

LM22670

*Application Note 1888 LM22670 Evaluation Board Inverting Topology and
Application Notes*



Literature Number: ZHCA362

LM22670评估板反相拓扑结构 和应用说明

美国国家半导体
应用注释1888
Frederik Dostal
2009年7月9日



介绍

LM22670反相评估板的设计旨在演示用于极性反相拓扑结构的LM22670开关稳压器的性能。LM22670反相评估板的电路图如图1所示。该评估板配置在6V至35V输入电压范围内提供-5V的输出电压及高达1.5A的负载电流。典型工作频率为500千赫。该评估板设计环境工作温度高达50°C。典型的评估电路板的性能和特性曲线如图5至图7所示。图8显示为印刷电路板布局。

为了有助于以LM22670开关稳压器为基础的直流/直流极性反相转换器解决方案的设计和评估，评估板可重新配置为不同的输出电压。

评估板的设计重点为小尺寸应用的解决方案。这意味着要对现有散热区域和尺寸进行比较评定。如果评估板在1.5A的满负载情况下连续运行，它就会发烫。假如输出电压比-5V的预调电压更低，那么总输出功率以及总功率转换损耗会增加。

测试点的位置易于连接，以便于对临界信号进行监测。

有关器件的功能和电气特性的信息，详见LM22670数据表。根据不同的负载电流和输出电压可对该评估板重新配置。对于设计上的限定，请参阅有关集成电路器件定值的相关描述。

评估板性能如下：

电压输入范围：6V至35V，额定电压为12V

输出电压：-5V

输出电流范围：0A至1.5A

工作频率：500 kHz

评估板尺寸1.5 X 1.65英寸

包装类型：PSOP-8

评估板启动

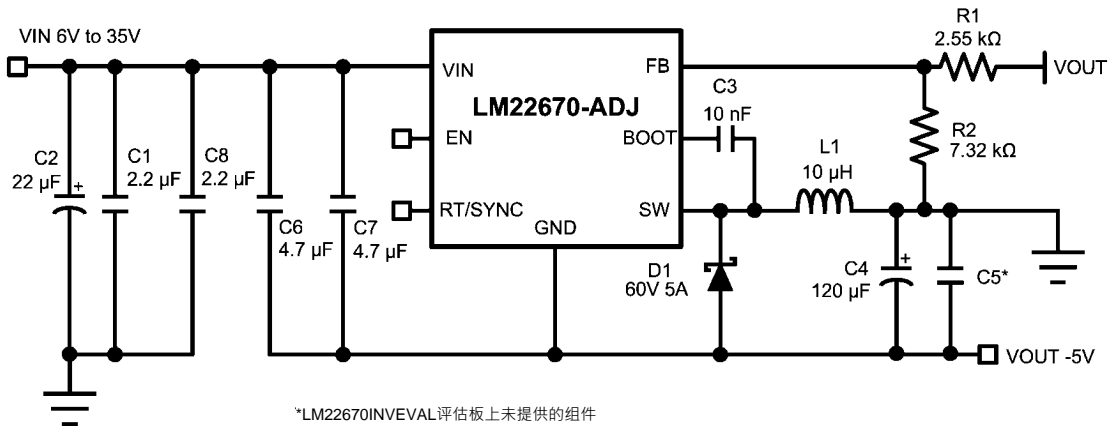
在向LM22670极性反相评估板供电前，需对所有的外部连接进行检查。外部电源输入必须关闭，与VIN和GND接线柱连接的极性必须正确。根据需要在VOUT和GND接线柱之间连接一个负载电阻或电子负载。无论是VIN还是VOUT连接，均应使用与VIN或者VOUT距离最近的，相应的GND接线柱进行。输出电压可用万用表或示波器在VOUT接线柱处测得。待评估板所有连接检查无误，接通输入电源。在启动期间，不需要连接负载电阻或电子负载。如果EN测试点处于浮接状态，当有输入电压存在时，输出电压会持续上升。要确保外部电源(输入电压电源)可以提供足够的电流，以获得调节后的输出电压。谨记，启动电流会比稳态电流更大。

运行原理

极性反相转换器，利用电感器L1在接通期间储能，在断开期间通过二极管D1进行能量传输的基本原理。如图1所示。当开关闭合时，二极管反向偏置，电感器电流呈线性持续增加。当开关断开时，电感器极性换向以维持峰值开关电流。在那一时刻，二极管D1将被正向偏置，在电感器储存的能量将被转移到负载和输出电容器C4上。

由于开关节点相对于地线而言为负值，通过输出电容(C4和C5)的输出电压将变为负值。

这种极性反相转换器可大幅度升高和降低输入电压，将电路变成了一个降压升压转换器。但是，相对于地线而言，输出电压总是负值。

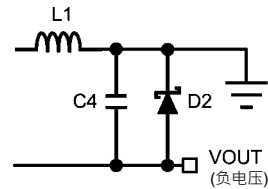


30075201

图1.评估板反相拓扑结构示意图

设计注意事项

图1所示为使用LM22670开关稳压器的极性反相转换器的典型的配置。该反相拓扑结构设计可适用于LM2267X SIMPLE SWITCHER®系列中的任意一款产品。请注意，LM22670接地引脚(GND)要连接到负输出VOUT。反馈电阻分压器是相对于GND而设计。调节负输出电压不需要使用额外的电平转换和反馈信号反相电路。通过反馈引脚直接于系统地线连接，这种降压、升压亦可应用于固定电压版本的LM22670。因为在其输出传递函数控制中存在有一个右半平面零点，极性反相拓扑结构的稳定是特别困难的。为了提供更大的相位余量及为稳定回路，须将两个补偿电容，C6和C7，从输入连接到负输出。如果输出电流小于100毫安，该转换器可以在非连续电流导通模式(DCM)下运行。在这种情况下就无需电容器C6和C7了。当使用电容器C6和C7时，在首次施加电压时，最初的电容器充电电流会在输出上产生正的电压尖峰。这种正的电压尖峰通常很小，不会对输出电容器造成任何损害。最初的输入电容器的充电电流会在电容器等效串联电阻两端产生一个电压降。由于电容C6和C7的等效串联电阻和输出电容器C4和C5组成分压器，初始电压尖峰幅度大小将取决于这些电容器的等效串联电阻值而定。因为整体输出电容的等效串联电阻值通常比补偿电容等效串联电阻值大，故初始电压尖峰通常低于500毫伏。施加到电路中的输入电压的压摆率愈快，正的电压尖峰愈大。如果电感器直流电阻为2Ω或更大，同时初始启动电流高，那么正的电压尖峰可能高于500毫伏。如果使用的肖特基二极管容量小，可附加一个箝压二极管D2，与输出电容C4并联使用，以将这个正的电压尖峰压制至300毫伏的水平。如图2所示。在大多数情况下，这种“压制”是不需要的。



30075202

图2.可选的保护二极管D2

部件选择

本节详细阐述极性反相转换器应用中部件的计算和选择。计算以连续电流导通模式(CCM)运行条件。

电感器的选择

占空比的计算方程为：

$$D = \frac{|V_{OUT}| + V_D}{V_{IN} + |V_{OUT}| + V_D - V_Q}$$

方程中， V_D 为二极管D1的电压降， V_Q 是通过LM22670内部功率N-场效应晶体管的电压降。场效应晶体管的 $R_{DS(ON)}$ ，在LM22670数据表中有规定，用以根据场效应晶体管的电流来计算 V_Q 。

$$V_Q = I_{PEAK} \times R_{DS(ON)}$$

方程中， I_{PEAK} 为实际应用中的峰值开关电流。平均电感电流 I_L ，根据应用负载电流 I_{OUT} ，定义为：

$$I_L = \frac{I_{OUT}}{1 - D}$$

有多种方法来计算开关应用所需的电感。推荐的计算方法是选择一个大约是平均电感电流 I_L 30%的电感纹波电流 ΔI_L 。这将使稳压器在连续电流导通模式(CCM)下运行，并且应用电路将有一个具有可接受的输出电压纹波的小负载瞬态响应。因此，峰-峰值电感纹波电流 ΔI_L 选择为：

$$\Delta I_L \approx 0.3 \times I_L$$

这使得所需的电感：

$$L = \frac{V_{IN} \times D}{F \times \Delta I_L}$$

方程中， F 为实际应用中的开关频率。如果RT/SYNC引脚处于浮接状态，LM22670将以典型的500 kHz的频率进行切换。为避免电感饱和，电感器应该有一个大于或等于最大电流极限 I_{CL} 的RMS电流定值。最大电流极限值， I_{CL} ，参阅LM22670数据表中所列电气特性有关说明。

集成电路器件定值

直流/直流极性反相转换器的额定值需根据峰值开关电流 I_{PEAK} 和最大输入电压 V_{INMAX} 进行标定，如下：峰值开关电流为：

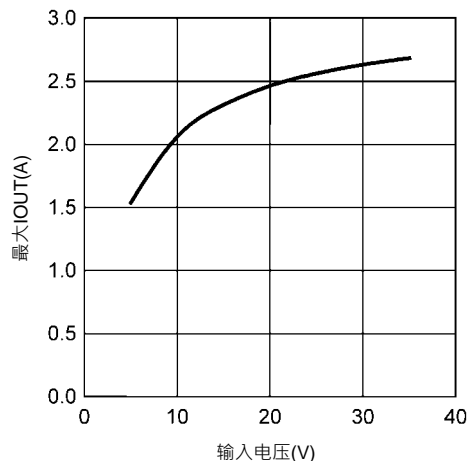
$$I_{PEAK} = I_L + \frac{\Delta I_L}{2}$$

由于LM22670接地引脚GND与输出电压连接，最大输入电压额定值必须能够承受输入电压 V_{IN} 加上输出电压的绝对值 V_{OUT} 。集成电路的最大输入电压额定值如下：

$$V_{INMAX} = V_{IN} + |V_{OUT}|$$

最大负载电流， $I_{OUT(MAX)}$ 取决于占空比 D 和电感值 L 。这一点很重要，因为LM22670 3A降压型开关稳压器通常不能在极性反相拓

扑结构中提供一个3A的负载电流。如图3所示。



30075218

图3.相对于最大负载电流的LM22670输入电压 ($V_{OUT} = -5V$, $L = 10 \mu H$)

对于一个给定的电路，最大负载电流计算方程为：

$$I_{OUT(MAX)} = \left(I_{CLMIN} - \frac{V_{IN} \times D}{2 \times F \times L} \right) \times (1 - D)$$

方程中， F 为开关频率， I_{CLMIN} 是最小电流限制阈值。如LM22670数据表电气特性部分所指。

二极管额定值

二极管D1，必须能够满足以下参数要求：

$$I_{DMAX} = I_{PEAK}$$

$$V_{DMAX} = V_{IN} + |V_{OUT}|$$

方程中， I_{DMAX} 为二极管D1最大电流额定值， V_{DMAX} 为其最大电压额定值。

建议使用具有低正向电压定值的肖特基二极管，以获得高的转换器效率和低电磁干扰。

输出电容器选择

输出电容器需要进行选择主要考虑选择低等效串联电阻值。但在开关闭合时，电容量也必须够大以提供最大负载电流。等效串联电阻值(ESR)将在二极管D1变为正向偏置的第一时间决定负载阻抗和输出电压纹波。因此，达到期望输出电压纹波 ΔV_{OUT} 所需的等效串联电阻值(ESR)的计算方法如下：

$$ESR = \frac{\Delta V_{OUT}}{I_{PEAK}}$$

期望的输出电压纹波和负载电流所需最小的输出电容值， C_{OUTMIN} 为：

$$C_{OUTMIN} = \frac{I_{OUT} \times D}{F \times \Delta V_{OUT}}$$

输入电容选择

输入电容的选择需要根据其低等效串联电阻值(ESR)及可以支持应用电路输入大电流变化的RMS电流额定值进行。建议将低等效串联电阻旁路电容靠近开关稳压器的输入引脚布置。一个较大的等效串联电阻(ESR)的输入电容对于输入滤波是极其有用的，可以减少供电线路上感应冲击，并保持输入滤波器转角频率远离开关稳压器带宽。一般来说，极性反相(降压、升压)拓扑结构的应用在输入和输出上都会产生噪音。这种噪音使得输入和输出电容器变成了重要的部件。

同步和可调频率

要使用同步功能，重要的是要根据LM22670的接地引脚GND施加一个同步电压，该引脚具有与反相拓扑结构中负输出电压相同的电势。有些同步脉冲电平移位可能有必要保持在的RT/SYNC引脚的最大额定绝对值范围内。

通过在RT/SYNC引脚和LM22670 GND引脚之间连接一个电阻，可对开关频率进行调节，高于或低于500千赫。有关同步和可调频率特性，请参阅LM22670数据表。

精确使能

如果将EN引脚拉低，LM22670随即停止运行。在反相拓扑结构中，其意为将EN引脚拉低至一个和GND引脚负输出电压接近的电压。如果引入一个外部信号，特别注意在EN引脚电压不得高于LM22670数据表中关于GND引脚的绝对最大定值所规定的最大允许电压。由于在反相应用中，LM22670 GND引脚变成了一个负输出电压，使用EN引脚时可能需要电平移动。如果在该应用中不使用EN引脚，它可处于浮接状态。

印刷电路板布局指南

LM22670开关稳压器反相拓扑结构印刷电路(PCB)的布局如图8所示。类似的印刷电路板布局亦可用于LM2267X SIMPLE SWITCHER®系列产品的其它版本。要尽可能将输入电容器靠近开关稳压器的输入引脚布置，这一点非常重要。为了达到最佳性能，开关稳压器必须正确接地。推荐使用独立的接地盘和单点接地的结构。特别是当负载电流超过1A时，走线布局和元件布局是至关重要的。这一点需特别注意，否则，高开关电流会导致器件误动作。寄生跟踪电感的往往是产生高电压尖峰，以及输入和输出线路产生电磁干扰的主要原因。

图4所示为反相(降压-升压)转换器的电流流向。顶部原理图的虚线表示在接通状态下电流流向。中部原理图所示为在断开状态下的电流流向。底部原理图所示电流为交流电流。由于电流在非常短的时间周期内不断变化，故这些交流电电流是至关重要的。根据底部原理图的虚线显示，要尽可能保持短的引线。这将形成一个小面积减少回路电感的区域。将相极性反相拓扑结构的交流引线与降压或升压拓扑结构的交流引线加以比较，会发现极性反相拓扑结构具有更关键的交流引线。通常不可能同时保持所有关键的交流引线尽可能密集，需要做一

些比较评定。

在敏感的情况下，即使使用低等效串联电阻值(ESR)的输入和输出滤波电容器，输入和输出电压尖峰也可能无法接受。在这种情况下，应考虑额外的输入和输出L/C过滤器。

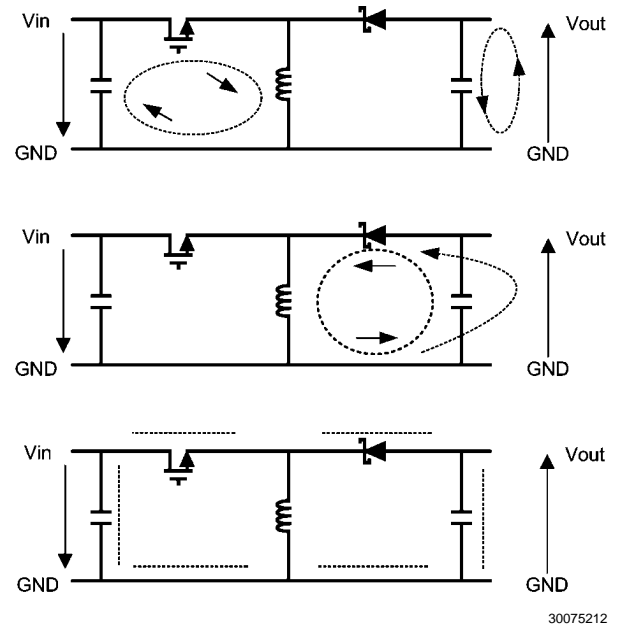


图4. 极性反应用的电流流动(降压升压)

稳定性考虑

脉冲宽度调制开关模式DC/DC转换器由一个的频率响应控制回路构成。为保证器件可在各种工作条件下稳定运行，在设计上这是必要的。

电感，输出电容，包括等效串联电阻，以及补偿电容C6和C7的值会对开关稳压器环路的稳定性产生影响。为此，需对极性反相转换器的稳定性进行测试。

第一稳定性测试是观察LM22670 SW引脚的开关电压波形。在各种不同的输入电压和负载电流条件下，这个波形应该是稳定的，且无抖动现象。这是一个有关稳定性的设计指标。接下来的稳定性测试是一个脉动负载测试或负载瞬态响应测试。在测试过程中，负载电流在最小和最大负载之间波动(矩形波，上升时间快)，输出电压波形通过示波器监测。在这种情况下，输出电压应该有响应，不会有过多负载电流变化的振荡。脉动负载测试或负载瞬态响应测试还需要在所各种不同的输入电压条件进行验证。如果开关稳压器在这些测试中其稳定性出现问题，应当相应调整改变输出电容和/或补偿电容C6和C7。对于LM22670极性反相(降压升压)的应用，通过增大C6和C7的电容值通常可以改善其稳定性。图7显示为LM22670INVEVAL评估板在负载电流为1.5A，输入电压为12V情况下的稳定性。输入电压低于6V时，相位余量显著降低。为了增加使用低输入电压时的相位余量，要选择较高电容值的C6和C7。使用网络分析仪捕获波德图有助于绘制环路传递函数曲线图。

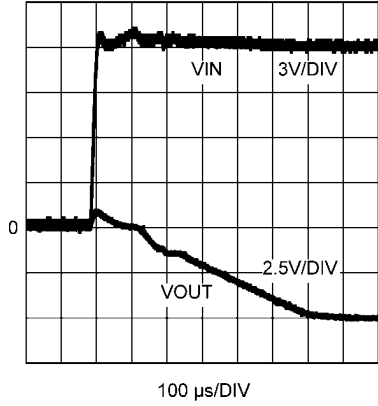
应用注释AN-1889就如何使用一台示波器和一台函数发生器来获得波德图的方法做了详细介绍。

表1.LM22670INEVAL材料单 $V_{OUT} = -5V$ · 设计输出电流为1.5A

参考号	值	供应商	部件号
C1, C8	2.2 μ F · 50V · 陶瓷电容	TDK	C3225X7R1H225K
C2	22 μ F 63V 电解电容	松下	EEEFK1J220XP
C3	10nF 50V 陶瓷电容	TDK	C1608X7R1H103K
C4	120 μ F 6.3V 24莫姆电容	日本贵弥功	APXE6R3ARA121ME61G
C5	未提供	-	
C6, C7	4.7 μ F 50V陶瓷电容	TDK	C4532X7R1H475M
D1	60V, 5A	美国中央半导体	CMSH5-60
L1	10 μ H 4.09A	沃思	WE-PD L 74477110
		线艺	MSS1260-103MLD
R1	2.55 k Ω	威世/达勒	CRCW06032K55FKEA
R2	7.32 k Ω	威世/达勒	CRCW06037K32FKEA
R3	未提供	-	
U1		美国国家半导体	LM22670MR-ADJ

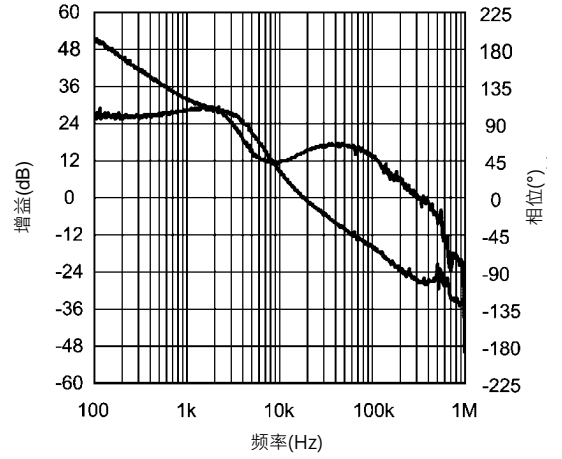
性能特征

除另有规定外： $V_{IN} = 12V$, $T_A = 25^\circ C$, $V_{OUT} = -5V$.



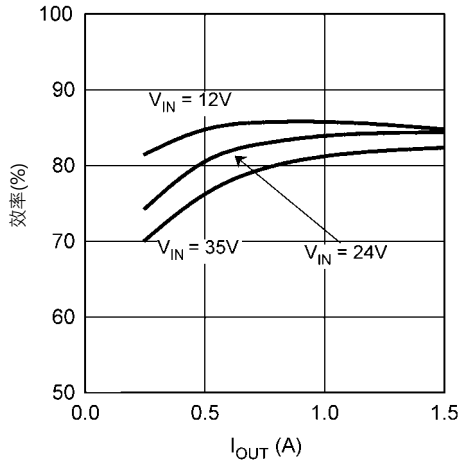
30075219

图5 启动波形
(负载电阻 = 4 Ω)



30075220

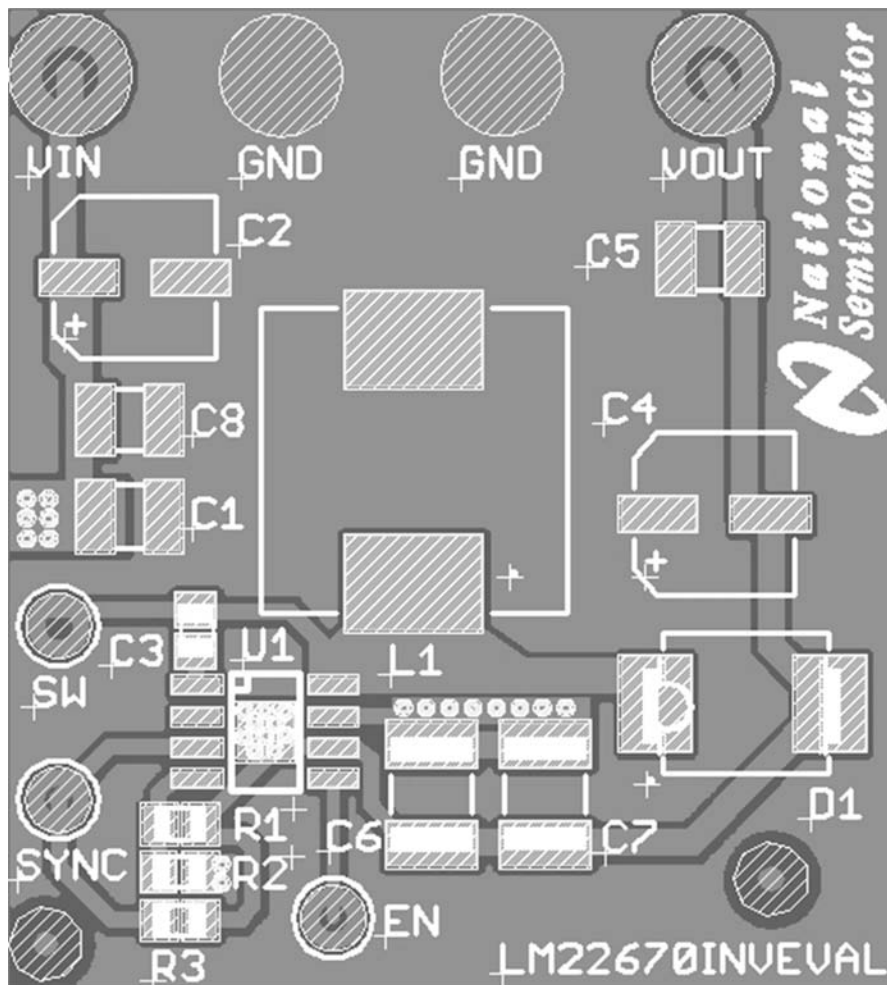
图7 总回路增益和相位
($I_{OUT} = 1.5A$)



30075217

图6 相对于输出电流 I_{OUT} 的效率

印刷电路板布置图



30075213

注释

欲了解有关美国国家半导体的产品和验证设计工具的更多信息，请访问以下站点：

www.national.com

产品		设计支持工具	
放大器	www.national.com/amplifiers	WEBENCH® 设计工具	www.national.com/webench
音频	www.national.com/audio	应用注解	www.national.com/appnotes
时钟及定时	www.national.com/timing	参考设计	www.national.com/refdesigns
数据转换器	www.national.com/adc	索取样片	www.national.com/samples
接口	www.national.com/interface	评估板	www.national.com/evalboards
LVDS	www.national.com/lvds	封装	www.national.com/packaging
电源管理	www.national.com/power	绿色公约	www.national.com/quality/green
开关稳压器	www.national.com/switchers	分销商	www.national.com/contacts
LDOs	www.national.com/lido	质量可靠性	www.national.com/quality
LED 照明	www.national.com/led	反馈及支持	www.national.com/feedback
电压参考	www.national.com/vref	简易设计步骤	www.national.com/easy
PowerWise® 解决方案	www.national.com/powerwise	解决方案	www.national.com/solutions
串行数字接口 (SDI)	www.national.com/sdi	军事 / 宇航	www.national.com/milaero
温度传感器	www.national.com/tempsensors	SolarMagic™	www.national.com/solarmagic
无线通信解决方案(PLL/VCO)	www.national.com/wireless	PowerWise® 设计大学	www.national.com/training

本文内容涉及美国国家半导体公司(NATIONAL)产品。美国国家半导体公司对本文内容的准确性与完整性不作任何表示且不承担任何法律责任。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，恕不另行公司通知。本文没有明示或暗示地以禁止反言或其他任何方式，授予过任何知识产权许可。

美国国家半导体公司按照其认为必要的程度执行产品测试及其它质量控制以支持产品质量保证。没有必要对每个产品执行政府规定范围外的所有参数测试。美国国家半导体公司没有责任提供应用帮助或者购买者产品设计。购买者对其使用美国国家半导体公司的部件的产品和应用承担责任。在使用和分销包含美国国家半导体公司的部件的任何产品之前，购买者应提供充分的设计、测试及操作安全保障。

除非有有关该产品的销售条款规定，否则美国国家半导体公司不承担任何由此引出的任何责任，也不承认任何有关该产品销售权与/或者产品使用权的明示或暗示的授权，其中包括以特殊目的、以营利为目的的授权，或者对专利权、版权、或其他知识产权的侵害。

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：

生命支持设备或系统指：(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)支持或维持生命的设备或系统，其在依照使用说明正确使用，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或系统失效，或影响生命支持设备或系统的安全性或效力的任何部件。

National Semiconductor和National Semiconductor标志均为美国国家半导体公司的注册商标。其他品牌或产品名称均为有关公司所拥有的商标或注册商标。

美国国家半导体公司2011版权所有。

欲了解最新产品信息，请访问公司网站：www.national.com



美国国家半导体美洲区技术支持中心

电子邮件: support@nsc.com
电话: 1-800-272-9959

美国国家半导体欧洲技术支持中心

电子邮件: europa.support@nsc.com

美国国家半导体亚太区技术支持中心

电子邮件: ap.support@nsc.com

美国国家半导体日本技术支持中心

电子邮件: jpn.feedback@nsc.com

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

重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性 & 可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用 TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品；(2) 设计、验证并测试您的应用；(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及 TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对 TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受 TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及 [ti.com.cn](http://www.ti.com.cn) 上或随附 TI 产品提供的其他可适用条款的约束。TI 提供所述资源并不扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

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 © 2018 德州仪器半导体技术（上海）有限公司