

失真率极低的耳机放大器

本刊在九五年第三期曾介绍过一款“高信噪比全场效应管耳机放大器”，本文所介绍的失真率极低的耳机放大器是它的改进型。通过改进使电路更加合理，性能更加优越。放大器具有信噪比高、失真率极低、低频提升量及频率特性可调、使用便利等优点。

一、电路

本刊在九五年第三期曾介绍过一款“高信噪比全 FET 耳机放大器”(见图 7)，该耳机放大器的负反馈电路由电容器分压电路构成。从

性能上来看此放大器电路还有值得改进的地方，在电路中为了实现 100% 的直流负反馈，必须在反馈电容 C2 的两端并联一只电阻 R2。为了要延伸低频，不得不将此并联电阻的阻值用得很大 ($R_2 = 50M\Omega$)。由于 R2 的阻值用得很大，当输入级的场效应管存在有栅极漏电流时，会引起放大器工作不稳定。

经多次实验最后决定不再采用电容器分压负反馈电路，改用电阻分压负反馈电路。此举可彻底解决因输入级场效应管存在栅极漏电流

所引起的工作不稳定的问题，此外，尽管场效应管的音质很有魅力，但从失真的角度来看，场效应管要比晶体三极管差。为了减小放大器的失真率，决定将第二级放大级改用晶体三极管。

改进后的耳机放大器的电路如图 2 所示。最大输出功率约为 $1800mW/8\Omega$ ，其输出功率非常富裕。

放大器的输入级使用 2SK170/2SJ74。其特性如图 3 所示。该级的单管静态工作电流取为 0.8mA，所以可以选用 GR 档或者 BL 档的管子。如前所述，为了减小放大器的失真将第二级放大级改用晶体三极管，可选用 2SC2856/2SA1191 或者 2SC2655/2SA1020，静态工作电流取为 2mA。为了提高放大器的输出功率，将末级放大管的源极电阻取得较小为 0.47 Ω ，静态工作电流约 32mA。

放大器的负反馈电路采用电阻分压电路，为了获得 100% 的直流负反馈，在负反馈电路中串接了一只 4.7 μF 的隔直电容。并在负反馈电路中插入了低音提升电路，通过 100k Ω 电位器的调整，可以改变放大器的频率特性。如果不需要对放大器的频率特性作调整，则可将 100k Ω 电位器取下，将 20k Ω 换成 110k Ω 即可。调动 100k Ω 电位器可对低音提升量作调整，达到音调调节的目的。

在负反馈电路中为了隔断直流串接有 4.7 μF 的电容，该电容可以用两个 10 μF 的普通电解电容反极性串联构成，也可以使用 4.7 μF 的无极性电解电容或 4.7 μF 的薄膜电容。使用不同的电容器其放大器的音质也会有微妙的变化。用两个

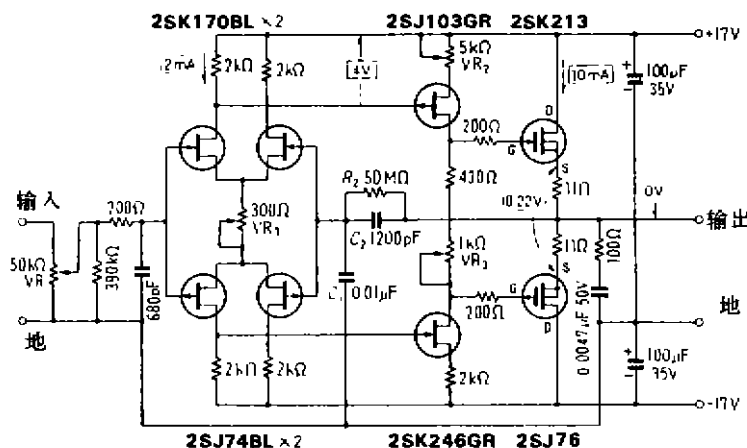


图 1 全 FET、用电容器构成负反馈电路的耳机放大器

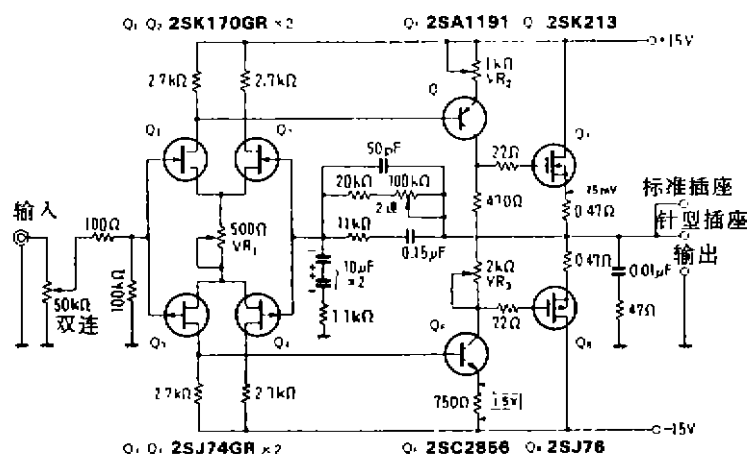


图 2 耳机放大器的电路图(放大器部分)

有极性的普通电解电容反向串联时,声音较为柔和。用无极性电解电容时,音质优美,阻尼特性好。用薄膜电容器作隔直电容时,音质清晰有跃动感。制作者可以依据自己的喜好选用不同的电容器。

该机的电源电路采用左右声道彻底分离单独供电的方案,左右声道各使用一个电源变压器和一套整

流滤波、稳压电路。图4给出了一个声道的电源电路图。由于耳机放大器输出功率不大,所以电源变压器也较小,可将电源变压器直接安装在放大器的印刷电路板上。这样做可以减少安装时连线的工作量。电源电路采用三端稳压电路 78M15/79M15 进行稳压。安装后实测,78M15 的噪声约 90 μ V,79M15 的

端稳压器,当然也可以使用最大电流为 1.5A 的 7815/7915 三端稳压器,引脚位置不变。

二、元件选择与制作

电阻全部采用金属膜电阻,只有 0.47 Ω 电阻采用线绕电阻。0.47 Ω 线绕电阻的电感分量对提高电路的高频稳定性有利。

2SK170/2SJ47 可采用 GR 档或者 BL 档的管子。为了减小第二级入大级的失真,第二级放大管应选用电流放大倍数尽可能大的晶体三极管。在该机中选用的管子 h_{FE} 约为 400。

电源电路的三端稳压器可以使用最大电流为 1.5A 的 7815/7915 或 0.5A 的 78M15/79M15。有可能的话最好使用 78M15/79M15。因为 78M15/79M15 的最大电流为 0.5A,对输出级来说可起电流限幅作用,限制了放大器的最大输出功率。在安装时,由于三端稳压器会发热需配以小型散热片。

整流用的桥堆应选用 100V/1A 的桥堆。50k Ω 和 100k Ω 双连电位器应选用 B 型电位器。由于 50k Ω 电位器用于输入端,最好选用低噪声型的电位器。

该机所使用的半导体器件的参数和引脚连接见表 1。

图 5 是一个声道的放大器的电路印版图和元器件配置图。照片 1 是安装完后的照片。

三、调整

该机的调整按下述步骤逐项进行。

①将输入、输出端开路。②用 10k Ω 电阻连接低音提升电路(用焊锡焊牢)。调整完后再取掉。③将调整用的微调电阻 VR1、VR2 调至中央位置(有可能的话将 VR2 调为 750 Ω),将

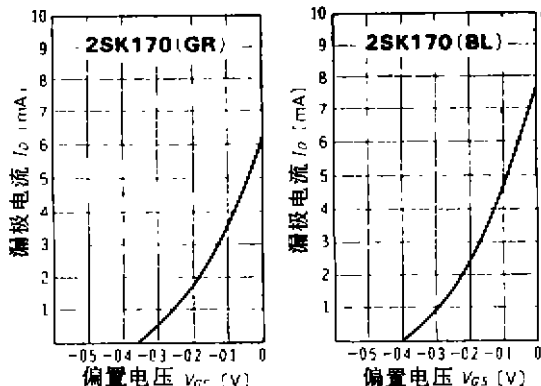


图 3 2SK170、GR 档和 BL 档的实测传输特性

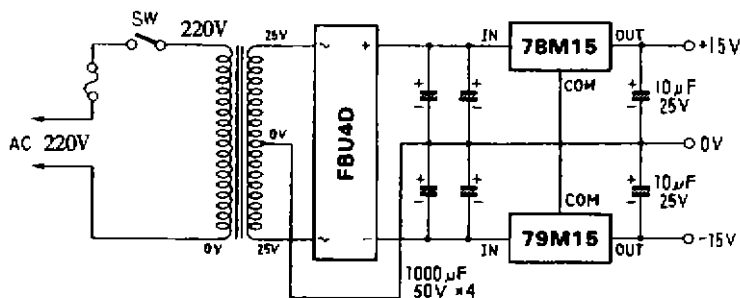


图 4 电源部分的电路图

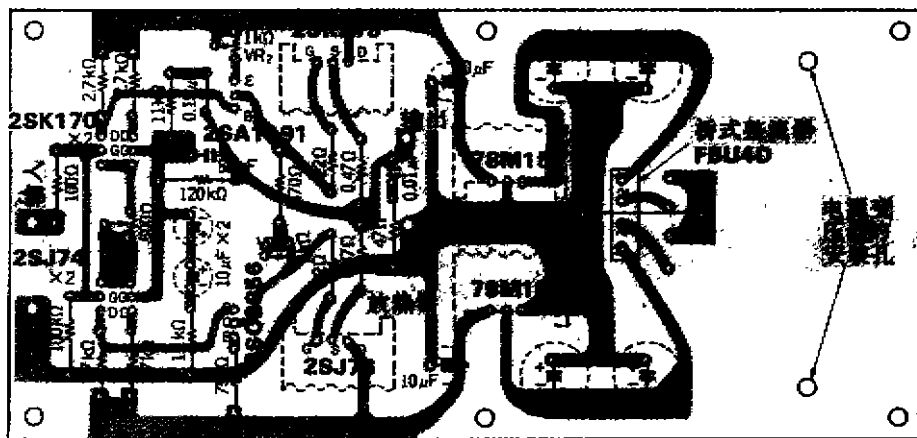


图 5 一个声道的放大器的印版图和元器件配置图(铜箔面比例 0.6:1)

VR3 调为 0Ω 。④用临时连线接通交流电源。⑤检查电路在通电之后是否有冒烟或异常的情况。⑥调动 VR2($1k\Omega$)使输出端为 $0V$ 。当第③步事先将 VR2 调至 750Ω 时,不再调动 VR2,输出端直流电位的偏移量也不大,仅在数 mV 范围内。此时只需稍微调动 VR2 即可使输出端直流电位为 $0V$ 。输出端直流电位应控制在 $\pm 1mV$ 范围内。⑦调动 VR1(500Ω)使 Q6(2SC2856) 750Ω 发射极电阻上的电压降为 $1.5V$,使输入级每只场效应管的静态工作电流为 $0.8mA$,第二级放大管的静态工作电流为 $2mA$ 。若无法将发射极电阻上的电压下调至 $1.5V$,则说明输入级、第二级的电路严重不平衡,应更换失衡的元器件。⑧调动 VR3($2k\Omega$)使末级管的源极电阻(0.47Ω)两端的电压降为 $15mV$ 。此时末级静态电流为 $32mA$ 。若无法调整,应检查放大器此时是否有自激振荡,或者是 2SK213/2SJ76 的特性差异过大,以及偏置电路($470\Omega + VR3$)的电阻阻值是否不对。

四、特性

图 6 是该机的频率特性,从图中可以清楚地看出,调动 $100k\Omega$ 电

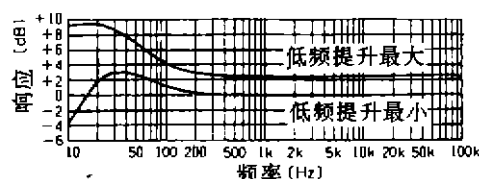


图 6 频率特性

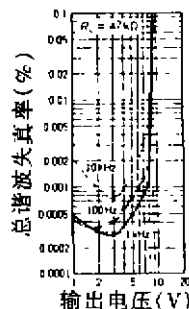


图 7 负载为 $47k\Omega$ 时的失真率特性

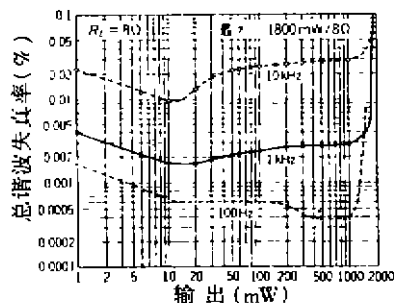


图 8 负载与 8Ω 时的失真率特性

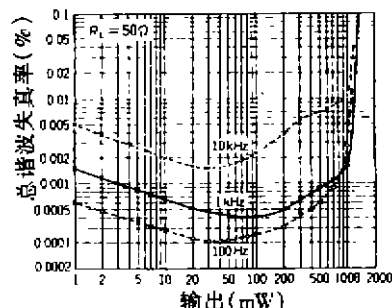



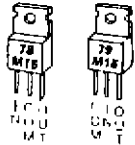


图 9 负载为 50Ω 时的失真率特性



表 1 使用的半导体器件的参数及管脚连接图

| | |
|---|---|
| <p>Q₁ Q₂ : 2SK170GR Q₃ Q₄ : 2SJ74GR V_{GS} = -50V P_D = 200mW g_m = 30mS C_{iss} = 25pF</p>  | <p>Q₅ : 2SK213 Q₆ : 2SJ76 V_{DS} = 140V I_D = 500mA P_D = 1.75W g_m = 40mS C_{iss} = 90pF</p>  |
| <p>Q₅ : 2SA1191 Q₆ : 2SC2856 V_{CE} = 120V I_C = 100mA P_C = 400mW h_{FE} = 400 f_T = 310MHz C_{ob} = 3pF</p>  | <p>Q₉ : 78M15 (正) Q₁₀ : 79M15 (负) V_{in} = 35V I_L = 0.5A V_o = 15V</p>  |

位器可以调节放大器的增益和放大器的频率特性。低频提升量小时为 $3dB$, 很多人认为 $3dB$ 的低频提升量是最佳值(此时 $100k\Omega$ 电位器调至 0Ω)。低频最大提升量为 $7dB$ ($100k\Omega$ 电位器调至最大值)。调动 $100k\Omega$ 电位器可使放大器的频率特性和低频提升量在这两条曲线间作连续变化。

该耳机放大器的最大中频增益为 10 倍, 最小时为 7.5 倍。残留噪声极小, 最大值为 $60\mu V$ (不作校正), $6\mu V$ (用 JIS-A 曲线校正)。最小时为 $55\mu V$ (不作校正), $4\mu V$ (用 JIS-A 曲线校正)。如果折算到输入端, 其信噪比可达 $-125.5dBV$ 。

图 7 是将该放大器用作线路放大器, 负载电阻为 $47k\Omega$, $100k\Omega$ 电位器调至最大时, 即失真最大时的失真率特性。最大输出电压为 $9V$, 失真率均在 0.001% 以下, 真可谓超低失真放大器。

电视机无信号自动关机装置的制作

③ TN 948.4 电视机, 周彩元机盒王, 申彩台 无信号

11-14 从余

目前新型的电视接收机大多备有无信号自动关机功能,但是稍早一些型号的电视机则无此功能。本文介绍一种不必对电视接收机做任何改动,利用电视接收机的伴音输出信号制作的无信号自动关机装置。

一、电路工作原理

电视台在播出节目时,伴音信号无论是语言还是音乐,信号的幅度都是起伏不定的。利用这一特点即可检测出电视台是否有节目播出,有节目播出时接通电视机的电源,在广播结束之后约经五分钟自动关断电源。

图1是电视机自动关机装置的电路图。整个电路由三大部分组成,①音频(信号)放大及限幅电路、②定时电路、③工作状态指示和继电器驱动电路。

1、音频信号放大及限幅电路

来自电视接收机的伴音信号进入该装置之后首先用IC1a(μ PC1251C或者LM358)作放大限幅处理。由于该运算放大器是单电源供电的,所以只能放大正半周的信号。

IC1a的放大倍数由电位器VR1调节。最小增益为6.7倍,最大增益为31.5倍。在调整时视电视机的具体情况加以调节。运算放大器的电源电压为5V,当输出信号幅度达到了3V时波形就会出现限幅。利用放大器的限幅特性吸收电视台停止播出后电视机只有噪声输

出时约3dB的噪声电平变化。

IC1a输入端所接的二极管D1是保护二极管,在正常情况下,D1不导通。当输入电压出现过大的负压时,D1导通,可防止此时在运算放大器中出现过大的电流。

经IC1a放大限幅后,半个周期的伴音信号被馈入由D2、0.47 μ F电容、100k Ω 电阻组成的峰值检波电路,电路的时间常数约为50ms。检波电路的输出信号电平随输入信号的幅度大小变化。

检波器的输出信号经10 μ F、10k Ω 组成的交流耦合电路,将直流分量阻断只将输出信号的变化成分送入IC16作11倍放大。在IC16输出端测试点TP2处,在伴音信号幅度变化较大时可产生3V的电压。而在伴音信号幅度不变或变化很小时,TP2点的电压接近0V。

2、定时电路

定时电路由IC2a和IC2b(TC74HC132)组成,定时时间约为5分钟。在该装置的电源被接通之后,或者按动启动开关之后,由于IC2b输入端的220 μ F电解电容没有被充电或者已被放电,电容器端电压为0V,所以IC2b的输出电平为高电平,IC2a的第2脚输入电平也为高电平。如果开机后,电视机有广播节目,IC2a的第1脚输入端电平也为高电平,则IC2a的输出端第3脚为低电平。电解电容器不会被充电。当电视机开机后伴音输出端没有伴音输出(该频道无节目播出)

而只有噪声输出时,由于噪声信号的幅度几乎不变,IC2a的第1脚输入电平为低电平,IC2a输出端第3脚的输出电平为高电平,该高电平经1.5M Ω 电阻对220 μ F电解电容缓缓充电。该电路的时间常数与电阻、电解的数值有关,大致为0.7RC。由于电解电容器的误差较大,最大可达80%。所以定时时间在4分钟至7分钟之间。

当220 μ F电解电容上所充的电压超过IC2b的输入阈值电压时,IC2b的输出电平就立即由高电平变成低电平。此时晶体三极管Tr1基极电压变为0V,晶体三极管Tr1截止,继电器RL1不再有电流流过,接触点被释放。由于此时IC2a的第2脚输入端电平为低电平,即使电视机因电源被切断输出关机噪声,也不会影响IC2a的工作状态。要想重新开机必须再一次按动启动开关。

IC2选用的是TC74HC132AP(东芝公司产品),这是一种带施密特触发器的与非门电路。由于该门电路具有25%的滞后,所以在电容器缓慢充电的定时时间内不会出现不稳定的情况。

3、工作状态指示和继电器驱动

该装置设置有三个指示灯。发光二极管LED3是电源指示灯,它接在电源整流滤波电路D5和470 μ F的输出端。与它串接的2.2k Ω 电阻是限流电阻。在该装置交流电源被接通后该电源指示灯就发光。

目前耳机的阻抗大多数为32 Ω ,其中也有大至100 Ω 的。图8、图9分别给出了负载阻抗为8 Ω 和50 Ω 时的放大器失真率特性。8 Ω 负载时最大输出功率为1800mW。实

际使用时用不着这么大。50 Ω 负载时失真率很小,最大输出功率为1300mW,最大输出电压为8V。

如果希望低频提升量为3dB,不需作调整,则在安装时将100k Ω

电位器省去,反馈电路中只用20k Ω 电阻即可。

从余 编译

参考文献:日刊“无线与实验”96年第11期