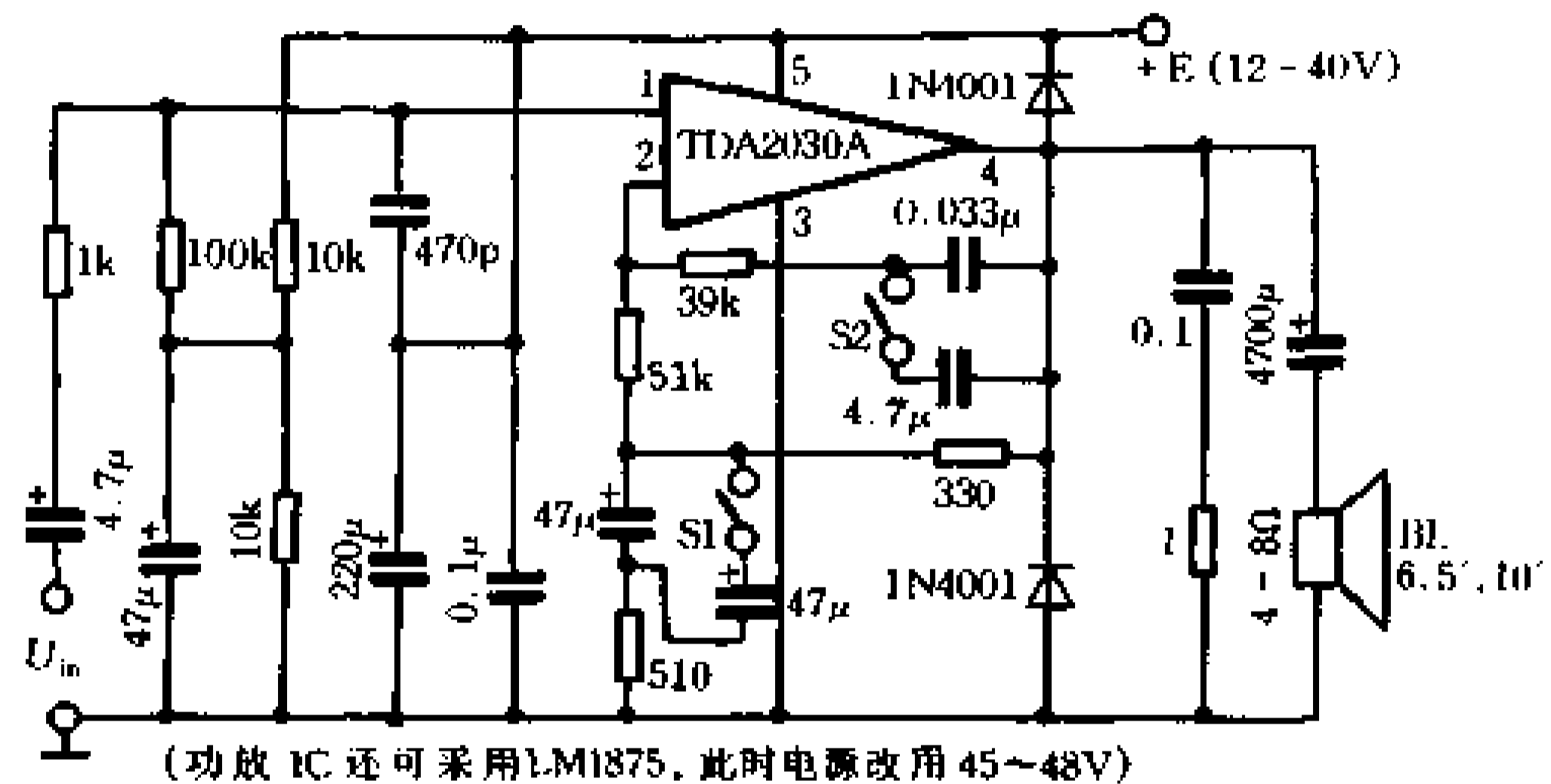


图 5-128

方式适合用来作信号检测。实听表明，采用对应的低音提升补偿放大器推动扬声器后，音响低端的频率响应状况改善十分明显。10英寸扬声器放出的低音极富有弹性，而6.5英寸扬声器放出的低音也有了扑面而来的冲击感觉。

需要说明的是：上述的低音提升补偿方式与目前在音响界流行的“重低音”，无论在原理上还是听感上都不相同。迄今为止的各种“重低音”电路，都是把100~200Hz以下的音频信号相对于中音频信号提升6~12dB。加入它们后非但不能扩展音响的低端还声频带，反而会把本来就已经突出的100~200Hz声频突出得更加严重，听感上给人产生出一种来势汹汹，却没有后劲的散乱冲动效果。在有条件的情况下，应采用口径不低于10英寸的泡沫边高顺性扬声器来作为“Hi-Fi”音响的低音单元，并同时功放电路进行相应的低音提升补偿。

52. 一款优质微型功放

本文介绍一款输出功率较大、性能良好的音频放大器。它包括前级控制电路、功放电路。分别选用东芝公司的TDA7630P和飞利浦公司的TDA1521来完成。用本放大器配接一个合适的音箱，即可获得良好的放音效果。

【电路原理】

(1) 前级控制电路

TDA7630P 是东芝公司出品的具有直流电压控制低音、高音、音量和平衡功能的集成电路。它具有音调控制范围宽、通道平稳性能好、谐波失真小、分离度高等特点。外围电路简单，容易制作，很受欢迎。

主要技术参数如下：

电源电压：8V~14V；

电源电流：18mA；

音量控制范围：80dB；

最大输出电压：1V_{rms}；

音调控制范围：

高音：±12dB，最大输入电压：1V_{rms}；

低音：±10dB，输出噪声电压：130μV；

谐波失真度：0.1%，分离度：>70dB。

图 5-129 中左右声道的音频耦合电容 C2、C3 将音频信号送到 TA7630P 的⑤和②脚，①、⑥脚是音频输出引脚，与功放电路的输入端相连。这里 C2、C3 的容量选用 10μF，比推荐电路中的数值稍大。③、④脚和④、⑬脚接的电容是高、低音频率转折电容，其容量大小与频率转折点有关，这里选用推荐电路的数值。在⑫脚与地之间并联的电容为防止电路自激的电源退耦电容。四只电位器 RP1、RP2、RP3、RP4 分别用来调节平衡、音量、低音、高音。不难看出，+12V 电源经电阻分压后，通过调节电位器，在⑦、⑧、⑨、⑩脚上可以得到从 0V 至 6V 左右的直流电位，从而起到控制作用。由于它采用直流电压控制音频信号，故所有的电位器连线均可不用屏蔽线。

(2) 功放电路

该单元电路选用飞利浦公司出品的一款高性价比 Hi-Fi 双通道功放集成电路 TDA1521 作为核心元件。其内部具有两路相同的放大器，内含短路、过热保护功能，并且具备输出功率大、失真度小、声道平衡性能好、外接元件少等特点。表 5-10 给出了该集成电路的主要参数。

表 5-10 TDA1521 主要参数表 ($V_{CC} = \pm 16V, R_L = 8\Omega, f = 1kHz, T = 25^\circ C$)

参 数	测 试 条 件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压		±7.5	±16	±20	V
静态电流	无 R_L	18	40	70	mA
输出功率	THD=0.5%	10	12		W
总谐波失真 THD	$P_O = 6W$		0.15	0.2	%
闭环电压增益		29	30	31	dB
通道分离		46	70		dB
允许功耗			20		W

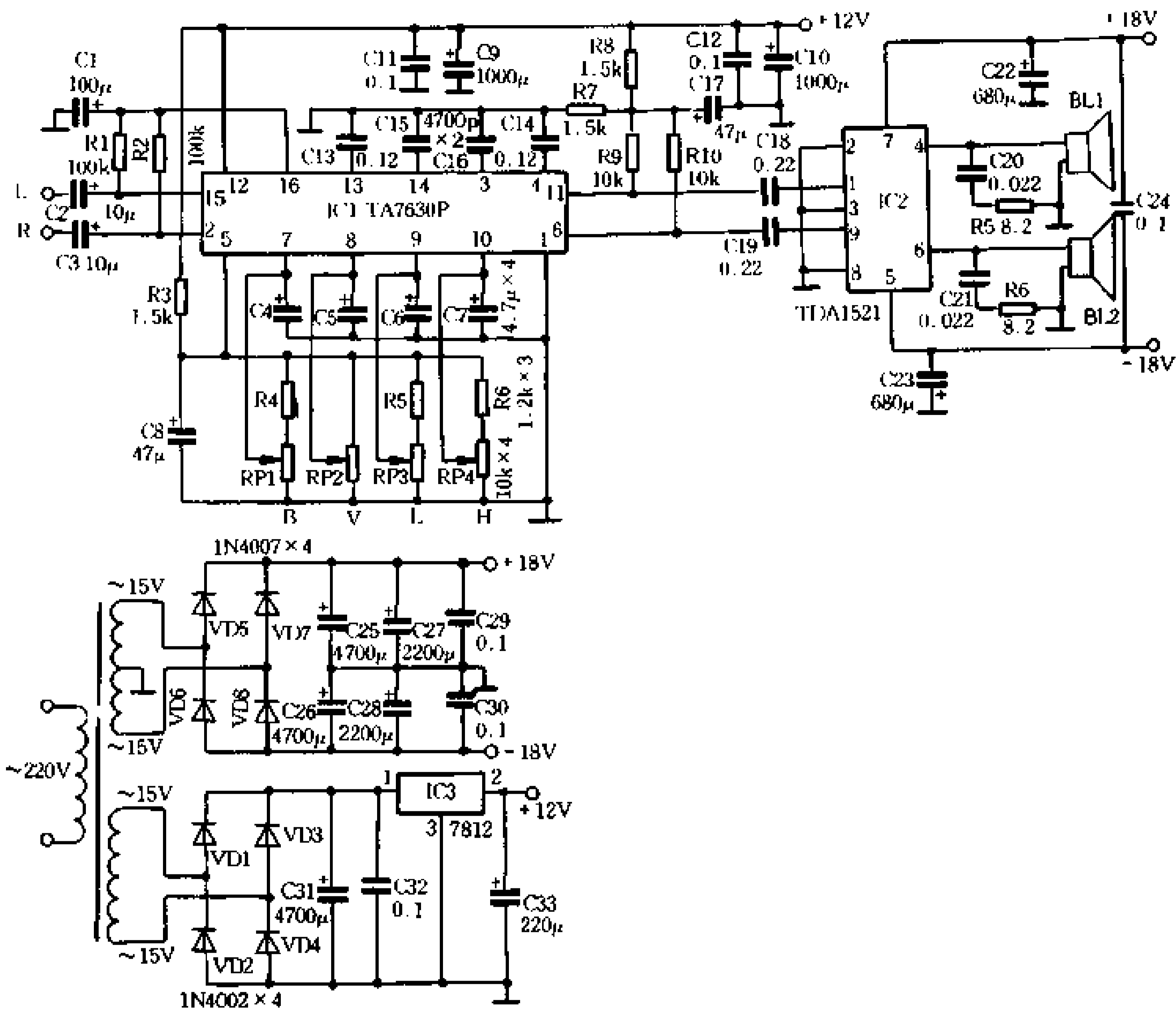


图 5-129

TDA1521 可采用单、双电源供电。应该注意的是这两种不同的供电方式对其参数影响较大，用双电源供电最能发挥其集成电路的优良性能。

该电路原理很简单，⑦、⑤脚接正、负电源；③脚接地；①、②、④脚和⑧、⑨、⑥脚分别构成左、右两路放大；①、⑨脚为音频输入端，经过放大后的音频信号从④、⑥脚输出，推动扬声器发出声音。C18、C19 是音频耦合电容，C22、C23 是去耦电容。

为获得良好的放音效果，精选元器件很有必要。电容对整个电路的性能有较大的影响，特别是在音频通路中，最好选用 CBB 电容，C13、C14、C15、C16 可选用独石电容。当然，电容的耐压等基本条件应满足要求。所有电阻均使用 1/4W 金属膜电阻，变压器功率不小于 50VA。

TDA1521 安装在元件面，引脚穿过印制板焊孔焊牢后，再用 $\phi 3$ 螺丝将它紧固于一块 $200\text{mm} \times 200\text{mm} \times 3\text{mm}$ 的铝质散热片上。电位器用导线按原理图正确连接，音频通道的连接用屏蔽线，并让屏蔽层一端接地。仔细检查，确认无误后方可通电源。先用万用表测量电源电压是否符合要求，功放集成电路输出点直流电位几乎为 0V，调节电位器，在 TA7630P 的 ⑦、⑧、⑨、⑩脚上可以测量出电位的变化。然后接上扬声器试试，若碰输入信号端，扬声器应有“咯咯”声。在实际制作过程中，本文总结以下几点需要注意的事项供参考。

(1) 因 TDA1521 散热器与⑤脚(-18V)相连，而电源电路中三端稳压集成块 7812 的散热器与地相通，因此不能图方便而共用一个散热器，否则会烧坏集成块。

(2) TDA1521 正负电源供电时, 不应超过 $\pm 20V$, 否则便进入自动保护状态。同时在实际制作时还应注意其正负电源的对称性。

(3) 接通电源后, 未加输入信号, 几乎听不到声音, 只有耳朵贴近扬声器才有微弱的噪声, 如果听到有交流声, 应检查自己的走线是否合理, 或将变压器屏蔽, 并妥善接地。

(4) 由于 TA7630P 最大输入、输出电压为 $1V_{rms}$, 故当输入信号过大时, 会造成该集成电路过载失真。因此读者在实际制作时要考虑输入信号的幅度, 特别是 VCD 机输入时(幅度一般在 $1.5\sim 2V$), 可适当衰减至 TA7630P 的安全地带。

本文介绍的实际制作的该款音频放大器, 配接用“南鲸”扬声器制作的二分频书架音箱, 试听后除力度稍差外, 总的效果已相当不错。

53. 自制微机“土声卡”

虽然电脑已进入了声像俱佳的多媒体时代, 但就我国的国情, 486 及其以下的低档机型的社会拥有量仍很大, 通过机内小喇叭作为接口, 使机器具备较为理想的声音输出非常必要。事实上这也是许多早期 16 位优秀软件的需要, 其中有许多这类学习软件, 游戏软件及应用软件必须通过机内小喇叭输出声音, 从这个角度来看, 多媒体电脑也需要配置这样的“土声卡”。

本文介绍制作一种 5X86 多媒体兼容机“土声卡”。它具有电路简洁, 使用效果良好, 电路如图 5-130 所示。

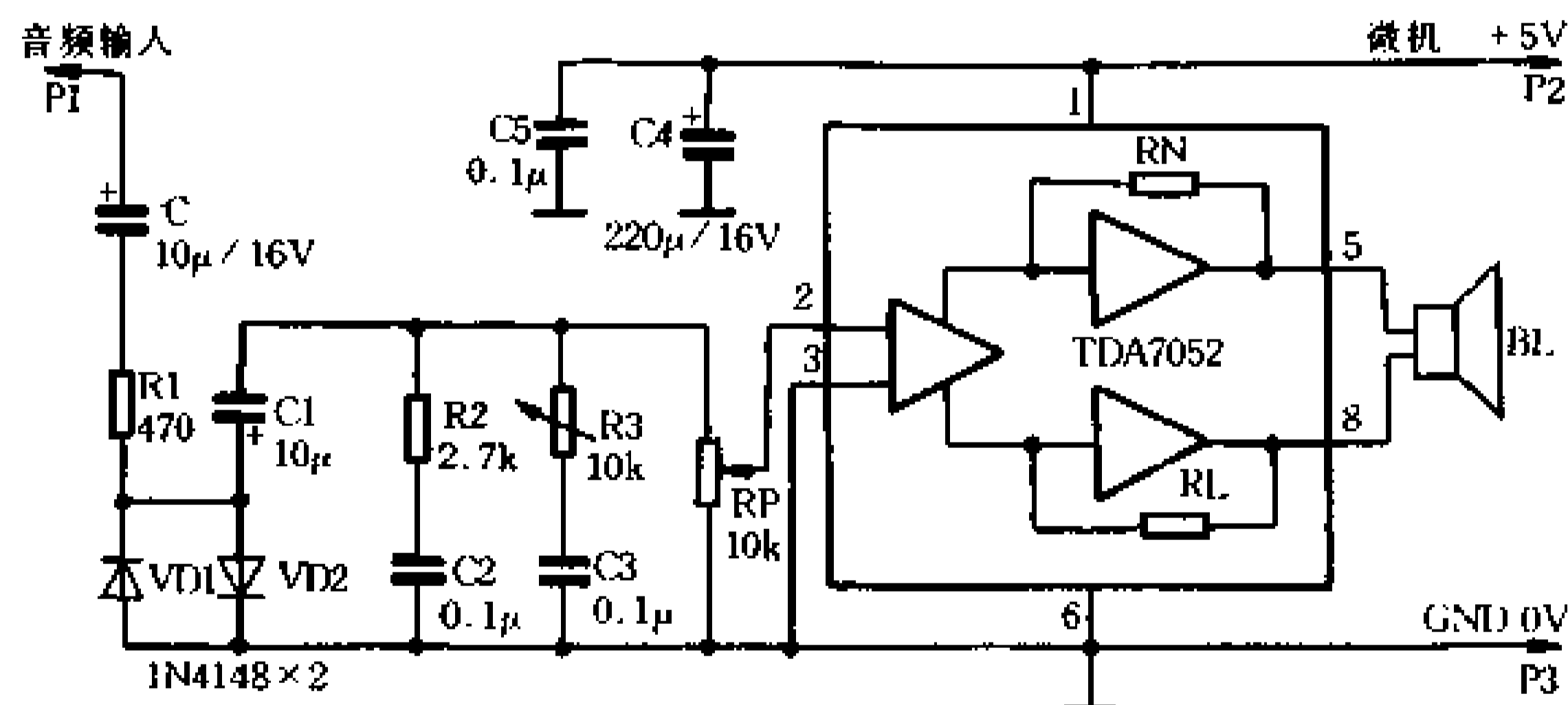
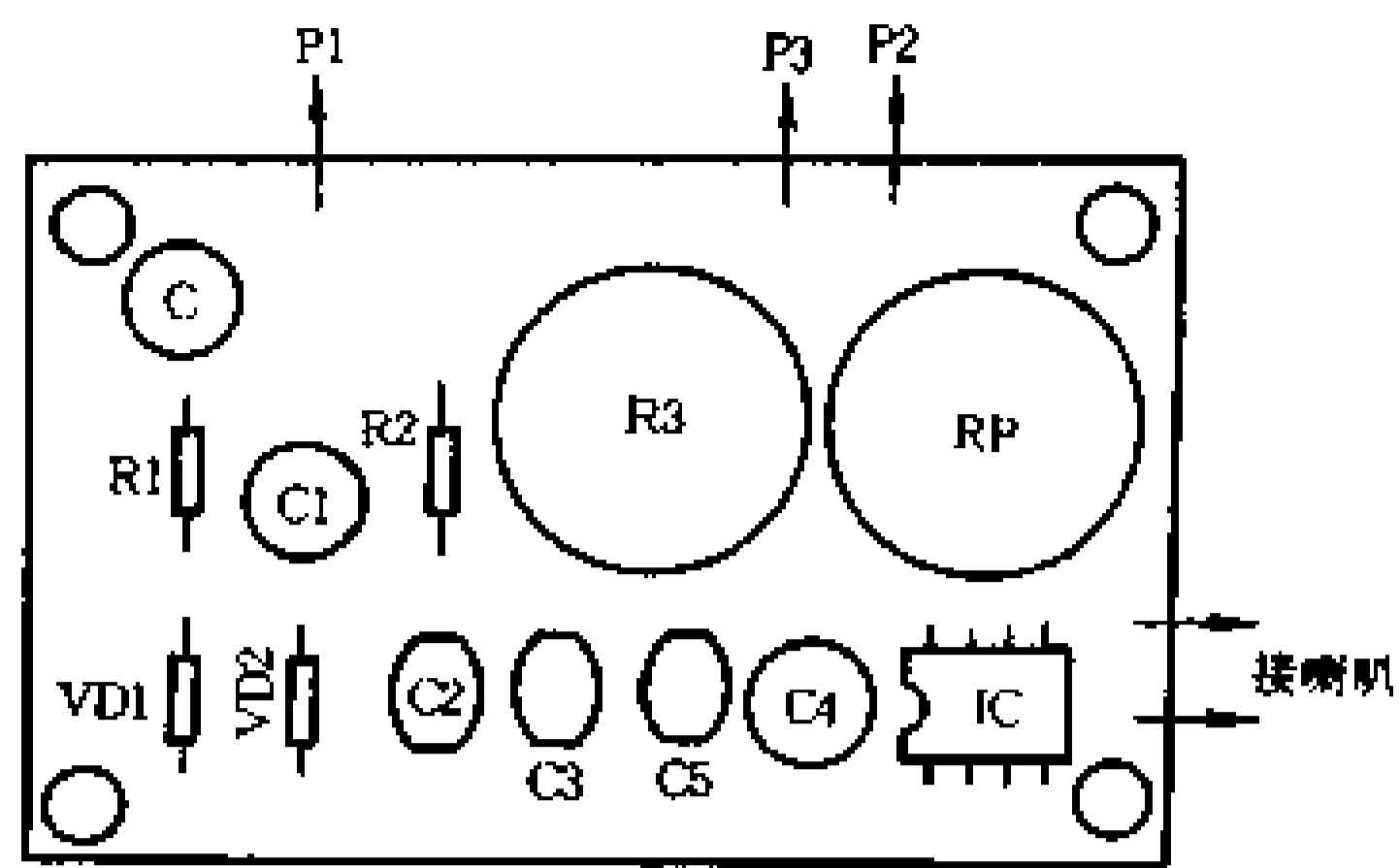


图 5-130

我们知道微机主板至喇叭的信号实际是一种经脉宽调制的数字信号, 它通过口径 2.5 寸以下的小喇叭输出。如果放音信号属于一类固定频率的鸣叫提示音响, 其效果还可以。若是语音或音乐信号, 则输出音量较低, 信号的频率响应较差。为此本电路中选取了频响性能较为优良, 装制又极为简单的“傻瓜型”功放集成电路 TDA7052 作声放大, 其主要参数有: 电源电压在 $3\sim 15V$, 电压增益值为 40dB; 频率响应在 $20Hz\sim 20kHz$, $+5V$ 供电时的最大输出功率可达 1W; 其输出 0.1W 时的谐波失真仅为 0.2%, 输入阻抗为 $100k\Omega$ 。TDA7052 的外接元件少, 输出功率大, 无须散热片, 内部具有过载保护与抑噪电路等特点使之特别适合本处的应用。

P1 端引自原主板的 SPK 信号, 经 R1 衰减、VD1、VD2 限幅进入本电路, 输入信号电压平均小于 0.7V, 耦合电容 C1 之后的 R2、R3 和 C2、C3 组成高频衰减式音调电路; RP 为音

量调节器，信号从其抽头上取得，输入到 TDA7052 进行低频放大。在 TDA7052 的内部由两个独立的功率放大器构成桥式电路，也称 BTL 电路，因此输出分别直接接至扬声器的两端而无须耦合电容，这种电路结构的特点是：输出电压幅摆大，是单端功率输出时的两倍，但在电源供给端①脚必须接有良好的退耦电路，如图 5-130 中的 C4、C5 最好靠近①脚连接。电路中 P2、P3 端应分别接 5V 电源的正负极。



制作时上述器件都不难寻觅，TDA7052 可从广东中山市金山电子厂邮购。整个印制电路的印制板可参考图 5-131。一般装焊无误可免调试。与电脑配接如图 5-130 所示。P1 代替原喇叭接主板的 SPK 座的正端，P2、P3 可接微机的 +5V 供电，这可在打开机箱后，从电源盒的一股输出线中找到大红的 +5V 与黑色的地线，最好利用 +5V 电源输出组的空余接插件或通过扩展插接件连接。另外，还须将机内原喇叭换成 3 寸 1W/8Ω 的喇叭，使之接功放输出端。整个装置既可置于微机机箱内，也可做成一个带上上述功放电路的外接小音箱，然后通过三根引线与微机相连，或者利用原机箱的键盘锁孔安装插座供机外音箱使用。

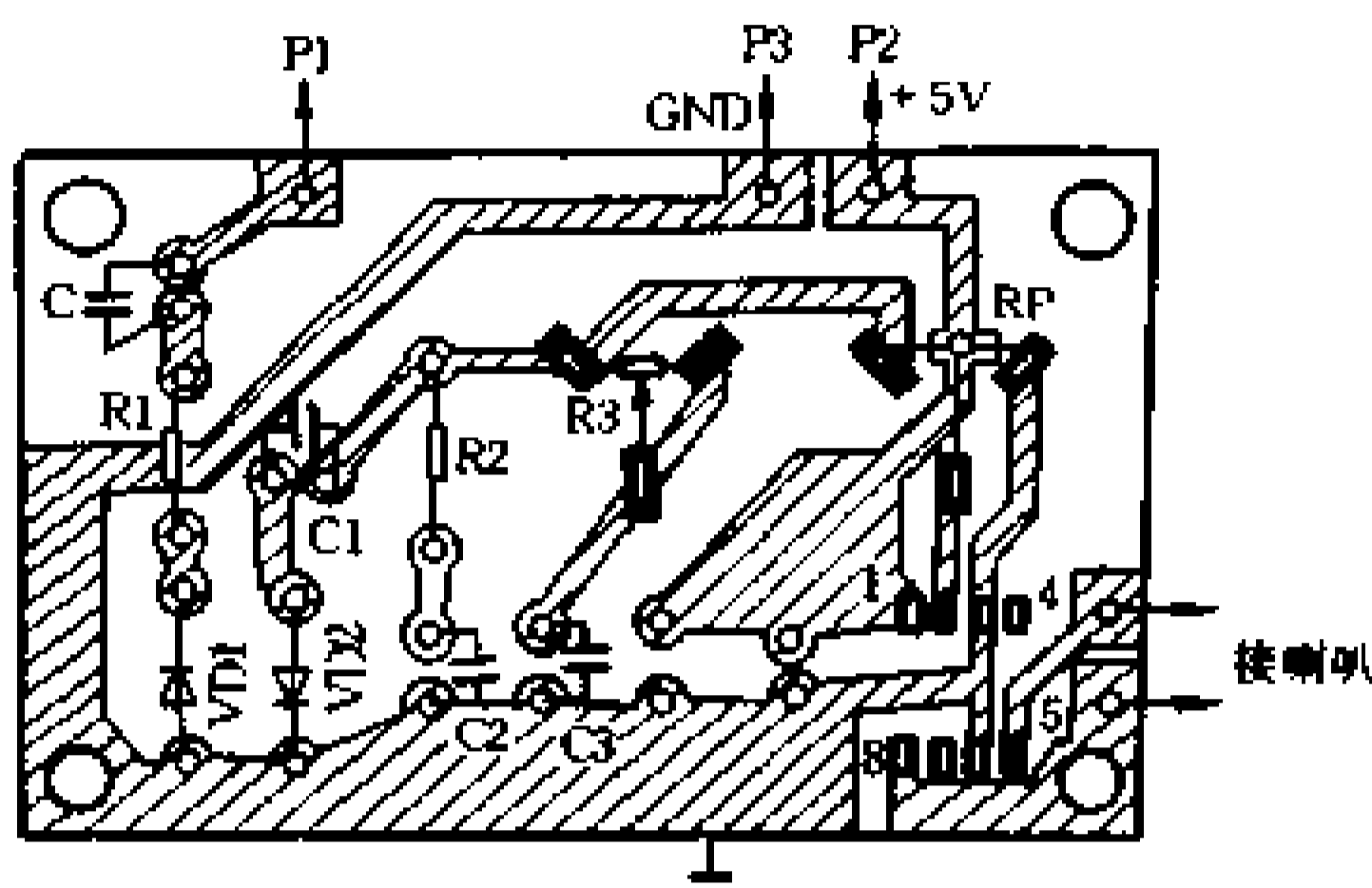


图 5-131

54. 一款“土炮”音响的制作

本文从功放着手，在杭州西乐电器商行邮购来前级用 NE5532、后级用 TDA1521 的功放套件(配变压器)，组装一次成功。音箱是商家作为木壳出售的广州科达音箱，其中四只低音扬声器损坏，两只中音和两只高音是好的，并配有分频器，另购置四只南鲸牌 6.5 英寸低音换上。

音源用现有的收录机，试听时发现收调频立体声广播时，声音力度、解析度相当好，但放磁带时不尽人意，且音量开大时有失真现象。分析其原因是：调频立体声广播动态范围优于磁带，又由于功放前后级电源共用一只变压器，功率储备不够(25W)。所以决定另加变压器，找来一只 200W 铁芯再绕制一只变压器单独给后级供电，次级用线较粗，减小内阻。后又在桂林实达科技服务公司邮购来动态扩展器散装，组装后再进行试听，令人耳目一新。放磁带时效果如动态扩展器介绍中所述：整个音场被延伸开来，由高、中音表现的立体声层次更为明显，低音气势磅礴，起伏有力。一曲施特劳斯的《维也纳森林故事圆舞曲》令人心旷神怡。借友人 MD911 型激光唱机作音源，其音色更加美妙动听。电路原理图如图 5-132 所示。

为装饰其外表，又参照《无线电》杂志介绍的《发光二极管电平表》一文，制作了左、右各五个 2×5 红色 LED 电平显示器。最后提醒制作的朋友，变压器次级电压不要超过 2×14V。整机电路如图所示只给出一半，另一半完全相同，仅供参考。RP1 控制扩展量，RP2 控制音量，调整 RP3 在最大输出时 5 个 LED 都能发光。

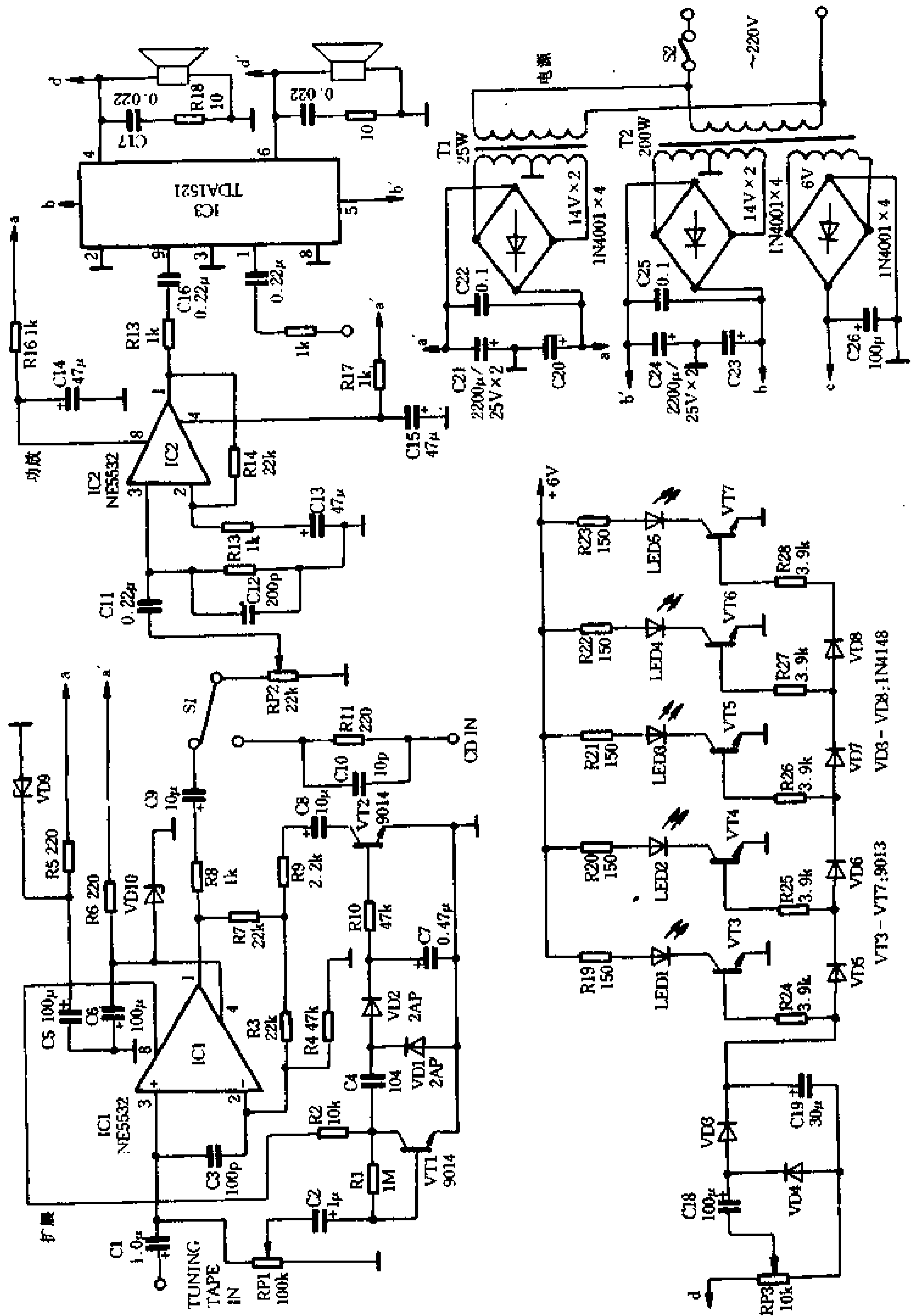


图 5-1-2

55. 价廉物美的小型音响组合

本文介绍利用 TA7240P 和一些普通的元件制作了一套小型音响组合，具有价廉、制作简单，不用调试等特点。

TA7240P 是一块低失真、低噪声的双声道音频功放集成电路，工作电压范围宽，保护功能完善，输出功率较大 ($5.8W \times 2$)，对于小居室音乐欣赏已足够。具体电路如图 5-133 所示。

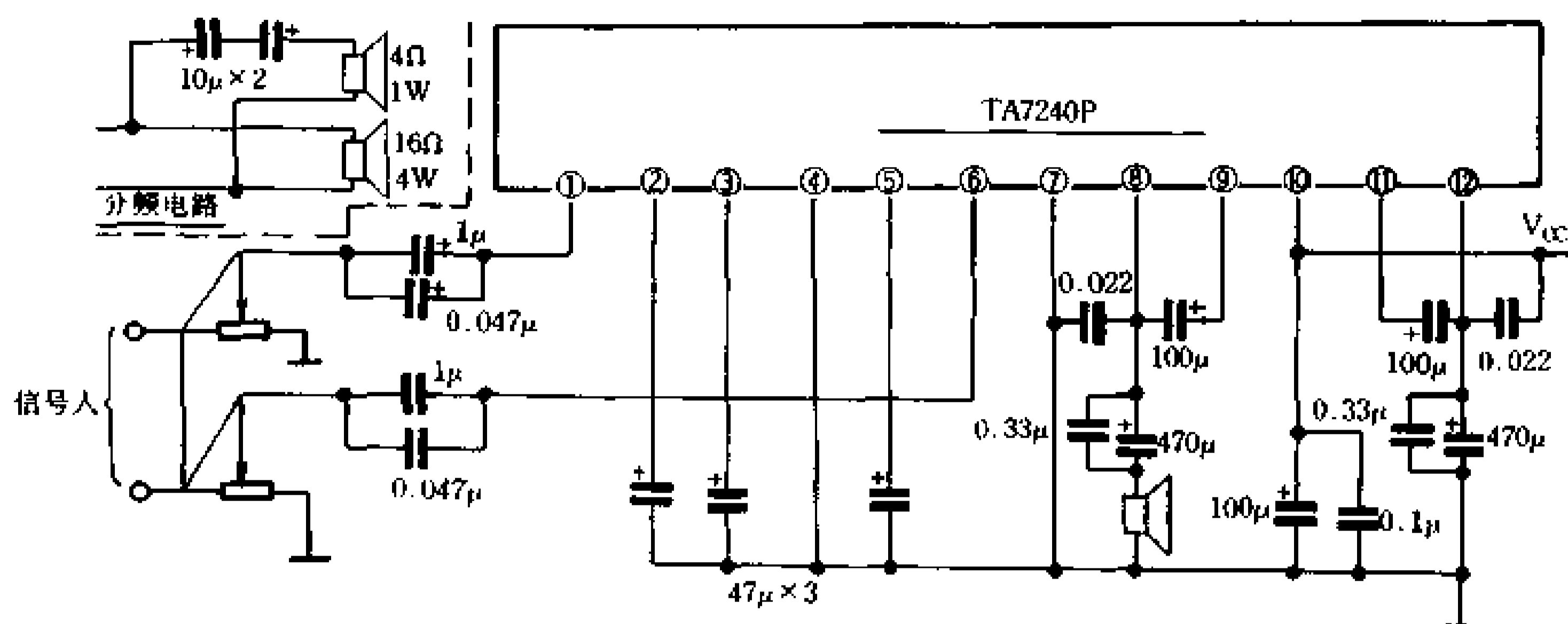


图 5-133

电源电路，要求变压器功率在 30W 左右，以保证足够的功率储备，改善瞬态响应。变压器电压次级输出为 15V 左右，整流后升至 21V，滤波电容 C1 采用 $4700\mu F$ 电解电容。其上并联 C2 用 $0.33\mu F$ 涤纶电容，改善高频响应并防止自激。电源经 7815 三端稳压后降为 15V，采用 C3 为 $100\mu F$ ，以便提高电源抗瞬间脉冲干扰能力。电源电路如图 5-134 所示。

功放电路，输入信号线采用屏蔽线，提高对外界电磁场抗干扰能力。输入耦合电容采用 $1\mu F$ 电解电容与 $0.047\mu F$ 独石电容并联而得，输出电容采用 $470\mu F$ 电解电容与 $0.33\mu F$ 涤纶电容并联。由于输入、输出耦合电容上均并有较小的无极性电容，对于高频信号的传送极其有利。

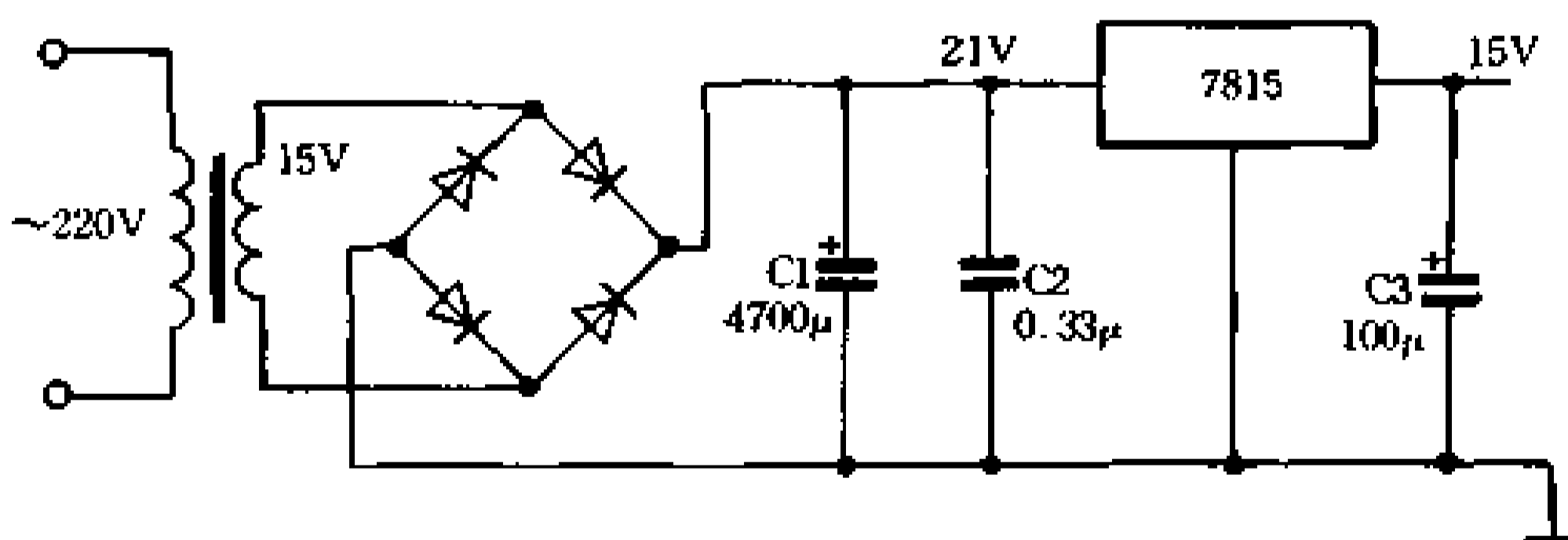


图 5-134

音箱采用封闭式，体积 $10cm \times 16cm \times 26cm$ ，箱体采用 15mm 厚木板制成，沥青灌封后，用胶水在内壁粘贴 8mm 厚海绵层。扬声器用 4 寸普通扬声器及 2 寸纸盘高音扬声器，均由前向后装入，其前平面与面板相平，避免前腔效应及边缘反射而导致的中频响应不均匀，分频电容采用 2 只 $10\mu F$ 电解电容串联而得。

该音响组合如将输入耦合电容改为 CBB 电容，输出电容采用钽电解并 CBB 电容，音箱也采用高保真扬声器制作，其音质必可直达 Hi-Fi。

以上这套小型音响组合，因扬声器很普通且采用密闭式音箱，故低频力度稍感不足，但中、高频表现相当不俗，尤其适于欣赏轻音乐和民族音乐，与目前流行的重低音、超重低音相比另有一番韵味。

56. 高保真随身听组合

随着收音机的普及，拥有收音机的人也越来越多。但是，在用耳机欣赏美妙音乐的同时，也感到一些缺憾。由于用耳机长时间听音乐容易造成耳朵疲劳，有损听力，且无法让几个人同时享用。目前市场上也有一些带功放的小型音箱以弥补不足，只可惜一般小型功放音箱功率小、扬声器口径小，欣赏音乐毫无动感可言。本文介绍的组合，由高保真功放电路及微型音箱两大部分组成，具有电路简洁、性能优良、制作简单等优点。

【电路原理】

本机除可供收音使用外，另设计一组辅助输入插座 XS，可配接如 CD 唱机等其它音源。电路原理如图 5-135 所示。考虑到不少随身听带有 FM/AM 收音功能，而 FM 收音的天线是用耳机线来充当的，为保留耳机担任天线的功能，在本机输入插座上接有三只电感线圈 L1、L2、L3，这三只线圈对频率较低的音频信号，阻抗低，音频信号可顺利通过。而对频率较高的 FM 信号，阻抗很高，这样就起到了隔高频通低频的作用。

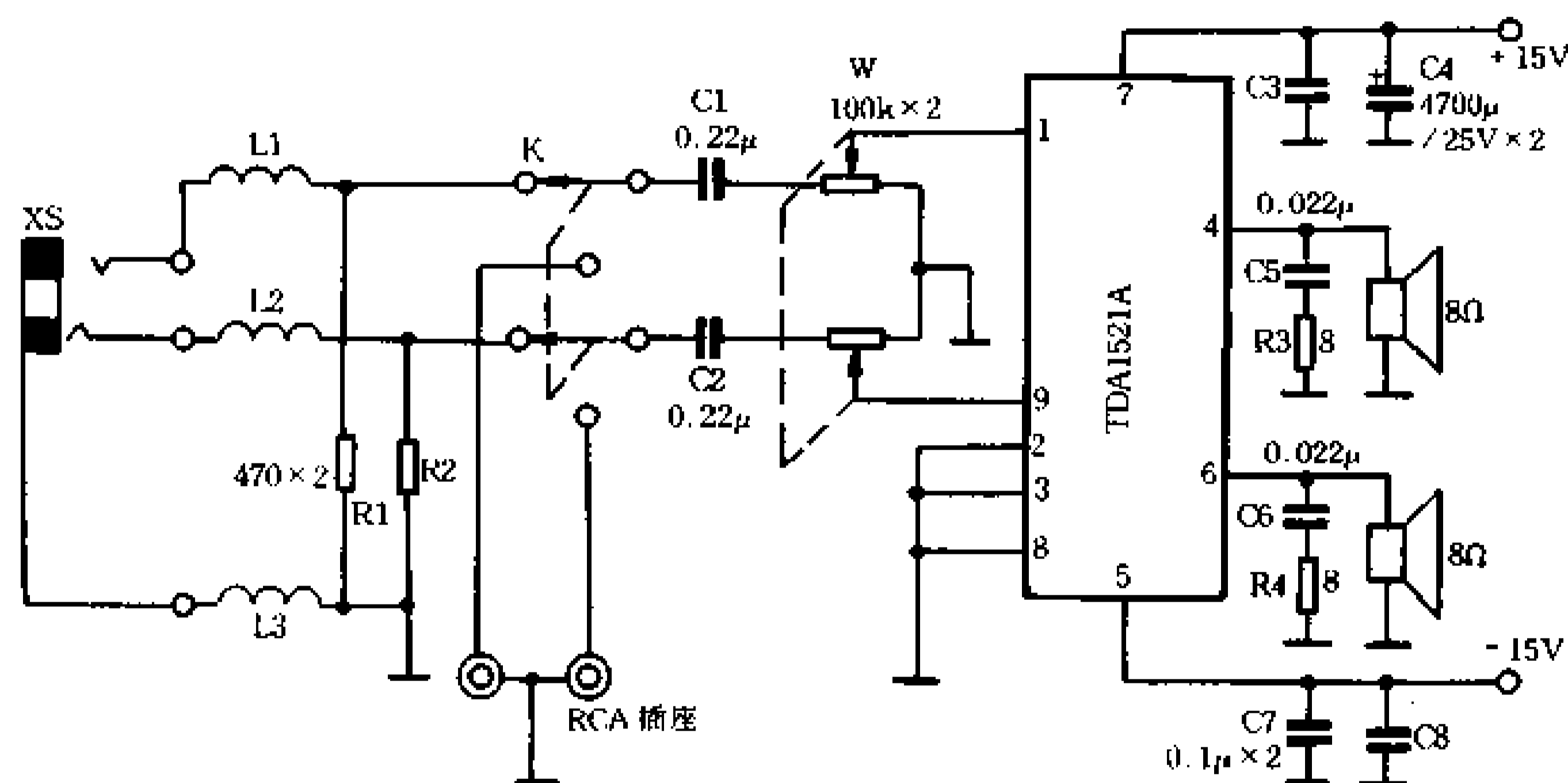


图 5-135

【元器件选择与安装】

功放部分采用荷兰飞利浦公司生产的高保真双声道功放——TDA1521A，该功放不但性能优良，而且有较完善的保护功能。

线圈 L1~L3 用 $\phi 0.8\text{mm}$ 漆包线取长 15cm 的笔杆上绕制脱胎，电阻选用 1/2W 金属膜电阻。C1、C2 两只输入电容对音质影响较大，建议使用 CBB 型聚丙烯电容，例如：“新德克”的

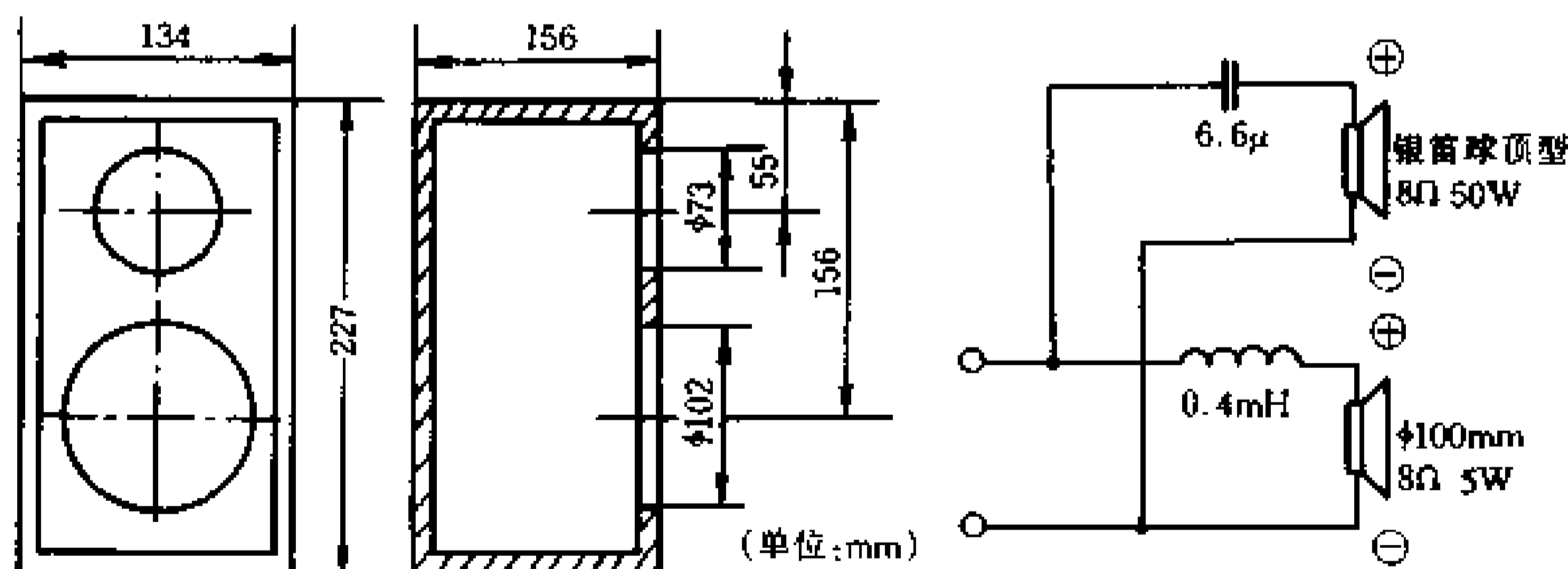


图 5-136

0.22 μ F 电容，变压器可选用市售品，功率要求大于 40W。

本文参考有关资料，设计了与本功放配合较好的微型密闭式音箱，二分频设计，分频点取在 3kHz 处。如图 5-136 所示。低音单元用一只 ϕ 100mm 大磁体、橡皮边扬声器、高音单元选用银笛 DT-19 方型球顶扬声器，分频电容可用多只 CBB 聚丙烯电容并联获得。箱体用 18mm 厚多层夹板制作。箱体打制完成后，将箱内涂以 3mm 厚沥青，以加强箱体、避免箱振和漏气。待沥青干后，用胶水把厚约 20mm 的腈纶吸音棉贴在箱内。箱体外部装饰，可根据个人爱好，喷漆或贴木纹纸。

以上元器件易购，花费也较低，但音质却不比寻常。本文用东芝 KT-4252 随身听放中唱公司出品的《邓丽君歌曲精选》，将机上杜比开关拨至 ON，一曲《甜蜜蜜》唱得嗲气十足，亲切感倍增。接上 VCD，林子祥一曲《敢作敢爱》唱得劲爆十足，低频量感丰富。

57. 大功率运算放大器

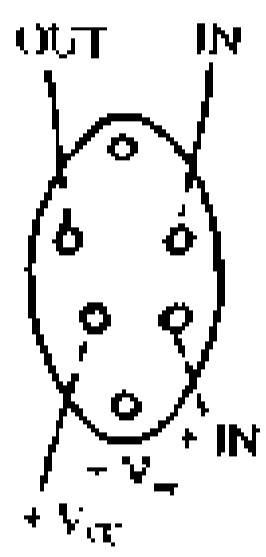


图 5-137

LM12 是美国国家半导体公司 (NS) 推出的一种大功率运算放大集成电路，它在 4 Ω 负载时功率可达 150W，失真仅为 0.01%，功率带宽 60kHz，驱动无功负载时，输出功率可达 800W。

LM12 具有以下特点：输入保护、受控启动、热限制、过压切断及动态安全范围保护。

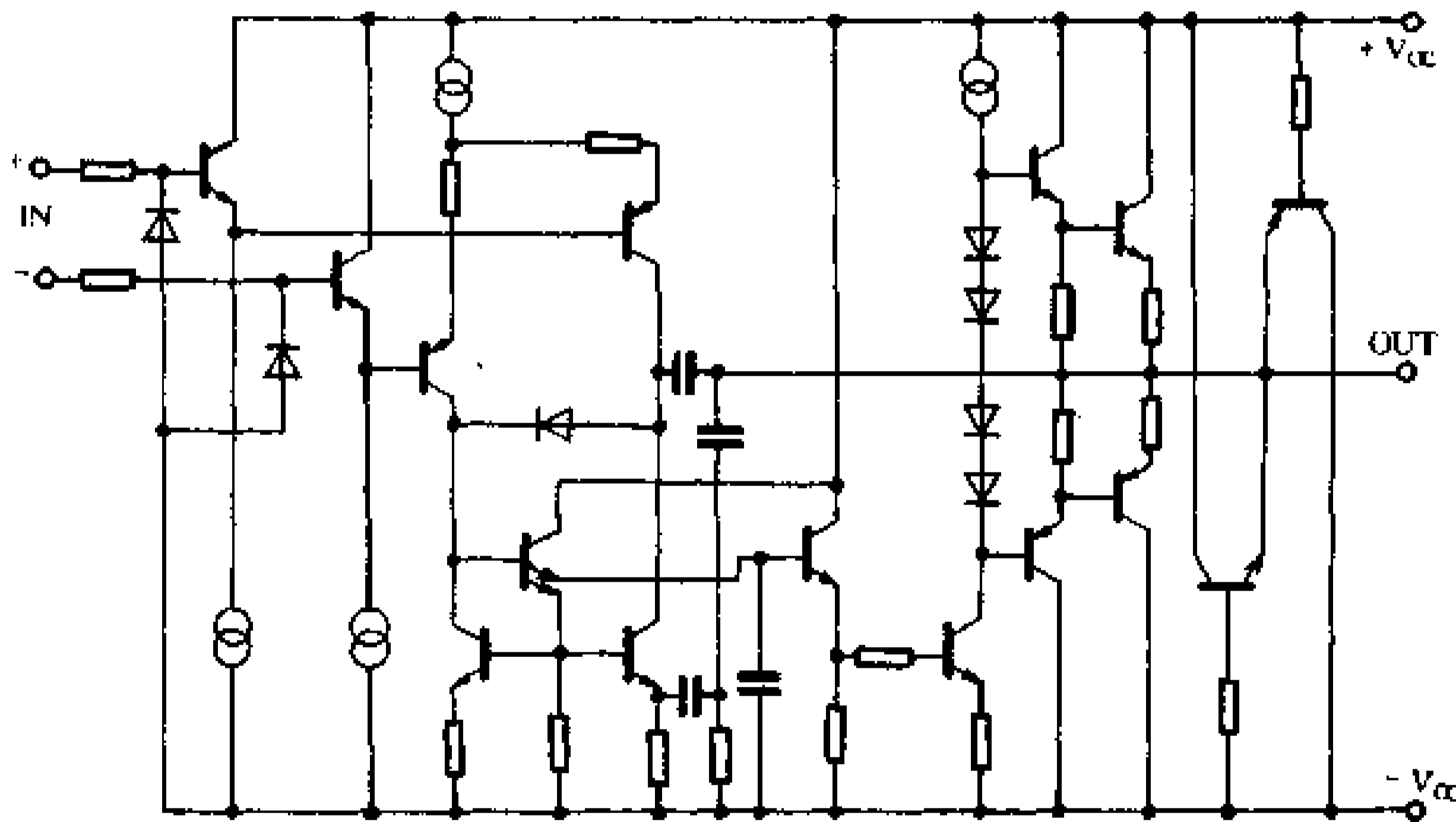


图 5-138

LM12 为四脚 TO-3 封装，如图 5-137 所示，外壳接 $-V_{cc}$ ，接口面为金和钼以防止热疲劳。内部等效电路如图 5-138 所示。

LM12 不需要任何复杂的开关设计就能输出相当大的功率，也可并联或桥联以获得更大的输出功率。该集成电路可用于功率电源、高压稳压器、高性能音响放大器、X-Y 绘图仪及其它伺服控制系统。如图 5-140 为 NS 公司推荐用的 LM12 装制的音响功率放大器原理图，供读者参考。

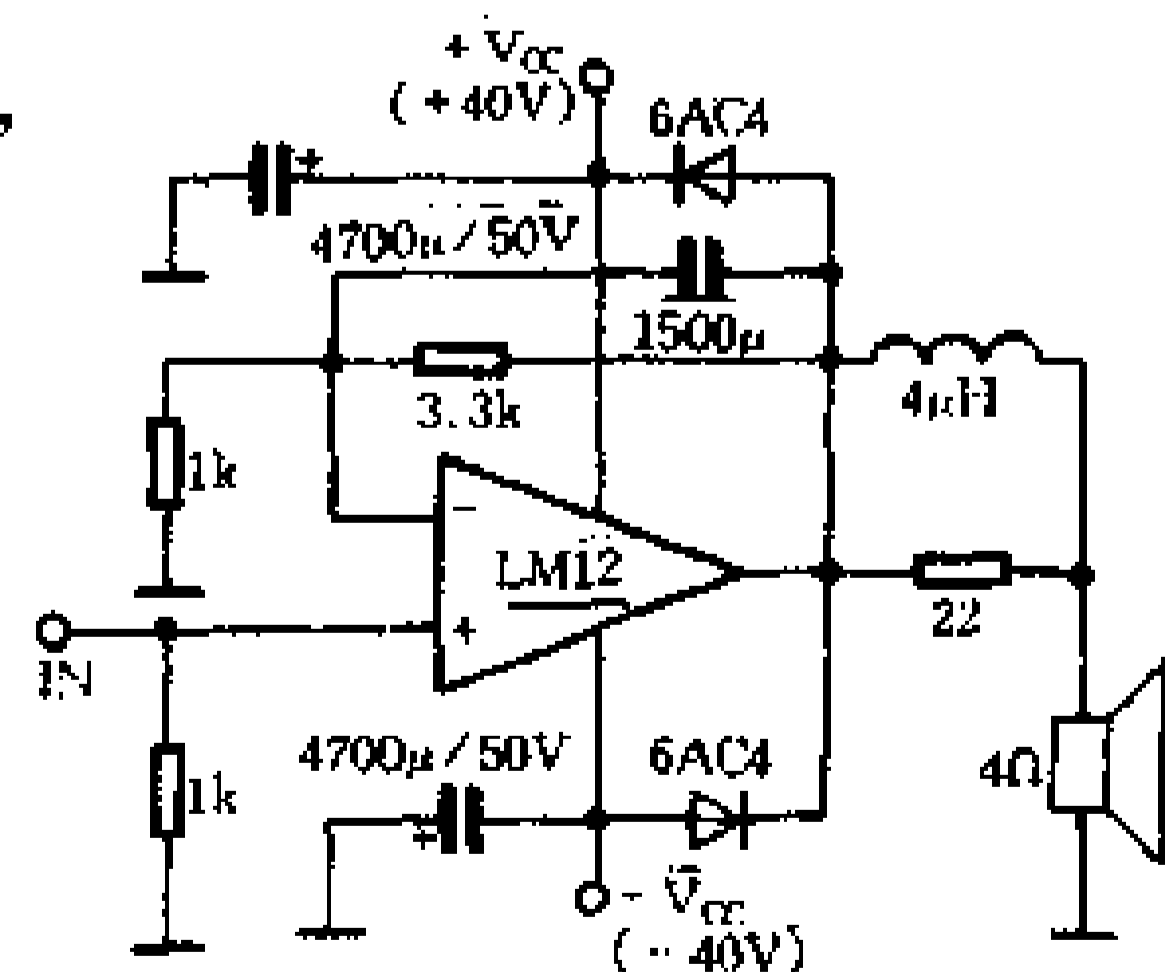


图 5-139

58. 英国 HINARI 激光立体声组合音响的改进

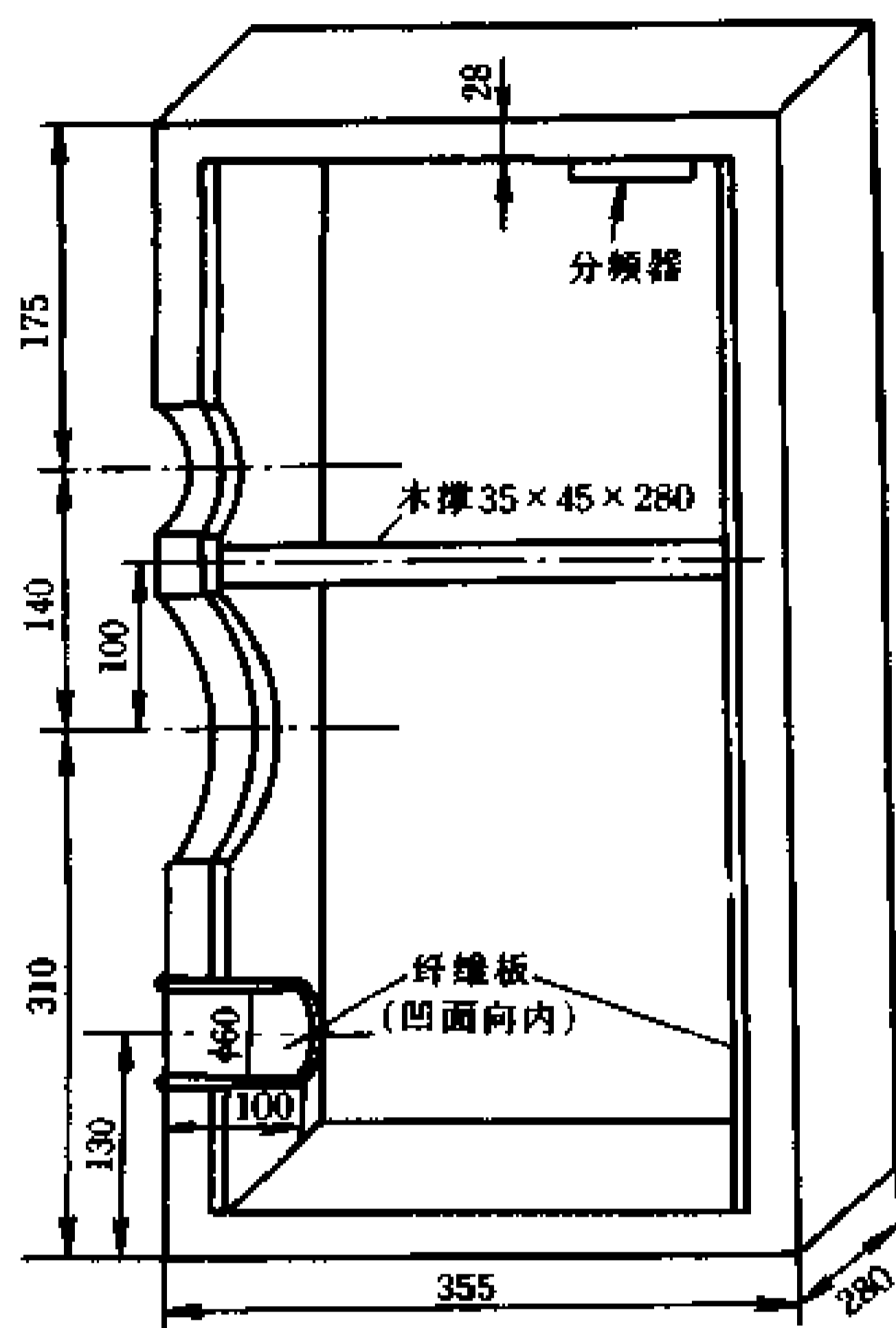


图 5-140

英国 HINARI 牌音响, 价格在 1360~1500 元。该机具有遥控、激光、录音、收音、电视伴音、环绕声等功能。外观简洁细致, 功放频响为 60Hz~20kHz, 信噪比大于 85dB, 频道分离度为 70dB(1kHz)。激光、收音、录音等效果较好。但与中高档音响相比声音有些发干, 层次感差, 尤其是播放像《1812》、《嘉洛舞曲》这类大动态的 VCD 节目源时就显得力不从心。本文对该机加以改进, 经改进后其效果较 4000~5000 元价位的中档套装机略胜一筹。现就改进经验加以介绍。

原机所配的一对密闭箱的尺寸为 240mm×450mm×140mm, 板材选用 10mm 厚的中密度板, 箱内后部垫有一块吸音棉, 此音箱坚固性很差, 功率稍大一点就会发出“噗噗”的响声。分频仅由一只 4.7μF 电解电容担任。按图 5-140 尺寸请人打制一对倒向式音箱。箱板四周选用 28mm 厚的硬木板(高密度板也可以), 用 30mm×30mm 的木条作为肋条, 用木螺丝、乳胶加固, 以保证坚固和良好的气密性。前后板选用 24mm 厚的多层板, 在靠近箱内一侧分别粘上一块纤维板, 凹面向箱内, 并且小钉密钉。

在高低音扬声器间加一根 35mm×45mm×280mm 的木撑, 中低音单元下开一个 φ60mm 的倒向孔(如图 5-140)。扬声器、分频器全部选用银笛系列产品, 中低音扬声器选用银笛 YD-176(61/2 英寸), 高音选用银笛 PT-1 型扬声器, 分频器选用银笛 FQ-1 型分频器, 将分频器上的电解电容改为聚丙烯(CBB)电容, 高音一路电容容量为 4μF/63V, 中低音单元改为 5.7μF/63V。将分频器固定在音箱内上顶部。

接着改装主机部分。本文从三方面入手, 首先是电源部分, 原机主功放电源整流二极管 RL152(快速恢复型整流电流为 1.5A),

用快速恢复二极管 FR3010(3A)代换, 在桥臂上各并联一只 0.1μF/63VCBB 电容。滤波电容 C161 容量仅为 2200μF 远不能满足大动态播放要求, 在其两端并联三只 4700μF/50V 电解电容, 为了克服分体电感的影响应在每只电解电容上各并一只 0.47μF 的 CBB 电容, 以改善其高频特性。第二步对音频均衡网络各频段以及输入输出端电容 C61、C62; C67、C68; C77、C78; C81、C82; C87、C88; C89、C90; C93、C94; C98、C99; C121、C122 用 CBB 电容更换, 其它电容

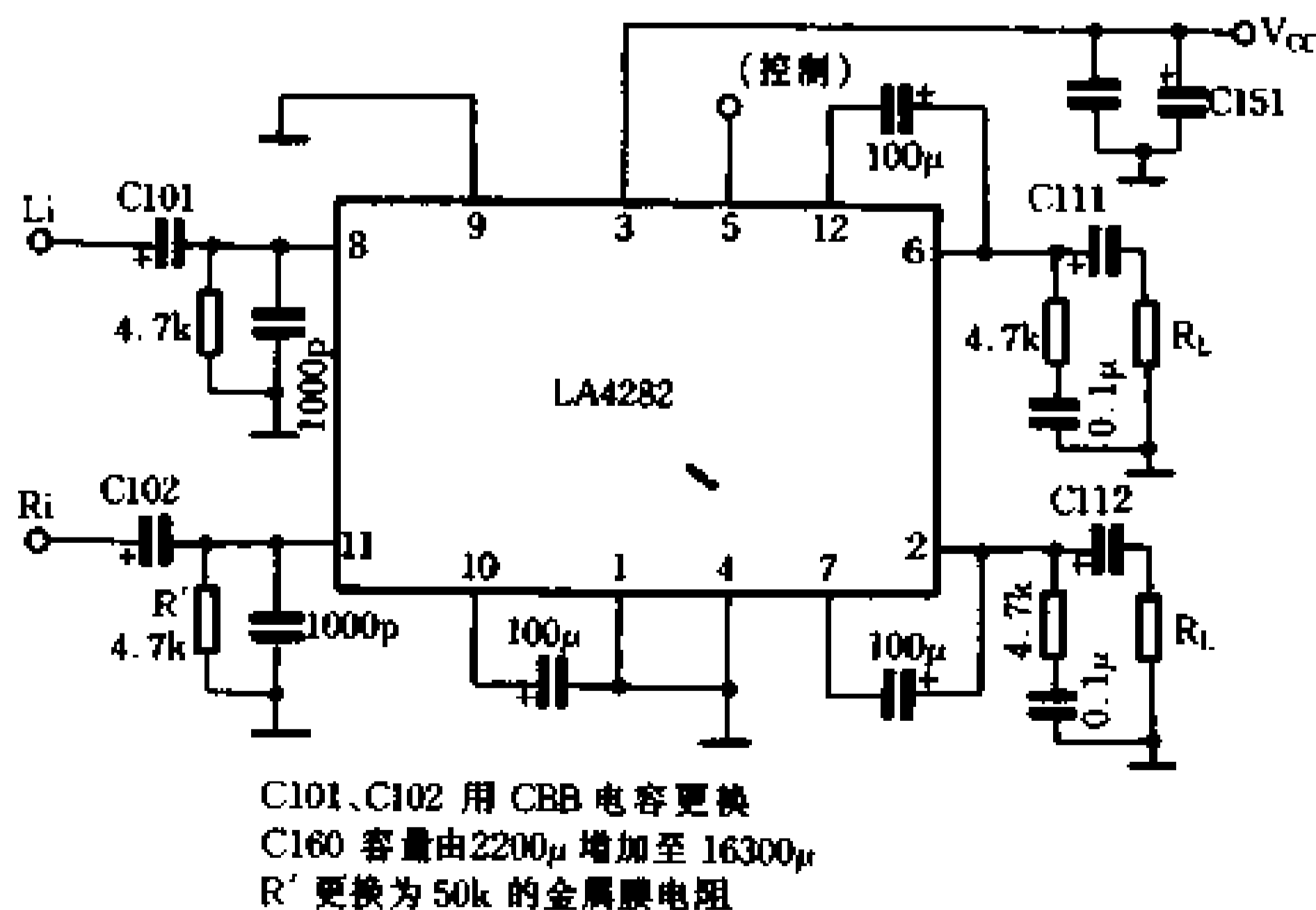


图 5-141

量不变。最后改装功放电路如图 5-141 所示，将输入端 C101、C102(10 μ F/50V)电解电容用 CBB 电容代换，注意不宜选用钽电容，否则声音发硬；去掉输入端对地的 4.7k Ω 电阻(位于下底板)，焊上 50k Ω 的金属膜电阻。把 C111、C122 耦合电容由 470 μ F/50V 提高到 1000 μ F/50V (最好用兰宝石等优质电解)，在其两端各并一只 1 μ F CBB 电容，这样改装即告成功。

经过以上改进，高中音层次分明、低音浑厚有力，弹性十足，即使将均衡器全部推至中央，音色一样优美动听。如果将原有的一对音箱利用起来，低音孔封死，高音孔安装一只 3 英寸扬声器，确有身临其境的感觉。有此种机型的读者不妨一试。

六、晶体管与集成电路混合功率放大器

1. 新创意纯甲类功放

国外有很多制作精良的功率放大器，输出功率并不大，但其甜美优雅的音乐往往是很多大功率放大器所无法比拟的。

本文介绍的这款功放，虽然它的元件用得可算一般，其输出功率也只有 20W，但其音乐表现力却极为出众，特别是对于古典音乐的重放尤其神韵。

【电路原理】

电路如图 6-1 所示，本机电路中使用两组独立的运算放大器(NE5532)分别构成两路完整的

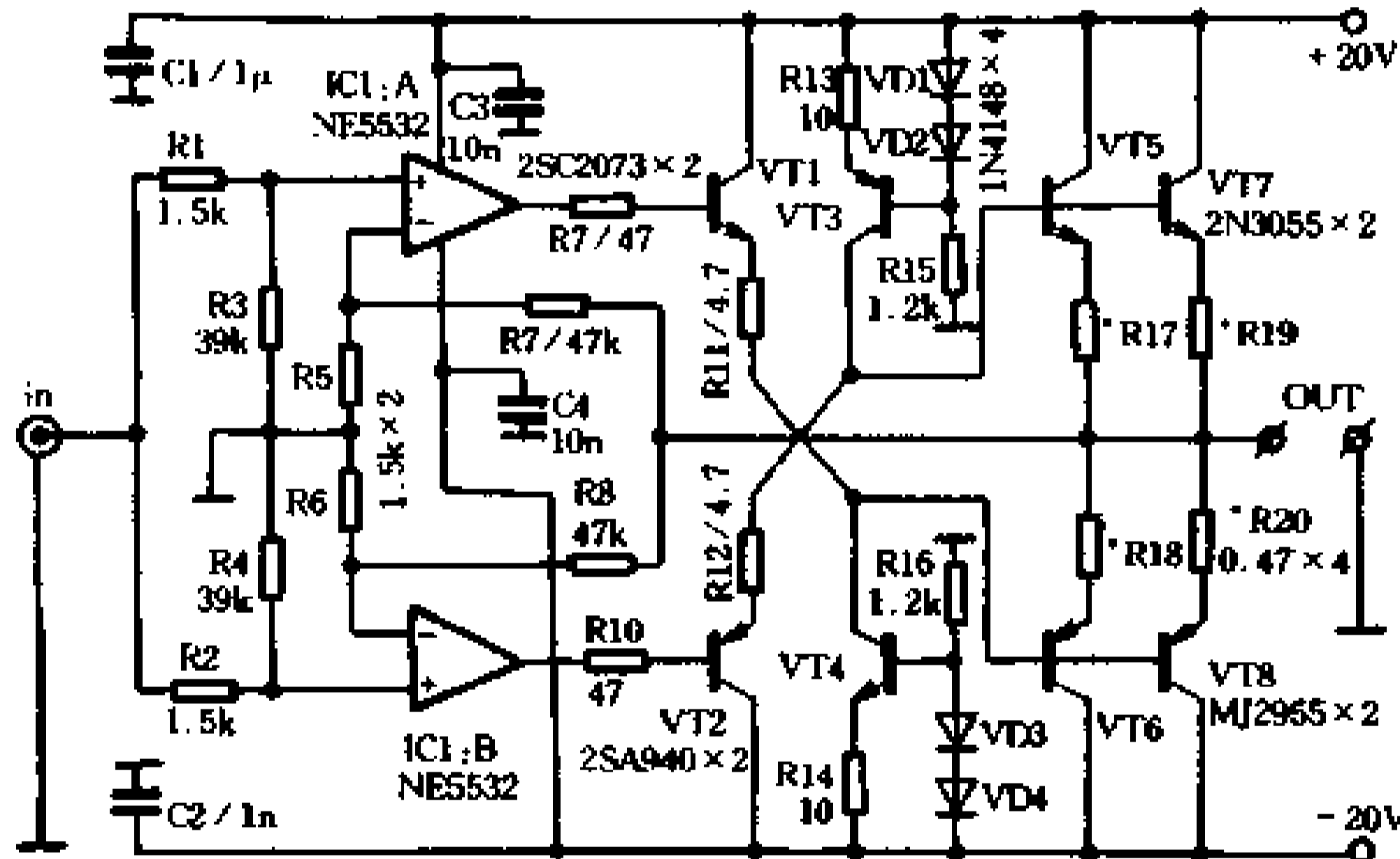


图 6-1

的单端放大器，它们都工作在纯甲类方式下，各自独立构成性能优良的全波形放大器。放大后的信号在输出点再有机地混合，有效地降低了对音质危害极大的奇次谐波失真。激励级的双极三极管(VT1 和 VT2)作为电流控制器件，直接从运放的输出端吸取所需的基极电流，是一种较为理想的使用方式。VT3 和 VT4 分别用作 VT2、VT1 的恒流源负载，保证了整机的稳定性，也使得本机可免去麻烦的调试手续。

激励级的 VT1、VT2 与输出级的两个大功率三极管构成交叉耦合方式。由于各三极管工作点之间的错位作用，使得此电路的稳定性极好，在电源接通瞬间也不会出现冲击电流声。交叉耦合的另一个好处是激励级和输出级分别从正负电源端索取工作电流，这对提高放大器的共模抑制比十分有利。激励级的工作电流高达 85mA，输出级的工作电流更是高达 1.7A 之巨(两管并联)。由于本机电流很大，制作时一定要给每一个三极管(包括激励级和恒流源负载三极管)都加上足够大的散热器，且电源变压器一定要有充足的余量(推荐为 150W)。由于本机对电源的适应性很强，故电源电路只需简单的整流、滤波即可。有条件者可在供电回路串入 1~2H 的电感以获得更佳的效果。

2. S 类功率放大器

S 类放大器读者可能陌生，但对 AA 类前置放大器却较为熟悉。S 类放大器由设计师 Aubrey Sandman 在英国《EW+WW》上发表，稍后松下的音响子公司 Technics 对其进行了

一些修改，取得了称为 AA 类功放电路的日本专利。

S 类放大器由前级主电压放大器和后级电流放大器构成，精华在于利用惠斯登电桥维持平衡的简洁概念，使得主电压放大器近乎工作在等效无负载的理想甲类状态，更难得的是此等效无负载状态的特性与实际负载的种类及大小无关。图 6-2(a)是 S 类电路的基本形式；图 6-2(b)是读者较熟悉的 AA 类前级电路的基本形式。差别在于 AA 类的反馈电阻 R_f (或网络) 是从输出级反馈到前级构成大环路反馈，而 S 类电路的 R_f 只是前级主电压放大器局部反馈。用示波器仔细比较输出波形，在 20kHz 以内的确无差别，但在 50kHz 输出大于 10W 的功率时，S 类电路的失真要小些，由此可见 S 类电路是较为合理的。

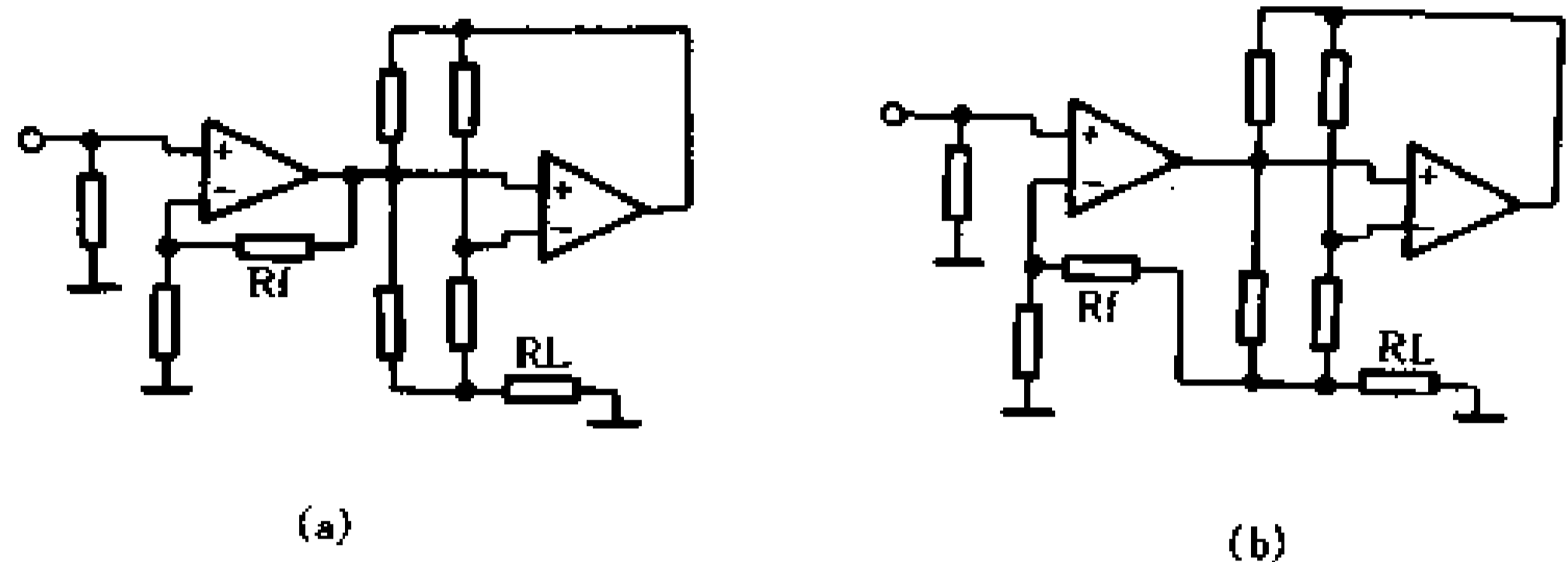


图 6-2

扬声器、分频网络以及音箱线使

得音箱成为复杂的复合变化负载，就是一些名牌发烧扬声器标称的频带内阻抗变化也达 1 倍以上，S 类放大器的优势正好发挥，由于对负载变化的不敏感，对各种负载都能提供接近于理想的驱动，使得 S 类放大器的重播频率特性非常优越。

S 类放大器由于电桥平衡作用，大大地减少了交越失真及其它失真，以致于无需对功率管进行偏置，此是 S 类放大器的另一优点，使其既有乙类低功耗高效率，又有甲类低失真的优点。

如图 6-3 是 S 类功放(另一声道相同)的一个实用电路，IC1 是前级电压放大器，选用高速运放 LF353、IC2 是电流驱动放大器，选用运放是 NE5532，NE5532 的功耗可达 800mW，用

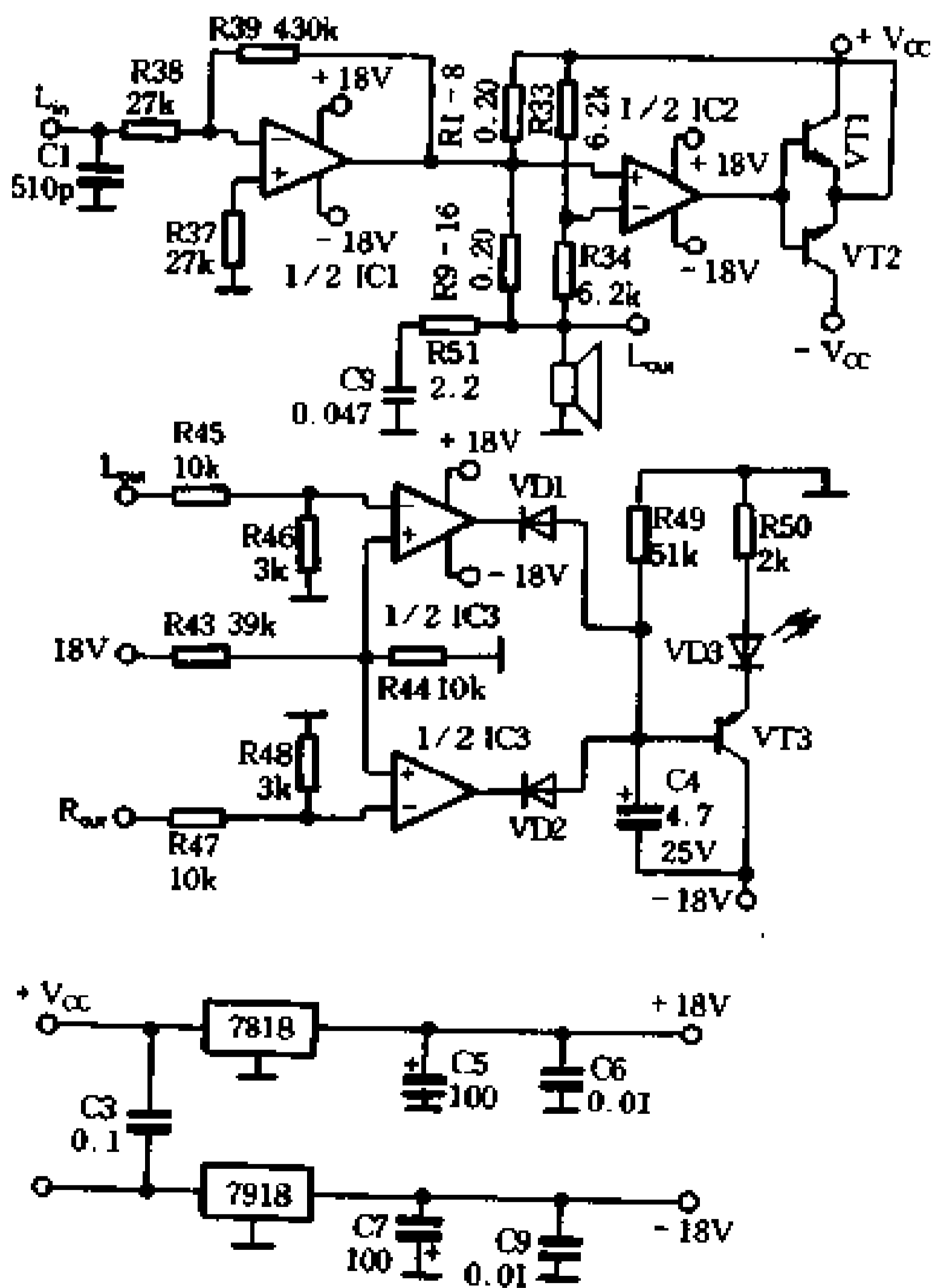


图 6-3

在此处作功率驱动最合适， $R_1 \sim R_8$ 、 $R_9 \sim R_{16}$ 可选用 $0.15 \sim 0.3\Omega/2W$ 精度 5% 的电阻，也可用 8 只 $1/4W$ ， $1.2\Omega \sim 2.2\Omega$ 精度为 5% 的电阻并联代替，其实精度可达 1% 以内。IC3 用作削波指示电路，当信号幅度过大产生削波时，IC3 驱动 VD3 闪光指示，本功放不失真正弦波有效功率在 4Ω 负载上为 $30W \times 2$ ， 8Ω 负载上为 $16W \times 2$ ；电压增益为 24dB，如需加大增益可将 R39、R42 增大；输入灵敏度为 750mV (或 2V)；本功放是一个纯直流放大器，频响可达 $0 \sim 50kHz$ ；输入阻抗为 $27k\Omega$ ，加一只 $47k\Omega$ 电位器即可调节音量。本功放无需很大的散热器面积。为了方便制作和节省费用，建议就用外壳作散热载体。功放管焊在背面并向外弯折，用一根铁皮条，上面有 2 个直径 3mm 已攻丝的孔，可在外壳底板上相应的位置再開两个 $\phi 3.5mm$ 的孔，将铁条压在管子上，用螺钉穿过底板就可将管子压紧在底板上(后板也行)，使功放管的散热片紧贴外壳，并涂上导热硅脂，因散热片一般与管子集电极接通，所以应加上云母片与

外壳的绝缘，并且铁条一定不要压在管子的散热片上。如所配音箱阻抗为 8Ω ，变压器功率应大于 $40W$ ，如为 4Ω 则大于 $60W$ 。滤波电容不小于 $4700\mu F \times 2$ 。R51、R52、C9、C10，在印制板上不留安装孔位，直接焊在压线柱上效果更好。

【元器件选择与安装】

本功放的电源电压为 $\pm 25V \sim \pm 35V$ ，如在原大功率放大器上加装本电路作环绕功放，只要变压器和滤波电容的富余量足够，可直接从整流滤波电容处引出直流电源。如无可供利用的直流电源，则应自己外接整流滤波电路，变压器可选双 $18V \sim 25V$ ，功率 $40 \sim 60W$ 。整流管大于 $3A$ ，如 1N5401。因电路简单，元件可直接悬空焊在变压器的次级之上，再用绝缘胶包好。音箱地线不应连在本电路的印制板上，而应分别连到电源地上。接好之后，先用万用表检查，无直流输出时（小于 $100mV$ ）才能接上音箱。使用时削波指示发光管应装在面板上，如只是偶尔有闪动可不加理会，如闪动频繁，则说明信号幅度过强，应减少音量。

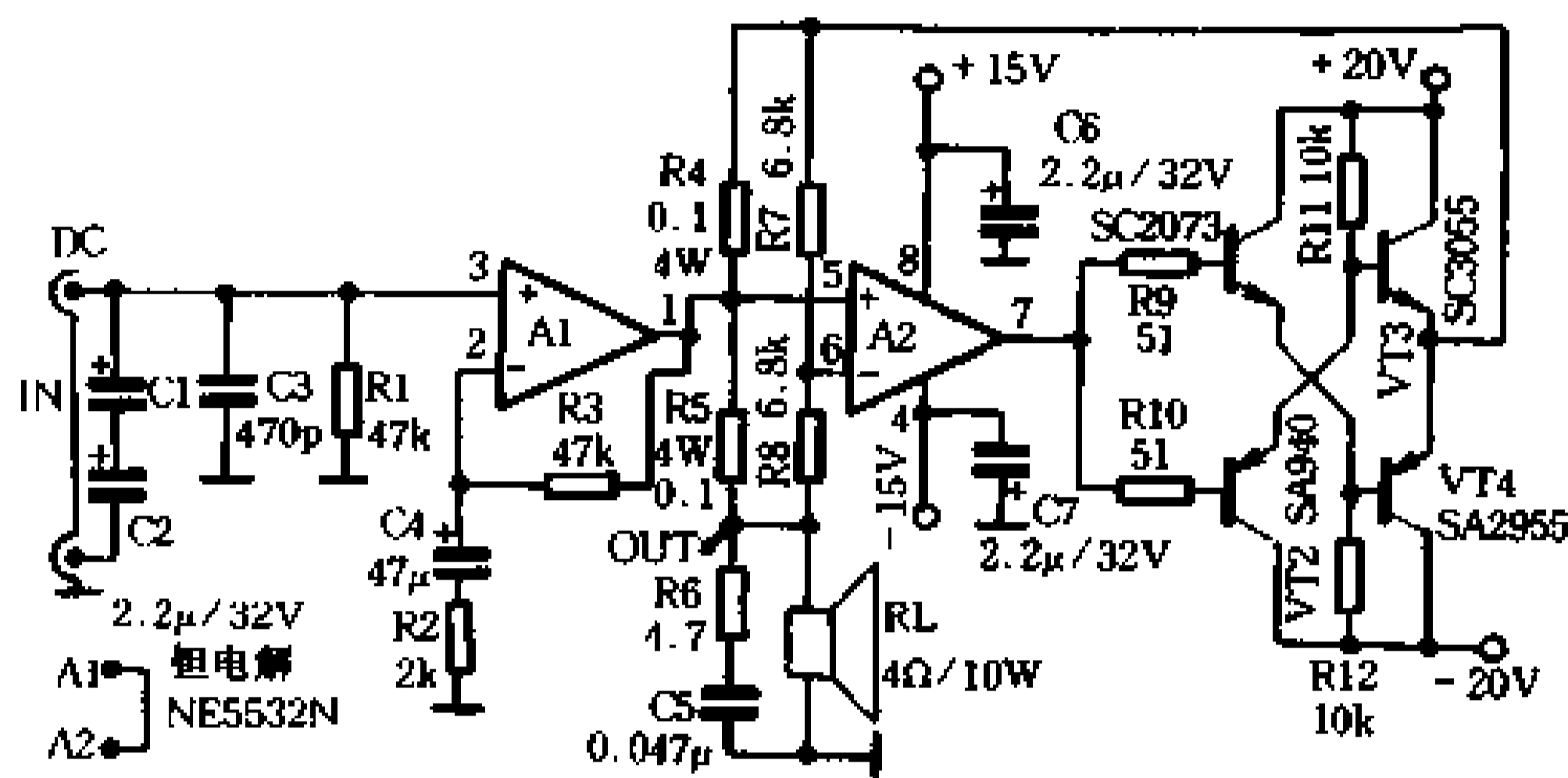


图 6-4

对 S 类功率放大器，本文在此提出一点看法及改进。

S 类放大器的原理没有错的，但由于末级采用无偏置纯乙类状态，所以相当于 A2 图 6-4 所示（原 $1/2IC2$ ）的输出端与 C 点断开（也即断开 A2 与 A1 的耦合关系）。此时产生偏差电压极大。

为不浪费元件，将末级做了一番改进，如图 6-4 所示。

由于末级采用自动稳零的射极交叉耦合，VT1~VT4 均可导通，且 $V_{e3} = V_{e4} = V_{b2} = V_{b1}$ 。

只要电路板设计无误，可以免调（VT1 和 VT2, VT3 和 VT4 的配对误差不严，小于 15% 即可）。中点失调电压 $\leq 15mV$ 。以上数据均用 DT-890C 表测得。

3. $30W \times 2$ 高保真功率放大器

【电路原理】

本 $30W + 30W$ 集成化前后级高保真功率放大器，其性能优越，并且有过载、过热保护的集成电路组成。前级采用低噪声三极管组成的高低音调控制，低音极点 $40Hz$ ，高音 $20kHz$ ，具有 $20dB$ 的高低音控制量，最大输出电压 $1V$ ，输入灵敏度约 $60mV$ ，适合任何输入。后级采用 TDA 集成电路组成的 OTL 功率放大电路，在频率 $20Hz \sim 20kHz$ ，电源电压为 $15V$ 时，输出 $30W + 30W$ ，失真小于 0.5% ，该放大器是家庭理想的音响装置。

本功率放大器内核心元件为 TDA2030A 集成电路，其特点有：

- (1) 内部为甲乙类功率放大电路，效率高。
- (2) 内部具有输出短路保护、过热自动闭锁等电路。当发生短路情况时，电路可自动限制自身的功耗，使输出晶体管保护在安全工作点上。
- (3) 输出驱动电流大，输出峰值电流 $I_p = 3.5A$ 。
- (4) 谐波失真低。
- (5) 交流失真小。

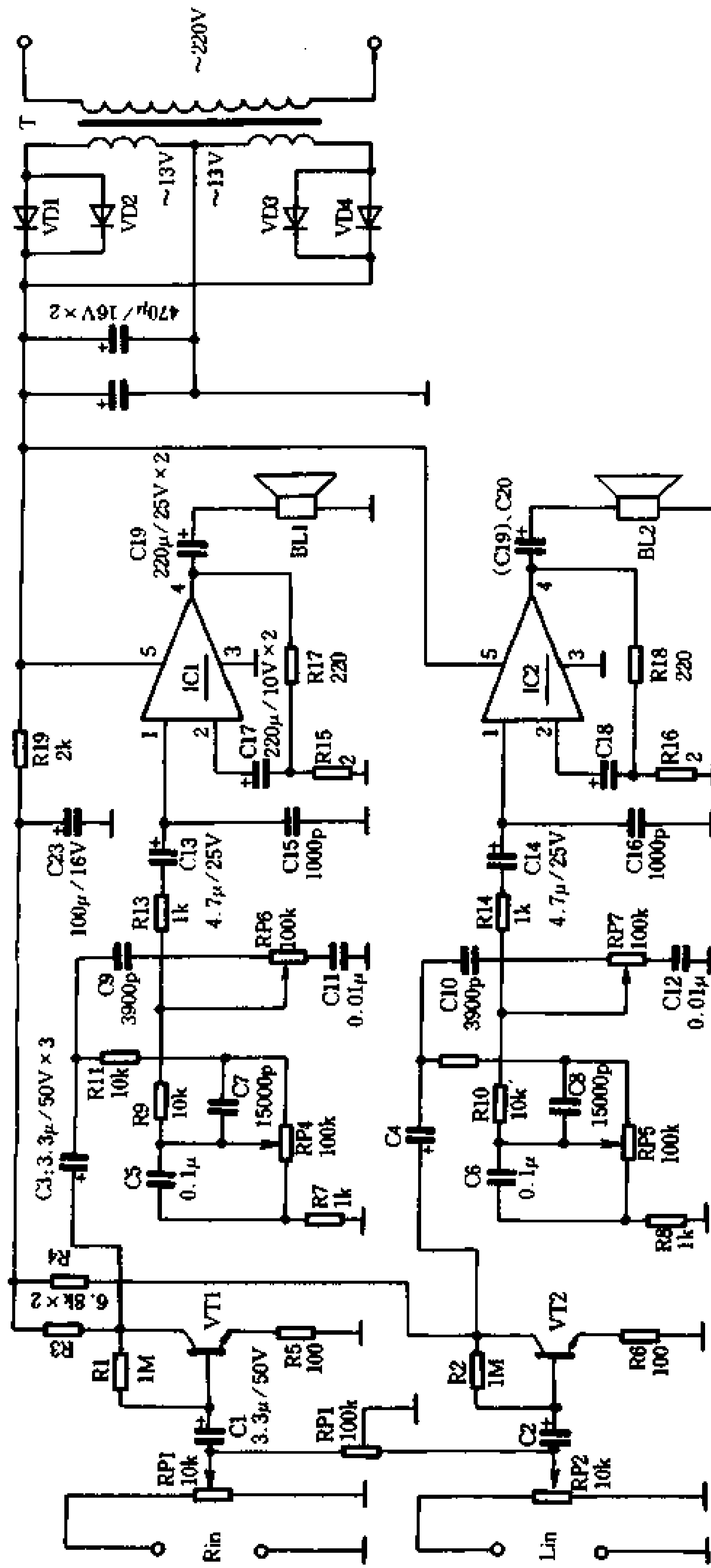


图 (7)

(6) 外围元件少,可直接代换同类元件,如:TDA2002、TDA2006、TDA2008等。

(7) 适用于未稳压电源,电源电压可达44V。

图6-5所示为采用两块功率放大器TDA2030A和两只晶体三极管MA42组成的30W×2高保真立体声放大电路。现以R声道为例,介绍其工作原理。IC1为同相放大器,输入信号通过耦合电容C13送入同相输入端①脚,其交流闭环增益 $K_v=1+R_{17}/R_{15}=110$ 。该声道增益由电阻R15调整(左声道由R16调整),一般不宜将增益调得过高,以免引起IC内部自激。

本放大器选用MA42构成典型电压并联负反馈式音调控制电路,高低音之最大提升和衰减量均大于15dB,从图6-5中可以看出,VT1(右声道)为一平坦低噪声放大器,对输入信号先作电压放大,该放大器的增益由RP1调整,故本电路的输入和输出灵敏度均得以提高,更易于各种信号源进行配接。本电路的输入灵敏度 $\leq 60\text{mV}$,对于各种大于60mV的输出信号应先作衰减(电唱头信号则应先作均衡放大),再送入本电路的输入端,以免因信号过强造成阻塞失真及信噪比下降而降低音质。对于磁头信号或麦克风信号,因其信号电压较低,应先作电压放大后再送入本扩音电路,以保证有足够的输出功率。

电路中,R1为负反馈电阻,其主要目的之一就是为了展宽频带,改善频率特性,减少放大器非线性失真。电阻R11、电位器RP4、电容C7构成低通滤波器网络;电容C9、C11、电位器RP6构成高通滤波网络。

【元器件选择与安装】

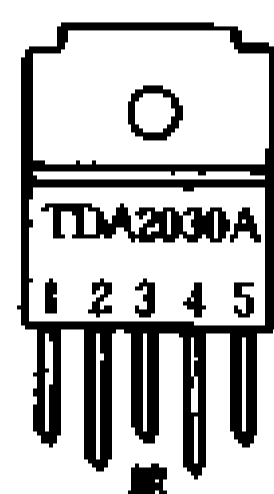


图 6-6

本电路的供电为双电源式(DC±15V),由变压器T提供AC13V交流电压经整流滤波后直接供给。电源变压器T的铁芯面积最小为26mm×40mm(硅钢片磁感应强度为1400T),初级绕组用 $\Phi 0.44\text{mm}$ 高强度漆包线绕制660圈,次级绕组用 $\Phi 1.32\text{mm}$ 绕制38圈+38圈(输出电压 $2\times 13\text{V}$)。功率放大集成电路TDA2030A,其外形及管脚排列如图6-6所示,散热器可用120mm×90mm×1.5mm的铝板制作。整流二极管VD1~VD4:1N5402(3A200V)。晶体三极管VT1、VT2:MA12或3DG6C, $\beta=150\sim 200$,MA42的外形及管脚排列如图6-7所示。扬声器BL1、BL2负载 $R_L=4\Omega$ 。

本放大器的印制电路板如图6-8所示,其尺寸大小为125mm×85mm。

【使用方法】

- (1) 调节电位器RP1,可调节右声道音量效果;
- (2) 调节电位器RP2,可调节左声道音量效果;
- (3) 调节电位器RP3,可调节左右声道平衡度;
- (4) 调节电位器RP4,可调节右声道低频信号效果;
- (5) 调节电位器RP5,可调节左声道低频信号效果;
- (6) 调节电位器RP6,可调节右声道高频信号效果;
- (7) 调节电位器RP7,可调节左声道高频信号效果;

(8) OTL电路输出端切不可碰到正、负电源及“地”端,也不能自相短路,TDA2030A的散热器是带负电源的,需格外注意;

(9) 电路输出阻抗为 4Ω ,大于 4Ω 的扬声器也可以使用,只是功率相应减小而并不影响其它性能。

只要元器件选择无误,质量可靠,按图焊接良好,一般无需调整便能正常工作。



图 6-7

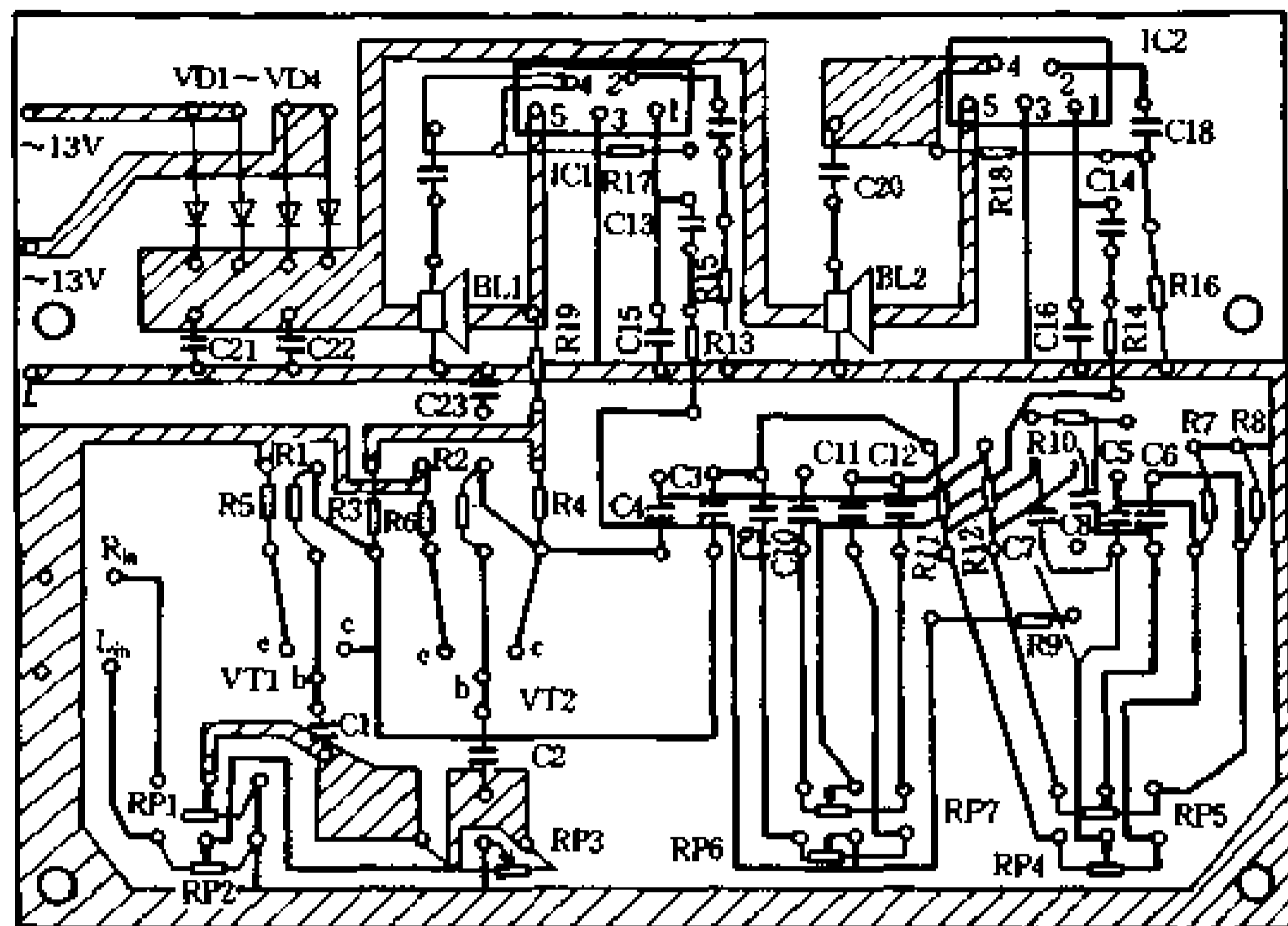


图 6-8

4. 简洁的 50W 优质功放

【电路原理】

本文介绍的功率放大器，只用了 20 余只元器件。电路(左、右声道各一)如图 6-9 所示。它

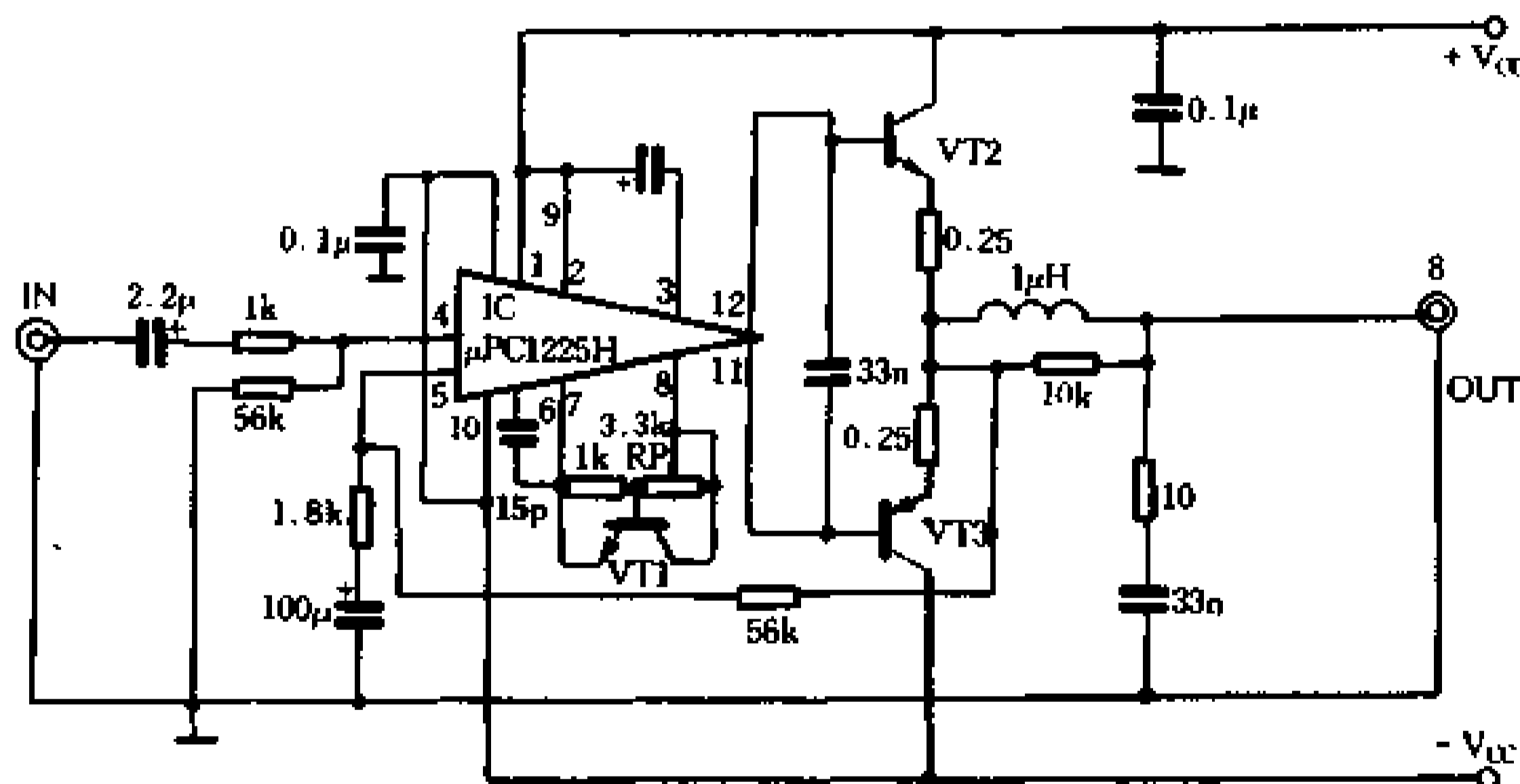


图 6-9

的电压推动(激励)部分由集成电路 $\mu\text{PC} 1225\text{H}$ 和少量的外围元件构成，末级功放配对管 $\text{VT}2$ 、 $\text{VT}3$ 为电流放大输出。 $\mu\text{PC}1225\text{H}$ 的内部结构如图 6-10 所示，主要电气参数如表 6-1 所示。主要特征如下：

(1) $\mu\text{PC}1225\text{H}$ 的内部电路功能设置完善，具有电路简单，造价低廉、易装易调、可靠安全等优点。

(2) 电路频带极宽， $f \geq 900\text{kHz} (\pm 3\text{dB})$ 。

(3) 转换速率高， $\text{SR} \geq 15\text{V}/\mu\text{s}$ 。

(4) 失真度 $\leq 0.002\%$ ， $f = 1\text{kHz}$ ， $R_L = 8\Omega$ ， $U_L = 14\text{V}$ 。

(5) 供电电源无须做稳压处理。

(6) 输出电压高，激励容量大。

【元器件选择与安装】

图 6-9 中，VT1 选用 2SD414，也可选用 $P_c \geq 10W$ ， $BV_{ceo} \geq 120V$ ， $I_{CM} \geq 0.8A$ 的其它型号中功率管，VT1 的作用是偏置（工作点）调节。末级功放 VT2、VT3 选用 2SC2681(NPN)和 2SA1141(PNP)，发烧友选用 2SC2922 和 2SA1216，则音效更佳。VT2、VT3 发射极平衡电阻采用 0.25Ω 、5W 的无感电阻。输出端子的 $1\mu F$ 电感自制：取 $\Phi 1mm$ 高强度漆包线，在 $10k\Omega$ 、1W 电阻上平绕 12 匝，漆包线的始端和末端分别焊在电阻骨架的两端引线上即可。

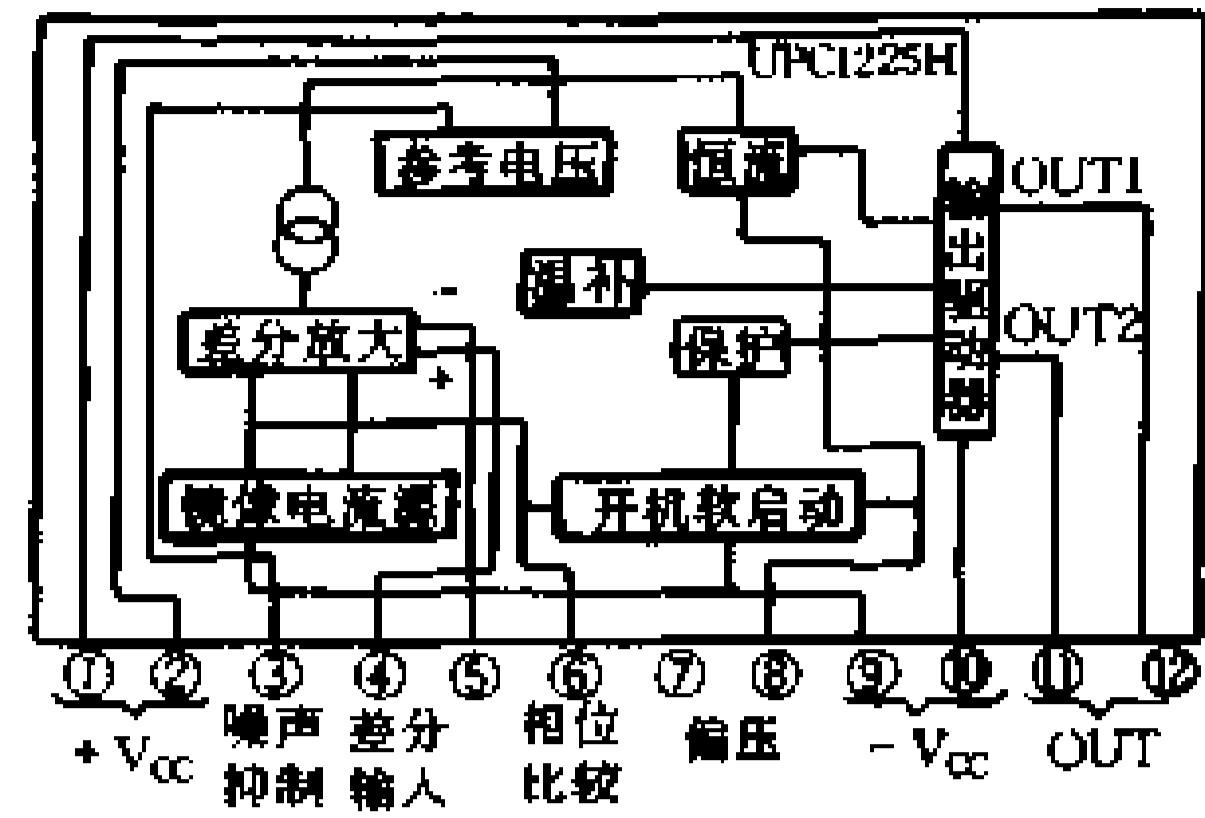


图 6-10

表 6-1

参数名称	符 号	典 型 值	条 件	单 位
输出电压漂移	V_{OFF}	± 5		mV
静态电流	I_{CC}	20	$V_{in} = 0$	mA
输出电压	V_O	23	$f = 20Hz \sim 20kHz$ THD = 0.05%	V
平均增益	A_v	30		dB
开环增益	A_{vo}	95	$f = 1kHz, V_O = 1.5V$	dB
输出噪声电压	V_{no}	70	$-R_O = 10k\Omega$	μV
功率带宽	PBW	900	$V_O = 1.5V, -3dB$	kHz
电源电压	$\pm V_{CC}$	± 36		V
环境温度	T	25		C

电源电路如图 6-11 所示。电源变压器 T 应选用优质环型硅钢片，功率容量大于 120W。整流二极管采用 D₀-201AD 封装的高速二极管 1N5404 ($V_{RRM} \geq 400V$, $I_{R1} \leq 10\mu A/25^\circ C$, $V_F \leq 1V$, $I_F \geq 3A$)。为了有效的抑制交流声，整流器搭接成双桥式， $\pm V_{CC}$ 滤波电容总值应在 $10000\mu F$ 左右，以保证大信号放音时提供足够的储能。

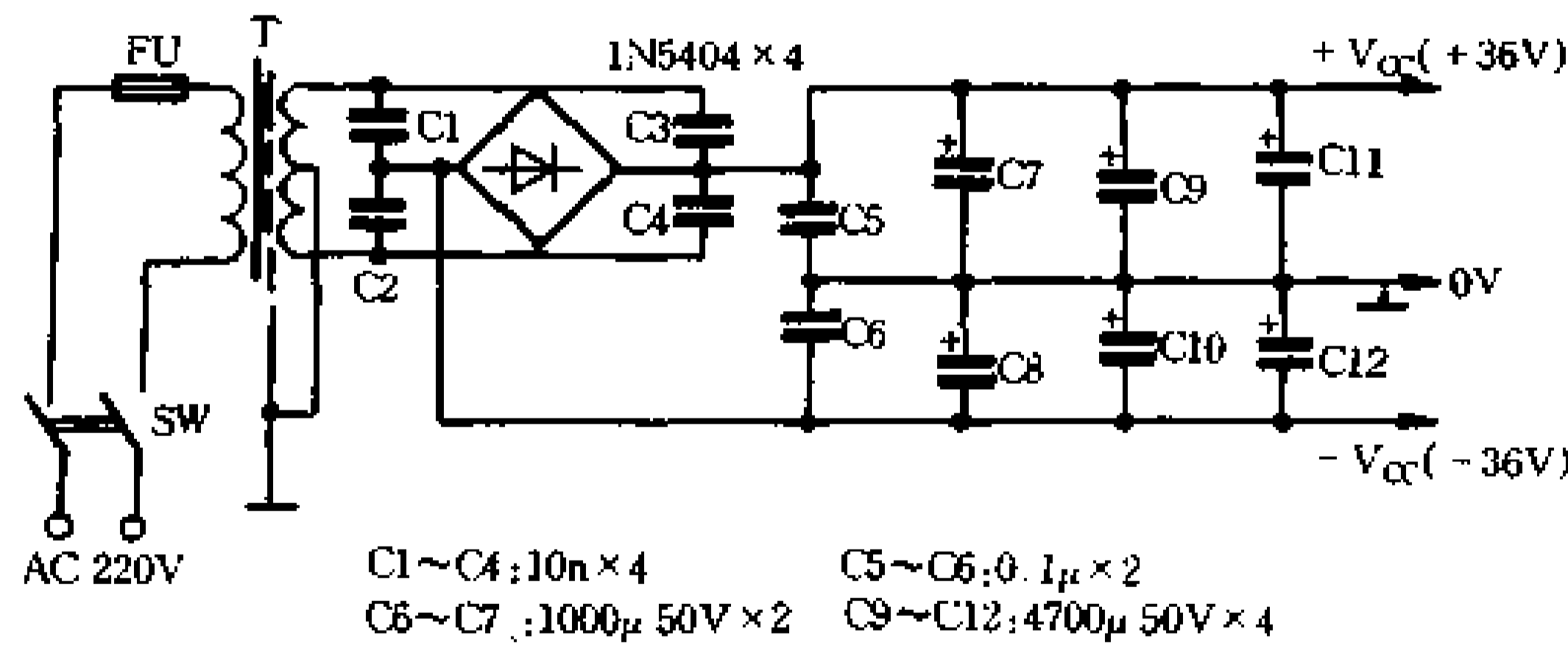


图 6-11

由于选用优质推挽式驱动器 $\mu PC1225H$ ，所以不加调整其零漂也能自控在 $\pm 5mV$ 以内。本机总电位调节通过偏置电位器 RP，调节偏置电路 VT1 的工作状态，使 VT2、VT3 的工作电流为 50mA。调节 RP 时，需先将输入端对地短接。

由于被推动的末级功放管 VT2、VT3 为共集电极接法，其电压增益 $K_v \leq 1$ ，所以本功放的实际输出功率 $P_O \approx 48W(RMS)$ 。

5. 70W 合并式功放

双运放 NE5532 由于具有音色细腻、高音通透之特点，为较多的音响爱好者所钟爱，用它制成的合并式功率放大器可将该特点发挥得淋漓尽致。

功放电路如图 6-12 所示，从 Hi-Fi 角度出发，在合并式功放中作为电压放大与功率推动的运放，其输出幅度以不超过 5V 为佳（运放电源为 ±15V 情况下），所以运放之后的功率输出级不但要求有较大的电流增益，也要求有一定的电压放大能力，本电路输出级的电压放大倍数定为 7 倍，这样，输出幅度为 $5V \times 7 = 35V$ ，到达满幅度，而使输出功率为 70W。

在接线正确、扬声器不接入的情况下，测其输出电压如果为零，则表明电路基本正常，再调节 R9、R10 使末级电流为 5mA ~ 20mA（调节时从零逐渐增大其阻值，不可开路，调完后用两相同的等值固定电阻换回），即可投入正常的使用。

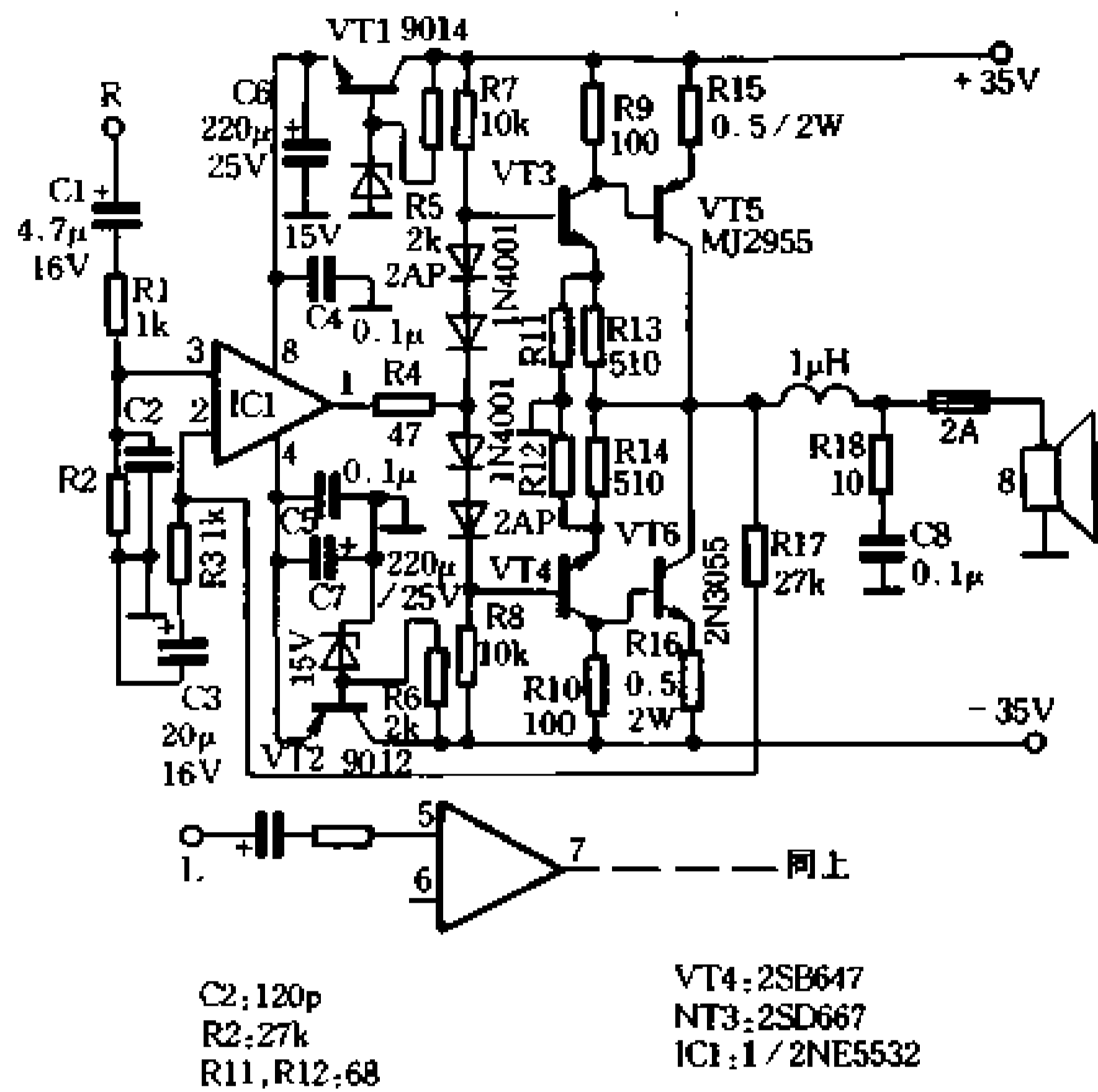


图 6-12

6. 用 μPC1342V 驱动的 110W 发烧功放

【电路原理】

NEC 公司继性能优异的宽带低失真 50W 推动电路 μPC1225H 之后，为了适应大功率的要求又推出了新一代音响驱动 IC——μPC1342V，该 IC 除具有 μPC1225H 所有优点及基本相同的外围电路外，其输出电压偏差更小（±5mV）、电压适应范围更宽（±20 ~ ±70V）、推动功率更充裕，堪称烧友自制功放的首选 IC。用二块 μPC1342V 组成 2×110W 功放电路结构如图 6-13 所示（虚线内的保护电路为两声道共用一套）。图 6-14 为除保护电路外的功放印制电路板图。

图 6-13 中 IC1（μPC1342V）供电 ±65V，功放管（C2922、A1216）供电 ±56V，保护电路及直流伺服环路供电分别为 ±25V 和 ±15V，采用这种前后级高低压、各级分离供电的方式对降低级间干扰、提高功放动态范围及音质有着决定性作用；IC1 内电路由优良的 DC 放大器用镜像对称互补差动放大前置电路、功率驱动及完善的恒流恒压、开机启动、保护、温度补偿等电路组成。IC1 ③脚及外接 C2 完成前级静噪功能，VT1、R3、RP 为 IC1 外接偏置电路，C4 为消振电容，在保证 IC1 不出现高频自激的前提下应尽量减小其容值。

IC2 及外电路组成直流伺服环路，能将输出中点失调电压控制在 ±2mV 内，使放大器 DC 化，令功放解析力提高，高频相移失真减小，工作更加稳定。

保护电路电音响保护专用 IC3—μPC1237HA 为中心组成，VT7、VT8 及外围电路组成多谐

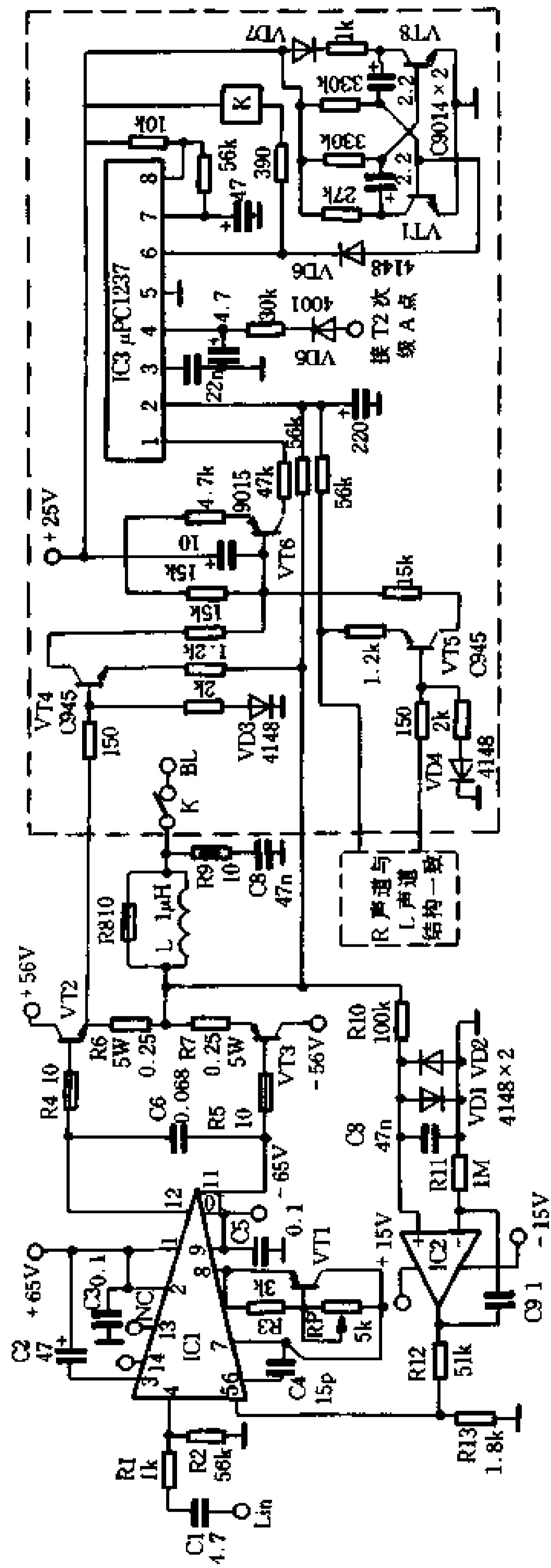


图 6-13

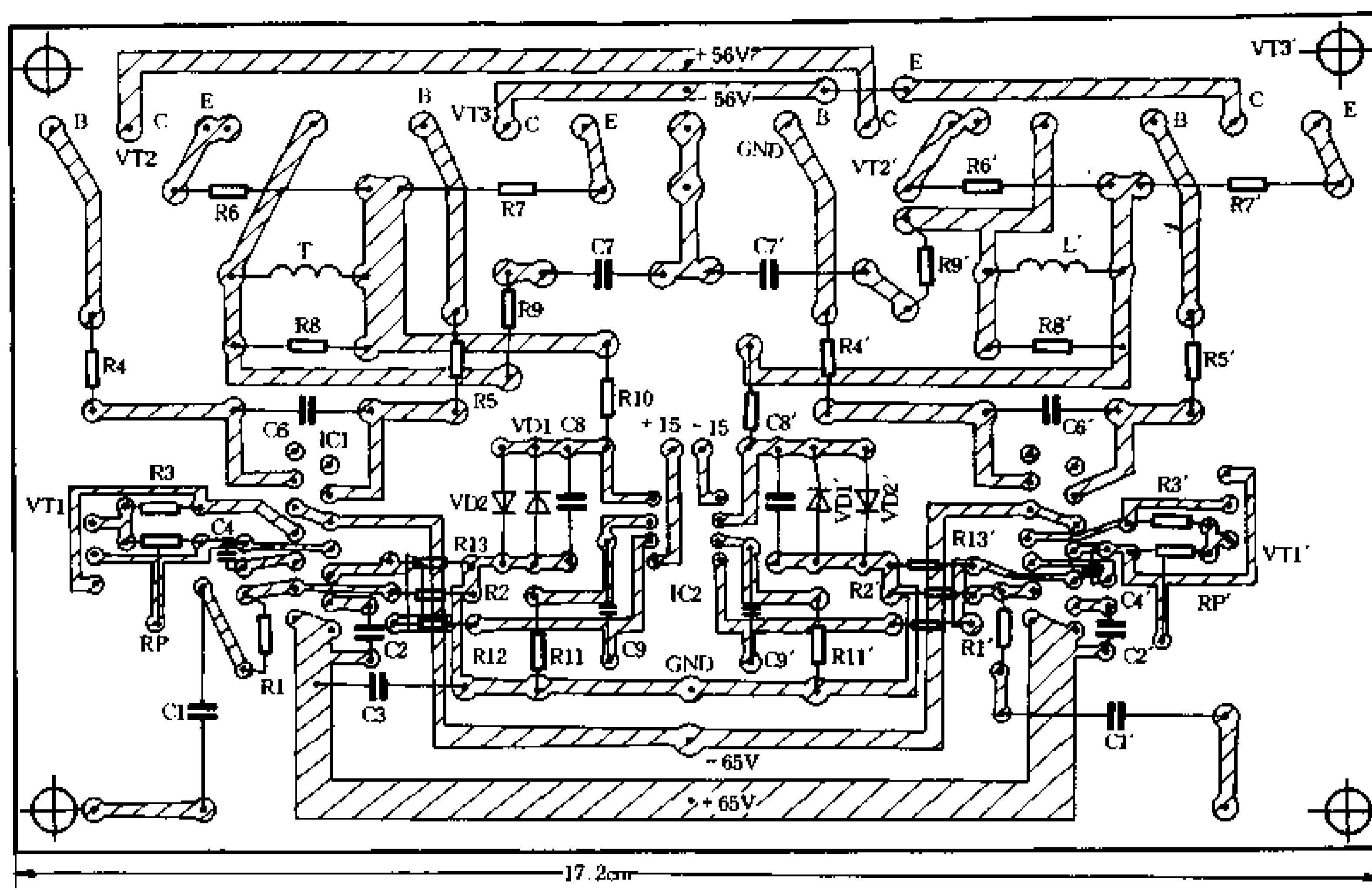


图 6-14

振荡器，VD7 在功放正常时常亮作电源指示，当功放出现故障现象时，继电器 K 立即断开扬声器 BL，同时 VD7 每秒闪动二次。

【元件选择与安装】

(1) 音频部分的阻容元件首选 RJ、CBB 系列。VT1 为 C2073 中功率管，VT2、VT3 为 C2922、A1216 三肯管。1. 用 $\Phi 1.2\text{mm}$ 漆包线密绕成内径为 10mm 的空芯线圈 10 匝，IC1 需加 $60\text{mm} \times 60\text{mm} \times 1.5\text{mm}$ 的散热器。

(2) 电源部分变压器若用普通铁芯的最好为 T1、T2 作一个金属屏蔽盒。TWH33 为 1000W 抗干扰过压保护组件。

(3) 检查无误后通电试机，微调 RP 使输出功率最大，失真最小即可。

对本功放感兴趣的烧友如果严格选择材料、精心焊接制作，相信这款功放一定会给您一种“发现新大陆”的感觉。

7. 实用电流反馈式合并功放

【电路原理】

电路如图 6-15 所示。音调电路选用美国 NS 公司的 LM1036。

前置用优质音响对管组成无大环反馈电路，解析度比运放前置显著改善。初级为射随器，发射极的阻容网络既可有效稳定直流工作点，又能畅通交流，该前置反向放大增益为 7dB。

功放电路用欧洲著名 SGS 公司的 DMOS 新品 TDA7294。该集成块具有极低的噪声和失真，自带静音、待机、过热保护、短路保护电路。工作电压正负 10V 到正负 40V，按图 6-15 接成电流反馈电路，并用运放 NE5532 组成直流伺服电路，以稳定输出的中点电压的零位，音色更加醇厚，极具“胆”味。音调和前置电源用高稳定镜像恒流源和极低噪声的发光二极管

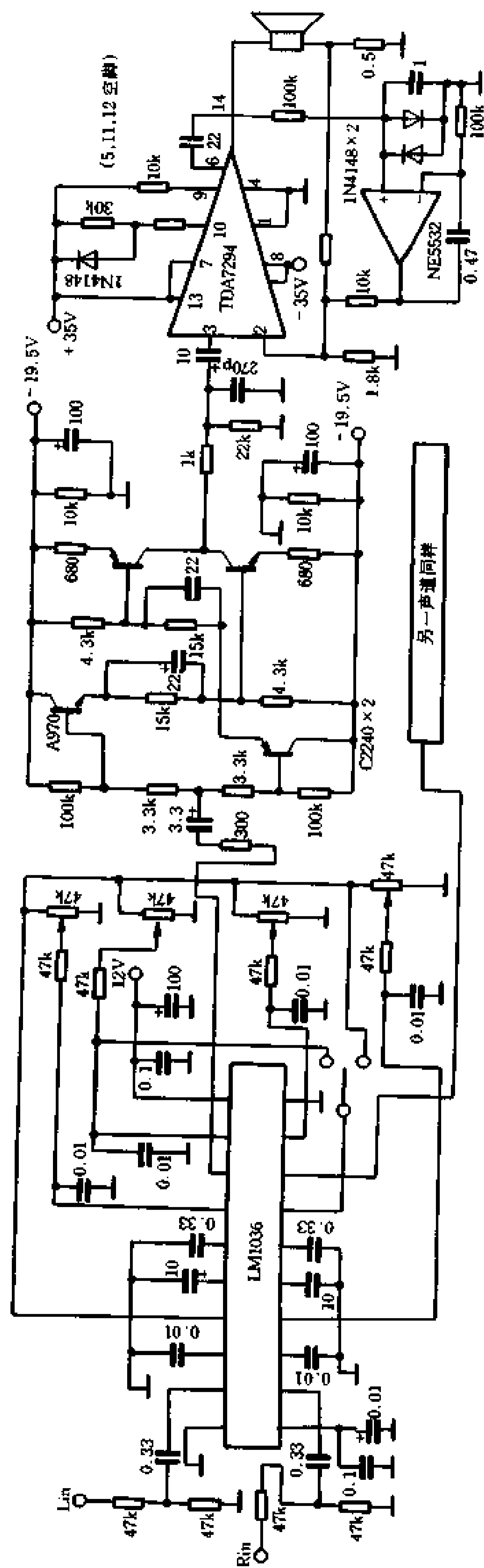


图 6-15

稳压，再由优质音响管组成的达林顿取样输出稳定强劲的电，电路如图 6-16 所示。实践证明，用该电源给 LM1036 和前置供电比三端稳压效果好。

功放电源如图 6-17 所示。

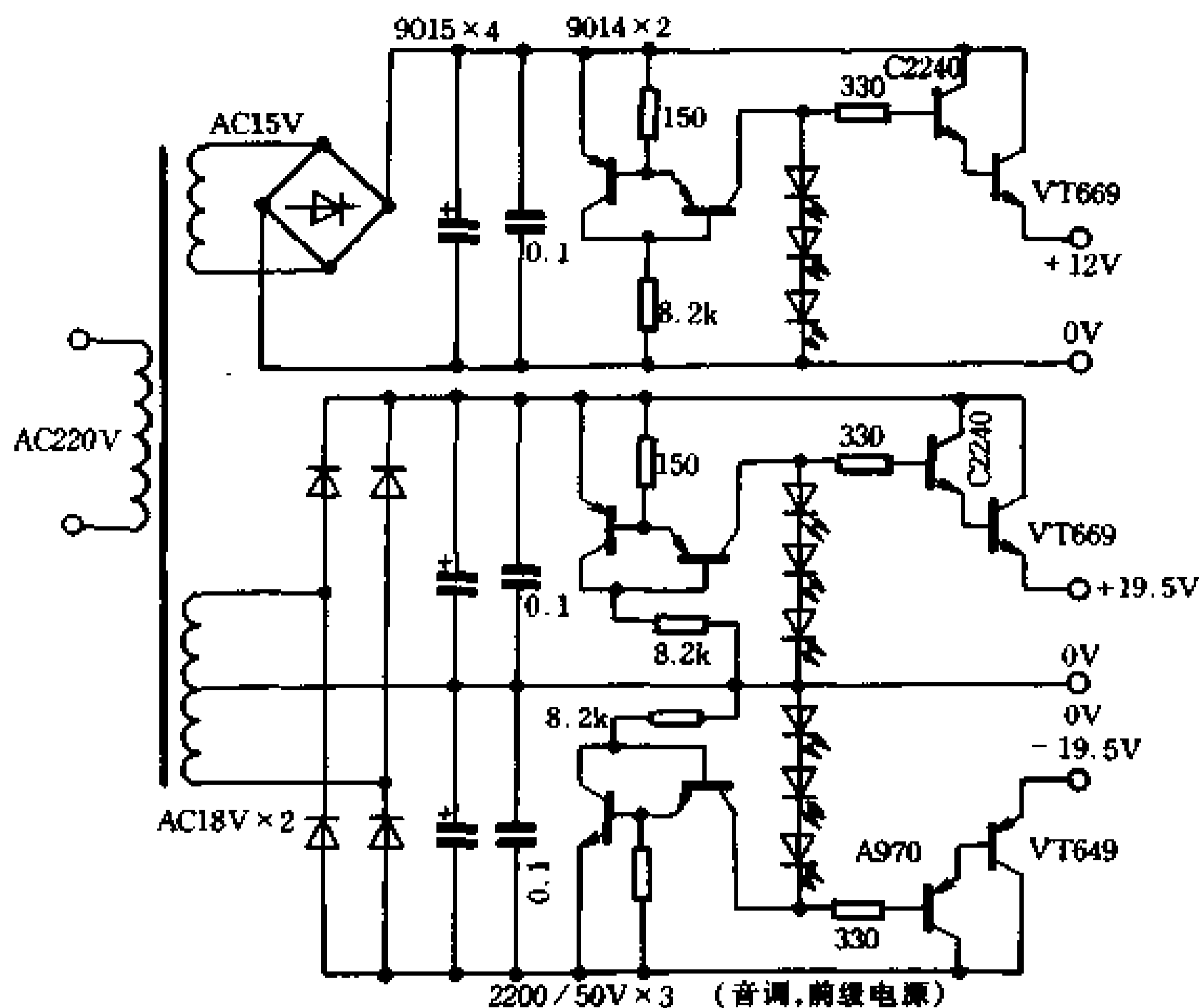


图 6-16

【元器件选择与安装】

0.5Ω 电阻选 5W 金属膜电阻，其余全选 0.25W 金属膜电阻。耦合电容用 ELNA 优品，滤波用红宝石或黑金刚电容，小电容用进口 CBB。三极管选用日立公司进口配对管。发光二极管也选用优质管。音调前置选用 R 型变压器，功放用 320W 环变。

调试前置的初级 15kΩ 电阻，使前置输出级的中点电压为 0V 即可。功放级调试时先检测供电电压是否正常，再检测输出中点电压是否为零，然后接入一低挡扬声器，小音量试听正常后，再接入音箱。

试听弦乐和琴音尤其逼真，音色温柔细腻自然，子音清晰，厚度和力度表现也非常出色。

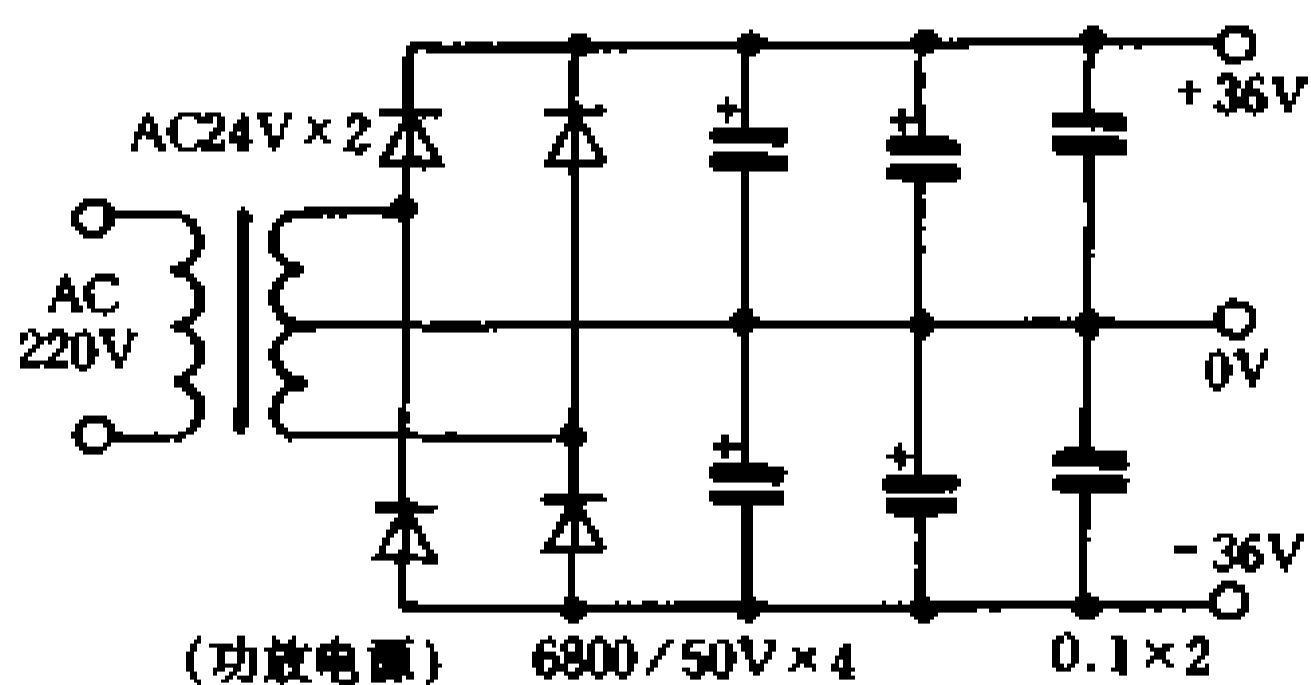


图 6-17

8. 简洁精炼的 DC 功率放大器

【电路原理】

用日本“ROHM”系列晶体管构成的纯 DC 功放原理如图 6-18 所示(电源及保护电路略)。部分 ROHM 管性能参数和本功放特性如表 6-2 和表 6-3 所示。输入信号经 C2、R1 低通处理后送往 IC1A 作缓冲放大，再由 IC1B 及 VT1~VT4 组成的电压放大级分别作 5 倍、8 倍的电压放大，然后将信号送入 VT6、VT7 构成的电流推动级，最后由 VT8、VT9 完成功率放大。IC 选用正宗 NE5532。VT1、VT2 用 f_T 高达 500MHz 的 C556、C546，这对提高放大器瞬态

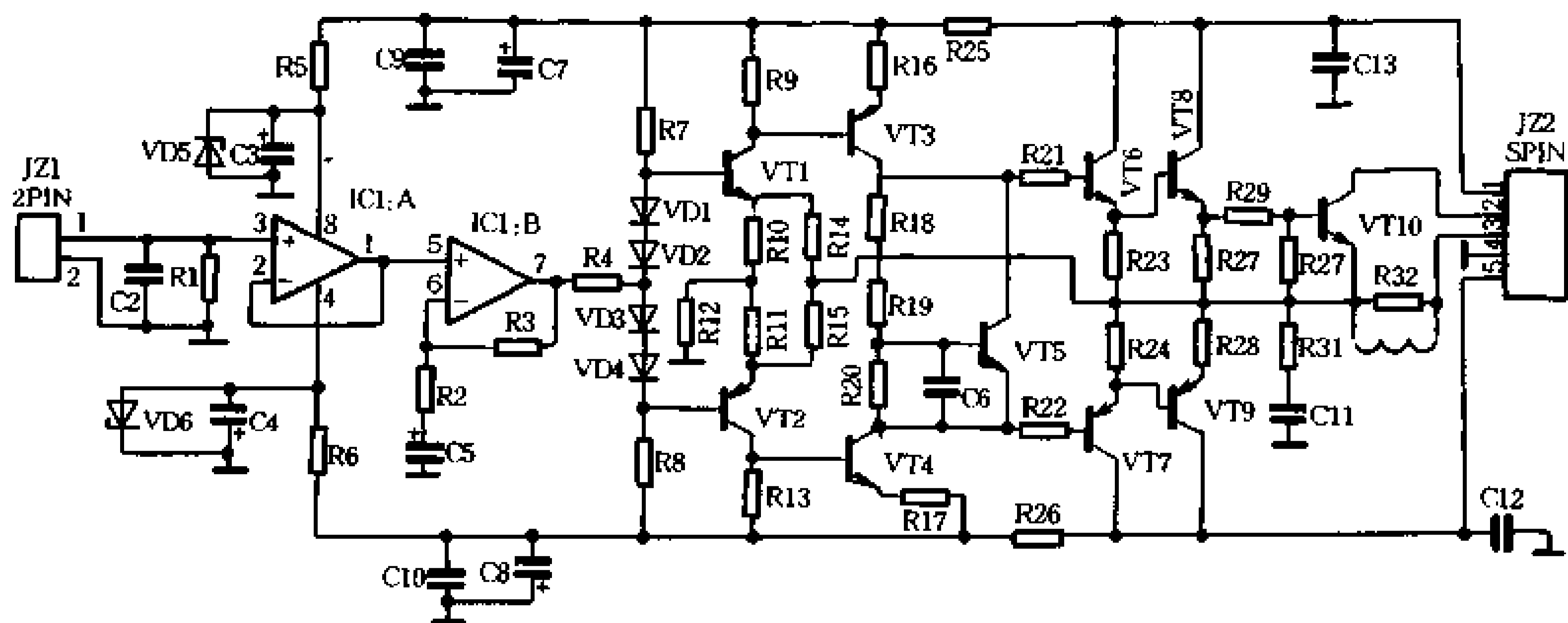


图 6-18

响应起着至关重要的作用。VT3~VT9 均用“ROHM”公司的中大功率管。特别是 VT5 用中功率管系列，能良好地对大功率管的温度进行跟踪，更有效地对功放因温升而引起的工作点漂移予以校正。电路装好经检查无误后即可通电，调节 R28 使 R28 两端压降为 5~8mV，然后将其换成同阻值固定电阻即可(此时 VT8、VT9 静态电流为 20~32mA)。

试听时用两块本电路作双声道功放，配接带扬声器保护电路的电源。先将功放与“天朗”609 I 型书架音箱连接，通电后将功放音量电位器开至最大，即使在夜深人静时将耳朵贴

表 6-2

型号	B1086	D1563	A1633	C4278
V_{CE0}	-160	160	-150	150
V_{EB0}	-5	5	-5	5
$I_{C(A)}$	-1.5	1.5	-10	10
P_{CW}	10	10	100	100
f_T (M)	50	50	20	20
C_{ob} (PF)	30	20	400	200
H_{FE}	56~270		60~320	

表 6-3

输出功率	100W(RMS)	输入灵敏度	0.8V _{rms}
频率响应	5Hz~100kHz(-1dB)	输入阻抗	47kΩ
信噪比	93dB		

近扬声器也很难听到本底噪声。接着直驳“先锋”PD-T305 双碟 CD 机试听几张金装 CD 片并与“路遥”9900 I 纯后级作听音比较，放“贝多芬电钢琴”(TEL ARC 出品，编号 CD-

80153)第一曲“Rage over Lost Penny”时,开始12秒部分钢琴中音阶的清脆明亮,沙锤声的纤细柔美及强弱层次表现得相当分明,而自5分07秒至5分22秒一段急促的低音鼓声,不但干净利落、强劲有力,而且还使人感到体表受到低频能量的冲击。放“蔡琴老歌”(飞碟制作发行,片号UFO-8516)中“痴痴地等”时,那极富磁性而略带沙哑的女中音一出场就紧紧地吸引住了在座的几位烧友,歌手吐词时的卷舌、平舌音、换气声、唇齿音极为分明,特别是1分24秒的“熬”字及2分56秒和4分24秒二处“爱”字所发喉间音,低沉圆润,好像她近在咫尺,向你倾诉其悲切哀怨和多年的感情坎坷与不幸,闻者无不为之动情。

上述听觉效果充分体现了本电路极高的信噪比和宽广的频响,细腻的音质与丰富的乐韵,当然,与“路遥”9900 I相比,本机中频部分稍觉灰暗,整机功率也偏小些。

9. ALA 功放摩机

雅马哈公司的 ALA 功放和天龙公司的无反馈双超线性功放被认为是“解决了甲类与乙类之争”的电路,电路不复杂、技术指标不错而得到众多发烧友及生产厂家的青睐。

本文为一台 ONE 牌 A930 合并机采用 ALA 技术,但表现在听感上较硬发紧,分析力不太好。于是决定摩上一摩,下面便是摩机步骤:

(1) 从图 6-19 电路分析,信号通路存在两个为校正 IC 提供“悬浮供电”而设立的大电容(C111、C115),并且成为前级的容性负载而增加失真,这一失真不能被 ALA 电路所校正。

场效应管带容性负载的能力较强,因此首先用一对中功率管 K214/J77 代替 VT109、VT110(2SA1145/2SC2275),并在 VD101、VD102 支路中串入一个 470Ω 的多圈微调电阻,调整它使 VT109、VT110 的 IC 为 12~18mA(原机 IC 实测为 0.98mA),使其工作在甲类状态。须注意的是,改动后要为 VT109、VT110 配上一副小型散热器。

(2) ALA 校正回路的阻抗($R_{127} + R_{133}$)较高,而原机的推动管使用双极型晶体管,负载较重会影响校正效果,对信号通路也会带来较大衰减。因此,照样用 K214/J77 代替 VT112、VT113(2SA1306/2SC3298),使前级负载减轻、损耗变小,并能抑制有害的反向传输。调节 PR2 使输出级(VT114、VT115)的 IC 增至 90~130mA,这时 VT114、VT115 会有一些温升,只要不烫手便不必担心,倒是要密切注意 VT112、VT113 的管壳温度,如太高须换较大的散热器。

(3) 原机校正 IC 用的是一半 TL082,摩机时用正宗双运放 NE5532 代替。运放的外补偿电容改用 47pF(原机用至 330pF)。

(4) 原机的信号通道和校正回路中用了许多品质一般的电解电容和无极性电容:

① 信号通路中的大电解 C111、C115 用二个 470μF/25V 的 ELNA for Audio+0.1μF/63V 红色 WIM 或 MKP 代换。

② 前级负反馈支路按图 6-20 稍作改动,C105 用二个 ELNA 的 220μF/16V 串联再并上一个 WIMA 的 0.1μF/63V,6.8μF 电容用 RIFA MKP。

③ C109 防振电容被去掉,在 R120 上并 220pF 银云母电容作前馈补偿。

④ C101、C102、C104、C122、C124、C125、C126 均换成银云母电容或进口超小型 MKP 电容代替。C130(0.1μF)、C131(0.22μF)用 RIFA 100V 电容代替。

⑤ 电路中 1μF/50V 小电解电容均换上 ELNA 或松下金字产品。

(5) 电源部分接上拆机的 25A/300V TDK 滤波器,读者可参照有关资料自制。

(6) 电路摩完后,调 RP1 使输出直流电压为 0V,接上负载工作一小时后再调一次,注意

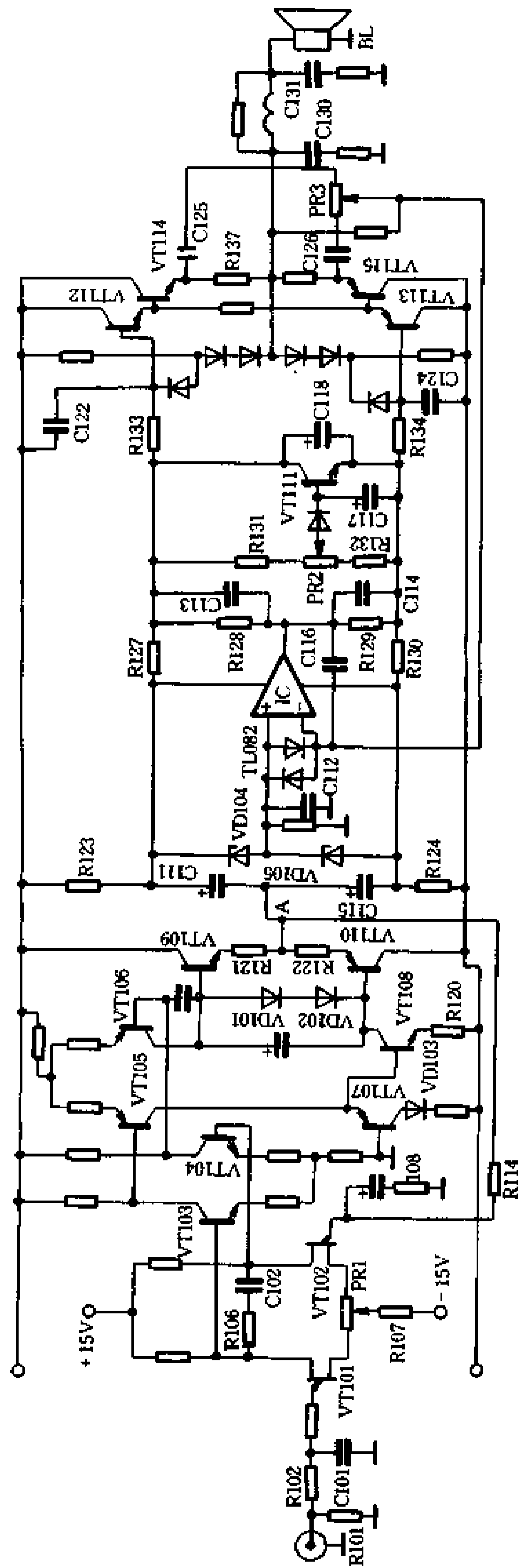


图 6-19

所有管子、电阻等均不应有冒烟、过度发烫现象。如发生自激，可在 VT112、VT113 基极串入 $100 \sim 330\Omega$ 电阻一试。至于 ALA 校正的微调电阻 VR3，虽然原机附图上画着一个，但印制板上根本找不到。一般发烧友也不具备低失真信号源，所以可干脆不调。至此摩机基本结束。

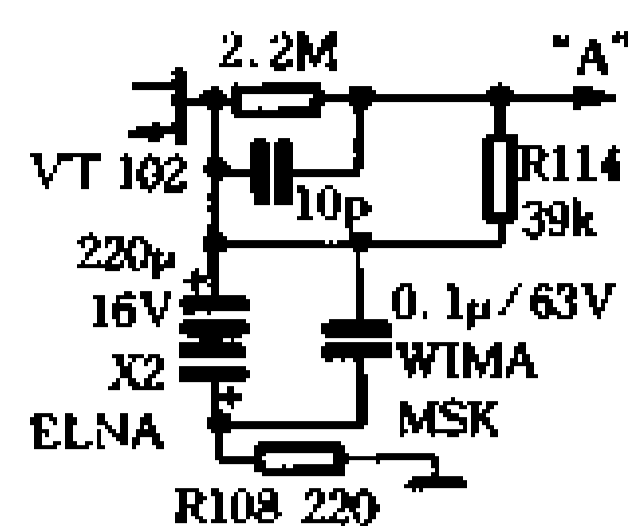


图 6-20

10. 新型电流驱动放大器

功率放大器是音响技术中发展最早也是最成熟的技术之一，但目前的功率放大器都是电压型放大器，而另一类放大器——电流驱动型放大器虽然偶尔也见文章介绍，但几乎无厂家做成商品机出售。是否电压型功放要优于电流型功放呢？本文认为这种观点是一个错误。

【电路原理】

如图 6-21(a)所示的电压型放大器，如果 R_L 负载是理想电阻，它的输出电流也与输入电压成严格的比例关系，归一化曲线也能完全重合，也可被看作是无“误差”或“无失真”的，如果负载并非是一个理想电阻，而是一个集阻性、容性、感性外加反电动势的一个复杂负载，其阻抗随频率变化而变化，而音乐信号的频率成分是随时间变化的，电压型功放的输出电流将随着负载而变化，偏离与输入电压的比例关系，从而产生“误差”与“失真”，所以电压型功放哪怕是做到了理想的零失真状态，那也仅仅是对输出电压而言，对于复杂输出电流将不可避免地要产生失真。图 6-21(b)为电流型功放原理示意图，对于理想放大器 A 而言，其输出电流只由输入电压与 R 决定 $I=V_i/R$ ，而与负载 R_L 无关，所以不管负载大小如何，电流型功放的输出电流是恒定的，与输入电压成严格的比例关系，而输出电压则与负载阻抗有关，实际上电流型功放与电压型功放电流电压正好关系“对换”，理想电流型功放，其输出电流为零失真，但对于复杂的阻容感性负载其输出电压将不可避免地要产生失真，我们所面临的问题十分简单而明了：宁愿要电流不失真还是电压不失真？因为扬声器是一个电流驱动型负载，其振膜的位移决定于流过音圈的电流，因此我们更宁愿电流不失真。

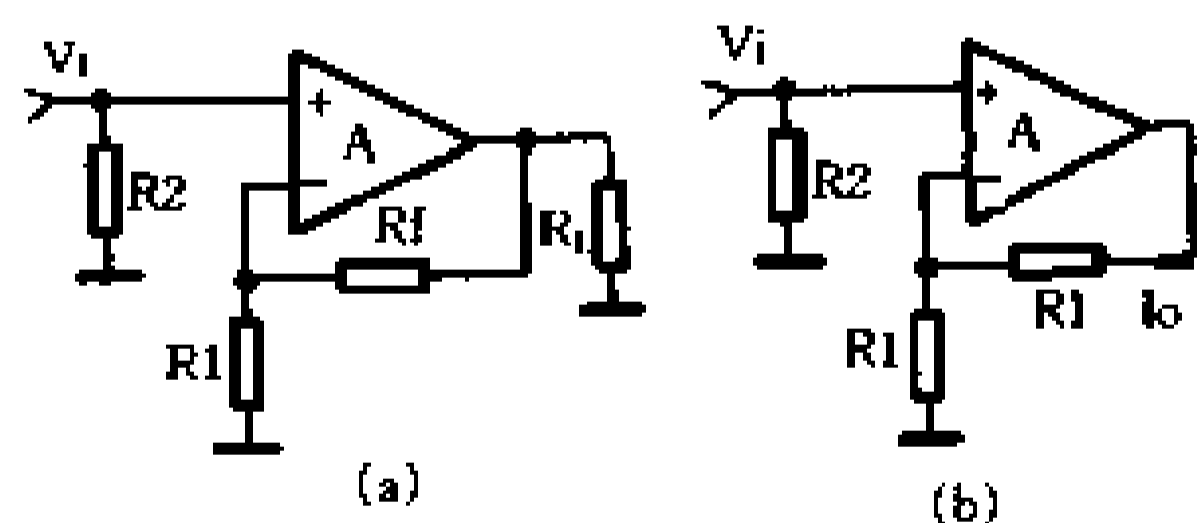


图 6-21

【元器件选择与安装】

电流型的功放制作是非常方便的，从图 6-21(b)的原理可以看出，只需把电压型功放的反馈电阻换成负载（扬声器）就行了， R_1 的值可取为： $R_1=R_L/A$ ，对于 8Ω 负载。如需电压增益为 30 倍， R_1 为 $0.27\Omega 5W$ 的纯电阻，也就是说对于任何一个电压型功放，只需加上改变反馈方式就可使其变成电流型功放。例如，用 LM1875 代替图 6-21(b)中的

放大器 A，就成为一很简单的电流型功放，应用上述简单方法制作电流型功放在实际应用时有如下问题需引起注意：

(1) 因为 $R_1=0.27\Omega$ ，一般情况下 $R_2>10k\Omega$ ，这种正负输入端的偏置电阻不平衡可能会引起输出端大于 $100mV$ 的直流，且在这种电路上加伺服电路不太方便，但放大器 A 的输入端如为场效应管，这一问题将得到改善。

(2) 在此电路上加装全功能保护电路不太方便。

(3) 制作工艺特别是印制板设计应特别小心，因通过负载大电流又全部反馈回输入端，易对输入小信号造成干扰。

另外，理想电压源输出电阻为零，理想电流源输出电阻为无限大。电流型功放应尽量加大其输出电阻，最好为无限大，这时对负载驾驭能力最强。

如图 6-22 为设计的一个实用电流型功放电路。成都亚迪机电研究所照此电路制作成 AD-98T 纯后级功率放大器已批量上市，发烧友照此制作定获成功。此电路的设计思想和注意事项如下：

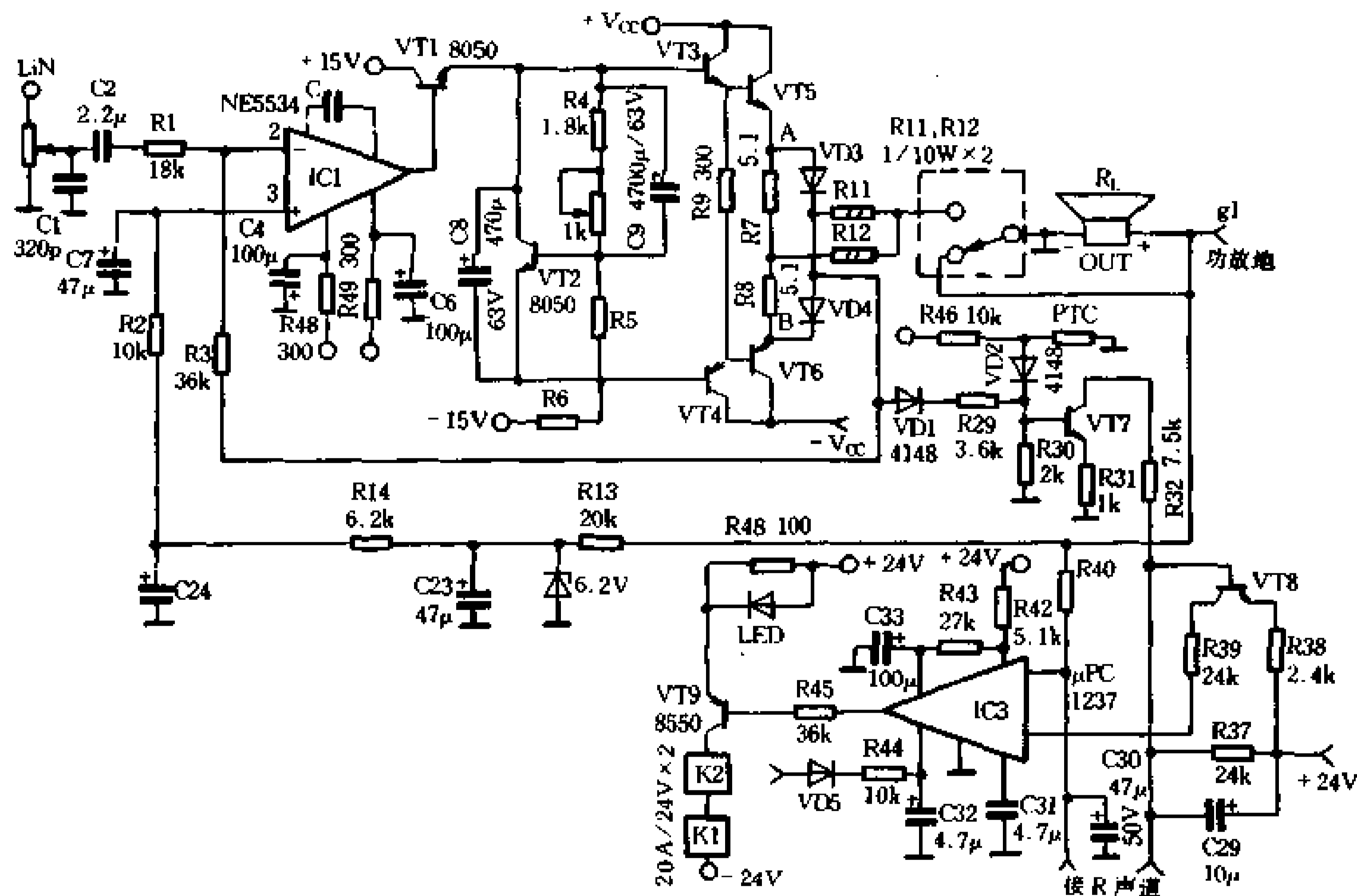


图 6-22

(1) 为最大限度发挥其带宽及高转换速率，取消 IC1 第⑤脚与第⑧脚之间的补偿电容，但必须以精心的印制板设计及制作工艺来确保，否则就可能造成严重的自激。IC1 采用反相放大接法，因此共模失真要低得多。

(2) 电流输出级采用三级达林顿接法，使电流放大倍数达 100 万倍左右，IC1 输出仅驱动 VT1 的基极，使 IC1 工作于几乎是空载的状态下，这样 IC1 的输出级便完全工作在纯甲类状态。

(3) 输出级采用无开关失真的偏置方式，将 VT5、VT6 发射极间的静态电压调至 1V 左右，这样输出管 VT5、VT6 的静态工作电流将为 100mA 左右，二极管 VD3、VD4 处于未导通状态，在动态时电流主要通过 VD3、VD4 向外输出。因二极管的电压降一般不超过 0.8V，所以 VD3、VD4 在任何情况下不会反偏，VT5、VT6 在动态时也能保证不低于 40mA 的工作电流而没有关断的瞬态。这样便消除了末级管的开关失真，应特别注意的是 VD3、VD4 应选择电流大于 6A 的快恢复二极管。

(4) 本电路对 8Ω 负载的总电压增益设定为 32 倍 (30dB)，增设分配为前级 2 倍 (R3/R1)，后级 16 倍 (RL/0.5)，这种设定是兼顾保真度、效率及放大器稳定性等因素后的折中选择。

(5) R11、R12 并联后为 0.5Ω/20W，作为本电流型功放的电流电阻，应选择无感电阻。

(6) 本电路通过 R13、R14、R2 及 C23、C24、C7 引入了无源直流伺服，它比有源伺服

工作更稳定。静态直流电平实测值不大于 1mV，动态直流输出实测值不大于 5mV，所以工作时中点电位相当稳定。

(7) 两个声道采用了独立的单声道结构，无论从电路上还是结构上都处理成二个独立声道，使声道串扰降至最低，以最大限度地提高声音的解析度和定位感。

(8) 小电流的信号电源和大电流的功率电源亦完全独立(地线也未连通)，且用独立的两只变压器，这就使小信号弱电流和大功率输出的强电流各行其道互不干扰，保真声音具有极高的纯净度和解析力。

(9) 本电路具有完善的保护电路，包括开关机防冲击、开机延时接通、过流保护、直流保护、过热保护。输出继电器的接法在本电路中较为讲究：当继电器尚未吸合时，扬声器被短路，同时前后级电源的地线亦分开。IC3 为扬声器保护专用集成电路，VT7 作过流检测用；PTC 作过热检测；R40、C30 作直流检测。经实用检验，本电路的所有保护功能均非常稳定可靠。

(10) 为达到前后级电源及二声道电源完全独立供电，选用两个变压器，共四个独立的次级绕组，独立的全桥整流滤波，并经三端稳压集成电路稳压后产生 +15V 的稳定前级电源，另外两个独立的 2×38V 中央抽头的大电流绕组，分别对两个声道提供独立的供电电源。

(11) 本电路要求选材精良，全部电阻选用 1/2W 五色环金属膜电阻，VT3、VT4 选为 2SD1562A/2SB1085A 中功率管，其参数为 50MHz、160V、1.5A/3A、20W；VT5、VT6 选为 2SC3280/2SC1301，也可以选择 2SC4278/2SA1633，该管的主要参数为：20MHz、160V、10A/20A、100W，与东芝管 2SC3280/2SA1301 的参数不相上下，所有电容尽量选择音频专用优质电容，变压器容量不低于 450W，滤波电容总容量不低于 40000 μ F。

11. BGW-150 功放电路

BGW 系列功放以它独特的风格，卓越的表现博得了音响界的高度评价。

【电路原理】

BGW150 功放为美国 BGW 公司早期定型产品生产的一款双声道功放，在 BGW 家族中是最小的弟弟。它的输出功率不算大(75W×2)，但它却很靓声，倍受发烧友们推崇和喜爱，电路如图 6-23 所示。究其原因，功放电路设计独辟蹊径，突破了传统概念。首先，BGW150 功放的电路输入级选用了被誉为“运放之皇”美称的 NE5534。在今天，NE5534 随处可寻，但在十几年前，BGW150 的设计师却独具慧眼使用 NE5534 这不能不说是一个明智之举。而更为难得可贵之处是该机在应用 NE5534 时巧妙地在供电电源上做了一点“手脚”使 NE5534 发挥得更加淋漓尽致。

通常 NE5534 的输出端⑥脚为 0V，而 BGW-150 功放一反常规：在供电电源⑦脚正电压为 10.7V，④脚负电源电压为 -10V。正负压差为 0.7V，这样输出端⑥脚就不再是 0V 了，而是 0.3V。其目的就是迫使运放内部输出级工作于甲类状态，让输出管始终有电流流过。这样就明显地改善了运放的瞬态特性及准互补输出形式所带来的先天性缺陷，诸如开关失真、交越失真等，使音质更加清晰细腻、通透自然。

从 NE5534 的内部电路结构上看得出，它的末级输出部分是准互补形式输出，不同于双运放 NE5535(NE5535 末级输出为全互补形式)，因此在供电电源上做一点“手脚”进摩是有一定根据和道理的。

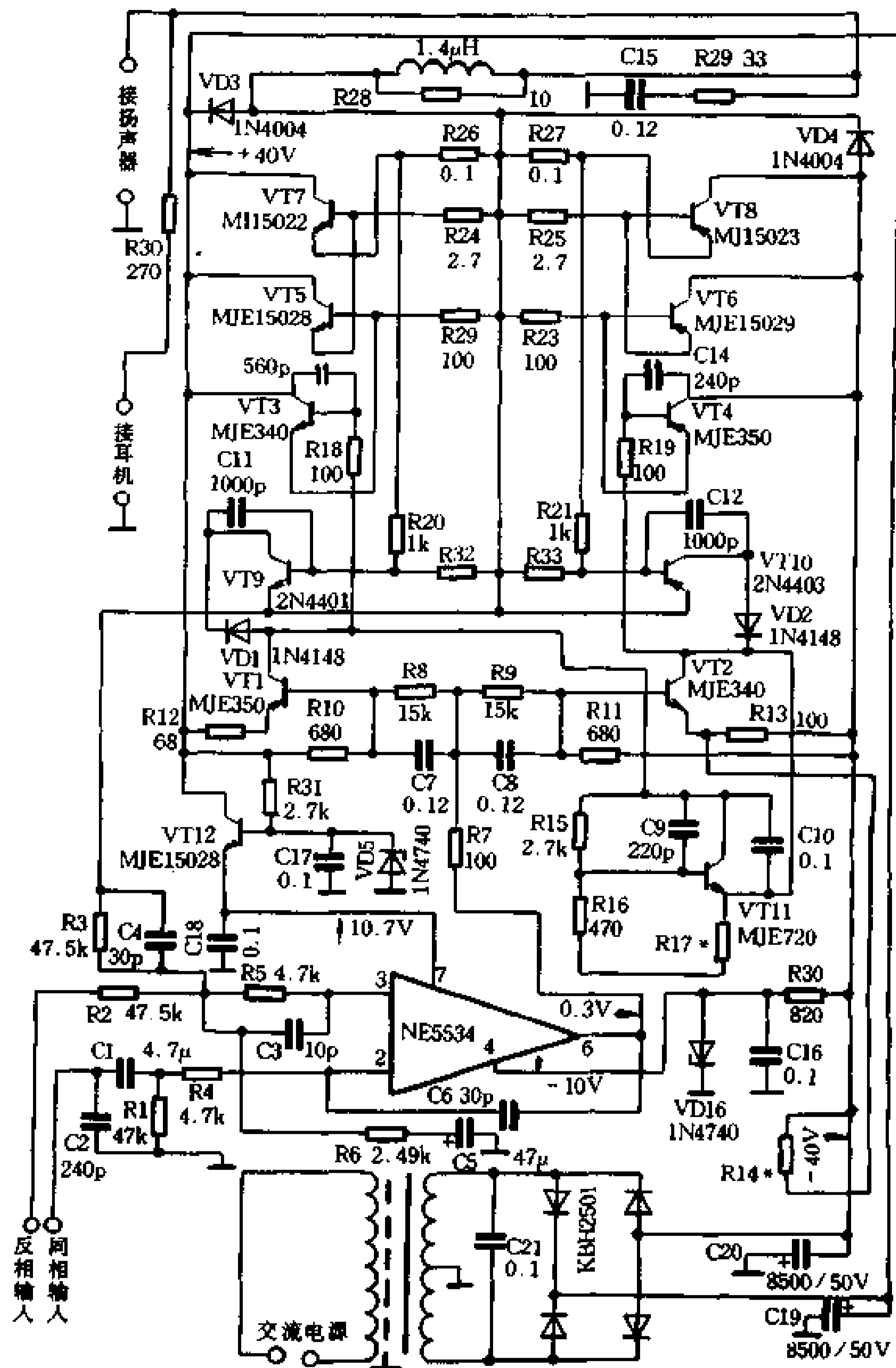


图 6-23

【元器件选择与安装】

功放的靓声和工艺结构、元器件选择、合理布局及后级达林顿管的选用有关。NE5534 的巧妙应用给了我们很好的启迪。

本人曾将此方法运用于自焊的仿 Quad405 电流倾注式功放的输入级运放 NE5534，具体做法是将电源供电的三端稳压集成电路 7818 的接地脚串上一只 4148 二极管(最好使用 0.7V 稳压管)，使 7818 输出脚电压为 18.7V。如±15V 和±18V 供电的简单稳压电路可在电源正端稳压管处串一只 0.7V 稳压管。

摩机后试听，果然表现不俗，使人充分领略到“运放之皇”的独特韵味和风采，给人以耳目一新的感觉。“他山之石，可以攻玉”。总之，BGW-150 功放的精心构思和设计手法值得我们借鉴。

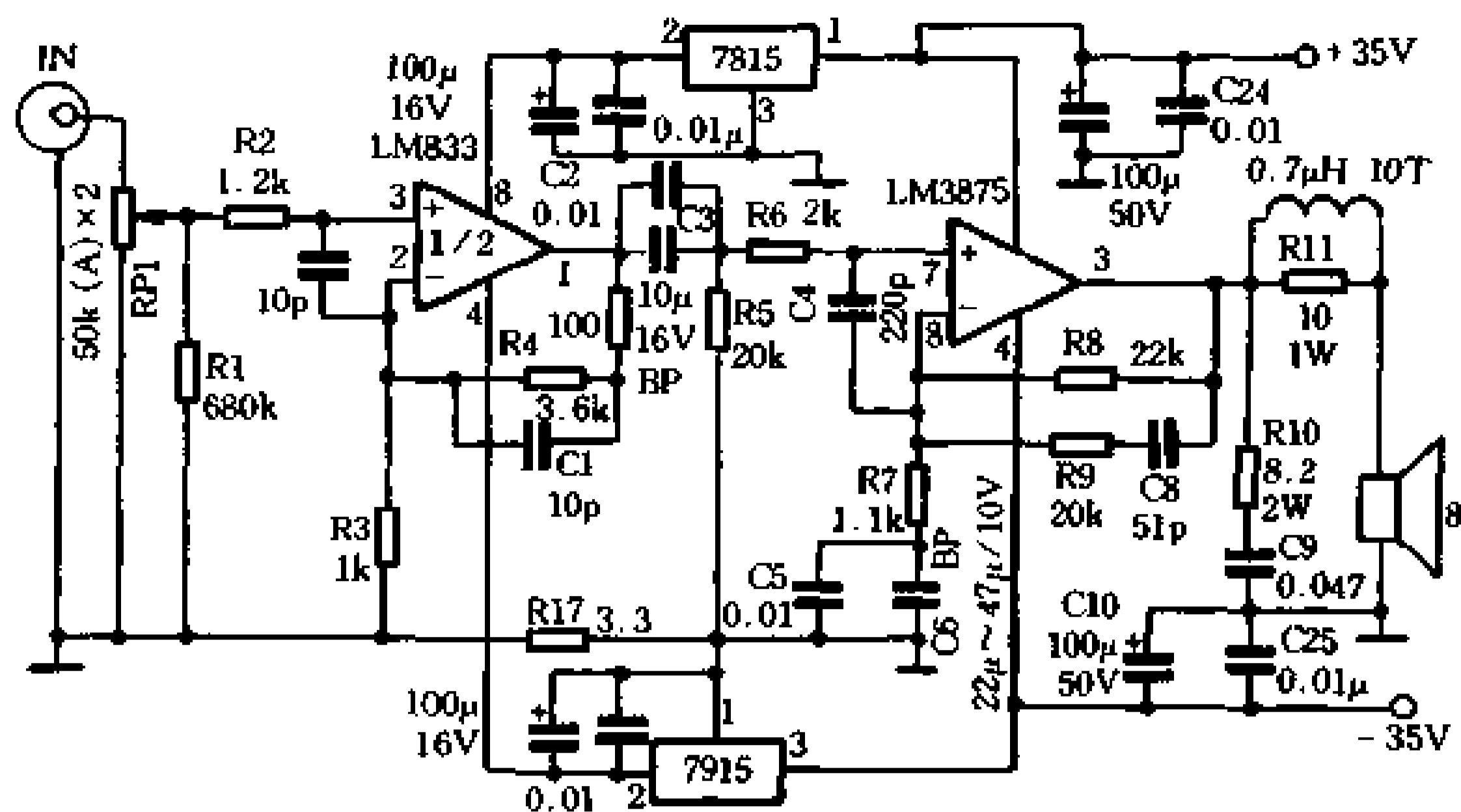


图 6-25

LM3875 达满功率。如前置级增益取得过高，信号放大后势必造成功放后级输入信号过载，产生瞬态失真，而将大部分增益留给功放 LM3875 来完成，则可使大信号时输入端无削波失真的现象。

本电路未设计扬声器保护电路，因开机时冲击声只有很微弱的一声“扑”，几乎听不到，关机时由于开关电源具有延时功能，无冲击声。另外，开关电源和功放 LM3875 各种功能完善，故无需扬声器保护电路。

信号接地、功率接地分别走线，采用星形一点接地。

【元器件选择与安装】

高频开关电源可自制或购买武汉天龙公司 DNC—22A 成品印制板；LM833、LM3875 选用美国 NSC 公司原装芯片；C3、C6 选用无极性铝电解电容；L1 用直径 $\Phi 1\text{mm}$ 的漆包线在铅笔上密绕 10 圈脱胎而成；前置级用 1/4W 金属膜电阻，后级用 1/2W。除电解、小瓷片电容外，其它电容用 CBB 型。

【性能指标】

- (1) 输入信号灵敏度：200mV；
- (2) 输入阻抗：47k Ω ；
- (3) 额定输出功率(RMS)：2 \times 56W，(8 Ω , 20Hz~20kHz)；
- (4) 频率范围：20Hz~20kHz($\pm 1\text{dB}$)；
- (5) 总谐波失真加噪声(THD+N)： $\leq 0.05\%$ (40W, 1kHz)；
- (6) 信号噪声比(A 计权)：>100dB(前级+后级)；

用 VCD 机作音源，用该功放驳接一对哑铃式音箱。打开功放电源，将音量电位器渐开到最大，耳朵贴近扬声器细听，已听不到噪声，宁静得令人惊讶。播放 VCD 碟片试听，音色温柔甜美，亲切柔和，高音空前清晰、细腻，中音格外娇嫩、甜润，低音表现得特别极靓，以 600 元的身价，足以匹敌千元以上的功放音质。

13. “怪招” 功放

手上有几个闲置的 LM317T，曾闻有人用功放 IC 作稳压电源，于是蒙发奇想，能不能用稳压 IC 作功放？

LM317 看成是一个高输入阻抗、低输出阻抗的电压跟随器，其调整脚与输出脚间有稳定的电位差 1.25V，只要在其调整脚输入音频信号，则在其输出脚可得到低输出阻抗的相同音频电压，也即充当了一个电流放大器的作用。

电路如图 6-26 所示，9014 充当电压放大级。因 317 的输入阻抗高，故其工作电流只需 0.6mA 就足够了。R1、C3 为电源退耦，C4 防止电路振荡，R3、R4 分压给 VT 提供偏置及交直流反馈，以改善线性及直流稳定性；R5 上有大功率消耗，须用 10W 水泥电阻才能胜任；用电炉丝代替也勉强可以，但其热稳定性稍差，电源变压器要有 50W 功率才够双声道共用。

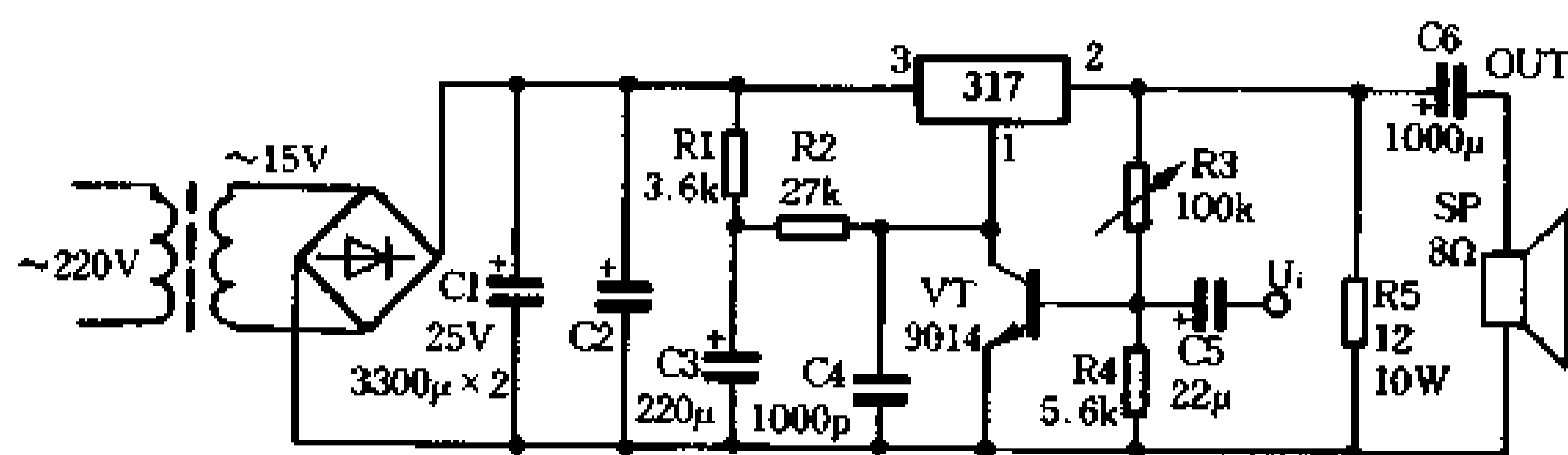


图 6-26

电路很简单，可以直接搭焊，317 要加足够大的散热器。因 317 最大电流为 1.5A，所以可调整 R3 至整机电流 700mA，此时有最大不失真功率 5W 左右的输出。

因该机为纯甲类工作，又用低噪声管作电压放大，所以 THD、NF 等指标都不错，听感也甚好。缺点是输出功率稍小，效率太低。作为一种新的尝试未必不可。

14. AV-501 型功率放大器电路

图 6-27 所示为 AV-501 型功率放大器电路。这种放大器分前置放大器和功率放大器两部分。

前置放大器由 IC1-A 和 IC1-B 及其周边元件和音调控制电路构成。

输入信号经主音量控制电位器 RP1 衰减加至 IC1-A 的同相输入端，RP2 是两声道平衡电位器，IC1-A 接成同相放大器，实际放大倍数约为 4.6 倍。IC1-B 构成的电路与 IC1-A 基本相同，只是放大倍数约 19 倍。RP3 和 RP4 及其周边元件构成可变音调控制电路。

功率放大器采用目前较为流行的电路结构，可分成差动输入，电压放大和功率放大三部分。VT1、VT2 和 VT3、VT4 构成差动放大输入级。VT5 和 VT6 为激励级。VT7、RP5、R24 和 C20 组成固定偏置电路，为互补管 VT8、VT10 和 VT9、VT11 提供固定偏压，以稳定功率管的集电极电流。复合管 VT8、VT10 和 VT9、VT11 的静态工作点是由 RP5 调节的。

为了改善频率特性和使用电路运行更稳定，电路加有较深的交流及直流负反馈。交流负反馈由输出端通过 R27、C17 和 R22 构成的分压器加到 VT2 和 VT3 的基极，以稳定 VT2、VT3 的静态工作点。因有较深的反馈量，加上差动放大器本身具有较高的稳定性，从而使整个电路有很好的稳定性。

由于此放大器电路较简单可靠，可供爱好者自制和维修参考。

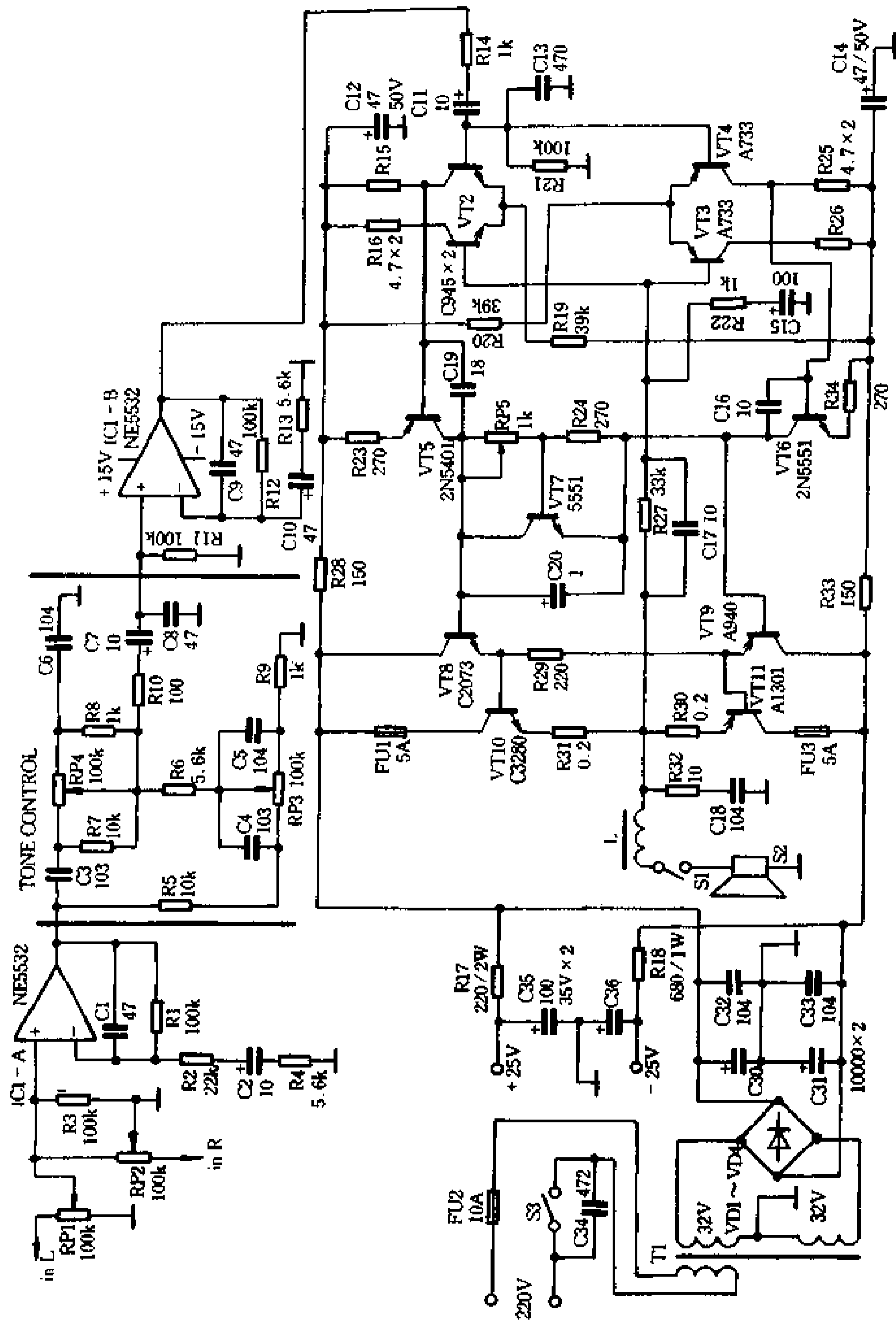


图 6-27

15. 小型无线扩声系统

在日常生活中，我们许多场合需要这样一种扩声设备：它体积小便于携带、功率适当、受话方式灵活、电压适应性强，而且内、外界均不易受干扰。比如用在学术讲座、产品及商品展示、小型会议场合等等。针对以上几点，本文介绍一套无线扩声系统。用户使用，效果良好。现将其制作方法如下：

【电路原理】

本装置实际包括发射和接收放大两部分。发射部分电路原理如图 6-28 所示，它实际是一个高保真度、高灵敏度调频无线话筒。以前我们见过许多关于调频无线话筒制作的文章，对于传声器的选择都使用的是小型电容式话筒。但这种话筒频带窄、易产生反馈啸叫。由于动圈话筒比电容式话筒输出阻抗低，故在话筒信号放大电路中采用了晶体管前置加 IC 放大电

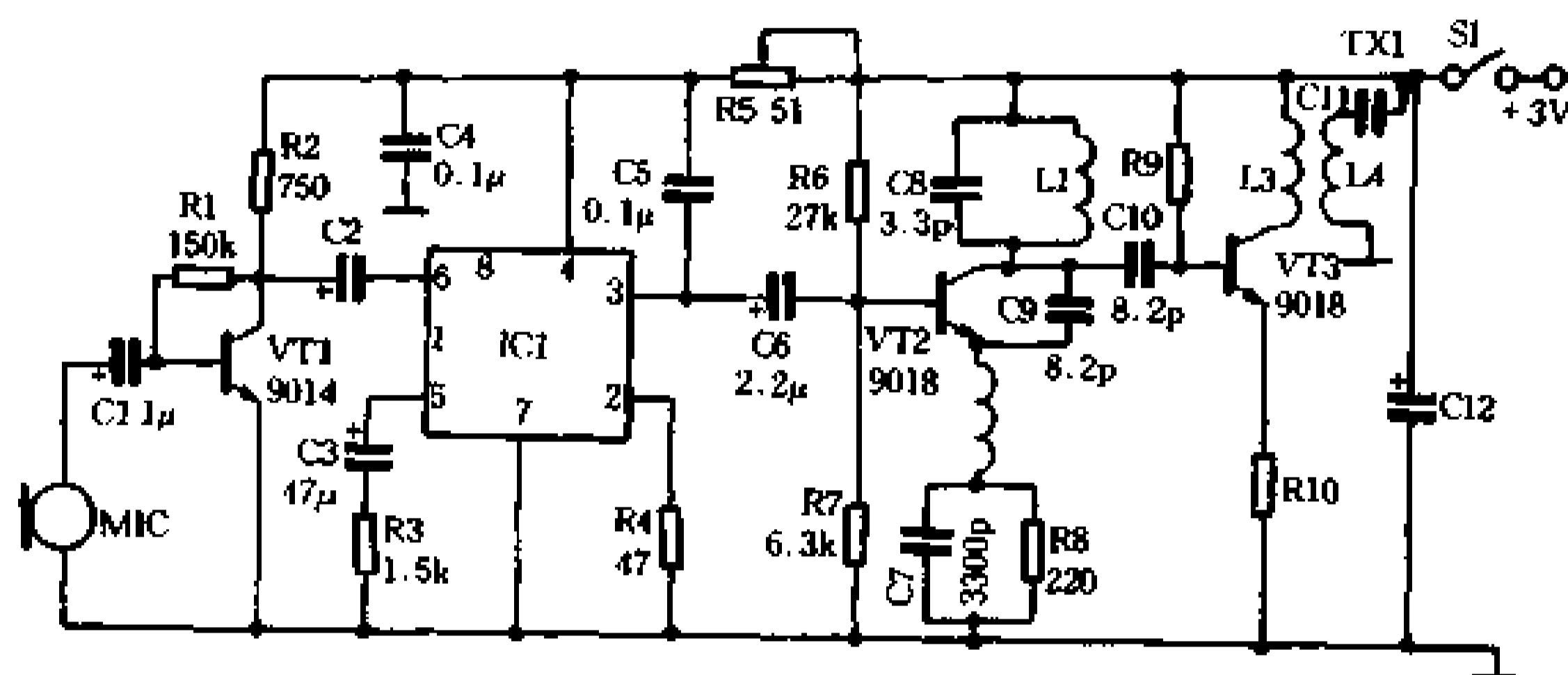


图 6-28

路，见图 6-28。话筒 MIC 拾拾的信号经 C1 耦合到 VT1 进行前置放大和 IC1 功率放大后作为振荡管 VT2 的信号源。VT2 接成常见的 LC 振荡电路，其稳定的工作点由 R6 取得。调制后的信号由 C10 送到 VT3 进行缓冲放大，以减少人体对振荡稳定性的影响以及增大装置的工作范围。最后，信号经 C11 由天线发射出去。

接收部分以 IC2 为核心组成，如图 6-29 所示。IC2 是一块高集成度、高灵敏度调频接收

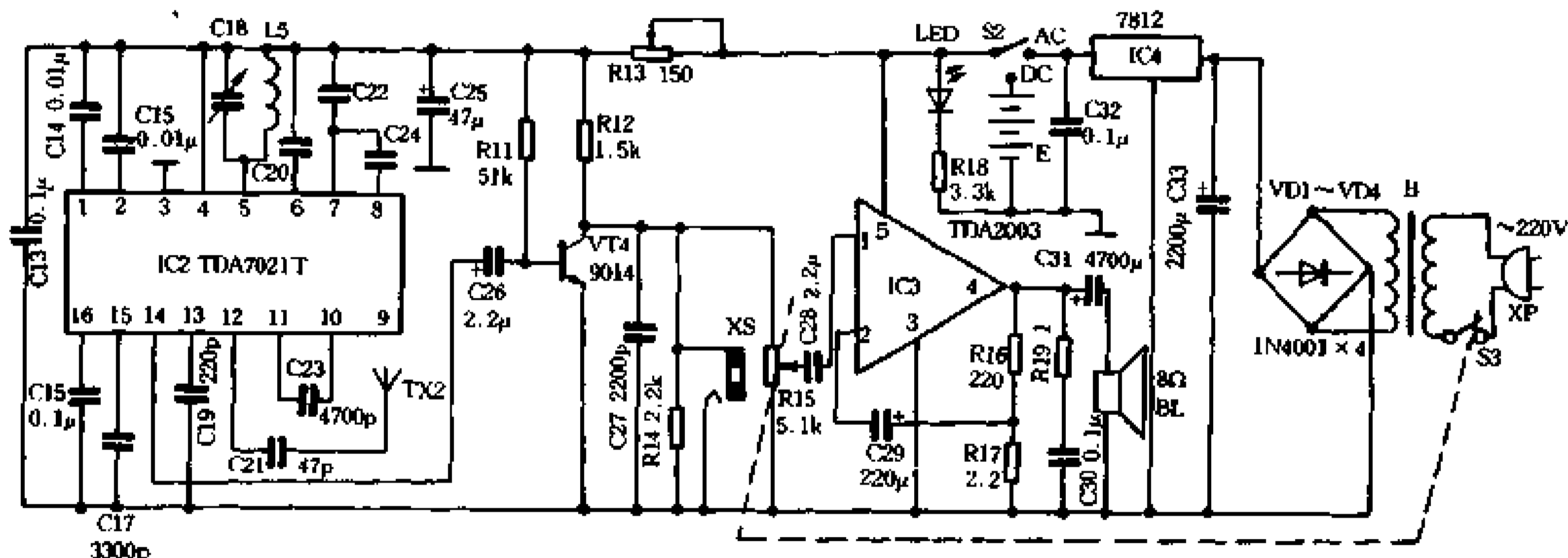


图 6-29

集成电路，其所需外围元件少，调试简单。它的工作电压由 R13 降压后取得。接收后的信号经 C26 耦合至 VT4 作前置放大及 IC3 功率放大后，由 C31 输出至扬声器 BL。为了满足更大的扩

声，以及现场资料录音的需要，特在前置放大后设了一个线路输出插孔。此时，本装置便可作为监听器使用。接收机及放大部分的电源由 IC4 稳压后供给，或由备用电池组供给，以适应不同场合的需要。

【元器件选择与安装】

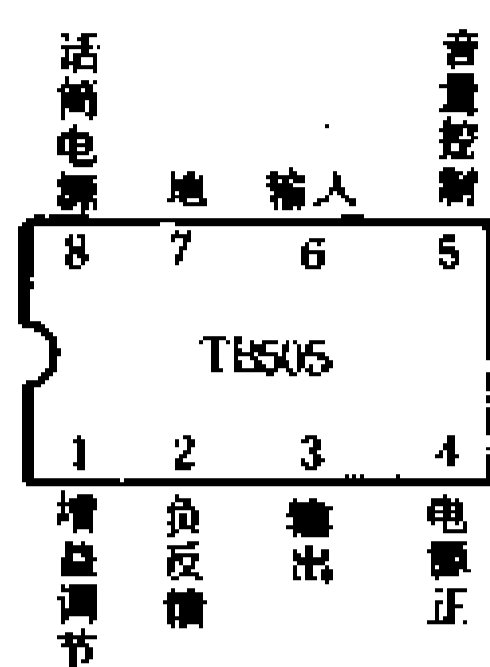


图 6-30

MIC 可用一正品的爱华导管耳塞，并套上海棉罩，以防止气流冲击声及灰尘的侵入。并在耳塞的根部装上一窗帘用的夹子，可方便地配夹在上衣领口处，以便解放出双手。MIC 与机器的连接线应用较细的屏蔽线(长度约为 50 厘米左右)。IC1 为小功率功放集成电路，各引脚功能如图 6-30 所示，其特点是外围元件少、低噪声、高稳定性、高增益，基本参数为电源电压等于 1.4V~2.2V，输入阻抗约 8kΩ，最大增益为 72dB。在制作时，也可选用类似的集成电路，如 BA526、LM386 等等。IC2 为调频专用集成电路 TDA7021T。IC3 为 5 脚单直塑封带散热器的功放集成电路，外形及各引脚参数如图 6-31 所示。它具有短路、过热、电压反接、负载电压反冲以及地线偶然开路等保护功能，且谐波失真及交叉失真低。具体参数： $P_{om}=10W$ ， $V_{cc}=14V$ ， $R_L=2\Omega$ 。IC4 为 9812 型三端稳压集成电路。L1 用 $\Phi 0.5mm$ 的漆包线在 $\Phi 6mm$ 的钻头上绕 6 匝脱胎而成；L2 用 $\Phi 0.35mm$ 的细漆包线在 150kΩ 以上的电阻绕 70 匝；L3、L4、L5 是用 $\Phi 0.5mm$ 漆包线在 $\Phi 6mm$ 的钻头上分别绕 6、4、5 匝而成。S1 为普通拨动开关，S2 为用于交、直流电源选择的单刀双掷开关。S3 为电源开关(同电位器同轴)。扬声器 BL 口径应大于 200cm(8Ω、8W)，并自制一简易音箱，将所有元器件和扬声器放置于内。发射天线可用 50~60cm 的软导线，接收天线应用电视拉杆天线。

发射部分印制板电路图及接收和放大部分印制板电路图分别见图 6-32 和 6-33。

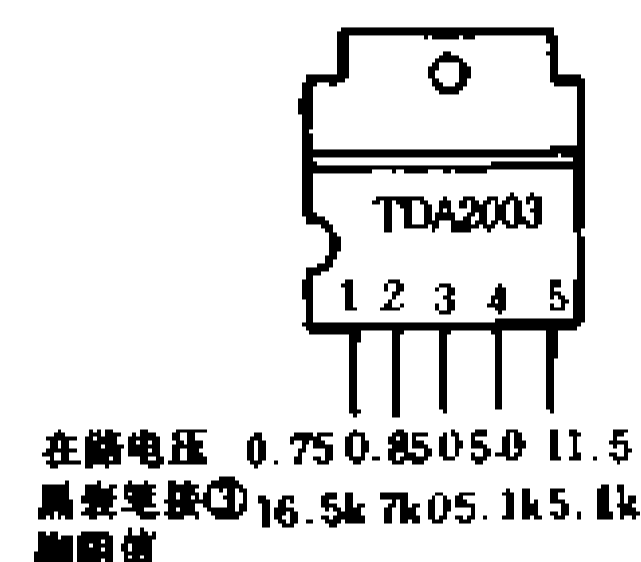


图 6-31

【调试及使用】

发射极部分调节 R5 使 IC1 的④脚电压为 1.5V，调节 R6 使 VT2 工作电流为 6~7mA 左右。若有异常，应断电检查。接收部分，调节 R13 使 IC4 ①脚电压为 2.5~3V，因接收部分采用了许多集成电路，所以无需太多调整即可使用。打开发射机，调节 L1 和 C8，使 IC2 能接收到发射信号，再将 L1、L3、L4、L5 及 C8、C9、C18 封固，以避免移动时跑频。整机音量由 R15 控制。如发射及接收机状态良好，此系统有效作用范围可达 300 米左右，非常实用。

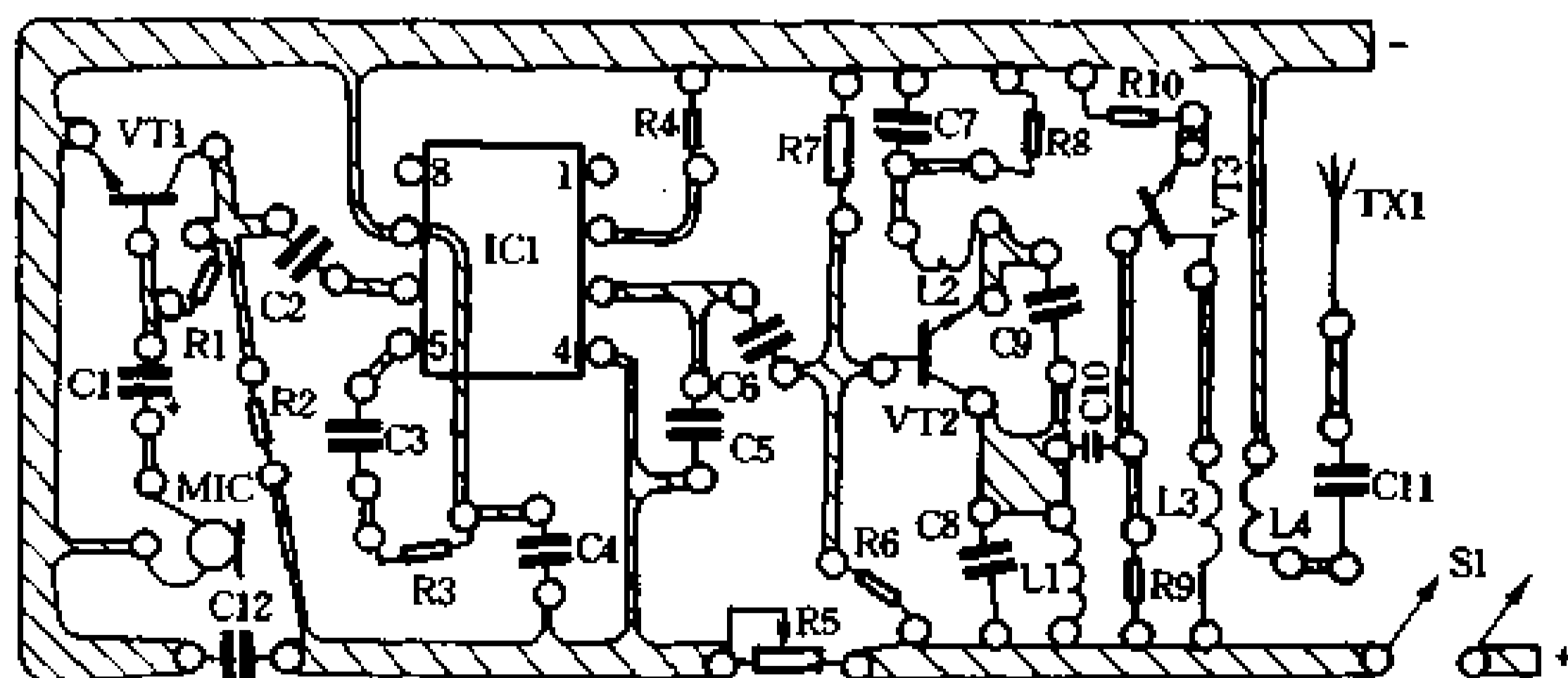


图 6-32

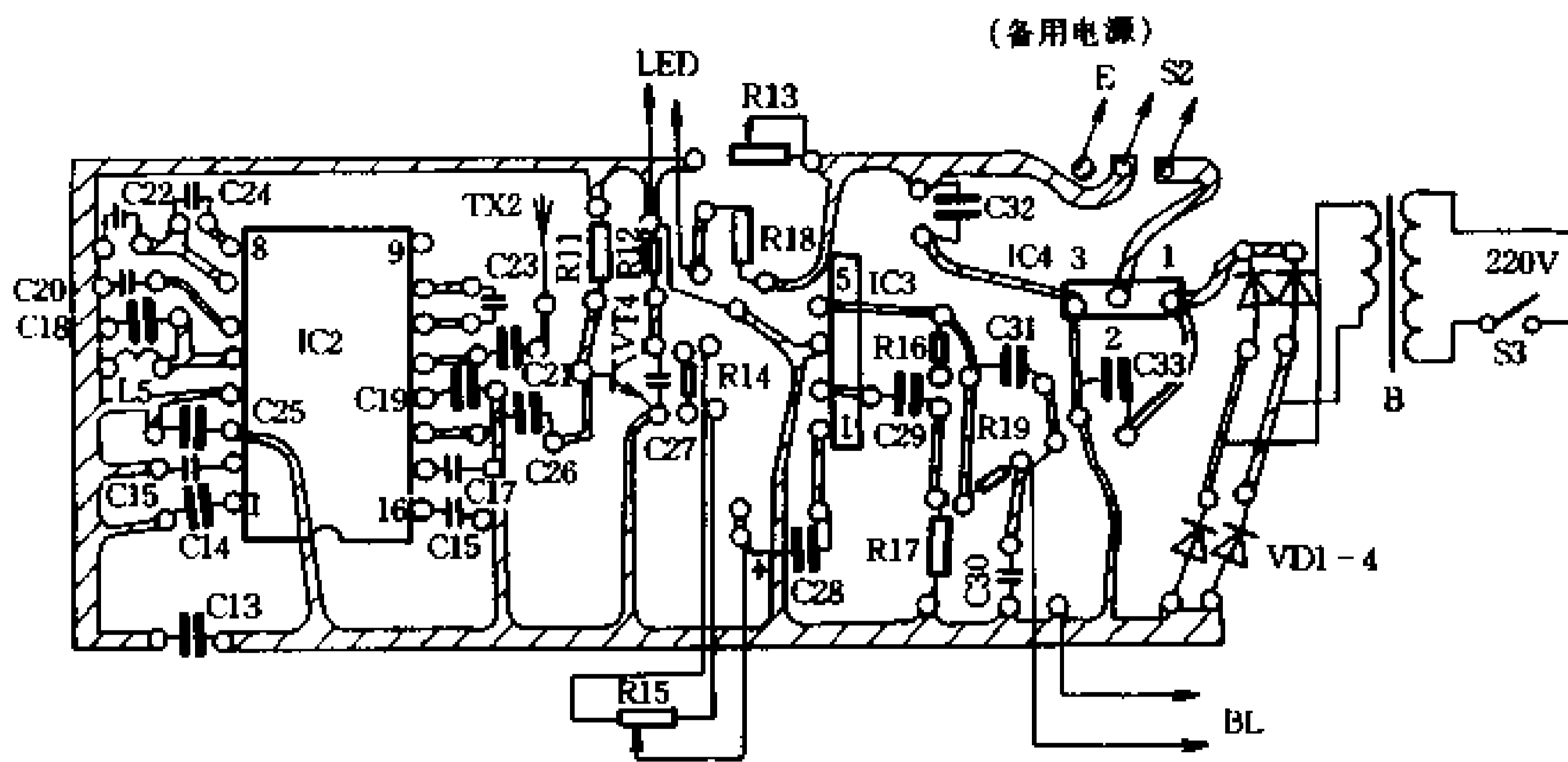


图 6-33

16. 性能优良的便携式扩音机

电子爱好者或维修人员有时外出做广告宣传或播放乐曲时，往往需要一种单端低压直流供电而又能输出大功率的便携式扩音机，而一般便携式录音机放音又往往不大。这里介绍一款性能优良的便携式扩音机电路，或许能满足您的需要。该电路虽然结构简单，但非常实用。它采用蓄电池供电，输出功率强劲（当电源电压为+12V时，额定输出功率可达20W，电源电压为+18V时，额定输出功率可超过30W）。

【电路原理】

电路原理如图6-34所示。它包括话筒输入和线路输入两个通道，功放部分采用飞利浦公司推出的音频功率放大集成电路TDA1519，该电路具有工作电源电压范围宽、增益高、输出

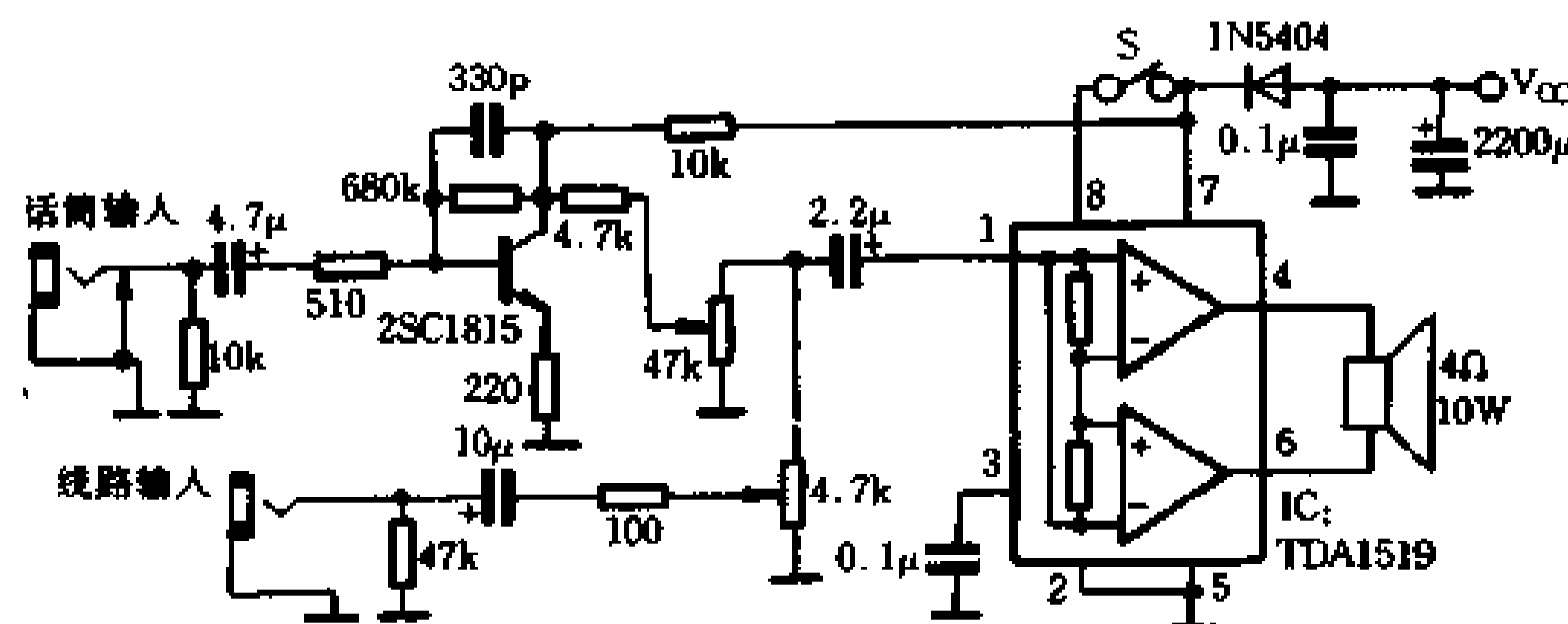


图 6-34

功率大、失真度小、外围元件少等特点，并具有负载短路、开路、过热等保护功能，TDA1519的优良性能决定了扩音机的优越性。图中S为扩音机的静噪控制开关；整流管1N5404是为防止蓄电池反接烧毁集成电路而设置的。扩音机的扬声器要求不低于10W，以充分发挥其功率大的特点。集成电路的散热板要有足够的面积，以保证在任何条件下都能正常工作。

该扩音机电路制作十分简单，装焊无误，不需调试即可使用。

17. 具有直流耦合的晶体管音频放大电路

本电路如图6-35所示，是用A1(CA3100)集成电路做输入级，而功放级则是用分离晶体

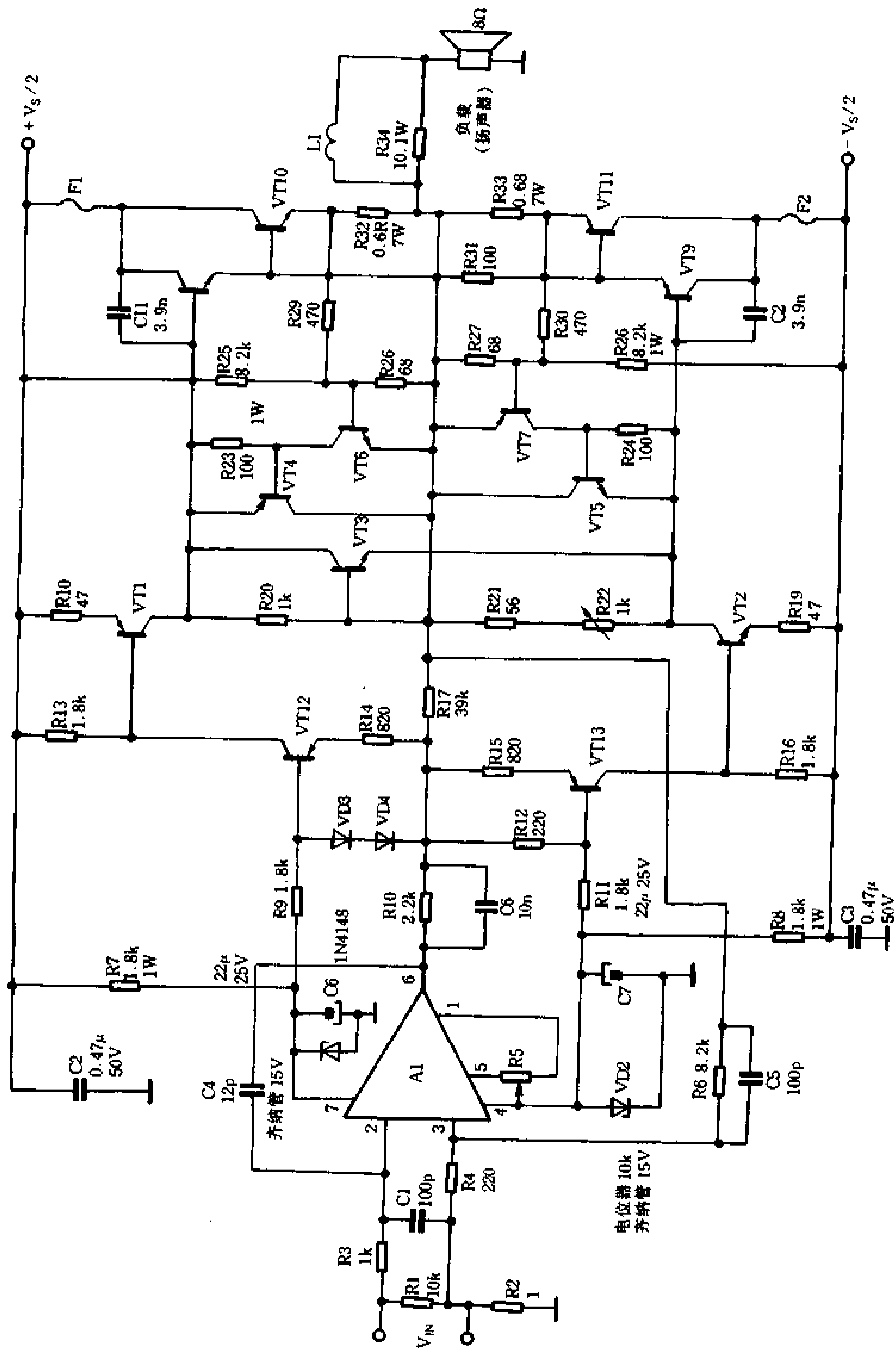


图 6.35

管，实际上是具有公共反馈环的两个级联的放大模块。分列放大模块则由 R17、R10 和 C8 构成自身局部反馈。分列部分的输入级是一共基极 VT12、VT13(Q12、Q13)电路，此级用做电压转换器并工作在 A 类，下一级 VT1、VT2(Q1、Q2)也工作在 A 类，而其主要功能为电压放大。

18. QSC1300 功放原理与检修

QSC1300 功放机以其输出功率大、音色好、故障率低而广泛应用于各专业与非专业放音场所。本文总结出检修要点，并测绘出它的工作原理图，供同行们检修时参考。

【电路原理】

QSC1300 功放机有两个放音通道，分别标号为 CH1、CH2，每个通道单独使用一块电路板，CH1 电路板固定在机箱的上部，称作副板，CH2 电路板固定在机箱的下部，称作主板。电源变压器、电源开关、风扇电机、放音方式、选择开关都与主板相连。

主板工作原理如图 6-36 所示，副板工作原理图与其相同。输出级为 8 对大功率管并联构成，每管发射极都串有均流电阻(0.47Ω/3W)，输出管型号为 MJ21193、MJ21194，参数为 250V/16A、250W，采用这种管型使输出音色冷暖适中，输出功率为 650W。

该机前置、预放级为常规电路，其电源取自±80V，利用电阻降压，二极管稳压获得。

开机延时、扬声器保护、输出管过热保护电路统一考虑设计为一单元，当输出端 OUT(即图中 0 点)直流电位同接地端电位有差异时，A 点电位升高，VT19、VT21 截止，继电器 K1 释放，切断扬声器通路，并把扬声器短接，实现对扬声器的保护。正常工作时 VT20 截止，A 点电位足使 VT19 导通，并使 VT21 导通，继电器 K1 吸合，输出与扬声器相接。当输出级过热时，固定在散热片上的热敏元件 RT 阻值变低，使 A 点电位升高，继电器释放，保护扬声器与输出级。

固定在机箱后部的散热风扇，电机为 120V 交流。它可有两个转速，专为功放管散热，风向为内鼓风。正常情况电机回路串一电阻工作于常速散热状态，当功放管散热片温度过高时，固定在散热片上的热敏开关动作，短掉串联电阻，使风扇转速变高，实现快速散热的功能。

该机备有放音模式选择开关，可选择立体声/桥接两种工作状态中的一种。

【检修要点】

(1) 拆卸方法

先拆下机箱上盖板，取下副板，注意同副板相连的有两组接插件。再拆机箱下盖，露出主板的焊接面，此时可进行一般检查和修理工作。

(2) 指示灯 LED1 的作用

拆卸前可通过 LED1 的发光情况来判断故障。LED1 为两端双色发光二极管，正常工作时它呈绿色。开机延时阶段、输出短路等机内有故障时它呈红色。若开机后它一直呈红色，则对应板输出有短路；正常断电后它应由绿变红并渐暗直到熄灭，如果断电时由绿瞬熄，则对应板有故障，通常情况为保险丝熔断，并伴有输出管烧坏。

(3) 检查顺序

用万用表断电在路检查故障部件的顺序是：电源开关和变压器、保险丝、继电器、反向保护二极管(VD3、VD4)、输出管(VT3~VT10、VT11~VT18)，射极电阻(R33~R48)、稳压管(VD15、VD16)、二极管(VD1、VD2)、电阻(R52、R53)、推动管(VT1、VT2)等。

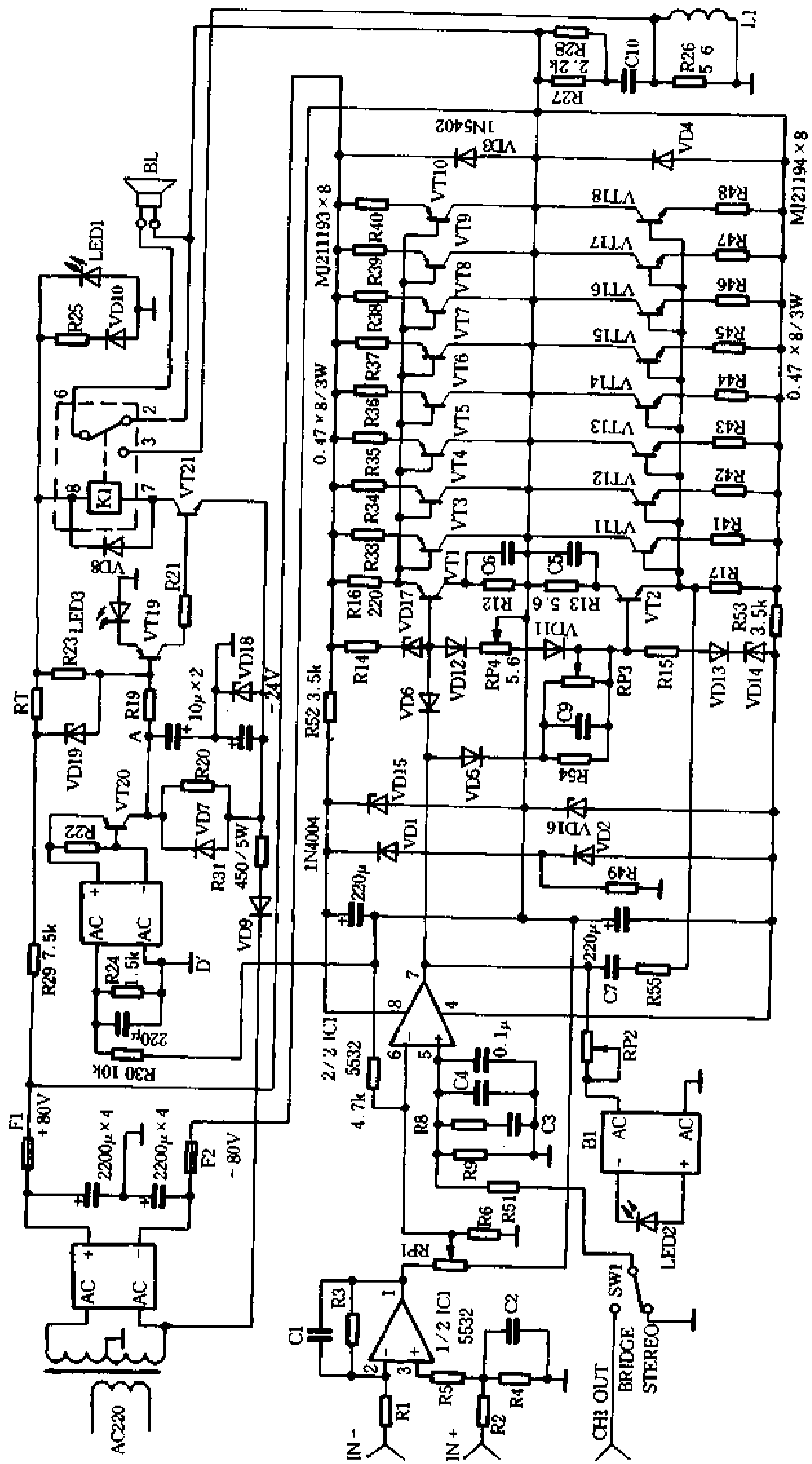


图 6-36

(4) 查找输出级故障管方法

输出级上管(8个 MJ21193 并联),其射极电阻为 R33~R40,下管(8个 MJ21194 并联),其射极电阻 R41~R48。检查时可用指针式万用表电阻挡(如 500 型或 47M 型),大概测一下上管及下管是否对输出端(O 点)有短路的情况。如有,可焊开对应的 8 只发射极电阻的一端,再进一步查出击穿短路的故障管。

检查开路管可在路进行,此时应注意检查各发射极电阻是否有烧断的情况。

(5) 常规维护

发现 LED1 变红或 LED1 短期变红的现象出现较频繁时,应及时检修。另外,该机的主板故障率较高,建议半年清理一次。

19. 利用美声 TA-1500 发烧功放电路板装机

近年来,市面常见一种具发烧水平的功放电路印制板——美声 TA-1500。很多发烧爱好者曾动手试装过,但因缺少电路图及经验不足,难以达到靓声效果。本文将组装 TA-1500 电路板的经验,兹介绍给大家,以方便发烧友组装、调试。

【电路原理】

电路如图 6-37 所示(图中只画出了 R 通道,标号按原印制板标注)。

图(a)为前置音调电路。该电路属常见的 RC 负反馈运算放大电路。话筒信号经 VT₂ 放大后由 VR3 馈入 IC1 负输入端,与主信号混合后由 IC1 ①脚输出。PR1、PR3 分别控制主信号、话筒信号的音量,以适应不同的信号源。音调网络亦属常见的负反馈式,高、中、低音分别调节,其原理不再赘述。

图(b)为独立的唱机输入前置电路。IC3 及均衡网络构成,实际装机时视需要决定。

图(c)为末级功放电路。这是典型的新甲类动态偏压全对称放大电路。这是一款具发烧级水平的末级功放。只要元件选择得当,安装调试无误,其音质颇能令人满意。VT₄、VT₆、VT₈、VT₁₀ 构成的全对称镜像互补差分放大电路,具有极高的共模抑制比和较大的动态范围。VT₁₂、VT₁₄ 分别巧妙地跨接在差分电路的两个输出端,进一步提高了电路的信噪比和动态范围。VT₁₈、VT₂₀ 构成全对称电压推动级。功率输出由 VT₂₂、VT₂₆ 完成。RP8、VT₁₆、VT₂₄ 构成同步偏置电路,利用其极低的输出电阻,使推动级 VT₁₈、VT₂₀ 基极交流电压接近于零;PR8 用于调整 VT₂₄ 的 V_{ce},以控制末级静态电流,使末级工作在动态甲类状态。VT₂₄ 与 VT₂₂、VT₂₆ 同装在一块散热器上作温度跟踪补偿。调节 VR7 可使整机电路中点保持在零电位,以适应晶体管的离散性及电源波动。

图(d)为整机电源及保护电路。本电路适应 25~33V 的交流输入电压。整流滤波后的直流通经 3A 保险管分别供给左右声道后级电路。VT₂₇、VT₂₈ 构成的±15V 稳压电源。此印板还设有完善的保护电路,具有开机防冲击、中点电位偏移保护。VT₂₉、VT₃₀ 构成多谐振荡器,通过 VD11 指示电路工作状态。

【元件选择与安装】

所有运放须用高速低噪声运放,如 NE5532、M833 等。所有电阻除标明功率外均采用 1/4W 的优质碳膜或金属膜电阻,前置、后级用 J 级,其它用 K 级。容量在 5~500pF 的小电容选用高频云母电容;容量在 1000pF~0.1μF 的电容器选用金属化涤纶电容或聚丙烯电容;音频耦合电容宜用钽电解电容;均衡网络负反馈电容采用进口小体积高品质电解电容;其它用

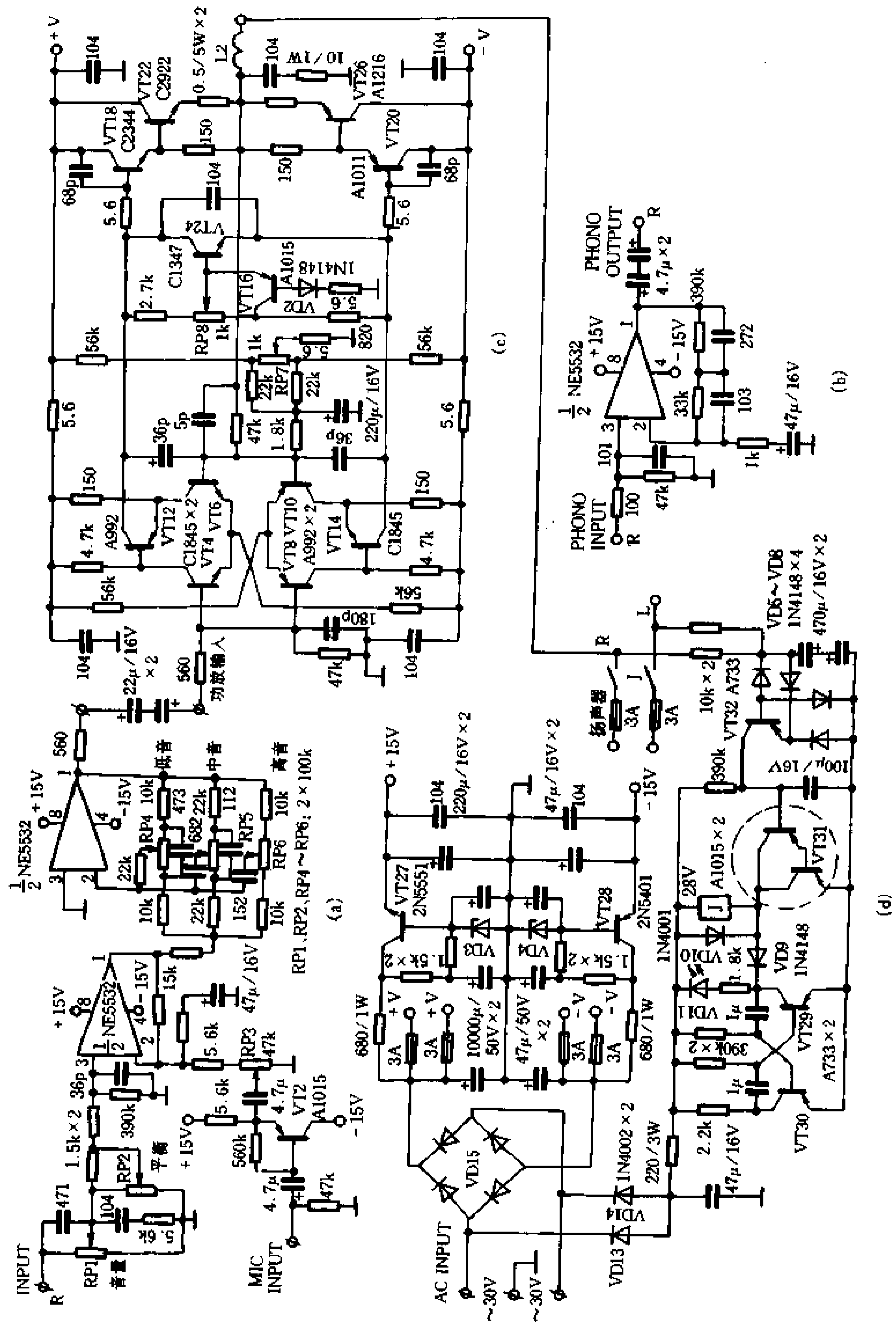


图 6-37

优质电解电容。差分放大级须用低噪声管，参数应满足 100V、100mA、300mW、100MHz； $C_{ob} < 3.5\text{pF}$ ， $\beta > 250$ ，如 C1845、A992，C2362、A1016 等；以选用同一厂家同一时期的产品为好。VT18、VT20 选用 $P_{CM} > 20\text{W}$ 、 $F_T > 50\text{MHz}$ 的中功率管，如 C2344、A1011，C2528、A1078；VT22、VT26 选用大功率东芝对管 C3280、A1301 或三肯名管 C2292、A1216。继电器驱动管 VT31 须用两个 A1015，接成复合管。稳压电源采用普通中功率管，其它选用普通小功率管，要求 $\beta > 200$ 。L2 用 $\Phi 1\text{mm}$ 漆包线在 $\Phi 10\text{mm}$ 的圆筒上密绕 15 匝脱胎而成。VD15 选用 6A 高速桥堆，选配功率大于 250W 的环形变压器。

该印板线路设计得有条不紊，信号流向、地线走向井然有序，各元器件安装位置适中，安装时不必另加导线连接。安装前应仔细检查印板的铜箔有无粘连，断裂现象，在印板上均匀涂上酒精松香水。所用元器件应经严格测试筛选。所有电阻采用卧式安装。功率管应涂上导热硅脂、垫上绝缘片紧贴散热器安装，引线尽可能短而粗。温度补偿调整管 VT24 安装在离功率管上方约 2cm 处。推动管亦要安装小型散热器。末级功放输出至扬声器接口及电源引线的一排铜箔设计得细而长，应加焊 $\Phi 1\text{mm}$ 的粗铜线。

通电前应仔细检查各元件型号、数值、极性是否正确，确认没有虚焊漏焊后，把所有 3A 保险取下，先调整保护电路及电源电路。其延时开机时间为 3~5 秒，中点偏移动作电压(另取稳压电源提供)为 $\pm 2.5\text{V}$ 中点电压，正常后再调整功放后级，左右声道分别进行。RP7~RP10 置中间位置，把功放输入端接地，调整 RP7(RP9)使中点回到零电位，然后调整 RP8(RP10)，使 $0.5\Omega/5\text{W}$ 电阻电压降为 0.15V ，此时末级静态电流约为 300mA，中点电压不应偏移太大，如有问题，应重点检查晶体管管脚是否焊错、极性是否正确，否则就是晶体管离散性太大，应重新筛选新管。前置音调部分一般无需调整，只要 $\pm 15\text{V}$ 电源对称，运放管脚安装正确，一般即能正常工作。

前置信号输入功放后级，可直接用屏蔽线连接，注意屏蔽线要单端接地，若出现严重低频噪声，应加接 $22\mu\text{F} \times 2$ 钽电容(图中虚线)。最后输入音乐信号，控制音量使单声道输出 50W，“烤机”一小时，复测中点电位漂移不大于 30mV，调整工作即告完成。

七、场效应管混合功率放大器

1. 50W 纯甲类对地推挽功放

时下崇尚摩机的发烧友很多，但摩机毕竟存在着“木桶”效应，效果并不很理想，与其“大补”，还不如选择性能卓越的线路，配以高品质的元器件，精心制作，这样可给你带来事半功倍的效果。基于此，本文介绍一款造价不到1000元的50W纯甲类全对称对地推挽末级无负反馈功放，各部分均采用发烧潮流设计，选用时下较为发烧的元器件，即使是很挑剔的发烧友也能得到满足。整个放大器性能极优，音质绝佳，完全可以与价值数千元的洋货媲美。

【电路原理】

(1) 电压放大级

电压放大级的电路如图7-1所示。输入级采用互补型平衡差动放大电路，输入管选用东芝的最新型低噪声孪生对管K389/J109和晶体孪生对管A1349/C3381组成源地——基地差动放大级，由恒流源对称供电。共模抑制比特别高。这种差动输入电路相当成熟，日本音响刊物《无线与实验》曾多次推荐使用，获得日本第三、四届晶体管放大器比赛第一名的作品就是采用这种差分输入形式。玩惯电路的发烧友都知道，在电压放大级中对音质影响最大的有两个地方：一个是输入级差动放大电路的恒流源电路；另一个是第二级放大电路。在本机中，针对这两个地方分别采取了行之有效的措施，为了确保恒流源的电流不受电源电压变动的影 响，最大限度地降低失真，采用了优质的电流密勒电路，使流过恒流二极管的电流恒定。这种电路最大优点在于恒流源的电流不受电源变动的影 响，使失真很小。如图7-2是时下较为流行的恒流源电路，这种恒流源是通过电源与地之间的电阻来分压的方法产生基准电流。其最大缺点在于电流会随电源电压的变化而变化，对音乐的动态和定位均有不良影 响。而本机的电流密勒电路对音质有明显的改善作用。

第二级放大电路对整个放大器的频率特性和失真率起决定性作用。本机这级采用日立低噪声晶体三极管A1191/C2856组成共基对地推挽的渥尔曼电路，这对发烧管在集电极电流不大于10mA时具有极好的线性放大特性。这种渥尔曼电路不仅阻抗变换极佳，而且电路的截止频率高，工作频带内稳定性非常可靠，是本机中最具特色的精华部分。与传统的共射放大电路不同的是不再对电源电压放大，而只是对信号电压进行转换，所以不会对从电源潜人的干扰噪声产生放大作用。其巧妙之处是基极接地对电源的干扰噪声信号起到良好的隔离作用，在噪声抑制方面比传统的共射放大电路有了很大的提高，其自身的线性特性也获得很大改善。曾获得日本第25届高级音响制品唯一金奖的LUX B-10功放电路和著名的美国夏文卡顿PS2200电路都采用了这种电路。

并接在基极与集电极间的补偿电容最好选用镀银云母电容，容量不宜太大，过大不仅对稳定性不好，而且会造成转换速率下降。本机选用5P就能得到十分理想的方波响应。

推动级采用颇受好评的场效应管K214/J77组成源极跟随器，负反馈取样于本级，能有效

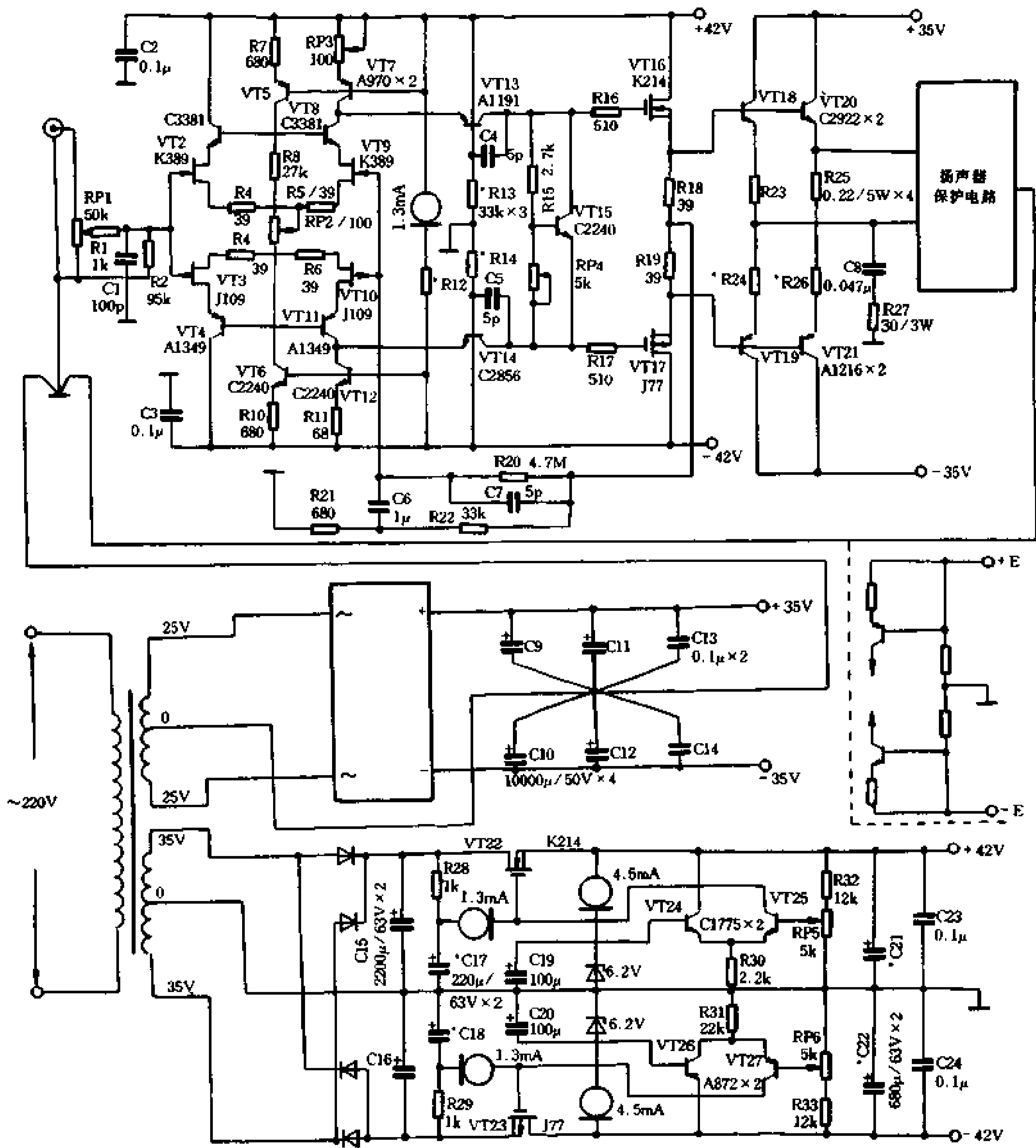


图 7-1

地扼制扬声器的反电动势对功放的干扰，可进一步提高清晰度及层次感。

(2) 电流放大级

本功放的电流放大级由三肯皇牌管 A1216/C2922 担任，而未选用目前比较流行的场效应管。原因是场效应管在小信号时声音虽然很好，但在大动态或大音量下声音会变得较为粗糙，除非用五、六对以上

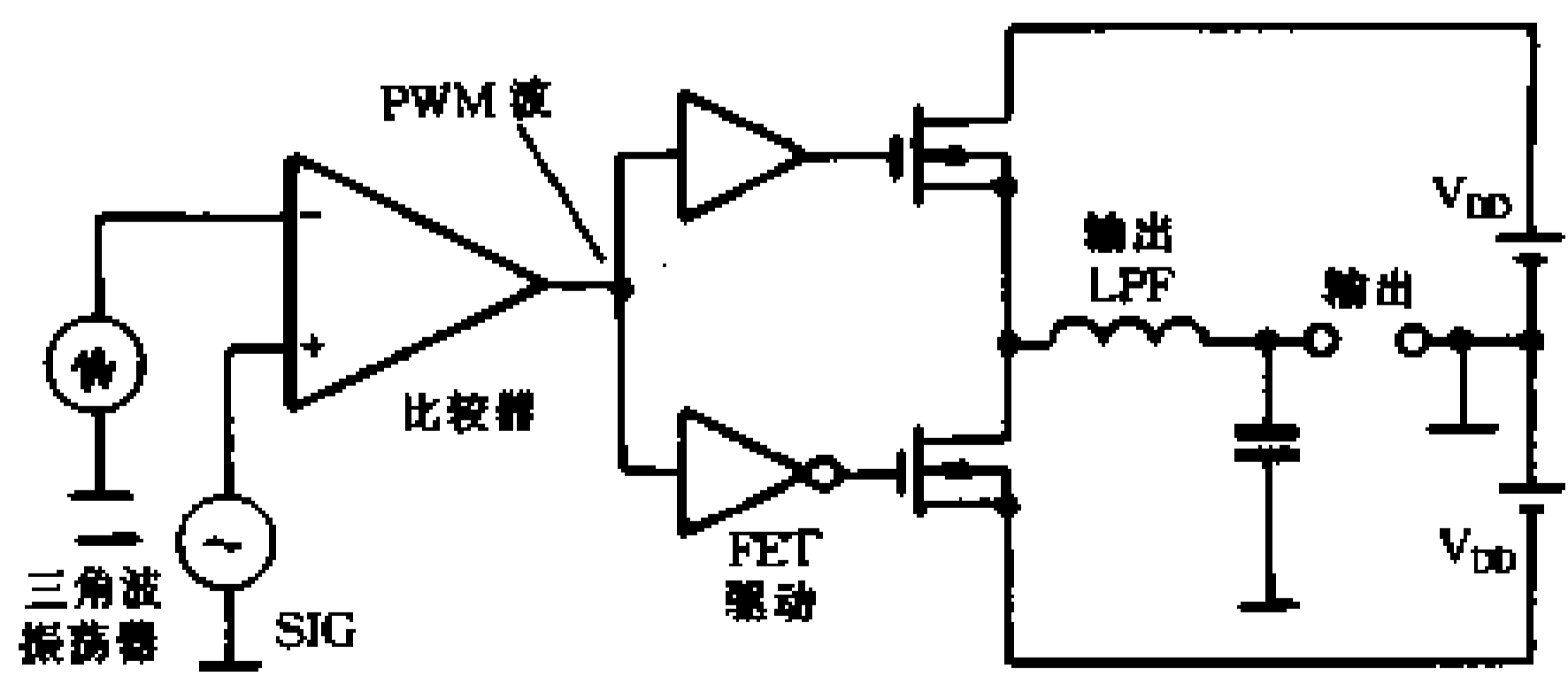


图 7-2

功率管并联输出，让每对管负担较小的功率输出，方可获得较好的输出线性，但造价较高，而且太多的功率管并联输出，散热也是一个难题。而三肯 A1216/C2922 功率管的 f_T 高，导通电

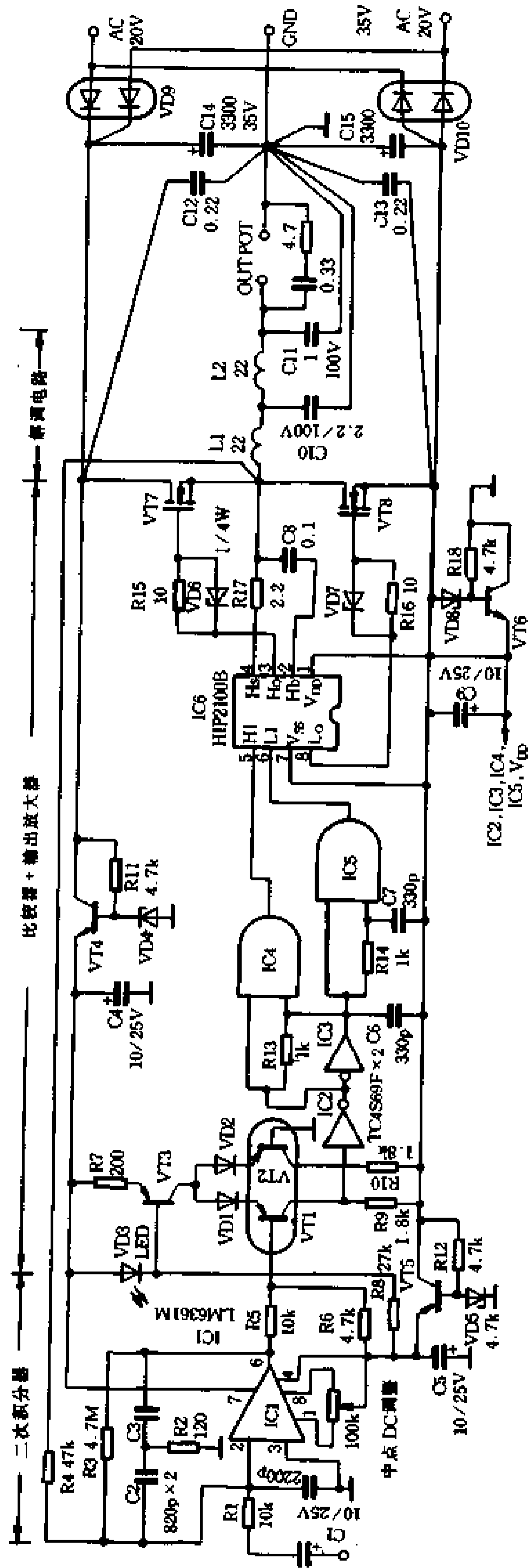


图 7-3

阻小，大小信号的线性特性都较好。由于晶体管具有正温度特性，正好与推动级场效应管的负温度特性相互抵消，放大器的工作更加稳定。晶体管与场效应管如此巧妙的配合，使本功放既有场效应管音色圆润的优势，又有晶体管的力度特长，实为珠联璧合！为保证系统的安全，本机采用专用集成电路 μ PC1237，设计了较为完善可靠的保护功能。

(3) 电源

如图 7-3 是电压放大级专用高性能稳压电源，可使第一级噪声很低。在输出端与调整管基极间并接 $0.033\mu\text{F}$ 电容是为了提高稳压电路的反应速度，令音质更有圆润细腻的表现。并联在输出端的 $680\mu\text{F}$ 大容量电容不仅为滤波，更重要的是“储电”，让传递的音乐信号在此有“取之不尽的电源”，能更好地改变以往因“瓶颈”效应而造成音色的压抑感。这种电源出现的时间还不长，常被称为大惯性电源。

接地方法如图所示。本着一点接地的原则，将电源滤波电容处的地、信号输入地、扬声器的地，用粗铜线引至信号输入插座附近的机壳上。

【元器件选择与调试】

对于功放来说，有了一个好电路，并不等于能出好声，因为元器件的质量对音质起着决定性的作用，故此本功放的元器件均选用优质的进口元件。C2、C3、C6、C13、C14 使用 Solen 无感电容，C8、C21、C22、C25、C26 使用 WIWA 电容，C9~C12 使用 Rubycon 电解电容，C15~C20 使用飞利浦电解电容，C23、C24 使用 ELNA 电解电容。电阻除了特别注明外一律使用 $1/2\text{W}$ 金属膜电阻。这样做可能投资稍高了些，但对于对音质很苛求的烧友，应该说是非常值得的。

本功放调试较为简单，调整前先将所有可调电阻调至中央位置，并将输入端短路。首先调整稳压电源，调 RP5、RP6 使输出电压为 42V 。而后调整电压放大级，调 RP3 使电阻 R18 和 R19 的中点直流电压为 0V ，若不能调整则说明电路安装有误。再调 RP2 使 R3 电阻的压降为 115mV ，即输入级的静态工作电流为 3mA 。然后再调整 PR4 使 K214 与 J77 源极两电阻间的电压为 1.4V 。最后将功率级电路连接好，调整 PR4 使功率管发射极电阻两端的压降为 97mV ，即末级的静态工作电流为 0.44A 。如此反复调整几次，直到满意为止。

本功放经测试， -3dB 频率达 400kHz ，失真率为 0.01% ，甲类功率 50W 。试听结果十分喜人，中高音清澈透明，低音刚劲有力，音质真实自然，音色细腻有透明感，另有一番韵味，这正是不少发烧友梦寐以求的。

2. 50WD 类功率放大器的制作

D 类功率放大器从发明至今，已有 50 年历史，主要用在不需要线性放大的高频放大器和马达驱动放大器。将其用于音频放大是最近十几年的事，多用在为节省能源和减小体积的车用放大器中。然而在家庭影院系统中需要 5.1 声道放大器的场合，采用 D 类放大器能有效地缩小放大器的体积，仍是发展方向。当然在对付噪声方面尚有较多的问题需要解决。

【电路原理】

一般的 D 类放大器电路基本结构如图 7-2 所示，将输入信号和低频三角波信号作比较，进行脉宽调制 (PWM)，然后驱动由 MOSFET 构成的开关电路。这一款在 4Ω 负载上输出 50W 的 D 类放大器如图 7-3 所示。输入放大级采用高速运放 LM6361M，同时又构成二次积分的自激振荡器，既省去了三角波发生器，又避免了因三角波线性恶化带来的失真。积分电容 C2、C3

同时又实现高频负反馈。VTr1、VTr2 对管及 VTr3 等作 1 比特转换获得 PWM 波，再经 IC2、IC3、IC4、IC5 作波形整形和死区时间控制，以避免输出级的两只 MOSFET 同时导通。死区时间过长过短都不利，可调整 R13、R14、C6、C7 达到最佳。驱动级采用耐压高、开关速度快的专用驱动 IC HIP2100，驱动两只低导通电阻、开关时间短的 MOSFET 2SK2782。

开关频率选为 220kHz，由积分器中的 C2、C3 及 R2 确定，但因为振荡频率会随比较器和输出放大器的开关特性而改变，故最后还需调整。调整方法是在无信号情况下，4Ω 负载上输出最大功率 50W 时，振荡频率不下降 20kHz 以下即可。

在功率输出级接有由 L1、L2、C10、C11 构成的低通滤波器，以便将输出信号中包含的开关频率的高次谐波成分完全滤除。对滤波器的要求是在音频范围内的损耗尽量小，电容器要选用等效串联电阻小的薄膜电容。对电感的要求是损耗要小，即线圈的线尽量短。为了少用线，又得需要电感量，可在线圈中加入碳基铁粉芯的铁芯，但要防止大电流下铁芯饱和。

实际装配中，图 7-3 中输出部分的线圈流过高频大电流，接线以粗短为好。为减少噪声干扰，整机的输入、输出、电源线中均加入滤波器，办法是在这些线靠近放大器的一端，让导线在铁氧体磁环上穿绕几匝构成。

整机综合特性实测如下：

- (1) 输出 10W 时，在 20Hz~20kHz 范围内失真率为 0.12%；
- (2) 输出 50W 时的最大失真不超过 0.15%。
- (3) 在 10Hz~30kHz 内频率特性很平坦。

3. 2×80W Hi-Fi 功率放大器

激光唱机，纯后级功放、高保真音箱是目前音响的最基本组合。对于一般工薪音响爱好者来说，选用价位较低的，国内组装的 VCD 机也能满足较高水准的音乐欣赏要求。而功放和音箱的选择则需要精心搭配，其投资应占有较大比例。为了取得较高的性能价格比，特别在功放选取方面要下点功夫。

本文从电路、购器材、焊机器，历时数月，最终利用成品板组装了一台 2×80W “全对称互补场效应管 Hi-Fi 后级功率放大器”，且一次调试成功。

该功放电路原理如图 7-4 所示。电源采用 DNC-22A 开关电源。

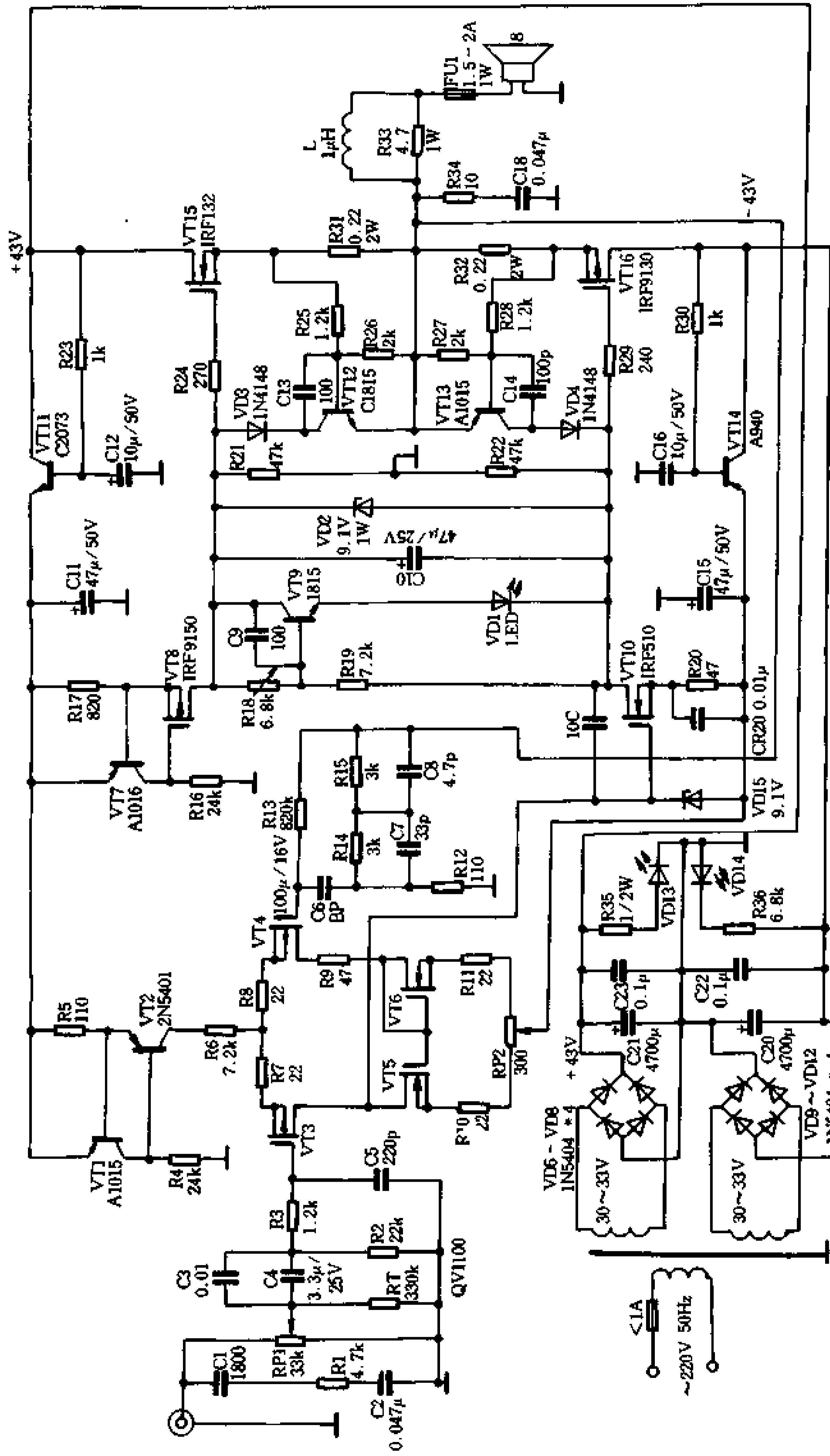
众所周知，国外目前采用 VMOS FET 功率管可制作出接近电子管重放效果的大功率功放，而发热量和电源功耗又优于电子管。前级输入端用 VMOS 管构成的差分放大器又使输入阻抗做得很高，其驱动电流仅 0.1μA，且导通电阻小，工作频率高，动态范围大，不易饱和。

技术指标：

- (1) 额定功率：80W×2($R_L=8\Omega$)；
- (2) 频率响应：4Hz~100kHz(±0.5dB)；
- (3) 谐波失真：0.018(32Hz~20kHz)；
- (4) 信噪比：>89dB(输入端接 600Ω 电阻)；
- (5) 输入灵敏度：380mV。

输出功率完全决定于末级场效应管的功率。目的是：IRF9130 和 IRF150 互补；电源电压为 ±42V，由功放专用开关电源提供。

DNC22A 的技术指标：



注:本电路图省略了相同的--路电源

图 7-4

- (1) 输出直流电压： $\pm 35\text{V}\sim 45\text{V}$ 连续可调；
- (2) 输出直流电流： $0\sim 4.5\text{A}$ ；
- (3) 额定输出功率： 300W ；
- (4) 电压稳定度： $<0.2\%$ (电压波动 $220\pm 20\text{V}$)；
- (5) 负载稳定度： $<0.2\%$ (由空载至满度)；
- (6) 输出纹波电压： $<100\text{mV}$ (空载 0.2mV , 满载 70mV)；
- (7) 效率： $>85\%$ ；
- (8) 空载功耗： $<3\text{W}$ 。

另外它与功放及其它音响设备能完全兼容，可靠性能达到平均无故障时间 >30000 小时，体积为 $250\text{mm}\times 125\text{mm}\times 60\text{mm}$ ，重量仅 0.92kg 。

本文组装试听的效果来看，以下主要几点是可取的：功放开关电源属高频电源(100kHz)；使用双环控制电路，瞬态反应速度快，动态范围大，能量极充沛，故此使激光唱机的优点能发挥得淋漓尽致。

DNC-22 电路原理如图 7-5 所示。图中的 CF8861、CF8862 为进口厚膜组件，RP1 的 $6.2\text{k}\Omega$ 实心电位器可连续调整输出直流电压。

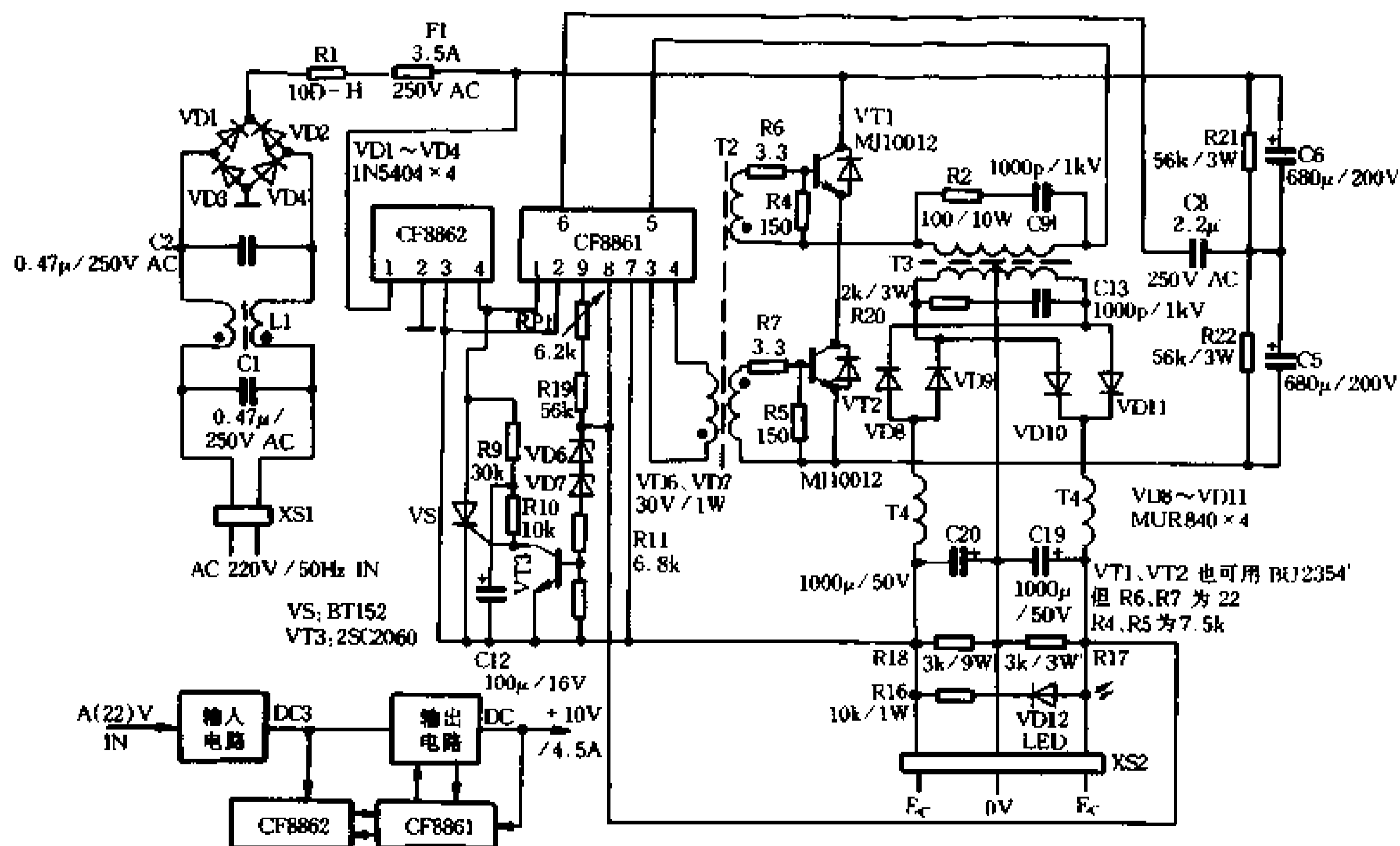


图 7-5

组装功放成败关键是布线和焊接，由于功放的工作电压较高、电流较大，因此选线就成为至关重要的环节。

最后，简述制作过程中的几点注意事项：

(1) 试机前先用万用表测量电源板的输出电压，该电压调到 $\pm 40\text{V}$ 以下，再用功放板联通。此时，功放音量电位器应调至最小位置。输入信号，电源及功放板指示灯均亮，慢慢开大音量，直至取得较好的放音效果。

(2) 馈以低电平信号，靠近高、低音单元，仔细聆听有无干扰声出现。如干扰声较大，应

从电源、输入信号线等方面查出原因。一般出现干扰声，多是布线有问题。如电源线粘在金属板上走线，信号线应一律在线路板上空走线，这样对减少干扰都十分有益的。

(3) 关机、开机应将音量关至最小。每次使用都要重复这一程序。

(4) 如使用的音箱功率较小，应加装扬声器保护电路。如开机时扬声器保险管熔断，保护继电器动作，必须查明原因，排除故障后才能再次开机。

4. 100W×2 功放电路

本文介绍的这种额定功率 100W×2 超甲类 DC 场效应管功放，具有输出功率大、频响宽、音质佳、性能稳定等特点，可广泛用于音乐厅、家庭、单位等场合，也非常适合广大发烧友制作。

【电路原理】

功放主电路如图 7-6(其中只画了一个声道)，图 7-7 是本功放配套的电源电路。图 7-6 电路分功率放大与保护电路两大部分。

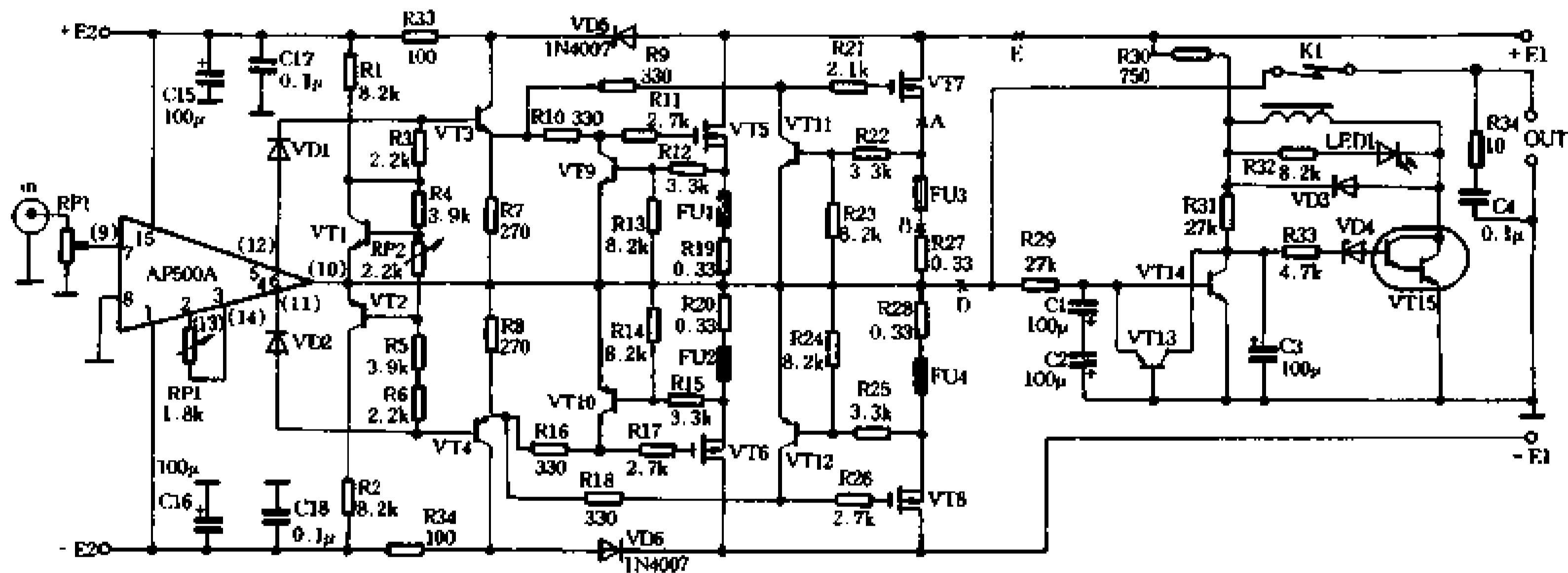


图 7-6

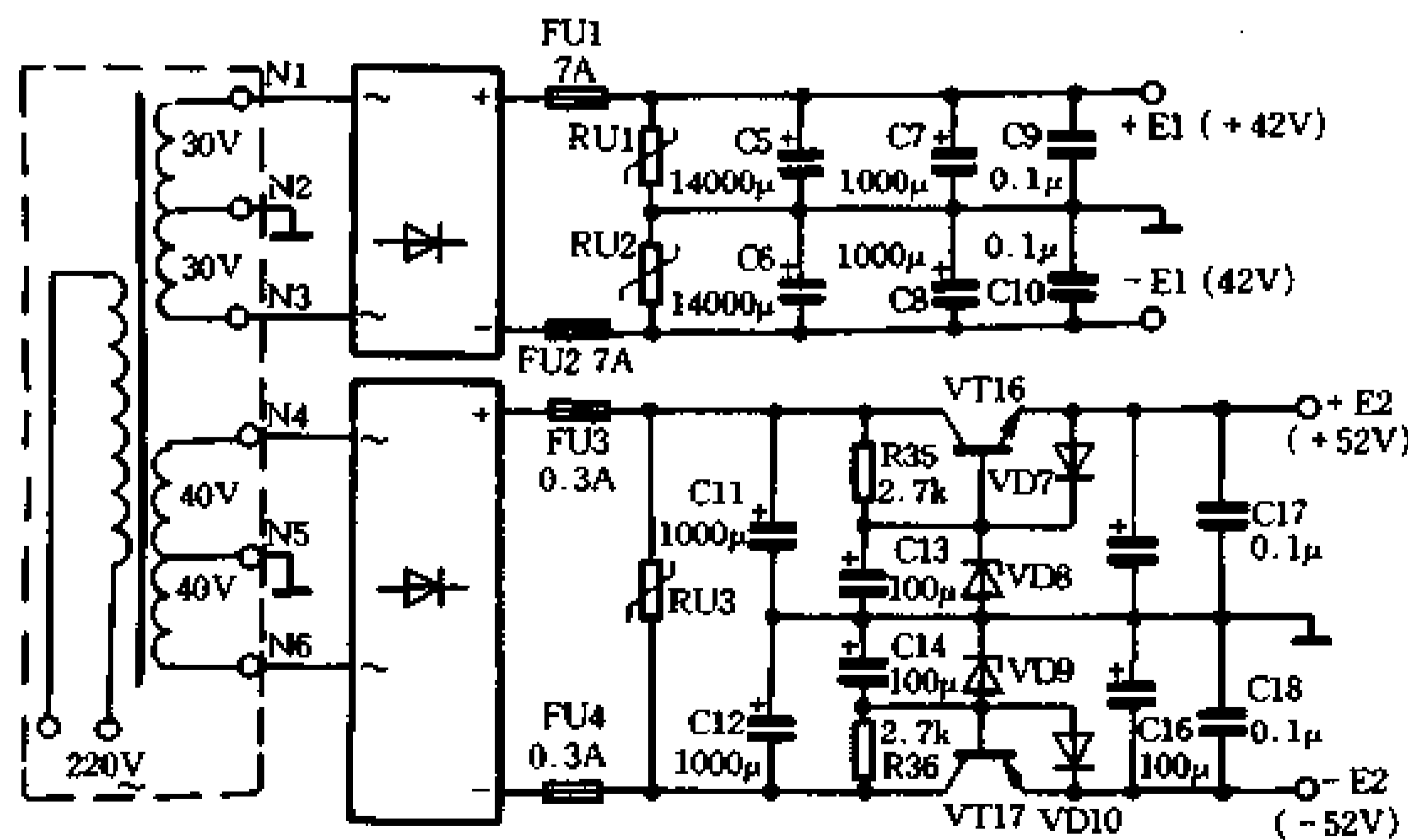


图 7-7

功放电路由电压放大、缓冲级、电流放大级、超甲类偏置电路四部分组成。电压放大级采用 AP500A，该器件是耐高压(极限±75V)高速双 JFET 输入放大器，闭环工作频响达 0~

500kHz, 具有自动调零(零漂小于 0.02%)等特点。VT3、VT4 组成缓冲放大器, 它能提高 AP 500A 的驱动能力, 减少后级 VMOS 场效应管输入结电容对音频谐波的衰减作用。电流放大级每个声道采用两对互补 VMOS 对管(如图中的 VT5~VT8), 并用多管并联推挽输出, 除了能提高电路的输出线性及输出电流能力外, 还可提高电路的阻尼系数; VMOS 管作电流放大所表现的出色音质已为多数烧友所赏识, 其众多的优点在这里我们就不再赘述。

功放电路另一特点是功放管采用超甲类偏置。超甲类功放具有甲类不截止和甲乙类效率高的双重优点。VT1、VT2 组成恒压偏置电路, VD1、VD2 的作用是只允许前级电流注入到后级而阻止后级偏置电流流到前级, 这样就可实现后级推挽管始终不截止, 调整 RP2 就可以改变后级推挽功放管的静态电流, 一般调在 10~60mA 左右即可。

本功放配套了功能独特、较为完善的保护电路, 它具有开机延时启动、关机提前断载、零点漂移保护、短路或过流保护, 并能把出现短路故障的功放管从电路中隔离出来(一个声道中烧掉一个功放管, 功放板仍可正常工作), 整个保护电路主要由 VD4、VT9~VT15、FU1~FU4 及继电器等元件组成。

功放采用两组供电, 如图 7-7 所示, 其中 $\pm 52\text{V}$ 小电流稳压电源组供电压放大级、缓冲级使用; $\pm 42\text{V}$ 大电流组供电流放大级和保护电路使用; 也可采用一组电源, 比如图 7-7 中不用 N4、N5、N6 端, 只要接上 N1、N2、N3 这一组电源, 整流后的直流电源 $\pm E1$ 就通过 VD5、VD6 向电压放大级、缓冲放大级供电。图中 RV1、RV2、RV3 为压敏电阻, 它可保护滤波电路与功放电路不受电网电压意外升高而损坏。

设计印制板时所有的地线都接到一点, 功放管应采用大面积翼形散热器散热, VT5~VT8 功放管需用耐压 120V、电流 8A、功耗 70W 以上的大功率, VT3、VT4 应用耐压 140V 以上的中功率管, 继电器可用 16A24V 单开关继电器, 电源电路的大电流整流桥可用 10A 翼形整流桥, 主滤波电容可用“黑金刚”快充电式容, 小功率电阻一律用金属膜电阻。调整时先把图 7-6E 点打“X”处串接一个毫安表, 并把 RP1、RP2 阻值调至最大, 接着通电, 用改锥慢慢调小 RP2 的阻值, 使毫安表电流读数为 5~30mA 左右, 然后调小 RP1 的阻值, 使毫安表的读数增加 5~30mA(即毫安表总读数为 10~60mA 左右), 调完之后, 即把微调电阻固定。

本功放极其丰满的低音具有震撼人心、宏厚有力的特点, 低音潜得非常深, 中音极具温暖感, 给人一种通透、明亮的感觉。

5. 100W 开关电源功放的制作

【电路原理】

如图 7-8 为本文介绍的自行设计的功放电路。该电路为全对称全互补式, 能充分发挥 NPN 和 PNP 型晶体管互补的优点, 使整体电路具有极高的稳定度。因信号从输入到输出都处于推挽放大状态, 因而对称性很好, 保真度极高。电路中信号通路无一耦合电容, 无大环路负反馈, 使电路成为直流放大电路, 根除了因电容器的存在而导致染音和相移, 减小了因大环路深度负反馈所引起的瞬态互调失真和扬声器音圈振动时所产生的反电动势对前部电路的干扰。使整个电路的转换速率大幅度提高, 小信号的解析力很强。

VT1~VT4 组成的差分放大器构成了电路的输入级。该级没有采用传统的恒流源电路, 而采用了长尾电路。放大器采用了高频开关稳压电源供电, 对电路的工作点稳定起到了积极

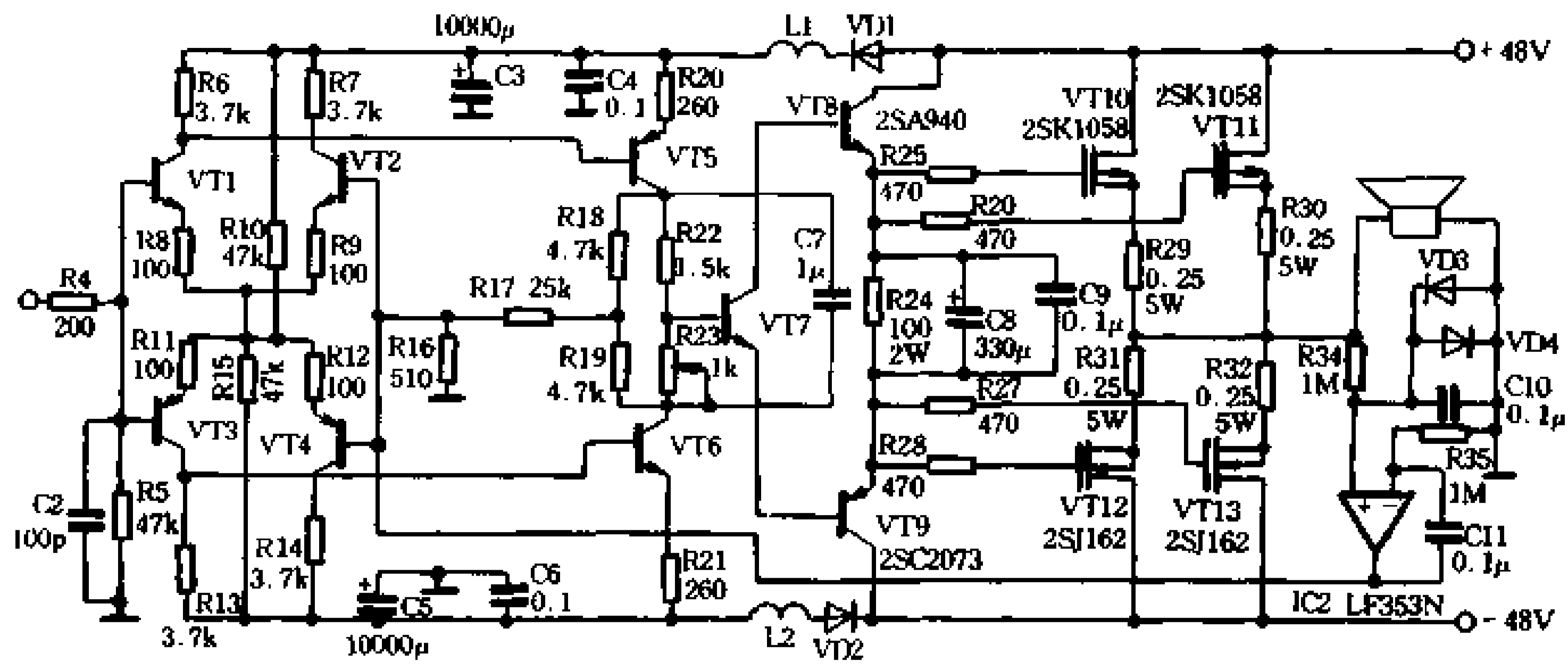


图 7-8

的作用。这样，既简化了电路又能使音质提高，实际试听也证实了这一点。每一组差动放大器的静态电流为 1mA，实践证明在保证信噪比的前提下适当提高此级所需的输入电流，此级静态电流为 6mA。负反馈由 VT6、VT5 的集电极经 R18、R19、R17、R16 引出接至输入级的反相输入端，形成直流负反馈。电路的放大倍数由 $(R_{18} // R_{19} + R_{17}) / R_{16}$ 决定。电路推动级由 VT8、VT9 组成，为确保大动态输出时有充裕的电流输出和提高瞬时信号的跟随性，该级静态电流取 32mA，因此改善了瞬态大信号输出时力不从心的弊病。另外该级电流的大小与音色有关。末级输出电路采用日立 2SK1058、2SJ162 场效音响对管，以取其音色温暖、细节表现力强的优点。每声道两对并联使用，每管栅极所串的 R25~R28 电阻为消振电阻，所并联的 C8、C9 电容的作用是稳定偏压。每管静态电流调为 480mA，工作在甲乙类。因电流推动级晶体管具有正温度系数，工作时有一定的温度，故加装了 VT7 作温度补偿。考虑到业余条件下晶体管的配对精确性，采用了由 IC2 组成的中点电位伺服电路。电路中 VD1、VD2 是为了隔离前后级以防相互干扰而加的，L1、L2 是为防止电源所引起的高频脉冲进入前级而设置。前级滤波电容 C3、C5 的容量较大，有很好的效果。

本功放采用高频开关电源供电是考虑到其有输出电压稳定性好，内阻小，反应速度快等优点，但作为高频开关电源，不可避免地会产生高频尖峰脉冲，虽然这些干扰脉冲的频率都在音频以外，并且幅度也较小。但对于高品质放大器来讲，对音质的损害还是严重的，因此必须采取相应的措施。本文选用的是 DNC-850A 成品音响专用开关电源，具体电路如图 7-9 所示。首先在原工频电源输入线电路中已有一阶滤波器的基础上再串接了一阶 LC 滤波器。该滤波器为双向的，既防止电源本身的干扰脉冲外泄干扰周围电路，又防止了工频电源线所带来的干扰进入自身电路。DNC-850A 有两组输出电压，在主电源 48V 输出端串进一个三阶 LC 低通滤波器后再串一只二极管，以提高抗干扰性能和改善电源的纹波。LC 滤波器和二极管的串入使供电能力有所下降，因而增加了 20000 μ F 的电解电容进行补偿。为彻底杜绝高频脉冲的干扰，地线这条途径也不容忽视，故 L12 串接在地回路中。L13~L15 小电感直接焊在功放板上，其目的是保证放大器在纯净无污染的电源环境下工作。在 DNC-850A 内部 ± 24 V 电源已经过一级稳压，实际上也是一级电子滤波，因此外部低通滤波较为简单，只在正负电源和地回路中串接了一阶滤波器和隔离二极管。由于前级电路和中点电位伺服电路需由此供电，故又增加两套稳压器， ± 18 V 供前级电路用， ± 12 V 供伺服电路用。值得注意的是前级

和伺服电路不要共用一个稳压器，否则两个电路将通过电源互干扰而产生噪音。±12V 稳压器也不能从±18V 稳压器的输出端接入，应从±24V 端接入。

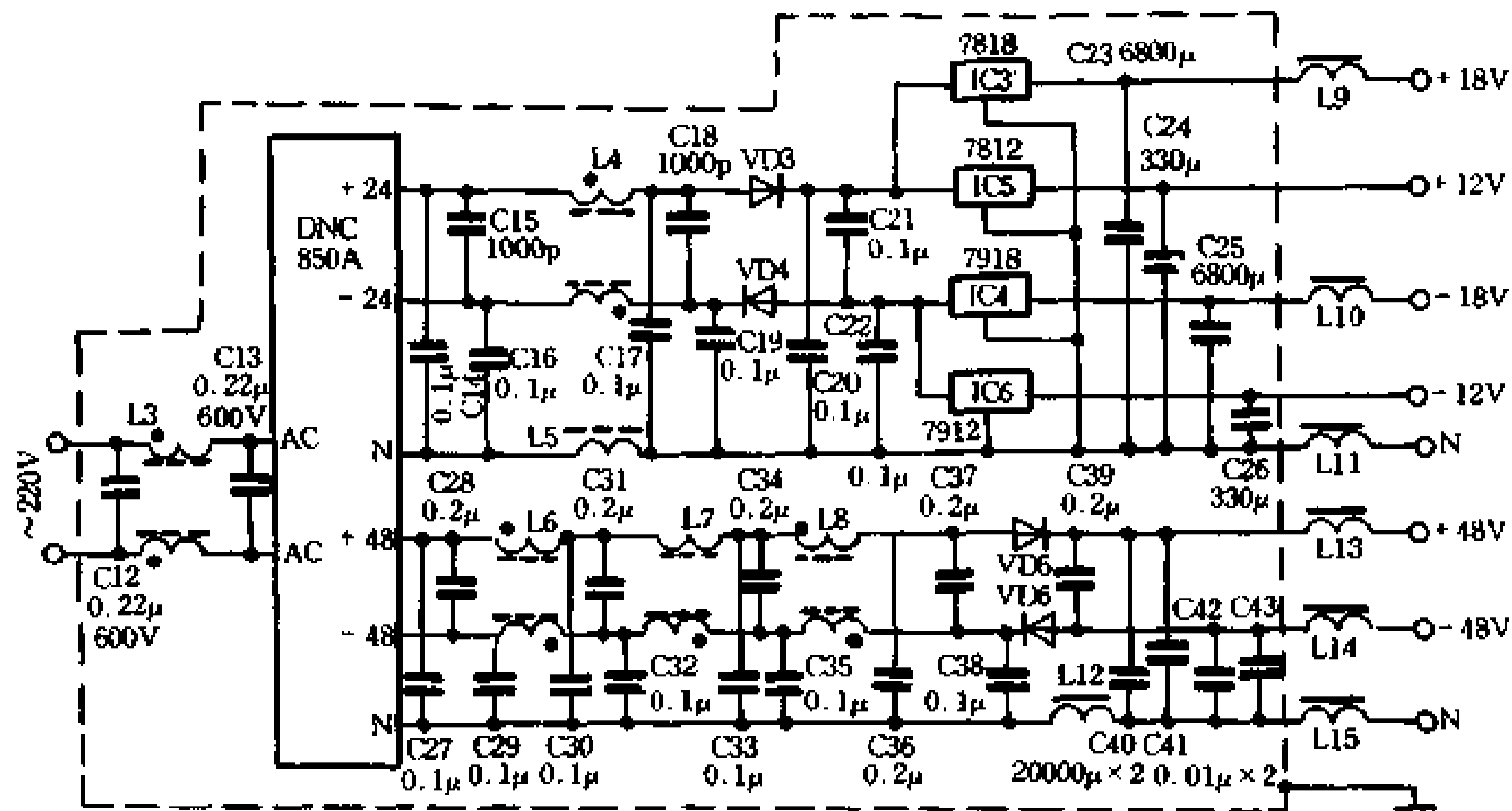


图 7-9

【元器件选择与安装】

电源电路中各低通滤波器中的电感需自制，L3~L8 和 L12 所用高频磁环为 $\Phi 25 \times 15\text{mm}$ 、孔径为 $\Phi 15\text{mm}$ 尺寸的，L3 两绕组之间要求具有较高的绝缘系数，故两绕组分别采用了 $\Phi 0.8\text{mm}$ 高强度漆包线在磁环两侧各绕 30 匝，两组绕组不接触，其每绕组电感量约为 15mH 。L4、L6、L7、L8 用 $\Phi 1.0\text{mm}$ 漆包线双线并绕 10 匝。L5 和 L12 用 $\Phi 1.2\text{mm}$ 漆包线各绕 10 匝。L9~L11 和 L13~L15 各用 $\Phi 1.0\text{mm}$ 漆包线在 $\Phi 12 \times 10\text{mm}$ 内孔径 $\Phi 8\text{mm}$ 的高频磁环上绕 5 匝。L1 和 L2 是空芯电感线圈，采用 $\Phi 1.0\text{mm}$ 漆包线在 $\Phi 8\text{mm}$ 钻头杆上绕 6 匝而成。

6. 全对称 MOS FET 100W Hi-Fi 放大器

【电路原理】

全对称 OCL 电路是目前比较完善的功率放大器。它把差动输入放大、激励、功率输出等各部分电路都接成互补对称形式，充分发挥了 PNP 型和 NPN 型晶体管能互补工作的优点。因而全称 OCL 电路比普通 OCL 电路稳定性更好。保真度更佳。现介绍一种采用具有“胆”机音色的对称互补 MOS FET 管 2SK405 和 2SJ115 担任输出功放电路。

如图 7-10 是主放大器电路部分(这里只画出一个声道)。由图可见，输入的是一对差动管 2SA798 和 2SC1583，它们的发射极有 24V 稳压管稳定电压，跟着的是一对称的推动管 VTR3 和 VTR4，它们的 e 极都串有低阻值电阻，使本级引起小量的负反馈，这样有利降低 (TIM) 瞬态互调失真率。VT5 和 VT6 是一对全对称管，作射极跟随器之用。VT7 为热敏管，它和功率管同装在散热器上，当散热器的温度上升时，VT7 的 b、e 极内阻减低，引起 VT7 的 c 极电流增大，于是 b、e 极间电压降减低，这样 VT5 和 VT6 的 e 输出电压减低，使一对功率 MOS FET 的静态偏压减低，从而防止功率管因温度上升而静态电流增大。

VT8 和 VT9 这对功率 MOS FET 的截止频率很高，很容易产生自激振荡，故此它们的 G 极都串有一只 $1\text{k}\Omega$ 的电阻，该电阻不要放于电路板上，而是要接在功率管的 G 极上，为了彻

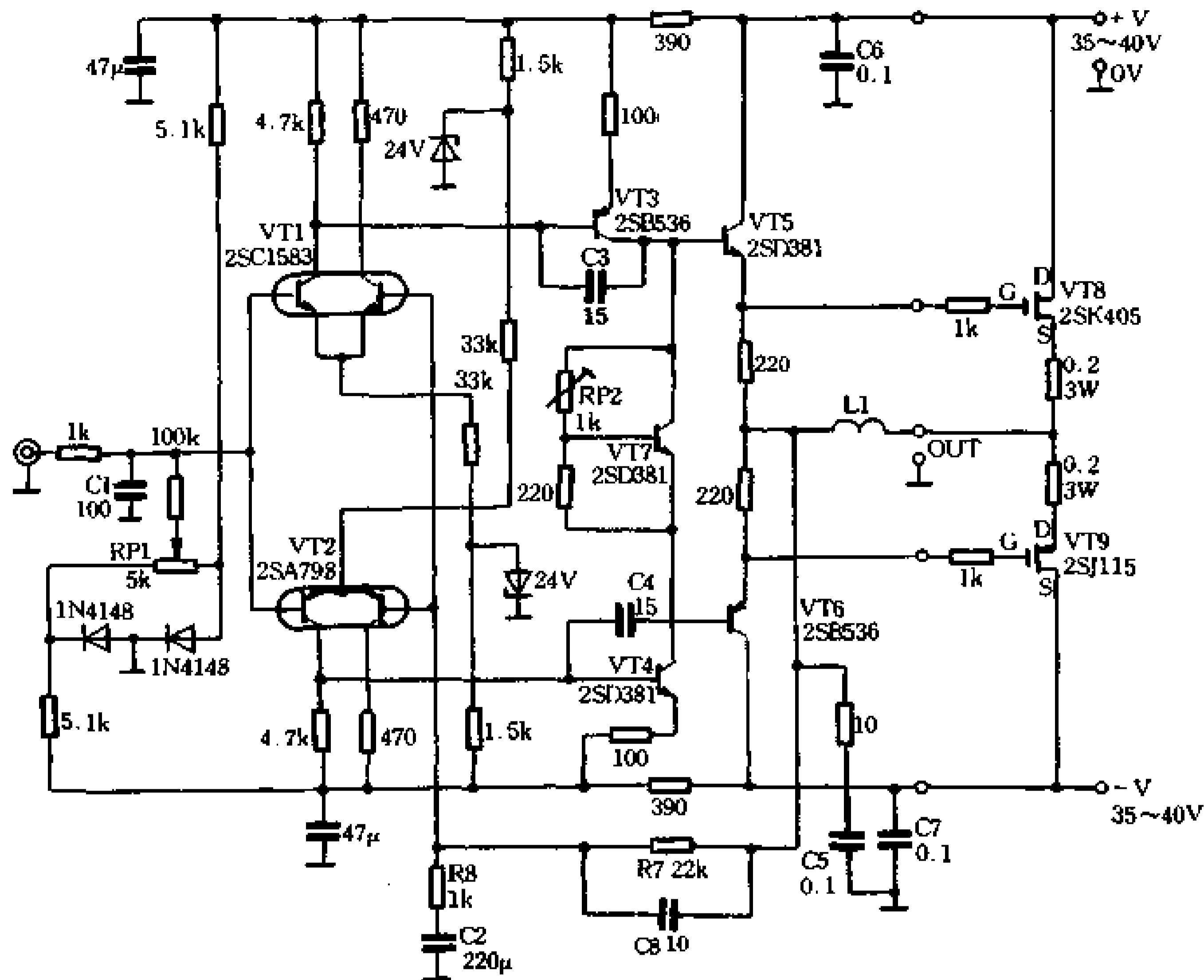


图 7-10

底减低自激振荡的机会，D极最好套一枚小磁环。

本放大器基本上是一个直流放大器，如果把反馈环路中的C2也移去的话，本机的低频响应可以由现在的5Hz下降至0Hz(DC)，当然移去C2后，RP1必须小心调节，直至输出端保持最低零位。如果加有C2则输出端必须保持0.05V直流电位以下。

全机的主负反馈输出端经R7、C8和R8、C2完成，整个功率放大器的增益由R7、R8的

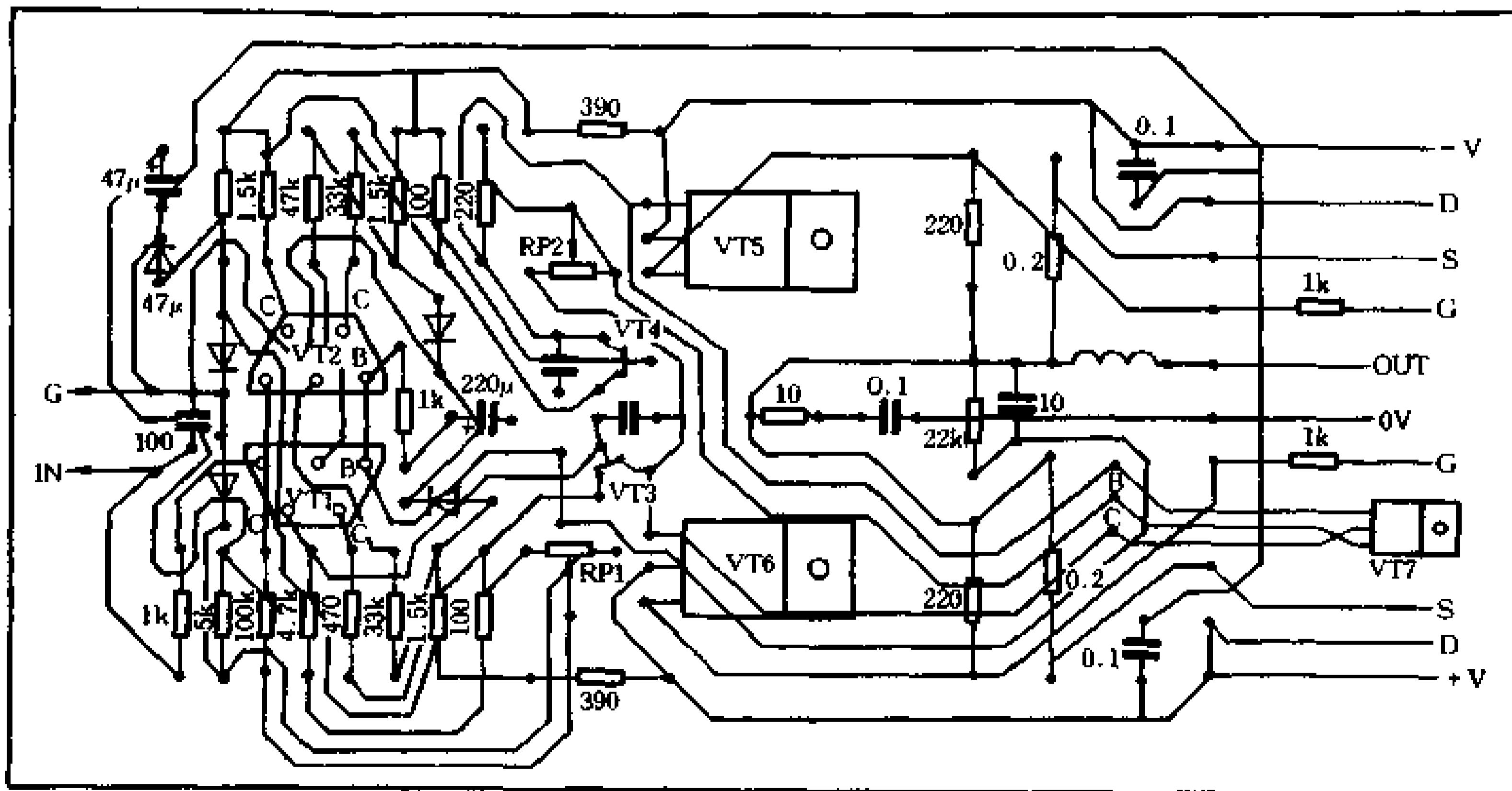


图 7-11

比率决定：

$$A = \frac{R_7 + R_8}{R_8} = \frac{1000 + 221000}{1000} = 222 \text{ 倍}$$

L 是用 18 号漆包线在 5mm 直径的管上密绕 12 圈退下使用。

VT3 和 VT4 c、b 极间的小容量电容器是抑制寄生振荡之用，C1 主要是作为除去输入干扰的超音频之用，C6 和 C7 是降低电源的高频内阻。

使用者可根据图 7-11 的印制底板图做底板，图 7-12 是电源部分，本机采用正负电源供电。图 7-13 是输出延时和直流保护电路，一旦输出端因电路出现故障而发生直流时，扬声器极易受损，保护电路负责使扬声器自动和电路脱离。图 7-14 是本机所用晶体管的外形及管脚排列。

本机的调试十分简单，先检查电路无误之后，接好电源，输出端暂不接扬声器或带任何负荷。用

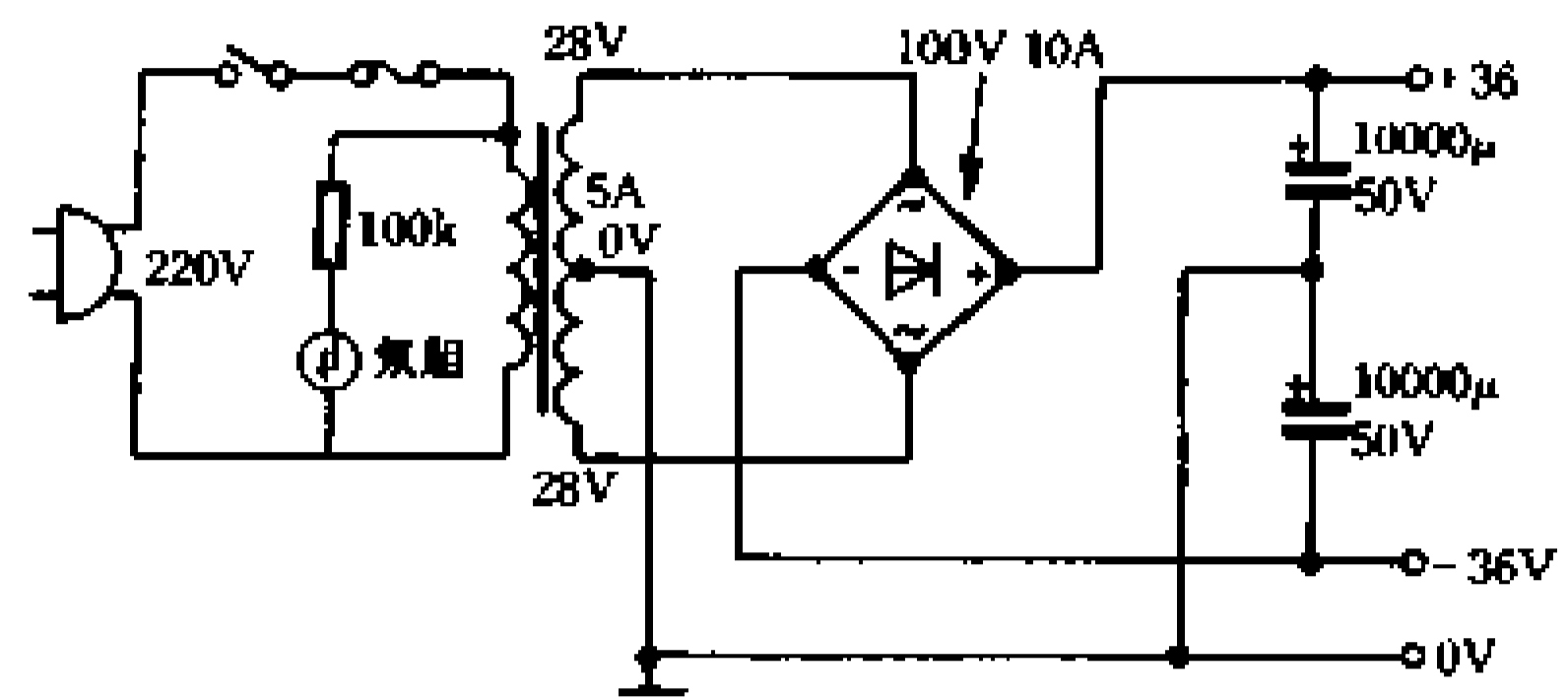


图 7-12

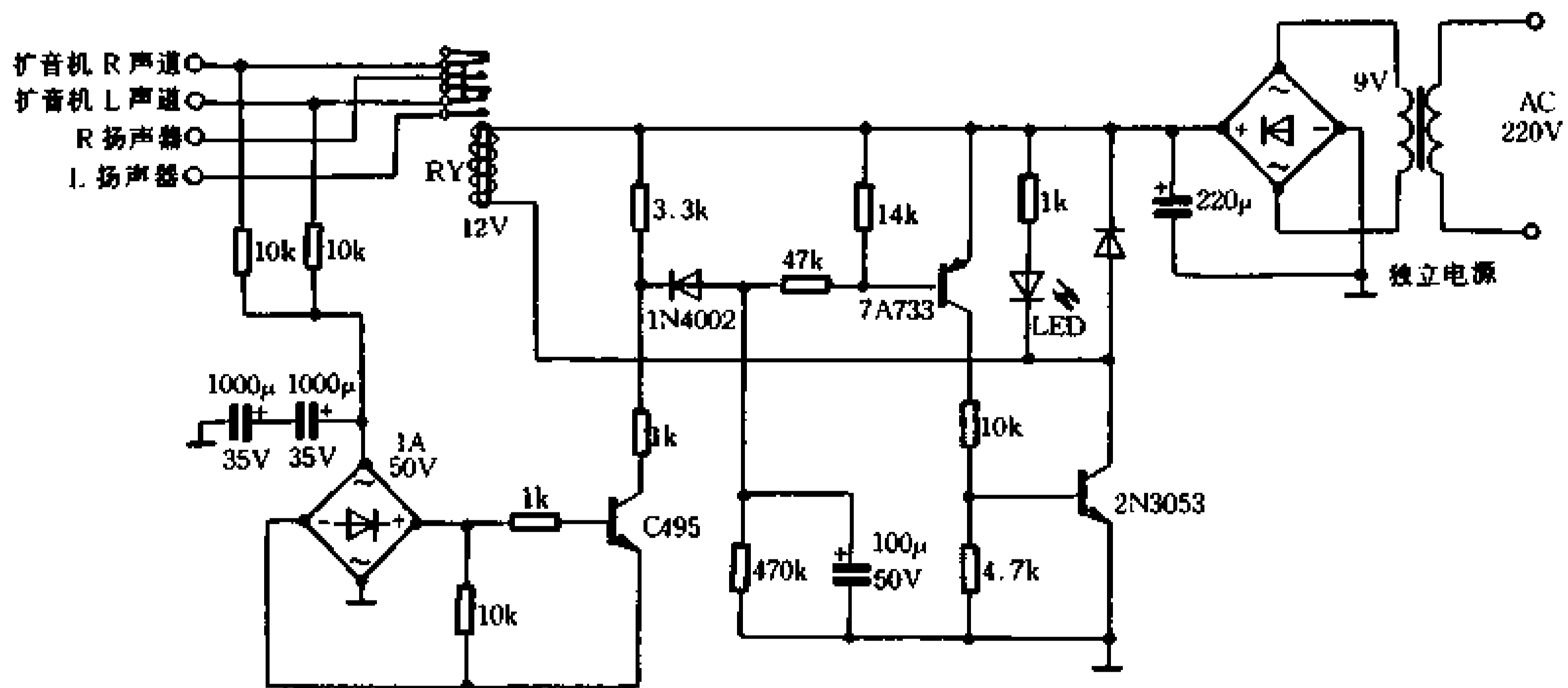


图 7-13

直流电表测量输出端与地之间，正常时应十分接近 0V。若略有些微直流的话，可能是各互补晶体管并不十分对称，或是电器特性有些差异。暂用电线把 C2 短路，调 RP1 使输出端接近 0V。接着把 C2 的短路线移去，PR1 不要再动。RP2 是静态电流调节，无输入信号时调 VR2 使静态电流为 60~65mA，测量静态电流的方法是在正负供电的其中之一供电回路串一只直

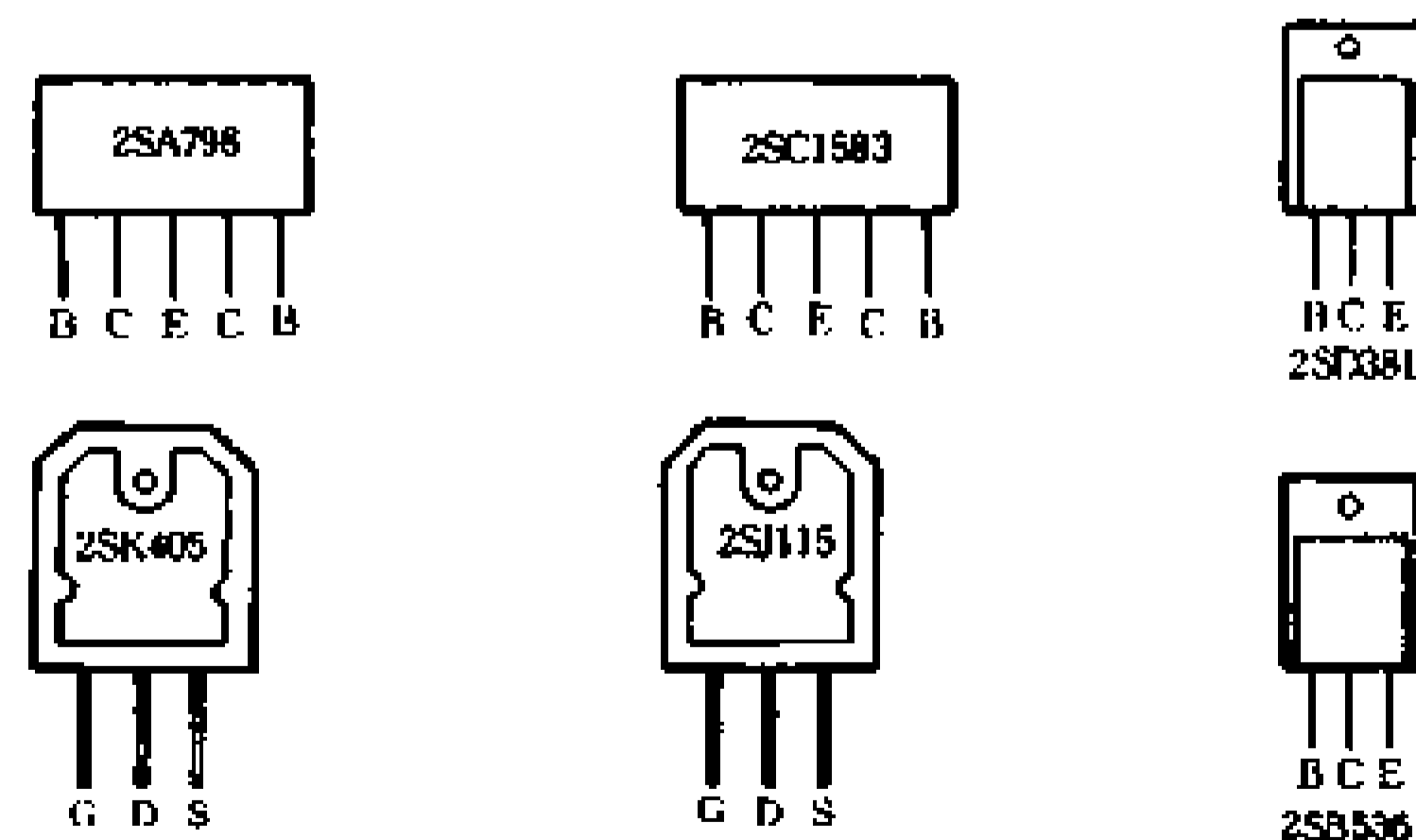


图 7-14

流电表。

一切调好之后，本机接上前置扩音器、音源和音箱就可以试听了。

本机的技术指标如下：

(1) 频率响应：3Hz~100kHz±3dB；

(2) 失真率：在1kHz时失真为0.05%，在整个20Hz~200kHz的范围内也不超过0.5%的失真率；

(3) 功率：测量时以5W为标准，每声道的最大输出功率为100W。

7. 带输出变压器的场效应管功率放大器

自从第一台音频功率放大器问世以来，最具有迷人音色的功放，非甲类电子管功放莫属。然而随着电子技术的迅速发展，晶体管和半导体器件日益广泛的应用，电子管已处于被淘汰的趋势。虽然近年电子管功放东山再起且身价倍增，但由于售价越来越昂贵，渐渐地与广大工薪发烧友疏远了。深资的发烧友大都聆听过电子管功放那醇厚、甜美的音色，对其追求不舍。至于那些刚喜欢上音响的发烧友，大都从晶体管或集成电路开始着手制作功放，而对电子管功放却很少接触。因为他们对电子管了解不多，对于自制电子管功放就更加没有信心了，所以他们只能在音响店里或在朋友家中偶尔领略一下电子管功放的魅力。

【电路原理】

本文介绍一款带输出变压器的场效应管功率放大器的制作，其音色已经非常接近电子管功放的效果，此电路介绍给大家供广大音响爱好者参考。

功放的技术指标：

额定输出功率：50W(负载为8Ω)；

频率响应：40Hz~25kHz 曲线平坦；

谐波失真：0.5%(1kHz下测得)；

信噪比：90dB；

输入灵敏度：800mV。

该功率放大器由双差分放大前级和带输出变压器的场效应管功率放大级构成，设计思想以“简洁至上”为原则。

从图7-15中可见，一对NPN型三极管V1、V2构成了第一级差分放大器，另外，一对PNP型三极管V3、V4构成了第二级差分放大器。两对不同导电类型的三极管提高了电源电压的利用率，而且具有不同的温度特性，使整机的稳定性显著的提高。图中电阻R5、R6为本级电路提供了双向交流负反馈，而且电路全互补对称，因此本电路的直流稳定性很好，同时使失真度降低，频响很宽。

电路中的前级输出端V3、V4的集电极的极性正好相反，为互补推挽的功率放大后级提供了两个波形相反的信号源。

本电路的功率放大级主要由一对互补推挽功率管以及一台输出变压器组成。功率管V5、V6采用相同特性的场效应管，电路的对称性好、失真低。另外，场效应管的工作特性与电子管类似，它们都是受电压控制的器件，因此在音质方面有相近之处，颇具胆味。经功率管放大后的信号再推动输出变压器，经变压器变换后使扬声器能得到足够大的负载功率。虽然变压器对失真、效率、频率响应都有所影响，但是只要严格绕制输出变压器，这种影响是可以

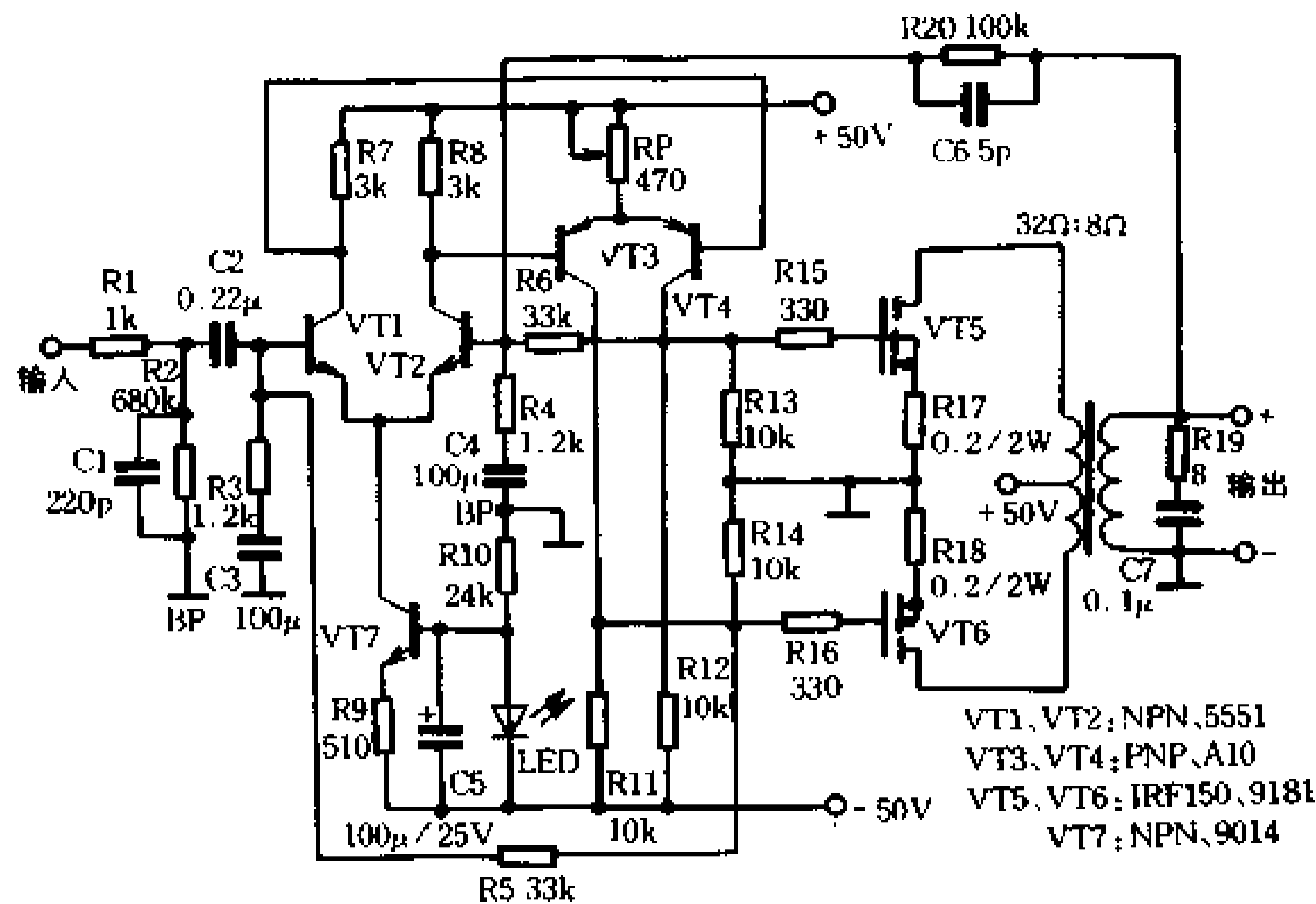


图 7-15

减小的。变压器是电感性元器件，电压增益大，从而使整机的灵敏度提高，而且变压器有信号延伸作用，使得听音的声场加深、加宽、空气感强，定位准确，中频饱满，细节丰富。变压器还有起到隔离直流成分的作用，故电流中基本没有温漂现象，从而对扬声器有直流保护作用，使得电路的可靠性增强。选择输出变压器最好选用进口铁芯，用优质铜线绕制。另外，电路还采用了大环路负反馈，反馈信号通过电阻 R20 与电容 C6 引入交流负反馈，使电路的失真更小。

【元器件选择与调试】

本电路元器件的选择是很关键的，马虎不得。电路采用正负电源供电，电源电路如图 7-16 所示。要想得到足够大的输出功率不但要有很高的电源电压还要求电源有一定的储备功率，为此，采用一只 400W 的环型变压器，经整流后提供正负 50V 电压。整流电路采用进口的 UR 认证的 35A/200V 的大功率整流桥，滤波电容采用两只进口音响专用 6800μF 的电容并联进行滤波。另外，在大电容上并一只薄膜电容用来滤除高频噪声，再并上一只电阻加速电容的放电。主电路中的电阻 R1~R10 及 R15、R16、R20 采用 1/4W 金属膜电阻，R11~R14、R17、R18、R19 需用 2W 电阻，其中 R17、R18 采用水泥电阻。耦合电容可采用进口的 CBB 电容。其余的元器件的型号和参数在电路图上已标出。总之，元器件需精心选配，尤其是对晶体管需配对使用，才能保证波形不失真。布线要合理，左右线路尽量对称一致，否则会出现噪声干扰。电路安装完毕，检查无误后，先查看电源正负电压值是否一致，而后调静态工作点。调节电位器 RP 使集电极电压在 1V 左右，最后用信号发生器给输入端加 0.7V 的正弦波，检测波形的失真度，等一切正常以后方可加负载试音。

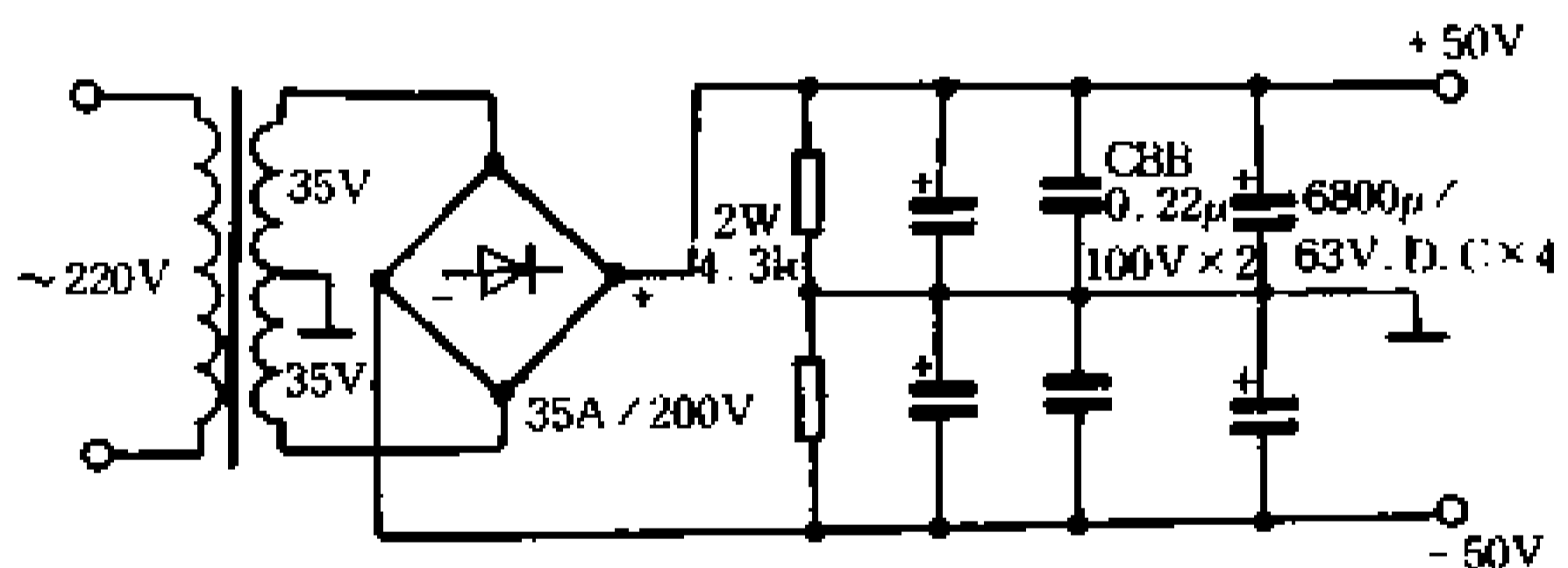


图 7-16

8. TDK 大功率场效应管全桥组件在开关电源及 D 类放大器中的应用

【电路原理】

型号为 EA40A906 的超大功率场效应全桥组件为日本 TDK 产品，得到美国 UL 的认证。经解剖，其原理如图 7-17 所示。四只金封粗脚的超大功率场效应管安装在精工铣制的镀铬紫铜块上，加绝缘后再置在镜面电镀的厚度为 8mm 的紫铜块上，全部散热块合起来约 1 千克。其它元件分别装在二块双面金属孔化的环氧板上，输入端为精制专用插座，输出为电木精制的接线端子。

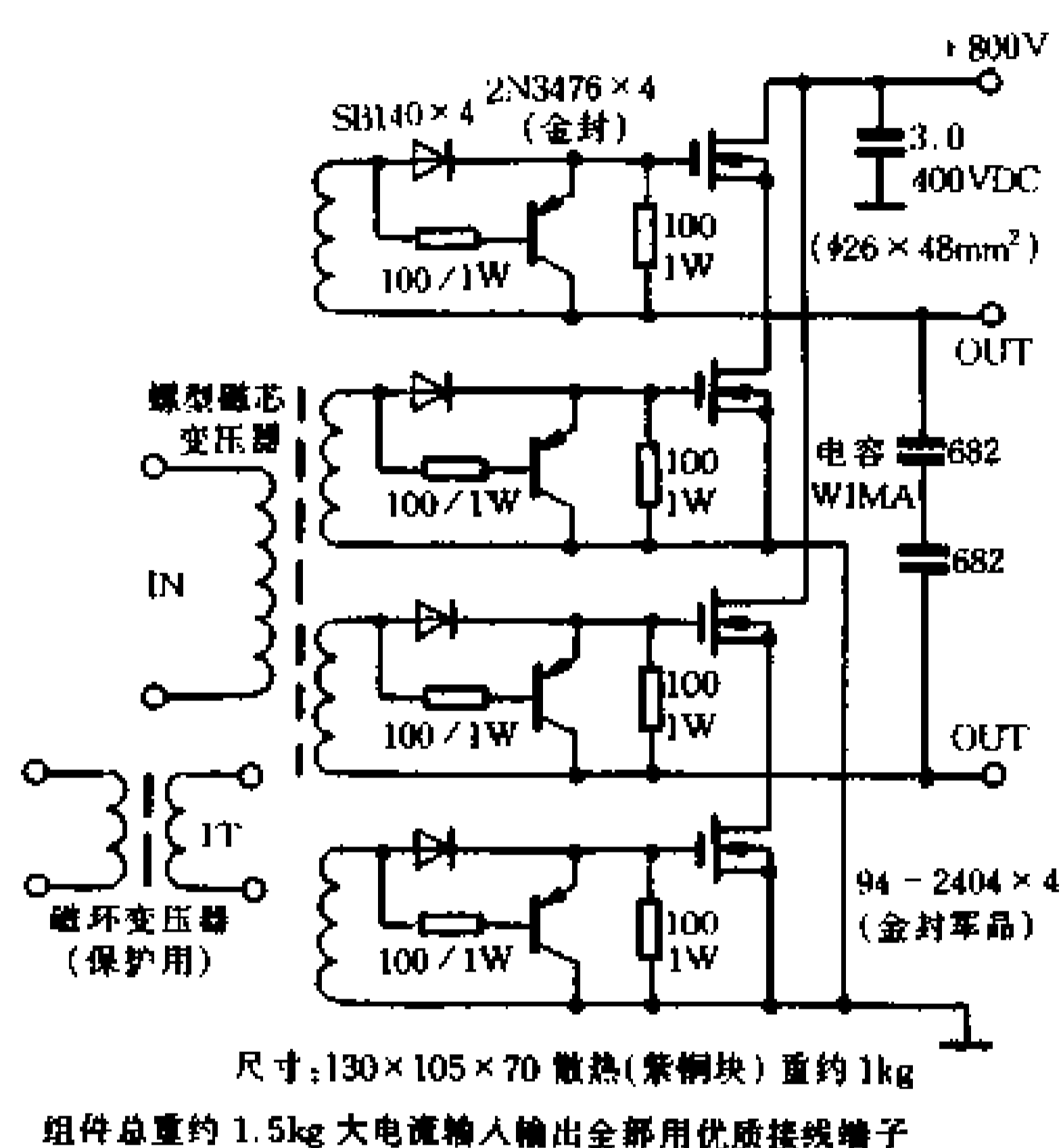


图 7-17

大；低通滤波器作 D/A 转换以推动扬声器。

音频信号输入经一级运放缓冲放大，再经第二级运放作电压放大后送入 PWM 的比较器的一端，与内部的 240kHz 三角波作比较处理，然后再送去作图腾柱式放大，输出后驱动本组件作强力放大，再由二对管的中点输出。放大了的脉冲电流，再经四级所谓巴特沃兹滤波器完成 D/A 转换后，送到扬声器，则能发出靓声了。

为了降低失真和防止过流，模块内加相应的负反馈电路及保护电路，其形式与传统的模拟放大及开关电源相似。通过实验，深感 D 类放大器体积小、效率高、音质较靓，尤其是低音的表现甚佳。同时，它要求电源的供给质量较严，最好能用高速低阻的开关稳压供电。当然，与传统的功放相比，它的失真度与频带的宽度等方面尚不理想，本文介绍完全是为了抛砖引玉。

下面分别介绍由该组件组装的超大功率开关稳压电源及实验 D 类音频大功率放大器。

(1) 全桥驱动超大功率开关稳压电源

电路如图 7-18 所示，该电路分为四部分。EMC 滤波器及一次整流滤波；DC-AC 变换，振荡频率 100kHz，图腾柱功率推动级及多功能保护；全桥超大功率驱动组件；高频变压器降压并作二次高频整流滤波及输出净化滤波器。

因功率余量较大，除图上标明的四组电源外，若需要还可多绕几组，本电路除用于功放外，也可用于如作充电器或电焊机。制作与使用时需注意整体的屏蔽与散热，散热时推荐用仪表风扇强制风冷。

(2) 实验 150WD 类音频功率放大器

电路如图 7-19 所示，可分成三部分，即 D 类功放前端处理，推动及保护，把本组件作 D 类放

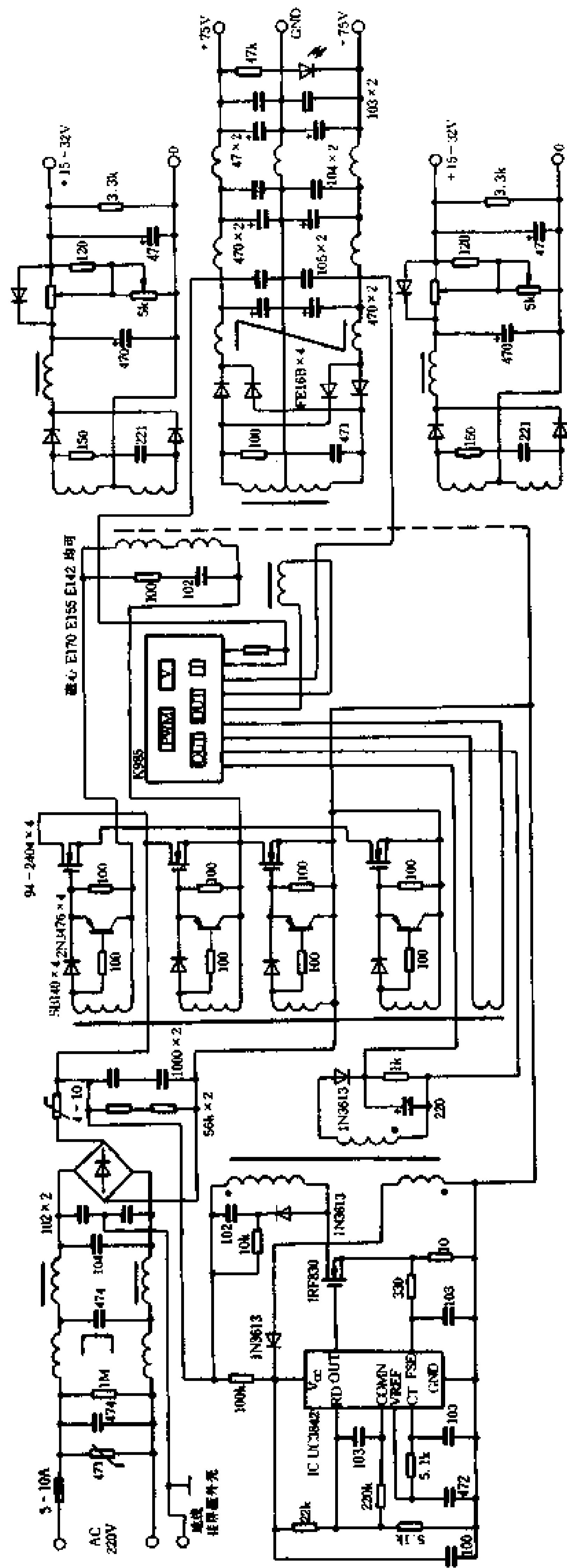


图 18

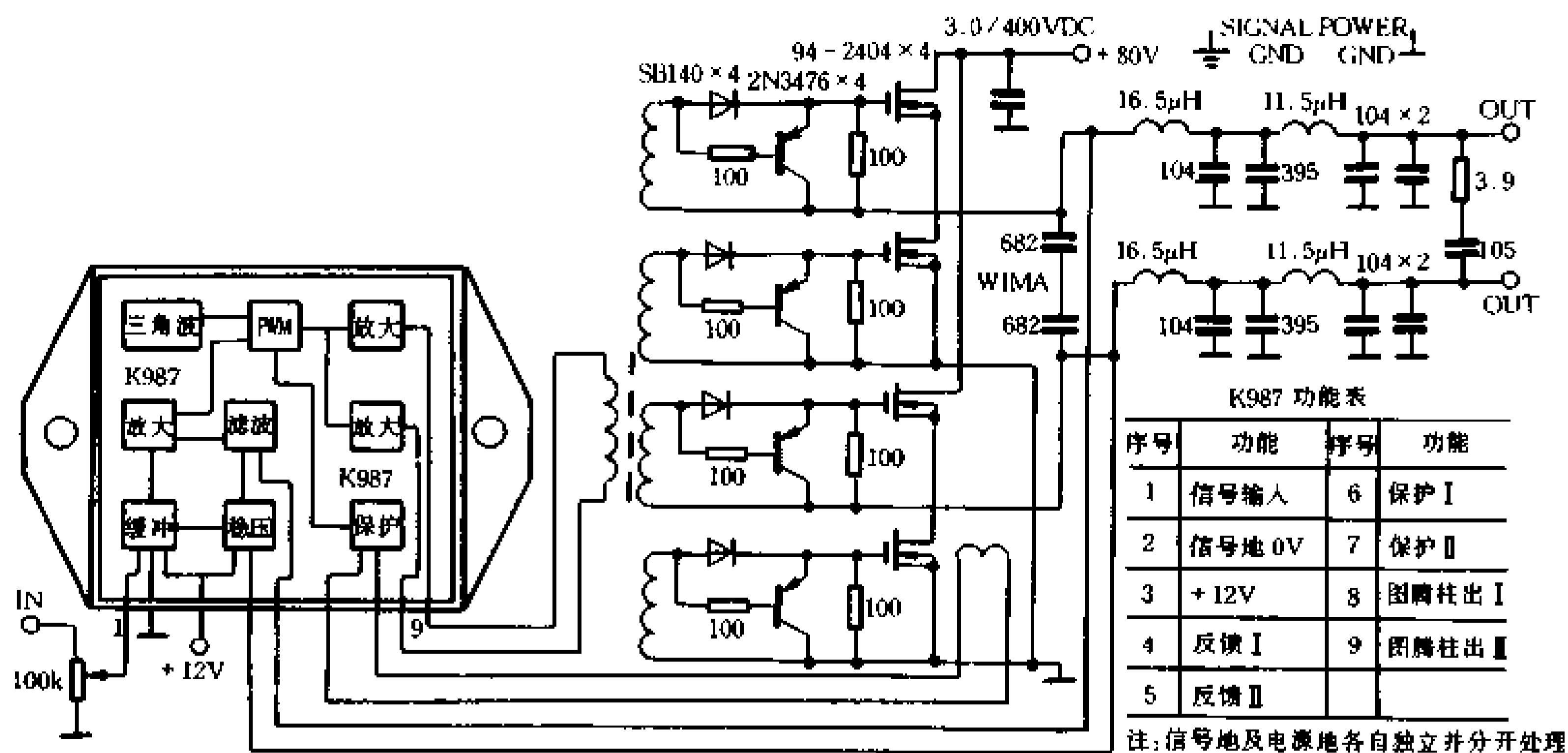


图 7-19

9. 音质至上的场效应管功率放大器

本文介绍一款号称采用进口原装器件装制的烧级功放电路，效果非凡。初听时，不觉有些小视。在功放中，以线路如何先进、音质如何上乘，而自我标榜者，不乏有之。但拿到此板后，才知有些“轻敌”。整个线路板布局较为考究，进口五色环金属膜电阻，清一色的 VMOS-FET 场效应管稳坐板上，颇有大家风范。现介绍给广大的音响爱好者，希望能为您的不懈的追求提供一点帮助。

电路原理如图 7-20 所示。从图中可以看出这是一部全 VMOS-FET 场效应管功率放大

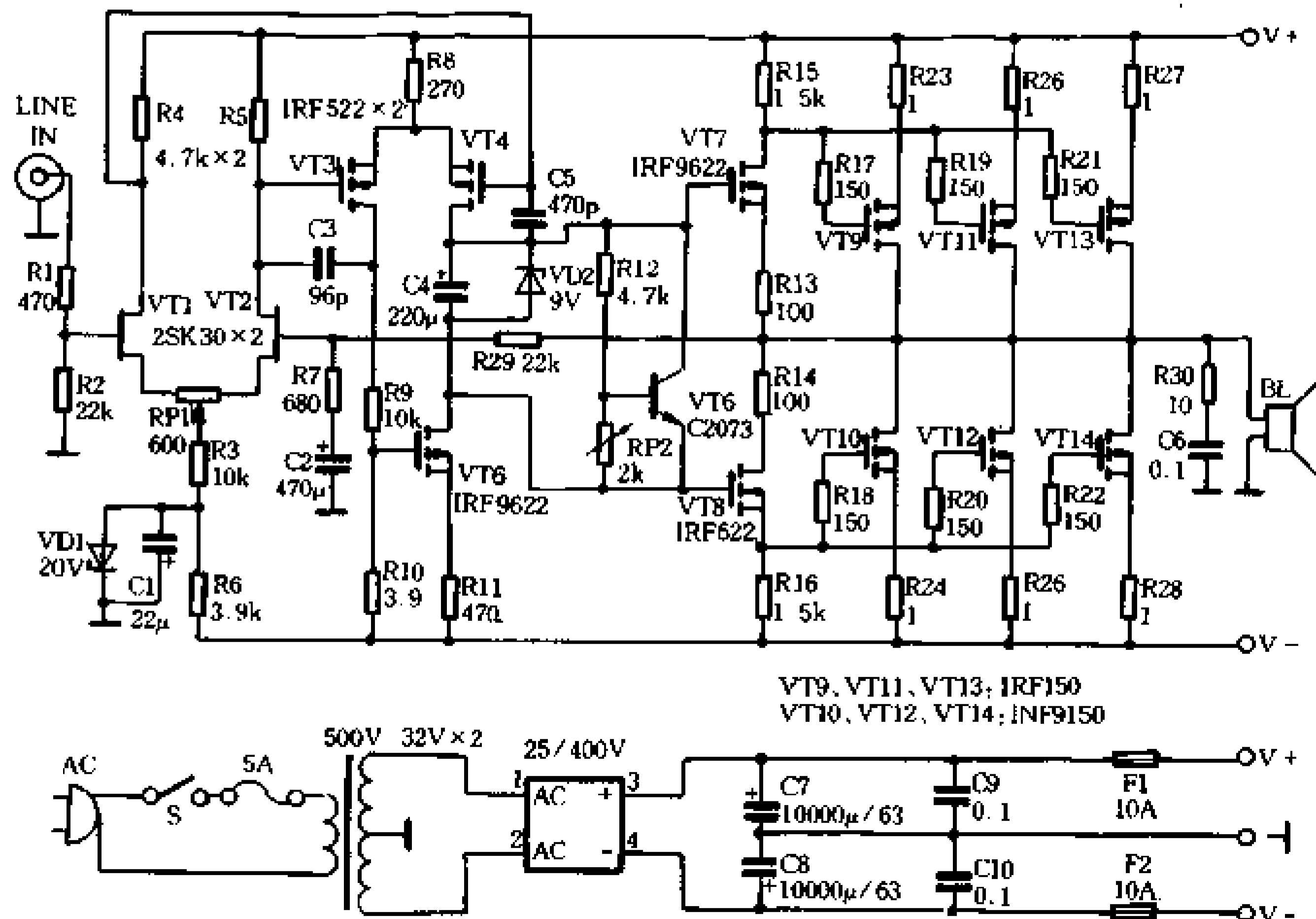


图 7-20

器。由于采用了3对大功率场效应管组成推挽电路，所以输出功率可达125W，整个电路的失真却在0.01%以下。

本电路的中点电位器通过RP1调整为 $0V \pm 50mV$ ；调RP2使功放管的静态电流为500mA即可。整机的电路增益约为31倍。电路中所用到的场效应管指标如下：IRF522、9522：7A 100V40W、TO-220封装；IRF150、9150：40A 100V150W、TO-3封装。

10. 简洁音质至上的功率放大器

每一位喜爱动手的发烧友，都希望能制作出一部适合自己口味的高保真功率放大器。但由于目前刊物上刊登的Hi-Fi放大器，多数电路都比较复杂，而使资历不深的烧友无从下手，只能望图兴叹。本文介绍一款简洁至上为原则的高保真放大器，它摒弃了其它电路中各种繁琐的补偿、伺服等电路，以使音源信号在尽可能减小损耗的情况下，原汁原味的展现在您的面前。

本放大器的电路如图7-21所示。由图可见这是一部全对称的OCL电路，这种形式的功放电路以其将差分输入放大、激励、功率放大按互补对称方式连接，充分发挥晶体管的互补工作优点，因此电路更加稳定，保真度更高。

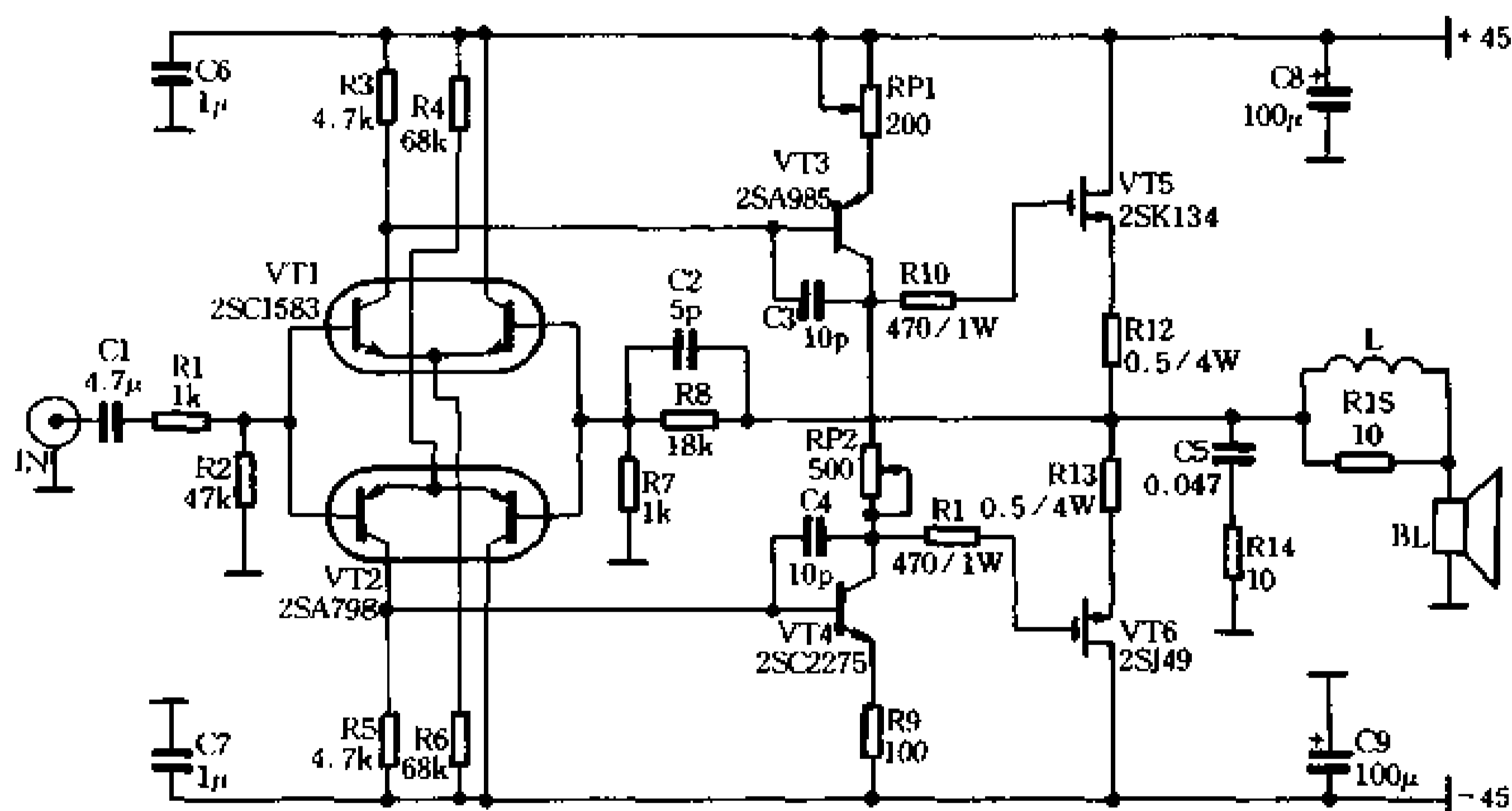


图 7-21

差分输入级采用一体化差分管2SC1583和2SA798，由放大后的信号经VT3、VT4直接送入功率放大管VT5、VT6。差分管的性能直接决定了整个功放电路的性能，所以本机使用对装差分管2SC1583和2SA798，以提高整机的稳定性，而取得良好的音质。2SK134、2SJ49可谓音响界中的“不老松”，此对管以音质温暖细腻而著称，并具有电子管的魅力。所以此对管在音响爱好者中颇有大众情人的味道，使用这对管子，也是为了保证本功放的音质动听。

电源电路如图7-22所示。由于本机以简洁为宗旨，所以原器件的质量就显得尤为重要。电阻用1/2W高质量的金

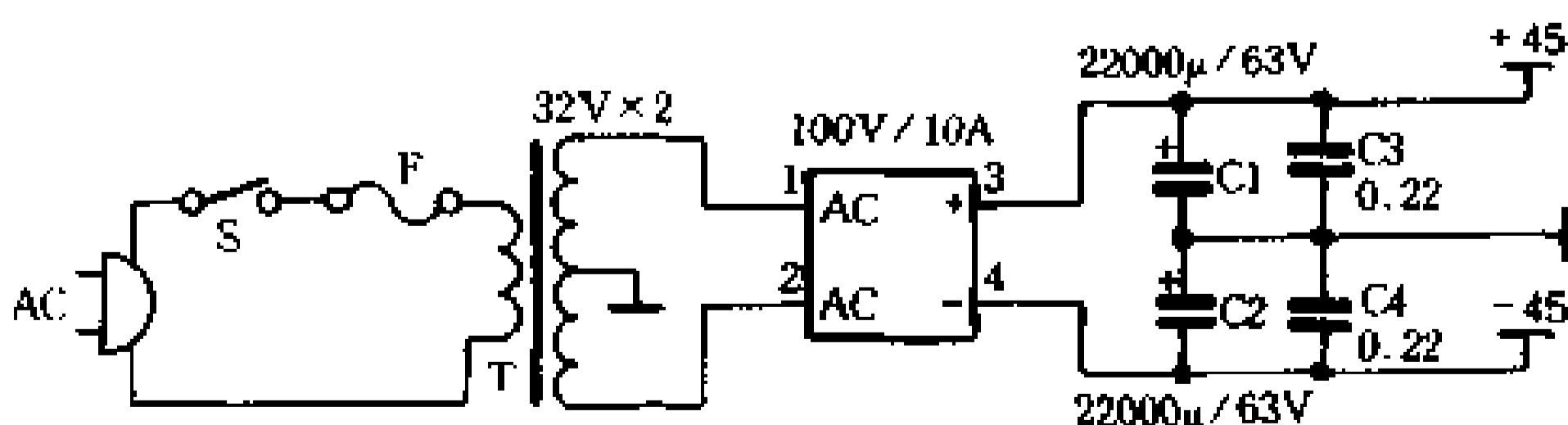


图 7-22

属膜电阻，电容使用进口 CBB 电容，所有晶体管要严格配对，配对误差要在 3% 以内。L 用 $\Phi 1.0\text{mm}$ 漆包线在 $\Phi 12\text{mm}$ 骨架上密绕 10 匝后脱胎而成。

电路调整非常简单，焊接无误后调整功放管的静态电流在 100mA 左右即可。如果电路中点电位无法控制在 30mV 以下，需要检查一下晶体管的配对误差。由于输出延时及保护电路其它刊物已刊登许多，本文不再赘述了。

本机的主要指标如下：

- (1) 频响范围：10Hz~100kHz \pm 3dB；
- (2) 失真度：0.05%；
- (3) 输出功率：60W。

11. 上下对称分别负反馈方式场效应管功放

目前，有很多“土炮族”都喜欢自己动手组装在烧圈里颇为流行的 ALA 功放，该功放的音质确是不错，可对于发烧初哥来说该电路未免太复杂了些，不易弄通其工作原理。甚至有些初哥只管按线路板上厂家已标好的元件位置来安装，无疑是照葫芦画瓢，却不知各部分元件的功能。鉴于此，现介绍一种上下对称、线路简洁、工作原理简单的功放。每声道仅用四对管子，造价低廉、调试简单，特别适合初哥制作。

【电路原理】

该功放采用上下对称分别负反馈方式，从输出端 R7、R8 分别上下交叉地反馈到前级 VT1 和 VT2 的发射极，由 R7、R5 和 C1 组成上部负反馈电路；而 R6、R8 和 C2 则组成下部负反馈电路。上下反馈独立，互不干扰。这种反馈方式完全与常见的上下对称的差动放大电路不同，常见的差动放大器其电源脉动噪声很容易混入前级晶体管的发射极，电路信噪比差。而本机却克服了这个缺点。R3、R4 分别与 C1 和 C2 组成脉冲滤波器，杜绝电源的脉动噪音窜入前级的发射极，进一步提高本机的信噪比，这是本机的独特之处。此外，R5、R6 还起到控制前级的电流负反馈作用，防止上下对称电路的增益过大，又起到抑制晶体管 nFE 偏差的自我调节功能。这是常见的差动放大电路不能达到的。电路原理如图 7-23 所示。

MOS-FET 输出级和激励级使用的是日立名管配对后的 2SK134/2SJ49、2SK214/2SJ77，接成倒置达林顿电路。其中激励级还可以进一步抑制因输出级 MOS-FET 内部电容引起的高频反向噪声电流。这两级的 MOS-FET 均没有使用源极电阻，但栅极必须使用电阻，目的是

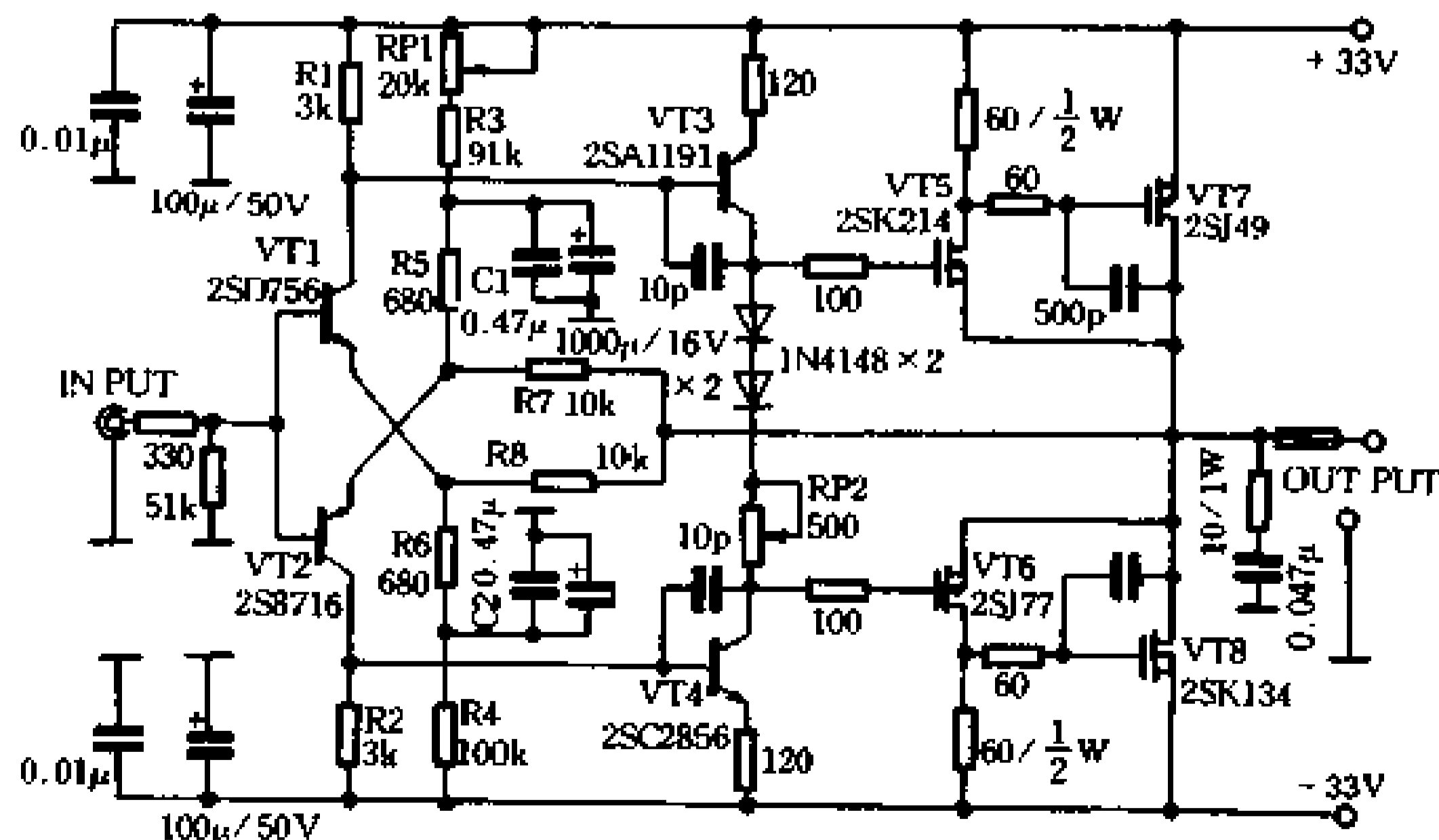


图 7-23

为了防止出现寄生振荡，输出级 2SK134/2SJ49 的栅漏极间的 500pF 电容最好选用镀银云母电容，该电容器是负反馈环路的一部分，同时也是高频噪声的通路，可防止频率为 500MHz 以上的高频振荡。2SK134/2SJ49 的栅极电阻应尽量靠近栅极，可直接焊在栅极脚上，以免产生自激振荡。

【电路调试】

(1) 将 RP1 和 RP2 调至中点，并将输入端短路。

(2) 接通电源，调整 RP1，使输出端的中点直流电位等于 0V。调节起作用就说明电路工作正常，否则说明电路有故障。

(3) 调整 RP2 使 2SK214/2SJ77 的漏极电阻的两端电压为 0.9V，此时 $I_o = 15\text{mA}$ 。由于 2、3 项的调整相互间有影响，所以应反复调整几次。

调整时应随时注意输出级 MOS-FET 的发热情况，如果出现热得烫手不能摸的程度，说明电路此时出现了自激振荡。电源的整流电路，本文采用了如图 7-24 所示的新型接法，其好处是电流各行其道，互扰减至最小。但连接时必须注意：

(1) ②和③端必须是异名端，以保全波整流；

(2) 与地连接的元件应严格按图 7-24 连接，即变压器的②、③端和扬声器地端必须接在同一点，这一点必须在正电源所有电容地端与负电源所有电容地端之间，以防电流流动复杂化。

【本机测试】

频率特性 -3dB 点约在 440kHz 处，有效功率在 8Ω 负荷时输出达 50W，频带很宽 0~350kHz 仍呈平坦特性，满功率时总谐波失真 ≤ 0.05 ，阻尼系数为 100。

这款线路虽然相当简单，但由于采用了上下对称分别负反馈方式，加之用料精良，工作稳定，音质十分理想。当试听以动态效果闻名的“斯特劳斯家族圆舞曲”时，强大的动态，起落有致，毫无拖泥带水的感觉。而试听柴可夫斯基的“1812”序曲时，其炮声气势磅礴，确令人瞠目结舌。

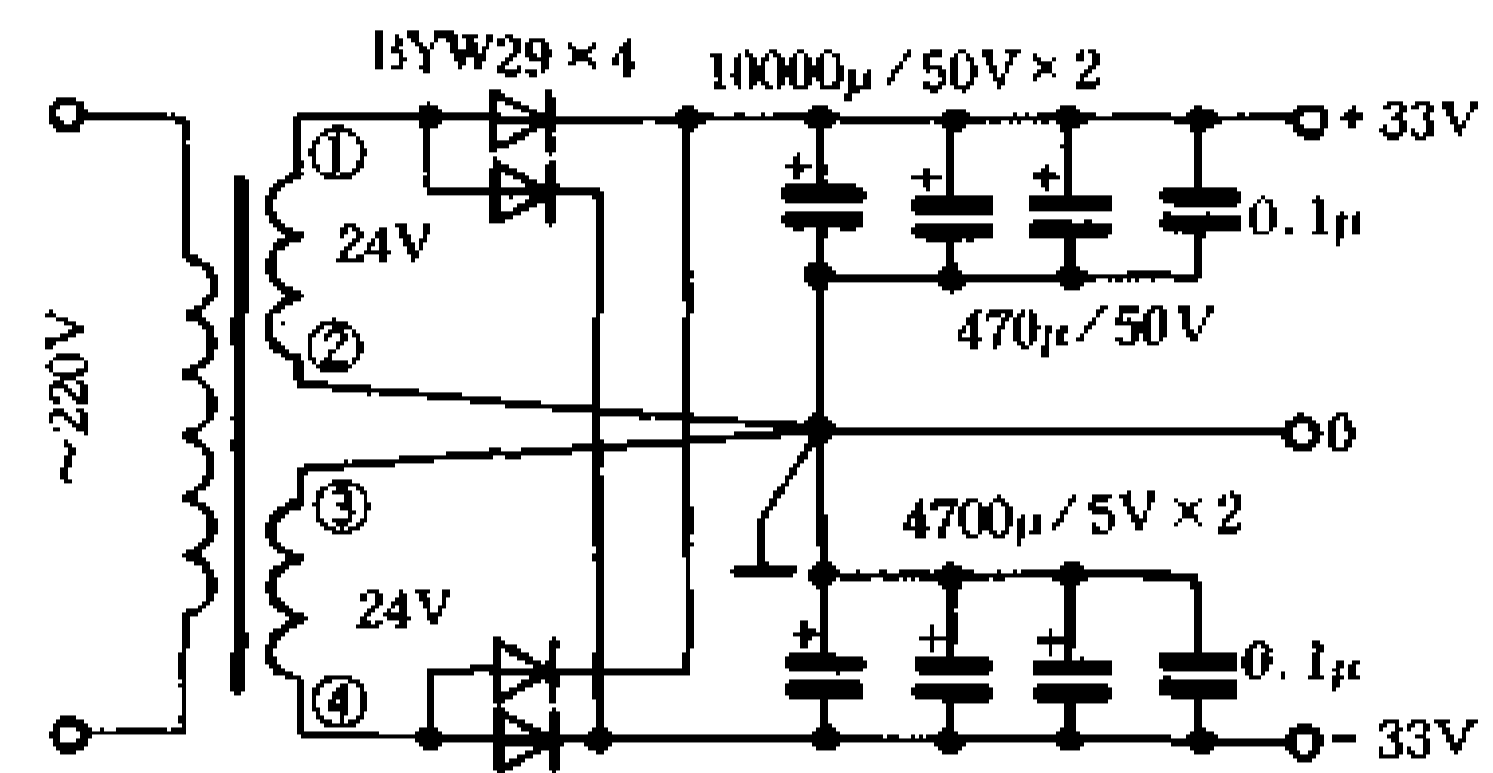


图 7-24

12. 纯直流场效应管功放电路

【电路原理】

这款场效应管功放，适合那些倾心于电子管音色，因而各种原因无法自制出靓声的胆后级发烧友。此款双极型场效应管功放与电子管的输出特性极为相似，频率特性好，音色与胆后级相近，再配上电子管前置放大则更为理想。SRPP 电子管前置放大电路，如图 7-25 所示。

其电路为并联调整式推挽电路，又可称为分流调整式推挽电路，原是由于高频输入级，如 VHF/UHF 的电子管高频头线路，而用于 AF 输入，无论失真度、线性度、放大率、动态和低输出阻抗均全面优胜于一般的甲类三极管放大器，且与许多其它电子管线路设计相反，SRPP 电路的失真率随着频率上升而减小。

此电路明明是两只电子管串联着的，怎么是并联调整式推挽电路呢？这是对交流工作而言，两只管子直流供电方式是串联着的，每只担负一半的电源电压。但对交流信号就不一样，上面管子的屏极是对地相通，输入取自下面管子的屏极，又由阴极输出（共屏电路），这样两

只管子就变成了并联工作了。因为电子管的栅极是工作在相对阴极为负的情况下,使得偏置电路也极为简单。此原理不能用于晶体管或运放电路中。

场效应管功放级电路原理:差分推动级原理如图 7-26 所示。差分输入级采用场效应管 NPD5565S,其参数为 $v_{DSS} = 55V$, $i_{DSS} = 6 \sim 15mA$,其输入特性非常好(高输入阻抗),如无 NPD5565S,也可用其它小功率 N 沟道管,耐压要求大于 100V, G_m 值配对,误差要小于 2%。

VR 既是源极负反馈电阻也是中点电位调零电阻。VT3、VT4 是镜像恒流源的特点是对直流电路近似通路,而对交流而言是开路,这样就能满足各管的直流工作点,又能使交流信号尽可能地传送到下一级,这对于推动级来说是最好的,又因不用传统的普通直流放大器的中点伺服电路,使得中点电位调零极方便、简单。VT5、VT6 为电压放大级,因本电路采用电流恒注式, R_4 决定 VT5、VT6 的工作电流大小,故调节 R_4 、使 VT5、VT6 的工作电流为 80mA,工作在甲类状态,一方面可以消除可怕的交越失真,另外可使它的负载能力加强。如果中点电位调到零点但不稳定(即中点飘移),这时可把 R_6 的阻值减少,采用 6.8k Ω 或 4.7k Ω ,但阻值不能小于 4.7k Ω ,而且 VT3~VT6 的散热面积要足够大。

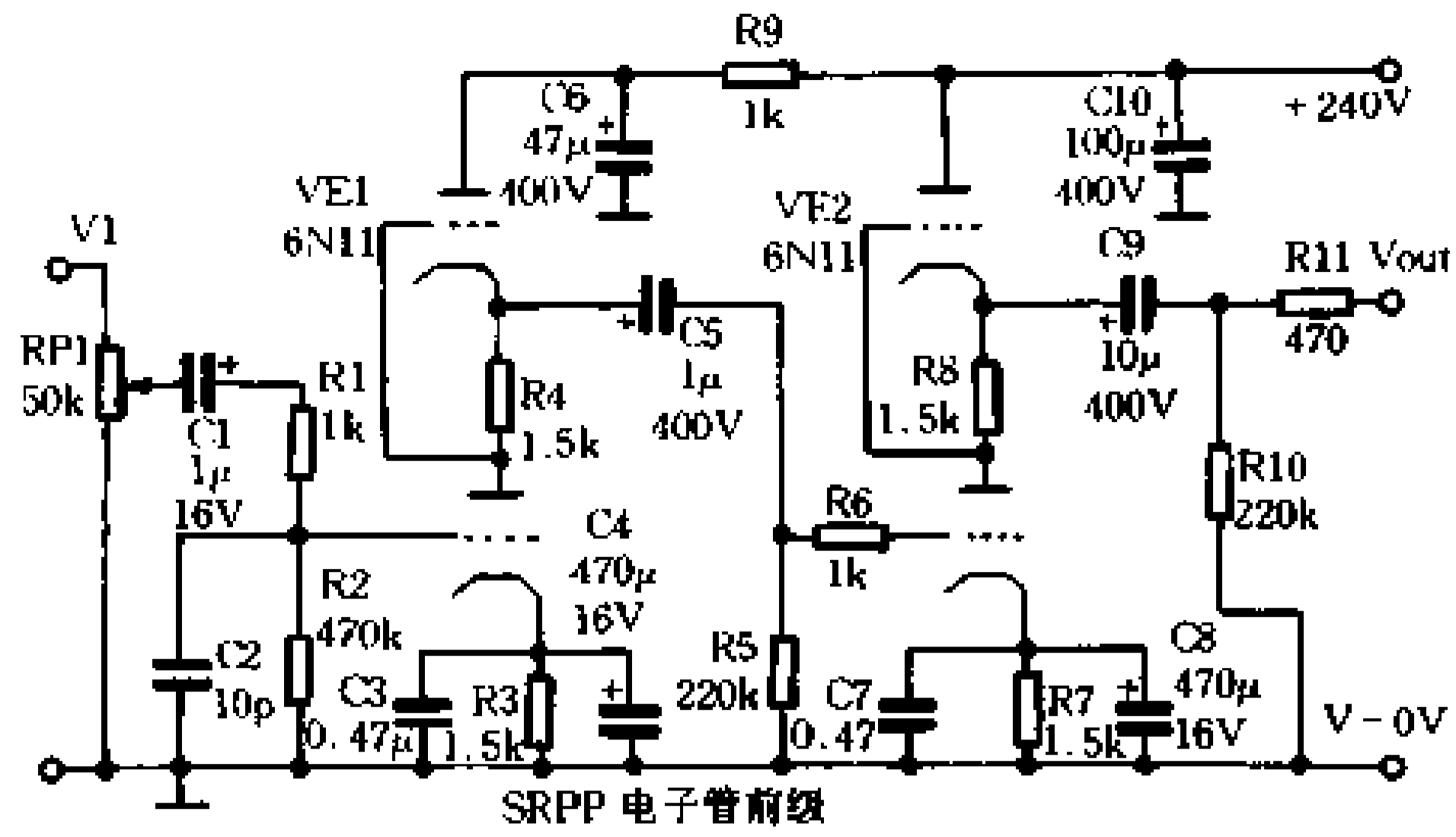


图 7-25

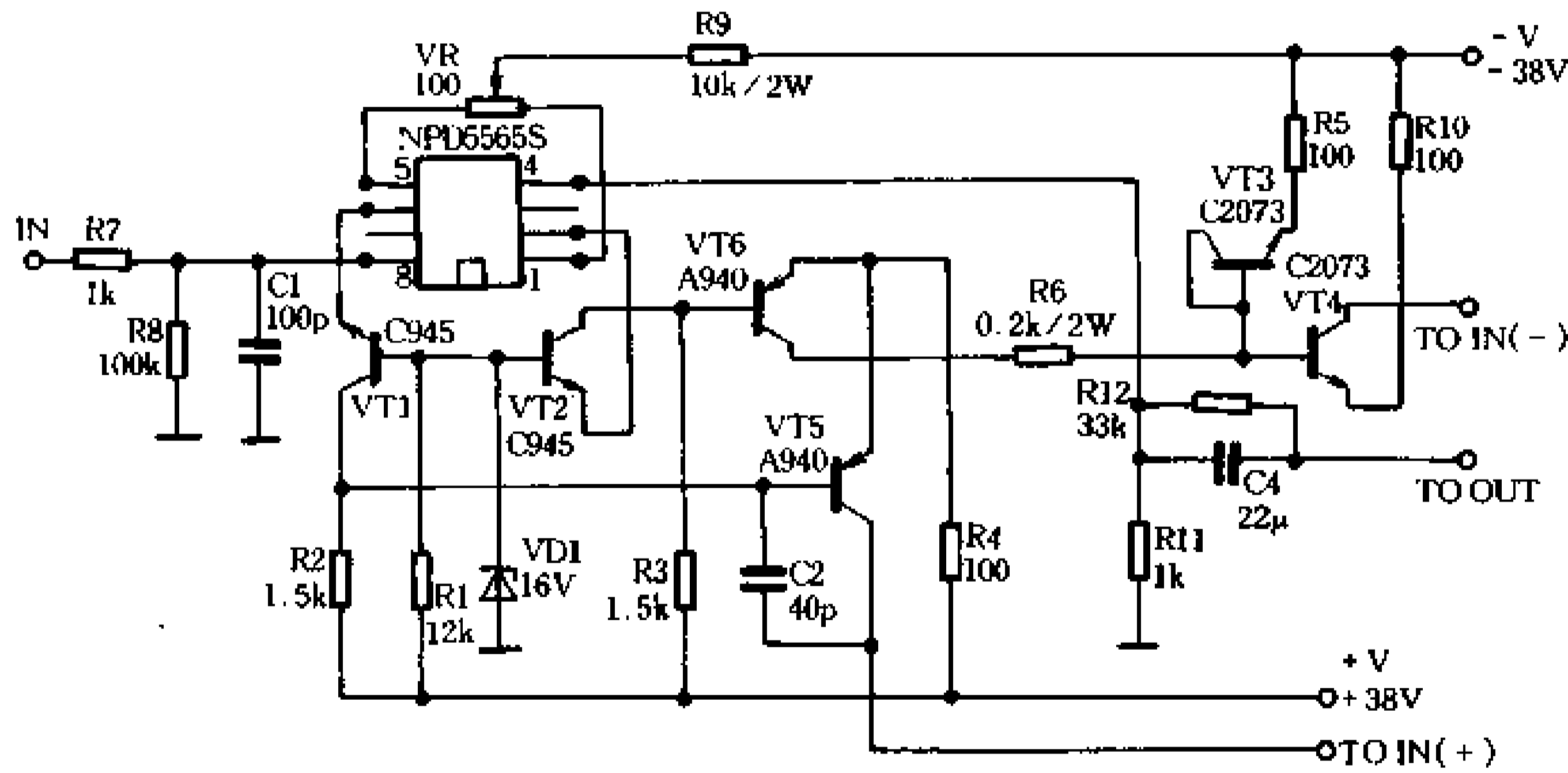


图 7-26

功放级原理如图 7-27 所示,推动级与后级之间的耦合取消传统的电容耦合方式,功率放大管采用双极型 FET 场效应管,此线路每声道为 4 对,并联使用,降低输出阻尼系数。此线路输出功率为 50W,欣赏大动态音乐足够。每声道为 4 对时,如果配对比较困难,可采用 2 对,配对误差要求在 3% 以内。各管要用云母绝缘,并涂上导热硅脂。各功率管的栅极电阻采用五色环 1/4W 的金属膜电阻。阻值越大,音色越“暖和”,经试验在 330 Ω 到 470 Ω 之间为最好。吸收回路中 C 与 R 的值不能太小,也可不要。

【元器件选择】

电源变压器采用 600W 环型变压器,如用 E 型变压器则更好,推动级与功放级及每声道

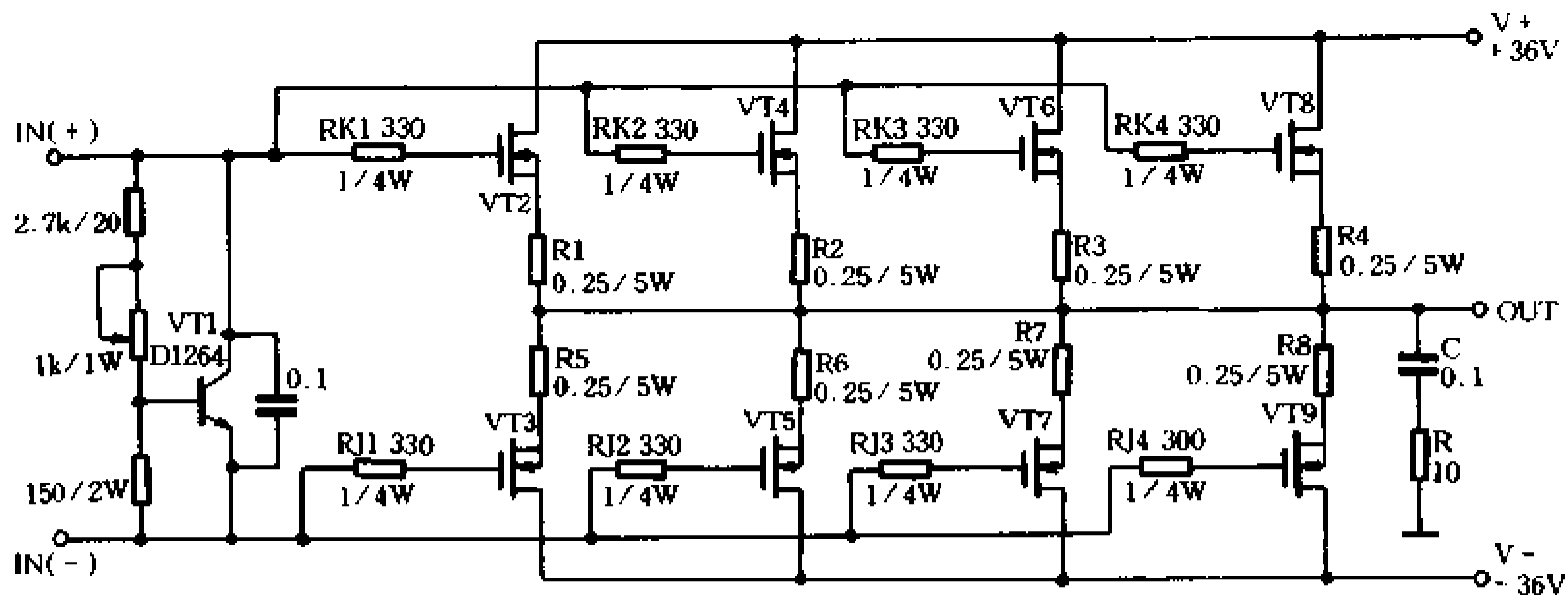


图 7-27

的电源要独立分开。整流桥采用高速桥并联使用。滤波电容采用德国 ROE 高速大容量电解电容。每声道的滤波电解电容总容量要大于 $33000\mu\text{F}$ ，容量越大低频越深。大电解电容上要并联小容量高速电解电容和聚丙烯电容。推动级电压要稍高于后级电压，推动级电源能采用何服电源则更好。

13. 自制高品质合并式功率放大器

面对市场上琳琅满目，但与自己腰包大小不成比例的各种烧级功放，自制一台“土炮”无疑是可取的。本文向音响爱好者介绍一款电路成熟且线路简单，适合自制的前后级功放电路，以飨读者。

【电路原理】

自制功放应着重考虑电路简洁明了，一是提高自作成功率；二是尽量降低成本；三是元器件寻购方便，不会因某一元件难购而影响整个电路的制作；四是在电路中摒弃音调调节电路，而采用直通方式，因为对于真正的发烧友，音调调节无疑是多余的，而能完美、原汁原味地再现音乐，才是最重要的。

功率放大器原理和所供给的电源原理如图 7-28、图 7-29 所示。本电路初看似乎有些复杂，其实分析一下，电路相当简洁明了。

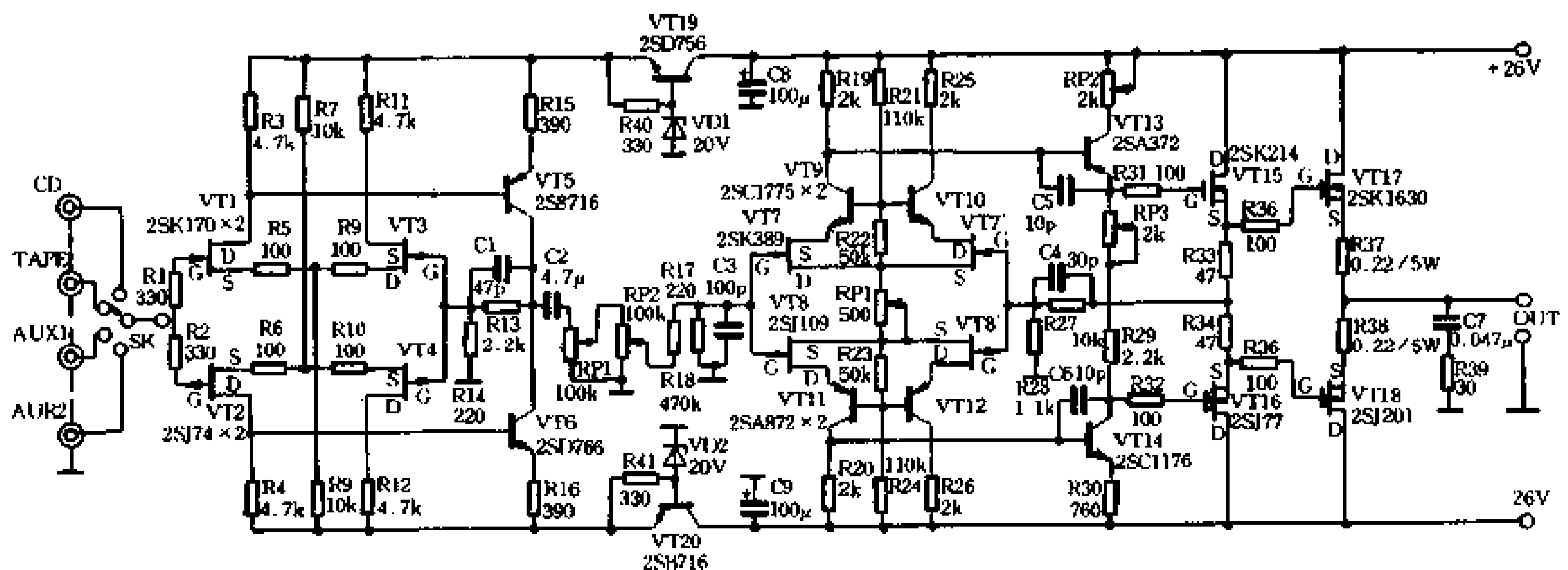


图 7-28

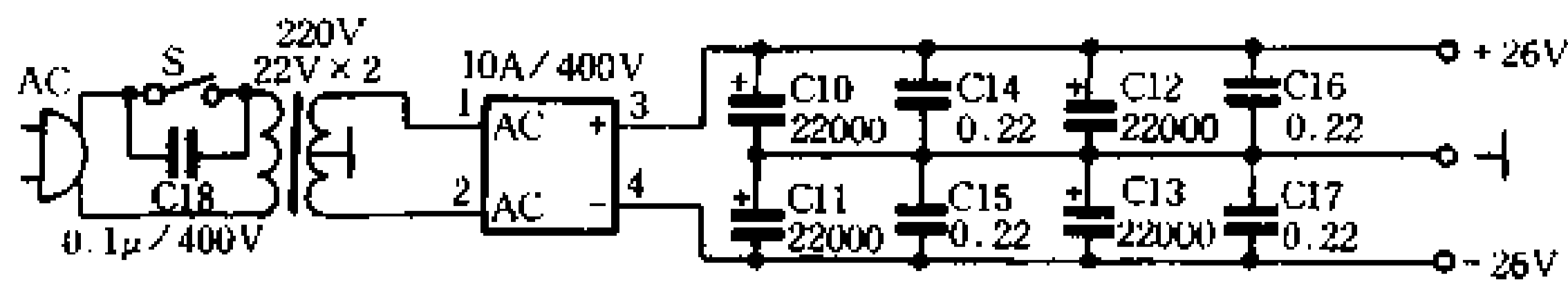


图 7-29

由图 7-28 可见, 本电路由场效应管十倍放大器和末级无反馈后级功放组成。场效应管功放的音质目前已得到了广大的音响爱好者认同并风靡一时, 所以本机前后级均选用场效应管电路, 以充分发挥整机温暖、细腻、清澈明亮的特点。

【元器件选择与调试】

主要元器件引脚如图 7-30 所示。优秀的电路与质量上乘的元器件是分不开的。电路中所有电阻为优质五色环电阻; 电容为 CBB 及进口银云母电容。如经济条件许可, 建议信号通道上的电阻使用英国 HOLCO 或美国 DALE 等烧级电阻, C2 使用法国 SOLEN 电容, 电位器使用 ALPS 产品。晶体管配对在邮购时厂家已配好, 一般无需自行配对。

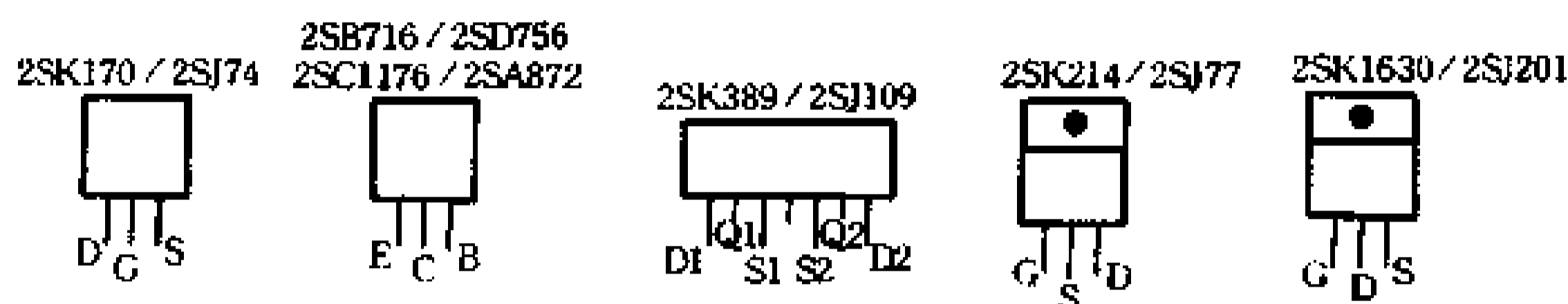


图 7-30

如果元件选用得当, 电路调整也比较容易。首先调整 RP2 使 R33、R34 中点对地为 0V, 如无法调零则元件配对误差大; 然后调整 RP2 使 R30 两端电压为 1.4V; 接着调整 RP3 使 R33 两端电压为 2.4V, 如此反复调整几次即告调整完毕。

本电路由于工作于甲类, 所以散热器要足够大, 原则上每个声道不要小于 20×10×5cm。所用印制板在敷铜面再逐一焊上铜线, 以保证大信号畅通无阻。此功放由于电路十分成熟, 所以较易制作成功, 且音质十分令人满意, 完全可以满足烧友挑剔之耳。

14. 键控音量耳机放大器

传统的电位器控制音量的方法不仅电位器体积大, 而且容易产生机械噪声。本文所介绍的放大器摒弃了传统的作法, 利用场效应管的压控变阻特性来控制音量, 杜绝了机械噪声的产生, 而且使面板简洁美观。

【电路原理】

现说明其中一路信号的音量控制原理, 另一路则完全相同。

电路如图 7-31 所示。音频信号经 C1 耦合至 V1 的漏极, 当按下音量增加键 S1 时, 电流经 R1 限流对 C1 充电, 使 V1 的栅极电位不断上升, V1 的漏源两极之间的电阻减小, 使 R3 两端的音频分压增大, 音量增大。反之当按下音量减小键 S2 时, C1 放电, V1

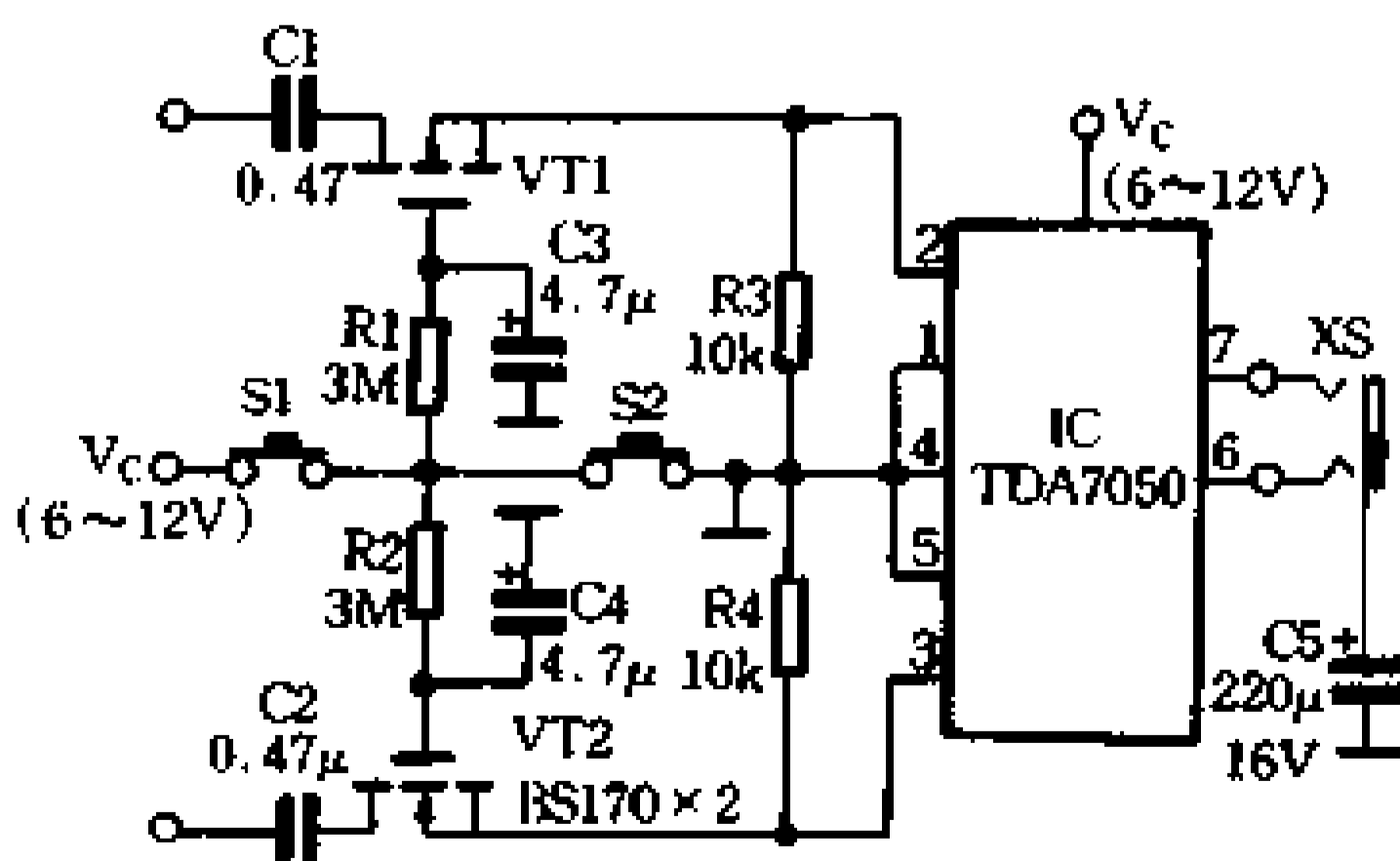


图 7-31

的栅极电位下降，V1 漏源两极之间的电阻增大，音量减小。本电路工作电压为直流 6~12V。

【元件选择与安装】

C1、C2 用 0.47 μ F 的无极性电容，耐压在 16V 以上。C3、C4 用 4.7 μ F/16V 的钽电解。C5 用 220 μ F/16V 超小体积电解。R1、R2 用 3M Ω 的金属膜电阻，R3、R4 用 10k Ω 的金属膜电阻。V1、V2 用小功率增强型 N 沟道 MOS 管，如 BS170、VND300 等。IC 为音频功率集成电路 TDA7050。S1、S2 为微型按键开关。

本电路不用调试，一装即成。

15. 300V/ μ s 超高速音频功放

大家知道，为了对音频信号进行高保真放大，音频功放的输出信号应能跟上音频输入信号的瞬时高速变化，即一台理想的音频功放应具有很高的转换速率(简称 SR)。然而，由于受设计思想、设计手段、元器件性能、生产成本等诸多因素的制约，在目前市售的许多 Hi-Fi 功放中，转换速率高于 100V/ μ s 的却不多见，大都只有每微秒几十伏或更低。设计师们普遍担心，提高转换速率会降低功放的其它性能，很可能招来得不偿失的后果，因而宁愿把转换速率设计得低一些也不愿去冒风险。这就是前面提到的设计思想的制约因素。

尽管如此，勇于探索的“敢吃螃蟹者”还是大有人在，他们将自己的研究成果陆续发表在电子刊物上，已引起音响设计师们的关注。季奥万尼·斯托其诺就是其中的作俑者之一，近三年来他一直在潜心研究高性能的高速功放，并且每年在 EW 杂志上发表一篇研究成果。1996 年，他设计的 100W/8 Ω MOSFET 功放采用了高速电压反馈，使线性转换速率达到 ± 170 V/ μ s，在额定输出功率下其 1kHz 和 20kHz 的总谐波失真度分别为 0.004% 和 0.045%。今年，斯托其诺在原有基础上更上一层楼，新近设计一款转换速率高达 300V/ μ s 的 100W/8 Ω 功放，其 1kHz 和 20kHz 下的额定功率失真度分别小于 0.002% 和 0.020%。它可能算得上是目前速度最高的大功率音频功放，其最宝贵之处不只是速度高，还在于这样高的速度是在不降低功放其它性能和耐用性的前提下实现的。限于篇幅，下面只简要介绍这款超高速音频功放的电路和某些设计要点，供读者参考。

【电路设计】

在设计本功放时，斯托其诺在计算机上用 Spice 仿真程序对两种电路模型进行了大量的仿真、比较和优化，最后得到的本功放电路如图 7-32 所示。接着，他对该电路的样机进行了验证测试，其结果与仿真结果基本相符，只是在 1kHz 以下因仿真数据接近或低于测试仪表的下限，二者才出现不一致。在 20kHz 下的不一致性则是由于样机电路的布局和元件失配而引起的，但二者的偏差实际上很小，故可以认为本功放的设计是成功的。

在图 7-32 所示电路中，晶体管 VT1~VT4 组成无变速式输入级，恒流源 VT23~VT26 为输入级提供偏流，恒流源 VT5~VT6 和 VT7~VT8 组成推挽输入级的集电极负载。信号经输入级放大后，送到由 VT9~VT10 和 VT11~VT12 组成的共射——共基中间级放大器，VT13、VDZ3、VDZ4、VT14、RB 有四只串联二极管 1N4148 HV 组成中间级的偏置电路。该级输出信号经驱动级 VT15~VT16 和 VT17~VT18 放大后直接驱动 MOSFET VT19~VT22 组成的输出级放大器。接在 VT15 和 VT17 基极之间的温度传感器 VT5 是由三只接成二极管的 2N5551 串联组成，它们装在输出级 MOSFET 的同一只散热器上起热反馈作用，并与 TL431、RP1 等组成驱动级和输出级的偏流稳定电路。全部二极管均使用 1N4148，只是串

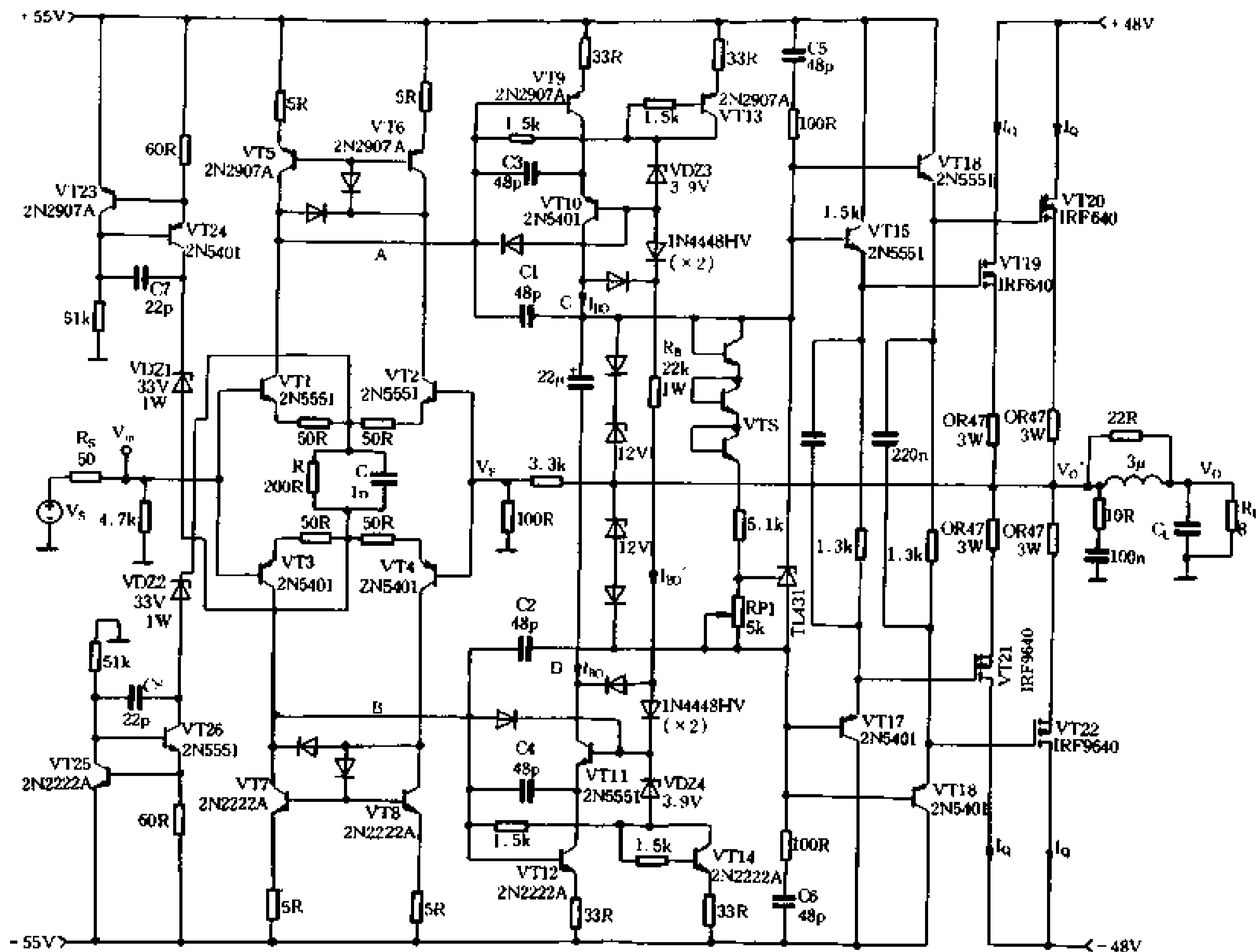


图 7-32

联在中间级偏置电路中的四只 1N4148HV 是从 1N4148 中挑选出来的反压大于 120V 的二极管。

为了提高本功放的效率，由未经稳压的 $\pm 48V$ 电源对 MOSFET 输出级单独供电，其电源退耦电容由一只 $1000\mu F$ 与二只 $100nF$ 电容器并联组成。其余电路由 $+55V$ 和 $-55V$ 稳压电源供电，其电源退耦电容由一只 $100\mu F$ 与一只 $100nF$ 电容并联组成(图 7-32 未画出电源退耦电容器)。

【设计要点】

(1) 输入级设计成甲、乙类放大，使它通过图 7-32 中的 A、B 点以正确的相位为中间级提供足够的推挽电流，以免中间级的上、下两部分共射——共基放大器同时导通。这对于高速功放尤其重要，因为在输入信号出现大幅度的快速跳变时，反馈环路会强迫中间级提供很大的峰值电流。如果出现上述同时导通，中间级晶体管就可能超出其安全工作区而被烧坏。

(2) 中间级必须具有较大的电流增益，才能为后级提供瞬时驱动所需的峰值电流。为此，本设计对 VT10 和 VT11 采用了共基极放大器组态，其好处有二：一是允许 VT9 和 VT12 使用低压、大电流的晶体管，有利于提高中间级的增益和峰值电流；二是有利于改善放大器的线性。

(3) 中间级和输出级的偏置必须保持稳定。为此，由 VT13、齐纳二极管 VD23 和两只串联二极管 1N4448HV 的正向压降为中间级的上半部分提供偏压(下半部分偏置原理与此相

同), 并由电阻 R_B 来设定中间级的偏流 I_{B0} , 即

$$I_{B0} \approx I'_{B0} = (V_{CC} + V_{EE} - 2V_Z - 2V_{BE(ON)}) / R_B$$

按图 7-32 标注的元件数值, I_{B0} 约为 6mA。

对于输出级则采用 TL431、VTS、RP1 等组成的分流式调压器电路来保持偏置的稳定性。温度传感器 VTS 对 I_{B0} 的变化并不敏感。因为常温下其电流 I_{TS} 因 TL431 内部 2.5V 基准电压的作用而保持恒定。当输出管温度升高时, 装在同一散热器上的 VTS 即以每只晶体管 $-2\text{mV}/\text{C}$ 的压降随之变化, 三只晶体管串联压降的总变化量 $\Delta V_{TS}/\Delta T = -6\text{mV}/\text{C}$ 。正好补偿了输出管静态电流 I_Q 的变化。当本功放在静态下经过一段时间预热之后, 调节 PR1 使每只 MOSFET 的 I_Q 达到 120mA。在本功放工作期间, 测量 I_Q 的变化量应小于 20%。

(4) 转换速率的估算

先计算节点 A 和 B 的最大转换速率。该节点的最大电流 $I_{A(\max)}$ 取决于放大器所能输入的最大安全电压 V_{\max} , 即

$$I_{A(\max)} = \frac{V_{(\max)} - 2V_{be(on)}}{2R_c + R} = \frac{V_{EBO} - V_{be(on)}}{2R_c + R}$$

按图 7-32 标注的元件数值和有源器件型号, 算得 $I_{A(\max)}$ 约为 18mA。由于节点 A、B 的电容量约为 50pF, 故 C1 和 C2 两端的最大转换速率是 $SR_{A,B} = 360\text{V}/\mu\text{s}$ 。电容器 C3 和 C4 在这里不起主要作用, 因为它们两端的电压被限制到只有几伏。

再计算中间级输出端(即节点 C、D)的转换速率。该点电流约为 80mA, 包括输出管反射电容在内的总节点电容小于 230pF, 因此驱动级输入端的转换速率将大于 $350\text{V}/\mu\text{s}$, 即 $SR_{CD(\min)} = 350\text{V}/\mu\text{s}$ 。

(5) 偏流的估算

必须指出, 只有偏流 I_{B0} 大到足以按同一速率对 VT10 和 VT11 的基极——集电极电容 C_{bc} 进行充电和放电, 本功放才能维持很高的转换速率。VT10 和 VT11 的 C_{bc} 约为 $5\sim 8\text{pF}$, 而 $SR_{CD(\min)} = 350\text{V}/\mu\text{s}$, 故 I_{B0} 应满足下式:

$$I_{B0} \geq SR_{CD(\min)} \times C_{bc} = 2.8\text{mA}$$

如果把寄生参数和基极驱动的需要考虑进去, 则推荐的安全余量是

$$I_{B(\text{peak})} / \beta_{(\min)} = 80\text{mA} / 30 = 2.7\text{mA}$$

由于输出管栅极驱动的需要, 最小输出转换速率 $SR_{(\min)}$ 将稍低于 $SR_{CD(\min)}$ 。上述理论计算与表 7-1 的仿真和测试结果是一致的。

表 7-1

项 目	Spice 仿真	测量结果
输入失调电压	--	1.6mV
转换速率*, C=0pF	+336/-297V/ μs	+310/-360V/ μs
转换速率*, C=1nF	+360/-304/ μs	+360/-370V/ μs
输出噪声, BW=80kHz	31 μV (rms)	39 μV (rms)

注: * 表示输入 $\pm 6\text{V}$ 峰值脉冲

(6) 输入级交叉耦合元件的考虑

本设计在输入级上、下两部分的耦合电阻 R 两端增加了一只 1nF 的交叉耦合电容器 C ，目的是对应于预期的最大输入信号瞬变，来提高输入级的动态跨导并增大所提供的峰值电流。例如，当输入信号的瞬变峰值 $V_{\text{in(peak)}}$ 为 3V 时，输入级提供的峰值电流 $I_{\text{A(peak)}}$ 是：

$$I_{\text{A(peak)}} = [V_{\text{in(peak)}} - 2V_{\text{bc(on)}}] / 2R_c \leq 18\text{mA}$$

在放大器的线性动态范围内，这将导致输入信号的速率稍有增加，并使已经很小的残留动态互调失真得以进一步减小。

交叉耦合电容器 C 需要小心对待。在大信号条件下，输入级晶体管 $\text{VT1} \sim \text{VT4}$ 对于电压差 $V_{\text{IN}} - V_{\text{F}}$ 实际上起着全波整流的作用，因此流过 C 的两端建立起动态电荷。当 $V_{\text{IN}} - V_{\text{F}}$ 差值较大时，该电荷将严重影响放大器的高频和瞬态性能。它使输入级产生不需要的偏压和增益调制，从而增加高频总谐波失真和互调失真。这种影响从下述事实也可以明显看出，即在偶然出现的瞬变过程中， C 的确有助于提高放大器的线性和速度，但却无助于改善线性功率带宽和动态互调失真。

为了减小上述副作用， C 应选用容量较小的电容器。由于它对电路性能的影响与信号的幅度和频率都有关，所以很难给 C 确定一个正确的数值。但在许多应用中，下面的经验公式已证明是有效的，即

$$C \leq 1/10(2\pi R f_M)$$

其中， f_M 是输入信号的最高频率，即音频信号的上限频率 20kHz 。上式意味着，在放大器的大信号频率响应中， R 与 C 并联引起的零点应远高于音频信号的频率范围。由于上述经验公式是不等式，故 C 应小于 3.9nF 。本设计取为 1nF ，实际上测不出它对失真性能产生的影响。

【测试结果】

如图 7-33 是放大器转换速率的测试电路。当 $V_O \geq V_{\text{SR}}$ 时，放大器的最大转换速率 SR 可由下式算出：

$$\begin{aligned} \text{SR} &= V_{\text{SR(max)}} C_{\text{SR}} / R_{\text{P}} \\ &= 100 \times V_{\text{SR(max)}} \quad (\text{V}/\mu\text{s}) \end{aligned}$$

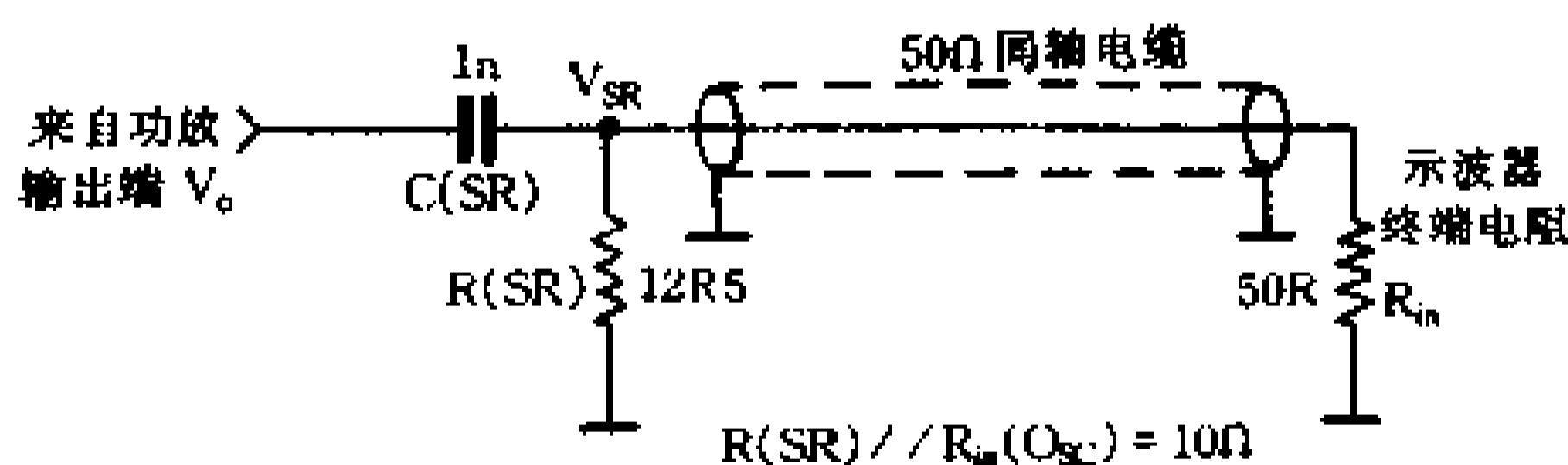


图 7-33

其中， $R_{\text{P}} = R_{\text{SR}} // R_{\text{IN(osc)}} = 12.5 // 50\Omega = 10\Omega$ ，示波器的带宽应大于 200MHz 。

表 7-1 给出本功放转换速率的 Spice 仿真结果和实测结果，测试条件是信号源电阻 $R_s = 50\Omega$ 、负载电阻 $R_L = 8\Omega$ 、静态电流 $I_Q = 120\text{mA}$ 。从中可以看出，Spice 仿真与实测结果基本一致，输入级交叉耦合电容 C 取为 1nF 时的转换速率高于 $C = 0.1\text{nF}$ 的转换速率。

表 7-2 给出本功放总谐波失真率的 Spice 仿真结果和实测结果。测试条件是 $R_s = 50\Omega$ 、 $I_Q = 120\text{mA}$ 、带宽为 80kHz 。从中可以看出，Spice 仿真和实测的总谐波失真率都很小， 1kHz 下测量的总谐波失真率主要受仪表测量下限的限制，所以当负载阻抗减小到 4Ω 时测得失真率与 8Ω 时基本相同（所用仪表测量 THD+噪声的下限分别是： 1kHz 时 0.002% ； 20kHz 时 0.003% ）。

表 7-2

输出电压 V_{out} (V_{p-p})	Spice 仿真		测量结果			
	8Ω 负载		8Ω 负载 *		4Ω 负载 *	
	1kHz	20kHz	1kHz	20kHz	1kHz	20kHz
5	0.00010%	0.0040%	0.0031%	0.005%	0.0035%	0.007%
10	0.00025%	0.0140%	0.0024%	0.008%	0.0029%	0.010%
20	0.00070%	0.00190%	0.0020%	0.011%	0.0023%	0.013%
40	0.00060%	0.0145%	0.0023%	0.015%	0.0023%	0.018%
80	0.00060%	0.0110%	0.0021%	0.018%	0.0023%	0.026%

注：* 仪表测量极限 (THD+噪声)；1kHz 为 0.002%；20kHz 为 0.003%

由于 C3~C8 对电路寄生参数起到补偿作用，所以本功放具有很宽的频率响应和非常清晰的阶跃响应。图 7-34 是仿真的幅频响应，其中 $V_o(a)$ 是负载由 8Ω 电阻与 0.5μF 电容并联组成时的频响曲线， $V_o(b)$ 则是负载由 8Ω 与 0.05μF 组成时的频响曲线，测量的频率范围是 1Hz~100MHz。

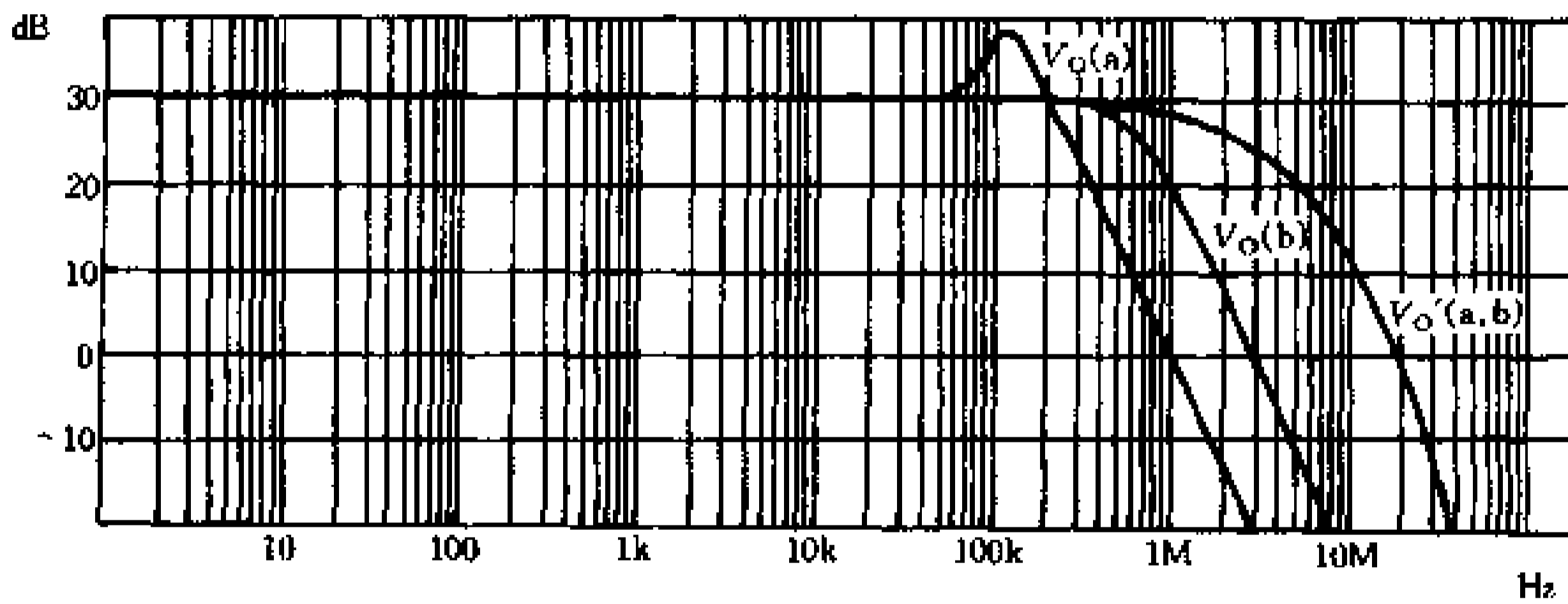


图 7-34

图 7-35 和图 7-36 分别是本功放在负载为 8Ω/0.005μF 和 8Ω/0.5μF 时仿真的电压阶跃响应。二者的其余测试条件相同，输入信号频率都是 10kHz，输入电压 $V_o=20V_{p-p}$ 。图 7-36 输出波形出现的振铃是由于负载并联电容增大到 0.5μF 所致，在实际应用中很少出现这种情况。

综上所述，本功放具有很高的性能，达到了兼顾超高速、低失真和安全性的设计目标，值

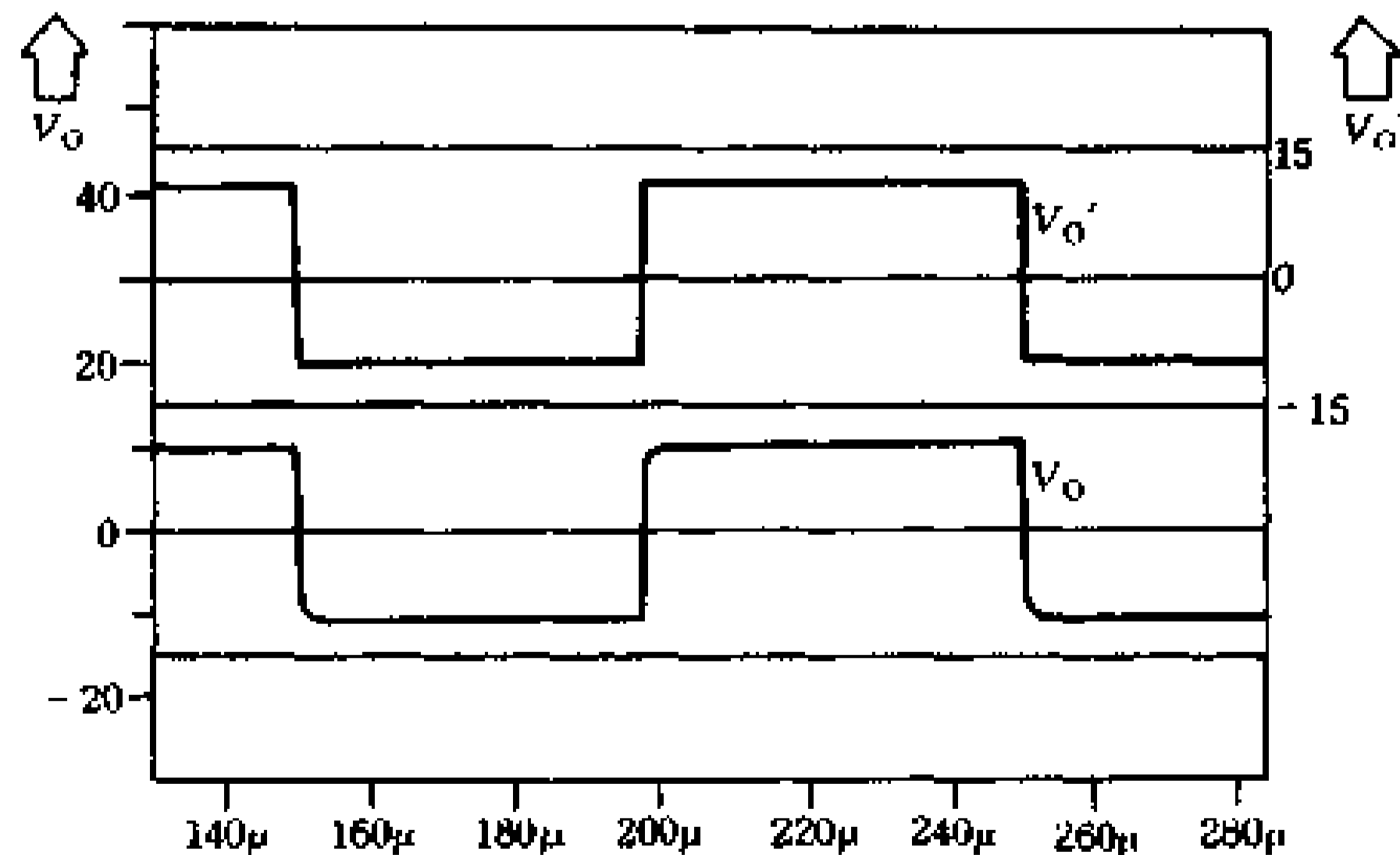


图 7-35

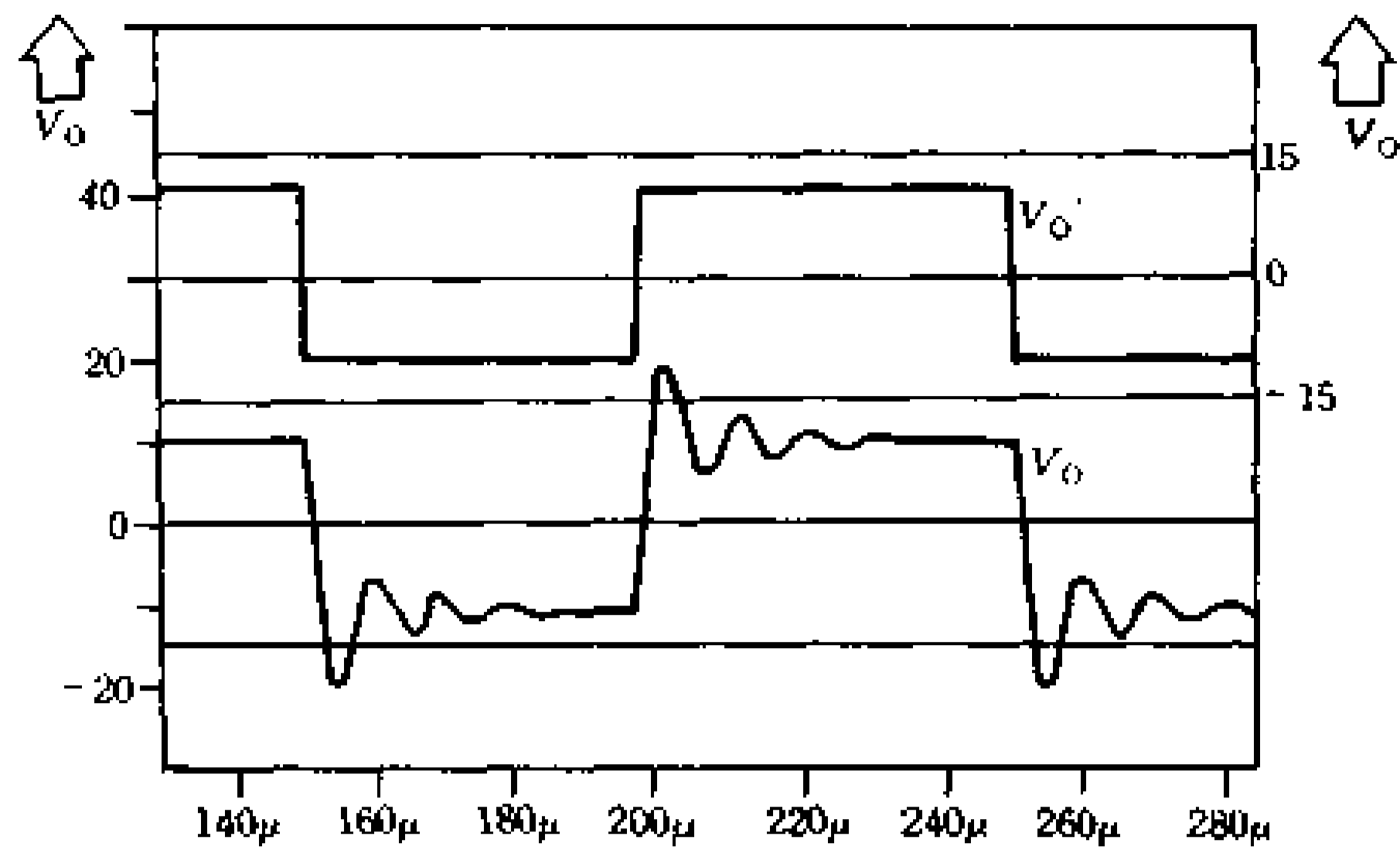


图 7-36

得爱好者和专业设计人员借鉴参考。

16. Powon-HE328 Hi-Fi 功率放大器的安装与调试

【电路原理】

Powon-HE328 50W × 2 甲类对地推挽功率放大器，是参考美国的 Harman/Kardon PS2200 功放器的对地推挽原理改进而成的。

电路原理如图 7-37 所示。图中 VT1、VT2 是平衡互补差分放大器，VT3、VT4 是为克服 VT1、VT2 场效应管的电压特性而设计的渥尔曼(源地-基地)电路，使第一级有良好的频率特性。VT7~VT10 是差分电路的密勒恒流供电电路，使该级的共模抑制比特高，VT11、VT14 组成对地推挽电路(渥尔曼电路)，这是级间电压转换电路，对电源噪声和数字噪声有良好的抑制作用，其中，VT11、VT13 是电流自举管，两管作用在于克服 C_{ob} 对电路带来的影响，可再减小 40dB 左右的失真率。VT15、VT16 为电流放大的驱动电路，末级功放是并联型射极输出电路。电路中采用的是无大环路负反馈的准直流负反馈电路，从而消除了由于扬声器反向电动势对前级的干扰。VT23~VT28 是“洼田式”高速稳压电源，VT29~VT33 及 VT22 为中点延时及电源保护电路。

【元器件选择与安装】

整机增益主要由第一级决定，应当选用 g_m 大于 $10m\Omega$ 以上的低结电容 C_{rss} 的场效应管。这里用 2SK389/2SJ109，VT3~VT10 也应采用噪音小 f_T 特性高的管子，本机选用了 2SC2240/2SA970。特别指出，VT11、VT13 电流自举管应选用饱和压降小、 H_{FE} 大的品种，一般用高耐压、低 C_{ob} 的管子，饱和电压大的不可选用，本机选用了 2SC1815/2SA1145， $H_{FE} > 200$ 的管子最为理想。VT12、VT14 选用 2SC2705/2SA1145，VT15、VT16 使用 2SK214/2SJ77，末级功放管选用东芝的 2SK1529/2SJ200，2SK405/2SJ115、2SK400/2SJ114 等都可直接代用。电路中所有微调电阻应选用优质微调电阻，除标明功率外的电阻均为 1/4W 五色环金属膜电阻。

整个功率放大器设计有 5 块印制电路板，电流放大部分为一块。电压放大及电压级的稳定整流为一块。大功率电源及保护电路为一块，此块上安装两个声道的电路，但在电路走线上不相连，设计时已考虑分布电容及接地的影响。另外还有一块是电源进线滤波器板(可不用)，机壳部分为外露式散热机壳，有利于甲类功放的散热。电路板采用 CAD 设计，电路板

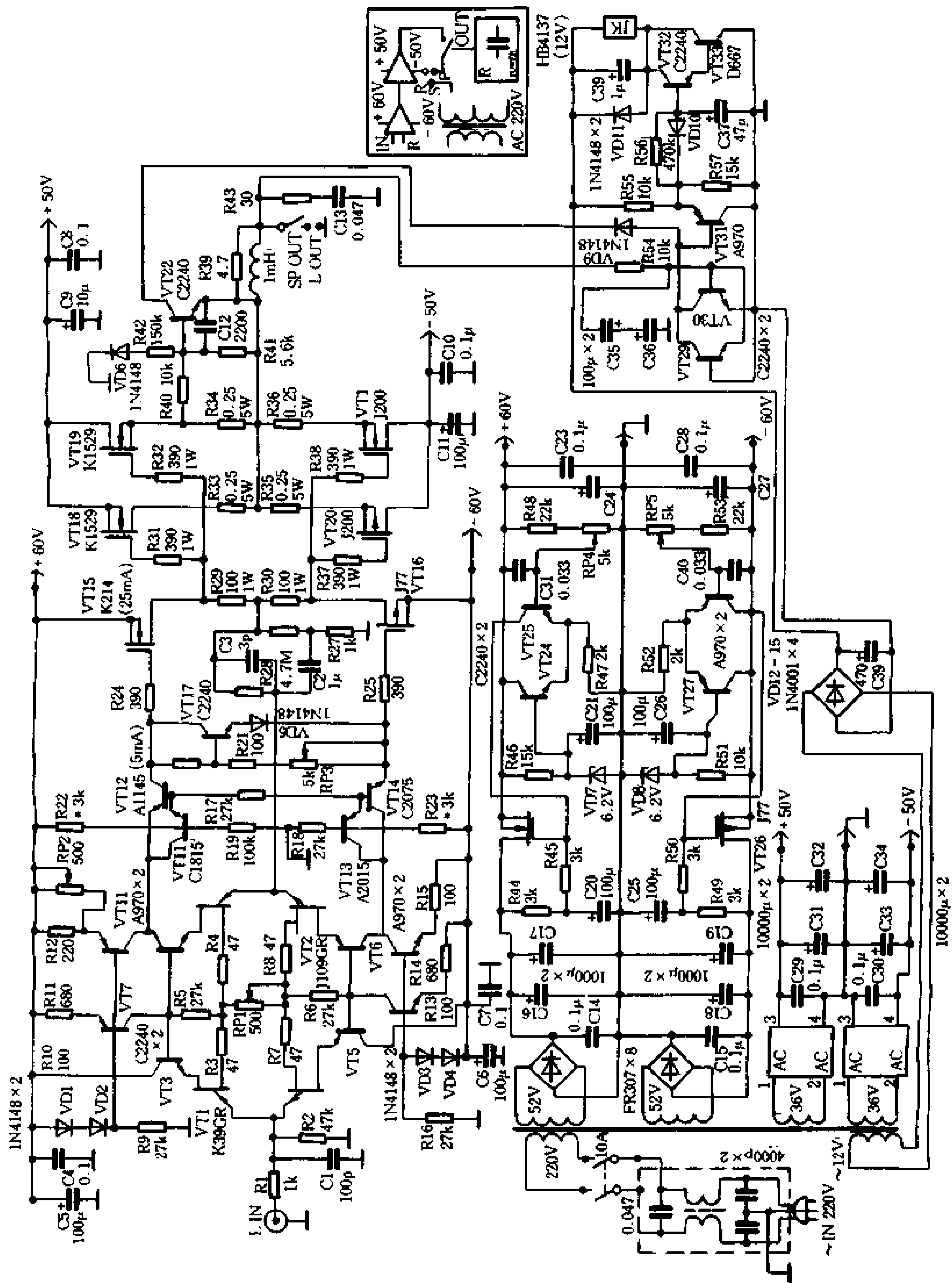


图 7-37

上注明了元件的取值，安装元件时对号入座，所有选管应遵循配对原则，所有微调电阻先置中间位置。

元件安装完毕后，进行机械安装。所有元器件检查无误后，将电流放大板装在散热器上，垫上绝缘片及涂上适量的导热硅脂。电流板的电路走线是向上的，这有利于安装和调试。

安装顺序是：先装好功率管和散热器，等调整好电压板及工作点后再固定在电流板的上面，两板不能相碰，滤波及保护板装在机内的后方位位置，两个电源变压器在前方的位置。整机的电路连线均采用接插件连线。

(1) 电源检查：看±50V到±60V的稳压电源是否正常，调RP4、RP5使电压为±60V，调好后再接通电路板上的±60V两个断线点便可进行电压放大的调试。

(2) 中点的调节：接通±60V的电源后，看R29、R30两个电阻中间位置的中点是否为零，调RP2使中点为零。

(3) 电流调节：调RP3应能使R29、R30两端的电压在3~8V内变化，先调在最小位置，调节RP1使R34的电阻上的压降为120mV左右。

(4) 末级的连接：将末级接上±50V电源，调节RP3使0.25Ω电阻上的压降为97mV左右，再微调RP2使扬声器中点为0V。通电几小时后再作以上调试，直到稳定为止。

(5) 在组装中如发现自激，可在VT16、VT15、VT18~VT21的G、D极间并联10~56pF的电容，或增大栅极电阻，电阻的取值在510Ω以下，不能过大以免产生积分效应，影响高频响应。

(6) 电流放大部分未标注元件值的和标注元件值的一样，是为发烧友增管而设的。如条件允许，可加装留位的管子，增加线性以期达到更完美的效果。

(7) 保护电路的调试：通电后3秒左右应能听到“咔”的一声继电器的接合声，用万用表的R×1欧挡碰保护电路输入点继电器应立即断开。

各工作点的电流为：输入级的场效应管 I_{DSS} 为7~8mA，漏流为3mA。VT11、VT14为5mA。VT18~VT21每管电流为0.5A左右。

本机的测试参数为：

- (1) 输出功率：2×50W(8Ω,不失真功率)；
- (2) 频响：5Hz~500kHz；
- (3) 失真率：0.001%；
- (4) 转换速率：300V/μs；
- (5) 信噪比：105dB。

17. 仿制 AURA-VA50 功放

AURA 是英国著名的 B&W 旗帜下的一家小公司，主要产品以合并式扩音机为主，近年来也开始生产 VCD 机，调试器以及成品音箱。由于 B&W 本身是生产成品音箱的大厂商，故在其阴影下，估计 AURA 成品音箱的发展空间十分有限。不过 AURA 的主导产品——合并式扩音机以其制作精良，表现出色而享誉世界。

AURA 进入中国市场时间较短，是国内音响市场上的一个新品牌。由于其表现出色，尤其是动态特性极好，很快成为国内发烧友的新宠，与“雅俊”(ARCAM)、“朗泉”(CREEK)共同组成英国声的“三剑客”。目前国内市场上常见的 AURA 产品有 VA80SE、

VA100 等合并式扩音机。

VA50 是 AURA 公司的成名作，大约从 1989 年开始生产（从这点可以看出 AURA 公司的历史很短）。该机一经推出便引起全世界发烧友的关注，而由此确定的风格在 AURA 公司以后生产的 VA 系列放大器中一直得到保留。从外观上很难看出现在的 VA80SE、VA100 与早期的 VA50 之间的区别。

VA50 的最大特点是简洁（符合“简洁至上”的发烧原则），这一点不仅表现在其外形上，而且也表现在其内部电路上，其电路最具特点的地方就是高放大倍数功率放大器，由于放大倍数高达 100 倍（40dB），以至可以省去前置放大器，因而其内部实际上就是一台一步到位的功率放大器。另外为了兼顾那些 LP 爱好者，其内部还设立了一个以 NE5532 为核心的 RIAA 均衡放大器。不过对于国内绝大多数发烧友来说，恐怕很难使用这个功能。

AURA 的主放大电路如图 7-38 所示，该电路事实上与八达 DC-211B 十分相似，由于输出采用了 MOSFET，故可省去功率推动级，使整机电路更为简洁。整个放大器原电路除了末级采用日立场效应功率对管外，其余元件均用料一般。由于电路十分简洁，因而仿制起来十分方便容易。为了节省成本，仿制时省略了对国内大多数发烧友来说已很难用到的 RIAA 功能。根据多年经验，将输入级（VT1、VT2）改用东芝输入孪生对管 2SA1349，两只恒流管（VT3、VT4）改用东芝的 2SA970，电压放大级（VT5）改用日立著名的小功率发烧管 2SC2856（该管通常与 2SA1191 配对使用，在工作电流不大于 10mA 时具有极好的线性）；另外电解电容最好采用日本 ELNA 的 SILMIC 电容，而小电容量电容则采用松下五色环无感电容。经过这样一番调整，可使整体效果更上一层楼。

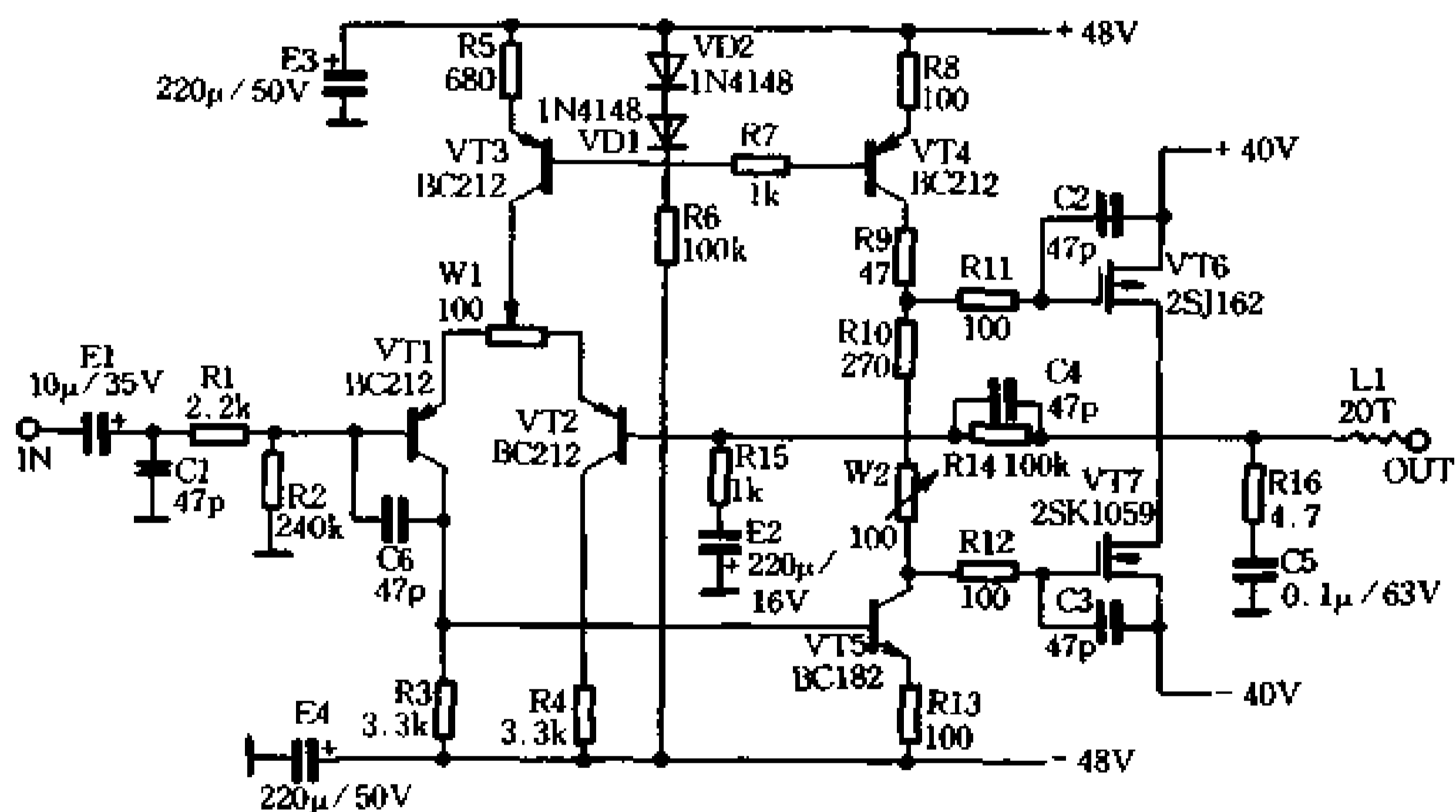


图 7-38

八、高频功率放大器

1. 30~500kHz 功率放大器

本功率放大器包括 6 级 B 类放大器，将话音信号提升至发信所需的电平值，为单频或多频键控信号提供 20W 峰值包络功率。

技术数据如下：

- (1) 输入阻抗：150 Ω ；
- (2) 滤波器带宽：5kHz(10.9 Ω)；
- (3) 滤波器带宽：8kHz(17.4 Ω)；
- (4) 功率增益：54dB；
- (5) 单音和多音键控信号输出功率：10~20W；
- (6) 频率范围：30~500kHz。

【电路原理】

功率放大器由下列电路组成：

- (1) 输入级：N1、V2、V3、V4、V6；
- (2) 驱动级：VT7、VT9；
- (3) 输出级：V11、V12；
- (4) 限幅级：N2(6)、V13、V3(8)、V14、V3(6)；
- (5) 发送监视器：N4(6)、N5(8)、N5(6)、V15。

电路原理图如图 8-1 所示。

(1) 输入级：输入信号 U_i 经运算放大器 N1 和晶体管 V2、V4、V6 放大达到 V7、V9 驱动级所需要的电平。R3、R2 是 N1 的负反馈电阻，晶体管 V2、V3 的电源由晶体管 V1 滤波、稳压后提供。改变 R3 的阻值，可以调整输出功率的大小(输出功率为 20W 时 R3 的值为 2.3k；10W 时 R3 的值为 1.6k)。

(2) 驱动级：互补晶体管 V7、V9 将输入信号反相，驱动输出级。

(3) 输出级：输出级由晶体管 V11、V12 组成，输出电流在电阻 R31 上的电压降和输出电压一起，通过电阻 R19、R22 分压，加在输入放大器上(V3)形成电流负反馈及电压负反馈。

驱动级和输出级晶体管的偏置电压由晶体管(V5)产生，电位器 R103 用于调节静态工作点。

可在测试孔 XP1 测出晶体管 V12 发射极电阻上的电压降，以确定输出级的静态电流。

(4) 限幅器：高压电网中的开关操作可能改变高压线路的阻抗，反过来影响与线路匹配的功率放大器的输出电流和输出电压。

为了防止放大器满载输出时过载(输出电压太高)，放大器中设有限幅器，在输出信号电压超过最大值时工作并将它调整到允许值，输出电压由晶体管 V12 的集电极通过二极管 V25

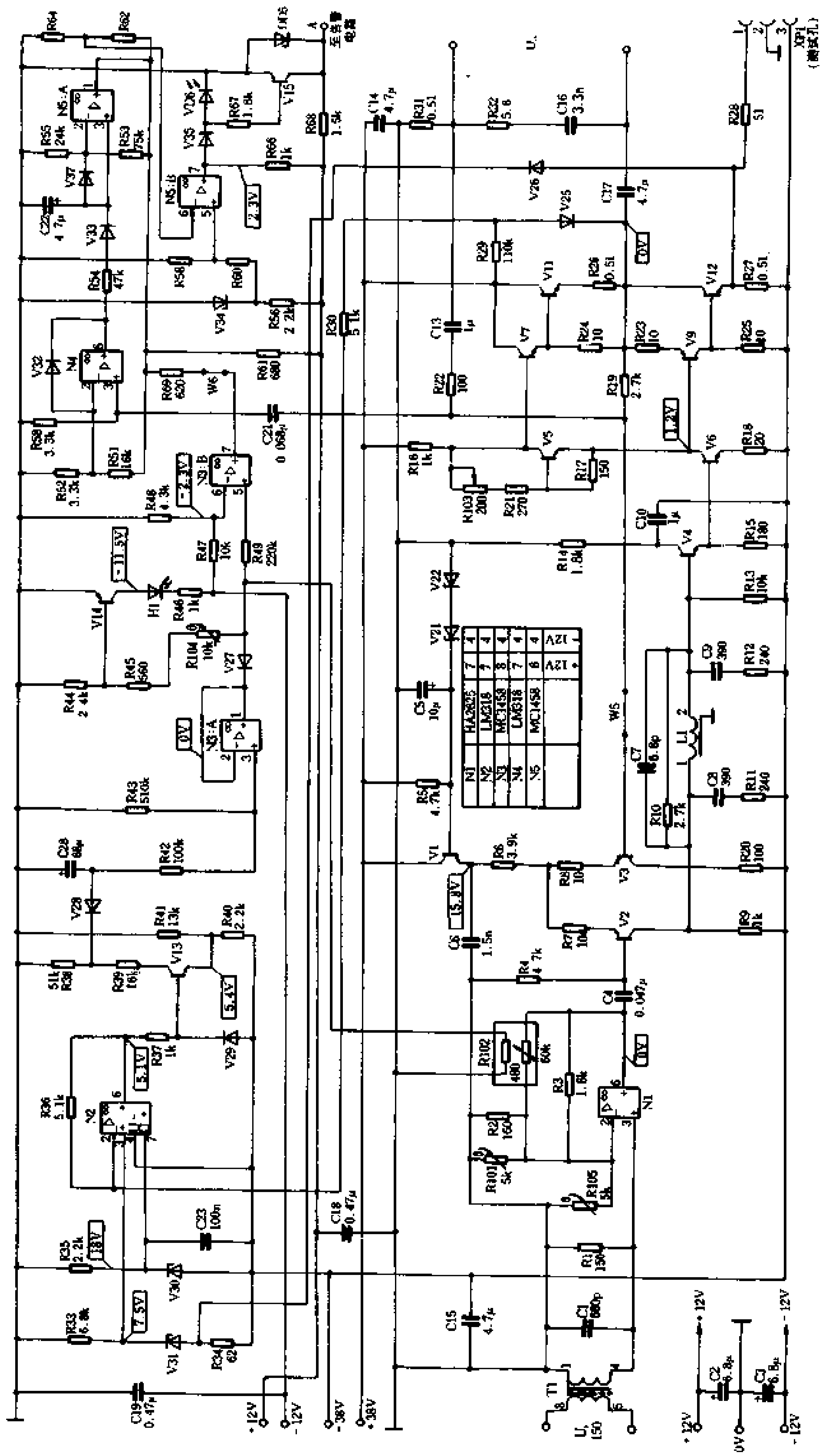


图 8-1

(相对于-38V)接出,加在运算放大器 N2 的反相输入端 N2(2),与加在正相输入端 N2(3)上的标称电压(由 V31 产生)比较放大,电压偏差经比较器 N2(6)输出, V13 放大, V28 检波,由射极跟随器 N3(8)输出作为调整变量,控制热敏电阻 R102,热敏电阻 R102 接在前置放大器 N1 的负反馈电路中,电压偏差增大,放大倍数减小。

如果输出接线不正确,限幅器使放大器增益减小 3dB 以上,控制管 V14 将点亮发光二极管 H1。

(5) 发送监视器:发送监视器监视所有功率放大器的工作情况。

以输出电压(C17 处)作为监视量,该电压由运算放大器 N4(6)、N5(8)组成的峰值检波器放大检波。检波后的直流电压由比较器 N5(6)与标称器电压比较,通过比较,当被监视的电压低于整定值时,发光管 H2 点亮,并通过晶体管 V15,在 A 端送出告警电位(0V)信号(告警电路可根据自己实际情况自行设计)。

2. 5W 40~500kHz 功率放大器

本 5W 40~500kHz 功率放大器是由前置放大电路和功率放大电路两部分组成,在输入电平为-15dBm,电路最大不失真时其输出电平可达 40dBm。

【电路原理】

电路原理如图 8-2 所示。

前置放大电路是一个三级直接耦合的晶体三极管放大电路,VT1 为 3DG32G(第一级),其构成共发射极电路。VT2 为第二级,采用 3DG130B 组成共集电极电路。VT3 为第三级,采用 3DA76 组成共发射极电路。电阻 R3 和 R10 构成交直流混合的并联电流负反馈,以保证放大器的稳定工作。第三级通过变压器 T1 把已放大信号送至功率放大电路的输入端。

功率放大电路采用甲类推挽放大电路,由上下完全对称的两个深负反馈放大器组成。输入变压器 T2 将前置送入的放大信号分别给两个相同的放大电路。VT4(VT5)、VT6(VT7)和 VT8(VT9)组成共发、共集和共发三级直接耦合电路。其中 VT6(VT7)为射极输出器,主要起前后级阻抗匹配用,VT8(VT9)为功率管,须装于合适的散热器上。T3 为三线圈输出变压器,使上下两个放大器在推挽工作时绝对对称和平衡,同时亦使输出阻抗频率响应等都得到改善。采用推挽式的好处在于每个晶体三极管可以运行于较恶劣的情况,甚至可以进入非线性区域,如果推挽晶体三极管的传输特性和频响完全一致时,由于非线性造成的偶次谐波失真将抵消。而且甲类推挽失真更比乙类推挽失真小得多。从电原理图上看,两个放大器互为备用,即其中一个放大器因故障停止工作时,另一个放大器仍可继续工作,仅输出电平下降 6dB,不会造成信号全部中断。

T2 为输入倒相变压器,提供两个大小相等,相位相反的信号,分别推动上、下两个放大器。

VT6(VT7)和 VT8(VT9)之间通过稳压二极管 VD3(VD4)、R29(R30)和 C19(C20)组成耦合电路连接。VD3(VD4)采用 2CW54(击穿电压 5.5~6.5V)。耦合电路的主要功能是实现前后级直接电平配合,防止电平突跳,R15(R18)、R16(R17)和 RP1(RP2)构成第一级发射电阻,扼流线圈 L1、C2 和 L2、C25~C28 组成直流电源去耦滤波电路,防止电源馈电支路噪声干扰。R27、R28(R31、R32)构成三级直流负反馈,电路工作很稳定。

为防止功率放大器输出侧由雷击等过压造成功率管 VT8(VT9)击穿,稳压二极管 VD5~

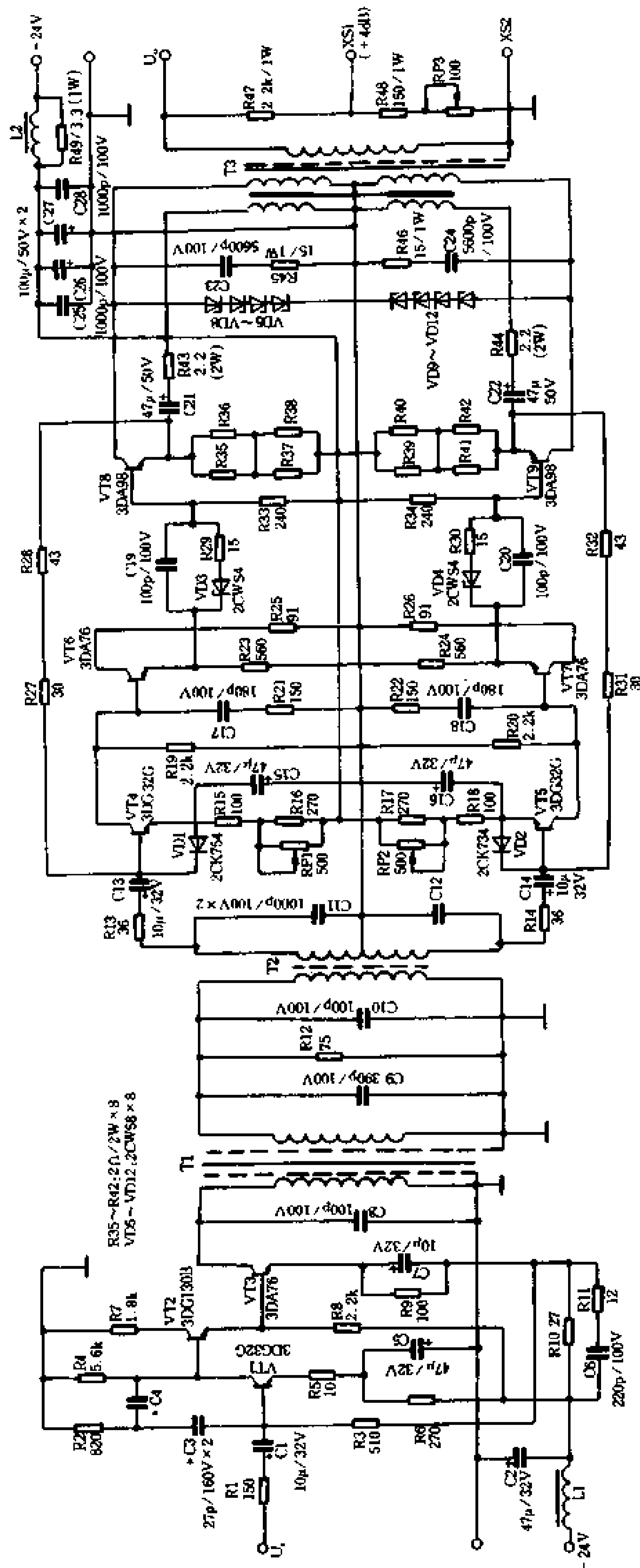


图 8-2

VD8 和 VD9~VD12 反向串联后接于 T3 的初级线圈。

为了监测功率放大器的输出电平,在 T3 变压器次级之间并人 R47、R48 和 RP3 组成的输出分压电路,调整电位器 RP3 使得用选平表在 XS1 和 XS2 之间用高阻跨测,在信号电平为 +35dBm 时,其信号电平为 +4dBv 高阻即可,同时亦说明功率放大器工作正常。

为了使前置放大电路和功率放大电路不受电源相互影响,各采用了 L1、C2 和 L2、C25~C28 L 型滤波电路。

【调试与维修】

(1) 在功率放大加电且无信号输入输出情况下,分别调整电位器 RP1、RP2 使在 R35+R37 或 R39+R41 两端测直流电压应为 1.8V。

(2) 如表 8-1 为各级直流静态工作点,仅供参考之用。

表 8-1

代 号 电 压	VT1	VT2	VT3	VT4、VT5	VT6、VT7	VT8、VT9
$V_{ce}(v)$	8	7.5	15.5	9	12	22
$V_c(v)$						1.8

(3) 功率放大器在使用过程中如因故障需更换晶体三极管,更换好后需要重新调整 RP1、RP2 使直流工作点达到上述要求。

(4) 在选用晶体三极管 VT4 和 VT5、VT6 和 VT7、VT8 和 VT9 其参数尽可能选择一致,以便配对。

3. 20W 40~500kHz 功率放大器

本功率放大器主要是对 40~500kHz 频率提供足够的发信功率,以满足通信机发射功率,发送电平的要求。

技术指标如下:

- (1) 工作频率: 40~500kHz, 频率特性偏差不超过 $\pm 0.5\text{dB}$;
- (2) 增益及调节范围: $P_i=0\text{dB}$, $S=37\pm 3\text{dB}$;
- (3) 最大不失真功率 $\geq 43\text{dBm}$ (20W);
- (4) 输入、输出阻抗: 75Ω , 不平衡式, 反射系数 $\rho \leq 15\%$;
- (5) 交调失真衰耗: (双音测试) $\geq 60\text{dB}$ 。

【电路原理】

20W 功率放大电路如图 8-3 所示。它由预放级、推动级和功率级三部分组成。为了减少大环路反馈中的相移,预放与推动级均选用 PNP 型硅管。

预放级由 VT1 构成单级共射放大器,R6 引入串联负反馈,既保证本级工作点的稳定,又提高输入阻抗。这样在调节增益时,本电路的输入阻抗可以保持稳定。

推动级是由 VT2、VT3 组成的直接耦合放大电路。各管射极的局部负反馈以及由 R11、R13 组成的并联电压负反馈,保证了该级工作点和增益的恒定。本级的输出信号由变压器 T1 耦合到功放级。

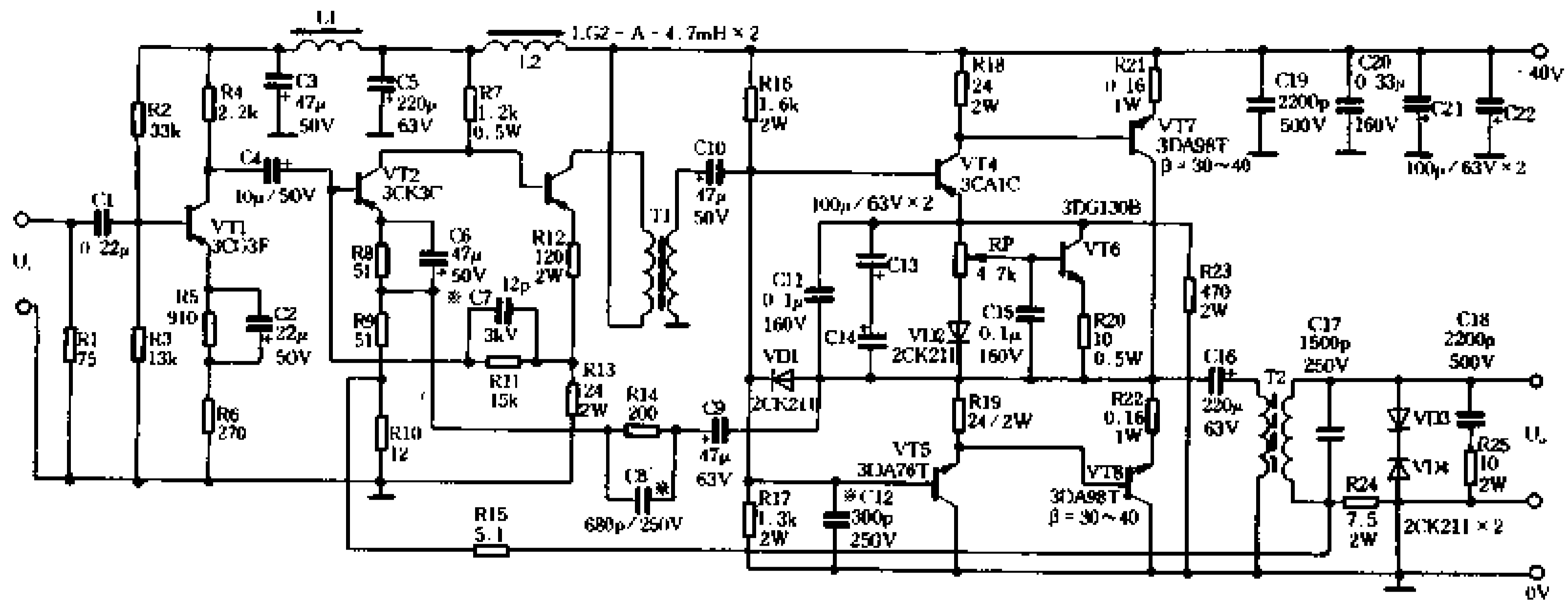


图 8-3

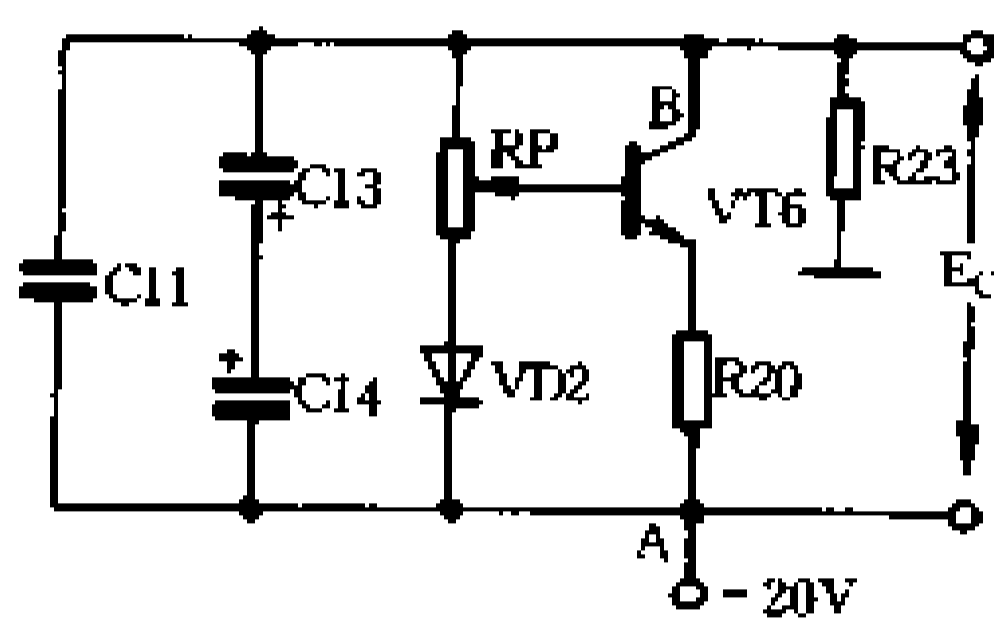


图 8-4

功率级由 VT4~VT8 等组成单电源互补对称功率放大器。C16 为输出电容，利用其储能作用省掉供电电源的中心抽头。由于功率放大器的实际负载阻抗为 75Ω，但互补对称功率放大器的输出电阻很低，为实现阻抗匹配，这里用变压器 T2 来进行阻抗变换。

VT4、VT5 采用不同导电类型三极管(PNP 和 NPN)进行倒相，并分别复合同一型号的功率管做输出，VT6 构成恒压源电路，用来提供功率管适当的偏置电流，使之工作在甲乙类状态，以减小推挽功放的交越失真。这种偏置电路具有温度稳定性高，可以避免一般甲乙类推挽放大器在高频段工作时产生的开关失真，改善输出波形。

恒压源偏置电路的简化电路如图 8-4 所示。此电路实际上为一分流式稳压电源电路。它通过 RP 构成了直流电压负反馈，利用二极管 VD2 的温度补偿作用，可使三极管 VT6 的 c、e 两端电压 E_o 保持稳定。即使功率放大器在工作过程中，输出端 A 点电位波动， E_o 仍可保持恒定。C11、C13、C14 用来短路交流信号，可使 E_o 不受交流信号的影响。该电路接在 VT4、VT5 的射极之间，它和 R16、R17、R23 共同组成 OTL 放大器的偏置电路，其等效电路和工作原理如图 8-5 所示。不加信号时，调节 RP 使 A 点电位为 -20V 左右，则 B、C 电位分别如图 8-5 所示。此时有一较小静态电流流过 VT7、VT8。恒压源电流 I 及 VT5 静态电流 I_{o5} 均通过 VT7 完成回路，这和一般偏置接在二个基极间的典型电路有所不同。

当输入正半周信号时，C 点电位上升，由于 VT5 的放大，A 点电位也上升，又由于 A、B 间是一恒压电路，故 A 点电位上升时，B 点同步上升，使 VT4 的 V_{bc} 电压不致进入反偏，因而 VT4、VT7 均保持一小的电流流通，从而避免了通常甲乙类放大器在高频段工作时的开关失真，大大改善了输出波形。C11、C13、C14、C15 均为旁路电容。

当输入信号超过一定幅度后，A 点电位的变化将超过 VT6 的稳压范围，VT4、VT7 将截止，从而切断 VT5、VT6、VT8 的直流通路，A 点的直流电位将猛然上升。此时 VD1 导通，放大器输入端、输出端“直通”，信号不经过放大器，

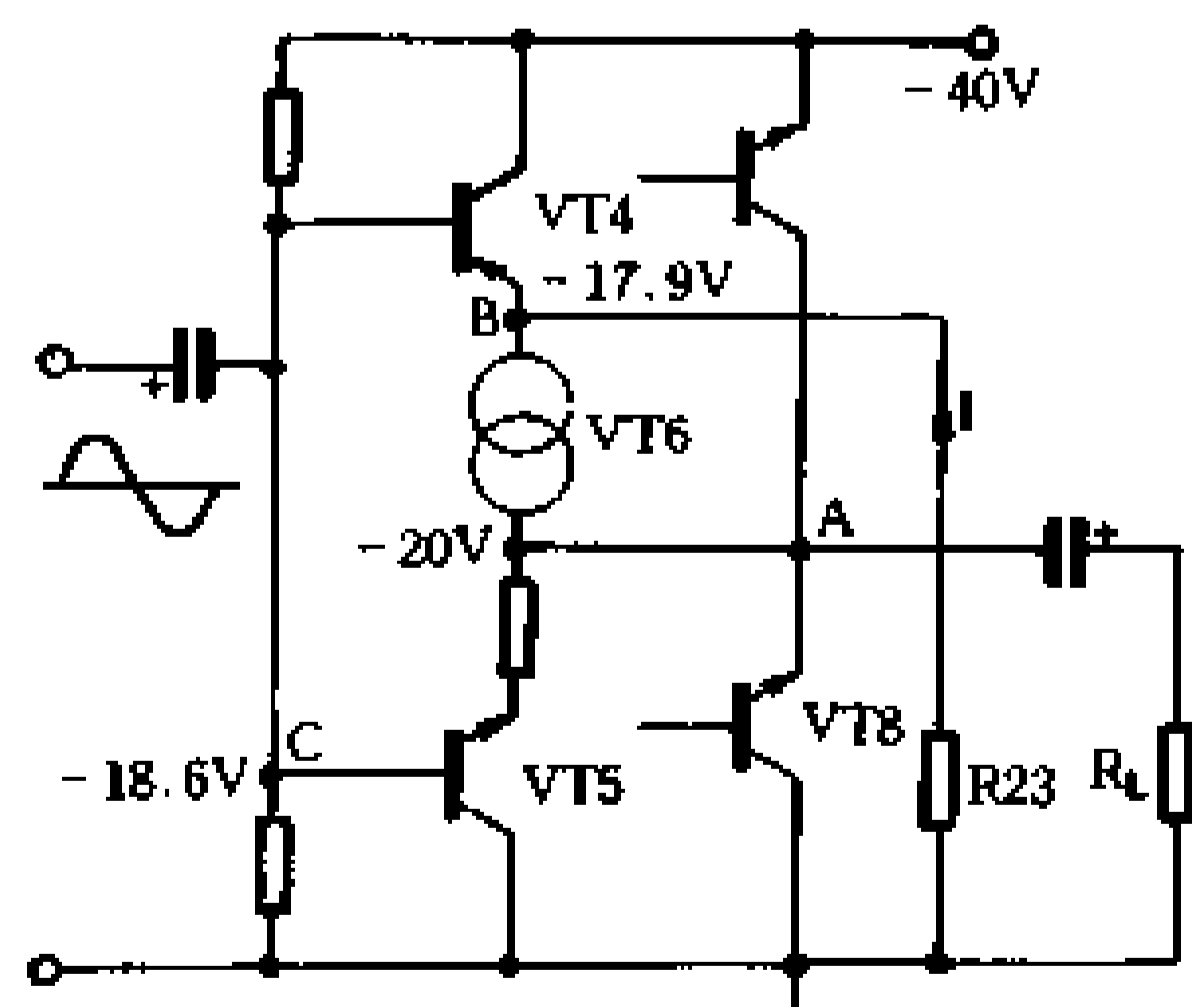


图 8-5

VT7、VT8 分别处于截止和导通状态，从而保护了输出管不会因过荷而击穿。VD3、VD4 是用以防止倒灌电压击穿功率管的。

为了保证放大器有稳定的特性和很小的失真，从 A 点经过 C8、C9、R14 向推动级加有电压负反馈。为保证输出阻抗，由输出变压器 T2 的次级经 R24、R15、R10 向推动级加有电流负反馈。C7、C8、C12、C17、C18、R25 等都是作相位校正用，用以保证放大器的稳定性。

【电路调试】

(1) 接通 -40V 电源后，首先调节 RP(RP 对调放大器增益不起作用)，使输出级静态电流约为 400mA，此时输出级中点电压(A 点)应接近 -20V。如果静态电流很大，或者为零，则可能是 VT6、VT7、VT8 等元件损坏，可分别测量其 V_{be} 、 V_{ce} 电压来判断；

(2) R6 为调整电阻，既可稳定工作点，又可提高输入阻抗；电容 C7、C8、C12 调试时使用，其中 C7 调试时选用容量为 10~51pF；

(3) 使用日久发现放大器增益下降或自激，大多是因为电容干涸而引起，可从后向前分别送信号来判断。

4. 25W 40~500kHz 功率放大器

本功率放大器主要是对 40~500kHz 频率信号提供足够的输出功率，以满足高频电平的要求。

技术指标如下：

- (1) 频率范围：40~500kHz；
- (2) 频率特性：偏差不得超过 $\pm 0.5\text{dB}$ (以 250kHz 为中心)；
- (3) 增益及调节范围：45 \pm 5dB；
- (4) 额定输入电平：0dBm；
- (5) 额定输出电平： $\geq 45\text{dBm}$ ；
- (6) 最大不失真功率：25W(峰值包络功率)；
- (7) 过载电平： $\geq 50\text{dBm}$ ；
- (8) 输入阻抗：75 Ω ，不平衡式，反射系数 $\rho \leq 15\%$ ；
- (9) 输出阻抗：75 Ω ，不平衡式，反射系数 $\rho \leq 15\%$ 。

【电路原理】

25W 功率放大电路如图 8-6 所示。它是由前置级、推动级、功率级及一些具有特殊功能的辅助电路组成。前置级由 VT1 等元件组成，前置级主要是提高信号电压，提供 75 Ω 的输入阻抗，实现与输入阻抗匹配。过激励保护构成整个功放电路的负反馈。它由 VT1 构成共发射极电路。R3 为上偏置电阻，R4 为下偏置电阻，R7~R10 组成发射极电阻，采用 R7 产生直流负反馈，以稳定该级的直流工作点。C3 为交流旁路电容。R8 构成本级串联电路负反馈，R9、R10 构成功放电路负反馈，R6 为集电极负载电阻，RP1、R1、R2 为输入匹配电阻，RP1 兼作输入电平调节电位器。C1 和 C5 为级间耦合电容。R5、C2 为高频校正网络。R11、C4 为本级电源退耦电路。过激励保护连接到 VT1 的基极，由 VD1、VD2 构成全波整流电路，整流电流经 R20、C12 滤波后加到整流负载 RP2 上。当功率级输入信号超过一定值时，整流电路送出的电压使得 VT5 导通，进而使 VT1 的 V_{be} 下降，输出信号降低，起到过激励保护作用。调节 RP2 可以调整过激励保护点。

推动级由 VT2~VT4 等元件组成,其主要任务是将前置送来的电压信号放大足够的幅度,并提供一定的功率以推动功率级,同时提供两个大小相等、相位相反的输出信号。VT2 组成共发射极电路,VT3、VT4 复合后构成射极输出器。级间采用直接耦合,取 R19(C7 为旁路电容)上的直流电压降,经 R17、R12 的分压作为 VT2 的基极偏压,VT2 的集电极电压作为 VT3 的基极偏置,从而构成多级直流负反馈,改变 R17 的阻值可调节放大器的静态工作点。R15、C6 构成 VT2 发射极直流负反馈电路。R16 是复合管的分流电阻,用来减小复合管的穿透电流,提高复合管的温度稳定性。T1 为输出倒相变压器,次级具有中心抽头,可提供两个大小相等,相位相反的输出信号。采用射极输出器可降低输出阻抗,并有较好的频率特性。R18 和 C8 组成高频提升网络(当频率升高时,C8 容抗减小,R18 上的交流压降减小,高频输出提高),用以展宽高频特性。R23、C9、C10 组成电源退耦电路。

功放级由 VT6~VT19 等元件组成,由两个平衡地工作在甲乙类状态的复合互补对称功率放大器组成桥式电路。

VT5 组成过激励保护电路,VD5~VD12 组成瞬时过压保护电路,VT12、VT13 并联后与 VT6 复合组成一只 NPN 型三极管(设为 G1);VT14、VT15 并联后与 VT7 复合组成一只 PNP 型三极管(设为 G2);VT16、VT17 并联后与 VT8 复合组成一只 PNP 型三极管(设为 G3);VT18、VT19 并联后与 VT9 复合组成一只 NPN 型三极管(设为 G4)。它们共同由一组 -40V 的电源供电,组成桥型功放输出电路如图 8-7 所示。晶体管 VT1 和 VT3 在激励信号的半个周期内导通,晶体管 VT2 和 VT4 在激励信号的另半个周期内导通,这样就颠倒了输出变压器 T2 初级绕组中电流的方向,从而可以在负载电阻 R_L 上获得一完整的交流信号。功放的偏置电路采用恒压源偏置电路,调节 RP3、RP4 使功放工作点电流达到所需的值。桥型功放具有输出功率大、非线性失真小、电源利用率高及稳定性好等优点。

从功率输出变压器 T2 次级到前置间构成电流、电压串联负反馈、取 R46 上的交流压降,经 R21、C13、R10 构成串联负反馈,改善了放大器的幅频特性。因此,适当调整电流、电压负反馈比例,可使放大器获得满意的阻抗特性和频率特性。C35 用来抵消 T2 漏感在高频段的影响。C21~C24、C30~C33 为电源滤波电容。输入变压器 T1 次级连接电感 L,用来自动调节输入电压的对称性。VD5~VD12 为八只稳压二极管,用来防止外界的瞬态过电压冲击而损坏功率管。

图 8-8 是功率放大器对应于直流 -40V 电源的电流损耗,附表 8-2 则列出了放大器有关测试点对应于地的典型电压值(放大器处于无激励状态)。

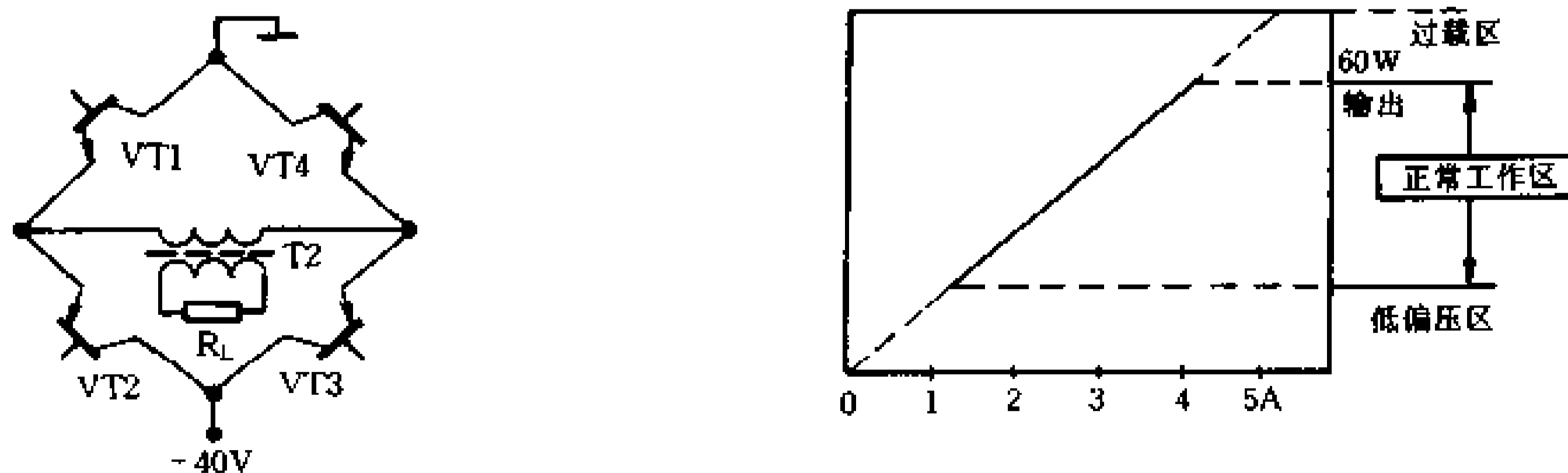


图 8-7

图 8-8

【电路调试】

(1) 接通 -40V 电源后,首先调节 RP3、RP4 及 R3、R17 使各级工作点均满足表 8-2 列

出的参考值。如果调整不到该参考值，则应检查 VT1~VT4 及 VT5~VT19 等元器件是否损坏。

表 8-2

测试点	电压值(V)	测试点	电压值(V)
VT1 集电极	-12.5	VT15 集电极	-20.0
VT2 发射极	-28.5	VT17 集电极	-20.0
VT4 发射极	-18.5		

(2) 在输入端送入 0dB 的正弦信号(频率为 40~500kHz)，调节相应的电位器或电阻，使输出为 45dB。如果调节不到该值，则可能是三极管增益不够或电容开路、漏电过大或有元件损坏。

(3) 当使用日久后，发现放大器增益下降或自激，主要是由电解电容干涸而引起的，可以从前级向后级送信号来判断。

5. 1.8MHz~175MHz 宽带功率模块 MC7210、MC5792 及应用

常见的高频功率模块，如三菱株式会社出品的 M57704L、M57719 等其性能及应用已为大家所熟悉。这些高频组合器件一般采用“GaAs FET”或数个晶体管合成工艺与外围电路组成推挽或末级单管电路，输出 145~175MHz 或 450~470MHz 窄带信号，个别品种还带有推动级，故输入信号电平可做得较低。在这里将要介绍的是国内电子界较为鲜见的适用于 1.8~175MHz 宽带的 MC7210 及 MC5792 高增益功率组件，希望通过介绍，能被国内热衷于 1.8~175MHz 业余频段及有幸拥有 29.6MHz 频段“PASS”的“火腿们”(HAM)及各界读者所了解并开发应用。

MC7210 可用于：高频功率放大器上，此放大器在 1.8~175MHz 频带 1.2W 移动式机器上有广泛应用。其特点是：宽频带，高增益(28dB)， $V_{CC}=12.5V$ ， $P_O=1.2W$ 。如表 8-3 列出极限参数及电气特征。

图 8-9 是 MC7210 频率-增益曲线；图 8-10 是 MC7210 高频模块的输入-输出功率曲线；图 8-11 是 MC7210 及 MC5792 外型尺寸图及引脚说明。

表 8-3

极限参数		电气特征参数				测定条件
项目	额定值	项目	最小	标准	最大	
$V_{CC}(V)$	12.50	$f_{range}(MHz)$	1.0	—	175.0	$P_i=1.6mW$ $V_{CC}=12.5V$ $Z_i=50\Omega$ $Z_o=50\Omega$
$I_{CC}(A)$	0.2	$P_O(W)$	0.8	1.2	2.0	
$P_i(mW)$	1.6	$\eta(\%)$	50	60		
$P_O(W)$	1.2					

注：MC5792 标准 $P_O=0.3W$ ，额定工作电压 3.6V，全频带应用功率增益典型值 18dB(50MHz)。

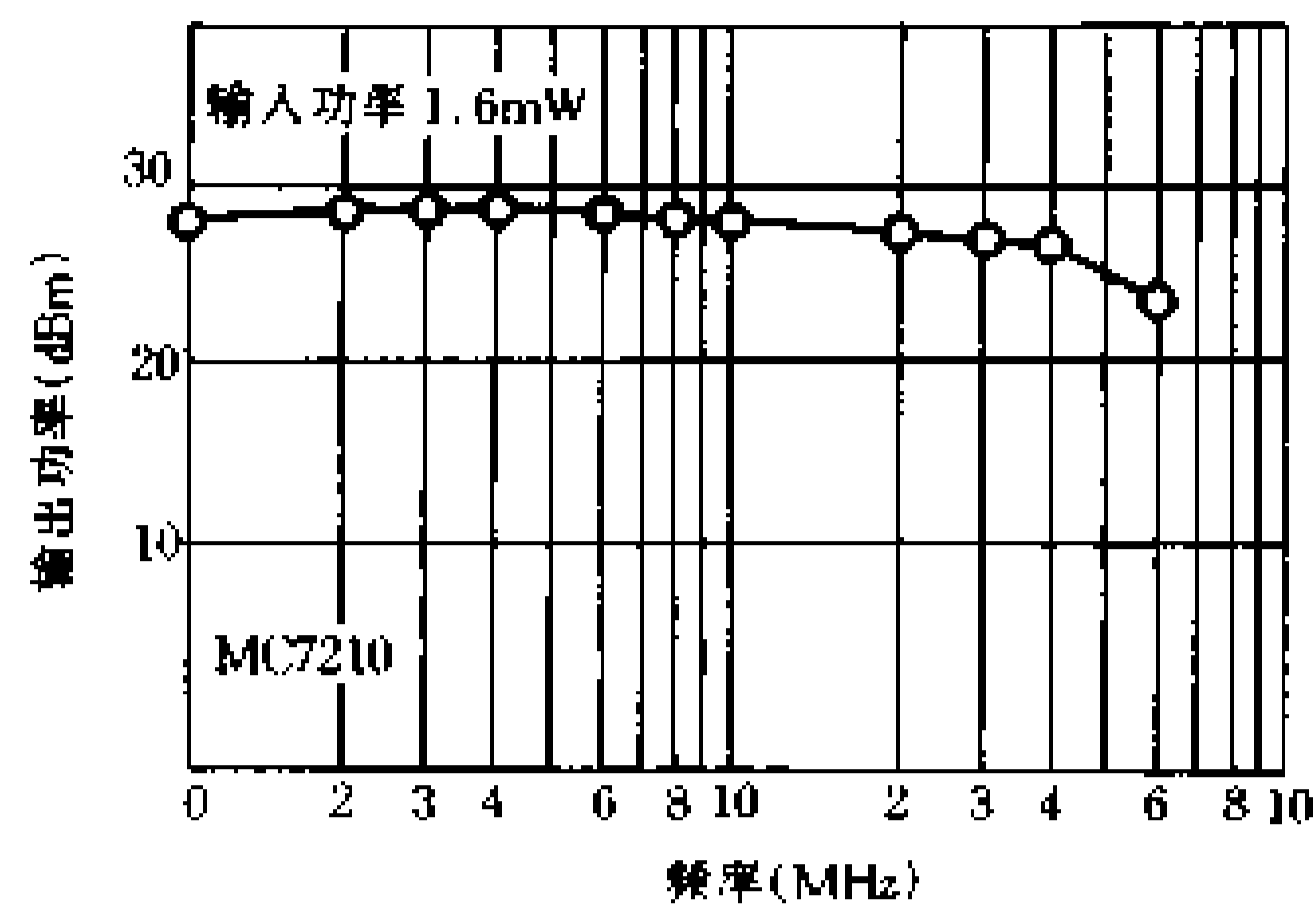


图 8-9

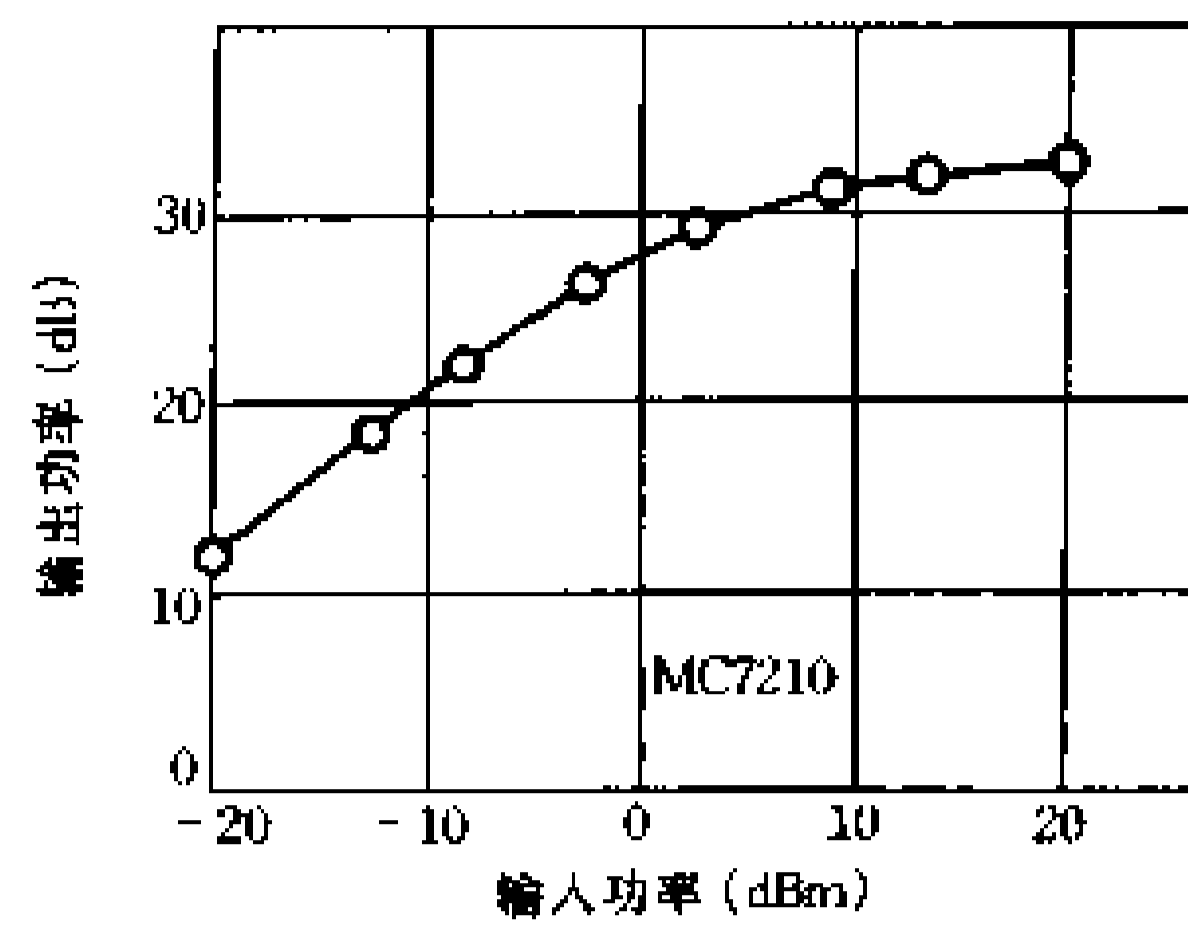


图 8-10

从 MC7210 的频率-增益曲线可以得知, 在使用频率 30MHz 时, MC7210 将有 25dB 的功率增益, 设输出功率定为 1W, 通过 $G_p = 10\log(P_o/P_i)$ 的换算, 可得到此时所需输入功率约有 3.1mW。3.1mW 是个什么概念呢? 一般的高频电路仅其振荡级即有 5~15mW 的高频输出, 这意味着通过振荡级+MC7210, 高频电路的设计及调试将变得相当简单。

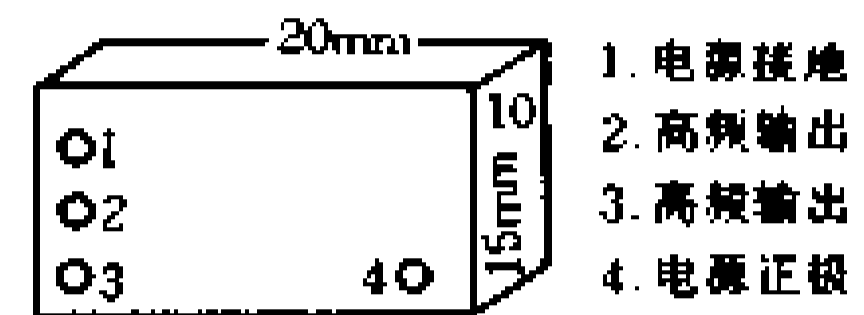


图 8-11

表 8-4 是 MC7210 在各频段应用所对应的功率增益及其 $P_o=1W$ 时, 所需的输入功率 P_i 值, 便于在实际设计中参考。

表 8-4

频点 (MHz)	1.8	30	50	100	145
功率增益 (dB)	28	25	23	18.3	15
输入功率 (mW)	1.6	3.1	5.0	14.0	30

【应用实例】

(1) 近距离 (50m~300m) 家用子母电话增距。

增距离的目的在于应用 MC7210 及 MC5792 对近距离子母电话的改装, 使之达到 736 远程无绳电话的通讯距离。这里以 HW628P/TS 国产子母电话为例, 介绍改装方法。表 8-5 是 736 及 HW628P/TS 的性能参数对照表。736 是国家邮电部明文禁止使用的远程无绳电话, 这里仅作为改装参照。

决定无绳电话通话距离的主要因素有三个: (1) 手座机发射功率; (2) 手座机有效收信灵敏度; (3) 收信信噪指标。从表 8-5 的对照可以知道 736 和 HW628P/TS 的主要技术参数差距在 HW628P/TS 手座机发射功率过低, 这是影响通信距离的主要原因, 也是我们的着手点。

表 8-5

项 目	736	HW628P/TS
座机发射频点 (MHz)	46. X	48. X
手机发射频点 (MHz)	49. X	74. X
座机发射功率	1.0W	<50mW
手机发射功率	0.2W	<20mW
座机收信灵敏度 (μV)	≤ 1.5	≤ 1.5
手机收信灵敏度 (μA)	≤ 1.5	≤ 1.5
标称通话距离 (km)	3~8	≥ 0.3

注: 表中所列的参数系直接采用厂方提供的指标。

图 8-12 是 WH628P/TS 手座机高频发射部分的电原理图。改装需要注意的有两条：一是功率控制问题。MC7210 及 MC5792 的额定输出功率是 1.2W 及 0.3W，虽有 2W(12.5V)最大功率输出的应用实例，但此时线性失真也相应急剧增加，由此产生的大量高次谐波及杂波将对双工工作中的电话机收信部分形成强烈的干扰，反而会造成实际通话距离的缩短，故改装中务必将 MC7210 功率输出控制在 1.2W 以下。手机发射功率这里取 0.3W，比 736 大 50%，相信家有子母电话的读者都有类似的经历：拿手机漫游至楼上或距离稍远的地方，听筒即有噪音或在此处再开机时座机不响应的例子，这主要是手座机发射功率的失配，座机开机电平较高的原因造成的，在这里，我们将手座机的输出功率之比设计为 1:4。

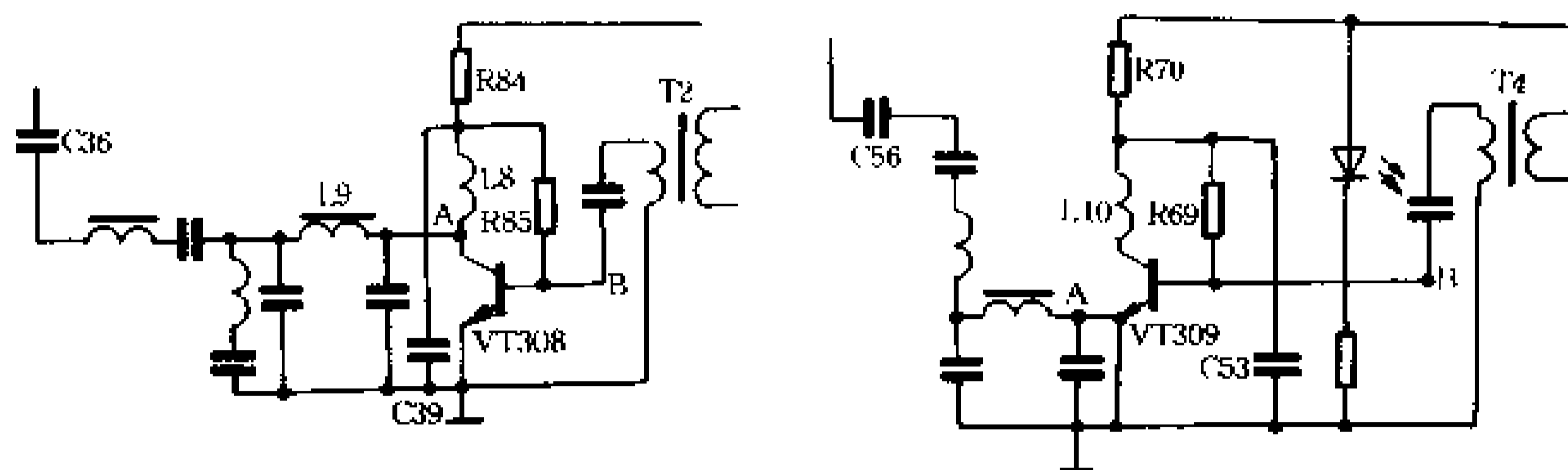


图 8-12

二是功率传输的问题。大功率的高频电路与小信号电路相比，在于输出功率与消耗功率之比，即效率与失真将成为重要考查的指标。在实际生产中，对小功率近程子母机厂方更注意非线性失真、噪声比等参数，而阻抗匹配、传输损耗等影响功率输出的因素则并不是首要的问题，故有必要对 HW628P/TS 的原电路施行必要的改动，原电路中，将座机元件 V309、R69、C53、R70、L10，手机 C39、L8、V308、R84、R85 除掉或断开，A 点接入 MC7210(手机用 MC5792)②脚(高频输出)，B 点通过电阻(取 10Ω)接组合器件③脚(高频输入)，其中 R 起信号流量控制作用，调整 R 使 MC7210 正常工作电流在 0.2A 左右，MC5792 则取 0.15A，MC7210(MC5792)静态工作电流 50~70mA(20~35mA)。

图中我们在原机 C56、C36 上并联了两只 0.01μF 瓷介电容，组件①、①脚间跨接 0.01μF 瓷介电容，其目的都在于提高高频功率信号的传输效率及降低回路的损耗。

改装完毕后的实际使用距离已能达到 1~3km(城区视环境而定)，话音清晰。原座机使用的是普通拉杆天线，不仅发送效率低，且存在着与组件输出阻抗不匹配的情况，将座机通过 50Ω 高频插座与室外天线连接，通话距离及音质均得到明显的改善。

(2) 1.8~32MHz 全频带电调可变频率业余小功率电台

小功率电台一直是国际电信联盟 ITU 组织推荐使用的 HAM 内容之一，世界上许多爱好者热衷于用只有几瓦甚至更小功率的电台，在各个业余短波频段上进行远程通信试验。对刚刚起步的我国广大业余无线电通信爱好者们，小功率通信同样的有着重要的现实意义。

如图 8-13 是一款具可变发射频率，覆盖 1.8~32MHz 业余频段的输出 1.2W 的小功率业余电台的电原理图。

如图中，加在 ISV149 变容二极管的直流电压发生变化，由 V1 及外围电路组成的哈特莱振荡电路的频率也随之作 9.2~24.5MHz 的变化，实际应用中 VR1 可由多个不同的电阻值的电位器串联而成，如 10kΩ、1kΩ、100Ω 并辅之相应的半可调电阻统调，这样一来发射机的步进就可以作得很细。图中 V2 构成射极跟随器，输出的信号经 MC7210 放大后通过天线发射出去。通过转换开关，选不同感抗的 L2，本机可以在 1.8~9.2MHz 和 24.5~32MHz 各个业余

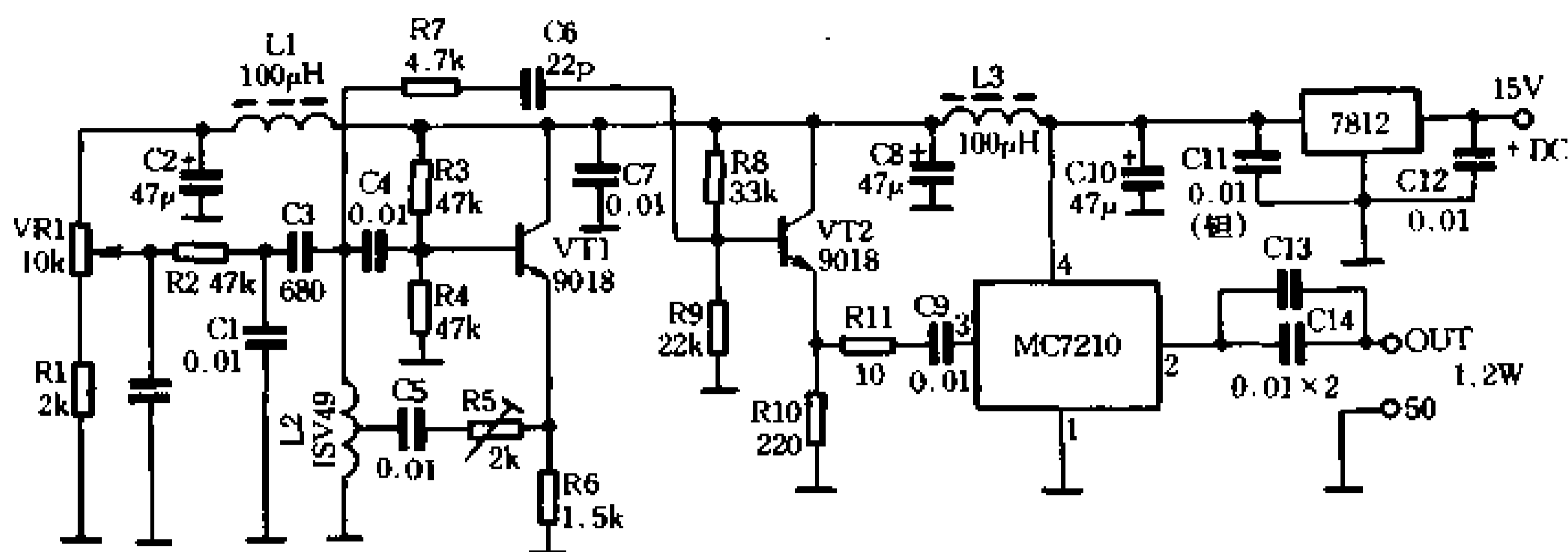


图 8-13

频段上使用。

(3) 最简单的电视差转机，天线监控系统

利用 MC7210 或 MC5792 小电平输入特征，可以构成最简单的电视差转发机，如图 8-14 (a)。将输入端直接输入闭路电视插口(用户终端信号电平较低,最好接支路), 1-7 频道电视节目通过它的转发, 可以在 1~3 公里范围内接收。图中变压器是用普通电视机 75Ω~300Ω 平衡-不平衡转换器代用的, 要求严格的场合应自绕 4:1 传输线变压器。

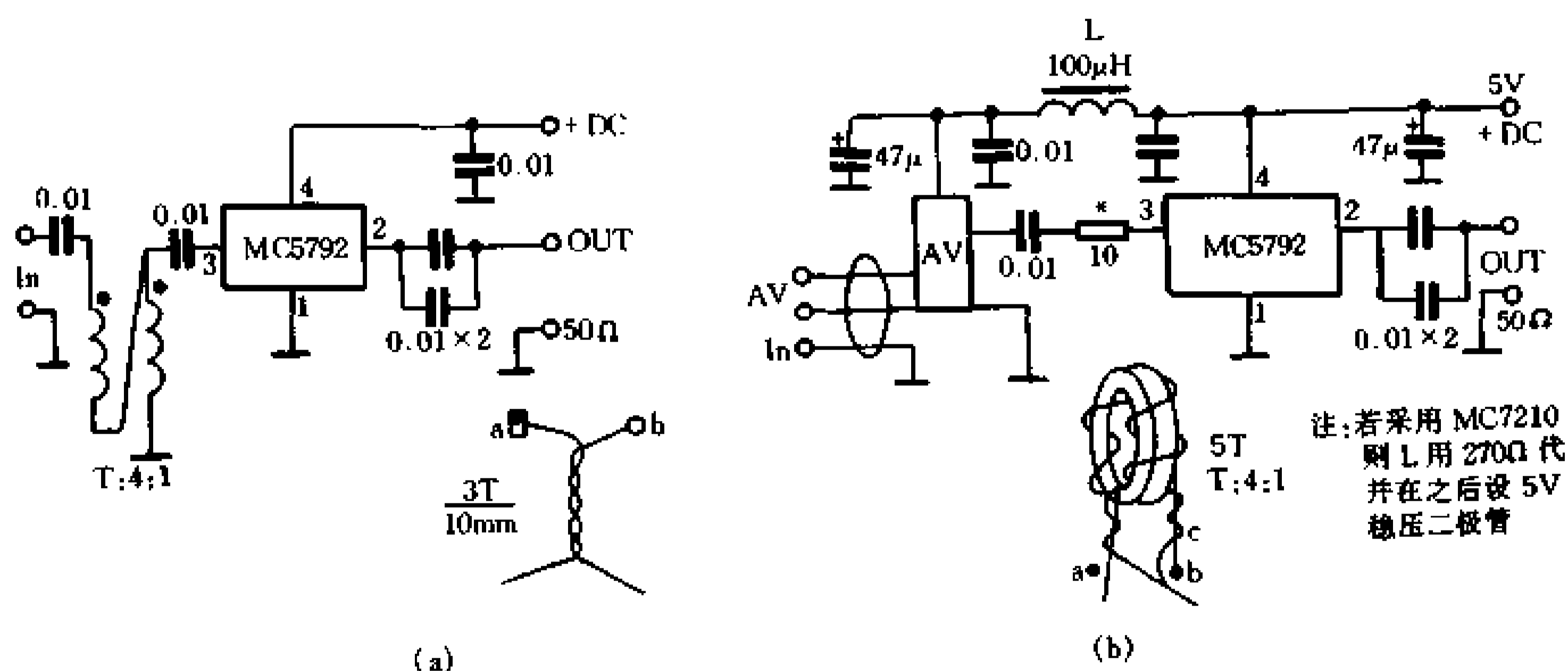


图 8-14

如图 8-14(b)所示, 在 MC7210(MC5792)输入端接入电视调制器或录像机 AV 端或摄像机输出插口, 则可以将它作为录像转发或无线监控器使用。这在现场管理, 自办电台及保安方面具有非常实用的价值。

九、有源功率放大器

1. 自制有源二分频 Hi-Fi 放大器

时下，多媒体电脑正在步入家庭。由于所配带功放的音箱受到材料、成本、体积等多方面的限制，播放出的音质在小音量时尚可，而稍大则不尽如人意。于是，有条件的家庭便将多媒体电脑直接连通在“发烧友”功放上。本文介绍的这一套 Hi-Fi 功放，既适于电脑声卡放大，也适用于 VCD 等音源输出的场合，特别是用在卡拉 OK 的场合更为合适。

【电路原理】

(1) 有源 RC 分频电路

众所周知，做一台高品质 Hi-Fi “发烧”级功放绝不是一件轻而易举的事。从设计方案到备料，组合的一系列过程，环环相扣，不可有丝毫的马虎和偷工减料。否则，组装出来的功放，将无法体会到“发烧”味道。

目前，应用较为广泛的为末级 LC 分频，方案简单易行，成本较低，做得好音质也能达到 Hi-Fi “发烧”级功放的水准。这也许正是国内外专业或非专业无线电厂普遍采用的直接原因。当然，专业的无线电厂是采用电脑计算，专业的仪器测量和人工的多次修正，而达到 Hi-Fi “发烧”级水准的，而业余爱好者要想达到专业级的水准绝不是一件轻而易举的事。和末级 LC 分频方案相比，前级 RC 分频(即有源或无源二分频、三分频)不但分频点准确、调整分频点方便、而且失真小，低频阻尼性能优良，对末级功放要求也较低。业余爱好者一般都可达到要求，唯有成本稍高、制作稍难，但随着大功率厚膜集成电路和有源多级分频厚膜集成电路的出现，这种前级 RC 分频方案的制作已经是轻而易举的事了。

在前级 RC 分频方案中，由于也存在着多项失真、阻抗匹配、衰减速率等多项不良问题的存在，人们经过多次实践，普遍认为：有源 RC 分频方案优于无源 RC 分频方案，有源 RC 二分频方案是目前较为成熟的一种有源分频方案，也是“发烧”者最可采取的一种分频方案。

如图 9-1 是本文介绍的有源二分频 Hi-Fi 放大器电路。图中，虚线左侧电路为分频电路。电路由一块 NE5532 和相关阻容元件构成，它由有源低通网络电路 IC1-2 和有源高通网络电路 IC1-1 构成。有关网络的 RC 分频元件的计算方法，报刊多有介绍，这里不再赘述。

有关分频点的选择许多“发烧”友认为，将分频点频率取得低一点有利于发挥低频扬声器的低频特性，取得高一点有利于发挥高频扬声器的高频特性。但作为有源 RC 二分频电路到底将分频点取为何值，2500Hz? 3000Hz? 3500Hz? 甚至 4000Hz，这要看个人所选的音箱器材而定。一般说来，质优价高的低音单元，分频点取得稍高一点，如：3500~4000Hz，这样，既有利于发挥低音单元的低频性能，也有利于发挥低音单元的中频性能，使低音强劲，中音清澈明亮，同时又减轻了高音单元的负担，更加有利于发挥高音单元的性能，使高音明亮纤细。相反，假如低音单元质价很一般，分频点就要取的低一点，如 2500~3000Hz，这样可减轻低音单元的负担，避免“眉毛胡子一把抓”，到头来一无所是。当然，高音单元质量必须好。总

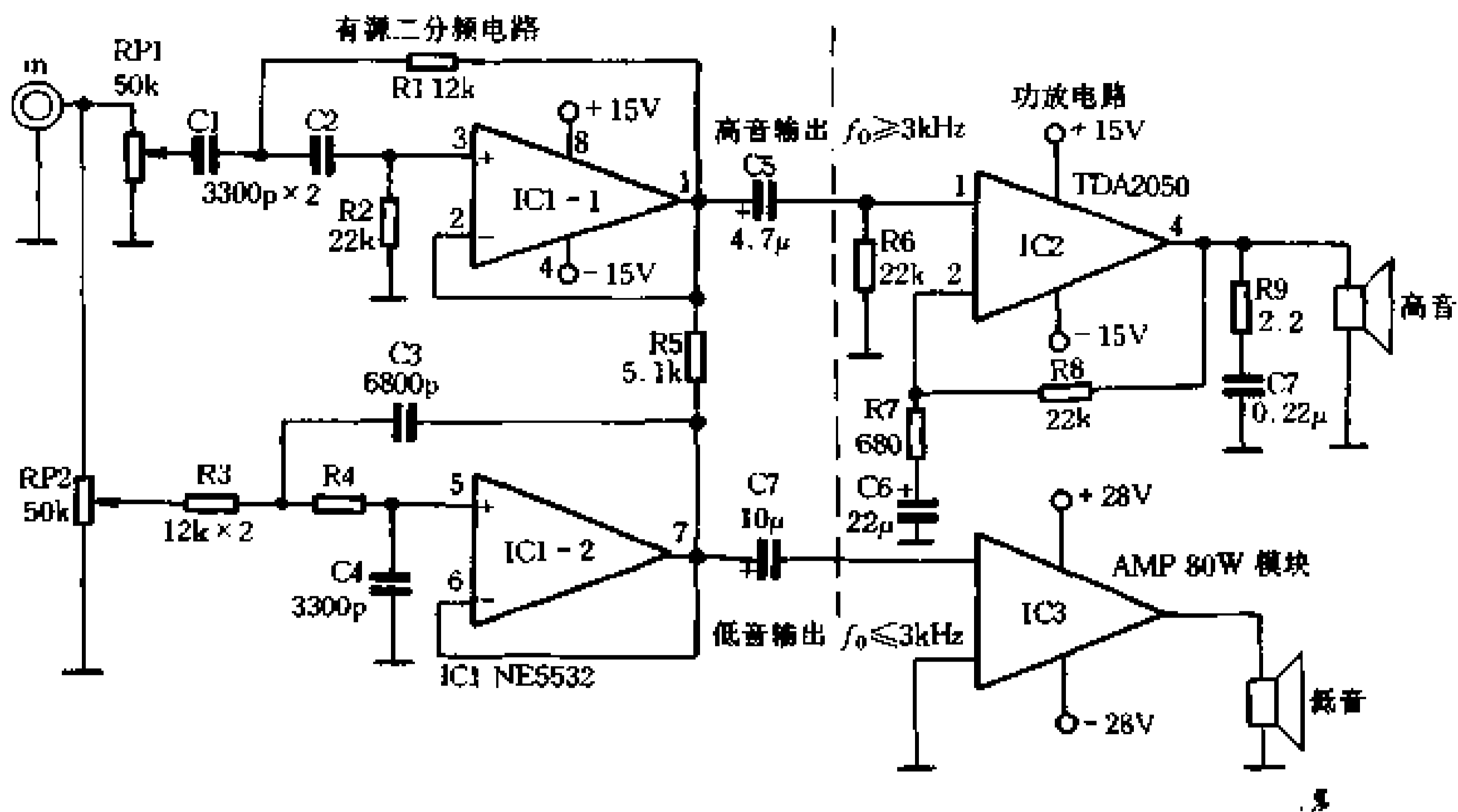


图 9-1

之，优质有源 RC 二分频电路中分频点的选择最好在 3000Hz。

(2) 功放电路

目前，被称得上 Hi-Fi “发烧” 级的功放集成电路很多，其中一部分外围厚膜功放集成电路有很好的性价比。和 Hi-Fi “发烧” 级有源 RC 分频电路相组合，可谓相得益彰，简洁至上，既能充分发挥厚膜功放集成电路的性能，又避免了厚膜功放带来的弊端，如：频带窄（和分立电路相比），功率小，高频特性略差等。因此，很适合这里做后级功放电路。作为业余 “发烧” 功放制作者，应尽量避免在选择器件上 “高档” 化，非名贵器件不选；在仿制方案上复杂化，非名厂家所设计电路不用。如果，在一块放大电路板上密密麻麻地装满了 “名厂名家” 的器件，若整机布局不好，很可能引来各种噪声，反而破坏了 Hi-Fi 功放的性能指标。

相比之下，在厚膜功放集成电路系列中，新型 “达华” 牌厚膜集成电路 AMP80W 低中高频特性较优，也较适合在这里作低频功放。该膜块内部末级电路采用了绝缘栅场效应管，因而具有电子管的电控特性。它具有输入阻抗高，失调电压低（30mV），中点零电位稳定性好，增益高（30dB），功率大（80W），频带宽（10Hz~50kHz），安装简便且无需加装绝缘片等诸多优点。电路参看图 9-1。

相比之下，在诸多系列功放集成电路中，高频单元功放电路应选用 TDA2050、TDA2040、厚膜块 STK4151 较好。这几种功放集成电路高频特性好，转换速率高，噪音也较低。因此，可以满足 Hi-Fi “发烧” 级高频功放的要求。相比之下，在这几种功放集成电路中，TDA2050、TDA2040 各项指标稍优，且外围电路元件少，安装更为简便。本文选用 TDA2050 作为高频单元的功放电路，使高音更具有魅力。TDA2050 是 TDA2040 的改进型产品，TDA2040 又是 TDA2030A 的改进型产品，它的各项指标明显高于 TDA2030A，音质是 TDA2030A 所不能比的。因此，一般情况下不可用 TD2030 或 TDA2030A 替代。TDA2050 和 TDA2030(A) 的应用完全相同。

(3) 电源电路

有一位 “发烧” 友曾撰文说过：一台 “发烧” 级功放机，电源器件成本应该占去整机价格的一半。可见，电源器件的重要性。的确，目前市场上流行的 “发烧” 级开关稳压电源，的确让许多 “发烧” 友过了一把 “发烧” 瘾。对于工薪阶层且又爱 “发烧” 的业余爱好者来说，没有开关电源甚至也没有 “环牛” 是否也可以 “发烧”？答案是肯定的。只要认真的选料和精

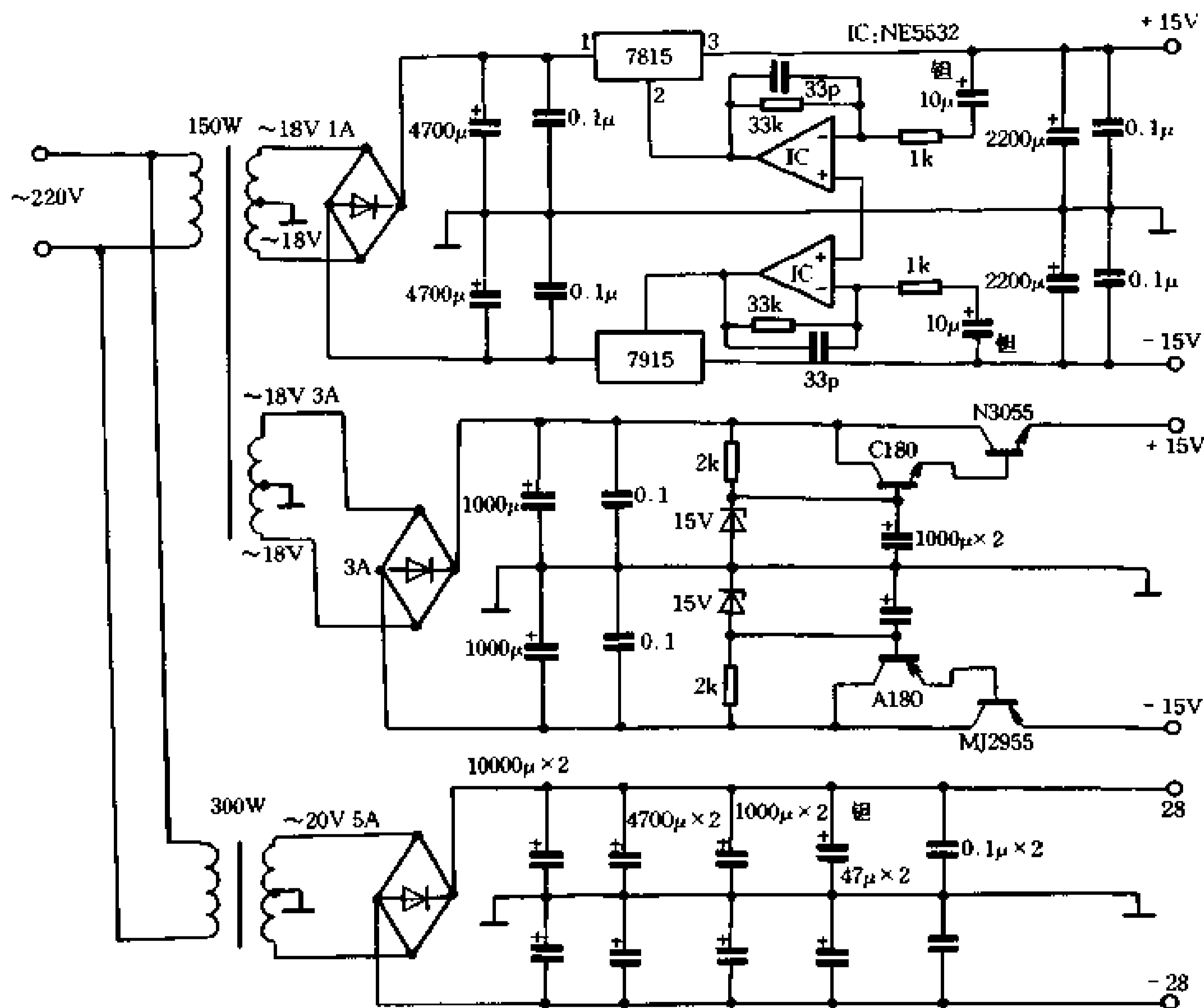


图 9-2

心制作,同样可以达到发烧的目的。如此:RC有源分频电路选用伺服电源电路供电,高音功放电路选用稳压电源电路供电,大功率低音功放电路选用桥式整流滤波电路供电即可,但一定要处理好地线的接地点,力争减少交流声,图9-2为本功放三组供电电路。

【元器件选择与安装】

本功放所有电阻可选用 $1/4\sim 1/2W$ 的金属膜电阻或质量好的碳膜电阻,小容量电容可选用进口聚丙烯或国产聚苯乙烯电容,耦合电容应选用音频专用电容,其它器件按图中要求选择。图9-3为NE5532

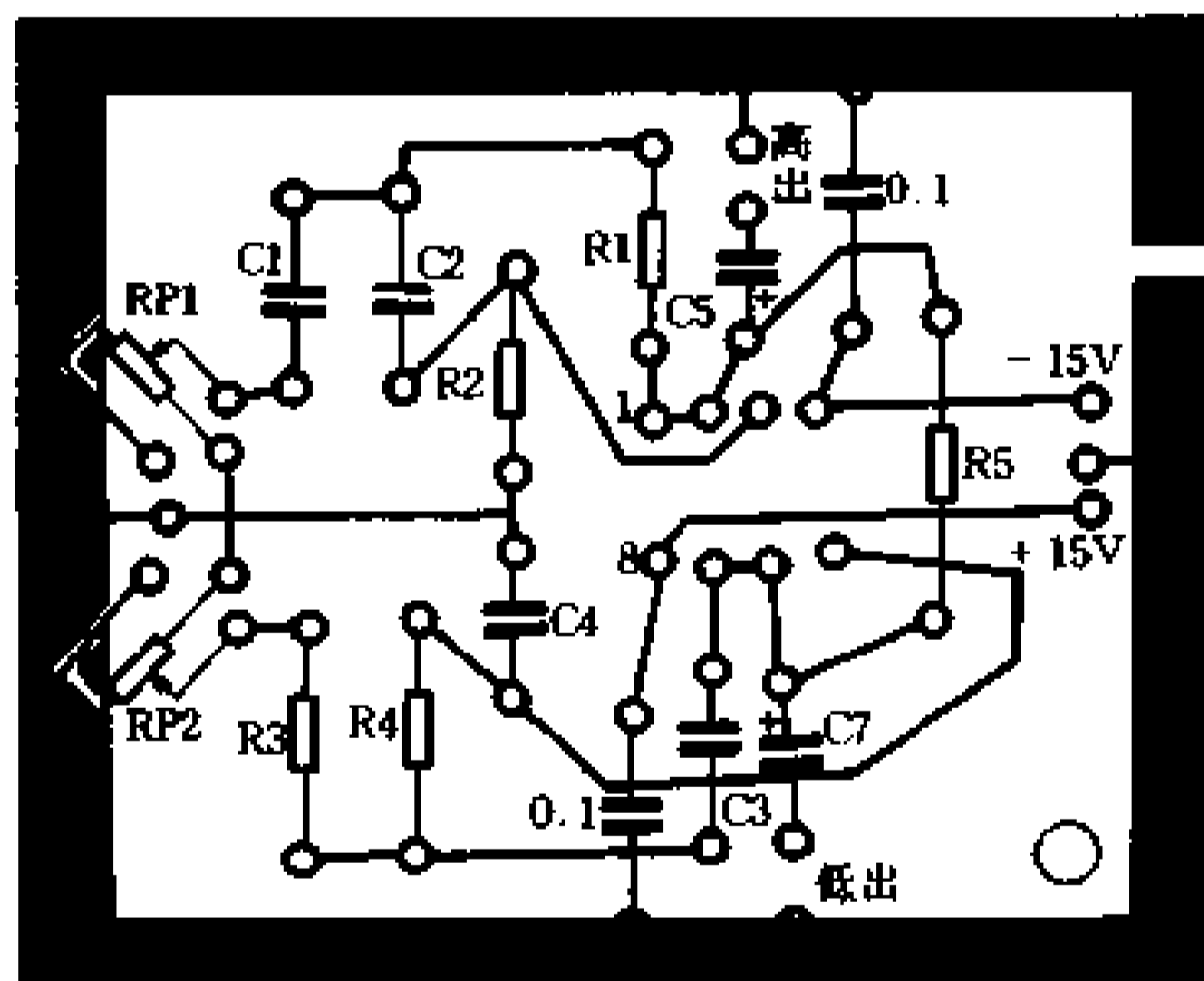


图 9-3

制作RC有源两分频电路印制板图。可以方便制作者配接不同的功放电路。

用这套放大器去推动惠威书架式音箱和用惠威专用LC分频器相比,其放音效果甚佳!

2. 两种有源二分频功放电路

采用有源分频器可以降低对功放带宽的要求;省去了大功率的LC元件;分频点也易于调整,且可以获得比功率分频更佳的效果。这里介绍两种有源二分频器电路。

如图 9-4 所示为有源一阶二分频器组成的功放电路。IC1、R1、R4、R3、C2 组成一阶低通滤波器，以便从输入信号 U_i 中分离出小于截止频率 f_{OL} 的音频信号。

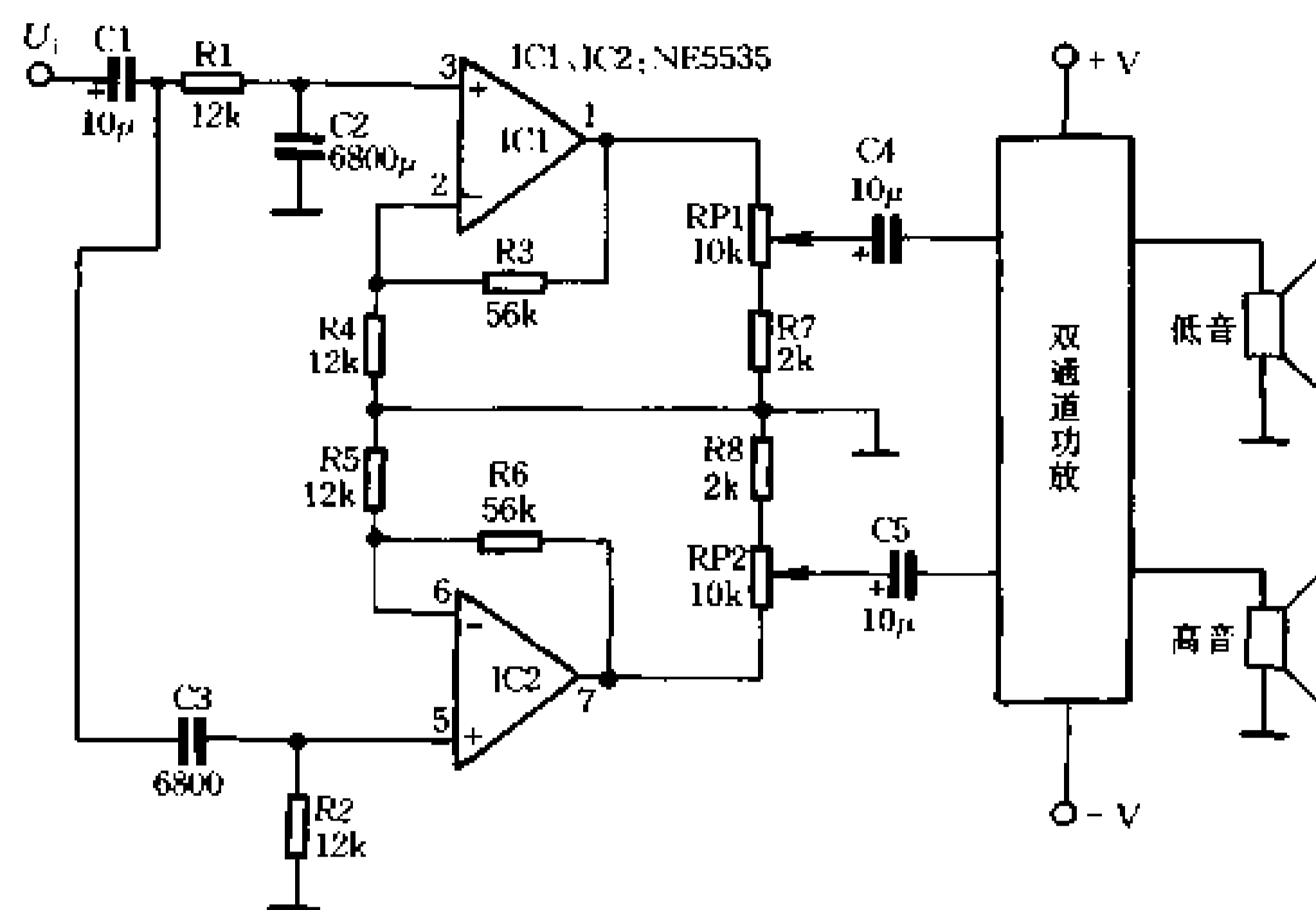


图 9-4

IC2、R2、R5、R6、C3 组成高通滤波器，从输入信号 U_i 分离出大于截止频率 f_{OH} 的音频信号。

该分频器由低通和高通两个滤波器并联而成，输入信号通过分频器后分成小于 2kHz 和大于 2kHz 的两个音频信号，分别供给双通道功率放大，再驱动低音及高音扬声器发声。C1 为隔直耦合电容，RP2 可作音调控制。这种分频器结构简单、工作稳定，分频点调整方便，装置容易，有一定放大倍数。缺点是最大衰减速率只有 $-20\text{dB}/\text{十倍频程}$ ，使高低音分离不够彻底；与无源分频器比较增加了一个功放通道。

图 9-5 为有源二阶二分频器组成的功放电路。与有源一阶二分频组成的功放比较，也是由

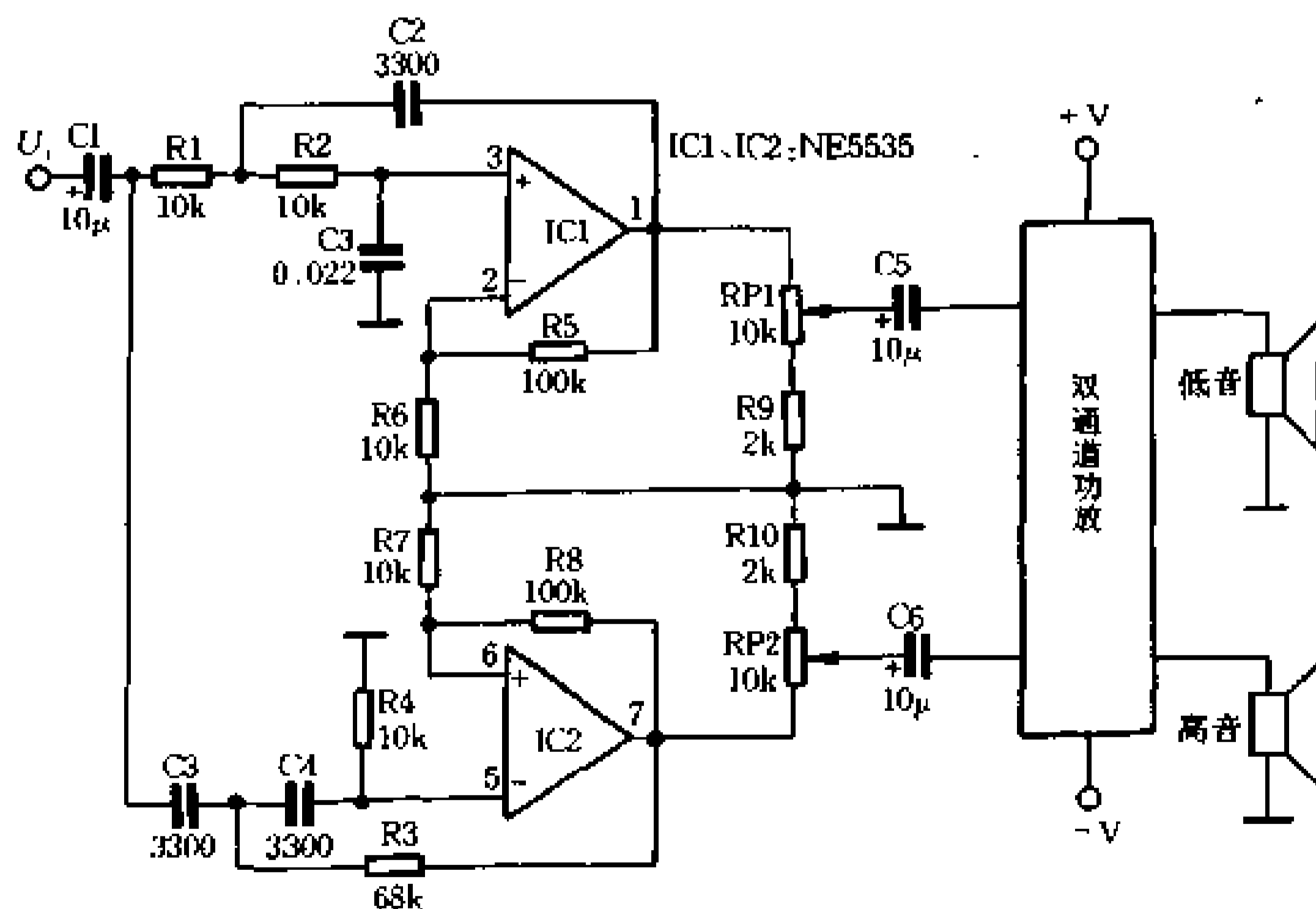


图 9-5

低通和高通滤波器组成，只是多用了一组 RC 元件，使最大衰减速率为一阶分频器的 2 倍，即达到 $-40\text{dB}/十倍频程$ ，使高低音分离更彻底。

该电路低通滤波器的截止频率 f_{OL} 为 1870Hz 。其品质因数 $Q \approx 0.77$ 。

高通滤波器的截止频率 f_{OH} 约为 1850Hz 。其品质因数 $Q \approx 0.72$ 。

根据最平坦 Butterworth 多项式可知，对二阶滤波器来说，当 Q 等于 $1/\sqrt{2}$ 时，系统有最平坦幅频特性，所以图 9-5 所示二分频器具有最平坦幅频特性。C1、RP1、RP2 的作用和图 9-4 中的对应元件相同。如果需要改变截止频率(分频点)，可调整有关元件的参数，必须保证 Q 等于 $1/\sqrt{2}$ ，以及较大的输入阻抗。

3. 高品质有源二分频恒流功放的制作

音响发烧友都知道，一般的功率放大器均采用末级 LC 分频，且均以固定电压方式驱动扬声器负载的。尽管晶体管功放由于电路和元器件不断发展完善，已达到极高的电气指标，然而主观听音评价总觉得有不尽如人意之处，其主要原因是：

(1) 末级 LC 分频无论如何精心制作，总消除不了由它带来的失真，且由于 LC 分频器中电感电阻的影响、低频阻尼不良。

(2) 负载扬声器是一个电感，其等效阻抗将随频率变化而改变，即使使用均衡器也难以精确抵消阻抗变化造成的失真。其次，扬声器工作时的反电动势对该类功放亦有较大影响，而扬声器线圈的驱动力主要依赖于线圈通过的电流，所以要准确控制扬声器振膜的移动，首先要控制通过线圈的电流。

(3) 功放均有负反馈回路，把反馈回路信号同流过扬声器线圈的电流变成线性关系，才能解决负反馈带来的瞬态失真。

基于上述原因，本文介绍制作的一款功放，使用二年来状况良好，令人满意。该功放采用有源二分频(电子二分频)，使互调失真大大下降，阻尼可分别控制，低频阻尼性能更加优良；另外，采用了新型恒流功放设计，彻底改善了电声系统的瞬态失真。

【电路原理】

如图 9-6 所示，分别为一阶 RC 无源二分频网络。

一个性能良好的电子分频器，除了失真、负荷、阻抗等常规指标外，还有很重要一点是必须考虑其衰减速率，速率是随分频网络阶数上升而上升的。一般来说衰减速率越大越好，这样能减少高音、低音的互相窜扰而带来的失真。但相移也随阶数上升而增大，通常相移越小越好。综上所述，普遍认为二阶分频稍好，图 9-7 为二阶高、低通滤波网络的振幅特性及合成后曲线。从图中可以发现合成后的曲线并非一直线，而产生一处凹陷。

为了解决此问题，可采用 RC 二阶有源滤波器，适当控制转折频率处的电压增益，便可获得一条良好的衰减曲线，——巴特沃斯曲线。

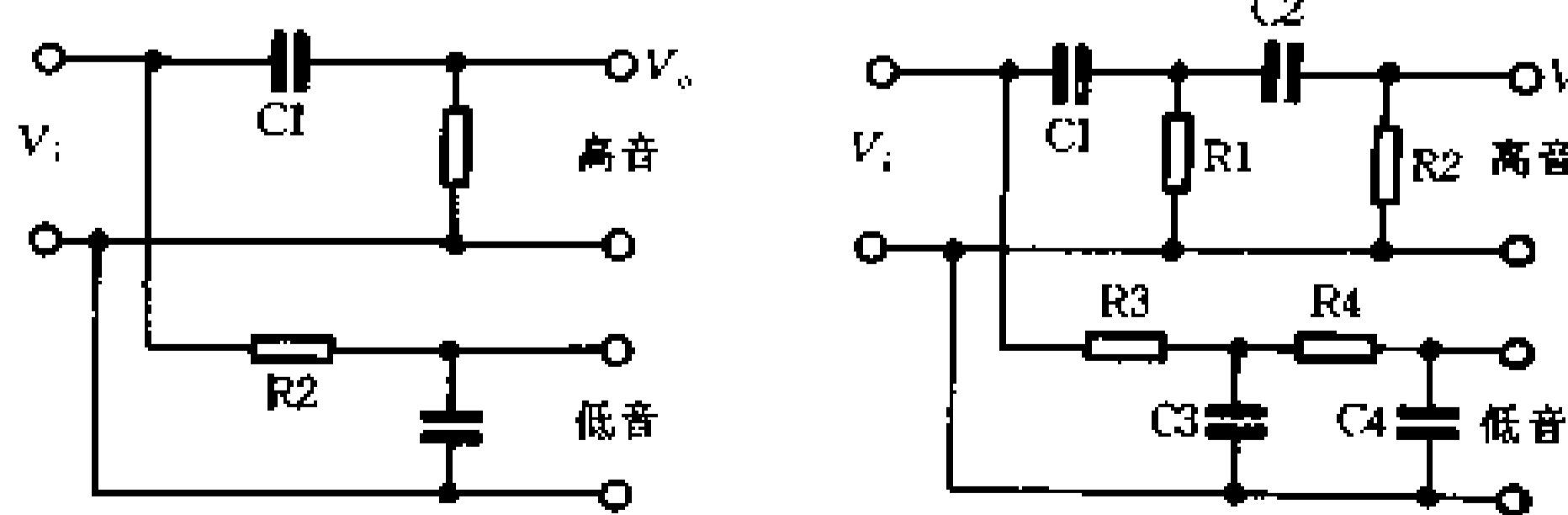


图 9-6

得一条良好的衰减曲线，——巴特沃斯曲线。

所采用的二阶 RC 有源二分频电路如图 9-8 所示，其中 C1 为运放负载，由于运放驱动能力所限，C1 不宜过大(不大于 $0.01\mu\text{F}$ ，一般可取 6800pF ，其中

$C_2=C_1/2; R_1=R_2=1/(\sqrt{2}\pi C_1 f_c); C_3、C_4$ 取 2200pF, $R_4=1/(2\sqrt{2}\pi C f_c), (C=C_3=C_4); R_5=2R_4; R_3$ 取 1~4k Ω 。

用线性元件电阻把流过扬声器线圈的电流取样反馈给功放输入端,使放大器以固定电流方式驱动负载,扬声器受电流控制发声,就能很好地解决功放内非线性失真与瞬态失真无法兼顾的问题。而一般功放以电压取样为负反馈信号,这样在克服线性失真与瞬态失真上不能兼顾,使功放限制了性能提高。恒压、恒流功放基本电路如图 9-9(a)、(b)所示。

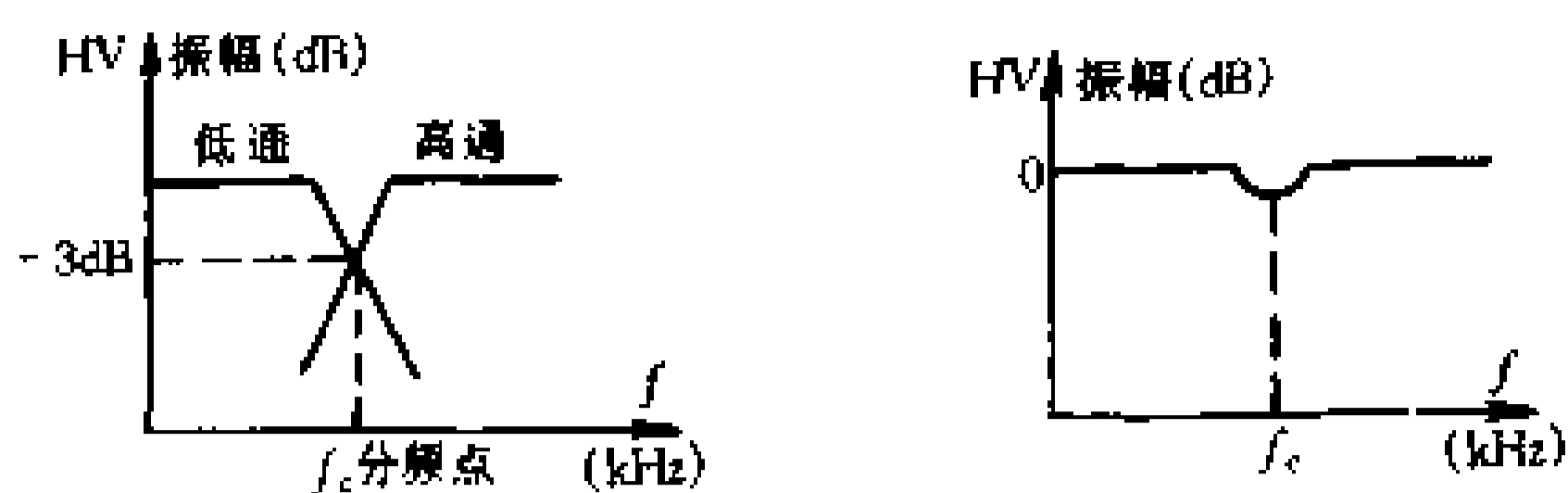


图 9-7

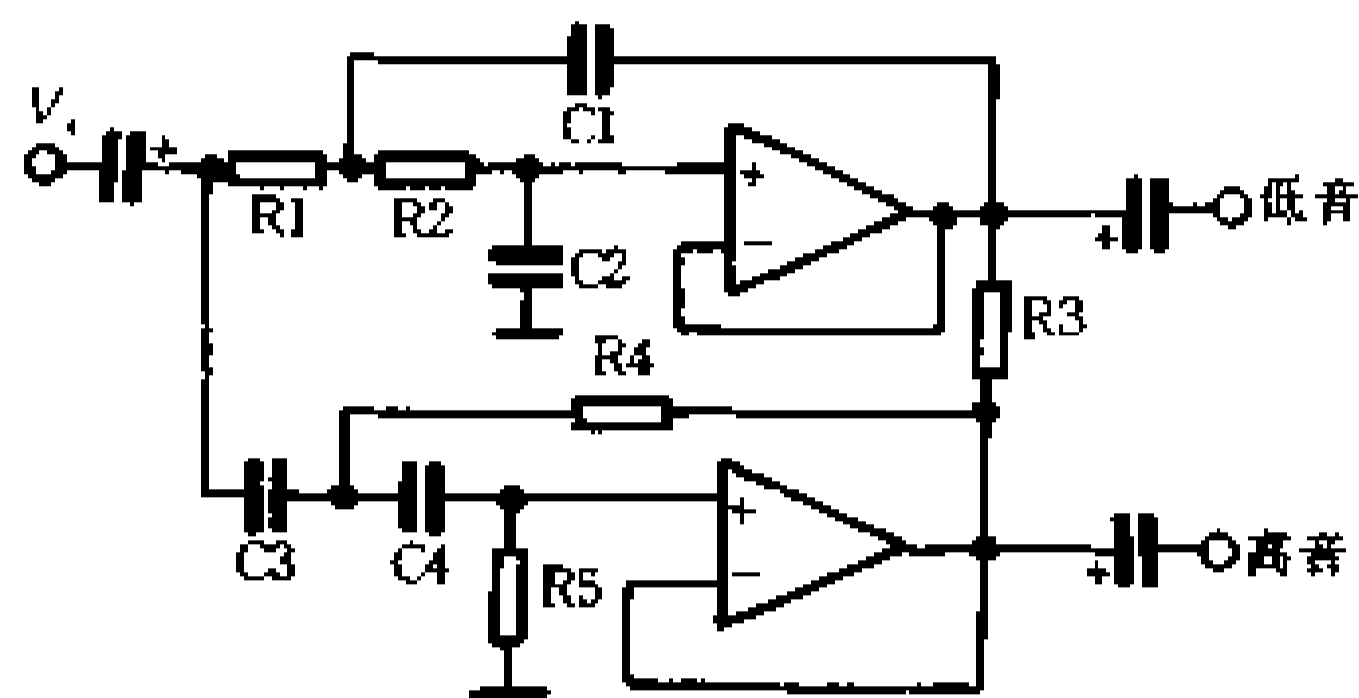


图 9-8

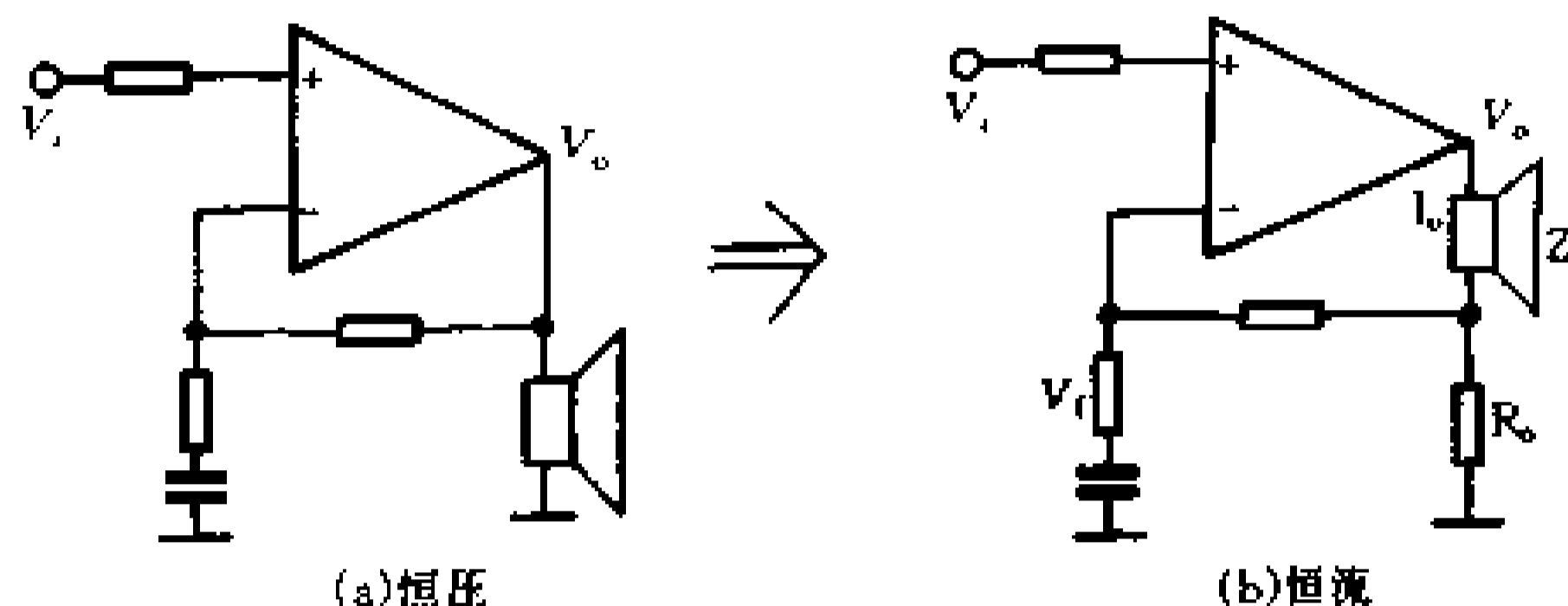


图 9-9

由图 9-9(b)可见,音圈电流 I_L 经 R_s 取样后,以反馈电压 V_f 的形式送到功放的负输入端,正输入端信号 V_i 受 V_f 控制经放大后送到扬声器上。由此可见, I_L 完全受 V_f 的控制,不受 Z_L 的影响,即使 Z_L 短接也不会造成过流过热现象。 V_f 与 I_L 为线性关系,没有相位差。同时,功放的输出电压、功率及增益随 Z_L 增大而增大,同电子管电路的输出负载特性一样,故该功放音质如同电子管功放一样,丰满厚实又清晰明快。

前级电子分频结合恒流功放电流,可谓珠联璧合,能充分发挥各自的特色,配置方法如图 9-10 所示。

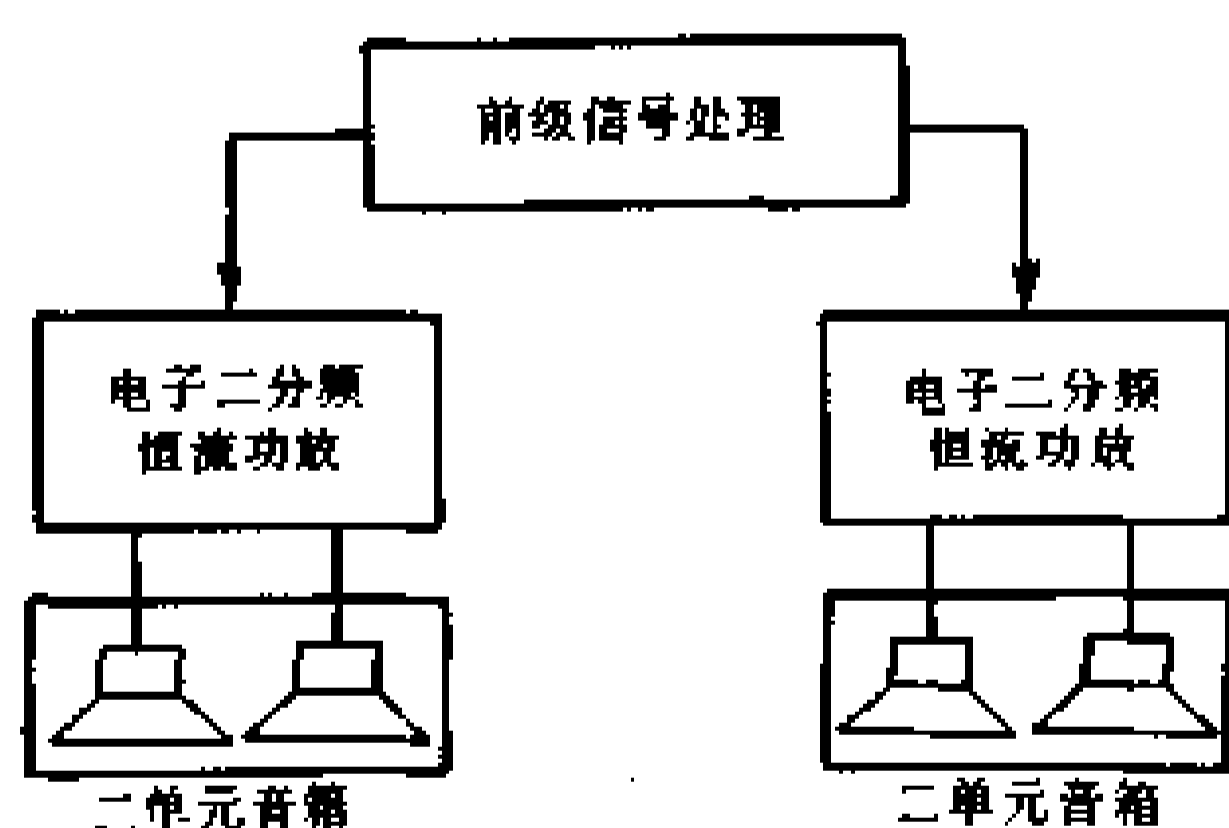


图 9-10

【元器件选择与安装】

用六、七年前流行一时的 TDA2030A 集成电路,制作得好可发挥其最佳性能,其音质非常出色。两年前制作的这一款功放,采用 TDA2030A,利用有源电子二分频,并设计成恒流功放(带直流伺服),其性能非常稳定,播放音乐时,比起使用典型接法其高中音更清晰透亮、低音强劲有力、厚实自然。电路如图 9-11 所示,其中只画出一个声道,另一个声道与之一样,分频点为 3.3k。

制作时,电路板可自行设计,所有电阻除标明外均采用 1/4W 金属膜电阻。直流伺服控制电路中的 IC 采用 TL082 或 NE5532 等运放。所有元器件焊接完毕,检查无误后,用导线短路输入端,通电后用数字万用表检测 TDA2030A 输出端直流电压,一般在 1mV 以内即表明工作正常,若输出端直流电压超出过多,毛病则出在伺服电路,应检查伺服电路,同时也要检查伺服运放及其输入端的两只二极管 1N4148。

相信此款功放的音色不会让你失望。

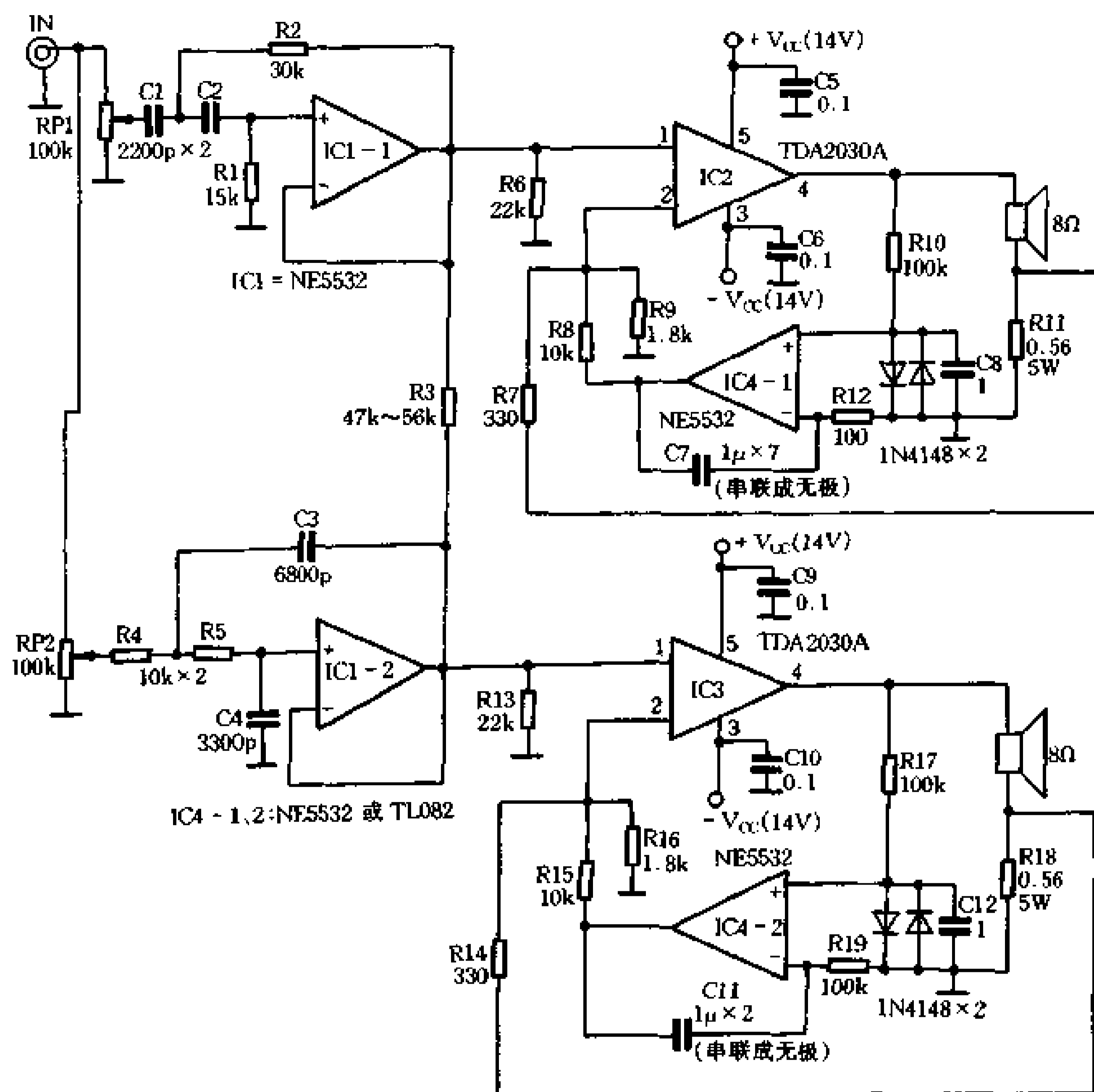


图 9-11

4. 有源电子三分频音箱

高品质功放集成电路的应用,不仅使 Hi-Fi 放大器的制作大为简化,同时也使越来越多的功放电路采用了电子分频方式。电子分频又称前级分频,其优点在于:由于扩音设备与扬声器之间不插入损耗大的 LC 元件,使得放音系统的阻尼因数获得改善,频率互调失真明显减小。在主观听觉上,电子分频的功放,放音时低音深沉,中音流畅,高音清晰,层次分明,解析力很高,令人有耳目一新之感。

电子分频也有缺点,那就是采用几路分频,扩音设备与扬声器之间就要有几对传输线,连接麻烦且凌乱。如何克服这一缺点呢?把功放与扬声器音箱合为一体,组成有源音箱是改善上述缺点的途径之一。这样的有源音箱使用灵活方便,可以简单便捷地与收音头、卡座、VCD 机组合在一起。

本文介绍的有源电子三分频音箱,有源器件有双运放集成电路各一只,电路简洁明了,而且具有音量、音调控制功能,调测容易,对业余音响烧友制作,无疑是很适合的。

【电路原理】

原理如图 9-12 所示。双运放的一半 1/2IC1 被接成跟随器的形式,它具有输入阻抗高,输出阻抗低的特点,在这里担任输入级。双运放的另一半 1/2IC1 构成负反馈式音调控制电路。电

位器 RP1 用来调节输入信号幅度，作音量控制器。电位器 RP2、RP3 分别用来调节高、低音。经音调控制电路输出的信号加到三路分频电路上。它由四组一阶 RC 网络组成。R10、C9 构成高通滤波器。分频点选在 1kHz 和 4kHz，衰减率为 6dB/oct。采用一阶 RC 分频网络，优点是电路简单、元件少、相位特性好，在分频点处的衰减只有 3dB，下陷谷度较浅，整个分频电路的幅度曲线比较平坦。分频后的高、中、低频信号加到单片功率集成电路 IC2 上，由其内部的三路功放分别放大后，再推动三只扬声器发声。

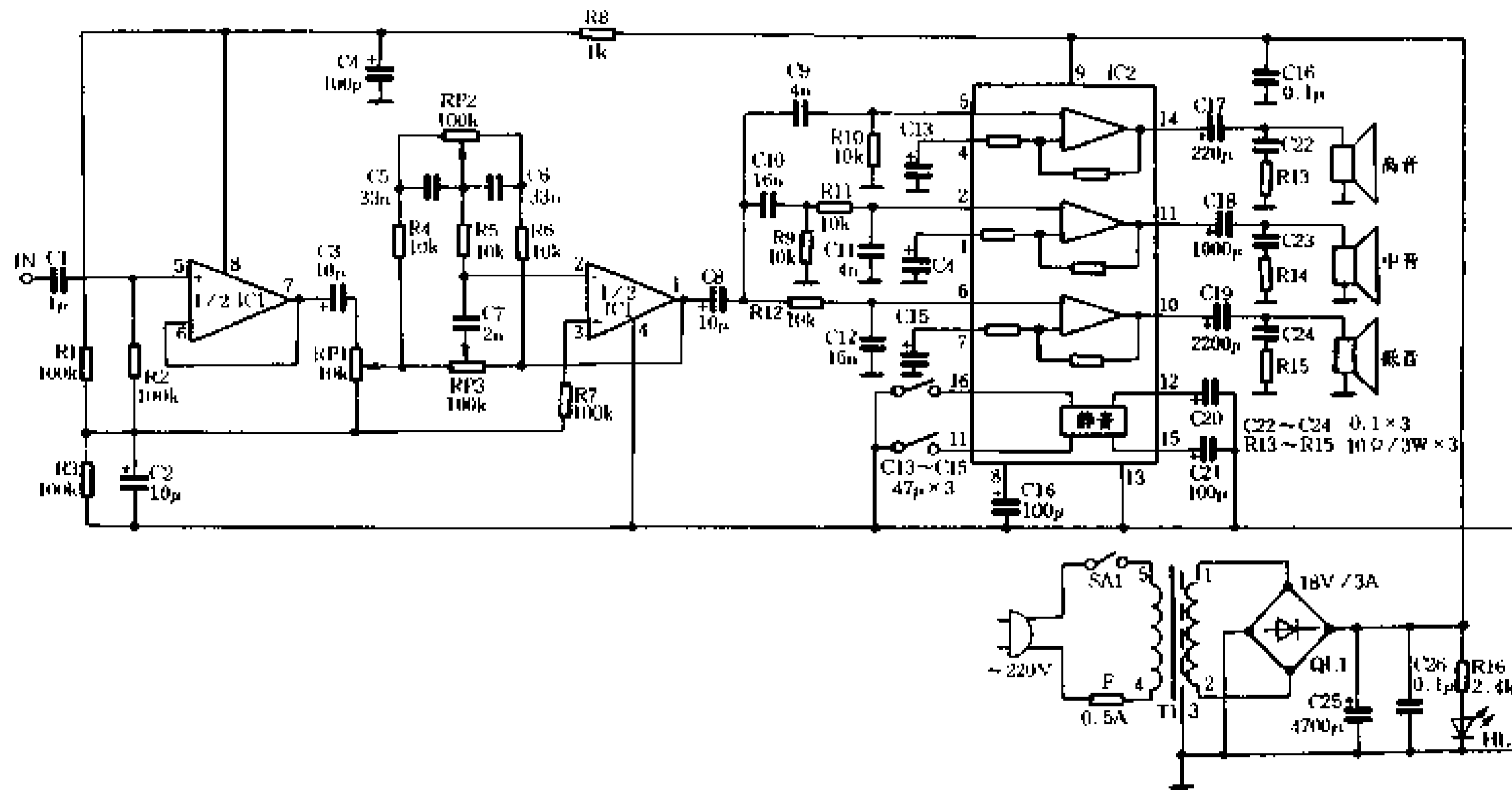


图 9-12

【元器件选择与安装】

双运放采用曾被誉“运放之皇”的 NE5532。现在尽管它已不再是顶级运放，但它仍以音色温柔、性价比高及市场易购等优点而受人们的青睐。如果有更高的要求，则可用 OP275、AD827 等新型号的双运放代换，将会有更好的表现。功放级采用东芝公司的 TA8218AH 单片功放集成电路。该集成电路为 17 脚单列直插塑封结构，它是为火箭炮大屏幕彩色电视机中的丽音系统开发的。集成电路内含三路功放电路，两路作主声道放大，一路作环绕声放大。内设置静音电路，由两只开关分别控制主声道和环绕声道的静音。它的工作电压范围很宽： $V_{CC} = 10 \sim 30V$ ，外围电路简单，装调容易，具有过热、过压、过流、输出短路等多种保护功能。TA8218AH 常用参数如表 9-1 所示。

表 9-1

项 目	测试条件	典 型 值	单 位
工作电压		20	V
静态电流	$U_o = 0 \quad I_o = 0$	90	mA
输出功率	THD=10%	6	W
	THD=1%	4.5	
输入阻抗		30	k Ω
电压增益	闭环	34	dB
总谐波失真	$P_{out} = 2W$	0.6	%

续表

项 目	测试条件	典 型 值	单 位
输出噪声电压	$R_g = 10k\Omega$ $BW = 20 \sim 20kHz$	0.3	mV
串音	双声道输入	-60	dB
静噪起控电压		3.7	V

本电路采用的三只扬声器均为南鲸牌，该扬声器音质好，品种多，在同类产品中价格低廉，乐于为工薪阶层烧友所接受。低音单元为8吋泡沫边的蓝霸低音扬声器，声誉颇佳；中音单元为5吋软球顶中音扬声器，型号为YDQZ10-8；高音单元为金色钛膜球顶高音扬声器，型号为YDQG20-8GJ。音箱采用倒相式，外形尺寸如图9-13所示，其高×宽×厚为530mm

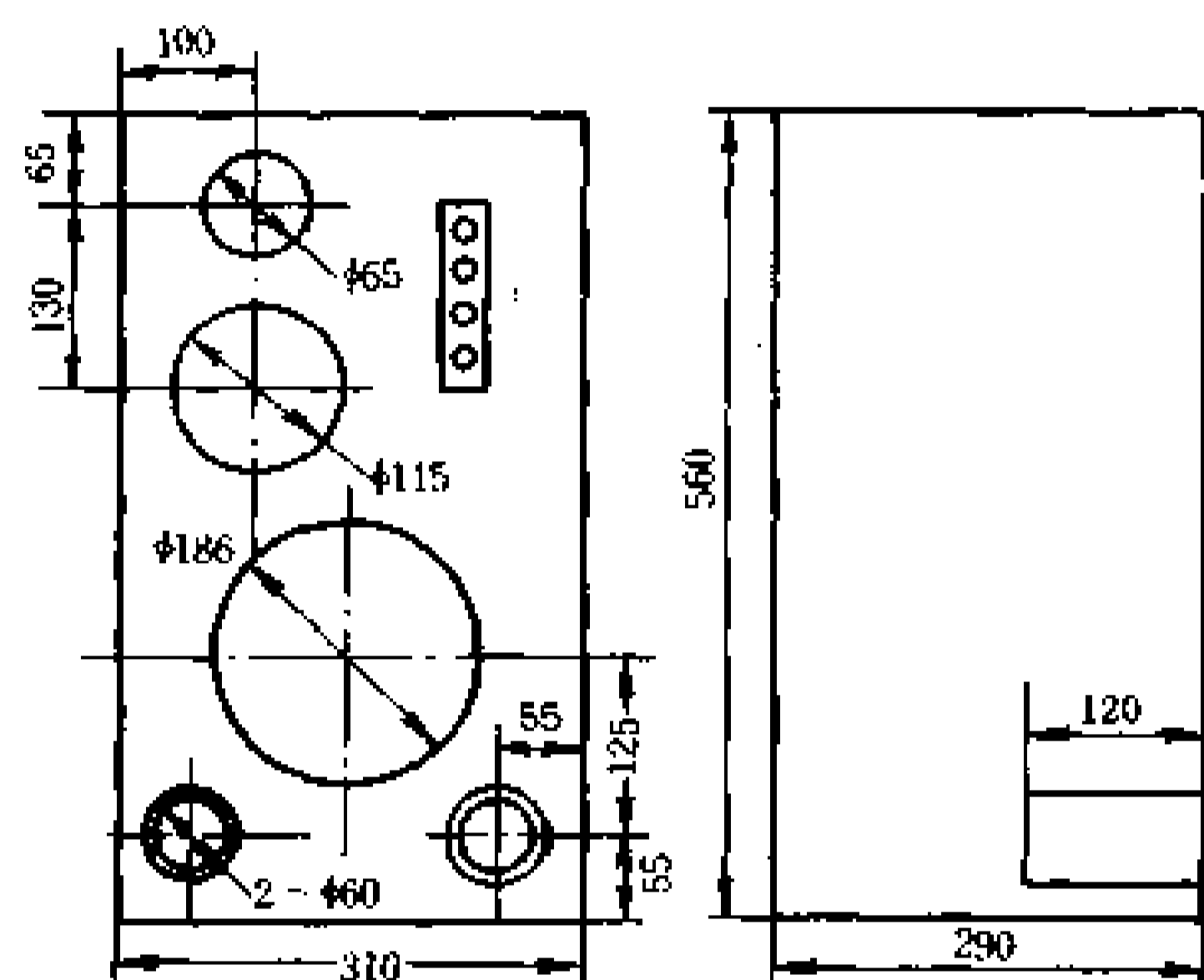


图 9-13

×320mm×29mm。箱体用15mm厚的中密板制造，用聚醋酸乙烯合成乳胶粘合。内壁铺一层30mm厚的涤纶棉，以防驻波干扰；底部装有四只橡皮底脚。音量、音调旋钮及电源指示灯装在面孔上；输入插孔、电源插头装在背板上。如音箱不便自制，也可用市售的三分频音箱改造。改造时只需将音箱内的LC分频器拆掉，而将放大板及电源变压器装入箱内即可。

电源为工频变压器降压整流滤波方式，其变压器应有足够的容量，铁芯用CD16mm×32mm×40mm，功率为70W。变压器初级用Φ0.38mm漆包线绕1170匝；次级用Φ1.2mm绕106匝，

初、次级间加绕一层屏蔽。HL1为发光二极管，作电源指示灯用。

本音箱最大不失真功率为6W×3，足以满足一般家庭欣赏音乐之用。两只相同的有源音箱即可组成立体声放音系统。

5. 自制小功率电子三分频有源音箱

本文介绍的小功率电子三分频有源音箱，具有小巧灵便和音质优良等优点，很适合居室不宽的音乐爱好者使用。

【电路原理】

如图9-14是单个声道的功放原理图。在该电路中，IC2与IC4分别同四个阻容元件构成二阶有源滤波的高、低通两个音频通道。IC3接成反相器，从IC2、IC3、IC4输出端同时取样得到的一倍音频电压信号经过低噪声、高β值三极管9014混合放大后，由射极输出与输入信号相位相反的中音频段电信号。由于电路中高、中、低音频区间的上、下交叉频率分别设定为7.5kHz与1kHz，其高、中、低三个通道对应的单元放大器在总的音频输出功率中所占的比例近似等于25%：25%：50%，所以特选择一只上限截止频率高达120kHz的优质小功率双功放集成电路IC5 TDA2822来分别担任高、中频放大而低频单元放大采用一只TDA2822双功放IC6接成BTL输出方式来独立承担。这样，在整个功放电路使用12V直流稳压电源、三单元扬声器阻抗均为8Ω时，单个声道在失真不大于0.5%条件下，总的额定输出功率可达

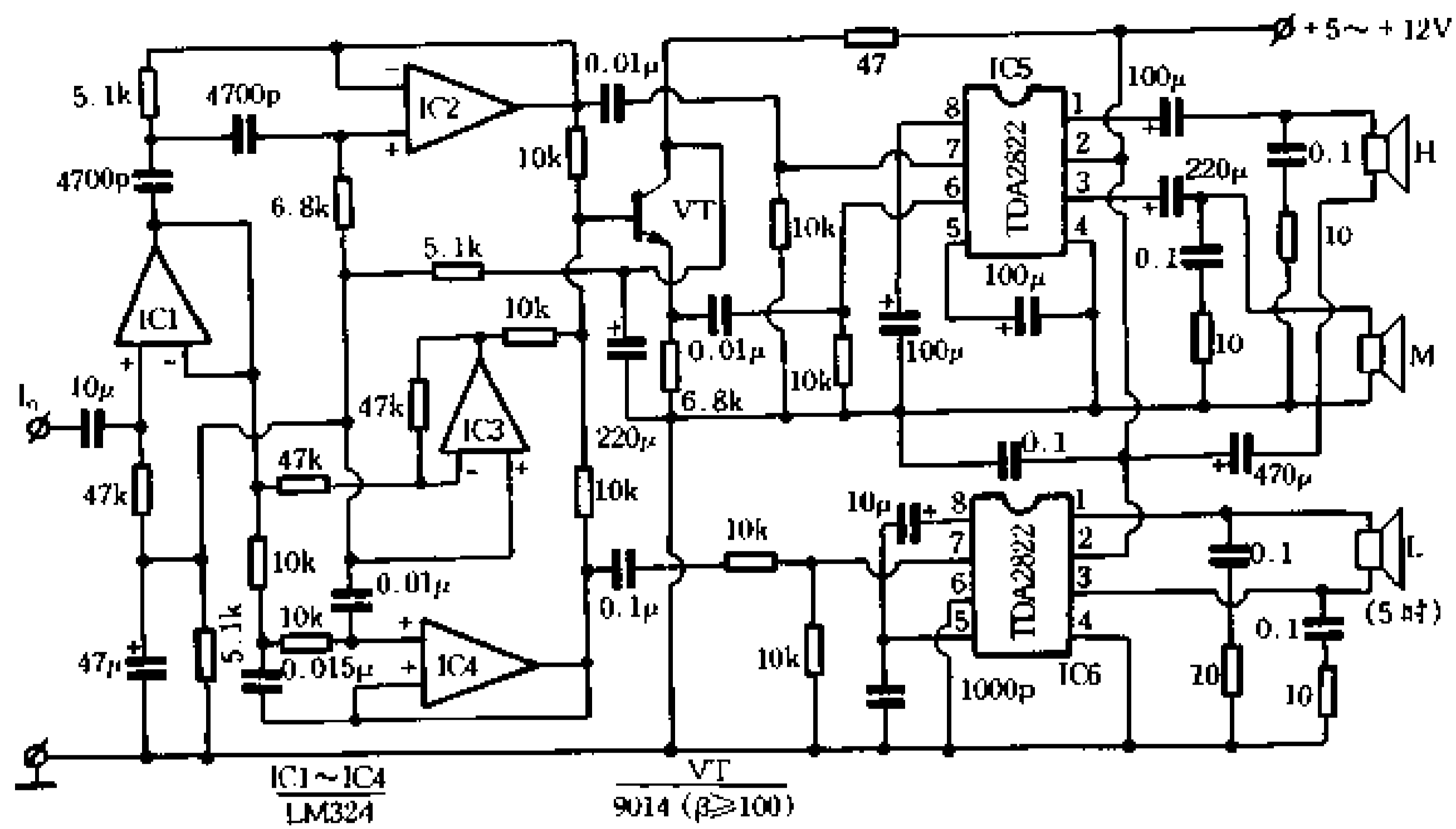


图 9-14

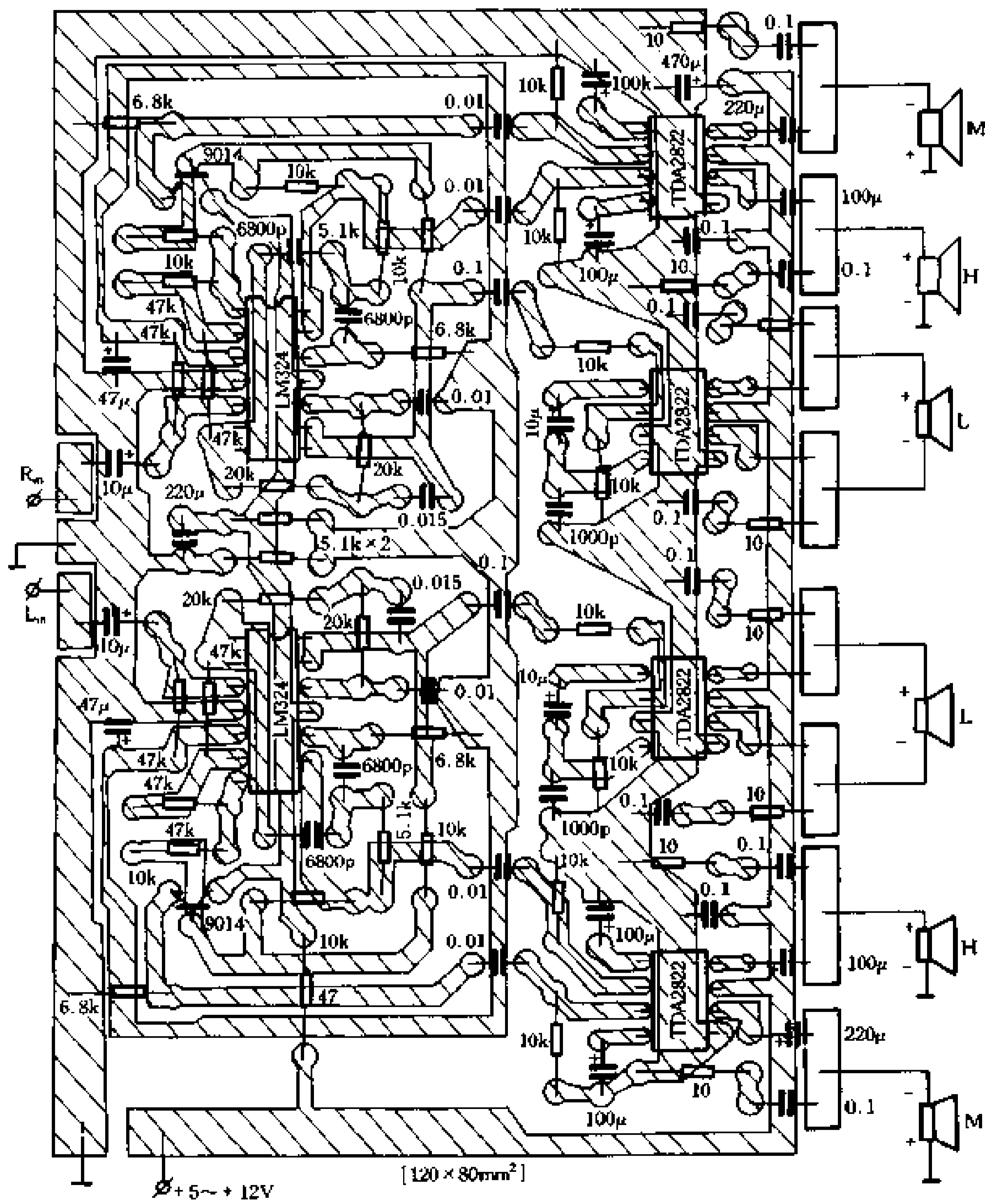


图 9-15

0.8W；而在功放 IC 加装散热器的情况下，单个声道总的额定输出功率最大可达到 2W（此时的线性失真约为 5%）。

如图 9-15 所示，左右两个声道的功放电路都安装在一块长宽尺寸为 120mm×80mm 的印制电路板上。只要所用的元件可靠，焊接无误及保证电路中的 10kΩ 电阻互差不超出±0.1kΩ，47kΩ 电阻互差不超出±0.5kΩ，功放板即可正常工作。

试验证明：该电子三分频功放电路在采用 5 英寸泡沫边纸盆扬声器作低音单元，2.5 英寸普通纸盆扬声器作为中音单元，2 英寸纸盆高音扬声器作为高音单元，具有较佳的还声质量和最高的性能价格比。需要说明的是，中音单元扬声器安装在音箱上之后，还必须为它制作一个密封箱（参见图 9-16 音箱结构示意图（b））。可用一只口径比中音扬声器外径略大一点的金属杯子从扬声器后面将其盖住，并同时把它固定在音箱前板内壁上。

【元器件选择与安装】

（1）音箱采用半封闭、半倒相式结构，容积介于标准封闭式音箱容积与标准倒相式音箱容积之间，且要求不很严格。只要箱体内长宽高三个尺寸不成互约关系，譬如为 1.3：1：1.7，一般都可以按照实际使用的扬声器外形尺寸来自自己确定整个箱体的结构尺寸。倒相孔直径也可以按照“美观要求”大致确定出来。

（2）如图 9-16 将功放电路安装在其中一只音箱内的侧板上，给功放板供电的电源变压器

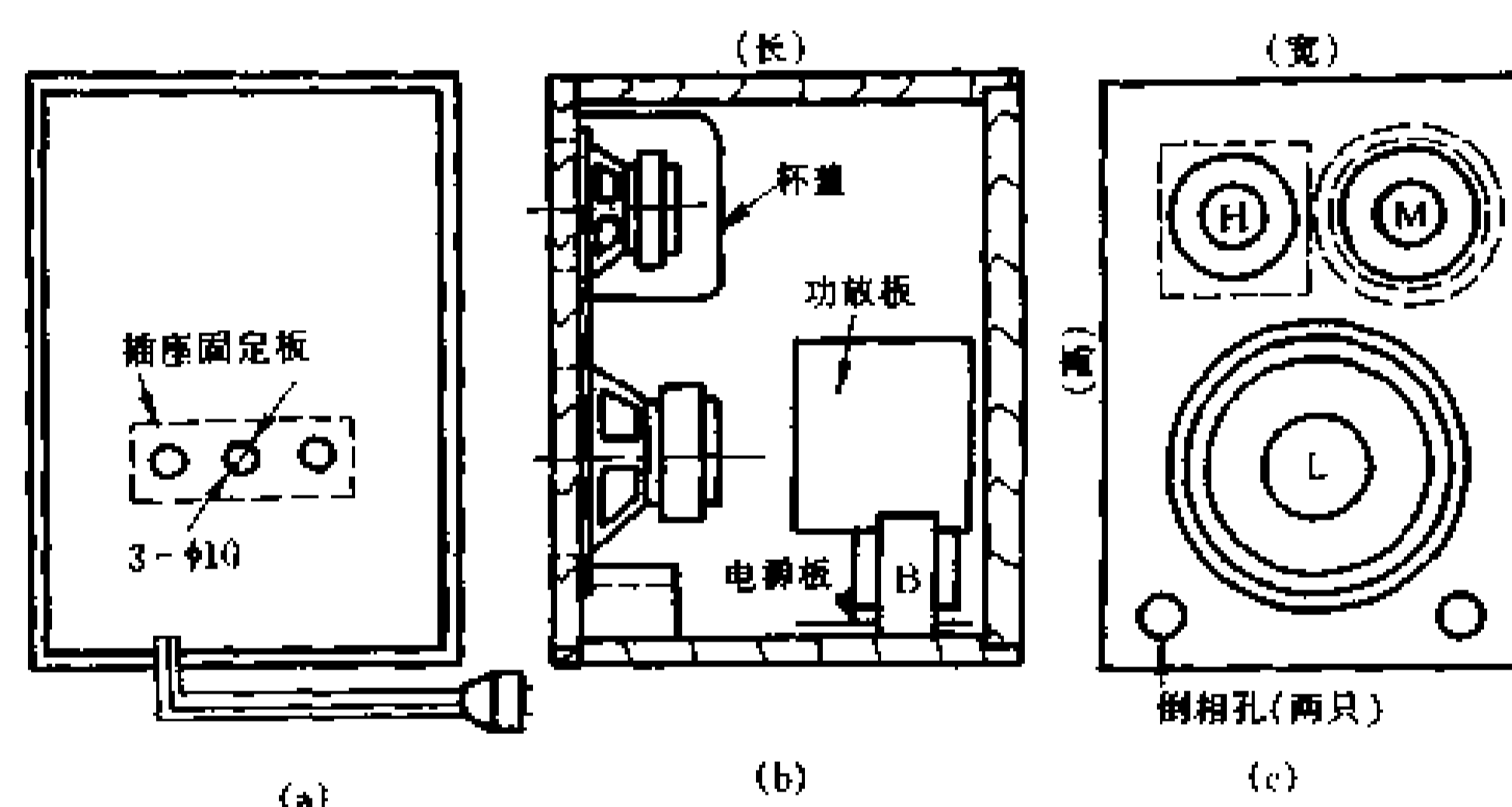


图 9-16

与整流电路板安排在同一音箱内的底板上。所用的电源变压器容量不应低于 8VA，其次级输出电压为 15~16V。之后，再采用典型全波整流电路和全桥整流电路与一只三端稳压集成电路 7812 构成 12V 输出的直流稳压电源。作为滤波储能作用的电容器，要求容量不小于 2200μF。三端稳压 IC 需另配一块尺寸不小于 40mm×50mm×0.5mm 的铝板作为散热器。

（3）功放板上一个声道的三单元放大器输出端，直接用导线同箱内对应的三只扬声器相连接。分别用约 0.3m 长度的塑胶线把另一个声道的低音放大器两个输出端与一只 Φ2.5 插座相连接，把中、高音两个放大器输出端与一只 Φ3.5 立体声插座的两个动触头相连接。该立体声插座的公共插孔与电源负极相连接。再用一根约 0.3m 长的三芯屏蔽线把功放板左、右音频输入信号端按照标准方式与一只 Φ3.5 立体声插座连接好。然后，把已焊好连线的三只插座先安装在一块厚度为 1mm 的胶合板上，再将它们对准音箱后板已对应打好的插孔位置，用木螺钉将其固定在音箱后板内壁上。

（4）另一只音箱内部不安装电路板，只须注意把中、高音扬声器的安装位置与另一只音箱保持左右对称。然后，用 5 根长约 2.5m、编织在一起的塑胶线把该只音箱中的三只扬声器线引出箱外，分别在低音扬声器连线上接一只 Φ2.5 插头，在中、高扬声器连线上接一只 Φ3.5

立体声插头。请注意在焊接扬声器连线的过程中不要把扬声器极性弄错。

6. 电子三分频功放的制作

传统的音箱大多采用的是 LC 功率分频器，它的缺点是显而易见的，即由 L、C 等元件产生的相移和误差都要较大(即使制作再精良的 LC 分频器也很难消除相移和误差)。使音质受到了一定程度的影响，同时使层次、定位及高低频的延伸也受到了一定的限制。尤其对焊机派的发烧友来说，若无测量条件，仅凭主观听音，要想将 LC 功率分频器调试准确，的确有很大难度。基于上述原因，本文介绍自制的一台电子分频功率放大器。该功放在前级插入了由三阶巴特沃斯 RC 滤波器组成的电子分频器，后级功放由三个独立的立体声放大器来对高、中、低音分别进行功率放大。电路如图 9-17 所示(本图只画出了一个声道的电路)。

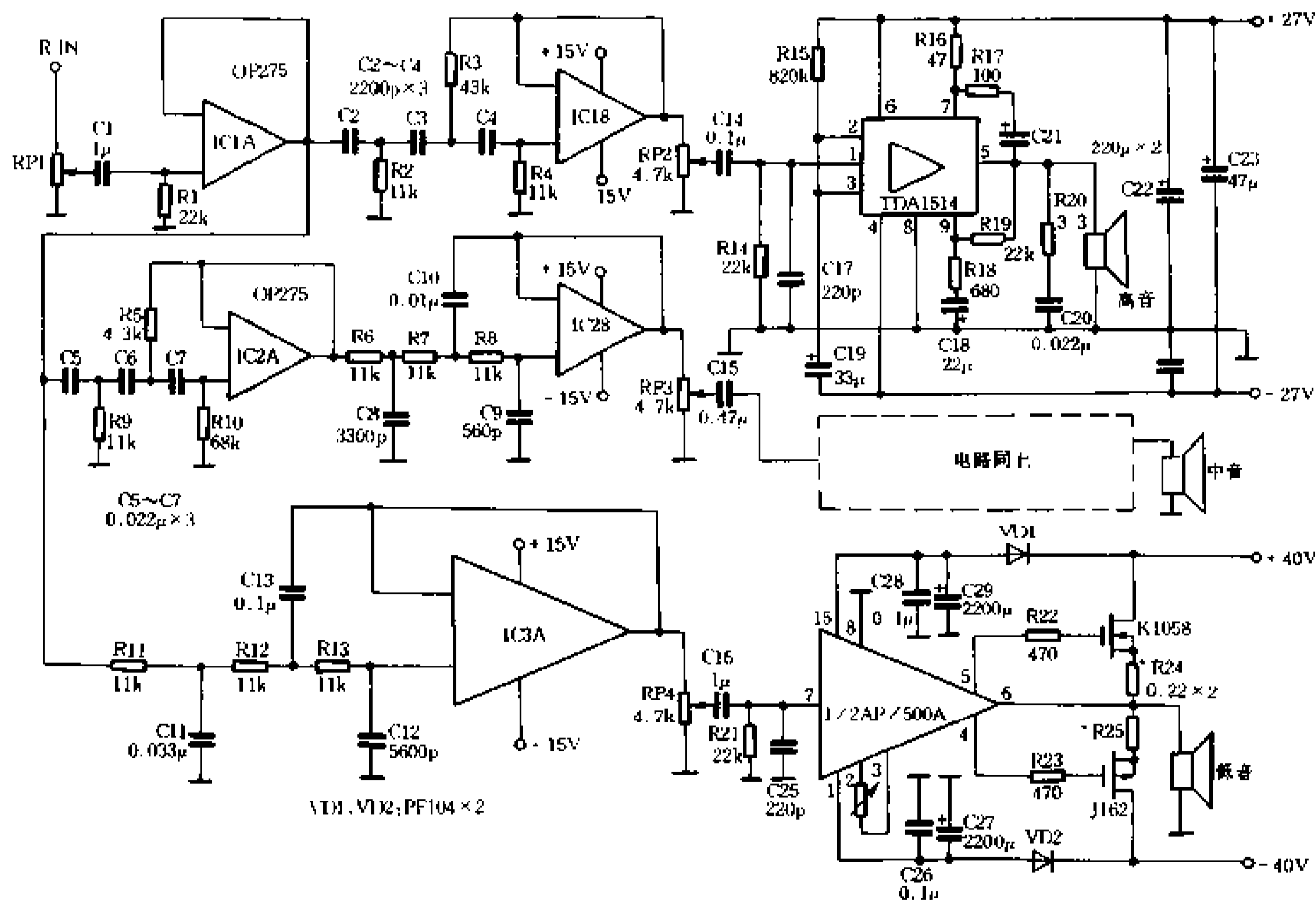


图 9-17

这种功放所接的音箱不再需要 LC 分频器来分频，且具有先天的优势。RC 电路的分频精度、相移等指标较高，计算值与实际值重合极好。高、中、低彻底分道。消除了功放与扬声器间存在损耗较大的电感，这对声音的再现极为有利，尤其在声场塑造、空气感、声像聚焦等方面较 LC 功率分频器有明显的提高，采用此方式，虽然成本较高，但调试极简单。这对焊机派的发烧友来说，的确是明智的选择。

在这台功率放大器中，对前级 RC 电子分频器来说，应尽量选用优质元件来装配。本文采用的运放型号是 OP275，小容量电容全部采用飞利浦高精度、低噪声电阻。若有条件，也可采用英国 HOLCO 电阻，效果会更好。

低音通道以 AP/500A 为核心，以推动两只大功率场效应管 K1058、J162 来完成对低频信号的功率放大。AP/500A 是一个高性能 DC 功放驱动器。它的工作比较稳定，在电源电压为 $\pm 14V \sim \pm 60V$ 时，输出零漂移电压一般不会超过 $90mV$ ，失真度也极低，不大于 0.2% 。因

它属于 DC 放大形式，能够获得很好的低频特性，尤其和具有电子管特性的 VMOS 场效应功率管配用，能够充分地发挥 VMOS 管 DC 功放特有的低音强劲有力的特点。中、高频信号的功率放大各由两只 TDA1514 来担任。该 IC 是一块专门为数字声源设计的高保真单声道功放集成电路，性能十分优异，且具有比较完善的静噪、过热、输出短路保护电路。外围简单，免调试。它可为 8Ω 负载提供 40W 的输出功率，因此，用它来担任中、高频信号的功率放大是比较理想的。

该功放共有三组电源，前级 RC 电子分频器单独使用一组 $\pm 15V$ 伺服电源。低音通道单独使用一组 $\pm 40V$ 电源。中、高音通道共用一组 $\pm 27V$ 电源。

该机完成后，连接爱特 CD-2213HR 型 CD 机，自制银笛三分频封闭落地音箱试听，顿时体会到雷霆万钧和万籁俱寂的感觉。高频的解析力，中频的质感及融和度均非常好，尤其是低音的强有力，毫不拖泥带水，令人非常满意。

7. 发烧三板斧 Hi-Fi

焊机之路延伸到现在，许多的发烧友已不满足简单的换电容、摩运放……，他们希望从更好效果上改善原有系统的音质。

不少的发烧友都知道，Bi-Wiring(双线分音，如图 9-18 所示)，较单线接法音质好的原因在于高音和中低音信号在喇叭线中分道扬镳，互不干扰，仅在喇叭线中分隔高低音便有如此效果。那么使用多个放大器，分别放大高中低音信号又如何呢？其实，在东邻日本，不少有名的大发烧友早已采用这种前级分音，多放大器的工作方式，抛弃了相移大、损耗大、难以调试的功率 LC 分频器，其优点不言而喻。

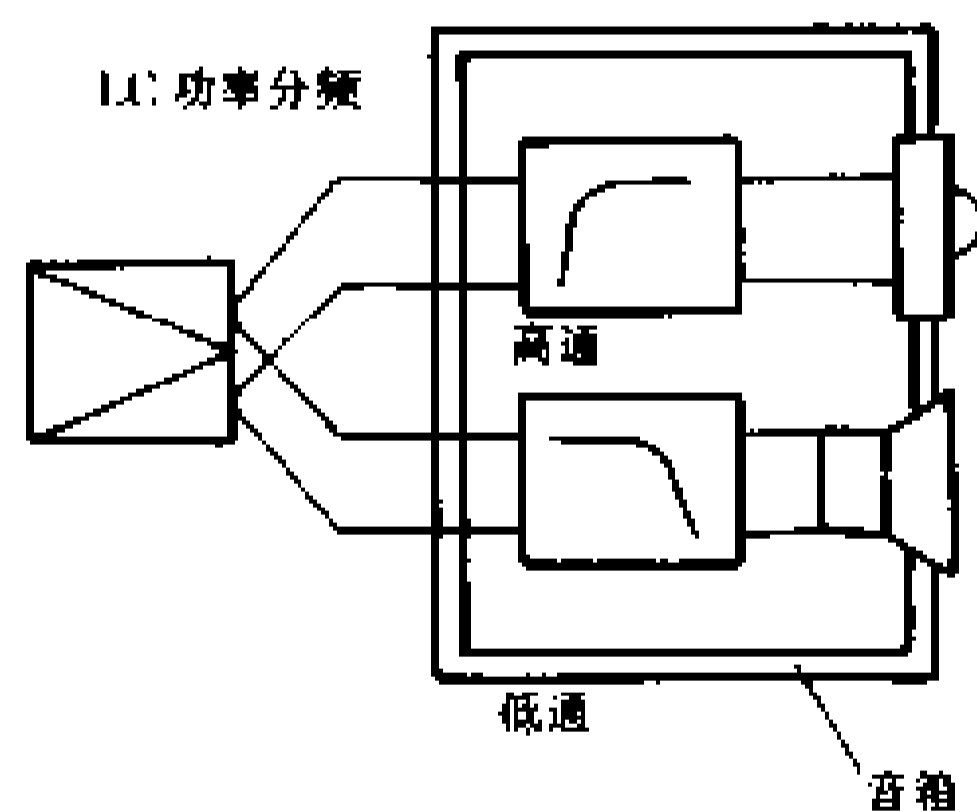


图 9-18

如图 9-19 所示为前级分音功放板(此图为三分频，二分频型则无中间的 RC 带通滤波器和中音功放，高低通滤波器参数相应不同)。此图电路的突出之处在发烧三板斧：第一斧，使用 RC 有源分频器前级分音方式的分频精度、相移等指标都较 LC 功率分频有数量级的提高；尤其其计算值与实际值重合很好，因此几乎可以免调试。第二斧，电流负反馈加 DC 伺服功放，电流负反馈方式能对扬声器单元的阻抗变化自动补偿，其音色晶莹剔透，颇具胆味。第三斧，使用音质早有定评的器件，RC 有源滤波器和 DC 伺服电路都有用富有音乐味的运放新贵 OP275；低音功放用美国 NS 公司 Overture(序曲)系列最高级的 LM3886，层次清晰，动态凌厉，高中音功放同为该公司的 LM1875，其音色自然流畅、深得人心。除以上三板斧外，电路在一些细微之处也毫不含糊，如高低音功放的电源彼此独立，以避免串扰。

这台集诸多发烧精华为一身的前级分音功放听感如何呢？本文将它与价格近六千元的天龙 AV200G 作了对比。信源为飞利浦 VCD928 转盘+雅格美 V1·1 解码器，音箱为 BOSTON VR30，将分频器拆出箱外以利接线。先听天龙 200G，音色润泽丰厚，解析力较普通功放为高，但驱动 VR30 这样一对中型落地音箱时，略显底气不足，力度和控制力不能令人满意。再听图 9-19 的电路，第一印象是极好的解析度和声场创造力，虽霸气内敛但动静转瞬过渡的控制能力给人以干净利落之感。这种阻力上的明显优势主要源于两点：一是功放为电流负反馈加 DC

伺服功放，电流负反馈方式能对扬声器单元的阻抗变化自动补偿，其音色晶莹剔透，颇具胆味。第三斧，使用音质早有定评的器件，RC 有源滤波器和 DC 伺服电路都有用富有音乐味的运放新贵 OP275；低音功放用美国 NS 公司 Overture(序曲)系列最高级的 LM3886，层次清晰，动态凌厉，高中音功放同为该公司的 LM1875，其音色自然流畅、深得人心。除以上三板斧外，电路在一些细微之处也毫不含糊，如高低音功放的电源彼此独立，以避免串扰。

伺服工作方式；二是功放与扬声器间去掉了有明显损耗的 LC 分频器。从总体上看，后者的表现远远超出天龙 2000G，这便是工作方式先进性的体现，是发烧新境界的魄力。

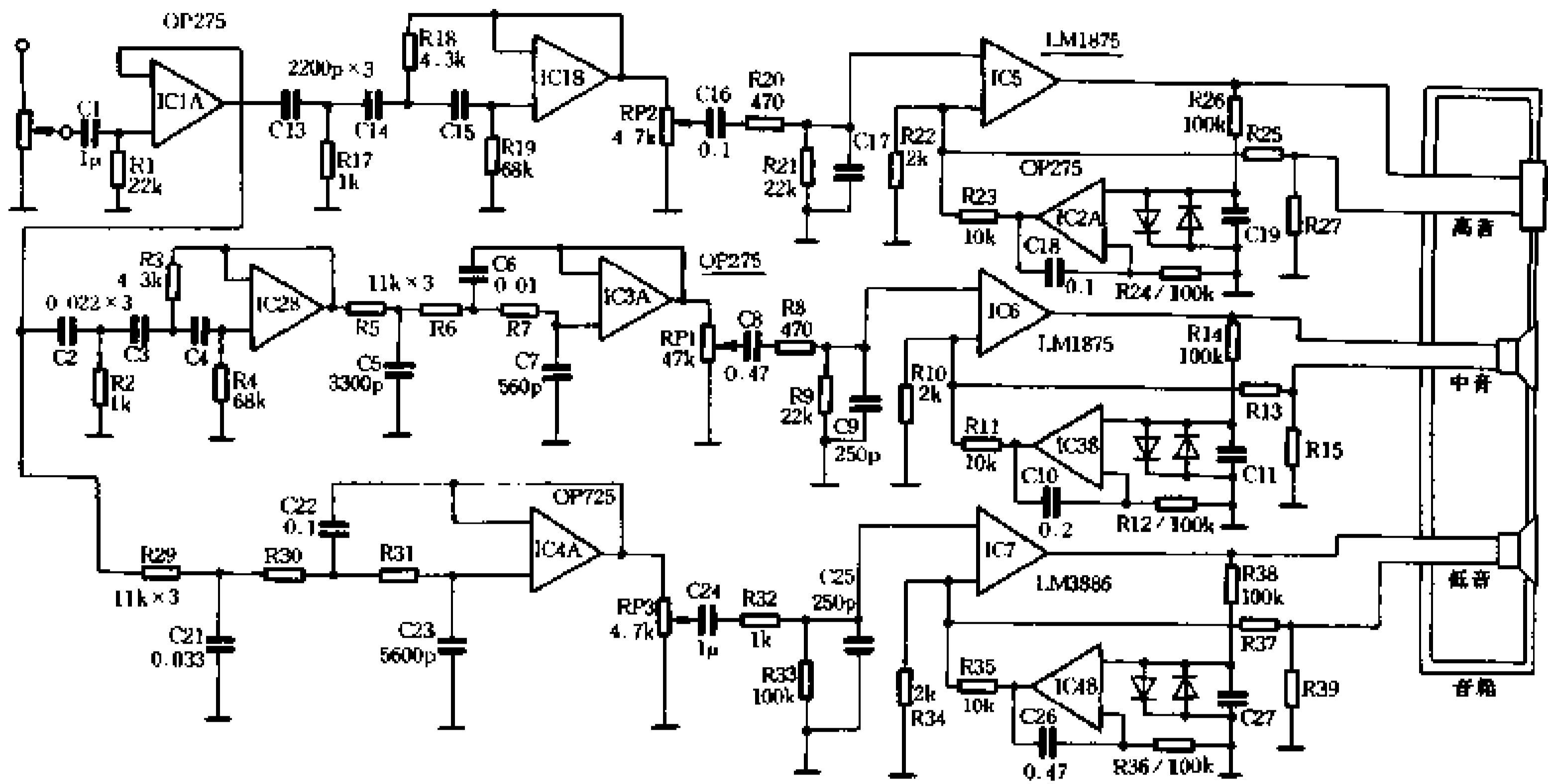


图 9-19

8. 有源电子分频功放系统

本文介绍的有源电子分频功放系统特点如下：

(1) 本系统中的各路功放很容易与各自所推动的扬声器单元匹配。因其采用直接耦合的方式，不需要经过功率分频所特有的大电感、大电容，所以失真较小，效率相对提高。同时功放的阻尼系统也大大增加，就更好地控制了扬声器的振动。

(2) 扬声器的阻抗曲线不会影响电子分频的特性，因此不需任何阻抗匹配网络。

(3) 如将本系统装入音箱内可以做成与音箱融为一体的有源电子二分频音箱。从而节省了占有空间并可省去扬声器线，前级的输出可直接接到音箱。

(4) 本系统设计灵活，分频点可根据扬声器的特性自行设计，本系统中分频点被设定为 4kHz。需修改分频点时可参考表 9-2。

但本系统也有其特有的缺点，四只扬声器单元都是各自独立，各有各的分频滤波器和功放级，所以电路比较复杂，造价相对较高。但是随着大功率、小体积、性能卓越的运算放大、功率放大集成电路纷纷上市，使得自制一台本系统功放已不是难事。

【电路原理】

本系统具体电路如图 9-20 所示。外接来自前级的输入信号，先送入由 ICA 构成的缓冲

表 9-2

高通		$R1 = 0.9239 / 2\pi F \cdot C$ $R2 = 1.0824 / 2\pi F \cdot C$ $R3 = 0.3827 / 2\pi F \cdot C$ $R4 = 2.6130 / 2\pi F \cdot C$ $C\Delta = 4700p$
低通		$C1 = 1.0824 / 2\pi F \cdot C$ $C2 = 0.9234 / 2\pi F \cdot C$ $C3 = 2.6130 / 2\pi F \cdot C$ $C4 = 0.3827 / 2\pi F \cdot C$ $R\Delta = 5.6k$

级，ICA 输出的信号，分两路分别送入 IC1、IC2 和 IC3、IC4 组成的二阶 BUTTER WORTH 高、低通滤波器，其斜率定为 24dB/oct，分频点设在 4kHz，经过分频后的信号再被送入由 ICB、ICC 组成的缓冲进行阻抗变换，以便与后级功放阻抗匹配。

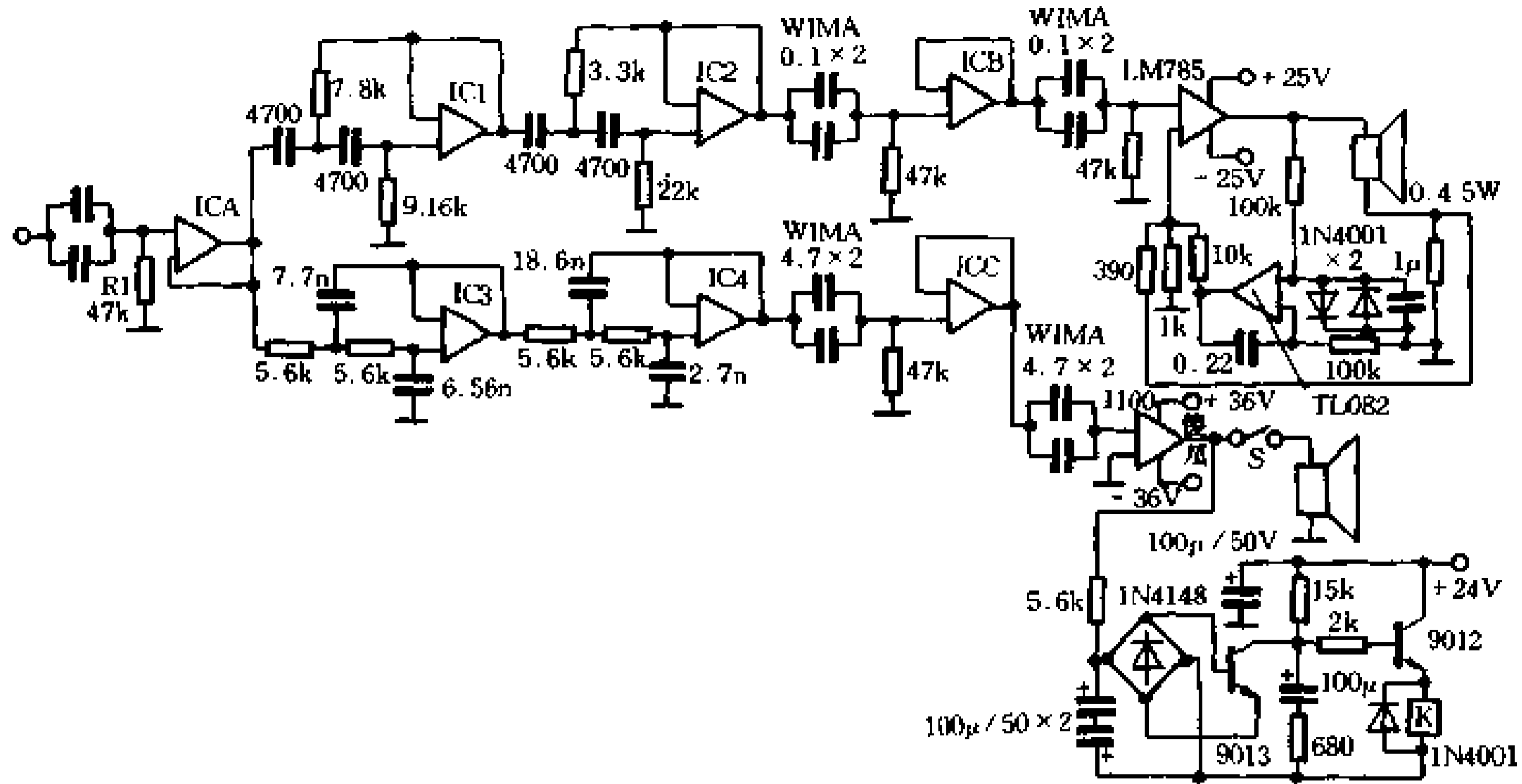


图 9-20

在本系统的功放级中，高音频段功放采用 LM1875，为使 LM1875 充分发挥其潜能，电路接成恒流功放，并省去直流反馈电容，使得功放直流化，同时引入由高速运放 TL082 构成的功放直流伺服电路，以抑制中点直流漂移。低音频段功放选用“傻瓜 1100”型厚膜功放电路。该厚膜功放除具有免外接元件、免调试、工作电压较宽(±30~±38V)等优点外，其内部采用了具有电子管特性的场效应管作末级推动输出，所以音质颇具“胆机”风味，在推动低音扬声器时，显得低音特别丰富、弹性之中不乏力度，有较佳的表现。

【元器件选择与安装】

本系统的核心是由 7 只运放组成的有源电子二分频网络(单声道)，它是本系统制作的关键，其中所用的元器件均应仔细筛选。电容用普通的 CBB 聚丙烯电容即可。电阻用 1/4W5 色环误差为百分之一的金属膜电阻，元件在上机焊接前最好在数字表上测量校对一下，以保证分频精度。运放可选用 NE5532、LF353、TL082 或四运放 TL081、LM837 等。信号耦合电容选用红色 WIMA 聚丙烯 0.1 μ F、4.7 μ F 的电容，采用多只并联，效果稍比那些音频耦合专用电容好，也可用多只钽电容并联，但效果稍差些。本系统的电源部分共用 3 只环型变压器(100W、220W、50W)，分别为 LM1875，“傻瓜 1100”功放、分频网络和保护电路供电。采用这种独立供电方式可避免用同一电源时因高、低音输出功率悬殊较大而带来的弊端，可以使各路输出功率、动态互不干扰，降低互调失真。“傻瓜 1100”型厚膜功放虽不需任何外围元件，但是直流电源的素质必须上乘。在“傻瓜”的电源中共用了两对红宝石补品电解电容，总容量为 40000 μ F，以保证在大动态的“爆棚”中不会显得后劲不足，同时并上 WIMA 1 μ F、0.1 μ F 聚丙烯电容以减小电源内阻与高频谐波。LM1875 所用电源的要求相对低些，只用了一对红宝石电解电容，并上 WIMA 0.1 μ F 即可满足。分频网络供电的电源是读者十分熟悉的有源伺服电路(电源部分电路此处省略)。电源部分在连接分频网络与功放级前应先开机独立测量 ±36V、±25V、±15V 三组电源是否对称，无误后方可接入电路，扬声器保护电路为二极管桥式中点电压检测电路。

9. 用 LM1035 的前级分频功放

【电路原理】

这款简洁、新颖的前级电子分频功放，其电路如图 9-21 所示。其中前置放大省去，读者可根据手头材料自配。

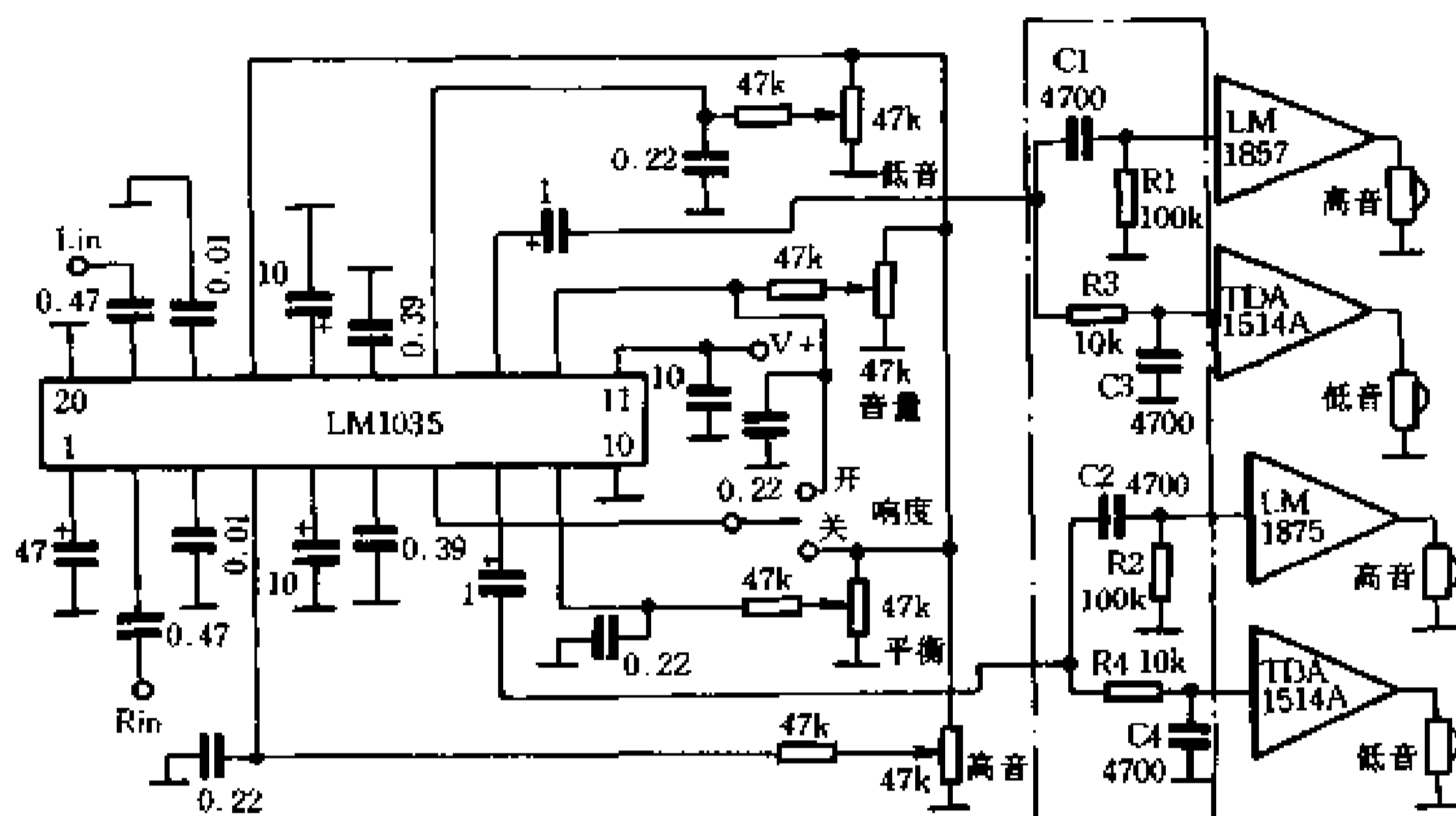


图 9-21

本功放采用 NSC 公司的直流音量/音调控制器 LM1035(也可使用 LM1036、LM1040)，由于采用直流控制、降低了对电位器的要求，故成本减少。本例分频网络由阻容件 C1、C2、R1、R2 等组成(划虚线部分)，简单易制。低、高音分别选用了 TDA1514A×2 与 LM1875×2 组成的直流伺服电流反馈功放。

由于业余条件限制，未能测得该功放的参数，但实际试听效果确实令人振奋。选影碟机 VCD 作音源，用本功放推一对南鲸 6.5 英寸书架音箱，低频较以前使用的 800 多元的国产功放有一些提高，但受小箱体限制，还不能真正满意，而高频解析力则胜出国产功放一大截，噪声明显要小，这套功放 300 多元(加变压器)的价位，肯定超值！

10. 自制超低音重放系统

随着数字音频技术的发展，很多音源的低频响应已达到或超过人耳听觉的下限 20Hz。要想较完整地再现节目源中包含的超低音信息，传统的左、右两只音箱已无能为力。弥补的办法是增加一个内藏超低音功率放大器的音箱，专作超低音重放，与原来的左、右声道音箱(尤其是低频响应较差的组合音响)配合，构成 3D 系统，便可获得立竿见影的音响效果，并为今后的多声道家庭影院打下基础。

下面介绍的超低音重放系统，只需与原音响设备的扬声器输出端相接，就构成了 3D 系统，电路如图 9-22 所示。

取自原音响设备扬声器输出端子的左、右声道信号，经 R1、R2 混合、IC1a 缓冲后送入高、低通滤波器。

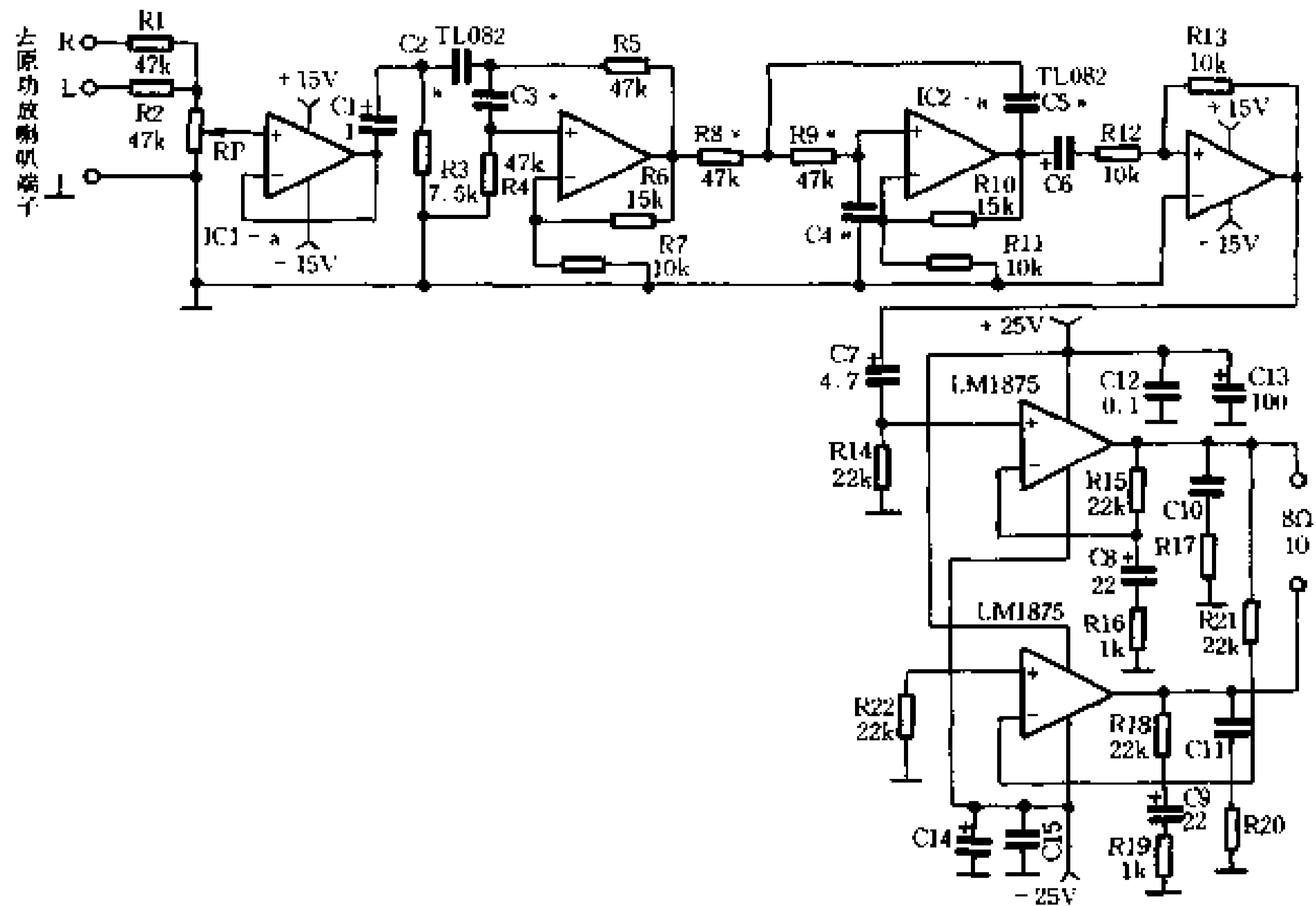


图 9-22

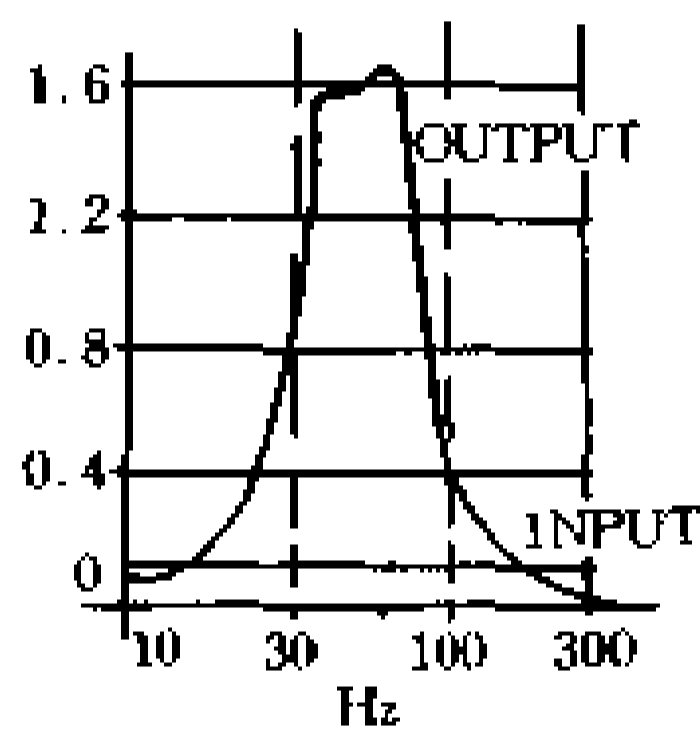


图 9-23

滤波器采用结型场效应管输入级的低噪高阻运放 TL082。IC1b 等组成低通滤波器，截止频率 20Hz。这样在缓冲器 IC2b 的输出端得到图 9-23 那样的带通滤波特性，频率范围为 20Hz~150Hz。功率放大器采用了具有过热、过载保护的集成功放 LM1875 两只，构成 BTL 放大器，其输出功率近 100W，足可胜任超低音的大功率放大。RP 用于超低音音量调节。

这个专门放大 20Hz~150Hz 超低频信号的功率放大器，可与任何类型的超低音音箱连接。

一般认为倒相箱的低频重放下限优于密闭箱，但在实际制作时，倒相箱对扬声器的 Q 值有极严格的要求；计算、制作、调试稍有不妥，其重放下限频率就达不到要求。业余条件下若无必需的声学测试手段，倒相箱的优点反倒可望而不可及。相对来讲，密闭箱对 Q 值要求不严，其计算、制作、调试误差对性能的影响远比倒相箱要小，且瞬态响应优于倒相箱。密闭箱的缺点主要表现在其频响从较高的频率就开始下降，但这一缺点正好可用图 9-23 中的高、低通滤波器来弥补；只重放 20Hz~150Hz 的信号，就可使密闭箱的重放下限达到或超过倒相箱的水平。这里选用 10 英寸、70W 的国产扬声器，其阻抗为 8Ω，密闭箱尺寸为 510mm×420mm×260mm，内填吸音材料。

电路板尺寸为 125mm×110mm，与电源变压器一起安装在音箱后面预留的空间内，如图 9-24 所示。电源变压器视需要的输出功率可在 50~100VA 之间选用次级电压为双 19V。两只 LM1875

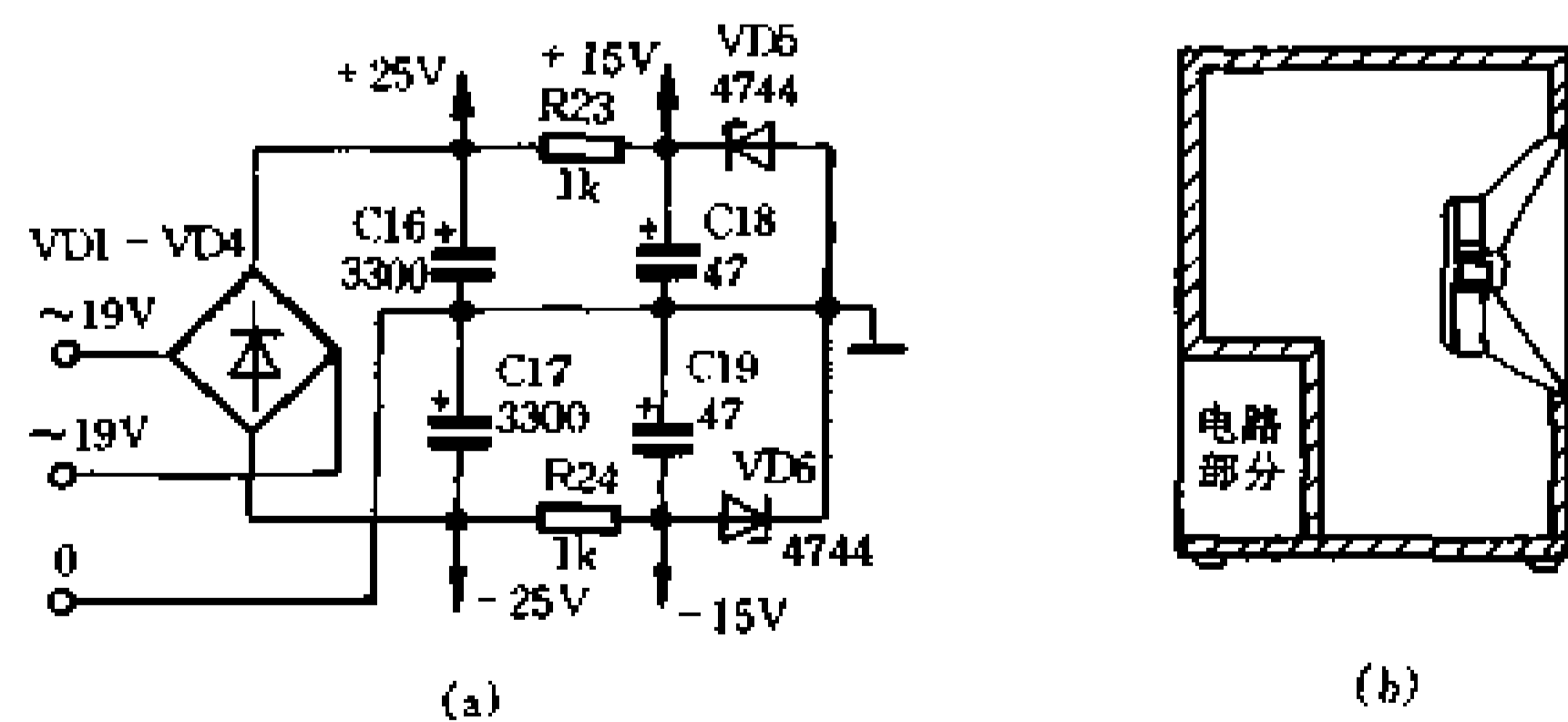


图 9-24

要装在厚 6mm、面积 250cm² 的铝板上。由于音箱后部空间较大，采用大面积的铁板也可以。

电路部分无需调试，只要滤波器部分标有“*”的阻容元件数值准确，通电即可工作。音箱可摆放在自认为音响效果好的任何位置；有必要的话可调换扬声器的两根接线来改变相位，以便与左、右音箱配合。

11. 给彩色电视机加装超重低音音箱

许多进口屏幕彩色电视机不仅图像清晰、色彩艳丽，而且声音系统也比较讲究，如东芝“火箭炮”伴音技术，把低音单元单独进行放大，将低音成分提升 6dB 以上，使彩色电视机的音响效果大为改善。但是，目前大多数家庭中的彩色电视机扬声器口径小，声音干瘪。为解决这个问题，本文制作一只超重低音有源音箱，音质令人满意，现将制作方法介绍给大家。

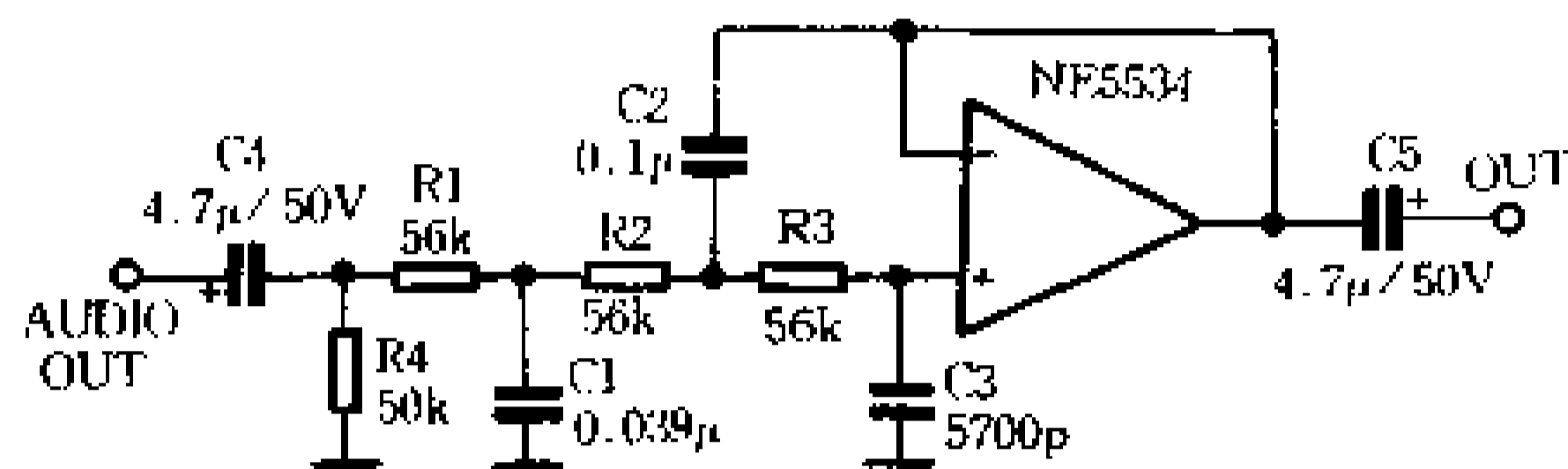


图 9-25

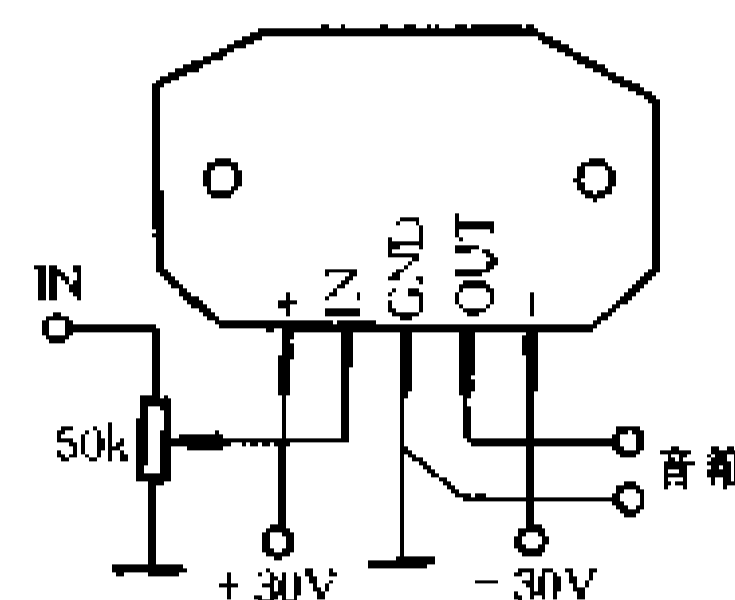


图 9-26

【电路原理】

低通滤波器的转折频率为 100Hz，衰减特性为 18dB/Oct。运算放大器选用 NE5534 单运放，如图 9-25 所示。超重低音功放电路采用达华电子厂生产的傻瓜 175，在 ±30V 直流电源下功率大于 30W(8Ω)，如图 9-26 所示。因无外围元件，所以成功率高，作为超低音电路上十分合适。音箱采用 A·S·W 超重低音音箱，音箱结构如图 9-27(单位 mm)所示，内装飞乐 YD10-2504 型(10 英寸、8Ω)低共振橡皮边扬声器，箱体采用 20mm 中密度纤维板，内壁贴 30mm 厚的涤纶棉。

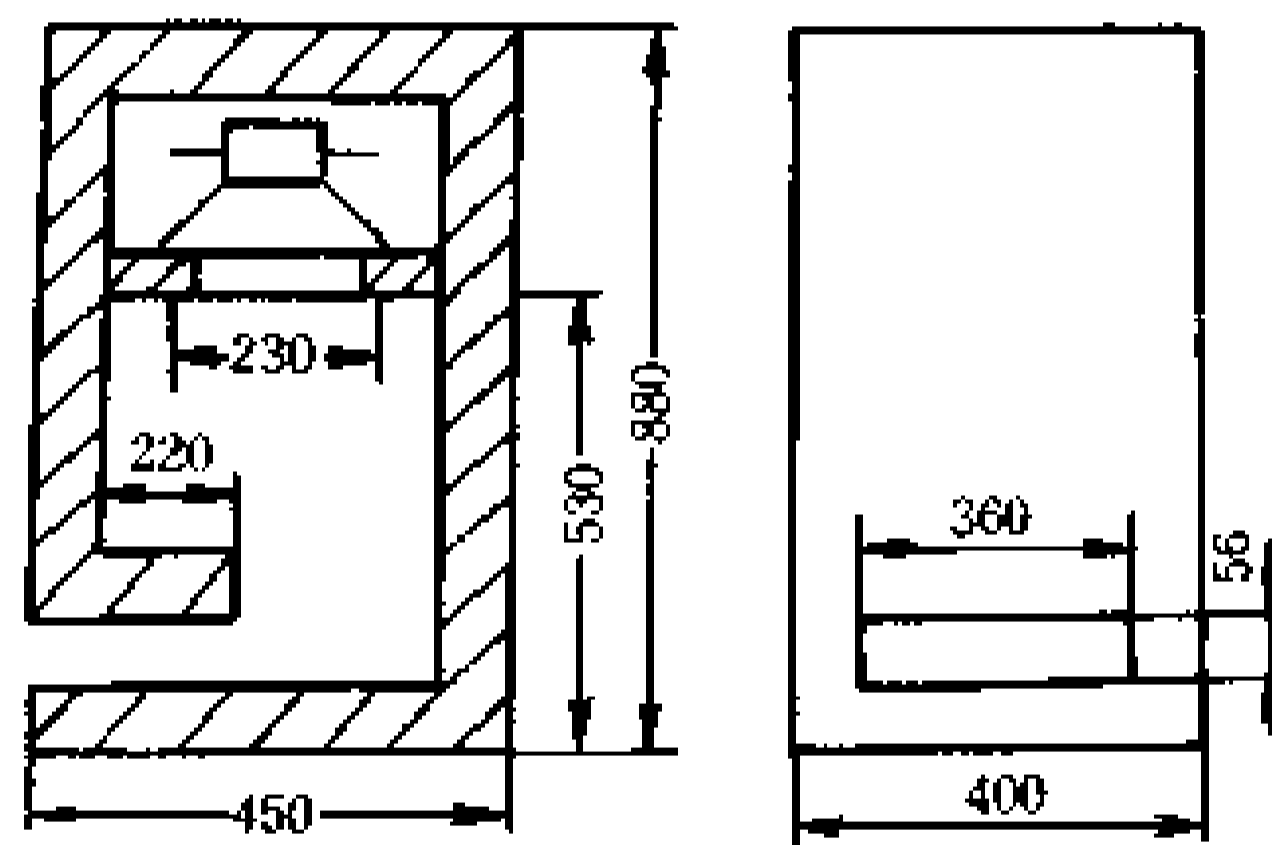


图 9-27

音频信号可以从彩色电视机音频输出端子(AUDIO OUT)取出，将超重低音音箱与彩色电视机连接后，开机试听，低频浑厚丰满，力度大增，其效果可以与进口大屏幕彩色电视机媲美。

12. 自制有源超重低音炮

电影中的超低音通常都合成得比较夸张，它使我们在观看影片时能够增强临场感及生动性。因此，超重低音重放系统已经成为家庭影院的必备装置。影片《真实的谎言》中 AV-8B 垂直起降战斗机起飞时巨大的轰鸣声及《侏罗纪公园》中恐龙奔跑时发出的隆隆脚步声撼人心腑，让我们能够充分感受到家庭影院系统的出色超重低音音响效果。

市售的国产有源超重低音音箱价格一般均在 1200 元以上，进口的产品售价更是价格不菲。本文向读者介绍一款自制的有源超重低音音箱，输出功率达 100W，最低频率响应可达

26Hz, 制作成本仅 500 元左右。

家庭影院中超重低音音箱的频响下限应能达到 30Hz/ \pm 3dB, 同时对扬声器的振膜位移及瞬态承受能力也提出了很高的要求, 为此通过对国内多款扬声器的考察, 选择了惠威的 S10 II R10 长冲程低音扬声器, 主要技术参数如下:

- (1) 额定阻抗: 5 Ω ;
- (2) 频率响应: 23Hz~4kHz;
- (3) 谐波频率: 23Hz;
- (4) 额定功率: 150mW;
- (5) 灵敏度: 88.5dB;
- (6) 最大线性位移: 6.3mm。

音箱制作

音箱的制作以杜希 SUB100 型有源超重低音音箱为样本, 采用双导管倒相式音箱, 箱体净容积为 40 升, 如图 9-28 为音箱的实际尺寸。

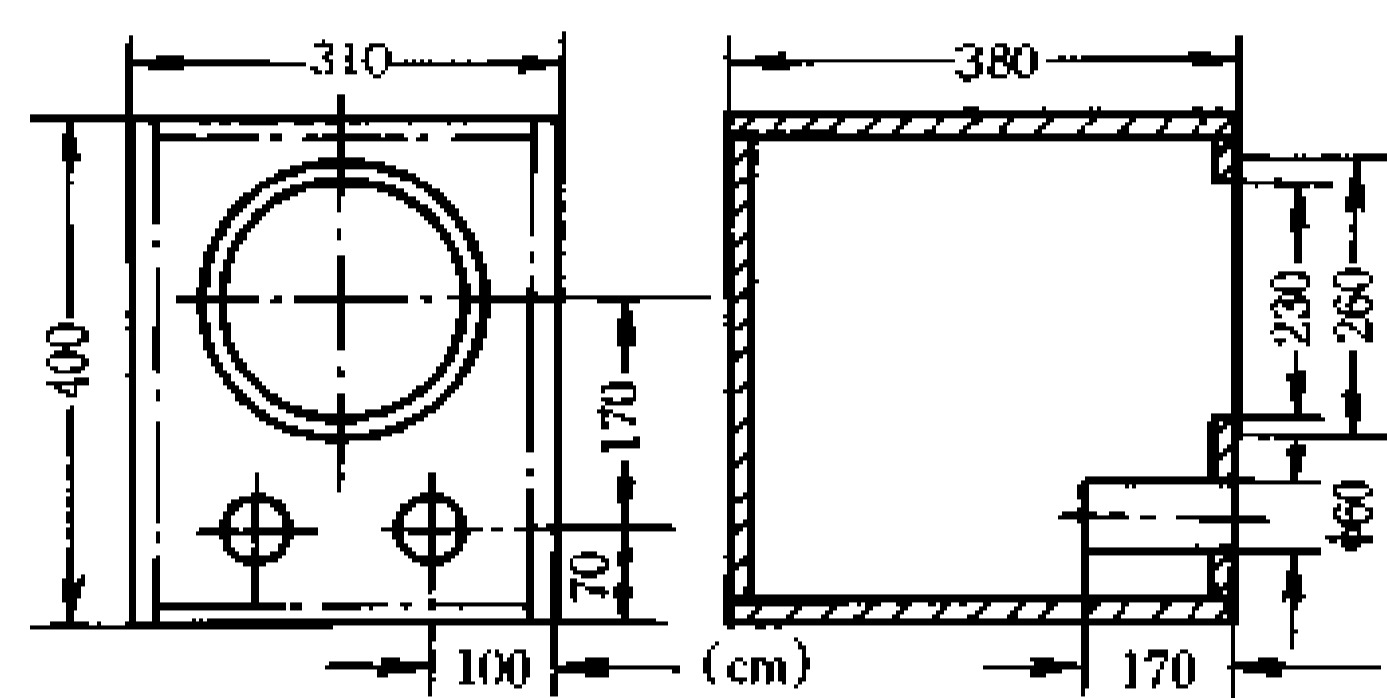


图 9-28

箱体采用 18mm 厚中密度板, 下料后将各板按图装配, 板与板连接部分先涂上聚醋酸乙烯乳液(俗称乳白胶), 然后用 28mm 长的木螺钉拧紧。装配完毕音箱高 40cm, 宽 31cm, 深 38cm。箱体用日本进口黑色 PVC 自粘贴面进行装饰, 然后再涂刷一层清漆晾干, 使之牢固美观。

【电路原理】

由于采用有源方式, 故要求功放电路体积尽量小些, 但输出功率应能达到 100W。经反复研究, 决定使用厚膜功放电路 STK6153 作功率放大器。STK6153 的高频响应不尽人意, 但在低频力度方面的表现却有耳共闻。如图 9-29 为 STK6153 与低噪声回运放 TL074 组成的超重低音功放电路。RP1 音量电位调节器, RP2 为高端响应(截止频率)调节电位器, 可在 40Hz~160Hz 间连续调节。A1 组成输入缓冲器, 由 R1、R2、RP1 将 L、R 声道信号混合并分压。A2 及 C2、C3、R4、R5 共同组成每倍频程 12dB 的二阶有源高通滤波器, R6、R7 决定滤波器的增益及 Q 值。C1、R3 实际上也是一个每倍频程 6dB 的 RC 型高通滤波器, 截止频率约为 20Hz。A3、C4、C5 及 R8、R9、RP2 则构成一个每倍频程 12dB 的二阶有源低通滤波器, 其截止频率通过 RP2 在 40Hz~160Hz 间调节, R10、R11 决定其增益及 Q 值。因此, A1~A3 实际上组成一可调带通滤波器, 如图 9-30 为其幅频特性曲线。A4 及 STK6153 共同构成功率放大输出级, R12、R13 决定增益大小。STK6153 应安装在 5cm \times 8.5cm 的指叉式铝质散热器上。功放的输出功率大于 100W, R16、C7、C8 及 V1~V3、K1 等共同组成扬声器保护电路。每次开机通电时, 由 R17、C9 延时约 5 秒才吸动继电器 K1, 使扬声器免遭电流冲击。为 STK6153 的中点电压发生严重漂移时, 经 VD1~VD4 整流, 控制 V1 饱和导通, V2、V3 截止, 继电器 K1 释放, 常开触点 K1-1 断开, 防止扬声器烧毁。

【元器件选择与安装】

功放电路的输入插孔、调节旋钮及电源开关均置于音箱的后面板上。T1 选用 150W 全屏蔽变压器。S1 可使用内带指示灯的进口轻触式按键自锁开关 D16LAT-2ab, 如购不到, 也可使用其它电源开关。K1 使用日产继电器 VS12TBV, 线圈电压为 12V, 触点电流 240VAC/10A。RP2 应使用双联同轴电位器。其它元件均已在图 9-32 中标明。

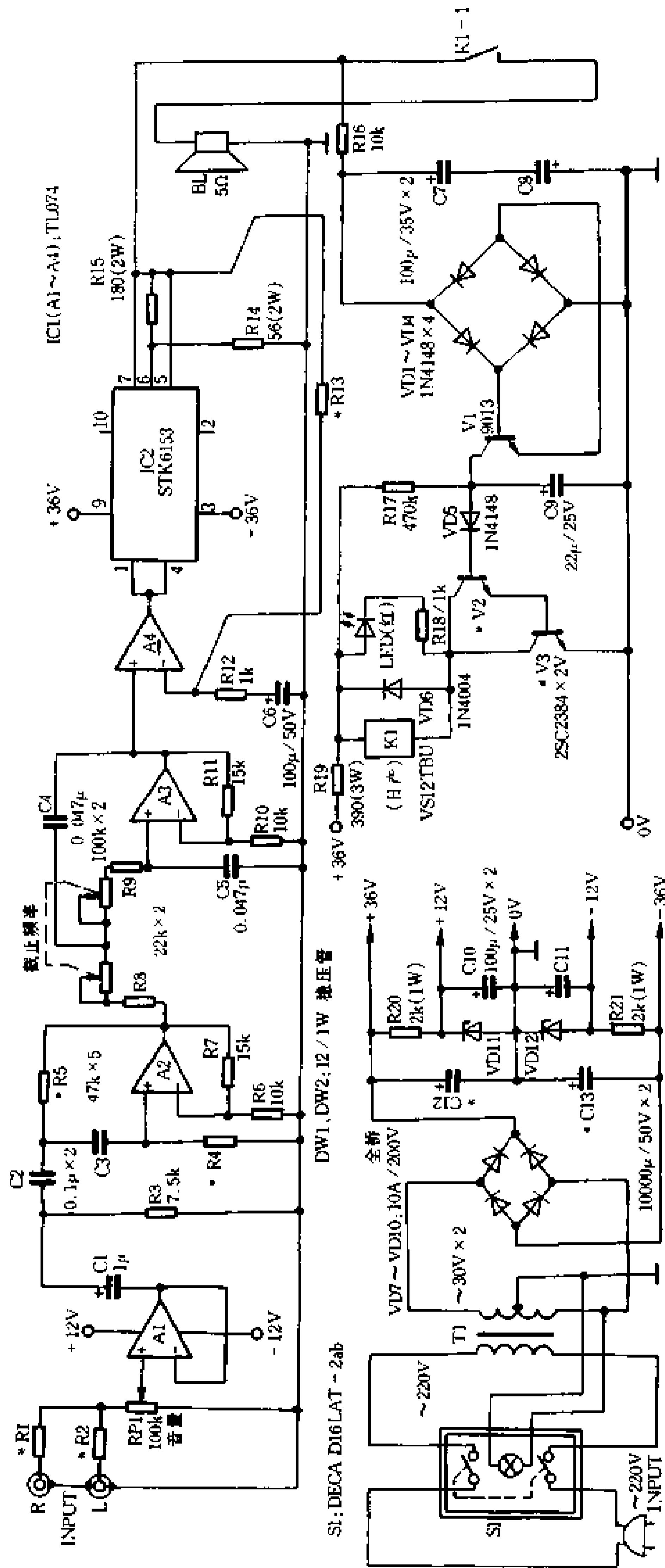


图 9-25

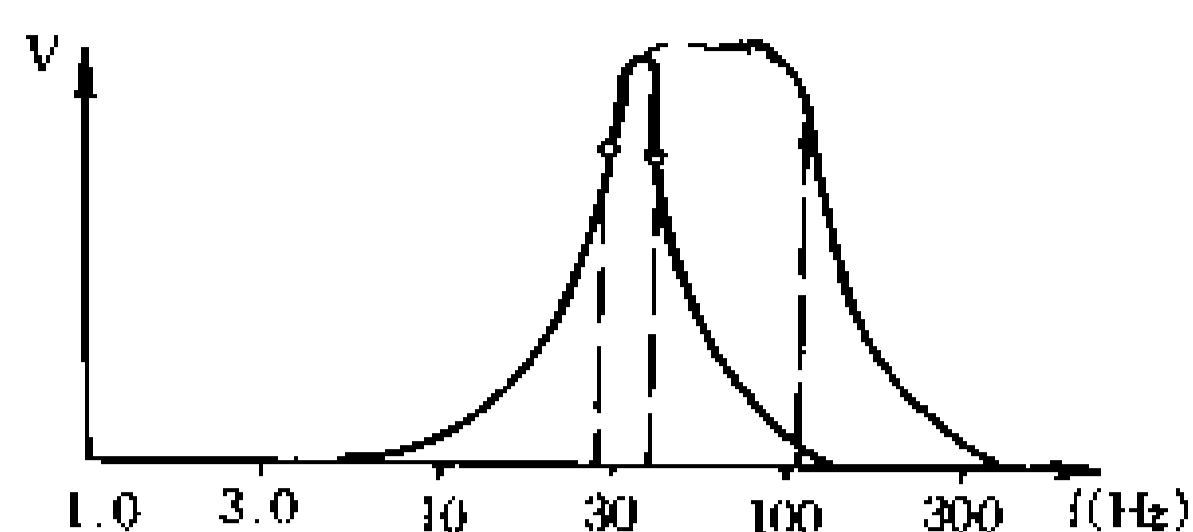


图 9-30

先不安装扬声器，利用扬声器孔将功放电路板、变压器等安装于箱内底板上，用热熔胶枪将其固定。然后在音箱内壁充填 80% 的吸音棉。最后在扬声器安装孔周围沿铺垫一层橡胶防震垫，再用螺钉将扬声器紧固安装。然后开机试听。

先播放影碟《真实的谎言》，当 AV-8B 战斗机垂直起飞时，其“飞马”型引擎发出震耳欲聋的轰鸣，几乎令人窒息，其低沉的重低音压迫感使人仿佛置身于距 AV-8B 仅十米处。再播放 TELARC 公司出版的柴可夫斯基《1812 序曲》VCD 碟，有源超重低音音箱中第一次发出了“真正”的大炮轰鸣声，从感觉上分辨，这并不是乐器演奏的声音。如果没有超重低音重放系统，听起来就不像是逼真的开炮。

这款自制的有源超重低音炮完全达到了市售 2000 元级器材的性能，更重要的是，你在动手的过程中可以感受到一份乐趣及对自我创作能力的认识。

13. 多媒体超低音有源音箱的制作

当前，由于高速计算机 CD-ROM 驱动器的问世，使我们能对各种精彩的多媒体软件进行广泛的选择。同时，视频游戏、交互式音频及音乐放送节目都对音响效果相应地提出了越来越高的要求。

因此，专为计算机设计的高性能音响系统便迅速地得到推广应用。但遗憾的是，价格已经很高的计算机专用扬声器仍不能再现深沉浑厚的低音，也不能发出足够的音量，因而在听音乐“CD”和计算机游戏时，毫无身临其境的感觉。虽然某些计算机专用扬声器的制造商已提供小型重低音扬声器，但若想找到音质良好的亚低音扬声器还是很困难的，除非你去买一套扬声器以及与其配套的软件包回来。而最恼火的是高品质的超低音扬声器十分昂贵。

这里介绍的多媒体亚低音扬声器有源音箱可为你的计算机提供深沉浑厚的低音，而制作费用却很低。此装置的特点是内藏有一个每倍频程 12dB 的有源带通交迭滤波器、一个 20W 功率放大器和一个 6 英寸扬声器。二个 3.5mm 耳机插口可使本装置与任何声卡和多媒体扬声器相联接。

当此装置配装在多媒体扬声器中时，其相对于卫星扬声器的音量由此超低音有源音箱上的音量调节来控制，而所有扬声器的总音量则由多媒体扬声器上的音量调节来控制。这就允许此超低音音箱藏在计算机桌下，并可遥控。

【电路原理】

图 9-31 为此超低音有源音箱的电路图。本电路的核心器件是 IC1，即 TL072JFET 双运放。运放 IC1-a 与电容 C2 和 C3，以及电阻 R2 和 R3 共同构成一个高通滤波器，而 IC1-b 和 C4、C5、C6 以及 R7 构成一个低通滤波器。这类滤波器的截止频率可由下式计算：

$$f=1/(2\pi RC)$$

按图示之值，可算得高通滤波器的截止频率约为 3.4Hz，而低通滤波器的截止频率约为 150Hz。这二个滤波器的增益分别设定，即高通滤波器级由 R4 和 R5 设定，而低通滤波器增益由 R8 和 R9 设定。

插口 XS1 和 XS2 是并联连接的，以便此超低音有源音箱能安装在左、右两个卫星扬声器

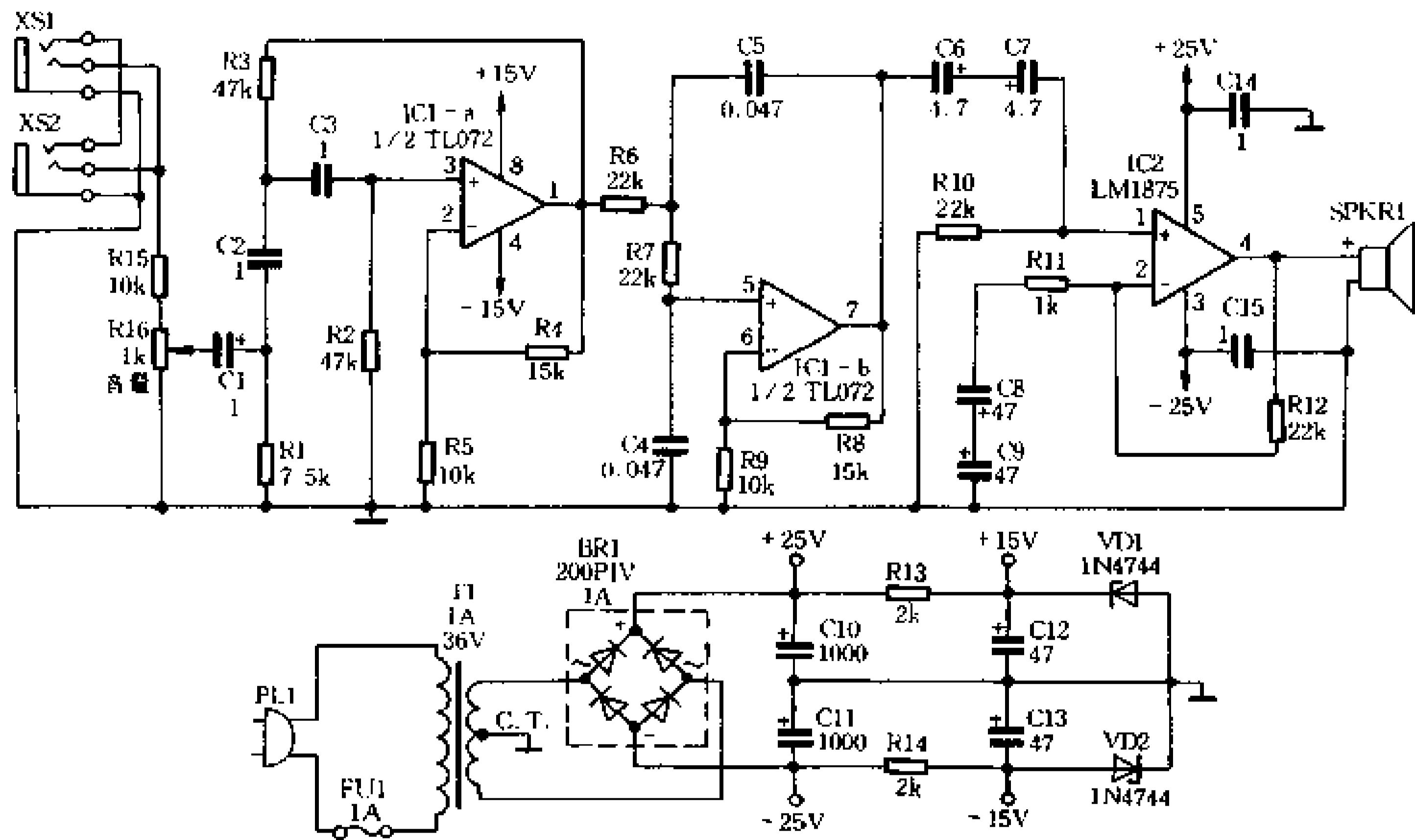


图 9-31

之间。

如上所述，这样安装可使有源音箱自身来控制这个超低音扬声器的音量。电阻 R15 和电位器 R16 构成一个可调分压器，以调整此超低音扬声器的音量。提供这种调整可使我们在初步安装好后，使整个放音系统得以平衡。

此超低音有源扬声器的放大部分使用了一个 20W 功率放大器集成电路 IC2。电容器 C6 和 C7 用做输入耦合。这里用两只电解电容器来代替一只无极性电容器，以节约成本。此放大器增益由电阻 R11 和 R12 来调节。

此放大器消耗的静态电流可达 100mA。因此，空载时大量发热，所以，加装散热器是十分重要的。虽然此电路已使用了内部热保护，但仍必须加装散热器和涂以硅脂。

本机电源由一个 36V、具有中心抽头的变压器 T1、一个桥式整流器 BR1 和两个滤波电容器 C10、C11 共同构成。经整流和滤波后所获得直流输出约为 ±25V。注意，运放的供电，则由齐纳二极管 VD1、VD2，以及电阻 R13 和 R14 稳定在 ±15V。

【元器件选择与安装】

此超低音音箱的箱体是由于用软件经计算机辅助设计(CAD)而制作的一个带通型扬声器专用箱体。此箱体由一个 10×10×5.75 英寸，置于扬声器椎体后的密闭小箱和一个置于扬声器椎体前面、更小的 0.1 立方英尺的小箱体共同组成。前置小箱体面对扬声器向下安置，并在底板上方二英寸处，用横条固定在两个侧边上。这种装法简化了音箱的装配以及扬声器的安装。

在这超低音有源音箱中所用的扬声器是一个 6 英寸 MCM Electronics 公司的 Mode 155-1170 型扬声器。当然，也可以用一个类似的低音扬声器。

为了取得最佳的效果，此超低音音箱的电源、交叠有源滤波器和放大器应安装在一块双面印制电路板上。图 9-32、图 9-33 分别给出了印制电路的焊接面和元件面的样板图，可据此进行蚀刻制作，当然，也可向专业厂商订购。

要采用印制电路板有两个理由：一是可以避免产生噪声和引起自激振荡的麻烦，若用其

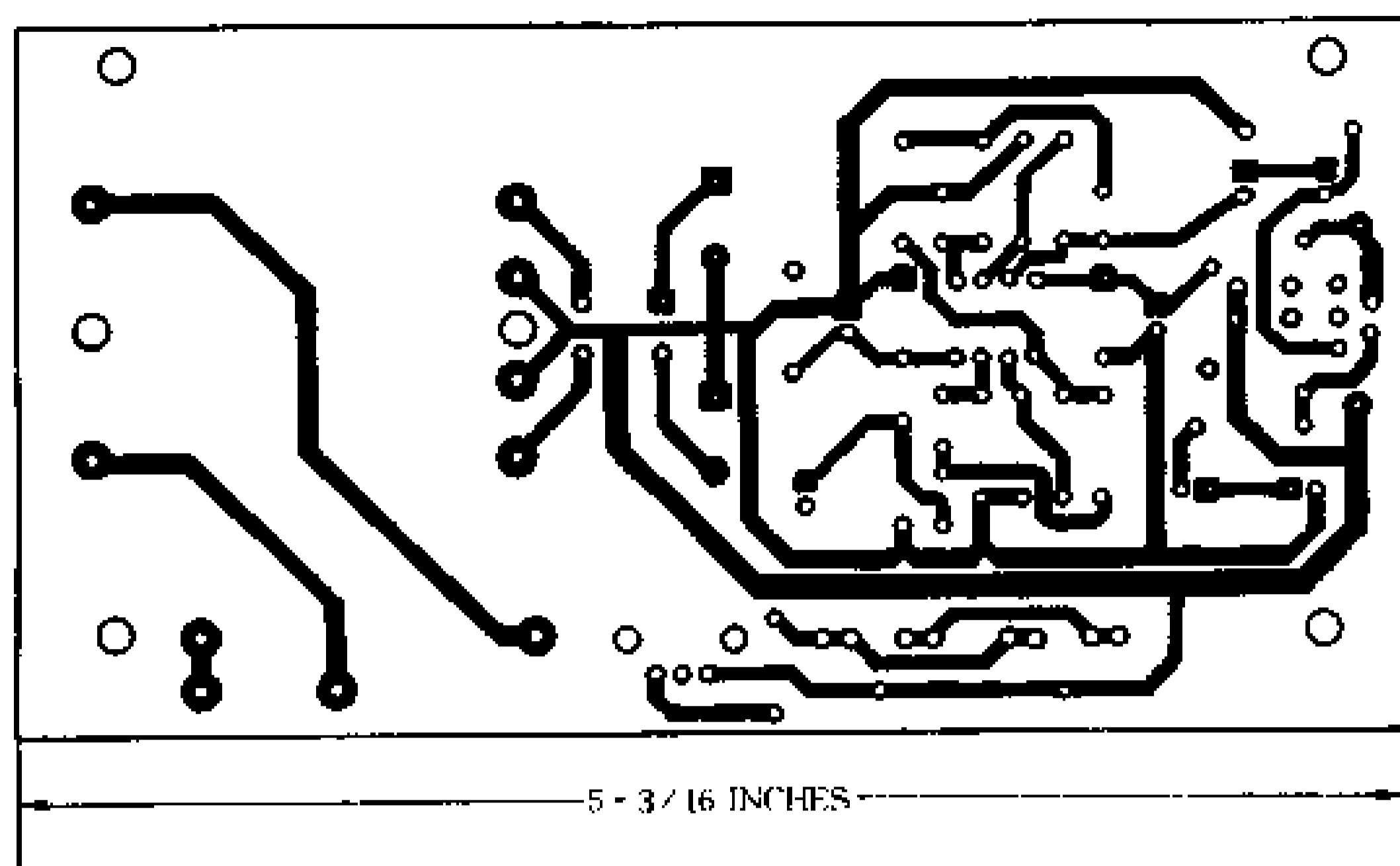


图 9-32

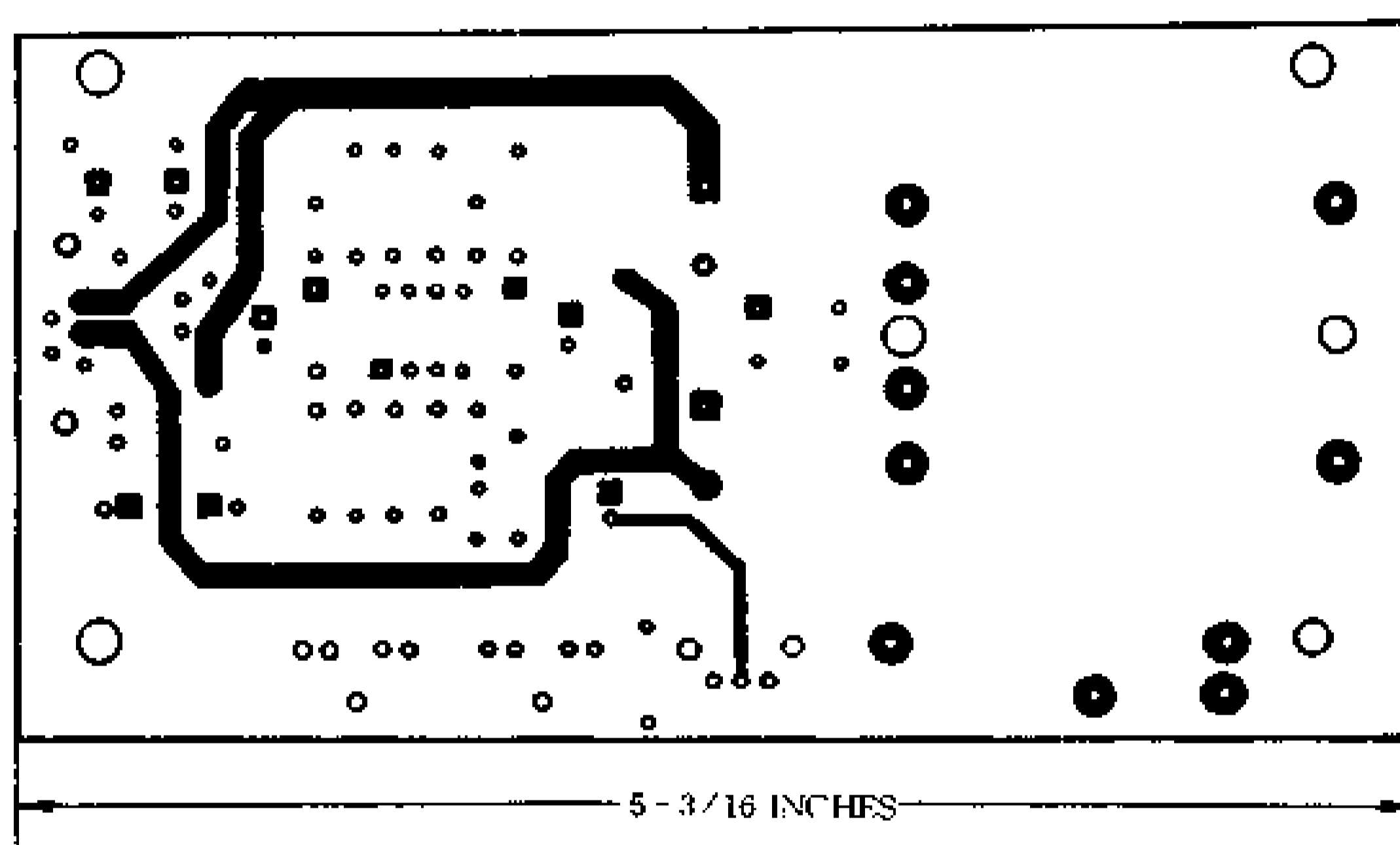


图 9-33

它制作方法，不用印制电路板，这类问题是很容易发生的。另外，用印制电路板进行装配比较简单，这样可使设计制作的一次成功率大为提高。

在印制电路板上装配元件时，可参阅图 9-34 所示的元件装配图。开始时先安装 IC1 的插座。接着安装所有的固定电阻和电容，这时应注意电解电容的极性、不要装反。最后，在印制电路板上安装插口、电位器和变压器。

在安装过程中，必须保证电路板的两面都要焊到。现在安装保险丝 FU1 的插座。然后将 VD1、VD2、BR1 和 IC2 焊到电路板上，要保证其安装方向正确。将扬声器接线焊到电路板和扬声器上，具体位置如元件配置图所示。然后，经反复检查各个焊点及元件的装配后，即可准备接上交流市电电源线。

注意：如果电源线上已接有一个市电插头，现在暂时不要将此带插头的电源线接到电路板上，而首先要将此线穿过机架，将 IC1 插进插座，装配工作就完成了。

样机电路板安装在一个三面铝架上，其尺寸为 5.5×3×1.5 英寸。整个机架用做前面板和散热器的一部分。也可以用一块厚为 0.0625 英寸的铝板做一个类似的机架。如果这样做，还需要在铝板上钻几个孔，用来安装插口、电位器、IC2 的散热耳片、电源线、以及将此机架

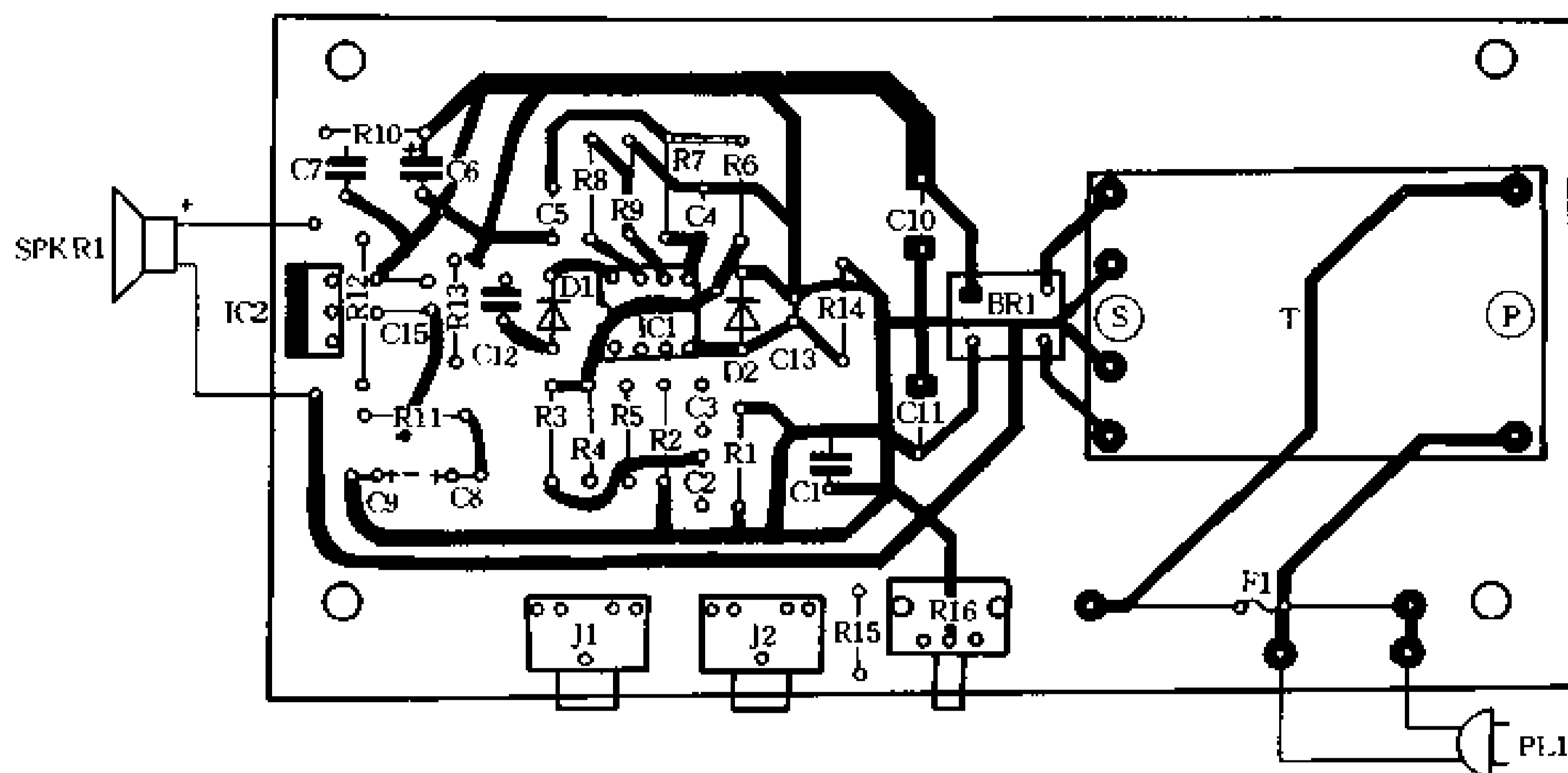


图 9-34

与亚低音音箱装合的螺钉和机架与电路板连接的螺钉孔。当然，也可以向有关供应商购买现成的机架。

一旦铝机架已置备好，则将电路板用垫圈和螺栓固定到机架的 3×5.5 英寸的那一面上。然后，插口、电位器和电源线从 1.5×5.5 英寸的那一面穿出。正如前述注意事项中所指出的，电源线必须穿过机架上的相应小孔后再将其接到电路板的相应点上。

要保证 IC2 的散热耳片与机架的另一面（此面尺寸为 1.5×3 英寸）紧贴无缝。将此散热耳片在机架及另一散热器上，如图 9-35 所示。IC2 与金属散热器之间必须保证良好的电气绝缘，这里使用了云母垫片和绝缘导管。为了保证良好的热传导，IC2 和散热器之间可涂以硅脂。

如果打算自制亚低音音箱，不想购买成品，那么必须保证音箱的内部尺寸接近 $10 \times 10 \times 5.75$ 英寸，样机音箱是由 $1/2$ 英寸的颗粒板制作的；但是，任何坚固结实的板料，如胶合板，甚至有机玻璃都能工作得很好。底面应有一直径为 5.75 英寸的孔，以用来安装一个 6.5 英寸的扬声器，同时，还需有一个 3.75×1 英寸的切口，以嵌入机架。此外，还可以做些横木，或是用 1×2 英寸的条形皮毛填在亚低音音箱外，使其高出颗粒板外的基板。

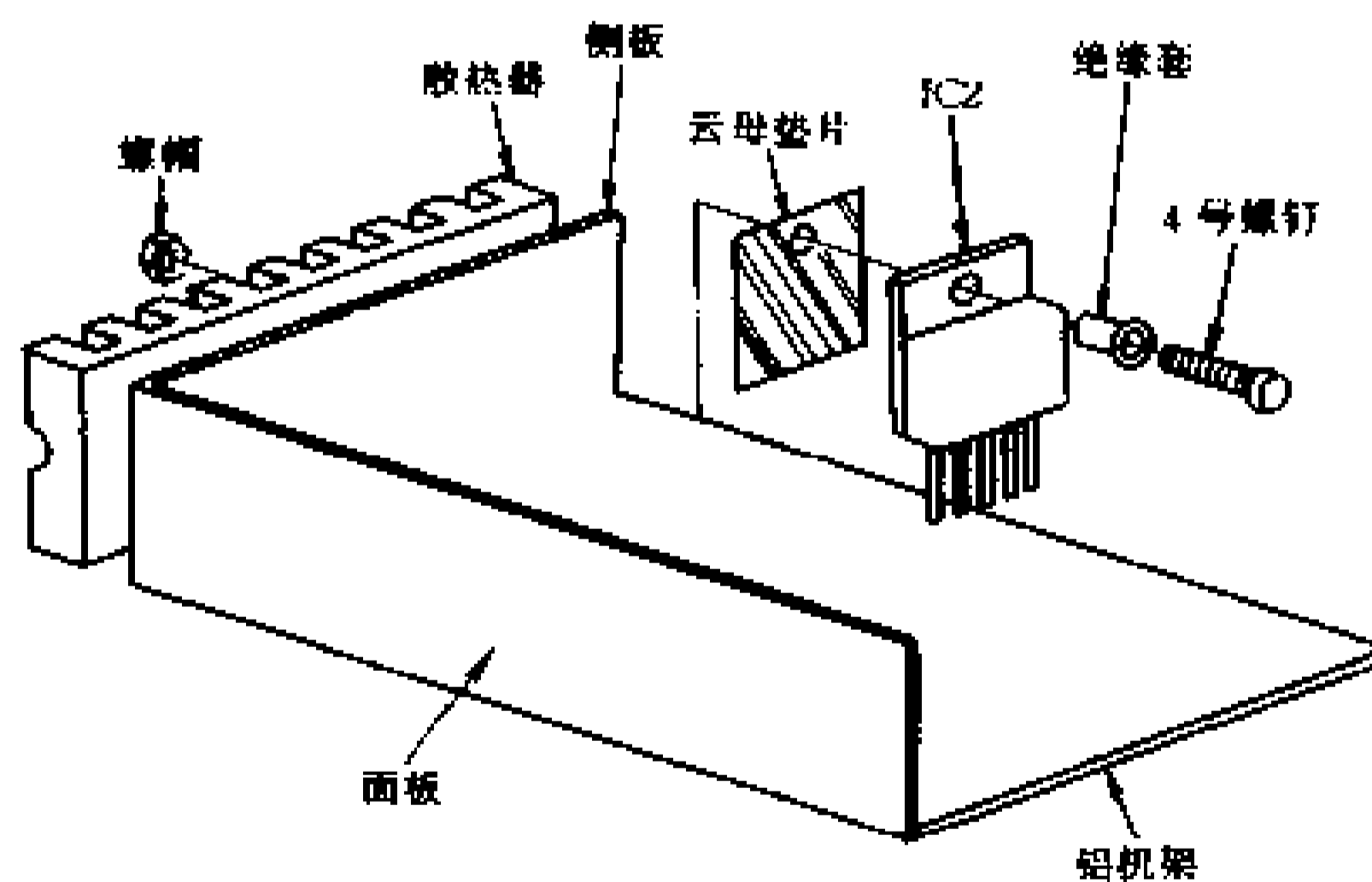


图 9-35

为了保证音箱在工作时不喀喀作响，每个接缝处都应上胶、钉牢，并用硅脂密封。首先装配底面和侧面，这样可使接缝处容易密合。顶面最后安装。可以通过扬声器切口进行密封。最后，将横条填在底面外，待胶和硅脂完全干透后，就可将音箱磨光、上漆。

通过扬声器切口将机架装配件装入音箱。其前面板（可触及插口和电位器及引出电源线的那一面）应牢固地固定在音箱切口处，以免今后工作时产生干扰噪声。用螺钉将音箱和机架面板固定住，最后，用短木螺钉安装扬声器。

为了安装使用这个超低音音箱，现在需要自行自制或购买一根两端均有一个 3.5mm 耳机插头的电缆。然后，即可将亚低音音箱接到多媒体扬声器上。

首先，将内置有放大器和音量控制的多媒体扬声器与计算机相连接。然后将刚才讲到的电缆先接到第一个多媒体扬声器的输出端，然后将其另一端接到此亚低音音箱的输入端 XS1。接着将另一个多媒体扬声器插入此亚低音音箱的另一个连接插口 XS2。

【电路调试】

在将电路装入亚低音音箱之前，最好先进行一些简单的测试。电路板上的电源线和元件引线不能触及金属机架。

首先需要检查的是电源。验证加到 IC2 引脚⑤和③上的电源电压分别为 +25V 和 -25V，而 IC1 的引脚⑧和引脚④上分别为 +15V 和 -15V。还要验证一下扬声器上的直流压降小于 0.1V。如果扬声器上的直流压降太高，或者电路板上的其它电压不正确，则应断开电源，重新检查元件装配是否正确。

当输入连接均已完成，将亚低音音箱的音量控制转至最低位置，并将本装置接上交流市电。先由多媒体扬声器播放音乐或其它音频信号，并慢慢加大此超低音音箱的音量。如果各项装配工作均已完成，且正确无误，则此超低音音箱即可投入应用，予期将放出深沉浑厚的低音。在玩游戏机时可特别注意聆听轰隆声、爆炸声和吵闹杂声。

用这个多媒体超低音音箱，您终于可以利用多媒体计算机聆听到、感受到原先失去的、令人激动的奇妙音响，获得可与专门的音响系统同样良好的效果。

14. 几种超重低音电路的制作

超重低音在现代的音响制作和家庭影院中越来越显示其重要性。新颖的器件和电路层出不穷。这里向大家介绍的几款电路性能较好，制作方便，且具有一定代表性的电路。

(1) 动态重低音电路

STDTD 电路如图 9-36 所示。这是一个经过改进后的爱华 XBS 电路，将它接在扩大机音量电位器的两端，低音的提升随音量的大小而变。对 85Hz 以下的低音有 15~20dB 的提升。基本电路和接入方法是：将原扩大机音量电位器上端的信号线断开，接入本电路的 IN 端，使前级信号一路经 A1 将中高频信号缓冲后送回原电位器的上端 WH，另一路经 A2 与外围元件组成的巴特沃兹滤波器后，低音信号再经 A3 放大输出到原电位器的中心抽头 WO，改变 R' 的值可以改变超低音的分量。R0 的取值是原机音量电位器阻值的 1/3，如原机电位器是 100kΩ 它就取 33kΩ。在电路中的 WH 和 WO 两端再接一个 1000~1500pF 的电容器。这种动态控制相当于电路具有等响度特性。即使在小音量时，高音仍然细腻，低音深沉有力。制作时，所有引线尽量短，过长则要求采用屏蔽线。电源用经稳压后的 12~15V，如用双电源供电效果会更好，但电路和印制板都要相应做许多变动。该电路对采用电压控制音量的方式无效，如 TC9153 等。

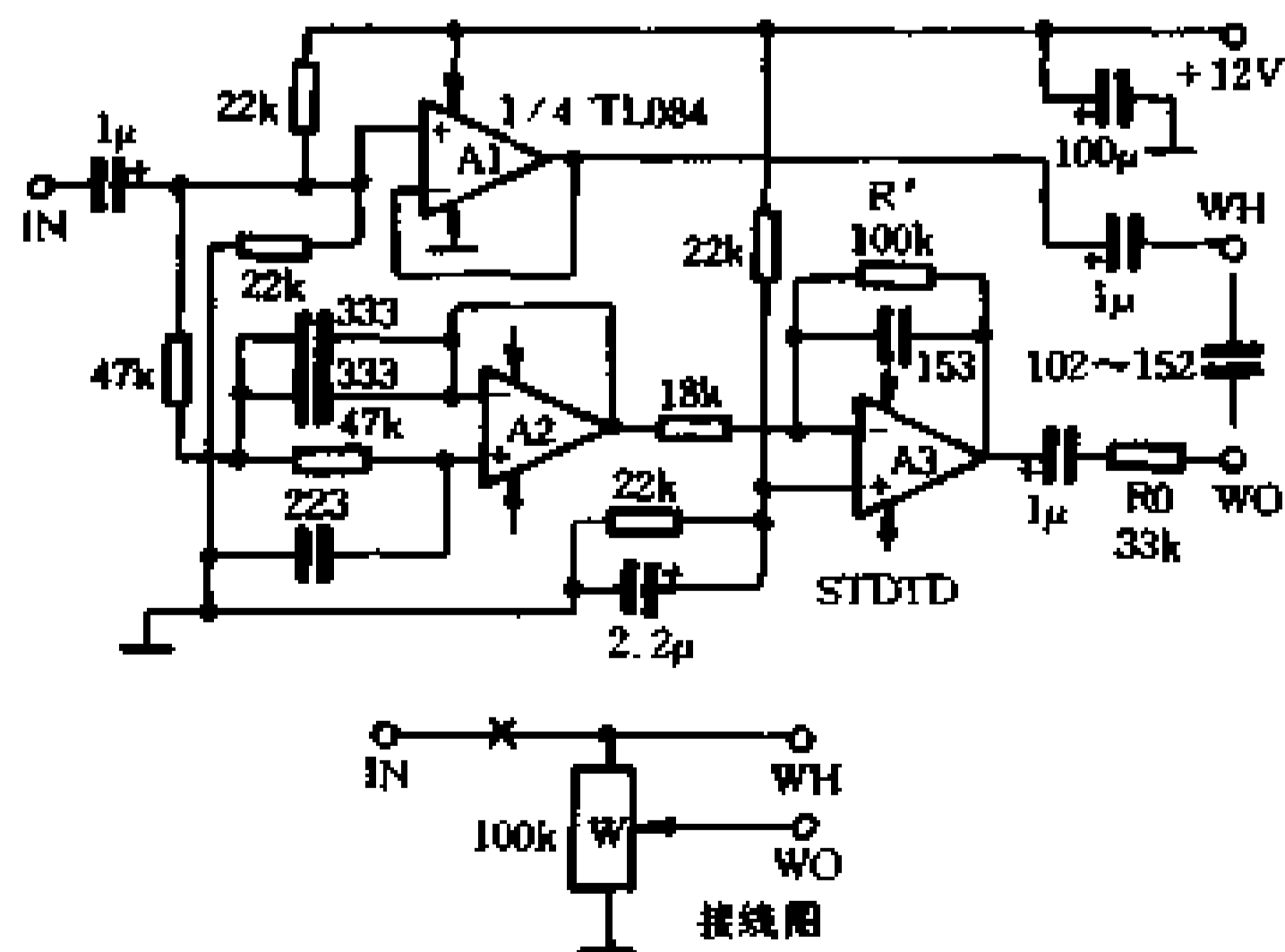


图 9-36

(2) 重低音电位器

STDD 电路如图 9-37 所示。运放 A1 与外围元件组成二阶巴特沃兹高通滤波器，并对 28~88Hz 的超低频段有 +6dB 的增益。第二级运放 A2 是一个重低音增益放大器，外接的电位器可以调节其增益再增加 +10dB。因为在每级电路上都加有 0.018 μ F 的反馈电容，它对 88Hz 以上的频率呈直通状态，即整个电路对中高频率信号都没有影响，所以，可将整个电路串联在前级和功放之间，通过调节电位器 RP 来改变对低音的提升量。电源电压加有 12V 的稳压管，可采用 $\pm 15V \sim \pm 36V$ 双电源供电，以适应大多数扩音机电路的加装。采用单电源时要加偏流电阻，使用效果也不错。整个电路连同电位器一起装在一块 4.6cm \times 3.2cm 的印制板上，直接用原电位器的螺丝可将它固定在机壳面板上，不管是装机、摩机、接线安装都非常方便。

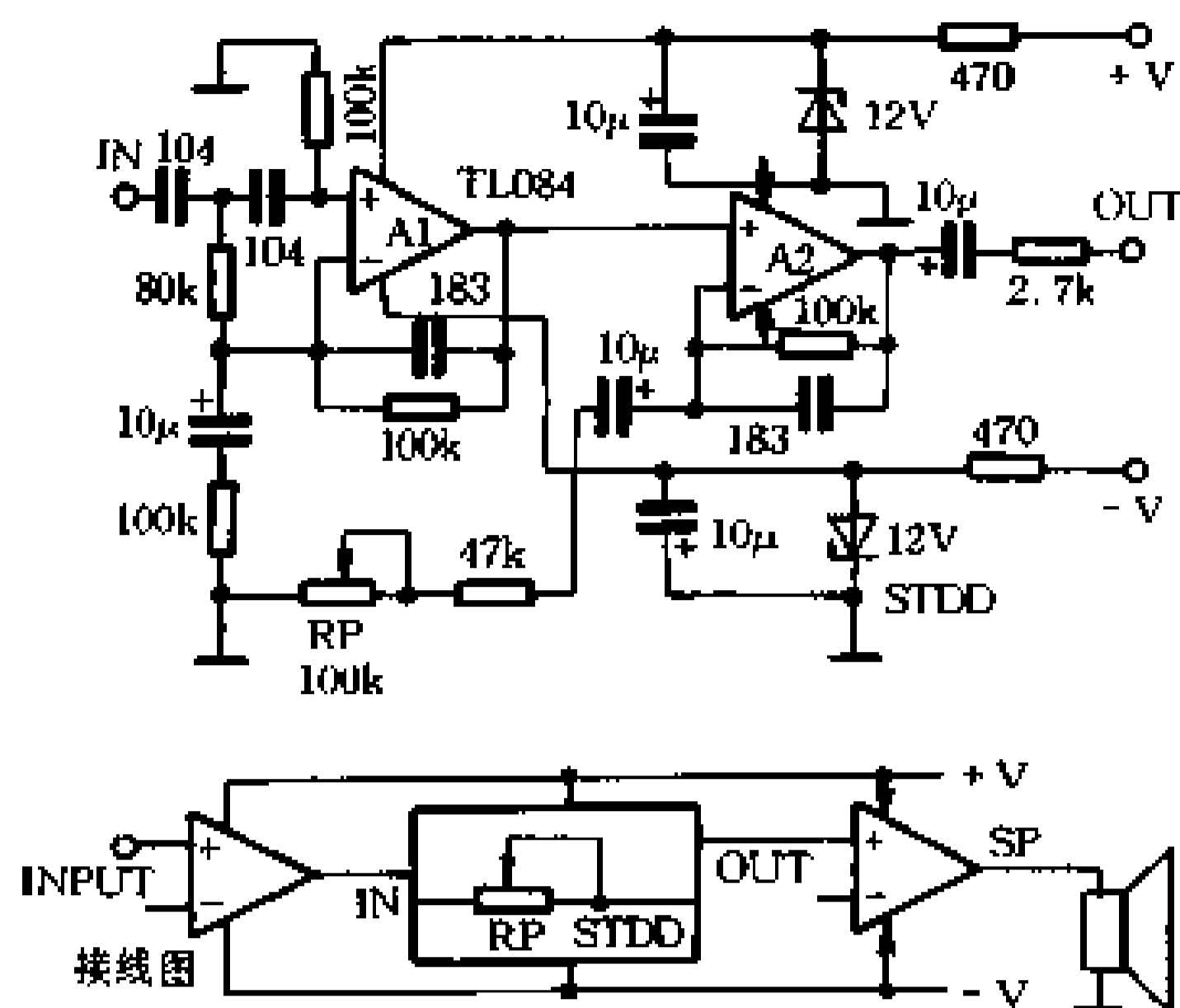


图 9-37

(3) 超重低音功放

ST100WD 电路如图 9-38 所示。在原有的扩大机的外围加装这套超重低音及功放电路，对原系统的结构没有影响，并且大大的改善了低音的重放效果。将整个超重低音功放加装在 3D 电路的又一新举措。电路采用了功率实足，低音表现良好的 100W 三洋厚模集成电路 STK6153 作功放。前级输入可直接取自扩大机原喇叭线上的信号，RP1 作低音音量控制，RP2 作低音提升点的 Q 值控制。可根据自己设备的具体情况进行调整。电源功率要求 100W 以上，采用 $\pm 30 \sim 45V$ 双电源供电。喇叭最好选用口径大些的，音圈结构以长冲程形式为好。音箱有全封式和气流团活塞导向型，以及炮筒型等等。这里不再一一赘述。

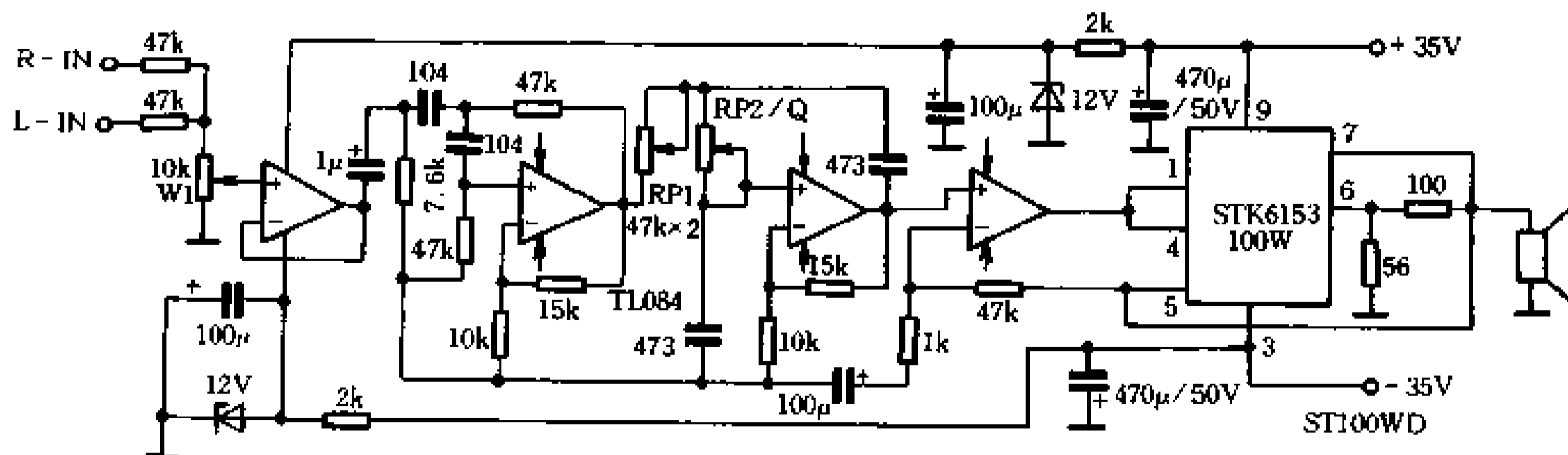


图 9-38

15. 功能完善的低音炮功率放大器

以往，超过 50W 的大功率放大器，一般都是采用分立元件来制作。包括近期由日本 YAMAHA 和 SONY 等世界著名公司生产的低音炮有源音箱，也都是采用分立元件来设计电路。无可否认，用分立元件制作的功率放大器可以达到比较高的性能指标，但其制作成功的难度也比较大，普通业余爱好者多数难以完成。为此，该功率放大器是采用一种集成功放 IC

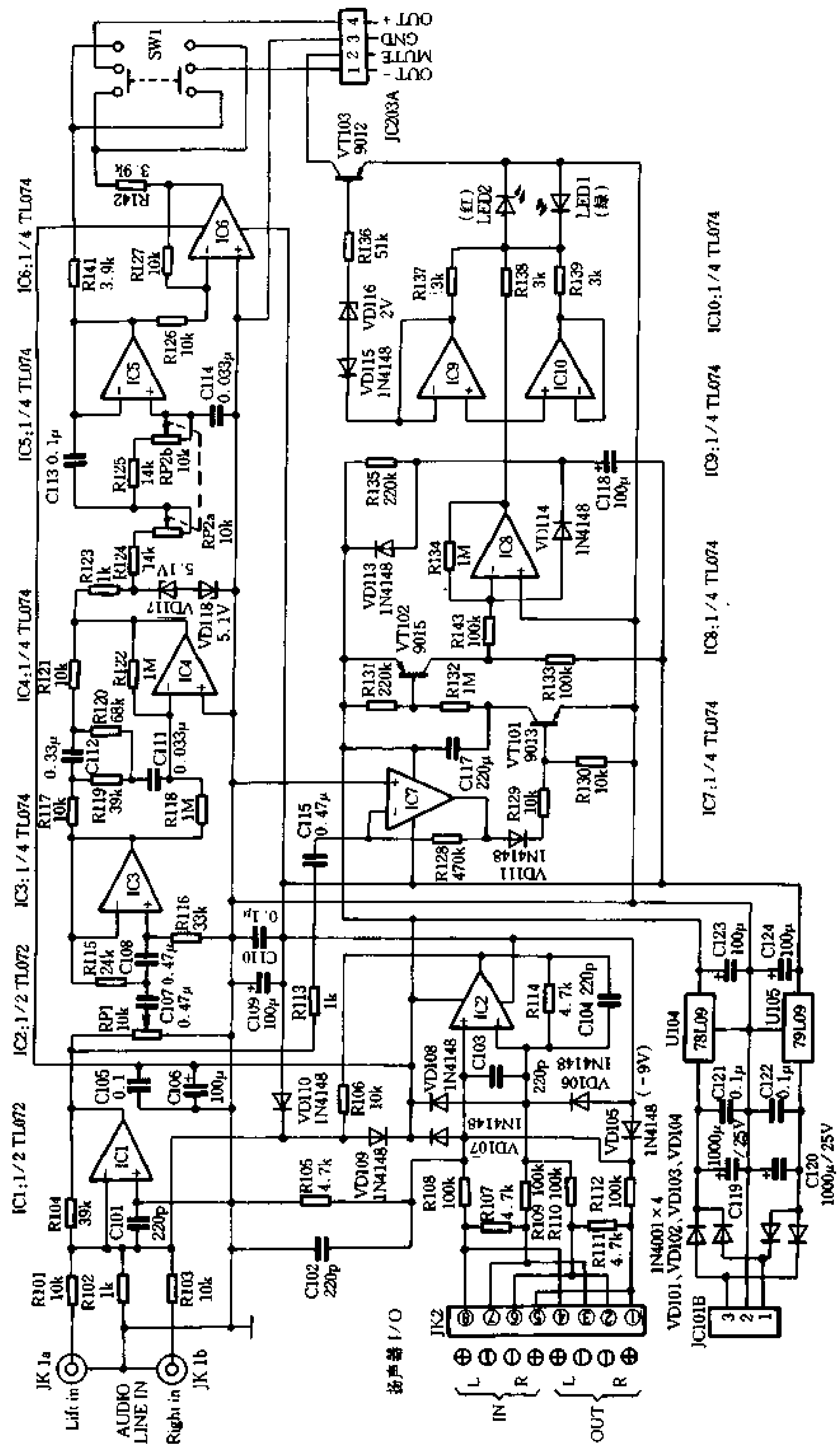


图 5-21

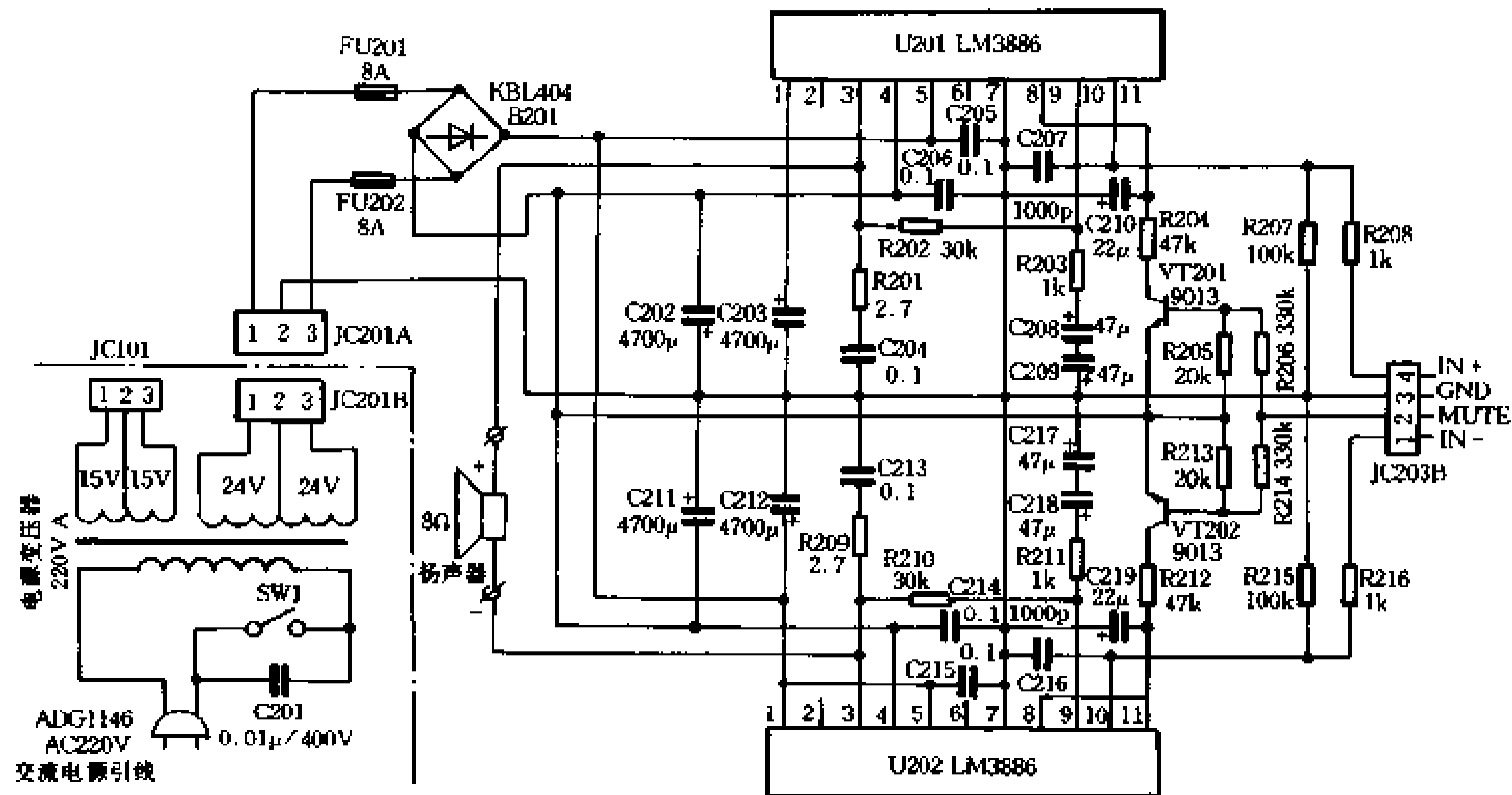


图 9-40

与线性运放 IC 制作的功放性能指标，而且具有完善的保护功能，很适合音响爱好者自己制作。

【电路原理】

图 9-39、图 9-40 所示分别为该低音炮功率放大器的后级功放电路与前级信号处理电路。在这里，特别选用了两只美国 NS 公司新近生产出的 LM3886 大功率 IC 接成 BTL 方式推动标准阻抗为 8Ω 的喇叭工作，在失真小于 0.2% 的要求下，可连续输出 100W 正弦波额定功率。需要说明清楚，LM3886 是 NS 公司在 LM3886 基础上改进 IC，虽然其产品介绍上称每只 LM3886 最大可以输出 68W 正弦波额定功率，但由于其内部设计有完善的过功耗保护功能，在超过 50W 输出功率的电源条件下使用，反而会对处于其功耗限制值的低幅信号进行保护动作而使输出信号削波产生失真，我们只应该让它工作在额定输出功率不大于 50W 的状态下。众所周知，稍好一点的大功率放大器都加有喇叭保护电路，而切断喇叭工作电流的开关只能是无任何压降的继电器触头。然而，把继电器安装在有源音箱里面，当喇叭发出强烈的低频声音时，继电器的触头将产生机械抖动而出现声音中断现象。所以，对于功率较大的低音炮有源音箱，不宜在电路上使用有可能影响系统正常工作的喇叭保护继电器。这样，也就要求功率放大器要具有十分完善而且可靠的安全保护功能。采用分立元件制作此类音箱的致命缺陷也正在于此，我们对 YAMAHA 与 SONY 公司生产的三款低音炮有源音箱进行过实测，发现它们的输出功率实际上都限制在 50W 左右，并且很少工作在低音很重的状况中。采用 LM3886 功放 IC 来担任低音炮有源功率放大器，正好可以利用其完善的过热、过流、过压、过功耗等保护功能来免除其它需要另外设计的喇叭保护电路。实际使用证明，两个 LM3886 功放 IC 应配有 $200\text{mm} \times 50\text{mm} \times 30\text{mm}$ 大小的铝散热器，而且应保持有流动的空气吹在散热器上面。为此，特将前级电路与后级功率放大器分开设计成两块印制电路板，以便将功放板单独安在散热器上面之后，再将它安装在箱体内部可被倒相管里面进出的空气吹着的位置。有了足以推动 12" 口径低音喇叭工作的 100W 正弦波额定输出功率后，我们又要避免有过大的输出功率加在喇叭上。为此，在前置电路中，专门设计了由 R123 电阻与 VD117、VD118 两只

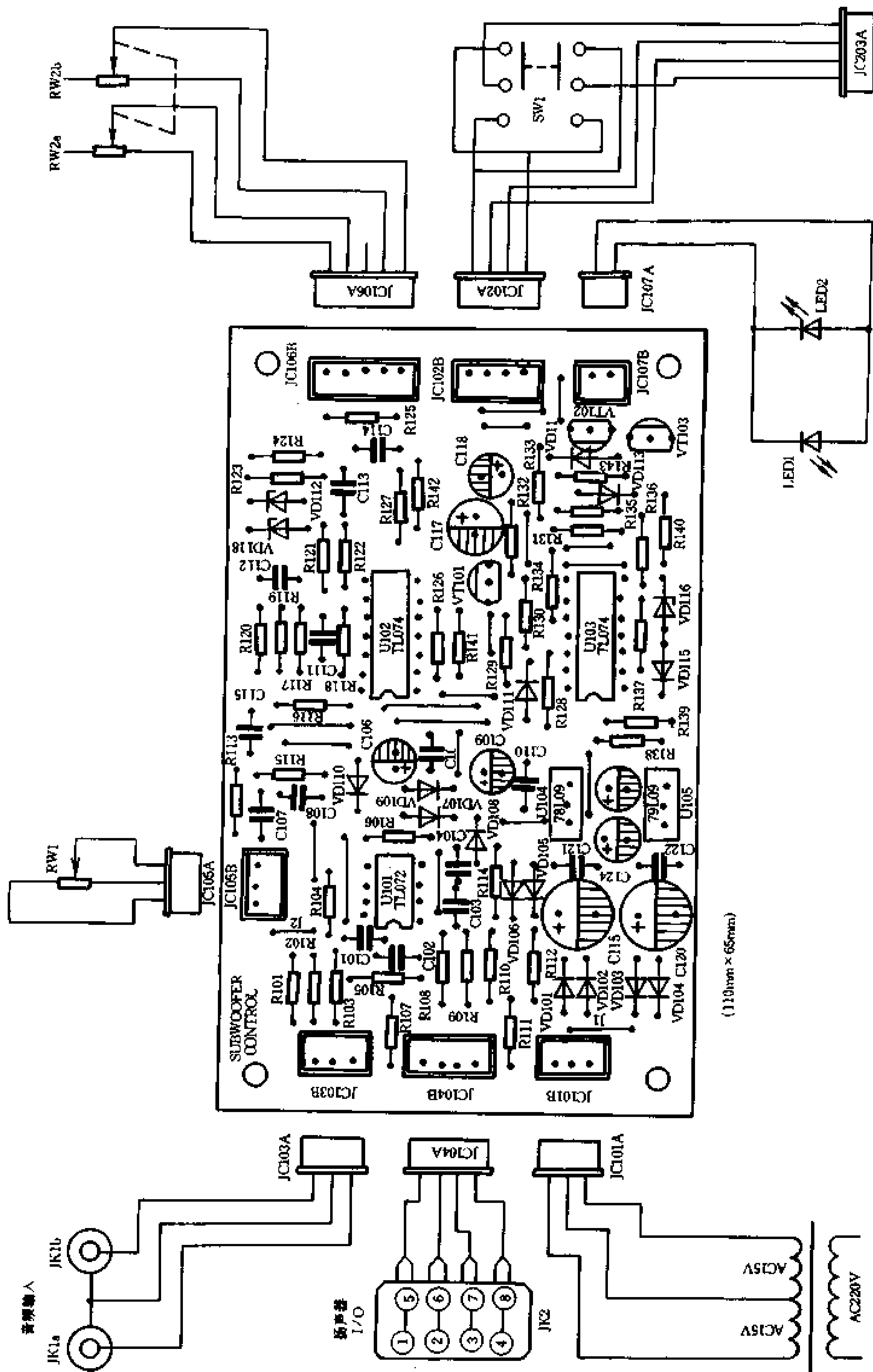


图 9-11

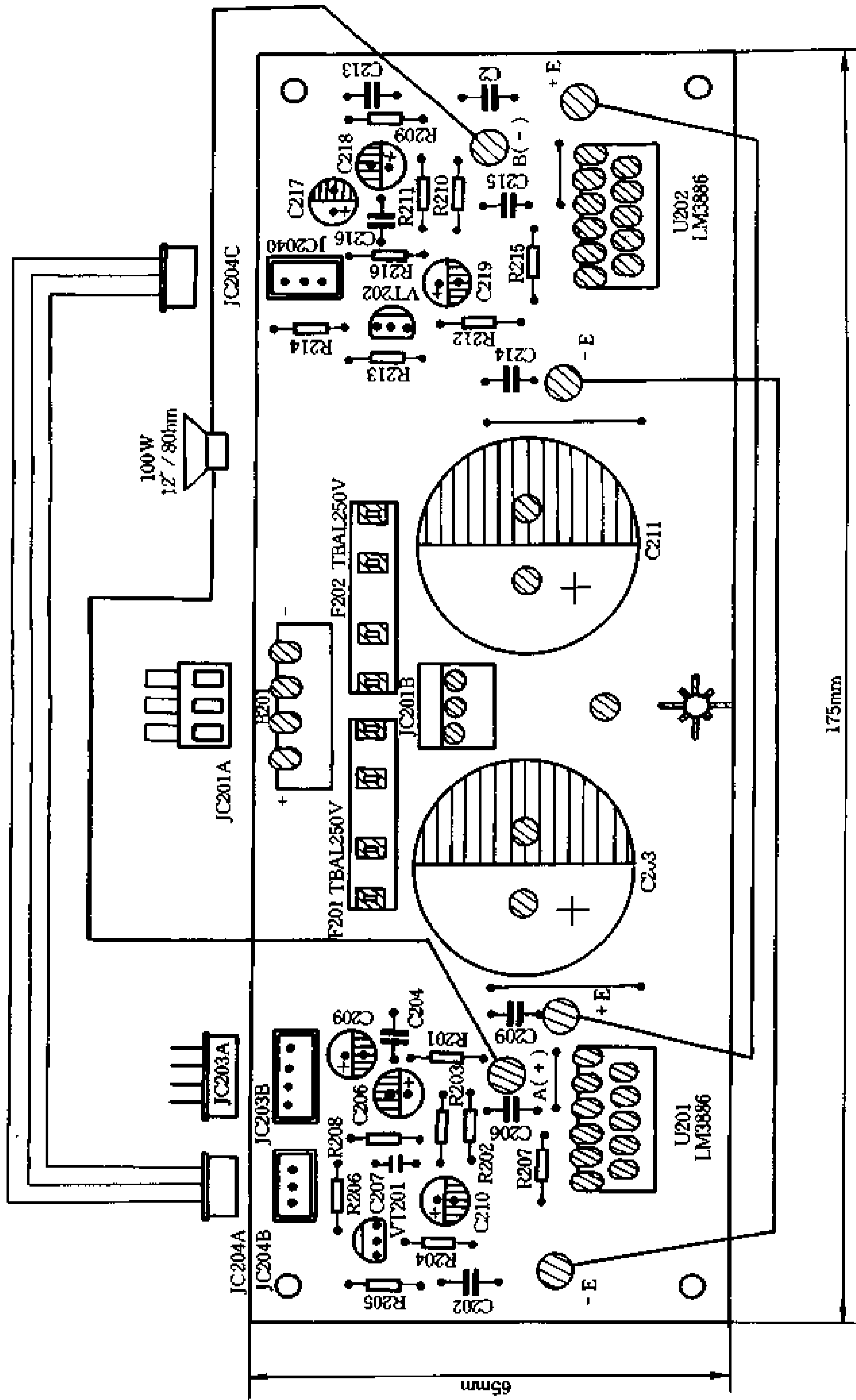


图 9-12

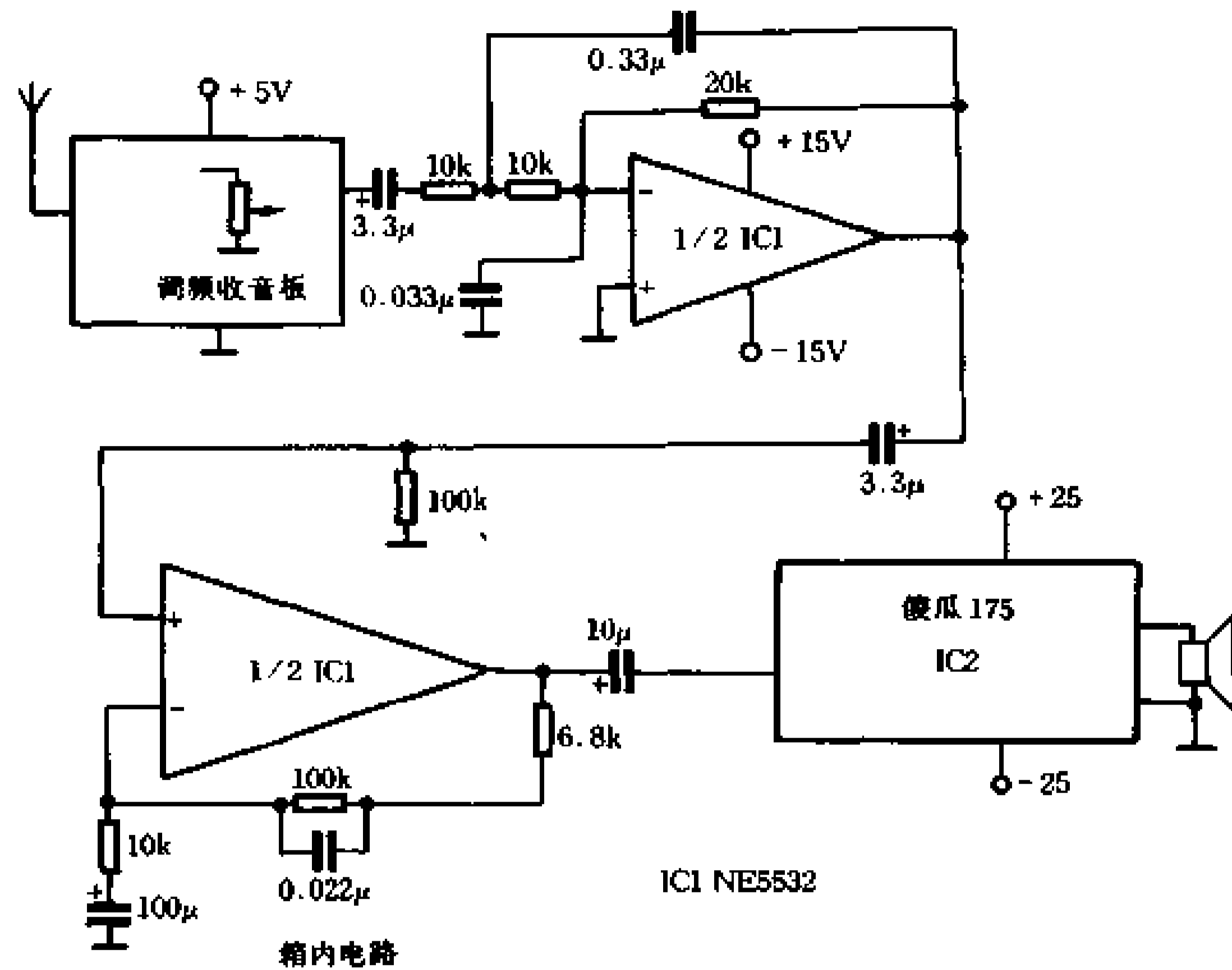


图 9-44

其音箱尺寸如图 9-45 所示。

如采用较大音箱，低音效果会更好。

与之配合的前置音箱，可用有源音箱，如迪波 2000 音箱，或自己制作。本文采用了飞乐厂生产的小型音箱，该音箱采用椭圆型全频带喇叭，其频响在 150~15000Hz，标称功率为 2×5W，可用 TDA1521 等集成功放推动。

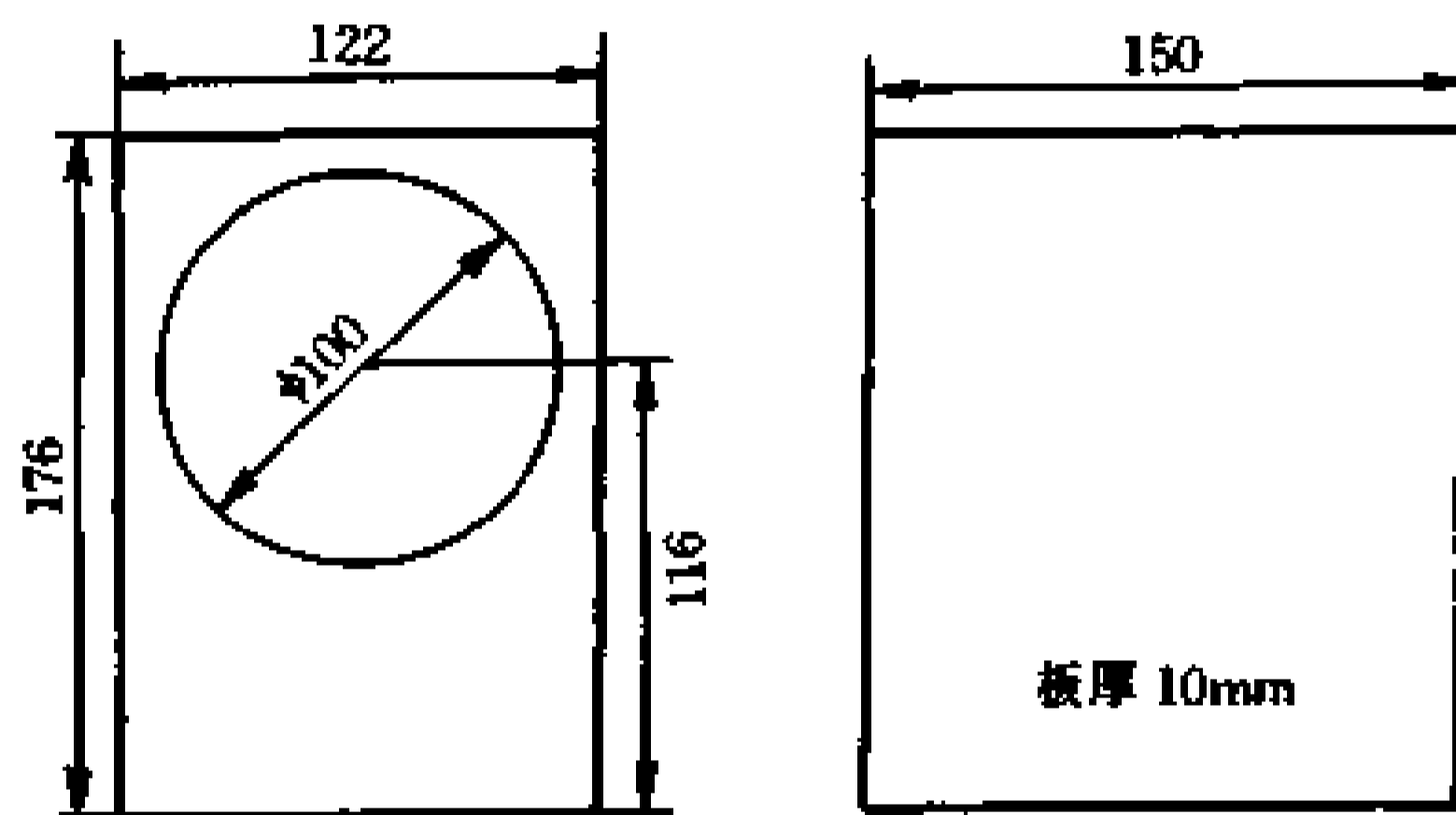


图 9-45

17. 车用有源低音炮

时下低音炮、超低音箱十分流行，但车用有源低音炮却很少有介绍。本人单位有辆丰田面包车，车上录音机音质不错。但低音明显不足，为此加了一个有源低音炮，效果比较理想，现介绍如下。找一段内径 170mm 左右，长 1.5m 的厚纸管，如能找到类似的硬塑料管则更好。找一段硬木头，在车床上加工成如图 9-46 中

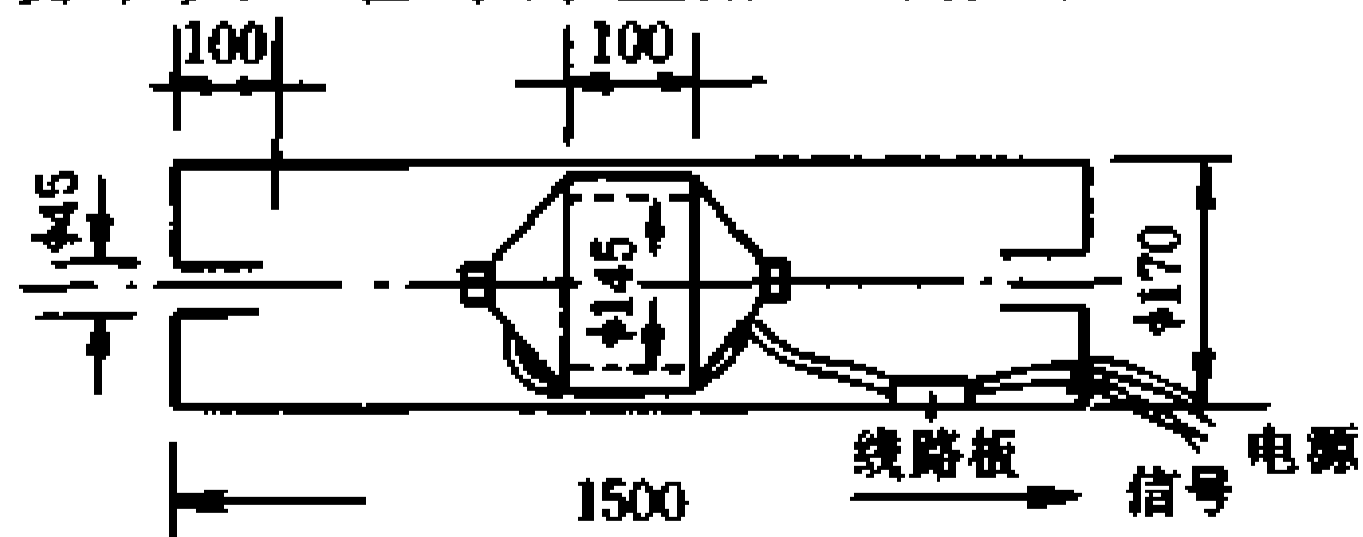


图 9-46

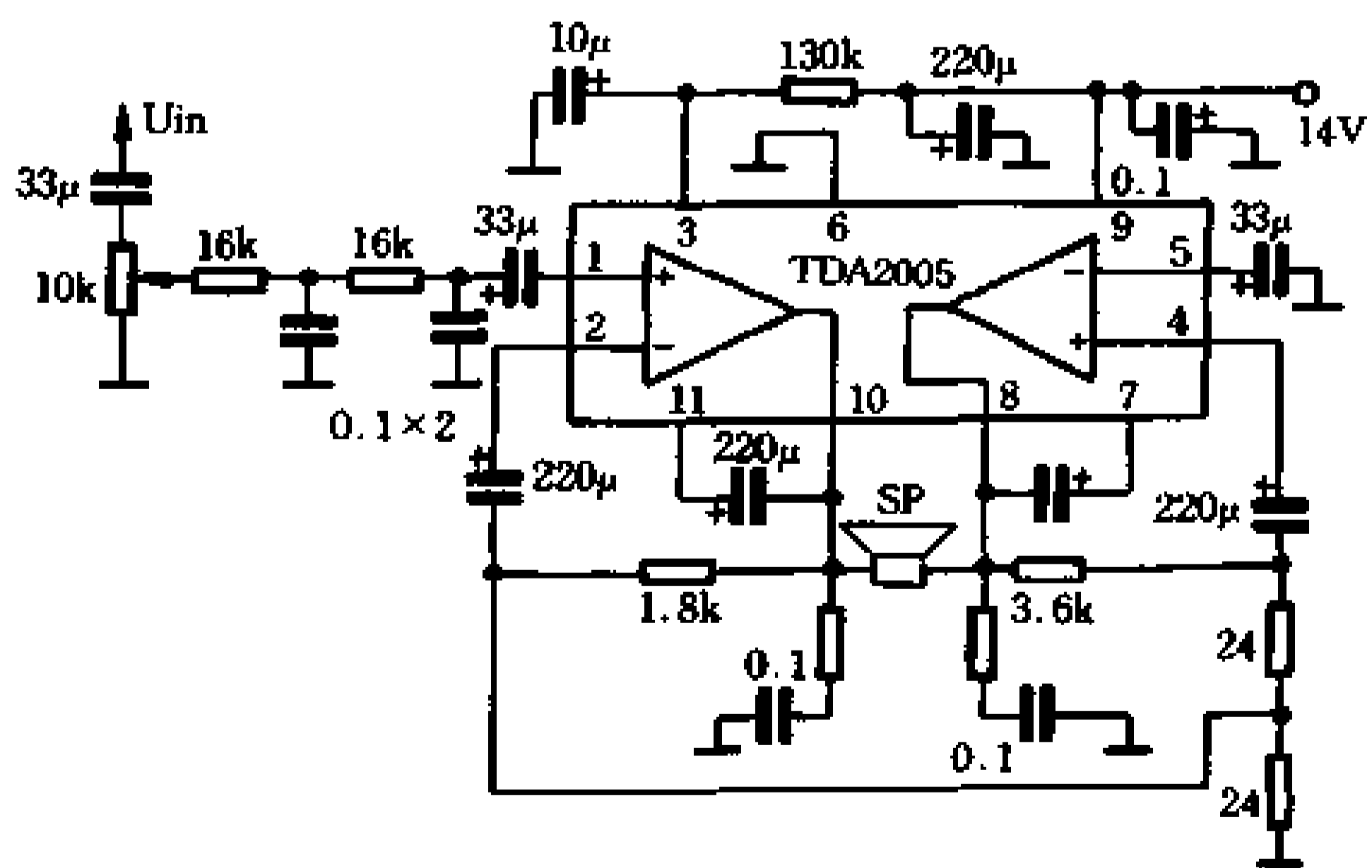


图 9-47

间固定扬声器的那一段，其外径一定要同纸管内径一致，以方便扬声器的固定，并在其外圆上开一走线槽，将扬声器固定在木头上，在木头上刷上胶，将其固定在导管中央，扬声器选用两只 8Ω 6.5 英寸低音反相并联。功放采用 TDA2005M，接成 BTL 形式，如图 9-47 所示。这是车用电源所能提供较大输出音频功率的电路形式，尽管对超低音来讲，其输出功率有些不够，但在实际使用中，效果已相当满意了。

使用时将低音炮放置在车后座下，低音信号可直接从扬声器上拾取，注意相位不要接错。此低音炮如能配置 50W 以上超低音功放，用于家庭影院系统，其效果也较好。

18. 帕斯卡驱动小型重低音音箱

当今的 Hi-Fi 发烧线圈内，“质”、“量”兼具的超重低音系统成为发烧友“苦心经营”的对象。所谓超重低音是指从 40Hz 以下一直延续到次声的范围，在欣赏音乐时，它几乎是由人类体表感受到的，给人一种震撼的快感。本文参考日本一家公司利用帕斯卡定律开发的重低音重放模式，设计并实验了本文所示音箱系统，效果较好，频响 30~20000Hz，灵敏度为 85dB。

音箱结构如图 9-48 所示。采用密封箱体，高音单元制作与一般箱体相同，在低音单元的箱内斜置隔板，隔板上安装帕斯卡驱动器(扬声器)，由独立的低频功率放大器驱动。

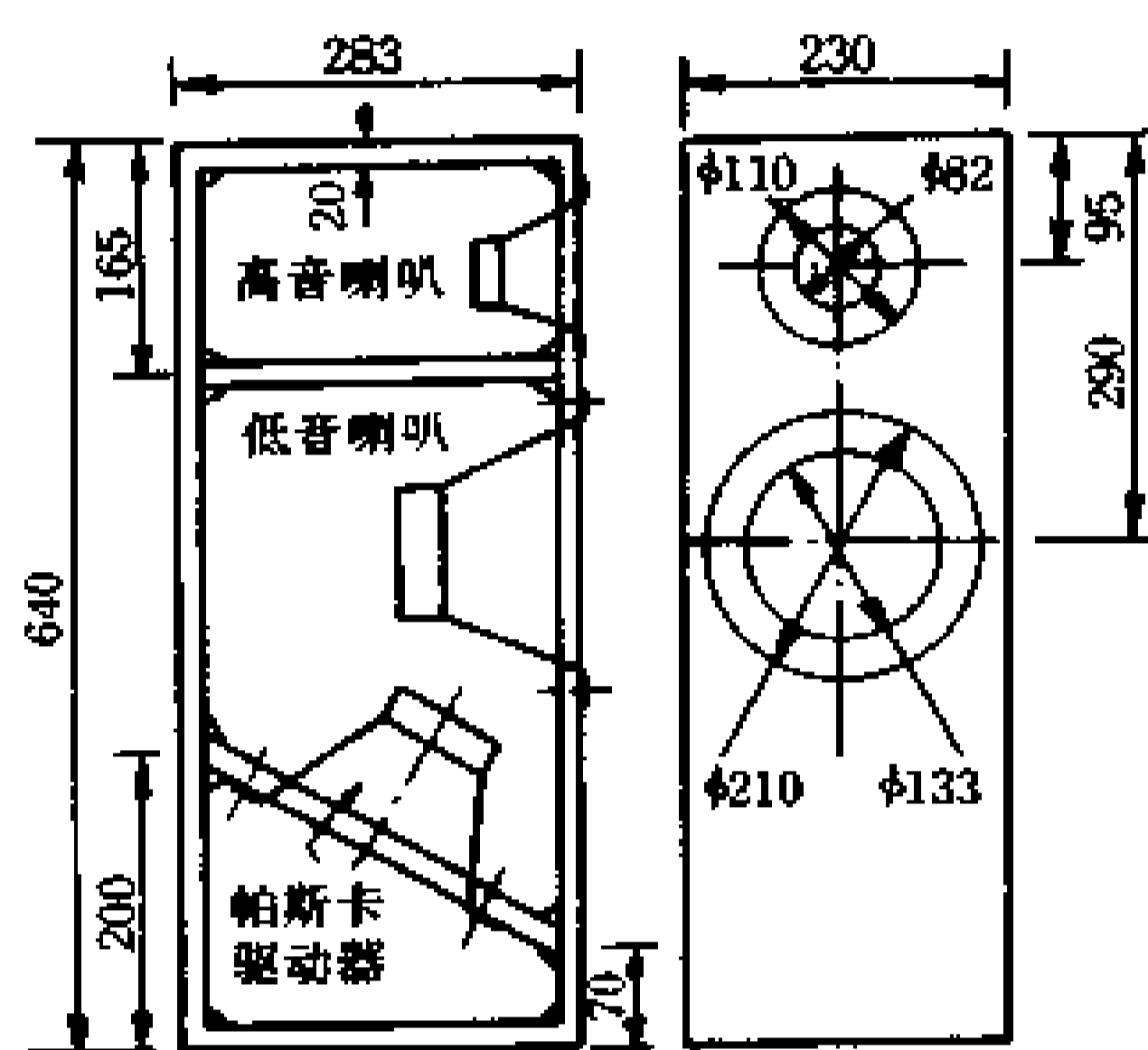


图 9-48

其工作原理如图 9-49 所示。信号经 IC1 及外围电路

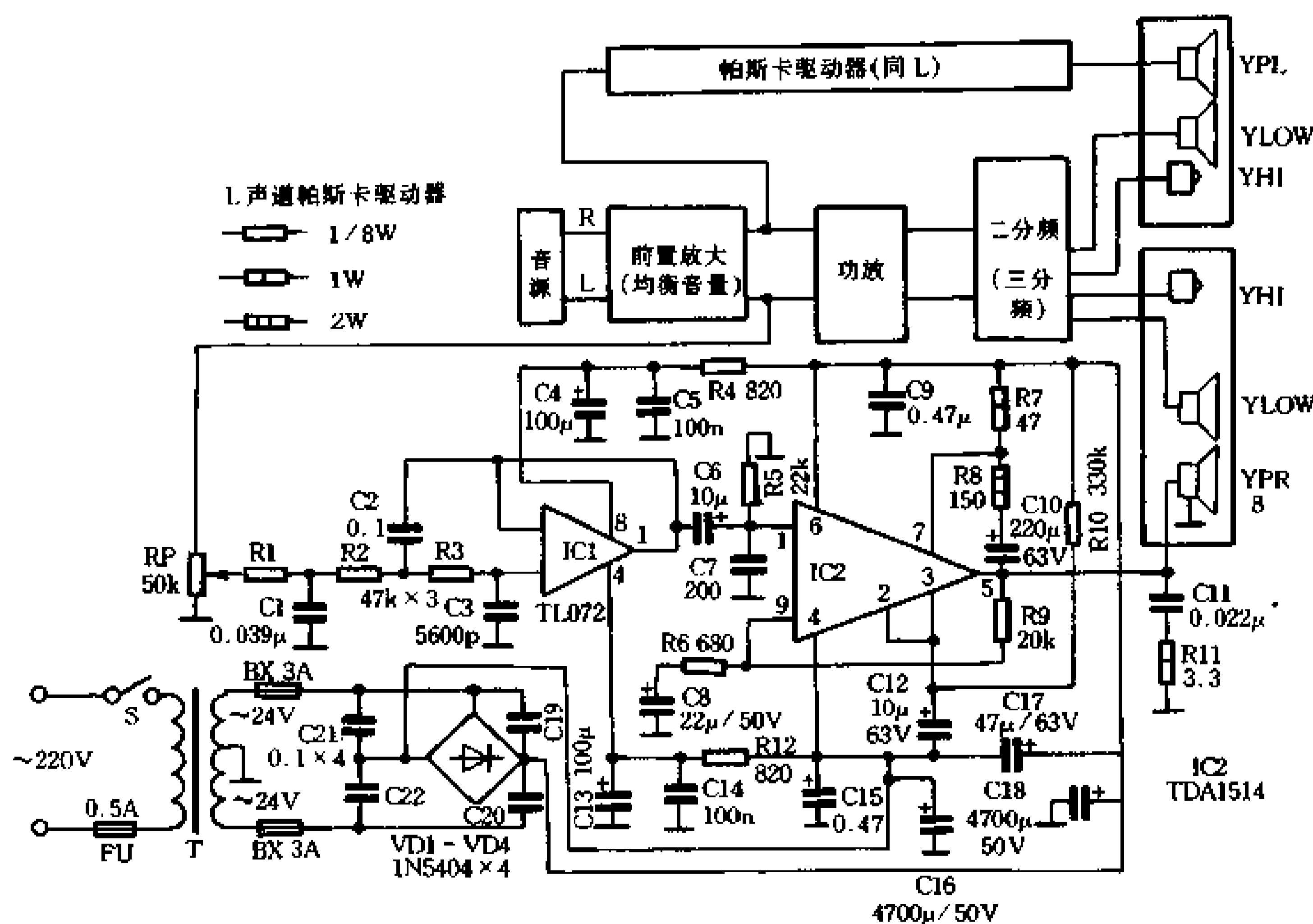


图 9-49

组成的三阶巴特沃兹网络低通滤波(具有 18dB/Oct 阻带衰减特性,转折频率 120Hz)后,送入由超低音功放 IC2 组成的帕斯卡放大器。帕斯卡驱动器的纸盆与低音扬声器纸盆反相振动,由此相叠加效果使得低音扬声器后部密闭空间的容积保持在恒定状态,使低音扬声器可根据信号输入大小作充分的自由活塞活动,不受任何抑制。保证了重低音的重放。

实际制作时,可在原有的高保真功放(额定功率 $>30\text{W}$)系统基础上,配以图 9-53 所示的帕斯卡放大器。IC1 为 TL072、TL082、LM385 等。滤波网络的阻容元件精度要求较严,可用精密金属膜电阻和聚丙烯电容;IC2 为 TDA1514A,配以大面积的翼形散热器。其它元件可根据图示数据选用优质品。高低音单元分别为银笛 YDQG4-1(20W、 8Ω)及 YD200-127X(40W、 8Ω);驱动器(扬声器) Y_P 选用银笛 YD131-54(20W/ 8Ω)。箱体采用中密度纤维板精心打造,内壁可贴吸音材料。

制作完成后,应注意驱动器(扬声器)与低音扬声器的振动须反相,否则需对调驱动器的接线。并调整 RP 使振幅略小于低音扬声器振幅,可根据主观试听直到低音及总体音质俱佳。

“百看不如一听”,强劲有力的重低音及纤细明亮的高音会让人如痴如醉。

19. 书架式有源音箱

单放机由于放音效果优美而逐渐成为众多青少年朋友们手中的宠物,尤其是现在随着技术的进步和人们欣赏能力的提高,许多单放机已具有小型组合音响的一些功能,很多发烧友常用单放作音源。

但单放机不足的一面是,输出功率小,因此很多青少年朋友购买了扩音功能的音箱,即有源音箱来作为单放机的功率扩展。

市面上所售的有源音箱价格不菲,因此自己动手制作一对有源音箱,一来可以节省费用,二来可以提高自己动手实验的能力。

考虑到制作难度和成本不宜过大,这一套有源音箱,以集成电路 TDA2822 为主,辅之以宽频带高灵敏度扬声器,其体积小、放音优美动听。

这一套小型有源音箱只具备扩音功能,为减少功能控制上的繁琐,音量控制由单放机音量电位器控制,单放机如能具备三段音调均衡和自动翻带功能就更好了。

【电路原理】

电路如图 9-50 所示,有源音箱外形如图 9-51 所示。

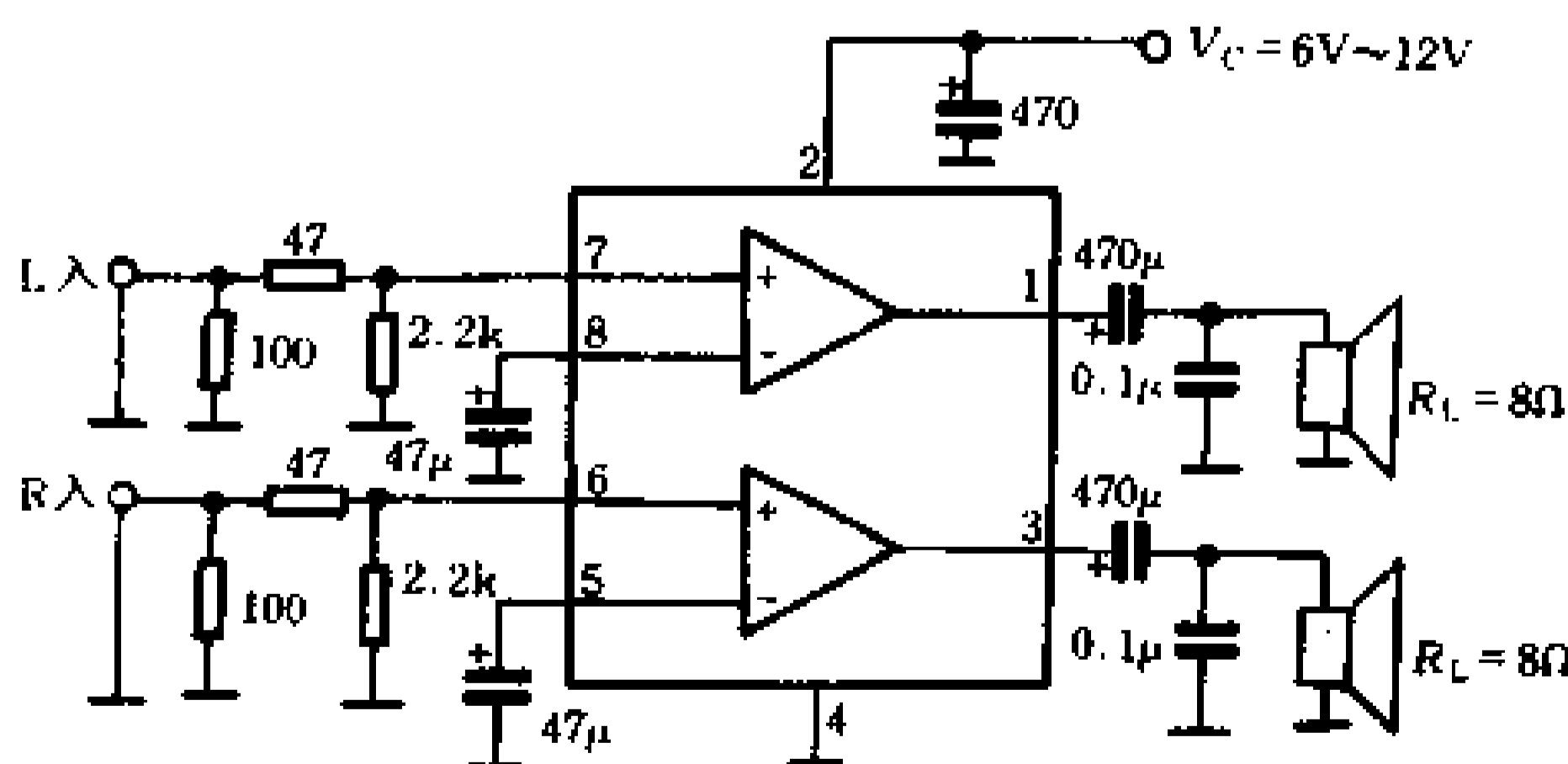


图 9-50

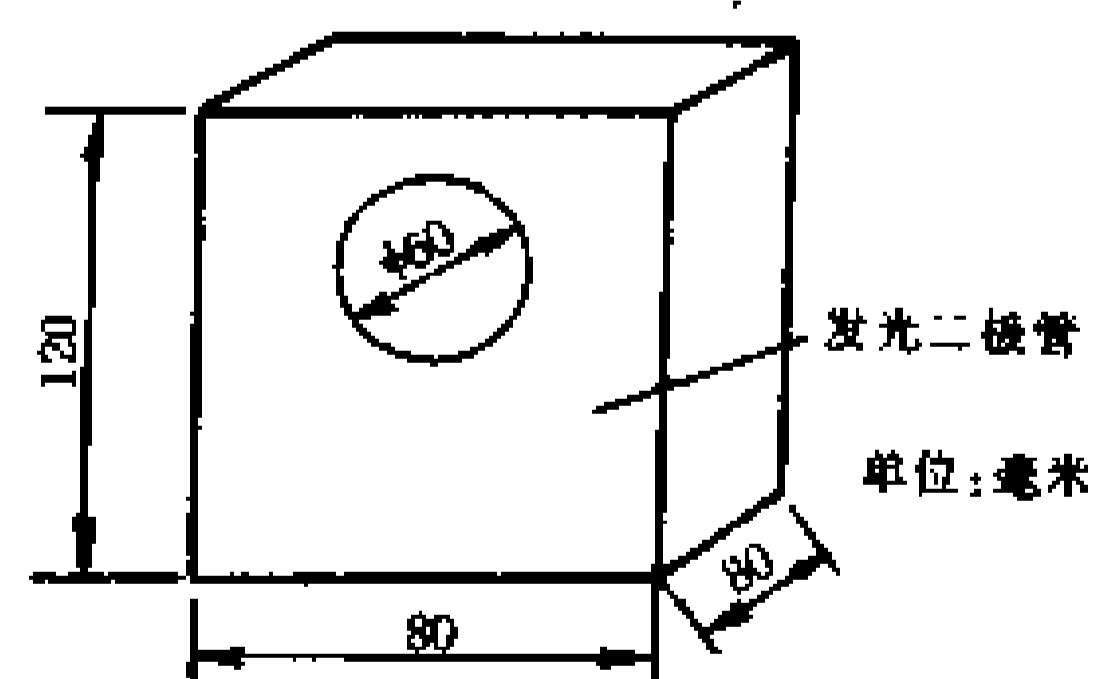


图 9-51

元件和内部功能简图如图 9-50, C1、C2 为反馈电容,改变容量可在一定范围内改变低频

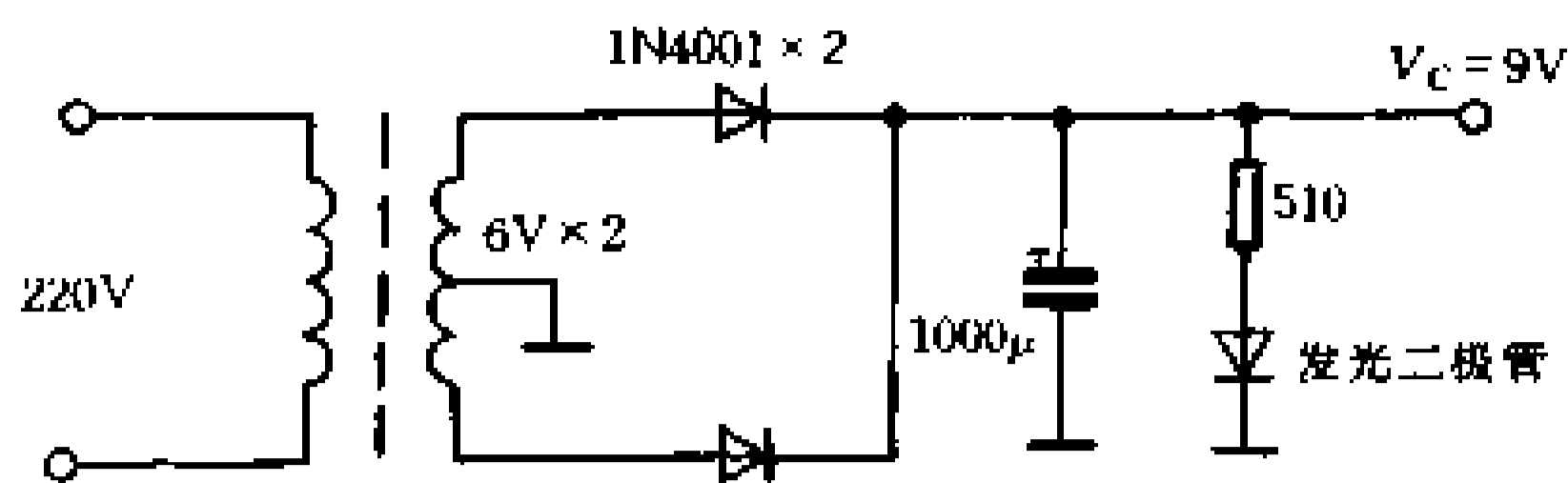


图 9-52

截止频率, C_4 、 C_5 为输出耦合电容, 一般情况下, 加大到 $470\mu\text{F}$ 即可, C_6 、 C_7 为消振电容, 如无影响也可不用, C_3 为电源退耦电容, 应尽量加大。TDA2822 是双功率放大集成电路, 当电源电压 $V_c = 6\text{V}$, $R_L = 8\Omega$, $\text{THD} = 10\%$ 时, 每声道输出功率为 1000mW 。平时工作时, 静态电流很小, 仅为 8mA 左右, 而且内部有负载短路保护电路。

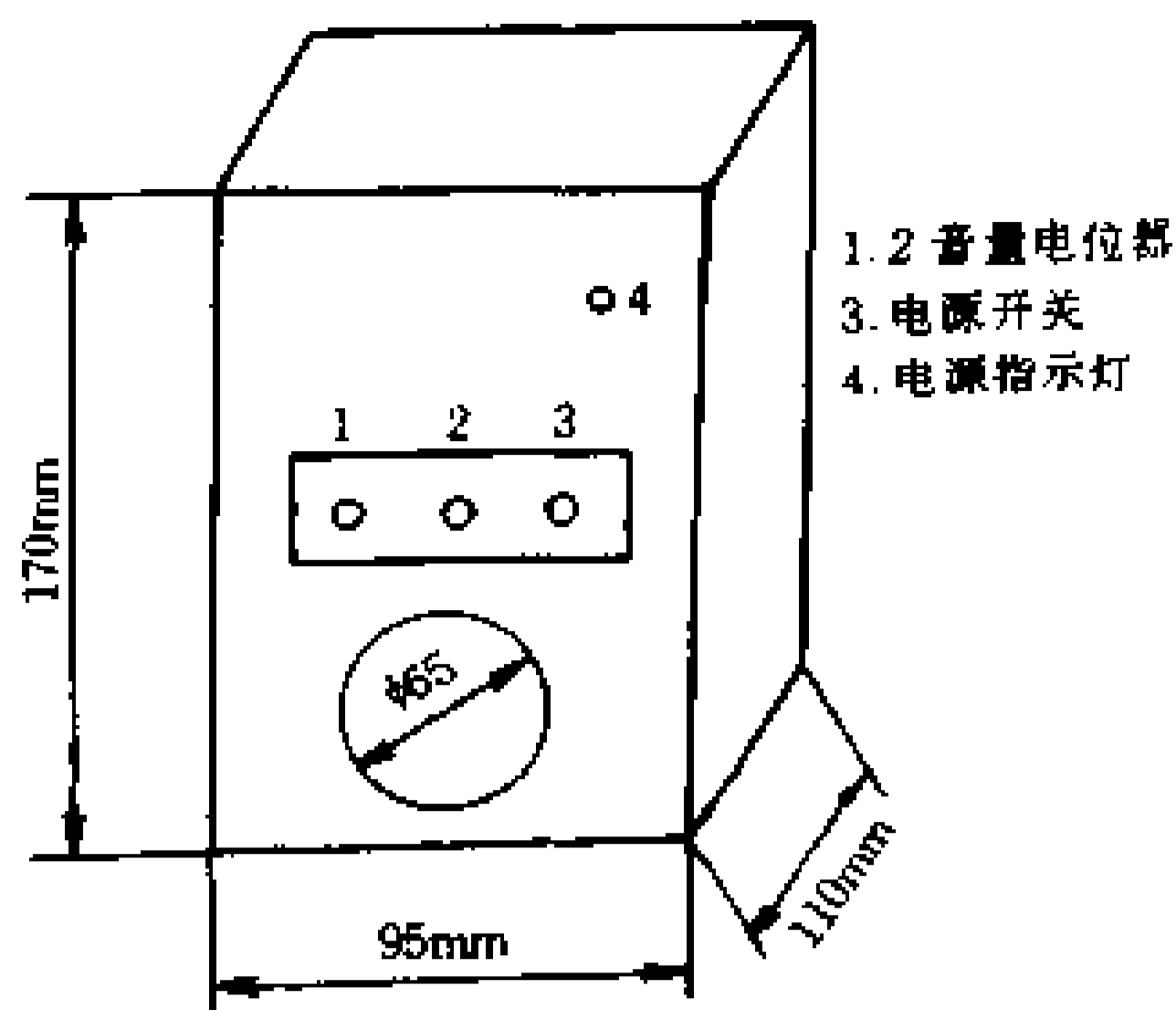


图 9-53

考虑到外出携带以及常常停电地区使用方便, 有源音箱上备有电池盒, 可装 4 节 5 号电池, 此外, 为了使用方便, 可购买一套整流电源如图 9-52 电路所示, 为有源音箱供电, 音箱上已带有外接电源开关, 不用时, 把开关打在左边, 即断开电源。

当怀疑为 TDA2822 质量有问题时, 可测量①、③脚电压是否为 $1/2V_c$, 在扬声器上还并有发光二极管, 功率较大时, 发光二极管的亮度会随着音乐信号的强弱一闪一闪地发光。

另一种有源音箱如图 9-53 所示。该音箱为全塑结构, 音量控制和电源开关集于箱体上。图中 100Ω 、 $3.3\text{k}\Omega$ 、 $2.7\text{k}\Omega$ 电阻构成一简易环绕声电路如图 9-54 所示, 左、右声道各取出部分信号相互交叉放大。

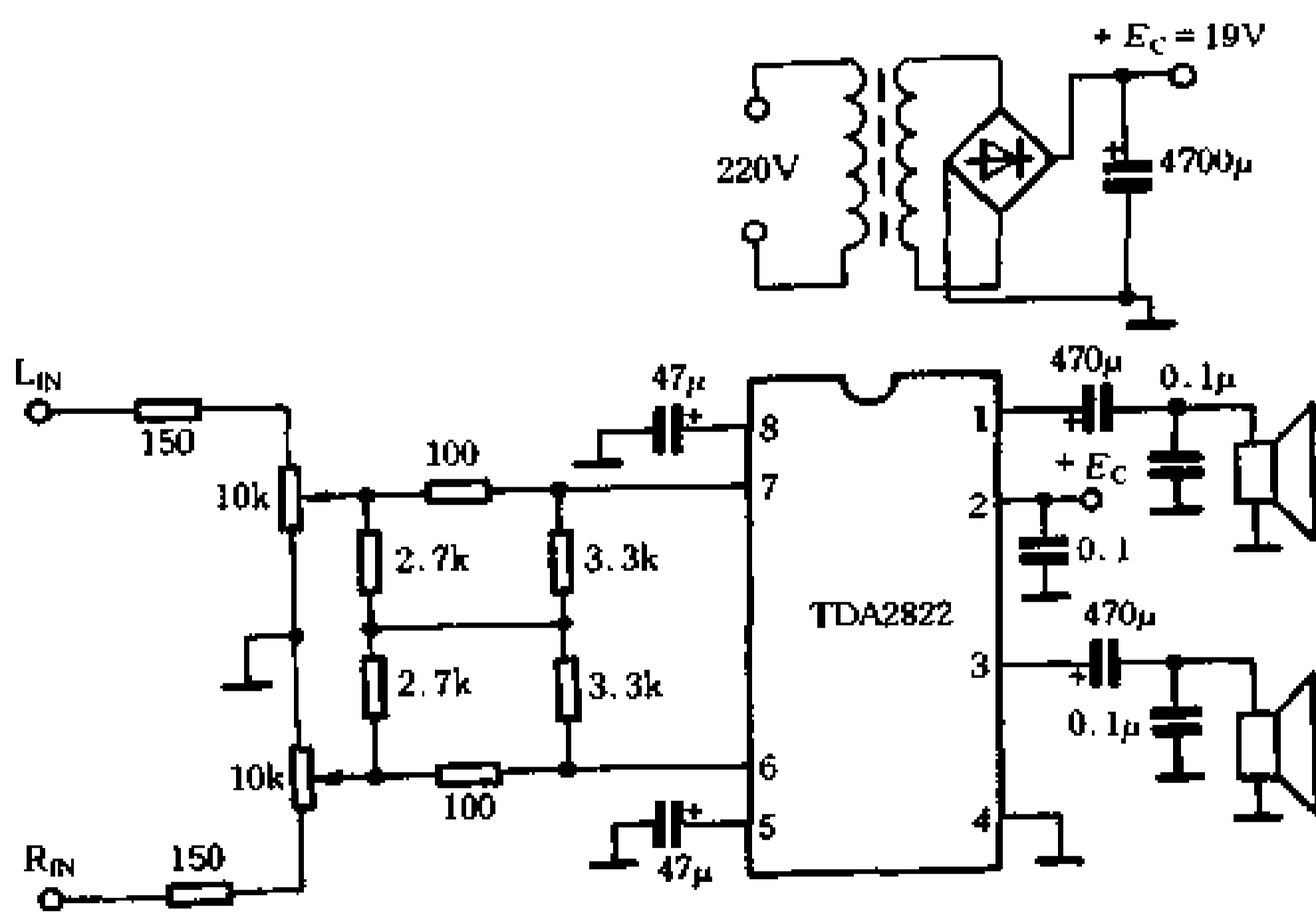


图 9-54

20. 电子管有源音箱

目前有源音箱内的功率放大器绝大部分采用晶体管或集成电路, 采用电子管功率放大器来制作的有源音箱几乎是凤毛麟角, 但是如果要追求音色甜美, 还是应采用电子管来制作有源音箱。

电子管功率放大器的特点是音色柔和而温暖, 层次清晰而透明, 高音细腻入微, 中音清

激明亮，低音浑厚饱满。用它来欣赏音乐，谐音丰富，悦耳动听。晶体管功率放大器的特点是音色清丽冷艳，高音穿透力强，中音宏亮清晰，低音刚强有力，用它来倾听爵士乐与摇滚乐将独领风骚。

本文向广大音乐爱好者推荐用电子管制作的系列有源音箱。该音箱只要将电源插头插上，再将音箱中功率放大器的输入端子与VCD、录像机或电视机的音频输出端子相连，即可欣赏。

有源音箱的制作并不困难，如果有现成的音箱即可进行安装，卸下部分部件，将装好的功率放大器安置在其中，安装部位应根据箱体的结构而定，电子管有源音箱的内部结构示意图如图9-55所示。

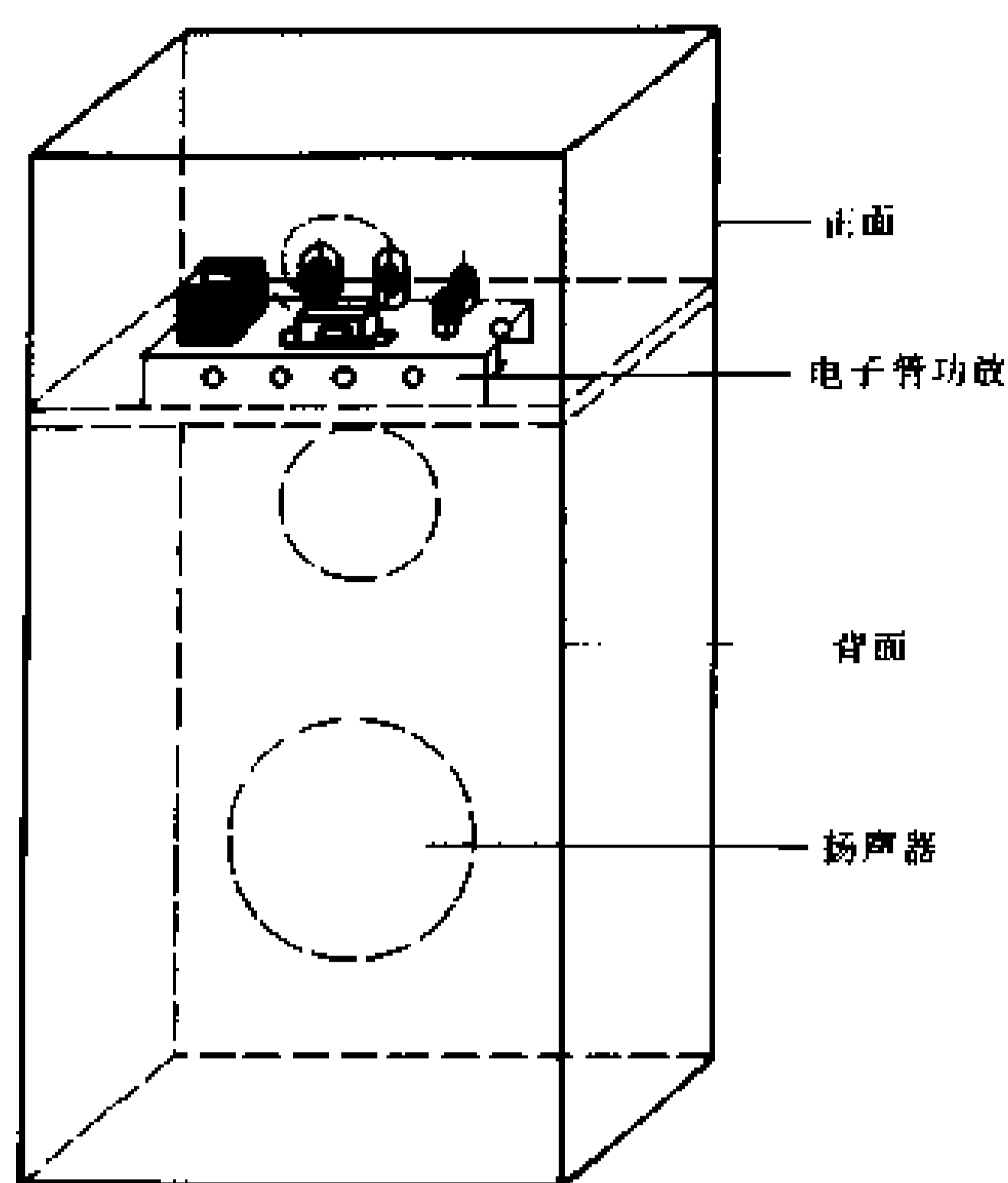


图 9-55

【电路原理】

为了追求纯真柔和的音色，在功率放大器的设置上，应选用纯甲类推挽式功率放大器。

10W 甲类推挽式功率放大器适用于 6 英寸半扬声器组成的二分频音箱，20W 甲类推挽式功率放大器适用于 8 英寸组成的三分频或二分频音箱，其电子管功率放大器的电原理如图 9-56 与图 9-57 所示。

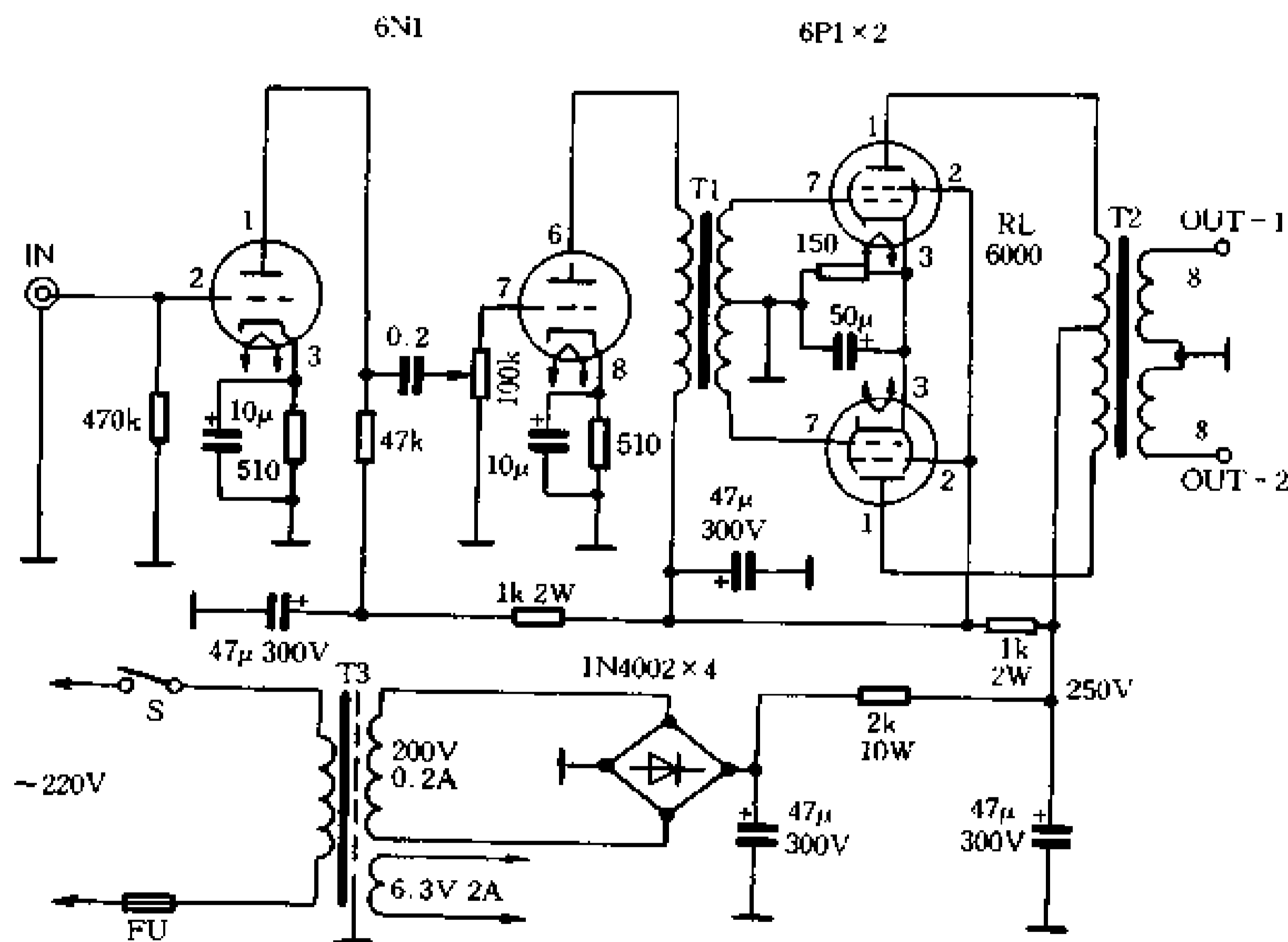


图 9-56

20W 甲类推挽式功率放大器的底板如图 9-58 所示，如制作 10W 功率放大器时，参考尺寸还可缩小。底板上面安装电源变压器、输出变压器及全部电子管，其它零部件均安装在底板下面。底座上的四只插孔分别为：电源开关连音量控制；电源进线；输出至另一只音箱的插孔；音箱输入插孔。

甲类推挽式功率放大器的特性曲线如图 9-59 所示。功率放大管工作于栅压-屏流特性曲线的直流部分，栅极上输入的推动电压在正半周的最大值时，不超越栅极的负压区，在负半

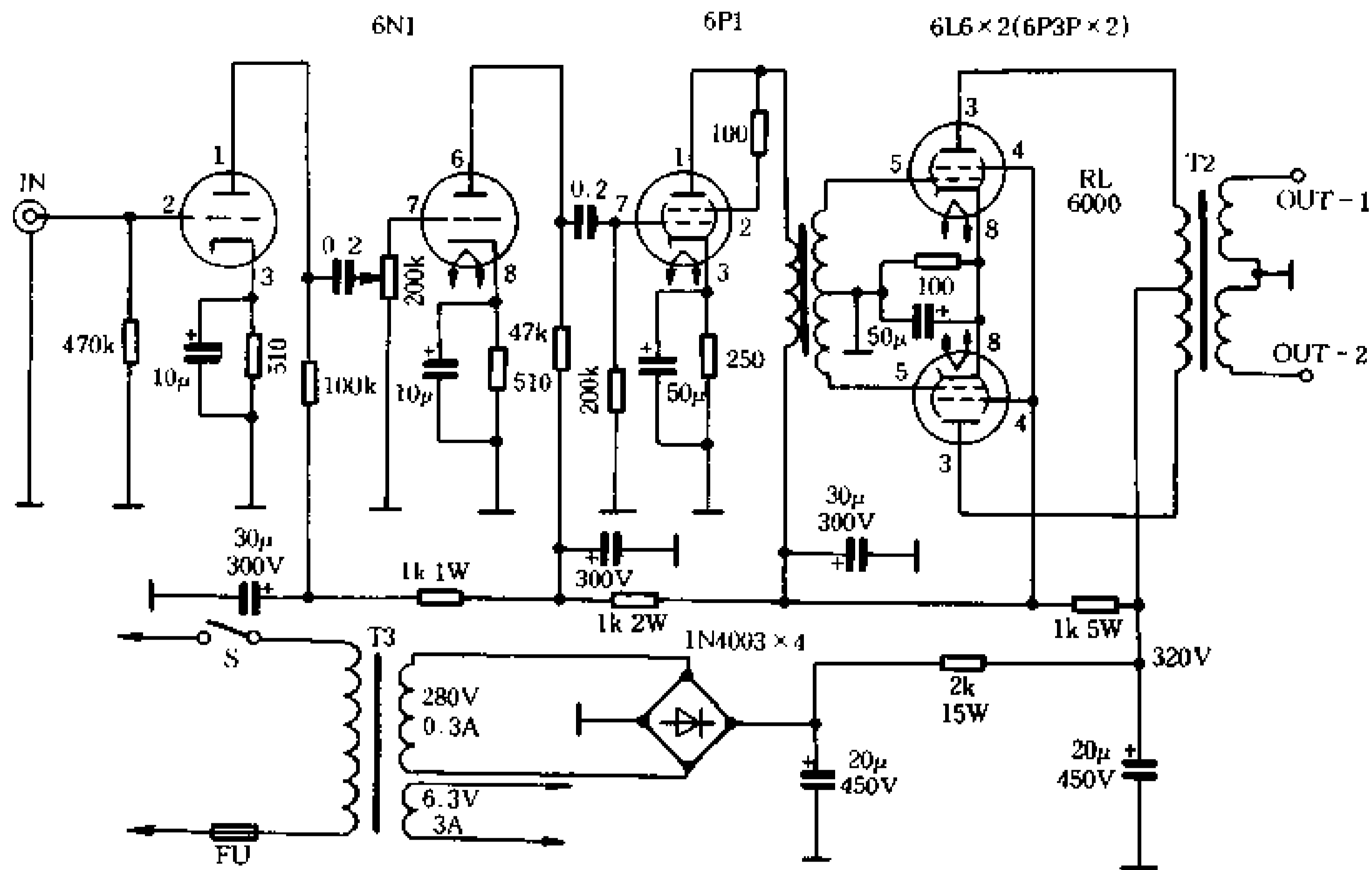


图 9-57

周时亦不能使负压值太低，以致达到屏流截止点屏流曲线的弯曲部分而引起失真。

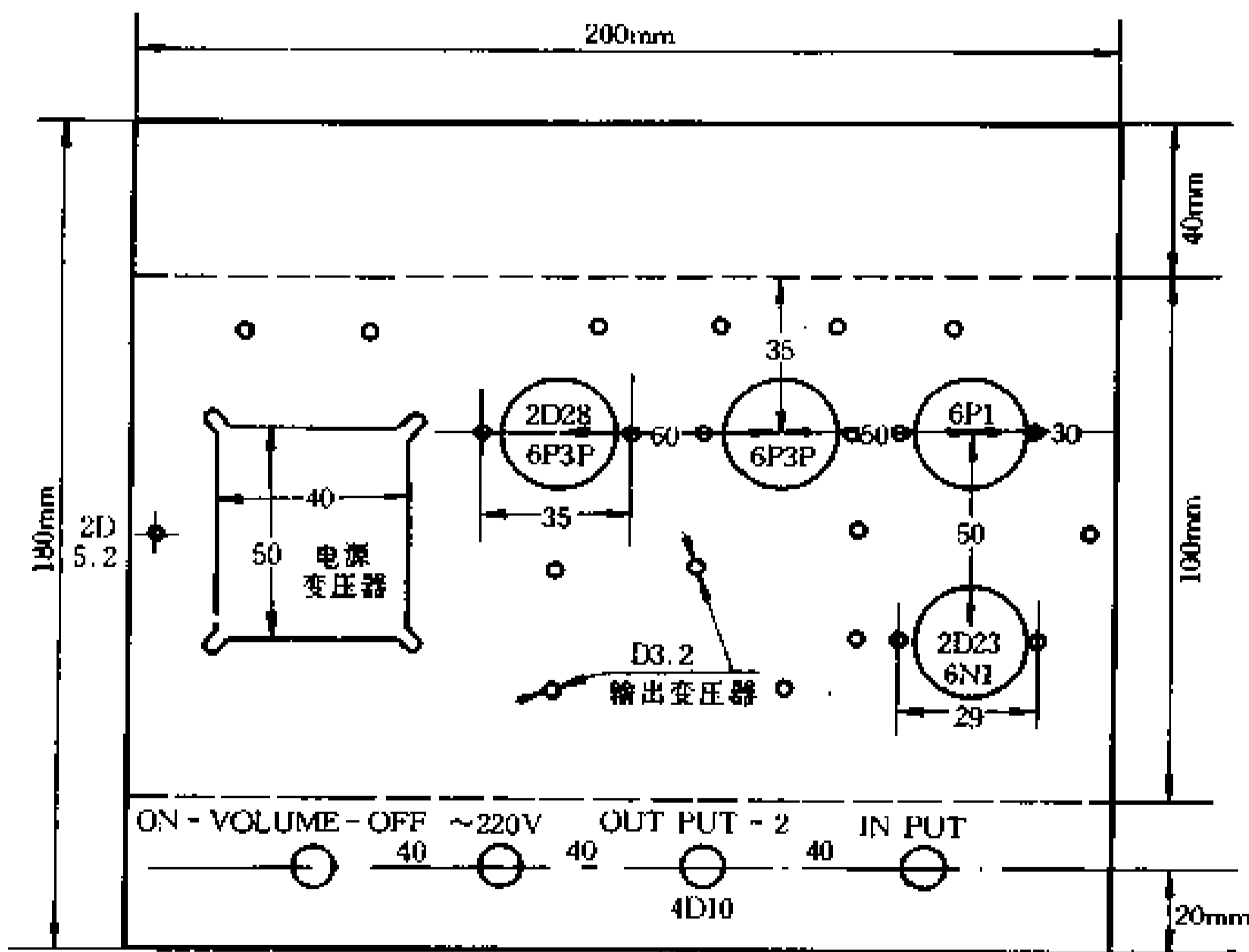


图 9-58

甲类推挽式放大器其工作频率比单管甲类有很大提高，而且失真大为减少，其主要原因是大部分的奇次谐波均在推挽输出变压器中被相互抵消了。

由于甲类功率放大器栅极负压在屏流曲线直线部分的中点，故在工作时屏流变化极小，处于相对稳定的状态，因此放大器具有失真小、频响宽、音色纯真的特点。

在单管甲类的输出变压器中有恒定的直流通过，如功放管屏流的最高值为 50mA，当最低降到 45mA 时，该管的实际输出仅有 5mA，但稳定的直流却有 45mA 之多，比变化值大得多，为了使输出变压器不产生磁饱和，必须采用足够大的铁芯才能满足。而在甲类推挽功放中，A

管与B管的屏流方向相反,在铁芯中的磁通自动抵消了,因而不会产生磁饱和现象,故输出铁芯可大为减少。同时交流声也会大大降低,因为单管甲类在工作时,高压电源部分未经滤除的交流成分将与信号叠加,产生较为严重的交流声,而在甲类推挽放大器中,其交流成分亦在输出变压器中被抵消了,交流声极小。

甲类推挽功率放大器的功放管栅极不加任何偏置,完全靠前级的激励电压来推动,在工作点配置适当时,音频信号将得到纯真的放大。如功率电子管采用6L6或6P3P、屏极高压为320V,其额定不失真功率可达20W;当功放电子管采用6P1时,屏极高压为250V,其额定输出功率可达10W。

一般VCD机、录像机、电视机等音频输出电压约0.3~0.7V,为确保推动电压有足够的余量,同时还考虑到电路中设置的衰减式音量控制器,所以可设定输入信号电压为0.1V。甲类推挽式功率放大器需要足够的推动电压才能达到额定输出功率,如需输出10~20W,其功放管栅至栅的推动电压峰值必须达到50~60V,其推动管的输出电压值应达到峰值电压的一半,即25~30V,前级放大器所需电压增益应为 $30/0.1=300$ 。

现采用中放大倍数的双三极管6N1或6N2,其每级的电压增益约为20,二级放大后的增益为 $20 \times 20 = 400$,已经能满足小功率放大器的要求。但对于20W的功率放大器来说,余量尚不充足,故再增加一级放大,采用小功率管6P1来担任推动。加接6P1放大后,三级放大的增益可能过高,过高的激励电压会引起放大器的失真。为了减小失真,拓宽频响,将束射四极管6P1接成三极管使用,以降低放大倍数,这样不仅保证有足够的余量来推动末级功放,而且在各项电性能指标上均能获得良好的效果。

甲类推挽功放的输入与输出变压器在绕制上必须相当准确,只有采用双线并绕的方式才能使两只功放管达到完全平衡的状态。在甲类推挽电路中,当A功放管得最高电压时,B功放管得最高负压,这样两只功放管处于完全平衡状态,能使失真最小,输出最大。

在甲类推挽电路中,推动管的屏极负载为输入变压器的初级线圈,为了配合电压放大,并兼顾放大器的失真与频率响应,输入变压器的阻抗比必须适当,过高或过低均不合适,一般初级与次级阻抗比选1:1或1:2为宜,同时由于输入变压器初级绕组中有直流通路,为防止产生磁饱和现象,在输入变压器的硅钢片中必须留有一定的间隙。

推动管6P1在电路中已改接成三极管,这样有利于展宽频响与减小失真,屏极的负载阻抗也大为降低,仅为 4000Ω ,屏极电压约250V,屏极电流约30mA,要求末级输出20W功率时,其推动功率必须达到0.8~1W。

根据0.1~1W的推动功率,输入变压器的硅钢片采用EI型,舌宽取1.2~1.6cm,铁芯截面积约为 4cm^2 ,其磁路长度约为8cm。

由已知条件,可先计算出初级线圈的电感量和初级匝数:

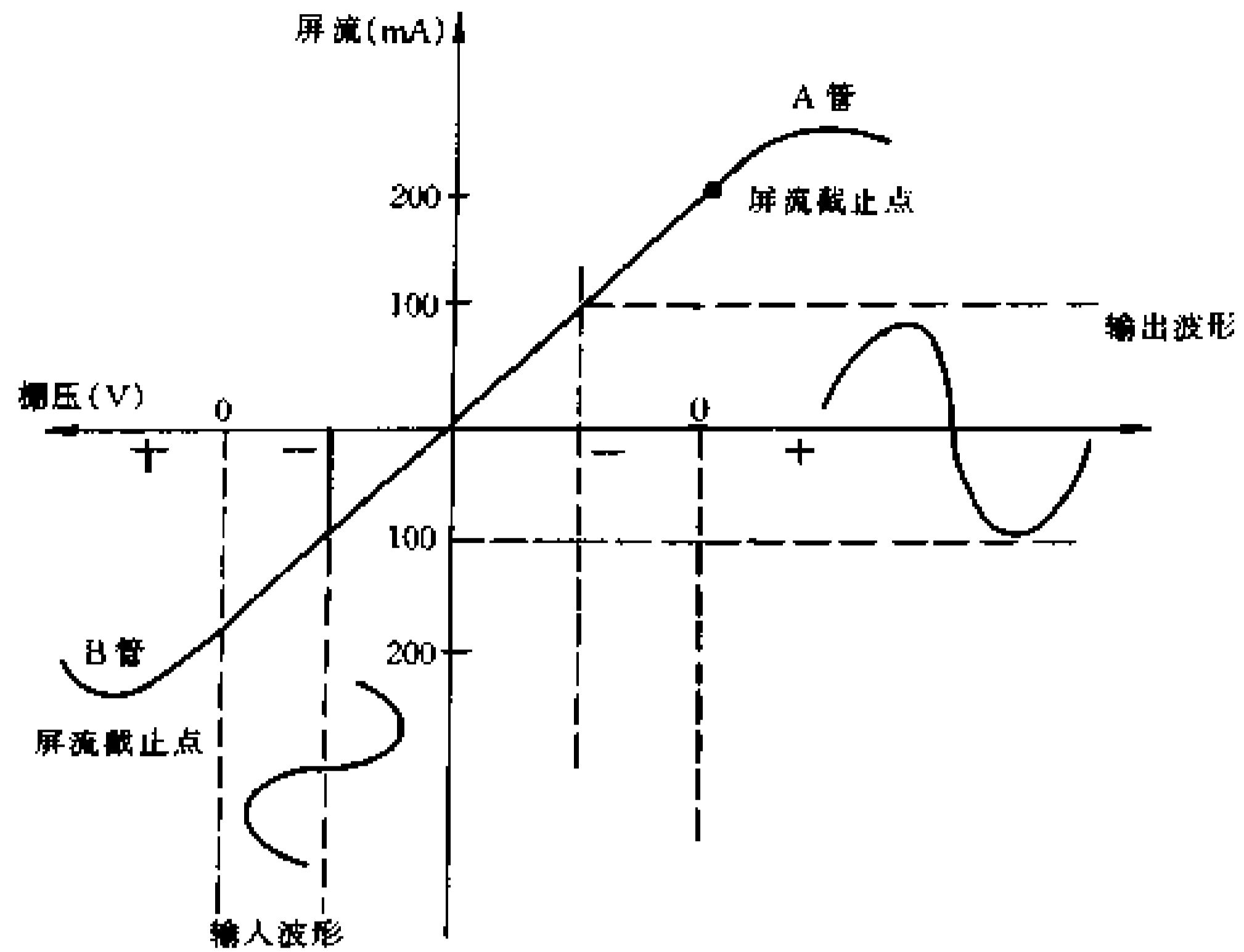


图 9-59

$$\text{初级线圈电感 } L_p \approx \frac{\text{负载阻抗 } R_p}{6(\text{常数}) \times \text{最低频率 } f_b} \approx \frac{4000}{6 \times 150} \approx 4(\text{H})$$

$$\text{初级线圈匝数 } N_1 \approx 450(\text{常数}) \sqrt{\frac{\text{初级电感 } L_p \times \text{磁路长度 } L_c}{\text{铁芯截面积 } S}} \approx 450 \sqrt{\frac{4 \times 8}{4}} \approx 1600$$

为保证频响与失真度等参数要求，初级线圈与次级线圈的比值选 1:1，则次级线圈的匝数为 800×2 。

推动级屏极电流为 30mA，由线径表中可查得，采用线径为 0.12mm 的漆包线即可满足要求。次级线圈内因无栅流通过，故可以采用相同线径。为提高推动效率，次级线圈应置于内层，初级线圈置于外层，均需采用高强度漆包线来绕制。

甲类推挽式功率放大器，功放管采用 6L6(6P3P)、额定输出功率为 20W 时，输出变压器的屏至屏最佳负载阻抗为 6000Ω ，屏极电压为 320V，屏极最大总电流为 140mA，次级输出阻抗设计为 $8\Omega + 8\Omega$ 两挡。

为保证良好的频响，在额定功率为 20W 时，输出变压器应选用高硅冷轧钢片。硅钢片采用 EI 型，舌宽取 2.6~2.8cm，铁芯截面积约 8cm^2 ，磁路长度约 16cm。

输出变压器的初级电感可按最低频率 80Hz 来计算：

$$\text{输出变压器的初级电感 } L_p \approx \frac{\text{负载阻抗 } R_p}{4.8(\text{常数}) \times \text{最低频率 } f_b} \approx \frac{6000}{4.8 \times 80} = 15\text{H}$$

$$\text{初级总匝数 } N_1 \approx 450 \sqrt{\frac{\text{初级电感 } L_p \times \text{磁路长度 } L_c}{\text{铁芯截面积 } S}} \approx 450 \sqrt{\frac{15 \times 16}{8}} = 2400$$

初次级匝数比为 $\sqrt{\text{初级阻抗 } 6000\Omega / \text{次级阻抗 } 8\Omega} \approx 27$ ，则次级匝数 $N_2 = 2400 / 27 = 86$ 。

初级线径按 140mA 计算，由线径表中查得为 0.25mm，次级线径按 $\sqrt{\frac{20\text{W}}{8\Omega}} \approx 1.5\text{A}$ 计算，由线径表中查得为 0.86mm。

【安装与调试】

该机的输入与输出端子的插口相距很近，在安装时必须注意，输入端子的接地线应与输入管近阴极入地端相连接，而输出端子的接地线与功放级相连。如输入与输出端子合用接地线极易引起交流声，其原因是输入端为小电流状态，而输出端为大电流状态。

在布整机接地线时应先从电源部分与功放部分的大电流电路开始，用 D1mm 的裸铜丝焊在底板焊片上，最后绕道至输入端。而后装灯丝线，用多股塑料线相互绞连安装，并尽量贴近底板。再装各级元器件相靠近，以防引起干扰或啸叫。

接至输入端子与音量电位器上的引线必须采用屏蔽线，主要是防止感应交流声。

全部安装完毕后，应仔细核对，是否有漏接的元器件或接错的地方，予以即时纠正，全部无误后可接上负载开始调试。

调试时先测量交流电压及灯丝电压，然后再测量各级的直流电压，空载时电压均会偏高，然后插上各级电子管。

甲类推挽式功率放大器的功放管，从原则上说应该配对使用，使两管的电参数基本相同才行。这是因为甲类推挽放大器与甲乙类放大器不同，甲乙类放大器功放级的平衡可通过调节栅负压电阻来校正，而甲类推挽放大器不设置偏压电阻，其平衡状态完全靠输入与输出变压器以及两只推挽功率管的参数对称来保证。

功放管是否配对，在整机安装好以后可以通过测量功放级两管电流来判断。甲类推挽功放的调试必须在注入信号时进行，功放级总的电流为 140mA，平均每管 70mA，但在无信号

时电流亦很小，随着信号的不断加强，信号与功放管电流同时增大，一般从 10mA 增大至 70mA，可以比较两管电流的增长是否对称。如果相差超过 5%，可先将两管对调，如互换后平衡了，表明输入或输出变压器不平衡，如互换后仍不平衡，表明功放管参数不同，应予以更换或重新配对。

输入级与推动级均为常规的阻容耦合式甲类放大器，其增益高低可通过调节电子管的屏极负载电阻或阴极电阻的阻值来改变，如发现增益过高或信噪比较差，可在输入管的阴极与输出变压器的次级端子上加接适当的负反馈。

前置级至推动级的阴极均未加电流负反馈，如放大倍数过高，可将阴极电阻旁的旁路电容去掉（阴极电阻阻值适当调小），以形成电流反馈，提高整机的电性能。

21. 高性能有源防磁音箱的制作

视听技术的日新月异和家庭电脑的多媒体化，极大地满足了人们在娱乐和文化等方面的需求。视听合一已成为一种时尚。而作为视听设备的放音终端——音频功率放大器和音箱，要满足当今的视听者的需求，其防磁性和高保真度是我们应该考虑的首要因素。

高保真有源防磁音箱是以防磁设计为前提，将符合 VCD 音源对放音高保真要求的音频功率放大器与发烧级防磁扬声器单元精心组合，安装于音箱箱体内而成的。因其优良的防磁性能彻底解决了扬声器磁体对电视图像和电脑图像造成的干扰、扭曲和磁化现象，可在电视机和电脑的显示器附近随意摆放；而且具有占用空间小，移动方便，系统损耗小等诸多优点，而越来越受到广大音乐发烧友、电脑发烧友和工薪家庭的宠爱。

本文将要介绍的有源防磁音箱正是基于上述特点而设计成功的新型高保真有源音箱，其系统特性概括如下：

- (1) 整套系统投资仅四百元，性价比极高。
- (2) 音箱高度仅 0.39 米，体积精至小巧。
- (3) 设计有专业双路卡拉 OK 混响功能。
- (4) 采用 SRS-3D 仿真技术。
- (5) 音调控制电路选用日本东芝公司先进的直流控制集成电路 TA7630P。
- (6) 功率放大级采用美国 N·S 公司的经典功率模块 LM1875。
- (7) 直流化的线路放大和功率放大单元，保证了音乐信号中高音区清晰、明亮的再现和低频澎湃有力的输出。
- (8) 大电流整流、水塘级滤波电容所提供的能量确保系统可输出 $300\text{W} \times 2$ 以上的音乐功率。
- (9) 功能完备的延时开机扬声器保护电路。
- (10) 选用国内名厂扬声器单元，并采用电脑辅助设计的箱体保证了音乐信号在 49~20000Hz 频响范围内的出色表现。

【电路原理】

双路卡拉 OK 电路如图 9-60 所示。本电路核心器件为日本松下公司的专业混响卡拉 OK 芯片。话筒输入端送来的人声信号经 1VT1、1VT2 构成的信号放大和话筒音量控制回路后分为两路：一路直接馈入 1VT6，另一路经 1VT3 滤波放大后进入 1C1、1C2 构成的延时回路进行延时处理，然后经 1VT4、1VT5 进行滤波放大，与 1VT2 输出的信号在 1VT6 处混合放大

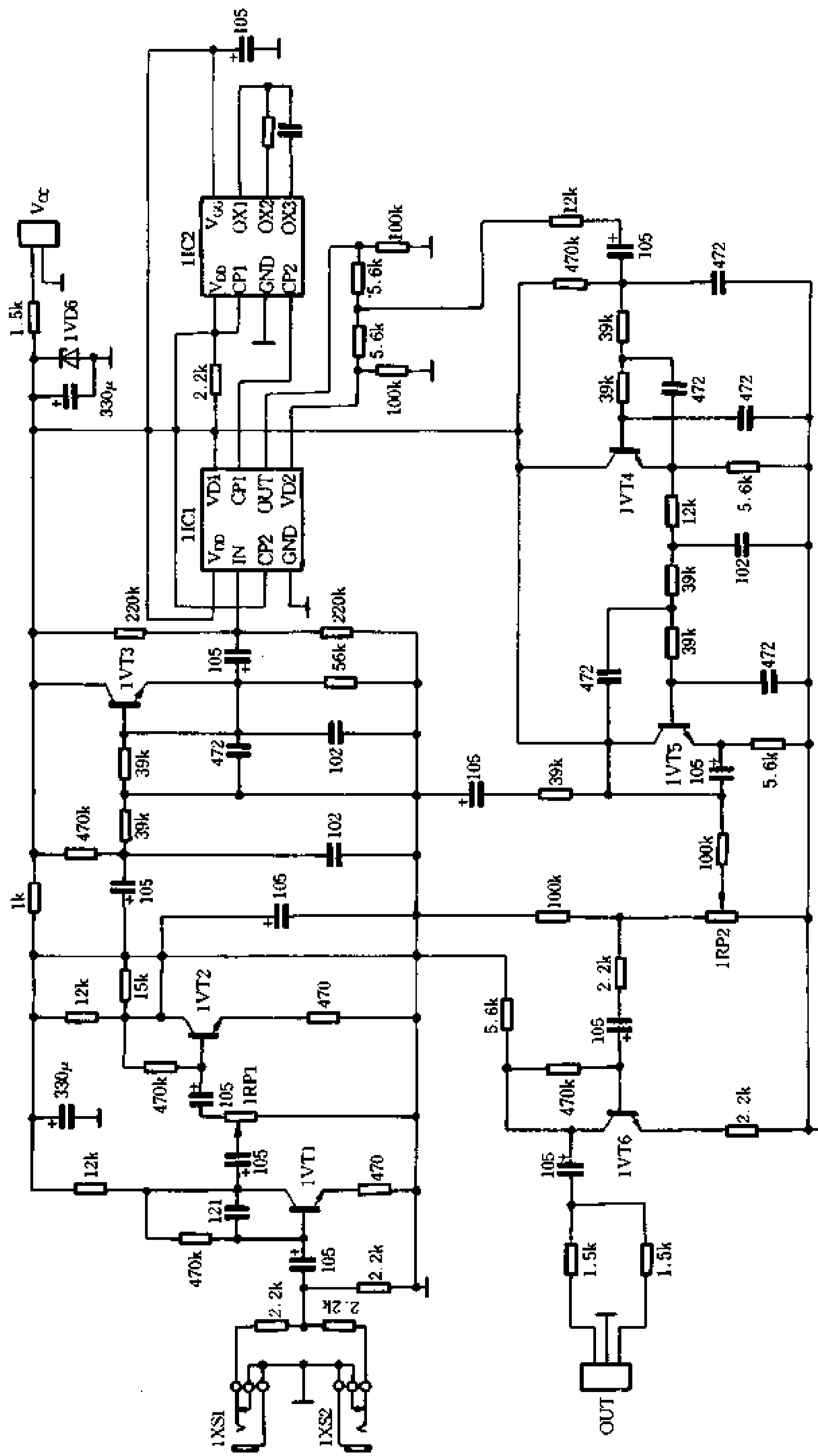


图 9 60

后输出具有混响效果的人声伴唱信号；图 9-60 中的 1RP1 为话筒音量控制电位器，1RP2 为混响深度控制电位器。

信号输入及音调控制电路如图 9-61 所示。该信号输入回路为高低电平两组输入设计，2XS1 为高电平输入端子，2XS2 为低电平输入端子。实际使用时，可先试从高电平输入端输入信号，若输出功率不能满足要求，再试从低频输入，这样可避免扬声器输出端出现过载信号；音调控制电路由日本东芝公司的音调控制专用集成电路 TAP7630P 及其外围器件构成，它具有单端直流电位控制两路声道的高、低音调、平衡和音量的功能，因平衡电位器的使用频度不高，为减少外部调节带来的不便，本设计采用 2R10、2R11 平衡电阻将平衡控制电位始终锁定在平衡状态；图 9-61 中 2RP1 为音量控制旋钮、2RP2 为低音控制旋钮、2RP3 为高音控制旋钮。

仿 SRS-3D 效果及线路放大电路如图 9-61 所示。SRS-3D 是采用仿生学原理开发的一种全新的立体声技术，它的最大特点是：只需要两只音箱即可产生一个真实的、现场感十分明显的 3D 空间立体声场。本系统中这部分电路由 2IC2 及相关器件来实现模仿 SRS-3D 效果，由 2IC2：B 构成的减法器从左右声道中分离出差别信号，经 2IC2：A 电压跟随器输出后由 2R23、2R24 分为两路，再与左右声道混合进入 2IC3 进行信号放大，最后由功率放大电路输出。为完美再现音频信号中高音区的层次感。2IC3 电路放大级采用直流化设计，实际使用中可明显体会到高音区的传神表现。

功率放大电路图 9-61 所示由美国 N·S 公司的 LM1875 功放模块来完成。该电路也设计为新颖的直流化放大电路，因该功放模块的优良品质，在无功放直流伺服回路的情况下输出端仅有几毫伏到几十毫伏的直流输出电平，因此可省略复杂的伺服回路，使电路十分简洁。因电路的直流化，使电路在动态时的表现力度、反应速度和高频端的解析度都有了很大的提高，理论上低频端可延伸到零，从而使整个音频范围内的音乐清晰、自然、流畅。

电源及开关机扬声器保护电路如图 9-61 所示。为降低电源内阻，以保证在大动态时电源为功放级提供足够的能量，电源的整流滤波器件选用大电流整流管和水塘级滤波电容，保证了大动态时的能量需求，为保护扬声器的安全，本系统特设计了功能完备的开关机扬声器保护电路，使开机延时约 5 秒接入扬声器回路，关机即断，消除了开机时的冲击噪声和关机冲击电流对扬声器造成的损坏。

【元器件选择与安装】

音箱是放音的终端设备，其扬声器单元的选择和搭配以及箱体的设计和分频点的选择都对音质的优劣起着不容忽视的作用。GP-AV-1 有源防磁音箱的单元选用上海银笛音响有限公司的 YDQG4-10 防磁高音，低音单元选用南京电声器材厂的新品 YD131-8SXB 防磁低音，这两款扬声器单元均为发烧级全屏蔽防磁设计，实际使用中不仅音响效果表现出色，而且其优良的防磁性也为与图像配合营造逼真的现场感扫除了障碍。因这两款扬声器单元频响范围较宽；频率交叉范围较大，故分频网络为 $-6\text{dB}/\text{Oct}$ 单元分频形式设计，分频电容选用 $3.3\mu\text{F}$ ，如图 9-62 为音箱尺寸图。该箱体外观小巧挺拔，总高度仅 0.39 米，无论是外出携带还是摆放都十分方便。箱体的制作也是非常关键的地方，制作箱体的材料宜选用 15mm 左右的机制纤维板或 MFD 中密度板材，接合部位应用木工用白乳胶胶合，然后用木螺钉紧固，以保证箱体的刚性，面板应选用 20mm 左右的 MFD 中密度板经专用设备进行挖孔、沉槽等专业化处理并装配防尘网罩，箱体两侧应进行工艺倒角处理；箱体外部装饰选用进口音箱专用胶皮贴敷，业

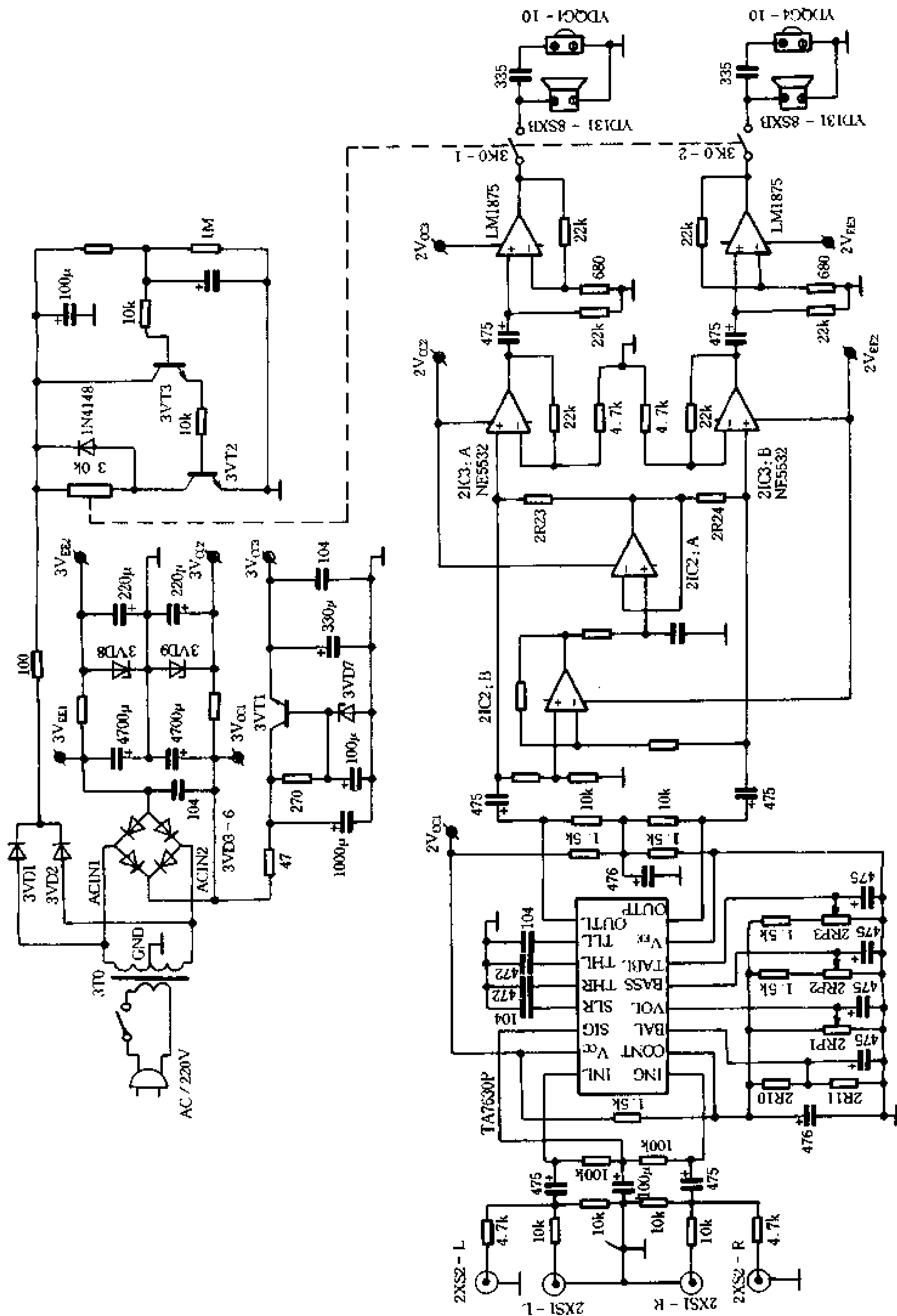


图 9-51

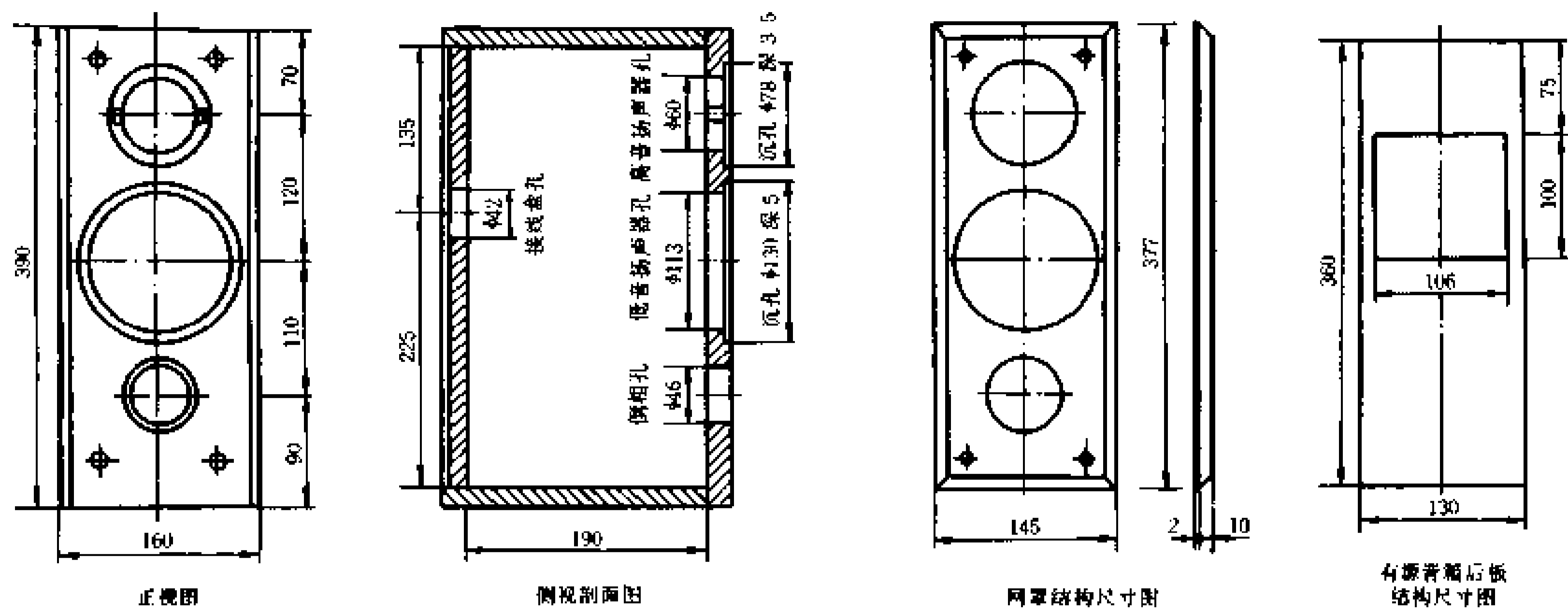


图 9-62

余制作也可选用简单方便的 PVC 音箱自贴纸进行装饰处理。

系统的安装是在电路调试正常，箱体制作完成后进行的，安装时先用专用螺钉将高低音扬声器由外向内固定在机壳相应的扬声器孔内，再将面板组件由外向内装入开孔大小合适的音箱后板上，也用螺钉固定住，再将电源变压器、功放板固定于箱体内壁适当部位并按图连接好电路，最后用木螺钉将有源音箱后板与箱体紧固好即可使用。因该箱体为倒相箱设计，当系统工作时，低音单元的振动带动箱体内剧烈扰动的空气对发热器件(电源变压器、功放模块散热器等)进行足量的冲刷冷却，并不断地通过倒相管与外界进行交换，因此系统的散热问题根本不足为虑。有源音箱安装成功后，用音箱线将另一声道输出与无源音箱连接，再连接好信号源接通电源即可试听。试用万利达 VCD-N28 单碟机、长虹 2919PV29"彩色电视机连接该音箱播放《生死时速》、《真实的谎言》等经典名片，逼真的现场感音乐与大屏幕彩色电视机优美的图像表现融为一体，令人兴奋不已。接入话筒回路进行卡拉 OK，其经过专业延时混合处理的人声伴唱，也取得了令人满意的表现。为测试与家庭电脑的兼容效果，试与一台 486/66

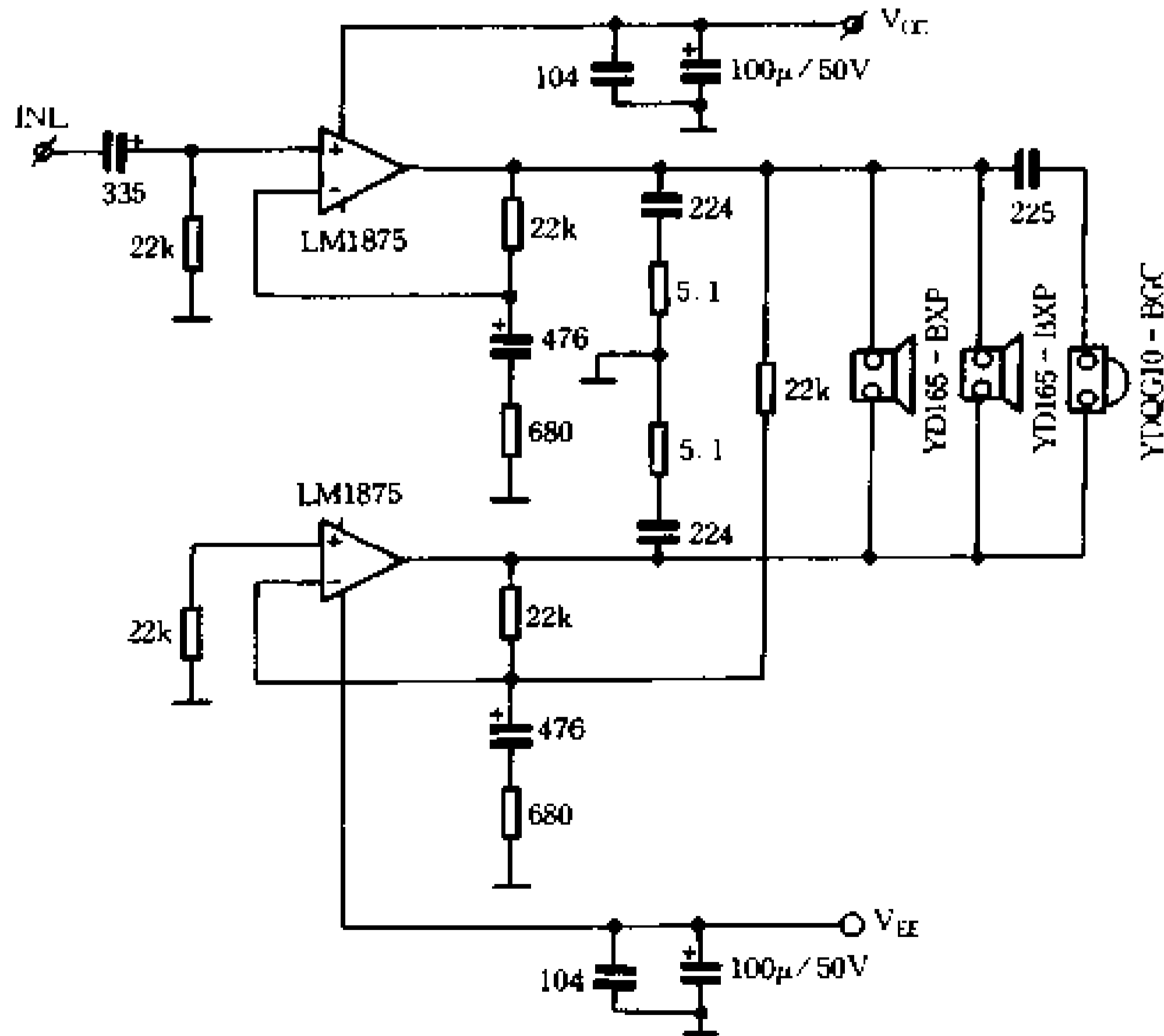


图 9-63

兼容微机的“花王”510PD声卡线路输出相接，播放新加坡创新公司制作的电脑音乐，高低频干净利落，丝毫不拖泥带水的感觉；在进行电脑游戏娱乐时，其对电脑游戏现场音乐感的出色表现更让人叹服，其放音表现确非市场上常见的有源音箱所能比拟的。

【功能的扩展】

单片的LM1875在额定电压下可输出50W的不失真正弦功率(RMS)，其输出的音乐功率(P·M·P·O)可达300W，在一个二十多平方米的客厅内放音，其响度已足可满足人们对功率的需要，而不会对邻里造成不良的影响，从实际的使用角度看，这是最为恰当的选择。但对于使用场地更大或对功率有更高要求的朋友来说这无疑是一种遗憾，针对这个问题，特设计了GP-AV-2有源音箱。图9-63所示为其功率扩展电路，该电路由两只LM1875经BTL连接而成，其输出正弦功率可达100W，其音乐功率达到1000W以上，图中仅画出了一个声道的电路，另一个声道与其相同。与其配套的音箱壳体如图9-64所示，为节余投资，该箱体高音扬声器单元选用YDQG10-8GC，低音扬声器单元选用YD165-8XP两只并联使用，这两款扬声器单元均为南京电声器材厂的高保真单元系列，因该箱体是普通箱体设计，实际使用中应与电视机或显示器保持30cm左右间距，以免对图像或设备产生不利的影

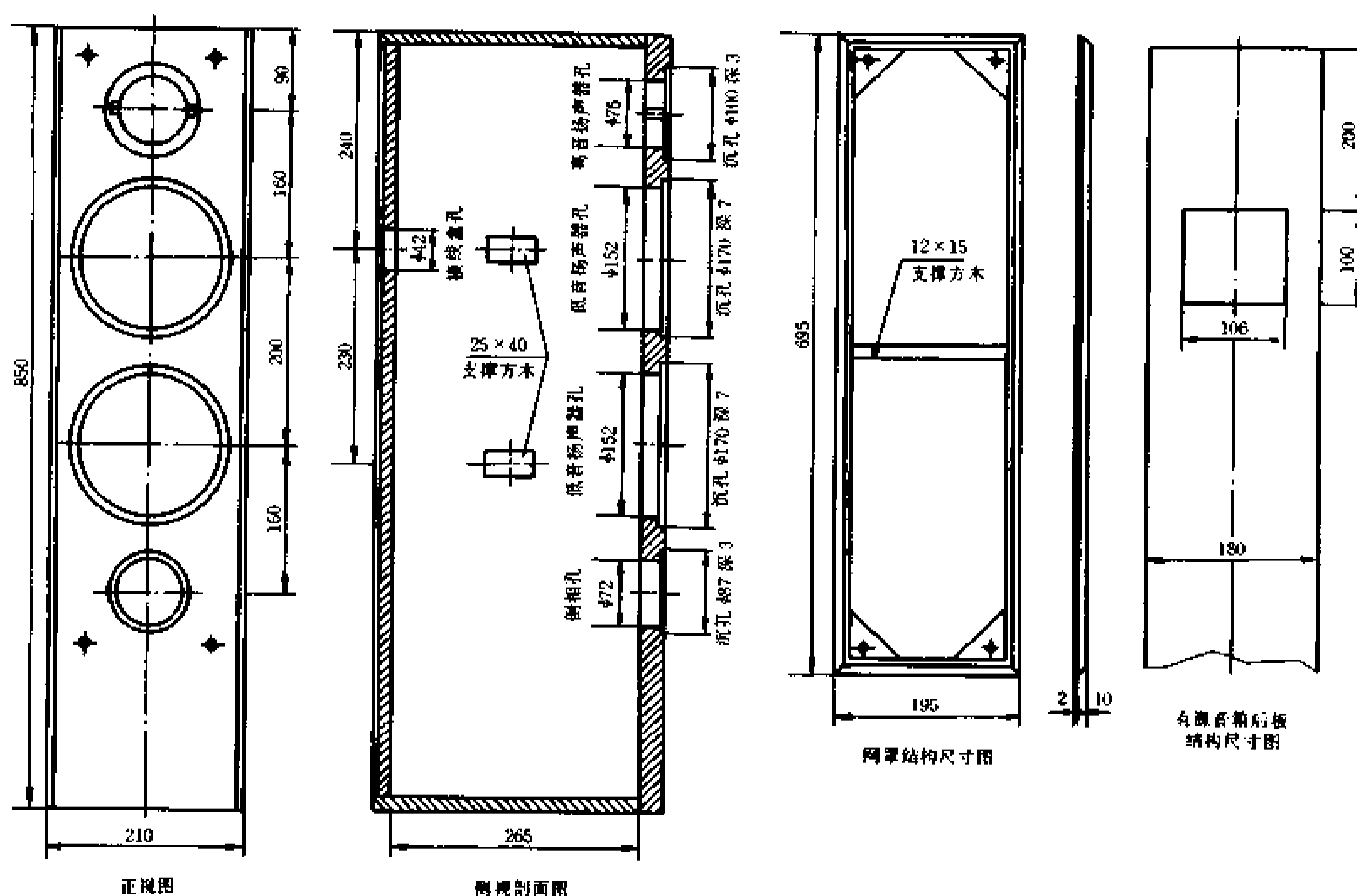


图 9-64

22. 一款高性价比的有源音箱

随着物质文化生活水平的逐步提高，人们对音乐的高保真再现也提出了更高的要求。一组性能优良、音质优美的发烧音响组合，有魅力是公认的，但价值也的确不菲！对于工薪阶层，这是一笔并不轻松的投资。初级发烧友都希望自己动手装制一套满意的发烧器材，来领略发烧友的乐趣，而复杂的电路调试和印制板设计，使多数人望而却步。用较小的投资满足

工薪发烧的需求，正是本文的宗旨。

有源音箱是指音频功率放大电路和扬声器的有机结合体。放大器置于音箱内部，结构紧凑价格低廉、系统损耗较低、占用空间小，是居室不太宽敞的家庭和广大初级烧友的首选机型。

该音箱主要特点如下：

(1) 系统投资仅四百余元，而放音效果与市售三千元级的组合音响相媲美！

(2) 全部采用音响专用集成电路研制而成，无需任何调试。无论使用还是业余制作，可靠性都能保证。

(3) 可直接驳接各种家庭音源设备(如随身听、CD机、OK机、收音机、录音机、电视机、影碟机等)。

(4) 设有延时开机和扬声器保护电路，消除了开关机的扬声器冲击噪音，解除了烧坏扬声器的后顾之忧。

【电路原理】

电源及扬声器保护电路如图 9-65 所示。电源主要由 1VD1~1VD4 及 1C1、1C2 等构成。选用大电流桥堆和大容量滤波电容，保证功放大动态时能量的供给。为使该款放音系统安全可靠的工作，设计由 1VT2、1VT3、1VT4 及 1K0 等组成的扬声器保护电路，其具备如下功能：

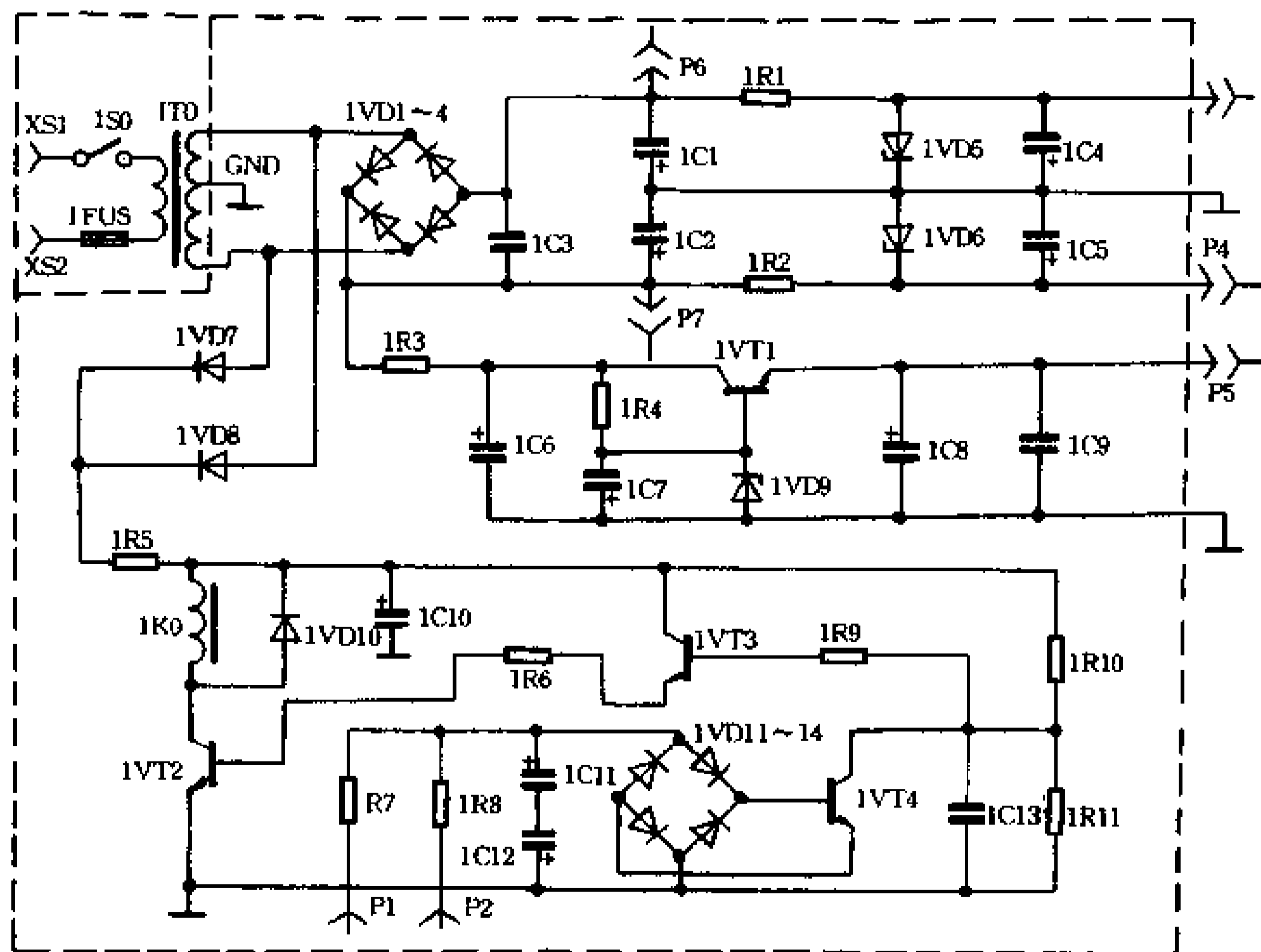


图 9-65

(1) 开机延时 5 秒接通扬声器、关机即断，消除了开关机对扬声器的冲击噪音，时间参数由 1R10、1C13 决定；

(2) 功放电路工作异常时，通过检测电路使 1VT2 基极电位降低，即可自动切断输出回路，待功放恢复正常后，1VT2 基极电位回升，又可自动接入扬声器回路从而对成本较高的扬

声器单元起到了保护作用。

前级放大电路如图 9-66 所示，它完成对各种信号进行阻抗变换并放大，以满足推动后级的需要。为适应不同的音源，该放大电路设计为由集成运放 2IC1 及其外围元件构成的反相放大形式，2IC1 可选用 TL082 或 NE5532，输入端设置三输入插孔，可直接与各种音源连接使用。

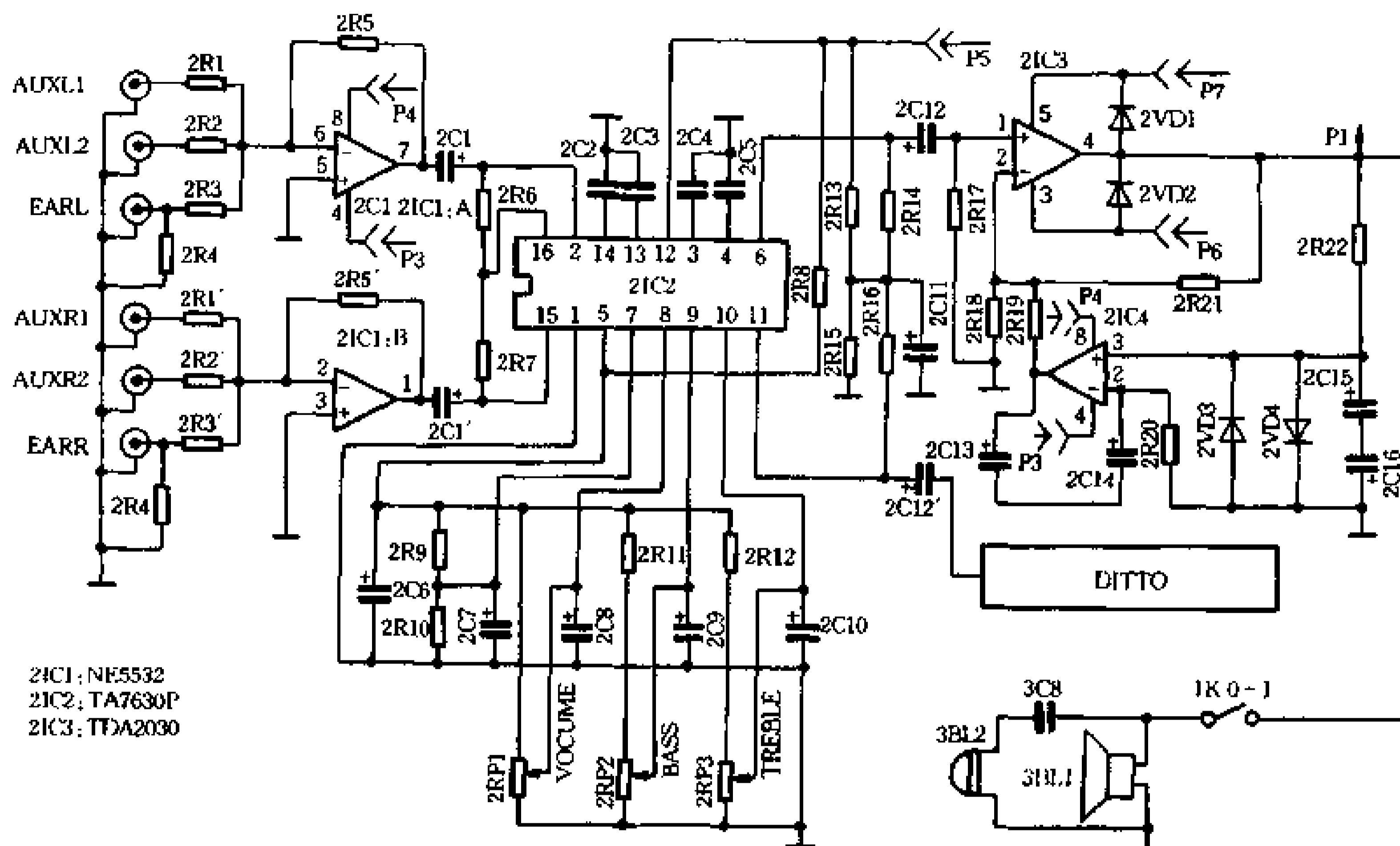


图 9-66

音调控制电路如图 9-66 所示，它由指标优良的 TA7630P 及外围元件构成。TA7630P 系日本东芝公司专为音响控制电路而设计的，具有直流控制两路声道的高、低音调、音量、平衡等功能。TA7630P 声道分离度高、失真度小、工作电压范围宽，可采用单、双电源工作。（本电路省去了平衡控制旋钮，而将平衡控制由 2R9 和 2R10 定位于中间位置）。由于控制部分的直流化使该音调控制电路摒弃了传统的电位器调节造成的音质劣化问题，避免引入调节噪声，提高了电路的工作可靠性。

功率放大电路如图 9-66 所示，它采用新颖的 DC 放大电路，核心器件可选用性价比极高的 TDA2030A 或 LM1875。为改善大动态的表现力度和反应速度，给该功放集成电路加上了由运放 2IC4 及其外围元件构成的直流伺服电路（因 LM1875 直流化的零点漂移极小，可省略该电路），电路的直流化，消除了一般反馈回路中大容量电解电容带来的不良影响，使该放大器的动态范围转换速率、解析力、低频响应都有很大程度的提高。放音表现更加清晰自然饱满、透明度极高。TDA2030A 在额定电压下可输出 30W 的不失真正弦功率，而 LM1875 在额定电压下输出 50W 的不失真正弦功率，其标称音乐功率 (P·M·P·O) 可达 200W，已足能满足家庭听音的功率需要。

【制作与调试】

音箱音质的优劣主要通过扬声器来表现。该款音箱选用南京电声器材厂生产的“南鲸”发烧喇叭，其放音指标高、承受功率大，易制作高性价比音箱的首选品。低音单元选用 YD200-8XD；高音单元选用 YDQG20-8G。为降低成本，分频网络用单元件型分频电路，分频电容选

用 $4\mu\text{F}$ ，图 9-67 是依据厂家提供的特性参数设计的座地式倒相箱结构图。该音箱外观挺拔秀气，占用面积小，低音单元置于高音单元之上，在听感上更能适应人们对低音的要求，音染较少。

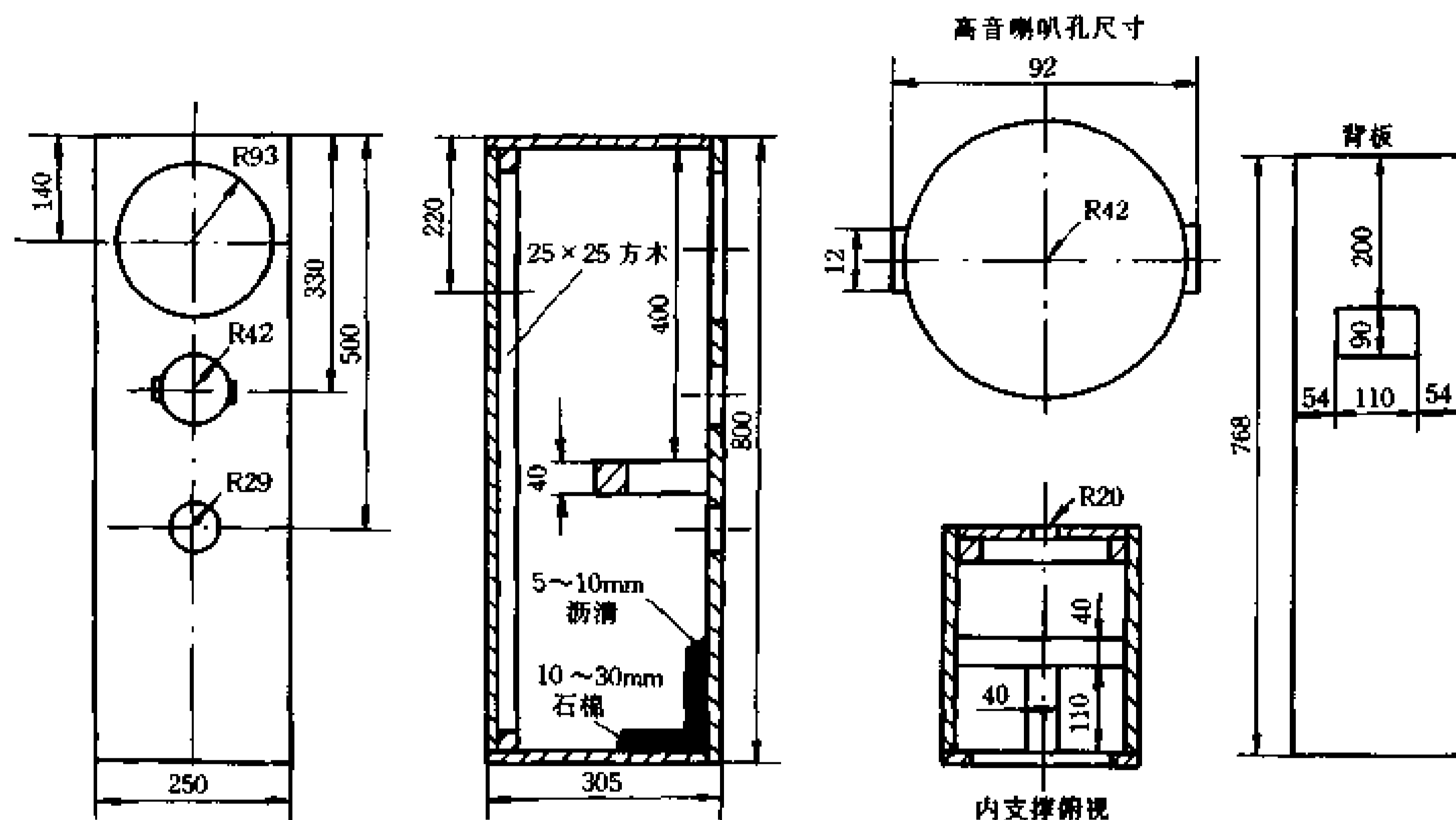


图 9-67

箱体的材料宜选用 16mm(如板厚变化,下料时必须首先要保证箱体内部尺寸与图纸相同)中密度机制板,各连接部位用木工用的白乳胶粘合,并用木螺钉紧固,保证各个连接部位严密不漏气。箱体外部应打磨平滑并涂刷漆膜,待漆膜干透后即可贴敷 PVC 音箱自贴纸。最后应在箱体内壁填充 10mm~30mm 厚的玻璃棉、石棉或海绵等吸音材料。

箱体制作结束后,将放大器组件固定在箱体后板内壁上,然后安装好扬声器,焊接连线紧固箱体后板,即告成功。

检查各部位无误,连接好音源,接通交流电源即可放音试听。本文用 AIMA TA-323 随身听和 ONE BCD-950CD 机做音源试听,在无信号时将音量开至最大,距音箱 30cm 处听不到任何噪音。用试音碟“打碎玻璃”试听,玻璃的破碎声十分逼真;试听“理查德克莱德曼《命运》钢琴曲”,声音流畅、自然、清晰;试听崔健的“红旗下的蛋”摇滚乐,低音力度强劲,气势十足,试听效果令人满意。

为增强音箱在低频段的表现力度,可对箱体作如下处理:

- (1) 在扬声器与箱体之间加垫 1~2mm 厚的橡皮垫;
- (2) 在箱体内壁涂刷 5~10mm 厚的沥青或防水涂料,然后再粘贴吸音材料,这项工作业余操作有一定难度,可选择使用。

整个系统的选料,制作过程都是十分关键的,必须认真对待。特别是阻容件和集成电路,一定要选用正品元器件,最好是原厂的正宗产品,否则,其放音指标是无法保证的。

23. 自制多媒体有源音箱

【电路原理】

电路如图 9-68 所示。TDA1524A 主要适用于 Hi-Fi 音响系统中作直流音量音调平衡控

制。避免了直接用电位器进行音量音调调节产生的噪声，并且这里只用一只电位器即可完成双声道的音量音调及平衡控制。另外，TDA1524A 还具有对强输入信号过载处理能力，避免了过载失真。对于低电平输入信号，TDA1524A 的音量控制钮还可提供 21.5dB 的最大增益。

LM1877 是一种运放型双声道音频功率放大器，它特别适合与 TDA1524A 电路配合使用，LM1877 具有完善的输出电流限幅和过热切换保护电路，并设有消“噗”声及稳压偏置与中点偏压等附属电路，因此 LM1877 只需极少的外围元器件即可组织优质 Hi-Fi 音频功率放大器。

图 9-68 中双芯插座 XS 的输入信号取自多媒体声卡线路输出孔，信号经 C4、C11 耦合输入 IC1 的⑧、⑩脚，输出信号经阻容耦合至 IC2 的输入端。R8、R9 为两个声道的反馈电阻，

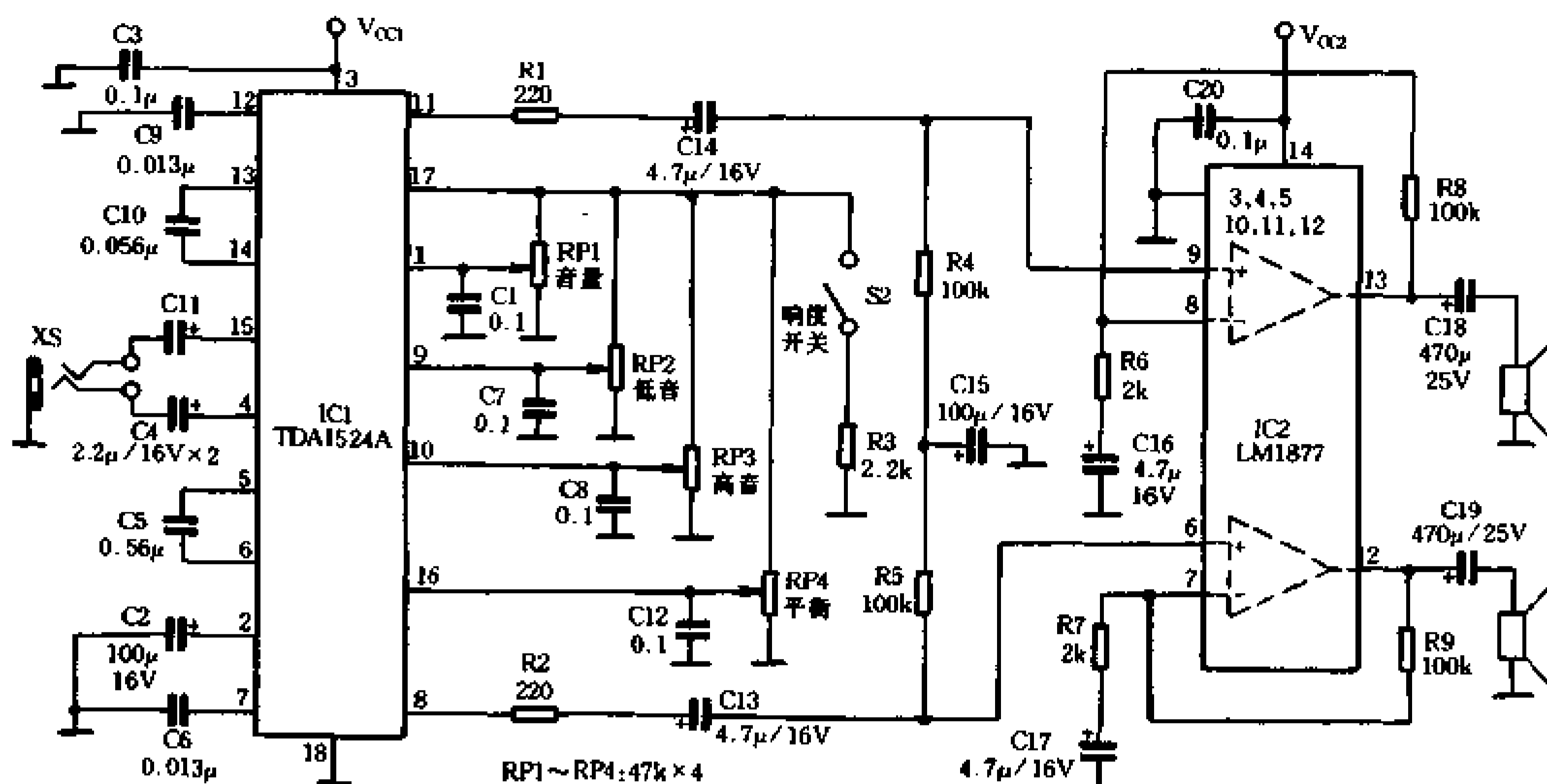


图 9-68

IC2 为运放型功放，同相输入提供了偏置，因此这里设置了放大器的闭环增益，一般为 $K_v = R_8/R_6$ (或 R_9/R_7) 倍，实际调试时 $R_8 (=R_9)$ 应小于或等于 $1M\Omega$ 。S2 断开时为等响度输出方式。

高档的音响放大器一般为采用前后级分离的供电方式，这里用图 9-69 的供电电路为有源放大器从市电直接取得电源。约 20V 的直流电 (V_{cc2}) 供功率放大器使用，再经三端稳压器 IC3 输出 +12V (V_{cc1}) 供给 IC1。电路中 C1~C4 可滤除市电网串入的各种高频干扰。大容量的滤波电容 C5、C6 可以减小电源内阻，抑制纹波，以提供功率放大器优良的瞬态工作特性，防止出现大信号削波失真。C7 则可以减小电源的高频内阻。

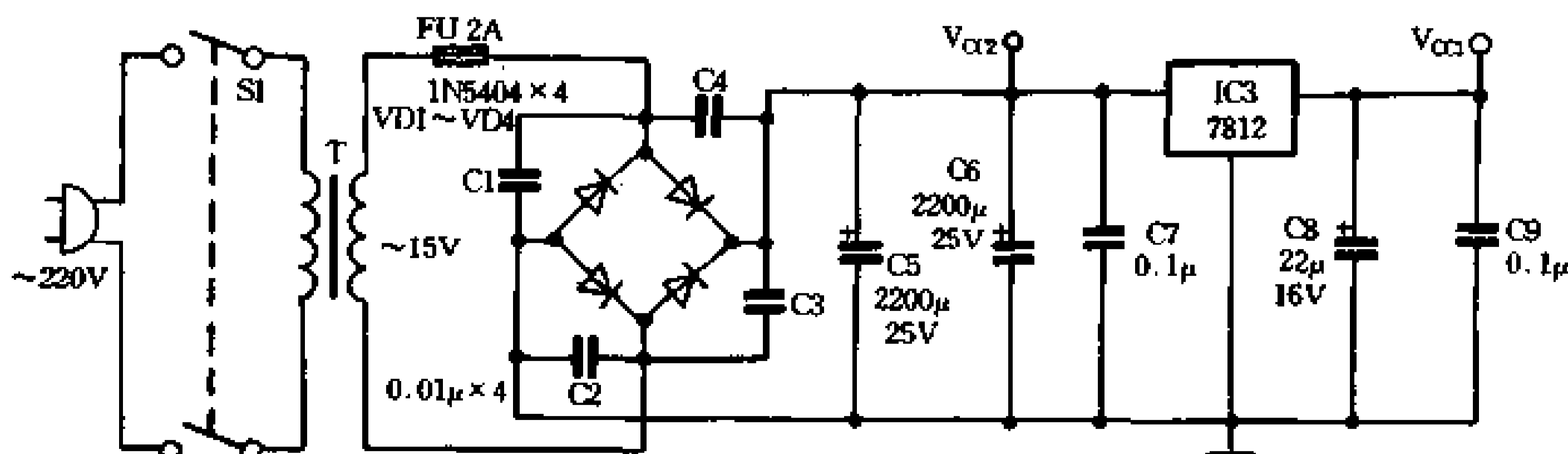


图 9-69

【元器件选择与安装】

RP1~RP2 均选用小型线性电位器，其中 RP1 应带电源开关 S1。电源变压器应选用功率 10W 以上的。喇叭应选用功率 4~5W，4 英寸口径，标称阻抗为 8Ω 的，以采用内磁为妥。这样可以防止磁场对电脑磁盘及显示器等的影响，另外喇叭的频率范围至少应在 100~7000Hz。为了保证多媒体有源音箱的外观效果，最好购买市售的不带放大器的无源音箱，利用其喇叭，加进上述电路板即可。

【制作与调试】

(1) 图 9-68 与图 9-69 的电路应分别用两块印制电路板制成，电源变压器可利用接地的锡纸加以屏蔽，以免对喇叭产生交流干扰。

(2) 设计图 9-68 的印制电路板时，C3、C20 应紧靠 IC1、IC2 的供电引脚安置；信号线的走向应单一，避免曲回；IC1 及其外围元器件的分布与 IC2 及其外围元器件分布不要混杂，避免功率放大器的强信号对小信号工作区的影响，方法是用宽带地线铜箔区进行隔离。

(3) 焊接无误后调试时，将线性电位器的抽头处于 1/2 中间位置时，RP4 恰好使立体声双声道平衡，RP2、RP3 的高低音频率响应也恰好平坦。这时从插座 XS 引入声卡电路电平信号，使 RP1 处于音量最大位置，分别调整 R8、R9 使声音无失真感即可，然后固定 R8 和 R9。

(4) 该有源音箱具有优良的低音表现力，为使高音频带向上延伸，还可为之加装两只高频喇叭，阻抗也为 8Ω，但一定要选用内磁型的。加装方法无须分频器连接，取一只 0.1μF 独石电容与高音喇叭串接，然后接于 IC2 的③脚(或②脚)与地间即可。

(5) 音量电位器 RP1 与电源开关 S1 钮，高低音调电位器 RP2、RP3，平衡电位器 RP4 均可在音箱面板适当位置处固定设置。响度开关 S2 可选用小型船形 1×2 拨动开关，将其置于音箱后侧面某处。为减少面板上旋钮数，RP4 亦可省去，方法是利用图 9-70 的电路代之，固定于电路板上即可。

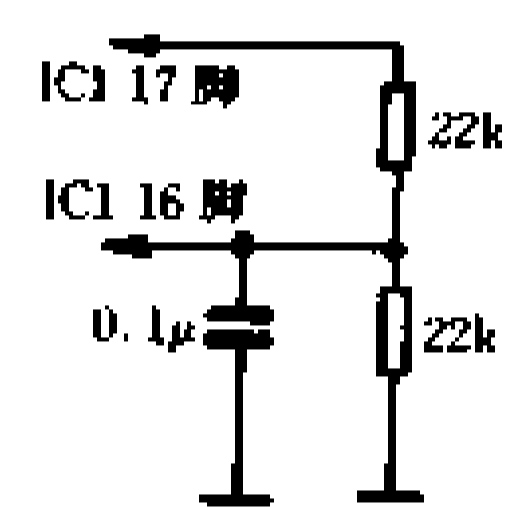


图 9-70

(6) 由于声卡中的插接件均采用直径为 3.5mm 的双芯插头座，因此还须为有源音箱与电脑间配置一根带直径为 3.5mm 双芯插头的信号连接线。

24. 一款 Hi-Fi 有源一体化音箱

有源一体化音箱是将立体声功放和电源全部装在一个音箱内，有源音箱与另一个无源音箱接通，即可实现立体声放音。它具有使用方便、系统损耗小、占地面积少等优点。本文介绍的有源音箱从电路设计到扬声器、元器件的选用，都是经过精心优选的。为了做到投资少、效果好，不作华而不实的追求，力求做到各部分最佳配合，其造价只相当于市售一对普通无源音箱。随着电声技术的发展，音响爱好者自己动手组装一对 Hi-Fi 有源音箱已不再是一件难事。通过自己亲手组装，对整体结构有了全面地了解，也是一件别有情趣的事情。这对音箱可灵活地接入多种音源进行放音，如与 VCD 机、CD 机、多媒体电脑、随身听、收录机、录音机、电视机及卡拉 OK 等。在 15~25 平方米的房间使用。使您获得满意的聆听效果，现介绍给读者。

【电路原理】

前置放大电路、功率放大和电源部分的电路原理如图 9-71 所示。前置级每个声道采用二级运放之王 NE5532 组成，第一级为同相放大器，它具有很高的输入阻抗和极低的输出阻抗，

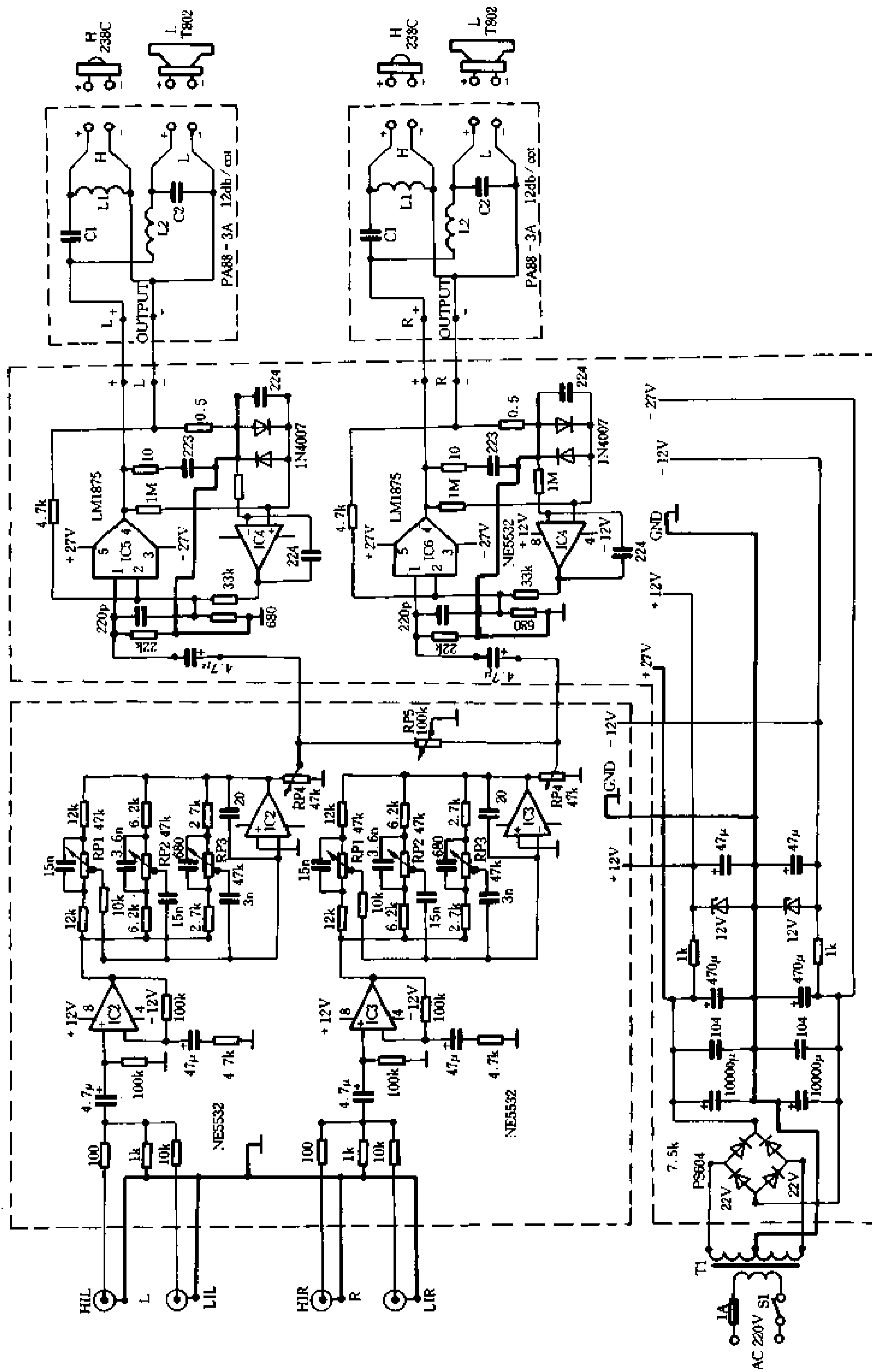


图 9-71

用于隔离后级，避免负载的影响。第一级的输出经过三个频率(100Hz、1000Hz、10000Hz)均衡网络送至第二级。RP1、RP2、RP3 等构成一个反相放大器。RP1、RP2、RP3 的作用如图 9-72 所示幅频特性曲线。这部分电路由于使用了低噪声、高速率的 NE5532，使本机的信噪比、动态范围、瞬态响应和控制效果均达到相当高的水平。

功率放大级采用两块美国国家半导体公司的低失真高性能的 LM1875，输出功率可达 $2 \times 30W$ ，信噪比 90dB，失真度小于 0.015%，功率带宽 70MHz，并有热保护电路，电流容量可达 4A，是一块性价比很高的功放集成电路。本机将 LM1875 接成恒流源负反馈和直流伺服电路形式，在扬声器的负端串接一个 $0.5\Omega/2W$ 取样电阻，把流过扬声器音圈的电流取样反馈给 LM1875 输入端，使功率放大器以固定电流的方式驱动扬声器。另外，电路由 LM358 构成直流伺服环路，用以控制 LM1875 在取消负反馈对地电容后，输出端直流电位的漂移。采用上述措施，明显降低了功放系统的非线性失真和瞬态失真，同时增强了低音力度和高音解析力，使整个系统的重放音色，听起来既丰满厚实又生动明快，并富有弹性，很有电子管功放的韵味。

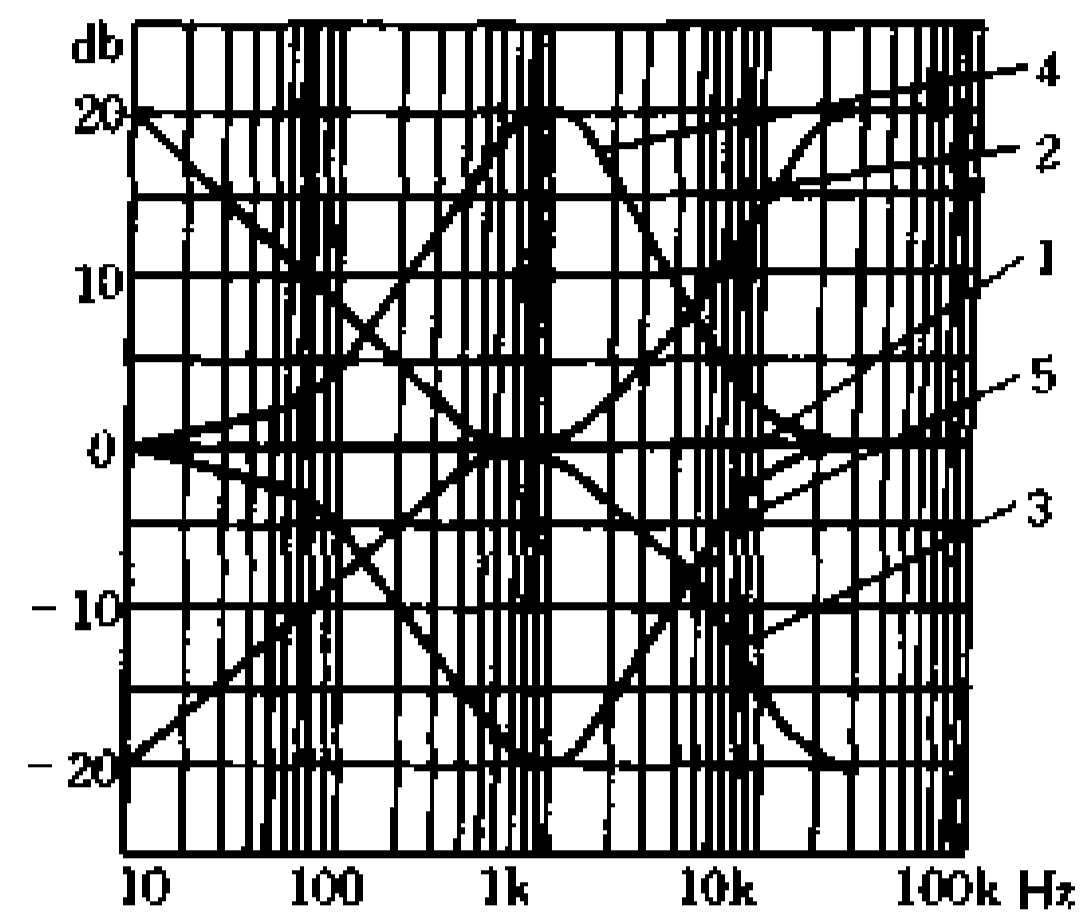


图 9-72

【元器件的选择与安装】

NE5532 和 LM1875 必须采用正宗品种，不能使用低价的次品。否则，指标都很难保证。整机所有电阻都要采用精密型金属膜电阻。凡是决定频率特性的电容都使用 CBB 型；耦合电路的电容可采用钽电容。只有旁路和滤波电路才可使用一般电解电容器。所有电位器必须采用优质产品。

电源部分的变压器的选用必须加以重视。变压器应采用高导磁率铁芯，要双线并绕，正负电源对称供电，还要选用大电流整流管和名牌 $10000\mu F$ 滤波电容。

扬声器的选用，本文是经过“货比三家”后选用广州松龄电声有限公司的产品，该扬声器经过与几个品牌的反复比较，具有品质优良，工艺精湛，价格合理的特点。一般书架式音箱为节省成本，低音单元最大口径也不超过 6.5 英寸(165mm)，所以低音都逊于落地式音箱。为适应本机功放电路的特性，选用低频特性良好的大口径 $\phi 225mm$ (接近 9 英寸)进口橡皮边 CD 盆组装的新型低音扬声器。型号为 T802；高音单元采用 1 英寸丝膜球顶高音头，型号为 238C。配套的 IC 分频器型号为 PA88-3A。两种扬声器和 LC 的详细参数如表 9-3 所示。

表 9-3

产品型号	阻抗 (Ω)	有效频率范围 (Hz)	灵敏度 (dB)	分频点 (kHz)	额定功率 (PMS. W)	最大功率 (PMPO. W)
238C	8	786~23000	90	>3.5	12	45
7802	8	38~5800	90		60	120
PA88-3A	8			3.5kHz	100	

音箱箱体的结构如图 9-73 所示，这对音箱的几何尺寸由厂方提供，它是一种较大号的书架式音箱，音箱不但是放声的喉舌，同时也是一种家庭陈设品。自制音箱要求整体严实牢固，外形美观大方。但由于木工技术所限总是有些不尽人意的地方，所以建议读者使用成品箱体

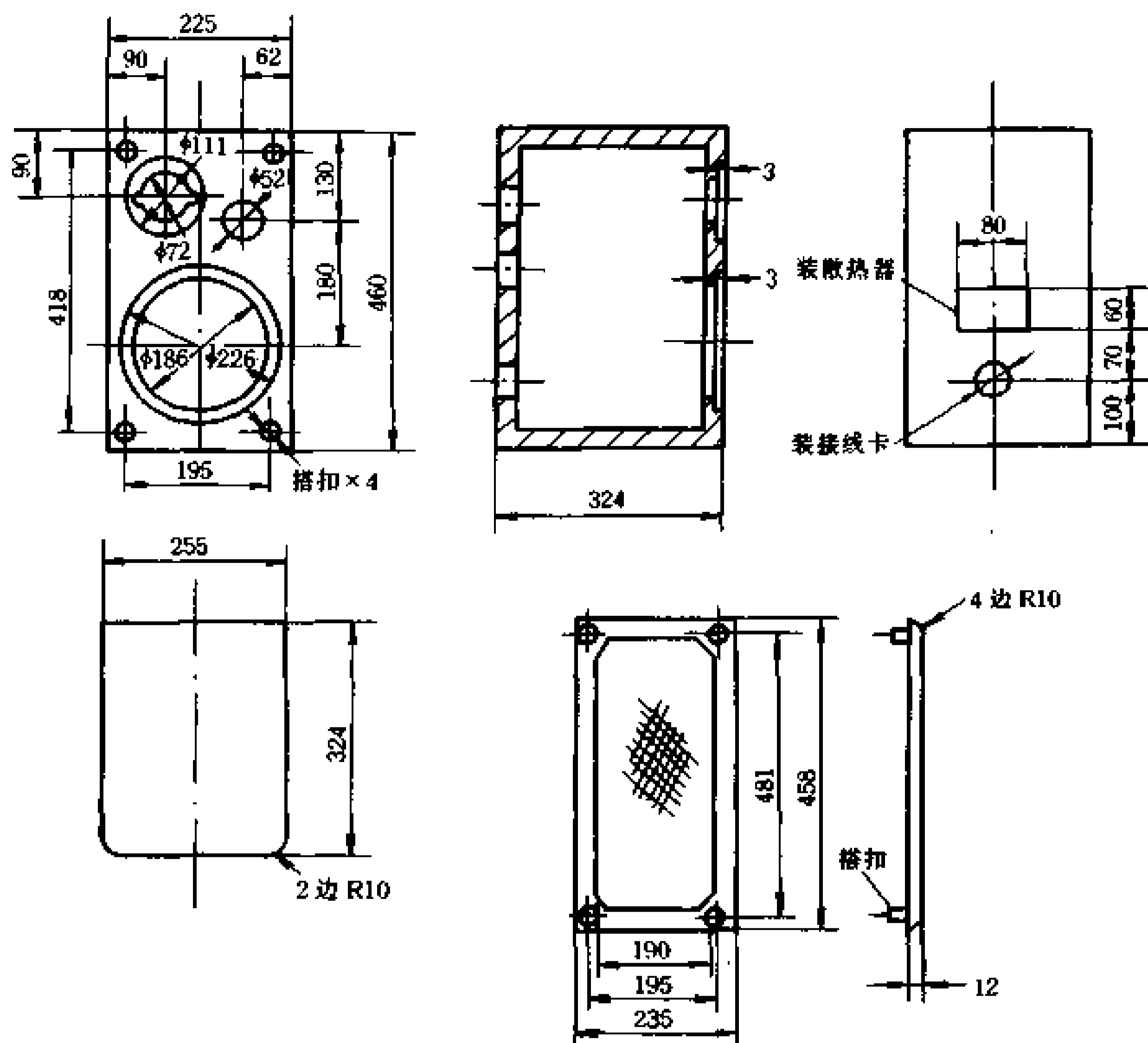


图 9-73

为好。成品箱体由专业音箱厂生产，板材用正宗 16mm 中密度纤维板(MDF)并装好网罩、倒相管和接线卡。箱体外表面全部包贴 0.25mm 厚的棕红色木纹 PVC 贴面，用专用胶粘贴。整体工艺精细、外观豪华庄重、高雅大方，不但音质好，而且摆放在家里不失为一种工艺品。

电路部分可分为两块，即前置板一块、功放及电源部分一块。前置板上所有电位器轴通过金属装饰板装成一体，金属装饰板是经过黑色亚光喷塑和丝网红、白两色印字美化处理的，并用黑色专用螺钉固定在有源音箱右侧面下方，便于使用如图 9-74 所示。功放及电源部分线路板上的两块 LM1875 与专业型黑色铝合金散热器用专业螺钉固定，翼形散热器的型号 SRX-YEL1100，散热器固定在音箱背面下方，音箱的外面。功放电源线路板在音箱里面，电源变压器由于本身重量较大，固定在有源音箱底部。所有线路连接都用接插件。

如将 SRS 音效处理器电路，如图 9-75 所示装入自制小盒内，放在有源音箱的后面，可大大增强现场环绕声效果，这将是一套与 VCD 机组合成家庭影院的优良配置，读者不妨一试。

SRS 是一种美国斯芬尼克斯(Seponix)公司的专用

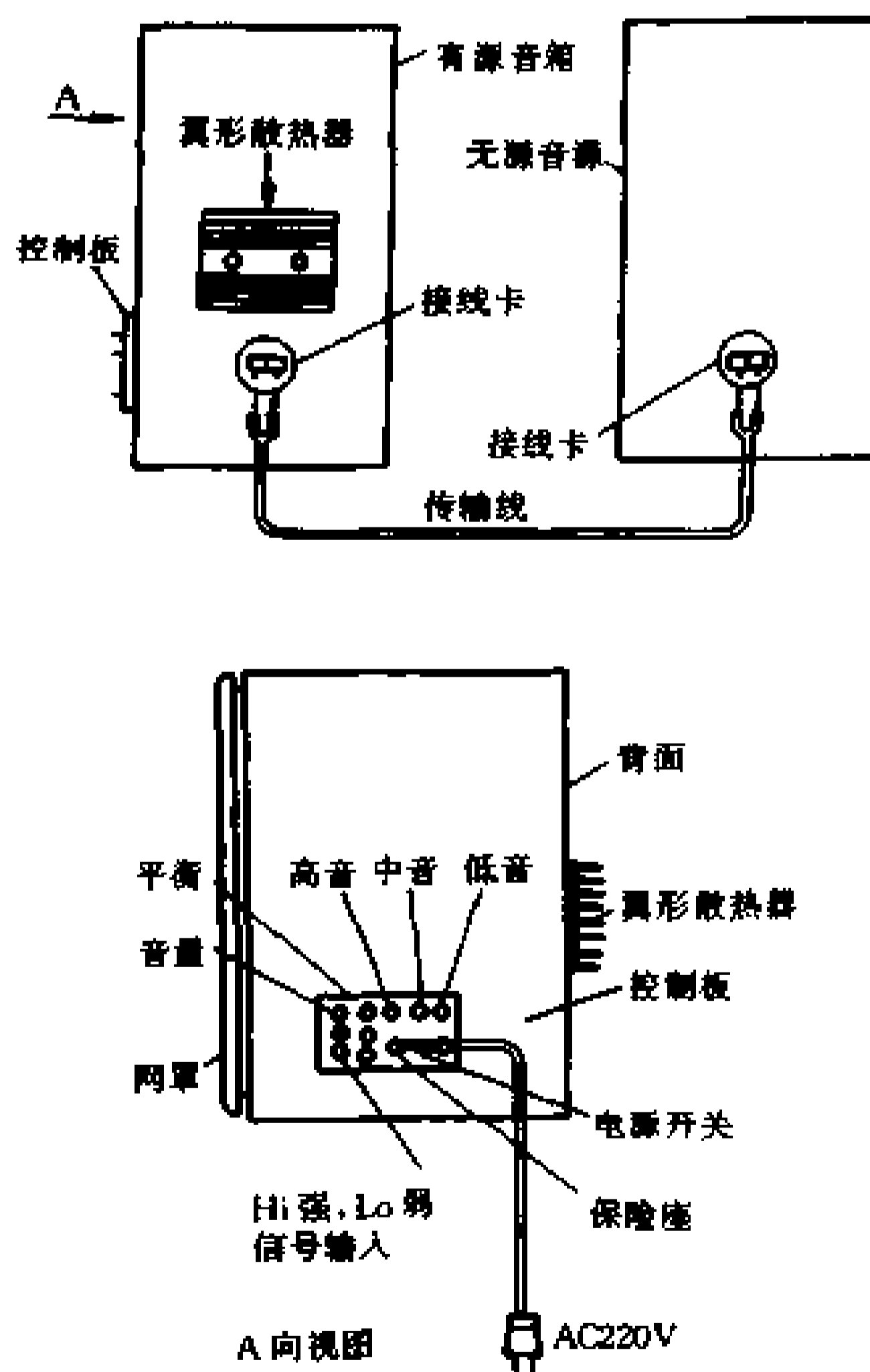


图 9-74

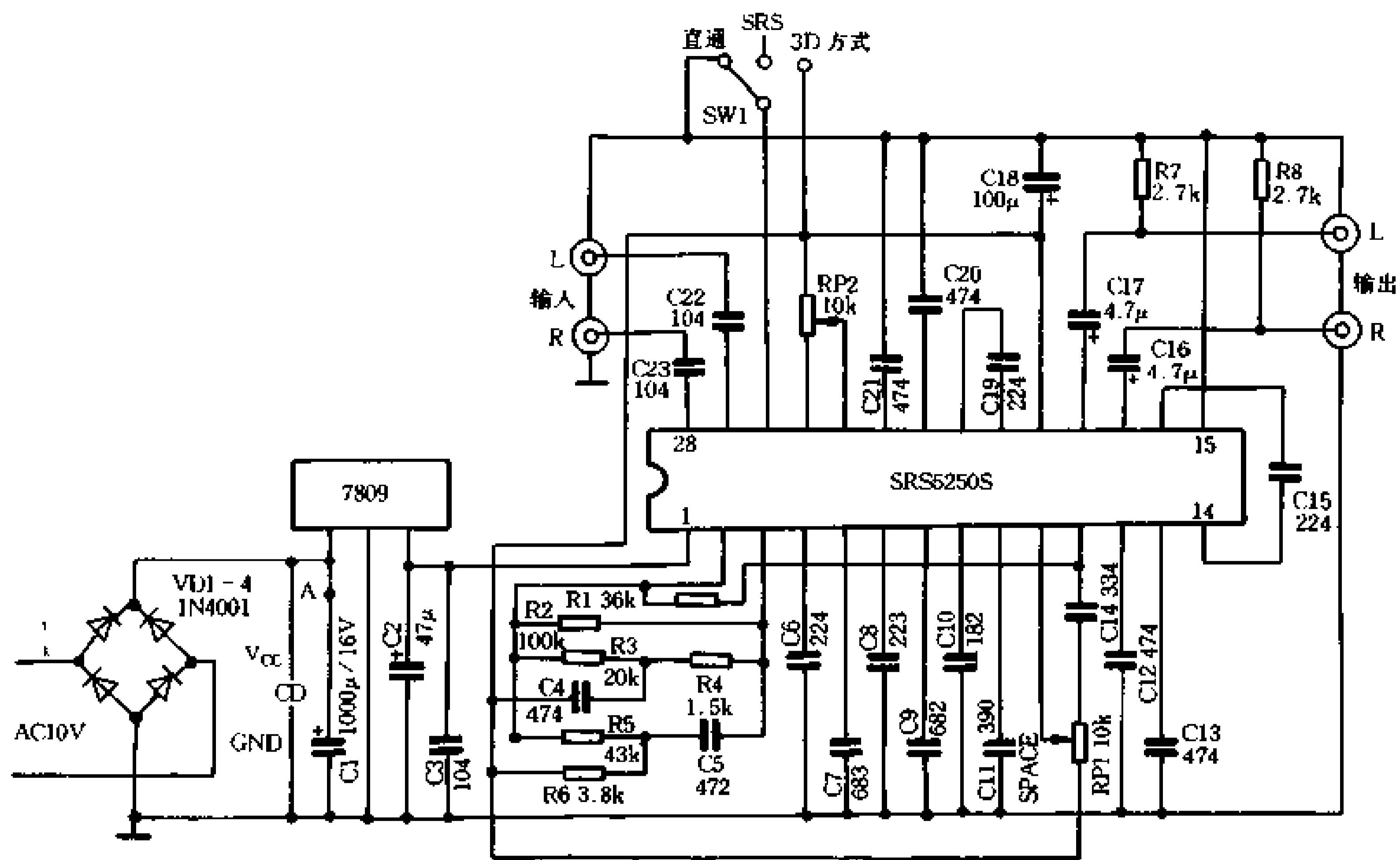


图 9-75

芯片 SRS5250S。

SRS5250S 是一颗由 SRS LABS 开发，为执行 SRS(3D)声音复原系统的三维音效专利技术的音效处理器。SRS5250S 将常规的单声道或立体声信号输入到 SRS5250S，经 SRS5250S 处理后产生出音响心理学的佳化信号再送入双声道功放扬声器系统，让使用标准双声道音响的听者重新感受到空间信息，并恢复音效的原始三维声场。该芯片具有如下功能、特色：

- (1) 立体声源的三维佳化；
- (2) 单声信号的立体合成；
- (3) 空间控制立体声佳化效果的调校(RP1)；
- (4) 中置控制元音度和对比度的调校(RP2)；
- (5) 低推力 Molygate Bipolar IC 处理；
- (6) 直流 8~13V 供电；
- (7) 28 针 SOP 封装。

25. SRS 有源防磁音箱的制作

SRS(即:Sound Retrieval System,是声音还原系统的英文简称)是美国 SRS 实验室的最新音响技术专利,它是采用仿生学的耳廓效应原理开发成功的一种全新的 3D 立体声放音技术。其最大的特点是:音源不需要预先编码,即使常规的单声道或者立体声信号,经 SRS 处理后,只需两只音箱放音,即可获得音响心理学的佳化信号,再现出具有真实空间感的三维立体环绕声场;SRS 环绕声技术是把音场信号经过电路改造后播出,从听觉上感到声音像是在空间中产生,而不再是单从音箱中发出,重放的音场更加广阔,纵深感、现场感加强,最佳聆听位置不再局限于“皇帝位”,使充满的音场空间内都可听到同样优美的效果。

SRS 有源防磁音箱是以防磁设计为基础,将 SRS 专业处理电路以及符合高保真要求的音调电路、功率放大电路和发烧级扬声器系统组合为一体而成的。因整个系统的集成度较高,使其与 VCD 机或家庭电脑的连接简单到只需一条信号线即可,而其良好的防磁设计,使其与电视机或家庭电脑的显示器配合实现视听合一,显得十分方便。

【系统特性】

(1) 采用标准的 SRS5250S 专用集成电路,在播放影视节目时临场感十分逼真,即使普通立体声 VCD 影片或者卡拉 OK 片也可有不凡的表现;

(2) 可兼容各种放音设备,如随身听、CD/LD/VCD/CVD/SVCD/DVD 机、录放卡座、电调谐收音座、录像机、电视机、家庭电脑、游戏机等均可方便地驳接使用;

(3) 采用南京电声股份有限公司的“南鲸”发烧级专业防磁扬声器单元,箱体经电脑优化而成,从而使该款音箱在 49~20000Hz 频段的表现都十分出色。

(4) 采用发烧界经典的负反馈音调电路和直流化功率放大电路,使系统的背景噪声低不可闻且功率输出浑厚有力;

(5) 设计有功能完备的扬声器保护电路,开机时延时约 5 秒钟接入扬声器回路,关机即断,消除了开关机时对扬声器的危害和令人讨厌的冲击噪音;

(6) 所需印制板可经电脑 CAD/PROTEL 软件绘制,并选用优质环氧板加印字符、阻焊、浸锡、热风整平等全套印制板加工工艺精制而成,使用可靠性得到很大提高;

(7) 整套系统投资仅 500~600 元,造价低而性价比高。

【电路原理】

GP-SRS-1 型有源防磁音箱主要由输入回路、SRS 信号处理电路、音调控制电路、功率放大电路、电源及扬声器保护电路以及扬声器单元回路等构成,现简述如下:

(1) 信号输入回路及 SRS 信号处理电路如图 9-76 所示。为适应不同的音源信号,本电路为两组输入设计,图中 CD 输入端为 CD/LD/VCD/CVD/SVCD/DVD 等高电平输入信号端,AUX 输入端可输入录像机、电视机、随身听、电脑声卡等低电平信号;SRS5250S 为美国斯芬尼克斯(SEPONIX)公司生产的由 SRS LABS 开发并许可,为执行 SRS(3D)声音复现系统的最为标准的三维音效处理芯片,为 28 脚 SOP 贴片式封装,其工作电压为 8~13V,工作电流仅为 22mA,为提高其工作稳定性,本系统采用 78L09 三端稳压为其供电。图 9-76 中 1RP1 为中置信号调节,可调节影片中人声对白及演唱会歌声的中置声场定位;1RP2 为环境宽阔度调节,可以调节观众与环境声场的距离和声场的大小;ISO 为放音模式切换开关:“PYPASS”为直通模式,相当于普通立体声放音方式,“SRS”为 SRS 信号处理方式。经实际使用(为方便对已有放音设备的升级需要,本设计特将图 9-76 全部电路设计为单印板形式,印板实际尺寸仅 6.75×8.35cm 的大小,可十分方便地将该板加装于原有立体声设备,普通 AV 设备或杜比 AV 设备的音调电路前,并为 1XS2 端送入 12~18V 的直流电源,即可将原有设备升级为具有 SRS 音效处理功能的放音系统。原有系统按照上述方法加装 SRS 信号处理电路后),其环境音效果较以前有十分明显的提高,使许多以前听不到、听不清楚的细节表现得淋漓尽致,音场开阔广宽,听音“皇帝位”变宽,充分体现了 SRS 技术带来前所未有的超值享受。

(2) 音调、功率放大电路及电源、扬声器保护电路如图 9-77 所示。本音调控制电路为标准的高低音调负反馈控制电路,实际使用中具有控制范围宽、噪音小、失真低、控制效果十分明显的特点;图 9-77 中 2RP1 为低音调节电位器,2RP2 为高音调节电位器、2RP3 为音量控制器。为隔离音调电路对前级的信号的影响,本设计特在音调电路前增加了由 2IC1 构成的

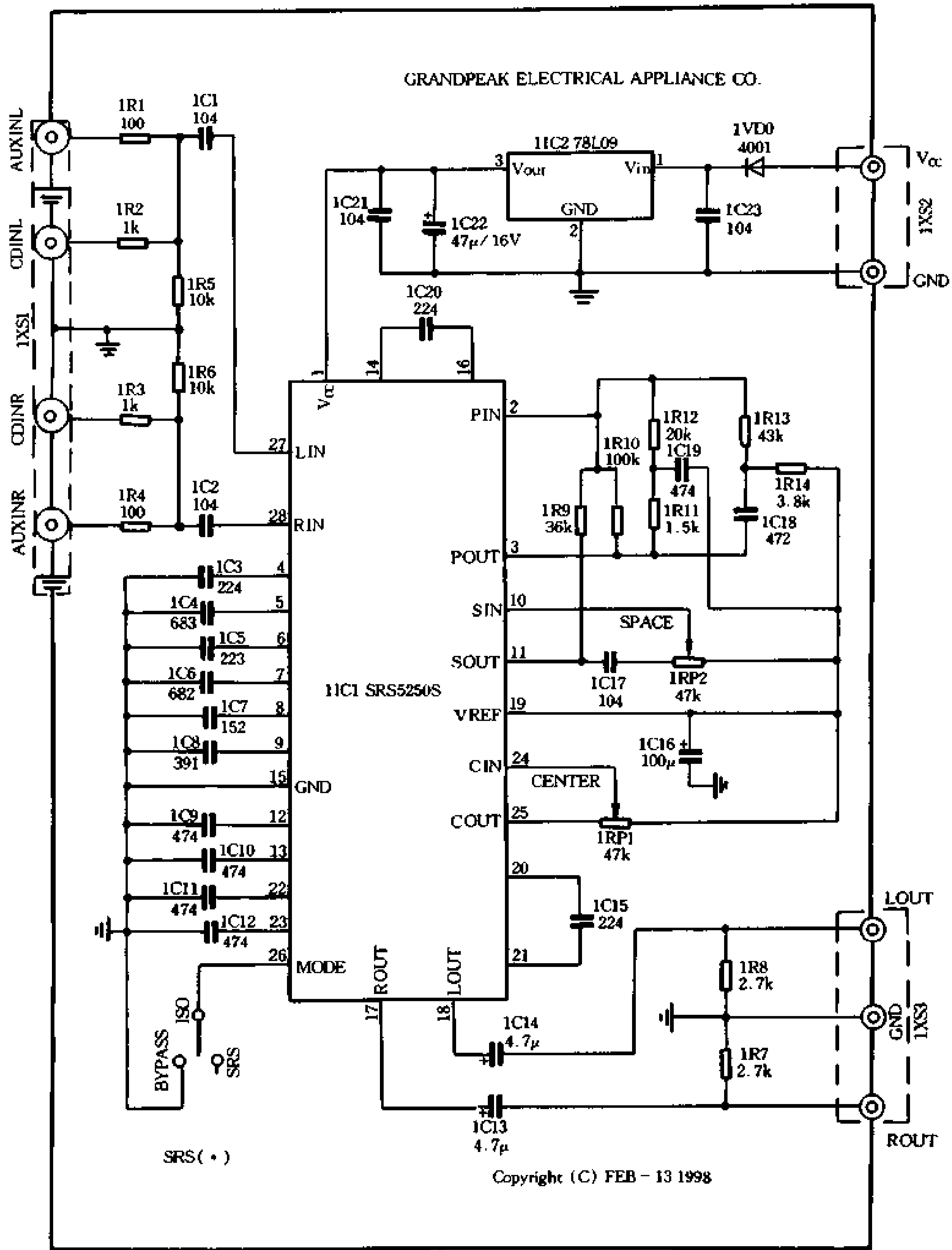


图 9-76

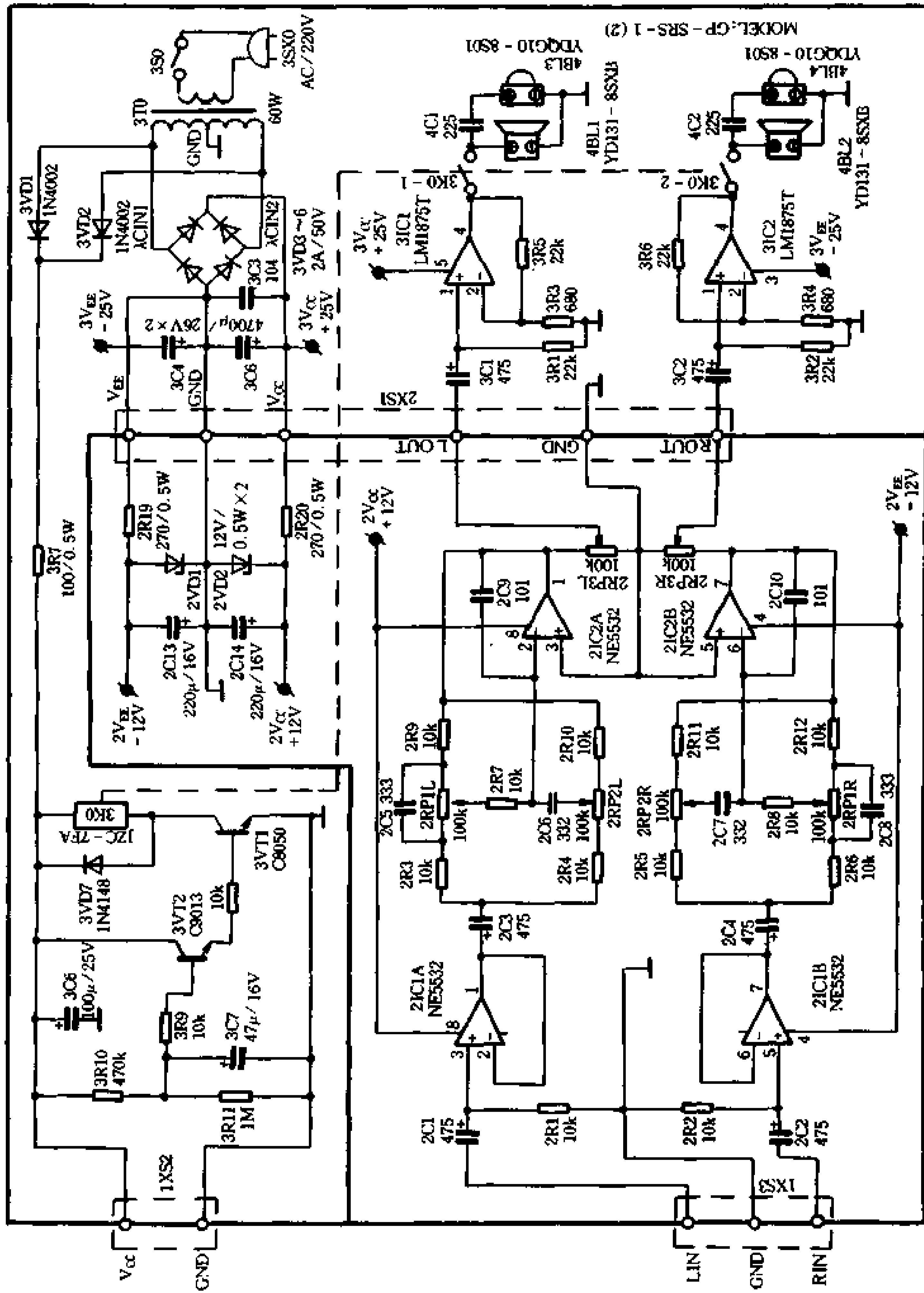


图 9-77

射极输出电路，从而保证了信号的良好传输。图 9-77 中 3IC1、3IC2 为美国 N·S 公司的 LM1875T 功率放大模块，该模块及其外围器件构成直流化的功放电路，电路的直流化使其大动态时的气势逼人，低音厚实有力，高音表现清晰、自然、甜润。电源、扬声器保护电路因过于简洁，此处不再赘述。

【元器件选择与制作】

因本系统为一体化设计，器件的搭配十分的重要。电路单元应选用正品高精度金属膜电阻，优质独石和电解电容、原装集成电路，GP-SRS-1 型音箱的扬声器单元为“南鲸”原厂原型号防磁产品，其中高音型号为 YDQG10-8S01，低音型号为 YD131-8SXB，不可随意替换，否则其放音效果会大打折扣。

单片的 LM1875T 在额定电压下可输出 50W 的不失真正弦功率，对于 20m² 以内的房间，其响度已十分令人满意；但对于更大面积的房间或对输出功率有更高的要求场合，应选用 GP-SRS-2 型有源音箱，其功放电路由两块 LM1875T 经 BTL 连接而成，输出正弦功率可在 1000W 以上，音箱尺寸如图 9-78 所示。该音箱高音扬声器为 YDQG10-8GC，低音扬声器为 YD165-8XP 两只并联而成，这两款扬声器均为“南鲸”的高保真单元系列，具有高音纤细、低音结实有力的特点。但 GP-SRS-2 有源音箱为不防磁高保真设计，实际使用中应注意其图像可能产生的影响。

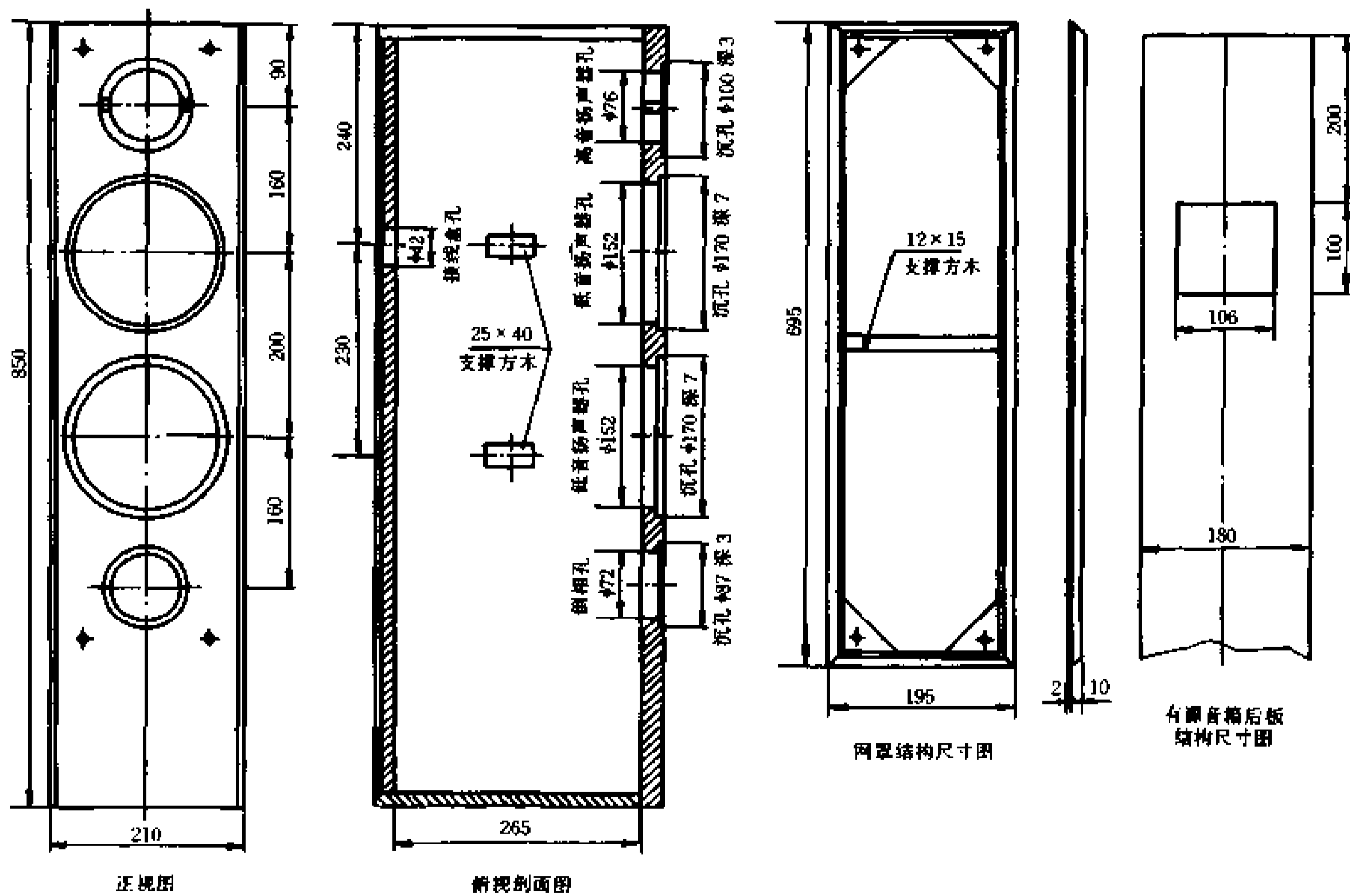


图 9-78

为保证音箱外秀内美的要求，箱体材料应选择密度大、刚性好厚度在 15mm 以上的机制纤维板或高级中密度板材；音箱面板宜选用 MDF 中密度板经专用设备挖孔、铣槽、倒角等专业化处理，并装配防尘网罩，箱体外部选用专用进口胶皮贴敷装饰处理，GP-SRS-1 有源音箱尺寸如图 9-79 所示。业余制作中，箱体外部可选用音箱自贴纸装饰，但应注意不可对箱体尺寸随意变更，否则其放音效果无法保证。

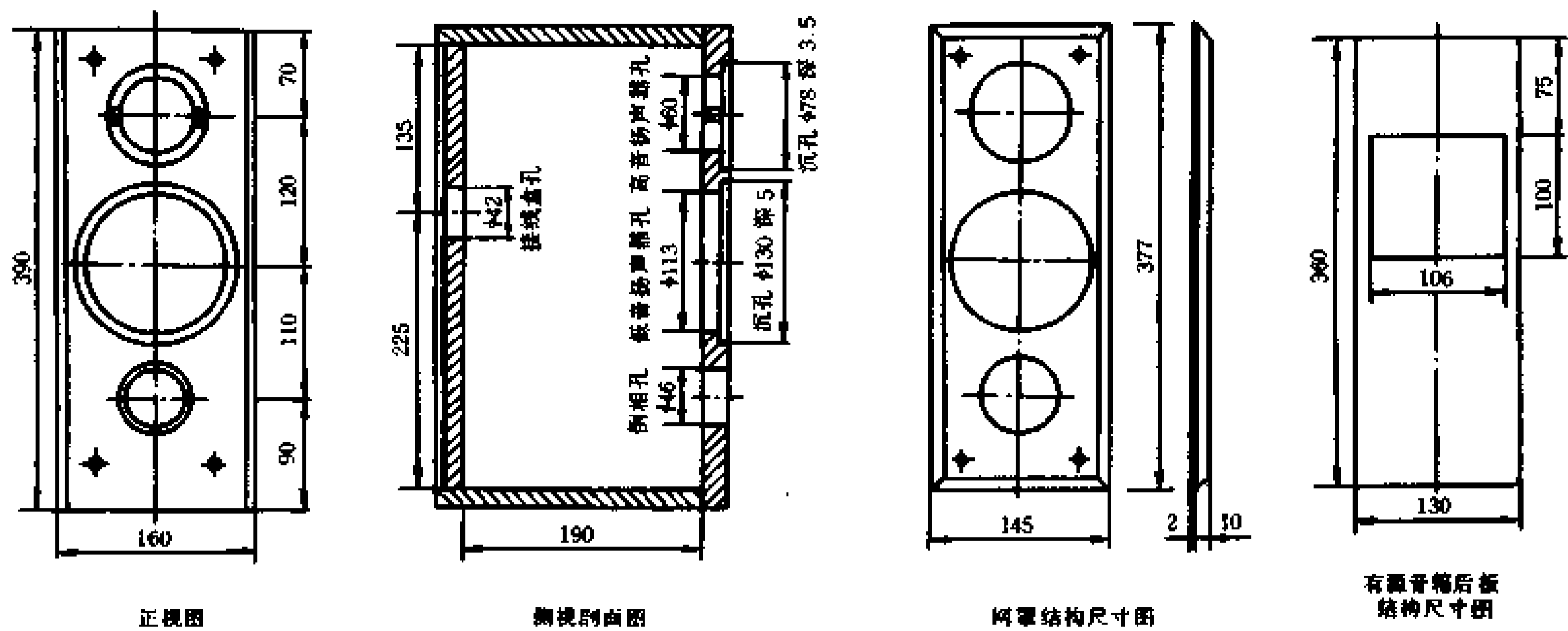


图 9-79

26. 一套适用于 MPC 的功放及音箱

使用 MPC(多媒体电脑)的用户往往都有这样一种感觉, 尽管 MPC 对声音及图像的强大处理能力令人赞叹, 但作为 MPC 的喉舌——音箱所放出来的声音却无法令人恭维, 究其原因是目前 MPC 所配置的音箱(尽管有的号称有几百瓦的输出功率), 其音箱中的扬声器大都是一些 5 英寸以下的普通内磁扬声器, 这样的功放及音箱莫说是让“发烧友”来听, 就是普通的用户也经常会感到不堪入耳。

值得注意的是, MPC 的音质问题已经引起了一些著名厂家的重视, 如 COMPAQ 公司在其生产的新型奔腾级 Presario 4102/4704/4712 多媒体电脑中与以生产著名的 JBL 音响而闻名的 HARMAN(哈曼)公司“联姻”, 使用了 JBL PRO 音响系统, 为 MPC 用户营造了一个较为纯粹的发烧环境; 台湾的宏基公司为了改善其 MPC 的低音效果, 在新近推出的 Aspire(渴望)1500 上配装了一个播放超重低音的低音炮。但对于大多数已经购买了 MPC 的用户, 不可能为了“发烧”再去换台电脑。

本 MPC 为 6X86/150 + 兼容机, 声音卡为 ALS007, 从其线路输出口推动一对 HENGFENG 牌 HF-180H 型有源防磁音箱。这对音箱的输出功率号称 180W, 其乳白色的造型与电脑放在一起倒也十分协调, 但遗憾的是其音质实在不适合“烧友”的口味, 特别是对 MPC 中的某些大动态低频根本无法正确的再现。另外使用声卡上的话筒接口唱卡拉 OK 时调节音量及混合均十分不便。为此, 决定舍弃这对有源音箱, 另做一套适合 MPC 的功放及音箱。

作为 MPC 所使用的功放和音箱, 完全按照“高烧”标准来做似乎也没有必要, 因为 MPC 中的其它电路本身也不具备很高的“发烧”水准。举个例子说: 即使是在万元级的名牌 MPC 上看 VCD, 其效果也比不上一台 1000 余元的 VCD 机。但这不能成为 MPC 不重视音质的理由, 因为 MPC 中毕竟还有很多声音使现有的音箱无法正确放出, 因此为 MPC 所配置的功放及音箱以能满足 MPC 中的大多数数码音源重放的基本要求为最好, 另外应具有一定的卡拉 OK 功能。

出于这种考虑, 经过对几个方案的选择和比较, 用市场上很常见的一种 MAX-100 型卡拉 OK 功放机来改制一台 MPC 功放较好。这种卡拉 OK 功放机有很多种牌子, 但其内部的电路却大同小异, 本身价格也很便宜(仅百余元)。这样做有几个好处: 一是不再另配机壳和电位

器、旋钮及接插件等；二是可利用原机的音源切换、话筒放大及 BBD 混响电路。改制时仅需另做音箱、功放及电源部分即可。

由于原机的电源变压器功率较小，需另配一个 100W 以上的环牛并固定于机子的左后方，变压器的右方用捆扎法固定四只 $10000\mu\text{F}$ 1.35V 的大滤波电容，再往右则是功放板，如图 9-80 所示。板上的核心为美国 NS 的经典产品 LM1875，这是一款发烧友很熟悉的功放 IC，尽管其换代产品如 LM3875、3876 等已推出，但本文仍对这款老产品“情有独钟”。因为这种 IC 尽管个头不大，但只要保持良好的散热条件，用一只 IC 做成 OCL 推动 4Ω 的音箱却是毫不费力，也是数码音源的最佳搭档。不过在选购 LM1875 时，务必注意市场上有相当大的一部分假冒品，一般是由 TDA2030 等 REMARK 而成，因为这两种 IC 的管脚及用法完全一样，不同的是 TDA2030 的最高工作电压为 $\pm 22\text{V}$ ，而 LM1875 的最高工作电压可达 $\pm 30\text{V}$ 。从外形上看 TDA2030 的外壳上有两处凹进，而 LM1875 则没有。两只 LM1875 要分别固定于专业翼型散热器上，音调及前置板则用 NE5532 各一块装成，电位器和其它电路均利用原机的，这样整机的功能及外观均同成品机，但音质却提高了一个很高的档次。用于配 MPC 可谓是“门当户对”，无论是造价还是性能均比较合适。

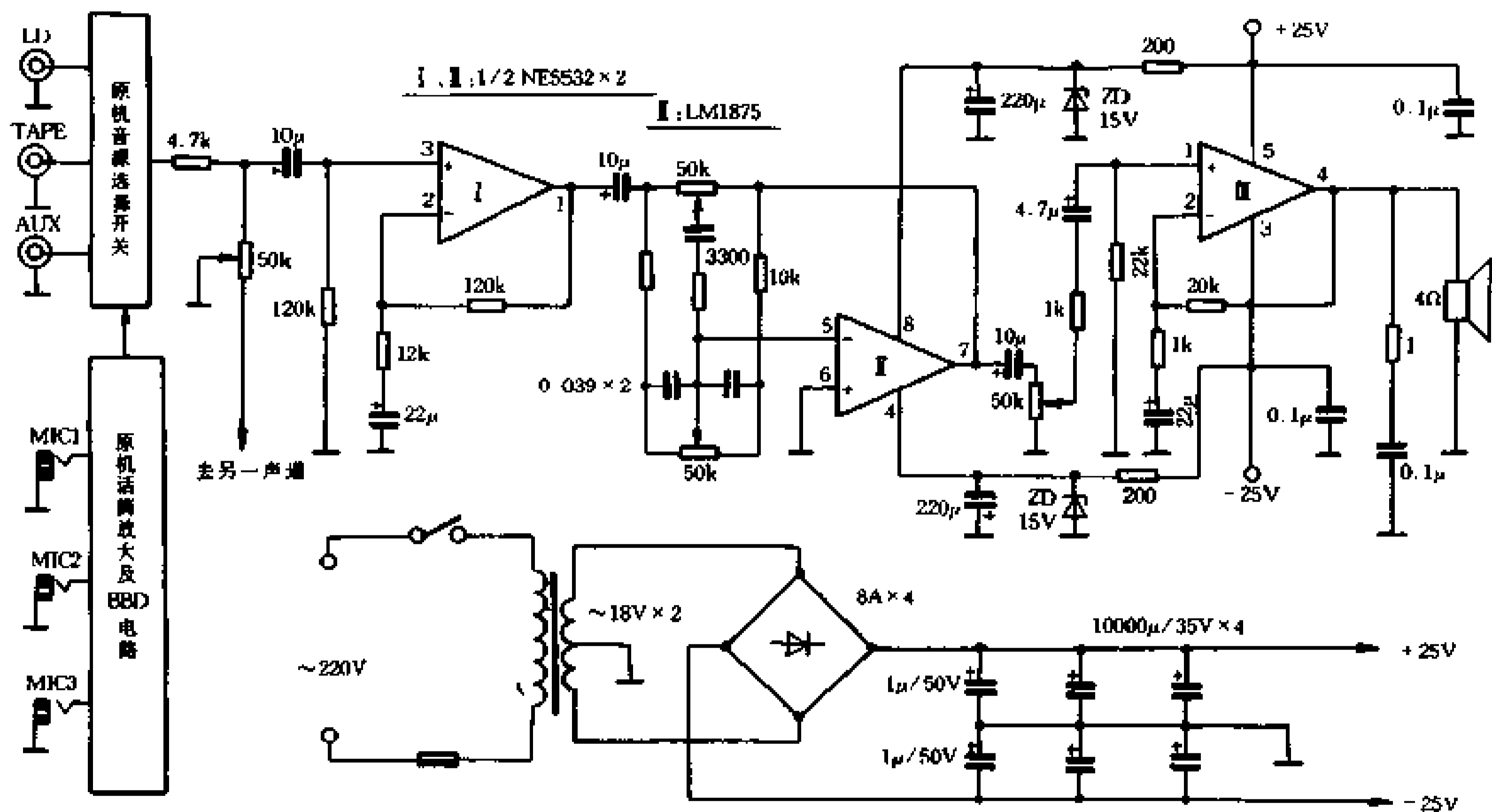


图 9-80

由于普通多媒体音箱的 4 至 5 英寸扬声器根本无法再现 MPC 的低频，因此，用于 MPC 的音箱应采用口径不小于 6.5 英寸的扬声器。但尺寸也不能太大，否则外观笨重，与 MPC 极不协调。但问题是 6.5 英寸以上的扬声器防磁型的很少，即使有价格也较贵，而采用普通大扬声器做音箱时音箱又不能放在显示器的旁边，这又造成了摆放的困难。经反复权衡，则采用了将音箱落地放在电脑操作台两侧的方法，利用音箱与显示器的高差避开磁场的影响，实践证明效果较好，但这样又带来了声音从脚下发出来的感觉，加上成品音箱的色泽不协调，鉴于此，则决定制作一对音箱，这对音箱的外形尺寸如图 9-81 所示，不难看出，每只音箱中均采用了一只 8 英寸的低音扬声器和两只 1 英寸的球顶高音，与一般音箱的不同之处是，两只 1 英寸的高音扬声器并未采用常见的哑铃式安装，而是一只立在立面上安装，一只则装在了音箱的顶面上，这样做的主要目的是加大高音的辐射面，利用墙壁及周围物体的反射产生出身临

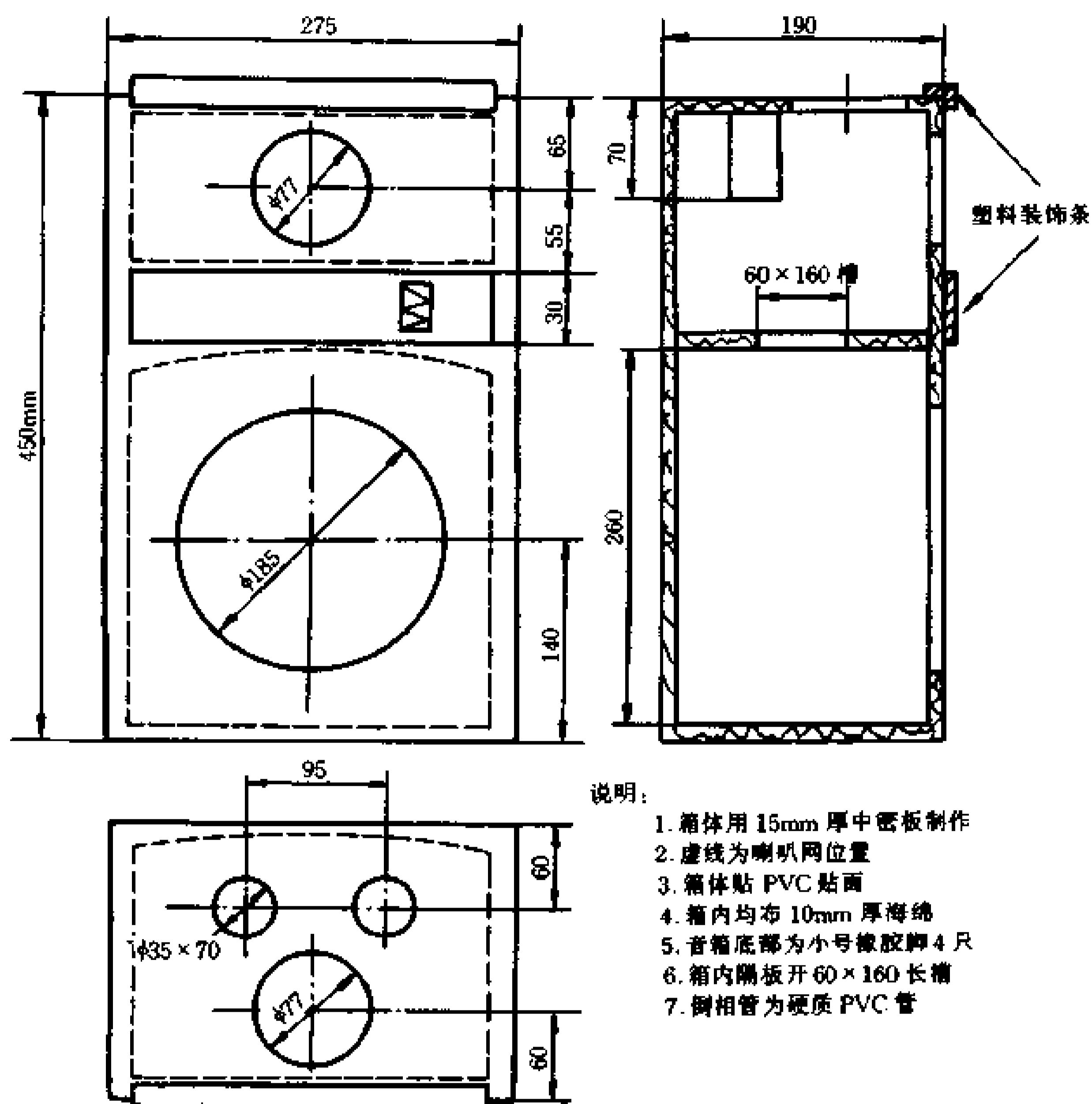


图 9-81

其境的包围感，尽可能的解决“声出脚下”的问题，需说明一点这样做并不是作者本人的发明，而是大名鼎鼎的英国乐富豪 PROGRAMME2180·2 音箱的翻版，这套音箱的图纸是经过解剖一对名箱后的结果。

音箱的各单元可根据具体情况选择，本文介绍的低音单元选用的是飞利浦 8 英寸泡沫低音，其阻抗为 4Ω ，高音单元为伟达牌 1 英寸钛膜半球面高音扬声器两只并联为 4Ω ，分频器为伟达 4221 二分频器，音箱的外表面为白色 PVC 贴面，扬声器网为银灰色。

试机时使用了多张原版 CD 及 VCD 片轮番上阵，深感音质已今非夕比，在唱卡拉 OK 时，即使是再粗的嗓门也不会使扬声器发破，特别是在玩一些 GAME 时，找到了不少全新感觉，例如在玩 DINO3D(立体恐龙之谜)时，一开声就吓了众人一跳，原先呜呜喇喇的声音变成了使地板都发颤的低频，而在这之前本人还以为游戏中的声音就是很难听呢，由此感到一番劳作没有白费。

27. 高音细腻的 120W 功率放大器

本文介绍的功率放大器，最大优点就是高音细腻，各种高音乐器发出的细微声响均能尽皆重放，使用话筒却无啸叫，而低音振撼有力，舒缓深沉。曲目间歇时喇叭几乎无声。由于取材容易、性能良好，较适合业余制作。

相信大多数电子爱好者都利用 TDA2030A、TDA1514 等优秀电路组装过简单的放大器，

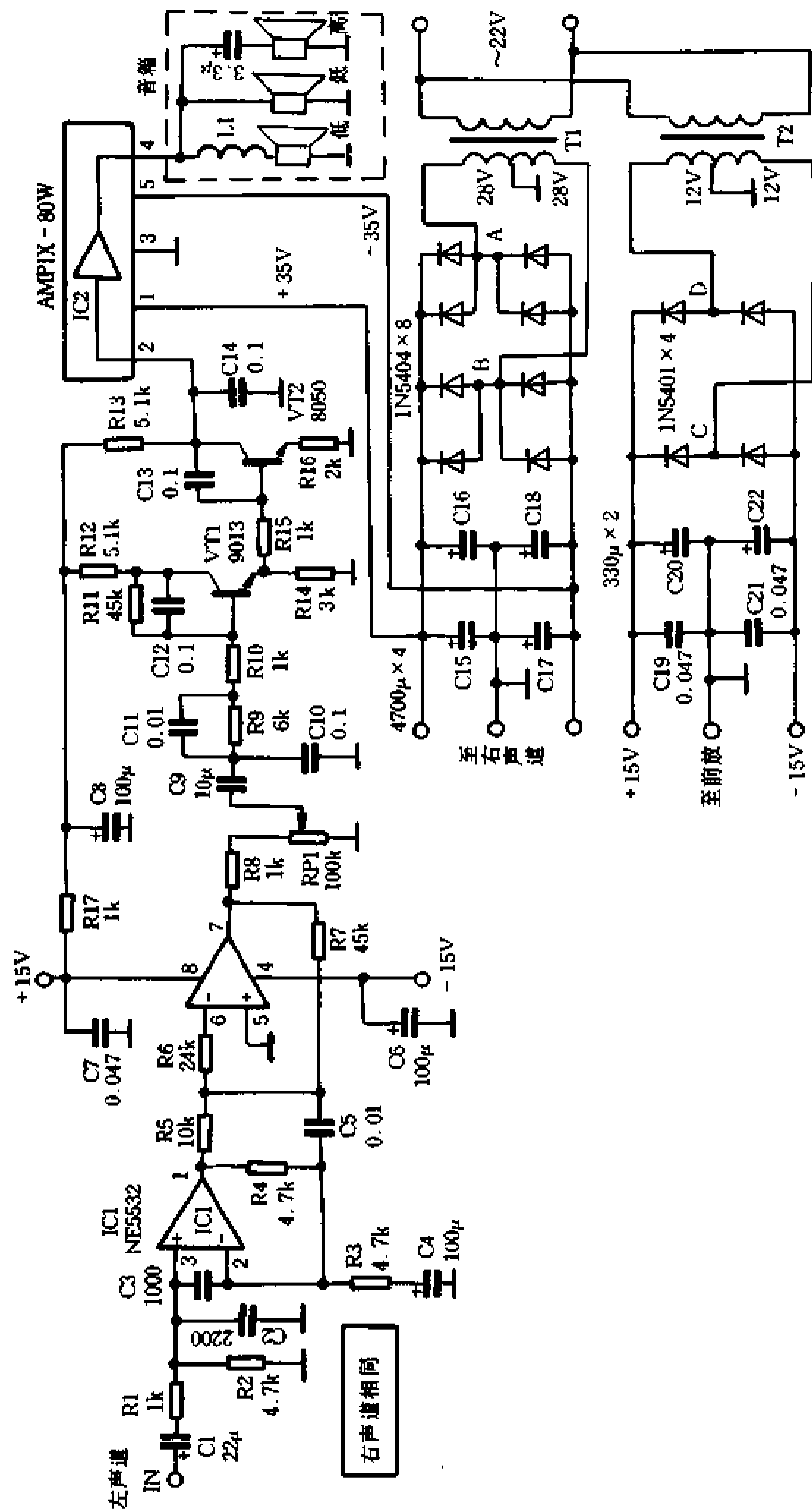


图 9-82

但是，即使组成大功率的 BTL 电路去驳接 VCD、录音机还是不能使音箱发出足够的声音，这是由于没有装上前置推动级造成的。如果没前置推动，用 TDA2030A 组成的 BTL 功放也只能有 10W 左右的功率输出。但装上前置推动后，最大的输出功率就能够充分发挥出来，就是 TDA2030A 也能输出震撼人心的音频功率来。

【电路原理】

本机主要由前置推动级及功放电路等组成，电路如图 9-82 所示。IC1(NE5532)担任了前置放大及音调控制；C3、C5、C11 是提升高音而又不致使话筒啸叫的关键元件，如果加大 C5 会产生啸叫现象，C3 能使细微的“嚓嚓”声、“叮叮”声等高音信号重现，但取得过大时，高音反被衰减。同时 C11 也是提供高音通路的主要元件，如果没有 C11，高音则难以通过 R9 而被衰减。这三个电容缺少任何一个都会使某些高音成分损失掉。功放推动级由 VT1、VT2 等组成，其中 C12、C13、C14 是低音提升补偿电容。由于 VT1、VT2 的放大推动作用，使得低音输出浑厚有力，而对高音又没损耗。

IC2 是大功率场效应管作后级输出 80W 功率的模块，外形如图 9-83 所示。由于本机负载并联值约为 3Ω ，所以输出功率可达 120W 以上。AMP-1×80W 的频响范围在 10Hz~60kHz 之间，重放频率很宽，如果采用频响较低的 TDA2030A 时则对某些高频成分难以重放。

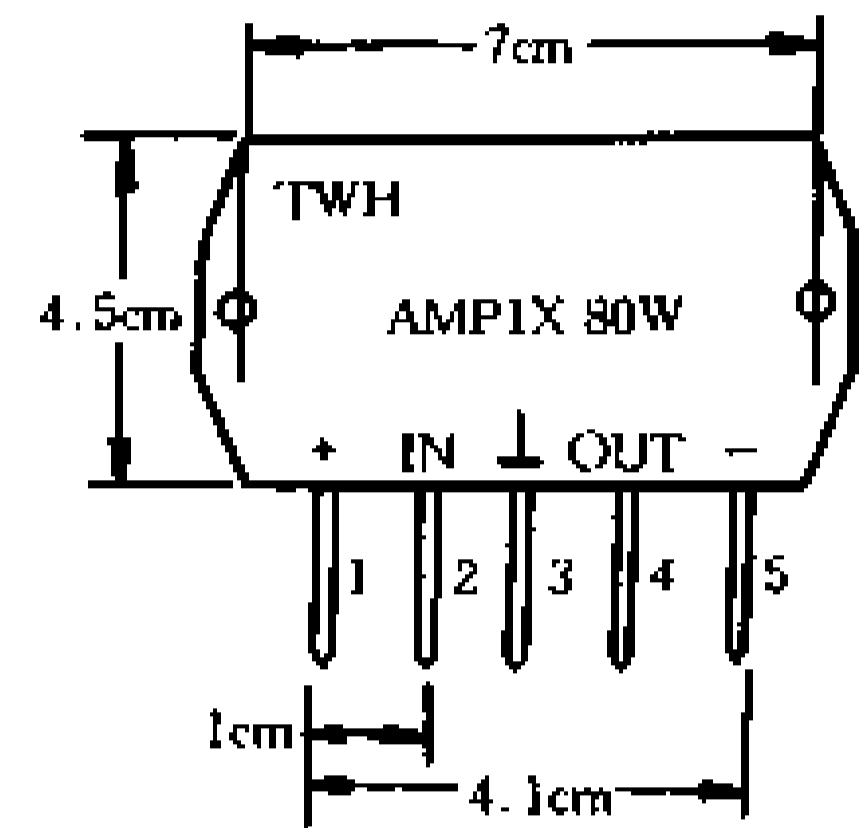


图 9-83

电源部分是左右两声道所共用，要获得良好的音质，一定要用桥式全波整流，不要图方便而采用半波整流，这样会带来讨厌的交流声。前置级、推动级与功率放大器使用独立的电源变压器，彻底地防止信号经过电源互相干扰。电路板如图 9-84(长 19cm、宽 9cm)所示。

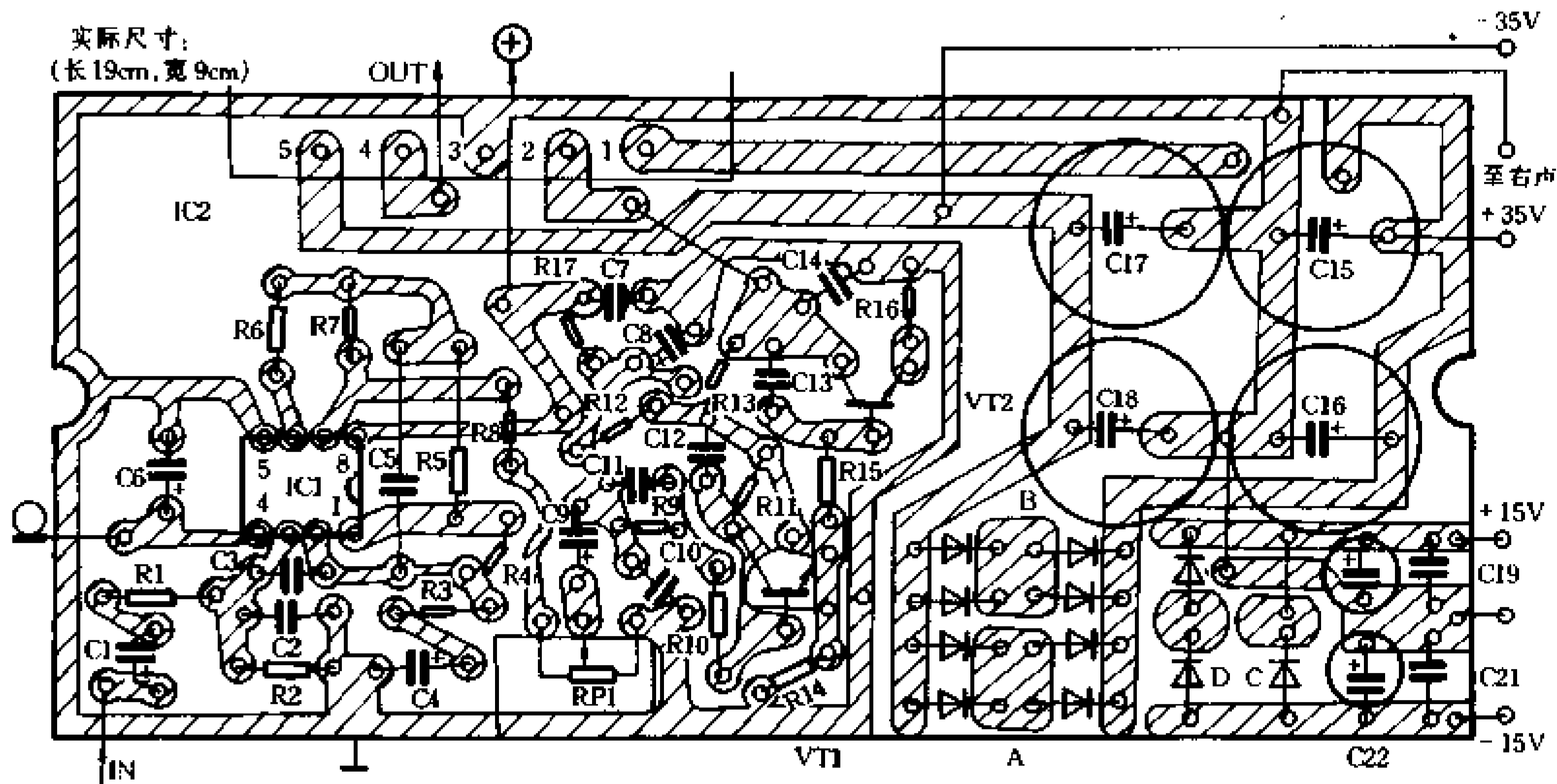


图 9-84

【元件选择与制作】

要想拥有一套良好的功放，就得耐心地按图选择元件，不要任意代换。电源变压器 T1 的功率最起码要 200W，T2 为 10W。IC1 一定要选用低噪声高速率运放 NE5532 或 NE5535 等，否则难以胜任各频点的高音放大。选功放 IC 时，要注意其频响范围。另外，在喇叭的选择上，

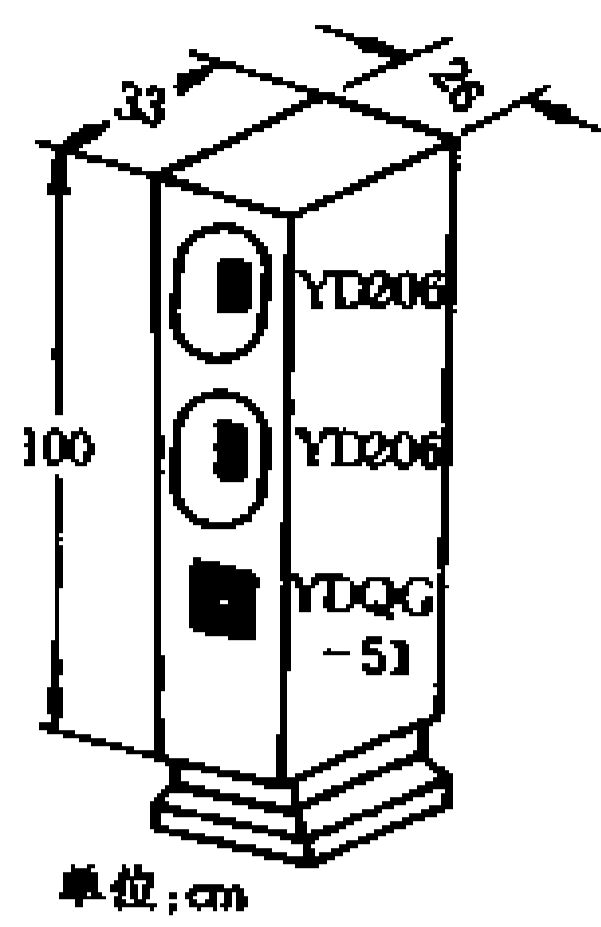


图 9-85

一般说来,喇叭的标称功率约为功放输出功率的 $1/3$,所以配合本机的喇叭只有 $30\sim 40\text{W}$ 左右,这样才有充足的推动功率,使喇叭工作于最佳状态。并不是说喇叭上面所标示功率越大就越大声。音箱结构尺寸如图 9-85 所示。

在业余情况下,高音分频电容采用小容量电解电容,经长期使用证明,高音效果良好。 L_1 用直径约为 1mm 的高强度漆包线在 $\phi 2\text{cm}$ 的空芯骨架上绕 150 匝而成。

在使用本功放驳接东鹏 950-VCD 演唱卡拉 OK,高低音效果可与上千元的功放相比,该 VCD 使用带话筒前置放大的单片卡拉 OK 混响 IC: M65845SP 直接输出。

本机无需特殊调试,只要调整一下音调部分,使适合个人欣赏需要即可。

十、家庭影院

1. 一款基于个人电脑的“桌面影院”

目前，家用电脑热已席卷大江南北，特别是多媒体电脑的丰富、新颖、独特的诸多功能吸引了广大的爱好者。报刊书籍也开辟和刊登了很多电脑方面的栏目及文章，为这股热潮推波助澜。同时也出现了很多“双料发烧友”（即：由以前的音响发烧转为音响、电脑双重发烧）。多媒体电脑是高科技产品，既具有普通电脑的功能，如：编程、CAD、CAI等；又可以看VCD、多媒体百科全书、听音乐，或者两件事兼顾。由于多媒体与普通音响一样也具有很出色的音响效果，为此，本文介绍一款以个人多媒体电脑为基础的“桌面影院”，相信会对你有所启发。

首先，一套多媒体电脑是必不可少的，配置应为486/33以上、4~8M内存，540M以上硬盘、倍速或四速光驱、16位声音卡、VESA总线24位显示卡、0.28逐行彩显以及电影卡（如果用XING软件解压看VCD，为保证较好的效果应以586级电脑为好）。

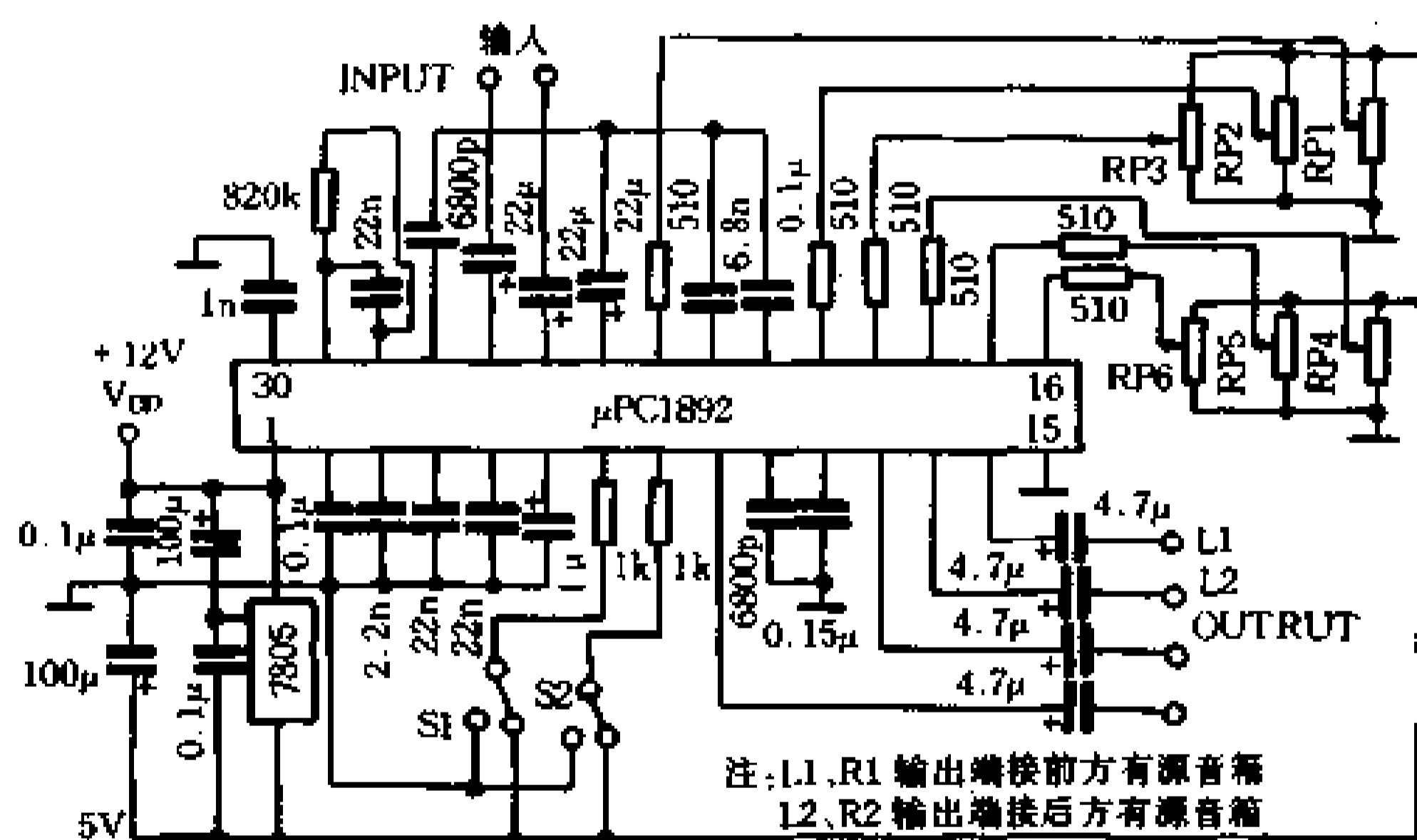


图 10-1

其次，这套“桌面影院”的核心是精巧四声道环绕声处理器。该处理器采用了日本NEC公司1995年新推出的家庭影院四声道环绕声处理集成电路—— μ PC1892，该电路采用矩阵式移相环绕声处理系统，设置有“音乐厅”、“电影院”、“模拟立体声”三种音场效果模式。电路简洁、实用、非常适合业余制作。如果采用杜比定向逻辑环绕声电路，不但结构复杂，而且有大材小用之感。前方声道采用中型的电脑专用有源防磁音箱，解决了前方放大器的问题，后方声道采用LM380N功放集成电路作放大，推动两只小音箱。当然也可以直接采用一对有源小音箱，使制作更加简单。

【电路原理】

环绕声处理器的电路如图10-1所示。电路工作电压为12V，控制部分使用5V电压。音效模式由 μ PC1892的第⑦脚、第⑧脚的高低电平控制，四种功能如表10-1所示。

表 10-1

	第⑦脚	第⑧脚		第⑦脚	第⑧脚
关 闭	L	L	电影院效果	L	H
音乐厅效果	H	H	模拟立体声	H	H

当第⑦脚接地，第⑧脚接 5V 电压，用于欣赏 VCD 电影碟时有身临其境之感。RP1 为音乐效果控制，RP2 为输出平衡控制，RP3 为前置左右声道音量控制，RP4 为后置环绕声音量控制，RP5 为低音控制，RP6 为高音控制。整个电路简单易制，电路板可以自行设计。

环绕声处理器可以接电影卡或声道卡的线路输出端，前方输出接有源音箱，后方音箱可以安装在座位靠背或后方的家具上，适当调节音量可以获得很好的效果。

2. 自制一套性能优越的家庭影院 AV 组合

本文介绍一套高性能、低成本的家庭 AV 组合，非常适合广大发烧友自制。让在客厅(面积 10m² 左右)的听音者的感受更上一层楼。

【电路原理】

该 AV 组合如图 10-2 所示，第一级采用飞利浦 TDA1029 作四路输入切换信号开关；第二级采用 NE5532 作前置放大、日本 NEC 公司的 μ PC1892 四路环绕声处理电路作主信号及环绕、中置信号输出，并作高低音调、音量、左右声道平衡、环绕效果控制及三种音场效果模拟式选择；第三级采用 MS381 作实现前方一对音箱的三维佳化音场效果处理；末级由 TDA1514A 及 TDA1521(或 LM1875)作功率输出。

TDA1029 是一片用于音频领域的立体声四路高保真音源信号切换集成电路。工作电压：6~23V，典型值 12V，总谐波失真仅为 0.005%，信噪比优良($SIN=120dB$)，转换速率 $S=15V/\mu s$ 。典型应用电路如图 10-3 所示。

μ PC1892 是 1995 年推出的性能优异的四声道环绕声处理电路，该电路采用矩阵式移相环绕声处理系统，可将双声道信号和单声道信号分离出两路主声道信号和一路环绕声道信号、一路中置声道信号(实际制作时发现 μ PC1892 的两路副声道中的一路信号为中置信号)。该电路设置有音乐厅、电影院和模拟立体声及立体声直通音场效果模式。电路内部设有环绕声效果控制、主功放平衡、高低音及音量控制，各部分控制均采用直流电平控制，使电路的杂音减少到极低限度。 μ PC1892 内部设有放大器、低通滤波器、模式控制、移相、效果处理、补偿吸收、音调、音量、平衡等电路。 μ PC1892 是一块大规模集成电路，应用电路如图 10-4 所示，典型工作电压为 +12V，控制部分用 +5V。音效模式控制由 μ PC1892 的⑦、⑧脚高低电平编

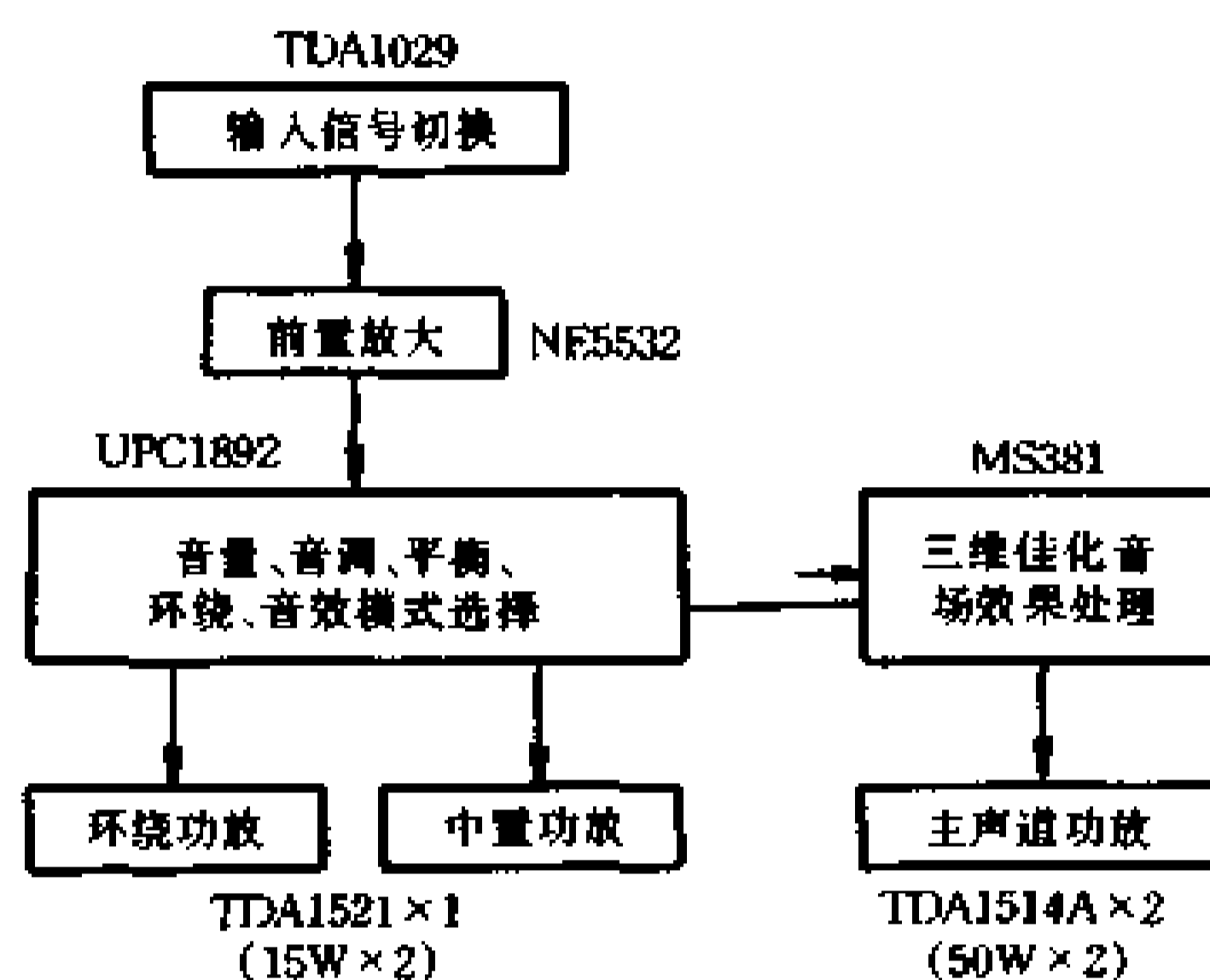


图 10-2

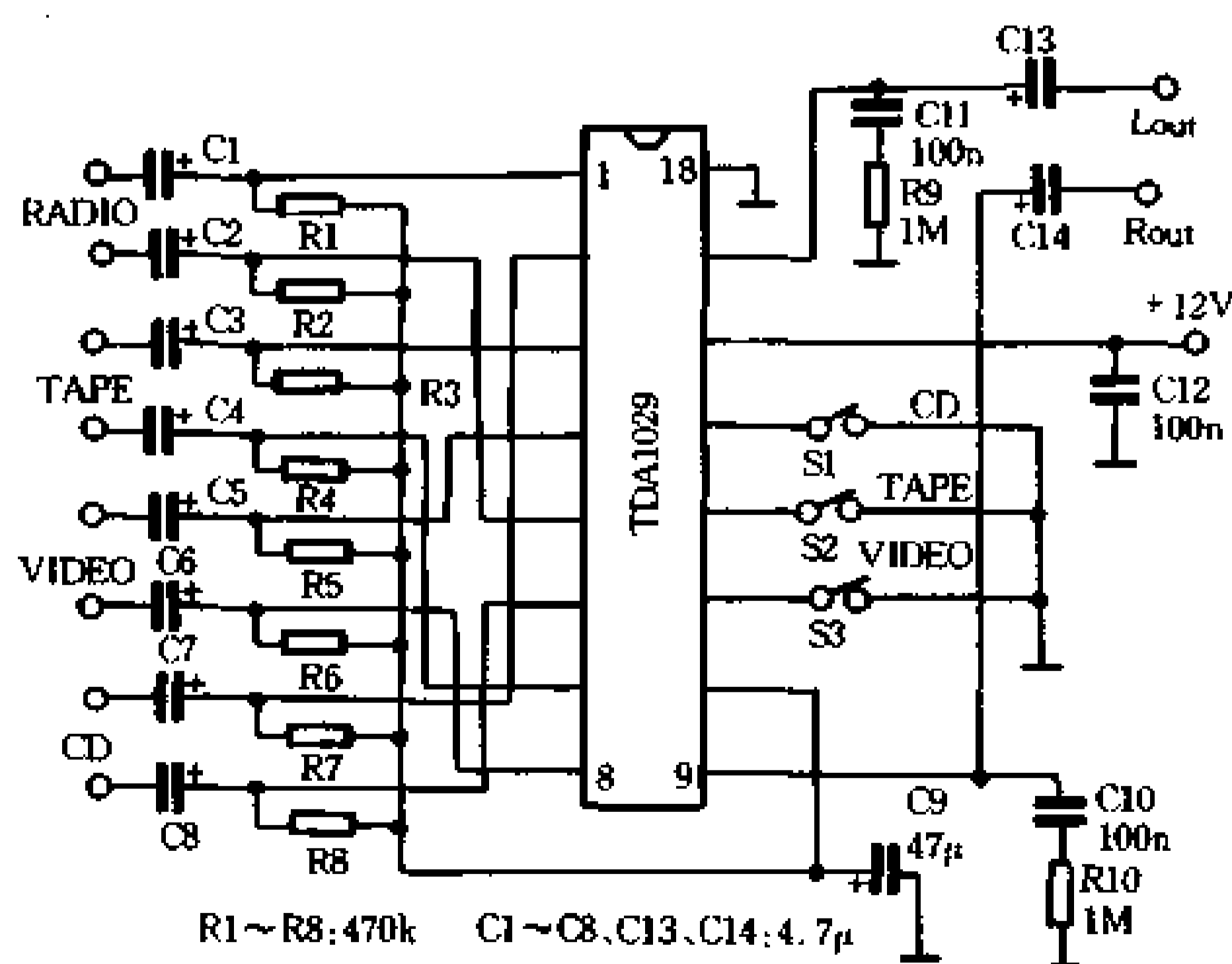


图 10-3

码。该电路设置有音乐厅、电影院和模拟立体声及立体声直通音场效果模式。电路内部设有环绕声效果控制、主功放平衡、高低音及音量控制，各部分控制均采用直流电平控制，使电路的杂音减少到极低限度。 μ PC1892 内部设有放大器、低通滤波器、模式控制、移相、效果处理、补偿吸收、音调、音量、平衡等电路。 μ PC1892 是一块大规模集成电路，应用电路如图 10-4 所示，典型工作电压为 +12V，控制部分用 +5V。音效模式控制由 μ PC1892 的⑦、⑧脚高低电平编

程控制。各电位器功能如下：RP1 为后环绕声道音响效果音量控制，RP2 为前置左右声道平衡控制，RP3 为左右声道音量控制，RP4 为前中置声道音量控制，RP5、RP6 分别是前左右声道的低、高音的音调控制。拨动 S1、S2 的作用为：S1 高电平、S2 低电平为音乐厅模式；S1 低电平、S2 高电平为电影院模式；S1、S2 均高电平为模拟立体声模式；S1、S2 均为低电平为立体声直通状态。

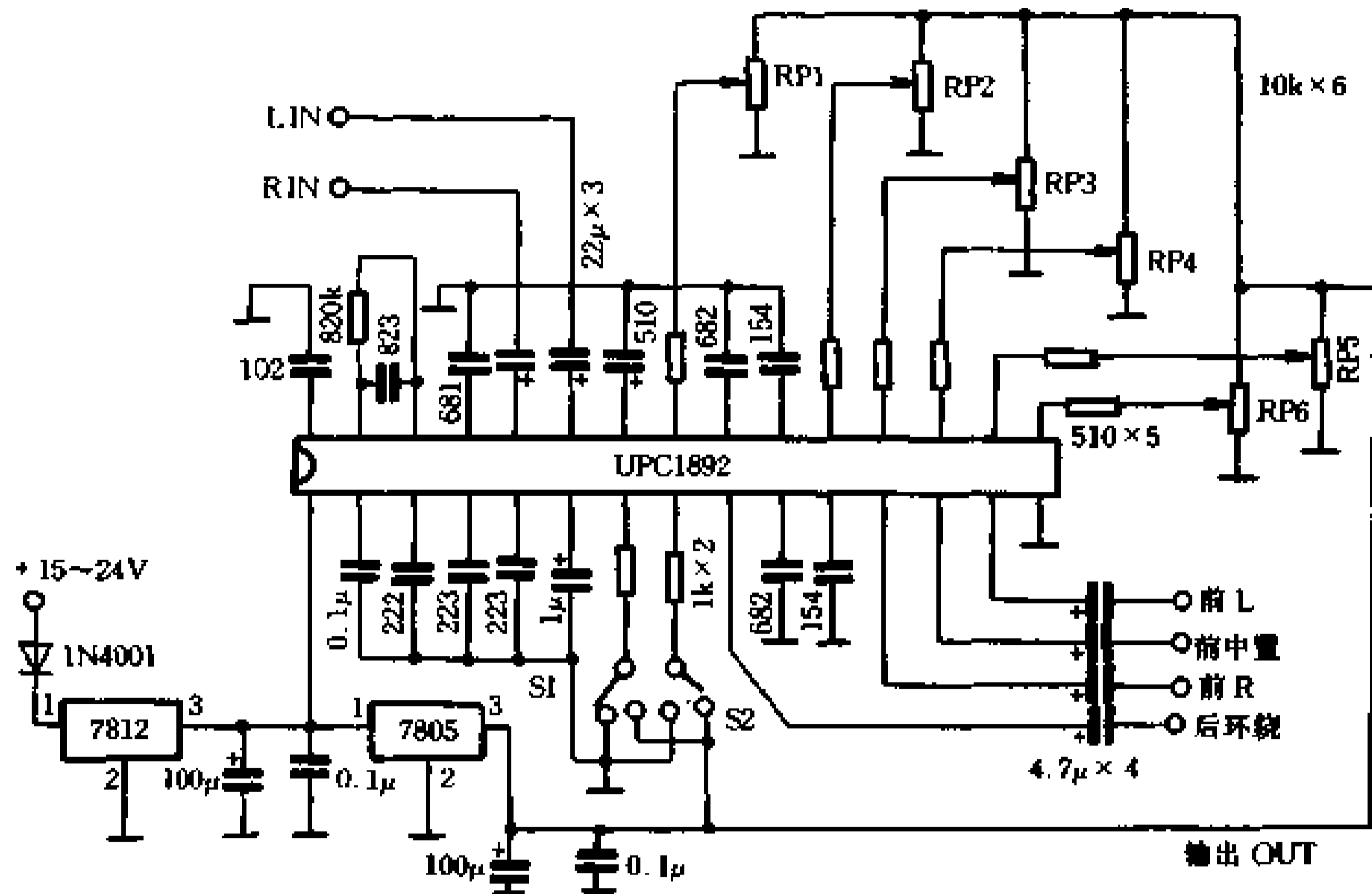


图 10-4

由于 μ PC1892 的前方声道的空间感信息不强，因而采用 MS381 将前方声道的空间感信息进行三维佳化加强处理，这样巧妙的组合使聆听者的听音位置不再受限制，并且音乐的空间感十分强，同时又解决了 MS381 缺乏后方声场的不足之处。营造出的声场非常宽阔，现场感极佳，甚至感觉不到扬声系统的存在。MS381 的制作图如图 10-5 所示。对于拥有功放机的发烧友可将 μ PC1892 与 MS381 加装进去，令功放成为 AV 发烧组合。

该 AV 系统若需震撼还可增加超重低音输出：利用 NE5534 等单运放作低通滤波器并增加超重低音功放电路及超重低音音箱。

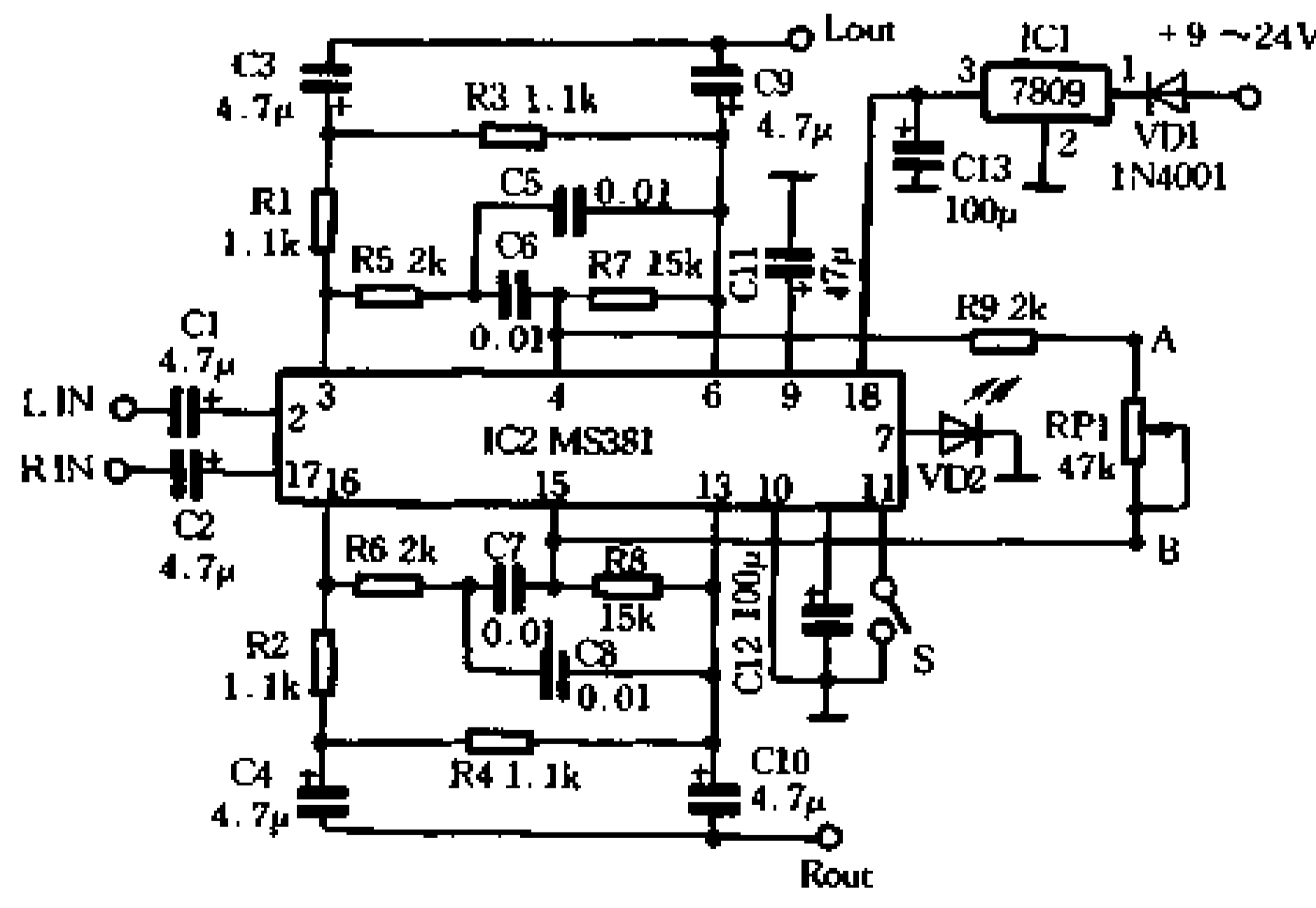


图 10-5

本 AV 组合前方声道用飞利浦公司专为数字音响而设计的 TDA1514A 功放电路。一般几十 m^2 的家庭有“黄金功率” 30W 左右的音响器材最为适中。TDA1514A 输出功率 $P_{OUT} = 50W$ (THD-0.08%)； $V_p = \pm 27.5V$ ；转换速率：15V/ μs ，信噪比 85dB，纹波抑制：75dB，TDA1514A 电路设有等待、静噪状态，具有过热保护、低失调电压、高纹波抑制，而且热阻极低。应用电路如图 10-6 所示，该电路的特点是：采用恒流负反馈式和具有直流伺服系统。用线性元件电阻 RA (0.5 Ω /2W) 把流过扬声器

音圈的电流取样反馈给功放输入端，使放大器以固定电流方式驱动负载，扬声器受电流控制振荡而发声。特点是当重放频率到了低频及谐波附近时，恒流式电路增强了低音的力度和高音的解析力，使整个系统的重放音色听起来丰满厚实又清晰明快，很有电子管功放的韵味。

直流伺服电路主要是用来修正 TDA1514A 电路在取消负反馈的对地隔直电容后的输出端直流电位的漂移。

中置及环绕声用飞利浦公司生产的高保真功放电路 TDA1521 作 $15W \times 2$ 的功放电路，其制作简易，外围元件仅需几个如图 10-7 所示，环绕声道的两只音箱均并接在 TDA1521 的环绕声道输出即可。

采用集成功放最大的优点是立体声平衡度好，且大批量的一致性有充分保证，在可靠性及性价比方面均远优于分立元件功放。

【元器件选择与制作】

元器件选择坚持质量第一的原则，电阻用五色环金属膜电阻，电容宜用钽电容及 CBB 聚丙烯无感电容，集成电路要用正品的。线路板用环氧板。

为了能有效地提高整机的瞬态特性和高频特性，前后级电源要分别供电。实践证明前置级电路电源特性对整机的重放特性有着重要影响，因此前置级 NE5532 应使用有源伺服电路。

目前有功放机箱出售，也可以邮购。不同的机箱有不同的方案。组装完毕、检查无误，即可试听。在试听时，MS381 置于空间音效处理状态， μ PC1892 则置于音乐厅、电影院或模拟模式(由需要定)，单声道信号(如录像、双语选择的故事片)，利用模拟立体声模式。

组装完毕，可试播影碟《断箭行动》，该片属于情节惊险、场面宏大、采用全新的杜比 AC-3 全数码方式的佳碟。如将 μ PC1892 的工作模式拨到电影院模式，在观赏过程中的感受：直升飞机坠毁爆炸时、机尾螺旋桨扫过地面时，声音直向面前飞来；飞机的轰鸣声由远而近、从头顶飞过的轰鸣声、音效非常逼真；在开启核弹后的这几 min，火车上的打斗声、火车相撞后引起油桶爆炸声……声像定位准确，现场感十足，惊险的场面、爆炸声具有的冲击力和震撼感！

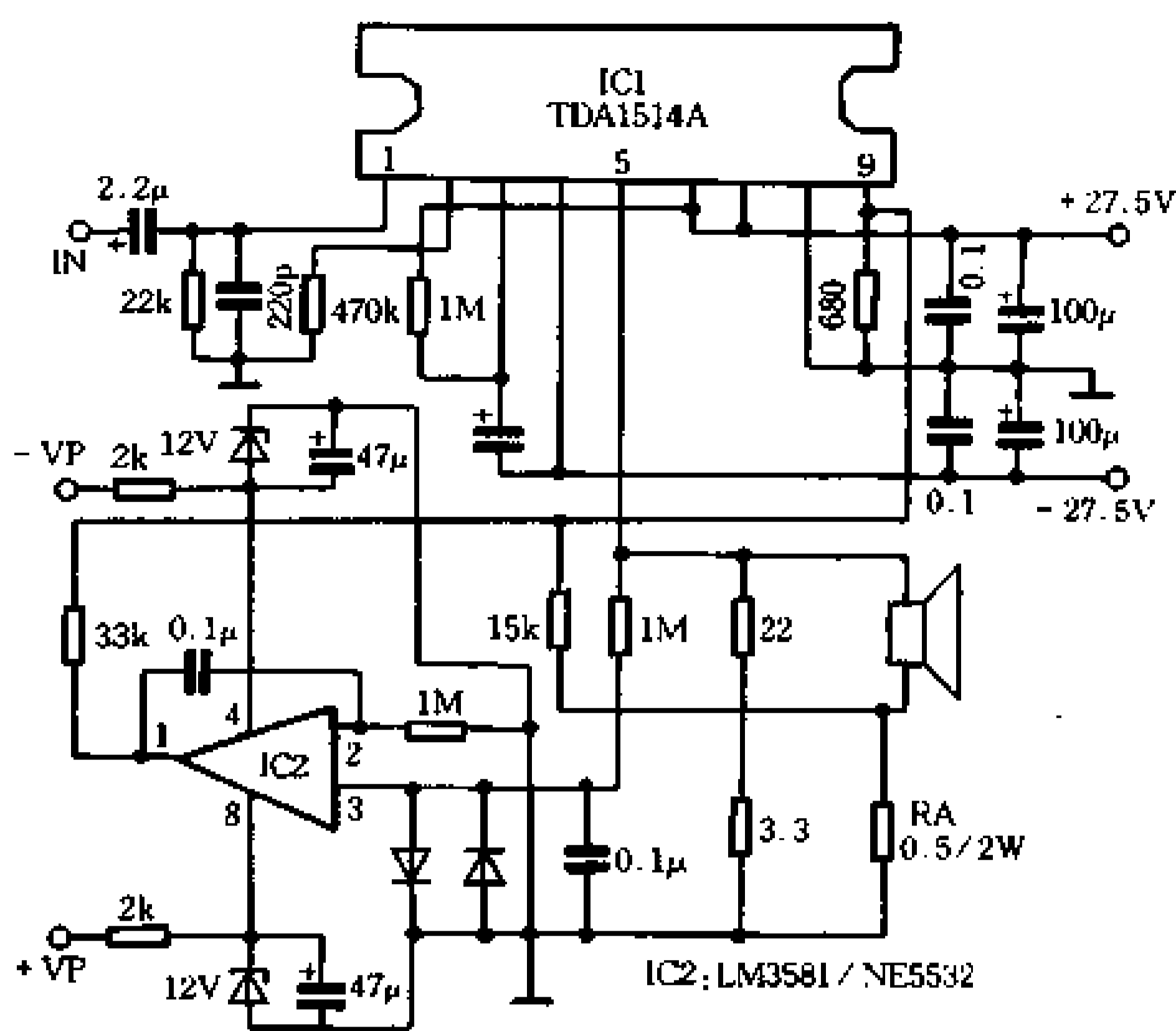


图 10-6

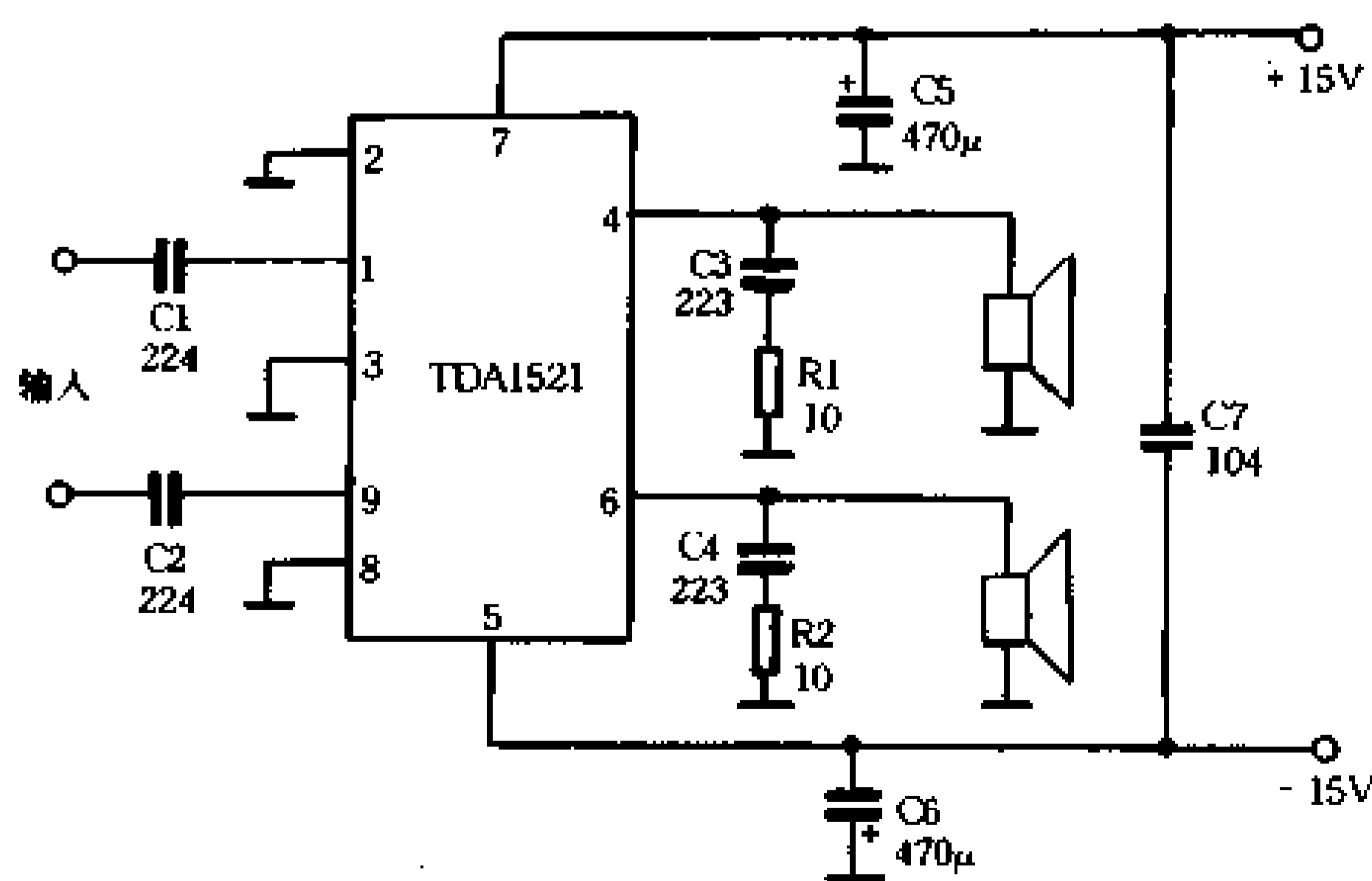


图 10-7

3. 自配“家庭影院”AV组合

随着 AV 技术的发展，“家庭影院”式的 AV 组合已成为现代家庭娱乐生活中一个重要的组成部分。本文介绍的 AV 组合，采用“洋机”、“国产机”、“土炮”三合一的搭配方法，具有功能多、高画质、带杜比定向逻辑环绕功能等特点，是比较实用的“杜比环绕声家庭影院”。

AV 信号源选用 SONY-V8K，这是 SONY 公司生产的兼容 CD、CDG、VCD、LD 的新型影碟机。该机采用真正的 2.0 版 VCD 解码，播放 VCD 小影碟时音、视效果都较好。该机具有自动翻面功能，卡拉 OK 演唱时升降调选择，是目前市场上流行的大小碟兼容机中功能较为齐全的高档“洋机”。

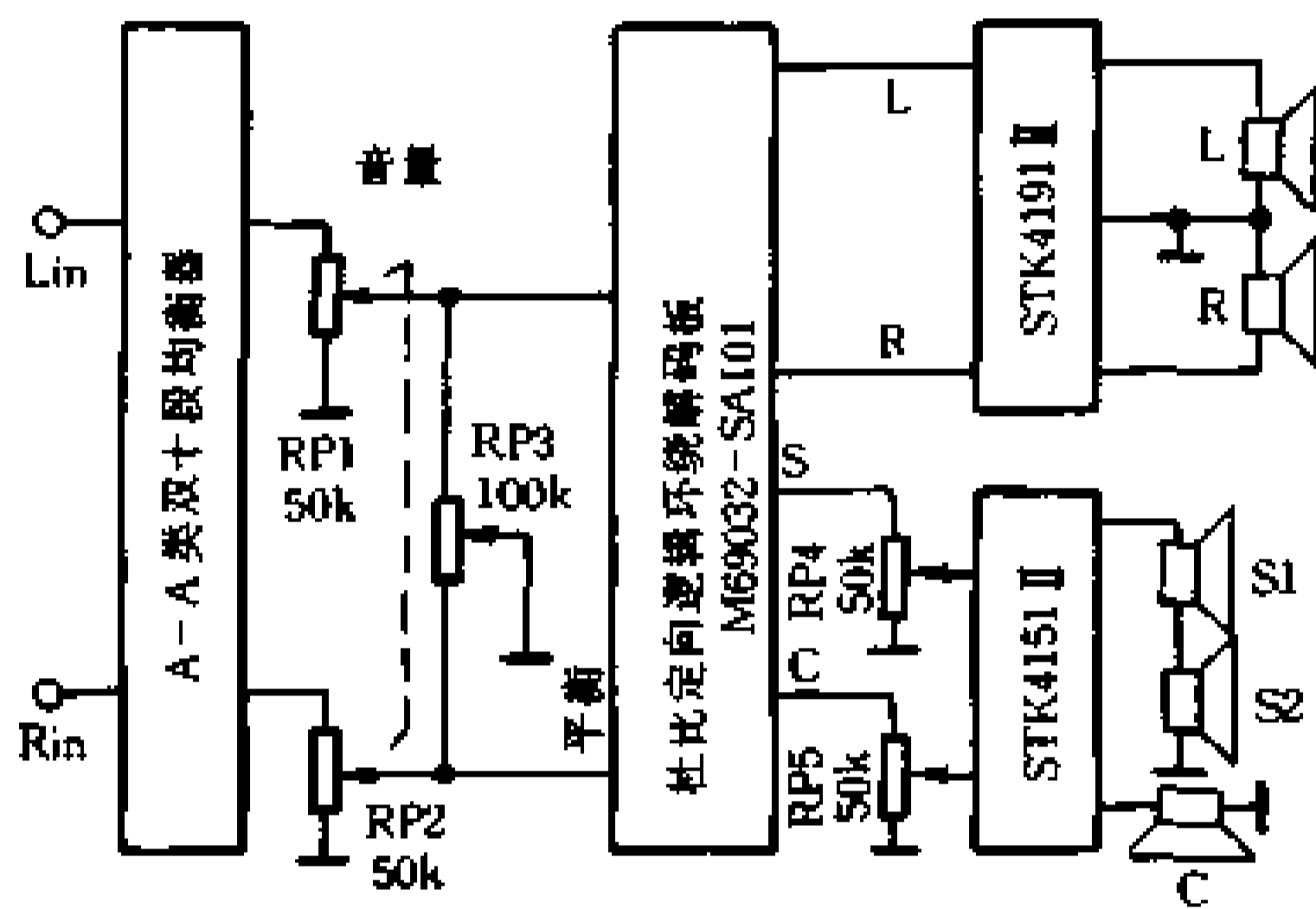


图 10-8

整机结构如图 10-8 所示。图中均衡器采用 A-A 类双十段均衡器电路设计程式。“杜比定向逻辑环绕解码板”是邮购的成品板(M69032P+SA101)。功放部分采用 STK4191 II (主声道)+STK4151 II (中置声道和环绕声道)作四声道扩音输出。各部分电路的设计方法在各种电子报刊上是常见的电路，这里略去。当然，在电路板的设计和制作过程中，接地线的引法要得当，选用优质的元器件，并落实一些优化设计的具体措施，是提高音响效果的根本保证。

主声道的一对音箱采用惠威 MSSOD 套件：大师系列 SS10+SDMA+M1+分频器。

环绕声音箱采用“后加载号筒式”设计方式，箱体为五角形，如图 10-9 所示。其中低频单元采用南鲸 YD150(8Ω、50W)，高音单元采用南鲸 YDQG20-8G(8Ω、40W)，分频器用南鲸成品二分频器。箱体用厚为 12mm 的五合板打造。图中各画弧线的角落上适当地填入一些吸音棉，画“圆圈”的地方钻 10 个直径为 10mm 的小孔。该音箱最好放于墙角处，后板离 2cm 为宜，以便充分利用墙角作为后展声路，增强低音效果。

中置声道音箱箱体采用哑铃式设计方式。扬声器选用惠威防磁系列产品：低音用 SS6.5R，高音用 CIR，分频器选用惠威成品哑铃式音箱分频器。箱体用 15mm 的五合板打造。该中置音箱实际使用时必须用稳固的铁支架横置电视机上方，使高音扬声器在上面，并且使音箱正面稍向下面倾斜。

以上音箱在外观处理上放弃了传统的贴面音箱纸的方法，改贴与房间墙壁协调的墙纸(必须用强力胶作贴合剂)。给人以新颖、典雅、耳目一新的感觉。

这里选用了国产名机——康佳 T2910N，该机采用高对比度显像管，设有环绕声音响系统和超重低音装置，并且有“丽音”多种语音选择功能。

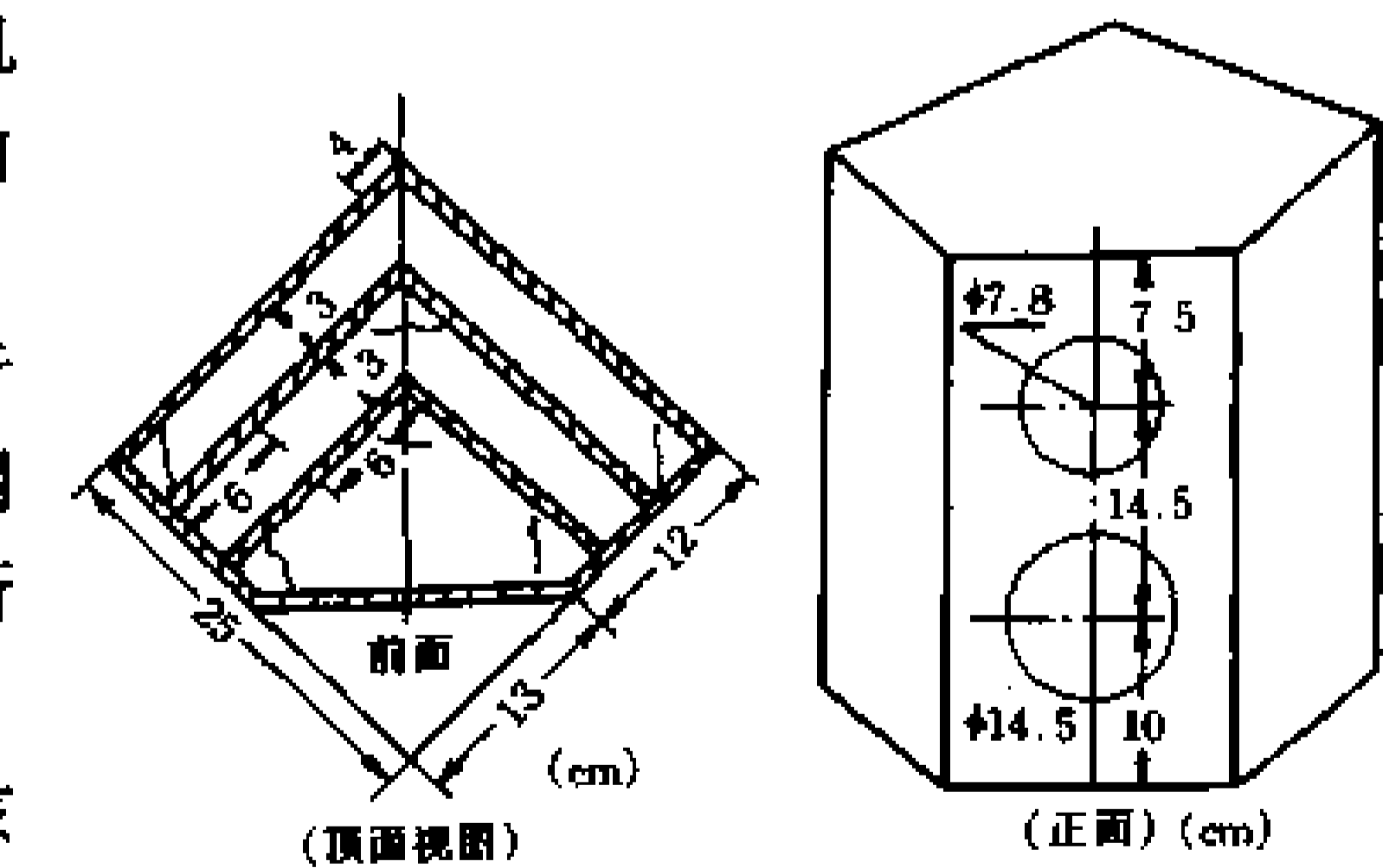


图 10-9

是经济实用的国产大屏幕电视机。

调试时用带杜比定向逻辑标志的影碟，调 WC 和 WS 使中置声道和环绕声道的输出声音与主声道输出音频信号协调匹配即可。该 AV 系统将给您带来“动感、刺激”的视听新享受。

4. 适合家庭影院的功率放大器

当您走进电影院，听到悦耳的音乐和逼真富有震撼效果的音响就会感到影院的音响与众不同。现介绍一种家庭影院用的电子管放大器。该机放音低音厚而不混，中高音亮而不刺，令人有一种身临其境的层次感，该放大器适合一般初级发烧友制作。

【电路原理】

该机采用 6P3P 电子管作功放，6N1 作倒相及前级放大，为了适合一般发烧友的需要，输出变压器采用日字型铁芯加屏蔽罩，这样，既不影响频响，又大大降低了成本，由于该机功率为双 25W 非常适合一般家庭及小型舞厅的需要。

该机电路如图 10-10 所示，功放为推挽工作方式，V1 作前置放大，V2 为倒相级。当功放管 6P3P 板极电压为 350V 时，输出功率可达 25W 以上。由于该机过载能力强，其音量、音质均优于晶体管 100W 扩音机，且非线性失真小。为使 6P3P 达到最佳工作状态，可调整 R9 使阴极电压为 13~15V，屏极电流为 65~70mA。

在结构方面，底板采用 1.2mm 厚优质铁板制作，镀锌纯化五彩色（不宜选用铝板制作，因铝板质轻，容易引起机振）。输入、输出及关键部分均有不干胶贴面标示。输出变压器及电源变压器并排于底板后端，6P3P 在左右两侧，凡发热元件均在底板中上面，这样既美观，又有一定的科学性。各阻、容元件全部装在一块印制电路板上，如图 10-11 所示。

【元器件选择与制作】

输出变压器的制作工艺、硅钢片的品质均直接影响胆机的音质和音量，该输出变压器采用分层分段交叉绕法来保证频响向低端伸展，使高频特性也得到更好的改善。该机也试用过环型输出变压器，虽然音色略好于该种变压器，但价格却增加 400 余元，后者对于一般想得到一部胆机而条件较差的发烧友来说，是一个不小的负担。

电源变压器选用 196W 铁芯绕制，初次级间加隔离层，以减少交流声进入前级。整流部分采用硅整流二极管，这样可减少变压器的无用消耗功率。

全部元器件装在一块 150×80mm 的印制板上，整流部分装在 40×80mm 的印制板上，将其引线按标明的位置接在电子管的管座上。电子管 6P3P 应为同一批号产品。级间电容宜选用 CBB 金属化电容；电阻采用 RJ 金属膜电阻，各种焊线应分色，直径应不小于 1.0mm 的镀银铜线，音频传输线应采用金属隔离线。由于胆机的工作电压较高，千万注意高压线及装配时的绝缘及安全。

装配完毕，详细对照图纸、检查无误后，先不要插电子管，通电试验，检查灯丝电压正常后，可接上扬声器，插上电子管调试，不要用金属东西触及电路，以免发生电击。通电 3 分钟后，测量各极电压是否正常，并将可调电阻调到工作点的最佳状态。如扬声器出现啸叫是反馈电阻及输出变压器相位接反所致。该机装配简单，是初级发烧友制作最佳选择。

双 25W 放大器的性能如下：

- (1) 输出功率 25W×2；
- (2) 频响 10Hz~20kHz；

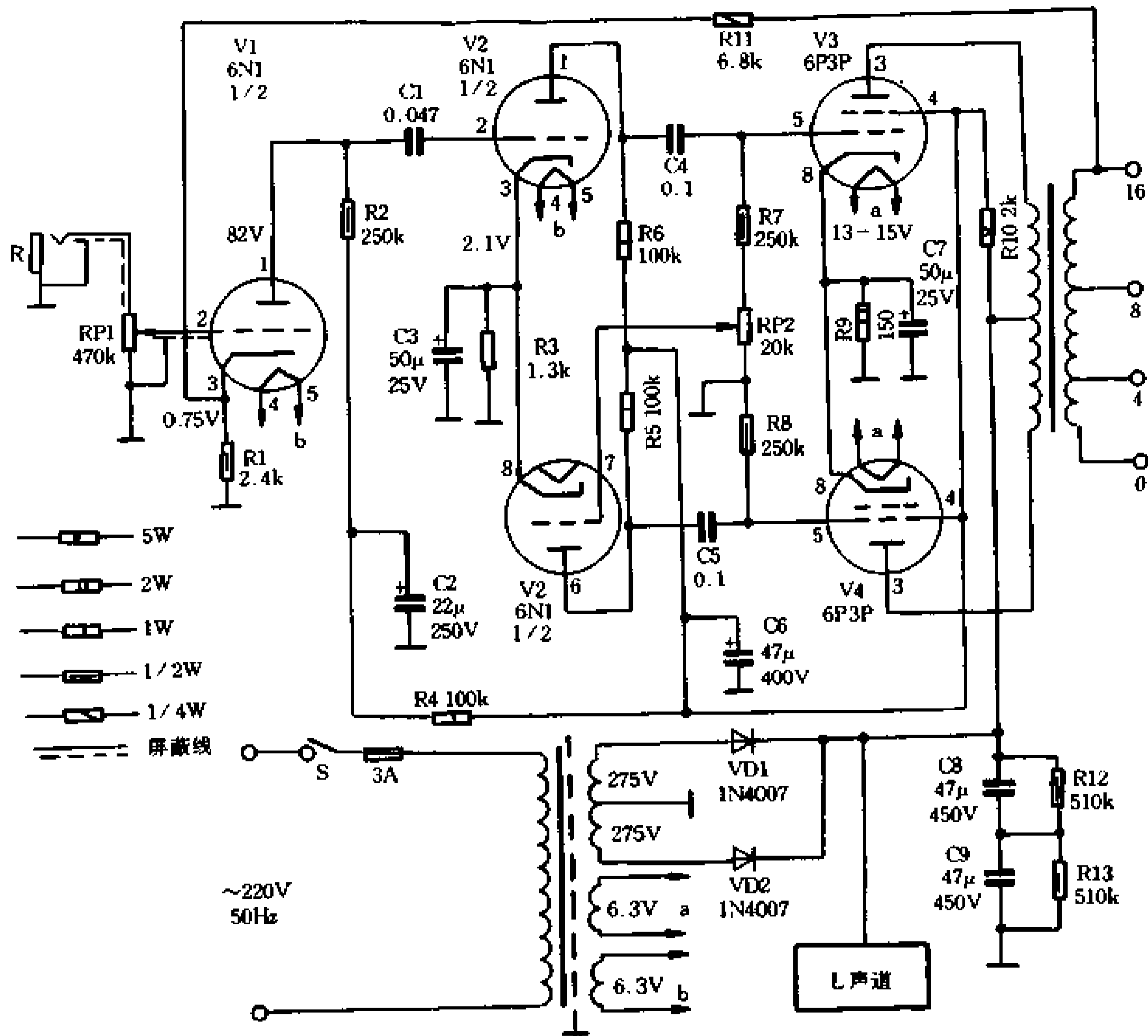


图 10-10

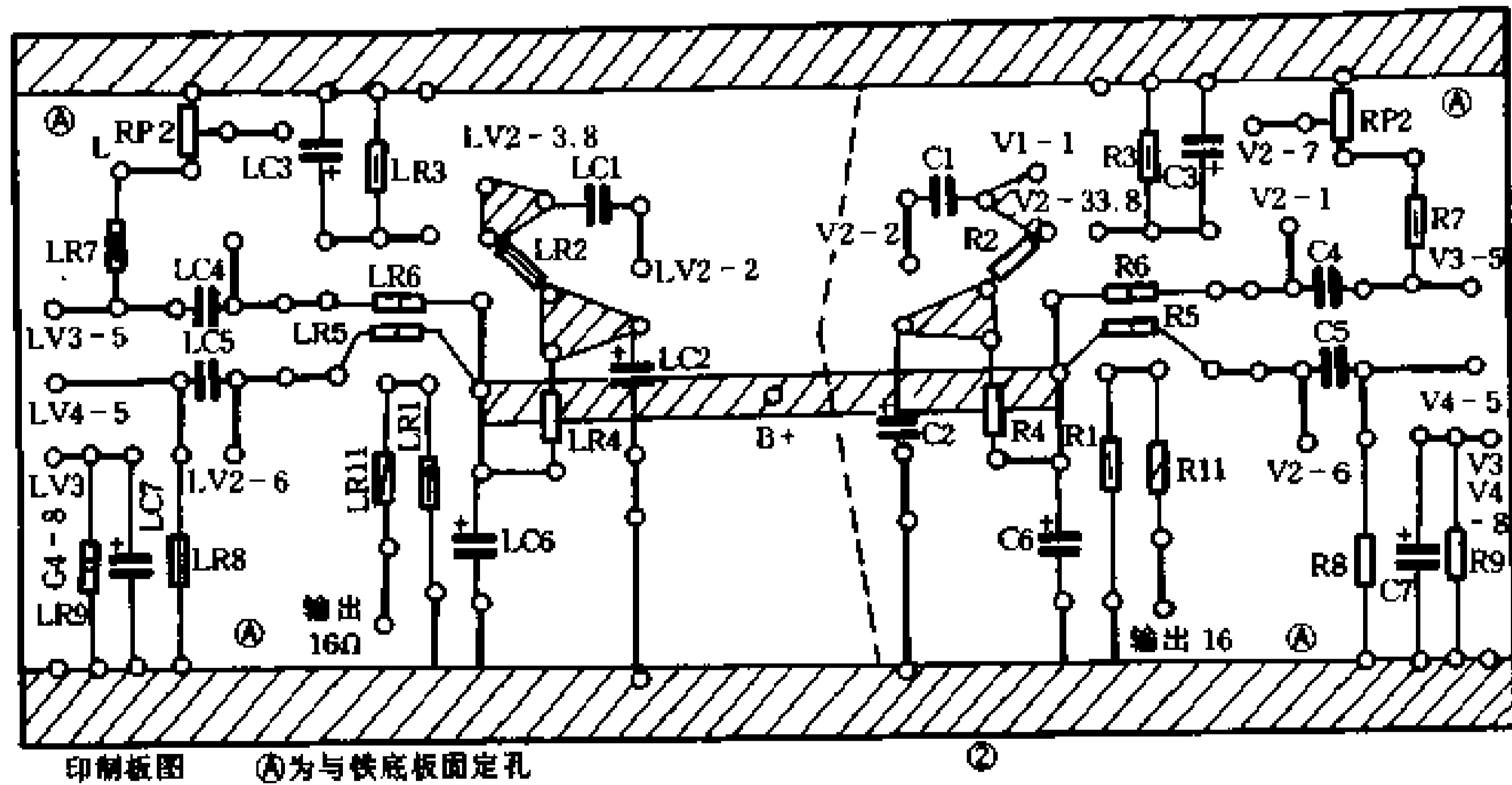


图 10-11

- (3) 谐波失真 1%；
- (4) 输入阻抗 6000Ω；
- (5) 输出阻抗 4Ω、8Ω、16Ω。

5. LM3886 在家庭影院中的应用

LM3886 是美国 NS 公司最新面市的大功率高性能集成功放，在 5Hz~100kHz 范围内线性良好，互调失真低至 0.004%，谐波失真和噪声仅 0.03%，且有过压、欠压、过流、超温等完善的保护功能及开机防冲击静音功能。本文介绍 LM3886 在家庭影院系统中的几种实际应用。

(1) 优质双声道功放

LM3886 在额定电压下输出连续功率近 70W，峰值功率可达 150W。双声道功放采用简洁典型线路，可取代多种中低挡发烧功放，适合用作家庭影院左右主声道功放。全电路装在同一制板上，两只 LM3886 各配一只长 140 厚 50 高 75(mm) 专用铝型材料散热器，固定在印制板两侧以利散热。电源变压器可选用双 24~28V、3~5A 环牛。

(2) 强力 BTL 功放

由运放皇 NE5532 和两只 LM3886 同相、反相放大器组成纯 BTL 桥式放大器，可轻松输出 200W 以上不失真功率。可用于歌舞厅、剧场扩音等场合。此电路在小音量放音时音质仍能保持自然流畅。BTL 功放电路如图 10-12 所示。每声道一个电路板，有独立的整流滤波及推动电路，两只散热器尺寸为长 140 厚 50 高 100(mm)。

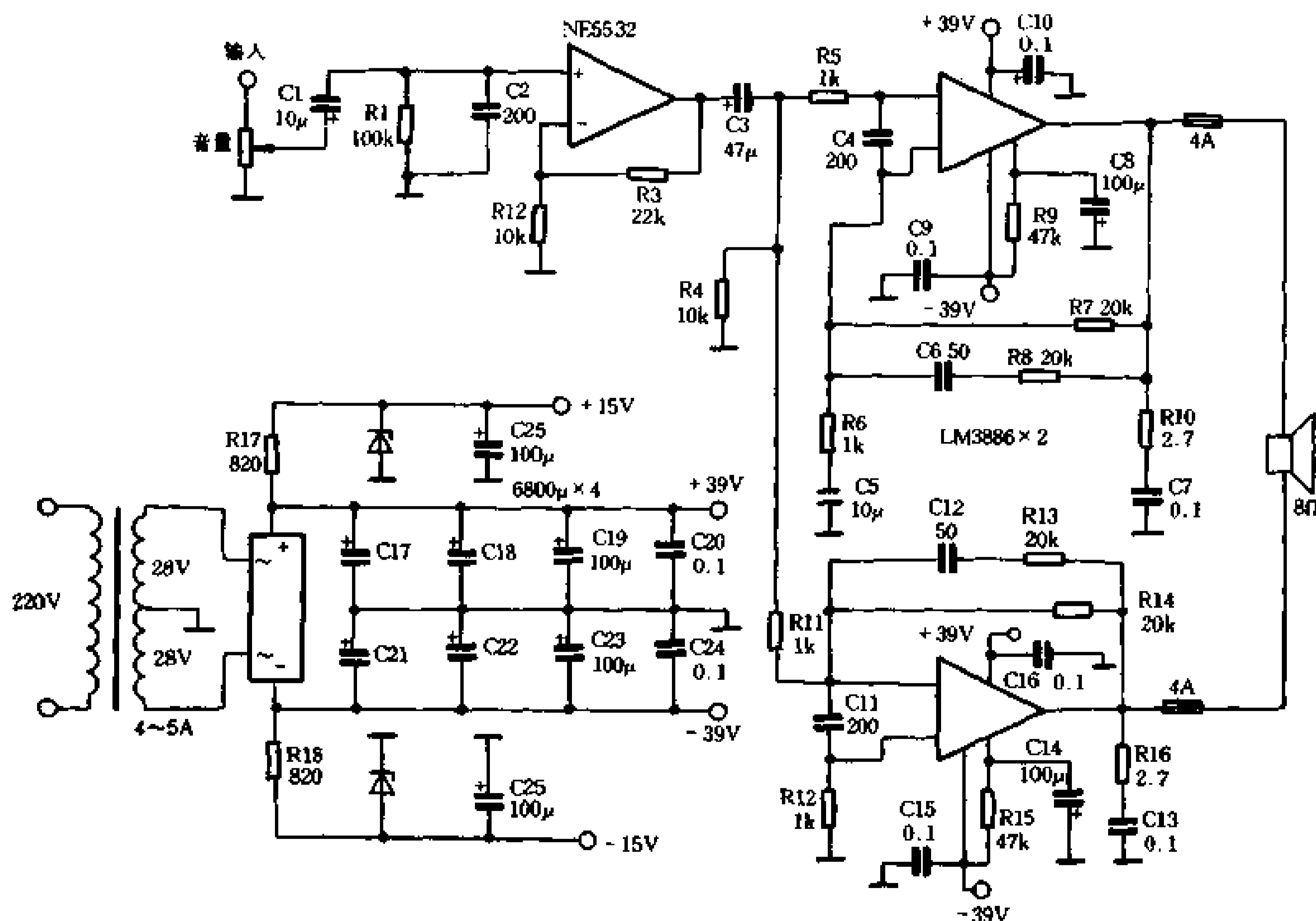


图 10-12

(3) 超重低音有源音箱

如图 10-13 是一款家用超重低音有源音箱电路。图中 Linkwitz 有源补偿器通过精确控制补偿峰的中心频率 F_c 及 Q 值，可使自然转折频率 50Hz 左右的封闭箱，其电源电路如图 10-14

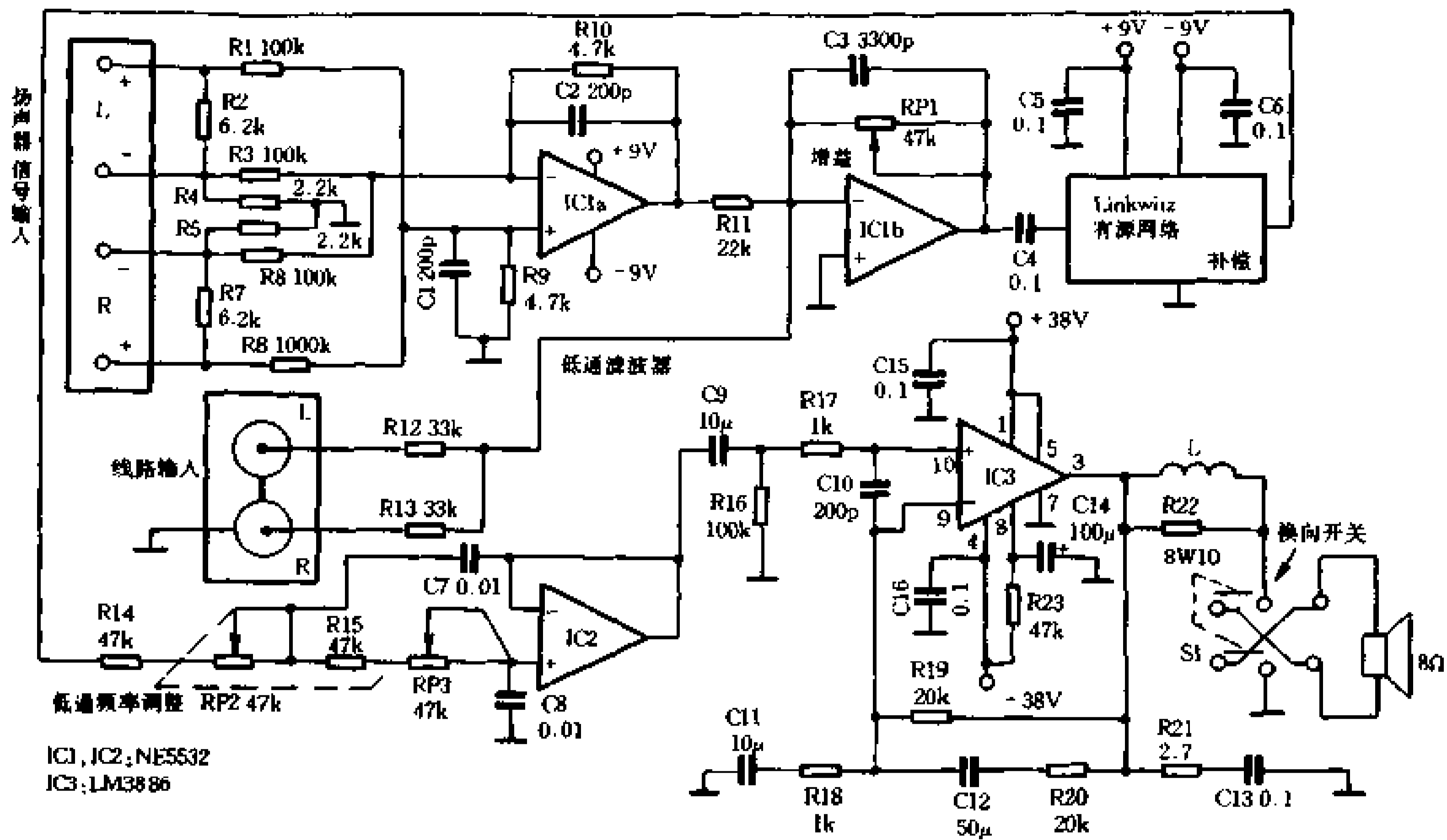


图 10-13

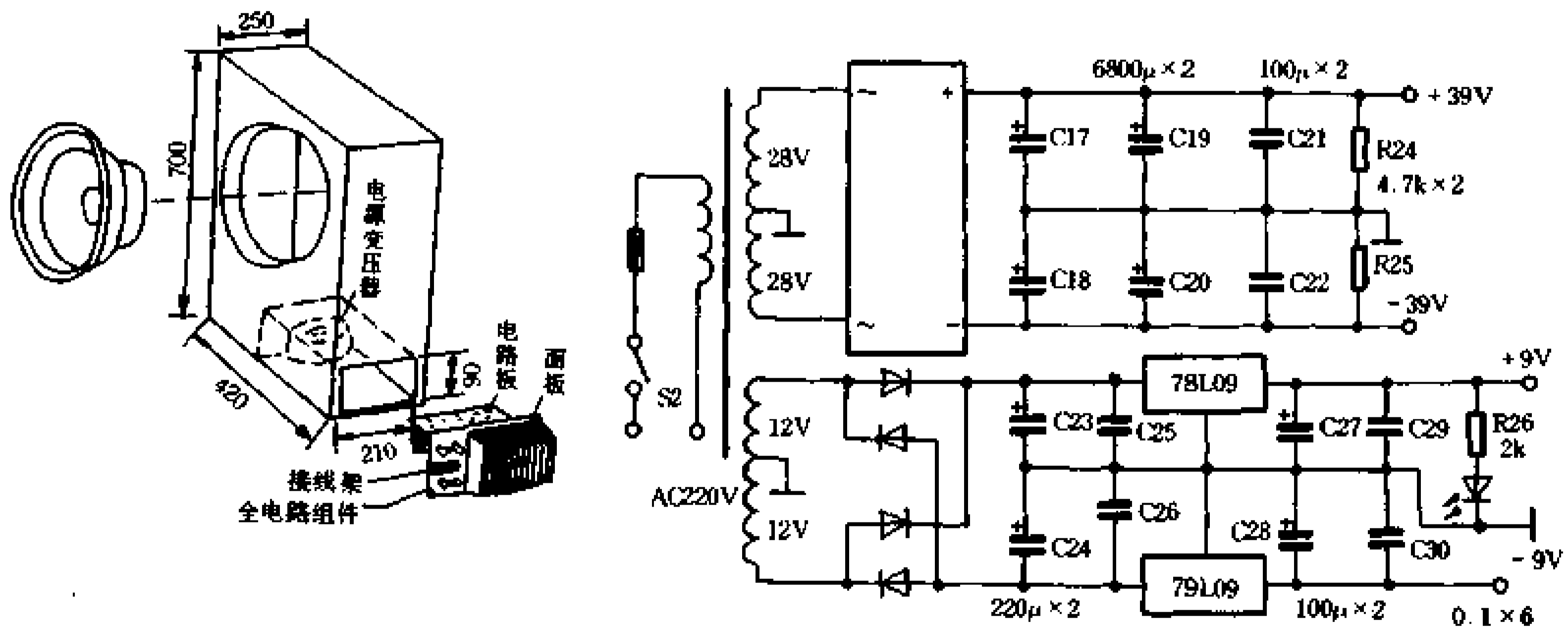


图 10-14

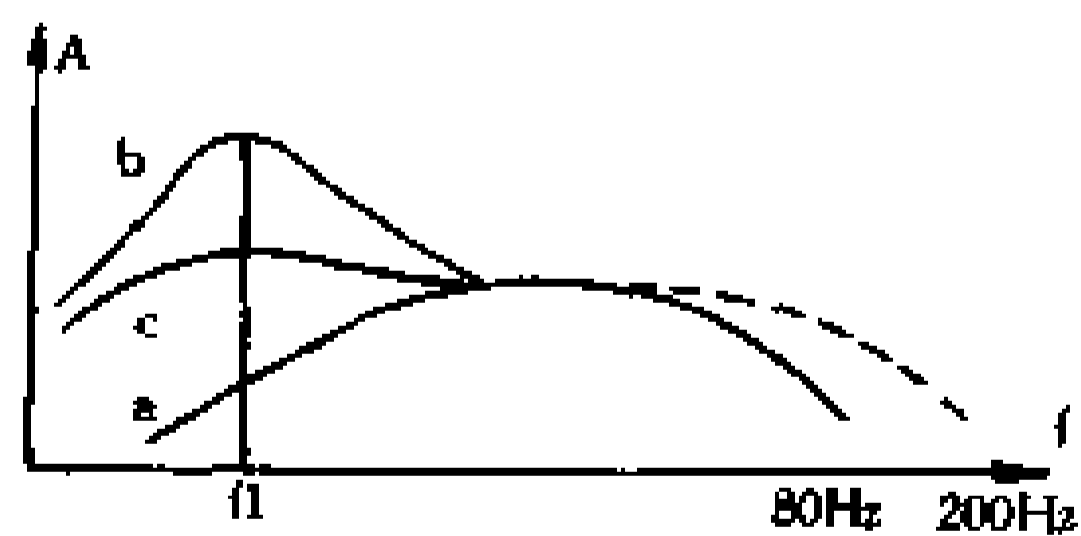


图 10-15

所示, 频响曲线如图 10-15 所示, 平缓地向下延伸, 低端 -3dB 点达到 25Hz。图 10-15 中曲线 a 为自然频响, b 为补偿曲线, c 为系统频响。低通滤波器的转折频率为 80Hz~200Hz 连续可调, 使有源超重低音音箱能与读者的不同频率下限的双声道音箱相配。扬声器选用银笛 YD310-43, 盆直径 310mm, 磁体直径 158mm, 共振频率 25Hz, $Q=0.35$ 。连续功率 50W, 灵敏度高达 95dB。与灵敏度为 88dB 的惠威 S8 单元相比, 两者灵敏度相差 7dB。如果同时闭箱, 银笛 YD310-43 输入 50W 时的输出声压相当于惠威 S8 单元输入 $\geq 200W$ 时的输出。也可用南鲸 YD310-8XA 代银笛。箱体不采用瞬态性能差、灵敏度低的倒相箱, 而且用最简单的封闭箱。箱体应结实、不漏气, 内部填充玻纤棉或保暖用腈纶棉

信号进入 IC3 的⑳、㉑脚，经内部进行 HRTF 处理后从㉒、㉓脚输出。

图 10-17 为 $250\text{W} \times 2$ 双超线性无负反馈纯直流功率放大器，它系日本天龙音响公司推出的最先进、最优秀的极品线路经适当改进而来的。众所周知，资深的发烧友都喜欢用分立元件制作高品质功放，其音色也表现的更柔顺自然，动态范围及输出力度也将明显改善。该电路左右通道完全独立，避免因分离度的问题而降低指标。图中只画出了其中一个声道，另一个声道完全相同。由图可知，前级输入采用了结型场效应管，具有噪声低、音质好等优点，故能获得大的动态范围和极高的输入阻抗。电压放大级则采用了目前最杰出的极品功放 AD847，增益带宽和转换速率分别达到 50MHz 和 $300\text{V}/\mu\text{s}$ ，其解析力和动态均优于其它任何运放。末级电流放大级则采用了三肯发烧级皇牌对管 2SA1216、2SC2922，其低频力度和强劲功率可想而知。 $\pm 75\text{V}$ 的高电压来自 600W 巨型环牛配以 NEC 高速 $4700\mu\text{F}$ 大水塘为功放提供了源源不绝的能源。尤其是在大动态范围时表现出了它的排山倒海之威力。前级电源也是本功放的特色之一，它采用了稳流系数高达万分之一的恒流源及低噪声 MOS 场效应管，与功放皇 NE5532 组成高品质、低噪声、精密有源伺服电源。该功放主要参数为： P_0 为 $250\text{W} + 250\text{W}$ ；总失真 $< 0.002\%$ ，信噪比 $> 120\text{dB}$ ，转换速率为 $250\text{V}/\mu\text{s}$ ，阻尼系数 $> 250 (R_L = 8\Omega)$ ，频率响应 $\text{DC} \sim 300\text{kHz} (\pm 3\text{dB})$ 。

【元器件选择】

该电路板一律选用 $1/2\text{W}$ 五色环金属膜电阻、MKP 及钽电容等发烧元件。晶体三极管可选用 2SA992、2SC1845 等 100MHz 以上的超低噪声互补对管，波段开关及电位器优选 ALPS 系列产品。在制作时，环牛初级最好串联一只 FUJ1-NF 系列电源滤波器。另外注意的是把靠近散热器的调整管与散热器贴紧，以利于热源回输，这是保证放大器稳定可靠工作的基本保证。

用此功放在接上一对杜希 2.5 音箱，用 LHG 作音源，聆听 VCD 环绕音乐《康定情歌》和《马车夫之歌》时，那清脆悦耳的马蹄声仿佛从你身后传来，此时你已不知左右音箱在哪里。接着试用《真实的谎言》影碟时，那惊天动地的火爆场面从四面八方向你逼来，平时听觉察不到的细微音响效果也清晰可闻。其 3D 音响效果几乎和 M69032 不分仲伯。这款高品质合并式功放所表现出优越性一定会使你刮目相看。图中的卡拉 OK 电路从略。开关 S 可用专用短路线或外接均衡器，在使用外接均衡器时，SW3 最好放在直通位置。有条件的话，还可改成全功能红外遥控，方便升级。

7. 环绕立体声电路

环绕立体声系统可以重放丰富的临场信息可以形成对观众的包围感，使听者有如身临其境，获得更逼真的聆听效果。

环绕声效果的产生是通过专门的环绕声处理电路取得的。

环绕声处理方式目前流行的有三种：一种是 4-4-4 分离式系统。该系统在录制音乐节目时，对前左、前右、后左、后右的声音信息分别录制在录音带等载体的四个轨迹上，重放时，把原来的各声道信号再重放出来。这种系统结构复杂、价格昂贵，难以推广。第二种是编码方式 4-2-4 系统，多用于立体声影院的杜比环绕声电影还音系统，目前已逐步应用于家用音响设备中，称为杜比逻辑环绕声，但价格也不低，工薪阶层的爱好者仍较难取用。第三种称为 2-2-4 式模拟环绕声系统，其处理方法是：把两通道立体声的左右声道信号经过复合静音处

理后进行重放作为前左和前右信号。同时另外分出一组信号经过环绕声处理系统处理，使之产生模拟环绕声信号，送往环绕声音箱放音。用这种方式产生环绕声，在中低挡组合音响中较常见。

【电路原理】

本文介绍的环绕声处理电路，采用的是 2-2-4 式模拟环绕声系统，电路如图 10-18 所示，下面简述工作原理如下：

经左右声道均衡器而来的信号从 μPC1891 ⑧、⑨脚输入，经内部处理后从②、③、⑳脚分别输出三路信号，即左声道复合输出、右声道复合输出和环绕声输出。另外⑪、⑫脚为状态控制接口，两脚输入不同的电压可获得三种不同的输出效果。

当 S1 处“模拟”挡时，⑪、⑫脚同时接 +5V 为“模拟立体声”效果，即把输入通道信号产生模拟立体声效果。

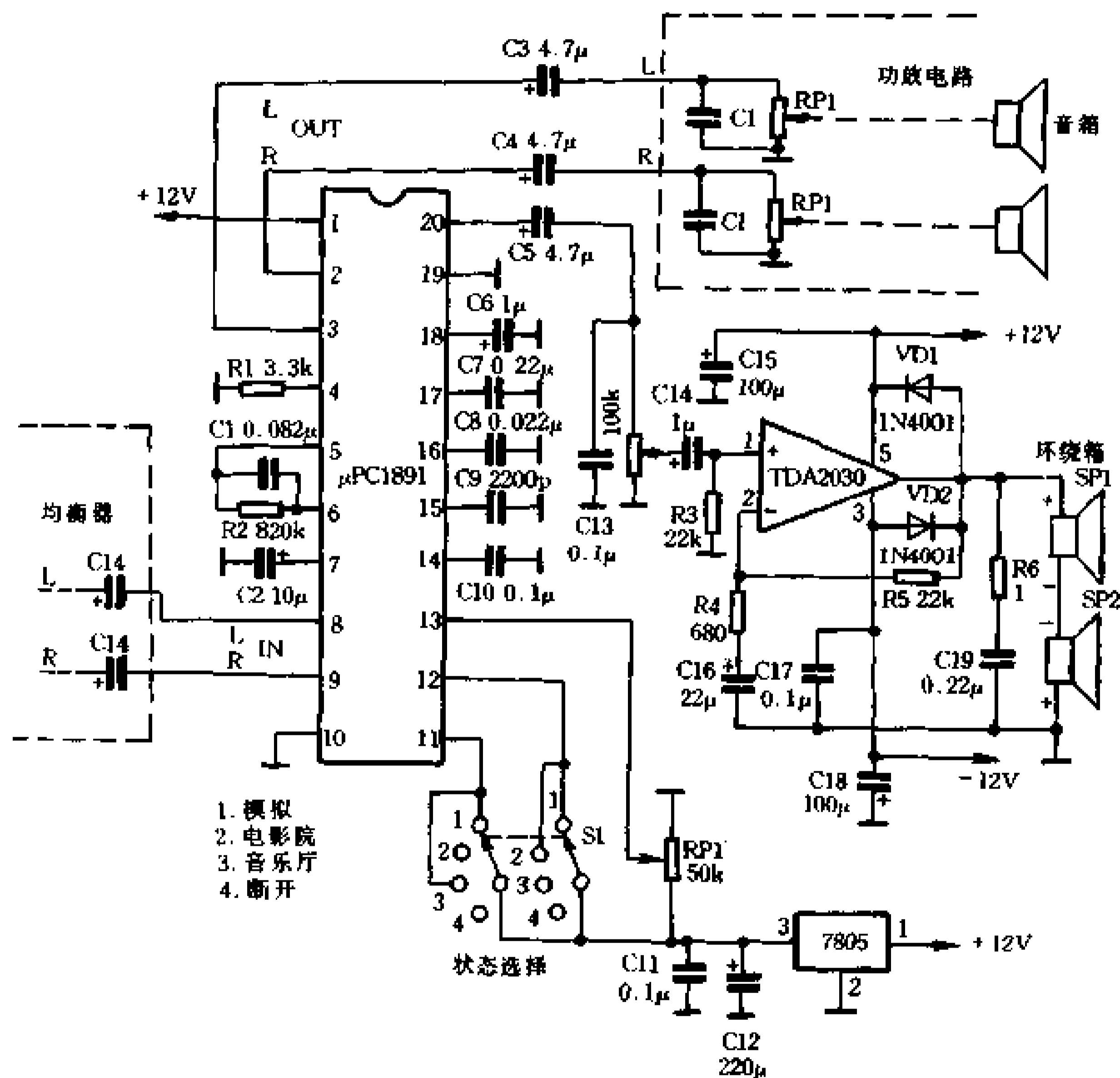


图 10-18

当 S1 处“电影院”挡时，⑪脚悬空，⑫脚接 +5V，可形成电影院的环绕声效果，此时除了从采用“音乐厅”的处理方式之外，还要对 4kHz 的中高音和 400Hz 的中低音进行延时。电影院方式比音乐厅方式更具临场感。

当 S1 处“音乐厅”时，⑫脚悬空，⑪脚接 +5V，可形成音乐厅的环绕声效果，此时通过内部电路对 L、R 声道信号进行音场的扩展和低音信号的延时。

左右声道的重放仍由第一次制作的功放电路完成，环绕声的功放则由新增的 TDA2030 组成的单声道功放担任。环绕声功放的功率通常为左右声道功率的 1/3~2/3 左右，基于此理选用功率输出低于 LM1875 的 TDA2030 作为核心元件。

【元器件选择】

本次制作的主要器件是日本 NEC 公司生产的专用模拟环绕声集成电路 μ PC1891 和意大利 SGS 公司生产的音频功率放大集成电路器件 TDA2030。

(1) μ PC1891 性能介绍

μ PC1891 是一块双列 20 脚直插塑料封装 IC，其内部方框图如图 10-19 所示。此 IC 的增益为 0dB(即本身不具放大作用)，允许输入电平为 1V 峰峰值，其内部含缓冲放大，效果音检波、移相、VCA(可变增益放大器)、低通滤波、复合加法器、静音和状态控制电路。

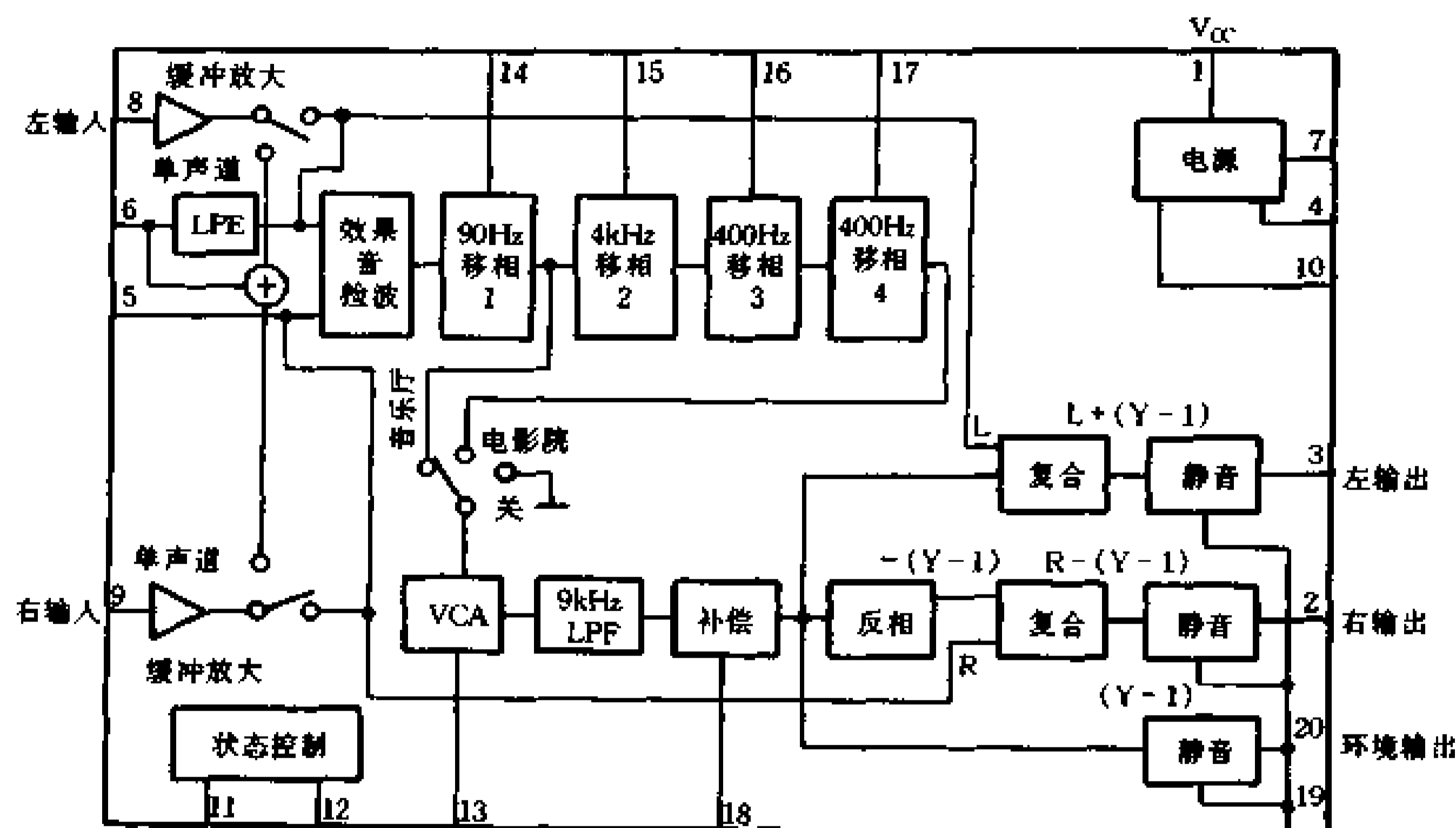


图 10-19

(2) TDA2030 性能介绍

TDA2030 外形及各管脚的功能排列与 LM1875 器件基本相同，其主要特性如下：

- ① 输出功率：大于 10W；
- ② 频率响应：10~14000Hz(± 3 dB)；
- ③ 输出电流：峰值电流可达 3.5A；
- ④ 谐波失真：小于 1%；
- ⑤ 交越失真小；
- ⑥ 能适应长时间连续工作；
- ⑦ 集成电路内部有短路保护措施，当电路出现短路或超负荷时，会自动停止工作，从而自动限制功耗，使输出晶体管工作点保持在安全区；
- ⑧ 集成电路内部有热切断系统，当散热不良或其它原因引起 TDA2030 发热温度超过 110℃ 时便会自动停止工作，以确保电路安全。

(3) 三端稳压器件 7805 性能介绍

7805 是一块三端稳压电源，其外形及各管脚功能排列其它电子报刊杂志均有介绍，在此不赘述，其输出电压为 +5V。

8. 自制高性能四维环绕声放大器

本文介绍的放大器以索尼公司的 C1891A 为核心，LM1875 为主功放，具有价格低廉、简

单易制、效果明显等特点，非常适合初学者自制。

【电路原理】

(1) 环绕声处理部分

C1891A 是日本索尼公司推出的家庭影院四维环绕声处理电路。该电路采用矩阵式移相环绕声放大器。还专门设立了音乐厅、电影院、模拟立体声三种音场效果模式。具体应用电路如图 10-20 所示，各功能引脚简介如下：②、③脚为左、右声道输出；⑧、⑨脚为左、右声道输入；⑩脚为环绕输出；⑪、⑫脚为状态选择脚(接+5V 电平即可改变声场模式)，利用集成电路 CD4017 制成单键式状态选择开关，并具有色光指示，效果良好；⑬脚为效果调节端。

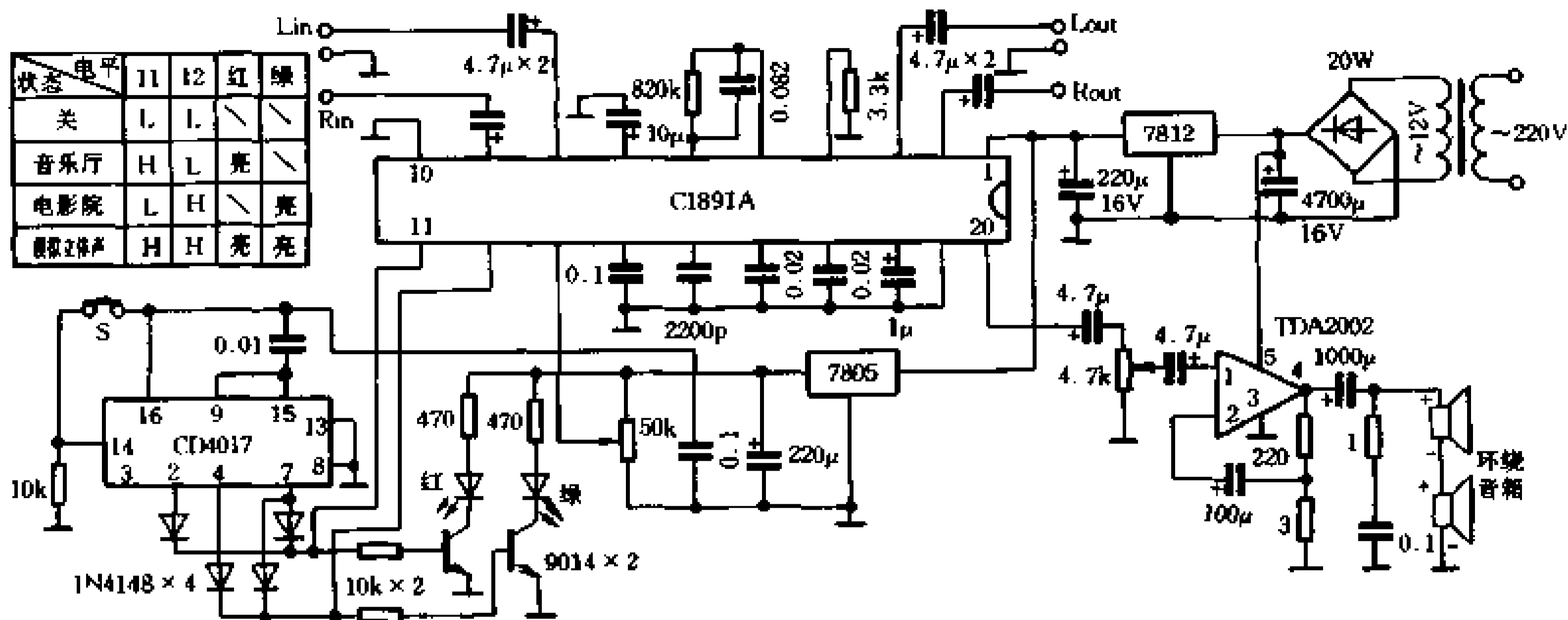


图 10-20

(2) 主功放与环绕功放部分

如图 10-21 所示(只画出一个声道,另一声道与此相同),主功放采用优质功放 LM1875。本电路设计特点为在功放前加入一级音量控制部分,并能提供 20dB 的增益;转动电位器几乎听不到转动噪声,并且还加入零点伺服电路,使音质更佳,在大信号时表现得淋漓尽致。环绕部分采用 TDA2002,具体电路如图 10-20 所示。

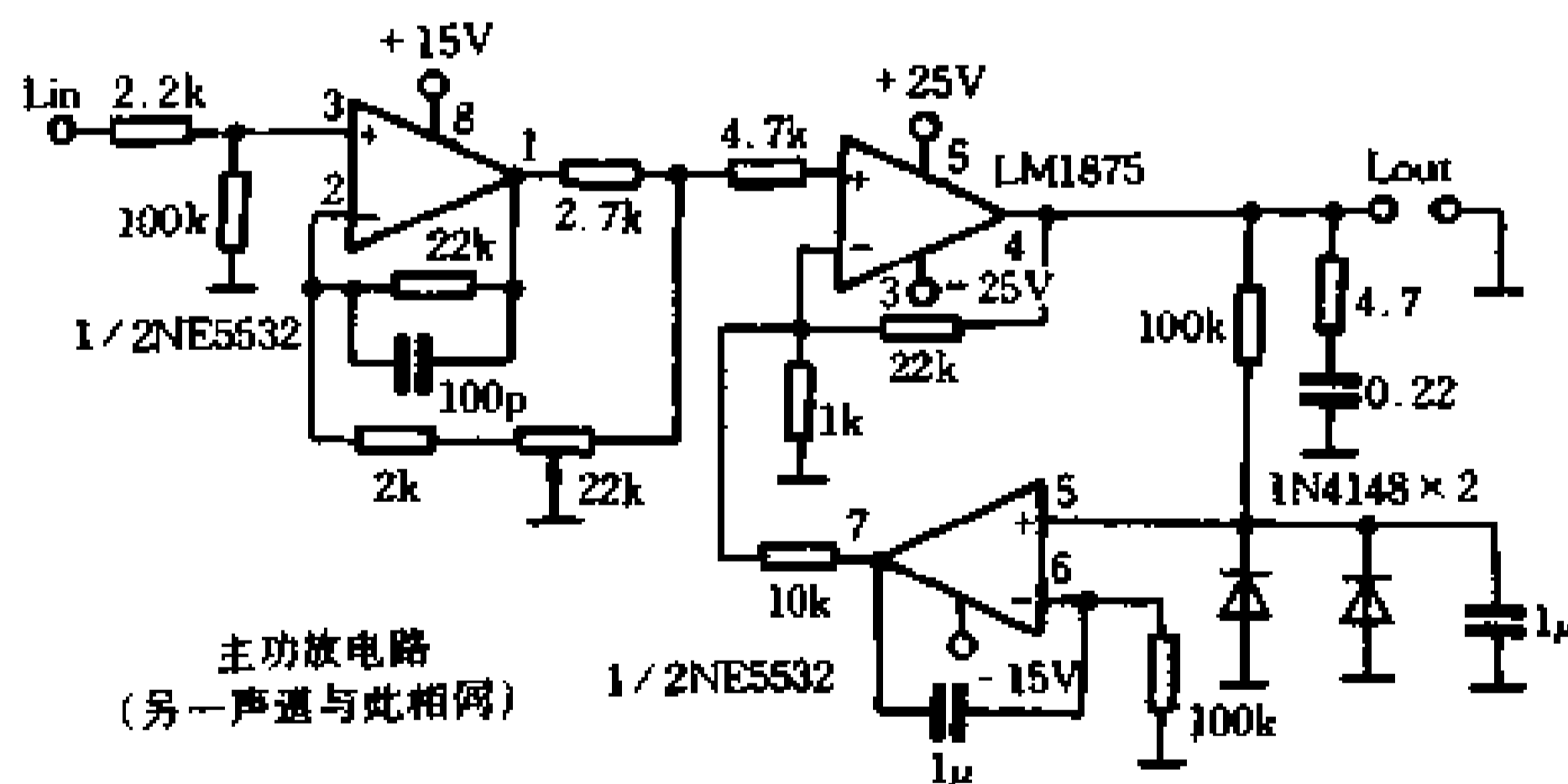


图 10-21

(3) 电源部分

电源部分采用 100W 环牛供电,滤波电容不小于 $10000\mu F \times 2$,运放部分采用独立的伺服电源,具体电路如图 10-22 所示。

【元器件选择】

电路中均采用金属膜电阻,除电源部分电解电容外,小电容均采用钽电解、CBB 电容器。

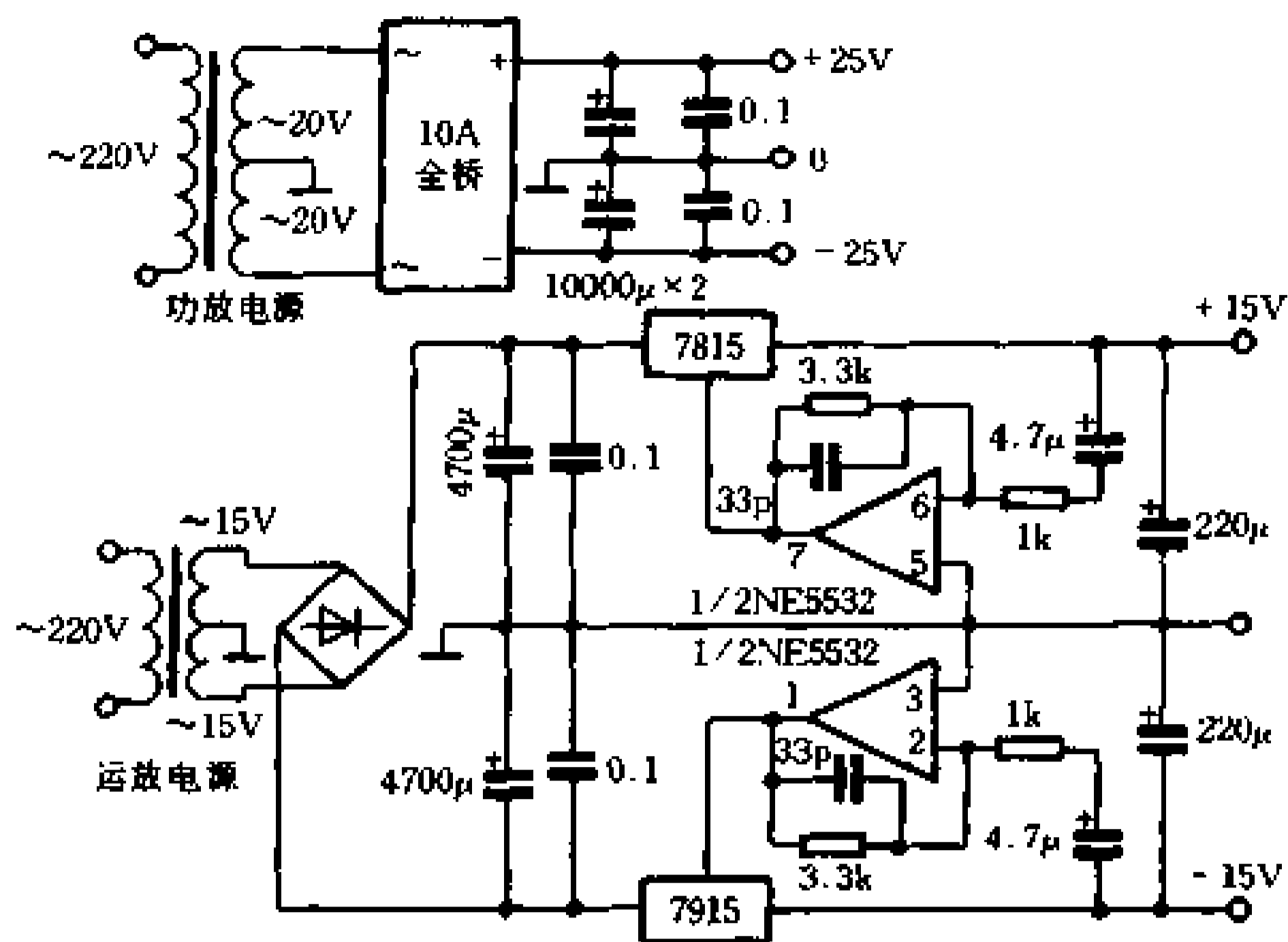


图 10-22

功放电源环牛功率不小于 100W，环绕部分功放变压器不低于 20W。

音源可采用立体声调谐器、CD 卡座、VCD 等各种音源。当处于电影院工作模式时，有如身临影院之感，效果极佳，有兴趣的读者不妨一试。

9. AVK200 家庭影院放大器与检修

【电路原理】

AVK200 家庭影院放大器整机方框图如图 10-23 所示。

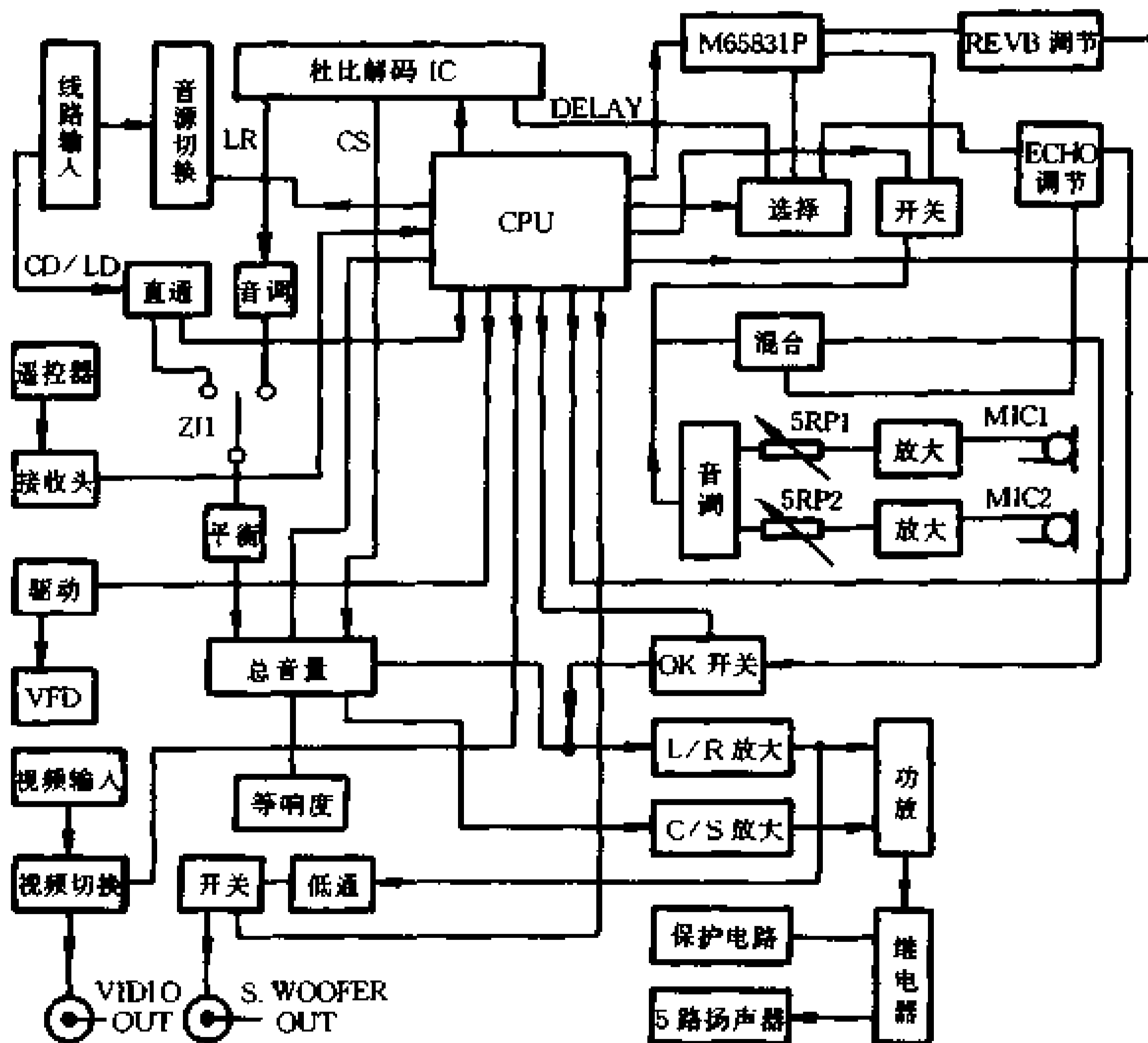


图 10-23

(1) 系统控制电路

AVK200 的系统控制核心是美国 MICROCHIP 公司研制的单片机 PIC16C73A。其功能是将各种操作信息进行处理，对受控电路实施控制，并将相应的工作方式及有关信息显示在荧光屏上。其组成电路如图 10-24 所示。

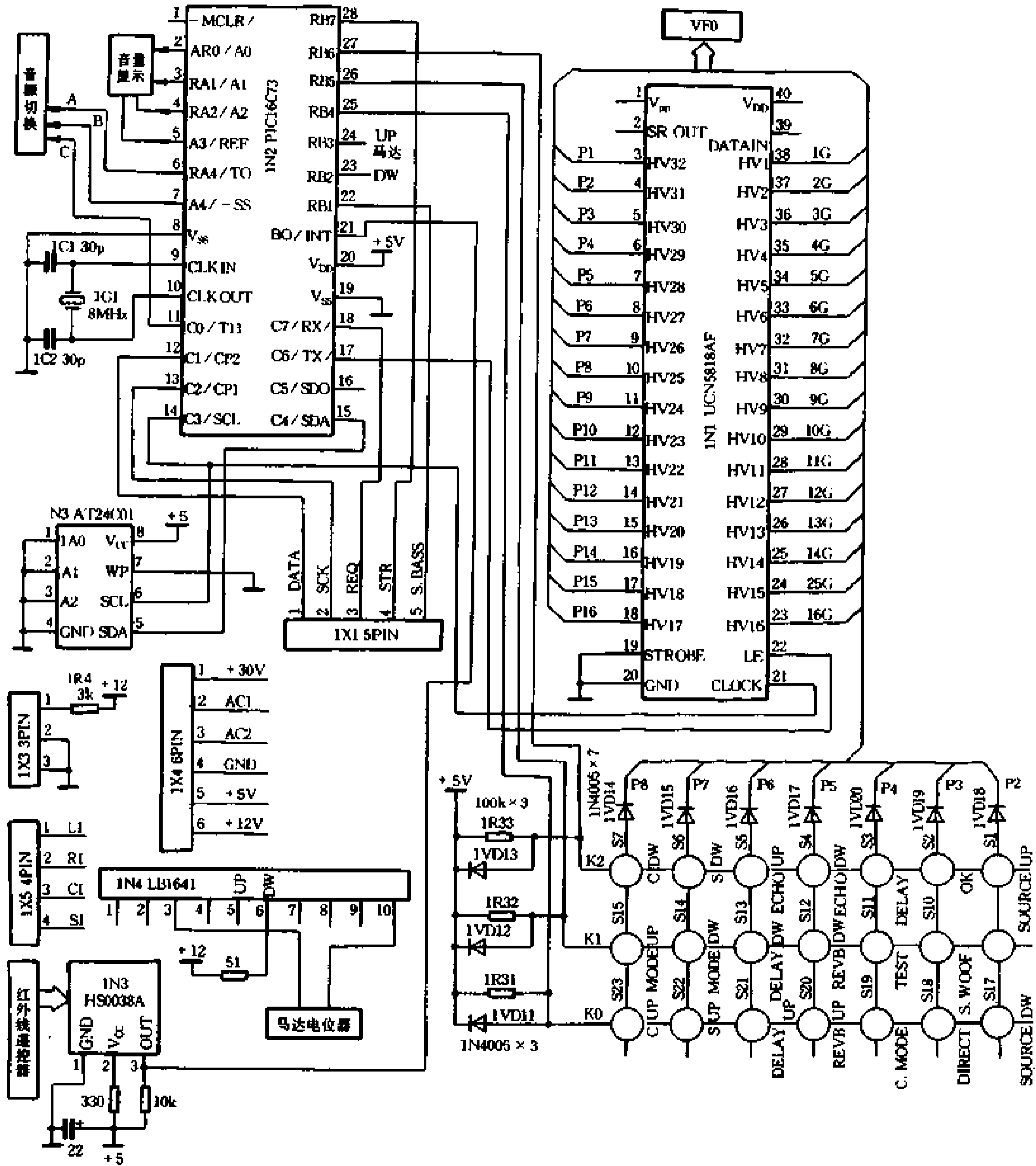


图 10-24

(2) 操作显示电路

该机操作输入电路包括键控电路和红外遥控电路两部分。各操作按键设置在键控输入线构成的 3×7 矩阵电路上。1N1 的④~⑩脚输出 7 个按键扫描信号(P2~P8)，分别经 7 只隔离二极管 1VD14~1VD20 送到 7 组操作扫描线。每组扫描线设有 3 个按键，可产生 3 组按键指令(K0~K2)信号，当有按键被有效按动时，按键指令分别从 1N2 的②⑤~②⑦脚输入，经识别、

处理输出各种控制信号，对受控电路进行控制。

在控制部分接入一只 8 位输出锁存移位寄存器(74HC595)，作为 1N2 的接口线扩展使用。1N3(HS0038A)接收到来自红外线遥控器的各种操作指令，然后传送到 1N2，从而实现遥控操作。

存储器 TA24C01A 将机器工作状态(即 1N2 发出的各种数据)进行记忆。当机器因关机或其它原因掉电时，由于机器的工作状态已经被记录保存，从而使下一次开机时，机器能够自动恢复到前一次的操作状态，使用户不必重新设置机器工作状态。

1N2 输出操作指令数据给各功能部分的同时，将相应的工作方式及有关信息处理成脉冲数据发送给 1N1(UCN5818AF)，1N1 输出相应的电平信号，以控制 VFD 的内容显示。

(3) 总音量控制电路

1N2 接收到遥控器关于总音量增、减的信号后，由⑳或㉑脚输出的控制信号送到 1N4(LB1641)的⑤脚或⑥脚，使 1N4 的③脚和⑩脚间为 +12V 或 -12V，以控制马达电位器的正、反向旋转，从而达到控制音量大小的目的。

(4) 杜比解码电路

AVK200 解码芯片采用日本 JRC 公司的 NJW1102。解码部分电路如图 10-25 所示。1N2 发送的数据通过 1X1 输入 2N4 的㉒~㉔脚，使 2N4 做出相应的状态改变：

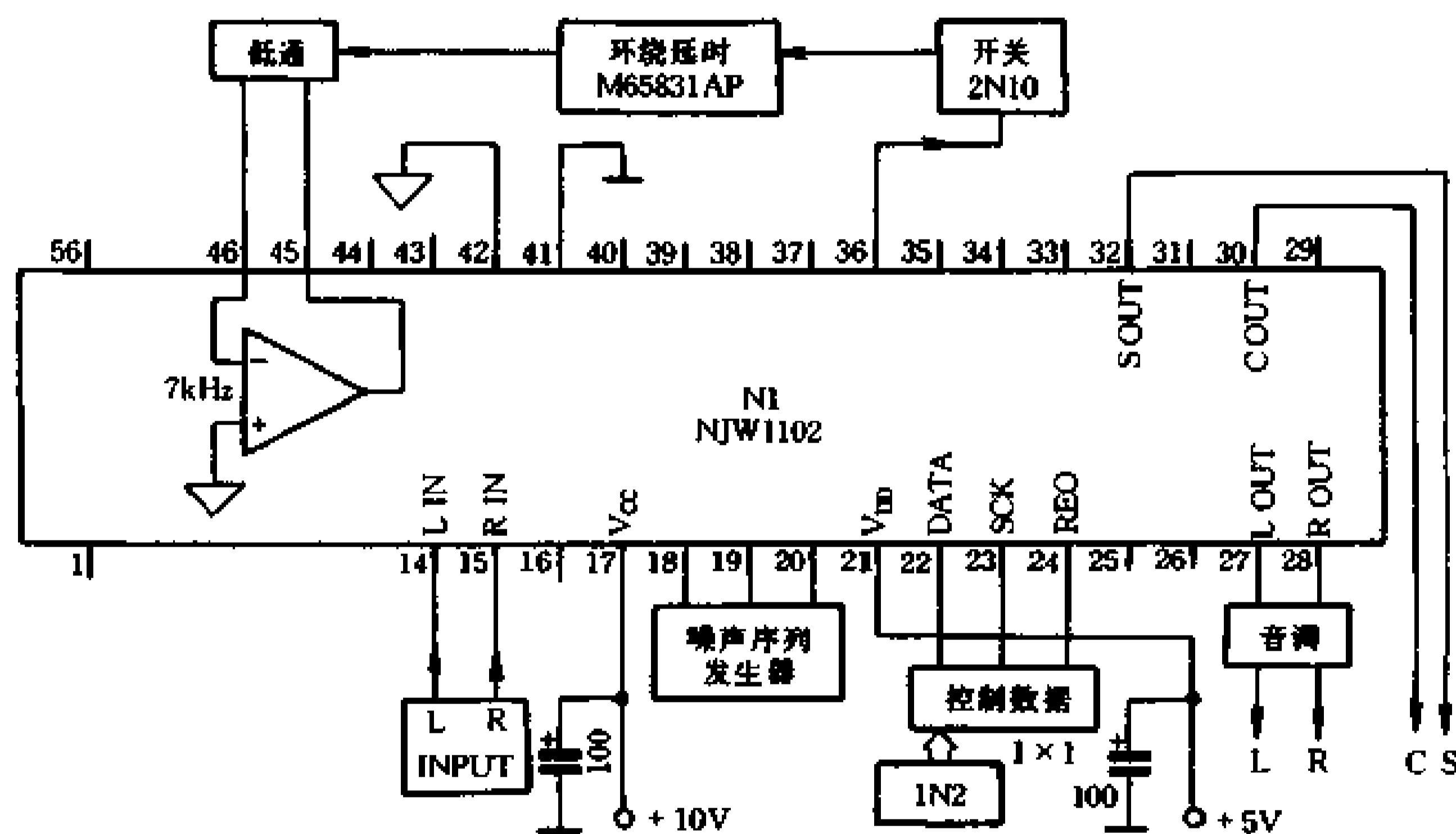


图 10-25

三种声场模式：2CH(即传统立体声模式)；杜比 3 STEREO(在这种模式时，环绕声道不工作)；杜比定向逻辑状态。

三种中置模式：正常模式(NORM)、宽带模式(WIDE)、幻像模式(PHANTOM)。在幻像模式时，中置声道不工作，中置信号被分配到左、右声道。

四挡环绕延时：15ms、20ms、25ms、30ms。

噪声序列测试(TEST)。

(5) 音调、等响度、CD 直通控制电路

该机的音调控制采用 RC 衰减型电路。操作者感觉比较直观，不会出现跳变现象。

等响度电路接在总音量控制器部分。当总音量电位器置 1/3 以下音量位置时，左、右声道信号中的高、低频(谐振点为 10kHz 和 100Hz)成分可以获得 3dB 以上的提升量。等响度电

路的通断由一只直键开关控制。

设置 CD 直通功能的目的是便于用户在不需解码等功能时，可以将该机当作一台后级功放使用，从而减少失真，以利于对音乐的欣赏。该机 CD 直通功能的原理是：1N2 发出指令给 2N7，2N7 输出的高电平使 2V4 导通，镀银触点继电器 2K1 常闭触点断开，常开触点闭合。由 CD/LD 接口输入的信号越过解码、音调电路，直接进入平衡控制到总音量。此时，其它接口输入无效，中置、环绕声道关闭。

(6) 卡拉 OK 电路

该机的卡拉 OK 芯片采用日本三菱公司的 M65831AP，自带 A-D 转换、静音功能和存储器，具有很小的失真度(0.5%)和良好的信噪比(-92dB)，可以实现 16 挡的不同延时。卡拉 OK 电路如图 10-26 所示。

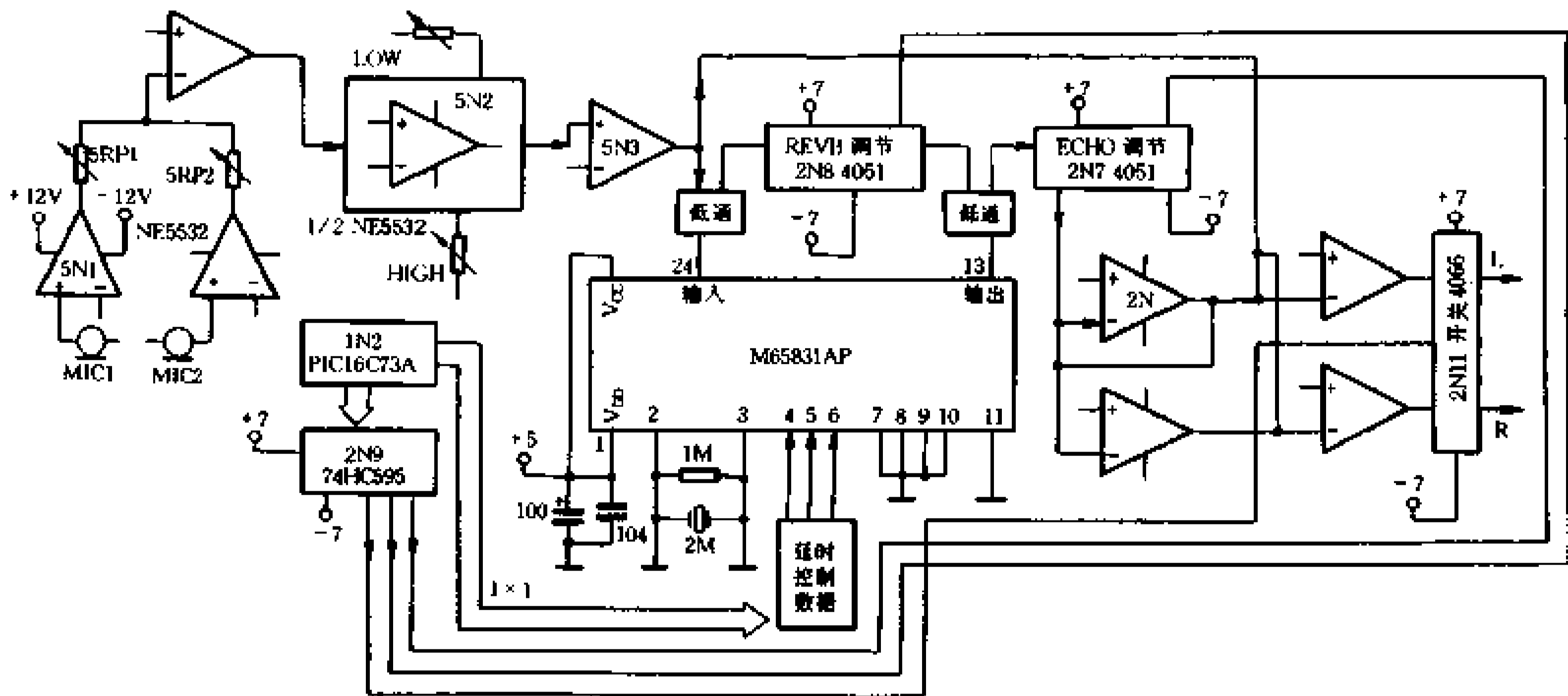


图 10-26

话筒信号经一级功放放大，通过话筒音量电位器调节，并通过一级放大后到话筒高、低音调处理。该机的话筒音调和线路音调电路互相独立，但原理相同。话筒信号从音调电路出来，经一级射极跟随后，一路进入 M65831AP，另一路与延时放大出来的信号混合并放大，再经相位处理通过 2N11 的选择进入主放大电路。

1N2 发送的指令信号通过 1X1 输入到 M65831AP 的④~⑥脚，从而控制 2N6 的延时时间。在 2N6 的⑬脚和⑬脚间接入的八选一电子开关 2N8(4051)，是用于调节 2N6 的反馈(REVB)深度。2N7 的作用是控制混响(ECHO)量的大小。2N11 用于对环绕延时卡拉 OK 部分的选择及相关控制。

1N2 发送的指令数据传递给 2N9，然后由 2N9 输出指令信号去控制 2N7~2N11 的工作状态。

(7) 功率放大电路

该机的 L、R 主功放部分采用全对称、全互补、无大环路负反馈放大线路。末级采用东芝公司的 2SC5200 和 2SA1943 对管推挽输出。该电路和湖山 2×100JMK I 类似，具有良好的瞬态响应和保真度，十分适合做 AV 放大器，如图 10-27 所示。

如果电路出现连接线接触不良或者前级信号自激情况，将造成功放的输出端茹贝尔网络损坏，甚至烧毁大功率管，维修时要重点检查这些因素。如果电容 3C3(220 μ F)出现漏电现象，会造成机器输出端直流漂移或者声音失真(频响差)。

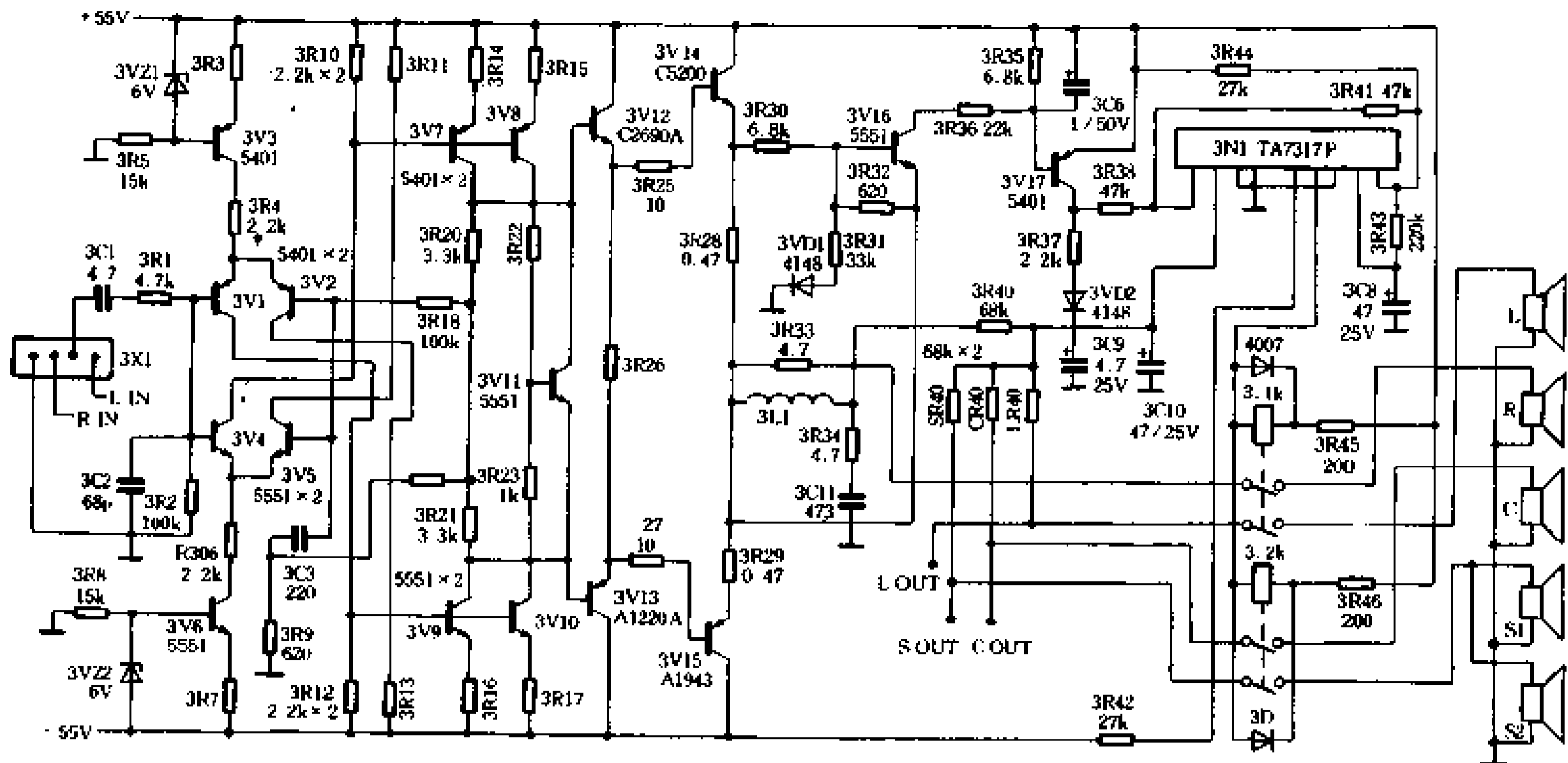


图 10-27

中置、环绕部分采用美国国家半导体公司的 LM3886 做功率放大。

(8) 保护电路

该机的保护电路以 TA7317P 为核心构成，可以实现开机延时静噪、过载保护、输出端直流漂移保护、关机保护等功能，具有很高的可靠性。其内部方框图如图 10-28 所示。

保护电路的原理：开机时 3N1 的⑧脚所接延时电容开始充电，大约经过 6 秒钟，3N1 的⑥脚置于低电平，继电器闭合，功放输出接通。当机器因扬声器或其它原因引起功放输出端出现短路等过载情况时 3V16 导通，3N1 的①脚变为高电平，⑥脚置高，继电器切断输出。同理，功放输出端出现直流电压或关机时，3N1 都将立即动作，使继电器切断输出。

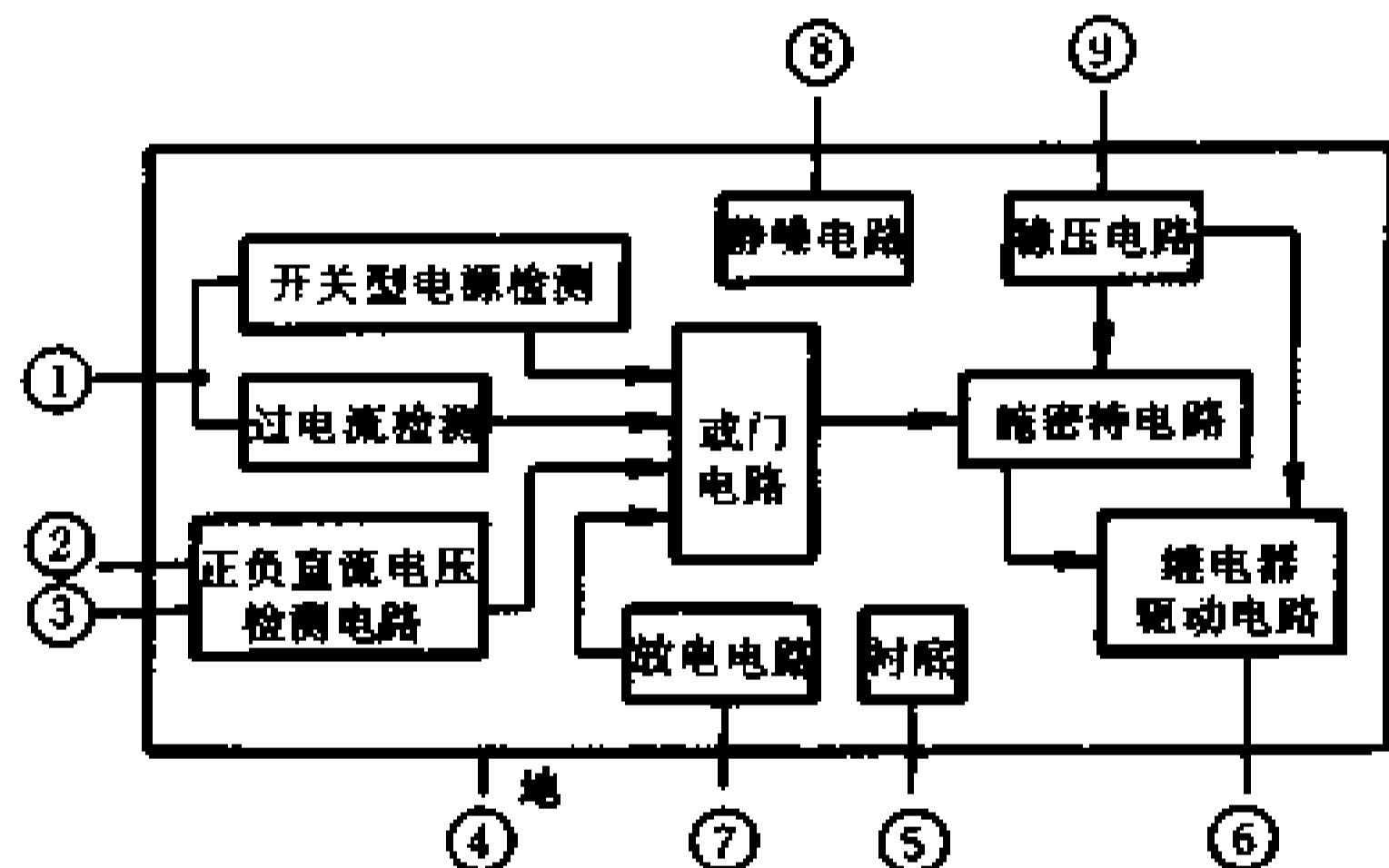


图 10-28

(9) 电源电路

该机主功放和 C、S 声道电源分别为 $\pm 55V$ 和 $+35V$ 。一组 $+30V$ 的稳压源供给 VFD；一组 $\pm 12V$ 作为整机运放电源；一组 $+12V$ 作为马达用电源；一组 $+5V$ 电源供给 CPU；一组 $+5V$ 电源供给解码芯片和卡拉 OK 电路。由于该机每一组电源上都串入了单独的熔断丝管，当因某种原因造成熔断丝管熔断时，机器将会出现 VFD 无显示、整机无输出、马达电位器无法控制等情况。电源电路如图 10-29 所示。

【常见故障及维修】

故障现象 1：快速旋动线路低音电位器时，机器保护。

分析与检修：当快速旋动线路低音电位器时机器立即保护，说明故障出现时信号中产生了直流成分。首先检查线路音调部分，用万用表直流 $2.5V$ 挡测 5N5 的①脚和⑦脚对地电压，在快速旋动线路低音电位器时发现第⑦脚有直流出现，说明故障就在这一部分。由于音调部分器件较少，怀疑线路低音电位器有接触不良情况时，如果旋动过快，会造成瞬间电位器开路或短路，使音调网络失去平衡而出现直流漂移，导致功放输出端出现直流而使保护电路起

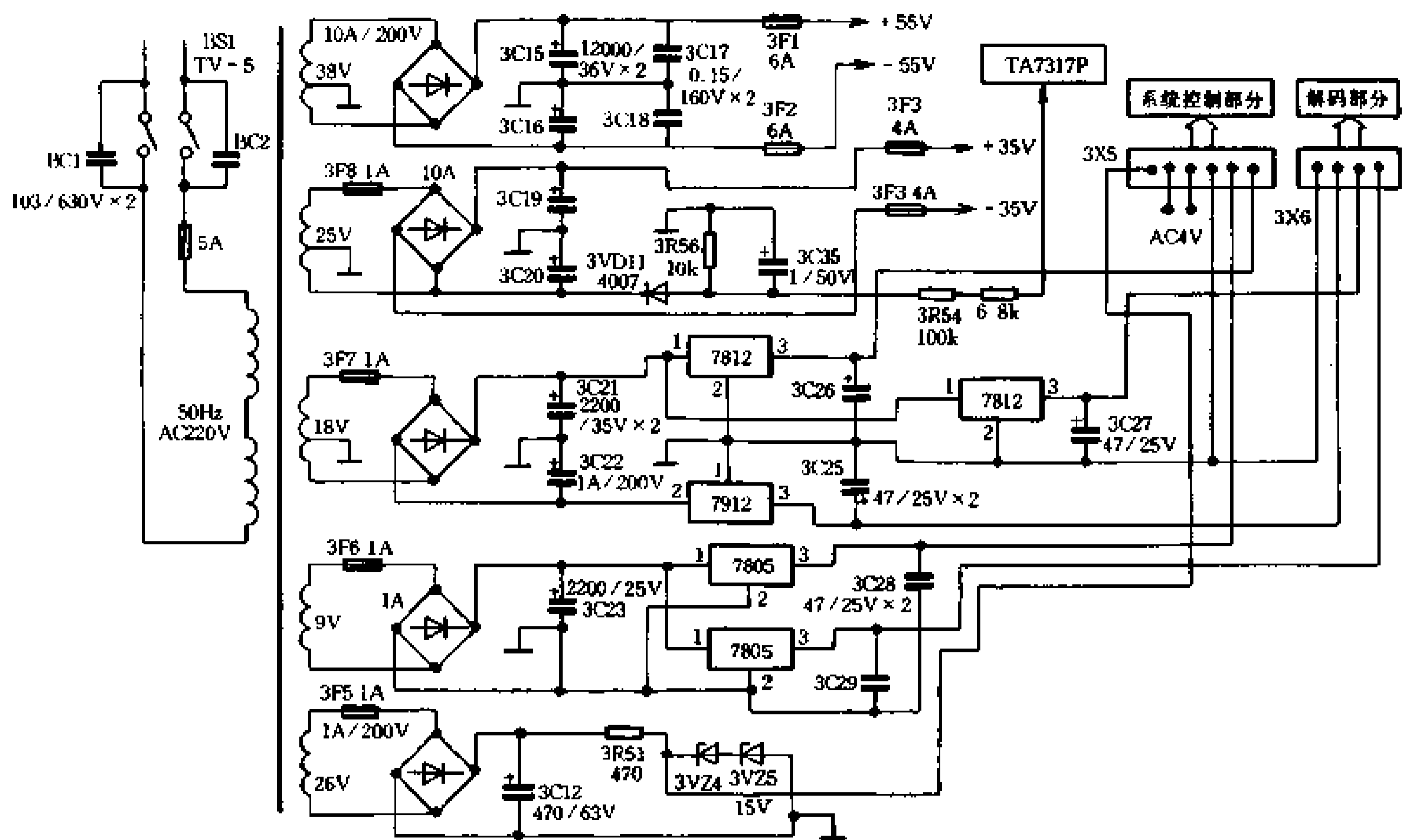


图 10-29

控。通常只要不快速旋转电位器，就不会出现这种情况。

故障现象 2：整机各个声道均无输出。

分析与检修：首先检查保护电路，发现输出继电器已经起控，说明机器是由于某种原因而自动保护。测 3N1 的②脚，有 1.2V 的直流电压，说明有一个声道功放输出端出现直流漂移。用万用表直流电压挡检查发现中置声道输出端对地电压有 +15.5V 的直流压降。由于中置和环绕声道功放线路相同，而环绕声道正常，检查中置功放 IC(4N1) 外围元件，未发现异常，怀疑 4N1 已经损坏。将其更换后，故障排除。

该机使用功率放大 IC 对电源电压要求都较为严格。即使像著名的 NS 产品也是如此。所以，若机器长时间工作在高电源电压条件下，功率放大 IC 则有被损坏的危险。在一些电源电压波动比较大的地方，夜间市电电压甚至高达 260V 以上，该机损坏的可能性更大。当该机 LM3886 损坏以后，机器将立即保护，使整机所有功率输出均被切断。

故障现象 3：卡拉 OK 功能无效，但显示正常。

分析与检修：打开卡拉 OK 功能时，各项遥控和按键操作正常并能从屏幕正确显示，但没有卡拉 OK 信号输出。说明控制系统没问题，故障出在信号通道或指控指令的传递部分。由卡拉 OK 基本电路可以看出，话筒信号与延时信号混合放大后经 2N11 选择进入主放大线路。首先关机将电阻 2R121 和 2R122 靠 2N11 一端焊出，用软线接至 2N11 的①脚和⑦脚，这样可以判断问题是否出在 2N11，并可判断前面部分的电路是否正常。开机插入话筒喊话，故障消失。用万用表直流 10V 挡检查 2N112 的⑤、⑬脚的控制信号，在卡拉 OK 打开时，立即置高为直流 4V。此时再用万用表 1kΩ 挡测 2N11 的①、②脚间阻抗为高阻状态，再测③、④脚间阻抗也是如此，说明 2N11 已经损坏。将其更换，故障排除。

10. N×75W 合并式功放组件

AV 系统还音最终有 5~9 声道之多，若每个声道都做到性能很好，制造成本也很高。所以简化 AV 功放机电路提高电性能是当前 AV 机的主题。

本文基于上述考虑介绍一种既可单个声道使用又可多声道组合的免调试合并式功放组件，其实际效果能满足对听音要求较高，经济上又不宽裕的视听爱好者。用本组件多个组合起来，并在前面配上杜比定向解码器，后面接上相应的扬声器系统就能充分领略到 AV 影音系统之真谛。

【电路原理】

如图 10-30 是单个功放组件的电原理图，从图中可以看出电路相当简洁。

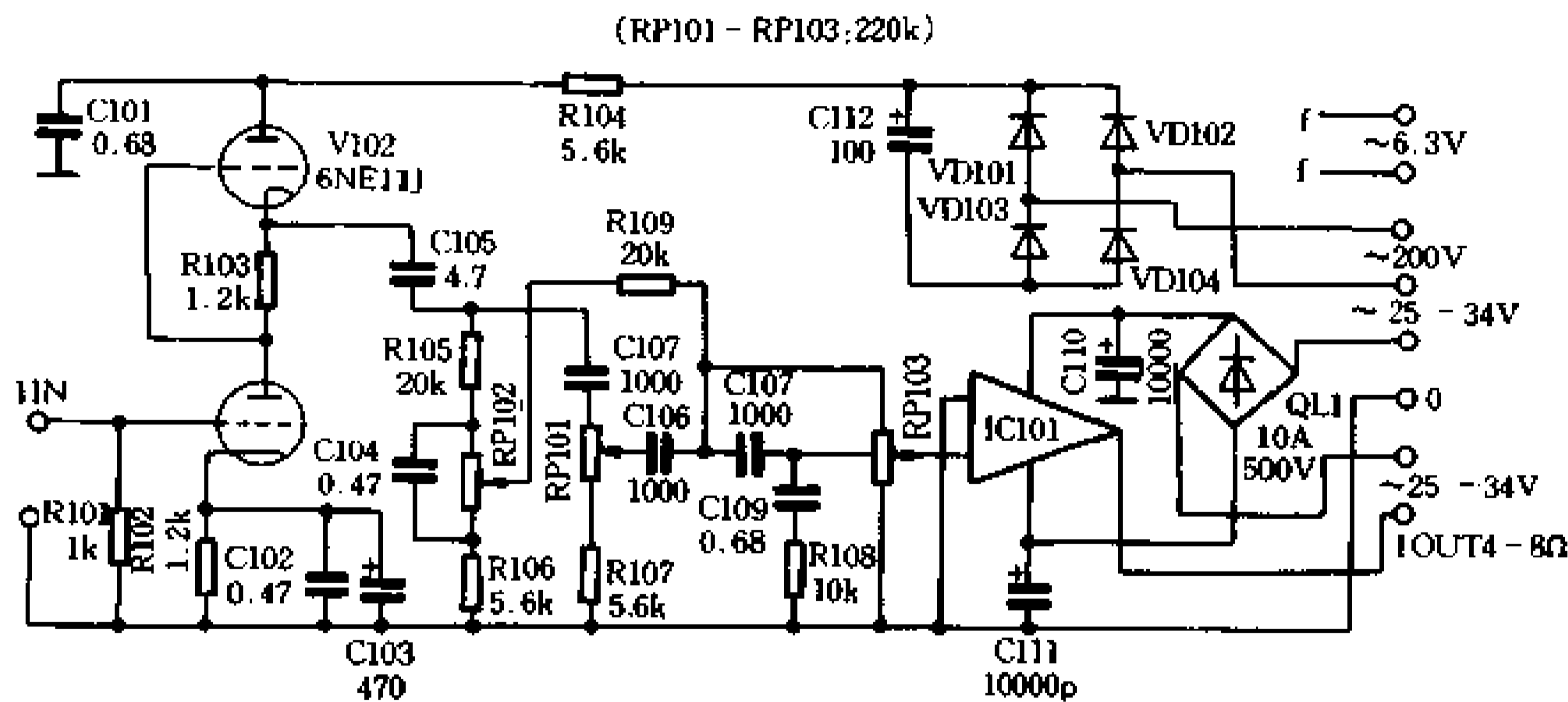


图 10-30

由电子管 6N11J 组成 SRPP 前级主电压放大器；采用电子管可使声音变柔和。接下来是一组简单的 RC 衰减式音调网络。

作为高品质还音系统，本文建议不要使用失真及噪声很大，声像定位欠佳的 IC 模拟电感式图示均衡器或反馈式音调系统，因为品质高的放大器频带很宽不必人为地将某些频段提升或衰减很多，RC 衰减式音调电路结构简单，失真及噪声极低，是高品质放大器之上选电路。

本组件由 C109、R108、RP103 等组成了等响度控制电路，使中小音量听音时感到音乐成分丰满通透。

输出部分由模块 IC101 组成，本模块内部系高品质对称式功率放大电路，包括了过热、过流、过压等保护电路。频率响应从 3Hz~500kHz 失真度 < 0.5%，最大正弦波输出大于 120W，是一种高可靠、高性能、免外围且适应能力很强的功率模块。对于实际声道 R、L、中置声道、环绕声道 SR、SL 等 5 个声道来讲，本人认为主声道最佳功率每道为 100W(实际)，而中置声道及两环绕声道应不低于 50W(每声道)，才能真正营造出影院家庭化之听音效果。

这样本合并功放组件就可以用 5 块，2 块输出功率各 100W，输出部分工作电压为 ±46V，3 块输出功率各 50W，输出部分工作电压为 ±35V，图 10-31 为通用环牛电路，最佳容量为 550VA，放大器组件及环牛均为立体式安装，机壳尺寸为 430mm×350mm×150mm，可安装 5 声道合并式功放组件。

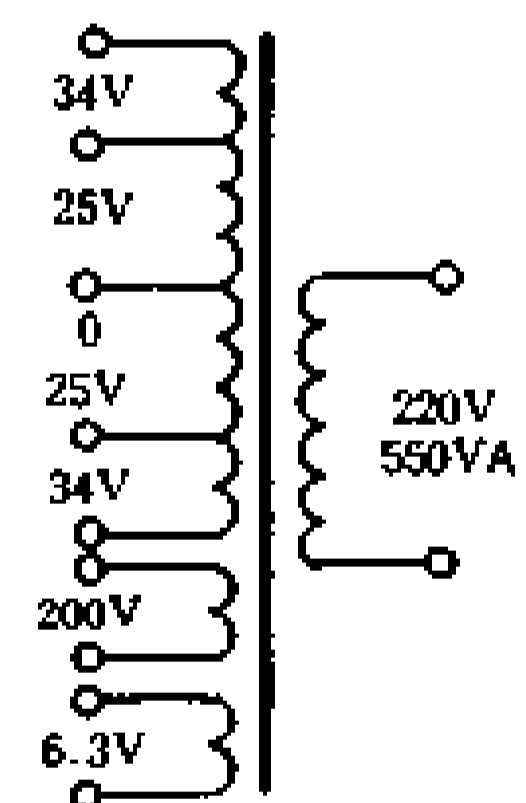


图 10-31

[G e n e r a l I n f o r m a t i o n]

书名 = 无线电爱好者丛书精品系列 新型实用功率放大电路集锦 1 1 1 1

作者 =

页数 = 3 7 0

S S 号 = 0

出版日期 =