

# LME49830TB 极高保真大功率放大器的参考设计

查询LME49830TB供应商

美国国家半导体公司  
应用注释1850  
Troy Huebner John DeCelles  
2008年7月1日



LME49830TB 极高保真大功率放大器的参考设计

## 引言

LME49830 EF125WT1放大器的印刷电路板模块展示了美国国家半导体公司生产的LME极高保真功率放大器输入级集成电路（驱动器）系列产品。LME49830是全互补双极型工艺生产的，具有56 mA（典型值）的输出电流、200V工作电压范围，为音频应用优化的输入级集成电路。以56 mA的驱动电流，该器件可驱动多种大功率管，从而获得高输出功率。

LME49830的低噪声和极低失真的性能，结合用户可调整的补偿方案能得到精密可控的、高动态的音频试听体验。用户可调的补偿使高频失真最小，并得到优化的压摆率和功率带宽。集成电路的高性能水准、特性以及用户定制，使驱动器成为一个高可靠性、独特的高功率放大器的输入级解决方案。

尽管放大器模块提供了一个方便性能验证的方案，但它

也能在所需的测试环境里验证方案的音响性能。为验证音响性能，目前的解决方案已在一个专门的音响室内经过试听评估。

## 概述

若结合恰当设计的高电流输出级，并具备适当的热管理功能，LME49830集成电路可支持超过1kW水平的输出功率。图1显示了使用LME49830的一个典型功率放大器的简单原理图。通过提供一个高可靠的、有稳定表现的低失真输入级，LME49830简化了功率放大器设计。外加一个输出级以及一个简单的直流偏置电路，最终构成一个极高保真的功率放大器。起初LME49830是为采用MOS场效应管的输出级而设计的，但也可用于采用其它器件的输出级。其结果是，对于直流偏置电压在16V范围内的输出级，LME49830几乎可以和任何所需的MOS场效应管一起使用。

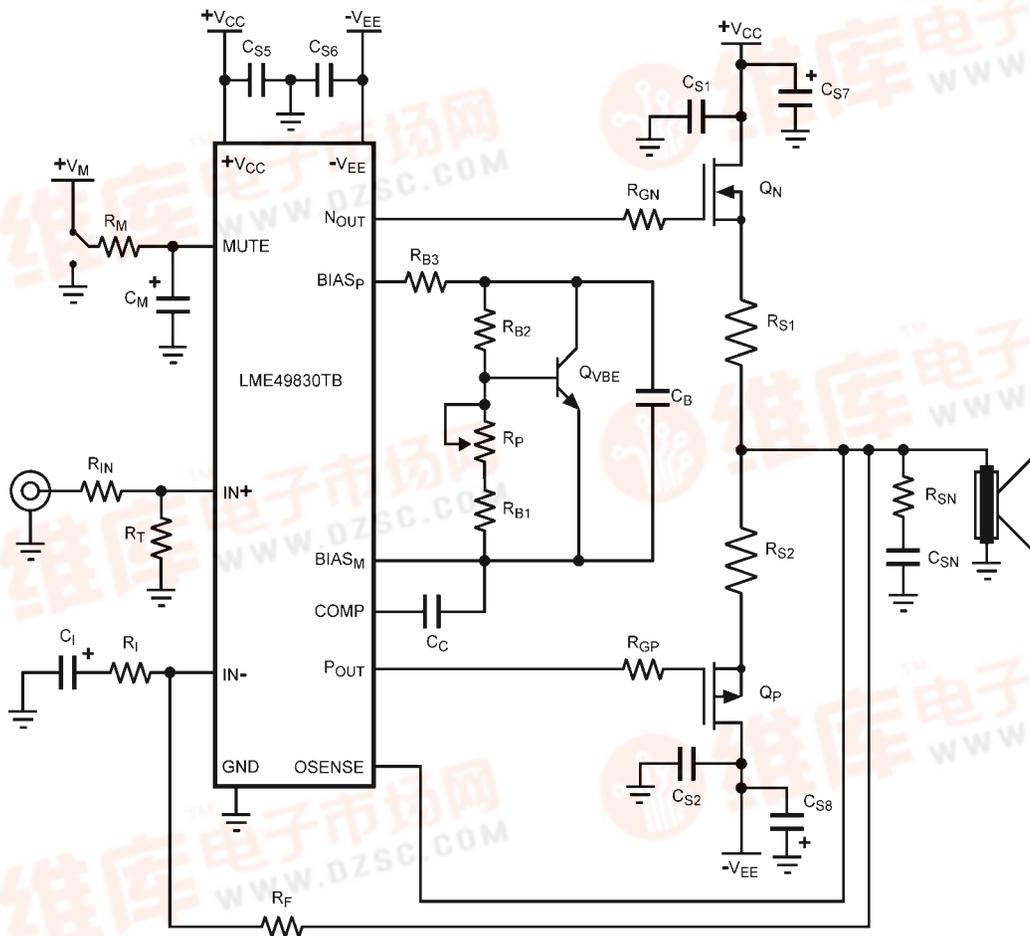


图1. 简单功率放大器的原理图

30063201



使用有200V工作电压范围，LME49830的放大器解决方案主要受限于功率输出级的晶体管数量，并结合足够的热量管理功能，保持功率管工作在其安全工作区（SOA）内。

LME49830可以与许多不同拓扑结构的输出级配置使用，提供个性化的、定制的最终产品。图2所示为每边使用三个并联晶体管构成的普通源极跟随器输出级。

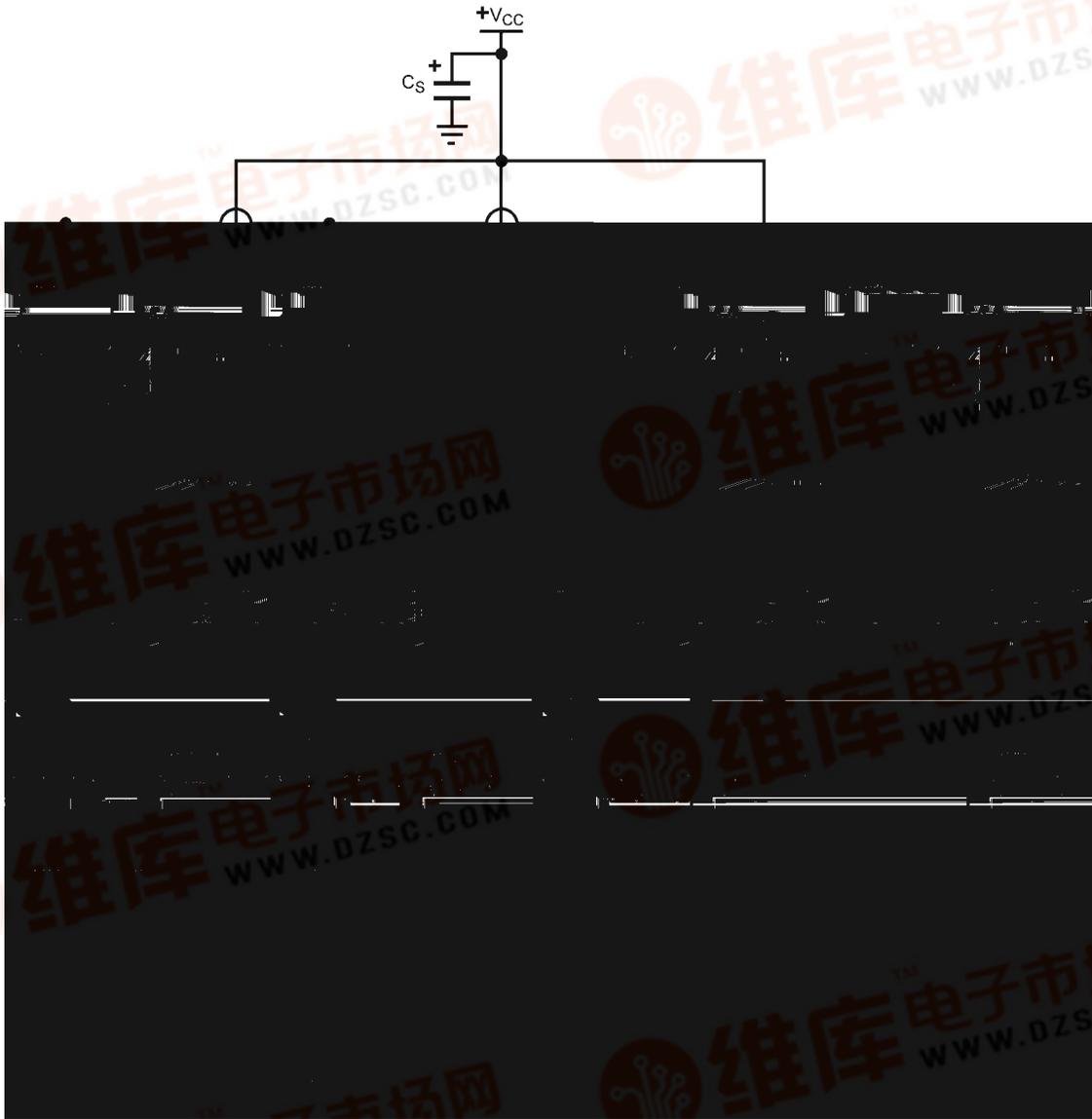


图2. 源极跟随输出级

30063202

## 工作原理详述

EF125WT1场效应管印刷电路板完整的放大器原理图如图3所示。下面的讨论涵盖电路各个部分的要点和解释。放大器模块是每边两个MOS场效应管的输出级，由LME49830直接驱动。对于每边仅有两个器件的输出级，不需要额外的电流增益级来获得更高的输出级驱动电流。具有56 mA（典型值）驱动电流能力的LME49830能为高压摆率提供充沛的驱动

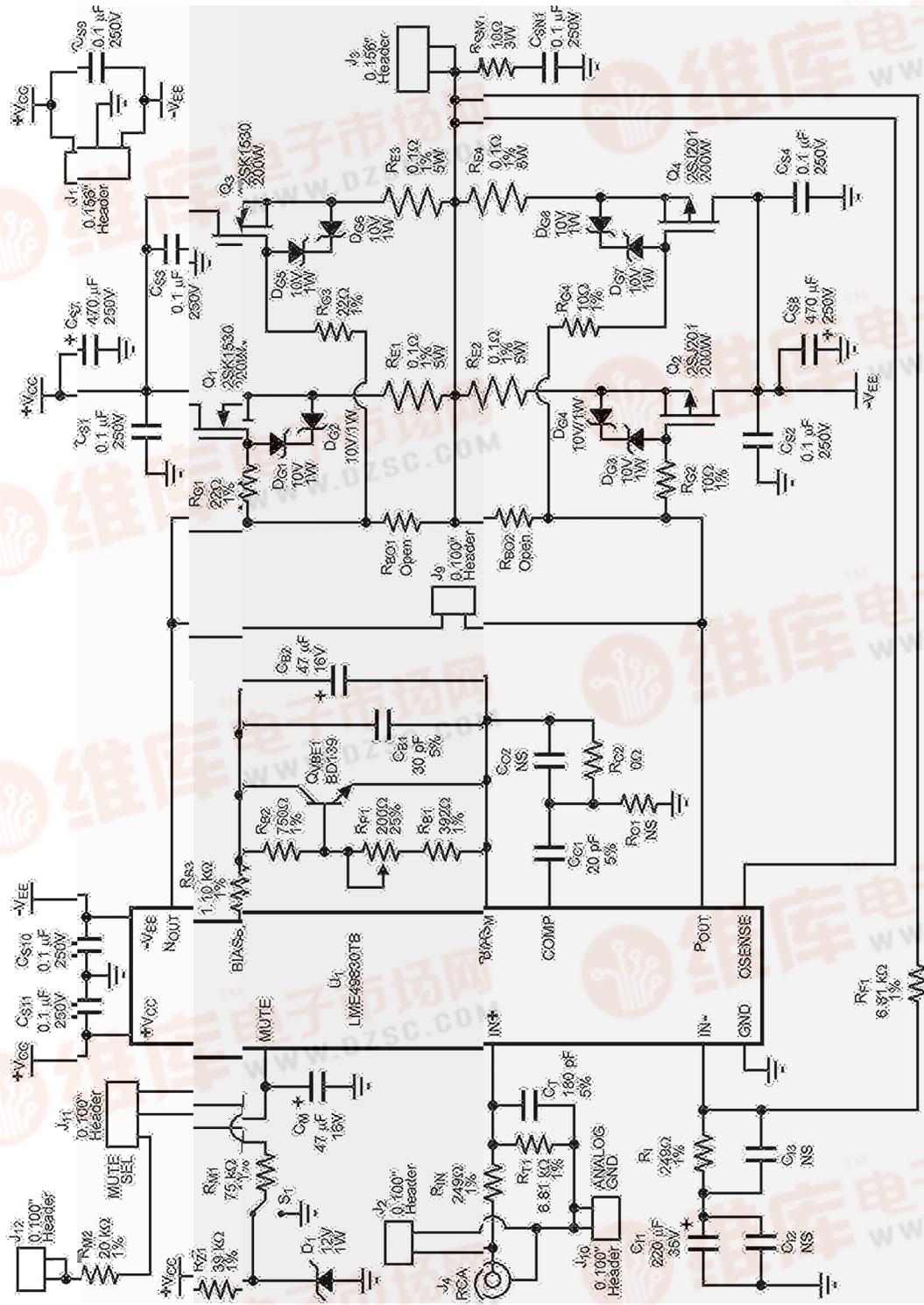
电流以及出色的总谐波失真（THD）指标。对于器件数量更多的输出级，LME49830的驱动电流或许不能满足设计规格。

当运行在 $\pm 60\text{V}$ 的电源电压时，对于1 kHz信号，LME49830放大器模块可提供的输出功率水平如下。

负载	0.1% THD+N	1% THD+N	10% THD+N
4 $\Omega$	335W	350W	430W
8 $\Omega$	175W	185W	230W



查询LME49830TB供应商



30063210

图3. LME49830 EF125WT1场效应晶体管放大器印刷电路的原理图



要强调的是，LME49830 EF125WT1场效应管放大器的印刷电路板模块包含齐纳二极管保护机制。为安全起见，最基本的措施是在评估电源上设置一个恰当的电流限制。

对于EF125WT1场效应管模块的电源电压限制是， $V_{DSS}$





多股绞合线将低阻的电源连到印刷电路板，并且用尽可能短的信号线连接。[查询更多30TB供应商](#)

## 地线连接的优化

图4所示为一个详细的连接图，对于纯净的信号地线连接展示了带二个选项的优化连接。特别要注意的是，从信号

发生器接地GND到电源的星形接地必须分开连接，这在输入和输出之间提供了一个基准。对于纯净的接地GND，仅可使用图4中的一个选项。这是因为，在输入级与放大器印刷电路板模块上的输出级电源旁路电容之间没有电气接地连接，特意这样做的目的是消除输入和输出级之间地线电流的相互干扰。

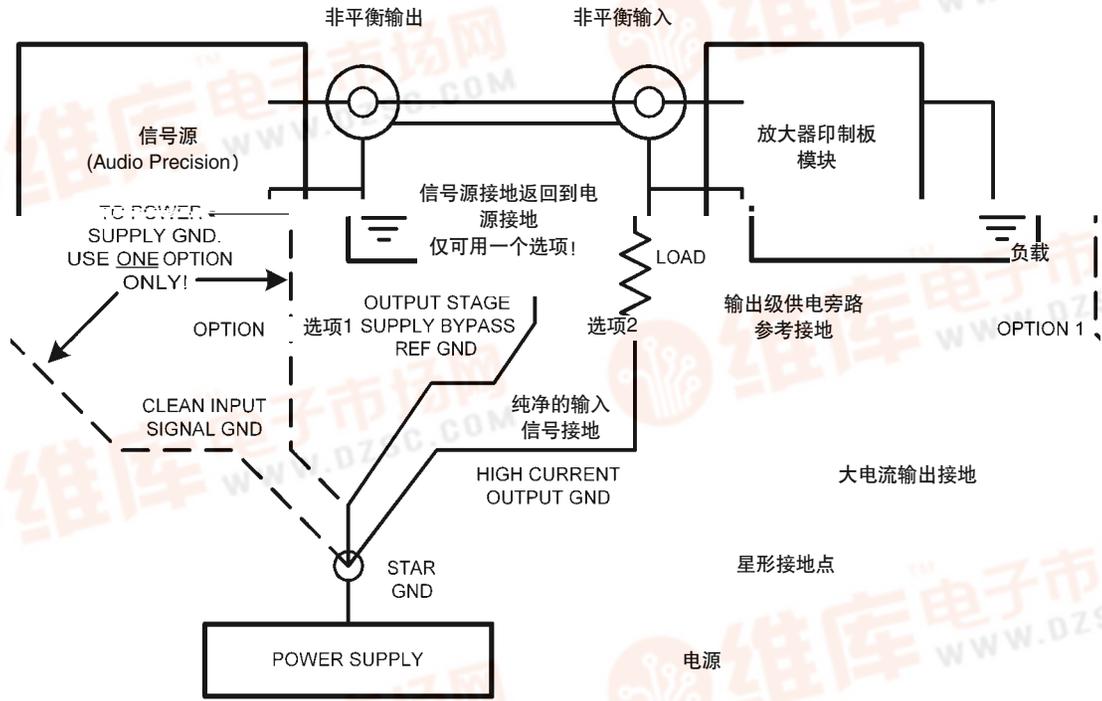


图4. 放大器模块试验地线的连接

30063204

如果信号源到电源接地点没有地线回路，其输出将会悬空，并从电源的正极吸收大量电流。因此重要的是，无论从Audio Precision信号源接地还是从印刷电路板上的模拟接地 $J_{10}$ ，将低电平的纯净信号接地参照点返回到星形接地点，一般只能有一个连接能给出最好的THD+N特性。

还要注意，在印刷电路板上没有输出负载地线回路的连接。特意这样做就是为了确保大电流的输出地线回流到星形接地点。

为了获得极低失真的测量，使示波器底板地线连到电源星形接地点上，而不使用示波器探针的地线夹，这也是重要的一点。使用示波器的探针接地线夹连到模拟接地AGND，在探测输出级时可能使失真显著增大。

由于印刷电路板上大容量储能电容的物理尺寸限制，希望用户对低阻电源或大电容器均使用低电感连接。

为了在实验室条件下获得最小的放大器失真，推荐在实验室电源到放大器印刷电路板模块之间使用高容量的储能电容器。同时也建议在储能电容器和放大器模块之间保持尽可能短的连接。为了在实验测试中获得本文说明的性能，对每个电源轨应使用39,000 $\mu$ F的储能电容器。

## 静音功能

EF125WT1场效应管放大器模块里有一个用于静音电路的参考电压，如图5所示。这一参考电压允许加到LME49830上的电源电压可以变化，无须不断地调整静音电阻。使用板上的(+12V)静音电压时，设定静音电流为160 $\mu$ 。通过 $J_{11}$ 和 $J_{12}$ 连接器可使用一个2.6V到5V的外部静音电压，拟或用户要得到任何期望的电压，可以调整静音电阻 $R_{M2}$ 。



[查询LME49830TB供应商](#)

图 6. 增益和低频响应

图5. 静音电路的参考电压

有关静音电路正确工作和基准电压设定的详细设计信息，可在LME49830数据手册中查到。同时也可在数据手册中看到，对音频信号的静音衰减能达到-120 dB的极好水准。LME49830的静音功能有平滑的开/关转换特性，这也使开/关机的噪爆音最小。在MUTE引脚加装一个电容器可完全消除噪爆音，也引入了改变模式时产生延迟的折衷问题。在EF125WT1场效应管印刷电路板上就装有一个47 $\mu$ 的静音电容器，实际上对静音模式的转换具有最小的延迟。

### 增益和频率响应

放大器模块被配置成一个正向放大模式。其增益由下式给定：

$$A_v = 1 + R_{F1} / R_i \text{ (V/V)}$$

$R_{F1}$ 设计为

表3. 推荐的MOS场效应管功率器件

制造商	N沟场效应管	P沟场效应管
Toshiba	2SK1530	2SJ201
International Rectifier	IRFP240	IRFP9240
Renesas <sup>(1)</sup>	2SK1058	2SJ162

(1) Renesas的器件与Toshiba和IR的器件相比有不同的引脚定义（源级和漏级引脚相反），需要用不同的印刷电路板。

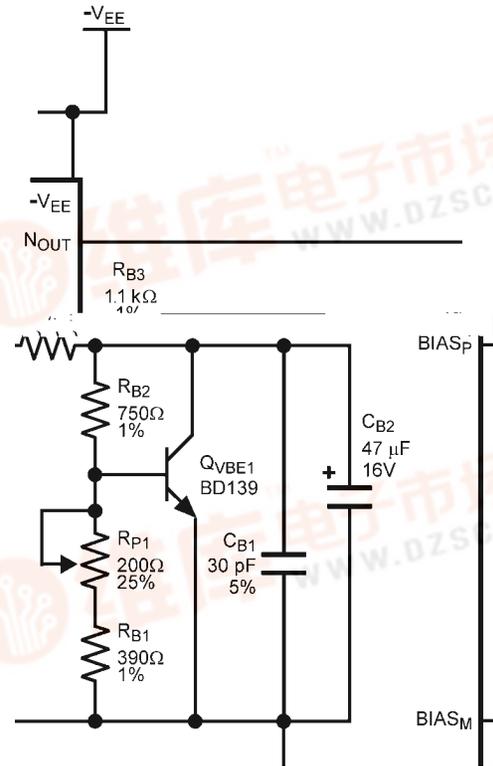
LME49830的最大直流偏压可达16V，几乎可与任何MOS场效应管器件一起使用。由于LME49830的高输出驱动电流，对于功率非常高的放大器应用而言是理想的选择。

### $V_{BE}$ 倍增器

LME49830的BIAS<sub>P</sub>和BIAS<sub>M</sub>引脚可用于建立输出级的直流偏置。为了在期望的电流和温度交叉点上获得稳定的偏置，按照器件的特性和设计要求，可能需要一个热补偿电路。不带补偿的偏置电路只是在LME49830的偏置引脚之间连接一个电阻或电位器，和一到两个电容器。EF125WT1场效应管印刷电路板的输出级里用的器件是Toshiba 2SK1530/2SJ201，并使用了带热补偿的 $V_{BE}$ 倍增器组成的偏置电路。

须在散热片上紧靠功率管直接安装 $V_{BE}$ 倍增器晶体管，能感应出与公共散热片上温度梯度有关的器件温度。有了正确设计的 $V_{BE}$ 倍增器电路，输出级的偏置电流在器件的工作温度范围内可保持相对稳定。

由晶体管 $Q_{VBE1}$ 以及相关的电容和电阻构成的 $V_{BE}$ 倍增器电路如图7所示。输出级的偏置通过电位器（ $R_{P1}$ ）作初始调节，以便优化电路，获得最小的交越失真，达到期望的音质和A类，B类，或AB类工作模式。

图7. 输出级直流偏置的 $V_{BE}$ 倍增器电路

直流偏置电压可用伏特表在连接器 $J_9$ 的引脚1和引脚2之间测得。也可在输出级的栅极之间测量。当电位器 $R_{P1}$ 调到最小时，输出级总偏置电流约为500 mA。当调到最大时，输出级总偏置电流约为175 mA。在出厂前，为保证所有的性能数据，设定EF125WT1场效应管模块的偏置电流约为225 mA。其等效于输出级每个功率管的静态电流约为112 mA（±60V下每个电源轨电流约为250 mA）。改变 $R_{B2}$ 的阻值到620 $\Omega$ 将改变偏置电流的范围，大约为115 mA到325 mA。

应注意，为了方便地分析输出级偏置变化对性能的影响，可用电位器 $R_{P1}$ 调整偏置。一旦直流偏置电压被确定，在最终的设计中可用一个简单电阻代替电位器。

还请注意， $V_{BE}$ 倍增器的端子对加载非常敏感，所以在获取任何特性测量时，请确定从直流偏置的监测连接器 $J_9$ 上断开万用表或示波器的探针。

晶体管 $Q_{VBE1}$ 的热特性并不与输出级MOS场效应管的热特性严格匹配。为了更紧密地在温度上匹配输出器件，使其获得稳定的偏置电流，用一个另加的、与温度无关的偏置电阻 $R_{B3}$ 来调整偏置电压。由于减少了晶体管 $Q_{VBE1}$ 的 $V_{BE}$ 电压的影响，这个电阻改变了偏置电压对应温度的曲线斜率。

以下等式表示了电压调整电阻和 $V_{BE}$ 倍增器输出电压 $V_{CE}$ 之间的关系。

$$V_{BIAS} = (R_{B3} * 2mA) + V_{BE} [1 + R_{B2} / (R_{B1} + R_{P1})]$$

对于AB类放大器设计，选择偏置电流使交越失真最小，

同  
置电流可以降低谐波失真水平。在某些工作点上，增加偏置电流只降低少量的失真，并导致功耗加大。必须在总谐波失真的性能和功耗之间折衷地选择偏置电流水平。

在AB类放大器的设计中，为了获得好的性能，MOS场效应管输出级的偏置电流比双极型晶体管的要大。各种输出级方案所要求的偏置电流量完全取决于用户的喜好和/或目标规格。表4是在不同的总电源电流设置下，22 kHz测量带宽时，在8Ω负载上加载1kHz 10W的信号所测到的THD+N值。LME49830的电源电流约为25 mA，因此输出级的偏置电流等于总的电源电流减去25 mA。

表4. 偏置电流和实测的THD+N

每路电源的电流	10W/8Ω, 22kHz 带宽下的1kHz THD+N
50mA	0.00364%
100mA	0.00176%
150mA	0.00120%
200mA	0.00089%
250mA	0.00078%
300mA	0.00070%
500mA	0.00067%
1A	0.00067%

表4说明，若每路电源电流在200 mA到300 mA的范围内，能得到低幅值谐波和可接受的功耗。

不同的偏置电流水平在下面的图形和示波器照片中显示。每个曲线图形都用1 kHz，10W输出功率的信号加到8Ω电阻负载所得到。每张示波器图片显示了输入和输出信号加上时域残留失真。设置了测量设备对测试信号的基频陷波。相对于0 dB基波被衰减了-110 dB以上。设定8Ω负载上10W信号对应的电压为0 dB。图形显示了当偏置电流不足时，如何引起频域中THD的变化，其中主要是交越失真。欠流偏置也表示为快速富里叶变换（FFT）频谱图上大量的高幅值谐波。

不同输出级偏置电流下的交越失真水平如图8中THD+N关于频率的曲线所示。所有曲线都是在8Ω负载上的10W输出功率水平，80 kHz测量带宽下测得的。

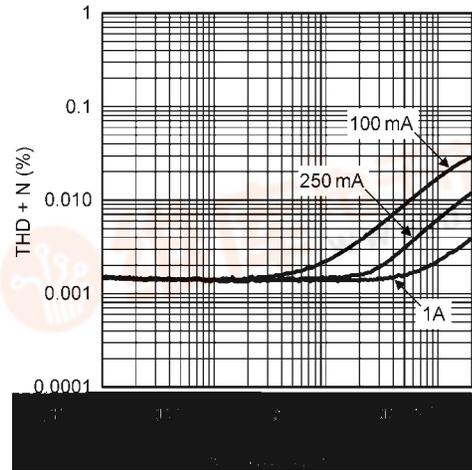


图8. THD+N与频率和偏置电流的关系

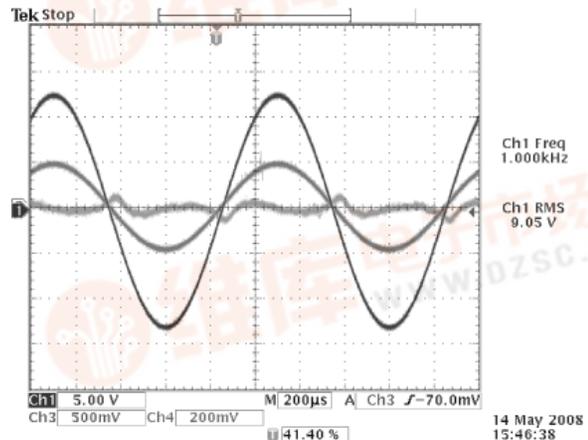


图9. 100 mA偏置电流时的残留失真

一个欠流偏置的输出级表现为在输出电压过零处的狭窄而又尖锐的残留失真脉冲。

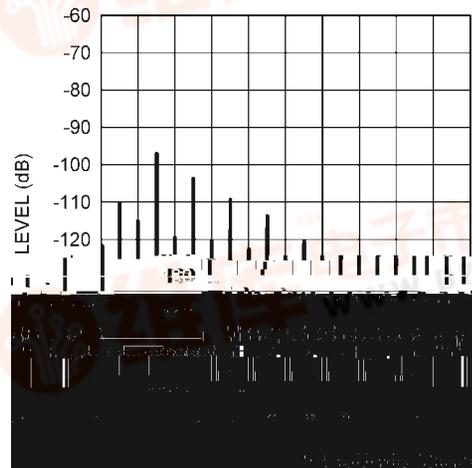


图10. 100 mA偏置电流下输出的快速富里叶变换（FFT）



[查询LME49830TB供应商](#)

除了~~在过零处~~能看到很小的脉冲毛刺外，正确偏置的输出级显示了一条平坦的残留失真曲线。

注意，伴随非常小的交叉区残留失真，与此残留水平相应的放大器的THD+N是0.00078%。



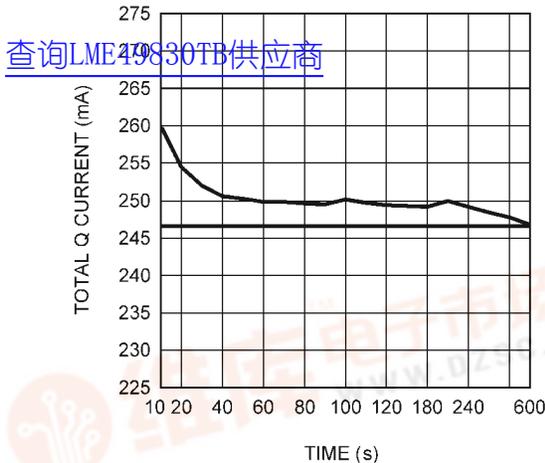


图15. 偏置电流与时间的关系

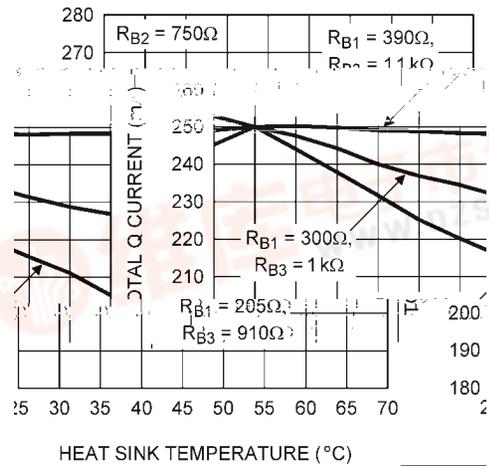


图16. 偏置电流与散热

测量确切的分离器件瞬时沟道度是不可能的。从输出器件的PN结或沟道散热沟 $\pi$ 晶体管 $Q_{VBE1}$ 以及晶体管 $Q_{VBE1}$ 封装的热阻，在的温度梯度。当输出器件产生功率输出时（比静止时消耗更的功率），从输出器件沟道晶体管 $Q_{VBE1PN}$ 结的温度梯度将比静止时要大。热阻相地为一常数，随着功耗的增加，度梯度也呈线性增加。当沟道度高于偏压设置时的温度时，输出器件的电流会更。随着沟道凉和沟道 $Q_{VBE1PN}$ 结的温度梯度等于静止稳使，输出器件的电流会减少。图15显示了这种现象，即在断输入信号的初始，总电流比较高，然后在10分钟后回稳下的偏置水若40秒钟内偏置电流就已返回稳偏置电流上下约4 mA以内。使用不同的散热

图16表示了偏置电流随散热 $\pi$ 度达30°C时，偏置电流被设定，并所有热梯度建立在一个稳模式上。设定 $R_{B2}$ 为750 $\Omega$ 改变 $R_{B1}$ 和 $R_{B3}$ 的阻值可看，为了在热

（过补偿）。图16和图17的数是在条件下（没有输入信号），当散热50°C时测的。于更散热温度的测，可驱动负载将散热87°C，当散热温度降时记录电流数。这是因为驱动信号时温度梯度较大，故在70°C处，相应温度梯度接近稳条件下采集数。欲去除不同的偏置设定，通常将偏置电流设为250 mA。

随散热公 图17所示。分比变化以散热30°C时的偏置电流为基准线。

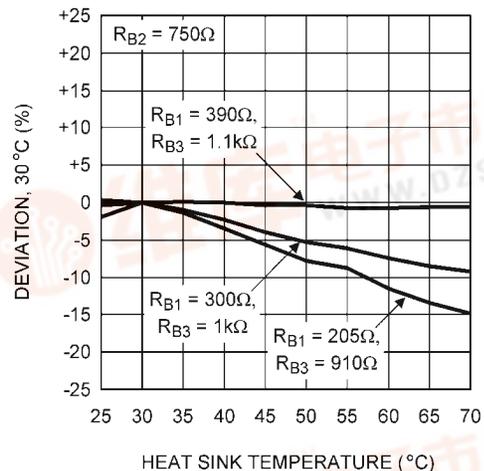


图17. 偏置电流变化百分比与散热

基于以上数，设定偏置电阻 $R_{B1}=392\Omega$ ， $R_{B2}=750\Omega$ ，以及 $R_{B3}=1.10\text{ k}\Omega$ 。

### 偏置步骤

何时设置输出级的偏置电流完全取决于设计者，基本上也是解决方案的诸特之一。而，重要的是应在预热一段时间之后，才建立输出级的偏置。

使放大器先预热，在大器正常运行的温度上优化失真能。之后，在规运行温度下放大器将工作在偏置点，降了失真。

一旦大器已经热到可正常工作的温度时，将直流偏置电压设置到选择的失真电平。在优化直流偏置时，通常会评估时域残留失真拟或频域的残留谐波分量。此外，在易识别高于测装置噪底的交越失真的场合下，通常会评估较

高频率下的直流偏置。甚至当使用30 kHz的测量装置的低通滤波器时，一般来说，3 kHz和5 kHz的频率就足以使人看到显著的谐波。



当采用一个20 pF的补偿电容器时，以150W驱动8Ω  
负载的功率放大器的功率带宽是10Hz - 90kHz( $\pm 0.5$ dB)和  
10Hz - 130kHz( $\pm 3$ dB)

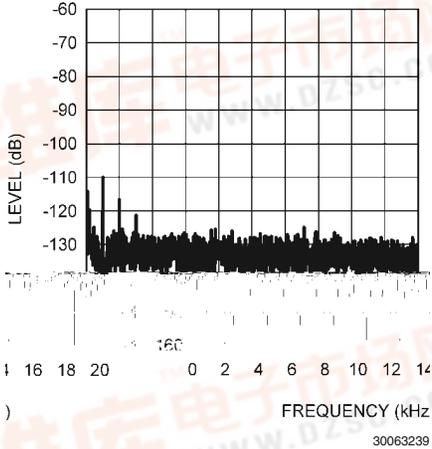


## 性能图表 ( $\pm 60V$ )

查询LMF49830TB供应商

以下数据包含放大器模块的标准音频性能图表，条件是运行在 $\pm 60V$ 电源轨电压下驱动 $8\Omega$ 或 $4\Omega$ 负载。这些性能图表显现了解决方案的高性能。

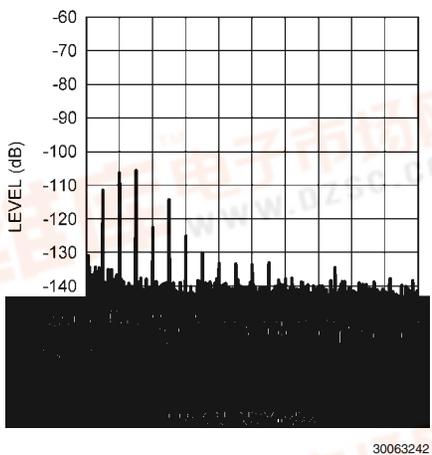
快速富里叶变换与频率的关系 (直读)  
 $f = 1\text{kHz}$ ,  $P_{OUT} = 1W$ ,  $R_L = 8\Omega$   
 带宽22 kHz



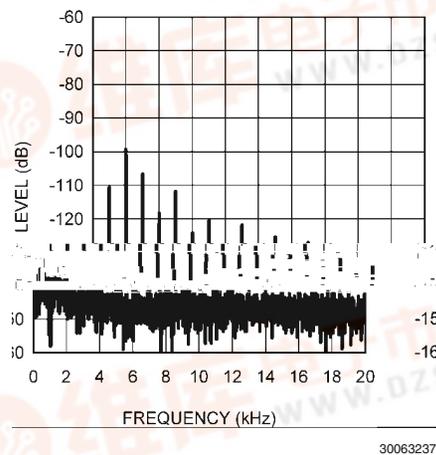
快速富里叶变换与频率的关系 (直读)  
 $f = 1\text{kHz}$ ,  $P_{OUT} = 10W$ ,  $R_L = 8\Omega$   
 带宽22 kHz



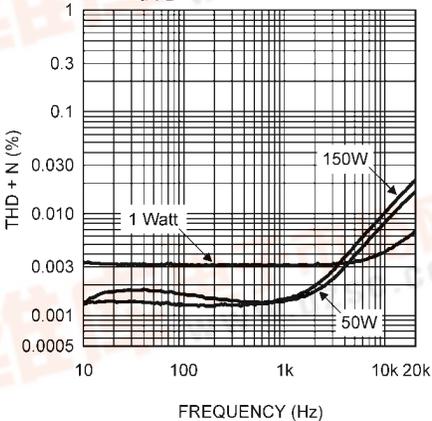
快速富里叶变换与频率的关系 (直读)  
 $f = 1\text{kHz}$ ,  $P_{OUT} = 50W$ ,  $R_L = 8\Omega$   
 带宽22 kHz



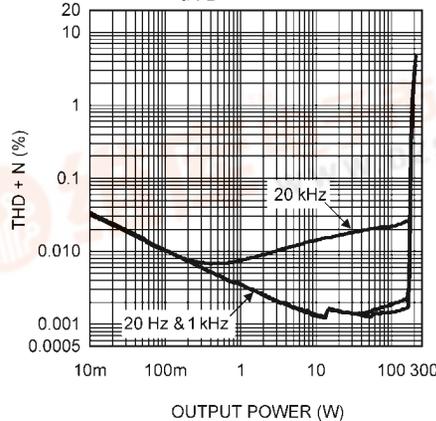
快速富里叶变换与频率的关系 (直读)  
 $f = 1\text{kHz}$ ,  $P_{OUT} = 150W$ ,  $R_L = 8\Omega$   
 带宽22 kHz



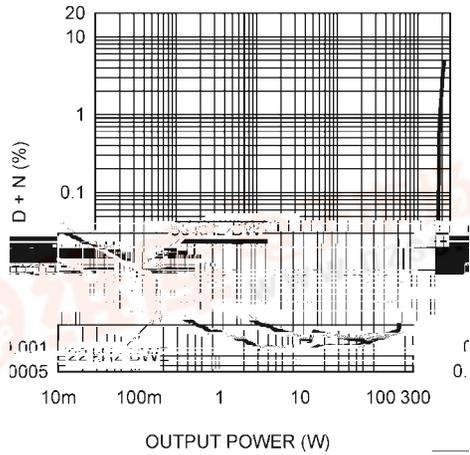
THD+N与频率的关系  
 $P_{OUT} = 1W, 50W, 150W$ ,  $R_L = 8\Omega$   
 带宽80 kHz



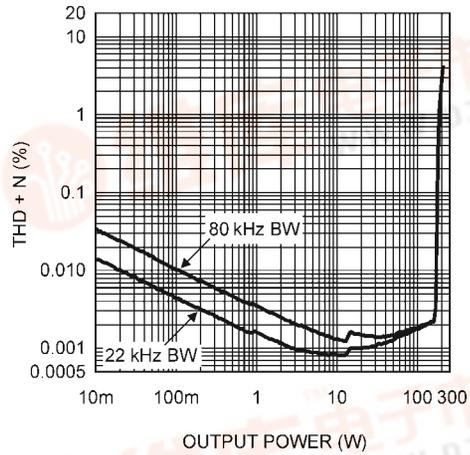
THD+N与输出功率的关系  
 $f = 20\text{Hz}, 1\text{kHz}, 20\text{kHz}$ ,  $R_L = 8\Omega$   
 带宽 80 kHz



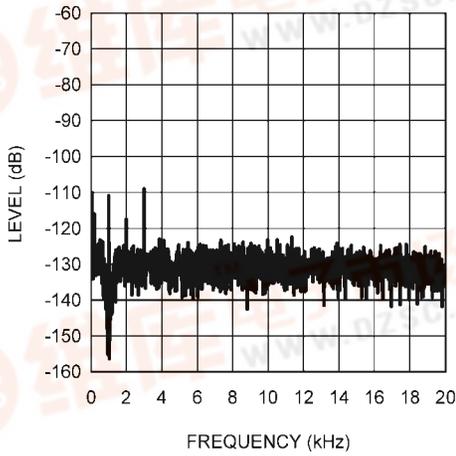
查询LME49830TB供应商



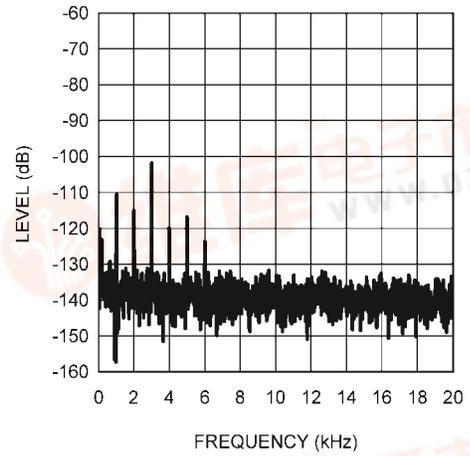
30063250



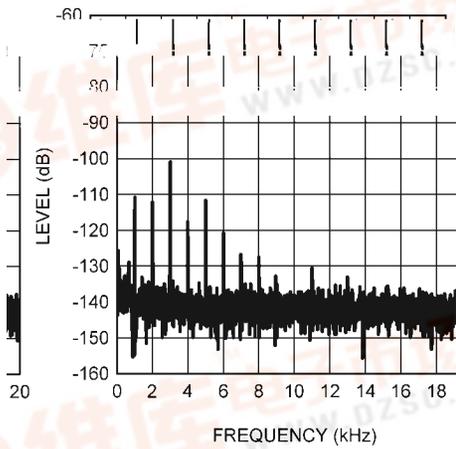
30063254



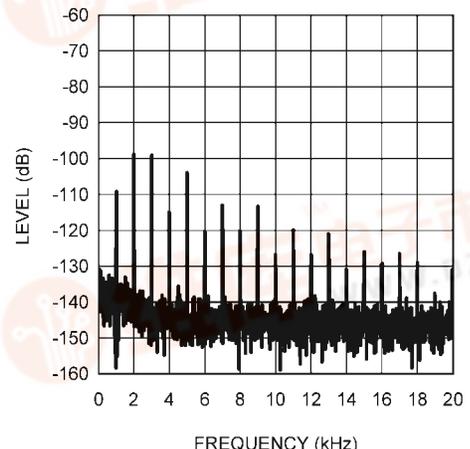
30063238



30063235

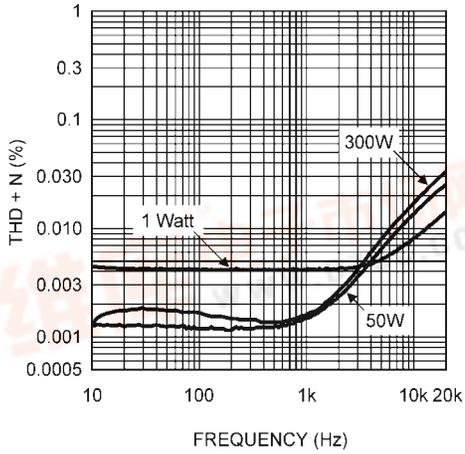


30063209



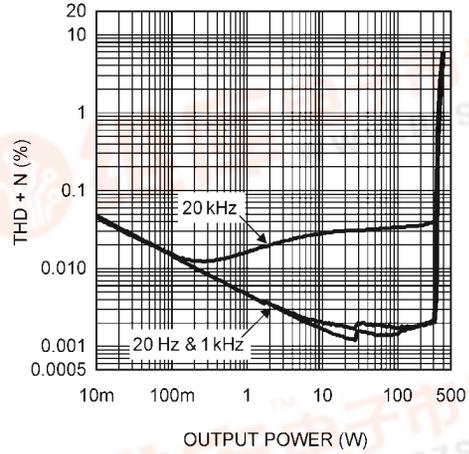
查询LME49830TB供应信息

**THD+N与频率的关系**  
 $1W - 50W, 300W, R_L = 4\Omega$   
 带宽80 kHz



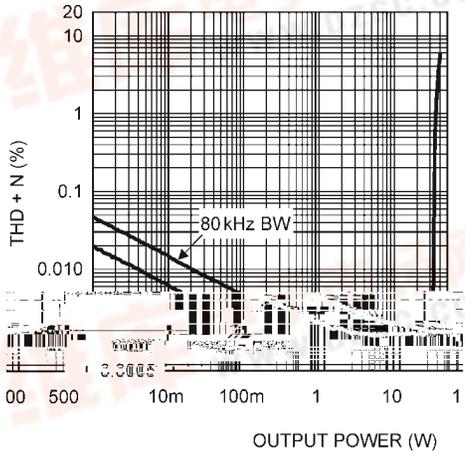
30063247

**THD+N与输出功率的关系**  
 $f = 20Hz, 1kHz, 20kHz, R_L = 4\Omega$   
 带宽80 kHz



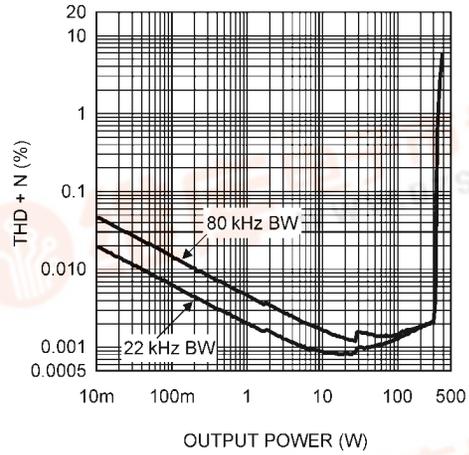
30063251

**THD+N与输出功率的关系**  
 $f = 1kHz, R_L = 4\Omega$   
 带宽为22 kHz和80 kHz



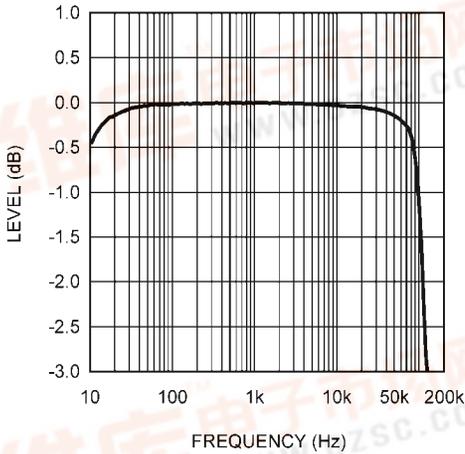
30063249

**THD+N与输出功率的关系**  
 $f = 20Hz, R_L = 4\Omega$   
 带宽为22 kHz和80 kHz



30063253

**频率响应**  
 $P_{OUT} = 300W, R_L = 4\Omega$



30063231



电路板布局视图  
[查询LME49830TB供应商](#)

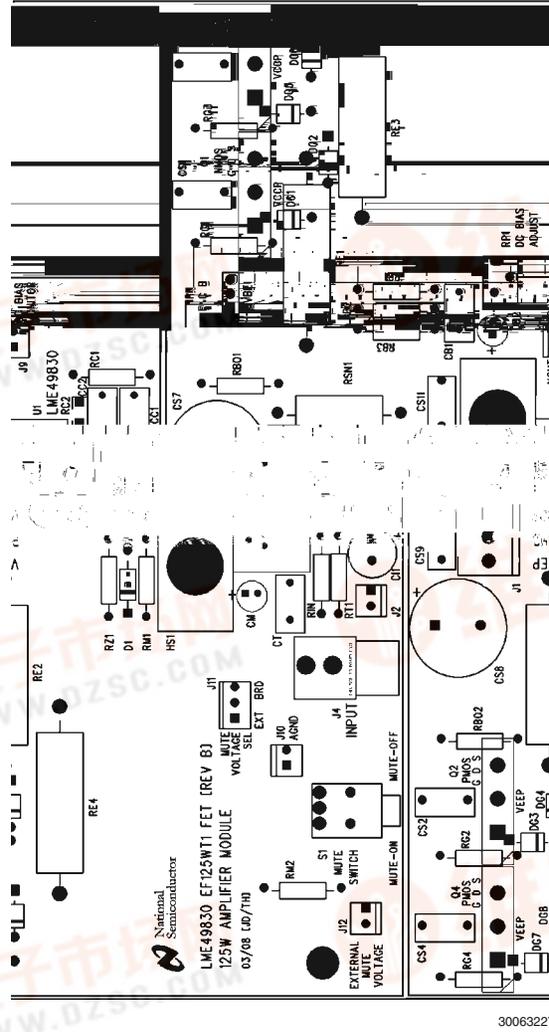


30063226

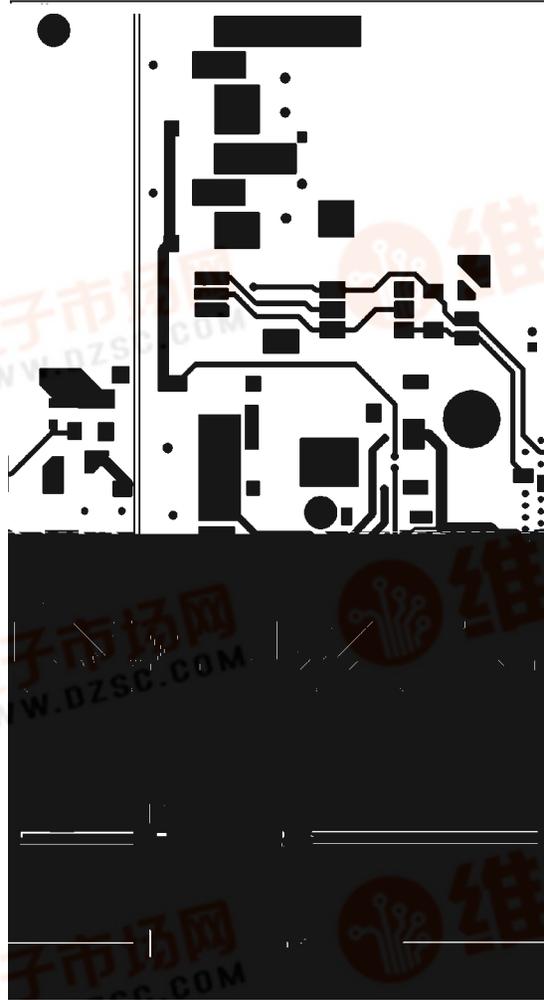
图21. 印刷电路板的复合顶视图



[查询LME49830TB供应商](#)



[查询LME49830TB供应商](#)



30063228

图23. 印刷电路板的顶层视图



[查询LME49830TB供应商](#)



30063225

图24. 印刷电路板的底层视图



# 元件清单

[查询LME49830TB供应商](#)



元件标号	数值	允许误差	说明	制造商	器件型号
RC2	0Ω	5%	¼瓦金属膜, SMT1206 (3216)	Panasonic	ERJ-S080R00V
RB1	392Ω	1%	¼瓦金属膜, 轴向穿孔插装	International YageoCorp.	MFR-25FBF-392R
RB2	750Ω	1%	¼瓦金属膜, 轴向穿孔插装	International YageoCorp.	MFR-25FBF-750R
RB3	1.10kΩ	1%	¼瓦金属膜, 轴向穿孔插装	International YageoCorp.	MFR-25FBF-1K10
RP1	200Ω	25%	0.2瓦单匝电位器, 穿孔插装	BournsInc.	3306W-1-201
RIN, RI	249Ω	1%	¼瓦金属膜, 轴向穿孔插装	International YageoCorp.	MFR-25FBF-249R
RT, RF1	6.81kΩ	1%	¼瓦金属膜, 轴向穿孔插装	International YageoCorp.	MFR-25FBF-6K81
RM1	75.0kΩ	1%	¼瓦金属膜, 轴向穿孔插装	International YageoCorp.	MFR-25FBF-75K0
RM2	20.0kΩ	1%	¼瓦金属膜, 轴向穿孔插装	International YageoCorp.	MFR-25FBF-20K0
RZ1	39.2kΩ	1%	¼瓦金属膜, 轴向穿孔插装	International YageoCorp.	MFR-25FBF-39K2
RBO1, RBO2, RC1			未使用		
S1	20V		单刀双掷, 开-开, 直角, 穿孔插装	C&KComponents	ET01MD1ABE
J1			3引脚, 156mil接头, 直通, 镀锡	Molex/Waldom ElectronicsCorp.	26-60-4030
J3			2引脚, 156mil接头, 直通, 镀锡	Molex/Waldom ElectronicsCorp.	26-60-4020
J4			RCA耳机插座, 印刷电路板安装, 黑色	Kobiconn	161-0097-E
J2, J9, J10, J12			2引脚, 100mil接头, 直通, 镀锡	Molex/Waldom ElectronicsCorp.	22-23-2021
J11			3引脚, 100mil接头, 直通, 镀锡	Molex/Waldom ElectronicsCorp.	22-03-2031
	6.3°C/W		LME49830散热片	AavidThermalloy	530101B00150
	0.62°C/W		输出级散热片, 4英寸长度	AavidThermalloy	65605



## 修订记录

[查询LMF49830TB供应商](#)

版本号	日期	说明
1.0	2008年7月1日	初始发布
1.01	2008年12月2日	文字编辑

维库电子市场网  
WWW.DZSC.COM

## 注释

[查询LME49830TB供应商](#)

对于上述任何电路的使用，美国国家半导体公司不承担任何责任且不默示任何电路专利许可。美国国家半导体公司保留随时更改上述电路和规格的权利，恕不另行通知。

想了解最新的产品信息，请访问我们的网址：[www.national.com](http://www.national.com)。

## 生命支持策略

未经美国国家半导体公司的总裁和首席律师的明确书面审批，不得将美国国家半导体公司的产品作为生命支持设备或系统中的关键部件使用。特此说明：

1. 生命支持设备/系统指：(a) 打算通过外科手术移植到体内的生命支持设备或系统；(b) 支持或维持生命，依照使用说明书正确使用时，有理由认为其失效会造成用户严重伤害。
2. 关键部件是在生命支持设备或系统中，有理由认为其失效会造成生命支持设备/系统失效，或影响生命支持设备/系统的安全性或效力的任何部件。

## 禁用物质合规

美国国家半导体公司制造的产品和使用的包装材料符合《消费产品管理规范 (CSP-9-111C2)》以及《相关禁用物质和材料规范 (CSP-9-111S2)》的条款，不包含CSP-9-111S2限定的任何“禁用物质”。无铅产品符合RoHS指令。



**National Semiconductor**  
Americas Customer  
Support Center  
Email: [new.feedback@nsc.com](mailto:new.feedback@nsc.com)  
Tel: 1-800-272-9959

**National Semiconductor**  
Europe Customer Support Center  
Fax: +49 (0) 180-530 85 86  
Email: [europe.support@nsc.com](mailto:europe.support@nsc.com)  
Deutsch Tel: +49 (0) 69 9508 6208  
English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171  
Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

**National Semiconductor**  
Asia Pacific Customer  
Support Center  
Email: [ap.support@nsc.com](mailto:ap.support@nsc.com)

**National Semiconductor**  
Japan Customer Support Center  
Fax: 81-3-5639-7507  
Email: [jpn.feedback@nsc.com](mailto:jpn.feedback@nsc.com)  
Tel: 81-3-5639-7560

