

LM3478,LM3488

Application Note 1286 Compensation For The LM3478 Boost Controller



Literature Number: ZHCA143

LM3478升压控制器的补偿

美国国家半导体公司
应用注释1286
Chance Dunlap
2008年4月8日



LM3478是用于开关型稳压的低侧N沟道控制器。像许多开关型控制器一样，当用户确定补偿方案时，器件选择中所增加的灵活性会给用户带来麻烦。本文的目标是为用户提供一个好的准备工作，使其可放心地选择合适的补偿器件。为了实现这个目标，我们将观察反馈环路的小信号模型，以确定各个器件如何互相影响，最终计算出所需的补偿。

经常会问的第一个问题是：为什么要进行补偿？任何调节输出电压的直流-直流转换器都利用负反馈结构来确保输入电压和负载变化期间的精确性。一个不正确的补偿方案会导致环路反相，形成正反馈和造成不稳定的不可控输出。其次的常见问题是，当经历负载瞬态时输出表现为过阻尼或欠阻尼响应。这是环路稳定性需要优化的一个标志。

在选择补偿器件和测量响应之前，采取的第一步是理解控制器和反馈环路的工作原理。这里假定读者已经熟悉了

LM3478数据手册中所讨论的开关器的基本原理。检查图1中的LM3478升压调节器的框图，可明显地看到存在两个反馈环路。这是电流模式控制开关稳压器表现出的特性。

第一个环路是V_{OUT}经过电阻分压器进入误差放大器产生的输出电压环路。将误差放大器的输出作为控制电压V_C，这是送到PWM比较器的两个输入之一。

另一个送到比较器的输入是第二个反馈回路。采用电流模式控制结构检测到的开关电流，与控制电压一起来确定应在何时关闭场效应管。为此，在与内部斜坡电流相加之前先检测外部检测电阻上的开关电流。为了防止电流模式控制中固有的大信号稳定性问题，采用斜率补偿斜坡电压。尽管这种上斜坡电压被包括在小信号模型中，这里对其必要性和调整并不作讨论。关于斜率补偿的更多信息，请参阅LM3478数据手册。

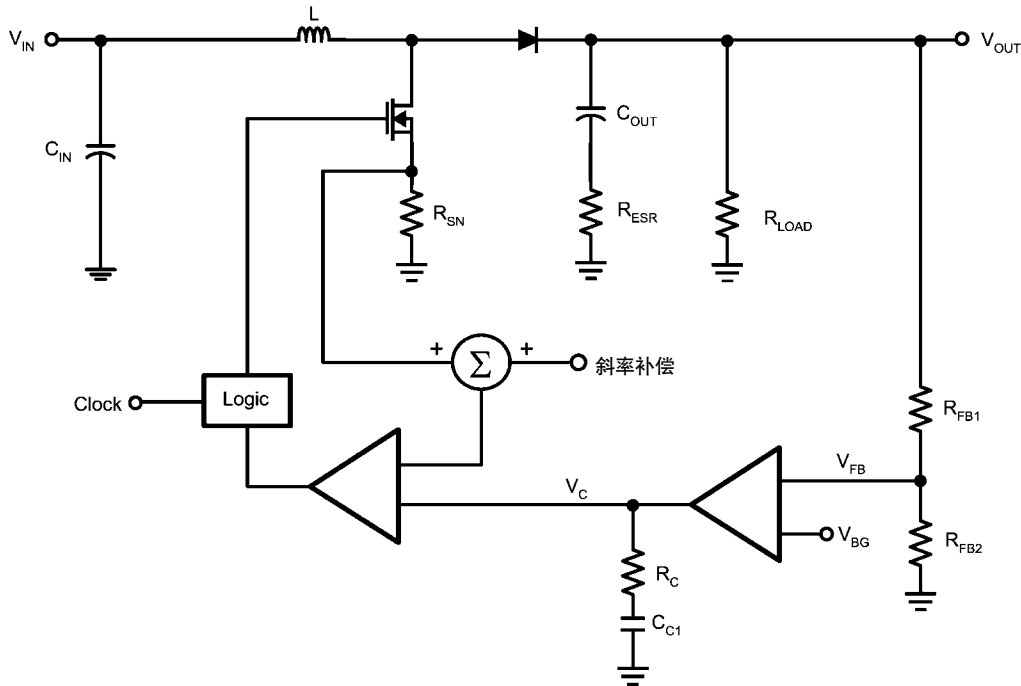


图1. LM3478电流模式控制升压调节器的框图

20072801

图1为LM3478及其应用电路的总体框图。下一步是推导出整个环路的小信号方程。为了简化分析，将环路有效地分为三个独立部分。考察的第一个传输函数是控制电压V_C到

输出电压V_{OUT}。这里需要考虑的是电流环路、开关以及输出滤波器级，例如电感和输出电容等的影响。

等式可以写成：

$$T = A_{DC} \frac{\left(1 + \frac{s}{\omega_{z1}}\right) \left(1 - \frac{s}{\omega_{z2}}\right)}{\left(1 + \frac{s}{\omega_{p1}}\right) \left(1 + \frac{s}{Q\left(\frac{\omega_s}{2}\right)} + \left(\frac{\omega_s}{2}\right)^2\right)}$$

首先看到该公式由两个零点组成，其中一个位于右半平面，还有一个单极点和一对复极点。系统的直流增益写成ACM，可由下式计算：

$$A_{CM} = \frac{(D'(\omega_c L_e \parallel R_{LOAD} \parallel R_{LOAD}))}{R_{SN}}$$

其中

$$\omega_c L_e = \frac{\omega_s L}{D'^3 \pi n}$$

和

$$n = 1 + \frac{2 \times S_e}{S_n}$$

和

$$S_e = \frac{V_{SL} \times f_s}{R_{SN}}$$

以及

$$S_n = \frac{V_{IN}}{L}$$

这是一个相当长的公式，其将斜率补偿和电感结合到等式中。然而为了完整起见，在此分析中将等式简化为一个更加简单和更易处理的形式。可以看出这种简化非常好，在分析中将看不到实际的差别。因此可将该等式用于LM3478的所有补偿计算：

$$A_{cm} = \frac{D' R_{LOAD}}{2 R_{SN}}$$

下一步是计算先前在控制端到输出端的等式中发现的两个零点。第一个是输出电容及其等效串联电阻产生的零点：

$$\omega_{z1} = \frac{1}{C_{OUT} R_{ESR}}$$

第二个零点实际上是一个右半平面零点。检查波特图上的响应可发现，它类似于一个左半平面零点，具有20dB/十倍频程的增益增长的效应，但又会像极点一样造成90度的相位滞后。考虑到输出电压的响应，相位滞后的发生与应用电路有关。如果输出电压开始下降，开关将会导通，从而增加电感中的电流。这又会造成输出电压进一步下降，因为在这期间由输出电容单独提供输出电流。正是这种效应使之可被看成源自右半平面零点，从而解释了它为什么不发生在降压转换器中。

$$\omega_{z2} = \frac{R_{LOAD} \left(\frac{V_{IN}}{V_{OUT}}\right)^2}{L}$$

观察等式的分母，可以计算出极点。第一个极点来自输出电容和负载电阻，表达如下：

$$\omega_{p1} = \frac{1}{C_{OUT} R_{LOAD}}$$

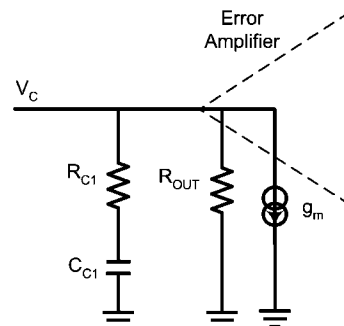
一对复极点发生在开关频率的一半处，由于本文篇幅的原因，可简单地将其归结于采样理论。根据电感电流斜率和占空比，可以计算出品质因素Q：

$$\omega_s = 2 \times \pi \times f_s$$

$$Q = \frac{1}{\pi \left(D' \frac{S_e}{S_n} + \frac{1}{2} - D \right)}$$

误差放大器

以上完成了控制端到输出端的传输函数表达式。需要分析的第二级是误差放大器。在此特别有意义的是，我们将推导从反馈引脚到控制电压端的传输函数。为了达到这一点，将误差放大器模块图转化为一个小信号模型。



20072813

可以看到LM3478用一个跨导放大器作为误差放大器。采用这种模型，通过观察可将等式写成：

$$A_{\text{comp}} = A_{\text{EA}} \frac{\left(1 + \frac{s}{\omega_{z3}}\right)}{\left(1 + \frac{s}{\omega_{p2}}\right)}$$

系统的直流增益 A_{EA} 可以简化为放大器的跨导乘以输出电阻。在数据手册的电气特性表中可找到这些数值。

$$A_{\text{EA}} = g_m R_{\text{OUT}}$$

单极点由LM3478的COMP引脚处增加的两个外置补偿器件，即一对电容和电阻所形成。

$$\omega_{z3} = \frac{1}{C_{C1} R_{C1}}$$

误差放大器的极点由误差放大器的输出电阻与外置补偿电容的组合所形成。并联的另一个电容 C_{C2} 引入了一个附加的极点。然而，对于大多数电源而言这不是必需的。

$$\omega_{p2} = \frac{1}{C_{C1} R_{\text{OUT}}}$$

环路中最后需要推导的传输函数来自输出电压 V_{OUT} 到反馈引脚电压的关系。通过观察可以计算，这只是反馈电阻形成的一个简单的电压分压器。可写成是电阻的组合，或者为方便计，写成输出电压和反馈电压的关系式

$$A_{\text{FB}} = \frac{R_{\text{FB2}}}{R_{\text{FB1}} + R_{\text{FB2}}} = \frac{V_{\text{FB}}}{V_{\text{OUT}}}$$

环路总增益

现在单独电路的传输函数已计算出来，可以将这些函数相乘得到环路增益。我们将环路总增益表示为 T ：

$$T = A_{\text{DC}} \frac{\left(1 + \frac{s}{\omega_{z1}}\right) \left(1 - \frac{s}{\omega_{z2}}\right) \left(1 + \frac{s}{\omega_{z3}}\right)}{\left(1 + \frac{s}{\omega_{p1}}\right) \left(1 + \frac{s}{\omega_{p2}}\right) \left(Q \left(\frac{s}{\omega_s}\right) + \left(\frac{s}{\omega_s}\right)^2\right)}$$

系统的直流增益也是三个传输函数中直流项的乘积。可通过下式计算：

$$A_{\text{DC}} = A_{\text{CM}} A_{\text{EA}} A_{\text{FB}}$$

稳定性

现在根据应用参数已定义了环路增益 T ，以此来确定系统的稳定性，进而计算合适的补偿器件。为了计算稳定性，我们将采用简单步骤调用Nyquist稳定性理论。这个理论的一个特例是，系统的稳定性可通过分析相位裕度来确定。为了

计算相位裕度，首先需要确定交越频率 F_c 。将它定义为环路幅值 $(|T|)$ 为单位增益时，即0dB时的频率。在该频率处可以计算环路增益 T 的相位，而该数值与180度之差便是相位裕度。表达如下：

$$||T(\omega = 2 \times \pi \times f_c)|| = 1 = 0\text{dB}$$

$$\Phi_m = 180^\circ + \text{angle}T(\omega = 2 \times \pi \times f_c)$$

为了设计出准确的相位裕度，需要知道开关稳压器要设置的范围。如果相位裕度小于或等于0度，系统将会不稳定。因此总是要求其值为正值。但是增加过高相位裕度会造成系统过阻尼，同时较低的相位裕度会产生一个欠阻尼响应。为简单起见，对于LM3478，较好的相位裕度位于30至100度之间。

综合和实例

已对系统进行了建模并理解了所需的稳定性要求之后，现在可以设计补偿部分。通常这是在选择电感和输出电容之后再进行的最后阶段。然而，如果能得到更好的补偿方案，修改这些数值也是明智的。例如，为了改善瞬态响应的建立时间，增加输出电容会带来一个极点，从而可以调整相位裕度。

在开始选择补偿器件时，好的做法是首先明确交越频率产生的位置。采用类似LM3478的升压转换器，右半平面零点会给环路响应带来严重的难题。因此，最好是将交越频率放置在右半平面零点之前的一个十倍频程处。如果得以选择交越频率，最好是选择稍高的频率。

一旦计算出已知等式，设定补偿器件的最简单方法是在图形上使用代数来画出波特图。这使用户可以在图上放置零点和极点组合，以产生最好的响应。

设计实例

为了说明如何为LM3478设定补偿，采用了一个实例电路。

设计条件：

$$V_{\text{in}} = 5\text{V}$$

$$V_{\text{out}} = 12\text{V}$$

$$I_{\text{load}} = 1.5\text{A}$$

$$F_s = 400\text{KHz}$$

元件参数：

$$L = 3.3\mu\text{H}$$

$$C_{\text{out}} = 150\mu\text{F}$$

$$\text{ESR} = 50\text{m}\Omega$$

计算：

$$D = \frac{V_{\text{OUT}} - V_{\text{IN}}}{V_{\text{OUT}}} = \frac{12 - 5}{15} = 0.58$$

负载电阻:

$$R_{LOAD} = \frac{V_{OUT}}{I_{LOAD}} = \frac{12}{1.5} = 8\Omega$$

$$D' = 1 - D = 1 - 0.58 = 0.42$$

控制端到输出端的传输函数

$$A_{cm} = \frac{D'R_{LOAD}}{2R_{SN}} = \frac{0.42 \times 8}{2 \times 0.01} = 167 \text{ V/V}$$

$$\omega_{z1} = \frac{1}{C_{OUT}R_{ESR}} = \frac{1}{150\mu\text{F} \times 0.05\Omega} = 133,333 \text{ rad/sec}$$

$$\omega_{z2} = \frac{R_{LOAD} \left(\frac{V_{IN}}{V_{OUT}} \right)^2}{L} = \frac{8 \left(\frac{5}{12} \right)^2}{3.3\mu\text{H}} = 420,875 \text{ rad/sec}$$

$$\omega_{p1} = \frac{1}{C_{OUT}R_{LOAD}} = \frac{1}{150\mu\text{F} \times 8\text{k}\Omega} = 833 \text{ rad/sec}$$

$$Q = \frac{1}{\pi \left(D' \frac{S_e}{S_n} + \frac{1}{2} - D \right)} = \frac{1}{\pi \left(0.42 \frac{S_e}{S_n} + 0.5 - 0.58 \right)} = 0.38$$

其中

$$S_e = 3,320,000 \text{ A/Sec}$$

$$S_n = 1,515,151 \text{ A/Sec}$$

输出电压Vout与控制电压的关系:

$$A_{EA} = g_m R_1 = 800\mu\text{mho} \times 50\text{k}\Omega = 38\text{V/V}$$

$$A_{FB} = \frac{R_{FB2}}{R_{FB1} + R_{FB2}} = \frac{V_{FB}}{V_{OUT}} = \frac{1.26}{12} = 0.105 \text{ V/V}$$

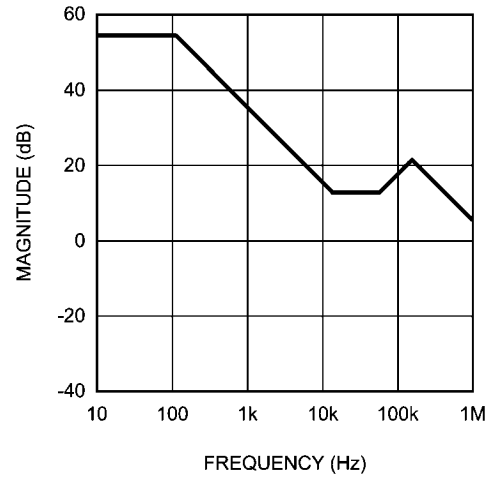
因此, 计算环路增益的直流幅度如下:

$$A_{DC} = A_{comp} A_{cm} A_{fb} = 167 \times 38 \times 0.105 = 665\text{V/V}$$

$$A_{DC} = 20\log_{10}(665) = 56.4\text{dB}$$

因为右半平面零点出现在大约67 KHz (420,875 rad/sec) 处, 应在低于此频率约一个十倍频程或大约6 KHz处设定交越频率。要记住的一点是, 这个零点会随着负载加重和输入电压变低而降低。因此, 最差情况发生在最小输入电压和最大负载的时候。如果输入轨上预期的容差是10%, 则意味着我们应设定交越频率低于5 KHz。

在图上使用代数运算, 便可得到第一个没有补偿零极点的波特图。为简单计, 起初假定Q值等于0.5, 这意味着在开关频率一半处会出现相同的实极点对。这是个合理的一级近似, 其给出的Q值为0.38。



20072827

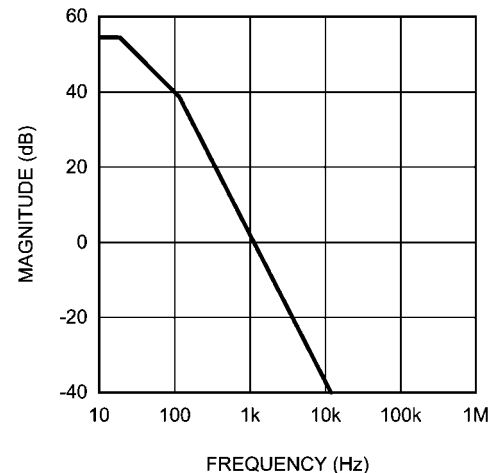
图2. 未经过补偿的环路增益

下一步是计算补偿极点和零点的确切位置, 以获得所需的响应。在使用零点得到相位裕度之前, 首先确定极点分布以得到需要的交越频率。一般这种过程可进行多次修改, 包括电源器件。

已知需要一个低于5 KHz的交越频率, 可观察到在1 KHz至5 KHz之间的幅度为25 dB至35 dB。为了确保足够的滚降, 选择的补偿极点大约在30 Hz, 比范围的中间值下降了2个十倍频程。这也对应一个0.1 uF的电容, 是一个常用容量。

$$\omega_{p2} = \frac{1}{C_{C1}R_{OUT}} = \frac{1}{0.1\mu\text{F} \times 50\text{k}\Omega} = 31\text{Hz}$$

更新波特图, 可以发现在右半平面零点起作用之前, 增益幅度远低于单位增益。



20072829

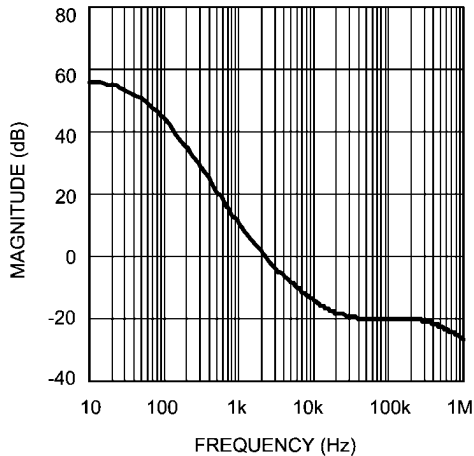
图3. 带有主补偿极点的环路增益

所需的最后一个元件是补偿电阻, 其在环路增益中设置了一个零点。在交越频率 (约1 KHz) 附近引入这个零点是

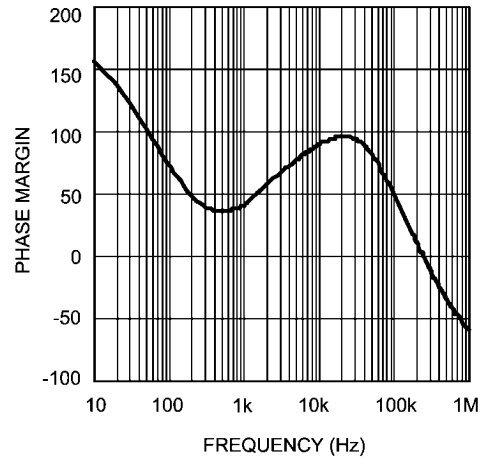
必要的，因为观察第二个波特图可以发现相位裕度接近零。这是因为，在引入180度相位变化的一个十倍频程之前已经产生了两个极点。因此这个位置上的零点对应约45度的相位裕度。由于下一个零点被引入之前增益会低于-40 dB，也可安全地增加带宽。这里选择1000 Ohm的电阻：

$$\omega_{z2} = \frac{1}{C_{C1}R_{C1}} = \frac{1}{0.1\mu\text{F} \times 1\text{k}\Omega} = 1,590\text{Hz}$$

现在已经得到了这些数值，可以绘出从等式推导中生成的完整波特图，若有必要还可进行修改。可看到交越频率为2 KHz，其相位裕度为60度。



环路增益幅度



环路增益的相位裕度

总而言之，这种方法表明，可以采用一种简单的分析方法来设计一种有效的补偿网络。应牢记，所有器件都会产生变化，因此应经常使用测试分析来验证稳定性。

注释

For more National Semiconductor product information and proven design tools, visit the following Web sites at:

Products		Design Support	
Amplifiers	www.national.com/amplifiers	WEBENCH	www.national.com/webench
Audio	www.national.com/audio	Analog University	www.national.com/AU
Clock Conditioners	www.national.com/timing	App Notes	www.national.com/appnotes
Data Converters	www.national.com/adc	Distributors	www.national.com/contacts
Displays	www.national.com/displays	Green Compliance	www.national.com/quality/green
Ethernet	www.national.com/ethernet	Packaging	www.national.com/packaging
Interface	www.national.com/interface	Quality and Reliability	www.national.com/quality
LVDS	www.national.com/lvds	Reference Designs	www.national.com/refdesigns
Power Management	www.national.com/power	Feedback	www.national.com/feedback
Switching Regulators	www.national.com/switchers		
LDOs	www.national.com/lido		
LED Lighting	www.national.com/led		
PowerWise	www.national.com/powerwise		
Serial Digital Interface (SDI)	www.national.com/sdi		
Temperature Sensors	www.national.com/tempsensors		
Wireless (PLL/VCO)	www.national.com/wireless		

THE CONTENTS OF THIS DOCUMENT ARE PROVIDED IN CONNECTION WITH NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION ("NATIONAL") PRODUCTS. NATIONAL MAKES NO REPRESENTATIONS OR WARRANTIES WITH RESPECT TO THE ACCURACY OR COMPLETENESS OF THE CONTENTS OF THIS PUBLICATION AND RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES TO SPECIFICATIONS AND PRODUCT DESCRIPTIONS AT ANY TIME WITHOUT NOTICE. NO LICENSE, WHETHER EXPRESS, IMPLIED, ARISING BY ESTOPPEL OR OTHERWISE, TO ANY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS IS GRANTED BY THIS DOCUMENT.

TESTING AND OTHER QUALITY CONTROLS ARE USED TO THE EXTENT NATIONAL DEEMS NECESSARY TO SUPPORT NATIONAL'S PRODUCT WARRANTY. EXCEPT WHERE MANDATED BY GOVERNMENT REQUIREMENTS, TESTING OF ALL PARAMETERS OF EACH PRODUCT IS NOT NECESSARILY PERFORMED. NATIONAL ASSUMES NO LIABILITY FOR APPLICATIONS ASSISTANCE OR BUYER PRODUCT DESIGN. BUYERS ARE RESPONSIBLE FOR THEIR PRODUCTS AND APPLICATIONS USING NATIONAL COMPONENTS. PRIOR TO USING OR DISTRIBUTING ANY PRODUCTS THAT INCLUDE NATIONAL COMPONENTS, BUYERS SHOULD PROVIDE ADEQUATE DESIGN, TESTING AND OPERATING SAFEGUARDS.

EXCEPT AS PROVIDED IN NATIONAL'S TERMS AND CONDITIONS OF SALE FOR SUCH PRODUCTS, NATIONAL ASSUMES NO LIABILITY WHATSOEVER, AND NATIONAL DISCLAIMS ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTY RELATING TO THE SALE AND/OR USE OF NATIONAL PRODUCTS INCLUDING LIABILITY OR WARRANTIES RELATING TO FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, MERCHANTABILITY, OR INFRINGEMENT OF ANY PATENT, COPYRIGHT OR OTHER INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT.

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，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