

**5V、10A 同步降压型
Silent Switcher 2 稳压器，
采用 3mm × 3mm LQFN 封装**

特点

- **Silent Switcher® 2 架构：**
超低 EMI 辐射
- **高效率——4.5mΩ NMOS 和 16mΩ PMOS**
- **宽带宽、快速瞬态响应**
- 可在过载情况下安全地承受电感器饱和
- V_{IN} 范围：2.25V 至 5.5V
- V_{OUT} 范围：0.5V 至 V_{IN}
- V_{OUT} 精度：±1%
- **峰值电流模式控制**
- 35ns 最短导通时间
- 可编程频率至 5MHz
- 停机电流：1μA
- 精准的 400mV 使能门限
- 输出软启动和电压跟踪
- 电源良好输出
- 芯片温度监视器
- 可通过配置实现功率级并联
- 散热增强型 3mm × 3mm LQFN 封装

应用

- 汽车/工业/通信
- 服务器、电信电源
- 分布式直流电源系统 (POL)
- FPGA、ASIC、微处理器内核电源

说明

LTC®3310S 是一款超小尺寸、低噪声、单片式降压 DC/DC 转换器，能够从 2.25V 至 5.5V 输入电源提供高达 10A 的输出电流。该器件采用 Silent Switcher 2 架构，内置热环路旁路电容，可在高达 5MHz 的开关频率下实现低 EMI 和高效率。对于功率要求更高的系统，很容易实现多相并联转换器。

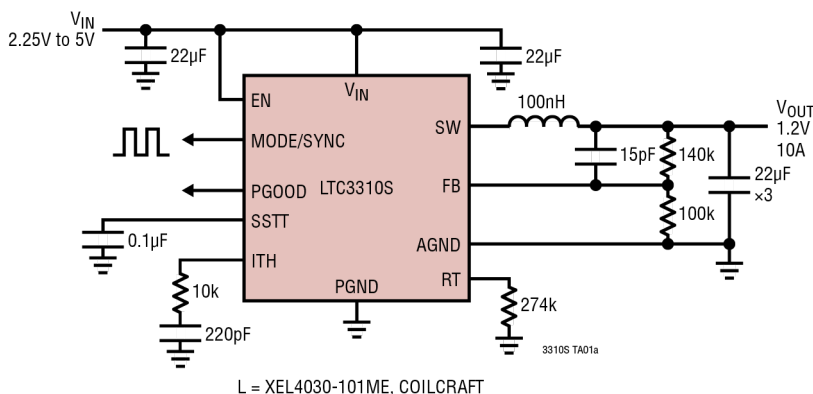
LTC3310S 采用恒定频率、峰值电流模式控制架构，具有快速瞬态响应性能。一个 500mV 基准电压源支持低压输出。100% 占空比操作提供低压差性能。

其他特点包括指示输出处于稳压状态的电源良好信号、精准使能阈值、输出过压保护、热关断、温度监视器、时钟同步、模式选择和输出短路保护。该器件采用紧凑型 18 引脚 3mm × 3mm LQFN 封装。

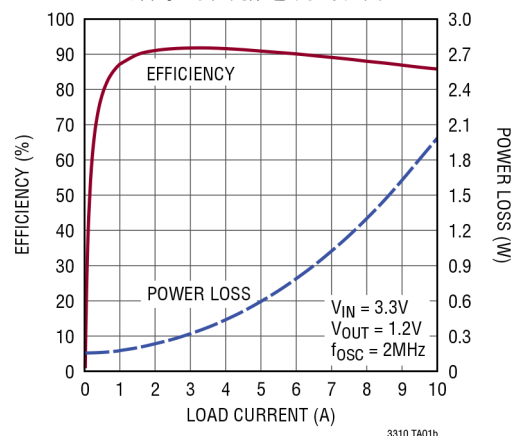
所有注册商标和商标均属各自所有人所有。

典型应用

1.2V 10A 降压转换器



效率与负载电流的关系



绝对最大额定值

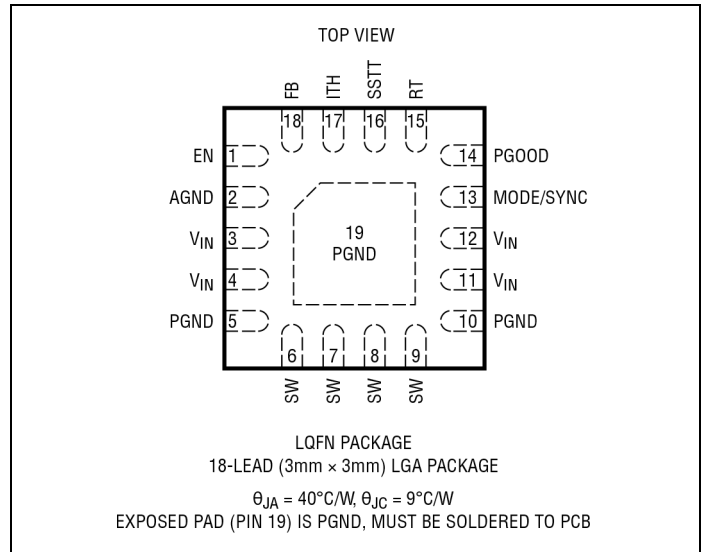
(注释 1)

V_{IN}	-0.3V 至 6V
EN、SSTT	-0.3V 至 ($V_{IN} + 0.3V$) 和 6V 中的较小者
MODE/SYNC	-0.3V 至 ($V_{IN} + 0.3V$) 和 6V 中的较小者
RT	-0.3V 至 ($V_{IN} + 0.3V$) 和 6V 中的较小者
FB	-0.3V 至 ($V_{IN} + 0.3V$) 和 6V 中的较小者
PGOOD	-0.3V 至 6V
I_{PGOOD}	5mA

工作结温范围 (注释 2、3)

LTC3310SE	-40°C 至 +125°C
LTC3310SI	-40°C 至 +125°C
存储温度	-65°C 至 +150°C
最大回流 (封装主体) 温度	260°C

引脚配置



订购信息

无铅表面处理	器件标识	封装说明	MSL 额定值	温度范围
LTC3310SEV#PBF	LHCN	18 引脚 (3mm x 3mm) 塑料 LQFN	MSL3	-40°C 至 125°C
LTC3310SIV#PBF	LHCN	18 引脚 (3mm x 3mm) 塑料 LQFN	MSL3	-40°C 至 125°C

关于具有更宽额定工作温度范围的器件，请咨询 ADI 公司市场部门。*温度等级通过运输容器上的标签识别。

此产品仅以托盘形式提供：[LGA](#) 和 [BGA](#) 封装和托盘图纸。

电气特性

●表示规格适用于额定工作温度范围，其他规格的适用温度为 $T_A = 25^\circ\text{C}$ (注释 2、3)。除非另有说明，

$V_{IN} = 3.3\text{V}$, $V_{EN} = V_{IN}$, $\text{MODE}/\text{SYNC} = 0\text{V}$ 。

参数	条件		最小值	典型值	最大值	单位
输入电源						
工作电源电压 (V_{IN})		●	2.25		5.5	V
V_{IN} 欠压闭锁	V_{IN} 上升	●	2.0	2.1	2.2	V
V_{IN} 欠压锁定迟滞				100		mV
V_{IN} 静态电流	(注释 4)			1.3	2.0	mA
关断时 V_{IN} 静态电流	$V_{EN} = 0.1\text{V}$			1	2	μA
EN 阈值	V_{EN} 上升	●	0.375	0.4	0.425	V
EN 迟滞				60		mV
EN 引脚漏电流	$V_{EN} = 0.4\text{V}$				± 20	nA
电压调整率						
调节反馈电压 (V_{FB})		●	495	500	505	mV
反馈电压线路调整率	$2.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 5.0\text{V}$			0.002	0.025	%/V
反馈引脚输入电流	$V_{FB} = 0.5\text{V}$				± 20	nA
误差放大器跨导				400		μS
误差放大器灌/拉电流				± 25		μA
顶部开关电流限值	$V_{IN}/V_{OUT} \leq 0.2$, SW 流出的电流	●	14.5	16	18.5	A
底部开关电流限值 ($I_{\text{VALLEYMAX}}$)	SW 流出的电流	●	10	12	14	A
顶部开关导通电阻				16		m Ω
底部开关导通电阻				4.5		m Ω
SW 漏电流	$V_{EN} = 0.1\text{V}$			± 100		nA
V_{ITH} 到 I_{PEAK} 电流增益				18		A/V
最小导通时间		●		35	60	ns
最大占空比		●	100			%
电源良好/软启动/温度监视器						
PGOOD 上升阈值	占调节 V_{OUT} 的百分比	●	97	98	99	%
PGOOD 迟滞		●	0.5	1	1.5	%
过压上升阈值	占调节 V_{OUT} 的百分比	●	106	110	112.5	%
过压迟滞		●	1	2.5	3.5	%
PGOOD 漏电流	$V_{\text{PGOOD}} = 5.5\text{V}$				20	nA
PGOOD 下拉电阻	$V_{\text{PGOOD}} = 0.1\text{V}$			12	20	Ω
PGOOD 延迟				100		μs
软启动充电电流	$V_{\text{SST}} = 0.5\text{V}$	●	7	10	13	μA
温度监视器斜率				4		mV/ $^\circ\text{C}$
振荡器						
开关频率范围	R_T 可编程	●	0.5		5	MHz
开关频率	$R_T = 274\text{k}$	●	1.8	2	2.2	MHz
同步频率范围	$R_T = V_{IN}$	●	0.5		2.25	MHz
默认频率	$R_T = V_{IN}$	●	1.8	2	2.2	MHz

LTC3310S

电气特性 ● 表示规格适用于额定工作温度范围，其他规格的适用温度为 $T_A = 25^\circ\text{C}$ (注释 2、3)。除非另有说明，

$V_{IN} = 3.3\text{V}$ ， $V_{EN} = V_{IN}$ ， $\text{MODE}/\text{SYNC} = 0\text{V}$ 。

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
MODE/SYNC 上的 SYNC 高电平		● 1.2			V
MODE/SYNC 上的 SYNC 低电平		●		0.4	V
最小 MODE/SYNC 脉冲宽度		40			ns
MODE/SYNC 输入电阻			200		k Ω
MODE/SYNC 无时钟检测时间			20		μs
MODE/SYNC 时钟输出上升/下降时间	$C_{\text{MODE}/\text{SYNC}} = 50\text{pF}$		10		ns
MODE/SYNC 时钟低输出电压	$I_{\text{MODE}/\text{SYNC}} = 100\mu\text{A}$		0.2		V
MODE/SYNC 时钟高输出电压	$I_{\text{MODE}/\text{SYNC}} = 100\mu\text{A}$		$V_{IN} - 0.2$		V
MODE/SYNC 时钟输出占空比			50		%

注释 1: 注意，超出上述绝对最大额定值可能会导致器件永久性损坏。在任何绝对最大额定值条件下长期工作会影响器件的可靠性和使用寿命。

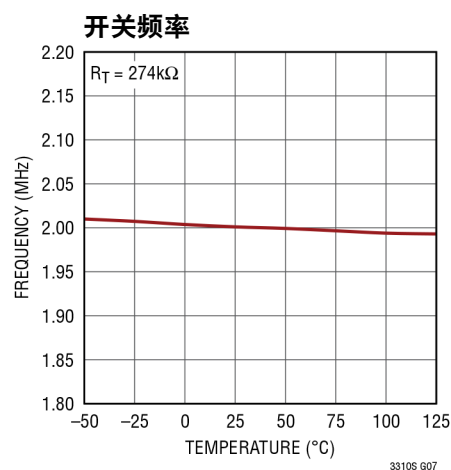
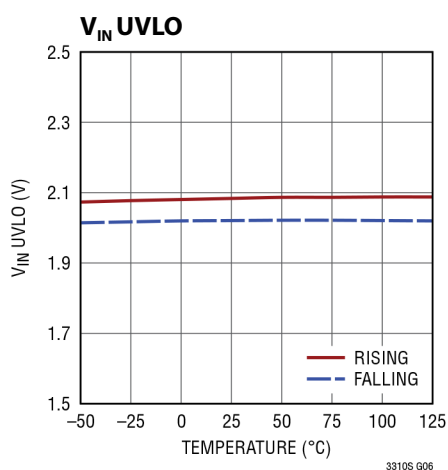
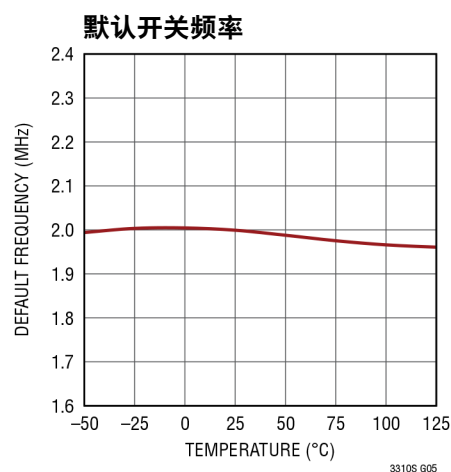
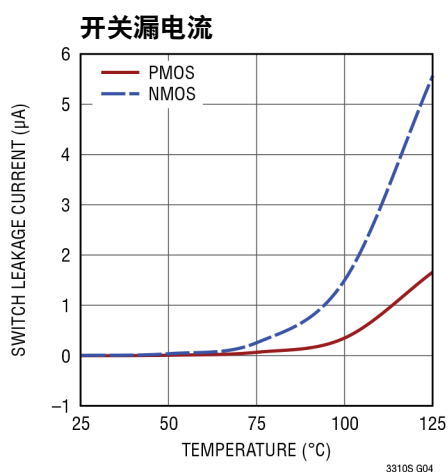
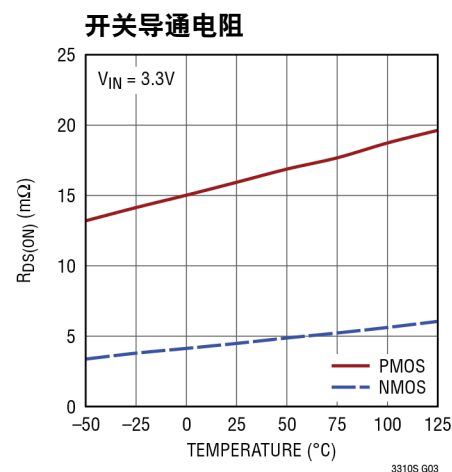
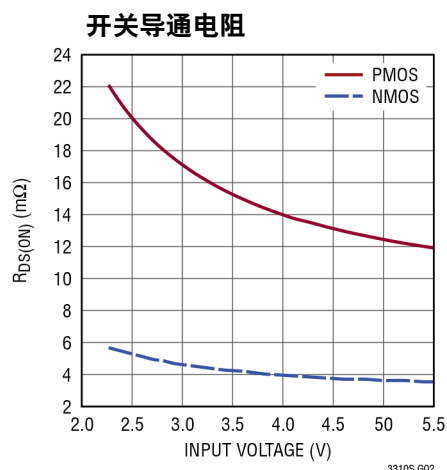
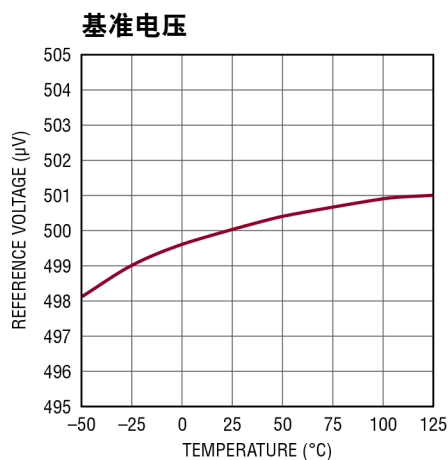
注释 2: LTC3310SE 保证满足 0°C 至 125°C 结温范围内的性能规格要求。 -40°C 至 125°C 工作结温范围内的规格通过设计、表征以及与统计过程控制的相关性来保证。LTC3310SI 的保证工作结温范围为 -40°C 至 125°C 。

注释 3: LTC3310S 具有过温保护功能，可保护器件免受瞬时过载状况影响。结温超过 150°C 时就会启动过温保护。在额定最大工作结温以上连续工作可能会影响器件的可靠性。

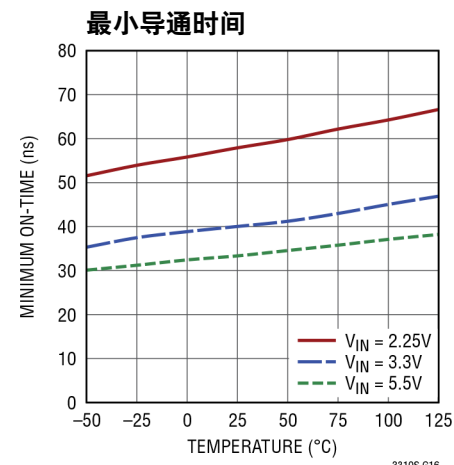
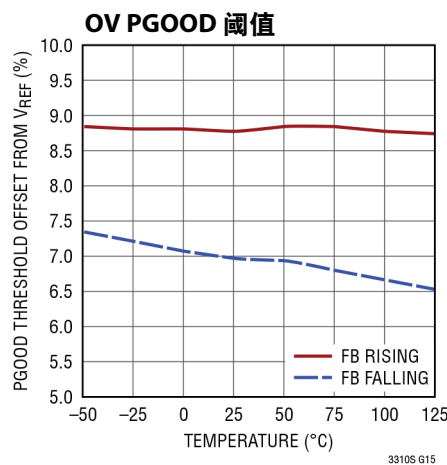
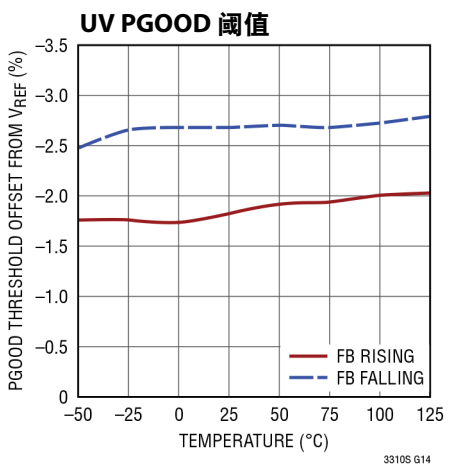
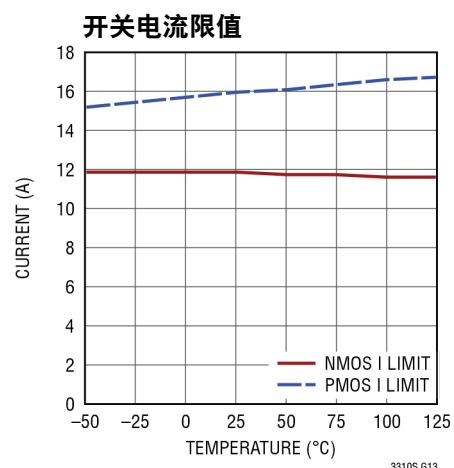
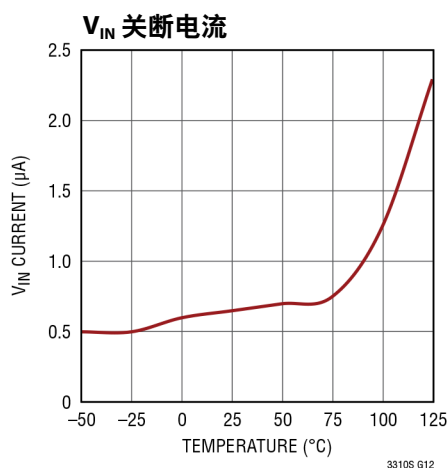
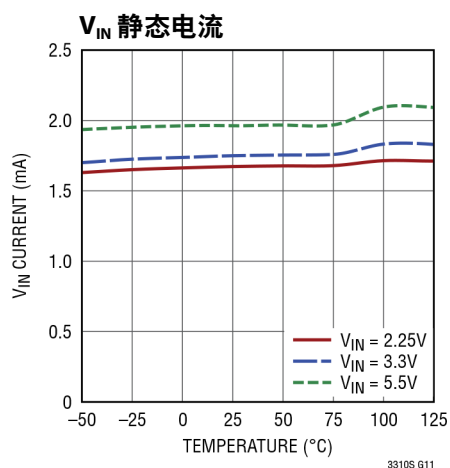
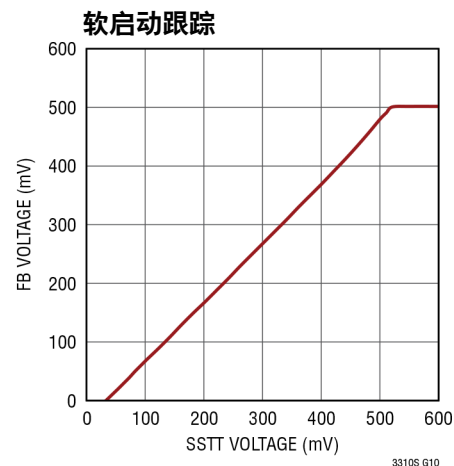
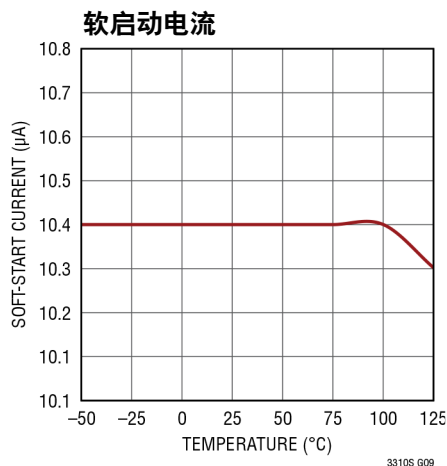
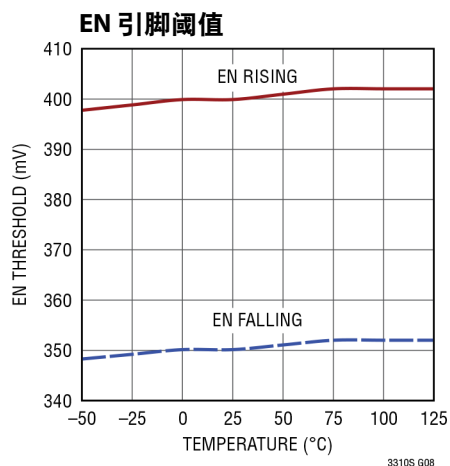
注释 4: 电源电流规格不包括开关电流。实际电源电流会更高。

典型性能参数

除非另有说明, $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。



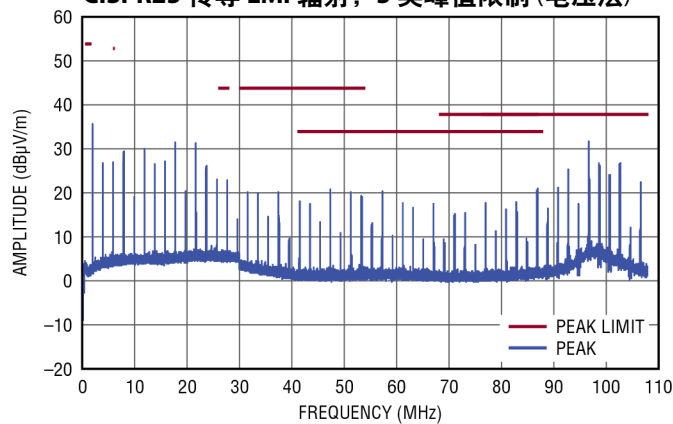
典型性能参数 除非另有说明, $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。



典型性能参数

除非另有说明, $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

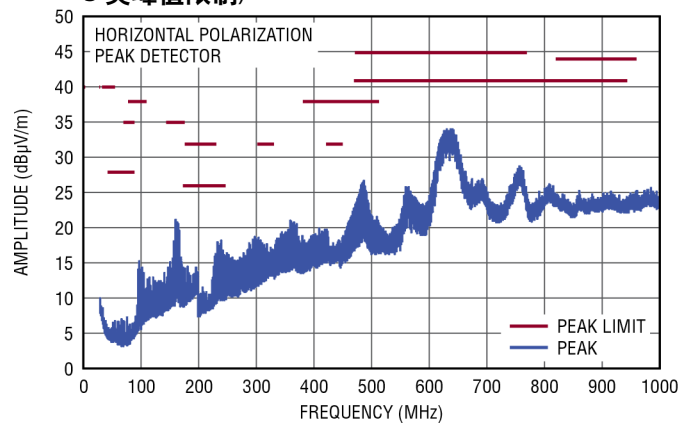
CISPR25 传导 EMI 辐射, 5 类峰值限制 (电压法)



DC2629A DEMO BOARD
(WITH EMI FILTER INSTALLED)
3.3V INPUT TO 1.2V OUTPUT AT 7.5A, $f_{\text{SW}} = 2\text{MHz}$

3310S G17

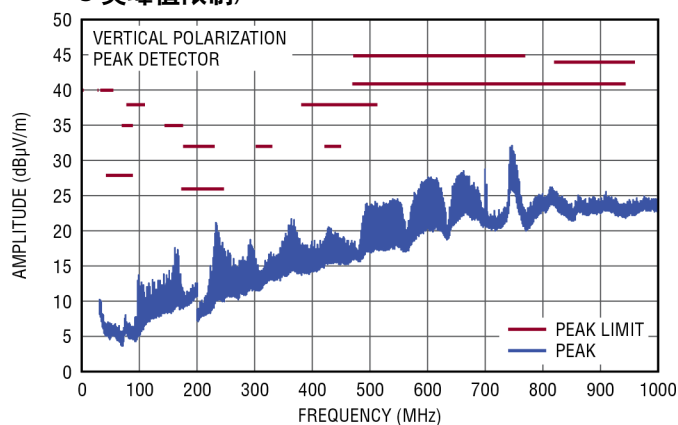
辐射 EMI 性能 (CISPR25 辐射发射测试, 5 类峰值限制)



DC2629A DEMO BOARD
(WITH EMI FILTER INSTALLED)
3.3V INPUT TO 1.2V OUTPUT AT 7.5A, $f_{\text{SW}} = 2\text{MHz}$

3310S G18

辐射 EMI 性能 (CISPR25 辐射发射测试, 5 类峰值限制)



DC2629A DEMO BOARD
(WITH EMI FILTER INSTALLED)
3.3V INPUT TO 1.2V OUTPUT AT 7.5A, $f_{\text{SW}} = 2\text{MHz}$

3310S G19

引脚功能

EN (引脚 1) : EN 引脚具有一个带迟滞的精密使能阈值。 V_{IN} 或其他电源的外部电阻分压器设置该阈值，低于该阈值时 LTC3310S 会关断。如果不使用精密阈值，应将该引脚直接连接到 V_{IN} 。当 EN 引脚为低电平时，LTC3310S 进入低电流关断模式，禁用所有内部电路。

AGND (引脚 2) : AGND 引脚是输出电压远程接地检测引脚。AGND 引脚应直接连接到负载输出电容的负极以及反馈分压电阻。

V_{IN} (引脚 3、4、11、12) : V_{IN} 引脚为内部电路和顶端功率开关提供电流。所有 V_{IN} 引脚必须通过短而宽的走线连接在一起，并通过尽可能靠近这些引脚的低 ESR 电容旁路至 PGND。

PGND (引脚 5、10、19) : PGND 引脚是内部低端功率开关的返回路径。PGND 引脚应连接在一起，并且连接到裸露焊盘。输入电容的负极应尽可能靠近并连接到 PGND 引脚。PGND 节点是主要热通路，应通过许多大通孔连接到一个大 PCB 接地层。

SW (引脚 6-9) : SW 引脚是内部功率开关的开关输出。通过短而宽的走线将这些引脚一起连接到电感。

MODE/SYNC (引脚 13) : MODE/SYNC 引脚支持多相操作以及与外部时钟同步。根据工作模式，MODE/SYNC 引脚既可接受输入时钟脉冲，也可输出时钟脉冲作为工作频率。（参见“应用信息”中的“多相操作”）。MODE/SYNC 引脚还可以设置工作模式：跳脉冲或强制连续。

PGOOD (引脚 14) : PGOOD (电源良好) 引脚是内部比较器的开漏输出。当 V_{IN} 高于 2.25V 且器件处于关断状态时，PGOOD 输出会被拉低。

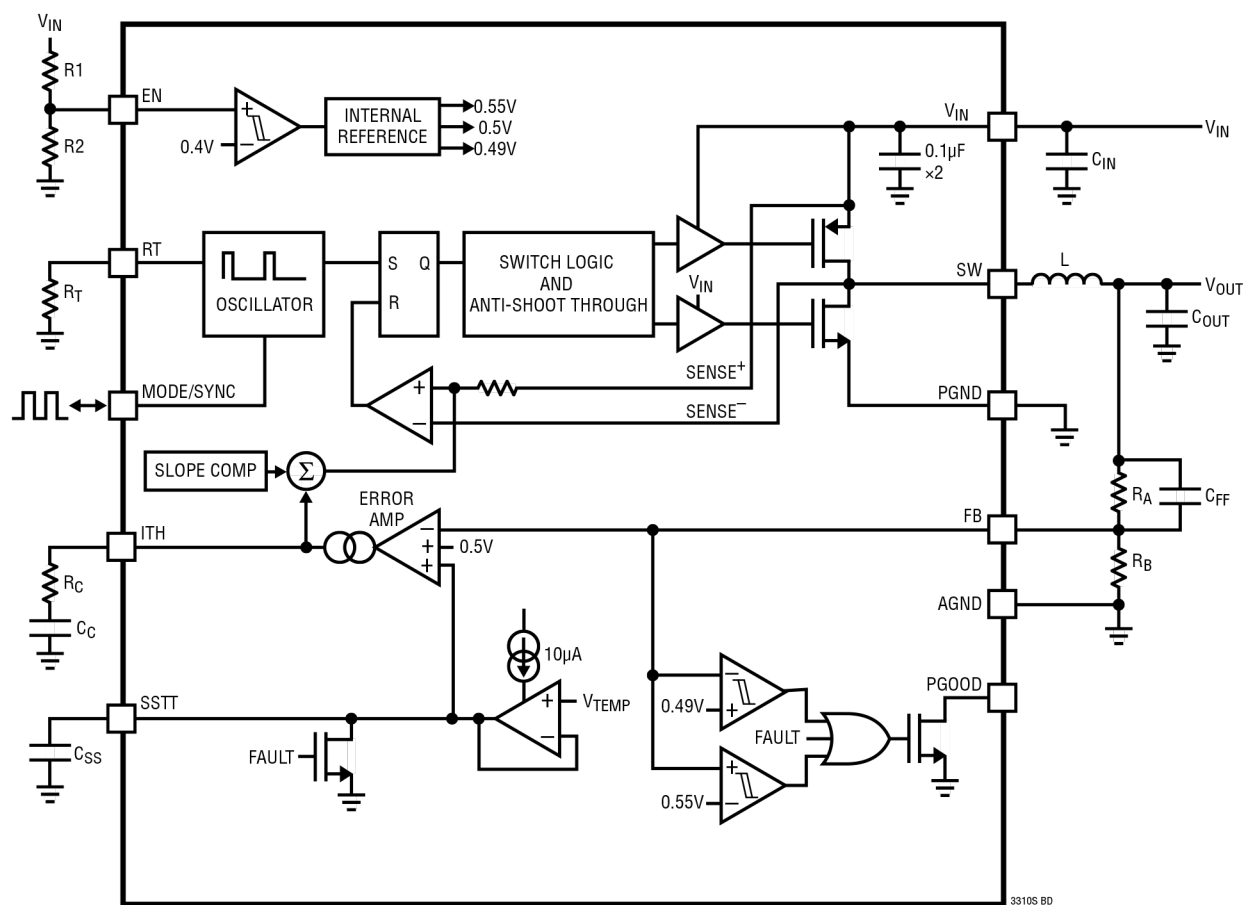
RT (引脚 15) : RT 引脚通过接 AGND 的外部电阻设置振荡器频率，或设置相位以进行多相操作。（参见“应用信息”中的“多相操作”）。

SSTT (引脚 16) : 软启动、跟踪、温度监视器。内部 $10\mu\text{A}$ 电流流入软启动引脚上的外部电容，设置启动期间的输出电压斜坡速率。在软启动周期中，FB 引脚电压会跟踪 SSTT 引脚电压。当软启动周期完成时，跟踪功能禁用，内部基准电压源恢复对误差放大器的控制，SSTT 引脚伺服到一个代表结温的电压。为了从输出短路状况中干净地恢复，SSTT 引脚下拉至比 V_{FB} 电压高大约 140mV 的电平，并启动新的软启动周期。在关断和故障状况下，SSTT 引脚被拉至地。

ITH (引脚 17) : ITH 引脚是输出电压调节控制环路的补偿节点。连接到该引脚的补偿元件以 AGND 为基准。

FB (引脚 18) : 输出电压反馈引脚通过电阻分压器外部连接到输出电压，并在内部连接到误差放大器的反相输入。LTC3310S 将 FB 引脚调节到 500mV。连接在 V_{FB} 和 V_{OUT} 之间的相位超前电容用于优化瞬态响应。

框图



操作

电压调整率

LTC3310S 是一款单片式恒频电流模式降压型 DC/DC 转换器。在每个时钟周期开始时，振荡器接通内部顶端功率开关。电感中的电流随即增加，直到顶部开关电流比较器翻转并断开顶部功率开关。引起顶部开关断开的峰值电感电流由 ITH 节点上的电压控制。通过比较 FB 引脚上的电压和内部 500mV 基准电压，误差放大器伺服 ITH 节点。当负载电流增加时，反馈电压相对于基准电压降低，导致误差放大器提升 ITH 电压，直到电感平均电流与新的负载电流匹配为止。当顶部功率开关断开时，同步功率开关接通，直到下一时钟周期开始或（在跳脉冲模式下）电感电流降至零。如果过载状况导致过量电流流过底部开关，则下一时钟周期将被延迟，直至开关电流恢复到安全水平。

如果 EN 引脚为低电平，LTC3310S 将关断，进入低静态电流状态。当 EN 引脚高于其阈值时，就会使能开关稳压器。

LTC3310S 中的 S 指的是第二代 Silent Switcher 技术。该技术支持快速切换边沿，在高开关频率下可提供高效率，同时实现良好的 EMI 性能。 V_{IN} 上的陶瓷电容让所有快速交流电流环路保持较小，从而改善 EMI 性能。

振荡器与外部时钟同步

将方波时钟信号施加于 MODE/SYNC 引脚，LTC3310S 的内部振荡器通过内部 PLL 电路与外部频率同步。

在同步期间，顶部功率开关的导通锁定在外部频率源的上升沿。同步时，开关稳压器以跳脉冲模式运行。斜率补偿自动适应外部时钟频率。

在 MODE/SYNC 引脚的第一个上升沿检测到外部时钟后，内部 PLL 逐渐调整其工作频率，以与 MODE/SYNC 引脚上信号的频率和相位匹配。移除外部时钟后，LTC3310S 会在大约 20 μ s 内检测到外部时钟不存在。在此期间，PLL 将继续提供时钟周期。一旦检测到外部时钟被移除，振荡器就会逐渐将其工作频率调整回默认频率。

模式选择

MODE/SYNC 引脚要么将开关频率与外部时钟同步，是时钟输出，要么设置 PWM 模式。PWM 工作模式有跳脉冲和强制连续两种模式。请参阅“应用信息”部分中的表 6。在跳脉冲模式下，轻负载时会跳过一些开关周期以调节输出电压。在强制连续模式期间，顶部开关每个周期都会接通，轻负载调节通过允许负电感电流来实现。

输出电源良好

如果输出电压偏离标称设定点，或者如果出现故障，监视 FB 引脚电压的比较器将会把 PGOOD 引脚拉低。比较器含有一个电压迟滞。报告 PGOOD 的时间延迟用于滤除短时输出电压瞬变。

软启动/跟踪/温度监视器

软启动跟踪功能有助于电源时序控制，限制 V_{IN} 浪涌电流，降低启动输出过冲。软启动完成后，SSTT 引脚停留在一个代表 LTC3310S 芯片结温的电压上。SSTT 电容在关断期间、 V_{IN} UVLO 和热关断情况下复位。参见“应用”部分。

操作

压差操作

随着输入电源电压接近输出电压，占空比会增加。电源电压的进一步降低会迫使主开关保持接通一个周期以上，最终达到 100% 的占空比。然后，输出电压将由输入电压减去内部主 P 沟道 MOSFET 和电感上的直流压降来确定。

在许多设计中，当输入电压接近输出电压时，输出纹波电压的幅度会高于其通常的低值。为避免输出纹波电压在这些情况下增加，建议在 EN 输入上使用一个电阻分压器，并将 V_{IN} 导通和关断阈值限制在输出纹波电压能被给定应用接受的水平（通常比 V_{OUT} 高 500mV）。

低电源运行

LTC3310S 的输入电源电压可低至 2.25V。一个重要的热设计考虑是功率开关的 $R_{DS(ON)}$ 在低 V_{IN} 时会增加。应计算最差情况下 LTC3310S 的功耗和最低输入电压下的芯片结温。

输出短路保护和恢复

引起电流比较器关断顶部功率开关的峰值电感电流水平由 ITH 引脚上的电压控制。如果输出电流增加，误差放大器会提升 ITH 引脚电压，直到电感平均电流与负载电流匹配。LTC3310S 会箝位最大 ITH 引脚电压，从而限制峰值电感电流。

当输出短接至地时，电感电流在单个开关周期内非常缓慢地衰减，因为电感两端的电压很低。为使电感电流受控，应再对电感电流的谷值施加一个限制（第二限值）。如果通过底部功率开关测得的电感电流大于 $I_{VALLEY(MAX)}$ ，则顶部功率开关将保持断开状态。后续开关周期将被跳过，直到电感电流降至 $I_{VALLEY(MAX)}$ 以下。

从输出短路恢复会经历一个软启动周期。当 V_{OUT} 低于稳压点（由 PGOOD 阈值定义）时，SSTT 电压会被拉到刚好高于 FB 电压的电压。由于 SSTT 引脚被拉低，因此一旦消除输出短路，软启动周期就会开始。

应用信息

请参考框图。

FB 电阻网络

输出电压通过输出端和 FB 引脚之间的电阻分压器进行编程。根据以下因素选择电阻值：

$$R_A = R_B \left(\frac{V_{OUT}}{500mV} - 1 \right) \quad (1)$$

如图 1 所示：

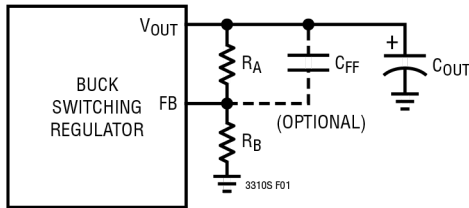


图 1. 反馈电阻网络

器件位号参见框图。建议使用 1% 电阻以保持输出电压精度。当优化控制环路以获得高带宽和最佳瞬态响应时，应在 V_{OUT} 和 FB 之间连接一个相位超前电容。

工作频率选择和权衡

工作频率的选择是权衡效率、元件大小、瞬态响应和输入电压范围的结果。

高频工作的优点是可以使用较小的电感和电容值。开关频率越高，控制环路带宽越高，因此瞬态响应越快。高开关频率有两个缺点：一是效率较低，原因是开关损耗会增加；二是输入电压范围较小，原因是开关最小导通时间存在限制。

虽然最大可编程开关频率为 5MHz，但 LTC3310S 的最小导通时间决定了一个最小工作占空比。给定应用的最高开关频率 ($f_{SW(MAX)}$) 可以计算如下：

$$f_{SW(MAX)} = \frac{V_{OUT} + V_{SW(BOT)}}{t_{ON(MIN)}(V_{IN(MAX)} - V_{SW(TOP)} + V_{SW(BOT)})} \quad (3)$$

其中， $V_{IN(MAX)}$ 为最大输入电压， V_{OUT} 为输出电压， $V_{SW(TOP)}$ 和 $V_{SW(BOT)}$ 为内部开关压降， $t_{ON(MIN)}$ 为顶部开关最小导通时间。该式表明， V_{IN}/V_{OUT} 比值较高时，须选择较低的开关频率。

LTC3310S 能以 100% 的最大占空比工作， V_{IN} 至 V_{OUT} 压差受顶部开关的 $R_{DS(ON)}$ 、电感 DCR 和负载电流限制。

设置开关频率

LTC3310S 采用恒频 PWM 架构。设置开关频率有三种方法。第一种方法是利用一个从 R_T 引脚连接到地的电阻 (R_T)。开关频率的可编程范围是从 500kHz 到 5MHz。表 1 显示了开关频率与所需 R_T 值的对应关系。

使用以下公式计算期望开关频率所需的 R_T 电阻：

$$R_T = 568 \cdot f_{SW}^{-1.08} \quad (2)$$

其中， R_T 以 $k\Omega$ 为单位， f_{SW} 为期望开关频率，单位为 MHz。

表 1. SW 频率与 R_T 值

f_{SW} (MHz)	R_T (k Ω)
0.5	1200
1	549
2	274
2.2	243
3	178
4	130
5	100

应用信息

设置 LTC3310S 开关频率的第二种方法是让内部 PLL 电路与施加于 MODE/SYNC 引脚的外部频率同步。同步频率范围为 0.5MHz 至 2.25MHz。

内部 PLL 以 2MHz 默认频率启动。在 MODE/SYNC 引脚的第一个上升沿检测到外部时钟后，内部 PLL 逐渐调整其工作频率，以与 MODE/SYNC 信号的频率和相位匹配。

如果外部时钟被移除，LTC3310S 会检测到这种情况，并逐渐将其工作频率调整为 2MHz 默认频率。当与外部时钟同步时，LTC3310S 以跳脉冲模式工作。

设置 LTC3310S 开关频率的第三种方法是使用内部标称 2MHz 默认时钟。引脚配置见表 4。

电感选择和最大输出电流

选择电感需考虑的事项包括电感值、RMS 电流额定值、饱和电流额定值、DCR 和磁芯损耗。

首选的电感值为：

$$L \geq \frac{V_{OUT}}{3A \cdot f_{SW}} \cdot \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN(MAX)}}\right) \text{ for } \frac{V_{OUT}}{V_{IN(MAX)}} \leq 0.5 \quad (4)$$

$$L \geq \frac{0.25 \cdot V_{IN(MAX)}}{3A \cdot f_{SW}} \text{ for } \frac{V_{OUT}}{V_{IN(MAX)}} > 0.5 \quad (5)$$

其中， f_{SW} 为开关频率（以 MHz 为单位）， V_{IN} 为输入电压， L 为电感值（以 μH 为单位）。

为避免电感过热，应选择 RMS 电流额定值大于应用的最大预期输出负载的电感。可能需要考虑过载和短路情况。

另外，电感的饱和电流 (I_{SAT}) 额定值必须高于负载电流加上电感纹波电流的 1/2：

$$I_{SAT} \geq I_{LOAD(MAX)} + \frac{1}{2} \Delta I_L \quad (6)$$

其中， $I_{LOAD(MAX)}$ 为给定应用的最大输出负载电流， ΔI_L 为电感纹波电流，其计算公式如下：

$$\Delta I_L = \frac{V_{OUT}}{L \cdot f_{SW}} \cdot \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN(MAX)}}\right) \quad (7)$$

其中， $V_{IN(MAX)}$ 为应用的最大输入电压。

为了保持高效率，应选择串联电阻 (DCR) 最低的电感。磁芯材料应当是适合高频应用的材料。

LTC3310S 会限制峰值开关电流，以保护开关和系统免受过载故障的影响。电感值必须足够大，以提供所需的最大输出电流 ($I_{OUT(MAX)}$)，后者是开关电流限值 (I_{LIM}) 和纹波电流的函数：

$$I_{OUT(MAX)} = I_{LIM} - \Delta I_L \quad (8)$$

因此，LTC3310S 提供的最大输出电流取决于开关电流限值、电感值以及输入和输出电压。给定目标应用的开关频率和最大输入电压时，如果电感纹波电流不能充分支持最大输出电流 ($I_{OUT(MAX)}$)，则可能必须增加电感值。

表 2. 电感制造商

供应商	URL
Coilcraft	www.coilcraft.com
Sumida	www.sumida.com
Toko	www.toko.com
Würth Elektronik	www.we-online.com
Vishay	www.vishay.com
XFMRS	www.xfmrs.com

输入电容

使用至少两个陶瓷电容旁路 LTC3310S 的输入；这些电容应靠近器件，每侧一个，从 V_{IN} 连接到 PGND。这些电容的尺寸应为 0603 或 0805。详情见布局部分。建议使用 X7R 或 X5R 电容，以在温度和输入电压的变化范围内获得最佳性能。请注意，当使用较低开关频率时，需要较大的输入电容。如果输入电源具有高阻抗，或者因为长导线或电缆而存在明显的电感，则可能需要额外的体电容。这可以通过低性能电解电容来提供。

应用信息

陶瓷输入电容与走线或电缆电感相结合，形成高质量（欠阻尼）储能电路。如果将 LTC3310S 电路插入带电电源，输入电压可能振铃到其标称值的两倍，超过 LTC3310S 的电压额定值。这种情况很容易避免（参见 ADI 公司应用笔记 88）。

表 3. 陶瓷电容制造商

供应商	URL
AVX	www.avxcorp.com
Murata	www.murata.com
TDK	www.tdk.com
Taiyo Yuden	www.t-yuden.com
Samsung	www.samsungsem.com

输出电容和输出纹波

输出电容有两个基本功能。一是与电感一起，对 LTC3310S 产生的方波进行滤波以产生直流输出。在此过程中，输出电容决定输出纹波，因此开关频率对应的阻抗较低很重要。第二个功能是储存能量以满足瞬态负载需要并稳定 LTC3310S 的控制环路。陶瓷电容具有非常低的等效串联电阻 (ESR)，可提供最佳纹波性能。“典型应用”部分给出了很好的起始值。

X5R 或 X7R 型电容能提供低输出纹波和良好的

瞬态响应。使用更高的输出电容值，并在 V_{OUT} 和 FB 之间添加前馈电容，可以改善瞬态性能。增加输出电容也会降低输出电压纹波。以使用较低的输出电容值可节省空间和成本，但瞬态性能会受到影响，并可能导致环路不稳定。关于建议的电容值，请参见本数据手册中的“典型应用”。

多相操作

通过配置，LTC3310S 可轻松支持多相操作。参见表 4。

主相位的 RT 引脚连接到一个接 AGND 的电阻时，可以对频率进行编程，并将 MODE/SYNC 引脚配置为时钟输出，用于驱动从相位的 MODE/SYNC 引脚。

主相位的 RT 引脚连接到 V_{IN} 时，MODE/SYNC 引脚配置为能接受外部时钟的输入。当外部时钟不可用时，例如在启动期间，开关频率默认为标称 2MHz 内部频率。

FB 引脚连接到 V_{IN} 时，会将一个相位配置为从相位。MODE/SYNC 变为输入，电压控制环路禁用。从相位电流控制环路仍然有效，峰值电流通过共享 ITH 节点加以控制。

表 4. LTC3310S 多相配置

主/从	RT 引脚	FB 引脚	MODE/SYNC 引脚	开关频率 (f_{sw})
主	V_{IN}	V_{OUT} 分压器	时钟输入	外部时钟/2MHz 默认值
主	电阻接 AGND	V_{OUT} 分压器	时钟输出	RT 编程
从	V_{IN} 分压器	V_{IN}	时钟输入	外部时钟

应用信息

从相位相对于主相位的相位通过 RT 引脚上的电阻分压器对进行编程。建议使用 1% 电阻。更多信息参见表 5。

表 5. LTC3310S 从相位角编程

SYNC 相位角	R3 比率	R4 比率	R3 示例	R4 示例
0°	0Ω	NA	0Ω	NA
90°	3 · R	R	301k	100k
120°	7 · R	5 · R	243k	174k
180°	NA	0Ω	NA	0Ω
240°	5 · R	7 · R	174k	243k
270°	R	3 · R	100k	300k

当配置为主/从工作模式时，从稳压器以跳脉冲模式工作，不支持负电感电流，低电流时的调节通过跳过开关周期实现。

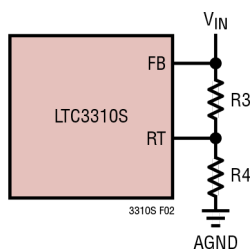


图 2. 相位编程

工作模式

对于大多数配置，LTC3310S 以跳脉冲模式工作，不支持负电感电流，低电流时的调节通过跳过开关周期实现。

当 RT 和 MODE/SYNC 引脚均连接到 V_{IN} 时，LTC3310S 以强制连续模式工作。在此模式下，开关频率由标称 2MHz 内部时钟设置。在强制连续模式下，低电流时的调节通过支持负电感电流实现，而不跳过开关周期。

表 6. LTC3310S 单相配置

RT 引脚连接	MODE/SYNC 引脚连接	工作模式	开关频率
V_{IN}	时钟输入	跳脉冲	外部时钟
V_{IN}	AGND	跳脉冲	默认 2MHz
V_{IN}	V_{IN}	强制连续	默认 2MHz
电阻接 AGND	时钟输出	跳脉冲	RT 编程

同步

要使 LTC3310S 振荡器与外部频率同步，应将 RT 引脚连接到 V_{IN} ，以将 MODE/SYNC 引脚配置为输入。用一个频率范围为 500 kHz 至 2.25MHz，幅度大于 1.2V 且小于 0.4V，脉冲宽度大于 40ns 的方波驱动 MODE/SYNC 引脚。

LTC3310S 锁相环 (PLL) 会将内部振荡器与施加于 MODE/SYNC 引脚的时钟同步。启动时，在 LTC3310S 识别出施加于 MODE/SYNC 的外部时钟之前，LTC3310S 将以默认频率 2MHz 进行切换。一旦识别出外部施加的时钟，开关频率便会逐渐从默认频率转变到所施加的频率。如果移除外部时钟，LTC3310S 将缓慢地变回默认频率。

LTC3310S 在同步期间以跳脉冲模式工作。MODE/SYNC 引脚上的内部 200kΩ 电阻连接至 AGND，允许 MODE/SYNC 引脚悬空。

瞬态响应和环路补偿

确定补偿元件 C_{FF} 、 R_C 和 C_C 时，控制环稳定性和瞬态响应是两大主要考虑因素。

LTC3310S 设计以高带宽工作，具有快速瞬态响应能力。以高环路带宽工作可降低满足瞬态响应要求所需的输出电容。

施加负载瞬态并监视系统响应，或使用网络分析仪测量实际环路响应，是验证和优化控制环路稳定性的两种方法。LTpowerCAD® 是一款很有用的工具，可帮助优化补偿元件。

应用信息

当使用负载瞬态响应方法稳定控制环路时，应施加一个输出电流脉冲，其为满载电流的 20% 至 100%，上升时间为 $1\mu\text{s}$ 。这将在输出电压和 ITH 引脚波形上产生瞬态。

开关稳压器需要多个周期来响应负载电流的一次阶跃。当发生负载阶跃时， V_{OUT} 立即被扰动，产生一个反馈误差信号，稳压器利用该信号让 V_{OUT} 返回到稳态值。

在此恢复时间内，监视 V_{OUT} 有无过冲或振铃，若有则说明存在稳定性问题。初始输出电压阶跃可能不在反馈环路的带宽以内，因此不能使用标准二阶过冲/直流比率来确定相位裕量。环路的增益随着 R_C 的增加而增加，环路的带宽随着 C_C 的减小而增加。如果 R_C 增加的因子与 C_C 减小的因子相同，零频率将保持不变，从而在反馈回路的最关键频率范围内保持相位相同。此外，增加前馈电容 C_{FF} 可改善高频响应。电容 C_{FF} 与 R_A 产生一个高频零点，从而提供相位超前，改善相位裕量。典型应用电路的补偿元件是选择元件值的良好出发点。

输出电压建立行为与闭环系统的稳定性有关。关于优化补偿元件的详细说明，包括控制环路理论的回顾，请参阅 ADI 公司应用笔记 76。

输出过压保护

在输出过压事件期间，当 FB 引脚电压大于标称值的 110% 时，LTC3310S 顶部功率开关将断开。如果输出超出稳压范围超过 $100\mu\text{s}$ ，PGOOD 引脚将被拉低。

在正常工作条件下不应发生输出过压事件。

输出电压检测

LTC3310S AGND 引脚是内部模拟电路（包括带隙基准电压源）的接地基准。要实现良好的负载调整性能，须将 AGND 引脚连接到负载的输出电容 (C_{OUT}) 的负极。高电流电源接地返回路径中的下降会得到补偿。所有信号元件，如 FB 电阻分压器和软启动电容等，都应以 AGND 节点为基准。AGND 节点承载的电流非常小，因此可以使用最小尺寸的走线。更多信息请参见 PCB 布局示例。

使能阈值编程

LTC3310S 具有精密阈值使能引脚，用于使能或禁用切换。强制为低电平时，LTC3310S 进入低电流关断模式。

EN 比较器的上升阈值为 400mV ，具有 60mV 的迟滞。如果不使用关断功能，应将 EN 引脚连接到 V_{IN} 。在 V_{IN} 和 EN 之间添加一个电阻分压器，使得 LTC3310S 仅在 V_{IN} 高于所需电压时调节输出（参见框图）。通常，该阈值 $V_{\text{IN(EN)}}$ 用在输入电源电流受限或具有相对较高源电阻的情况下。开关稳压器从电源获取恒定功率，因此源电流随着电源电压的下降而增加。这在电源看来像是一个负电阻负载，可能导致电源在低电压情况下限流或锁存低电平。 $V_{\text{IN(EN)}}$ 阈值防止稳压器在可能发生问题的电源电压下工作。要调整该阈值，可以设置 R1 和 R2 值，使之满足以下等式：

$$V_{\text{IN(EN)}} = \left(\frac{R1}{R2} + 1 \right) \cdot 400\text{mV} \quad (9)$$

其中，LTC3310S 将保持关断状态，直到 V_{IN} 高于 $V_{\text{IN(EN)}}$ 。由于比较器迟滞，切换要到输入略低于 $V_{\text{IN(EN)}}$ 时才会停止。

或者在另一个稳压器的输出端与 LTC3310S 的使能引脚之间使用一个电阻分压器，以提供基于事件的上电时序控制，当该另一稳压器的输出达到预定电平时使能 LTC3310S。

应用信息

输出电压跟踪和软启动

LTC3310S 允许用户通过 SSTT 引脚对输出电压斜坡速率进行编程。

内部 10 μ A 上拉 SSTT 引脚。在 SSTT 上放置一个外部电容可以软启动输出，防止输入电源发生电流浪涌以及输出电压过冲。在软启动斜坡期间，输出电压将按比例跟踪 SSTT 引脚电压。软启动完成后，该引脚将伺服到一个与 LTC3310S 结温成比例的电压。参见图 3，其中显示了 SSTT 引脚的工作范围。

软启动时间计算如下：

$$t_{SS} = C_{SS} \cdot \frac{500\text{mV}}{10\mu\text{A}} \quad (10)$$

对于输出跟踪应用，SSTT 可以由另一个电压源从外部驱动。从 0V 到 0.5V，SSTT 电压会覆盖误差放大器的内部 0.5V 基准输入，从而将 FB 引脚电压调节到 SSTT 引脚的电压。当 SSTT 高于 0.5V 时，跟踪禁用，反馈电压将调节到内部基准电压。

一个有源下拉电路连接到 SSTT 引脚，发生故障时，外部软启动电容放电。故障清除后，斜坡重启。清除软启动电容的故障情况包括：EN/UV 引脚变为低电平、 V_{IN} 电压下降得过低或热关断。

温度监视器

一旦软启动周期完成并抛出输出电压良好标志，SSTT 引脚就会报告芯片结温。LTC3310S 将 SSTT 引脚调节到一个与结温成比例的电压。报告温度时，SSTT 电压低于 1V 无效。结温通过下式计算：

$$T_J (\text{°C}) = \frac{V_{SSTT}}{4\text{mV}} - 273$$

以下步骤用于更精确地测量结温：

1. 测量环境温度 T_A 。
2. 在跳脉冲模式下测量 SSTT 电压，上拉 V_{OUT} 使之略高于调节的 V_{OUT} 。
3. 计算温度检测电路的斜率，如下所示：

$$\text{斜率 (mV/°C)} = \frac{V_{SSTT}}{T_A + 273}$$

4. 使用新校准的斜率计算结温。

当输出电压超出稳压范围且电源良好引脚被拉低时，软启动引脚不再报告温度。

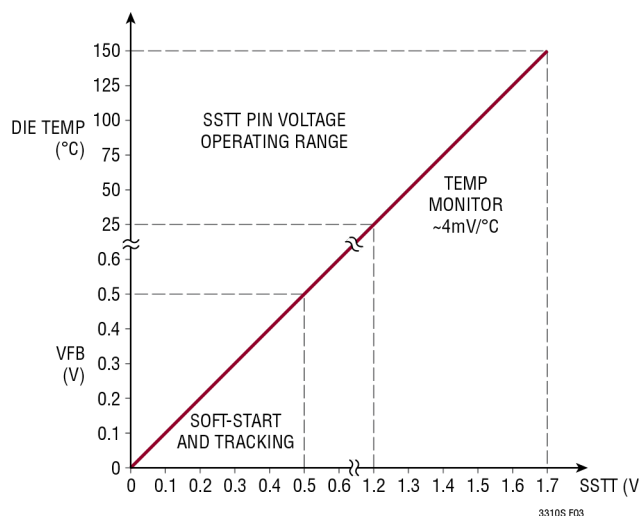


图 3. 软启动和温度监视操作

输出电源良好

当 LTC3310S 的输出电压在标称调节电压的 -2/+10% 窗口以内时，认为输出电压良好，开漏 PGOOD 引脚变为高阻抗且通常通过外部电阻拉高。否则，内部下拉器件会将 PGOOD 引脚拉低。为了防止上阈值和下阈值出现毛刺，应包括 1% 的迟滞以及内置时间延迟（典型值为 100 μ s）。在如下故障状况下，PGOOD 引脚也会被主动拉低：EN 引脚为低电平、 V_{IN} 过低或热关断。

应用信息

输出短路保护和恢复

引起电流比较器关断顶部功率开关的峰值电感电流由 ITH 引脚上的电压控制。如果输出电流增加，误差放大器会提升 ITH 引脚电压，直到电感平均电流与新的负载电流匹配。在正常工作期间，LTC3310S 会箝位最大 ITH 引脚电压。

当输出短接至地时，电感电流在开关断开时间内非常缓慢地衰减，因为电感两端的电压很低。为使电流受控，对电感电流的谷值还有一个限制（第二限值）。如果通过底部功率开关测得电感电流增加到超出 $I_{\text{VALLEY(MAX)}}$ ，顶部功率开关将保持断开状态，并会跳过一些开关周期，直到电感电流减小。

从短路恢复可能很突然，由于输出短路且低于调节范围，稳压器会请求最大电流来对输出充电。当短路状况消失时，电感电流可能会导致输出端出现极端电压过冲。为了解决这一潜在问题，只要输出超出调节范围，LTC3310S 就会将 SSTT 电压调节到刚好高于 FB 电压的电平。因此，从输出短路恢复会经历一个软启动周期。应控制输出斜坡，并使过冲最小。

低 EMI PCB 布局

LTC3310S 专门设计用来最大限度地降低 EMI/EMC 辐射，并在高频切换时最大限度地提高效率。为获得最佳性能，LTC3310S 需要使用多个 V_{IN} 旁路电容。

在较大的体输入陶瓷电容之间放置额外的 0.22 μF 、0402 陶瓷电容，会让许多设计受益。如果布局中没有增加额外的 0.22 μF 电容，那么体输入陶瓷电容应尽可能向 V_{IN} 引脚靠近。

建议 PCB 布局参见图 4。

LTC3310S V_{IN} 、SW、PGND 引脚以及输入电容中有较大开关电流流过。输入电容形成的环路应尽可能小，并且电容应放置在 V_{IN} 和 PGND 引脚附近。输入电容、电感和输出电容应放在电路板的同一层上。应用电路下方的局部不间断接地层应放在最靠近表面层的层上。

SW 节点应尽可能短。最后，FB 和 RT 节点应较小并远离高噪声 SW 节点。

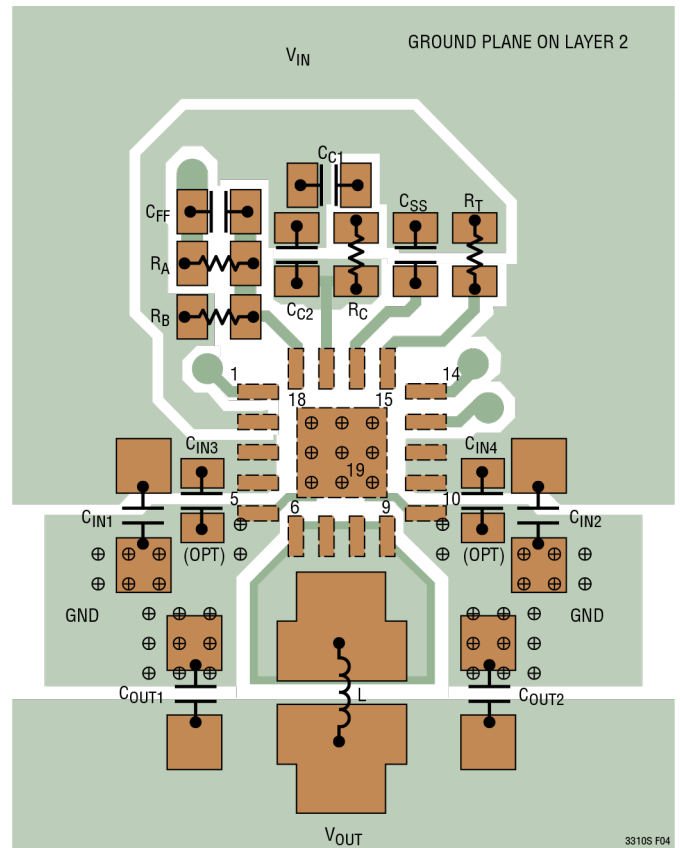


图 4. LTC3310S 的推荐 PCB 布局

应用信息

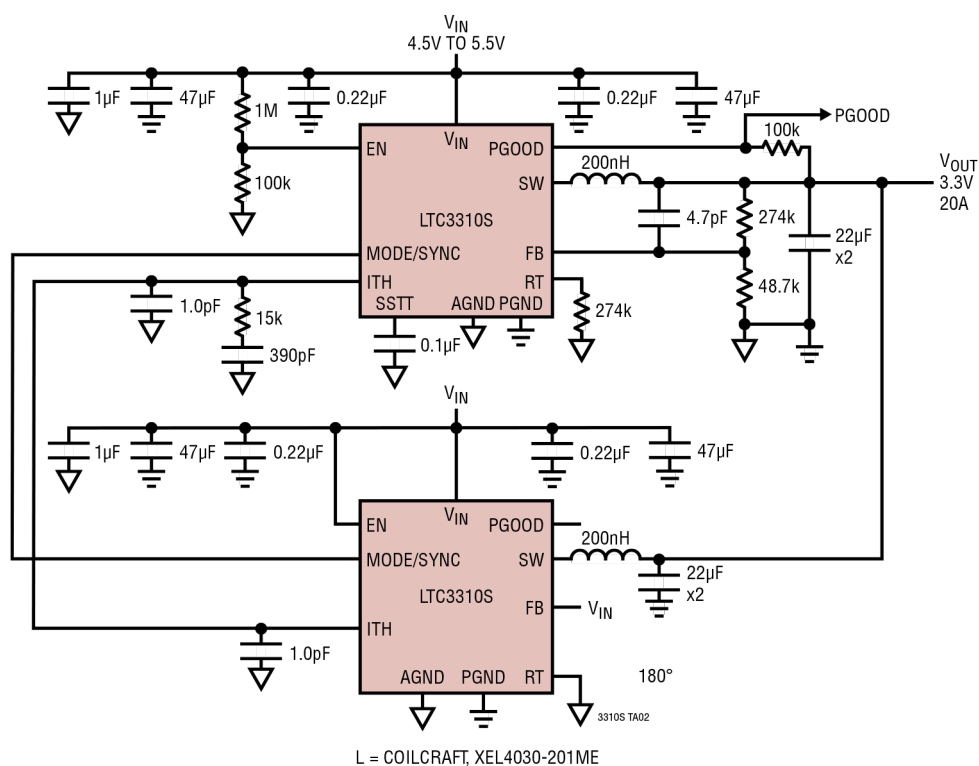
高温考虑

对于较高环境温度，应注意 PCB 的布局布线，确保 LTC3310S 具有良好的散热性能。PGND 引脚和封装底部的裸露焊盘应焊接到接地层。此接地应连接到下方带许多热过孔的较大覆铜层，这些层将 LTC3310S 产生的热量散发出去。增加过

孔可进一步降低热阻。当环境温度接近最大结温额定值时，最大负载电流应减额。为了估算 LTC3310S 的功耗，可以根据效率测量计算总功率损耗，然后减去电感损耗。芯片温度通过 SSTT 引脚监视。

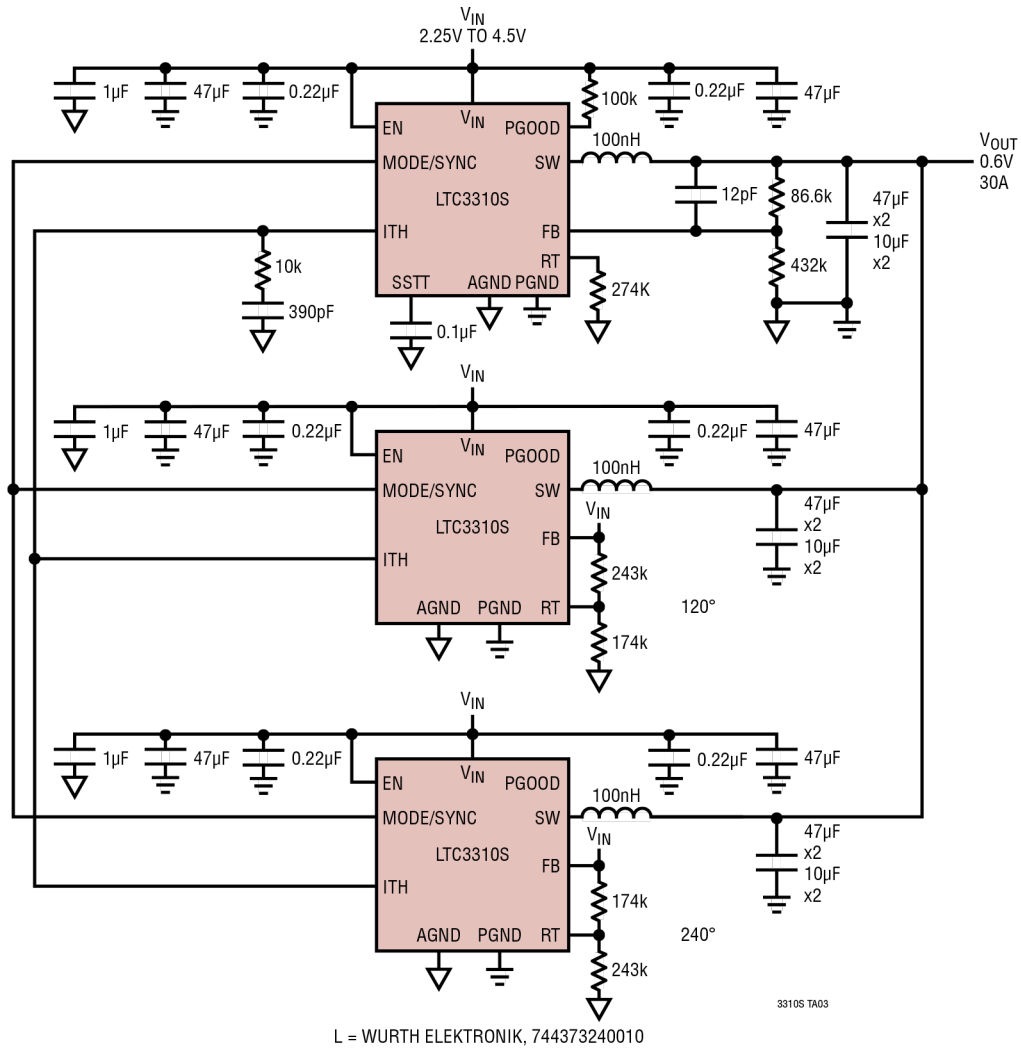
典型应用

双相 5V 至 3.3V, 20A



典型应用

三相, 0.6V, 30A

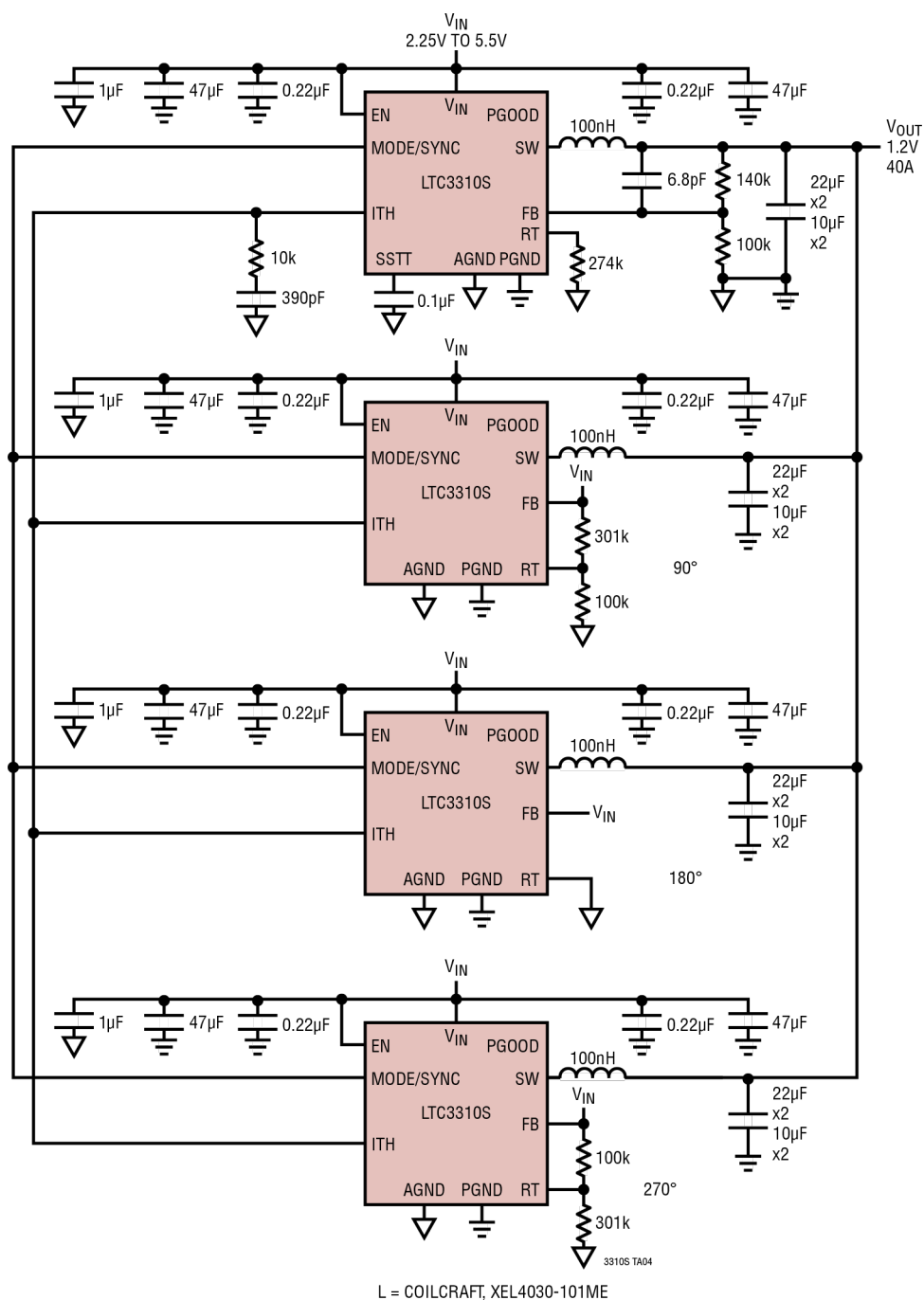


3310S TA03

L = WURTH ELEKTRONIK, 744373240010

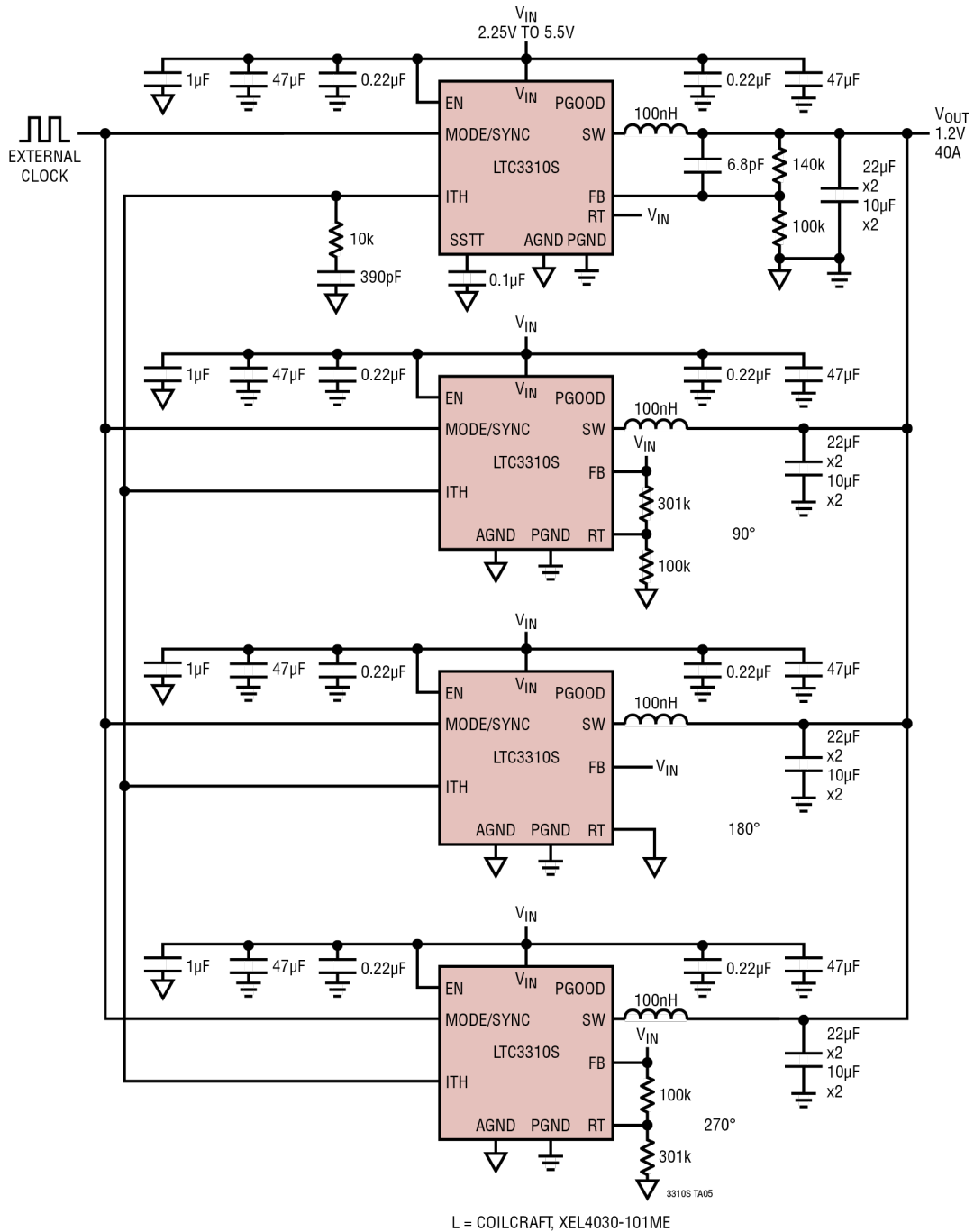
典型应用

四相, 2MHz, 1.2V, 40A



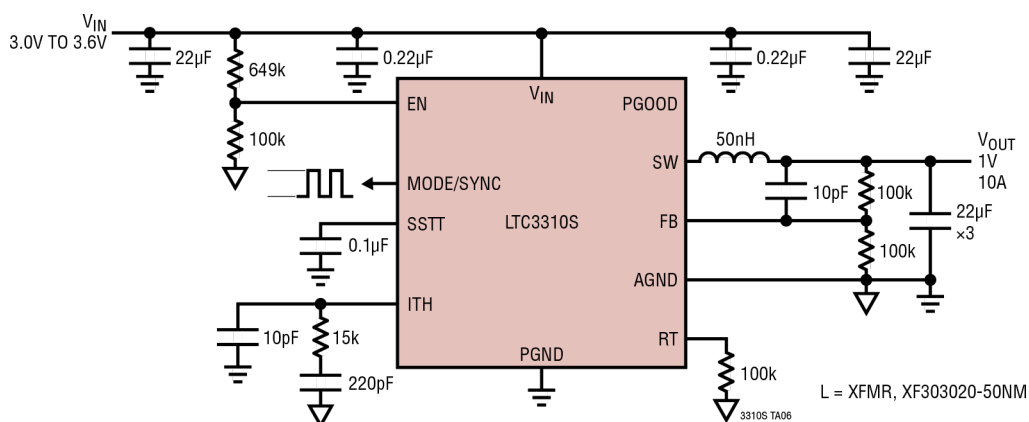
典型应用

四相，2MHz，1.2V，40A，外部时钟驱动

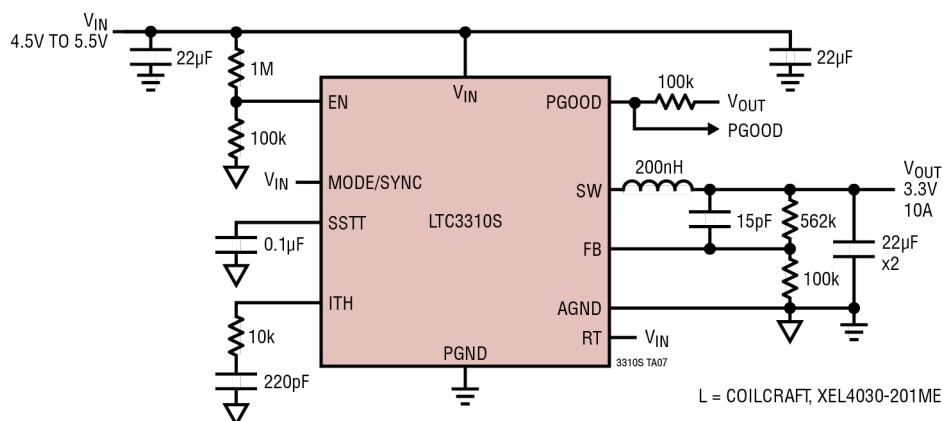


典型应用

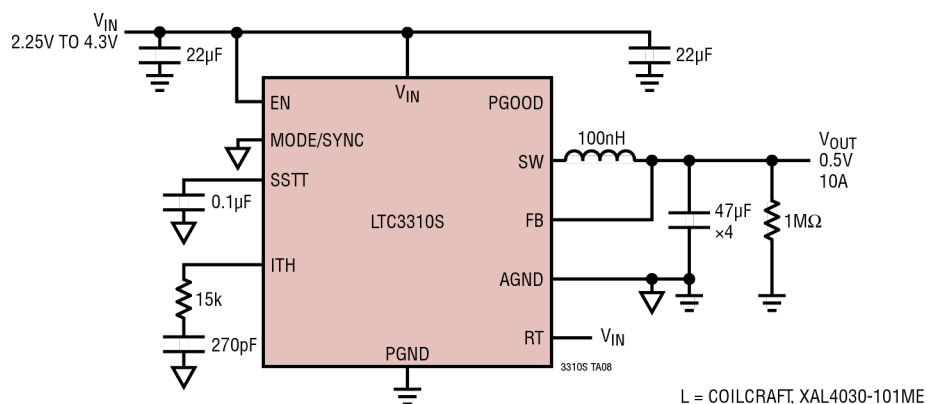
5MHz, 1V, 10A



2MHz, 1.0V, 强制连续



高效率, 2MHz, 0.5V, 10A, 跳脉冲, 器件数量少



典型应用

2MHz, 1.0V, 强制连续
1.5A DC 至 7.5A 阶跃负载, 6A/ μ s 瞬态, 总变化 <3%

