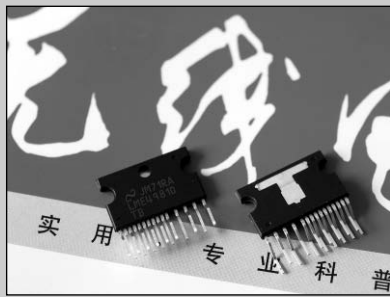


用 LME49810 制作高性能音频功率放大器（一）

原文 / Panson Poon 翻译 / 黄 彤



写在前面

尽管开关类或者说D类放大器在音频电路中的应用越来越广泛，但对于喜欢自己动手制作的DIY发烧友来说，传统的线性放大电路仍然是首选的制作项目之一。对于初学者来说，最简单也是效果最好的功放电路就是用运算放大器推动电流放大级，达到功率输出的目的。但是，能够在高电压（+/-30V以上）下工作的运算放大器并不常见，所以，通常需要在运放和电流输出级之间加上一级电压放大，这就使得电路变得复杂起来。

LME49810 是美国国半公司最新推出的功率运算放大器，有点类似于它的前辈——LM4702。它是一只高电压功率驱动器，每片只包含一个声道的电路设计（LM4702是双声道驱动器），使用这片集成电路，很容易构建出高性能的音频功率放大器。比起LM4702来，新的LME49810具有更高的驱动电流，更高的转换速率以及更完善的保护电路。不仅对初学者，而且对资深的发烧友来说，LME49810都是一片出色的集成电路。

我们现在就用这片集成电路来制作一台高性能的单声道音频功率放大器，要做立体声放大，需要做两台一样的就可以了，多声道应用也如此，要

编者按：自从2007年6月国半公司推出了LME49810等新型音频集成电路后，《无线电》杂志在第一时间拿到了一批样片，然后就开始组织相应文章介绍。Panson Poon先生是一位在香港工作的模拟电路工程师，同时爱好音响DIY 20多年，他在自己家的无线电实验室里完成了采用LME49810的实验功放电路的制作。本刊特邀请Panson Poon先生撰写了这篇文章，原文为英文，愿意练练英语的朋友，请参看本刊网站的原文。

几个声道就做几台放大器。

LME49810 的驱动和输出级采用的是双极型晶体管（BJT），是带有热补偿的射极跟随器输出级，在芯片上集成了热性能匹配的偏流二极管，消除了由于电路发热引发的工作点漂移。偏置电路对于降低功率放大器的谐波失真（THD）很重要，而LME49810内部的偏置电路使制作变得简单，这一点可以参考国半公司网站上的应用笔记。

关于 LME49810

图1是LME49810的外形图，该集成电路采用的是TO-264封装形式。图2所示的是它的内部方框图及典型的外接放大电路。先看内部电路，第一级放大，也就是图中的G1部分，采用差分跨导型的放大电路，就如同常见的分立元件放大电路一样，输入差分电压信号，输出电流信号。第2级放大（T2）是电压放大，有一个外接的

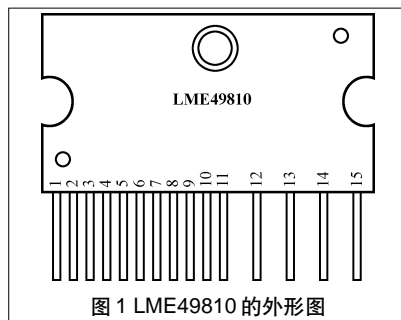


图1 LME49810 的外形图

补偿电容（米勒电容）跨接在Comp脚和BiasM（下偏置）脚之间。G2部分是输出电平检测电路，这里有2只二极管，D1和D2，它们用来提供输出级三极管（T1和T2）的偏置电压，它们连接着BiasP（上偏置）和BiasM（下偏置）脚，通过外接的发射极电阻连接T1和T2。这样看来，LME49810似乎可以独立地应用于耳机放大器，或者是有大电流输出能力的前置放大器。

从产品手册上的参数上来看，LME49810有着出色的性能，但THD（谐波失真）的特性曲线是在无负载的情况下测量的。我们先来深入探究一下当输出接有负载时LME49810的真实特性参数。

再看图2中的外部电路，它带有分立元件的输出级，在BiasP（上偏置）和BiasM（下偏置）脚之间加有偏置电压源，通常情况下，用于产生偏置电压的晶体管与输出功率晶体管共同安装在同一个散热器上，用来跟踪输出级的温度变化，提供补偿。我们注意到三垦公司和安森美公司出品的新型双极型晶体管的内部集成了偏置二极管，尽管如此，LME49810的偏置产生电路仍然是简单而有效的。我们在本次制作中采用了安森美公司的NJL3281和NJL1302功率对管来做功

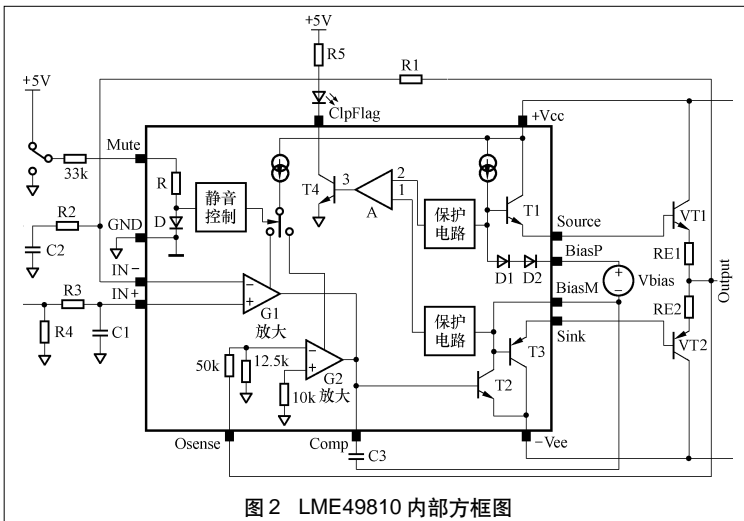


图2 LME49810内部方框图

率输出级。

在这里我们花些时间评测一下LME49810的带载特性。输出的负载电阻分别取10kΩ、1kΩ、600Ω和100Ω，测试电路见图3，直流供电电压为±63V，图4所示的是测试时使用的设备 Audio Precision System One音频分析仪。图5所示的是无负载时的频率特性曲线，我们看到低频部分的滚降是反馈环路里的电容引起的。这是2只220μF的电解电容，也可以用100μF的。为了进一步提高电路性能，可以用直流伺服电路来代替这



图3 用于测试负载特性的实验电路板



图4 测试时使用的音频系统分析仪

个电容，以达到扩展低频特性的目的。我会在以后的文章里研究这个题目。

图6所示的是在不同的输出负载下的总谐波失真(THD)，使用1kHz正弦波做测试信号。音频分析仪的带宽上限设在22kHz，从图中可以看出在10kΩ负载时，THD值低到可以忽略不计，当负载电阻降到1kΩ时THD上升到0.002%，负载电阻降到600Ω时，THD又有少量上升，当负载电阻降到100Ω时，电路的性能下降得较大，从图中我们可以计算出LME49810的输出电流被设计在60mA左右，这和产品手册上给出的数值是一致的。所以，为了达到大功率输出的目的，输出功率管的放大倍数是比较重要的。大多数功率晶体管的放大倍数是比较低的，而且在大电流输出的情况下放大倍数还会降低。好在新型的功率对管在这方面有了较大的改善，比如安森美公司的NJL3281/1302，放大倍数在100以上，而且当Ic达到5A时，放大倍数的曲线仍保持平直，参见图7。我们接下来作谐波分析，当无负载时的谐波

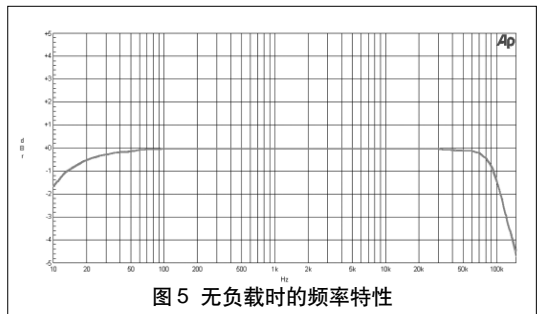


图5 无负载时的频率特性

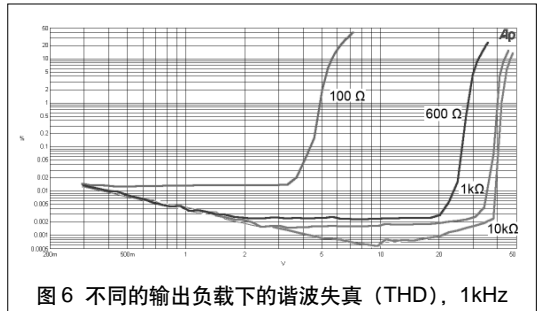


图6 不同的输出负载下的谐波失真(THD)，1kHz

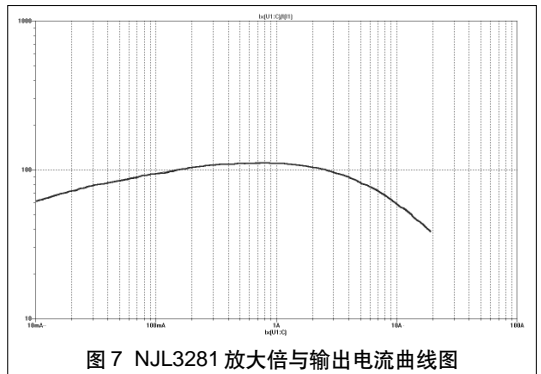


图7 NJL3281放大倍与输出电流曲线图

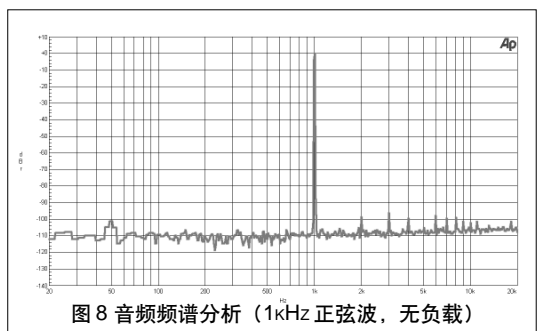


图8 音频频谱分析(1kHz正弦波，无负载)

特性曲线见图8，二次谐波和三次谐波的值均很低，很棒的说。

关于功放电路

通过上面的一系列测试，我们最终的设计电路如图9所示，输入部分由R13、R14和C7组成的低通滤波器构成，用来抑制射频干扰。C2为隔直电容，驱动级由VT1和VT2构成，根据原厂的产品手册，在电阻R8上并联了

一只加速电容 C4，驱动管基极的 R6 和 R7 用来保护 LME49810 的输出不慎短路。通过适当的限流电路可以去掉这两个电阻，这个问题我们也是以后再详细讨论。

功率输出级采用了 2 对 NJL3281D/1302D 并联，以更好地驱动 4Ω 或是更低阻抗的扬声器，R19、R20、R22、R23 用来抑制可能出现的高频振荡，取 10Ω 阻值即可。VD1 和 VD2 用来保护输出功率管，避免被负载上的感应电压损坏。VT7 及周边电路构成了偏置电压电路，在我们的制作中，VT7 也被固定在输出功率管的散热片上，我们可以通过调整电位器 RP1 的阻

值，来方便地调整偏置电流，使流过 RP1 的电流为 2.8mA。整个功放电路的反馈部分有 2 个环路，对于音频信号，反馈回路主要由 R11、R12、R30 和 C12 组成，整个功放增益为 $[1 + (R11 + R30) / R12]$ 。在更高的频率段，C11 和 C12 可视为短路，负反馈回路由推动级反馈取代了功率输出级反馈，功放增益为 $(1 + R29 / R12)$ 。这种反馈的方式增加了电路的稳定性，尤其是驱动电容性负载的时候。所以，本功放的设计比较适合于各种类型和用途的电路实验。

我们大体上了解了电路的构成，输出端保护电路和直流伺服电路并没

有在图中画出，它们将放在独立的电路板上并且将在以后的文章中专门讨论。制作过程和每一个元件的数值也将在后面的文章中介绍。读者朋友可以先按照自己需要的输出功率和电路组态计算并实

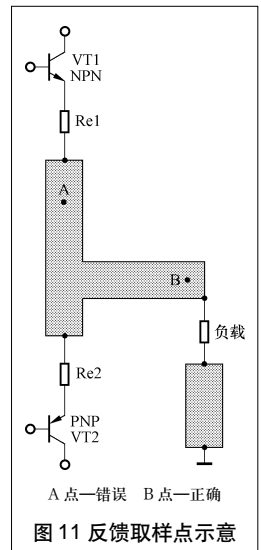


图 11 反馈取样点示意

验一下。

焊接的实例见图 10，驱动级的晶体管可采用 TO-126 或 TO-220 两种封装形式，板上预留了散热片的位置。反馈电路的取样点很重要，可以参考原厂的产品手册，实际上，PCB 上的铜箔线条不是零阻抗的，参考图 11，A 点和 B 点存在电位差，B 点才是正确的负反馈取样点，而 A 点不是。

下一次，我们将介绍输出保护电路、直流伺服电路，另外还将给出采用 LME49810 制作的 120W/8 输出功率的功放的全部元件的参数以及成品功放的实测结果。

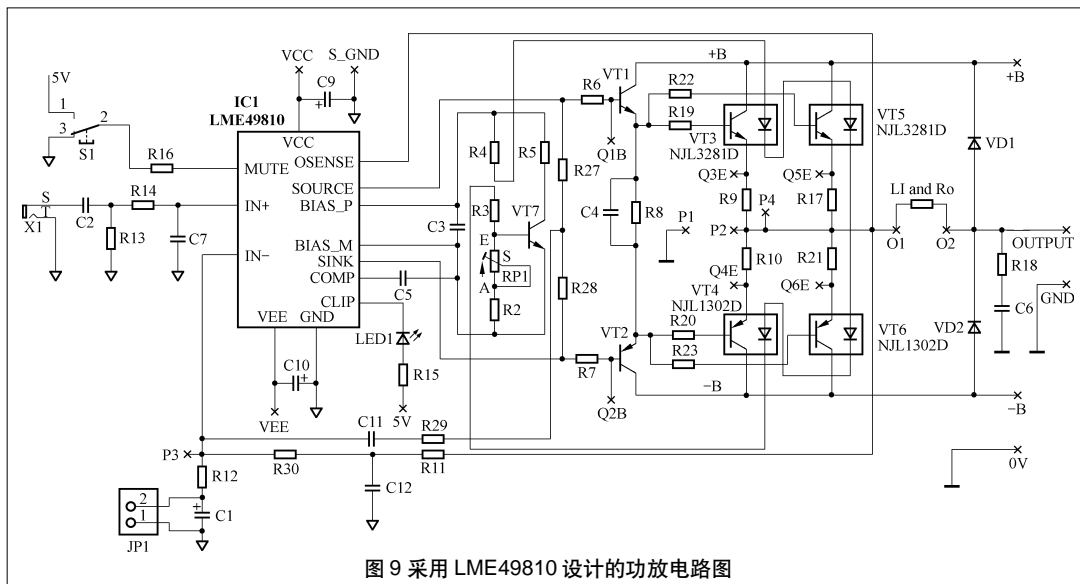


图 9 采用 LME49810 设计的功放电路图

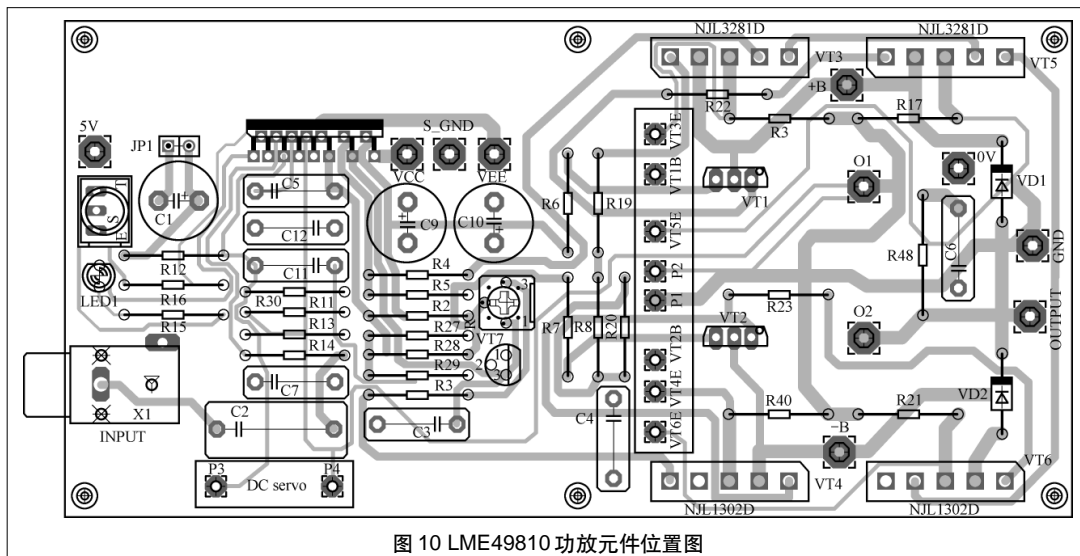


图 10 LME49810 功放元件位置图