

## 42V、四通道、单片式、同步降压型稳压器

### 特点

- 灵活的电源系统可提供四个输出并具有一个宽输入范围
- 两个高电压同步降压型稳压器：
  - 3V 至 42V 输入电压范围
  - 输出电流高达 2.5A 和 1.5A
  - 高效率：达 93%
- 两个低电压同步降压型稳压器：
  - 2.6V 至 5.5V 输入电压范围
  - 输出电流高达 1.8A，效率为 94%
- 可利用电阻器进行编程和同步的 250kHz 至 2.2MHz 开关频率
- 低纹波突发模式 (Burst Mode<sup>®</sup>) 操作：
  - 30 $\mu$ A  $I_Q$  (在 12V<sub>IN</sub>)
  - 输出纹波 < 15mV
- 可编程上电复位
- 电源良好指示器
- 两相时钟降低了输入电流纹波
- 采用耐热性能增强型 40 引脚 QFN (6mm x 6mm) 封装

### 应用

- 汽车系统
- 分布式电源调节
- 工业控制和电源

### 描述

LT<sup>®</sup>8602 是一款具可编程上电复位功能的四通道、电流模式、单片式降压型开关稳压器。所有的稳压器均同步至单个振荡器，并具有一个 250kHz 至 2.2MHz 的可调频率范围。在轻负载条件下，LT8602 可针对微功率突发模式操作或脉冲跳跃操作进行配置。在下面的应用电路中，当所有 4 个稳压器都处于工作状态时，微功率操作产生的静态电流为 30 $\mu$ A。

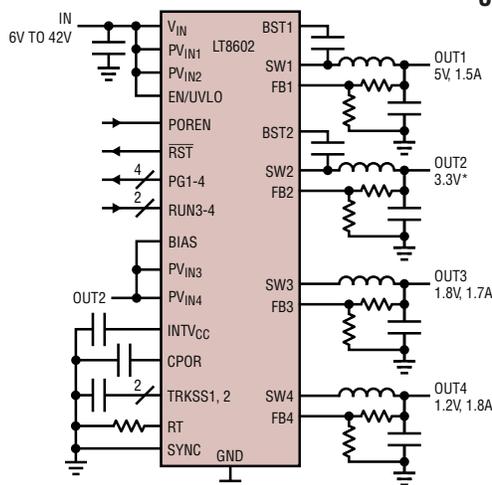
高电压通道是同步降压型稳压器，其依靠一个 3V 至 42V 输入供电运作。输出电流高达 1.5A (OUT1) 和 2.5A (OUT2)。低电压通道采用一个 2.6V 至 5.5V 输入供电运作。内部同步电源开关可提供高效率和高达 1.8A 的输出电流。LT8602 采用了一个两相时钟，通道 1 和 3 的运作与通道 2 和 4 的运作异相 180°，从而减小了高电压 (HV) 和低电压 (LV) 输入端上的输入纹波电流。所有的通道皆具有逐周期电流限制，因而可提供针对短路输出的保护作用。热停机提供了额外的保护功能。

LT8602 采用 40 引脚 6mm x 6mm QFN 封装。

LT、LT、LTC、LTM、Linear Technology、Linear 标识和 Burst Mode 是凌力尔特公司的注册商标。所有其他商标均为其各自拥有者的产权。

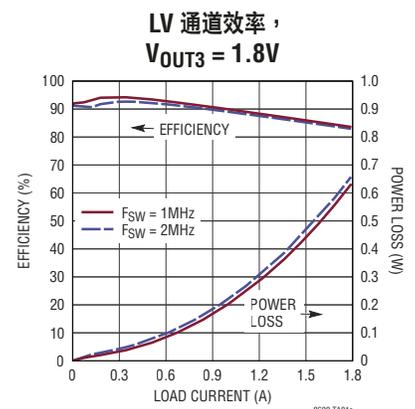
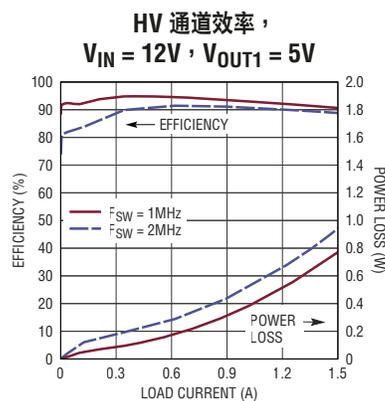
### 典型应用

5V、3.3V、1.8V 和 1.2V 降压型稳压器



\* $I_{OUT2} = 2.5A - I_{PVIN3} - I_{PVIN4}$

8602 TA01a



# LT8602

## 绝对最大额定值

(注 1)

电源电压

$V_{IN}$ ,  $PV_{IN1,2}$  ..... -0.3V 至 42V

$PV_{IN3,4}$  ..... -0.3V 至 6V

PG1-4, SYNC, TRKSS1-2,

RUN3-4,  $\overline{RST}$  电压 ..... 6V

RT, FB1-4, CPOR, POREN 电压 ..... 3.6V

EN/UVLO 电压 ..... 42V

BIAS 电压 ..... -0.3V 至 15V

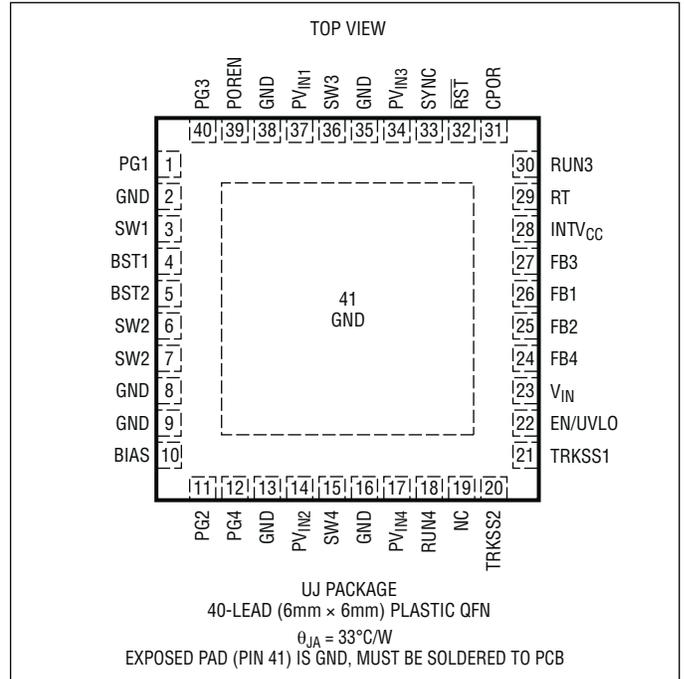
工作结温范围 (注 2、3)

LT8602E ..... -40°C 至 125°C

LT8602I ..... -40°C 至 125°C

贮存温度范围 ..... -65°C 至 150°C

## 引脚配置



## 订购信息

无铅涂层	卷带	器件标记 *	封装描述	温度范围
LT8602EUJ#PBF	LT8602EUJ#TRPBF	LT8602UJ	40 引脚 6mm x 6mm 塑料 QFN	-40°C 至 125°C
LT8602IUJ#PBF	LT8602IUJ#TRPBF	LT8602UJ	40 引脚 6mm x 6mm 塑料 QFN	-40°C 至 125°C

对于规定工作温度范围更宽的器件，请咨询凌力尔特公司。 \* 温度等级请见集装箱上的标签。  
有关非标准含铅涂层器件的信息，请咨询凌力尔特公司。

如需了解更多有关无铅器件标记的信息，请登录：<http://www.linear.com.cn/leadfree/>

如需了解更多有关卷带规格的信息，请登录：<http://www.linear.com.cn/tapeandreeel/>

**电气特性** 凡标注 ● 表示该指标适合整个工作温度范围，否则仅指  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。  $V_{IN} = PV_{IN1} = PV_{IN2} = 12\text{V}$ ，  $EN/UVLO = 3\text{V}$ ，  $PV_{IN3} = PV_{IN4} = 3.3\text{V}$ ，除非特别注明。(注 2)

参数	条件		最小值	典型值	最大值	单位
最小工作电压		●		2.7	3	V
最小工作电压，以起动		●		3.1	3.5	V
$V_{IN}$ 静态电流，停机	EN/UVLO = 0.4V			0.1	1	$\mu\text{A}$
$V_{IN}$ 静态电流，工作	无负载 (注 4) 在 $V_{OUT2}$ 上提供 $100\mu\text{A}$ (注 4)			30 70		$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$
EN/UVLO 门限	EN/UVLO 逐渐上升		1.15	1.2	1.25	V
EN/UVLO 迟滞				50		mV
EN/UVLO 输入电流	EN/UVLO = 2V		-40		40	nA
<b>振荡器</b>						
开关频率	$R_T = 28.9\text{k}$ $R_T = 254\text{k}$	●	1.8 0.225	2 0.25	2.2 0.275	MHz MHz
SYNC 输入频率范围		●	0.25		2.2	MHz
SYNC 输入电压低		●			0.3	V
SYNC 输入电压高		●	1.2			V
SYNC 输入电流			-100		100	nA
<b>通道 1</b>						
反馈电压		●	0.988	1	1.012	V
FB 电压调整率	$V_{IN} = 3\text{V}$ 至 $42\text{V}$			0.002	0.01	%/V
输入电流 FB1		●	-100		100	nA
SW1 峰值电流限值	$V_{IN} = PV_{IN1} = 6\text{V}$		2.3	2.7	3.0	A
SW1 漏电流				0.1	1	$\mu\text{A}$
SW1 上管导通电阻	$I_{SW1} = 1\text{A}$			240		$\text{m}\Omega$
SW1 下管导通电阻	$I_{SW1} = 1\text{A}$			170		$\text{m}\Omega$
FB1 电源良好下门限	$V_{FB1}$ 的百分数	●	89	92	95	%
FB1 电源良好上门限	$V_{FB1}$ 的百分数	●	105	108	111	%
PG1 输出电压低	$I_{PG1} = -100\mu\text{A}$	●		0.1	0.2	V
PG1 漏电流	PG1 = 5V，FB1 = 1V	●			30	$\mu\text{A}$
TRKSS1 上拉电流	SS1 = 0.2V		1.5	2.4	3.1	$\mu\text{A}$
最小导通时间	$I_{SW1} = 1\text{A}$			60		ns
最小关断时间	$I_{SW1} = 1\text{A}$			70		ns

# LT8602

**电气特性** 凡标注 ● 表示该指标适合整个工作温度范围，否则仅指  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。  $V_{IN} = PV_{IN1} = PV_{IN2} = 12\text{V}$ ，  $EN/UVLO = 3\text{V}$ ，  $PV_{IN3} = PV_{IN4} = 3.3\text{V}$ ，除非特别注明。(注 2)

参数	条件		最小值	典型值	最大值	单位
<b>通道 2</b>						
反馈电压		●	0.988	1	1.012	V
FB 电压调整率	$V_{IN} = 3\text{V}$ 至 $42\text{V}$			0.002	0.01	%/V
输入电流 FB2		●	-100		100	nA
SW2 峰值电流限值	$V_{IN} = PV_{IN2} = 6\text{V}$		3.5	4.0	4.5	A
SW2 漏电流				0.1	1	$\mu\text{A}$
SW2 上管导通电阻	$I_{SW2} = 1\text{A}$			150		m $\Omega$
SW2 下管导通电阻	$I_{SW2} = 1\text{A}$			100		m $\Omega$
FB2 电源良好下门限	$V_{FB2}$ 的百分数	●	89	92	95	%
FB2 电源良好上门限	$V_{FB2}$ 的百分数	●	105	108	111	%
PG2 输出电压低	$I_{PG2} = -100\mu\text{A}$	●		0.1	0.2	V
PG2 漏电流	$PG2 = 5\text{V}$ ， $FB2 = 1\text{V}$	●			30	$\mu\text{A}$
TRKSS2 上拉电流	$SS2 = 0.2\text{V}$		1.5	2.4	3.1	$\mu\text{A}$
最小导通时间	$I_{SW2} = 2\text{A}$			60		ns
最小关断时间	$I_{SW2} = 2\text{A}$			70		ns
<b>通道 3</b>						
工作电压		●	2.6		5.5	V
反馈电压		●	790	800	810	mV
FB 电压调整率	$V_{IN} = 3\text{V}$ 至 $42\text{V}$			0.002	0.01	%/V
输入电流 FB3		●	-100		100	nA
SW3 电流限值			1.8	3.1	3.5	A
SW3 漏电流	$PV_{IN3} = 5.5\text{V}$			0.1	1	$\mu\text{A}$
SW3 PMOS 导通电阻	$I_{SW3} = 1\text{A}$			150		m $\Omega$
SW3 NMOS 导通电阻	$I_{SW3} = 1\text{A}$			120		m $\Omega$
FB3 电源良好下门限	$V_{FB3}$ 的百分数	●	89	92	95	%
FB3 电源良好上门限	$V_{FB3}$ 的百分数	●	105	108	111	%
PG3 输出电压低	$I_{PG3} = -100\mu\text{A}$	●		0.1	0.2	V
PG3 漏电流	$PG3 = 5\text{V}$ ， $FB3 = 0.8\text{V}$	●			30	$\mu\text{A}$
RUN3 门限电压		●	0.695	0.72	0.75	V
RUN3 输入电流	$RUN3 = 3.3\text{V}$	●	-100		100	nA
软起动时间				1		ms
最小导通时间	$I_{SW3} = 1\text{A}$			70		ns
最小关断时间	$I_{SW3} = 1\text{A}$			70		ns
$PV_{IN3}$ UVLO				2.35	2.6	V

**电气特性** 凡标注 ● 表示该指标适合整个工作温度范围，否则仅指  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。  $V_{IN} = PV_{IN1} = PV_{IN2} = 12\text{V}$ ，  $EN/UVLO = 3\text{V}$ ，  $PV_{IN3} = PV_{IN4} = 3.3\text{V}$ ，除非特别注明。(注 2)

参数	条件		最小值	典型值	最大值	单位
<b>通道 4</b>						
工作电压		●	2.6		5.5	V
反馈电压		●	790	800	810	mV
FB 电压调整率	$V_{IN} = 3\text{V}$ 至 $42\text{V}$			0.002	0.01	%/V
输入电流 FB4		●	-100		100	nA
SW4 电流限值			1.8	3.1	3.5	A
SW4 漏电流	$PV_{IN4} = 5.5\text{V}$			0.1	1	$\mu\text{A}$
SW4 PMOS 导通电阻	$I_{SW4} = 1\text{A}$			150		$\text{m}\Omega$
SW4 NMOS 导通电阻	$I_{SW4} = 1\text{A}$			120		$\text{m}\Omega$
FB4 电源良好下门限	$V_{FB4}$ 的百分数	●	89	92	95	%
FB4 电源良好上门限	$V_{FB4}$ 的百分数	●	105	108	111	%
PG4 输出电压低	$I_{PG4} = -100\mu\text{A}$	●		0.1	0.2	V
PG4 漏电流	$PG4 = 5\text{V}$ ， $FB4 = 0.8\text{V}$	●			30	$\mu\text{A}$
RUN4 门限电压		●	0.695	0.72	0.75	V
RUN4 输入电流	$RUN4 = 3.3\text{V}$	●	-100		100	nA
软起动时间				1		ms
最小导通时间	$I_{SW4} = 1\text{A}$			70		ns
最小关断时间	$I_{SW1} = 1\text{A}$			70		ns
$PV_{IN4}$ UVLO				2.35	2.6	V
<b>上电复位</b>						
CPOR 上拉电流	$CPOR = 0\text{V}$			2		$\mu\text{A}$
POR 延迟时间	$CPOR = 1000\text{pF}$		31	35.2	39.4	ms
$\overline{\text{RST}}$ 输出电压低	$I_{\overline{\text{RST}}} = -100\mu\text{A}$	●		0.1	0.2	V
$\overline{\text{RST}}$ 上拉电流	POR 超时， $\overline{\text{RST}} = 0\text{V}$			30		$\mu\text{A}$
$\overline{\text{RST}}$ 漏电流	$\overline{\text{RST}} = 5\text{V}$ ， $\text{POREN} = 0\text{V}$		-40		40	nA
POREN 门限		●	1.15	1.2	1.25	V
POREN 上拉电流	$\text{POREN} = 0\text{V}$		0.8	1.2	1.6	$\mu\text{A}$

**注 1：**高于「绝对最大额定值」部分所列数值的应力有可能对器件造成永久性的损害。在任何绝对最大额定值条件下暴露的时间过长都有可能影响器件的可靠性和使用寿命。

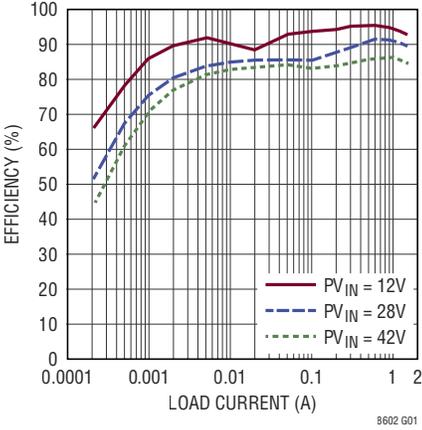
**注 2：**LT8602E 保证在  $0^\circ\text{C}$  至  $125^\circ\text{C}$  的结温范围内满足性能指标的要求。 $-40^\circ\text{C}$  至  $125^\circ\text{C}$  工作结温范围内的规格指标由设计、特性分析和统计过程控制中的相关性来保证。LT8602I 的性能指标在  $-40^\circ\text{C}$  至  $125^\circ\text{C}$  的结温范围内得到保证。高结温会缩短工作寿命。当结温超过  $125^\circ\text{C}$  时，器件的工作寿命指标被降额。

**注 3：**该 IC 备有用于在过载条件下对器件提供保护的过热保护功能。当过热保护功能电路运行时结温将超过  $150^\circ\text{C}$ 。在高于规定的最大工作结温条件下连续运作将缩短器件的使用寿命。

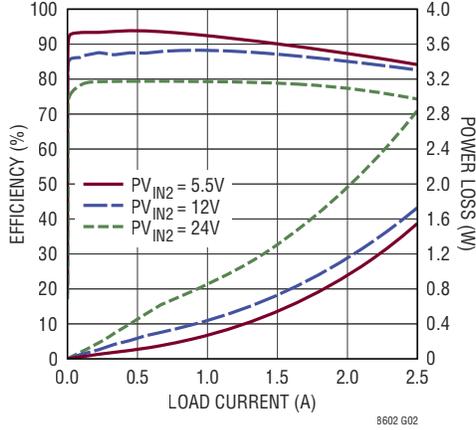
**注 4：**所有 4 个通道均被使能，如「典型应用」部分中首页应用的应用电路细节 (采用 1MHz 组件值) 所示。

## 典型性能特征 $T_A = 25^\circ\text{C}$ , $V_{IN} = PV_{IN1} = PV_{IN2} = 12\text{V}$ , $EN/UVLO = 3\text{V}$ 和 $PV_{IN3} = PV_{IN4} = 3.3\text{V}$ , 除非特别注明。

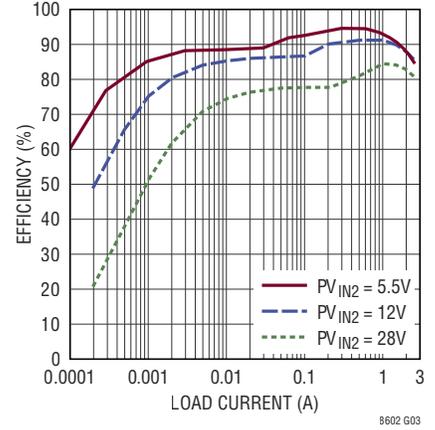
通道 1 效率与负载之间的关系  
 $V_{OUT1} = 8\text{V}$ ,  $F_{SW} = 2\text{MHz}$



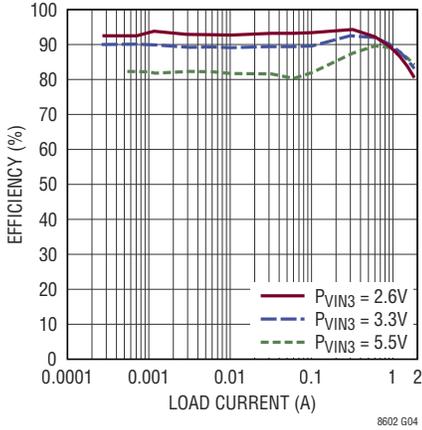
通道 2 效率与负载之间的关系  
 $V_{OUT2} = 3.3\text{V}$ ,  $F_{SW} = 2\text{MHz}$



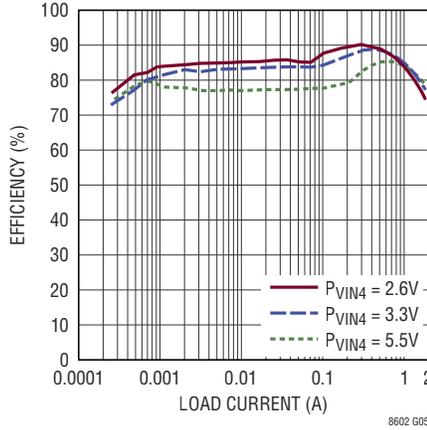
通道 2 效率与负载之间的关系  
 $V_{OUT2} = 3.3\text{V}$ ,  $F_{SW} = 1\text{MHz}$



LV 通道效率与负载之间的关系  
 $V_{OUT3} = 1.8\text{V}$ ,  $F_{SW} = 1\text{MHz}$



LV 通道效率与负载之间的关系  
 $V_{OUT4} = 1.2\text{V}$ ,  $F_{SW} = 2\text{MHz}$



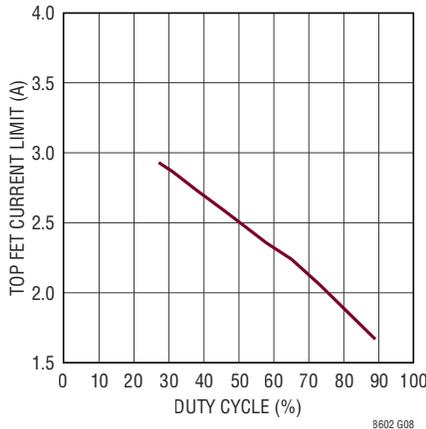
通道 1 峰值电流限值与占空比之间的关系



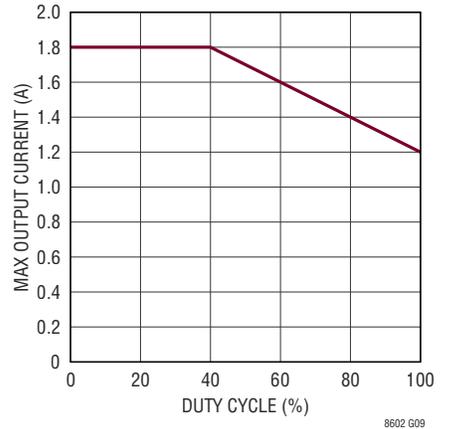
通道 2 峰值电流限值与占空比之间的关系



通道 3/4 峰值电流限值与占空比之间的关系

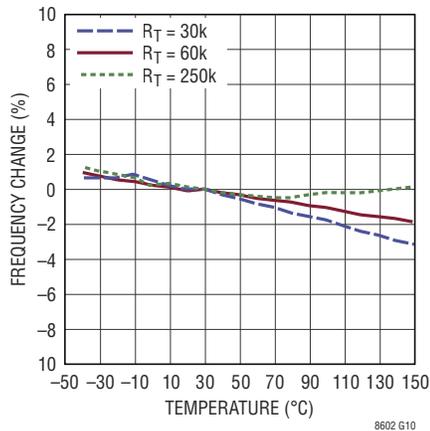


通道 3 / 通道 4 最大输出电流与占空比之间的关系

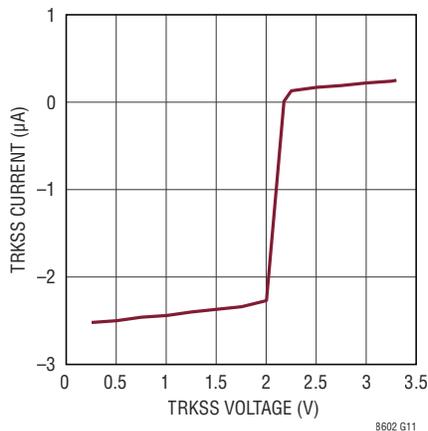


**典型性能特征**  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{IN} = PV_{IN1} = PV_{IN2} = 12\text{V}$ ,  $EN/UVLO = 3\text{V}$  和  $PV_{IN3} = PV_{IN4} = 3.3\text{V}$ , 除非特别注明。

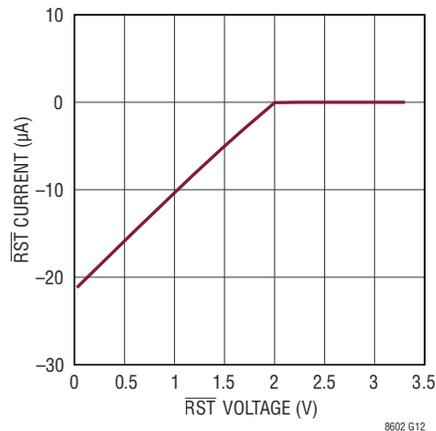
开关频率与温度之间的关系



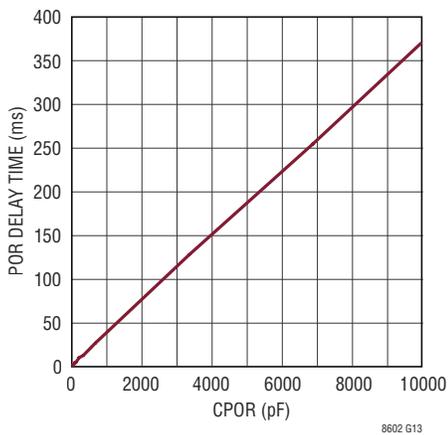
TRKSS 上拉电流与电压之间的关系



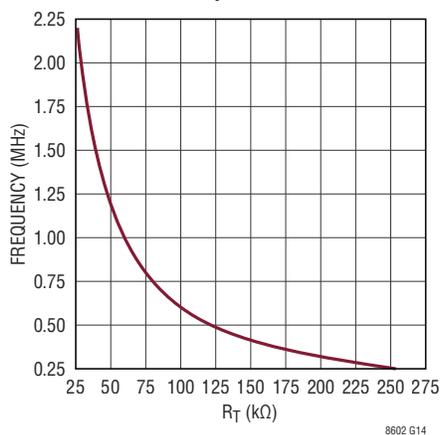
RST 上拉电流与电压之间的关系



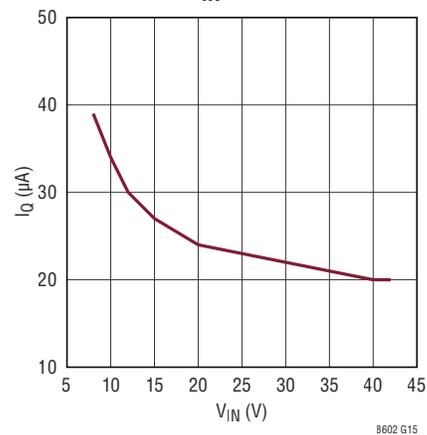
上电复位时间与 CPOR 之间的关系



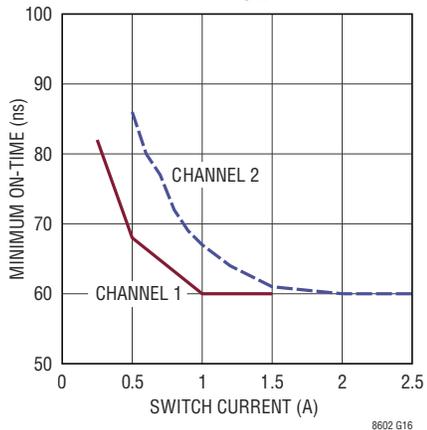
开关频率与 RT 之间的关系



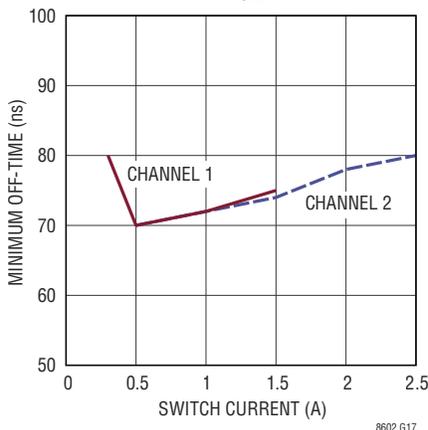
静态电流与 VIN 之间的关系



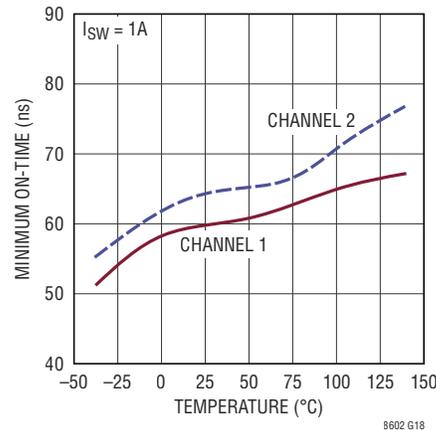
最小导通时间与 ISW 之间的关系



最小关断时间与 ISW 之间的关系

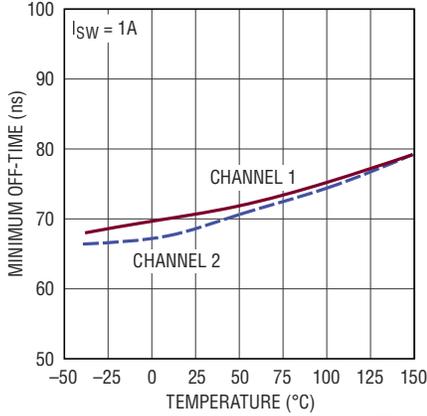


最小导通时间与温度之间的关系

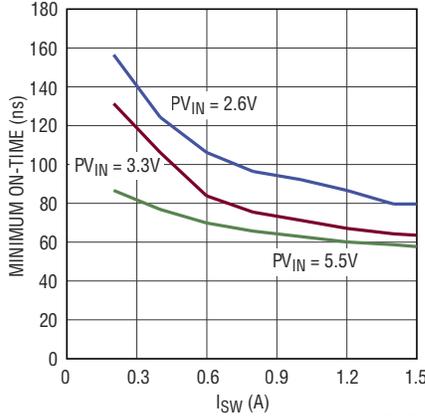


## 典型性能特征 $T_A = 25^\circ\text{C}$ , $V_{IN} = PV_{IN1} = PV_{IN2} = 12\text{V}$ , $EN/UVLO = 3\text{V}$ 和 $PV_{IN3} = PV_{IN4} = 3.3\text{V}$ , 除非特别注明。

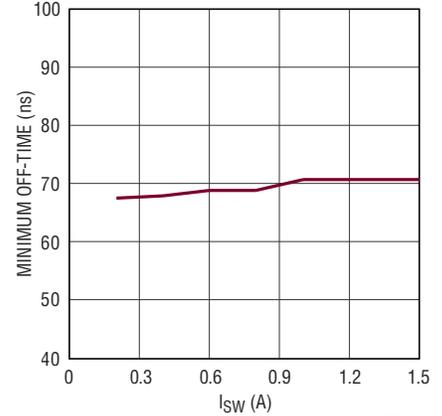
最小关断时间与温度之间的关系



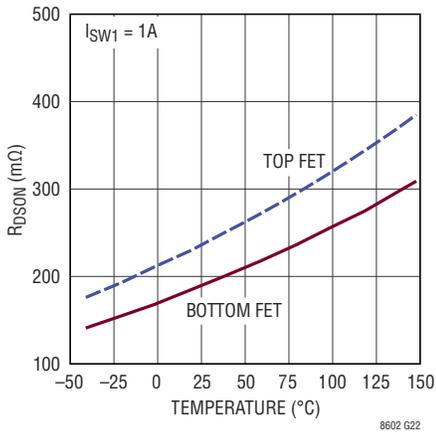
通道 3 / 通道 4 最小导通时间与  $I_{SW}$  之间的关系



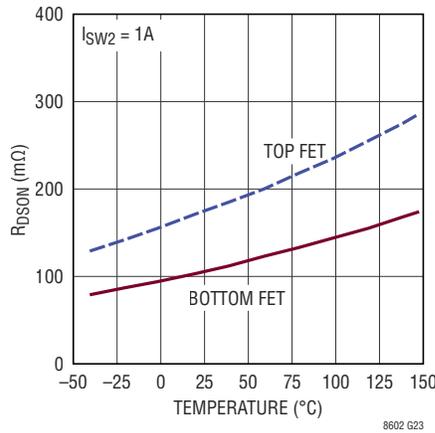
通道 3 / 通道 4 最小关断时间与  $I_{SW}$  之间的关系



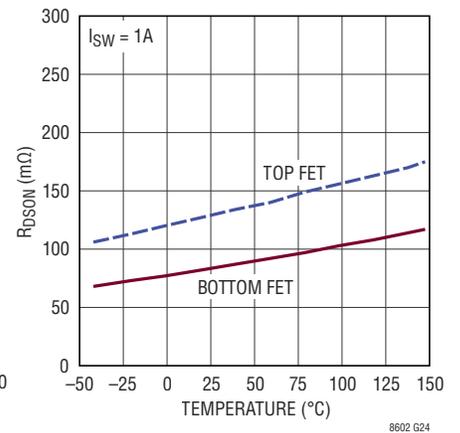
通道 1  $R_{DS(on)}$  与温度之间的关系



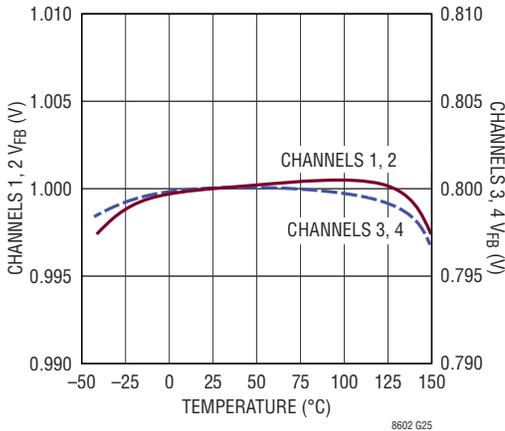
通道 2  $R_{DS(on)}$  与温度之间的关系



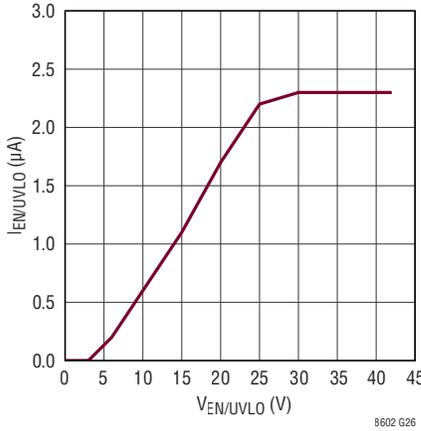
通道 3 / 通道 4  $R_{DS(on)}$  与温度之间的关系



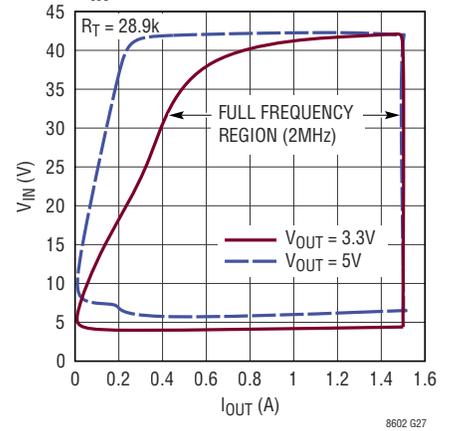
反馈电压与温度之间的关系



EN/UVLO 电流与电压之间的关系

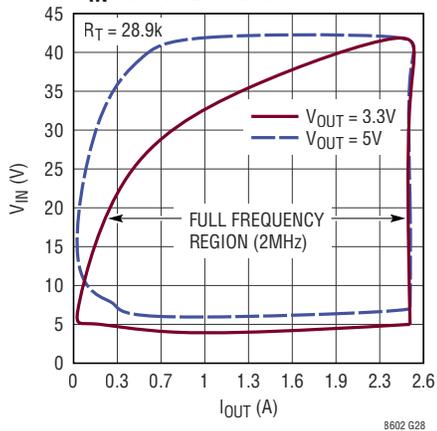


通道 1 运行于设定开关频率时  $V_{IN}$  与负载电流之间的关系

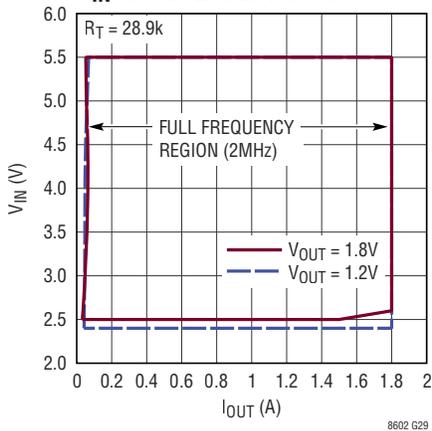


**典型性能特征**  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{IN} = PV_{IN1} = PV_{IN2} = 12\text{V}$ ,  $EN/UVLO = 3\text{V}$  和  $PV_{IN3} = PV_{IN4} = 3.3\text{V}$ , 除非特别注明。

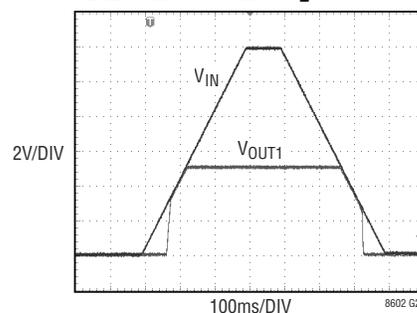
通道 2 运行于设定开关频率时  
 $V_{IN}$  与负载电流之间的关系



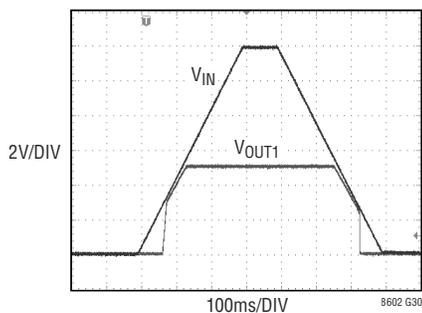
通道 3、4 运行于设定开关频率时  
 $V_{IN}$  与负载电流之间的关系



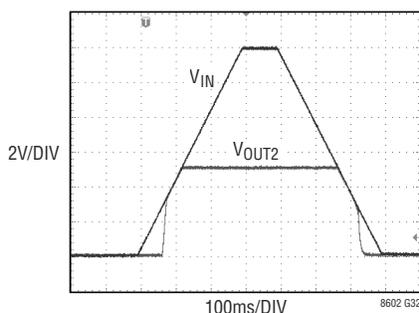
通道 1 启动和压差,  $R_L = 20\Omega$



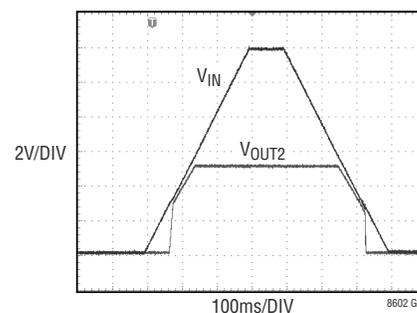
通道 1 启动和压差,  $R_L = 3.3\Omega$



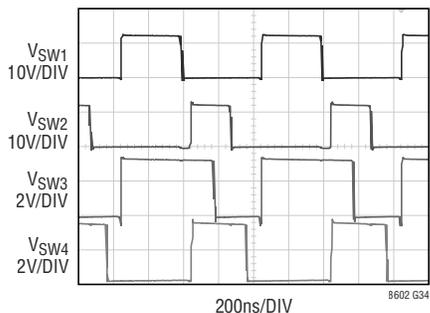
通道 2 启动和压差,  $R_L = 20\Omega$



通道 2 启动和压差,  $R_L = 2\Omega$

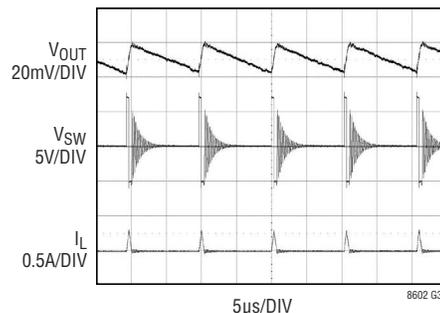


运行于设定开关频率时波形



$V_{OUT1} = 5\text{V}$   
 $V_{OUT2} = 3.3\text{V}$   
 $V_{OUT3} = 1.8\text{V}$   
 $V_{OUT4} = 1.2\text{V}$

轻负载波形



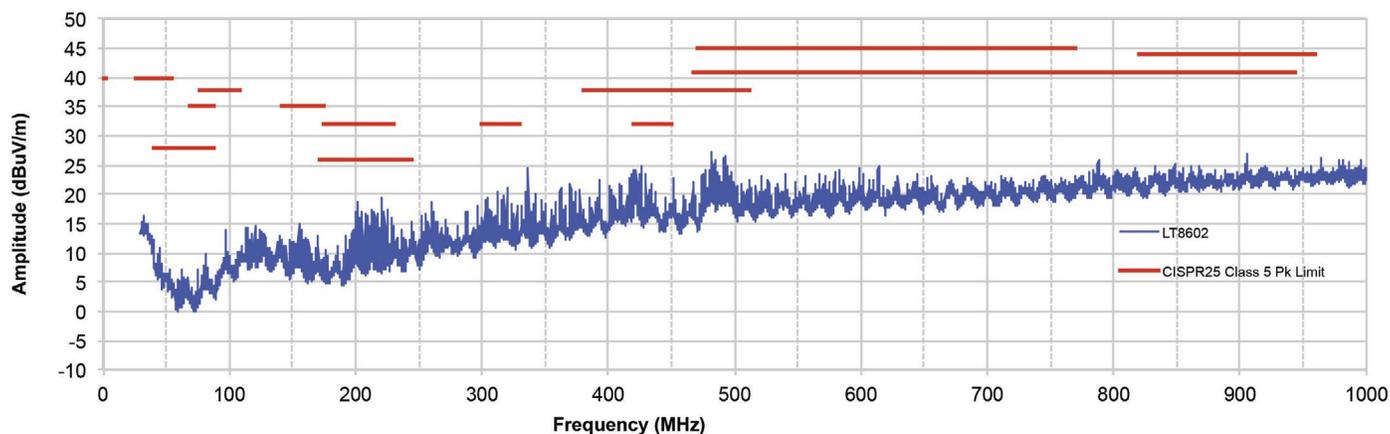
CHANNEL 1  
12VIN TO 5VOUT AT 10mA  
VSYNC = 0V

# LT8602

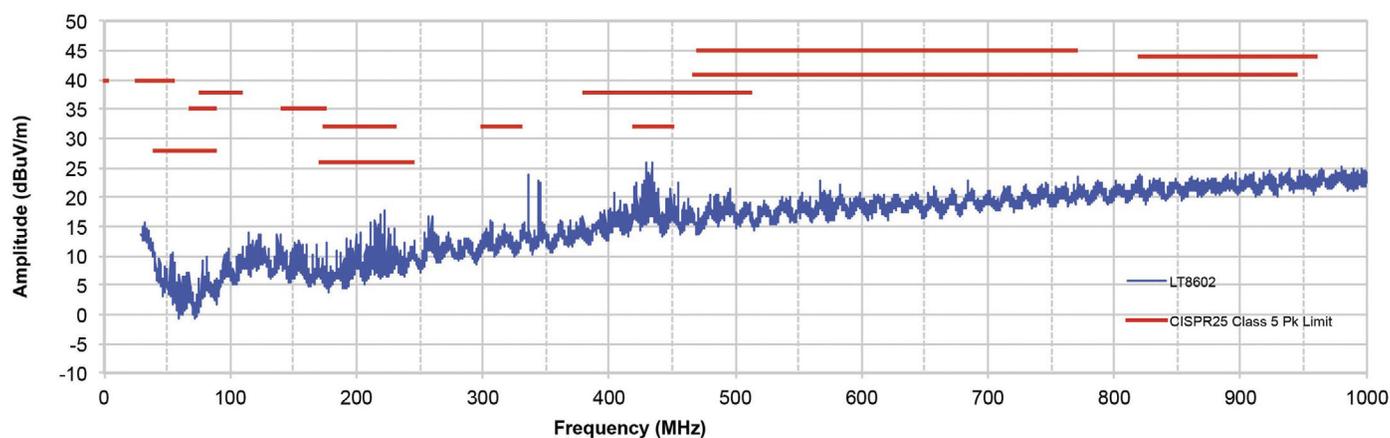
## 典型性能特征 $T_A = 25^\circ\text{C}$

辐射 EMI 性能，(采用 Class 5 峰值限值进行 CISPR25 辐射发射测试)

垂直极化



水平极化



安装了 EMI 滤波器的 DC1949A 演示板， $14\text{V}_{\text{IN}}$ ，在所有输出端上提供  $1\text{A}$ ， $F_{\text{SW}} = 2\text{MHz}$

## 引脚功能

**BIAS (引脚 10)**：给内部 3.3V 稳压器供电的电源。连接至一个  $\geq 3.1V$  的输出。利用一个低 ESR 电容器把该引脚去耦至地。

**BST1、BST2 (引脚 4、5)**：用于 HV 通道的升压电压。该升压电压给 NMOS 上管的栅极提供一个高于  $PV_{IN}$  的驱动电压。

**CPOR (引脚 31)**：上电复位定时器。在该引脚和地之间连接一个电容器以设置上电复位定时器。CPOR 具有一个  $2\mu A$  的上拉电流。

**EN/UVLO (引脚 22)**：使能 / 欠压闭锁输入。当该引脚的电平低于  $0.5V$  时，LT8602 处于低功率停机模式。一个位于  $1.2V$  的精准门限使能开关稳压器。这使得 EN/UVLO 引脚可通过连接至一个介于  $V_{IN}$  和 GND 之间的电阻分压器用作一个输入欠压闭锁。如果不需要 UVLO 功能，则把该引脚连接至  $V_{IN}$ 。

**FB1、FB2 (引脚 26、25)**：用于高电压转换器的反馈输入引脚。转换器把对应的反馈引脚调节至  $1V$  或关联 TRKSS 引脚电压中较低的那个。

**FB3、FB4 (引脚 27、24)**：用于低电压转换器的反馈输入引脚。转换器把对应的反馈引脚调节至  $800mV$ 。

**GND (引脚 2、8、9、13、16、35、38、41)**：地。这些引脚必须焊接至 PCB 地。另外，裸露衬垫 (引脚 41) 也必须焊接至 PCB 地。

**INTV<sub>CC</sub> (引脚 28)**：内部 3.3V 稳压器旁路。不要将外部电路加载至 INTV<sub>CC</sub> 引脚。利用一个低 ESR  $4.7\mu F$  电容器把该引脚去耦至地。

**PG1、PG2 (引脚 1、11)**：用于通道 1 和 2 的电源良好指示器。下拉漏极开路逻辑输出，直到对应的 FB 引脚升高至高于  $0.92V$  (但保持低于  $1.08V$ ) 为止。

**PG3、PG4 (引脚 40、12)**：用于通道 3 和 4 的电源良好指示器。下拉漏极开路逻辑输出，直到对应的 FB 引脚升高至高于  $0.736V$  (但保持低于  $0.864V$ ) 为止。

**POREN (引脚 39)**：上电复位使能。这是一个逻辑输入，其负责起动 POR 定时电容器上的斜坡。该输入具有一个弱上拉电路。

**$PV_{IN1}$ 、 $PV_{IN2}$  (引脚 37、14)**：分别至 HV 通道 1 和 2 的输入电源电压。这些引脚是独立的，并可在需要的情况下从不同的电源供电。利用一个低 ESR 电容器把每个输入旁路至相邻的 GND 引脚。

**$PV_{IN3}$ 、 $PV_{IN4}$  (引脚 34、17)**：至低电压通道 3 和 4 的输入电源电压。这些引脚通常连接至高电压转换器输出之一，并应利用一个低 ESR 电容器进行就近旁路。 $PV_{IN3}$  和  $PV_{IN4}$  是独立的，且不需要连接至相同的电源电压。

**$\overline{RST}$  (引脚 32)**：上电复位输出。具有弱上拉电路的 CMOS 输出，该引脚保持低电平，直到 POR 超时为止。

**RT (引脚 29)**：频率设置电阻器。在该引脚和地之间连接一个电阻器以设定内部振荡器频率。

**RUN3、RUN4 (引脚 30、18)**：输入引脚，用于低电压转换器的运行控制。

**SW1 (引脚 3)**：通道 1 开关节点。这是用于通道 1 之内部功率开关管的输出。

**SW2 (引脚 6、7)**：通道 2 开关节点。这是用于通道 2 之内部功率开关管的输出。这些引脚必须连接在一起。

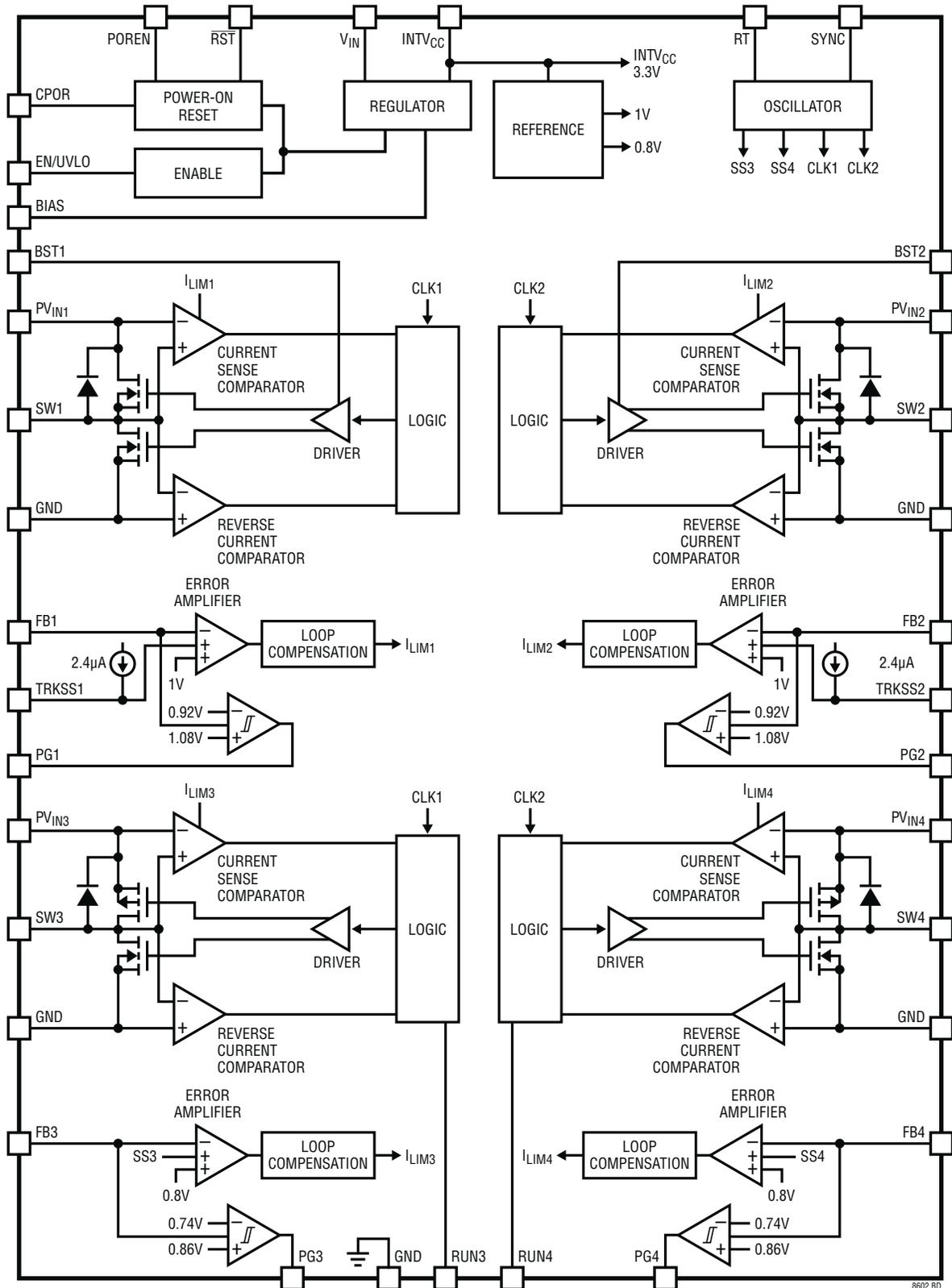
**SW3、SW4 (引脚 36、15)**：用于低电压转换器的开关节点。这些引脚是用于通道 3 和 4 的内部功率开关管的输出。

**SYNC (引脚 33)**：时钟同步输入。一个数字输入允许 LT8602 将其开关频率同步至一个外部时钟。如果未使用时钟同步，将该引脚连至地电平使电路工作于低纹波突发模式，将该引脚连至高电平则使其工作于脉冲跳跃模式。不要让 SYNC 引脚浮置。

**TRKSS1、TRKSS2 (引脚 21、20)**：用于高电压转换器的跟踪 / 软起动输入。当该引脚低于  $1V$  时，转换器把 FB 引脚调节至 TRKSS 电压 (而不是内部基准)。TRKSS 引脚具有一个  $2.4\mu A$  上拉电流。TRKSS 引脚可以浮置。

**$V_{IN}$  (引脚 23)**：至内部功能电路的输入电源电压。该引脚独立于任何  $PV_{IN}$  引脚，并可在必要的场合从不同的电源供电。 $V_{IN}$  必须高于  $3V$  以使器件工作。

方框图



8602 BD

## 工作原理

LT8602 是一款具上电复位功能的四通道、恒定频率、电流模式、单片式降压型开关稳压器。所有的通道均同步至单个振荡器。其中的两个通道是高电压 (高达 42V 输入)，而另两个通道是低电压 (最高 5.5V 输入)，并且通常从高电压降压输出供电。

### 启动

当通过把 EN/UVLO 电压设定得高于其门限来使能时，LT8602 开始从  $V_{IN}$  给  $INTV_{CC}$  的电容充电。如果 BIAS 高于 3.1V，则 BIAS 给  $INTV_{CC}$  稳压器供应电流以减小  $V_{IN}$  静态电流。

### 高电压降压型稳压器

每个高电压通道是依靠一个独立  $PV_{IN}$  引脚供电工作的同步降压型稳压器。内部上管 MOSFET 在每个振荡周期的起始点导通，并在流过上管 MOSFET 的电流达到一个由误差放大器决定的水平时关断。误差放大器通过一个连接至 FB 引脚的外部电阻分压器来测量输出电压，从而控制上管的峰值电流。误差放大器的基准由内部 1V 基准及其 TRKSS 引脚之电压中较低的那个决定。

当上管 MOSFET 断开时，下管 MOSFET 在振荡周期的剩余时间里导通，在此期间若电感电流开始发生反向，则下管关断。如果过载情况导致流过上管的电流大于 2A (通道 1) 或 3.3A (通道 2)，则下一个时钟周期将延迟到开关电流恢复至一个安全水平之后才开始。

### 低电压降压型转换器

每个低电压通道是依靠一个独立  $PV_{IN}$  引脚供电工作的同步降压型稳压器。 $PV_{IN}$  引脚具有一个设定在 2.35V 的欠压闭锁。每个内部上管 MOSFET 在每个振荡周期的起点接通，并在流过顶端 MOSFET 的电流达到一个由误差放大器决定的水平时关断。误差放大器通过一个连接至 FB 引脚的外部电阻分压器来测量输出电压，从而控制顶端开关中的峰值电流。误差放大器的基准是一个内部 800mV 基准。每个 LV

通道具有一个用以提供电源排序的 RUN 引脚和一个在 1ms 内使输出电压斜坡上升的内部软起动电路。

当上管 MOSFET 断开时，下管 MOSFET 在振荡周期的剩余时间里导通，在此期间若电感电流开始发生反向，则下管关断。如果过载情况导致流过上管的电流大于 2.4A，则下一个时钟周期将延迟到开关电流恢复至一个安全水平之后才开始。

### 多相关关操作

振荡器产生两个异相 180° 的时钟信号。通道 1 和 3 依靠 CLK1 工作，而通道 2 和 4 则依靠 CLK2 运作。由于降压型稳压器仅在上管导通时才吸收输入电流，因此多相操作减小了峰值输入电流并使输入电流频率倍增。这些作用降低了输入电流纹波并减小了所需的输入电容。

### 轻负载操作

在轻负载条件下，稳压器工作在低纹波突发模式。低纹波突发模式在开关工作的周期之间关断大部分内部电路以节省功率，同时仍然在输出端上保持低纹波。

### 欠压闭锁

EN/UVLO 引脚用于把 LT8602 置于停机模式，从而把输入电流减小至  $<1\mu A$ 。EN/UVLO 引脚的准确 1.2V 门限允许通过一个连接至 EN/UVLO 引脚的外部电阻分压器来设置  $V_{IN}$  欠压闭锁。EN/UVLO 引脚上的 50mV (典型值) 迟滞电压可防止开关噪声无意地关断 LT8602。

### 电源良好比较器

每个通道具有一个当反馈引脚电平高于或低于其基准电压的幅度超过 8% 时发生跳变的电源良好比较器。PG 引脚是开路漏极输出。当输出不处于调节状态时，对应通道的 PG 引脚被拉至低电平。在  $INTV_{CC}$  上升到 2.7V 以上时 PG 输出才有效。

## 工作原理

### 上电复位定时器

LT8602 内置了一个上电复位定时器。上电复位时间可采用 CPOR 引脚上的一个外部电容器进行调节。该定时器由 POREN 引脚使能。

$\overline{\text{RST}}$  引脚是 POR 定时器的输出，而且是具有一个弱内部上拉电路的漏极开路输出。在 LT8602 被使能且  $\text{INTV}_{\text{CC}}$  高于 2.7V 时  $\overline{\text{RST}}$  引脚有效。

## 应用信息

### 设定输出电压

如图 1 所示，输出电压由输出端上的电阻分压器设定。所用的公式为：

$$R1 = R2 \cdot \left( \frac{V_{\text{OUTX}}}{\text{FB}_{\text{REF}}} - 1 \right)$$

式中的  $V_{\text{OUTX}}$  是稳压器 x 的输出电压， $\text{FB}_{\text{REF}}$  是反馈基准电压。对于高电压稳压器 (1 和 2)， $\text{FB}_{\text{REF}}$  为 1V，而对于低电压通道 (3 和 4)，则  $\text{FB}_{\text{REF}}$  为 800mV。在分压器中使用精度为 1% 的电阻器。R2 应为 200k 或更小以避免出现噪声问题。

为改善频率响应，可以使用一个前馈电容器  $C_{\text{ff}}$ 。该电容器的典型值为 10pf 至 100pf。应极其谨慎地远离噪声源 (例如：电感器或 SW 线) 排布  $V_{\text{FB}}$  节点。

### 开关频率

LT8602 采用一种恒定频率架构，其开关频率可通过在 RT 引脚和地之间连接一个电阻器设置在 250kHz 至 2.2MHz 的范围内。表 1 给出了针对常用开关频率的  $R_{\text{T}}$  阻值。

表 1：开关频率与  $R_{\text{T}}$  阻值的对应关系

开关频率 (MHz)	$R_{\text{T}}$ (k $\Omega$ )
0.25	254
0.35	179
0.5	124
0.75	81.2
1.0	60.4
1.25	47.6
1.5	39.4
1.75	33.3
2.0	28.9
2.2	26.3

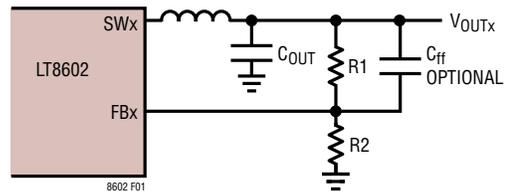


图 1：反馈电阻分压器

下式近似求出表 1 中所列的阻值：

$$R_{\text{T}} = \frac{61.9}{f_{\text{S}} - 0.009} - 1.9$$

式中的  $R_{\text{T}}$  以  $\text{k}\Omega$  为单位， $f_{\text{S}}$  的单位为 MHz。

工作频率的选择主要是一个在效率和组件尺寸之间进行权衡折衷的过程。高频操作的优点是可以采用较小的电感器和电容器数值。低频操作的优点则是可实现较高的效率。

另外，较高的开关频率会减小占空比的范围，因为最小导通和关断时间不随开关频率变化且不能无限小。高电压通道中的上管具有 60ns 的最小导通时间和 70ns 的最小断开时间。低电压通道中的上管具有 70ns 的最小导通时间和 70ns 的最小断开时间。最小和最大占空比为：

$$\text{DC}_{\text{MIN}} = f_{\text{S}} \cdot t_{\text{ON(MIN)}}$$

$$\text{DC}_{\text{MAX}} = 1 - f_{\text{S}} \cdot t_{\text{OFF(MIN)}}$$

式中的  $f_{\text{S}}$  是开关频率， $t_{\text{ON(MIN)}}$  是最小开关导通时间， $t_{\text{OFF(MIN)}}$  是最小开关关断时间。这些公式说明了当开关频率减小时占空比范围是会增大的。

## 应用信息

LT8602 的内部振荡器可同步至 SYNC 引脚上的一个外部 250kHz 至 2.2MHz 时钟信号。

### V<sub>IN</sub> 电压范围

LT8602 的最小工作电压为 3V。如欲设置一个较高的最小工作电压，可在 V<sub>IN</sub> 引脚和 EN/UVLO 引脚之间使用一个电阻分压器。EN/UVLO 门限为 1.2V。EN/UVLO 引脚具有 50mV 迟滞，以避免毛刺干扰错误地停用 LT8602。

UVLO 电路示于图 3「反向保护二极管」。闭锁电压的计算公式为：

$$V_{IN(UVLO)} = \frac{R_{UV1} + R_{UV2}}{R_{UV2}} \cdot 1.2V$$

### PV<sub>IN</sub> 电压范围

每个开关稳压器通道依靠其自己的 PV<sub>IN</sub> 引脚 (PV<sub>IN1</sub> 至 PV<sub>IN4</sub>) 工作。PV<sub>IN</sub> 引脚可连接至一个单独的电压电源或一个高电压通道输出。PV<sub>IN1</sub> 和 PV<sub>IN2</sub> 电压范围为 3.0V 至 42V。PV<sub>IN3</sub> 和 PV<sub>IN4</sub> 电压范围为 2.6V 至 5.5V。

在全频率下用以调节输出电压的最小 PV<sub>IN</sub> 电压为：

$$PV_{INx(MIN)} = \frac{V_{OUTx}}{DC_{MAX}}$$

式中的 DC<sub>MAX</sub> 是该通道的最大占空比 (参阅「开关频率」部分)。如果 PV<sub>IN</sub> 低于计算的最小电压，则该通道开始跳过关断周期。在低输入电压条件下，器件将接通顶端开关，其持续时间长于一个完整的开关周期以扩大有效占空比。当器件逐步扩大有效占空比时，开关频率将降至编程频率的一半 (或更低)。

在全频率下用以调节输出电压的最大 PV<sub>IN</sub> 电压为：

$$PV_{INx(MAX)} = \frac{V_{OUTx}}{DC_{MIN}}$$

式中的 DC<sub>MIN</sub> 是该通道的最小占空比 (参阅「开关频率」部分)。如果 PV<sub>IN</sub> 高于计算的最大电压，则该通道开始跳过导通周期 (脉冲跳跃)。在此场合中，通道开关频率将不再是编程频率。输出将继续调节，但是峰值电感器电流和输出纹波将显著地增大。

### 电感器选择

电感器选择涉及电感值、饱和电流、串联电阻 (DCR) 和磁损耗。

电感值的良好起点是：

$$Lx = Kx \cdot \frac{V_{OUTx}}{PV_{INx}} \cdot \frac{PV_{INx} - V_{OUTx}}{f_s}$$

式中的 f<sub>s</sub> 是开关频率 (单位：MHz)，Lx 的单位为 μH，V<sub>OUTx</sub> 是通道输出电压，K1 = 1.6，K2 = 1.0 且 K3 和 K4 = 1.3。

一旦选定了电感值，即可计算电感器电流纹波和峰值电流：

$$\Delta I_{Lx} = \frac{V_{OUTx}}{Lx \cdot f_s} \cdot \left( 1 - \frac{V_{OUTx}}{PV_{INx(MAX)}} \right)$$

$$I_{Lx(PEAK)} = I_{OUTx(MAX)} + \frac{\Delta I_{Lx}}{2}$$

为保证足够的输出电流，峰值电感器电流必须低于开关电流限值 (I<sub>LIM</sub>)。

为保持高效率，电感器串联电阻 (DCR) 应尽可能地小 (对于通道 1、3 和 4 必须 <0.1Ω；对于通道 2 必须 <0.06Ω)，而且磁芯材料应适用于选定的开关频率。表 2 列出了几家供应商和合适的电感器系列。

表 2：电感器供应商

供应商	系列	网址
TDK	SLF、VLC、VLF	www.tdk.com
Sumida	CDRH、CDR、CDMC	www.sumida.com
Coilcraft	XAL、XFL、MSS	www.coilcraft.com
NIC	NPIM、NPIS	www.niccomp.com
Würth	TPC、SPC、PD、PDF、PD3	www.we-online.com

## 应用信息

当然，这么简单的设计指导将不会总能找到适合于应用的最佳电感器。一个数值较大的电感器可提供稍高的最大负载电流并将降低输出电压纹波。在 DCR 和磁损耗相同的情况下，数值较大的电感器会实现较高的效率。然而，在外形尺寸相同的情况下，较大数值的电感器具有较高的 DCR。电感和 DCR 之间的权衡折衷并非始终显而易见。用实验的方法来找到最佳的电感器。

低电感有可能导致不连续模式操作，这是可接受的，但会减小最大负载电流。如需了解有关最大输出电流和不连续模式操作的细节信息，请参见凌力尔特《应用指南 44》(Application Note 44)。当占空比大于 50% 时，需要一个用于避免次谐波振荡的最小电感。

$$L_{\text{MINx}} = \frac{1.05 \cdot (V_{\text{OUTx}} + V_{\text{BOTx}})}{f_{\text{S}}}, \text{ 对于通道 1、3 和 4}$$

$$L_{\text{MINx}} = \frac{0.70 \cdot (V_{\text{OUTx}} + V_{\text{BOTx}})}{f_{\text{S}}}, \text{ 通道 2}$$

式中的  $V_{\text{OUTx}}$  是输出电压； $V_{\text{BOTx}}$  是底端开关两端的电压； $f_{\text{S}}$  是开关频率 (单位：MHz)， $L_{\text{MINx}}$  的单位为  $\mu\text{H}$ 。如果频率在一个范围内实现了同步，则采用最低的频率以确定  $L_{\text{MINx}}$ 。

### 短路输出保护

LT8602 将容许一个短路输出。如果下管 MOSFET 电流在一个时钟周期的起点超过了谷值电流限值，则上管 MOSFET 保持断开，直到过流情况被清除为止。这可防止电感器电流在输出短路期间逐渐增加。

### 输入电容器选择

利用一个 X7R 或 X5R 型陶瓷电容器对 LT8602 的每个  $\text{PV}_{\text{IN}}$  引脚进行旁路。

降压型转换器以具有非常快上升和下降时间的脉冲从输入电源吸取电流。需要采用输入电容器以降低在 LT8602 输入端上产生的电压纹波，并强制该开关电流进入一个紧密的局部环路，从而最大限度地抑制 EMI。输入电容器在开关频率下必须具有低阻抗以有效地做到这一点，而且它必须具备一个足够的纹波电流额定值。

最坏情况纹波电流出现在  $V_{\text{OUT}}$  为  $\text{PV}_{\text{IN}}$  的一半时。在该场合中，纹波电流为：

$$I_{\text{CIN(RMS)}} = \frac{I_{\text{OUT}}}{2}$$

输入电容器的一个合理的数值为：

$$C_{\text{IN}} = \frac{4.7\mu\text{F (对于通道 1、3、4) 或 } 10\mu\text{F (对于通道 2)}}{f_{\text{S}}}$$

式中的  $f_{\text{S}}$  是开关频率 (单位：MHz)。

$C_{\text{IN}}$  的谨慎放置对于获得最低的纹波和 EMI 是必不可少的。 $C_{\text{IN}}$  应布设在尽可能靠近  $\text{PV}_{\text{IN}}$  引脚的地方并在 PC 板的同一面上。位于组件走线下方的电路层应是一个未分割的接地平面。 $C_{\text{IN}}$  的接地侧应具有两个至尽可能靠近  $C_{\text{IN}}$  的接地平面的过孔。这在  $\text{PV}_{\text{IN}}$  至  $C_{\text{IN}}$  走线的正下方提供了一条高频返回通路。这最大限度缩小了从  $\text{PV}_{\text{IN}}$  至  $C_{\text{IN}}$  再返回 GND 裸露衬垫之高频、大电流通路的环路面积。见图 8 “推荐的 PCB 布局”。

输入端只是使用陶瓷电容时应特别慎重。一个陶瓷输入电容器会与杂散电感组合起来，形成一个返回电源的谐振电路。如果快速加电 (例如：把电路插入一个通电电源)，则该谐振回路会产生振铃，最高可达输入电压的两倍。解决方案是对输入电压进行箝位，或通过增设一个与此陶瓷电容器并联的有损电容器以对谐振电路进行阻尼。详情请见凌力尔特《应用指南 88》(Application Note 88)。

## 应用信息

### 输出电容器选择

输出电容器执行两种功能。首先，它对电感器电流进行滤波以产生一个具低电压纹波的输出。其次，它存储能量以尽量减小瞬态负载期间的过冲。LT8602 工作在高频率，因此所需的输出电容极小。控制环路可在存在或不存在输出电容器串联电阻 (ESR) 的情况下很好地工作。陶瓷电容器可实现非常低的输出纹波和小的电路尺寸，因而是一种选项。

可以利用下式估算输出纹波：

$$V_{\text{RIPPLE}} = \frac{\Delta I_L}{8 \cdot f_S \cdot C_{\text{OUT}}} \text{ 对于陶瓷电容器}$$

$$V_{\text{RIPPLE}} = \Delta I_L \cdot \text{ESR}, \text{ 对于铝或钽电容器。}$$

式中的  $V_{\text{RIPPLE}}$  是峰至峰输出纹波， $f_S$  是开关频率 (单位：MHz)， $\Delta I_L$  是电感器中的峰至峰纹波电流， $C_{\text{OUT}}$  是输出电容值 (单位： $\mu\text{F}$ )，而 ESR 是输出电容器串联电阻。

输出电容器的另一个约束条件是其必须能够存储比电感器更多的能量。当负载电流从高阶跃至低时，电感器中的存储能量转移至输出，而且产生的电压阶跃与调节电压相比应当很小。对于一个 5% 的过冲，这项要求表示：

$$C_{\text{OUT}} \geq 10 \cdot L \cdot \left( \frac{I_{\text{LIM}}}{V_{\text{OUT}}} \right)^2$$

式中的  $I_{\text{LIM}}$  是最大开关电流限值。

陶瓷电容器的低 ESR 和小尺寸使它们成为 LT8602 应用的优选类型。然而，并非所有的陶瓷电容器都是一样的。许多较高容值的电容器采用具有高的温度和电压系数的不良电介质。特别地，Y5V 和 Z5U 型陶瓷电容器在施加电压和极端温度条件下会损失其大部分电容。由于环路稳定性和瞬态响应取决于  $C_{\text{OUT}}$  的数值，因此该电容损失也许是不可接受的。需采用 X7R 或 X5R 型陶瓷电容器。

电解电容器也是一种选项。大多数铝电解电容器的 ESR 过大，以至于无法提供低输出纹波。钽电容器以及针对电源用途的较新、较低 ESR 有机电解电容器是合适之选。选择一个具足够低 ESR 的电容器以实现所要求的输出纹波。由于电容器的体积决定了其 ESR，因此与可提供相似纹波性能的陶瓷电容器相比，电解电容器的尺寸和数值都将较大。一个好处是：较大的电容可以针对负载电流的大幅变化提供更好的瞬态响应。表 3 罗列了几家电容器供应商。

表 3：低 ESR 电容器供应商

供应商	系列	类型
Taiyo-Yuden www.t-yuden.com		陶瓷
TDK www.tdk.com		陶瓷
Kemet www.kemet.com	T494, T495 T510, T520, T525, T530 A700	陶瓷 钽 钽有机聚合物 铝有机聚合物
Panasonic www.panasonic.com	SP-CAP	陶瓷 铝有机聚合物
AVX www.avx.com	TPS, TES, TCH	陶瓷 钽

### BST 和 SW 引脚考虑

高电压通道需要一个高于  $PV_{\text{IN}}$  的电压以驱动上管 NFET 的栅极。在 BST 和 SW 引脚之间连接一个外部电容器。一个内部 MOS 开关在上管关断时把 BST 连接至内部 3.3V 电源。然后，在上管导通时把 BST 升压至比 SW 高 3.3V。在大多数场合中，采用一个  $0.1\mu\text{F}$  电容器将起到很好的效果。

### 软起动

LT8602 具有一个用于每个高电压通道的软起动引脚，和用于每个低电压通道的内部软起动功能。低电压通道软起动被设定为 1ms。

在高电压通道上，反馈引脚电压被调节至对应 TRKSS 引脚的电压和 1V 内部基准中较低的那个。一个连接在 TRKSS

## 应用信息

引脚和地之间的电容器由内部 2.4μA 电流源充电，从而产生一个从 0V 至稳定电压的线性输出斜坡上升。该斜坡上升的持续时间是：

$$t_{SS} = C_{TRKSS} \cdot \frac{1V}{2.4\mu A}$$

式中的  $t_{SS}$  是斜坡上升时间 (单位：秒)， $C_{TRKSS}$  是 TRKSS 引脚上的电容 (单位：F)。

TRKSS 引脚在启动时被下拉，直至  $INTV_{CC}$  已经达到工作电压为止。它在欠压情况下 ( $PV_{IN}$  引脚或可编程 EN/UVLO 引脚上的内部闭锁) 也被下拉。当 TRKSS 被下拉时的电阻为 400Ω。把 TRKSS 拉至地电位并不保证通道将停止开关操作。

另外，TRKSS 引脚还可用于使输出能跟踪另一个稳压器，要么是另一个 HV 通道，要么是一个外部稳压器。在控制输出和 TRKSS 引脚之间采用一个电阻分压器。图 2 示出了供通道 2 跟踪  $V_{OUT1}$  之用的电路以及重合和比例式跟踪的输出波形。

R2 应为 10k 或更小，以最大限度地减小由 2.4μA 上拉电流产生的偏移。

另一种对通道 1 和 2 进行比例式跟踪的简易方法是把 TRKSS1 和 TRKSS2 与单个电容器一起连接至地。这将使软起动电流倍增。

对于具有一个要求把一个 PG 引脚连接至一个 TRKSS 输入的启动序列的应用，必须使用一个 10k 或更小的电阻器作为外部上拉电阻。采用该配置的软起动时间可由下式近似求出：

$$t_{SS} = 0.5 \cdot R_{PULLUP} \cdot C_{TRKSS}$$

一个把与上拉电压 ( $V_{PULLUP}$ ) 的相关性考虑在内的更加精确的公式给出如下：

$$t_{SS} = -R_{PULLUP} \cdot C_{TRKSS} \cdot \log_e \left( 1 - \frac{1V}{V_{PULLUP}} \right)$$

### 反向保护

在电池充电应用或电池后备系统中，当缺少至 LT8602 的输入时，将由电池把一个输出保持在高水平。如果  $V_{IN}$  和  $PV_{IN}$  引脚浮置且 LT8602 被使能，则内部电路将通过保持在高水平之输出的 SW 引脚抽取其静态电流。倘若系统能够在此状态中容许一个小电流 (<100μA)，那么这是可以接

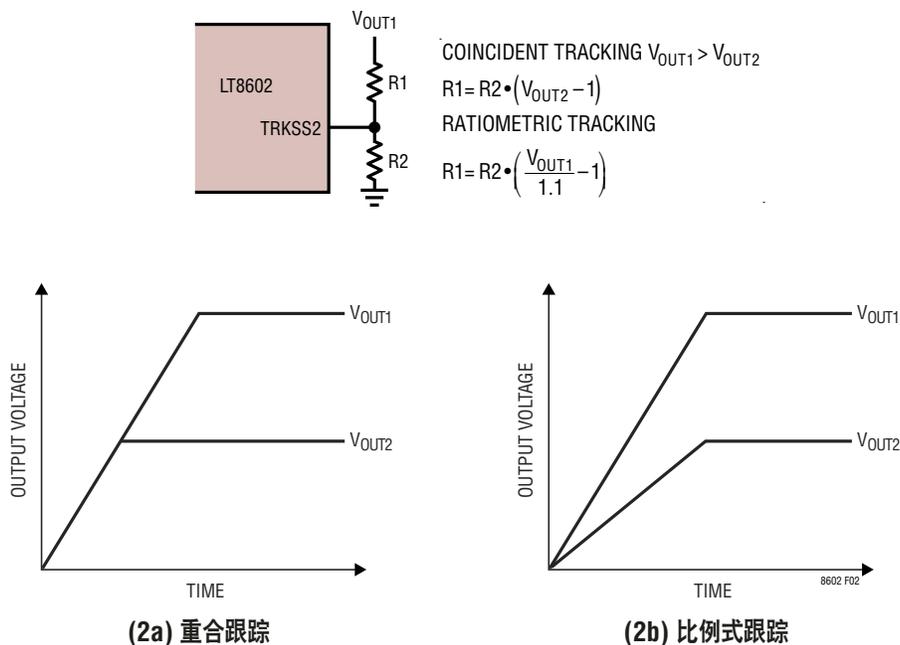


图 2：跟踪电路

## 应用信息

受的。假如 LT8602 被停用，则 SW 引脚电流将降至基本为零。然而，如果  $V_{IN}$  或  $PV_{IN}$  引脚在输出保持高电平的情况下接地，则需要为  $V_{IN}/PV_{IN}$  引脚上布设一个外部二极管，以防止从  $V_{IN}/PV_{IN}$  引脚抽出电流。图 3 示出了一个例子。在该场合中，OUT1 和 OUT3 均由电池保持于高电平。 $PV_{IN1}$ （以及  $PV_{IN3}$ ）必须由二极管提供保护（如果它连接至一个外部电源）。

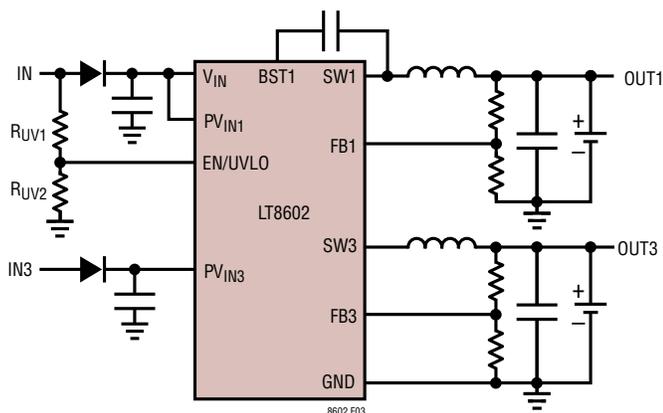


图 3：反向保护二极管

### 突发模式操作

为改善轻负载时的效率，LT8602 自动地切换至突发模式操作，以最大限度地降低开关损耗并保持很小的输出电压纹波。在突发模式操作中，大部分电路在接通突发脉冲之间切断以最大限度减少功率损耗。如果至少一个通道处在全频率，则振荡器保持运行且所有的突发脉冲皆同步至振荡器的

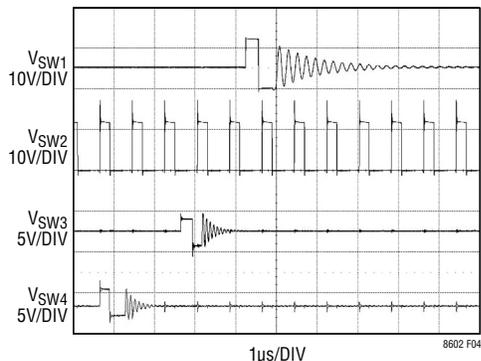


图 4：振荡器运行时的突发模式 SW 波形

合适相位 (图 4)。倘若所有四个通道均进入突发模式操作，则振荡器也将在突发脉冲之间关闭以进一步节省功率 (图 5)。由于 LT8602 的通道可能具有不同的负载，因此当处于突发模式操作时通道会具有不同的开关频率。

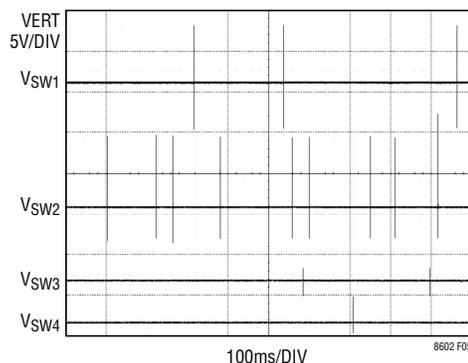


图 5：所有通道均处于突发模式时的突发模式 SW 波形

### 模式选择和同步

如欲选择低纹波突发模式操作，则把 SYNC 引脚连接至低于 0.3V (这可以是地或一个逻辑低电平输出)。如需选择脉冲跳跃操作，则把 SYNC 引脚连接至高于 1.2V。要使 LT8602 同步至一个外部频率，则把一个方波 (具 20% 至 80% 占空比) 连接至 SYNC 引脚。该方波的幅度应具有低于 SYNC  $V_{IL}$  的谷值和高于 SYNC  $V_{IH}$  的峰值 (最高 6V)。

当同步至一个外部时钟时，LT8602 在低输出负载条件下将不进入突发模式操作，而是将跳过某些脉冲以维持调节作用。LT8602 可在 250kHz 至 2.2MHz 的范围内实现同步。应选择合适的  $R_T$  电阻器以把 LT8602 的开关频率设定为与同步输入相等。如果使用一个频率范围，则针对该范围的中心来设定  $R_T$ 。例如，倘若同步信号将为 400kHz 至 600kHz，则应按照 500kHz 来选择  $R_T$ 。

对于有些应用而言，希望 LT8602 工作于脉冲跳跃模式，因而与突发模式操作存在两个主要的差异。首先是时钟始终处于唤醒状态，而且所有的开关周期均对准时钟。其次，达到最大开关频率时的输出负载低于突发模式操作。

## 应用信息

这两个差异的代价是静态电流有所增加。如欲使能脉冲跳跃模式，则把 SYNC 引脚连接至高电平 (至一个逻辑输出或至 INTV<sub>CC</sub> 引脚)。

不要把 SYNC 引脚浮置。

### 电源良好比较器

LT8602 的每个通道具有一个负责在 LT8602 被使能时监视对应反馈电压的电源良好比较器。电源良好比较器的门限对于高电压通道为 0.92V 至 1.08V，而对于低电压通道则为 736mV 至 864mV。PG 输出为开路漏极，并且需要一个 20k 或更小的外部上拉电阻值。

### 上电复位定时器

上电复位定时器电路提供了一个可编程复位定时器。POREN 引脚是用于复位定时器的使能引脚。RST<sub>T</sub> 输出是具有一个弱内部上拉电阻 (100k 至 ~2.8V) 的漏极开路输出。当这些引脚的上升时间不是关键因素时，弱上拉免除了增设外部上拉的需要。漏极开路配置可实现 RST<sub>T</sub> 引脚的线「或」连接。

上电复位超时周期  $t_{RST}$  可通过在 CPOR 引脚和地之间连接一个电容器 C<sub>POR</sub> 进行设置。 $t_{RST}$  的数值采用下式计算：

$$t_{RST} = 35.2 \cdot C_{POR}$$

式中的 C<sub>POR</sub> 以 pF 为单位， $t_{RST}$  以微秒为单位。当 POREN 被使能时，CPOR 引脚以 2μA 斜坡上升，直至其达到 1.2V 为止。之后电流反转方向并以 20μA 斜坡下降。当它达到 0.2V 时，则以 2μA 重新斜坡上升。该循环总共重复 64 次，然后把 RST<sub>T</sub> 引脚设定在高电平。例如，采用一个 8.2nF 电容值产生一个 289ms 的复位超时周期。 $t_{RST}$  的准确度将受限于电容器 C<sub>POR</sub> 的准确度和温度系数。CPOR 引脚上的额外寄生电容 (比如：探头电容) 会影响  $t_{RST}$ 。图 6 示出了上电复位定时。建议不要采用高于 10nF 的 CPOR 值。

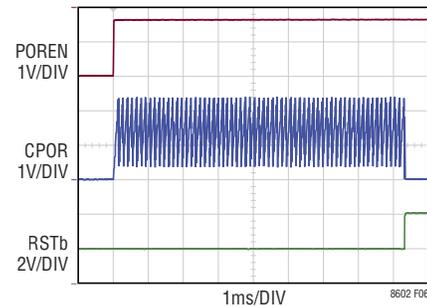


图 6：上电复位定时 C<sub>POR</sub> = 230pF

### 排序

LT8602 为 4 个通道和上电复位定时器的排序提供了极大的灵活性。每个通道具有一个电源良好输出 (PG1 至 PG4) 和一个控制输入 (TRKSS1 和 2、RUN3 和 4)。POR 具有一个控制输入 (POREN) 和一个复位输出 (RST<sub>T</sub>)。所有的 5 个输出均为开路漏极。所有 5 个输入都是高电平有效，而且其中的 3 个输入 (TRKSS1 和 2、POREN) 具有内部上拉电流以减少外部组件数量。当采用排序时，TRKSS 引脚上的软起动功能将起作用；简单地连接电容器至 TRKSS 引脚，连接一个阻值为 10k 或更小的外部上拉电阻器并采用期望的 PG 输出以短接电容器。图 7 中示出了一个排序实例。

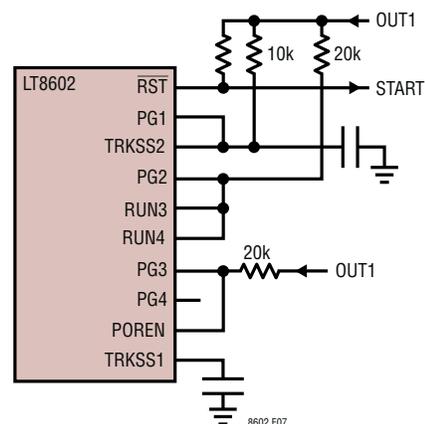


图 7：对输出和 POR 进行排序

## 应用信息

在该例中，通道 1 首先起动，然后凭借 TRKSS 引脚上的电容器进行软起动。一旦 OUT1 已达到稳压状态，则通道 2 软起动。当 OUT2 状态良好时，通道 3 和 4 启动。当 OUT3 处于调节状态时，则随后起动 POR。当把 RUN 引脚连接至 TRKSS 引脚时的一个注意事项是：TRKSS 通道将立即起动斜坡上升，但是 RUN 通道在电压达到 RUN 门限之前将不起动。

### PCB 布局

为了实现正确的操作和最小的 EMI，在进行印刷电路板布局时必须谨慎。图 8 示出了推荐的组件布局，并标出了走线、接地平面和过孔的位置。注意大的开关电流流过 LT8602 的  $PV_{IN}$  引脚、GND 引脚和输入电容器。由输入电容器形成的环路应尽可能小 (通过把该电容器布设在靠近  $PV_{IN}$  引脚和相邻 GND 引脚的地方来实现)。当使用一个体

积很大的输入电容器时，形成的环路有可能变得过大，此时优选的方法是采用一个布设在  $PV_{IN}$  和 GND 引脚附近的小外壳 / 数值电容器和一个离得再远一点的较大电容器。这些组件应与电感器和输出电容器一起布设在电路板的同一侧，而且它们的接线应做在该电路层上。在应用电路的下方、最靠近表层的内层上布设一个完整和未分割的局部接地平面。SW 和 BOOST 节点应尽可能地小。最后，应保持很小的 FB 和 RT 节点，这样用接地走线包围使之免受 SW 和 BOOST 节点的干扰。封装底部上的裸露衬垫必须焊接至地，以提供良好的电连接以及良好的热连接，于是 PCB 就能起到一个散热器的作用。为了保持低热阻，应尽可能地扩大接地平面，并在 LT8602 下方及附近添加足够的热过孔，以便把电路板内层和底层上的接地平面连接起来实现散热。

### 热考虑

PCB 的布局应谨慎以确保 LT8602 的良好散热。位于封装底部的裸露衬垫必须焊接至一个接地平面。应利用热过孔把该接地点连接至位于其下方的大面积铜层；这些铜层将传播 LT8602 耗散的热量。针对一块 4 层电路板的推荐电路层用法为：

第一层 (组件层)：使用 2 盎司铜箔；未分割的高频 / 大电流布线 ( $C_{IN}$  环路、SW 节点、BST 节点、电感器、 $C_{OUT}$ )、大电流 DC 布线、其余部分为接地平面

第二层 (内层)：未分割的接地平面

第三层 (内层)：信号布线、其余部分为接地平面

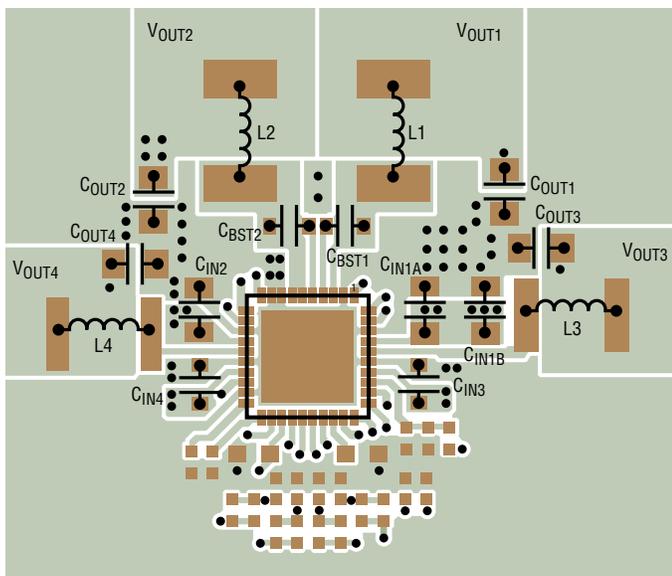


图 8：推荐的 PCB 布局

## 应用信息

第四层 (底层)：使用 2 盎司铜箔；大电流 DC 布线 ( $V_{IN}$ 、 $V_{OUT}$ )，其余部分为接地平面

布设额外的过孔能够进一步减小热阻。采用很多小的热过孔比采用少量较大的过孔效果更好。遵循这些 PCB 设计指引可把  $\theta_{JA}$  减小至  $22^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 。

LT8602 内部的功率耗散可通过把每个通道中耗散的功率进行求和来估算。从一个效率测量结果计算出每个通道的功率损耗并减去电感器损耗。芯片温度通过把 LT8602 的总功率耗散乘以从结点至环境的热阻并加上环境温度来计算。当环境温度接近最大额定结温时，应对最大负载电流进行降额。

如果内部温度升至过高，则 LT8602 将停止开关操作。这种热保护是在高于最大工作温度的情况下运行的，而且仅用作一种故障安全措施。

即使运用了最佳的散热方法，在高环境温度条件下也必须对 LT8602 进行降额处理。图 9 中的热降额曲线示出了首页应用 (Ch1： $5V_{OUT}$ ，Ch2： $3.3V_{OUT}$ ，Ch3： $1.8V_{OUT}$ ，Ch4： $1.2V_{OUT}$ )。PCB 布局如上文中所述，且  $\theta_{JA}$  为  $22^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 。输出电流作为最大值的一个百分数单调地减小。尽管降额与应用相关，但是这组曲线代表了采用一系列频率和输入电压的典型应用。

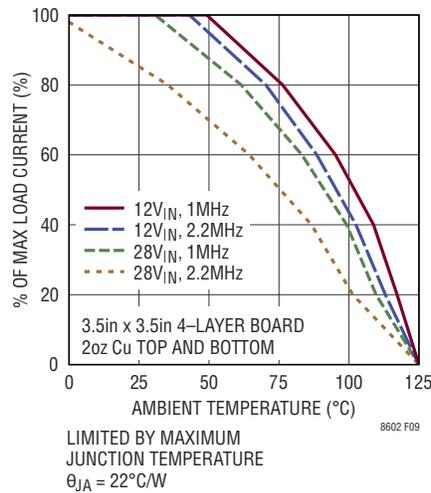
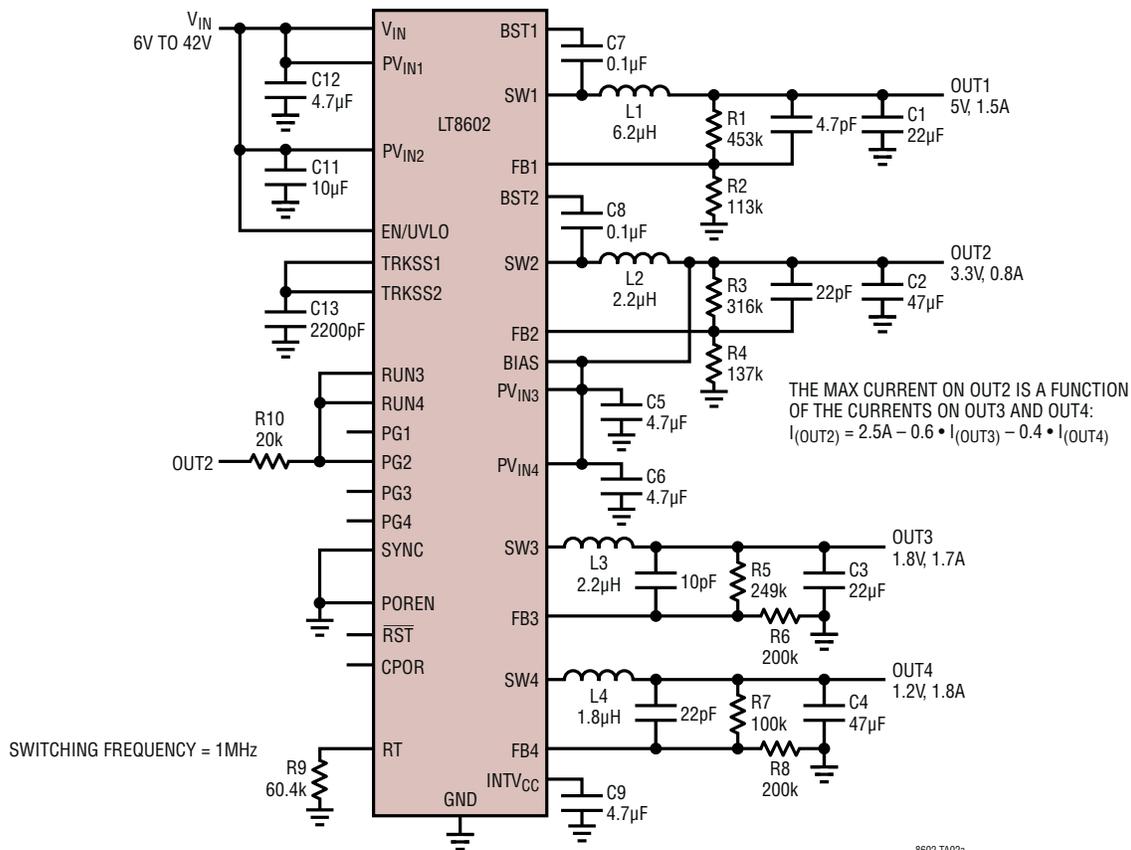


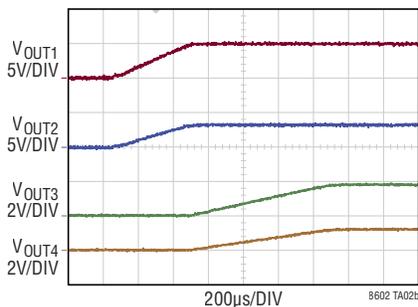
图 9：热降额，I 级器件

典型应用

首页应用的细节



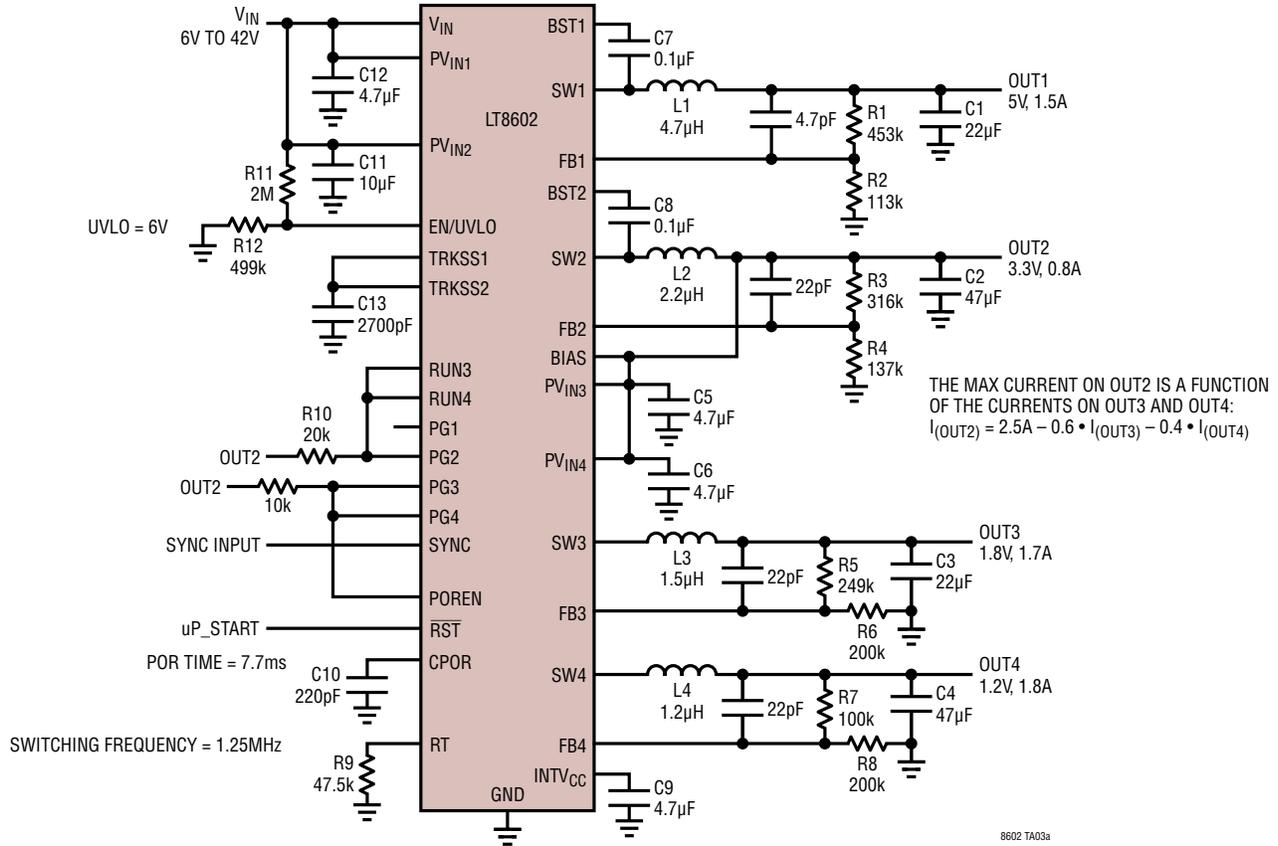
启动时序



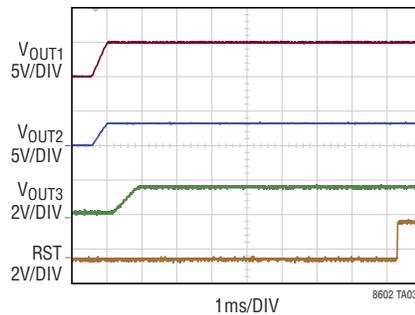
THE VALUES SHOWN ARE FOR 1MHz OPERATION.  
 FOR 2MHz OPERATION, MAKE THE FOLLOWING CHANGES:  
 L1 = 3.3µH  
 L2 = 1.2µH  
 L3 = 1.2µH  
 L4 = 1µH  
 R9 = 28.9k  
 THE INPUT VOLTAGE RANGE AT 2MHz IS 6V TO 24V.  
 ABOVE 24V, THE HV CHANNELS WILL REGULATE  
 BUT WITH HIGH RIPPLE DUE TO MISSED PULSES.

## 典型应用

汽车输入降压至 5V、3.3V、1.8V 和 1.2V



启动时序

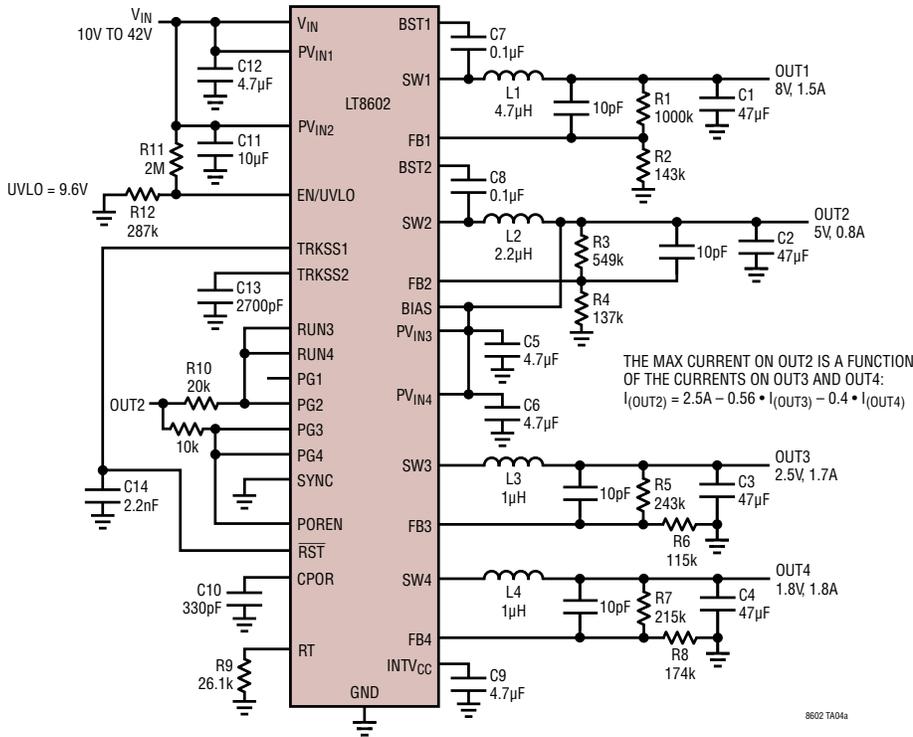


START-UP SEQUENCE:  
 CH1 AND CH2 SOFT-START  
 RATIOMETRICALLY;  
 THEN CH3 AND CH4 TURN ON;  
 THEN POR TIMER STARTS.

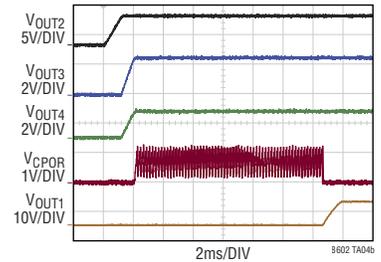


## 典型应用

10V 至 42V 输入降压至 5V、2.5V、1.8V 和 8V (延迟)



启动时序



IN THIS APPLICATION, THE POR IS USED AS A DELAY FOR THE 8V SUPPLY. THE 8V SUPPLY WILL START RAMPING UP 12ms AFTER ALL OTHER SUPPLIES HAVE REACHED REGULATION.

START-UP SEQUENCE:  
CH2 SOFT-STARTS;  
THEN CH3 AND CH4 TURN ON;  
THEN POR TIMER STARTS;  
AFTER POR TIMES OUT, THEN CH1 SOFT-STARTS.

SWITCHING FREQUENCY = 2.2MHz

## 相关器件

器件型号	描述	备注
LT3507/ LT3507A	36V、2.7A + 1.8A + 1.8A + LDO 控制器，2.5MHz，高效率，三路输出降压型 DC/DC 转换器	$V_{IN} = 4V$ 至 $36V$ ， $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$ ， $I_Q = 7mA$ ， $I_{SD} < 1\mu A$ ，5mm x 7mm QFN 封装
LT8640	具 $I_Q = 2.5\mu A$ 的 42V、6A、96% 效率、2.2MHz 同步微功率降压型 DC/DC 转换器	$V_{IN} = 3.4V$ 至 $42V$ ， $V_{OUT(MIN)} = 0.985V$ ， $I_Q = 2.5\mu A$ ， $I_{SD} < 1\mu A$ ，3mm x 4mm QFN 封装
LT8616	具 $I_Q = 6.5\mu A$ 的 42V、双通道 (2.5A + 1.5A)、95% 效率、3MHz 同步微功率降压型 DC/DC 转换器	$V_{IN} = 3.4V$ 至 $42V$ ， $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$ ， $I_Q = 6.5\mu A$ ， $I_{SD} < 1\mu A$ ，TSSOP-28E 封装
LT8614	具 $I_Q = 2.5\mu A$ 的 42V、4A、96% 效率、2.2MHz 同步微功率降压型 DC/DC 转换器	$V_{IN} = 3.4V$ 至 $42V$ ， $V_{OUT(MIN)} = 0.985V$ ， $I_Q = 2.5\mu A$ ， $I_{SD} < 1\mu A$ ，3mm x 4mm QFN 封装
LT8612	具 $I_Q = 2.5\mu A$ 的 42V、6A、96% 效率、2.2MHz 同步微功率降压型 DC/DC 转换器	$V_{IN} = 3.4V$ 至 $42V$ ， $V_{OUT(MIN)} = 0.985V$ ， $I_Q = 2.5\mu A$ ， $I_{SD} < 1\mu A$ ，3mm x 6mm QFN 封装
LT8610	具 $I_Q = 2.5\mu A$ 的 42V、2.5A、96% 效率、2.2MHz 同步微功率降压型 DC/DC 转换器	$V_{IN} = 3.4V$ 至 $42V$ ， $V_{OUT(MIN)} = 0.985V$ ， $I_Q = 2.5\mu A$ ， $I_{SD} < 1\mu A$ ，MSOP-16E 封装
LT8611	具 $I_Q = 2.5\mu A$ 和输入 / 输出电流限制 / 监视器的 42V、2.5A 96% 效率、2.2MHz 同步微功率降压型 DC/DC 转换器	$V_{IN} = 3.4V$ 至 $42V$ ， $V_{OUT(MIN)} = 0.985V$ ， $I_Q = 2.5\mu A$ ， $I_{SD} < 1\mu A$ ，3mm x 5mm QFN-24 封装
LT8610A/ LT8610AB	具 $I_Q = 2.5\mu A$ 的 42V、3.5A、96% 效率、2.2MHz 同步微功率降压型 DC/DC 转换器	$V_{IN} = 3.4V$ 至 $42V$ ， $V_{OUT(MIN)} = 0.985V$ ， $I_Q = 2.5\mu A$ ， $I_{SD} < 1\mu A$ ，MSOP-16E 封装