

● 洋实制作

19

TN722.75

高质量 100W MOSFET 功放

53-55, 58

● 华崇良

MOSFET

功率放大器, 制作

一、电路说明

高质量 100W MOSFET 功放电路如图 1 所示。C1 不能采用电解电容、电解电容的容量偏差太大，也容易引起失真而降低音质。R1、C4 组成低通滤波器以限制输入信号的带宽，并减小交调失真。采用运放作输入级，其工作电压较低，只有 ±15V，这可以从 ±50V 电源电压通过稳压组合 R3/ZD1 和 R4/ZD2 降压后经退耦电容 C9、C10 滤波后引出。

R7、R8 和 C12 使推动级晶体管 Q4 和 Q5 的基极可获得相素的信号电压，其中 C12 还兼有抑制偏置晶体管 Q2 集电极和发射极之间偏置电压中纹波的作用。电位器 RV1 用来调

整输出管的静态电流。

运放高阻抗负载由互补恒流源 R6/R10/C11/LD1/Q1 和 R9/R12/C13/LD2/Q3 提供。这里要注意的是用 LED 作电压基准，其优点是温度补偿特性比硅二极管好，噪声也比齐纳二极管低。推动级晶体管 Q4 和 Q5 组成的电路比较典型，其负载电阻 R13 和 R16 上的电压用作输出晶体管 Q6 和 Q7 的栅极驱动。输出级的放大倍数为 5，由局部负反馈网络 R19 决定。C15 的作用是使放大器频率响应在 1MHz 之前就开始跌落，免得引起高频辐射和放大器不稳定。R18 和 R21 用来抑制输出级 MOSFET 调频振荡（这是因为不论何种型号的 MOSFET 功率管都会因其高频响应延伸得太高而引起振

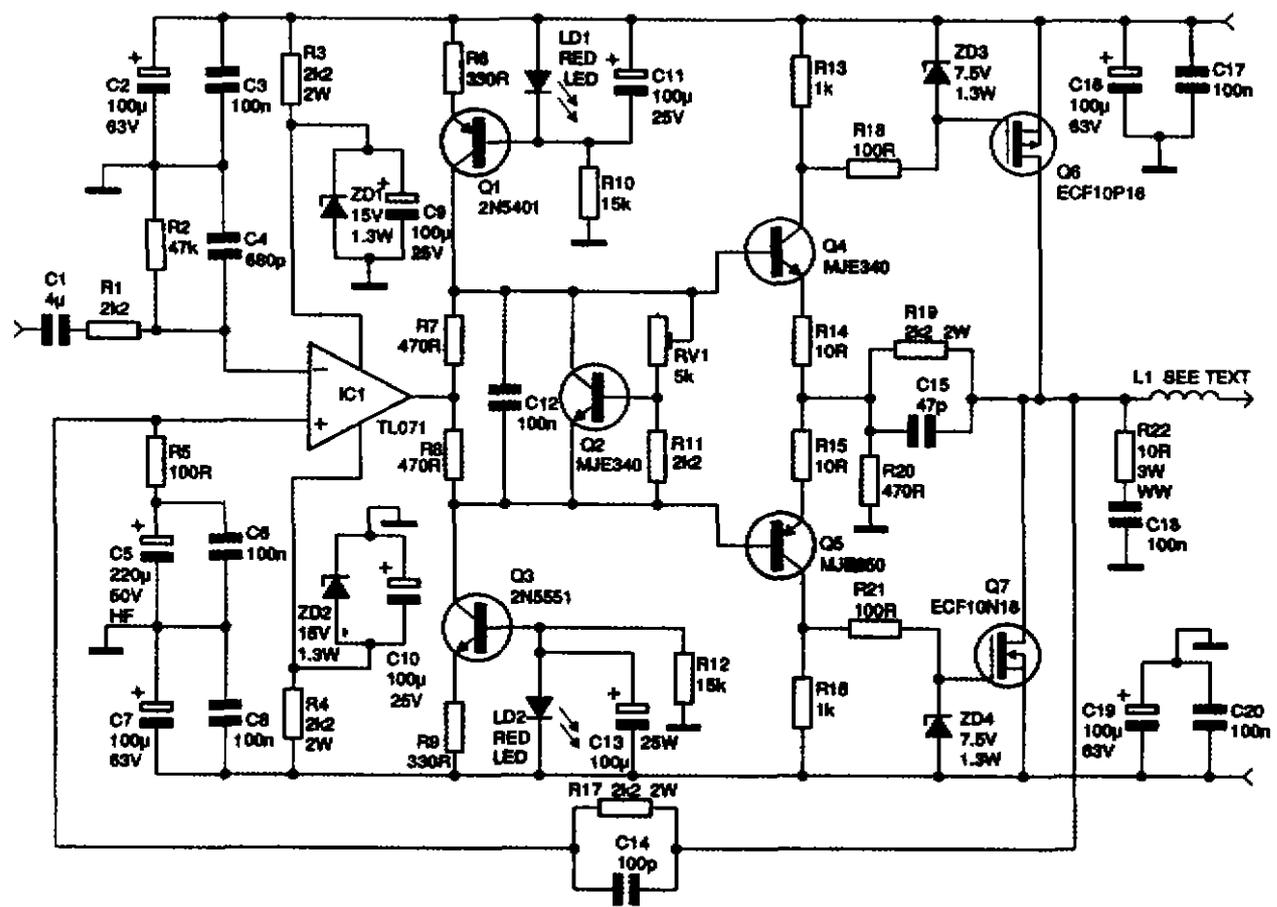


图 1 功放电路图(一个声道)

● 洋货制作

荡)。齐纳二极管 ZD3 和 ZD4 将 MOSFET 栅源电压限制在 70.5V 而使最大栅流限制在 8A 以下的短路保护措施,可防止输出 MOSFET 的烧毁。至于长时间的短路,则由保险丝承担。

由 R22/C18 构成的 Zobel 网络和 L1 可使功放放在电容性重负载下保持电路稳定和失真。

功放的总增益设定为 20,这由大环路反馈网络 R5 和 R17 决定。C14 决定功放的带宽。反馈电阻 R5、R17、R19、

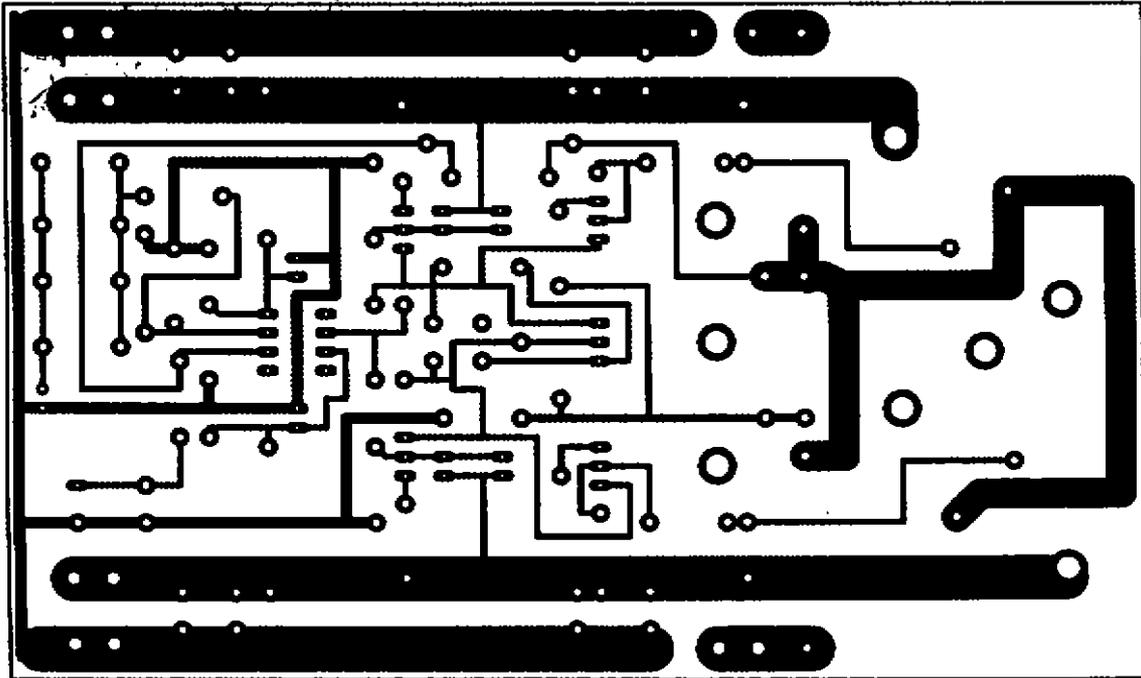


图 2 100W 功放印制图

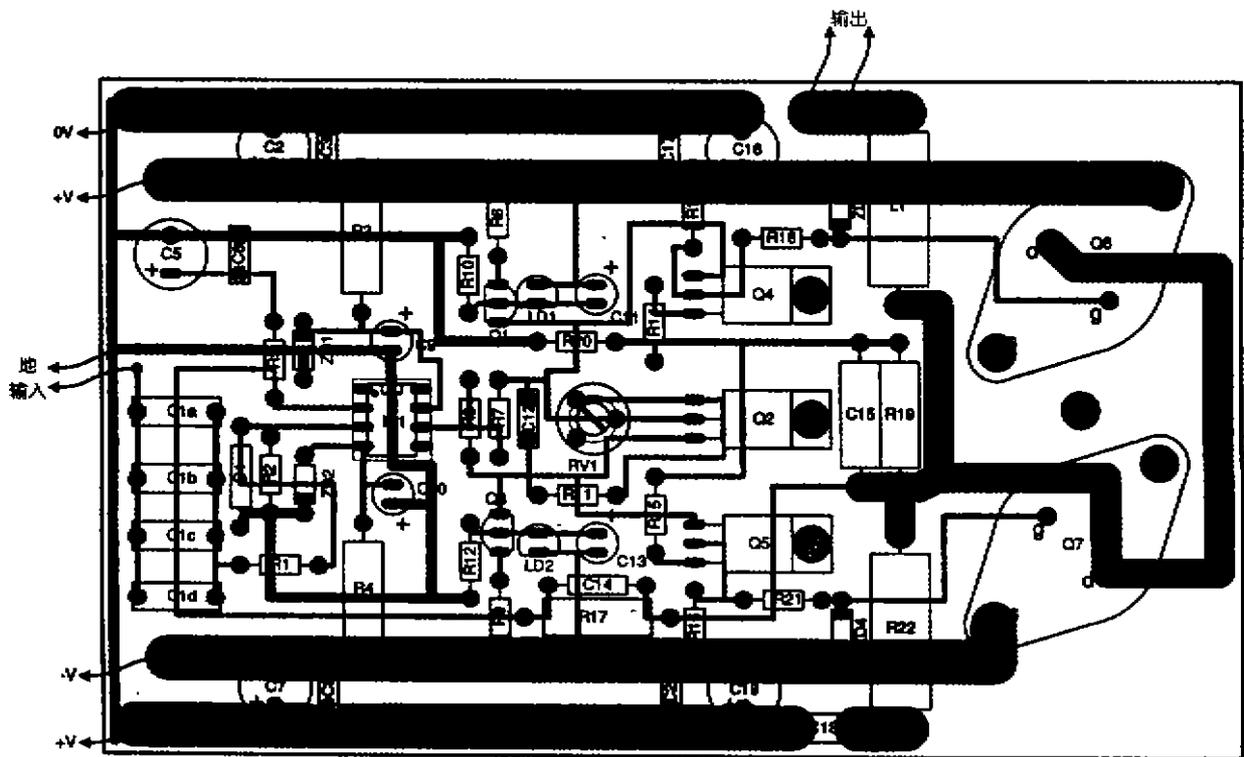


图 3 100W 功放装配图

● 洋实制作

R20 用值比我们习惯见到的阻值低了些,低阻值可改善高频失真,缺点是电阻功耗较大。因此图中系用 2W 电阻是合理的。

二、制作要点

功放低极最好采用玻璃纤维印制板,其印板如图 2,元件配置如图 3 所示。

LD1 可对 Q1 进行温补,故在实装时应使两者保持良好的热接触,方法是用 15mm 长、5~10mm 宽的薄铜片在两端将 LD1 和 Q1 卷绕起来。为使温补效果明显,Q1/LD1 与 Q3/LD2 要选配使用。为降低费用,选配比例可设定在 5 中选 1 至 10 中选 1。否则,随机搭配时因两者热性能可能很不一致,温补作用会大打折扣。另外,为使静态电流不随温度的改变而剧烈变化,Q2、Q4 和 Q5 也应保持热接触,这可将三只晶体管如图 3 所示安装在同一块钻好安装孔的铝板上,铝板与三晶体管间保持电气绝缘但不绝热。铝板与印制板之间用 M3 螺丝螺母固定。

互补对管 Q4 和 Q5 的选择有多种方案,本电路采用的

MJE340/MJE350 最便宜,器件来源也最方便,这种方案的 f_{he} 高低适中, f_r 较低。与此优缺点正好相反的方案是 2SA968/2SC2238 互补对,其好处是 f_r 要高得多。但这两种互补对的引脚排列不同,因此其装配顺序也不同,使用要特别注意。Q2 不一定要功率管,用任何一种小功率 npn 塑封晶体管就可以了,但在外形上应选择能与 Q4、Q5 能作最佳热接触的品种。

L1 可用 0.9mm 直径的漆包线在 3W 线绕电阻的骨架(方截面、白色陶瓷材料)上绕 10 圈,两端焊接在电阻引线上即成。

如果你想驱动 4Ω 的低阻抗音箱,则输出管 Q6 和 Q7 最好改用 ECF20N16/ECF20P16 互补对,输出功率耗散容量可达 250W,这时 ZD3 和 ZD4 的额定电压应增加至 8.2V。安装功率管时,应先将功率管安装在热转移托板上,再将托板用 M5 螺丝螺母固定在散热器上。当然,功率管与热转移托板之间只允许热接触,不允许电接触。散热器可根据自己的喜好和功放外壳的大小来选择,但接触热阻不应大于 1.3°C/W。

若想提高功放增益至 30 倍,可将 100Ω 的 R5 降低为 75Ω,代价是失真略有增加。

三、电源电路及整机装配

该机电源电路见图 4。采用环形电源变压器,其额定功率至少为 160VA(最好为 225VA)才可保证功放输出 100W/8Ω 和 130W/4Ω 的信号功率。电源输入处加有输入滤波器,用以去除开关干扰和电机干扰。照理说,理想的主体声功放应当是每一只放大器独立使用自己的电源,

但考虑到电源部分的成本往往高于功放的放大器的成本,为了省钱,除了整流电桥和滤波电容器组分开供给外,环形电源变压器可以共用。滤波电容用三只各为 4700μF 的小容量电容代替一只 15000μF 的大容量电容。这些电容的价格很贵,其价格占功放总价的相当大的比例,因此对经济拮据的发烧友来说,可将 4700μF 改用较小的 3300μF 电容。不过电容质量却不可马虎,好的电容除能减少纹波外,其低音瞬态特性也较好。尽管价格稍贵一些,电源与功放极之间在机内的连接方法如图 5 所示。图中只表示一个声道的情况。机内连线时,只允许使用放大器极两个 0V 端中的一个,并构成星形接地,以消除可能引起交流声的寄生地气回路。为安全起见,机壳必须作保护接地。

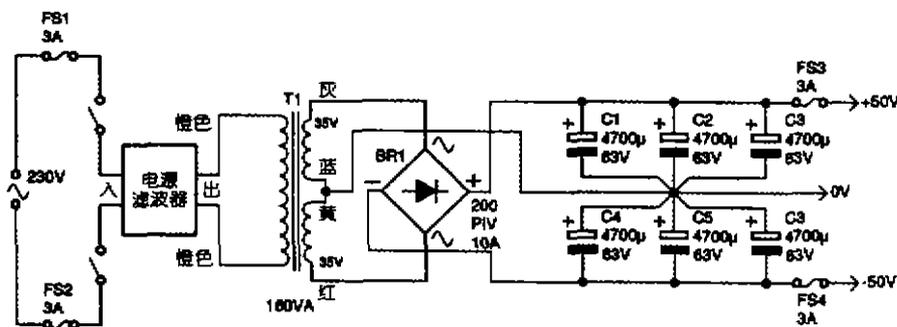


图 4 100W 放大器 ±50V 电源供给(一个声道)

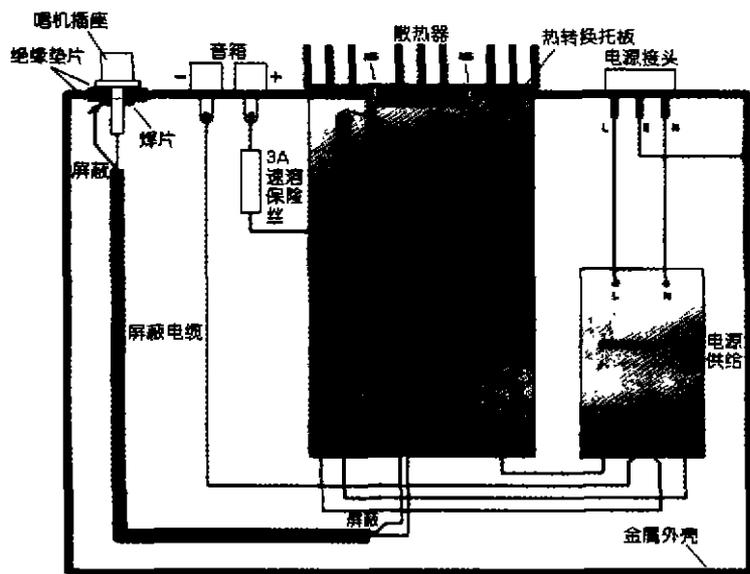


图 5 电源与功放互连图

(下转第 58 页)



三、调整

电路板焊接完之后,在不连接 Q11 和 Q12 的状态下进行调整。首先将 +33V、-33V、0V 等三条引线连接好(该电路在 $\pm 15V \sim \pm 45V$ 的范围内均能正常工作,若有其他电源也可用来进行调整)。输入端开路。调整前将半固定电阻 VR1 和 VR2 旋至中央位置,VR2 旋至左端。接通电源,观察有无异常。如果不出现冒烟或臭味就可安心进行调整。

可用表旋至直流量程最小的一档。①调整 VR2 使放大器的输出端为 0V。②调整 VR1 使 Q8(2SC2826)的发射极电阻 750 Ω 两端的电压约为 1.4V。反复上述两项调节,使输出端电位在 $0V \pm 10mV$ 以内,750 Ω 电阻上的压降在 $1.4V \pm 0.1V$ 以内。

接下来将电路板安装到散热片上去,并将末级 MOS—FET 接入电路。重复前面所述的①、②两端调整、③调整 VR3 使输出级 0.2 Ω 电阻两端的压降为 0.04V。至此整个调整过程结束。注意,在没有安装散热片的情况下不能调试末级,否则会造成末级功率放大管损坏。

在该机输出 200W 时,控制放大器的输出信号达 60V,在调试、使用时输入信号幅度不宜过大。为了保险起见,在

输出电路中用 -5A 保险丝与扬声器串接,限制流经扬声器的电流(视具体情况也可以使用 2A 或 3A 的保险丝)。

输出电路中所接入的开关是防止该机与控制放大器连接时出现开机噪声而设置的,当该机未与控制放大器连接时不会出现开机噪声。

图 5 是 50W/8 Ω 功率放大器的失真率特性。其频率特性 20Hz 为 -0.1dB、100kHz 为 -1dB,呈平直的特性。残留噪声,4mV(平坦)。

图 6 是作桥式连接后的放大器失真率特性,这是包括控制放大器在内的综合特性。残留噪声 1.8mV(平坦)、0.32mV(JIS—A),增益约 340 倍。当控制放大器电源切断后桥式功率放大器的残留噪声为 0.26mV(平坦)、0.074mV(JIS—A)。这是因为功率放大器部分的增益过大的原因。但音质因负反馈小而有所改善,由于噪声不是脉冲状噪声而属白噪声,所以耳朵听不到,只能用测量仪器才能测到。

频率特性呈平坦型、20Hz 为 -0.8dB,100kHz 为 -1dB。阻尼系数约为 200。

该桥式功率放大器功率强劲,乐器音的分解能力强,很轻的余音也能非常清晰地表现出来。

(上接第 55 页)

四、音箱保护

尽管电路图 1 中的齐纳二极管和极外的保险丝可对音箱在大多数情况下提供保护,但如果因功放元器件失效而导致输出端有很大而持续的直流偏移时也会使音箱损坏。

该机采用外购的一套 K4700 音箱保护套件与保险丝串联提供额外的音箱保护。K4700 很小,可方便地固定在功放外壳内部,当输出直流偏移超过 $\pm 1V$ 时,继电器吸动,输出电路切断。

五、调试方法与测试结果

正式调试前,先检查印制板上有无导线断点、桥接短路和虚焊连接点。

将 RV1 反时钟转到底(电阻最大),首先将电源输出端临时用 5000mA 的保险丝代替,并在正电源线中串联一只 2A 安培表。接通电源,注意保险丝的反应。若保险丝烧断或电流超过 0.1A,应马上关断电源进行检查。

着重检查板上全部电源连线;静态电流大说明放大器有振荡,引起振荡的原因通常是电源供给与放大器间的连线太长所致。

若一切正常,则慢慢转动 RV1,直至静态电流为 100mA。10~15 分钟,静态电流会上升至 130mA,然后再往回跌,待稳

定后应再调整一次 RV1,使静态电流仍在 100mA。关掉电源,将 500mA 保险丝换成 3A 保险丝,拆除电流表,放大器就可测量了。测量结果如下(IC1 改用 OPA604,环形电源变压器为 160VA, C4 拆去):

输入灵敏度	1.23V _{rms} (含功率/8 Ω)
输入阻抗	47k Ω
输出功率(连续)	100W _{rms} /8 Ω (1kHz 正弦波)
输出偏移直流电压	0.6mV
全功率带宽	15Hz~125kHz(-3dB 点)
转换速率	25V/ μ s
阻尼系数	大于 400(8 Ω 负载)
噪声	-95dB(输入短路时)

总谐波失真(1~60W/8 Ω)

100Hz 0.004%

500Hz 0.004%

1kHz 低于噪声

10kHz 0.038%

上述测量结果都是在最坏条件下测出的。失真在高频时有所增加是因为输入、输出间有交叉耦合存在。从总的指数来看,这台自制的功放比市售同类产品功放(甚至价位很高的功放)性能要好。

编译自《ETI》98 年 7~8 月