

LM3102

Application Note 1646 LM3102 Demonstration Board Reference Design



Literature Number: ZHCA305

LM3102演示板参考设计

美国国家半导体公司
应用注释1646
LK Wong and TK Man
2007年10月



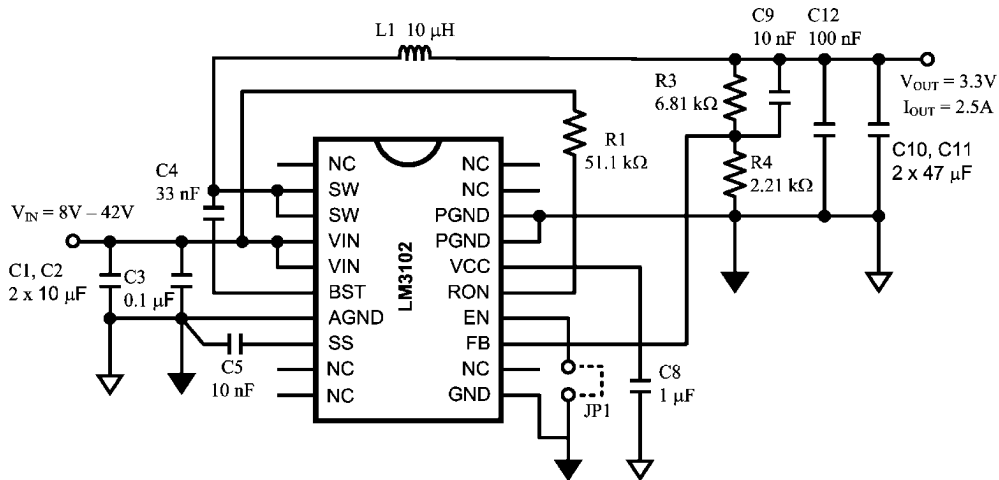
引言

降压开关型转换器LM3102集所需功能于一身，是一款高性价比，高效率的降压型电源转换器，具有2.5A驱动负载电流的能力。采用恒定导通时间（COT）的转换方案不需要环路补偿，由此具有快速负载瞬态特性并使用较少元器件可较简单地实现电路，因此在典型的应用中只需要很小的电路板空间。甚至在使用全陶瓷输出电容器的电路中，转换器仍可正常工作，并且电路的稳定性并不受输出电容器等效电阻（ESR）的影响。由于在输入电压和导通时间之间的反向关系，线路电压变化时，工作频率仍可保持为常数。保护功能

包括输出过压保护、热停机、 V_{CC} 欠压锁定（UVLO）、栅驱动欠压锁定。现在已有增强了散热功能的eTSSOP-20封装的LM3102。

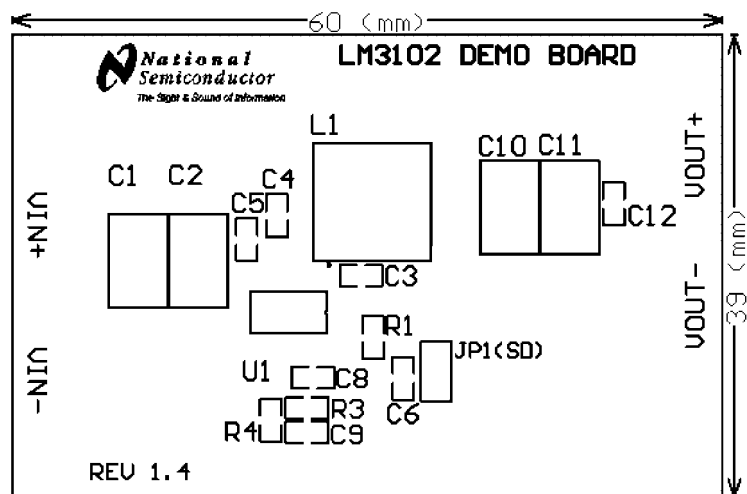
本应用注释详细介绍了演示板的设计，该演示板具有从8V到42V的宽范围电压输入，提供2.5A负载能力的3.3V输出电压。同时在注释里展示了演示板的原理图、印刷电路板布局图、元件清单和电路设计说明。作为参考也提供了典型性能和工作波形图。

演示板原理图和印刷电路板



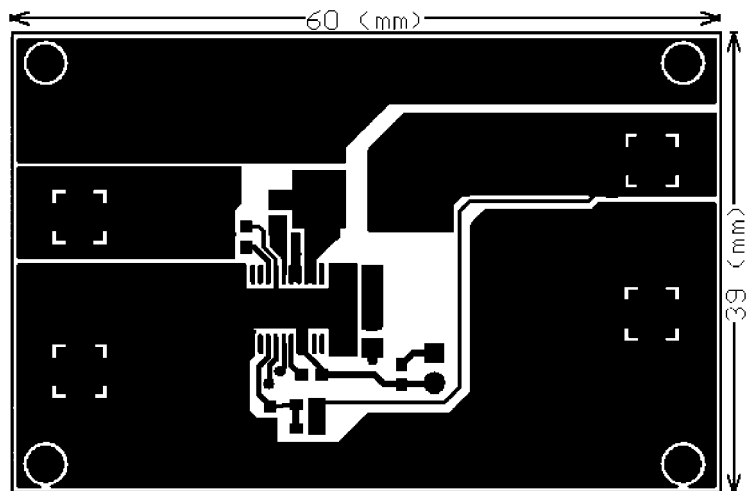
30023401

图 1. LM3102演示板原理图



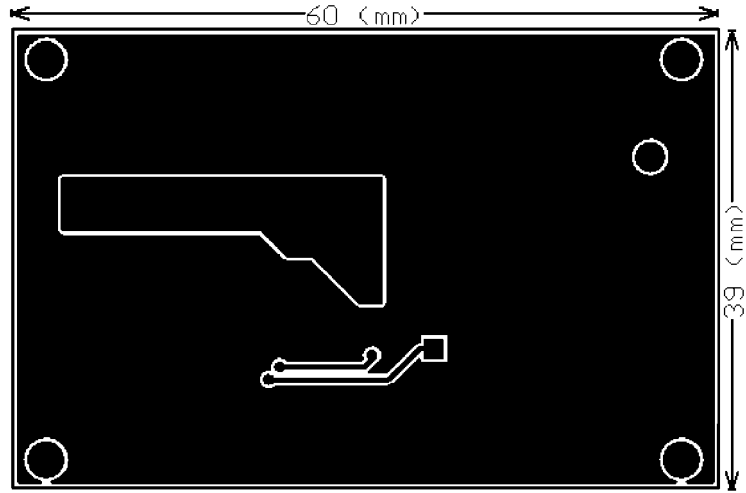
30023402

图 2. LM3102演示板印刷电路的顶层元件安装图



30023403

图 3. LM3102演示板印刷电路的顶层视图



30023404

图 4. LM3102演示板印刷电路的底层视图

演示板快速设置步骤

步骤	说明	注释
1	连接电源电压到 V_{IN} 端点	V_{IN} 范围: 8V到42V
2	连接负载到 V_{OUT} 端点	I_{OUT} 范围: 0A到2.5A
3	正常操作时SD (JP1) 应保持开路。若要停机可短路这个跳线	
4	设置 $V_{IN} = 18V$, 不加负载, 用电压表检测 V_{OUT}	标称值为3.3V
5	加2.5A负载并检测 V_{OUT}	标称值为3.3V
6	短路输出端并用电流表检测短路电流	标称值为2.95A
7	短路SD (JP1) 检查停机功能	

演示板性能特性

说明	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入电压	V_{IN}		8	18	42	V
输出电压	V_{OUT}		3.2	3.3	3.4	V
输出电流	I_{OUT}		0	-	2.5	A
输出电压纹波	$V_{OUT}(\text{Ripple})$		-	-	50	mVp-p
输出电压调整率	ΔV_{OUT}	所有 V_{IN} 和 I_{OUT} 条件	-3		3	%
效率		$V_{IN} = 8V$	84		92	%
		$V_{IN} = 24V$	73		85	
		$V_{IN} = 42V$ ($I_{OUT} = 0.1A$ 到 $2.5A$)	62		79	
输出短路的限制电流	I_{LIM-SC}			2.95		A

设计步骤

与市场上其它的器件相比, LM3102更容易使用, 因为在单一封装里集成了所有关键元件, 包括主体的和同步的功率MOS场效应管, 以及使用恒定导通时间迟滞控制方案, 这样不需要环路补偿。在这个应用注释中的演示板设计详细描述如下:

设计参数:

$V_{IN} = 8V$ 到 $42V$, 典型值 $18V$, $V_{OUT} = 3.3V$

$I_{OUT} = 2.5A$

步骤1: 计算反馈电阻

反馈电阻的比值可用以下等式计算:

$$\frac{R3}{R4} = \frac{V_{OUT}}{0.8} - 1$$

按常规, 应在 $1.0\text{ k}\Omega$ 到 $10\text{ k}\Omega$ 之间为 $R3$ 和 $R4$ 选择标准的1%精度阻值, 并满足上面比值。现选择 $R4 = 2.21\text{ k}\Omega$, $V_{OUT} = 3.3V$,

$$R3 = 2.21\text{ k}\Omega \left(\frac{V_{OUT}}{0.8} - 1 \right) = 6.91\text{ k}\Omega$$

步骤2: 计算导通时间设定电阻

演示板的开关频率 f_{SW} 受限于LM3102的导通时间, 导通时间由电阻 $R1$ 确定。如果已经确定 f_{SW} 和 V_{OUT} , 可下式计算 $R1$:

$$R1 = \frac{V_{OUT}}{1.3 \times 10^{-10} \times f_{SW}}$$

按演示板的设计要求, 选定 $V_{OUT} = 3.3V$ 和 $f_{SW} = 500\text{ kHz}$ 。计算结果, $R1 = 50.8\text{ k}\Omega$ 。为确保导通时间大于 150 ns 的最小极限, $R1$ 的值必须满足下列等式:

$$R1 \geq \frac{V_{IN(MAX)} \times 150\text{ ns}}{1.3 \times 10^{-10}}$$

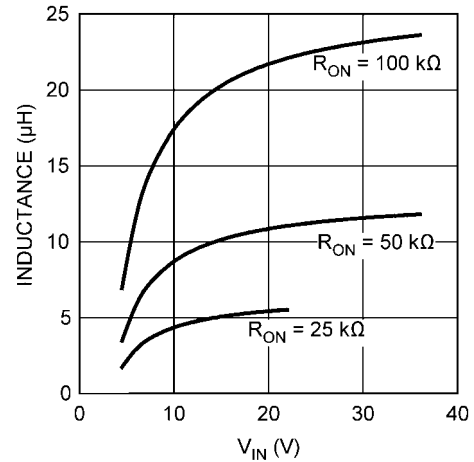
现在最大 V_{IN} 是 $42V$, 计算得到的 $R1$ 满足上面等式。

步骤3: 确定电感器

电感器影响的主要参数是电感器纹波电流 I_{LR} 的幅度。一旦 I_{LR} 确定, 电感器 L 可由下式确定:

$$L = \frac{V_{OUT} \times (V_{IN} - V_{OUT})}{I_{LR} \times f_{SW} \times V_{IN}}$$

对于演示板的设计要求, 选择 $I_{LR} = 0.5A$ 。现在 $V_{IN} = 18V$, $V_{OUT} = 3.3V$, 以及 $f_{SW} = 500\text{ kHz}$ 。结果, $L = 10.78\text{ }\mu\text{H}$ 。



30023410

VOUT = 3.3V时, 电感器的选择

步骤4: 确定其它元件数值

C1和C2: 输入电容器的功能是在导通期间提供主体MOS场效应管的大部分电流, 以及限制在输入端 V_{IN} 引脚上的电压纹波, 这是假定共给 V_{IN} 的电压源具有有限的输出阻抗。如果电压源的动态阻抗很高(等效为一个电流源), 输入电容器提供的是平均输入电流, 但不是纹波电流。在最大负载电流下, 当主体MOS场效应管导通时, 进入 V_{IN} 引脚的电流会突然从零增加到电感器纹波电流的下峰值然后升到上峰值。然后, 在关断时降到零点。在导通时间内的平均电流就是负载电流。对于最差情况计算, 在最大导通时间内输入电容器必须能提供足够的平均负载电流。输入电容器由下式计算:

$$C_{IN} = \frac{I_{OUT} \times t_{on}}{\Delta V_{IN}}$$

这里 $C_{IN} = C1+C2$ 是输入电容器, I_{OUT} 为负载电流, t_{on} 为最大导通时间, 以及 ΔV_{IN} 是在 V_{IN} 处允许的纹波电压。在这个演示板上使用并联的两个 $10\text{ }\mu\text{F}$ 电容器。

C3: $C3$ 的用途是避免由于在 V_{IN} 引脚处长导线电感引起的瞬时振铃信号。在演示板上靠近LM3102使用一个低ESR的 $0.1\text{ }\mu\text{F}$ 陶瓷贴片电容器。

C4: 由于 $C4$ 在主体MOS场效应管导通时提供一个浪涌电流给栅极驱动器充电, 所以采用一个低ESR的高质量 33 nF 陶瓷电容。低ESR也有助于确保每一个关断期间的完整再充电。

C5: 在SS引脚的电容器决定软启动时间, 即转换比较器的基准电压和输出电压到达最终值的时间。这个时间由下式确定:

$$t_{SS} = \frac{C5 \times 0.8V}{8\text{ }\mu\text{A}}$$

演示板上使用一个 10 nF 电容器, 其相应的软启动时间为 1 ms 。

C8: 在 V_{CC} 输出上的电容器不仅提供噪声滤波和稳定性, 并且也可在MOS场效应管通/断转换时防止 V_{CC} 欠压锁定(UVLO)的误触发。考虑到稳定性, C8应不小于680 nF, 并且应使用高质量的、低等效电阻的陶瓷电容器。这个演示板上使用1 μ F电容器。

C9: 如果输出电压大于1.6V, 为了在不连续传导模式下减小输出纹波, 需要使用C9。在这个演示板上使用一个10 nF电容器。

C10和C11: 通常输出电容器不应小于10 μ F。实践的方法是确定输出电容器必要的最小值, 然后根据负载的类型可能需要更大的电容器。对于一个有可观瞬态变化的负载, 需要的输出电容量比固定负载的要大。演示板使用两个并联的47 μ F电容器, 可以提供低输出纹波。

C12: C12是放置在LM3102附近的一个小容值陶瓷电容, 进一步抑制了 V_{OUT} 端的高频噪声。此演示板上使用了一个100 nF电容器。

印刷电路板 (PCB) 的布局

LM3102的调节器, 过压保护器和限流比较器的速度非常快, 因此它们会响应短促的噪声脉冲。所以PCB布局对于优化性能就很重要。印刷电路板必需尽可能整洁和紧凑, 所

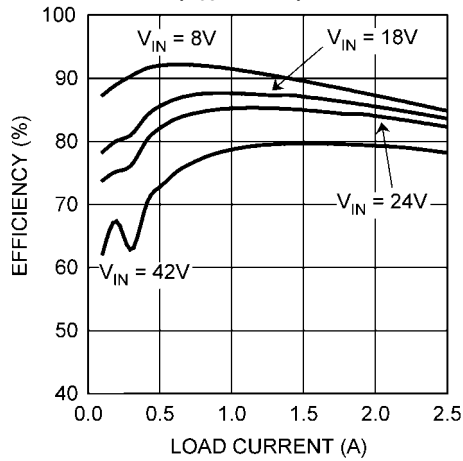
有外部元件必须尽可能靠近与其相关的LM3102的引脚。由输入电容(C1和C2), LM3102内部主体的和同步和MOS场效应管以及PGND引脚所形成的环路应尽可能小。从PGND引脚到输入电容器的连接应尽可能的短和直接。应增加从输入电容的接地线到地线层的过孔, 并尽可能靠近电容器。自举电容器C4应尽可能靠近SW和BST引脚, 以及使用粗迹线连接。反馈电阻和电容器, R3, R4, 和C9应靠近FB引脚。一般可以接受从 V_{OUT} 到R3的一段长迹线, 因为这是一个低阻节点。R4的接地直接连到AGND引脚(引脚7)。输出电容器C10, C11应靠近负载, 并直接连到地线。为减少潜在的EMI(电磁干扰), 电感器L1的连接应尽可能用短线连接, 并靠近SW引脚。如果预计正常工作时, LM3102的内部功耗会产生过度的结温, 利用好印刷电路板的地线层可帮助散热。可将LM3102封装底部裸露的焊盘焊接到地线层, 并且它可以从LM3102的底部扩展开来帮助散热。裸露焊盘在内部连到LM3102芯片的衬底。另外, 在可能地方使用粗迹线, 有助于LM3102散热。使用一定数量的过孔把裸露焊盘连接到地线层也是一个好的方法。除了使用其它(强制或自然对流)的风冷, 在最终产品内合理摆放印刷电路板的位置也有助于降低结温。

元件清单

元件标识	说明	尺寸	元件型号	制造商
C1, C2	电容10 μ F 50V Y5V	1210	GRM32DF51H106ZA01L	muRata
C3	MLCC电容0.1 μ F 50V X7R	0603	ECJ1VB1H104K	Panasonic
C4	0603/X7R/33000 pF/25V	0603	GRM188R71E333KA01B	muRata
C5, C9	0603/X7R/10000 pF/50V	0603	GRM188R71H103KA01B	muRata
C8	0603/X5R/1 μ F/10V	0603	GRM188R61A105KA61B	muRata
C10, C11	MLCC电容47 μ F 6.3V X5R	1210	ECJ4YB0J476M	Panasonic
C12	0603/X7R/0.1 μ F/25V	0603	GRM188R71E104KA01B	muRata
R1	贴片电阻51.1 k Ω F	0603	CRCW06035112F	Vishay
R3	贴片电阻6.81 k Ω F	0603	CRCW06036811F	Vishay
R4	贴片电阻2.21 k Ω F	0603	CRCW06032211F	Vishay
L1	电感器, 10 μ H 4.40A功率扼流线圈	10.3 \times 10.5 \times 4	CDRH104RNP-100NC	Sumida
	SMD-功率扼流线圈WE-TPC 3.6A Type XLH	10 \times 10 \times 3.8	744066100	Würth
U1	集成电路LM3102	eTSSOP-20封装	LM3102MH	National
PCB	LM3102演示板			National

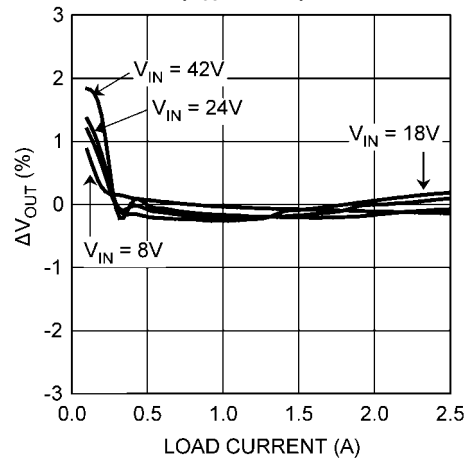
典型性能和波形 除非另作说明, 所有曲线和波形是在 $V_{IN} = 18V$, $T_A = 25^\circ C$ 条件下从演示板上测得。

效率与负载电流的关系
($V_{OUT} = 3.3V$)



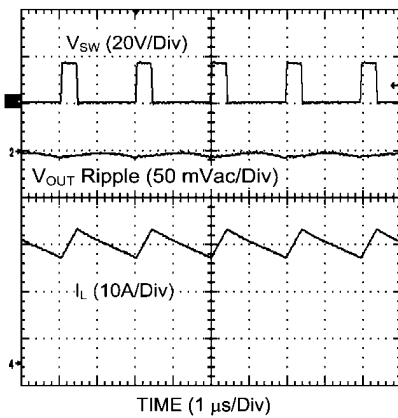
30023413

V_{OUT} 调整与负载电流的关系
($V_{OUT} = 3.3V$)



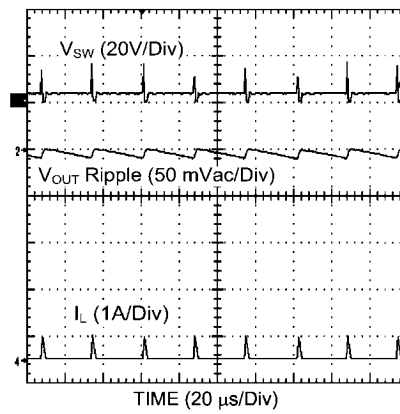
30023414

连续传导模式操作
($V_{OUT} = 3.3V$, 加载2.5A)



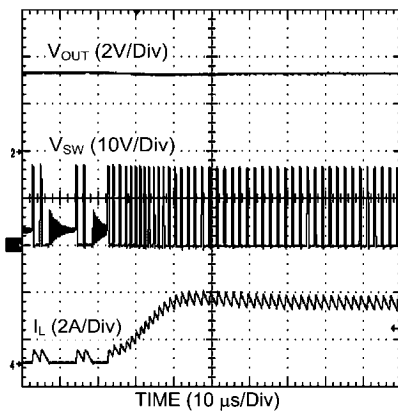
30023415

不连续传导模式
($V_{OUT} = 3.3V$, 加载0.1A)



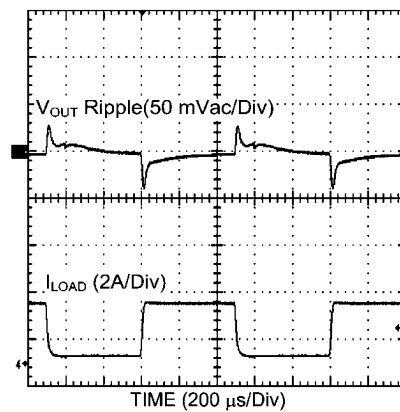
30023416

不连续传导模式 (DCM) 到连续传导模式 (CCM) 的转换
($V_{OUT} = 3.3V$, 加载0.1A - 2.5A)



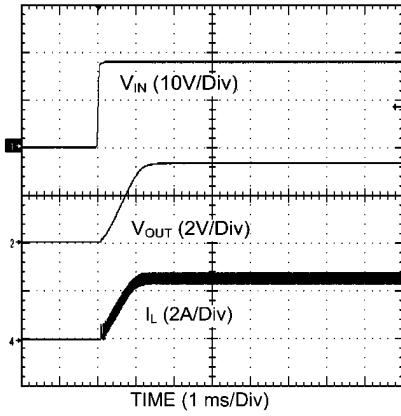
30023417

负载瞬态
($V_{OUT} = 3.3V$, 加载0.25A - 2.5A, 电压摆率: 2.5 A/ μs)



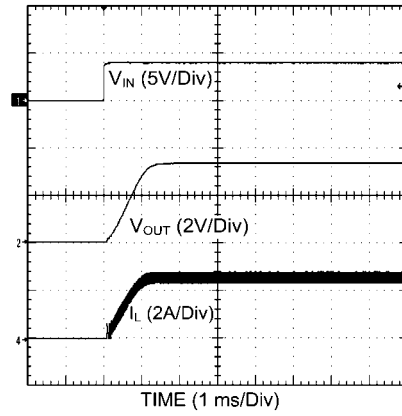
30023418

开机上电
($V_{OUT} = 3.3V$, 加载2.5A)



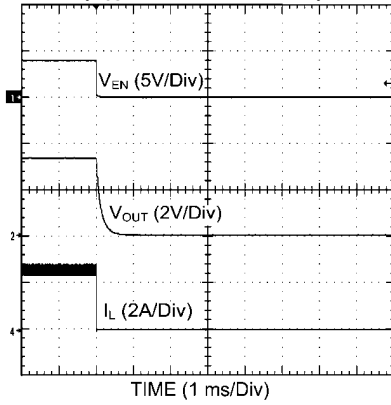
30023419

激活瞬态
($V_{OUT} = 3.3V$, 加载2.5A)



30023420

停机瞬态
($V_{OUT} = 3.3V$, 加载2.5A)



30023421

注释

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：

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
Tel: 1-800-272-9959

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

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