

20V、4 通道降压 DC/DC 转换器， 具有 8 个可配置 1.5A 功率等级

特点

- 宽 V_{IN} 范围：3V 至 20V
- 宽 V_{OUT} 范围：0.4V 至 $0.83 \cdot V_{IN}$
- 8×1.5A 降压功率等级，可配置为 1 到 4 个输出通道
- 15 种独特的引脚可选输出配置（每个通道 1.5A 至 12A）
- 内置升压电容以减小 PCB 空间
- 空载 I_Q 27 μ A（使能 1 个降压器）；42 μ A（使能全部降压器）
- 所有通道均提供 1% V_{OUT} 精度
- 峰值电流模式控制（Burst Mode® 运行/强制连续）
- 精密 RUN 输入，为上电时序控制提供单独的 PGOOD 输出
- 1MHz 至 3MHz 频率（RT 可编程、PLL SYNC 或内部 2MHz 振荡器）
- TEMP 引脚用于指示裸片温度
- 输出电流监控器
- 差分输出电压

应用

- 电信/工业
- 12V 分布式电源系统

说明

LTC3376 是一款高度灵活的多输出电源 IC。该器件包括四个同步降压转换器，可配置为共享八个 1.5A 功率级组合，由独立的 3V 至 20V 输入供电。这些 DC/DC 通过引脚绑定的 CFG0 至 CFG3 引脚指定 15 种电源配置中的一种。LTC3376 将陶瓷电容集成到封装中以用于 BST 引脚，从而节省 PCB 空间。通用降压开关频率可利用外部电阻编程，与外部振荡器同步，或设置为默认内部 2MHz 时钟。

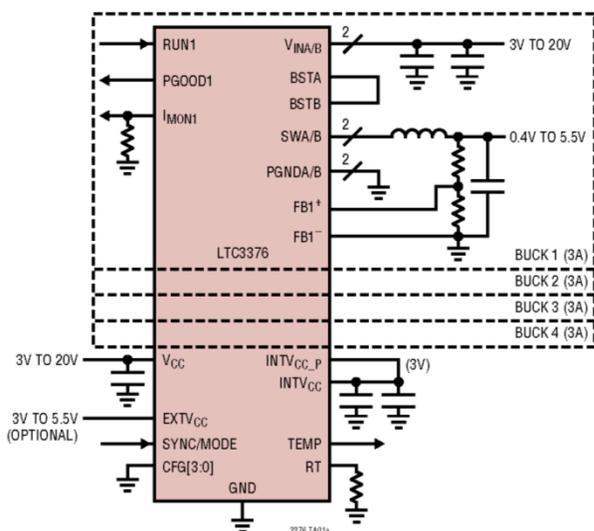
所有 DC/DC 的工作模式可通过 SYNC/MODE 引脚来编程，设置为突发模式或强制连续模式。PGOOD1 至 PGOOD4 输出指示每个使能的 DC/DC 是否在其最终输出的规定百分比之内。

电流监控器支持对每个降压器的负载进行外部监控。EXTV_{CC} 引脚支持内部电路采用 3V 至 5.5V 电压轨供电以提高效率。

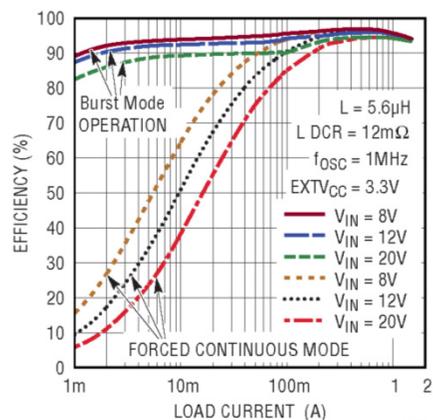
精密 RUN 引脚阈值有助于上电时序控制。LTC3376 采用 64 引脚 7mm x 7mm BGA 封装（引脚间距 0.8mm）。

所有注册商标和商标均属各自所有人所有。

典型应用



1.5A 降压效率与 I_{LOAD} 的关系， $V_{OUT} = 5V$



绝对最大额定值

(注释 1)

V_{CC} 、 V_{INA-H} -0.3V 至 22V

$FB1-4^+$ 、 $RUN1-4$ 、 $CFG1-3$ 、 $EXTV_{CC}$ 、

$PGOOD1-4$ 、 $INTV_{CC}$ 、 $INTV_{CC-P}$ 、

$SYNC/MODE$ -0.3V 至 6V

$CFG0$ 、 RT 、 $TEMP$ 、 I_{MON1-4}

..... -0.3V 至 ($INTV_{CC} + 0.3V$)

$INTV_{CC} - INTV_{CC-P}$ -0.3V 至 0.3V

$FB1-4^-$ -0.3V 至 0.3V

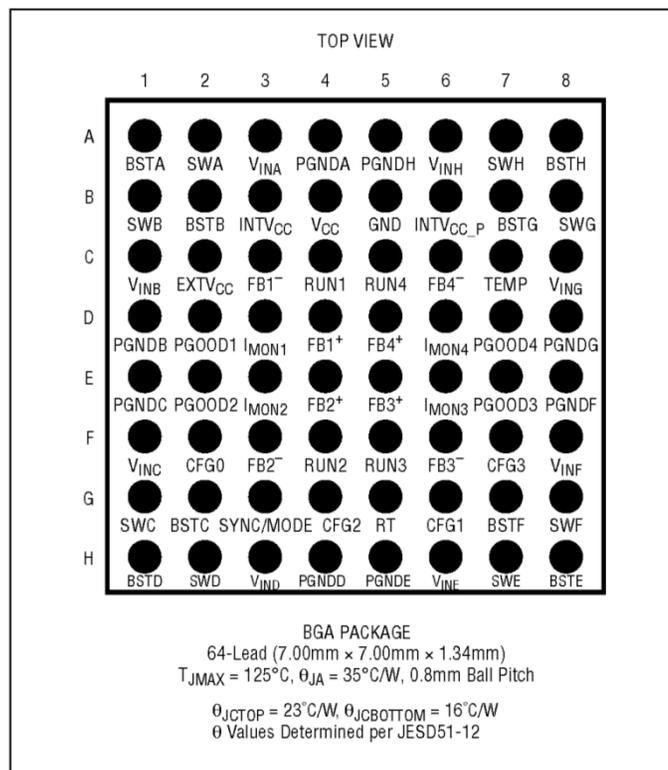
$I_{PGOOD1-4}$ 5mA

工作结温 (注释 2、3) -40°C 至 125°C

存储温度范围 -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

产品型号	焊盘或焊球表面处理	器件标识*		封装类型	MSL 额定值	温度范围 (见注释 2)
		器件	表面处理代码			
LTC3376EY#PBF	SAC305 (RoHS)	LTC3376	e1	BGA	3	-40°C 至 125°C
LTC3376IY#PBF		LTC3376				-40°C 至 125°C

- 关于具有更宽额定工作温度范围的器件, 请联系工厂。*焊盘或焊球表面处理代码依据 IPC/JEDEC J-STD-609 标准。
- 器件温度等级由运输容器上的标签指示。

- 推荐的 LGA 和 BGA PCB 装配和制造程序
- LGA 和 BGA 封装和托盘图纸

电气特性

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

$V_{CC} = V_{INA-H} = 12V$, RT 接 $INTV_{CC}$, $V_{FB1-4^-} = 0V$ 。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{CC}	V_{CC} 电压范围		3		20	V
I_{VCC}	V_{CC} 输入电源电流, $EXTV_{CC} = 0V$	所有降压器皆关断 1 个降压器开启, 休眠, $V_{FB}^+ = 0.41V$ 每增加一个降压器, 休眠 1 个降压器开启 (配置为 1 个功率级), $SYNC/MODE = INTV_{CC}$ (注释 3)		9 61 17 4.5	15 90 30	μA μA μA mA
	V_{CC} 输入电源电流, $EXTV_{CC} = 3.3V$	至少一个降压器开启		7	12	μA

电气特性

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

$V_{CC} = V_{INA-H} = 12\text{V}$, RT 接 INTV_{CC}, $V_{FB1-4^-} = 0\text{V}$ 。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
	自举的总系统电流	1 个降压器开启, 休眠, $V_{FB^+} = 0.41\text{V}$ (注释 4)		27		μA	
		2 个降压器开启, 休眠, $V_{FB^+} = 0.41\text{V}$ (注释 4)		32		μA	
		所有降压器皆开启 (注释 4)		42		μA	
	EXTV _{CC} 输入电源电流, EXTV _{CC} = 3.3V	1 个降压器开启, 休眠, $V_{FB^+} = 0.41\text{V}$		56	85	μA	
		每增加一个降压器, 休眠		17	30	μA	
		1 个降压器开启 (配置为 1 个功率级), SYNC/MODE = INTV _{CC} (注释 3)		4.5		mA	
	INTV _{CC} 欠压阈值	INTV _{CC} 电压下降	●	2.55	2.6	2.65	V
	INTV _{CC} 欠压迟滞			250		mV	
f_{osc}	内部振荡器频率	RT = INTV _{CC} , SYNC/MODE = 0V	●	1.84	2	2.16	MHz
		RT = 402k, SYNC/MODE = 0V	●	1.84	2	2.16	MHz
	同步频率		●	1		3	MHz

外部低压电源 (如使用)

EXTV _{CC}	可选外部电源范围		●	3		5.5	V
	EXTV _{CC} 欠压阈值	EXTV _{CC} 电压下降	●	2.8	2.85	2.95	V
	EXTV _{CC} 欠压迟滞				75		mV

1.5A 降压调节器

V_{IN}	降压器输入电压范围		●	3		20	V
	V_{IN} 欠压阈值	V_{IN} 电压下降 迟滞	●	2.5	2.6	2.7	V
	V_{INA-H} 输入电源电流, $V_{INA-H} = 12\text{V}$	所有降压器皆关断 $V_{INB}, V_{INC}, V_{INF}, V_{ING}$ $V_{INA}, V_{IND}, V_{INE}, V_{INH}$			0.7	1.4	μA
		降压器开启, 休眠, $V_{FB^+} = 0.41\text{V}$ $V_{INB}, V_{INC}, V_{INF}, V_{ING}$ $V_{INA}, V_{IND}, V_{INE}, V_{INH}$			0.7	1.4	μA
		降压器开启, SYNC/MODE=INTV _{CC}				5.2	mA
	顶部开关电流限值, 占空比 < 18%	(注释 5)		2.3	2.62	3.0	A
V_{FB^+}	反馈调节电压		●	396	400	404	mV
I_{FB^+}	反馈漏电流	$V_{FB^+} = 0.41\text{V}$		-30		30	nA
	最小关断时间				90	140	ns
	最小导通时间		●		53	85	ns
	顶部开关功率 FET 导通电阻				170		$\text{m}\Omega$
	底部开关功率 FET 导通电阻				90		$\text{m}\Omega$
	顶部开关功率 FET 漏电流	$V_{INA-H} = 20\text{V}$, SWA-H = 0V				0.1	μA
	底部开关功率 FET 漏电流	$V_{INA-H} = \text{SWA-H} = 20\text{V}$			0.003	1	μA
	关断状态下 SW 下拉电阻	每输出通道 RUN1-4 = 0V			1		k Ω
t_{SS}	软启动时间	(注释 6)	●	0.3	1	2.5	ms
	启动延迟时间	从所有 EN 低电平启动 至少一个 EN 已是高电平时		100	250	500	μs
	PGOOD 下限	V_{FB^+} 下降, 稳压 V_{FB^+} 的百分比	●	95	96.75	98.5	%
	PGOOD 下限迟滞				1		%
	PGOOD 上限	V_{FB^+} 上升, 稳压 V_{FB^+} 的百分比	●	104.5	107.5	110.5	%
	PGOOD 上限迟滞				2.5		%
	PGOOD 滤波时间				100		μs

LTC3376

电气特性

• 表示规格适用于整个额定工作温度范围，其他规格的适用温度为 $T_A = 25^\circ\text{C}$ (注释 2)。除非另有说明， $V_{CC} = V_{INA-H} = 12\text{V}$ ，RT 接 INTV_{CC}， $V_{FB1-4} = 0\text{V}$ 。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
降压调节器组合							
	顶部开关电流限值，占空比 < 18%	1 个降压器和 2 个功率级组合 (注释 5)		5.25		A	
		1 个降压器和 3 个功率级组合 (注释 5)		7.88		A	
		1 个降压器和 4 个功率级组合 (注释 5)		10.5		A	
		1 个降压器和 5 个功率级组合 (注释 5)		13.1		A	
		1 个降压器和 6 个功率级组合 (注释 5)		15.8		A	
		1 个降压器和 7 个功率级组合 (注释 5)		18.4		A	
		1 个降压器和 8 个功率级组合 (注释 5)		21		A	
温度监视器							
$V_{TEMP(ROOM)}$	25°C 时 TEMP 电压		220	250	280	mV	
$\Delta V_{TEMP/^\circ\text{C}}$	V_{TEMP} 斜率			10		mV/°C	
OT	过温关断 (注释 7)	温度上升		165		°C	
	过温迟滞			10		°C	
电流监视器							
	1.5A 负载时 I_{MON1-4} 电压	$R_{IMON} = 10\text{k}$ ，占空比 = 25%	0.9	1	1.1	V	
	空载时 I_{MON1-4} 电压	SYNC/MODE = INTV _{CC}		0		V	
	I_{MON1-4} Slope	$R_{IMON} = 10\text{k}$		0.667		V/A	
接口逻辑引脚 (CFG0-3, SYNC/MODE, PGOOD1-4)							
I_{OH}	输出高电平漏电流	PGOOD1-4, 5.5V			1	μA	
V_{OL}	输出低电压	PGOOD1-4, 3mA 进入引脚		0.03	0.4	V	
V_{IH}	输入高阈值	CFG0-3, SYNC/MODE	•	1.2		V	
V_{IL}	输入低阈值	CFG0-3, SYNC/MODE	•		0.4	V	
I_{IH}, I_{IL}	输入高电平、低电平漏电流	CFG0-3 引脚为 INTV _{CC} 和 0V SYNC/MODE 引脚为 5.5V 和 0V			1	μA	
					1	μA	
接口逻辑引脚 (RUN1-4)							
	RUN 上升阈值	第一个稳压器开启 一个或多个稳压器已在使用	• •	350 280	730 300	1200 320	mV mV
	RUN 下降阈值	最后一个稳压器关断			690		mV
	RUN 下降阈值	一个或多个稳压器保持开启	•	180	200	220	mV
	RUN 引脚漏电流	RUN1-4 = 5.5V				1	μA

电气特性

注释 1: 应力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: LTC3376 在脉冲负载条件下进行测试, 使得 $T_J \sim T_A$ 。LTC3376E 保证满足 0°C 至 85°C 结温范围内的规格要求。 -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。LTC3376I 的保证工作结温范围为 -40°C 至 125°C 。高结温会降低工作寿命; 结温高于 125°C 时, 工作寿命会缩短。请注意, 与这些规格一致的最高环境温度取决于具体工作条件以及电路板布局、额定封装热阻和其他环境因素。结温 (T_J , 单位为 $^\circ\text{C}$) 根据环境温度 (T_A , 单位为 $^\circ\text{C}$) 和功耗 (P_D , 单位为 W) 计算, 计算公式如下:

$$T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA})$$

其中 θ_{JA} (单位为 $^\circ\text{C}/\text{W}$) 为封装热阻。

注释 3: V_{INA-H} 引脚上会有额外开关电流。

注释 4: 总系统电流定义为来自 $V_{CC} + V_{INA-H}$ 的总电流, 条件是所有降压器皆开启 (处于休眠状态), $V_{CC} = V_{INA-H} = 12\text{V}$, 并且 EXTV_{CC} 自举以采用一个 3.3V 降压器供电。

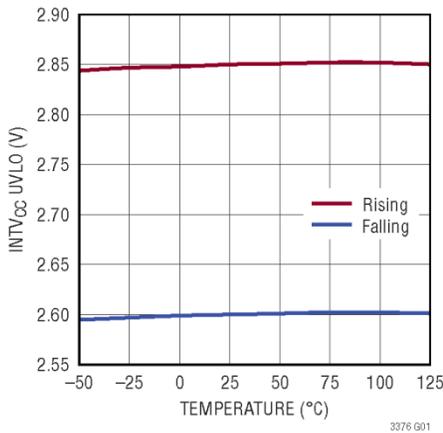
注释 5: 此器件的限流特性旨在保护 IC 免受短期或间歇性故障状况的影响。在额定最大引脚电流以上连续工作可能会导致器件性能随着时间推移而降级。

注释 6: 软启动时间是指从切换开始到 $V_{FB}^+ - V_{FB}^-$ 达到 360mV 的时间。

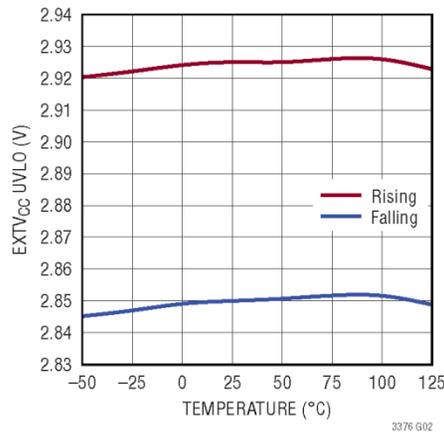
注释 7: LTC3376 具有过温保护功能, 可保护器件免受瞬时过载状况影响。当过热保护激活时, 结温超过最大工作结温。在额定最大工作结温以上连续工作可能会影响器件的可靠性。

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

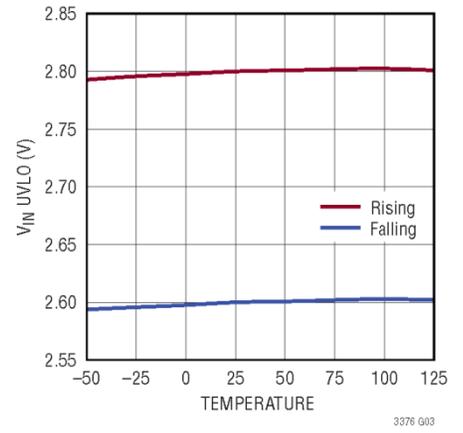
INTV_{CC} 欠压阈值与温度的关系



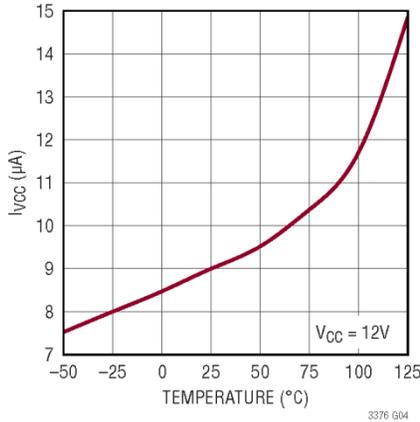
EXTV_{CC} 欠压阈值与温度的关系



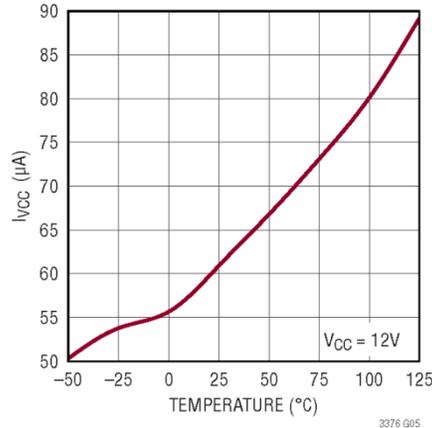
V_{IN} 欠压阈值与温度的关系



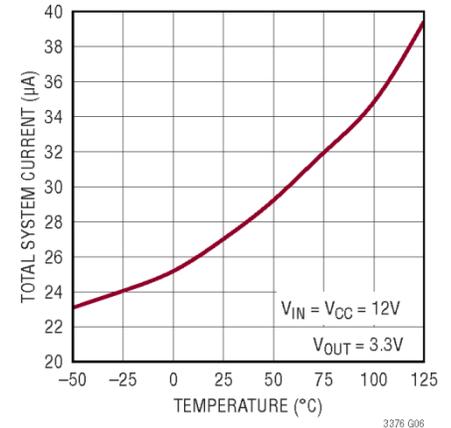
V_{CC} 电流与温度的关系, 所有降压器皆关闭



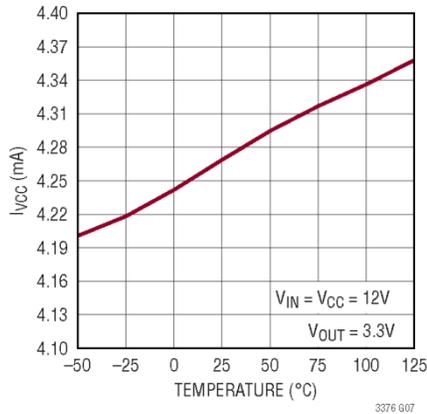
V_{CC} 电流与温度的关系, 一个降压器开启 (休眠, 未自举)



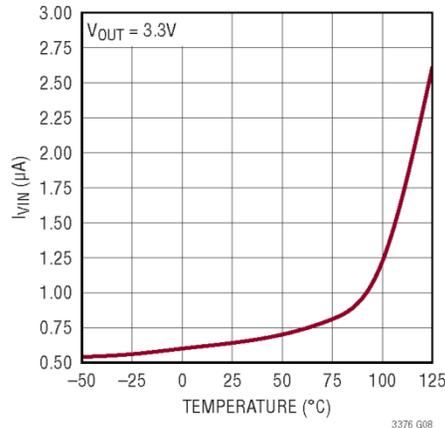
总系统电流与温度的关系, 一个降压器开启 (休眠, 自举)



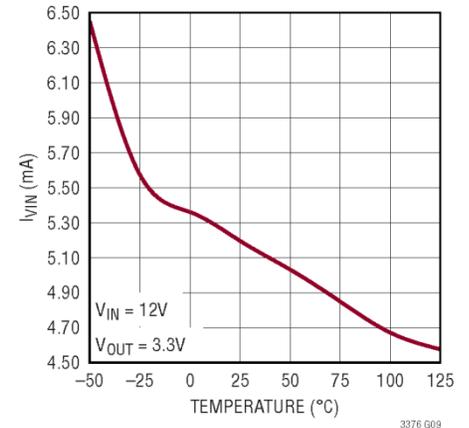
V_{CC} 电流与温度的关系, 一个降压器开启 (强制连续模式, 一个功率级)



V_{IN} 电流与温度的关系 (休眠)

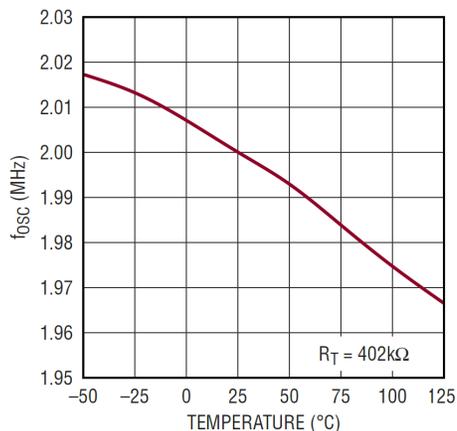


V_{IN} 电流与温度的关系 (强制连续模式, 一个功率级)



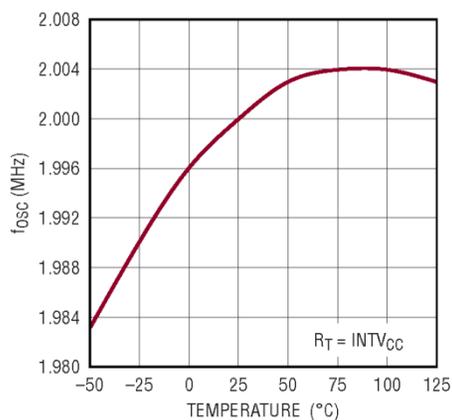
典型性能参数 除非另有说明, $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

RT 编程的振荡器频率与温度的关系



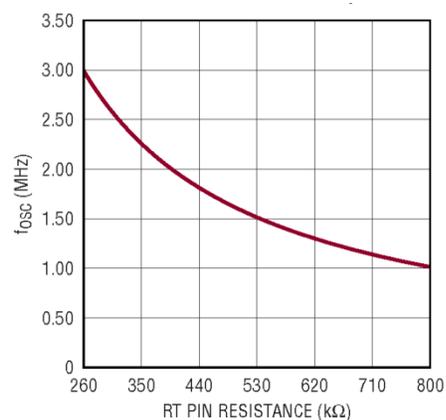
3376 G10

默认振荡器频率与温度的关系



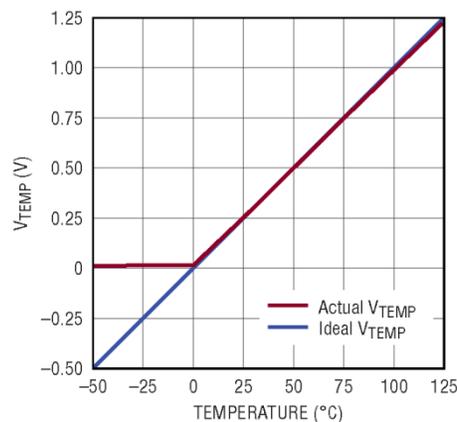
3376 G11

振荡器频率与 R_T 的关系



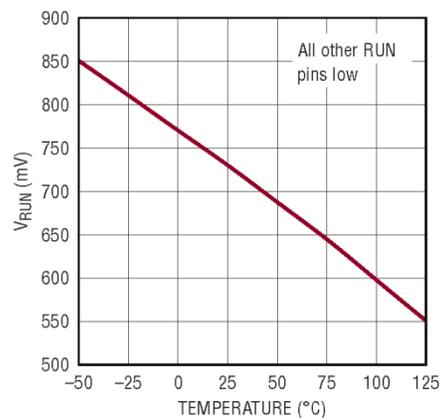
3376 G12

V_{TEMP} 与温度的关系



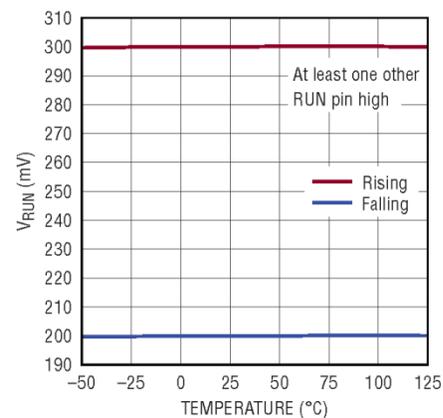
3376 G13

RUN 引脚上升阈值与温度的关系



3376 G14

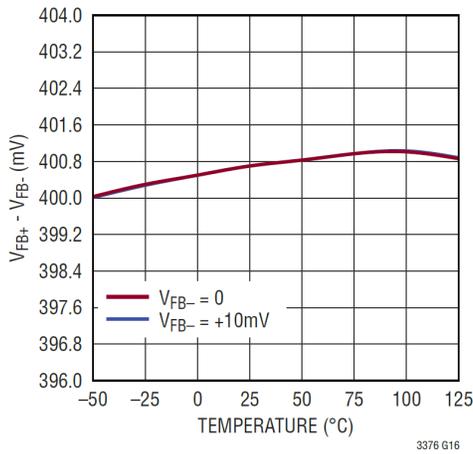
RUN 引脚阈值与温度的关系



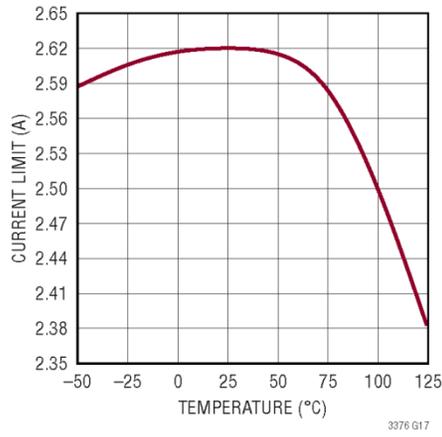
3376 G15

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

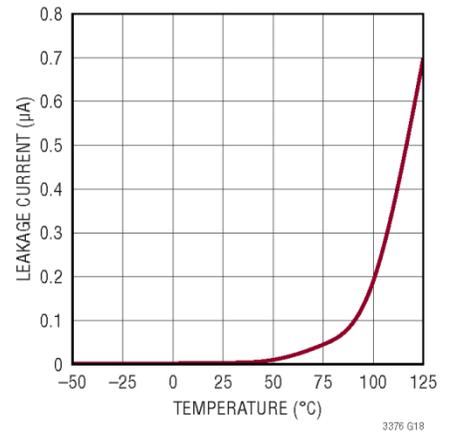
$V_{FB+} - V_{FB-}$ 与温度的关系



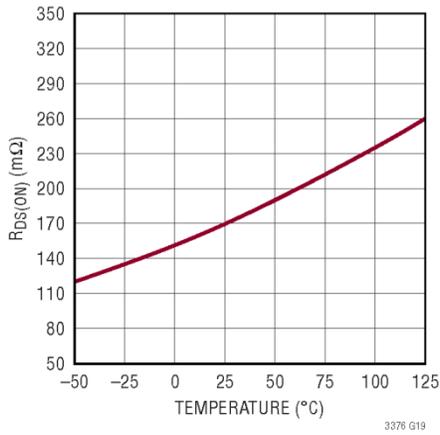
顶部开关电流限值与温度的关系



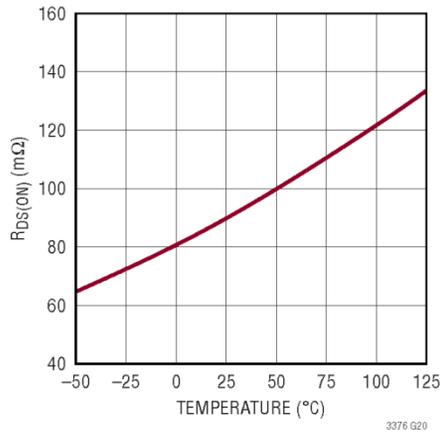
顶部开关漏电流与温度的关系



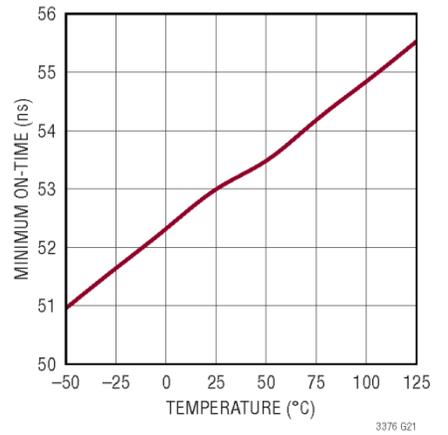
顶部开关 $R_{DS(ON)}$ 与温度的关系



底部开关 $R_{DS(ON)}$ 与温度的关系

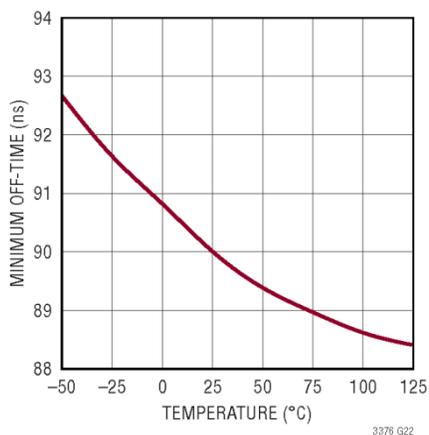


最小导通时间与温度的关系

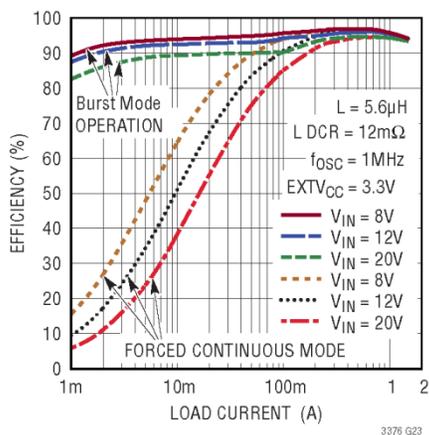


典型性能参数 除非另有说明, $T_A = 25^\circ\text{C}$.

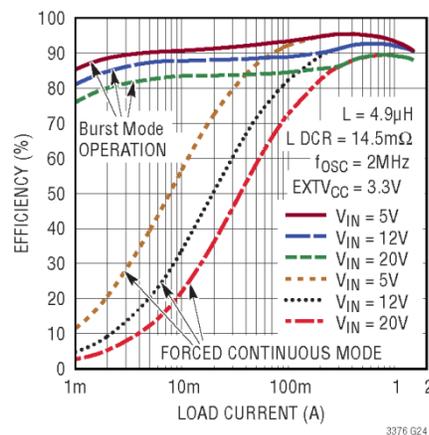
最小关断时间与温度的关系



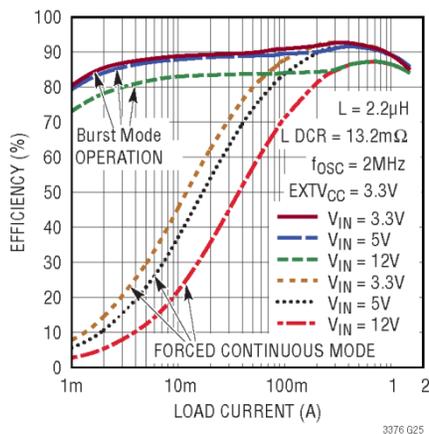
1.5A 降压效率与 I_{LOAD} 的关系, $V_{\text{OUT}} = 5\text{V}$



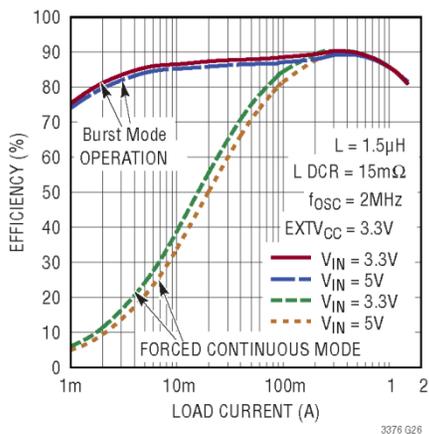
1.5A 降压效率与 I_{LOAD} 的关系, $V_{\text{OUT}} = 3.3\text{V}$



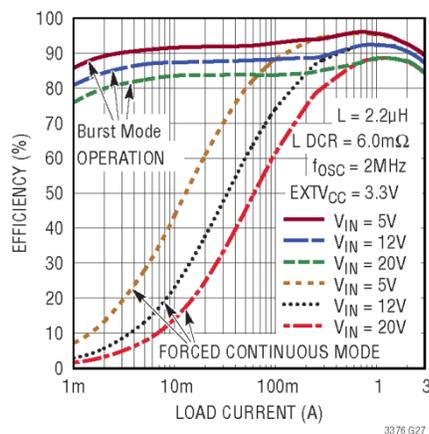
1.5A 降压效率与 I_{LOAD} 的关系, $V_{\text{OUT}} = 1.8\text{V}$



1.5A 降压效率与 I_{LOAD} 的关系, $V_{\text{OUT}} = 1.2\text{V}$

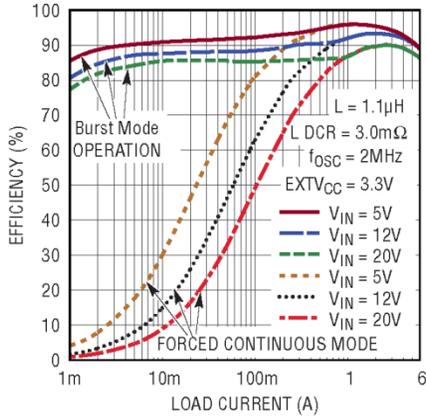


3A 降压效率与 I_{LOAD} 的关系, $V_{\text{OUT}} = 3.3\text{V}$



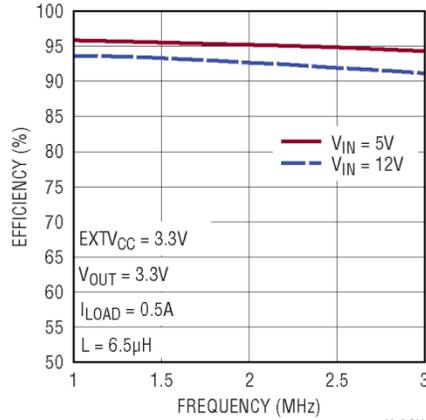
典型性能参数 除非另有说明, $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

6A 降压效率与 I_{LOAD} 的关系,
 $V_{\text{OUT}} = 3.3\text{V}$



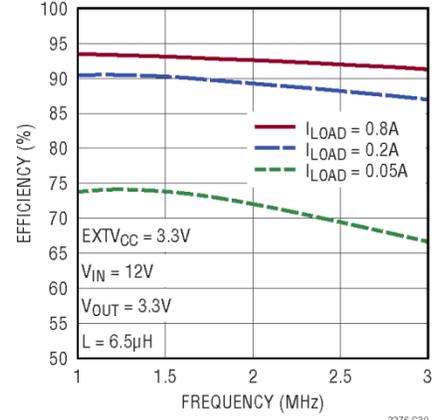
3376 G28

1.5A 降压效率与频率的关系
(强制连续模式)



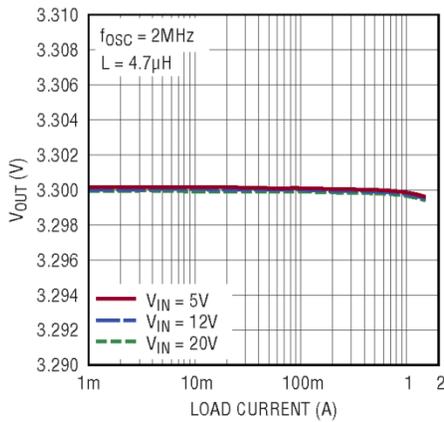
3376 G29

1.5A 降压效率与频率的关系
(强制连续模式)



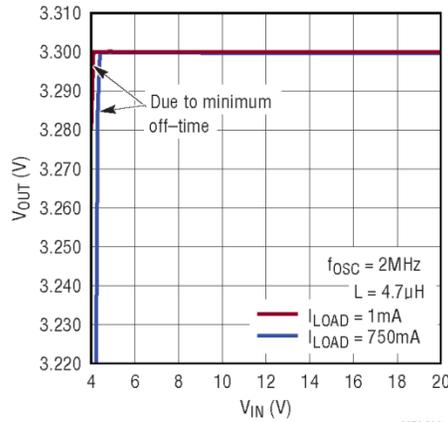
3376 G30

1.5A 降压调节器负载调整率
(强制连续模式)



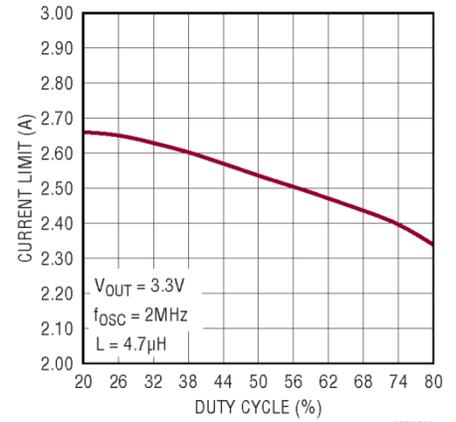
3376 G31

1.5A 降压调节器电压调整率
(强制连续模式)



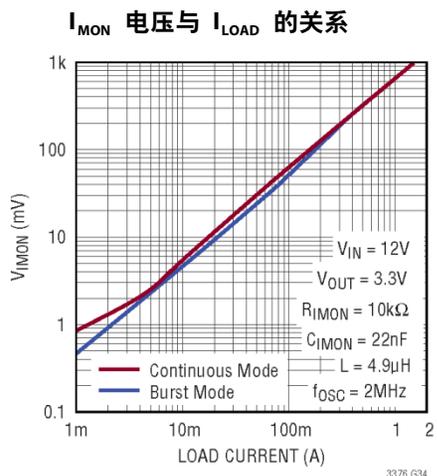
3376 G32

1.5A 降压电流限值与占空比
的关系

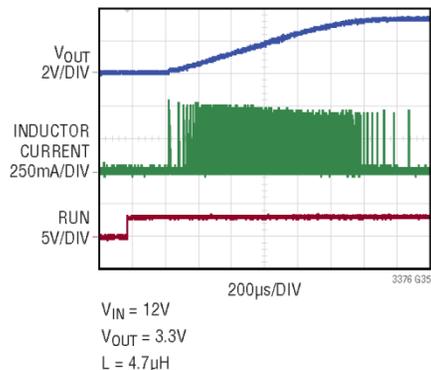


3376 G33

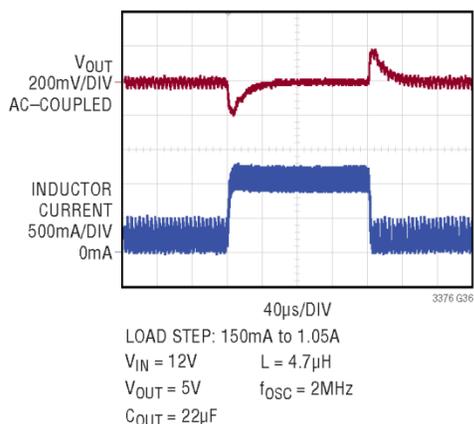
典型性能参数 除非另有说明, $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。



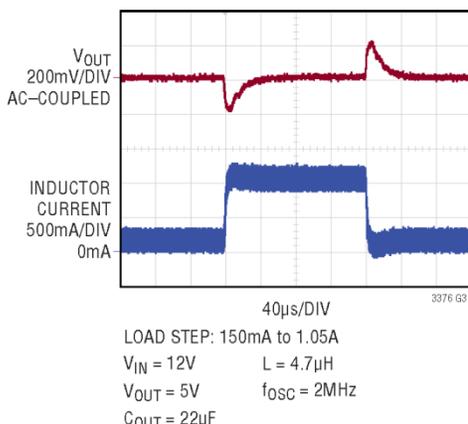
1.5A 降压调节器空载启动瞬态



1.5A 降压调节器, 瞬态响应 (突发工作模式)



1.5A 降压调节器, 瞬态响应 (强制连续模式)



引脚功能

BSTA (引脚 A1): 功率级 A 的升压节点。

BSTB (引脚 B2): 功率级 B 的升压节点。

BSTC (引脚 G2): 功率级 C 的升压节点。

BSTD (引脚 H1): 功率级 D 的升压节点。

BSTE (引脚 H8): 功率级 E 的升压节点。

BSTF (引脚 G7): 功率级 F 的升压节点。

BSTG (引脚 B7): 功率级 G 的升压节点。

BSTH (引脚 A8): 功率级 H 的升压节点。

CFG0 (引脚 F2): 配置输入位。CFG0 同 CFG1、CFG2、CFG3 一起配置降压输出电流功率级组合。CFG0 应连接到 $INTV_{CC}$ 或 GND。勿浮空。

CFG1 (引脚 G6): 配置输入位。CFG1 同 CFG0、CFG2、CFG3 一起配置降压输出电流功率级组合。CFG1 应连接到 $INTV_{CC}$ 或 GND。勿浮空。

CFG2 (引脚 G4): 配置输入位。CFG2 同 CFG0、CFG1、CFG3 一起配置降压输出电流功率级组合。CFG2 应连接到 $INTV_{CC}$ 或 GND。勿浮空。

CFG3 (引脚 F7): 配置输入位。CFG3 同 CFG0、CFG1、CFG2 一起配置降压输出电流功率级组合。CFG3 应连接到 $INTV_{CC}$ 或 GND。勿浮空。

EXTV_{CC} (引脚 C2): 外部 V_{CC} 低压电源。当 EXTV_{CC} 连接到高于 3V 的电压时，内部 LDO 稳压器从 EXTV_{CC} 而不是 V_{CC} 获取电流。对于 3.3V 及以上的输出电压，此引脚可连接到 V_{OUT} 。如果此引脚连接到降压输出以外的电源，则应在此引脚上使用一个 4.7 μ F 本地旁路电容。如果不使用，EXTV_{CC} 应接地。勿浮空。

FB1⁺ (引脚 D4): 降压调节器 1 的正反馈引脚。通过输出端连接的电阻分压器接收反馈。

FB2⁺ (引脚 E4): 降压调节器 2 的正反馈引脚。通过输出端连接的电阻分压器接收反馈。

FB3⁺ (引脚 E5): 降压调节器 3 的正反馈引脚。通过输出端连接的电阻分压器接收反馈。

FB4⁺ (引脚 D5): 降压调节器 4 的正反馈引脚。通过输出端连接的电阻分压器接收反馈。

FB1⁻ (引脚 C3): 降压调节器 1 的负反馈引脚。直接连到输出端上连接的反馈电阻分压器的 GND 侧。

FB2⁻ (引脚 F3): 降压调节器 2 的负反馈引脚。直接连到输出端上连接的反馈电阻分压器的 GND 侧。

FB3⁻ (引脚 F6): 降压调节器 3 的负反馈引脚。直接连到输出端上连接的反馈电阻分压器的 GND 侧。

FB4⁻ (引脚 C6): 降压调节器 4 的负反馈引脚。直接连到输出端上连接的反馈电阻分压器的 GND 侧。

GND (引脚 B5): LTC3376 接地引脚。将此引脚连接到系统地和接地层。勿浮空。

I_{MON1} (引脚 D3): 降压调节器 1 的电流监控器。对于每个配置的功率级，在 1.5A 负载电流下， I_{MON1} 输出 100 μ A (典型值) 的电流。在 I_{MON1} 和 GND 之间连接一个电阻。此电阻的值应使得满负载 (每功率级 1.5A) 下 I_{MON1} 为 1V。在较低负载电流时， I_{MON1} 电压会下降 0.67V/A。当稳压器处于突发模式下的休眠状态或禁用时， I_{MON1} 输出电流为 0。

I_{MON2} (引脚 E3): 降压调节器 2 的电流监控器。对于每个配置的功率级，在 1.5A 负载电流下， I_{MON2} 输出 100 μ A (典型值) 的电流。在 I_{MON2} 和 GND 之间连接一个电阻。此电阻的值应使得满负载 (每功率级 1.5A) 下 I_{MON2} 为 1V。在较低负载电流时， I_{MON2} 电压会下降 0.67V/A。当稳压器处于突发模式下的休眠状态或禁用时， I_{MON2} 输出电流为 0。

引脚功能

I_{MON3} (引脚 E6): 降压调节器 3 的电流监控器。对于每个配置的功率级，在 1.5A 负载电流下，I_{MON3} 输出 100μA (典型值) 的电流。在 I_{MON3} 和 GND 之间连接一个电阻。此电阻的值应使得满负载 (每功率级 1.5A) 下 I_{MON3} 为 1V。在较低负载电流时，I_{MON3} 电压会下降 0.67V/A。当稳压器处于突发模式下的休眠状态或禁用时，I_{MON3} 输出电流为 0。

I_{MON4} (引脚 D6): 降压调节器 4 的电流监控器。对于每个配置的功率级，在 1.5A 负载电流下，I_{MON4} 输出 100μA (典型值) 的电流。在 I_{MON4} 和 GND 之间连接一个电阻。此电阻的值应使得满负载 (每功率级 1.5A) 下 I_{MON4} 为 1V。在较低负载电流时，I_{MON4} 电压会下降 0.67V/A。当稳压器处于突发模式下的休眠状态或禁用时，I_{MON4} 输出电流为 0。

INTV_{CC} (引脚 B3): 内部 3V V_{CC} 稳压器旁路引脚。控制电路通过该电压供电。请勿将超过 2mA 的外部电路加载到 INTV_{CC} 引脚上。如果过载，LTC3376 会关断。如果 V_{EXTVCC} > 3V，INTV_{CC} 电流将由 EXTV_{CC} 提供，否则从 V_{CC} 获取。使用单个 4.7μF 电容或更大的低 ESR 陶瓷电容旁路至 GND。

INTV_{CC,P} (引脚 B6): 内部 V_{CC} 功率级电源。内部功率驱动器由该电压供电。INTV_{CC,P} 引脚仅供内部使用。使用单个 10μF 电容或更大的低 ESR 陶瓷电容旁路至 GND。在所有应用中，INTV_{CC,P} 都必须连接到 INTV_{CC}。

PGNDA (引脚 A4): 功率级 A 的地电源。将 V_{INA} 旁路电容的 GND 侧直接连到此引脚，再连接到接地层。

PGNDB (引脚 D1): 功率级 B 的地电源。将 V_{INB} 旁路电容的 GND 侧直接连到此引脚，再连接到接地层。

PGNDC (引脚 E1): 功率级 C 的地电源。将 V_{INC} 旁路电容的 GND 侧直接连到此引脚，再连接到接地层。

PGNDD (引脚 H4): 功率级 D 的地电源。将 V_{IND} 旁路电容的 GND 侧直接连到此引脚，再连接到接地层。

PGNDE (引脚 H5): 功率级 E 的地电源。将 V_{INE} 旁路电容的 GND 侧直接连到此引脚，再连接到接地层。

PGNDF (引脚 E8): 功率级 F 的地电源。将 V_{INF} 旁路电容的 GND 侧直接连到此引脚，再连接到接地层。

PGNDG (引脚 D8): 功率级 G 的地电源。将 V_{ING} 旁路电容的 GND 侧直接连到此引脚，再连接到接地层。

PGNDH (引脚 A5): 功率级 H 的地电源。将 V_{INH} 旁路电容的 GND 侧直接连到此引脚，再连接到接地层。

PGOOD1 (引脚 D2): 降压调节器 1 的电源良好引脚 (高电平有效)。开漏输出。当降压器 1 的稳压输出电压降至 PGOOD 阈值以下或升至过压阈值以上时，此引脚被驱动到低电平。在下列情况下，PGOOD1 也会被拉低：降压器禁用，降压器正在经历软启动，INTV_{CC} 低于 UVLO 阈值，或 LTC3376 处于过温状态。

PGOOD2 (引脚 E2): 降压调节器 2 的电源良好引脚 (高电平有效)。开漏输出。当降压器 2 的稳压输出电压降至 PGOOD 阈值以下或升至过压阈值以上时，此引脚被驱动到低电平。在下列情况下，PGOOD2 也会被拉低：降压器禁用，降压器正在经历软启动，INTV_{CC} 低于 UVLO 阈值，或 LTC3376 处于过温状态。

PGOOD3 (引脚 E7): 降压调节器 3 的电源良好引脚 (高电平有效)。开漏输出。当降压器 3 的稳压输出电压降至 PGOOD 阈值以下或升至过压阈值以上时，此引脚被驱动到低电平。在下列情况下，PGOOD3 也会被拉低：降压器禁用，降压器正在经历软启动，INTV_{CC} 低于 UVLO 阈值，或 LTC3376 处于过温状态。

引脚功能

PGOOD4 (引脚 D7): 降压调节器 4 的电源良好引脚 (高电平有效)。开漏输出。当降压器 4 的稳压输出电压降至 PGOOD 阈值以下或升至过压阈值以上时, 此引脚被驱动到低电平。在下列情况下, PGOOD4 也会被拉低: 降压器禁用, 降压器正在经历软启动, $INTV_{CC}$ 低于 UVLO 阈值, 或 LTC3376 处于过温状态。

RT (引脚 G5): 用于设置振荡器频率的定时电阻引脚。当不与外部时钟同步时, 此引脚提供两种设置开关频率的模式。在 RT 和 GND 之间连接一个电阻时, 开关频率基于电阻值来设置。如果 RT 连接到 $INTV_{CC}$, 则使用默认内部 2MHz 振荡器。勿浮空。

RUN1 (引脚 C4): 降压调节器 1 的使能输入。高电平有效。勿浮空。

RUN2 (引脚 F4): 降压调节器 2 的使能输入。高电平有效。在不使用降压器 2 的使能输入的配置中, 应将 RUN2 连接到 GND。勿浮空。

RUN3 (引脚 F5): 降压调节器 3 的使能输入。高电平有效。在不使用降压器 3 的使能输入的配置中, 应将 RUN3 连接到 GND。勿浮空。

RUN4 (引脚 C5): 降压调节器 4 的使能输入。高电平有效。在不使用降压器 4 的使能输入的配置中, 应将 RUN4 连接到 GND。勿浮空。

SWA (引脚 A2): 功率级 A 的开关节点。外部电感连接到此引脚。

SWB (引脚 B1): 功率级 B 的开关节点。外部电感连接到此引脚。

SWC (引脚 G1): 功率级 C 的开关节点。外部电感连接到此引脚。

SWD (引脚 H2): 功率级 D 的开关节点。外部电感连接到此引脚。

SWE (引脚 H7): 功率级 E 的开关节点。外部电感连接到此引脚。

SWF (引脚 G8): 功率级 F 的开关节点。外部电感连接到此引脚。

SWG (引脚 B8): 功率级 G 的开关节点。外部电感连接到此引脚。

SWH (引脚 A7): 功率级 H 的开关节点。外部电感连接到此引脚。

SYNC/MODE (引脚 G3): 振荡器同步和模式选择引脚。用外部时钟信号驱动 SYNC/MODE 会让所有开关同步到所施加的频率, 并将降压转换器配置为强制连续工作模式。斜率补偿自动适应外部时钟频率。没有外部时钟信号时, 频率可通过 RT 引脚设置。当不与外部时钟同步时, 此输入决定 LTC3376 在轻负载下如何工作。此引脚接地时选择突发工作模式。此引脚接 $INTV_{CC}$ 时选择强制连续工作模式。勿浮空。

TEMP (引脚 C7): 温度指示引脚。TEMP 在 25°C 时输出 250mV (典型值) 的电压。TEMP 电压的变化率为 10mV/°C (典型值), 为 LTC3376 内部芯片温度提供一个外部指示。

V_{CC} (引脚 B4): 内部偏置电源。使用 4.7 μ F 电容或更大的陶瓷电容旁路至 GND。即便使用 $EXTV_{CC}$ 引脚时, V_{CC} 也必须存在, 并且须在 $EXTV_{CC}$ 之前上电。

V_{INA} (引脚 A3): 功率级 A 的输入电源。使用 1 μ F 陶瓷电容和 10 μ F 或更大的陶瓷电容旁路至 PGND_A。

V_{INB} (引脚 C1): 功率级 B 的输入电源。使用 1 μ F 陶瓷电容和 10 μ F 或更大的陶瓷电容旁路至 PGND_B。

V_{INC} (引脚 F1): 功率级 C 的输入电源。使用 1 μ F 陶瓷电容和 10 μ F 或更大的陶瓷电容旁路至 PGND_C。

引脚功能

V_{IND} (引脚 H3): 功率级 D 的输入电源。使用 1 μ F 陶瓷电容和 10 μ F 或更大的陶瓷电容旁路至 PGND D。

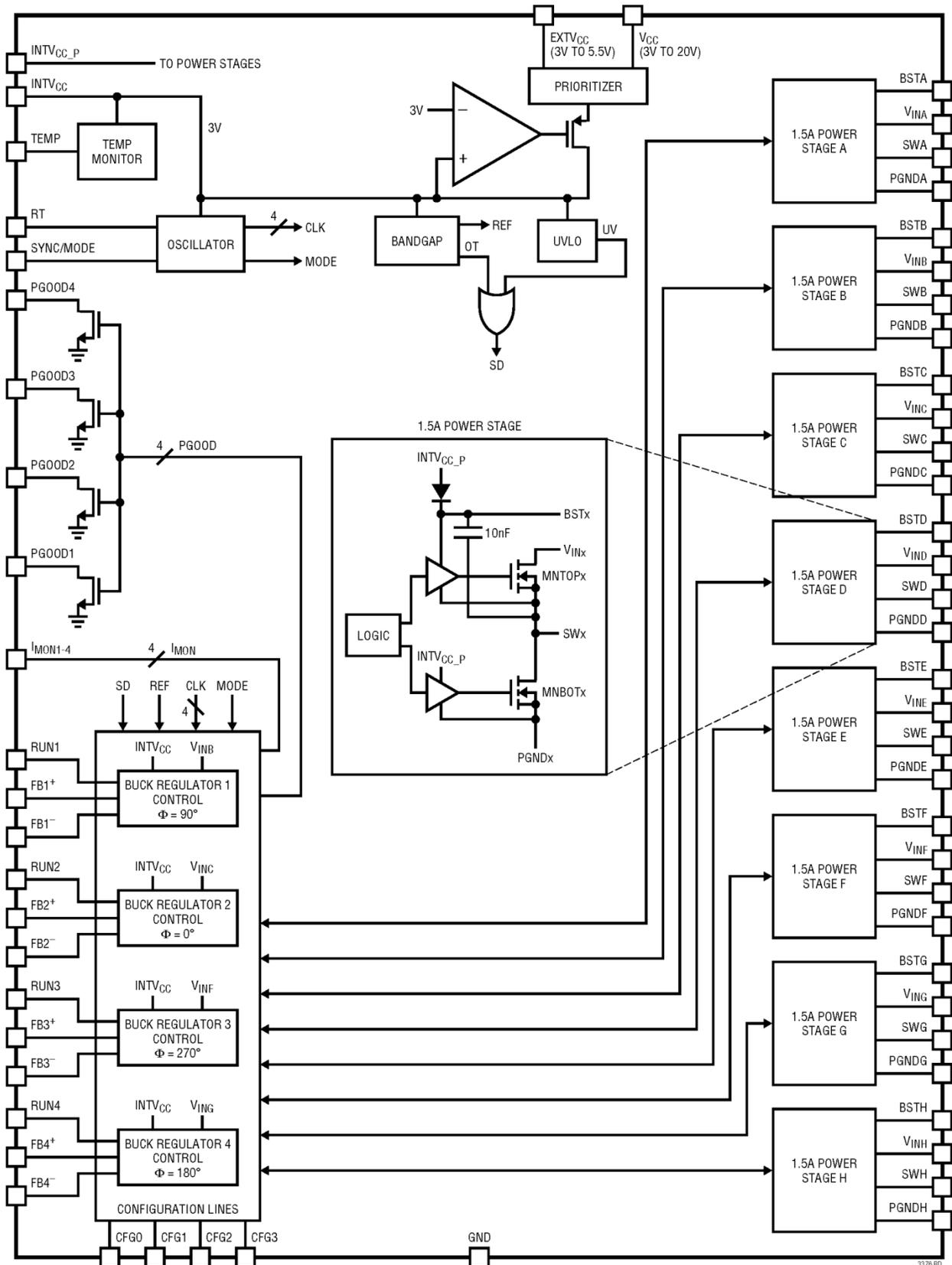
V_{INE} (引脚 H6): 功率级 E 的输入电源。使用 1 μ F 陶瓷电容和 10 μ F 或更大的陶瓷电容旁路至 PGND E。

V_{INF} (引脚 F8): 功率级 F 的输入电源。使用 1 μ F 陶瓷电容和 10 μ F 或更大的陶瓷电容旁路至 PGND F。

V_{ING} (引脚 C8): 功率级 G 的输入电源。使用 1 μ F 陶瓷电容和 10 μ F 或更大的陶瓷电容旁路至 PGND G。

V_{INH} (引脚 A6): 功率级 H 的输入电源。使用 1 μ F 陶瓷电容和 10 μ F 或更大的陶瓷电容旁路至 PGND H。

框图



3376 BD

操作

降压开关稳压器

LTC3376 是一款 20V、单片式、恒频、四通道、12A 可配置、峰值电流模式降压型 DC/DC 转换器。该器件包括四个同步降压转换器，配置为共享八个 1.5A 功率级。LTC3376 将陶瓷电容集成到封装中以用于所有 BST 引脚。有了这些电容即无需外部 BST 电容，从而减小了 PC 板空间。

降压开关稳压器在内部进行补偿，需要外部反馈电阻来设置输出电压。在每个时钟周期开始时，内部振荡器（可同步到外部振荡器）接通内部顶端功率开关。电感中的电流逐渐增加，直到顶部开关电流比较器脱扣并断开顶部功率开关。顶部开关断开时的峰值电感电流由内部 V_C 电压控制，误差放大器通过比较反馈引脚上的电压与内部 400mV 基准电压来调节该控制电压。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 V_C 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，底部功率开关接通，直到下一时钟周期开始或在突发模式下）电感电流降至零。

每个降压转换器均可在独立的 V_{IN} 电压下工作，并有自己的 FB^+ 、 FB^- 、 RUN 、 I_{MON} 和 $PGOOD$ 引脚，以最大程度地提高灵活性。 RUN 引脚有两个不同的使能阈值电压，具体取决于 LTC3376 的工作状态。第一个开启的降压调节器的 RUN 引脚上升阈值为 730mV（典型值）。最后关断的降压调节器的 RUN 引脚下降阈值为 690mV（典型值）。如果任一降压调节器开启，所有其他 RUN 引脚将使用基于带隙的精密阈值——300mV（典型值）上升和 200mV（典型值）下降。通过电阻分压器将 RUN 引脚连接到另一个降压器的输出，便可利用精密 RUN 阈值来提供基于事件的上电时序控制。所有降压调节器都有正向和反向限流、短路保护以及软启动功能，以限制启动期间的浪涌电流。如果降压器的 RUN 引脚为低电平，则该降压器将被关断到低静态电流状态，并且 SW 引脚通过 1k 电阻拉至 $PGND$ 。如果所有降压调节器都关断，则大部分顶级电路会关断，LTC3376 的

静态电流为 9 μ A（典型值）。使能降压器时，在切换启动和软启动斜坡开始之前会有 100 μ s（典型值）的延迟。对于第一个使能的降压器，此延迟为 250 μ s（典型值）。

降压开关稳压器以 90° 相位阶跃依次使能，以减少噪声和输入纹波。相位阶跃决定了开关序列的固定边沿，即顶部开关接通的时候。顶部开关断开（底部开关接通）阶段受稳压器的占空比要求控制。降压器 2 设置为 0°。降压器 1 设置为 90°。降压器 4 设置为 180°。降压器 3 设置为 270°。

降压调节器与组合功率级

通过设置 $CFG0$ 、 $CFG1$ 、 $CFG2$ 和 $CFG3$ 引脚，主从配置中最多可以将四个降压调节器组合成不同形式。根据所需的配置（表 1），这些配置引脚应接地或与 $INTV_{CC}$ 连接。任何组合的 SW 引脚都必须连接在一起，任何组合的 V_{IN} 和 BST 引脚也必须连接在一起。降压器有一个公共 V_{IN} ，但每个 V_{IN} 引脚应有自己的输入旁路电容器（参见“应用信息”）。 $RUN1$ 、 $FB1^+$ 、 $FB1^-$ 、 I_{MON1} 和 $PGOOD1$ 由降压器 1 使用。 $RUN2$ 、 $FB2^+$ 、 $FB2^-$ 、 I_{MON2} 和 $PGOOD2$ 由降压器 2 使用。 $RUN3$ 、 $FB3^+$ 、 $FB3^-$ 、 I_{MON3} 和 $PGOOD3$ 由降压器 3 使用。 $RUN4$ 、 $FB4^+$ 、 $FB4^-$ 、 I_{MON4} 和 $PGOOD4$ 由降压器 4 使用。如果特定配置中未使用某个降压器，则其 RUN 、 FB^+ 和 FB^- 、 I_{MON} 、 $PGOOD$ 引脚应连接到 GND 。其 V_{IN} 、 SW 和 BST 引脚将用作另一个主机的从机，并且必须连接到该主机的相应电源引脚。

降压调节器可以组合使用，提供 3A、4.5A、6A、7.5A、9A、10.5A 或 12A 的输出负载电流。例如，代码 0110 ($CFG[3:0]$) 将降压器 1 配置为 4.5A 稳压器，通过 $V_{IN}/SW/BST$ 对 A、B、H 运行；降压器 2 禁用；降压器 3 配置为 6A 稳压器，通过 $V_{IN}/SW/BST$ 对 C、D、E、F 运行；降压器 4 配置为 1.5A 稳压器，通过 $V_{IN}/SW/BST$ 对 G 运行。

操作

表 1. 主从程序组合
(每个字母对应一个 VIN/SW/BST/PGND 对)

CFG3	CFG2	CFG1	CFG0	输出配置			
				BUCK 1	BUCK 2	BUCK 3	BUCK 4
0	0	0	0	AB	CD	EF	GH
0	0	0	1	ABH	CD	EF	G
0	0	1	0	ABH	CDE	F	G
0	0	1	1	ABDH	C	EF	G
0	1	0	0	AB	CDE	-	FGH
0	1	0	1	ABCD	-	EF	GH
0	1	1	0	ABH	-	CDEF	G
0	1	1	1	ABCD	-	-	EFGH
1	0	0	0	ABDEH	C	F	G
1	0	0	1	ABCDH	-	EF	G
1	0	1	0	ABCDE	-	-	FGH
1	0	1	1	ABCDEH	-	F	G
1	1	0	0	ABCDEF	-	-	GH
1	1	0	1	ABCDEFH	-	-	G
1	1	1	0	ABCDEFGH	-	-	-
1	1	1	1	AB	CD	EF	GH

模式选择

降压开关稳压器可以在 SYNC/MODE 引脚设置的两种不同模式下工作：突发模式（当 SYNC/MODE 引脚设置为低电平时）和强制连续 PWM 模式（当 SYNC/MODE 引脚设置为高电平时）。SYNC/MODE 引脚将所有降压开关稳压器设置相同工作模式。

在强制连续模式下，振荡器连续运行，并且在轻载条件下，降压开关电流可以反向以维持稳压。该模式允许降压器以固定频率运行，使输出纹波最小，甚至支持零输出负载。

在突发工作模式下，在轻负载时，输出电容被充电至略高于其稳压点的电压。然后，稳压器进入休眠状态，在此期间输出电容提供负载电流。在休眠状态下，稳压器的大部分电路都关断，有助于节省输入功耗。当输出电容降至其编程值以下时，电路上电，另一个突发周期开始。休眠时间随着负载电流的增加而缩短。在突发工作模式下，稳压器仅在轻负载时才会突发。在较高负载时，它将以恒频 PWM 模式运行。

振荡器与外部时钟同步

工作频率的选择是权衡效率和元件大小的结果。高频运行允许使用较小的电感和电容值，并能改善瞬态响应。以较低频率运行可减少内部栅极电

荷损失，从而提高效率，并且支持更极端的 V_{IN}/V_{OUT} 比值。但是，这也需要较大的电感值和/或电容，以保持低输出电压纹波。LTC3376 的默认工作频率为 2MHz。

将方波时钟信号施加于 MODE/SYNC 引脚，LTC3376 的内部振荡器也可以通过内部 PLL 电路与外部频率同步。在同步期间，降压器 2 的顶部功率器件导通锁定在外部频率源的上升沿之后的 110ns。降压器 1 与降压器 2 相位相差 90°。降压器 4 与降压器 2 相位相差 180°。降压器 3 与降压器 2 相位相差 270°。与外部时钟同步时，降压调节器以强制连续模式工作。同步频率范围为 1MHz 至 3MHz。

在 SYNC 引脚的第一个上升沿检测到外部时钟后，内部 PLL 以默认频率启动。然后，内部 PLL 需要最多 1ms 的时间来逐步调整其工作频率，以匹配 SYNC 信号的频率和相位。

移除外部时钟后，LTC3376 将检测到没有外部时钟，振荡器逐渐将其工作频率调回默认值。

通过 PGOOD 引脚报告电源故障

每个降压器的相关 PGOOD 引脚都会报告电源故障情况。每个降压开关稳压器都有一个内部电源正常 (PGOOD_INT) 信号。当使能的开关稳压器的调节输出电压升至其稳压输出电压的 97.75% 以上时，PGOOD_INT 信号变为高电平。如果调节输出电压随后降至稳压输出电压的 96.75% (典型值) 以下，PGOOD_INT 信号即被拉低。如果一个降压器使能，则其 PGOOD_INT 信号必须为高电平，其外部 PGOOD 引脚才会变为高电平。使能的降压器的内部 PGOOD_INT 信号必须保持低电平超过 100 μ s (典型值)，其外部 PGOOD 引脚才会被拉低，告知微处理器发生了电源故障。此 100 μ s 滤波时间可防止引脚在负载瞬态期间被拉低。此外，每当内部 PGOOD_INT 信号变为高电平时，也会有 100 μ s 的置位延迟。

操作

LTC3376 也在 PGOOD 引脚报告过压状况。如果使能的降压调节器的输出电压升至稳压值的 107.5% (典型值) 以上, 则其 PGOOD 引脚将在 100 μ s 后被拉低。同样, 如果使能的输出 (处于过压状态) 随后降至其稳压输出电压的 105% (典型值) 以下, 则其 PGOOD 引脚将在 100 μ s 后再次变为高电平。

拉低 PGOOD 引脚的错误状况不会被锁存。当该错误状况消失时, 如果不存在其他错误状况, PGOOD 引脚将被释放并拉高。在下列情况下, PGOOD 也会被拉低: 降压器禁用, 降压器正在经历软启动, INTV_{CC} 低于 UVLO 阈值, 或 LTC3376 处于过温状态 (见下文)。

电流监控器

每个降压调节器都有一个电流监控器, 其将一个与平均降压负载电流成比例的电流提供给 I_{MON}。I_{MON} 引脚和地之间所需的外部电阻取决于为特定降压器配置的功率级数。如果降压调节器配置为仅有一个功率级, 则应在 I_{MON} 与地之间连接一个 10k 电阻。在满载 (1.5A) 时, I_{MON} 引脚上的电压将为 1V (典型值)。在半负载 (0.75A) 时, I_{MON} 引脚上的电压将为 0.5V。对于组合输出级, I_{MON} 引脚上所需的电阻由下式给出:

$$R_{\text{IMON}} = \frac{10\text{k}\Omega}{[\text{通道数}]} \quad (1)$$

I_{MON} 引脚电压代表平均降压负载, 需要几百微秒的时间才能稳定下来。电流监控器在连续导通模式下精度最高, 但如果在 I_{MON} 引脚上应用一个外部电容, 那么在中等负载下也能以突发模式工作, 不过精度会降低。此电容的选择应使 RC 时间常数约为 250 μ s 或更大。I_{MON} 引脚上使用的电容值 (如果需要) 由下式给出:

$$C_{\text{IMON}} \geq \frac{250\mu\text{s}}{R_{\text{IMON}}} \quad (2)$$

温度监控和过温保护

为防止 LTC3376 及其周围元件受到热损坏, LTC3376 集成了过热 (OT) 功能。当 LTC3376 芯片温度达到 165°C (典型值) 时, 所有使能的降压开关稳压器都会关断, 并保持关断状态, 直到芯片温度降至 155°C (典型值)。

通过采样模拟 TEMP 引脚电压可以读取芯片温度。TEMP 引脚电压所指示的温度 T 由下式给出:

$$T = \frac{V_{\text{TEMP}}}{10\text{mV}} \cdot 1^\circ\text{C} \quad (3)$$

其中 V_{TEMP} 为 TEMP 引脚电压。

TEMP 引脚在 25°C 时的典型电压为 250mV。V_{TEMP} 读数对于约 10°C 以上的芯片温度有效。TEMP 引脚不需要旁路电容。如果 TEMP 引脚上的杂散电容大于 30pF, 则必须在该引脚上串联一个 15k 电阻, 以确保温度监控器的稳定性。如果不需要温度监控功能, 用户可以通过将 TEMP 与 INTV_{CC} 绑定来关断温度监控器。这将使静态电流降低 5 μ A (典型值)。如果没有启用任何降压开关稳压器, 温度监控器也会关断以降低静态电流。

INTV_{CC} 稳压器

内部低压差 (LDO) 稳压器从 V_{CC} 产生 3V 电源, 以为 INTV_{CC} 引脚和内部偏置电路供电。INTV_{CC} 可为 LTC3376 电路提供足够的电流, 必须用最小 4.7 μ F 的陶瓷电容将其旁路至地。INTV_{CC,P} 引脚为所有 MOSFET 栅极驱动器供电, 必须有自己的 10 μ F 旁路电容, 并且必须在板上连接至 INTV_{CC}。为了提供功率 MOSFET 驱动器所需的高瞬态电流, 必须有很好的旁路。

操作

为了提高效率，如果 $EXTV_{CC}$ 引脚电压为 3V 或更高，内部 LDO 也可以从 $EXTV_{CC}$ 引脚获取电流。即便使用 $EXTV_{CC}$ ， V_{CC} 也必须存在。通常， $EXTV_{CC}$ 引脚可以连接到 LTC3376 某个降压器的输出端，或者连接到 3V 或更高的外部电源。如果 $EXTV_{CC}$ 连接到降压输出以外的

电源，务必使用本地陶瓷电容予以旁路。如果 $EXTV_{CC}$ 引脚低于 2.8V，内部 LDO 将消耗 V_{CC} 的电流。高输入电压和高开关频率的应用 (LDO 从 V_{CC} 获取电流) 会提高芯片温度，因为 LDO 的功耗较高。请勿将超过 2mA 的外部电路加载到 $INTV_{CC}$ 引脚上。

应用信息

降压开关稳压器输出电压和反馈网络

每个降压开关稳压器的输出电压由跨接在其输出端并连接到反馈引脚的电阻分压器编程，并由 $V_{OUT} = V_{FB}^+(1 + R2/R1)$ 给出，如图 1 所示，其中 $V_{FB}^+ = 400mV$ 。R1 的典型值范围为 20k 至 200k。建议使用 1% 或更好的电阻以保持输出电压精度。降压调节器的瞬态响应可通过可选的相位超前电容 C_{FF} 来改善，此电容有助于消除反馈电阻和 FB^+ 引脚的输入电容所产生的极点。如果电阻分压器的 V_{OUT}/V_{FB}^+ 比值较大，那么使用 2pF 至 22pF 的电容值进行试验可以改善瞬态响应。

LTC3376 具有低失调、高输入阻抗差分检测功能，适用于需要远程检测的应用。将 FB^+ 连接到输出负载两端的反馈分压器的中心抽头，并将 FB^- 连接到负载地。

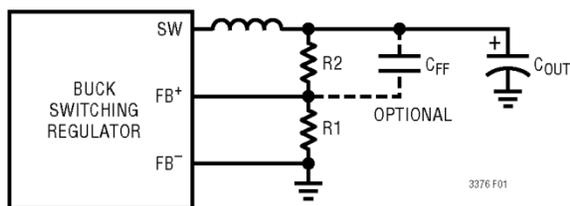


图 1. 反馈元件

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。

LTC3376 所有降压调节器的工作频率都可以由 RT 引脚与地之间连接的一个外部电阻确定。工作频率通过下式计算：

$$f_{OSC} = 2MHz \left(\frac{402k\Omega}{R_T} \right) \quad (4)$$

LTC3376 的设计工作频率为 1MHz 至 3MHz，其内部安全箱位功能可防止振荡器的运行频率高于 4MHz (典型值) 或低于 500kHz (典型值)。将 RT 引脚连接到 $INTV_{CC}$ 可将振荡器设置为 2MHz (典型值) 的默认内部工作频率。

虽然 LTC3376 的最大可编程开关频率为 3MHz，但 LTC3376 的最小导通时间决定了一个最小工作占空比。最小导通时间典型值为 53ns。低占空比应用的最高开关频率 ($f_{SW(MAX)}$) 可计算如下：

应用信息

$$f_{\text{SW}(\text{MAX})} = \frac{V_{\text{OUT}} + V_{\text{BOTSW}}}{t_{\text{ON}(\text{MIN})}(V_{\text{IN}(\text{MAX})} - V_{\text{TOPSW}} + V_{\text{BOTSW}})} \quad (5)$$

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

对于更高占空比的应用, 最小关断时间还决定了一个最大开关频率, 这可通过下式计算:

$$f_{\text{SW}(\text{MAX})} = \frac{V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}} - V_{\text{TOPSW}}}{t_{\text{OFF}(\text{MIN})}(V_{\text{IN}} + V_{\text{BOTSW}} - V_{\text{TOPSW}})} \quad (6)$$

其中 $t_{\text{OFF}(\text{MIN})}$ 为顶部开关最小关断时间。该式表明, $V_{\text{IN}}/V_{\text{OUT}}$ 比值非常低时, 同样须选择较低的开关频率。

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。

如果工作占空比为 50% 或更小, 应根据下式选择电感:

$$L = V_{\text{OUT}} \cdot \frac{1 - \frac{V_{\text{OUT}}}{V_{\text{IN}(\text{MAX})}}}{0.2 \cdot I_{\text{MAX}} \cdot f_{\text{SW}}} \quad \text{for } \frac{V_{\text{OUT}}}{V_{\text{IN}}} \leq 0.5 \quad (7)$$

其中, f_{SW} 为开关频率, $V_{\text{IN}(\text{MAX})}$ 为降压器运行的最大输入电压, I_{MAX} 为 1.5A 乘以功率级数 (LTC3376 的最大额定负载电流)。对于占空比高于 50% 的操作, 请改用下式来选择电感:

$$L = 1.25 \cdot \frac{V_{\text{IN}(\text{MAX})}}{f_{\text{SW}} \cdot I_{\text{MAX}}} \quad \text{for } \frac{V_{\text{OUT}}}{V_{\text{IN}}} > 0.5 \quad (8)$$

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。还应考虑过载和短路情况。

此外, 应确保饱和电流额定值 (通常用 I_{SAT} 表示) 高于最大预期负载加上电感纹波的一半:

$$I_{\text{SAT}} > I_{\text{LOAD}(\text{MAX})} + \frac{1}{2} \Delta I_L \quad (9)$$

其中, $I_{\text{LOAD}(\text{MAX})}$ 为最大输出负载电流, ΔI_L 为电感纹波电流, 其计算公式如下:

$$\Delta I_L = \frac{V_{\text{OUT}}}{L \cdot f_{\text{SW}}} \cdot \left(1 - \frac{V_{\text{OUT}}}{V_{\text{IN}(\text{MAX})}} \right) \quad (10)$$

更为保守的选择是选择一个 I_{SAT} 额定值高于 LTC3376 最大电流限值 (每个功率级 3.0A) 的电感。

为实现最高效率, 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。表 2 列出了几家制造商的推荐电感。

输入电容

LTC3376 的每个降压功率级都有独立输入电源引脚。所有这些引脚都必须通过低 ESR 电容去耦至其自己的 PGND。这些电容应当尽可能靠近引脚放置。陶瓷电介质电容是很好的折中选择, 既有高介电常数和稳定性, 又有良好的温度和直流偏置特性。注意, 电容的容值在较高直流偏置下会劣化。务必查阅制造商数据手册, 获得电容在目标直流偏置电压下的真实容值。有鉴于此, 应避免使用 Y5V 介电电容。X5R/X7R 介电电容具有良好的整体性能。推荐的陶瓷电容制造商参见表 3。

应用信息

表 2. 推荐电感

产品型号	L (μH)	最大 DCR ($\text{m}\Omega$)	电流额定值 (A)	尺寸 (L x W x H)	供应商
XEL4030-102MEB	1	9.78	10.7	4mm x 4mm x 3.1mm	Coilcraft www.coilcraft.com
XFL4020-152MEB	1.5	15.8	9.1	4.3mm x 4.3mm x 2.1mm	
XEL4030-222MEB	2.2	22.1	7.8	4mm x 4mm x 3.1mm	
XFL4020-472MEB	4.7	57.4	5	4.3mm x 4.3mm x 2.1mm	
744383360068	0.68	27	4.5	3mm x 3mm x 2mm	Wurth Electronics Inc. www.we-online.com
74438357010	1	13.5	7.4	4.1mm x 4.1mm x 3.1mm	
74404042015	1.5	31	2.95	4mm x 4mm x 1.8mm	
74439344022	2.2	10.5	8	6.65mm x 6.65mm x 3.3mm	
PCMB042T-1R0MS	1	27	4.5	4.15mm x 4mm x 1.8mm	Susumu www.susumu-usa.com
PCMB053T-1R5MS	1.5	20	6	4.7mm x 4.85mm x 2.8mm	
FDSD0420-H-R68M=P3	0.68	22	6.5	4.2mm x 4.2mm x 2mm	Murata www.murata.com
FDSD0420D-1R0M=P3	1	29	5.1	4.2mm x 4.2mm x 2mm	
FDSD0420D-2R2M=P3	2.2	47	3.6	4.2mm x 4.2mm x 2mm	

无论功率级如何配置，每个输入电源电压引脚 $V_{\text{INA-H}}$ 都需要通过一个尽可能靠近引脚的 $1\mu\text{F}$ 电容和一个至少 $10\mu\text{F}$ 电容独立去耦至 PGNDA-H 。将每个电容的每个接地端连接到 PCB 顶层的宽 PCB 走线，其直接连接到 PGND 引脚，然后再连接到 GND 层。

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。

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 LTC3376 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 LTC3376 的电压额定值。这种情况很容易避免（参见凌力尔特应用笔记 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

输出电容、输出纹波和环路响应

输出电容有两个基本功能。一是与电感一起，对 LTC3376 SW 引脚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 LTC3376 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。应使用 X5R 或 X7R 陶瓷电容。这种选择将提供低输出纹波和良好的瞬态响应。

LTC3376 内置补偿功能，设计以高带宽工作，具有快速瞬态响应能力。 C_{OUT} 的选择会影响系统带宽，其最优值由下式给出：

$$C_{\text{OUT}} = 100 \cdot \frac{\text{（功率级数）}}{f_{\text{SW}} \cdot V_{\text{OUT}}} \quad (11)$$

其中 f_{SW} 为开关频率。

计算出的 C_{OUT} 值是电压和温度降额后所需的电容。可以使用值较低的输出电容以节省空间和成本，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”。

选择电容时，应特别注意数据手册，计算相关工作条件（电压偏置和温度）下的有效电容。可能需要使用物理尺寸较大或具有较高电压额定值的电容。

应用信息

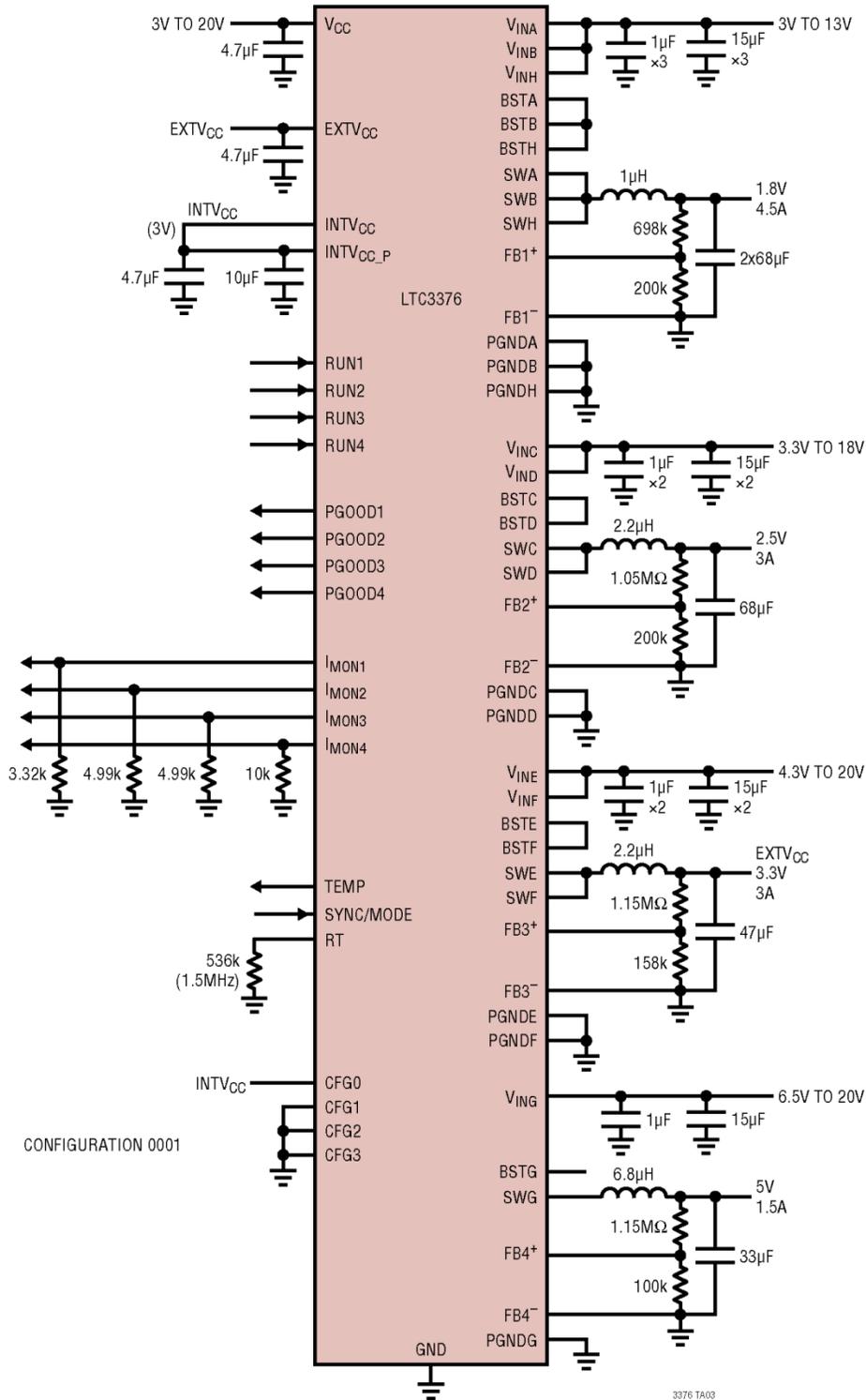
PCB 考虑

布置印刷电路板时，应注意以下几点以确保 LTC3376 正常工作：

1. 输入电源引脚 (V_{INA-H}) 各自应有本地去耦电容，其接地引脚应使用尽可能短且宽的走线连接回 IC 的 PGND 引脚 (PGNDA-H)，然后再连接到 GND 层。为此，应将 V_{IN} 和 PGND 引脚彼此相邻放置在 IC 的外边缘。请注意，LTC3376 的 V_{IN} 和 PGND 引脚以及 V_{IN} 输入电容中有较大开关电流流过。输入电容应靠近 V_{IN} 和 PGND 引脚放置，并选择较小的外壳尺寸，例如 $1\mu\text{F}$ 电容使用 0402， $10\mu\text{F}$ 电容使用 0603，从而使输入电容形成的环路尽可能紧密。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。
2. 将 BST 引脚连接在一起以形成组合时，BST 走线应尽可能短。
3. 将 SWA-H 连接到其相应电感的开关电源走线应短而宽，以减少辐射 EMI 和寄生耦合。由于开关节点的电压摆幅较大，高输入阻抗敏感节点（例如反馈节点）应远离开关节点或予以屏蔽，否则可能导致性能变差。
4. FB^+ 、 FB^- 、RT、TEMP 和 RUN 节点应很小，以便接地走线将其与 SW 和 BST 节点屏蔽开来。
5. GND 引脚应直接连接到 $INTV_{CC}$ 旁路电容的接地端，然后连接至其他模拟元件 (RT 电阻、 I_{MON} 电阻、 V_{CC} 和 $EXTV_{CC}$ 旁路电容) 的接地，再向下连接到 GND 层。
6. 从 $INTV_{CC}$ 到 GND 的旁路电容应尽可能靠近 $INTV_{CC}$ 引脚，并用宽走线连接。
7. 从 $INTV_{CC,P}$ 到 GND 的旁路电容应尽可能靠近 $INTV_{CC,P}$ 引脚，并用宽走线连接。此电容的接地侧应直接连接到 GND 层。
8. 开关稳压器输出电容器的 GND 端应连接到 GND 层。
9. FB^- 引脚应直接连接到反馈电阻的 GND 端。
10. 功率级的 V_{IN} 、PGND、BST 和 SW 走线应采用对称布局。
11. 建议布局参见“评估套件设计文件”。

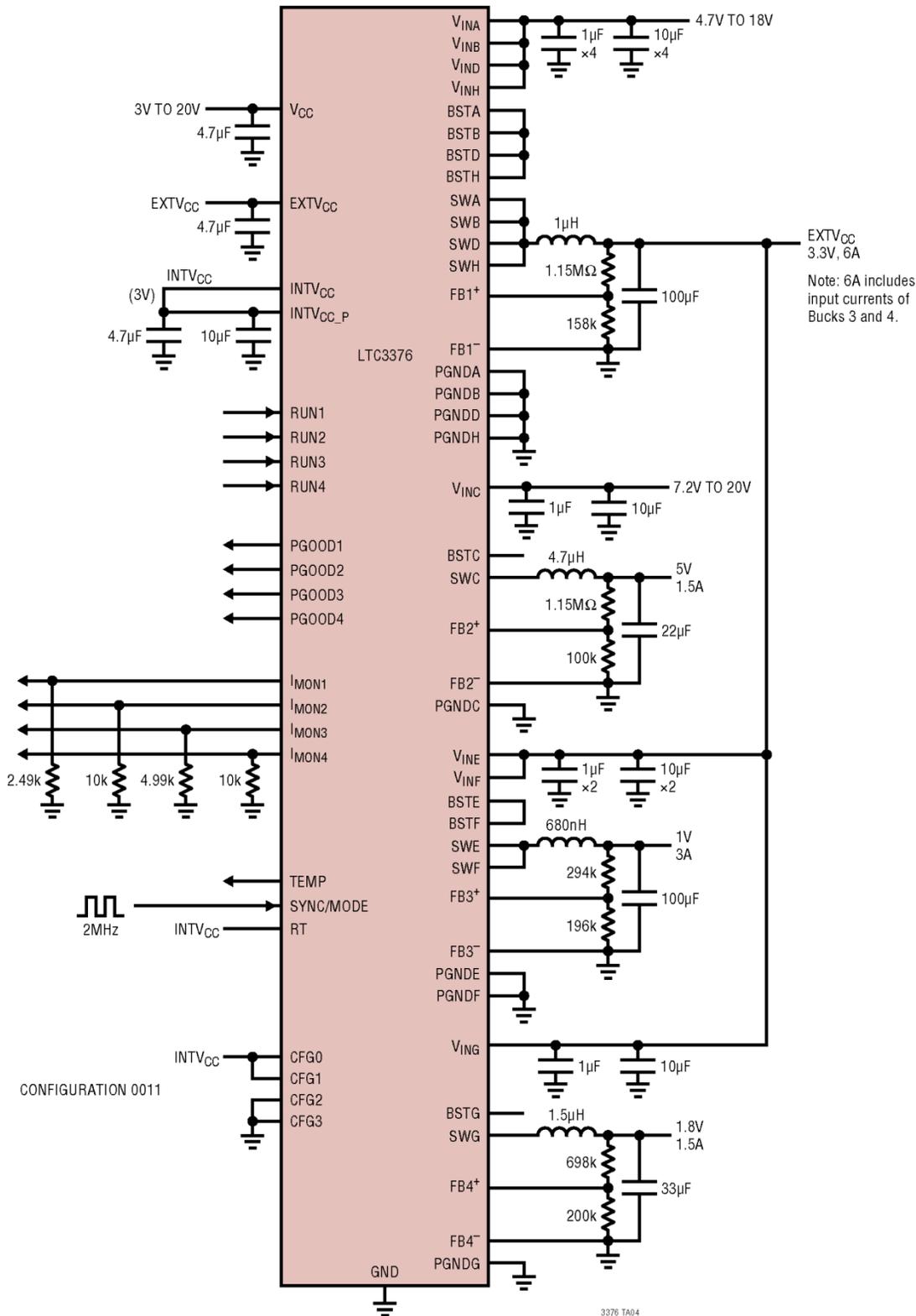
典型应用

带自举 $EXTV_{CC}$ 驱动的四轨 (1.8V/4.5A、2.5V/3A、3.3V/3A、5V/1.5A) 系统

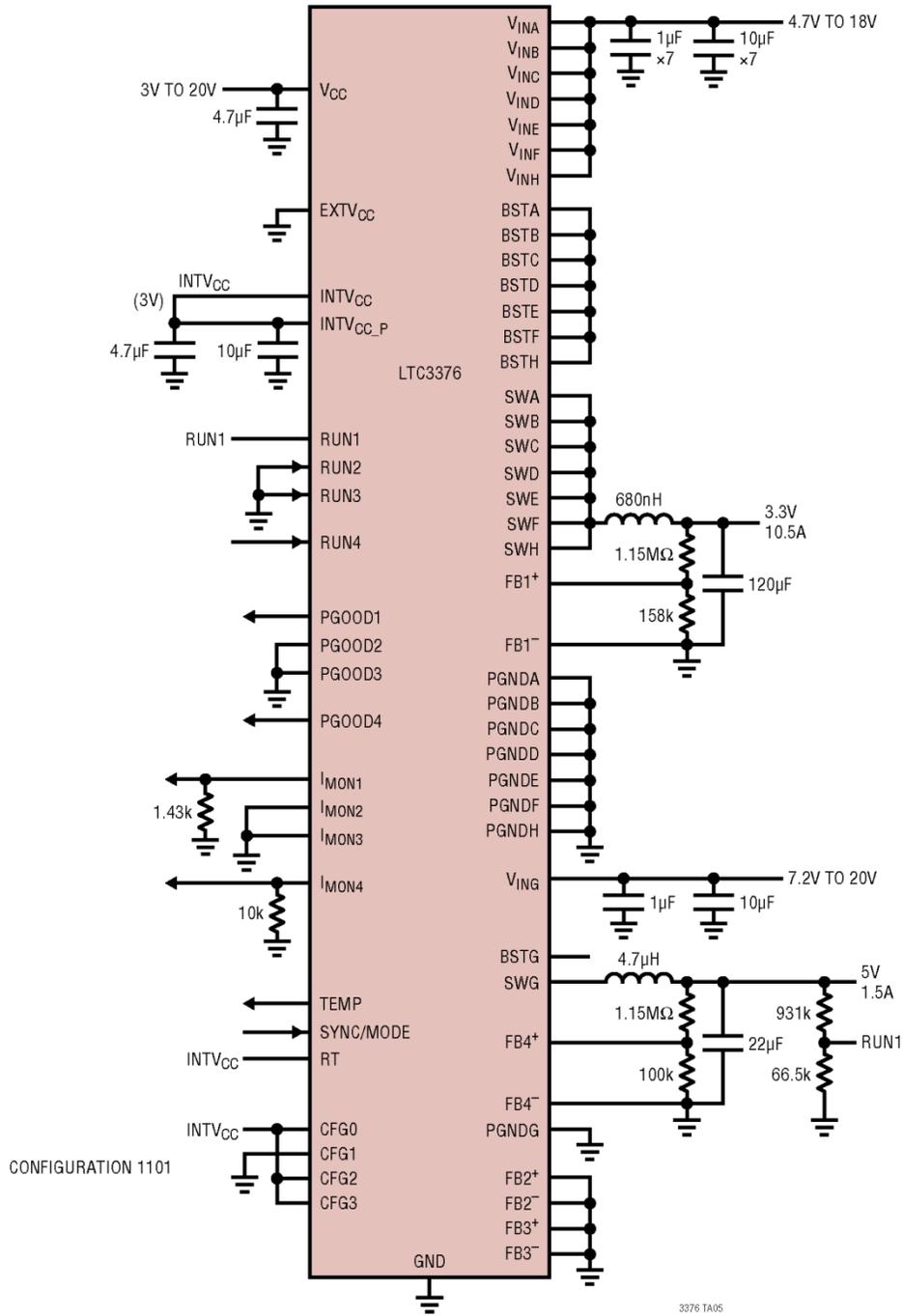


典型应用

带自举 EXT_{V_{CC}} 驱动的四轨 (3.3V/6A、5V/1.5A、1V/3A、1.8V/1.5A) 系统



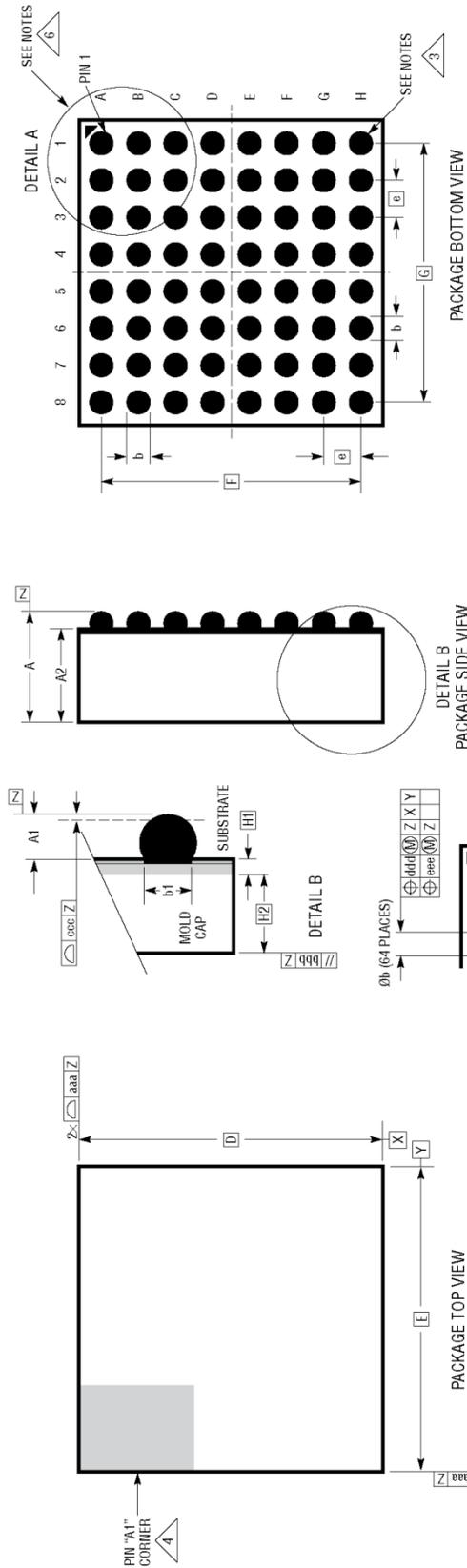
两轨 (3.3V/10.5A、5V/1.5A) 系统



封装说明

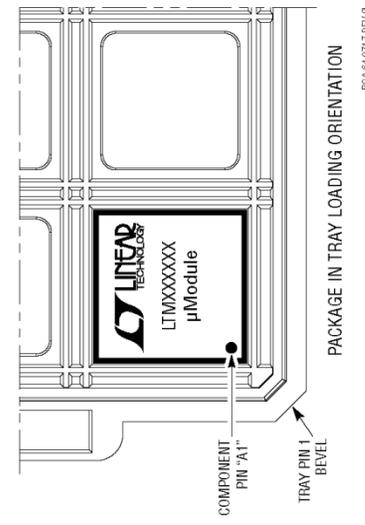
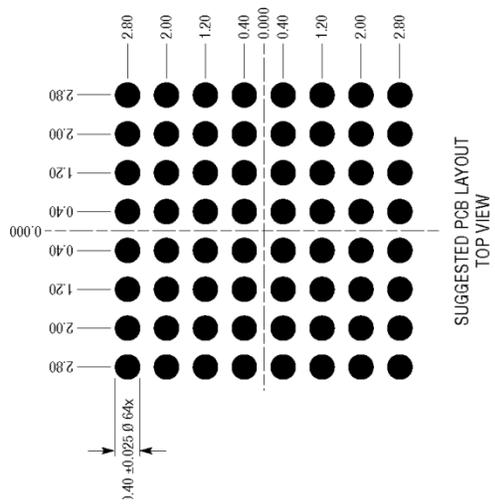
BGA 封装

64 引脚 (7.00mm x 7.00mm x 1.34mm)
(参考 LTC DWG # 05-08-1587 Rev 0)



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M-1994
 2. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 3. BALL DESIGNATION PER JEP95
 4. DETAILS OF PIN #1 IDENTIFIER ARE OPTIONAL, BUT MUST BE LOCATED WITHIN THE ZONE INDICATED. THE PIN #1 IDENTIFIER MAY BE EITHER A MOLD OR MARKED FEATURE
 5. PRIMARY DATUM - Z - IS SEATING PLANE
 6. PACKAGE ROW AND COLUMN LABELING MAY VARY AMONG μ Module PRODUCTS. REVIEW EACH PACKAGE LAYOUT CAREFULLY

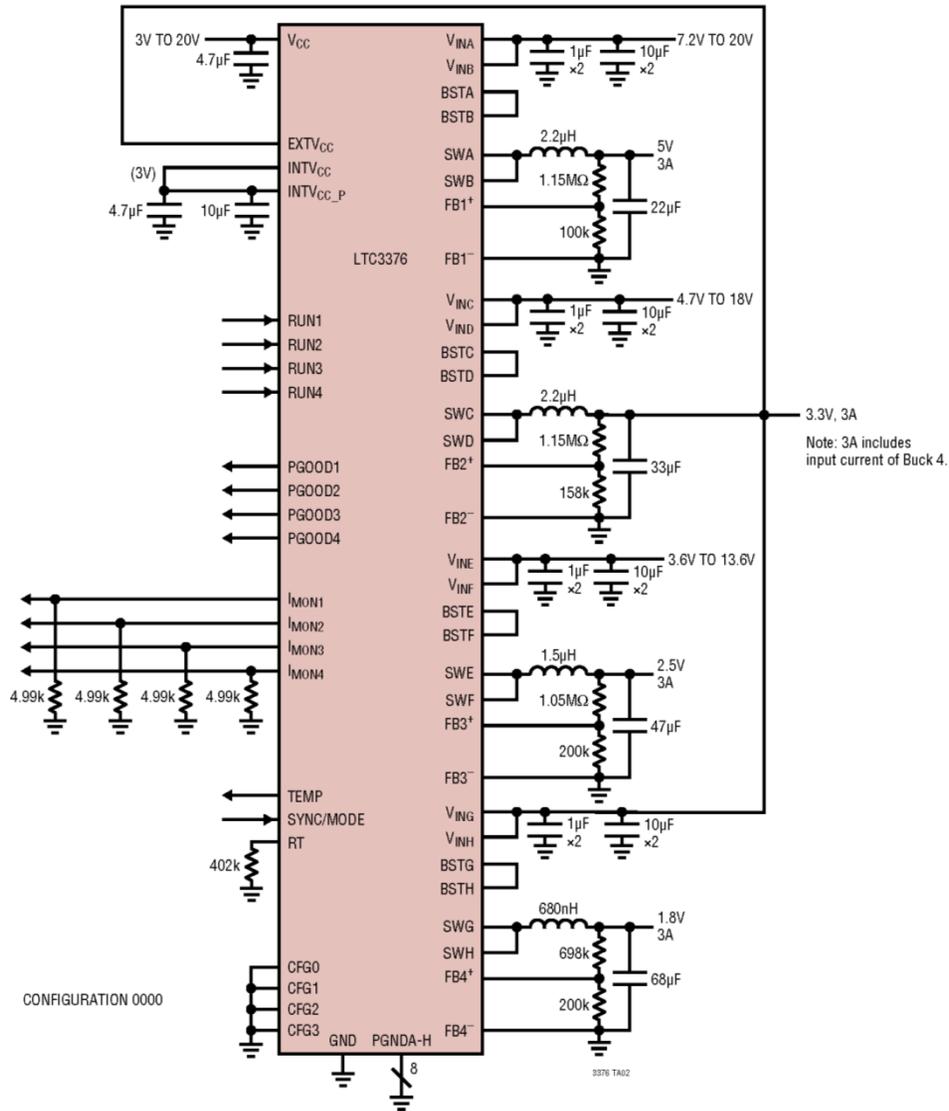
SYMBOL	DIMENSIONS		NOTES
	MIN	NOM	
A	1.15	1.34	1.53
A1	0.30	0.40	0.50
A2	0.85	0.94	1.03
b	0.45	0.50	0.55
b1	0.37	0.40	0.43
D		7.00	
E		7.00	
e		0.80	
F		5.60	
G		5.60	
H1		0.24	SUBSTRATE THK
H2		0.70	MOLD CAP HT
aaa			0.15
bbb			0.20
ccc			0.20
ddd			0.15
eee			0.08
TOTAL NUMBER OF BALLS:			64



EDA 64-0717 REV 0

典型应用

带自举 EXTV_{CC} 驱动的四轨 (5V/3.3V/2.5V/1.8V、3A) 系统



相关器件

产品型号	说明	备注
LTC3370/ LTC3371	4 通道 8A 可配置 1A 降压 DC/DC 转换器	4 个同步降压调节器, 8 个 1A 功率级。使用单个电感最多可并联 4 个功率级以产生高电流输出 (最大 4A)。8 种可能配置, 精密 PGOOD 指示。800mV 反馈调整率。LTC3371 有一个看门狗定时器; 降压器 1 精度 $\pm 1\%$, 其他 $\pm 2.5\%$; LTC3370: 32 引脚 5mm x 5mm QFN。LTC3371: 38 引脚 5mm x 7mm QFN 和 TSSOP。
LTC3374/ LTC3375	8 通道并联 1A 降压 DC/DC 转换器	8 个 1A 同步降压调节器。使用单个电感最多可并联 4 个功率级以产生高电流输出 (最大 4A)。15 种可能配置。800mV 反馈调整率。所有降压器都是 $\pm 2.5\%$ 精度。LTC3375 支持 I ² C 编程, 具有看门狗定时器和按钮; LTC3374: 38 引脚 5mm x 7mm QFN 和 TSSOP, LTC3375: 48 引脚 7mm x 7mm QFN。
LTC3374A	高精度 8 通道并联 1A 降压 DC/DC 转换器	8 个 1A 同步降压调节器。使用单个电感最多可并联 4 个功率级以产生高电流输出 (最大 4A); 15 种可能配置。800mV 反馈调整率。降压器 1 精度 $\pm 1\%$, 其他 $\pm 2\%$; PGOOD 中包含过压监控器。

