

电子爱好者制作丛书 (6)

新型实用电路制作

200 例

杨邦文 编著



人民邮电出版社

TN709
Y 192

728838

电子爱好者制作丛书(6)

新型实用电路制作 200 例

杨邦文 编著

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书介绍了与人们日常生活相关的 200 种小型电子装置,如信号放大器、电平显示器、信号发生器、电子玩具与彩灯,声控、光控开关电路,各种检测器、控制器、充电器、定时保护器,照明、调节器,灭害虫、医疗器等。书中扼要地介绍了每一个电路制作的工作原理,元器件选择,制作程序和方法。这些制作电路易学易懂,适合广大电子爱好者动手仿制,以提高制作技能,启迪新的发明创作。

电子爱好者制作丛书(6)

新型实用电路制作 200 例

Xin xing shi yong dian lu zhi zuo 200 li

杨邦文 编著

责任编辑 孙中臣

*

人民邮电出版社出版发行

北京朝阳门内南竹杆胡同 111 号

北京朝阳展望印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

*

开本:787×1092 1/16 1996 年 10 月 第 1 版

印张:20.75 1996 年 10 月 北京第 1 次印刷

字数:510 千字 印数:1—6 000 册

ISBN 7-115-06252-8/TN · 1113

定价:23.00 元

前 言

《新型实用电路制作 200 例》一书是人民邮电出版社向广大读者推出的《电子爱好者制作丛书》之六。

本书介绍了与人们日常生活相关的 200 种小型电子装置,如信号放大器、电平显示器、信号发生器、电子玩具与彩灯,声控、光控开关电路,各种检测器、控制器、充电器、定时保护器、报警器,照明、调节器,灭害、医疗器等。书中详细介绍了它们的工作原理、元器件选择,制作程序和方法。这些电路大多属于简易实用型电路,取材方便,易学易懂。这些电路共同特点是新颖、科学、实用。有些电路还给出了印制电路板图,适合于广大电子爱好者动手仿制,通过仿制可以增长电子技术知识,提高制作技能,启迪新的发明创造。它还可供有关生产厂家开发新产品作参考。

由于水平所限,书中如有错误或不妥之处,敬请读者批评指正。

作者

1996 年 8 月

目 录

一、信号放大、电平显示器	1
1. 音频信号放大电路	1
2. 小功率音频信号放大器	2
3. 一种简易音频功率放大器	4
4. 并联式频谱放大器	5
5. 一种自制短波收音机	7
6. 变节奏的音响电路	9
7. 一款多用途讯响电路	10
8. 随身听多功能耳机	13
9. 随身听收音机	14
10. 40W 高保真放大器	15
11. 40W×2 高保真放大器	16
12. 多能音响转录器	18
13. 中巴车共线传呼电路	20
14. 音响频谱电平显示电路	23
15. 调谐指示电路	23
二、调制、通信器	25
16. 采用变容二极管的调频电路	25
17. 采用三只晶体管的调幅电路	27
18. 采用四只晶体管的调幅电路	28
19. 简单微型集成调频无线话筒	31
20. 微型调频无线话筒	32
21. 立体声调频无线发射电路	33
22. 小型调频发射电路	34
23. 具有保密功能的电话分机电路	36
24. 电话监测器	39
25. 电话、传真机保护电路	40
26. 三款新型电话防盗保护器	41
27. 电话线路防盗器	46
28. 电话机助响铃	47
29. 红外线双向对讲机	48
30. 电子对讲机	50
31. 简易家用对讲机	52
32. 电子音乐门铃对讲双用机	53

三、信号发生器	56
33. 20Hz 信号发生器	56
34. 450Hz 信号发生器	57
35. 450/800Hz 音频振荡电路	58
36. 2100Hz 信号发生器	59
37. 1kHz 信号发生器	60
38. 2.5kHz 信号发生器	62
39. 4kHz 方波发生器	63
40. 4kHz 谐波发生器	65
41. 12kHz 信号发生器	67
42. 180~224kHz 载频发生器	68
43. 70MHz 晶体振荡电路	77
44. 高频振荡器	79
45. 高低频信号发生器	81
46. 1488kHz 晶体发生器与分频器	82
47. 石英晶体与分频电路	85
48. TTL 集成晶体振荡器与分频器	87
四、电子玩具与彩灯	89
49. 声控玩具狗	89
50. 声控玩具猫	90
51. 声控发出“祝你生日快乐歌”	91
52. 幼儿电子自学机	92
53. 多功能节拍器	94
54. 四组智力竞赛抢答器	98
55. 简易红外控制音乐装置	99
56. 声控彩灯	100
57. 活动彩灯	101
58. 可调四闪光电路	102
59. 光控循环闪烁彩灯	103
60. 闪光追逐彩灯	105
61. 闪光胸花	106
62. 简易程序广告灯的制作	107
五、开关电路	109
63. 声控电源插座	109
64. 声波遥控开关	110
65. 声控电路	113
66. 声控走廊灯	114
67. 声光控定时节电开关	116
68. 声控光控智能开关	118
69. 声音激励开关电路	120

70. 光控开关	120
71. 光电管控制路灯开关	121
72. 光敏电阻控制路灯开关	122
73. 节电定时开关	123
74. 触摸式定时开关	125
75. 红外线遥控开关	126
76. 新颖红外遥控密码锁	130
77. 超声波遥控开关	134
78. 一种新型拉线开关	136
79. 家用卫生间全自动照明开关	137
80. 自动循环开关	138
81. 一种新型接近开关及应用	140
82. 雷达扫描式人体接近开关及应用	143
83. SX-3 型人体感应开关及应用	146
六、检测器	150
84. 小电容测试电路	150
85. 二极管交流电阻的测量电路	150
86. 简易晶体开关管开门和关门电压测量电路	151
87. 稳压电源检测电路	152
88. 尖脉冲峰值电压测量电路	153
89. 0~360°相位检测电路	155
90. 鉴相电压测量电路	156
91. +30~-50dB 电平表测试仪	158
92. 宽电平测试仪	161
93. 妙用逻辑电平测试笔	162
94. 巧做多功能验电笔	165
95. 相序测试笔	166
96. 新颖数显逻辑笔	167
97. 声光试电笔	169
98. 简易验电器	170
99. 音频检查短路器	170
100. 电源线寻迹器	171
101. 简易对线器	173
102. 高压脉冲幅值测量器	173
103. 反射式红外检测器	175
104. 数字毫伏表	176
105. 迷你型逻辑测试笔	177
106. 数字式自行车车速表	177
七、控制器	180
107. 自动抽水装置	180

108. 水箱自动上水控制器	180
109. 简易实用水位控制电路	182
110. 电磁水阀自动控制器	183
111. 断相、相序监控器	184
112. 简单实用的电热淋浴器控制装置	186
113. 时间继电器	187
114. 新颖汽车空调继电器	188
115. 汽车空调温度自控器	189
116. 公共汽车门灯自动控制	191
117. 温控电热毯电源插座	192
118. 计算机无线数据收发器	194
119. 光电计数器及应用	195
八、定时、保护器	198
120. 光电耦合定时控制电路	198
121. 热敏电阻延时路灯	199
122. 简易定时器	200
123. 高精度定时器	201
124. 可调定时器	202
125. 具有双重保护电子点火器	203
126. 电冰箱保护器	204
127. 换电保护开关	206
128. 电动机过热保护器	206
129. 电流型三相电动机断相保护器	208
九、报警器	210
130. 可控制多根鱼竿的钓鱼报警器	210
131. 防盗报警器	211
132. 多路报讯器	213
133. 保险丝熔断告警电路	215
134. 多路电源熔断报警器	216
135. 铃流告警电路	217
136. 自制防通信电缆偷割报警装置	219
137. 防盗报警门铃	219
138. 门铃、防盗两用电路	221
139. 巧改门铃成门铃、报警两用电路	222
140. 高压报警器	222
141. 防盗、防抢高压包	223
142. 窃电告警装置	225
143. 便尿报警器	226
144. 摩托车防盗报警器	228
145. 温度报警装置	228

146. 漏电检测插口装置	230
十、照明调节器	234
147. 电子镇流器	234
148. 新颖实用的倍压镇流器	236
149. 简单易制的电子镇流器	238
150. 新颖高效应急灯	239
151. 充电应急两用灯	241
152. 电子调光台灯	243
153. 节能控制调节器	243
154. 电子火力调节器	245
155. 直流灯光调节装置	247
156. 改装“六速”电风扇	248
157. 为电风扇加装阵风控制器	249
十一、灭害、医疗器	250
158. 电子灭蟑器	250
159. 电磁灭鼠器	252
160. 电击灭蚊灯	254
161. 电子驱蚊器	255
162. 袖珍耳聋助听器	256
163. 耳聋助听器	257
164. 集成助听器	259
165. 红外线盲人手杖	260
166. 家用电疗仪	262
167. 电子按摩器	263
十二、充电器	264
168. 摩托车电池充电器	264
169. 汽车蓄电池充电讯响器	265
170. 剃须刀充电器	266
171. 简单易做的充电器	266
172. 性能优良的充电器	267
173. 蓄电池自动充电器	269
174. 多功能充电器	270
175. 简易全自动镍镉电池充电器	274
176. 多功能警用电击充电装置	275
十三、电源	276
177. 1.5~12V 可调稳压电源	276
178. 3~6V 可调稳压电源	277
179. +5V 2.5A、-5V 0.3A 稳压电源	280
180. +5V 2.3A、-5V 0.3A 稳压电源	282
181. 具有对称输出的 5V 稳压电源	284

182. 双极性 5V 稳压电源	285
183. 具有扩流过压保护的 5V 稳压电源	287
184. +5V、±12V 稳压电源	289
185. -5V、-18V 稳压电源	290
186. 12V 直流电源	292
187. +18V、1A 稳压电源	293
188. +24V、1.2A 稳压电源	296
189. -24V 稳压电源	297
190. 固定输出的三端稳压电源	302
191. 精密串联型稳压电源	304
192. 调压电源兼充电器	306
193. 电子变压器	307
十四、其它电路制作	309
194. 给数字万用表增加测温功能	309
195. 为电子表附加音乐报时	310
196. 继电器逆变装置	311
197. 袖珍报晓器	312
198. 带记忆功能的门铃	313
199. 新型厨房空气洁净器	314
200. 电冰箱温度显示装置	316

一、信号放大、电平显示器

1. 音频信号放大电路

本音频放大电路可广泛用于汽车收音机、小型收录机、小型扩音机、通信机联络收音等其它功率放大电路中。

工作原理

本电路由前置放大电路、倒相激励电路及功率放大电路三部分组成,电路如图 1 所示。信号 u_i 由输入变压器 T1 阻抗变换送至前置放大器 VT1 进行放大,其集电极输出的信号送给倒相级 VT2,VT2 作为 VT3、VT4 的激励推动级,通过电阻 R6、R7 送出两个相反的信号,去推动 VT3、VT4 组成的两个射极推挽式功放级,信号通过放大后送给输出变压器 T2,最后推动扬声器 BL 工作。

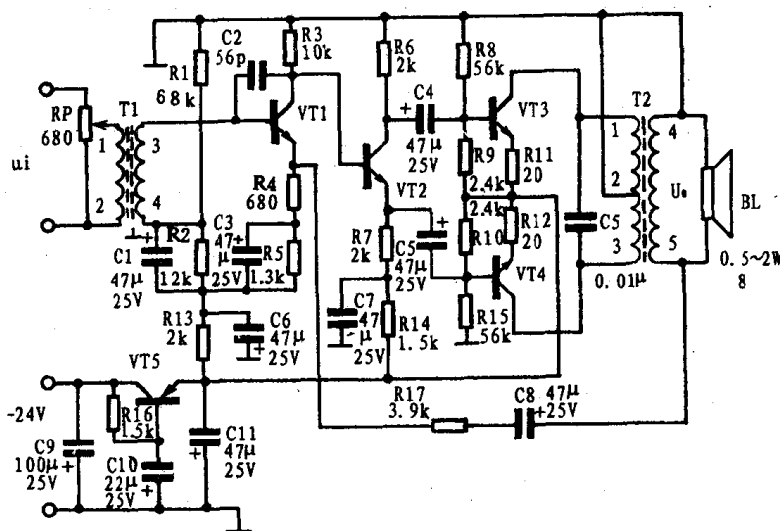


图 1

其中,电位器 RP 既可调节电路增益电平,同时又兼作匹配电阻用。R1、R2、R4、R5 为 VT1 的直流偏置电阻,其中 R4、R5 为 VT1 的发射极电阻并起两个作用:①产生直流负反馈以稳定直流工作点;②产生交流负反馈并改善放大器频率响应特性。由于 R4、R5 串联则共同起着直流负反馈作用。而 R5 被电容 C3 所旁路,不起交流负反馈作用,只有 R4 起交流负反馈作用。R3、R7、R14 为 VT2 的直流偏置电阻。R8~R12、R15 为 VT3、VT4 直流偏置电阻。电容 C8、电阻 R17 构成交流串联电压负反馈,以改善整个放大电路频率特性指标。电容 C5 和输

出变压器 T2 的初级为音频选频网络。

为了加强电源退耦效果,使得纹波系数更小,采用了电子滤波电路,由三极管 VT5、电容 C10 及相关元件组成。

本音频放大电路技术指标:

- (1)输入阻抗为 600Ω ;
- (2)输入电平 $\leq -8\text{dB}$;
- (3)最大输出功率可达 500mW 。

元器件选择

三极管 VT1、VT2:9013 或 3DG201, $\beta=65\sim85$, VT3、VT4:3DG130B, $\beta=50\sim80$ (两管参数尽可能选择一致, $\Delta\beta<10\%$, $I_c=30\text{mA}$), VT5:9015, $\beta=65\sim115$ 。输入变压器 T1: L_{1-2} 用 $\phi 0.12\text{mm}$ 高强度漆包线, 绕制 720 匝; L_{3-4} 用 $\phi 0.13\text{mm}$ 高强度漆包线, 绕制 650 匝。输出变压器 T2: L_{1-2} 用 $\phi 0.11\text{mm}$ 高强度漆包线, 绕制 300 匝; L_{2-3} 用 $\phi 0.11\text{mm}$ 高强度漆包线, 绕制 300 匝 (L_{1-2} 和 L_{2-3} 应双向并绕); L_{4-5} 用 $\phi 0.12\text{mm}$ 高强度漆包线, 绕制 480 匝。T1、T2 均选用罐型铁氧体为材料, 型号为 MTT20。电阻标称功率均采用 $1/8\text{W}$ 金属膜电阻或碳膜电阻。其它元件参数值按图标注选用。

制作与调试

(1)选择元件无误,按图正确连接后,为使电路工作正常,用万用表测出各三极管在静态时的直流工作点。如表 1-1 所列出各点电压和集电极电流,以供参考。

表 1-1

管号 \ 被测电压、电流	c(V)	b(V)	e(V)	$I_c(\text{mA})$
VT1	-11.2	-17.8	-18.5	1.1
VT2	-6.2	-11.2	-12	3
VT3	0	-22.5	-23	4.8
VT4	0	-22.5	-23	5.4
VT5	-24	-23.6	-23	≥ 30

(2)若实际所测的电压与表 1 误差较大,可调整各三极管直流偏置电阻即可。

2. 小功率音频信号放大器

本音频信号放大器主要用于频带为 $300\text{Hz}\sim 3400\text{Hz}$ 范围内,它可广泛用于通讯机中的公务联络,也可用于小型音响、收录机、收音机放大,以及其它音频故障接收信号。

工作原理

电路原理如图 2 所示。本放大器由三极管 VT1、VT2、VT3、变压器 T1、T2 及相关元件组成。微弱的信号 u_i 由输入变压器 T1,感应的信号送到前置放大器 VT1 的基极进行放大,其集电极将放大信号送到变压器 T2, T2 的作用能使单端变成双端,则 T2 的次级绕制的两组分别送

至由三极管 VT2 和 VT3 组成的单端推挽式放大电路,工作于甲乙类状态。经耦合电容 C5、C6 送到扬声器 BL,BL 发出放大后的音频信号。

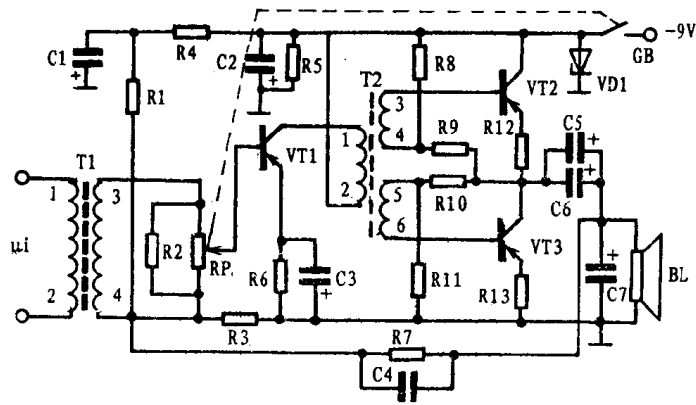


图 2

其中,电路输出端采用了负反馈网络,它由电阻 R2、R3 分压后以串联的方式加入 VT1 的输入端,以使 VT1 工作点稳定,防止波形失真。电容 C4、电阻 R7 为高频校正网络,以防止放大器自激。电容 C7 为高频校正网络,它不仅使低频更丰富,而且也可抑制电路出现自激。电阻 R4、R5,电容 C1、C2 及稳压二极管 VD1 组成电源退耦和 F 稳压电路,使电路噪音减小,电路电源更趋稳定。

元器件选择

三极管 VT1:3AX81B, $\beta = 50 \sim 80$, VT2、VT3:3AX81B, $\beta_2 \times \beta_3 = 2500 \sim 4500$, 两管参数尽可选择一致。稳压二极管 VD1:2CW107。电阻 R1、R2、R4:430 Ω , R3、R6:100 Ω , R5:1k, R7:750 Ω , R8、R10:560 Ω , R9、R11:22 Ω , R12、R13:0.5 Ω 。除电阻 R12、R13 的型号为 RX21-2-0.5 Ω 或线绕外,其它电阻型号均用 RTX-0.125W $\pm 5\%$ 。电容 C1、C2、C3、C5、C6:CDX-3-16V-100 $\mu\text{F} \pm 10\%$, C7:CDX-3-16V-4.7 $\mu\text{F} \pm 10\%$, C4:CYX-1-D-63V-2200pF $\pm 5\%$ 。电位器 RP:WTX-K1-0.5-4.7k。扬声器 BL:口径为 100mm,型号为 YD100-3-8 Ω 2WMAX。变压器 T1:用罐型铁氧体,型号为 MTT25。L₁₋₂: $\phi 0.11\text{mm}$ 高强度漆包线,绕制 700 匝。L₃₋₄: $\phi 0.12\text{mm}$ 高强度漆包线绕制 630 匝。变压器 T2:型号为 MTT22。L₁₋₂: $\phi 0.08\text{mm}$ 高强度漆包线,绕制 770 匝。L₃₋₄、L₅₋₆: $\phi 0.09\text{mm}$ 高强度漆包线,绕制 270 匝。

制作与调试

- (1) 元器件选择无误,按图焊接正确后,测得电源电压应满足 $9 \pm 1\text{V}$ 即可。
- (2) 对三极管 VT1~VT3 的管脚对地电压进行测量,正确电压值如表 1-2 所示。

表 1-2

管号	电压(V)		
	V _e	V _b	V _c
VT1	-0.7	-1.2	-8.5
VT2	-4.3	-4.8	-9
VT3	-0.3	-0.8	-4.3

(3)若测得实际电压与表 1—2 误差过大,可调整所对应三极管偏置电阻,如 VT1 可调整电阻 R1、R2 及 R6 即可满足。

(4)RP 为带开关的电位器,调整 RP 的阻值,则可改变扬声器 BL 中的声音电平大小。

3. 一种简易音频功率放大器

该音频功率放大器可用于汽车收音机、收录机、报警器及其它要求功率不大的电器上。

主要技术指标:

- (1)输入电平: $-20\text{dB}/600\Omega$;
- (2)输出电平: $100\text{mw}/8\Omega$;
- (3)额定输出功率时非线性失真: $\leq 5\%$;
- (4)音频输出信噪比: $\geq 43\text{dB}$ 。

工作原理

电路原理如图 3 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,其特点输入阻抗高、输出阻抗低,从而提高了前级运放带负载能力,有效地阻隔了后级负载的波动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。

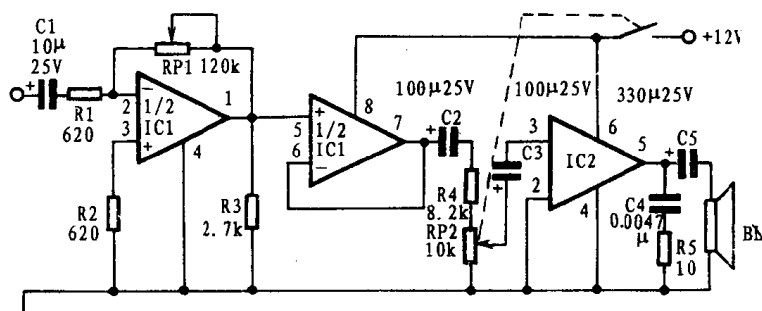


图 3

其中电位器 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。调节电位器 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。

元器件选择

集成运算放大器 IC1:LM358,其外形和管脚排列如图 4 所示。音频功率放大集成电路 IC2:LM386,其外形和管脚排列如图 5 所示。扬声器 BL:0.25~2W、 8Ω 。电阻的标称功率均选用 1/8W 电阻。其它元件的数值如图 3 标注,无特殊要求。

只要元器件选择无误,安装正确,一般不用调试便可使用。

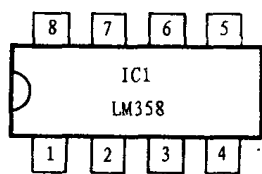


图 4

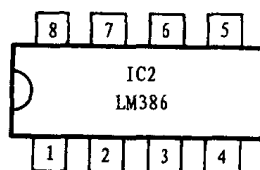


图 5

4. 并联式频谱放大器

本放大器是用来将 60~552kHz 频谱信号进行放大,放大后的信号可送往微波电话或其它高频电路中去。为了提高可靠性,本放大器采用了并联方式,即在平时,两个放大器均处于正常的工作状态,不分主、备用。一旦一个损坏,另一个仍然担负放大,它呈现的特性并无变化。从电路的结构上可分为三部分,一个为共用部分称放大汇接;其它二个相同放大器部分称宽频放大。三部分组成一个并联运用的完整的宽频放大器。如图 6 是三部分连接的方框图。方框图中,信号由汇接电路的输入端,经输入变压器,分为二个支路,将信号分别送入放大电路(1)和(2),放大后的信号送入汇接电路的输出变压器,将得到并联的信号输出。

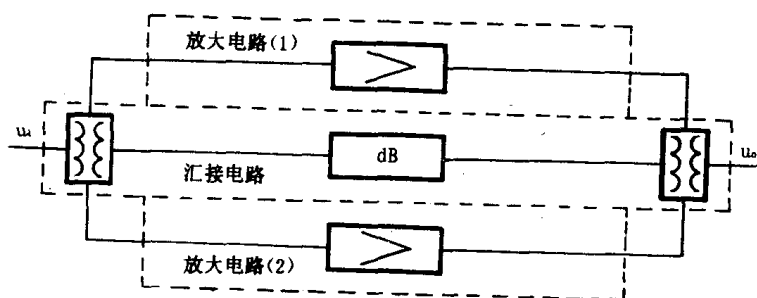


图 6

工作原理

下面分别介绍各部分的工作原理,电路原理如图 7 所示。

放大汇接部分: T1 为输入信号变压器,初级输入信号经 T1 的次级二组完全相同的线圈,分为两个支路,分别送入二个放大电路中去。电阻 R1~R8 分别为两个放大器的输入阻抗,构成两个交流桥路,以保证阻抗和增益的稳定。R4、R5 为直流偏置电阻。C3、C4 为交流旁路电容。C2、C6 为隔直电容。电容 C5 电阻 R9 构成反馈网络的并联臂,使反馈网具有低的输入阻抗,以减小分布参数对高频增益的影响。电阻 R22~R26 和电容 C16 构成反馈网络的串联臂,故改变其阻值可以调节增益。电阻 R39、电容 C26 的作用与电容 C5、电阻 R9 相同。电阻 R40~R45 分别为二个放大器的输出阻抗,构成二个交流电桥以保证阻抗和增益的稳定。电感 L5、L6 构成直流通路以减少直流压降。T2、T3 为输出变压器。C1、C27 为输入和输出的阻抗补偿电容。电感 L7、电容 C28、C29 是滤波电路。

放大电路第一部分由汇接电路送来的信号给放大器的输入端,经三极管 VT1 构成的共射极放大电路进行第一级放大后,送入三极管 VT2。VT2 为一射极输出器,提供高输入阻抗和低

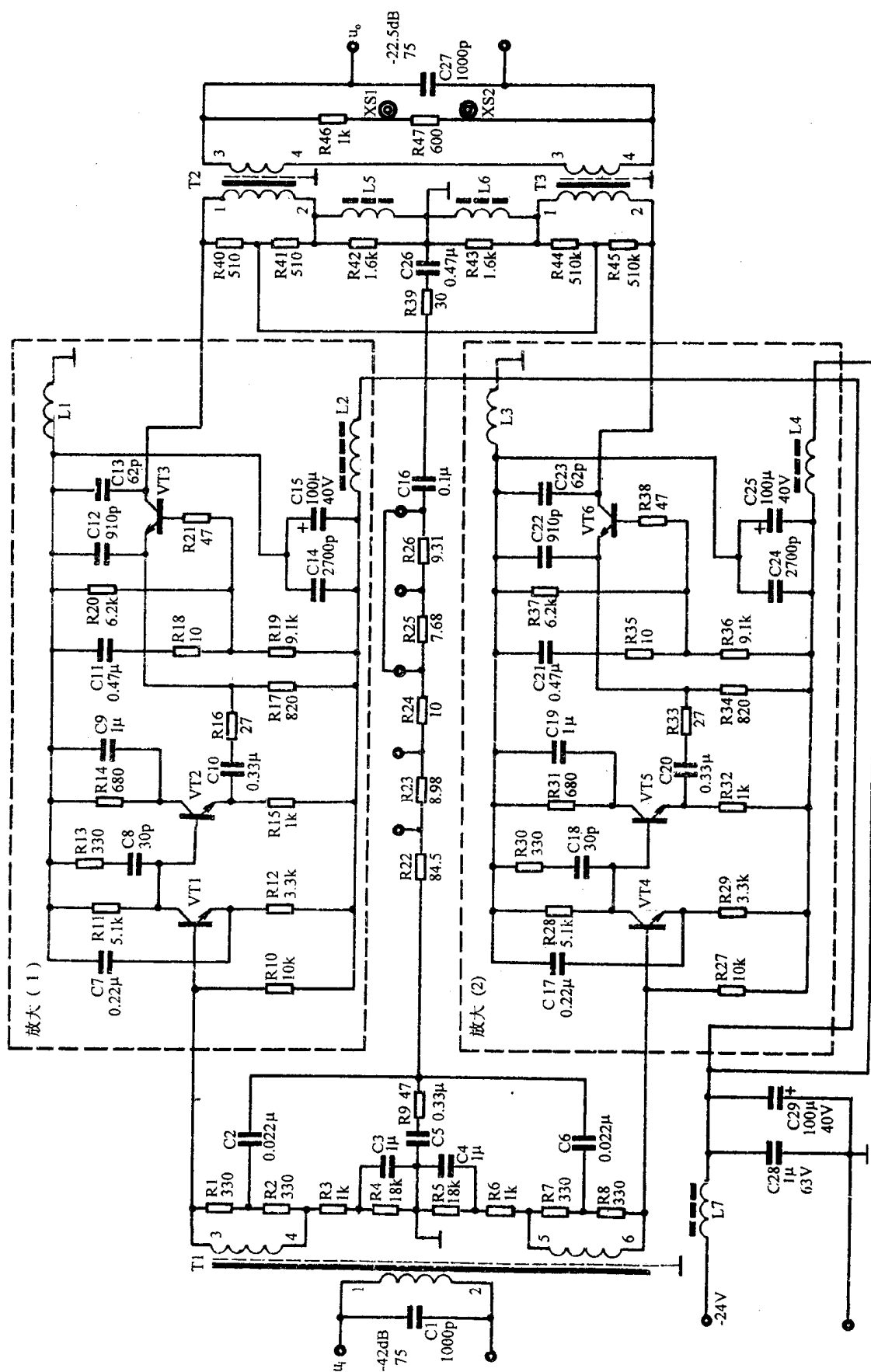


图 7

的输出阻抗,信号经第二级缓冲放大后,送到第三级放大。三极管 VT3 为一共基极电路,使其能展宽频带增益,具有较大的谐波衰耗。电阻 R10 与汇接电阻 R3、R4 分压供给三极管 VT1 的偏置。R12 为直流负反馈电阻,用来稳定工作点。C7 为交流旁路电容。电阻 R11 为第一级交流负载。电容 C8、电阻 R13 为高频校正网络。三极管 VT1 和 VT2 为直接耦合的放大电路。电阻 R14、R15 提供三极管 VT2 直流偏置电压。C9 为交流旁路电容。信号由三极管 VT2 射极输出经电容 C10、电阻 R16 送入三极管 VT3 的射极,其集电极输出。电阻 R18 为低频校正网络。电阻 R21 为校正电阻。电阻 R17 提供三极管 VT3 直流工作点。电容 C12、C13 为校正电容。电感 L2、电容 C14、C15 为退耦电路。L1 是分隔电感,它将信号地与电源地分隔开,以免相互干扰。信号经三极管 VT3 放大后由 VT3 的集电极输出给一宽频带约 $\geq 20\text{dB}$ 的增益信号给汇接电路 T2 和 T3 变压器输出。

放大电路的第二部分与第一部分工作原理完全一样,在此不必累赘。

元器件选择

三极管 VT1、VT2、VT4、VT5:3DG6C、 $80 \leq \beta \leq 150$, VT3、VT6:3DG12C、 $50 \leq \beta \leq 150$ 。电感 L1、L3:LG2A—10mH(色码电感)。扼流线圈 L2、L4、L7:型号为 MTT22:φ0.21mm 高强度漆包线,绕制 100 匝。电感 L5、L6:型号为 MTT22:φ0.13mm 高强度漆包线,绕制 300 匝。输入变压器 T1:型号为 MTT22、L₁₋₂:φ0.19mm 高强度漆包线,绕制 30 匝。L₃₋₄、L₅₋₆:φ0.19mm,绕制 55 匝。输出变压器 T2、T3:型号为 MTT22、L₁₋₂:φ0.13mm 高强度漆包线,绕制 146 匝。L₃₋₄:φ0.13mm,绕制 300 匝。电阻标称功率均为 RJ—0.125W 金属膜电阻。其它元件参数如图标注,无特殊要求。

制作与测试

电路只要元器件无误,焊接正确后,首先检测电源电压是否有一24V。然后测出各三极管静态时的直流工作电压。其直流工作电压的参考电压如表 1—3 所示。若测出误差值较大,只需略调节各对应三极管偏置电阻,则可满足要求。

表 1—3

管号	电压(V)		
	V _e	V _b	V _c
VT1、4	—16.5	—15.7	—11.5
VT2、5	—11	—11.5	—8.2
VT3、6	—11.2	—10.6	—0.4

电阻 R46、R47 和 XS1、XS2 组成故障点测量插孔,测量时,分贝表用高阻插入 XS1、XS2 插孔所测量电平比该点电平低 10±1dB。

5. 一种自制短波收音机

本接收机的工作频率在 3~15MHz 范围,由于它比一般短波收音机制作简单、成本低廉,无需太复杂的调校就能在整个频段内保持有 1.5μV 接收灵敏度,因此信噪比能达到 10dB 以上。