

# LM21212-1

*LM21212-1 12A High Efficiency Synchronous Point of Load Buck Regulator  
with Frequency Synchronization*



Literature Number: ZHCS570

# LM21212-1

## 具有频率同步功能的 12A 高效率同步负载点降压稳压器

### 一般说明

LM21212-1 是一个单片同步负载点降压稳压器，具有高达 12A 的连续电流输出能力，同时产生低至 0.6V 的输出电压，可实现出色的效率。该器件优化的输入电压范围为 2.95V 至 5.5V，适用于各种低电压系统。电压模式控制环路可提供高抗噪性和窄占空比能力，可以用任何类型的输出电容来补偿稳定性，从而提供了最大的灵活性和易用性。

LM21212-1 具有内部过压保护 (OVP) 和过流保护 (OCP) 功能，可提高系统可靠性。高精度启用引脚和集成的 UVLO 有助于器件以严格的控制和顺序开启。内部固定和外部可调的软启动电路可以限制启动浪涌电流。集成的电源良好电路可以实现故障检测和电源排序。

LM21212-1 非常适用于多轨电源架构。器件的输出电压可以使用 SS/TRK 引脚配置为外部电压轨跟踪。开关频率可同步至 300 kHz 至 1.5 MHz 时钟频率的下降沿。

如果输出为预偏置启动，则没有抽电流，而使输出电压平滑上升超过预偏置电压。稳压器采用裸露焊盘的 20 引脚 eTSSOP 封装，焊盘可焊接到 PCB 上，不再需要笨重的散热器。

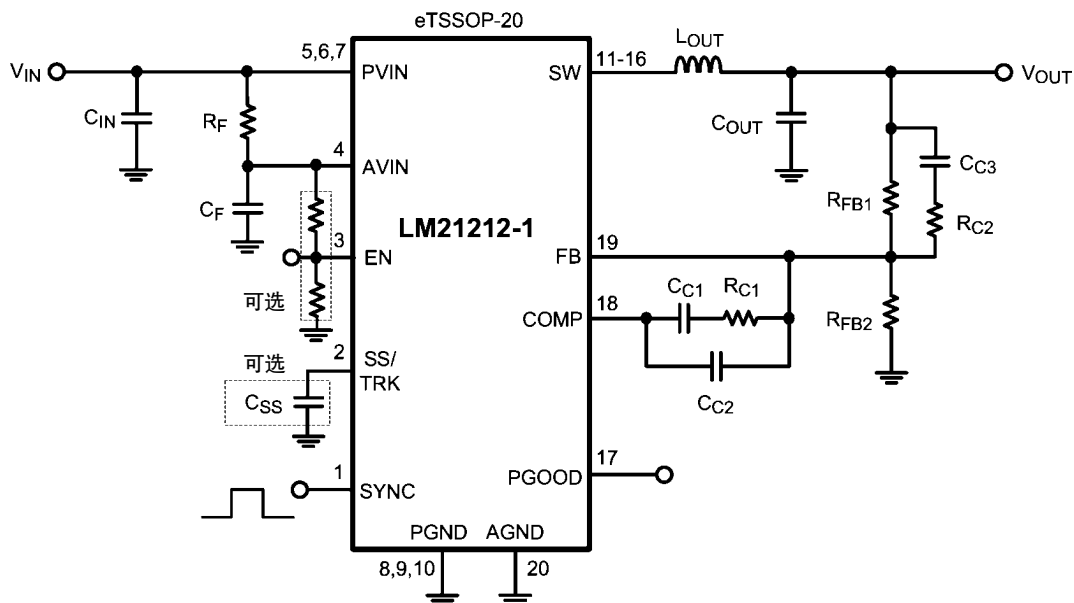
### 主要特点

- 集成的 7.0 mΩ 高边和 4.3 mΩ 低边 FET 开关管
- 300 kHz 至 1.5 MHz 频率 SYNC 引脚
- 0.6V 至  $V_{IN}$  可调输出电压 (100% 占空比能力)，±1% 基准
- 输入电压范围为 2.95V 至 5.5V
- 启动进入预偏置负载
- 输出电压跟踪能力
- 宽带宽电压环路误差放大器
- 使用外部电容的可调软启动
- 迟滞高精度启用引脚
- 集成的 OVP、OCP、OTP、UVLO 和电源良好功能
- 耐热增强型 TSSOP-20 裸露焊盘封装

### 应用

- 宽带、网络和无线通信
- 高性能 FPGA、ASIC 和微处理器
- 设计简单、高效率的 5V 或 3.3V 总线负载点稳压

### 应用电路简图

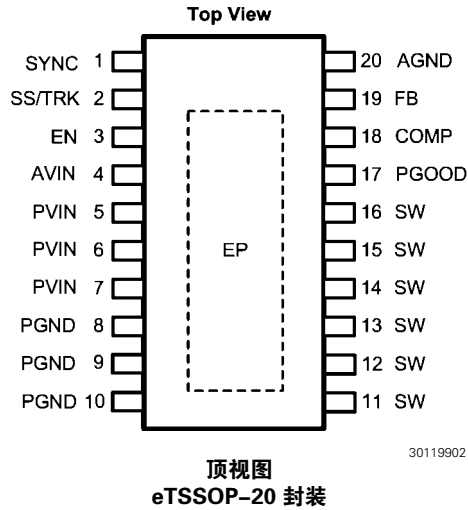


30119901

PowerWise® 是美国国家半导体公司的注册商标。

本文是 National Semiconductor 英文版的译文，本公司不对翻译中存在的差异或由此产生的错误负责。如需确认任何内容的准确性，请参考本公司提供的英文版。

## 连线图



## 订购信息

订购号	封装类型	NSC 封装图纸	封装标识	供货方式
LM21212MH-1	eTSSOP-20	MYB20A	LM21212MH-1	每排 73 只
LM21212MHX-1	eTSSOP-20	MYB20A	LM21212MH-1	每卷 2500 只
LM21212MHE-1	eTSSOP-20	MYB20A	LM21212MH-1	每卷 250 只

## 引脚描述

引脚	名称	说明
1	SYNC	频率同步输入引脚。在这个引脚施加一个时钟信号，将强制器件在时钟频率开关。如果此引脚浮置，频率将默认为 1 MHz。
2	SS/TRK	软启动控制引脚。内部 2 $\mu$ A 灌电流为连接在此引脚与 AGND 之间的外部电容充电，以设置启动期间的输出电压斜坡。此引脚也可用于配置跟踪功能。
3	EN	器件的高电平 (active high) 启用输入。如果不使用，EN 引脚可以处于开路状态，由于有一个内部灌电流存在，此引脚将走高。
4	AVIN	产生内部偏压的模拟输入电压电源。建议通过一个低通 RC 滤波器连接 PVIN 至 AVIN，以尽量减少输入轨纹波和噪声对模拟控制电路的影响。
5, 6, 7	PVIN	器件内功率开关管的输入电压。这些引脚应在器件上连接在一起。低 ESR 输入电容应尽可能靠近这些引脚。
8, 9, 10	PGND	内部功率开关管的电源接地引脚。
11-16	SW	开关管节点引脚。这些引脚应在本地连接在一起，然后连接至滤波电感器。
17	PGOOD	漏极开路电源良好指示器。
18	COMP	连接至电压环路误差放大器输出的补偿引脚。
19	FB	连接至电压差环路误差放大器反相输入的反馈引脚。
20	AGND	内部基准和偏置电路的低噪声模拟接地。
EP	裸露焊盘	与 PGND 电气和热连接的封装底部的裸露金属焊盘。建议连接此焊盘至 PC 板的接地平面，以提高散热效果。

**绝对最大额定值** (注释 1)

如果是用于军事航空领域的专用设备，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。

PVIN (注释 2)、AVIN 至 GND	-0.3V 至 +6V
SW (注释 3)、EN、FB、COMP	-0.3V 至 PVIN +0.3V
PGOOD、SS/TRK 至 GND	
存储温度	-65°C 至 150°C
引线温度 (焊接 10 秒)	260°C

ESD 额定值

人体模型 (注释 4)

2 kV

**工作额定值** (注释 1)

PVIN、AVIN 至 GND	+2.95V 至 +5.5V
结点温度	-40°C 至 +125°C
$\theta_{JA}$ (注释 5)	24°C/W

**电气特性** 除非另有规定，适用下列条件： $V_{PVIN, AVIN} = 5V$ 。用标准字体表示的数值仅用于在  $T_J = 25^\circ\text{C}$  时；使用粗体字体表示的极限值适用于结点温度范围在  $-40^\circ\text{C}$  至  $+125^\circ\text{C}$  之间。最大和最小极限值均通过测试、设计或统计数据得以保证。典型值代表  $T_J = 25^\circ\text{C}$  时最可能的参数指标，且仅供参考。

标识	参数	工作条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>系统</b>						
$V_{FB}$	反馈引脚电压	$V_{IN} = 2.95V$ 至 $5.5V$	<b>-1%</b>	0.6	<b>1%</b>	V
$\Delta V_{OUT}/\Delta I_{OUT}$	负载调节			0.02		% $V_{OUT}$ / A
$\Delta V_{OUT}/\Delta I_{IN}$	线路调节			0.1		% $V_{OUT}$ / V
$R_{DS(ON) HS}$	高边开关导通电阻	$I_{SW} = 12A$		7.0	<b>9.0</b>	m $\Omega$
$R_{DS(ON) LS}$	低边开关导通电阻	$I_{SW} = 12A$		4.3	<b>6.0</b>	m $\Omega$
$I_{CLR}$	HS 上升开关电流限制值		<b>15</b>	17	<b>19</b>	A
$I_{CLF}$	LS 下降开关电流限制值			12		A
$V_{ZX}$	零交叉电压		-8	3	12	mV
$I_Q$	静态工作电流			1.5	<b>3.0</b>	mA
$I_{SD}$	静态关断电流	$V_{EN} = 0V$		50	<b>70</b>	$\mu A$
$V_{UVLO}$	AVIN 欠压锁定	AVIN 上升	<b>2.45</b>	2.70	<b>2.95</b>	V
$V_{UVLOHYS}$	AVIN 欠压锁定迟滞		<b>140</b>	200	<b>280</b>	mV
$V_{TRACKOS}$	SS/TRACK 引脚精度 ( $V_{SS} - V_{FB}$ )	$0 < V_{TRACK} < 0.55V$	<b>-10</b>	6	<b>20</b>	mV
$I_{SS}$	软启动引脚灌电流		<b>1.3</b>	1.9	<b>2.5</b>	$\mu A$
$t_{INTSS}$	内部软启动上升至基准电压的时间	$C_{SS} = 0$	<b>350</b>	500	<b>675</b>	$\mu s$
$t_{RESETSS}$	器件复位至软启动上升时间		<b>50</b>	110	<b>200</b>	$\mu s$
<b>振荡器</b>						
$f_{SYNCR}$	SYNC 频率范围		<b>300</b>		<b>1500</b>	kHz
$f_{DEFAULT}$	默认 (无 SYNC 信号) 频率		<b>950</b>	1000	<b>1050</b>	kHz
$t_{SY\_SW}$	从 SYNC 下降至 $V_{SW}$ 上升的时间			200		ns
$t_{SY\_MIN}$	最小 SYNC 引脚脉冲宽度时间，高或低			100		ns
$t_{HSBLANK}$	HS OCP 消隐时间	SW 上升沿与 $I_{CLR}$ 比较		55		ns
$t_{LSBLANK}$	LS OCP 消隐时间	SW 下降沿与 $I_{CLF}$ 比较		400		ns
$t_{ZBLANK}$	零交叉消隐时间	SW 下降沿与 $V_{ZX}$ 比较		120		ns
$t_{MINON}$	最小 HS 导通时间			140		ns
$\Delta V_{ramp}$	PWM 上升 p-p 电压			0.8		V
<b>误差放大器</b>						
$V_{OL}$	误差放大器开环电压增益	$I_{COMP} = -65 \mu A$ 至 $1 mA$		95		dBV/V
GBW	误差放大器增益-带宽积			11		MHz
$I_{FB}$	反馈引脚偏置电流	$V_{FB} = 0.6V$		1		nA

标识	参数	工作条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>系统</b>						
$I_{COMPSRC}$	COMP 输出灌电流			1		mA
$I_{COMPSINK}$	COMP 输出抽电流			65		$\mu$ A
<b>电源良好</b>						
$V_{OVP}$	过压保护上升阈值	$V_{FB}$ 上升	<b>105</b>	112.5	<b>120</b>	$\%V_{FB}$
$V_{OVPHYS}$	过压保护迟滞	$V_{FB}$ 下降		2		$\%V_{FB}$
$V_{UVP}$	欠压保护上升阈值	$V_{FB}$ 上升	<b>82</b>	90	<b>97</b>	$\%V_{FB}$
$V_{UVPHYS}$	欠压保护迟滞	$V_{FB}$ 下降		2.5		$\%V_{FB}$
$t_{PGDGL}$	PGOOD 尖峰脉冲低 (OVP/UVP 条件到 PGOOD 下降持续时间) 时间			15		$\mu$ s
$t_{PGDGH}$	PGOOD 尖峰脉冲高 (最小脉冲) 时间			12		$\mu$ s
$R_{PGOOD}$	PGOOD 下拉电阻		<b>10</b>	20	<b>40</b>	$\Omega$
$I_{PGOODLEAK}$	PGOOD 泄漏电流	$V_{PGOOD} = 5V$		1		nA
<b>逻辑</b>						
$V_{IHsync}$	SYNC 引脚逻辑高		2.0			V
$V_{ILsync}$	SYNC 引脚逻辑低				0.8	V
$V_{IHENR}$	EN 引脚上升阈值	$V_{EN}$ 上升	<b>1.20</b>	1.35	<b>1.45</b>	V
$V_{ENHYS}$	EN 引脚迟滞		<b>50</b>	110	<b>180</b>	mV
$I_{EN}$	EN 引脚上拉电流	$V_{EN} = 0V$		2		$\mu$ A
<b>热关断</b>						
$T_{THERMSD}$	热关断			165		$^{\circ}C$
$T_{THERMSDHS}$	热关断迟滞			10		$^{\circ}C$

**注释 1:** 绝对最大额定值为极限值。超过极限值会导致器件损坏。额定工作值是保证器件正常工作的条件，但不保证特定性能指标。对于保证的规格和测试条件，请参阅电气特性。

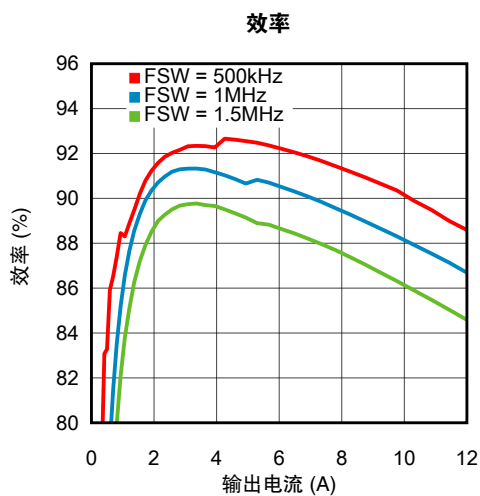
**注释 2:** PVIN 引脚可以忽略长达 6 ns 的高达 6.5V 的瞬态电压。这些瞬变可能出现在器件的正常工作期间。

**注释 3:** SW 引脚可以忽略长达 6 ns 的高达 9.0V 的瞬态电压，以及长达 4 ns 的 -1.0V 的瞬态电压。这些瞬变可能出现在器件的正常工作期间。

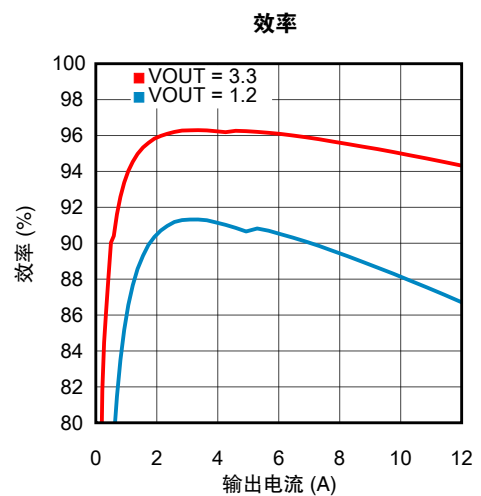
**注释 4:** 人体模型是通过一个 100 pF 电容器经 1.5 k $\Omega$  电阻向每个引脚放电进行模拟的。

**注释 5:** 热测量是在一块 2 x 2 英寸的 4 层 2 盎司覆铜外层板、1 盎司覆铜内层板上实现的，在器件的 EP 下方有 12 个 8 密耳通孔，而在未裸露的封装下有 16 个 8 密耳通孔。

**典型性能特性** 除非另有规定： $V_{VIN} = 5V$ ， $V_{OUT} = 1.2V$ ， $L = 0.56 \mu H$  (1.8 m $\Omega$   $R_{DCR}$ )， $C_{SS} = 33$  nF， $f_{SW} = 1$  MHz，效率曲线、环路增益曲线和波形为  $T_A = 25^{\circ}C$ ，其他所有均为  $T_J = 25^{\circ}C$ 。

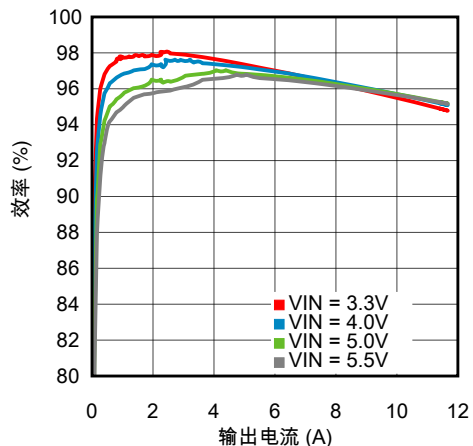


30119953



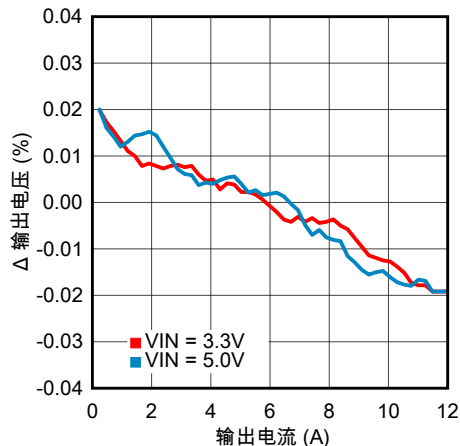
30119956

**效率**  
 $(V_{OUT} = 2.5V, f_{SW} = 300\text{ kHz}, \text{电感 P/N SER2010-102MLD})$



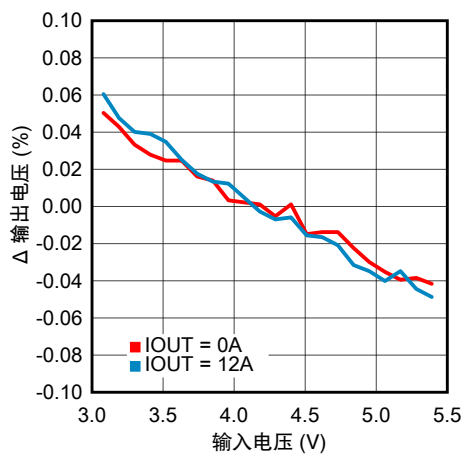
30119977

**负载调节**



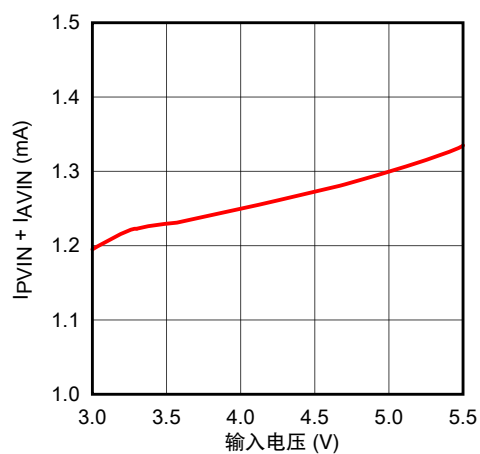
30119954

**线路调节**



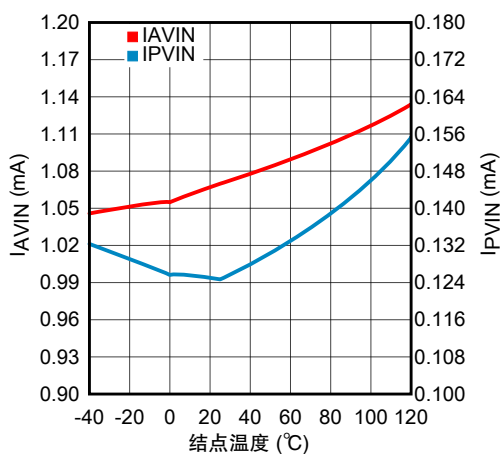
30119955

**非开关  $I_{QTOTAL}$  与  $V_{IN}$  的关系**



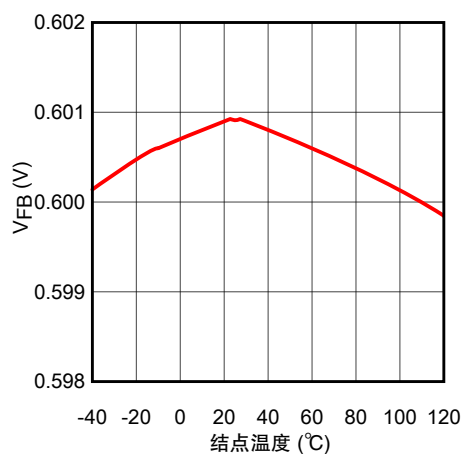
30119957

**非开关  $I_{AVIN}$  和  $I_{PVIN}$  与温度的关系**



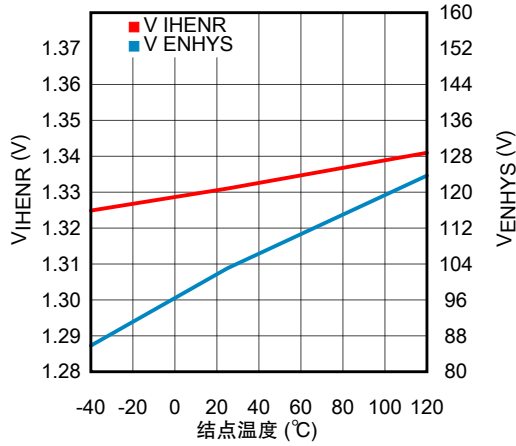
30119975

**$V_{FB}$  与温度的关系**



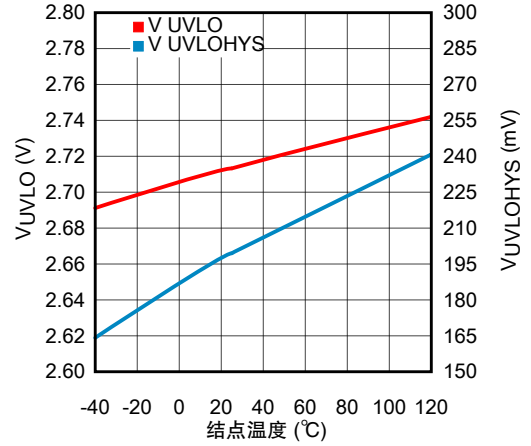
30119976

启用阈值和迟滞与温度的关系



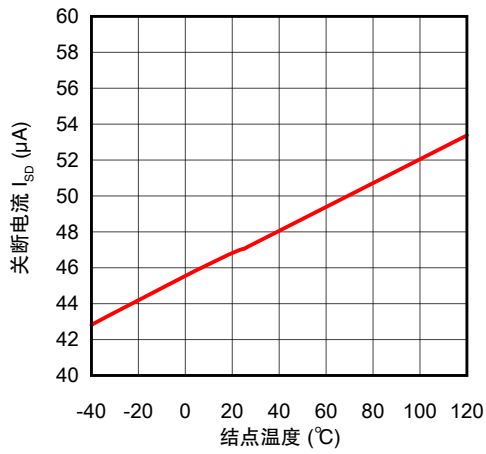
30119971

UVLO 阈值和迟滞与温度的关系



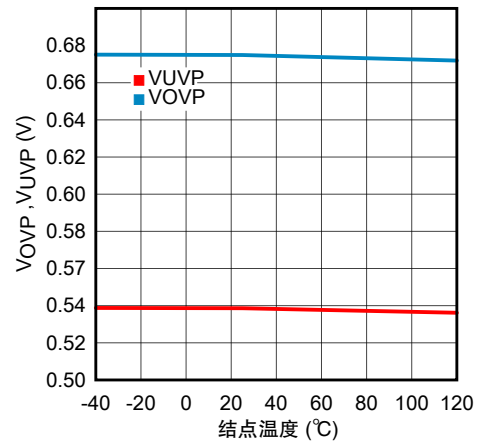
30119970

启用低电流与温度的关系



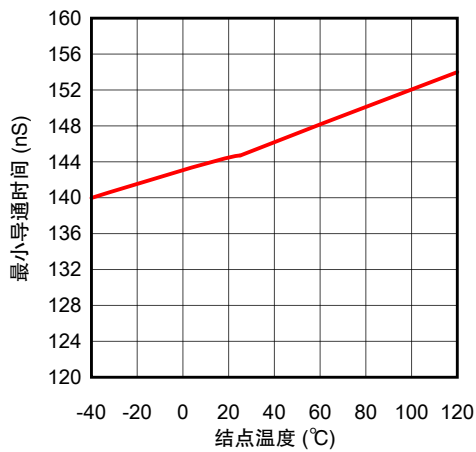
30119973

OVP/UVLP 阈值与温度的关系



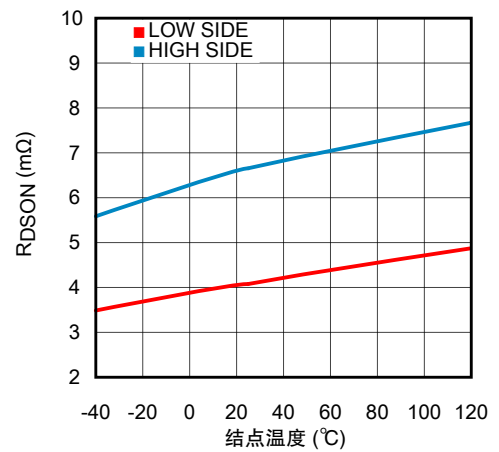
30119974

最小导通时间与温度的关系



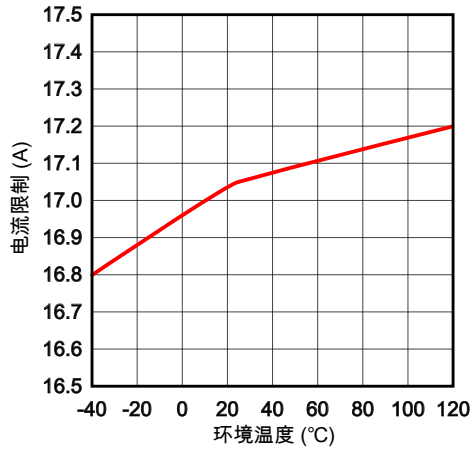
30119972

FET 电阻与温度的关系



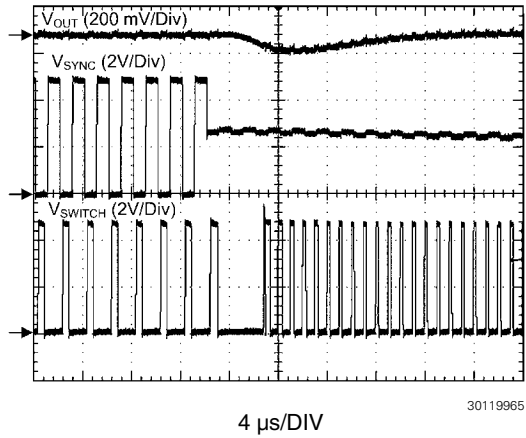
30119968

峰值电流限制与温度的关系

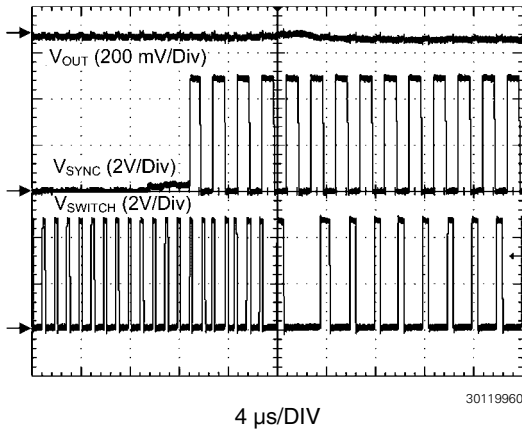


30119958

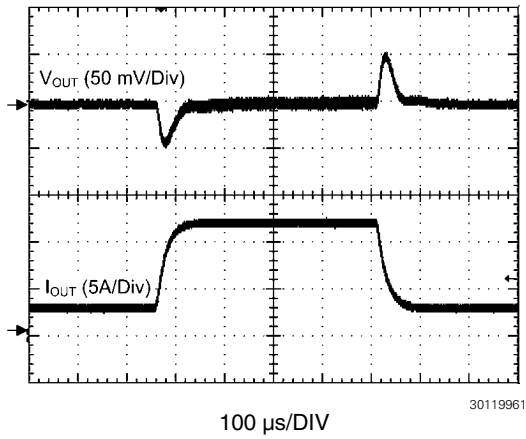
SYNC 信号丢失



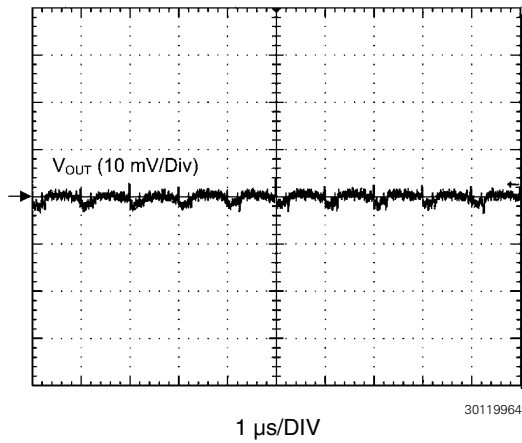
采集的 SYNC 信号



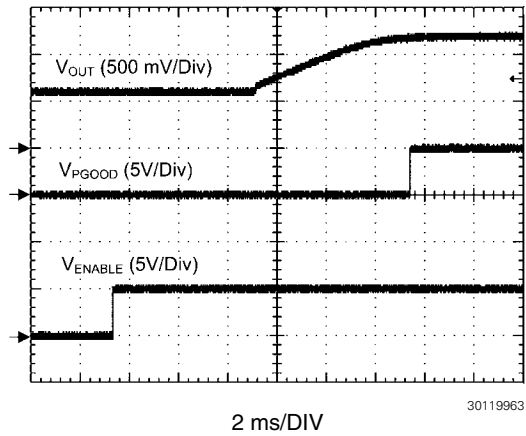
负载瞬态响应



输出电压纹波

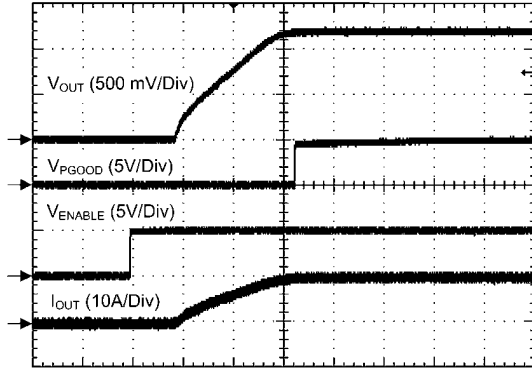


预偏置输出启动





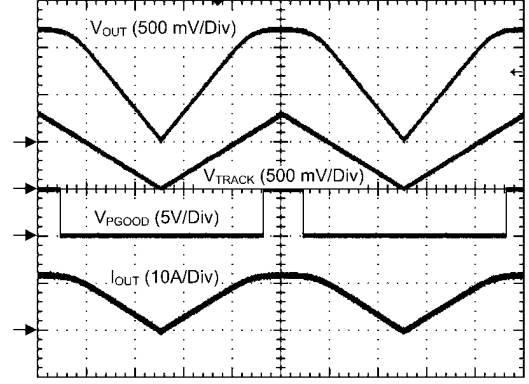
SS/TRK 开路启动



200  $\mu$ s/DIV

30119966

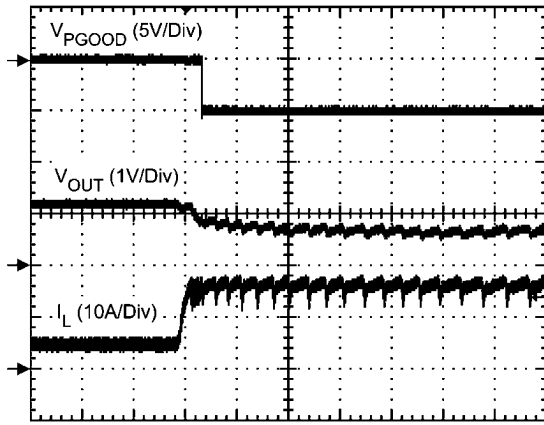
施加跟踪信号启动



200 ms/DIV

30119967

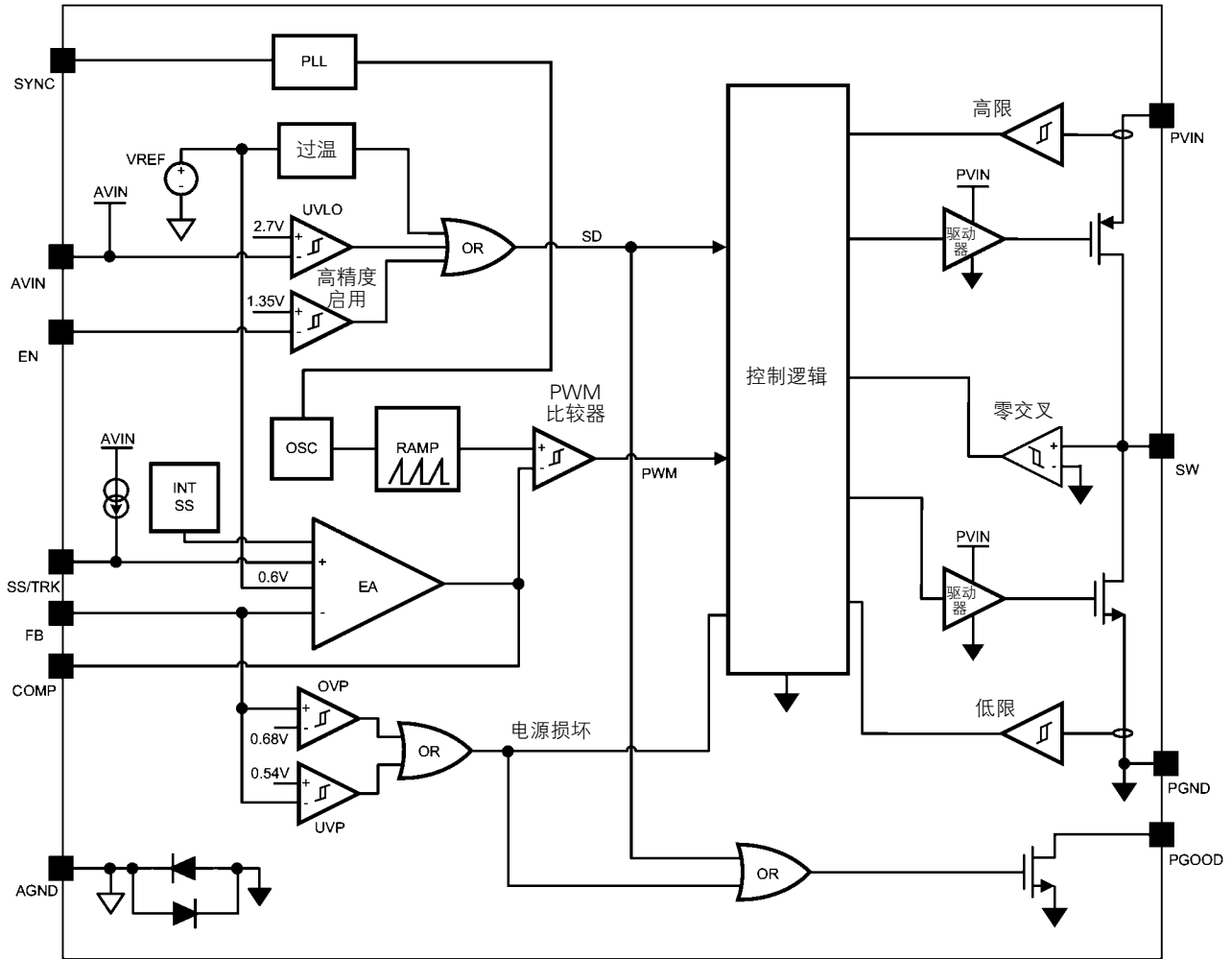
输出过流条件



100  $\mu$ s/DIV

30119980

框图



30119903

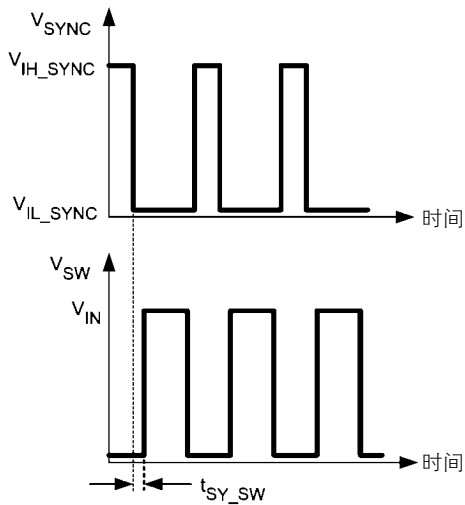
## 操作说明

### 概述

LM21212-1 开关稳压器具有以最少的外部元件数量实现高效低电压降压稳压器所有必需的功能。这个易于使用的稳压器有两个集成的开关管，能够提供高达 12A 的连续输出电流。该稳压器采用下降沿调制的电压模式控制，优化了整个输出电压范围的稳定性和瞬态响应。该器件可以在高开关频率下工作，允许使用小型电感，同时还能实现高效率。高精度内部电压基准允许低至 0.6V 的输出。故障保护功能包括：电流限制、热关断、过压保护和关断能力。该器件采用裸露焊盘的 eTSSOP-20 封装，有助于散热。LM21212-1 可以在众多应用中使用时，有效实现对 5V 或 3.3V 总线的降压。

### 频率同步

同步 (SYNC) 引脚允许 LM21212-1 以外部时钟频率开关。当 SYNC 引脚出现一个允许频率范围 (300 kHz 至 1.5 MHz) 的时钟信号时，器件将同步开启高边 FET (开关上升) 至时钟信号的负沿，如所示图 1。如果没有时钟信号出现，LM21212-1 将默认至 1 MHz 的开关频率。在器件随空载时钟信号上电之前，在 SYNC 引脚可能出现时钟信号。另外，如果没有时钟信号存在且器件已上电，器件会开始以 1 MHz 的默认频率开关。一旦出现了时钟信号，器件将开始同步至时钟频率。同步所需的时间长短取决于时钟频率。



30119933

图 1: 频率同步

### 高精度启用

启用 (EN) 引脚允许利用一个外部控制信号启用或禁用器件的输出。此引脚为高精度模拟输入，当电压超过 1.35V (典型值) 时即启用器件。EN 引脚具有 110 mV 的迟滞，当启用电压低于 1.24V (典型值) 时将禁用输出。如果不使用 EN 引脚，可以将其浮置，内部 2  $\mu$ A 的灌电流将拉高此引脚。由于启用引脚有一个精确的开启阈值，它可与  $V_{IN}$  引脚的外部电阻分压器网络一起使用来设置器件，使之以精确的输入电压开启。

### UVLO

LM21212-1 有一个内置的欠压锁定保护电路，可以在输入电压达到 2.7V (典型值) 之前防止器件开关。200 mV 迟滞的 UVLO 阈值可防止器件在启动过程中响应上电尖峰脉冲 (glitch)。如果需要的话，电源的开启点可以通过高精度启用引脚，以及一个连接至  $V_{IN}$  的电阻分压器网络来改变，如设计指南中的图 6 所示。

### 电流限制

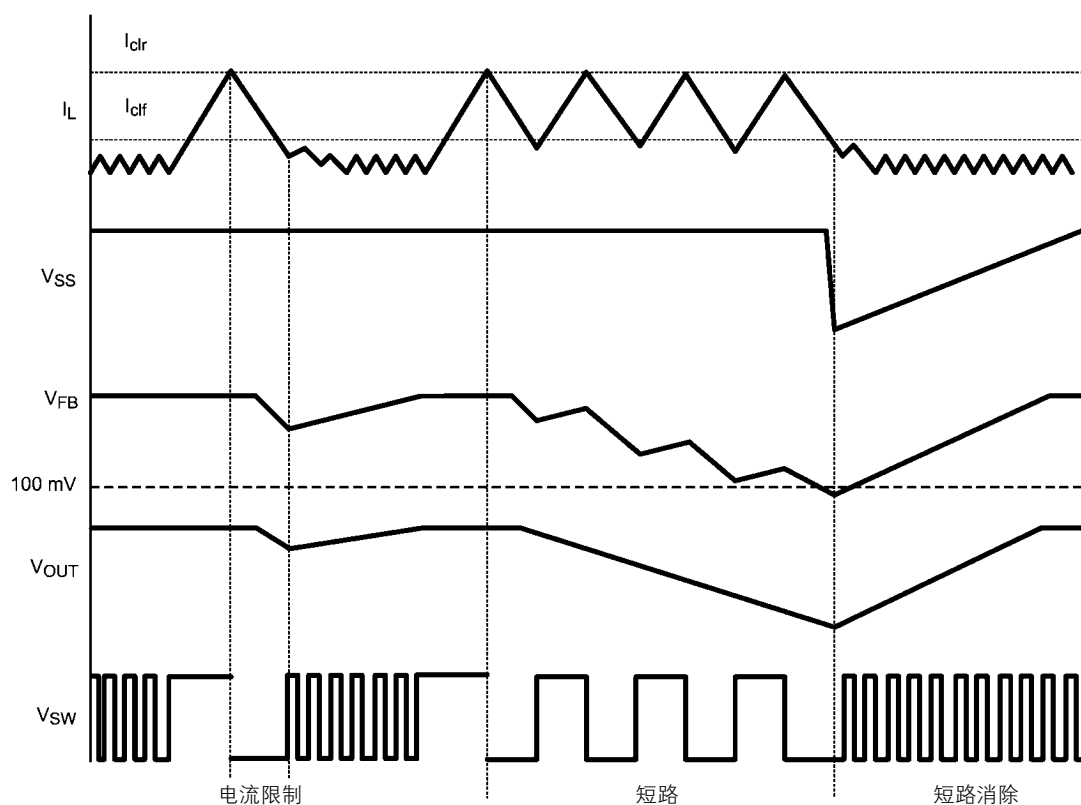
LM21212-1 具有电流限制保护功能，可以避免功率 FET 和电感出现危险的电流水平。当流过高边 FET 的电流超过上升电流限制水平 ( $I_{CLR}$ ) 时，即满足了电流限制条件。控制电路将关闭高边 FET 并开启低边 FET，以响应这一事件。这将强制电感上出现负电压，从而导致电感电流下降。在低边 FET 检测到较低电流限制水平 ( $I_{CLF}$ ) 之前，高边 FET 不会再次导通。此时，器件将恢复正常开关。

电流限制条件会导致内部软启动电压下降。在内部软启动电压下降至低于反馈 (FB) 引脚电压 (通常为 0.6V) 后，FB 也将开始下降。此电压折返将限制器件的功耗，从而防止在电压没有下降到器件安全工作区 (SOA) 以内条件时器件为负载连续供电。在电流限制条件解除之后，内部软启动电压将再次上升。图 2 显示了  $V_{SS}$ 、 $V_{FB}$ 、 $V_{OUT}$  和  $V_{SW}$  的电流限制特性。

### 短路保护

在输出因对地低阻抗而短路的不幸事件中，LM21212-1 将通过重置器件限制电流进入短路的部分。当 FB 引脚的电压低于 100 mV 时，电流限制条件即可检测到短路情况。当这个情况发生时，器件将开始其复位时序，进而在  $t_{\text{RESETSS}}$  (标称值为

110  $\mu\text{s}$ ) 之后关断功率 FET，同时软启动电容放电。然后，器件将尝试重新启动。如果短路条件仍然存在，器件会再次复位，并重复下去，直到短路条件消除。复位可防止多余的电流以非常低效的方式流过 FET，避免造成器件或总线电源的热损伤。



30119919

图 2: 电流限制条件

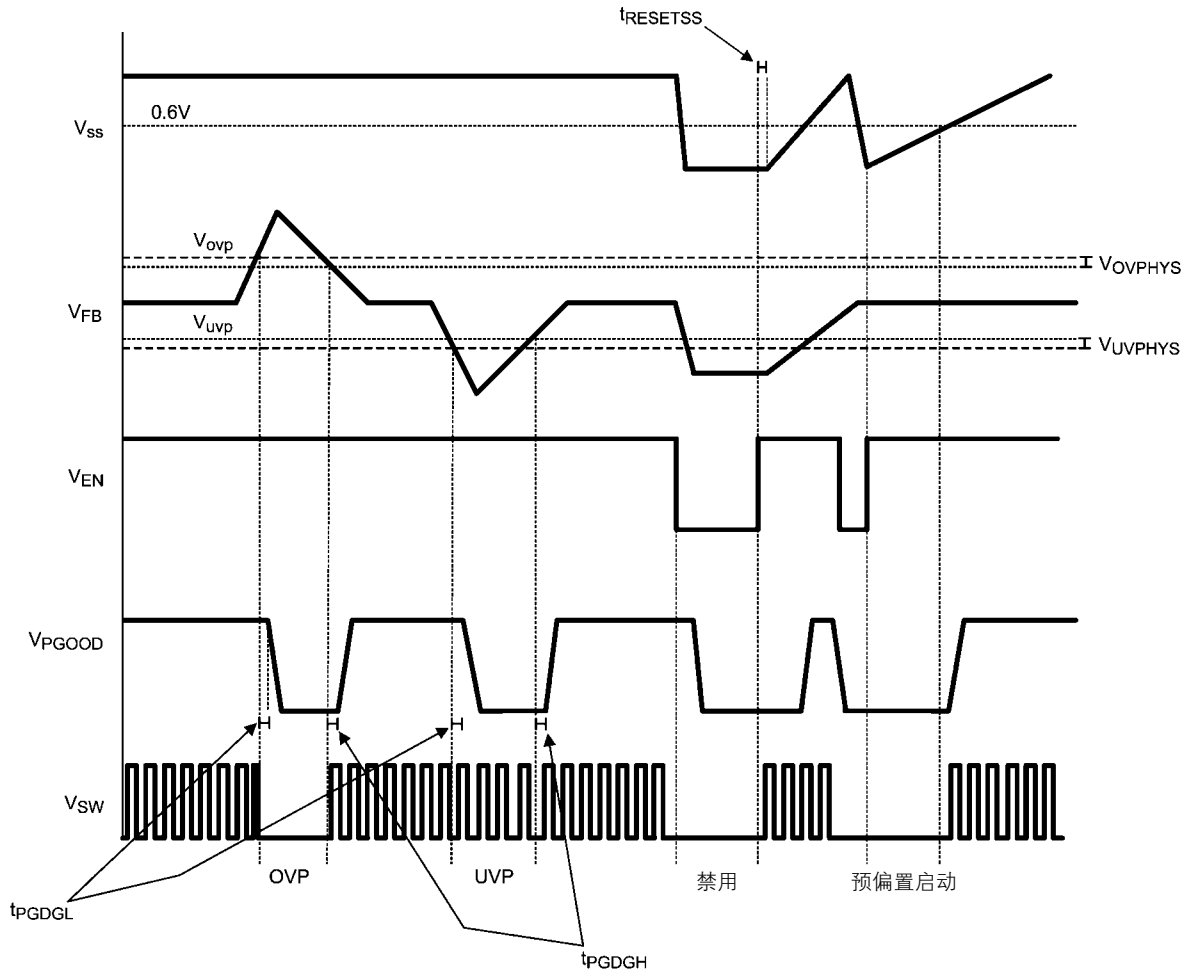
### 热保护

器件提供的内部热关断电路可在超过最大结点温度时保护集成电路。保护功能激活时 (通常在 165°C)，LM21212-1 可使功率 FET 变为三态，并复位软启动。在结点冷却到约 155°C 后，器件开始利用正常程序启动。此功能可以防止意外器件过热造成的严重故障。请注意，在 125°C 的规定最大工作温度以上，热限制不会停止芯片工作。芯片应保持在 125°C 以下，以保证正确的操作。

### 电源良好标记

PGOOD 引脚为用户提供了一个监控 LM21212-1 状态的方法。为了使用 PGOOD 引脚，应用必须提供一个上拉电阻来达到所需的直流电压 (即  $V_{\text{IN}}$ )。PGOOD 将通过用漏极开路输出拉低 PGOOD 引脚电压来响应故障条件。在以下条件下 PGOOD 引脚电压将拉低: 1)  $V_{\text{FB}}$  分别达到  $V_{\text{OVP}}$  以上或  $V_{\text{UVP}}$  以下; 2) 启用引脚拉至启用阈值以下; 3) 器件进入预偏置输出条件 ( $V_{\text{FB}} > V_{\text{SS}}$ )。

图 3 显示了导致 PGOOD 电压下降的条件。



30119918

图 3: PGOOD 条件

### 轻载运行

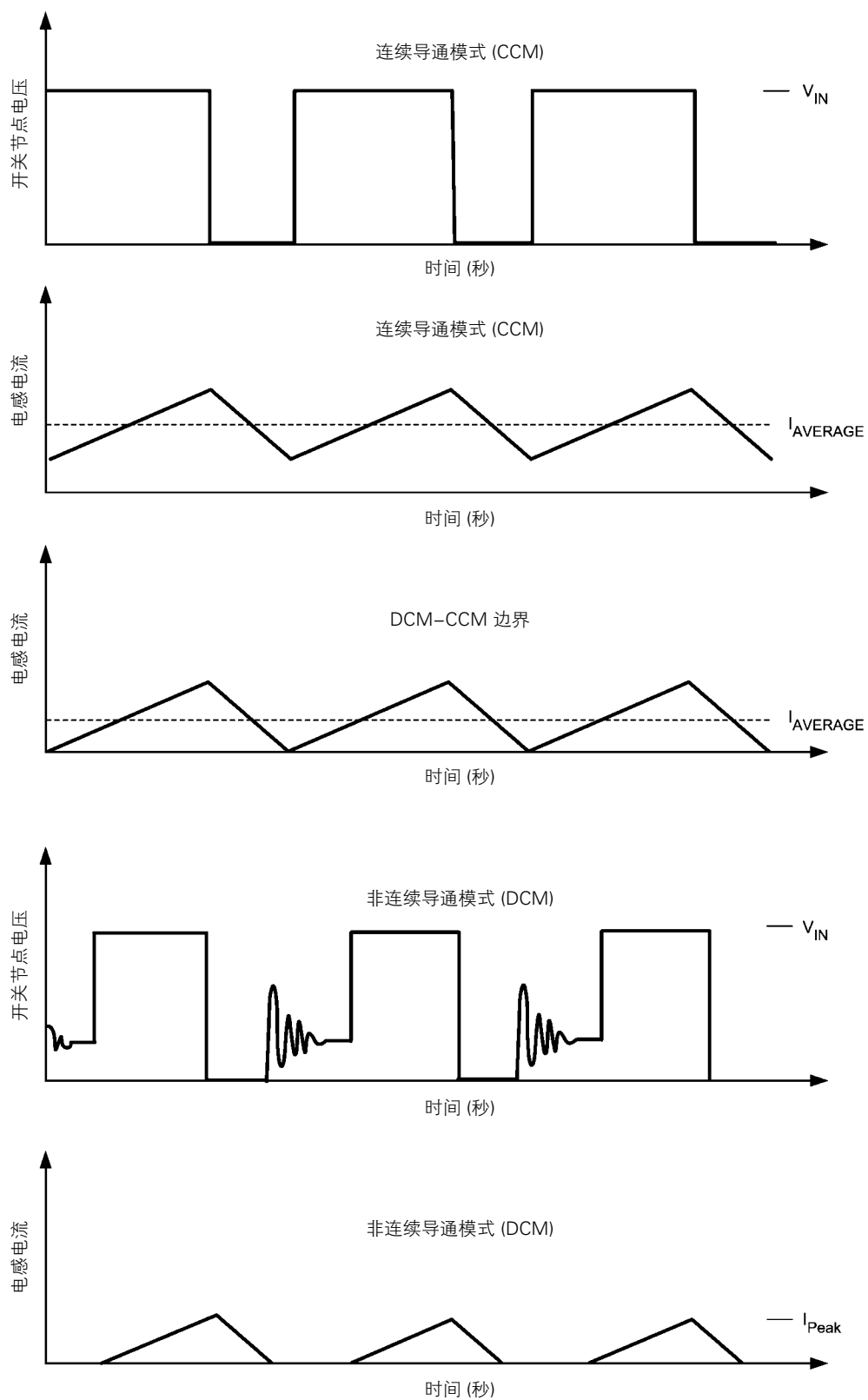
LM21212-1 提高了轻负载条件下的工作效率。每当负载电流降低到峰-峰电感纹波电流大于负载电流 2 倍的点时，器件将进入二极管仿真模式，以防止过大的负电感电流。发生这种情况的点在临界导通边界，可以通过下列公式计算：

$$I_{\text{BOUNDARY}} = \frac{(V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}}) \times D}{2 \times L \times f_{\text{SW}}}$$

图 4 所示的几个图说明了连续导通模式 (CCM)、非连续导通模式 (DCM) 和边界条件。

由此可以看出，在二极管仿真模式下，每当电感电流达到零时，SW 节点将变为高阻抗。由于该节点上电感和寄生电容形成的 LC 谐振 (tank) 电路的缘故，此引脚将出现振铃。如果这个振铃比较严重，可以在开关节点至地之间增加一个额外的 RC 缓冲电路。

在极轻负载的条件下，通常低于 100 mA 时，在开关周期之间可能跳过几个脉冲，以有效降低开关频率，并进一步提高轻负载效率。



30119979

图 4: LM21212-1 的工作模式

## 设计指南

### 输出电压

LM21212-1 应用设计的第一步是设置输出电压。这是通过使用一个连接在  $V_{OUT}$  和 AGND 之间的分压器实现的，其中中间节点连接至  $V_{FB}$ 。稳态条件下运行时，LM21212-1 将强制  $V_{OUT}$ ，以使  $V_{FB}$  被驱动至 0.6V。

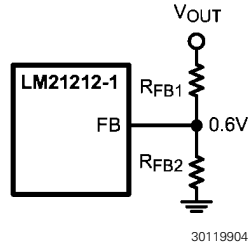


图 5：设置  $V_{OUT}$

较低值反馈电阻  $R_{FB2}$  的一个良好启动点是 10 k $\Omega$ 。那么  $R_{FB1}$  可以用下列公式计算：

$$V_{OUT} = \frac{R_{FB1} + R_{FB2}}{R_{FB2}} 0.6V$$

### 高精度启用

LM21212-1 的启用 (EN) 引脚允许输出在开启和关闭间切换。此引脚是一个精确的模拟输入。当电压超过 1.35V 时，只要输入电压超过了 2.70V 的 UVLO 电压，控制器都将尝试调节输出电压。即使没有使用启用功能，EN 引脚也有一个内部灌电流，因此该器件将自动开启。如果 EN 无法直接切换，该器件可以事先设定为在高于 UVLO 电压的某一输入电压时开启。这可以利用取自 AVIN 至 EN 及 EN 至 AGND 的外部电阻分压信号来实现，如图 6 所示。

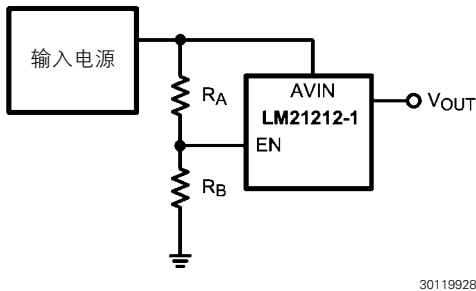


图 6：通过  $V_{IN}$  来启用启动

$R_A$  和  $R_B$  的电阻值可以比较大小，使 EN 达到由输入电源电压决定的启用阈值电压。考虑到启用灌电流，计算  $R_A$  的公式求解如下：

$$R_A = \frac{R_B(V_{PVIN} - 1.35V)}{1.35V - I_{EN}R_B}$$

在上面的公式中， $R_A$  是从  $V_{IN}$  至启用电压的电阻， $R_B$  是从启用电压对地的电阻， $I_{EN}$  是内部启用上拉电流 (2  $\mu$ A)，1.35V 是固定精度启用阈值电压。 $R_B$  典型值的范围为 10 k $\Omega$  至 100 k $\Omega$ 。

### 软启动

当 EN 超过了 1.35V，PVIN 和 AVIN 电压超过了 UVLO 阈值时，LM21212-1 将开始对输出进行线性充电，以达到由反馈电阻网络决定的电压等级。LM21212-1 采用用户可调软启动电路来延长输出充电时间，该时间是由软启动引脚对地电容设置的。在启用电压超过 1.35V 后，内部 2  $\mu$ A 灌电流开始对软启动电容充电。这允许用户限制由于高输出电容带来的浪涌电流，而不会引起过流情况。增加一个软启动电容还可以减少输入轨上的应力。较大的电容值将导致更长的启动时间。使用以下的公式可计算出软启动电容的近似容值：

$$\frac{t_{SS} \times I_{SS}}{0.6V} = C_{SS}$$

式中  $I_{SS}$  标称值为 2  $\mu$ A， $t_{SS}$  是所需的启动时间。如果  $V_{IN}$  高于 UVLO 电平，且启用电压切换为高电平，软启动时序将开始。在启用电压转换为高电平和软启动时序开始之间，有一个小的延迟。此延迟允许 LM21212-1 初始化其内部电路。一旦输出充电到额定输出电压的 90%，电源良好标记将转换为高电平。这一特性如图 7 所示。

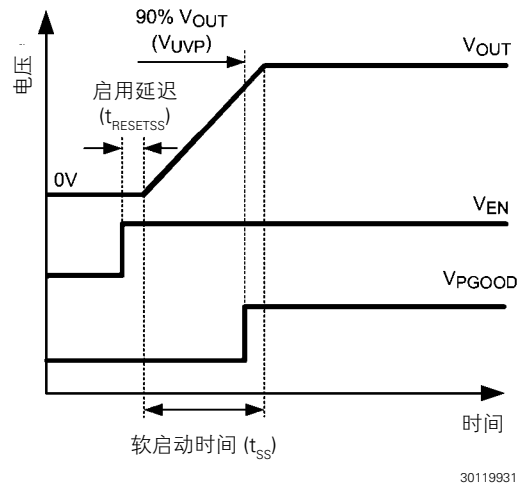


图 7：软启动时序

如上图所示，电容的大小受 0.6V 标称反馈电压电平、软启动充电电流  $I_{SS}$  (2  $\mu$ A)，以及所需软启动时间的影响。如果没有使用软启动电容，那么 LM21212-1 的最小启动时间默认为 500  $\mu$ s。不到 500  $\mu$ s LM21212-1 就不会启动。当启用开始循环或器件进入 UVLO 时，积聚在软启动电容中的电荷被放电，开始复位启动过程。当器件从过流事件进入短路模式时，也会发生这种情况。

## 电感的选择

应用中使用的电感 (L) 会影响纹波电流和系统效率。首要的事情是定义一个纹波电流  $\Delta I_L$ 。在降压转换器中，纹波电流通常选择运行在最大输出电流的 20% 至 30%。图 8 显示了一个在连续导通模式下工作的标准降压转换器的纹波电流。较大的纹波电流可以使用较小的电感值，这将使电感的串联电阻更小，而且可以提高效率。不过，较大的纹波电流也将使器件在较高平均输出电流的非连续导通模式下工作。

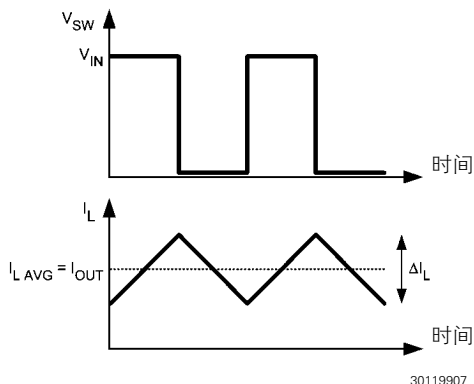


图 8：开关和电感电流波形

一旦确定了纹波电流，合适的电感大小可以使用下列公式计算：

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

## 输出电容的选择

输出电容  $C_{OUT}$  可过滤电感纹波电流，并为瞬态负载条件提供充电电源。LM21212-1 可使用的输出电容范围很宽，这提供了诸多优势。使用陶瓷、SP 或 OSCON 类型的化学电容通常可获得最佳的性能。典型的取舍在于，陶瓷电容器可以提供极低的 ESR，以减少输出纹波电压和噪声尖峰，而 SP 和 OSCON 电容可以为瞬态负载条件提供小体积大容量的电容。

当选择输出电容值时，要考虑的两个性能特点是输出电压纹波和瞬态响应。输出电压纹波可以通过下面的公式得出近似值：

$$\Delta V_{OUT} \approx \Delta I_L \times \left[ R_{ESR} + \frac{1}{8 \times f_{SW} \times C_{OUT}} \right]$$

式中  $\Delta V_{OUT}$  (V) 是电源输出端峰-峰电压纹波量， $R_{ESR}$  ( $\Omega$ ) 是输出电容的串联电阻， $f_{SW}$  (Hz) 是开关频率，而  $C_{OUT}$  (F) 是本设计中使用的输出电容。可以容忍的输出纹波量根据应用而有所不同，但一般的建议是保持输出纹波小于额定输出电压的 1%。请记住，陶瓷电容器有时是首选，因为其 ESR 非常低；

然而，根据电容器的封装和电压额定值，电容值可能随施加的电压而明显下降。输出电容的选择也会影响负载瞬变期间的输出电压降。然而，在负载瞬变下输出电压的峰值跌落取决于许多因素，忽略了环路带宽的瞬态电压降近似值可使用下列公式计算：

$$V_{DROOP} = \Delta I_{OUTSTEP} \times R_{ESR} + \frac{L \times \Delta I_{OUTSTEP}^2}{C_{OUT} \times (V_{IN} - V_{OUT})}$$

式中， $C_{OUT}$  (F) 是所需的最小输出电容， $L$  (H) 是电感值， $V_{DROOP}$  (V) 是忽略了环路带宽因素的输出电压降， $\Delta I_{OUT-STEP}$  (A) 是负载阶跃变化， $R_{ESR}$  ( $\Omega$ ) 是输出电容的 ESR， $V_{IN}$  (V) 是输入电压，而  $V_{OUT}$  (V) 是设置稳压器的输出电压。在设计一个特定输出纹波或瞬态电压跌落目标时，应当审查电容的容限和电压系数。

## 输入电容的选择

高质量输入电容对限制  $P_{VIN}$  引脚的纹波电压，同时在导通时间内提供最大的开关电流非常必要。此外，这类电容还有助于最大限度地减少输出电流瞬变条件下的输入电压跌落。在一般情况下，建议在输入端使用陶瓷电容器，因为它具有低阻抗和小体积特性。使用高等级电介质的陶瓷电容，如 X5R 或 X7R，将提供更好的过温性能，并可最大限度地减少使用 Y5V 电容器带来的直流电压降额。输入电容  $C_{IN1}$  和  $C_{IN2}$  应置于尽可能靠近  $P_{VIN}$  和 PGND 引脚的位置。

非陶瓷输入电容器应选择 RMS 电流额定值和最小纹波电压的品种。所需纹波电流额定值合适的近似值由以下关系给出：

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

如 RMS 纹波电流公式所示，RMS 电流额定值的最高要求出现在 50% 占空比。对于这种情况，输入电容的 RMS 纹波电流额定值应大于输出电流的一半。为了获得最佳性能，低 ESR 陶瓷电容器应与高容量电容并联放置，以便为器件提供最佳的输入滤波。

当在低输入电压条件 (3.3V 或以下) 下工作时，可能还需要额外的电容，以防止输出电流瞬变时触发过压条件。这将取决于输入电源电压和 LM21212-1 之间的阻抗，以及输出瞬变的幅度和摆率。

$A_{VIN}$  引脚需要一个 1  $\mu$ F 陶瓷电容连接至 AGND，还有一个 1  $\Omega$  电阻连接至  $P_{VIN}$ 。此 RC 网络将过滤  $P_{VIN}$  引脚的固有噪声，该噪声来自连接至  $A_{VIN}$  的敏感的模拟电路。

## 控制环路补偿

LM21212-1 在 FB 和 COMP 引脚之间集成了一个高带宽放大器，允许用户设计一个匹配应用的补偿网络。本部分将介绍实现开环传递函数的各个步骤。



电压模式降压开关主要有三个区块，电源设计师在设计控制系统、电源传送电路 (Power Train)、调制器以及补偿误差放大器时都必须全面考虑。闭环电路图如图 9 所示。

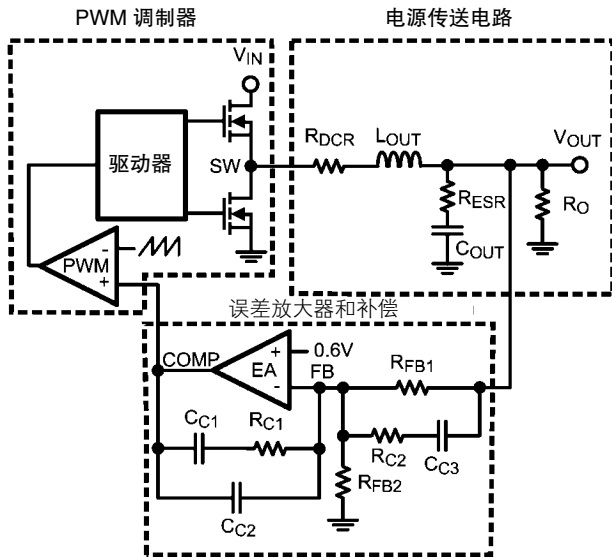


图 9：环路图

电源传送电路由带有 DCR (直流电阻  $R_{DCR}$ ) 的输出电感 (L)、带有 ESR (有效串联电阻  $R_{ESR}$ ) 的输出电容 ( $C_O$ )，以及负载电阻 ( $R_O$ ) 组成。误差放大器 (EA) 不断供电给 FB 使之达到 0.6V。误差放大器周围的被动补偿元件有助于保持系统稳定。通过误差放大器信号与一个设置为开关频率的内部生成斜率的比较，调制器建立起占空比。

在获得了总开环传递函数时，还有三个传递函数必须考虑：COMP 至 SW (调制器)、SW 至  $V_{OUT}$  (电源传送电路) 和  $V_{OUT}$  至 COMP (误差放大器)。COMP 至 SW 的传递函数就是 PWM 调制器的增益。

$$G_{PWM} = \frac{V_{in}}{\Delta V_{ramp}}$$

式中  $\Delta V_{RAMP}$  是振荡器峰-峰上升电压 (标称值为 0.8V)。SW 至 COMP 传递函数包括输出电感、输出电容和输出负载电阻。电感和电容在一个频率上创建了两个频率复极点，描述如下：

$$f_{LC} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{R_O + R_{DCR}}{L_{OUT} C_{OUT} (R_O + R_{ESR})}}$$

除了两个复极点，还有一个由位于下式所描述频率的输出电容 ESR 创建的左半平面零点：

$$f_{esr} = \frac{1}{2\pi C_O R_{esr}}$$

显示电源传送电路响应的波特图可以从下图看到。

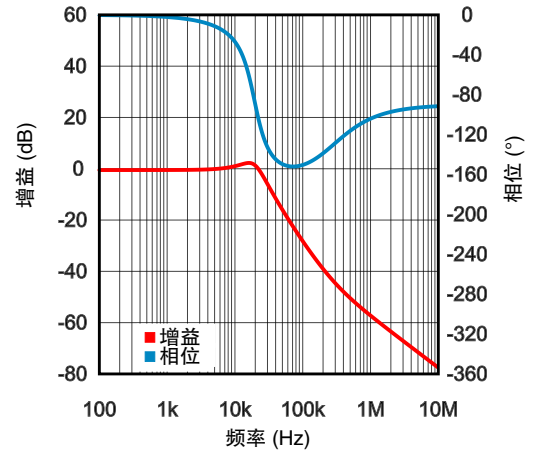


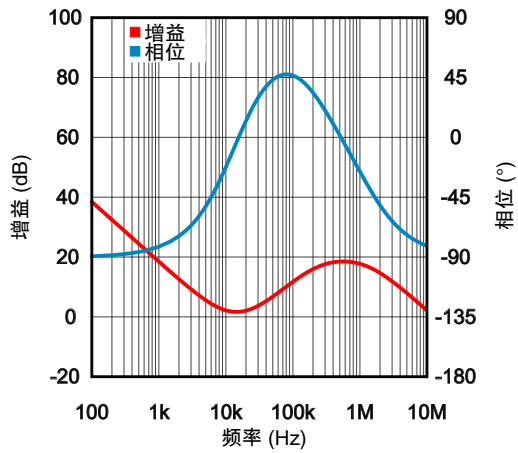
图 10：电源传送电路波特图

输出电感和电容创建的复极点可引起共振频率  $180^\circ$  的相移，如图 10 所示。由于输出电容 ESR 为零，相位提升回到  $-90^\circ$ 。 $180^\circ$  相移必须得到补偿，并通过误差放大器提升相位，以稳定闭环响应。图 9 显示了补偿网络围绕误差放大器创建了两个极点、两个零点和一个位于原点的极点。将这些极点和零点置于正确的频率将稳定闭环响应。补偿误差放大器的传递函数是：

$$G_{EA} = K_m \frac{\left(\frac{s}{2\pi f_{z1}} + 1\right) \left(\frac{s}{2\pi f_{z2}} + 1\right)}{s \left(\frac{s}{2\pi f_{p1}} + 1\right) \left(\frac{s}{2\pi f_{p2}} + 1\right)}$$

位于原点的极点为带来了高直流开环增益，这意味着改善了负载调节精度。由于误差放大器增益受到了限制，此极点出现在一个非常低的频率，但是，在补偿用途中，它可能接近直流。其他两个极点和两个零点可以据此定位，以稳定由功率级复极点和 Q 确定的电压模式环路。

图 11 是误差放大器补偿传递函数的实例说明。



30119941

图 11: 3 型补偿网络波特图

从图 11 可以看出，补偿网络中的两个零点 ( $f_{LC}/2$ 、 $f_{LC}$ ) 带来了一个相位提升。这将消除来自输出滤波器的相位损失的影响。补偿网络还为系统增加了两个极点。一个极点应位于由输出电容 ESR ( $f_{ESR}$ ) 引起的零点，另一个极点应在开关频率 ( $f_{SW}/2$ ) 的一半，以衰减高频响应。补偿元件上的极点和零点位置依赖性如下所述。

$$f_{z1} = \frac{f_{LC}}{2} = \frac{1}{2\pi R_{C1} C_{C1}}$$

$$f_{z2} = f_{LC} = \frac{1}{2\pi(R_{C1} + R_{FB1})C_{C3}}$$

$$f_{p1} = f_{ESR} = \frac{1}{2\pi R_{C2} C_{C3}}$$

$$f_{p2} = \frac{f_{sw}}{2} = \frac{C_{C1} + C_{C2}}{2\pi R_{C1} C_{C1} C_{C2}}$$

使用典型应用系统设置生成补偿元件值的分步程序实例见图 16。下面的表格给出了补偿值所需的参数。

参数	值
$V_{IN}$	5.0V
$V_{OUT}$	1.2V
$I_{OUT}$	12A
$f_{CROSSOVER}$	100 kHz
L	0.56 $\mu$ H
$R_{DCR}$	1.8 m $\Omega$
$C_O$	150 $\mu$ F
$R_{ESR}$	1.0 m $\Omega$
$\Delta V_{RAMP}$	0.8V
$f_{SW}$	500 kHz

式中  $\Delta V_{RAMP}$  是振荡器的峰-峰上升电压 (标称值 0.8V)， $f_{CROSSOVER}$  是幅度为 1 的开环增益频率。建议  $f_{CROSSOVER}$  不超过开关频率的五分之一。输出电容  $C_O$  取决于电容器的化学性质和偏置电压。对于多层陶瓷电容器 (MLCC)，随着直流偏置电压的增加，其总容量将会降低。建议测量输出电压条件下输出电容的实际电容值，以准确计算补偿网络。这里给出的例子是总输出电容，它使用了三个偏置在 1.2V 的 MLCC 输出电容，典型应用原理图如图 16 所示。请注意，这是较为保守的方法，从稳定的角度来看，在补偿计算中宁宁要一个较小的输出电容值，而不是一个较大的电容值，因为后者会导致较低的带宽，而且增加了相位裕限。

首先，应该选择  $R_{FB1}$  的值。典型值是 10 k $\Omega$ 。由此，就可以计算出设置中频增益的  $R_{C1}$  的值，以期实现预期的分频点 (crossover frequency)：

$$R_{C1} = \frac{f_{crossover}}{f_{LC}} \cdot \frac{\Delta V_{RAMP}}{V_{IN}} \cdot R_{FB1}$$

$$= \frac{100 \text{ kHz}}{17.4 \text{ kHz}} \cdot \frac{0.8 \text{ V}}{5.0 \text{ V}} \cdot 10 \text{ k}\Omega$$

$$= 9.2 \text{ k}\Omega$$

接下来， $C_{C1}$  的值可以通过在 LC 双极点频率 ( $f_{LC}$ ) 的一半加一个零点计算出来：

$$C_{C1} = \frac{1}{\pi f_{LC} R_{C1}}$$

$$= 1.99 \text{ nF}$$

现在  $C_{C2}$  值可以计算出来，是在开关频率 ( $f_{SW}$ ) 一半的极点上：

$$C_{C2} = \frac{C_{C1}}{\pi f_{SW} R_{C1} C_{C1}^{-1}}$$

$$= 71 \text{ pF}$$

然后可以计算  $R_{C2}$ ，在 LC 双极点频率设置第二个零点：

$$R_{C2} = \frac{R_{FB1} f_{LC}}{f_{ESR} - f_{LC}}$$

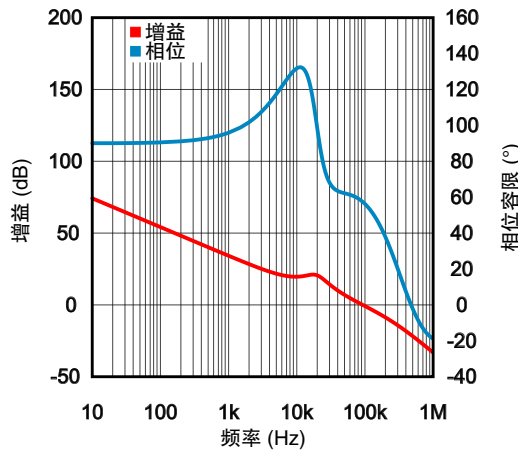
$$= 166 \Omega$$

最后， $C_{C3}$  可以计算出来，像通过输出电容 ESR 创建零点一样，在相同的频率设置一个极点：

$$C_{C3} = \frac{1}{2\pi f_{ESR} R_{C2}}$$

$$= 898 \text{ pF}$$

图 12 是总环路响应的示意图。



30119939

图 12: 环路响应

重要的是要通过观察负载瞬态响应，或通过使用一台网络分析仪来验证稳定性。45° 和 70° 之间的相位容限通常需要电压模式系统。相位容限过多可能会导致系统对负载瞬态响应缓慢。而低相位容限可能会导致振荡的负载瞬态响应。如果负载阶跃响应峰值偏差比预期的更大，增加  $f_{\text{CROSSOVER}}$  和重新计算补偿元件可能有所帮助，但通常要以牺牲相位容限为代价。

#### 散热注意事项

LM21212-1 的热特性使用参数  $\theta_{\text{JA}}$  表示，它与结点温度至环境温度有关。虽然  $\theta_{\text{JA}}$  值依赖于许多变量，但它仍然可以用器件工作结点温度的近似值。为了估计器件的结点温度，可以使用以下公式：

$$T_{\text{J}} = P_{\text{D}} \cdot \theta_{\text{JA}} + T_{\text{A}}$$

且

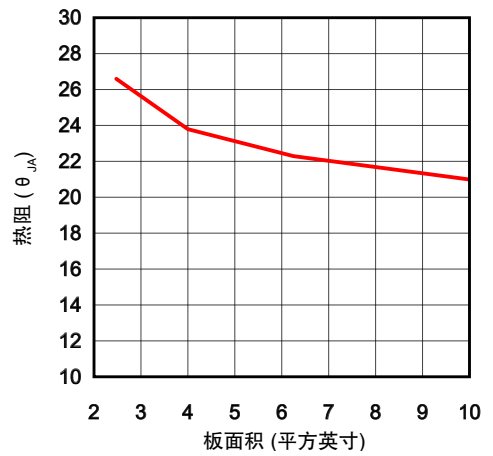
$$P_{\text{D}} = P_{\text{IN}} \cdot (1 - \text{Efficiency}) - I_{\text{OUT}} \cdot R_{\text{DCR}}$$

式中：

$T_{\text{J}}$  是 °C 为单位的结点温度， $P_{\text{IN}}$  是 W 为单位的输入功率 ( $P_{\text{IN}} = V_{\text{IN}} \times I_{\text{IN}}$ )， $\theta_{\text{JA}}$  是 LM21212-1 的结点至环境热阻， $T_{\text{A}}$  是 °C 为单位的环境温度， $I_{\text{OUT}}$  是输出负载电流。

为了运行可靠，重要的是要始终保持工作结点温度 ( $T_{\text{J}}$ ) 低于 125°C。如果结点温度超过 165°C，器件将断续 (in and out) 热关断。如果发生热关断，表明器件散热不良或功耗过大。

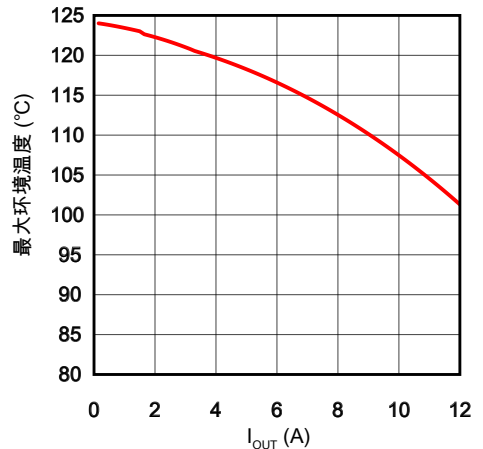
图 13 为一个给定 PCB 覆铜面积提供了更好的  $\theta_{\text{JA}}$  近似值。本次测试所使用的 PCB 由 4 层组成：内层和外层分别镀有 1 盎司和 2 盎司重量的铜层。为了提供最佳的热连接，在散热焊盘下使用了一个 3 × 4 的 8 密耳通孔组，而在器件的其余部分的下面使用了另外 16 个密耳的通孔，以连接 4 层板。



30119942

图 13: 热阻与 PCB (4 层板) 面积的关系

图 14 显示了图 16 中所示的典型应用的最大环境温度与输出电流的关系曲线， $\theta_{\text{JA}}$  值假设为 24°C/W。



30119944

图 14: 最大环境温度与输出电流 (0 LFM) 的关系

#### PCB 布局注意事项

PC 板布局是直流-直流转换器设计一个重要组成部分。不良的板布局可能影响直流-直流转换器的性能，使外围电路受到走线中 EMI、接地反弹和电阻电压损耗的影响。这些可能给直流-直流转换器发送错误信号，导致调节不良或不稳定。

良好的布局可以通过以下几个简单的设计规则来实现。

1. 最大限度地减小开关电流环路。在降压稳压器中有两个环路，其电流都是在高摆率下进行开关的。第一个环路从输入电容开始，到稳压器 PVIN 引脚、稳压器 SW 引脚、电感，然后是输出电容和负载。第二个环路从输出电容接地开始，到稳压器 GND 引脚、电感，然后是负载 (参见图 15)。为了最大限度地减小环路，输入电容应尽可能靠近  $V_{\text{IN}}$  引脚放置。输入和输出电容的接地也应靠近。

理想的情况下，接地平面应位于连接 PGND 引脚，即器件裸露焊盘 (EP) 的顶层，而输入和输出电容的接地连线尽量靠近器件的引脚 10 和 11。电感应置于尽可能靠近 SW 引脚和输出电容的位置。

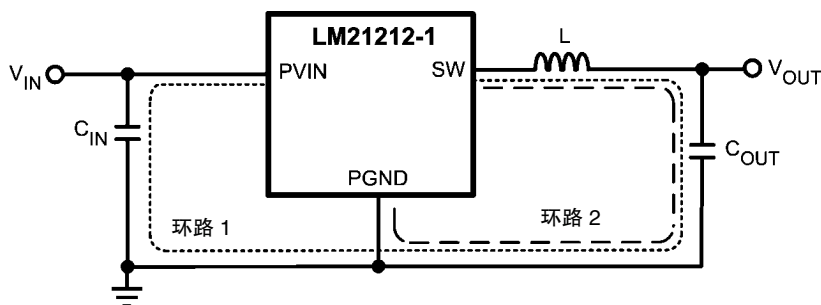
2. 最大限度地减小开关节点的覆铜面积。6 个 SW 引脚应连接在一个顶面 (top plane) 至电感焊盘。电感应放在尽可能靠近有宽走线 (wide trace) 的器件开关管引脚的位置，以尽量减少导通损耗。电感可以放在 PCB 上 LM21212-1 的底部一侧，但是必须小心，不应该让电感的任何磁场耦合进入敏感的反馈或补偿走线当中。

3. 在 PGND、EP 和输入及输出电容接地连线之间应有可靠的接地平面。AGND、补偿、反馈和软启动元件的接地连线应与电源接地平面物理隔离 (靠近引脚 1 和 20)，但没有必要使用一根单独的接地连线。如果不妥善处理，接地不良可能会导致负载调节性能下降或不稳定的开关动作。

4. 仔细将来自  $V_{OUT}$  的信号路由连接至补偿网络。这个节点阻抗很高，可能易受噪声耦合的影响。走线应远离 SW 引脚和电感，以避免因开关噪声污染反馈信号。

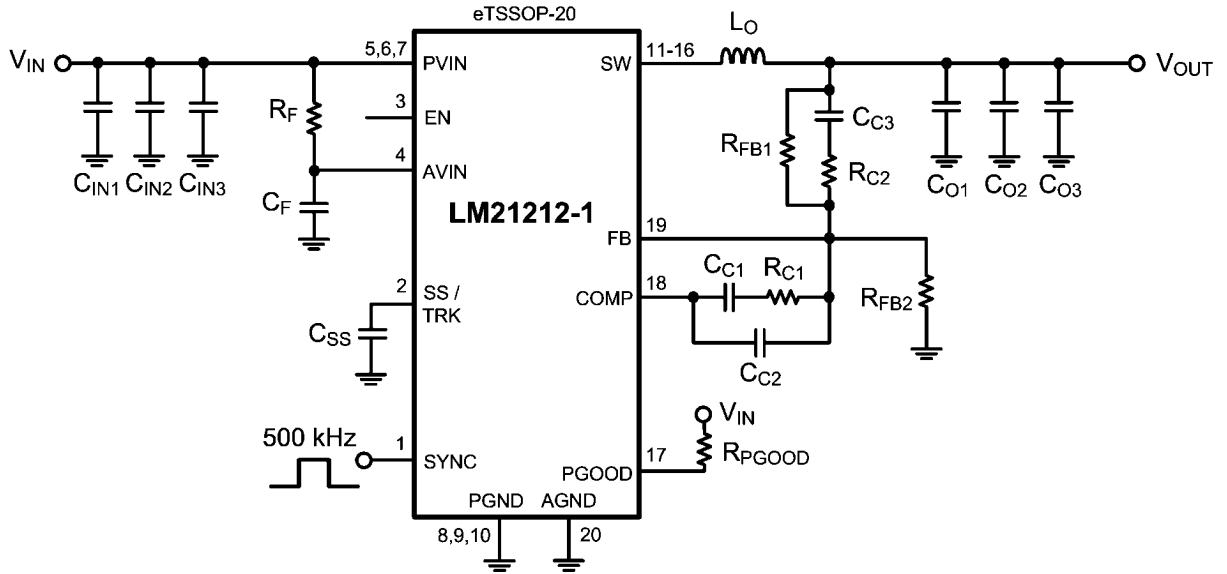
5. 输入和输出总线连线应尽可能宽。这将降低转换器输入或输出端的所有压降，提高效率。负载上的电压精度非常重要，所以一定要确保负载条件下的反馈电压检测。这样做将纠正负载条件下的压降，提供最佳的输出精度。

6. 提供充分的器件散热。对于大多数 12A 设计建议使用四层板。使用尽可能多的通孔连接 EP 至电源平面散热器。如果位于 EP 下边的通孔没有填满，要用焊锡灌满。EP 与板之间完整的焊锡覆盖是实现以上所述  $\theta_{JA}$  值必不可少的条件。要么必须用足够量的焊料填满 EP 焊盘的通孔，要么在制造过程中填满通孔。请参阅散热注意事项部分，以确保使用足够的铜散热片面积来保持结点温度低于  $125^{\circ}\text{C}$ 。



30119948

图 15: 突出了布局敏感节点的 LM21212-1 原理图

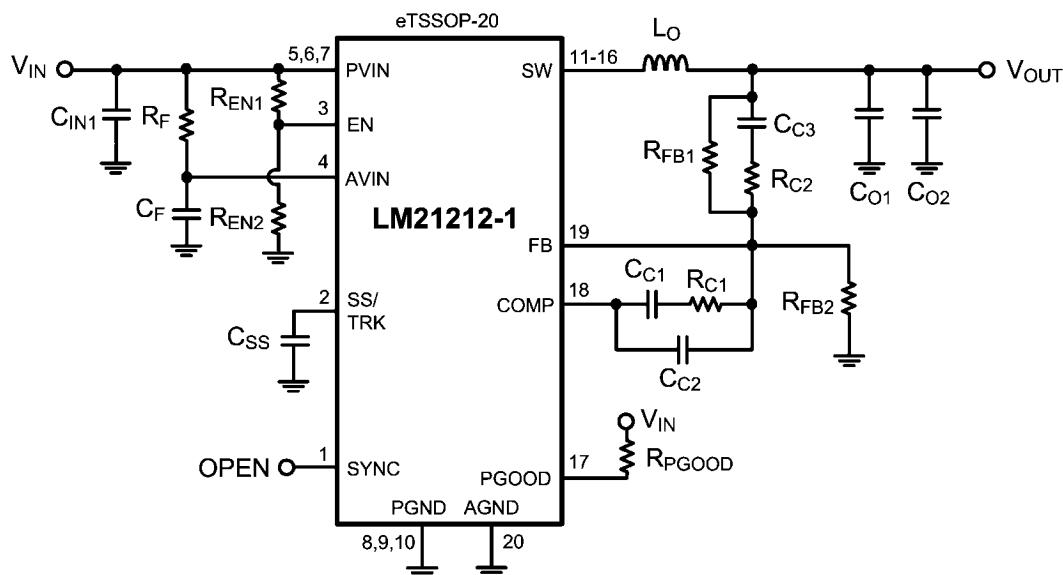


30119943

图 16: 典型应用原理图 1

### 物料清单 ( $V_{IN} = 3.3 - 5.5V$ , $V_{OUT} = 1.2V$ , $I_{OUT} = 12A$ , $f_{sw} = 500 \text{ kHz}$ )

标识	说明	厂商	器件号	数量
$C_F$	CAP, CERM, 1 $\mu\text{F}$ , 10V, $\pm 10\%$ , X7R, 0603	村田制作所	GRM188R71A105KA61D	1
$C_{IN1}$ , $C_{IN2}$ , $C_{IN3}$ , $C_{O1}$ , $C_{O2}$ , $C_{O3}$	CAP, CERM, 100 $\mu\text{F}$ , 6.3V, $\pm 20\%$ , X5R, 1206	村田制作所	GRM31CR60J107ME39L	6
$C_{C1}$	CAP, CERM, 1800 pF, 50V, $\pm 5\%$ , C0G/NP0, 0603	TDK	C1608C0G1H182J	1
$C_{C2}$	CAP, CERM, 68 pF, 50V, $\pm 5\%$ , C0G/NP0, 0603	TDK	C1608C0G1H680J	1
$C_{C3}$	CAP, CERM, 820 pF, 50V, $\pm 5\%$ , C0G/NP0, 0603	TDK	C1608C0G1H821J	1
$C_{SS}$	CAP, CERM, 0.033 $\mu\text{F}$ , 16V, $\pm 10\%$ , X7R, 0603	村田制作所	GRM188R71C333KA01D	1
$L_O$	电感, 屏蔽鼓磁芯, 粉末铁芯, 560 nH, 27.5A, 0.0018 $\Omega$ , SMD	威世达勒	IHLP4040DZERR56M01	1
$R_F$	RES, 1.0 $\Omega$ , 5%, 0.1W, 0603	威世达勒	CRCW06031R00JNEA	1
$R_{C1}$	RES, 9.31 k $\Omega$ , 1%, 0.1W, 0603	威世达勒	CRCW06039K31FKEA	1
$R_{C2}$	RES, 165 $\Omega$ , 1%, 0.1W, 0603	威世达勒	CRCW0603165RFKEA	1
$R_{FB1}$ , $R_{FB2}$ , $R_{PG00D}$	RES, 10 k $\Omega$ , 1%, 0.1W, 0603	威世达勒	CRCW060310K0FKEA	3



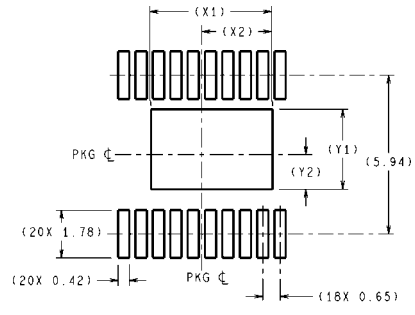
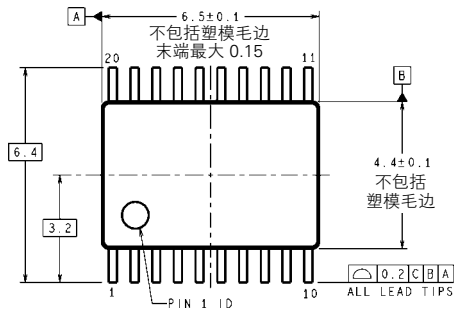
30119981

图 17: 典型应用原理图 2

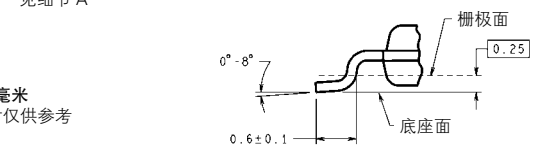
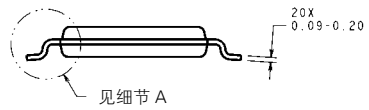
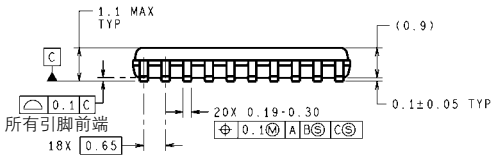
### 物料清单 ( $V_{IN} = 4.0 - 5.5V$ , $V_{OUT} = 0.9V$ , $I_{OUT} = 8A$ , $f_{SW} = 1 MHz$ )

标识	说明	厂商	器件号	数量
$C_F$	CAP, CERM, 1 $\mu F$ , 10V, $\pm 10\%$ , X7R, 0603	村田制作所	GRM188R71A105KA61D	1
$C_{IN1}$ , $C_{O1}$ , $C_{O2}$	CAP, CERM, 100 $\mu F$ , 6.3V, $\pm 20\%$ , X5R, 1206	村田制作所	GRM31CR60J107ME39L	3
$C_{C1}$	CAP, CERM, 1800 pF, 50V, $\pm 5\%$ , COG/NPO, 0603	村田制作所	GRM1885C1H182JA01D	1
$C_{C2}$	CAP, CERM, 68 pF, 50V, $\pm 5\%$ , COG/NPO, 0603	TDK	C1608C0G1H680J	1
$C_{C3}$	CAP, CERM, 470 pF, 50V, $\pm 5\%$ , COG/NPO, 0603	TDK	C1608C0G1H471J	1
$C_{SS}$	CAP, CERM, 0.033 $\mu F$ , 16V, $\pm 10\%$ , X7R, 0603	村田制作所	GRM188R71C333KA01D	1
$L_O$	电感, 屏蔽鼓磁芯, Superflux, 240 nH, 20A, 0.001 $\Omega$ , SMD	Würth Elektronik eiSos	744314024	1
$R_F$	RES, 1.0 $\Omega$ , 5%, 0.1W, 0603	威世达勒	CRCW06031R00JNEA	1
$R_{C1}$	RES, 4.87 k $\Omega$ , 1%, 0.1W, 0603	威世达勒	CRCW06034K87FKEA	1
$R_{C2}$	RES, 210 $\Omega$ , 1%, 0.1W, 0603	威世达勒	CRCW0603210RFKEA	1
$R_{EN1}$ , $R_{FB1}$ , $R_{PG00D}$	RES, 10 k $\Omega$ , 1%, 0.1W, 0603	威世达勒	CRCW060310K0FKEA	3
$R_{EN2}$	RES, 19.6 k $\Omega$ , 1%, 0.1W, 0603	威世达勒	CRCW060319K6FKEA	1
$R_{FB2}$	RES, 20.0 k $\Omega$ , 1%, 0.1W, 0603	威世达勒	CRCW060320K0FKEA	1

**物理尺寸** 除非另有说明，否则均以英寸 (毫米) 为单位

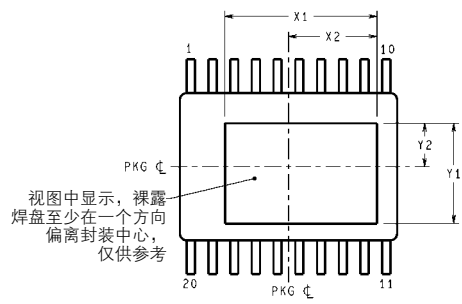


建议的接点格局



细节 A 典型值

尺寸为毫米  
加 ( ) 的尺寸仅供参考



焊盘尺寸代码图号 (XX)	焊盘尺寸		X2	Y2
	X1	Y1		
AA	4.55	3.32	2.645 ± 0.11	1.66 ± 0.1

**20 引脚 eTSSOP 封装  
NS 封装号 MYB20**

MYB20XX (Rev D)

## 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>	质量和可靠性	<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>
电压基准	<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/tempensors">www.national.com/tempensors</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 2011 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)

美国国家半导体亚太区  
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	<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 © 2011 德州仪器 半导体技术 (上海) 有限公司