

LM4702

Application Note 1490 LM4702 Power Amplifier



Literature Number: ZHCA233

LM4702功率放大器

美国国家半导体公司
应用注释1490
Mark Brasfield
2006年5月



LM4702功率放大器

引言

该应用注释将会介绍几种有用的设计技术和实践，将会有助于读者应用LM4702成功地进行音频功率放大器的设计。遵循这些步骤将会使得放大器在广泛采用的

关键参数，例如THD+N (0.0006% THD)、SNR、频率响应、噪声和其他音频指标上获得较好的测试结果。此外，这些技术还可以帮助设计师完成与其他高保真放大器性能可比拟的音频放大器的设计。



20196206

图1.基于LM4702的完整100W/通道高保真功率放大器

AN-1490

电路框图

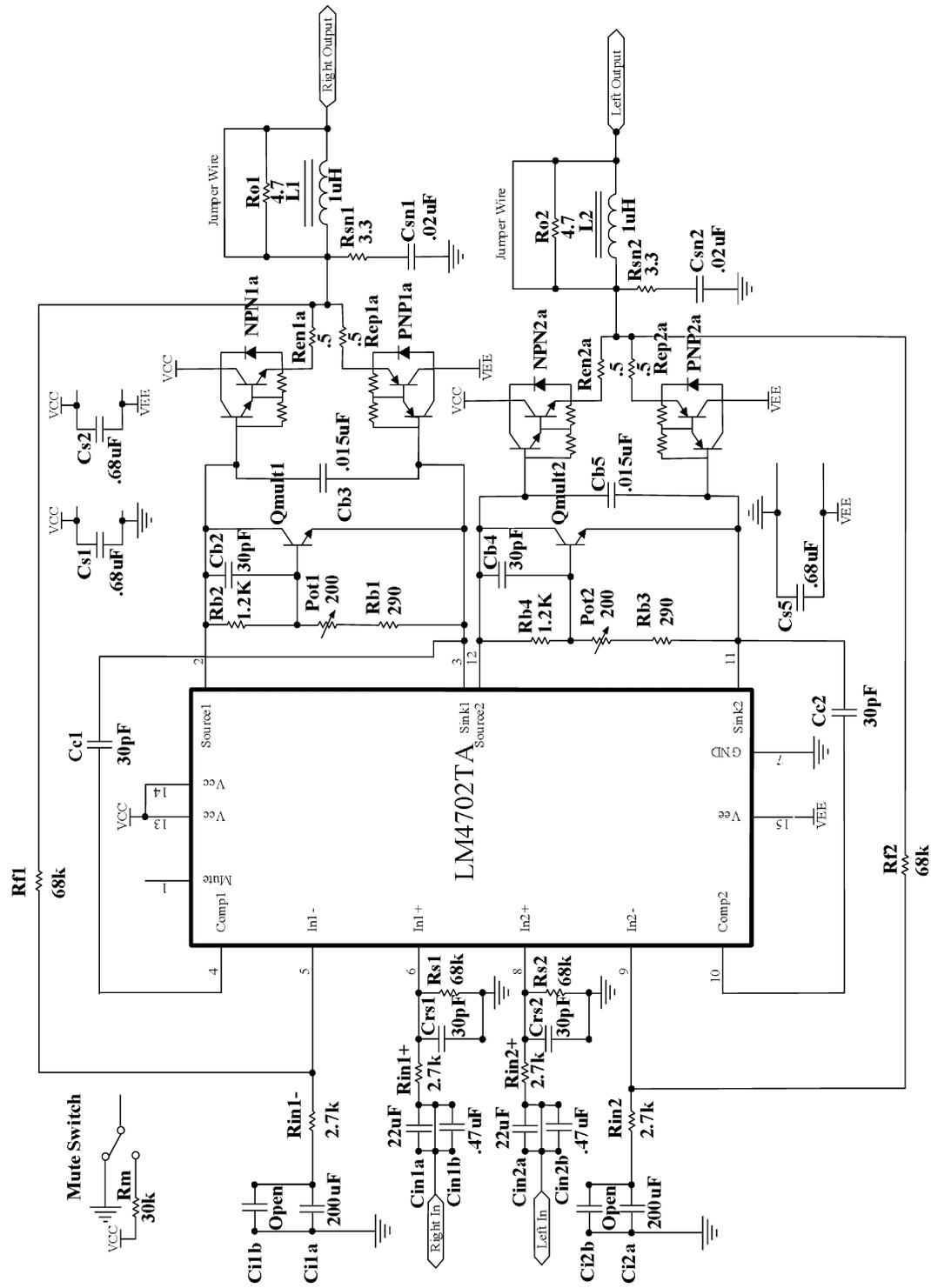


图2.基于LM4702的全互补高保真立体声功率放大器

20196202

应用信息

演示板PCB布局

如同所有的低噪声、高品质电路板布局一样，LM4702功率驱动放大器的设计也需要仔细考虑。一个良好的开端就是从接地和电源电路设计布局开始。

在音频电路布局中对接地和电源的布线采用星形连接是一个很好的习惯。星形连接是指在电路上将每个器件引出的不同走线集中返回到一个中间点上。如图2所示的LM4702演示板的布线图就是一个很好的例子。请注意如何使得所有的接地走线汇集到电路板的左侧，靠近Rs1和Rs2，并连接到电源连接器中间的两个地引脚上。同样连接到右边和左边输出插座的接地走线也会汇聚在星形地线的中间，这也是电源连接器的中间，在两个接地引脚所在的位置上。

为接地布线的星形结构同样也能够被应用于电源层布线中。这个并没有在LM4702演示板上表现的那么明显，因为输出级左右两边的电源连接器通过分离的电缆在演示板的顶端完成连接。芯片LM4702的电源是通过在电路板底部的连接器连接，星形地线的中间点也是在这里连接上的。因为从每个输出级和LM4702都有单独的走线连接到主要的电源电容，从而能有效地创建星形电源层电路。这个星形结构形成的主要原因是至互补达林顿输出器件和LM4702的电源布线必须保持独立。如果这两个电源没有保持相互独立，输出级吸取的大电流将会影响、甚至调制芯片LM4702的电源电平。这会增加失真并将会从负面影响音频输出信号的品质。

接地层和电源层必须避免相互影响。一个接地层通常是指用于数字电路板的一层大面积的铜箔。所有的IC都将它们地引脚连接至这层大面积铜箔，而且不会使用

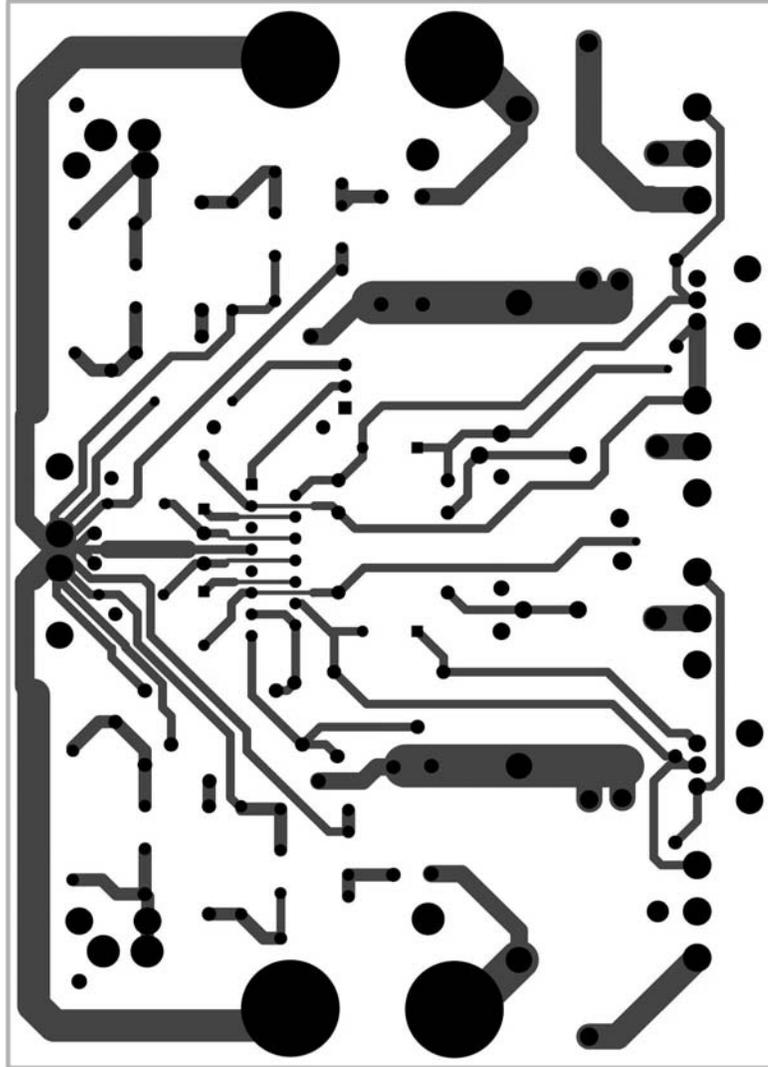
单独走线来连接到集中的接地。在一个高保真的放大器中，这将会造成接地路径之间（接地回路）的混淆并对输出信号产生不利的影响。由接地引起的最显而易见的接地回路影响之一就是很明显听到的哼声。

用分离的接地走线和电源层走线来设计一块PCB则需要额外的布局设计时间，但是最终的电路板成本不会发生变化。如果用两层板而不是通常用在数字电路中的多层板来设计电路板，实际上可以将成本降下来。

保持PCB线路图中左右通道区域的对称性是重要的。PCB布局对称意味着电路的左右部分看上去极为相似，如果布线长度和宽度相同的话那就完全一样了。在一些情况下电路板上布线图左边对右边的镜像在最终的设计中建立起了适当的平衡（相同的左右通道）测量方法。举个例子：为了在左右两个通道的电路中的达到0.0006%的THD+N，电路板上的接地连接线的长度和宽度必须相同，且差异都小于一英寸分之0.01"(.25mm)，在电路板的两侧必须有相同的几何形状。不经过如此仔细的考虑是无法实现0.01%或者更好的TND + N指标，但是对于一个普通的布局或者经过仔细设计的电路板而言，它们的最终成本将会是相同的。

关于LM4702演示板布线图另外一个值得注意的特点是在放大器电路板的顶层，连接引脚3上的Sink1端的一根走线跨过输出达林顿晶体管，而第二根走线连接到引脚11的Sink2端。经过反复布线可以发现这两根走线需要一个最小为0.1"(2.54mm)的间距来避免可能引起的振荡。因为对两边通道而言这是最敏感的点，因此在这两点之间应该不会引起任何耦合现象。这就是为什么两根线之间最小间距取为0.1"(2.54mm)的根本原因。

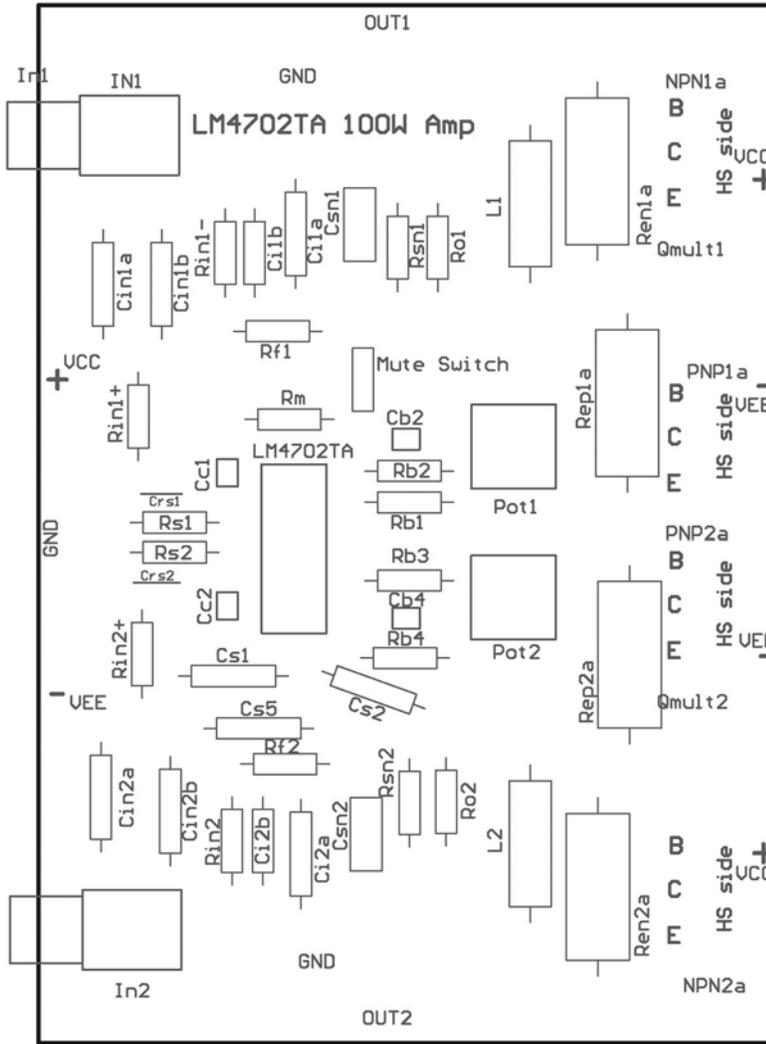
应用信息 (续)



20196203

图3.建议的PCB布局, 顶层视图

应用信息 (续)



20196205

图4.建议的PCB布局, 顶层丝网视图

应用信息 (续)

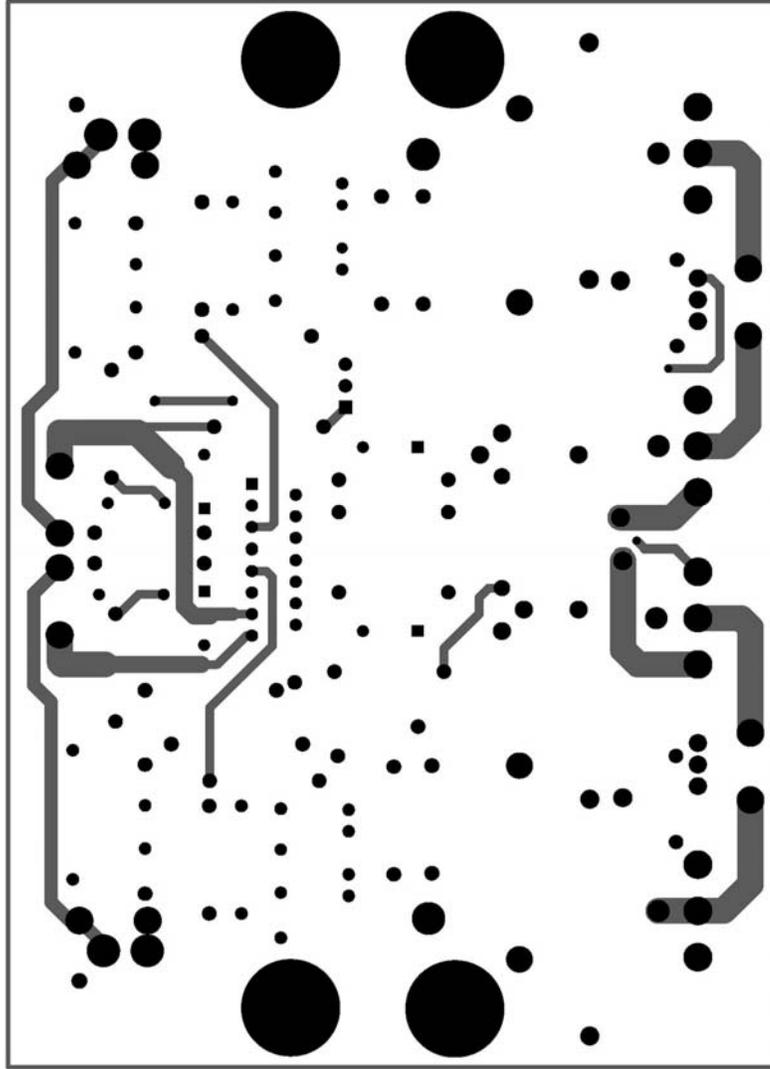


图5.建议的PCB布局，底层视图

20196204

应用信息 (续)

偏置

LM4702高压驱动器采用美国国家半导体全新的硅片制造工艺。该工艺可以在降低偏置电平的同时能保持THD+N为0.0006%的性能。

在LM4702演示放大器中通过一个外部 V_{BE} 乘法器电路来设置输出级的偏置。它同时也提供反向热跟踪能力来维持根据输出级温度变化的偏置电平。见图2所示。晶体管 Q_{mult1} 和 Q_{mult2} （当前是D44C8或者TIP31A）在物理上安装于NPN和PNP达林顿输出器件之间的散热片上，可以提供最佳的反向热跟踪性能。在LM4702上设置较低的偏置电平的功耗意味着可以实现较低的耗散功率和较低的热耗。

LM4702演示立体声功率放大器可以达到低至0.0006%的THD+N性能，其偏置电流仅有15至20mA。通过增加偏置可驱动AB类达林顿输出级进入更靠近A类工作区域，测试发现在THD+N性能或者其他的音频测量指标方面都没有任何改善。在美国国家半导体自己的专用听音室内经过严格的聆听测试也未发现有性能的改善。

在达林顿晶体管的发射极电路中，LM4702演示放大器的输出级使用 0.5Ω 的负反馈电阻。这个 0.5Ω 的电阻可提供最大的保护并确保稳定性。然而， 0.33Ω 或者更低的电阻可以用来稍稍提高输出功率。

电源设计和变压器屏蔽技术

在LM4702演示音频功率放大器中使用的电源是一个简单、未经过稳压的、全波桥式整流器结构。变压器的选择是基于屏蔽罩内尺寸的限制以及是否能够提供给每通道 8Ω 扬声器负载上100W的功率。两个环形变压器而不是一个大变压器被安装在机箱内的两侧，实现需要的VA（伏*安培）额定值，并能满足小盒子的尺寸要求。

（请参见P8-9的BOM表查找器件编号和供应商）。机箱内每侧都放置一个变压器的这种结构使得可以在放大器中为每个50V直流（正向和负向）电源轨使用单独变压器和二极管桥。

因为机箱的设计较小，两个环形变压器与电路板距离十分贴近，因而使得用“钼金属”屏蔽两个变压器以获得最佳性能变得很重要。钼金属屏蔽可以减轻变压器产生的对放大器印刷电路板上敏感电路的场干扰。环形变压器相比于铁芯变压器已具有较低的辐射场，但是成本也更高。环形变压器因为其具有低辐射磁场特性而广泛应用于高端音频设备。然而，即使具有较低水平的磁场辐射，要想达到尽可能低的失真和噪声性能仍是具有一定的挑战性。钼金属类型的屏蔽只有当其完整环绕整个环形变压器的周边时才是有效的，但是其不需要接地。

电源旁路电容

在演示板上共有两种小型 $0.47\mu\text{F}$ 薄膜类型的旁路电容，接自每个50V直流电源对地之间。此外有第三个电容 $0.47\mu\text{F}$ 跨接在50V直流轨（从正向电压轨到负向电压轨）的正负两端。这个电容放置在另外两个旁路电容的

顶端。同样有一对相同的电容跨接在两个 $27,000\mu\text{F}$ 大电源电容上。大电解电容在较高频率变得具有电感性，而容值相比小得多的薄膜旁路电容则可以旁路掉这些不需要的效应。选择低ESR值类型电容为主要的电源滤波器电容，因为其在过去的设计中已经证实可为高端音频应用提供最佳的性能。正如音频功率放大器设计中很常见的情况，电容值选择是基于什么是最大的电容值、具有最低ESR电容能有75V至80V直流耐压……并且适合装入机箱！

输出选项

LM4702器件输出驱动电流的大小被限定在5mA。演示放大器使用互补的达林顿输出级来获得所需要的电流增益，其驱动 8Ω 的负载功率可达到100W。

同样也可以应用低开启电压FET互补输出级。因为LM4702的差分输出被限定在直流6V，所以它们必须是低阈值器件。

声音品质

声音品质是一个争论十分激烈且主观性较强的话题。然而，一些人认为可听到不同设备发出的声音的差别，而且几乎所有这些差别是可以被量化的。当然若要任何单个或者一对盲样测试都是有效的，被测单元的输出电平应该尽可能匹配。建议采用一个听众在一个地点的测试输出电平的差别为0.1dB，但是已经证实1dB电平匹配是足够的。

器件选择

在美国国家半导体听音室里的测听试验中，评估LM4702演示放大器中应用的不同电路器件，其中有一个器件对测听到的信号质量的负面影响是不可否认的。在LM4702输入端的一个隔直电容降低了声音品质。在大量测听试验中，根据不同的参与者，在不同的地点，可以确信即使最好的薄膜和薄片聚苯乙烯输入隔直电容都会对音频信号路径产生负面的影响。因而建议不要将隔直电容用于中端至高端音频设备的信号路径中。因为来自其他信号源的直流失调会在信号路径中产生问题，因而建议使用直流伺服电路来防止直流失调的产生进而影响到放大器的输出端。

高保真音响爱好者出版的大量文章都讨论了不同类型的无源器件如何影响感知到的声音品质。所有在演示放大器中使用的无源器件都是标准的，都是市场上可以买到的器件。例如用在演示板上所有电阻都使用的是RN60和RN55金属膜电阻。

接线技术

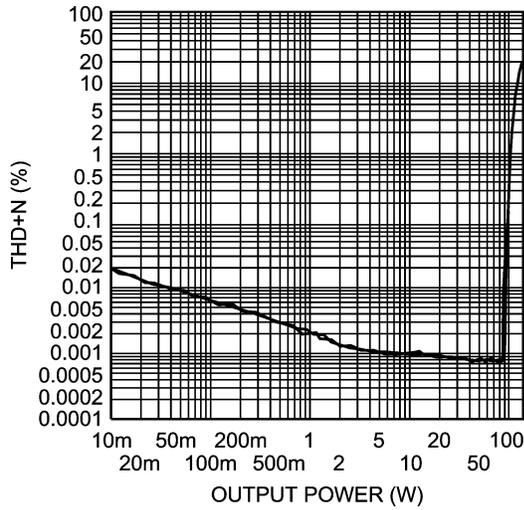
接线技术会影响到声音品质。电源布线的点对点连线，星形接地和星形供电线将会改善噪声测试并对可感知到的“声音品质”产生影响。大规格的线会减少IR损耗（电流X电阻损耗），因而会略微提高放大器的效率。好的连接也是正确构造功率放大器的基本需要。

结论

每个放大器设计过程都会产生其独特的约束条件，这是设计者所必须解决的问题，但是LM4702的简单性

将这些约束条件减到最低，并将失真保持在较低水平（在一个完整的放大器中THD为0.006%），同时可以达到无与伦比的声音品质！

THD + N随输出功率的变化



20196209

THD+N随输出功率的变化
 $R_L = 8$, $V_{supply} = \pm 50VDC$

元件清单

模拟音频LM4702TA小型100W放大器演示板

组装配件编号：980012762 – 100

项目	器件编号	器件说明	数量	参考标识	注释
1	551012762-001	LM4702 PCB	1		
2	Res 0.5 Ohm 5W	Resistor	4	Rep 1a-2a, Ren 1a-2a	Newark 02F1344
3	Res 68K Ohm 1% 0.25W Axial	Resistor	4	Rs1-2, Rf1-2	Digikey P68.0KCACT-ND
4	Res 2.7K Ohm 1% 0.25W Axial	Resistor	4	Rin1+, Rin-, Rin2+, Rin2-	Digikey P2.70KCACT-ND
5	Res 249 Ohm 1% 0.25W Axial	Resistor	2	Rb1, Rb3	Digikey 249XBK-ND
6	Res 1.21K Ohm 1% 0.25W Axial	Resistor	2	Rb2, Rb4	Digikey 1.21KXBK-ND
7	Res 30.1K Ohm 1% 0.25W Axial	Resistor	1	Rm	Digikey 30.1KXBK-ND
8	Res 3.3 Ohm 1% 0.25W Axial	Resistor	2	Rsn1, Rsn2	Digikey PPC3.3BCT-ND
9	Res 4.7 Ohm 1% 0.25W Axial	Resistor	2	R01, R02	Digikey PPC4.7BCT-ND
10	Pot 200 Ohm 1 Turn Top Adjust	Resistor	2	Pot1, Pot2	Digikey 3345P-201-ND Newark 01F7215
11	Cap Polyester Mylar 0.68 μ F 250VDC Radial	Capacitor	3	Cs1, Cs2, Cs5	Panasonic ECQ-E2684KF
12	Cap Polyester Mylar 1.0 μ F 100VDC Radial	Capacitor	2	See Drawing	Panasonic ECQ-E4105KF
13	Cap Mica 30pF 500V Radial	Capacitor	4	Cc 1, Cc2, Cb2, Cb4	Digikey 338-1076-ND
14	Cap Mica 30pF 500V Radial	Capacitor	2	Crs1, Crs2	Digikey 338-1076-ND
15	Electrolytic Cap 220 μ F 35V Radial	Capacitor	2	Ci1a, Ci2a	Panasonic EEU-FC1V221
16	Polypropylene Cap 0.1 μ F 630V Radial	Capacitor	0		Panasonic ECQ-P6104JU
17	Polypropylene Cap 0.015 μ F 1250V Radial	Capacitor	2	See Drawing	Panasonic ECQ-P1H153FZW
18	Polyester Cap 0.022 μ F 630VDC Radial	Capacitor	2	Csn1, Csn2	Panasonic ECQ-E6223KZ
19	Transistor TIP31A	Transistor	2	See Drawing	Fairchild D44C8
20	Transistor MN2488	Darlington	2	See Drawing	Newark 37C2041
21	Transistor MP1620	Darlington	2	See Drawing	Newark 37C2111
22	Connector Vert PCB 3 Pos	Connector	2	See Drawing	Molex 26-61-4030
23	Binding Post	Connector	4	See Drawing	Digikey 111-2223-001
24	Connector Vert PCB 5 Pos	Output Connector	4	See Drawing	Molex 26-61-4060
25	Connector Vert PCB 6 Pos	Power Connector to LM4702 chip	1	See Drawing	Molex 26-61-4060
26	Wire 16 AWG	Jumper	2	L1, L2	

文件修改表

版本	日期	说明
1.0	05/26/06	初始WEB发布

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。

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：

- 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。
- 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
Tel: 1-800-272-9959

www.national.com

National Semiconductor
Europe Customer Support Center
Fax: +49 (0) 180-530 85 86
Email: europa.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

National Semiconductor
Japan Customer Support Center
Fax: 81-3-5639-7507
Email: jpn.feedback@nsc.com
Tel: 81-3-5639-7560

重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权在不事先通知的情况下, 随时对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权随时中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的硬件产品的性能符合TI 标准保修的适用规范。仅在TI 保证的范围内, 且TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非政府做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了TI 产品或服务的组合设备、机器、流程相关的TI 知识产权中授予的直接或隐含权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于TI 的产品手册或数据表, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。在复制信息的过程中对内容的篡改属于非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。

在转售TI 产品或服务时, 如果存在对产品或服务参数的虚假陈述, 则会失去相关TI 产品或服务的明示或暗示授权, 且这是非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类虚假陈述不承担任何责任。

TI 产品未获得用于关键的安全应用中的授权, 例如生命支持应用(在该类应用中一旦TI 产品故障将预计造成重大的人员伤亡), 除非各方官员已经达成了专门管控此类使用的协议。购买者的购买行为即表示, 他们具备有关其应用安全以及规章衍生所需的所有专业技术和知识, 并且认可和同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由TI 提供, 但他们将独力负责满足在关键安全应用中使用其产品及TI 产品所需的所有法律、法规和安全相关要求。此外, 购买者必须全额赔偿因在此类关键安全应用中使用TI 产品而对TI 及其代表造成的损失。

TI 产品并非设计或专门用于军事/航空应用, 以及环境方面的产品, 除非TI 特别注明该产品属于“军用”或“增强型塑料”产品。只有TI 指定的军用产品才满足军用规格。购买者认可并同意, 对TI 未指定军用的产品进行军事方面的应用, 风险由购买者单独承担, 并且独力负责在此类相关使用中满足所有法律和法规要求。

TI 产品并非设计或专门用于汽车应用以及环境方面的产品, 除非TI 特别注明该产品符合ISO/TS 16949 要求。购买者认可并同意, 如果他们在汽车应用中使用任何未被指定的产品, TI 对未能满足应用所需要求不承担任何责任。

可访问以下URL 地址以获取有关其它TI 产品和应用解决方案的信息:

	产品		应用
数字音频	www.ti.com.cn/audio	通信与电信	www.ti.com.cn/telecom
放大器和线性器件	www.ti.com.cn/amplifiers	计算机及周边	www.ti.com.cn/computer
数据转换器	www.ti.com.cn/dataconverters	消费电子	www.ti.com/consumer-apps
DLP® 产品	www.dlp.com	能源	www.ti.com/energy
DSP - 数字信号处理器	www.ti.com.cn/dsp	工业应用	www.ti.com.cn/industrial
时钟和计时器	www.ti.com.cn/clockandtimers	医疗电子	www.ti.com.cn/medical
接口	www.ti.com.cn/interface	安防应用	www.ti.com.cn/security
逻辑	www.ti.com.cn/logic	汽车电子	www.ti.com.cn/automotive
电源管理	www.ti.com.cn/power	视频和影像	www.ti.com.cn/video
微控制器 (MCU)	www.ti.com.cn/microcontrollers		
RFID 系统	www.ti.com.cn/rfidsys		
OMAP 机动性处理器	www.ti.com/omap		
无线连通性	www.ti.com.cn/wirelessconnectivity		
	德州仪器在线技术支持社区		www.deyisupport.com

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道 1568 号, 中建大厦 32 楼 邮政编码: 200122
Copyright © 2011 德州仪器 半导体技术 (上海) 有限公司