

# LMZ10503

具备5.5V最高输入电压的3A SIMPLE SWITCHER® 电源模块



Literature Number: ZHCS551  
June 2010

# LMZ10503

## 具备5.5V最高输入电压的3A SIMPLE SWITCHER® 电源模块

易于使用的7引脚封装



顶视图



底视图

301118a4

TO-PMOD 7引脚封装

10.16x13.77x4.57mm(0.4x0.39x0.18英寸)

 $\theta_{JA}=20^{\circ}\text{C/W}$ ,  $\theta_{JC}=1.9^{\circ}\text{C/W}$ (注释3)

符合RoHS(有害物质限用指令)标准

### 电气性能规格

- 15W最大总输出功率
- 输出电流高达3A
- 输入电压范围为2.95V至5.5V
- 输出电压范围为0.8V至5V
- 全温度范围内具有 $\pm 1.63\%$ 反馈电压精度
- 效率高达96%

### 主要特征

- 集成屏蔽电感器
- 使用外部的软启动、跟踪和高精度使能端，可以实现灵活的上电时序控制
- 针对浪涌电流以及输入欠压锁定和输出短路等故障提供保障工作结温范围 $-40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$
- 采用整块的裸露焊盘和标准引脚，更易于装配和制造
- 引脚到引脚兼容设计：
  - LMZ10504(最大4A/20W)
  - LMZ10505(最大5A/25W)
- 可得到WEBENCH® 和电源设计软件的全面支持

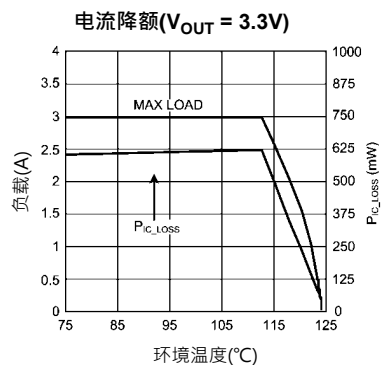
### 应用领域

- 从3.3V和5V电压轨负载点转换
- 应用于空间受限的项目
- 应用于极端温度/无空气流动的环境
- 应用对噪声敏感的(无线电收发设备、医疗设备)环境

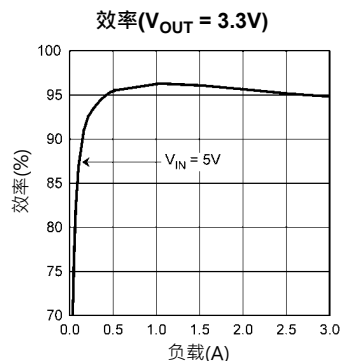
### 性能优势

- 适合高温工作环
- 高达96%的效率：减少系统产生的热量
- 低电磁辐射(EMI)，符合EN55022 B级标准(注释4)
  - 仅10mV的低输出电压纹波，可以用来驱动对噪声敏感
- 的收发器及信号传输集成电路。
  - 卓越的瞬态响应，可应用于现场可编程门阵列(FPGAs)和
- 专用集成电路(ASICs)的供电电源

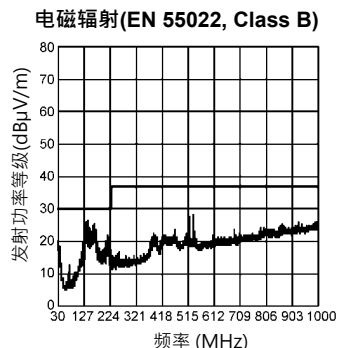
### 系统性能



301118a5



30111871

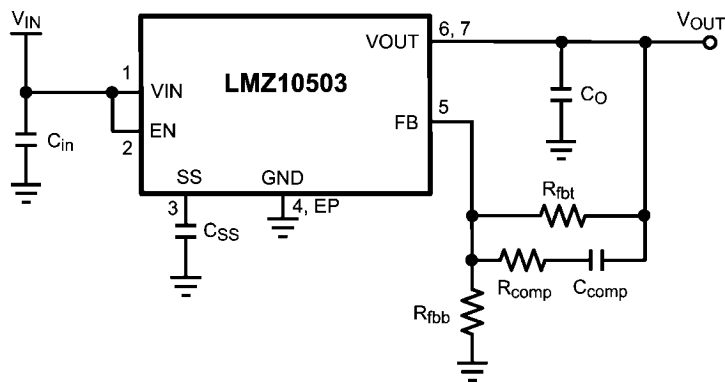


301118a6

注释1： $\theta_{JA}$ 在一个2.25" x 2.25"(5.8 cm x 5.8 cm)四层测试板上测得。请参考印刷电路板布局图或评估板应用说明：AN-2022。

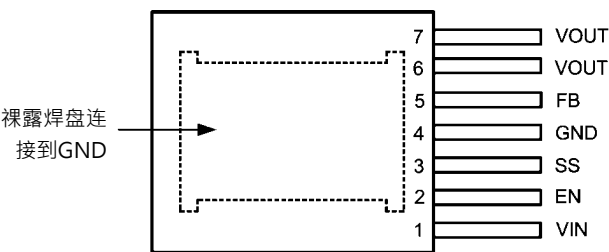
注释2：EN 55022:2006, +A1:2007, FCC Part 15 Subpart B:2007。参见图5和所测试设备的布线信息。

典型应用电路



30111801

连线图



30111872

顶视图  
7引脚TO-PMOD

订购信息

订购号	供货方式	封装类型	NSC封装图纸	封装标识
LMZ10503TZE-ADJ	每排45件	TO-PMOD-7	TZA07A	LMZ10503TZ-ADJ
LMZ10503TZ-ADJ	250件·卷带封装			
LMZ10503TZX-ADJ	500件·卷带封装			

引脚描述

引脚号	名称	说明
1	VIN	电源输入。应在尽可能靠近VIN引脚和裸露焊盘(EP)处，放置一个低等效串联阻抗的输入电容。
2	EN	元器件高使能端输入
3	SS	软启动控制引脚。内部设有一个2 $\mu$ A电流源，为连接SS和GND引脚的外部电容充电，设置启动输出电压上升斜率。SS引脚同样可用于配置跟踪功能。
4	GND	电源接地与信号接地。直接于裸露焊盘(EP)连接。底端反馈电阻应尽可能靠近GND和FB引脚布置。
5	FB	反馈输入引脚。这是一个用于检测输出电压误差放大器的反相输入端。该节点的覆铜面积要尽可能小。

引脚号	名称	说明
6, 7	VOUT	内部电感器的输出端。在VOUT引脚和裸露焊盘(EP)之间连接输出滤波电容器。
EP	裸露焊盘	裸露焊盘用于热连接，为元器件散热。将焊盘与印刷电路板零电位平面连接以减少热阻。EP同时是输入和输出电容接地端的直接电气连接端。连接EP与引脚4。

# 绝对最大额定值

(注释5)

如果用于军用/航空专用设备，请向美国国家半导体销售办事处/经销商咨询具体可用性和规格。

VIN, VOUT, EN, FB, SS至GND

-0.3V至6.0V

静电放电(ESD)敏感性(注释6)

±2 kV

功率损耗

内部限制

结点温度

150°C

存储温度范围

-65°C至150°C

如需了解焊接规范，请于www.national.com查看产品文件夹和www.national.com/ms/MS/MS-SOLDERING.pdf的内容。

# 额定工作定值

(注释5)

VIN至GND

2.95V至5.5V

结点温度(TJ)

-40°C至125°C

# 电气特性

规范中用标准字体表示的数值仅用于在TJ=25°C时；使用粗体字体表示的极限值适用于TJ在-40°C至125°C工作结温范围；最小和最大极限值通过测试、设计或统计数据得以保证。典型值是TJ=25°C时标准的参数值，这里仅供参考。VIN=VEN=3.3V，除非在工作条件一栏中另有规定。

标识	参数	工作条件	最小值 (注释7)	典型值 (注释8)	最大值 (注释7)	单位
<b>系统参数</b>						
VFB	总反馈电压变化 包括线路和负载调节	VIN = 2.95V至5.5V VOUT = 2.5V IOUT = 0A至3A	<b>0.78</b>	0.8	<b>0.82</b>	V
VFB	反馈电压变化	VIN = 3.3V, VOUT = 2.5V IOUT = 0A	<b>0.787</b>	0.8	<b>0.812</b>	V
VFB	反馈电压变化	VIN = 3.3V, VOUT = 2.5V IOUT = 3A	<b>0.785</b>	0.798	<b>0.81</b>	V
VIN(UVLO)	输入欠压锁定阈值(在VIN引脚测定)	上升		2.6	<b>2.95</b>	V
		下降	<b>1.95</b>	2.4		
ISS	软启动电流	充电电流		2		μA
IQ	非切换输入电流	VFB = 1V		1.7	<b>3</b>	mA
ISD	关断静态电流	VIN = 5.5V, VEN = 0V		260	<b>500</b>	μA
IocL	输出电流限制(平均电流)	VOUT = 2.5V	<b>3.8</b>	5.2	<b>6.7</b>	A
fFB	频率回折	处于电流限制		250		kHz
<b>脉冲宽度调制(PWM)部分</b>						
fsw	开关频率		<b>750</b>	1000	<b>1160</b>	kHz
Drange	脉冲宽度调制(PWM)占空比范围		<b>0</b>		<b>100</b>	%
<b>使能端控制</b>						
VEN-IH	EN引脚上升阈值			1.23	<b>1.8</b>	V
VEN-IF	EN引脚下降阈值		<b>0.8</b>	1.06		V
<b>热控制</b>						
TSD	热关断TJ			145		°C
TSD-HYS	热关断磁滞			10		°C
<b>热阻</b>						
θJA	至环境结点	(注释3)		20		°C/W
θJC	至外壳结点	无空气流动		1.9		°C/W

## 电气特性

规范中用标准字体表示的数值仅用于在TJ=25°C时；使用粗体字体表示的极限值适用于TJ在-40°C至125°C工作结温范围；最小和最大极限值通过测试、设计或统计数据得以保证。典型值是TJ=25°C时标准的参数值，这里仅供参考。VIN=VEN=3.3V，除非在工作条件一栏中另有规定。

标识	参数	工作条件	最小值 (注释7)	典型值 (注释8)	最大值 (注释7)	单位
性能参数						
$\Delta V_{OUT}$	输出电压纹波	请参阅表3 $V_{OUT}=2.5V$ 带宽限制=2MHz		7		mV <sub>pk-pk</sub>
$\Delta V_{OUT}$	输出电压纹波	请参阅表5 带宽限制=20MHz		5		mV <sub>pk-pk</sub>
$\Delta V_{FB}/V_{FB}$	反馈电压线路调节	$\Delta V_{IN}=2.95V$ 至5.5V $I_{OUT}=0A$		0.04		%
$\Delta V_{OUT}/V_{OUT}$	输出电压线路调节	$\Delta V_{IN}=2.95V$ 至5.5V $I_{OUT}=0A$ , $V_{OUT}=2.5V$		0.04		%
$\Delta V_{FB}/V_{FB}$	反馈电压线路调节	$I_{OUT}=0A$ 至3A		0.25		%
$\Delta V_{OUT}/V_{OUT}$	输出电压负载调节	$I_{OUT}=0A$ 至3A $V_{OUT}=2.5V$		0.25		%
效率						
$\eta$	峰值效率(1A) $V_{IN}=5V$	$V_{OUT}=3.3V$		96.3		%
		$V_{OUT}=2.5V$		94.9		
		$V_{OUT}=1.8V$		93.3		
		$V_{OUT}=1.5V$		92.2		
		$V_{OUT}=1.2V$		90.5		
		$V_{OUT}=0.8V$		86.9		
$\eta$	峰值效率(1A) $V_{IN}=3.3V$	$V_{OUT}=2.5V$		95.7		%
		$V_{OUT}=1.8V$		94.0		
		$V_{OUT}=1.5V$		92.9		
		$V_{OUT}=1.2V$		91.3		
		$V_{OUT}=0.8V$		87.9		
$\eta$	满负载效率(3A) $V_{IN}=5V$	$V_{OUT}=3.3V$		94.8		%
		$V_{OUT}=2.5V$		93		
		$V_{OUT}=1.8V$		90.8		
		$V_{OUT}=1.5V$		89.3		
		$V_{OUT}=1.2V$		87.1		
		$V_{OUT}=0.8V$		82.3		
$\eta$	满负载效率(3A) $V_{IN}=3.3V$	$V_{OUT}=2.5V$		92.4		%
		$V_{OUT}=1.8V$		89.8		
		$V_{OUT}=1.5V$		88.2		
		$V_{OUT}=1.2V$		85.9		
		$V_{OUT}=0.8V$		80.8		

注释3： $\theta_{JA}$ 在一个2.25" x 2.25"(5.8 cm x 5.8 cm)四层测试板上测得。(该测试板含铜一盎司，三十六个10密耳散热孔，功耗为1W)。

请参考印刷电路板布线图或评估板应用说明：AN-2022。

注释4：EN 55022:2006, +A1:2007, FCC Part 15 Subpart B:2007.参见图9和所测试设备的布线信息。

注释5：绝对最大额定值为极限值。超过极限值会导致设备损坏。额定工作值是保证设备正常工作的工作条件。对于规范保证和测试环境，请参阅电气特性。

注释6：人体模型是一个通过1.5 k $\Omega$ 电阻向每个引脚放电的100 pF电容器。测试方法依据JESD22-A114S。

注释7：对100%的产品在25°C的环境温度(TA)下进行了最大和最小极限值试验。在工作温度范围内的极限值是通过使用统计质量控制(SQC)方法得到的关系确定的。这些极限值可用于计算美国国家半导体的平均出厂质量水平(AOQL)。

注释8：典型值在25°C时测得，最能代表参数指标

## 典型性能特性

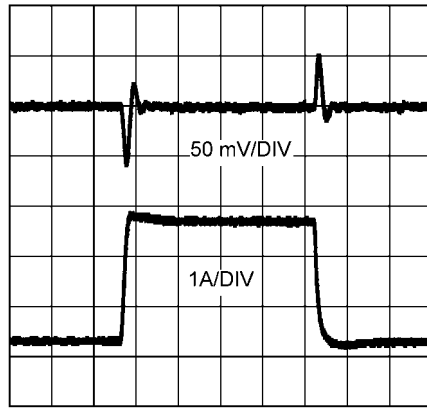
时的波形和效率曲线。

除非另有规定，否则以下条件适用于： $V_{IN}=V_{EN}=5.0V$ ， $C_{IN}$ 是47  $\mu F$  10V X5R 陶瓷电容器； $T_{AMBIENT} = 25^{\circ}C$

### 负载瞬态响应

$V_{IN} = 3.3V$ ,  $V_{OUT} = 2.5V$ ,  $I_{OUT} = 0.3A$ 至 $2.7A$ 至 $0.3A$ 阶跃  
20兆赫兹带宽限制

参阅表5 物料清单，包括可选组件



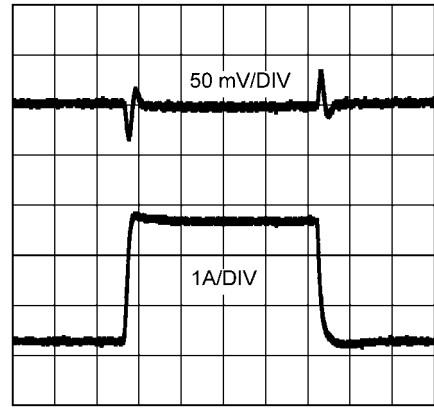
100  $\mu s$ /DIV

30111862

### 负载瞬态响应

$V_{IN} = 5.0V$ ,  $V_{OUT} = 2.5V$ ,  $I_{OUT} = 0.3A$ 至 $2.7A$ 至 $0.3A$ 阶跃  
20兆赫兹带宽限制

参阅表5 物料清单，包括可选组件

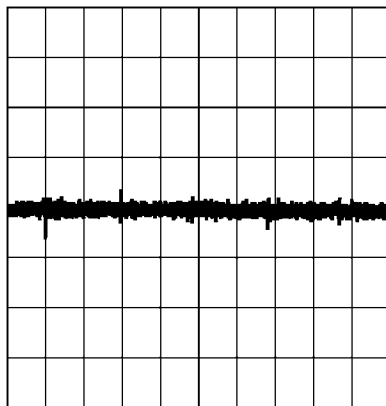


100  $\mu s$ /DIV

30111863

### 输出电压纹波

$V_{IN} = 3.3V$ ,  $V_{OUT} = 2.5V$ ,  $I_{OUT} = 3A$ , 20 mV/DIV  
参阅表5 物料清单，包括可选组件

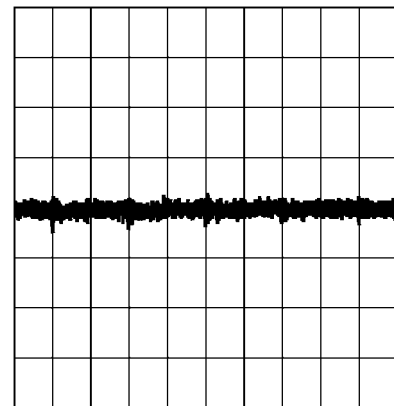


500 ns/DIV

30111864

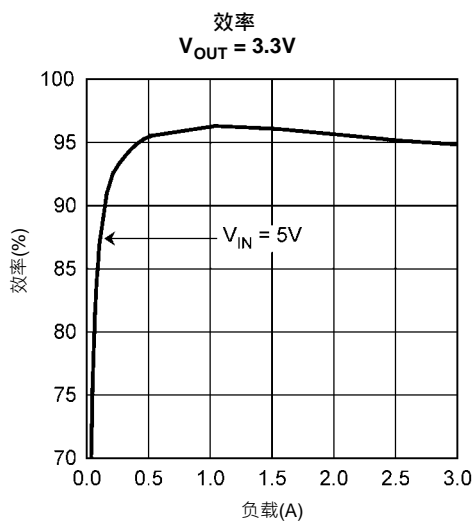
### 输出电压纹波

$V_{IN} = 5.0V$ ,  $V_{OUT} = 2.5V$ ,  $I_{OUT} = 3A$ , 20 mV/DIV  
参阅表5 物料清单，包括可选组件

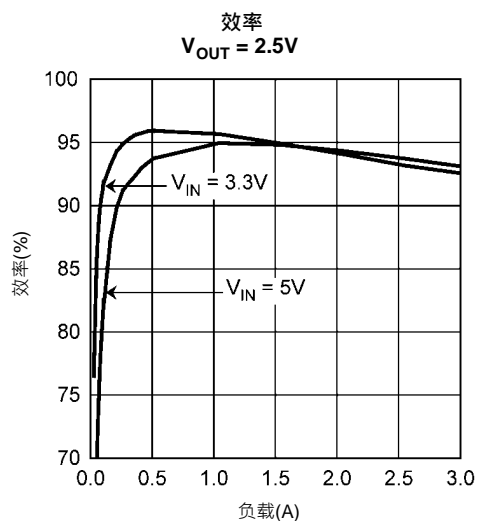


500 ns/DIV

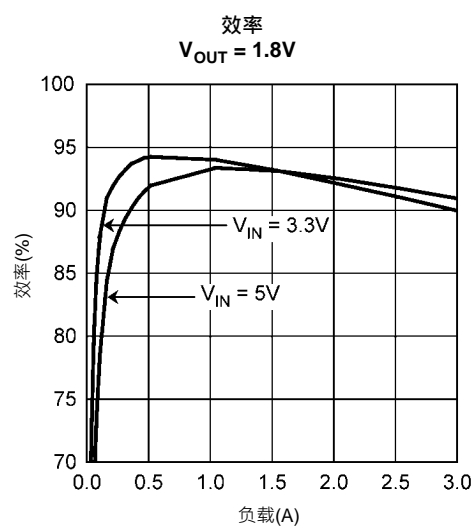
30111865



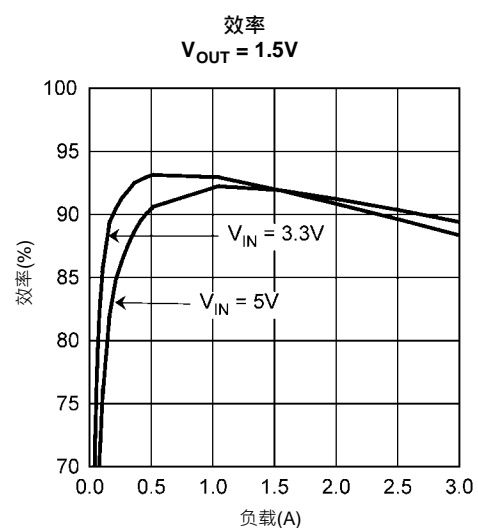
30111871



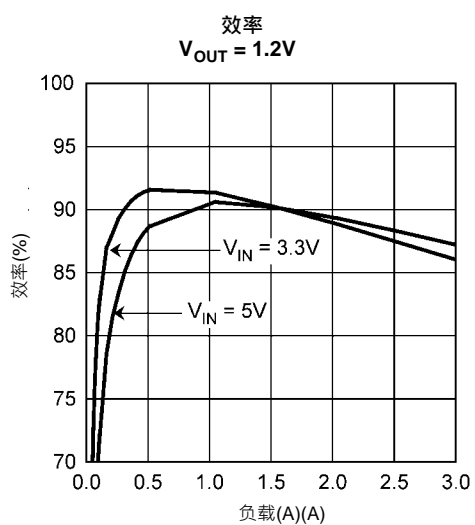
30111870



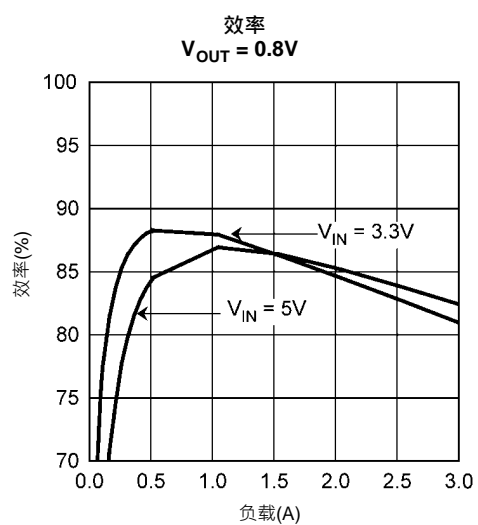
30111869



301118a0

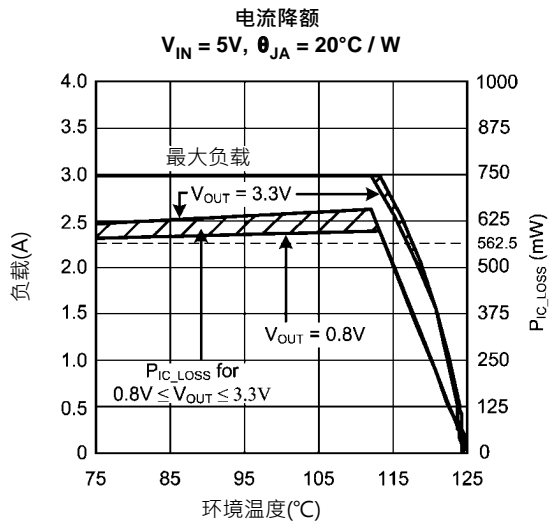


30111868

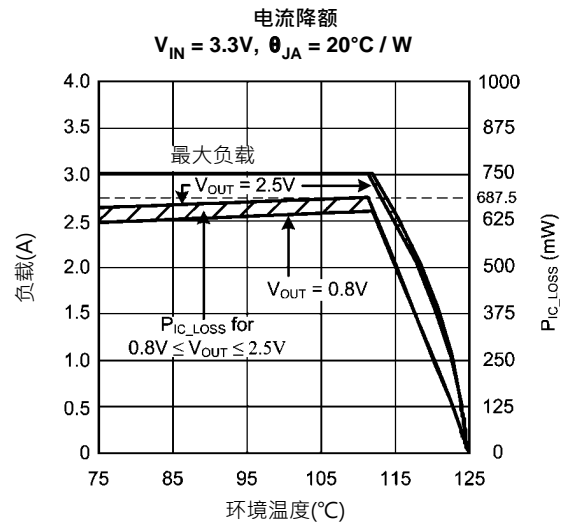


30111867

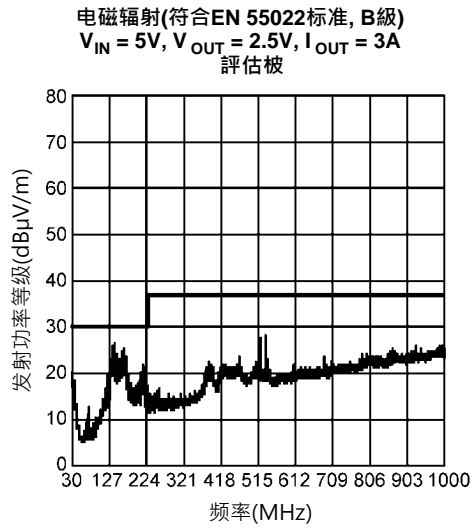




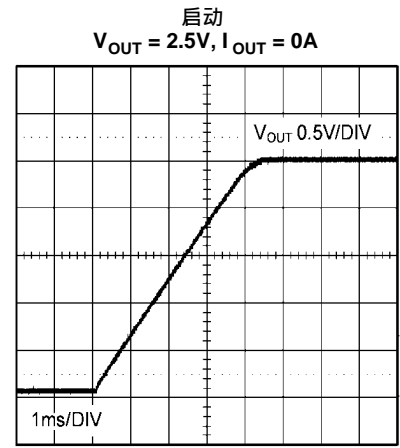
301118b3



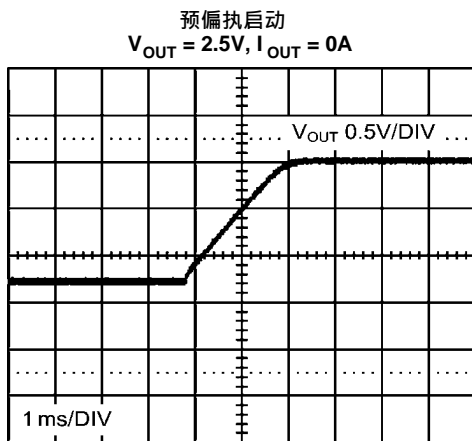
301118b4



301118a6

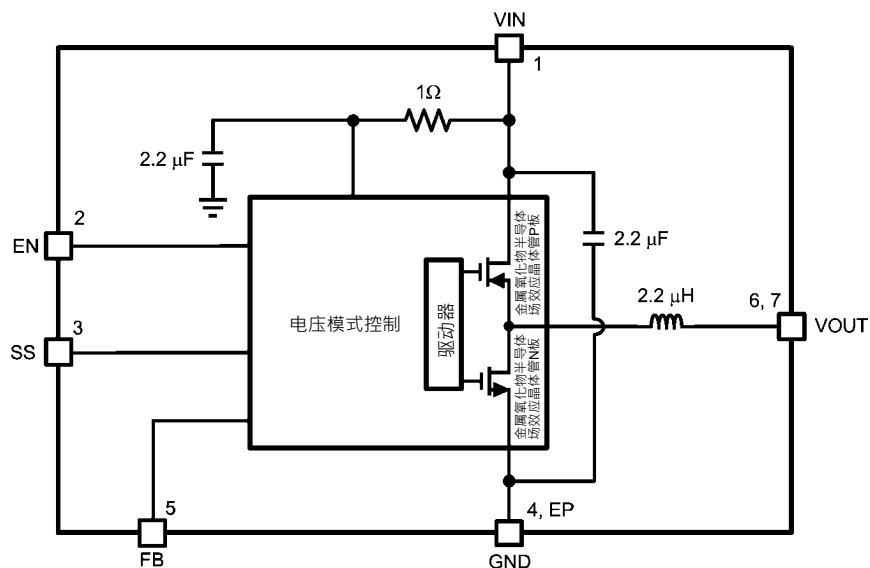


30111856



30111855

## 框图



30111836

## 一般说明

LMZ10503 SIMPLE SWITCHER®电源模块是一种全方位、易于使用的直流/直流解决方案，可提供高达3A的负载电流并且具有极为出色的电源转换效率、输出电压精度、线路和负载调节能力。

LMZ10503采用创新封装模式，提高了散热性能并可手工或机器焊接。

LMZ10503可以接受2.95V和5.5V之间的输入电压轨，并提供低至0.8V的可调高精度输出电压。1兆赫固定频率脉冲宽度调制开关产生可预测的电磁干扰特性。可以通过调节两个外部补偿元件设置其最小响应时间，同时允许选择使用陶瓷及/或电解输出电容。外部可编程软启动电容有利于控制启动。该LMZ10503是一种可靠、稳健的方案，具有以下特点：针对过流或短路故障提供无损逐周期峰值电流限制、热关断、输入欠压锁定和预偏置启动。

设计指南和运行描述  
设计步骤

LMZ10503可得到WEBENCH®的全面支持并提供：元器件选择、性能、电气特性、热仿真和预制电路板(Build-It)来缩短设计时间。另一方面，所有的外部元件可通过下面的设计步骤进行计算。

1. 确定输入电压和输出电压。同时，记录纹波电压和电压瞬态要求。
2. 确定必要的输入和输出电容。
3. 计算反馈电阻分压器。
4. 选择优化的补偿元件值。
5. 估算功耗和电路板热性能要求。
6. 按照电路板设计指南进行设计。
7. 了解LMZ10503特性，如使能端、输入欠压锁定、软启动、跟踪、预偏置启动、电流限制和热关断。

## 设计示例

在本示例中，应用参数如下：

- $V_{IN} = 5V$
- $V_{OUT} = 2.5V$
- $I_{OUT} = 3A$
- $\Delta V_{OUT} = 20 mV_{pk-pk}$
- $\Delta V_{O\_tran} = \pm 20 mV_{pk-pk}$

## 输入电容选择

通常情况下，一个额定电压为最大输入电压两倍的22 μF或47 μF的高品质电介质(X5R、X7R)陶瓷电容即可满足要求。输入电容必须放置于尽可能靠近VIN引脚和GND裸露焊盘的位置，以大幅消除印刷电路板和供电线路上所有杂散电感或阻抗产生的寄生效应。

忽略电容的等效串联阻抗(ESR)，随之产生的输入电容交流纹波电压应呈三角波形状。对于给定的 $V_{IN}$ 峰-峰值( $\Delta V_{IN}$ )，最小输入电容如下：

$$C_{in} \geq \frac{I_{OUT} \times D \times (1 - D)}{f_{SW} \times \Delta V_{IN}}$$

其中D为脉冲宽度调制占空比，可由下方程得出：

$$D = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$$

如果 $\Delta V_{IN}$ 为 $V_{IN}$ 的1%，相当于50 mV及 $f_{SW}=1$  MHz

$$C_{in} \geq \frac{3A \times \left(\frac{2.5V}{5V}\right) \times \left(1 - \frac{2.5V}{5V}\right)}{1 \text{ MHz} \times 50 \text{ mV}} \geq 15 \mu\text{F}$$

确定 $C_{in}$ 旁路电容还需要另一个参数，即RMS电流能力。对于一个降压稳压器，输入电容的必要RMS额定电流应为：

$$I_{Cin(RMS)} = I_{OUT} \times \sqrt{D(1-D)}$$

$$I_{Cin(RMS)} = 3A \times \sqrt{\frac{2.5V}{5V} \left(1 - \frac{2.5V}{5V}\right)} = 1.5A$$

由于输入电容内具有较高的交流电流，RMS额定电流也成为了一个重要参数。最大输入电容纹波电压和RMS电流出现在占空为50%时。选择的输入电容的额定电流至少达到计算出来 $I_{Cin(RMS)}$ 的最大值。为抑制输入电容和寄生电感的共振效应需要增加ESR值较高的大容量电容。

## 输出电容选择

一般情况下，考虑到最优高频特性和陶瓷电介质的具有较低串联等效电阻，一个额定电压为最大输出电压两倍的22  $\mu\text{F}$ 到100  $\mu\text{F}$ 的高品质电介质(X5R、X7R)陶瓷电容即可满足要求。但是，输出电容也可使用电解电容以增加电容密度。

为了确定最小输出电容值，需要计算两个输出电容方程。一个方程根据PWM纹波电压确定输出电容值( $C_O$ )。另一个方程根据负载瞬态特性来确定 $C_O$ 。选择两者中较大的一个电容值。

考虑到最大输出电压纹波( $\Delta V_{OUT}$ )要求，最小电容值可通过下方程得出：

$$C_O \geq \frac{\Delta i_L}{8 \times f_{SW} \times [\Delta V_{OUT} - (\Delta i_L \times R_{ESR})]}$$

方程中，峰值-峰值电感纹波电流( $\Delta i_L$ )等于：

$$\Delta i_L = \frac{(V_{IN} - V_{OUT}) \times D}{L \times f_{SW}}$$

$R_{ESR}$ 是总输出电容的等效串联电阻，L是内部功率电感的电感值，其中 $L=2.2 \mu\text{H}$ ， $f_{SW}=1$  MHz。因此，从这个设计示例可得：

$$\Delta i_L = \frac{(5V - 2.5V) \times \frac{2.5V}{5V}}{2.2 \mu\text{H} \times 1 \text{ MHz}} = 568 \text{ mA}$$

由脉冲宽度调制纹波电压得出的最小输出电容要求为：

$$C_O \geq \frac{568 \text{ mA}}{8 \times 1 \text{ MHz} \times [20 \text{ mV} - (568 \text{ mA} \times 3 \text{ m}\Omega)]}$$

$$C_O \geq 4 \mu\text{F}$$

陶瓷电容的典型 $R_{ESR}$ 值为3毫欧。下面的方程为负荷瞬变特性提供了合理的一次通过电容要求：

$$C_O \geq \frac{I_{step} \times V_{FB} \times L \times V_{IN}}{4 \times V_{OUT} \times (V_{IN} - V_{OUT}) \times \Delta V_{o\_tran}}$$

$I_{step}$ 是峰值-峰值负荷阶跃(此例中 $I_{step} = 10\%-90\%$ 最大负载)， $V_{FB}=0.8V$ ， $\Delta V_{o\_tran}$ 为最大输出电压偏差，即 $\pm 20\text{mV}$ 。因此，给定设计参数的电容要求是：

$$C_O \geq \frac{2.4A \times 0.8V \times 2.2 \mu\text{H} \times 5V}{4 \times 2.5V \times (5V - 2.5V) \times 20 \text{ mV}}$$

$$C_O \geq 42 \mu\text{F}$$

在本特定的设计样例中，输出电容由负荷瞬变特性要求决定。

表1列举了一些可用于LMZ10503的电容器商品。

表1.推荐的输出滤波电容器

C <sub>O</sub> (μF)	电压(V), R <sub>ESR</sub> (mΩ)	材质	制造商	零件编号	外壳尺寸
22	6.3, < 5	陶瓷, X5R	TDK	C3216X5R0J226M	1206
47	6.3, < 5	陶瓷, X5R	TDK	C3216X5R0J476M	1206
47	6.3, < 5	陶瓷, X5R	TDK	C3225X5R0J476M	1210
47	10.0, < 5	陶瓷, X5R	TDK	C3225X5R1A476M	1210
100	6.3, < 5	陶瓷, X5R	TDK	C3225X5R0J107M	1210
100	6.3, 50	钽	AVX	TPSD157M006#0050	D, 7.5 x 4.3 x 2.9 mm
100	6.3, 25	有机聚合物	三洋	6TPE100MPB2	B2, 3.5 x 2.8 x 1.9 mm
150	6.3, 18	有机聚合物	三洋	6TPE150MIC2	C2, 6.0 x 3.2 x 1.8 mm
330	6.3, 18	有机聚合物	三洋	6TPE330MIL	D3L, 7.3 x 4.3 x 2.8 mm
470	6.3, 23	氧化铌	AVX	NOME37M006#0023	E, 7.3 x 4.3 x 4.1 mm

### 输出电压定值

V<sub>OUT</sub>到FB引脚的电阻分压器网络可计算出所要求的输出电压。如下：

$$V_{OUT} = 0.8V \times \frac{R_{fbt} + R_{fbb}}{R_{fbb}}$$

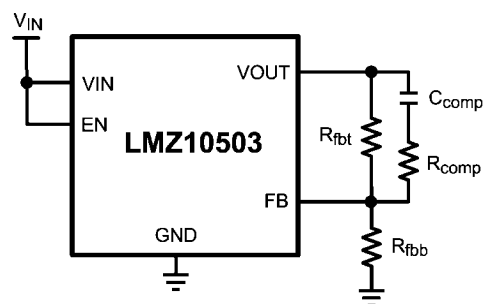
R<sub>fbt</sub>是基于电压回路要求而定义的，R<sub>fbb</sub>则可根据所需输出电压选择。通常电阻的选择公差为0.5%或1%。可提供更高精确度的电阻。如0.1%精度的电阻。

在温度范围内同时进行线路和负荷调节的情况下，反馈电压(V<sub>OUT</sub>=2.5V时)精度在-2.5%/+2.5%内。另外，LMZ10503含有误差调零电路以大幅消除由于温度变化和内部放大器长期工作的老化而造成的反馈电压变化。同时，误差调零电路大幅降低带隙放大器和带隙标准的1/f噪声。这个电路动作表现为一个工作周期将出现两个略有不同但确有区别的工作点，它们每隔一个开关周期交互出现一次。

### 回路补偿

LMZ10503通过将控制元件集成在在内部误差放大器周围，同时在V<sub>OUT</sub>到FB间使用了三个小型外部补偿元件，因而具有较高的灵活性。图示为一个集成的II型(2极点，1零点)电压型补偿网络。为了确保稳定性，可以在高端反馈电阻跨接一个外部电阻和一个小容量电容，作为一对极点-零点，形成一个完整的III型(3极点，2零点)补偿网络。表2中推荐的补偿元件可以使III型补偿网络展现最优的控制回路性能。典型相位余量是45°，带宽为80 kHz。如果计算出来的输出电容值不在表2之列，那么需要在生产制造前对数值加以验证。AN-2013是一个详细的应用注释，为验证工作提供了技术支持。一般情况下，如果计算出的输出电容值低于建议值，那么通常会减小相位余量并增大控制回路带宽。如果输出电容值高于建议值，则通常会减小带宽并增大相位余量。带宽越大，系统对于诸如负荷瞬态的突然变化的响应就越快。相位余量则是改变响应的特性。相位余量越小，则系统表现为欠阻尼振荡；相位角越大，则为过阻尼振荡。相位余量为0时，系统将不再稳定；运行中相位余量的最优

范围应为30°至60°，相应的带宽为100 kHz±20 kHz。



30111848

表2.LMZ10503补偿元件值

V <sub>IN</sub> (V)	C <sub>O</sub> (μF)	ESR (mΩ)		R <sub>fbt</sub> (kΩ)	C <sub>comp</sub> (pF)	R <sub>comp</sub> (kΩ)
		最小值	最大值			
5.0	22	2	20	143	39	8.06
	47	2	20	100	100	8.25
	100	1	10	71.5	180	4.32
	150	1	5	56.2	270	2.1
	150	10	25	59	270	10.8
	150	26	50	66.5	270	23.7
	220	15	30	53.6	360	14
	220	31	60	59	360	30.1
3.3	22	2	20	100	56.2	5.62
	47	2	20	66.5	150	5.49
	100	1	10	45.3	270	2.8
	150	1	5	40.2	360	1.5
	150	10	25	40.2	360	7.32
	150	26	50	43.2	360	15.4
	220	15	30	40.2	470	10.5
	220	31	60	40.2	470	20.5

说明：在输出电压为0.8V的特殊情况下，对于III型补偿网络而言，建议去掉R<sub>fbb</sub>，保留R<sub>fbt</sub>、R<sub>comp</sub>和C<sub>comp</sub>。

## 估算功耗和电路板热性能要求

根据典型性能特征章节中的电流降额曲线，估算出功耗( $P_{IC\_LOSS}$ )。对于 $V_{IN}=5V$ ,  $V_{OUT}=2.5V$ ,  $I_{OUT}=3A$ ,  $T_{A(最大值)}=85^{\circ}C$ 且 $T_{J(最大值)}=125^{\circ}C$ 的设计案例，元器件必须将外壳到环境的热阻控制到( $\theta_{CA}$ )小于：

$$\theta_{CA} < \frac{T_{J(MAX)} - T_{A(MAX)}}{P_{IC\_LOSS}} - \theta_{JC}$$

$$\theta_{CA} < \frac{125^{\circ}C - 85^{\circ}C}{0.56 W} - 1.9 \frac{^{\circ}C}{W} < 69.5 \frac{^{\circ}C}{W}$$

假设从结点到外壳的典型热阻( $\theta_{JC}$ )为 $1.9^{\circ}C/W$ (典型值)。在 $T_J$ 高于 $125^{\circ}C$ 的条件下持续工作将缩短其使用寿命。

为使 $\theta_{CA}=69.5^{\circ}C/W$ ，印刷电路板需要有效散热。在没有空气流动和外部热源的情况下，按照以下方程近似估算用1盎司铜皮在顶层和底层覆盖的规定印刷电路板面积：

$$Board Area\_cm^2 \geq \frac{500}{\theta_{CA}} \cdot \frac{^{\circ}C \times cm^2}{W}$$

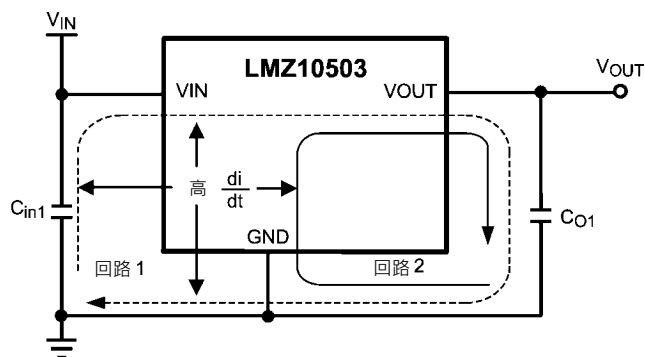
$$Board Area\_cm^2 \geq \frac{500}{69.5} \cdot \frac{^{\circ}C \times cm^2}{W}$$

结果是，印刷电路板设计需要大概7.2平方厘米的1盎司铜皮以覆盖顶层和底层板。

印刷电路板铜散热器必须连接到裸露焊盘(EP)上。大约需要36个10密耳(254  $\mu m$ )、间隔为59密耳(1.5 mm)的散热通孔来连接顶层和底层的铜箔区域。关于这一问题的进一步讨论，以及根据设计经验得出的热能规律的公式，请参阅AN-2020；欲了解 $\theta_{JA}$ 为 $20^{\circ}C/W$ 的高热性能电路板布线的示例，请参阅评估板应用注释AN-2022以及，印刷电路板设计影响研究请参阅AN-2026。

## 印刷电路板布局指南

印刷电路板布线是直流-直流转换器设计的一个重要部分。不理想的布线方案会增加电磁干扰、接地反弹和走线上的电阻压降，这些都将影响直流-直流转换器和周边电路的性能。这些将向直流-直流转换器发送错误的信号，导致调节不利或不稳定。好的布线方案需要遵循以下几点简单的设计规则：



301118b5

图1.大电流回路

### 1. 使开关电流回路尽可能小。

从抑制电磁干扰的角度来看，必须尽量降低高的 $di/dt$ 电流通路。不重叠的大电流回路部分包含高 $di/dt$ 区域，见图1。因此在空间上使输入电容( $C_{in1}$ )尽可能近LMZ10503的VIN引脚和GND裸露焊盘，以避免输出引脚上产生的明显的高频噪声。这将最小化高 $di/dt$ 区域，从而降低辐射的电磁干扰。另外，输入和输出电容接地都需要包括一个局部的顶部平面，用来连接GND裸露焊盘(EP)。

### 2. 采用单点接地

反馈电路、软启动和使能端元件的接地线只能连接到器件的GND引脚。这样可避免开关电流或负载电流流入模拟地线中。如果布置不当，接地不良可能导致负载调节性能降低或输出电压纹波漂移现象。连接引脚4到EP，形成单点接地连接。

### 3. 使FB引脚的走线长度尽可能短。

反馈电阻 $R_{fbt}$ 、 $R_{fbb}$ 及补偿元件 $R_{comp}$ 及 $C_{comp}$ 应尽可能靠近FB引脚。由于FB引脚具有高阻抗，因此应使覆铜面积尽可能小。这在使用相对大的电阻器来设定输出电压时是重要。

### 4. 输入输出总线连线尽可能宽。

这样可以减少转换器输入或输出上的压降，从而使效率最大化。为了优化负载上的电压精度，要确保负载上有单独的电压反馈走线。这样将纠正压降，提供最优输出精度。

### 5. 确保器件散热充分。

使用一组散热孔将裸露焊盘和印刷电路板底层的零电位平面连接起来。如果印刷电路板有多个覆铜层，散热通孔同样可以用来连接内层散热零电位平面。为了达到最佳效果，可使用一个最小半径为10密耳(254  $\mu m$ )、间隔为59密耳(1.5 mm)的6x6散热通孔组。确保有足够的覆铜面积用来散热，保持结点温度低于 $125^{\circ}C$ 。

## 附加特性使能端

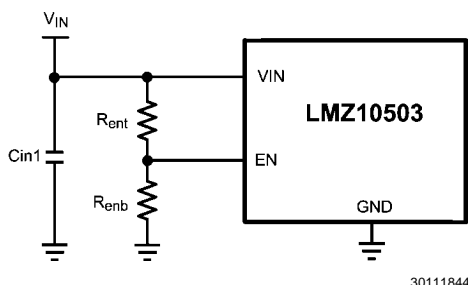
LMZ10503的特色是有一个使能端引脚(EN)和关联的比较器。方便用户利用外部电压轨实现LMZ10503的电源排序，或手动设置欠压锁定阈值。开启或上升阈值和比较器磁滞的典型值是1.23V和0.15V。使能端比较器的精确电压参考让用户可以保证LMZ10503在系统需要的时候停止工作。该使能端引脚不得处于浮接状态。为了总是处于运行状态，将EN与VIN连接。

## 使能端与欠压锁定

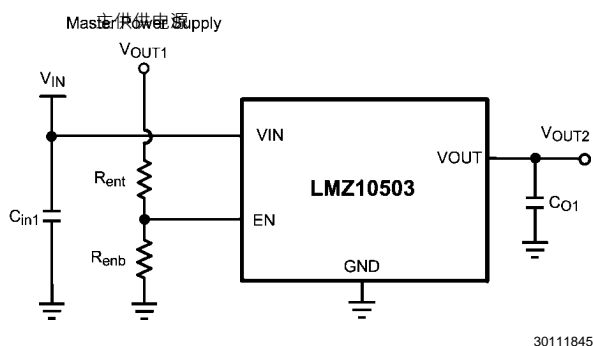
如下面的示意图所示，在VIN至EN端使用电阻分压器，当这部分开始切换时，输入电压增大并超过正常输入欠压锁定阈值电平，方程如下：

$$V_{IN(UVLO)} = 1.23V \times \frac{R_{ent} + R_{enb}}{R_{enb}}$$

例如，假设需要的输入欠压锁定电平为3.69V。选 $R_{enb}=10\text{ k}\Omega$ ，那么我们可以得出 $R_{ent}=20\text{ k}\Omega$ 。



换言之，EN引脚也可以被另一个电压源驱动以适应现场可编程逻辑门阵列和其他多轨应用场合的系统排序要求。下图为LMZ10503按主系统电平( $V_{OUT1}$ )电源排序启动的示意图。



## 软启动

当VIN和EN的电压分别超过欠压锁定和使能端上升阈值时，LMZ10503开始工作。受控的软启动可以消除启动时的浪涌电流，使用户更灵活、更容易地对使用其他电流供电的LMZ10503进行排序控制。

当VIN或EN电平降低并分别低于欠压锁定或使能端下降阈值时，软启动电容器将形成14  $\mu\text{A}$ (典型值)的放电，电流流向地线，软启动引脚电压失去。

## 软启动电容器

按如下关系，确定软启动电容

$$C_{SS} = \frac{t_{SS} \times I_{SS}}{V_{FB}}$$

方程中， $V_{FB}$ 为内部参考电压(一般为0.8V)， $I_{SS}$ 为软启动充电电流(一般为2  $\mu\text{A}$ )， $C_{SS}$ 为外部软启动电容。

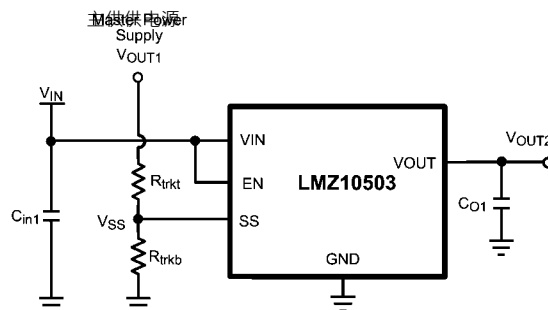
这样，各部件输出电压启动时间所需的软启动电容为：

$$C_{SS} = 2.5\text{ nF} / \text{ms}$$

例如，一个4ms软启动时间将产生一个10nF的电容。最小的软启动电容为680pF。

## 跟踪

LMZ10503可以通过在SS引脚连接一个电阻分压器，来实现软启动时对主电源输出的跟踪。这样，LMZ10503的输出电压摆率就可以通过要求精确排序的负载的主电源进行控制。开始使用跟踪功能时，一个低容量软启动电容应连接到SS引脚以减小过流故障恢复时的输出电压过冲。



30111857

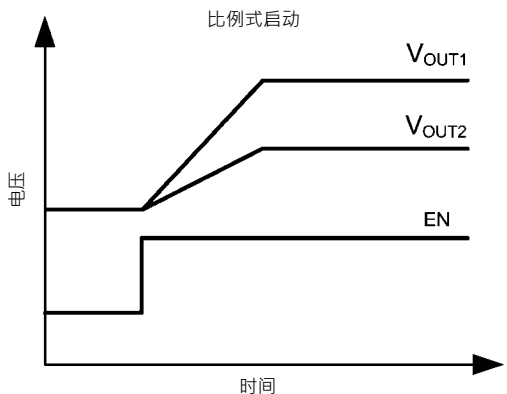
## 跟踪-相等的软启动时间

可根据跟踪特性来设计跟踪电阻分压器，这样，主电源输出电压 $V_{OUT1}$ 和LMZ10503输出电压 $V_{OUT2}$ 将一起上升，并同时达到它们的目标值。这称为比例启动控制。在这种情况下，根据下面的方程，我们可以得出跟踪分压电阻 $R_{trkb}$ 和 $R_{trkt}$ ：

$$R_{trkb} = \frac{R_{trkt}}{V_{OUT1} - 1.0V}$$

上述方程包括一个200 mV的偏置电压，以确保SS引脚电压的最终值超过LMZ10503的参考电压值。这个偏置电压将使得LMZ10503输出电压在主电源前时就可以达到可调。建议选取 $R_{trkt}$ 值为33  $\text{k}\Omega$  1%，这样既可以保证较高的精度，又使流过分压电阻的静态电流较低，同时还使2  $\mu\text{A}$ 软启动电流源的影响降至最小。

例如，如果主电源电压 $V_{OUT1}$ 为3.3V，LMZ10503输出电压为1.8V，那么为了使得两个电源能够统一软启动时间， $R_{trkb}$ 应为14.3 k $\Omega$ 。下图为相等的软启动时间示例时序图。



30111859

## 跟踪-相等的摆率

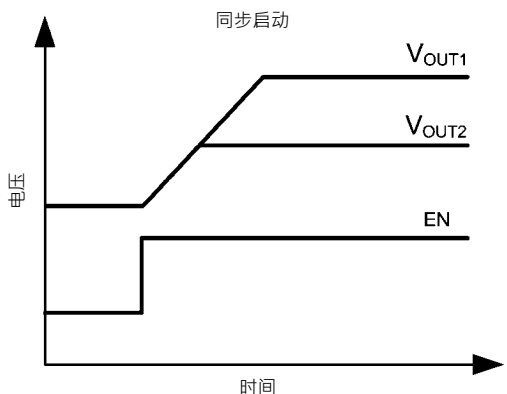
另外，跟踪特性可以用来确定相似的输出电压斜率。这被称为同步启动。这种情况下，跟踪电阻可依据下方方程得出：

$$R_{trkb} = \frac{0.8V}{V_{OUT2} - 0.8V} \times R_{trkt}$$

以确保SS引脚合适的过驱动

$$V_{OUT2} < 0.8 \times V_{OUT1}$$

例如， $V_{OUT1}=5V$ ， $V_{OUT2}=2.5V$ ， $R_{trkt}$ 设为33 k $\Omega$ (如前所述)， $R_{trkb}$ 由上方方程可得为15.5 k $\Omega$ 。下图为相等的摆率示例时序图。



30111861

## 预偏置启动能力

在启动时，当输出电压大于零，LMZ10503处于预偏置状态。这经常出现在许多多轨应用场合，如为特定用途集成电路、现场可编程逻辑门阵列或数字信号处理供电时。在这些应用场合下，输出电压通过寄生传导通道从一个电源轨转到另一个而实现预偏置。尽管LMZ10503是一个同步转换器，但当有预偏置情况存在时，它不会下拉输出电压。在启动时，在软启动电压没有超过FB引脚电压时，LMZ10503不会吸入电流。由于没漏电流，这样负载就避免了由于电流在其寄生通道中传导而可能发生的损害。

## 电流限制

当检测到有电流超过输出电流限制( $I_{OCL}$ )时，接通时间立即终止，底侧金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)激活。底侧金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)在接下来全部四个开关周期内，始终处于接通。由于跳过了这些脉冲，软启动引脚的电压将降低，这是通过在软启动引脚上形成的14  $\mu A$ 标称电流对软启动电容器放电而完成的。接下来的过流动作使软启动电容器持续放电，由于跳过了这些脉冲，输出电压下降，参考电压也有效下降。软启动电路恢复功能确保在当过流情况消除后，该部分将继续平稳正常工作。

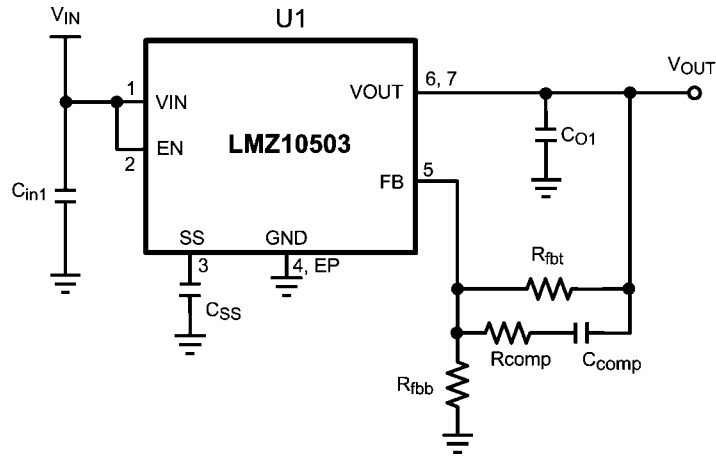
## 过温保护

当LMZ10503检测到结温超过145°C(典型值)时，切换金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)都将断开，该部分电路进入备用状态。当检测到结温低于135°C(典型值)时，该部分电路将重新初始化软启动程序，重新开始切换。

## LMZ10503应用电路示意图和物料清单

本章将结合具体的物料清单介绍几种应用解决方案。每个解决方案的补偿电路都经过了优化，能在整个输出范围内工作。许多应

用场合都采用固定的输入电压轨在给定输入电压工作点后，通过更改补偿电路，可以获得更快的瞬态响应。



30111854

圖2

表3. 物料清单,  $V_{IN}=3.3V$ 至 $5V$ ,  $V_{OUT}=2.5V$ ,  $I_{OUT(最大值)}=3A$ , 针对电解输入和输出电容进行了优化

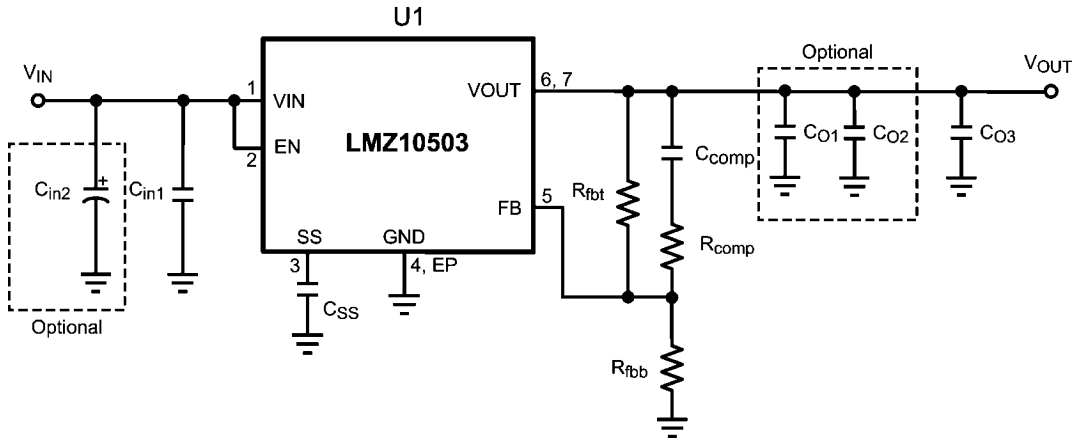
標識	說明	外殼尺寸	製造商	P/N製造商	數量
U1	SIMPLE SWITCHER®	TO-PMOD-7	美國國家半導體	LMZ10503TZ-ADJ	1
$C_{in1}$	150 $\mu F$ , 6.3V, 18 m $\Omega$	C2, 6.0 x 3.2 x 1.8 mm	三洋	6TPE150MIC2	1
$C_{O1}$	330 $\mu F$ , 6.3V, 18 m $\Omega$	D3L, 7.3 x 4.3 x 2.8 mm	三洋	6TPE330MIL	1
$R_{fbt}$	100 k $\Omega$	0603	威世	CRCW0603100KFKEA	1
$R_{fbb}$	47.5 k $\Omega$	0603	威世	CRCW060347K5FKEA	1
$R_{comp}$	15 k $\Omega$	0603	威世	CRCW060315K0FKEA	1
$C_{comp}$	330 pF, $\pm 5\%$ , C0G, 50V	0603	TDK	C1608C0G1H331J	1
$C_{SS}$	10 nF, $\pm 10\%$ , X7R, 16V	0603	村田	GRM188R71C103KA01	1

表4.物料清单,  $V_{IN}=3.3V$ ,  $V_{OUT}=0.8V$ ,  $I_{OUT(最大值)}=3A$ , 针对解决方案的尺寸与瞬态响应进行了优化

標識	說明	外殼尺寸	製造商	P/N製造商	數量
U1	SIMPLE SWITCHER®	TO-PMOD-7	美國國家半導體	LMZ10503TZ-ADJ	1
$C_{in1}, C_{O1}$	47 $\mu F$ , X5R, 6.3V	1206	TDK	C3216X5R0J476M	2
$R_{fbt}$	110 k $\Omega$	0402	威世	CRCW0402100KFKEA	1
$R_{comp}$	1.0 k $\Omega$	0402	威世	CRCW04021K00FKEA	1
$C_{comp}$	27 pF, $\pm 5\%$ , C0G, 50V	0402	村田	GRM1555C1H270JZ01	1
$C_{SS}$	10 nF, $\pm 10\%$ , X7R, 16V	0402	威世	GRM155R71C103KA01	1

在输出电压为0.8V的情况下，对于III型补偿网络而言，建议去掉 $R_{fbb}$ ，保留 $R_{fbt}$ ， $R_{comp}$ 和 $C_{comp}$ 。





30111881

圖3

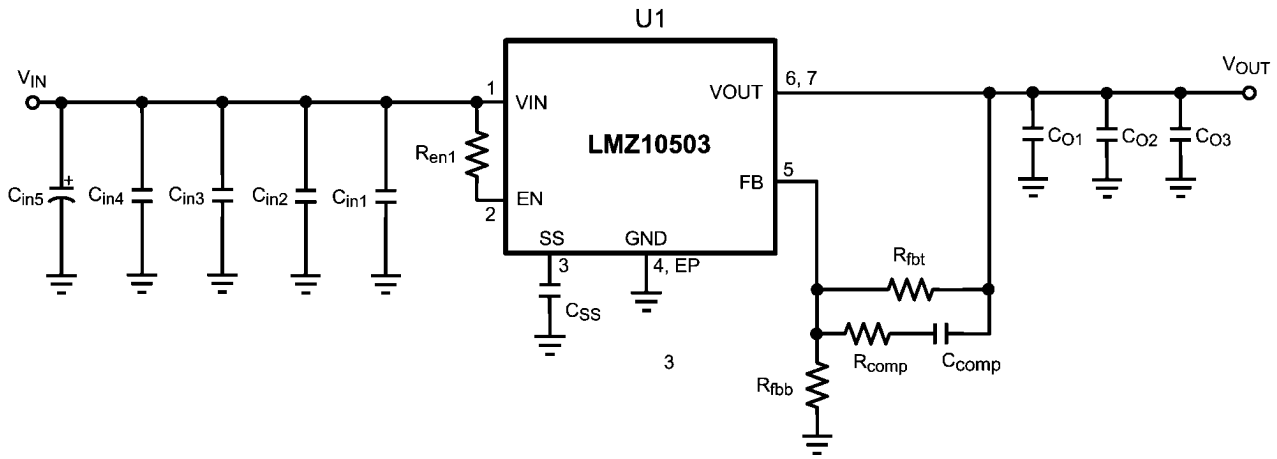
表5. 物料清单,  $V_{IN}=3.3V$ 至 $5V$ ,  $V_{OUT}=2.5V$ ,  $I_{OUT}(\text{最大值})=3A$ , 针对低输入和输出纹波电压以及快速瞬态响应进行了优化

標識	說明	外殼尺寸	製造商	P/N製造商	數量
U1	SIMPLE SWITCHER®	TO-PMOD-7	美國國家半導體	LMZ10503TZ-ADJ	1
$C_{in1}$	22 $\mu F$ , X5R, 10V	1210	AVX	1210ZD226MAT	2
$C_{in2}$	220 $\mu F$ , 10V, AL-Elec	E	松下	EEE1AA221AP	1*
$C_{O1}$	4.7 $\mu F$ , X5R, 10V	0805	AVX	0805ZD475MAT	1*
$C_{O2}$	22 $\mu F$ , X5R, 6.3V	1206	AVX	1206D226MAT	1*
$C_{O3}$	100 $\mu F$ , X5R, 6.3V	1812	AVX	18126D107MAT	1
$R_{fbt}$	75 k $\Omega$	0402	威世	CRCW040275K0FKED	1
$R_{fbb}$	34.8 k $\Omega$	0402	威世	CRCW040234K8FKED	1
$R_{comp}$	1.0 k $\Omega$	0402	威世	CRCW04021K00FKED	1
$C_{comp}$	220 pF, $\pm 5\%$ , C0G, 50V	0402	村田	GRM1555C1H221JA01D	1
$C_{SS}$	10 nF, $\pm 10\%$ , X7R, 16V	0402	村田	GRM155R71C103KA01	1

\*可选的组件，包括用于低输入输出电压纹波。

表6. 输出电压定值( $R_{fbt}=75\text{ k}\Omega$ )

$V_{OUT}$	$R_{fbb}$
3.3V	23.7 k $\Omega$
2.5 V	34.8 k $\Omega$
1.8 V	59 k $\Omega$
1.5 V	84.5 k $\Omega$
1.2 V	150 k $\Omega$
0.9 V	590 k $\Omega$



30111880

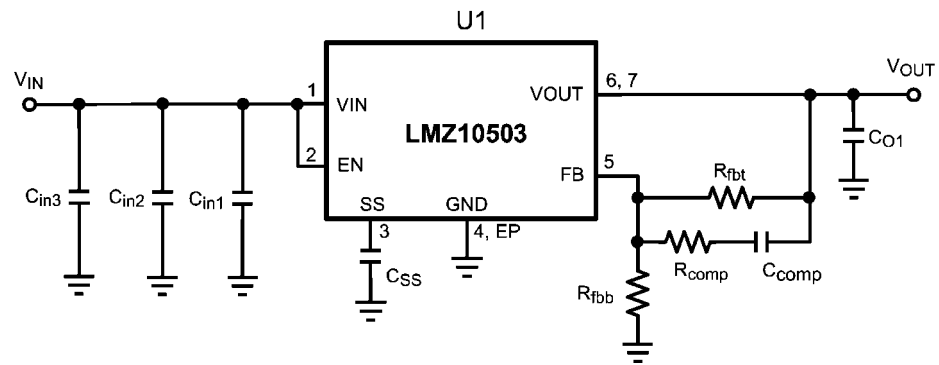
圖4

表7. 評估板物料清單,  $V_{IN}=3.3V$ 至 $5V$ ,  $V_{OUT}=2.5V$ ,  $I_{OUT(最大值)}=3A$ 

標識	說明	外殼尺寸	製造商	P/N製造商	數量
U1	SIMPLE SWITCHER®	TO-PMOD-7	美國國家半導體	LMZ10503TZ-ADJ	1
$C_{in1}$	1 $\mu F$ , X7R, 16V	0805	TDK	C2012X7R1C105K	1
$C_{in2}$ , $C_{O1}$	4.7 $\mu F$ , X5R, 6.3V	0805	TDK	C2012X5R0J475K	2
$C_{in3}$ , $C_{O2}$	22 $\mu F$ , X5R, 16V	1210	TDK	C3225X5R1C226M	2
$C_{in4}$	47 $\mu F$ , X5R, 6.3V	1210	TDK	C3225X5R0J476M	1
$C_{in5}$	220 $\mu F$ , 10V, AL-Elec	E	松下	EEE1AA221AP	1
$C_{O3}$	100 $\mu F$ , X5R, 6.3V	1812	TDK	C4532X5R0J107M	1
$R_{fbt}$	75 $k\Omega$	0805	威世	CRCW080575K0FKEA	1
$R_{fbb}$	34.8 $k\Omega$	0805	威世	CRCW080534K8FKEA	1
$R_{comp}$	1.1 $k\Omega$	0805	威世	CRCW08051K10FKEA	1
$C_{comp}$	180 pF, $\pm 5\%$ , C0G, 50V	0603	TDK	C1608C0G1H181J	1
$R_{en1}$	100 $k\Omega$	0805	威世	CRCW0805100KFKEA	1
$C_{SS}$	10 nF, $\pm 5\%$ , C0G, 50V	0805	TDK	C2012C0G1H103J	1

表8. 输出电压定值( $R_{fbt}=75 k\Omega$ )

$V_{OUT}$	$R_{fbb}$
3.3V	23.7 $k\Omega$
2.5 V	34.8 $k\Omega$
1.8 V	59 $k\Omega$
1.5 V	84.5 $k\Omega$
1.2 V	150 $k\Omega$
0.9 V	590 $k\Omega$



301118b1

圖5

表9. 物料清单,  $V_{IN}=5V$ ,  $V_{OUT}=2.5V$ ,  $I_{OUT(最大值)}=3A$ , 符合EN55022 B级辐射标准

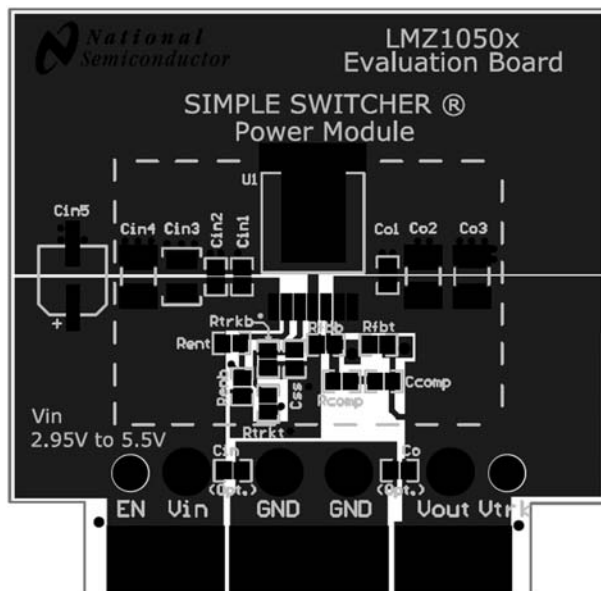
標識	說明	外殼尺寸	製造商	P/N製造商	數量
U1	SIMPLE SWITCHER®	TO-PMOD-7	美國國家半導體	LMZ10503TZ-ADJ	1
$C_{in1}$	1 $\mu F$ , X7R, 16V	0805	TDK	C2012X7R1C105K	1
$C_{in2}$	4.7 $\mu F$ , X5R, 6.3V	0805	TDK	C2012X5R0J475K	1
$C_{in3}$	47 $\mu F$ , X5R, 6.3V	1210	TDK	C3225X5R0J476M	1
$C_{O1}$	100 $\mu F$ , X5R, 6.3V	1812	TDK	C4532X5R0J107M	1
$R_{fbt}$	75 k $\Omega$	0805	威世	CRCW080575K0FKEA	1
$R_{fbb}$	34.8 k $\Omega$	0805	威世	CRCW080534K8FKEA	1
$R_{comp}$	1.1 k $\Omega$	0805	威世	CRCW08051K10FKEA	1
$C_{comp}$	180 pF, $\pm 5\%$ , C0G, 50V	0603	TDK	C1608C0G1H181J	1
$C_{SS}$	10 nF, $\pm 5\%$ , C0G, 50V	0805	TDK	C2012C0G1H103J	1

表10. 输出电压定值( $R_{fbt}=75\text{ k}\Omega$ )

$V_{OUT}$	$R_{fbb}$
3.3 V	23.7 k $\Omega$
2.5 V	34.8 k $\Omega$
1.8 V	59 k $\Omega$
1.5 V	84.5 k $\Omega$
1.2 V	150 k $\Omega$
0.9 V	590 k $\Omega$

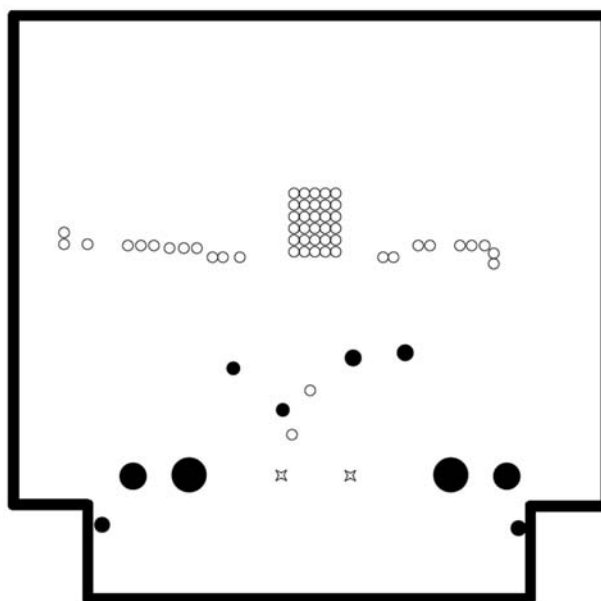
## 印刷电路板布局图

用户可从[www.national.com](http://www.national.com)的LMZ10503产品文件夹查找印刷电路板设计的相关资料。



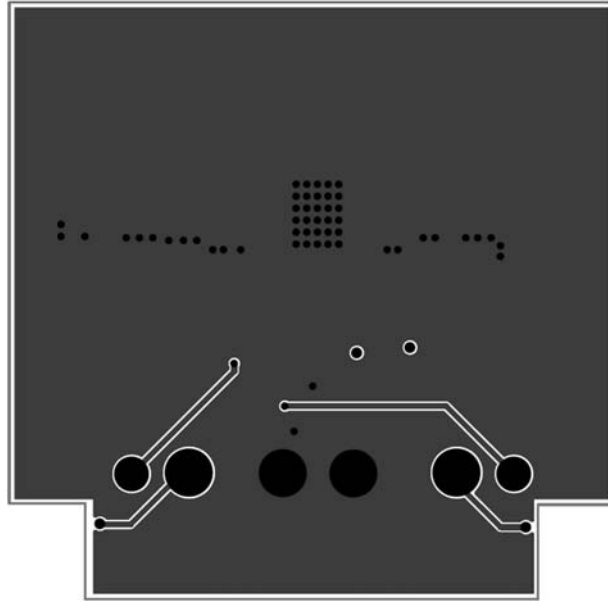
30111876

圖6 頂層銅板



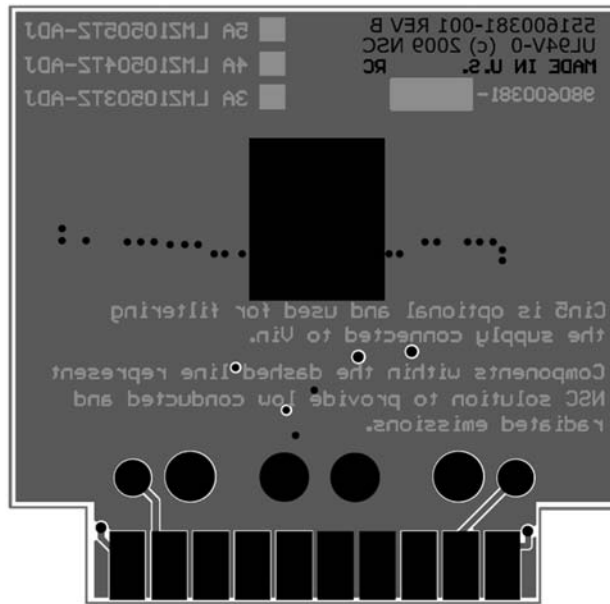
30111877

圖7 內層1 (接地)



30111878

圖8 內層2 (接地與信號走線)



30111879

圖9 底層銅板



## 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](http://www.national.com)

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

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2010版权所有。

欲了解最新产品信息，请访问公司网站：[www.national.com](http://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](mailto: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: [europe.support@nsc.com](mailto:europe.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](mailto: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](mailto: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 & 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	<a href="http://www.ti.com.cn/audio">www.ti.com.cn/audio</a>	通信与电信	<a href="http://www.ti.com.cn/telecom">www.ti.com.cn/telecom</a>
放大器和线性器件	<a href="http://www.ti.com.cn/amplifiers">www.ti.com.cn/amplifiers</a>	计算机及周边	<a href="http://www.ti.com.cn/computer">www.ti.com.cn/computer</a>
数据转换器	<a href="http://www.ti.com.cn/dataconverters">www.ti.com.cn/dataconverters</a>	消费电子	<a href="http://www.ti.com/consumer-apps">www.ti.com/consumer-apps</a>
DLP® 产品	<a href="http://www.dlp.com">www.dlp.com</a>	能源	<a href="http://www.ti.com/energy">www.ti.com/energy</a>
DSP - 数字信号处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/dsp">www.ti.com.cn/dsp</a>	工业应用	<a href="http://www.ti.com.cn/industrial">www.ti.com.cn/industrial</a>
时钟和计时器	<a href="http://www.ti.com.cn/clockandtimers">www.ti.com.cn/clockandtimers</a>	医疗电子	<a href="http://www.ti.com.cn/medical">www.ti.com.cn/medical</a>
接口	<a href="http://www.ti.com.cn/interface">www.ti.com.cn/interface</a>	安防应用	<a href="http://www.ti.com.cn/security">www.ti.com.cn/security</a>
逻辑	<a href="http://www.ti.com.cn/logic">www.ti.com.cn/logic</a>	汽车电子	<a href="http://www.ti.com.cn/automotive">www.ti.com.cn/automotive</a>
电源管理	<a href="http://www.ti.com.cn/power">www.ti.com.cn/power</a>	视频和影像	<a href="http://www.ti.com.cn/video">www.ti.com.cn/video</a>
微控制器 (MCU)	<a href="http://www.ti.com.cn/microcontrollers">www.ti.com.cn/microcontrollers</a>		
RFID 系统	<a href="http://www.ti.com.cn/rfidsys">www.ti.com.cn/rfidsys</a>		
OMAP 机动性处理器	<a href="http://www.ti.com/omap">www.ti.com/omap</a>		
无线连通性	<a href="http://www.ti.com.cn/wirelessconnectivity">www.ti.com.cn/wirelessconnectivity</a>		
	德州仪器在线技术支持社区		<a href="http://www.deyisupport.com">www.deyisupport.com</a>

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 © 2012 德州仪器 半导体技术(上海)有限公司