MIC28514

具备外部软启动功能的 75V/5A Hyper Speed Control®同步直流/直流降压稳压器

特性

- 超高速控制（Hyper Speed Control®）架构可实现：
  - 较高的输入输出电压转换比（V_{IN} = 75V，V_{OUT} = 0.6V）
  - 较小的输出电容值
- 输入电压范围：4.5V至75V
- 5A输出电流，最高效率为95%
- 可调输出电压范围：0.6V至32V
- ±1%的反馈电压精度
- Any Capacitor™稳定性功能：
  - 零ESR至高ESR输出电容
- 可调开关频率范围：270 kHz至800 kHz
- 内部补偿
- 内置5V稳压器，支持单电源供电
- 辅助自举LDO，提高系统效率
- 内部自举二极管
- 可调软启动时间
- 可编程电流限值
- 打嗝（Hiccup）模式短路保护
- 热关断
- 支持安全启动进入预偏置输出
- 工作结温范围：-40°C至+125°C
- 采用32引脚、6 mm x 6 mm VQFN封装

应用

- 分布式电源系统
- 通信/网络基础设施
- 工业电源
- 太阳能

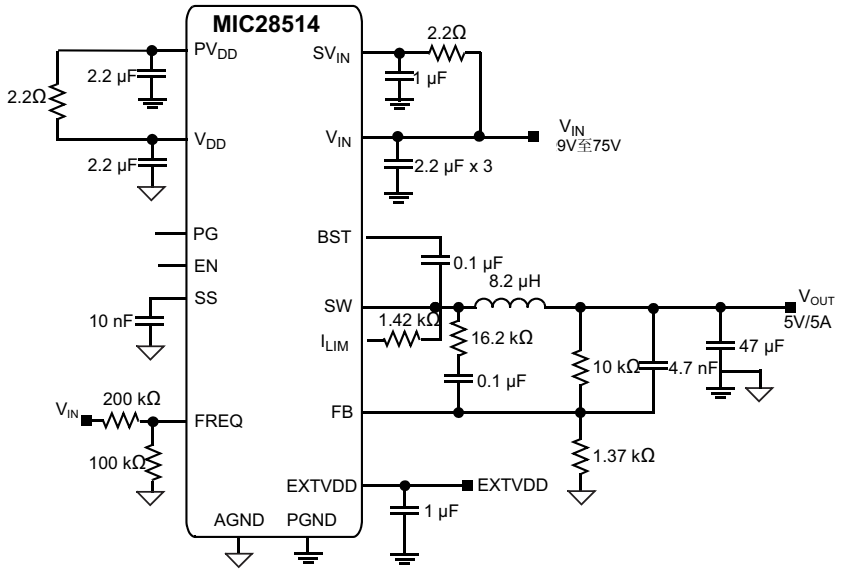
概述

MIC28514是一种频率可调的同步降压稳压器，具有独特的自适应导通时间控制架构。MIC28514可在4.5V至75V输入电压范围内工作，并提供最高5A的稳定输出电流。输出电压可调低至0.6V，并保证±1%的精度。

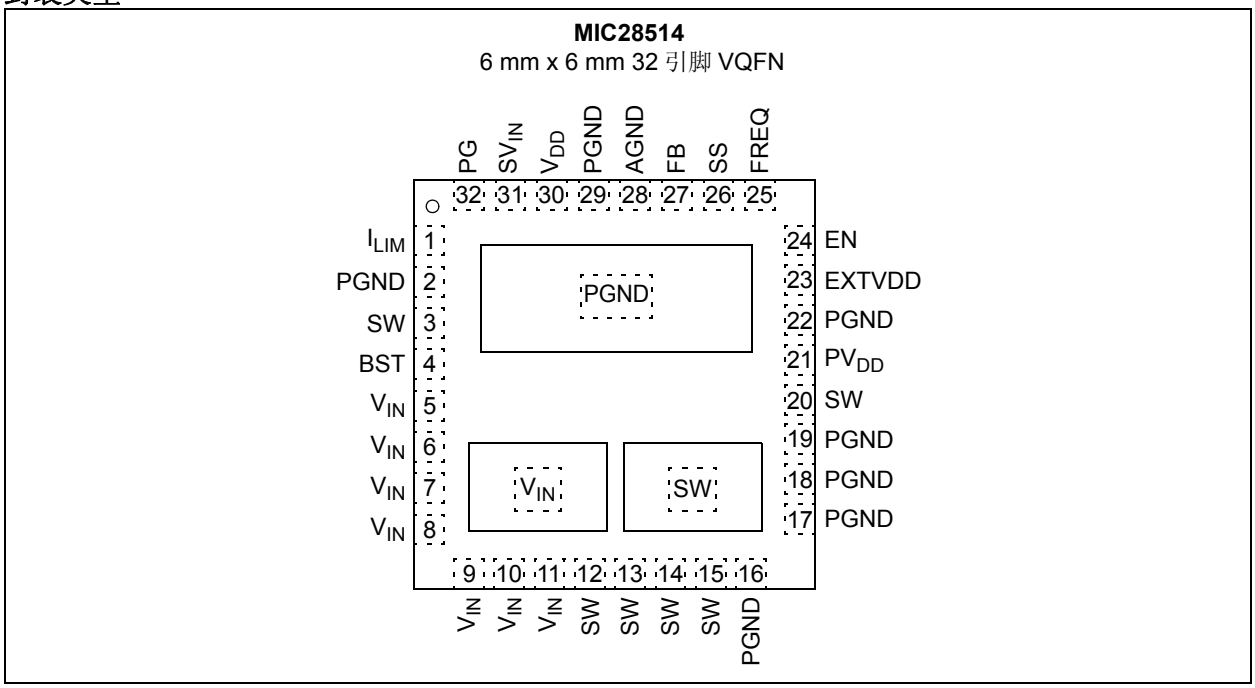
超高速控制架构可实现超快速瞬态响应，同时降低输出电容值，还可实现高V_{IN}/低V_{OUT}操作。自适应导通时间控制架构集固定频率操作和快速瞬态响应的优势于一身。

MIC28514提供全套保护功能，以确保在故障条件下保护集成电路（Integrated Circuit，IC）。这些功能包括在电源电压跌落条件下确保正常工作的欠压锁定（Undervoltage Lockout，UVLO）、降低浪涌电流的软启动、“打嗝”模式短路保护以及热关断。

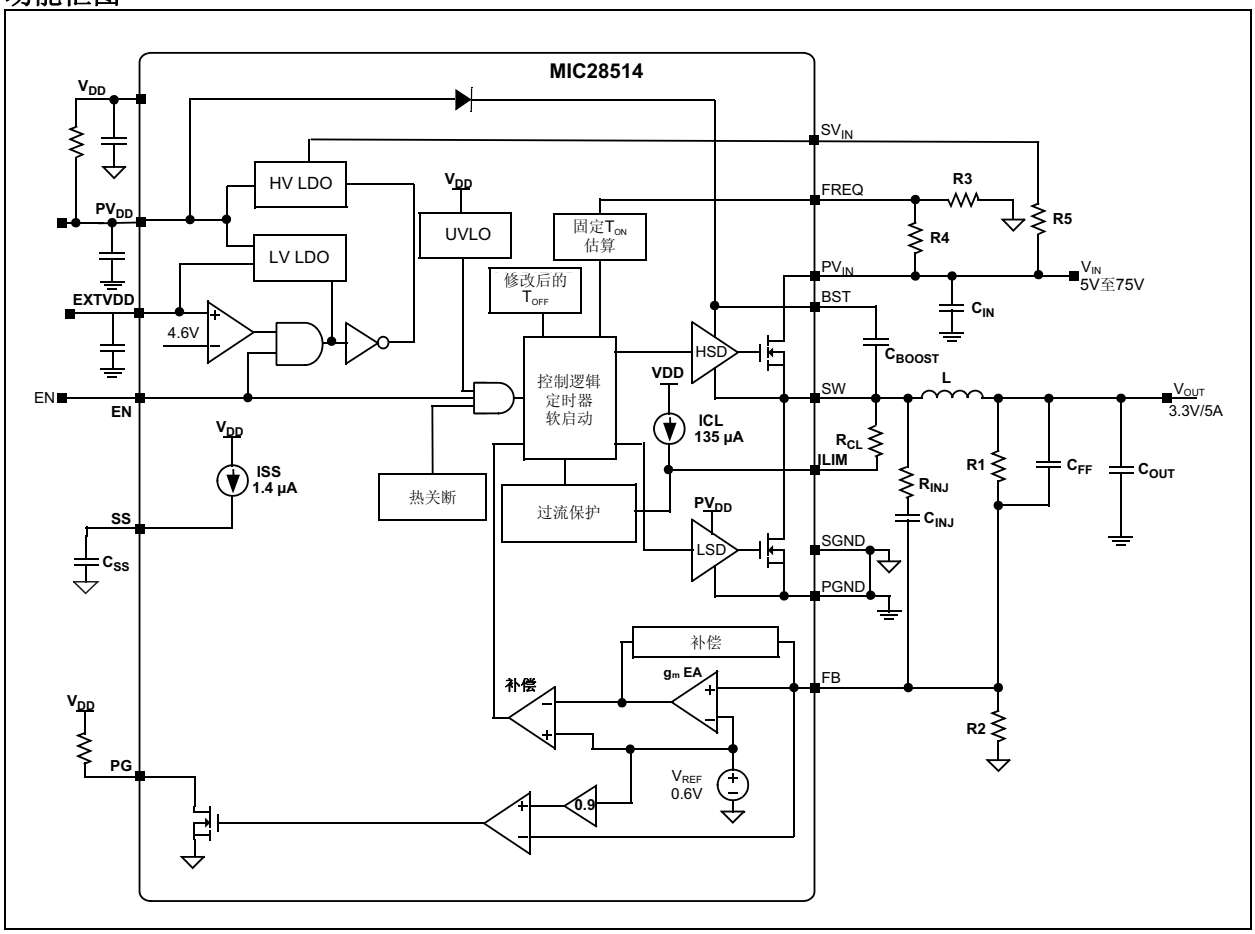
典型应用电路



封装类型



功能框图



© 2018 Microchip Technology Inc.

1.0 电气特性

绝对最大值†

PV_{IN}、SV_{IN}、FREQ至PGND .....-0.3V至+76V
PV_{DD}、V_{DD}至PGND .....-0.3V至+6V
SW、I_{LIM}至PGND ..... -0.3V至（PV_{IN} + 0.3V）
V_{BST}至V_{SW} .....-0.3V至+6V
V_{BST}至PGND .....-0.3V至+82V
EN至AGND ..... -0.3V至（SV_{IN} + 0.3V）
FB、PG至AGND.....-0.3V至（V_{DD} + 0.3V）
EXTVDD至AGND .....-0.3V至+12V
PGND至SGND.....-0.3V至+0.3V
结温 ..... +150°C
储存温度..... -65°C至+150°C
ESD额定值（1） ..... 1 kV

工作额定值‡

电源电压（SV_{IN}、PV_{IN}）.....4.5V至75V
偏置电压（PV_{DD}、V_{DD}）.....4.5V至5.5V
EN、FB和PG.....0V至V_{DD}
EXTVDD 0V至12V
结温 ..... -40°C至+125°C

† **注意：**如果器件的工作条件超过上述“绝对最大值”，可能对器件造成永久性损坏。上述值仅代表本规范规定的极限工作条件，不代表器件在上述极限值或超出极限值的情况下仍可正常工作。器件长时间工作在最大值条件下，其可靠性可能受到影响。

‡ **注意：**无法保证器件在超出工作额定值的情况下仍可正常工作。

注1： 器件对ESD非常敏感。建议采取处理预防措施。使用人体模式，将1.5 kΩ电阻与100 pF电容串联。

电气特性（1）

电气特性：除非另外说明，否则PV_{IN} = 12V，V_{OUT} = 5V，V_{DD} = 5V，$V_{BST} – V_{SW}$ = 5V；f_{SW} = 300 kHz，R_{CL} = 1.42 kΩ，L = 8.2 µH；T_A = +25°C。**粗体**值表示-40°C ≤ T_J ≤ +125°C。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
电源输入						
输入电压范围	PV_{IN}、SV_{IN}	**4.5**	—	**75**	V	
V_{DD}偏置电压						
工作偏置电压	V_{DD}	**4.8**	5.1	**5.4**	V	
欠压锁定跳变电压	UVLO	**3.7**	4.2	**4.6**	V	V_{DD}上升
UVLO滞后	UVLO_HYS	—	600	—	mV	
V_{DD}电压差		700	—	1250	mV	V_{IN} = 5.5V，I_{PVDD} = 25 mA
EXTVDD切换电压		**4.4**	4.6	**4.8**	V	
EXTVDD切换滞后		—	0.2	—	V	
静态电源电流	I_Q	—	1.25	—	mA	V_{FB} = 1.5V
关断电源电流	I_{QSHDN}	—	0.15	**2**	µA	V_{IN}供电，V_{EN} = 0V
		—	35	**60**	µA	V_{IN} = V_{DD} = 5.5V，V_{EN} = 0V

注1： 规范值仅针对已封装的产品。
2： 对I_{CL}进行调整，以获得室温条件下的电流限值。

电气特性[1]（续）

电气特性：除非另外说明，否则PV_{IN} = 12V，V_{OUT} = 5V，V_{DD} = 5V，$V_{BST} – V_{SW}$ = 5V；f_{SW} = 300 kHz，R_{CL} = 1.42 kΩ，L = 8.2 µH；T_A = +25°C。**粗体**值表示-40°C ≤ T_J ≤ +125°C。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
参考						
反馈参考电压	V_{FB}	**0.597**	0.6	**0.603**	V	T_J = +25°C
		0.594	0.6	**0.606**		-40°C ≤ T_J ≤ +125°C
负载调整率	—	—	0.04	—	%	I_{OUT} = 0A至5A
电压调整率	—	—	0.1	—	%	PV_{IN} = 7V至75V
FB偏置电流	I_{FB_BIAS}	**—**	0.05	**0.5**	µA	V_{FB} = 0.6V
使能控制						
EN逻辑高电平	EN_{HIGH}	**1.6**	—	—	V	
EN逻辑低电平	EN_{LOW}	—	—	**0.6**	V	
EN偏置电流	I_{ENBIAS}	—	6	**30**	µA	V_{EN} = 0V
导通定时器						
最大开关频率	FREQ	720	800	880	kHz	FREQ = PV_{IN}，I_{OUT} = 5A
最小开关频率	FREQ	**230**	270	**300**	kHz	FREQ = 33% PV_{IN}
最大占空比	D_{MAX}	—	85	—	%	V_{FB} = 0V，FREQ = PV_{IN}（注1）
最小占空比	D_{MIN}	—	0	—	%	V_{FB} > 0.6V
最短关断时间	$t_{OFF(MIN)}$	100	200	**300**	ns	
最短导通时间	$t_{ON(MIN)}$		60	—	ns	
软启动						
软启动电流源	I_{SS}	**0.8**	1.4	**3**	µA	
软启动周期范围	—	**2.5**		**40**	ms	
电流限制						
电流限制	I_{CLIM}	5.5	6.25	7	A	R_{CL} = 1.42 kΩ（注2）
I_{LIM}源电流	I_{CL}	—	135	—	µA	
I_{LIM}源电流温度系数	—	—	0.3	—	µA/°C	
内部FET						
最高MOSFET $R_{DS(ON)}$	$R_{DS(ON)}$	—	25	—	mΩ	
最低MOSFET $R_{DS(ON)}$	$R_{DS(ON)}$	—	25	—	mΩ	
SW泄漏电流	I_{SWLEAK}	—	—	**5**	µA	PV_{IN} = 48V，V_{EN} = 0V
PV_{IN}泄漏电流	$I_{VINLEAK}$	—	—	**10**	µA	PV_{IN} = 48V，V_{EN} = 0V
BST泄漏电流	$I_{BSTLEAK}$	—	—	**10**	µA	PV_{IN} = 48V，V_{EN} = 0V
电源正常（PG）						
PG阈值	V_{PG_TH}	**85**	90	**95**	%	V_{FB}上升
PG阈值滞后	V_{PG_HYS}	—	6	—	%	V_{FB}下降
PG延迟时间	t_{PG_DLY}	—	150	—	µs	V_{FB}上升
PG低电压	V_{PG_LOW}	—	70	**200**	mV	V_{FB} < 90% × V_{NOM}，I_{PG} = 1 mA
热保护						
过温关断	T_{SHD}	—	150	—	°C	T_J上升
过温关断滞后	T_{SHD_HYS}	—	15	—	°C	

注1： 规范值仅针对已封装的产品。

2： 对I_{CL}进行调整，以获得室温条件下的电流限值。

© 2018 Microchip Technology Inc.

温度规范

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
温度范围						
结温工作温度	T_J	-40	—	+125	°C	（注1）
储存温度范围	T_S	-65	—	+150	°C	
结温	T_J	—	—	+150	°C	
引脚温度	—	—	—	+260	°C	焊接，10s
封装热阻						
热阻，6 mm x 6 mm，QFN-32LD	θ_{JA}	—	33.3	—	°C/W	

注1： 允许的最大功耗为环境温度、允许的最高结温以及结到空气热阻（即T_A、T_J和θ_{JA}）的函数。如果超出允许的最大功耗，则会导致器件工作结温超过+125°C的最大额定值。结温长时间维持在+125°C以上会影响器件的可靠性。

注：

© 2018 Microchip Technology Inc.

2.0 典型特性曲线

注：	以下图表为基于有限数量样本的统计结果，仅供参考。此处列出的性能特性未经测试，不做任何担保。在一些图表中，所列数据可能超出规定的工作范围（如，超出规定的电源电压范围），因而不在担保范围内。

注：除非另外说明，否则V_{IN} = 12V， V_{OUT} = 5V， I_{OUT} = 0A， f_{SW} = 300 kHz， R_{CL} = 1.42 kΩ， L = 8.2 µH。

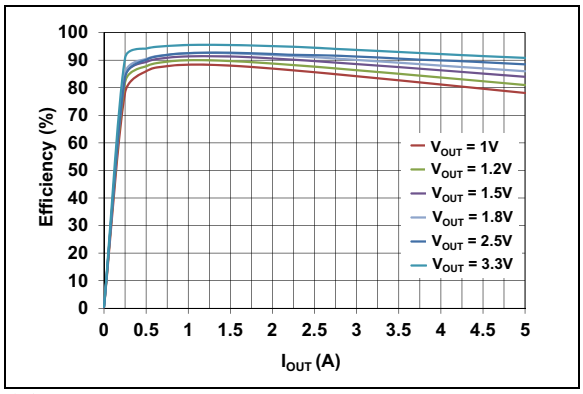


图 2-1：　效率—输出电流（V_{IN} = 5V）

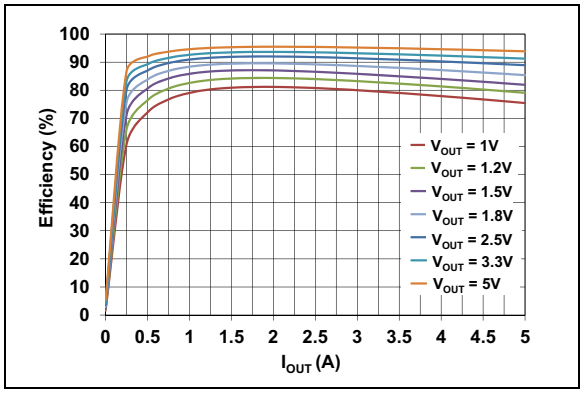


图 2-2：　效率—输出电流（V_{IN} = 12V）

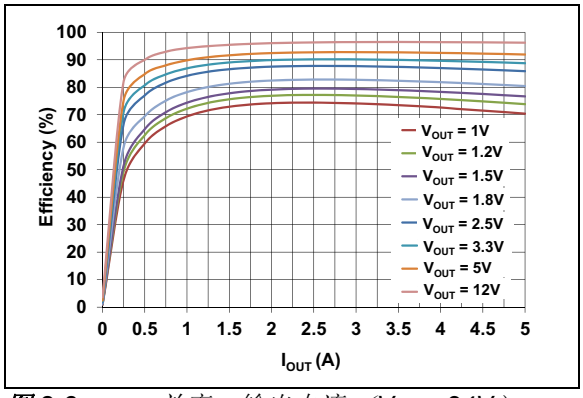


图 2-3：　效率—输出电流（V_{IN} = 24V）

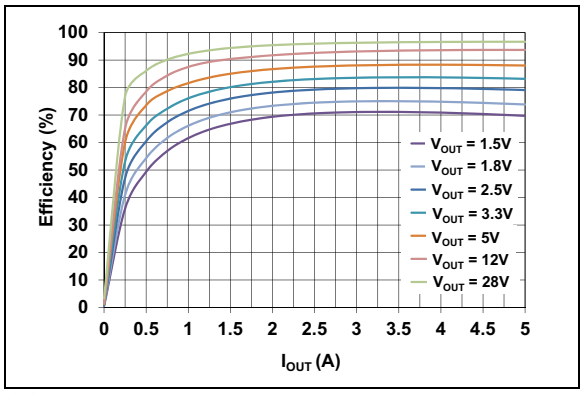


图 2-4：　效率—输出电流（V_{IN} = 48V）

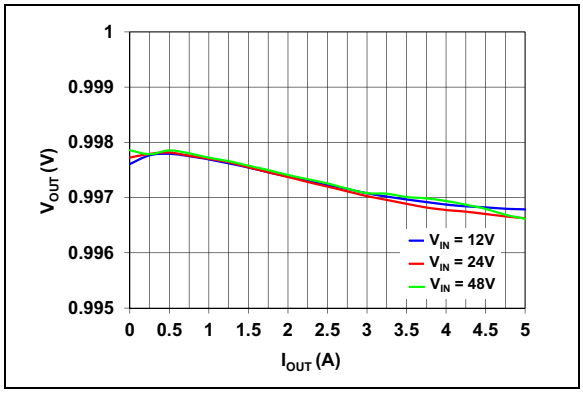


图 2-5：　输出电压—输出电流（V_{OUT} = 1V）

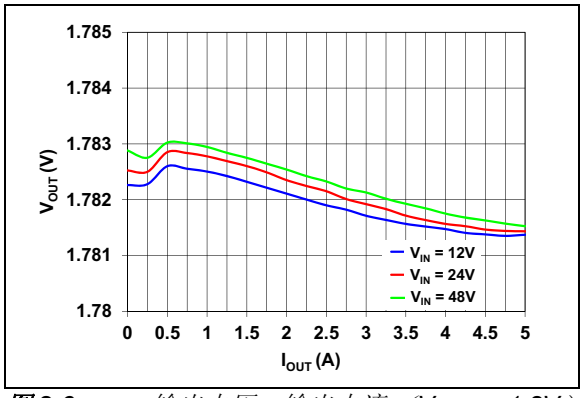


图 2-6：　输出电压—输出电流（V_{OUT} = 1.8V）

注：除非另外说明，否则V_{IN} = 12V， V_{OUT} = 5V， I_{OUT} = 0A， f_{SW} = 300 kHz， R_{CL} = 1.42 kΩ， L = 8.2 μH。

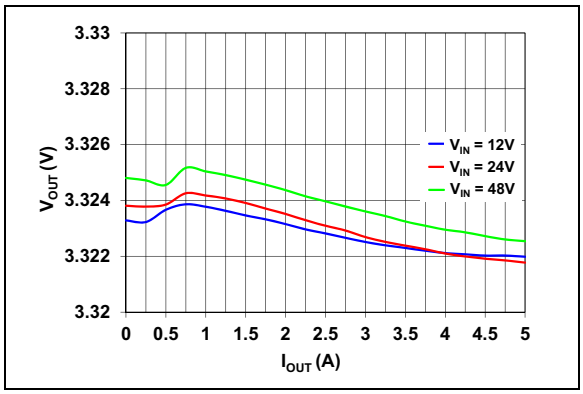


图 2-7： *输出电压—输出电流（V_{OUT} = 3.3V）*

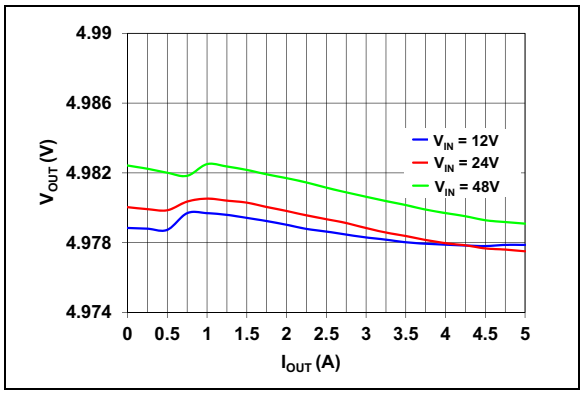


图 2-8： *输出电压—输出电流（V_{OUT} = 5V）*

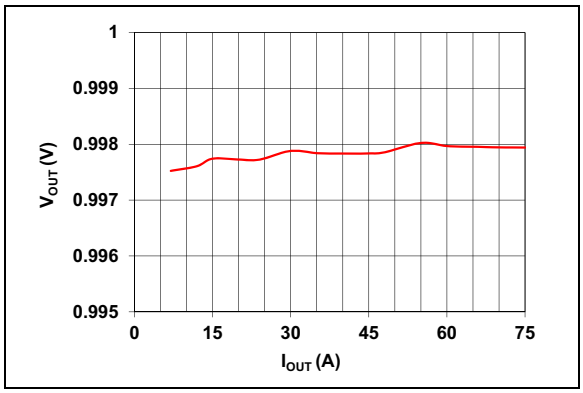


图 2-9： *输出电压—输入电压（V_{OUT} = 1V）*

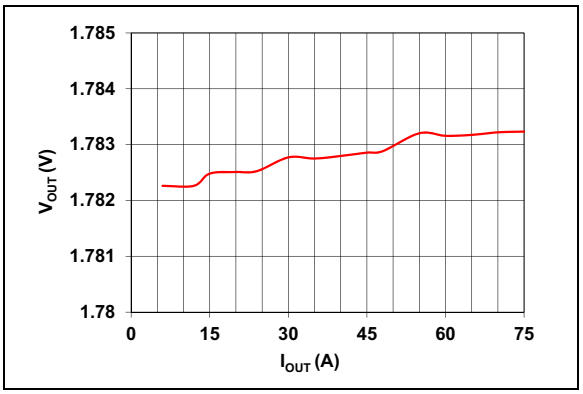


图 2-10： *输出电压—输入电压（V_{OUT} = 1.8V）*

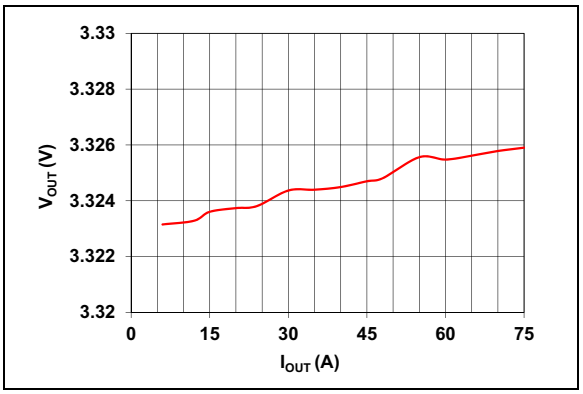


图 2-11： *输出电压—输入电压（V_{OUT} = 3.3V）*

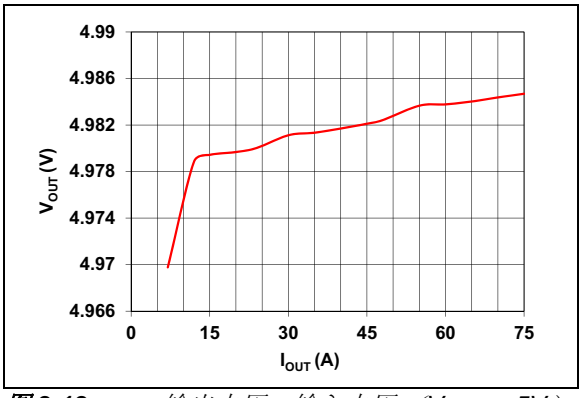


图 2-12： *输出电压—输入电压（V_{OUT} = 5V）*

© 2018 Microchip Technology Inc.

注：除非另外说明，否则V_{IN} = 12V， V_{OUT} = 5V， I_{OUT} = 0A， f_{SW} = 300 kHz， R_{CL} = 1.42 kΩ， L = 8.2 μH。

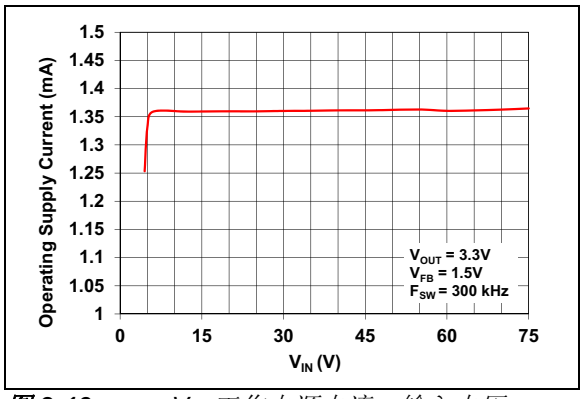


图 2-13：　　V_{IN}工作电源电流—输入电压

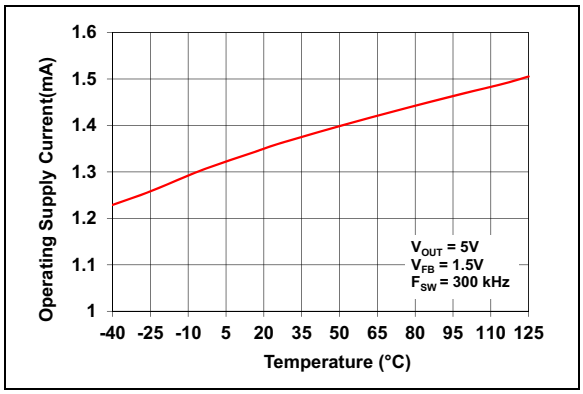


图 2-14：　　V_{IN}工作电源电流—温度

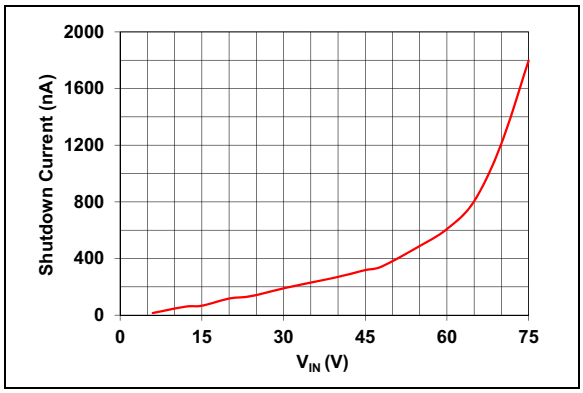


图 2-15：　　V_{IN}关断电流—输入电压

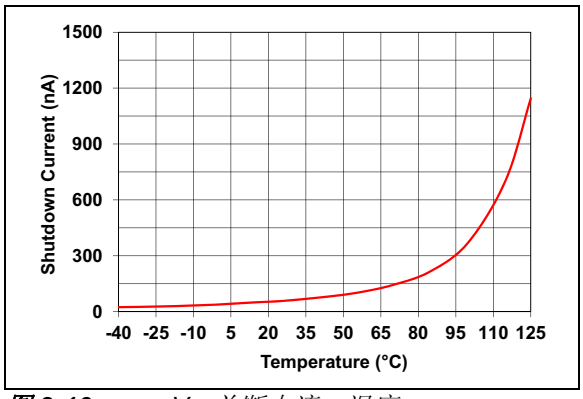


图 2-16：　　V_{IN}关断电流—温度

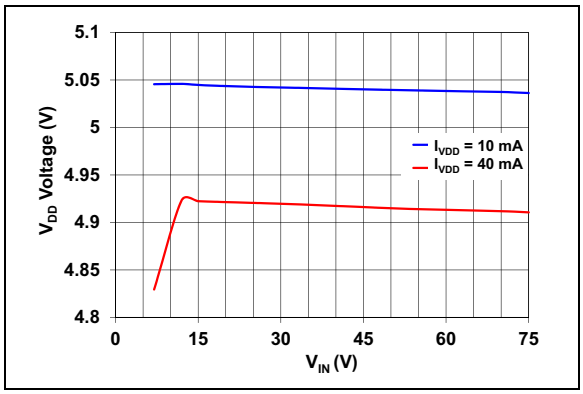


图 2-17：　　V_{DD}电压—输入电压

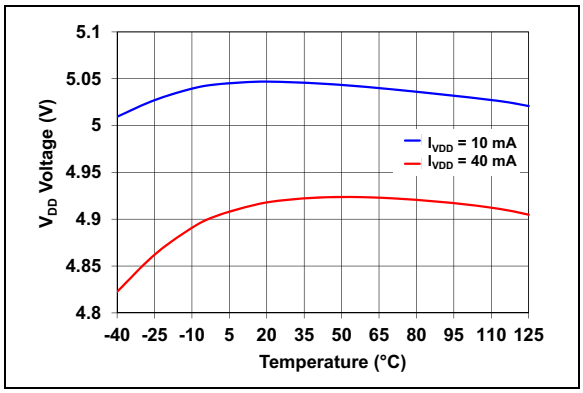


图 2-18：　　V_{DD}电压—温度

注：除非另外说明，否则V_{IN} = 12V， V_{OUT} = 5V， I_{OUT} = 0A， f_{SW} = 300 kHz， R_{CL} = 1.42 kΩ， L = 8.2 μH。

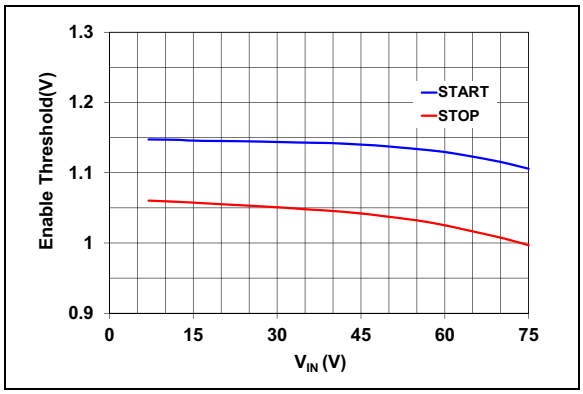


图 2-19：　　使能阈值—输入电压

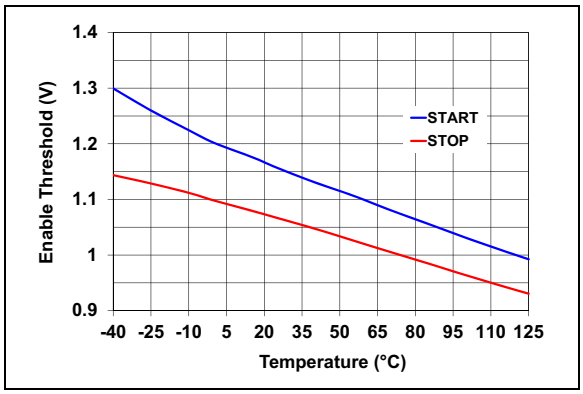


图 2-20：　　使能阈值—温度

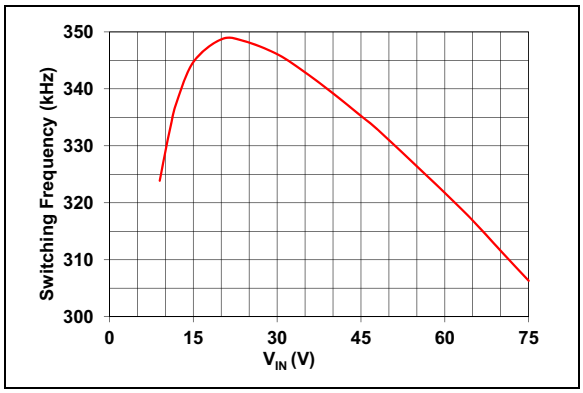


图 2-21：　　开关频率—输入电压

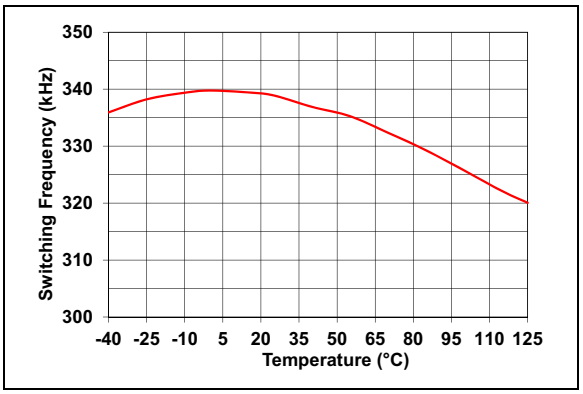


图 2-22：　　开关频率—温度

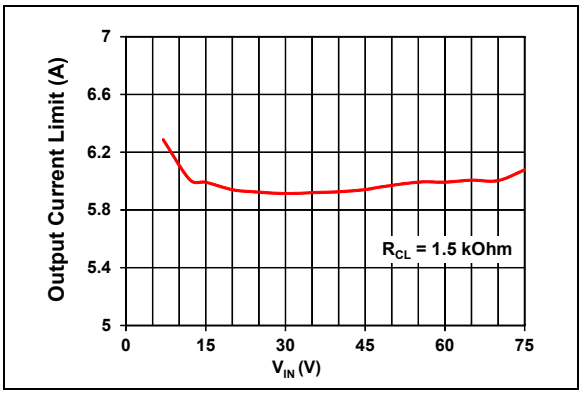


图 2-23：　　输出电流限值—输入电压

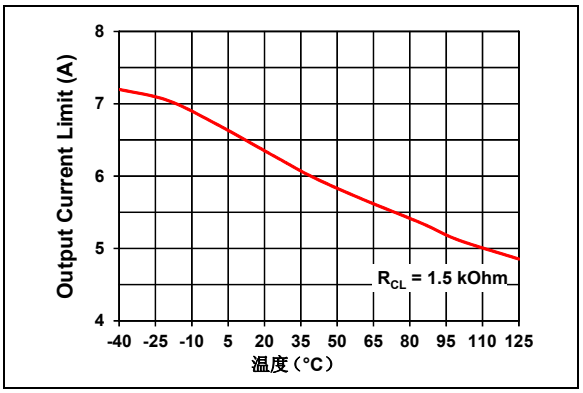


图 2-24：　　输出电流限值—温度

© 2018 Microchip Technology Inc.

注：除非另外说明，否则V_{IN} = 12V， V_{OUT} = 5V， I_{OUT} = 0A， f_{SW} = 300 kHz， R_{CL} = 1.42 kΩ， L = 8.2 μH。

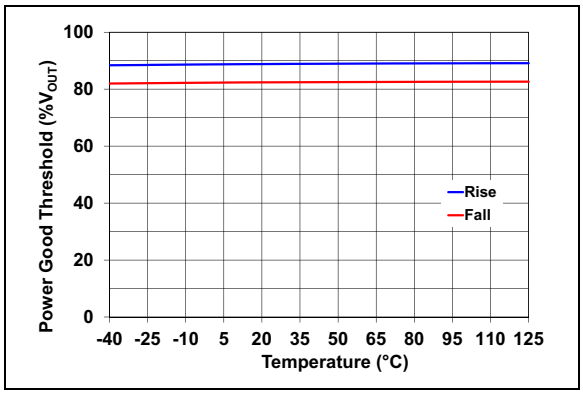


图 2-25：　电源正常阈值—温度

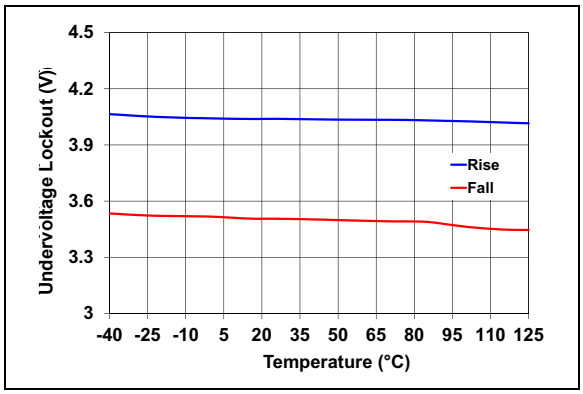


图 2-26：　欠压锁定—温度

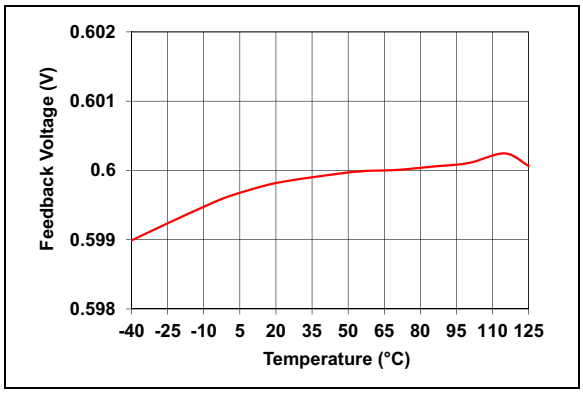


图 2-27：　反馈电压—温度

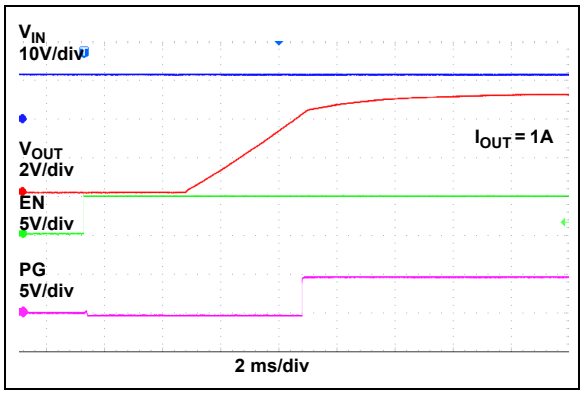


图 2-28：　使能导通和上升时间

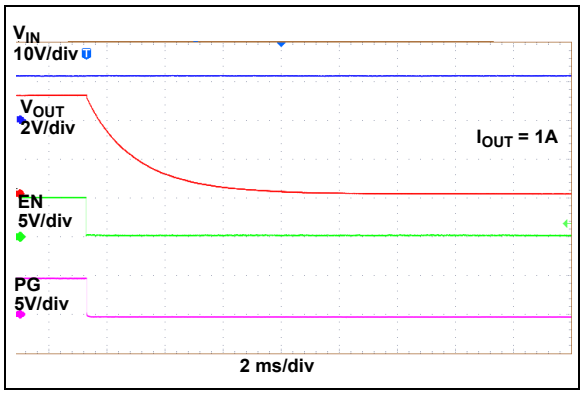


图 2-29：　使能关断

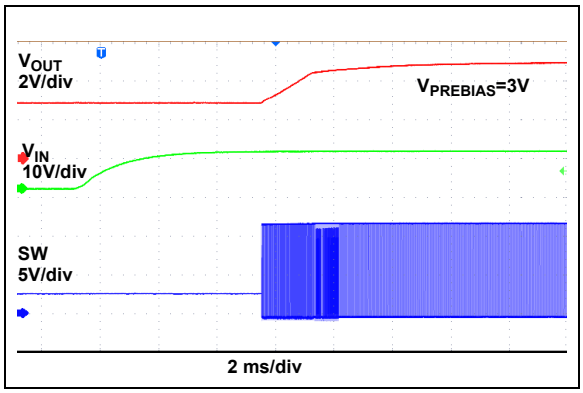


图 2-30：　V_{IN}启动进入预偏置输出

注：除非另外说明，否则V_{IN} = 12V， V_{OUT} = 5V， I_{OUT} = 0A， f_{SW} = 300 kHz， R_{CL} = 1.42 kΩ， L = 8.2 µH。

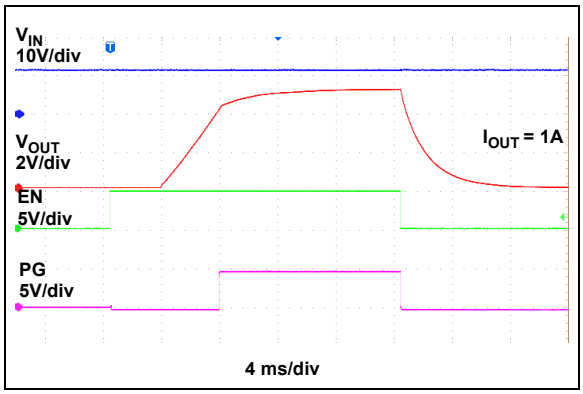


图 2-31：　　使能导通和关断

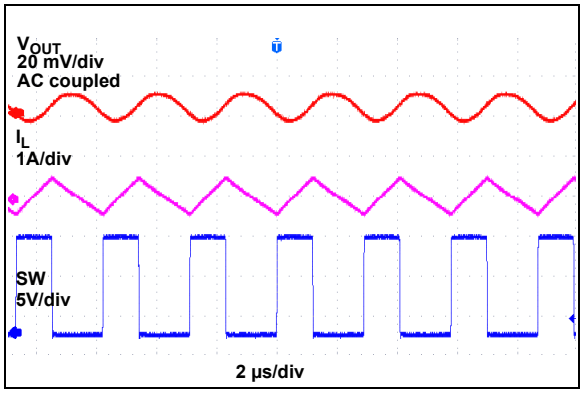


图 2-32：　　开关波形 （I_{OUT} = 0A）

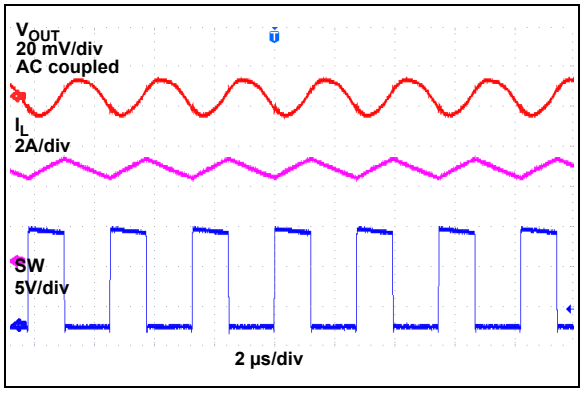


图 2-33：　　开关波形 （I_{OUT} = 5A）

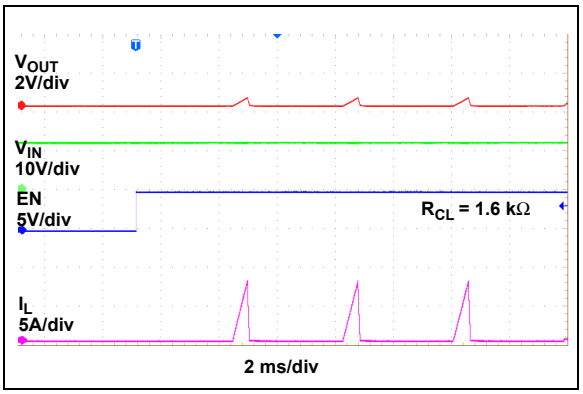


图 2-34：　　使能进入短路

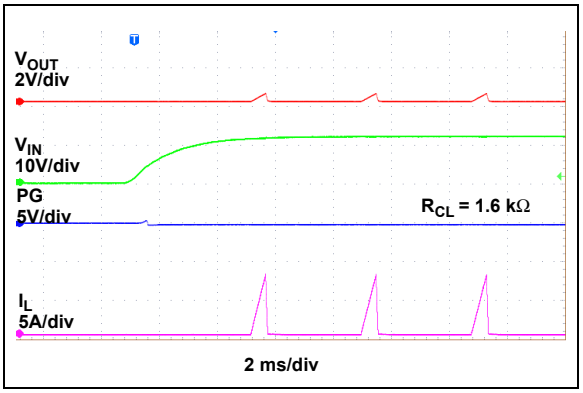


图 2-35：　　上电到短路

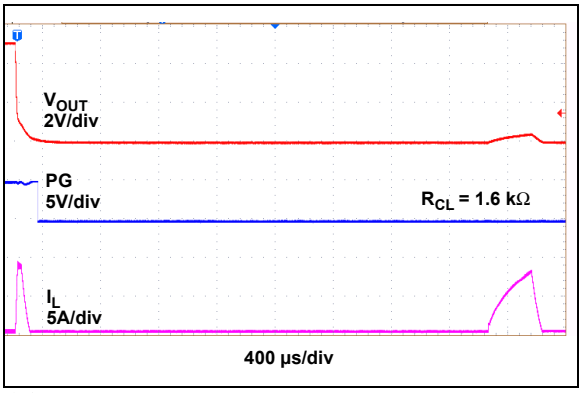


图 2-36：　　进入短路时的行为

© 2018 Microchip Technology Inc.

注：除非另外说明，否则V_{IN} = 12V， V_{OUT} = 5V， I_{OUT} = 0A， f_{SW} = 300 kHz， R_{CL} = 1.42 kΩ， L = 8.2 µH。

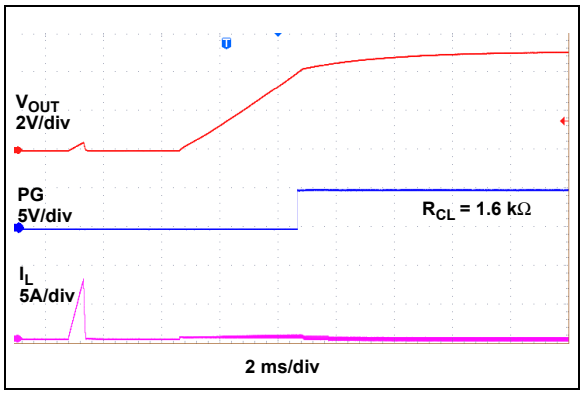


图 2-37：　从短路恢复

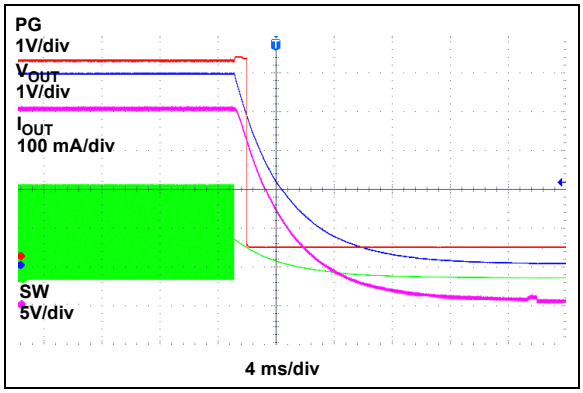


图 2-38：　进入热关断时的行为

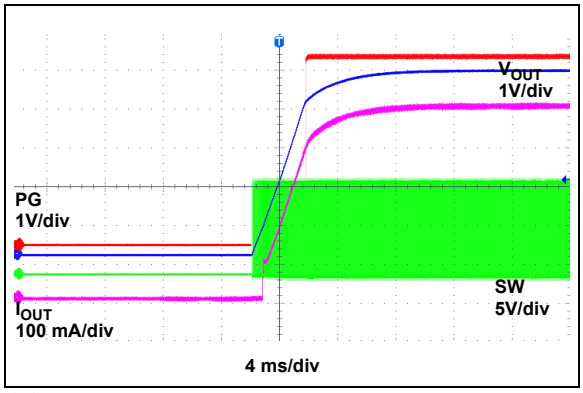


图 2-39：　从热关断恢复

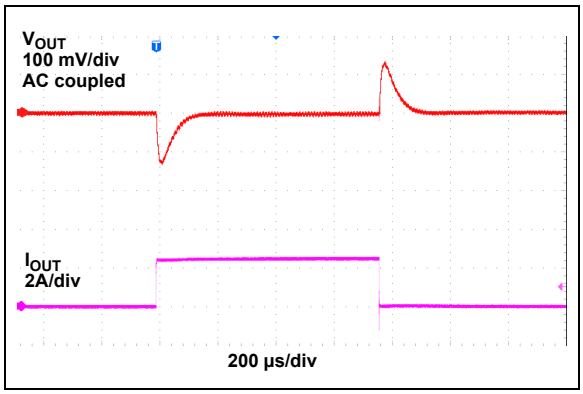


图 2-40：　负载瞬态响应　（0至2.5A）

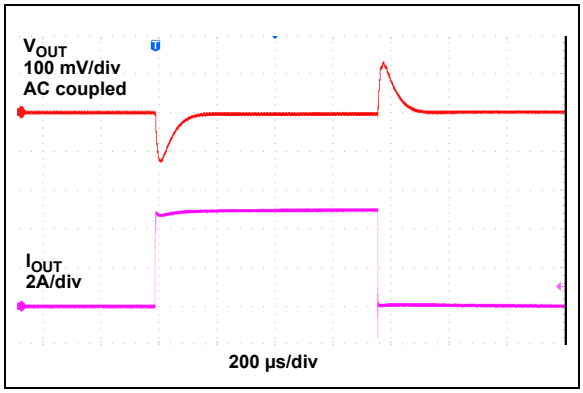


图 2-41：　负载瞬态响应　（0至5A）

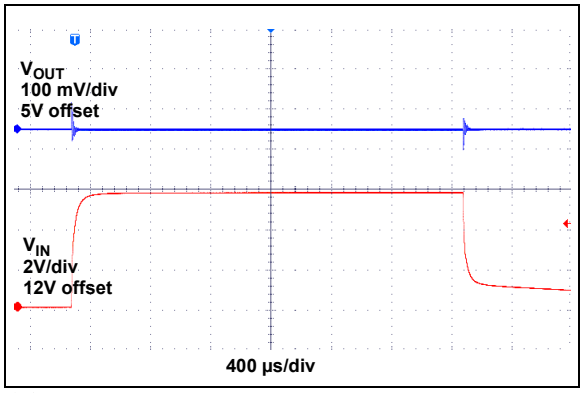


图 2-42：　线路瞬态响应　（12V至18V）

注：除非另外说明，否则V_{IN} = 12V， V_{OUT} = 5V， I_{OUT} = 0A， f_{SW} = 300 kHz， R_{CL} = 1.42 kΩ， L = 8.2 µH。

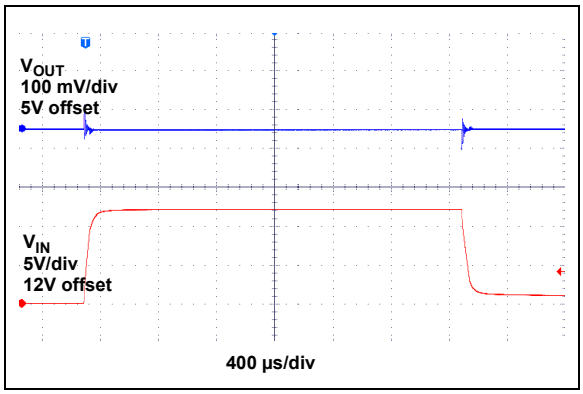


图 2-43：　线路瞬态响应（12V至24V）

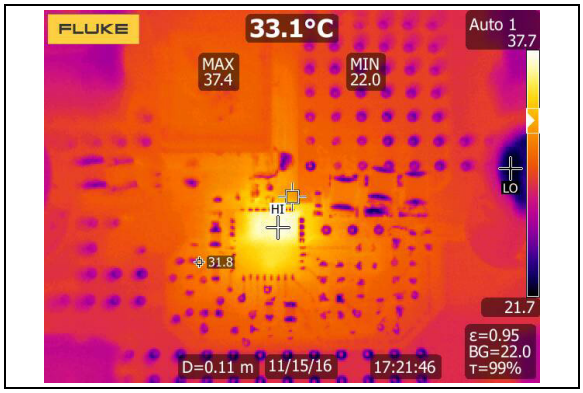


图 2-44：　热图（I_{OUT} = 2.5A）

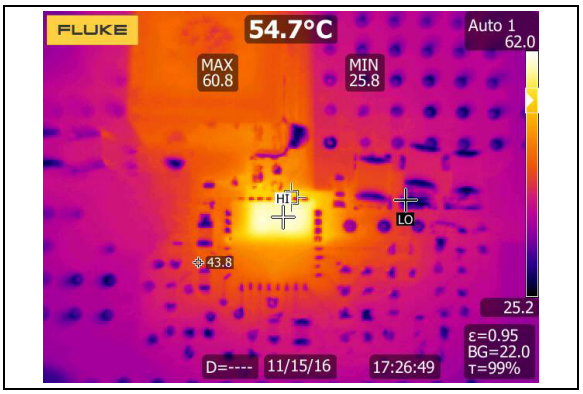


图 2-45：　热图（I_{OUT} = 5A）

© 2018 Microchip Technology Inc.

3.0 引脚说明

表3-1列出了引脚说明。

表 3-1： 引脚功能表

引脚编号	符号	说明
1	I_{LIM}	电流限制调节输入。在I_{LIM}和SW节点之间连接一个电阻以设置电流限制。请参考**第4.3节“电流限制”**以了解更多详细信息。
2、16、17、18、19、22和29	PGND	电源地。PGND是MIC28514降压转换器功率级的接地路径。PGND引脚连接到下桥臂N沟道内部MOSFETN的源级、输入电容的负极和输出电容的负极。应尽可能缩小电源地回路，并独立于模拟地（Analog Ground，AGND）回路。
3、12、13、14、15和20	SW	开关节点（输出）。上桥臂MOSFET源极和下桥臂MOSFET漏极的内部连接。将电感的一端连接到SW节点。
4	BST	自举引脚（输出）。自举电压连接上桥臂N沟道内部MOSFET驱动器。在PV_{DD}引脚与BST引脚之间连接一个内部二极管。在BST引脚与SW引脚之间连接一个0.1 µF自举电容。
5、6、7、8、9、10和11	PV_{IN}	上桥臂内部N沟道MOSFET漏极连接（输入）。PV_{IN}工作电压范围为4.5V至75V。PV_{IN}引脚与电源地（PGND）之间需要输入电容，连接应保持最短。
21	PV_{DD}	MOSFET驱动器的电源。通过一个2Ω串联电阻连接到V_{DD}。在PV_{DD}和PGND之间连接一个最小为4.7 µF的低ESR陶瓷电容。
23	EXTVDD	辅助LDO输入。连接到一个高于4.7V（典型值）的电源，以旁路内部高电压LDO或与地断开连接/保持连接。 当EXTVDD连接到外部电源时，在EXTVDD与PGND之间连接一个2.2 µF低ESR陶瓷电容。
24	EN	使能（输入）。输出的逻辑电平控制。EN引脚兼容CMOS。逻辑高电平 = 使能，逻辑低电平 = 关闭。处于关闭状态时，器件的V_{DD}电源电流将会降低。不能将EN引脚上拉至超过V_{DD}电压。
25	FREQ	频率编程输入。通过连接到V_{IN}将开关频率设置为800 kHz。 通过连接到P_{VIN}与AGND之间的电阻分压器的中点设置开关频率。请参考**第5.1节“设置开关频率”**。
26	SS	软启动调节引脚。在SS引脚连接和AGND之间连接一个电容即可调节软启动时间。请参考**第5.0节“应用信息”**以了解更多详细信息。
27	FB	反馈（输入）。输入到控制回路的跨导放大器。FB引脚被调节为0.6V。使用一个电阻分压器将反馈连接到输出即可调节所需的输出电压。
28	AGND	模拟地。MIC28514内所有控制逻辑电路的参考节点。在PCB上的某处将AGND连接到PGND；请参考**第6.0节“PCB布线指南”**以了解详细信息。
30	V_{DD}	V_{DD}偏置（输入）。为MIC28514内部参考和控制部分供电。V_{DD}工作电压范围为4.5V至5.5V。在V_{DD}引脚与PGND引脚之间连接的2.2 µF陶瓷电容必须放在IC旁。
31	SV_{IN}	内部稳压器的输入电压，可为MIC28514的内部参考和控制部分供电。通过一个2Ω电阻连接到PV_{IN}。在此引脚和AGND之间连接一个1 µF电容。
32	PG	漏极开路电源正常输出。当输出电压低于目标电压的90%时，将PG下拉至地。当输出电压高于目标电压的90%时，通过10 kΩ电阻上拉至V_{DD}以设置逻辑高电平。

© 2018 Microchip Technology Inc.

注：

© 2018 Microchip Technology Inc.

4.0 功能说明

MIC28514是一种自适应导通时间同步降压直流/直流稳压器。其设计为在 4.5V 至 75V 的宽输入电压范围内工作，并在最高5A的输出电流下提供稳定的输出电压。通过采用自适应导通时间控制机制，可以实现恒定的开关频率并简化控制补偿。通过使用可设置电流限制的外部检测电阻，可以实现过流保护。该器件具有可编程软启动功能，可通过控制输出电压上升时间来降低启动时的电源输入浪涌电流。

4.1 工作原理

MIC28514功能框图显示在第2页。输出电压由MIC28514反馈引脚（FB）通过分压器（R1 和 R2）检测，并在主比较器处通过低增益跨导（g_m）放大器与0.6V参考电压（V_{REF}）进行比较。如果反馈电压下降并且g_m放大器输出低于0.6V，则主比较器将会触发控制逻辑并生成一个导通时间周期。导通时间周期由固定的t_{ON}估算器电路值（根据公式4-1计算）预先确定。

公式4-1：

$$t_{ON(ESTIMATED)} = \frac{V_{OUT}}{V_{IN} \times f_{SW}}$$

其中：

V_{OUT} = 输出电压

V_{IN} = 功率级输入电压

f_{SW} = 开关频率

在导通时间结束时，内部上桥臂驱动器关断上桥臂MOSFET，下桥臂驱动器导通下桥臂MOSFET。大多数情况下，关断时间取决于反馈电压。当反馈电压下降并且g_m放大器的输出低于0.6V时，会触发导通时间周期，关断时间周期结束。如果通过反馈电压确定的关断时间周期小于最短关断时间$t_{OFF(MIN)}$（约240 ns），MIC28514控制逻辑会采用$t_{OFF(MIN)}$作为替代。必须满足最短关断时间$t_{OFF(MIN)}$才能确保自举电容（C_{BST}）中有足够的电能来驱动上桥臂MOSFET。

可根据240 ns $t_{OFF(MIN)}$计算最大占空比：

公式4-2：

$$D_{MAX} = \frac{t_S - t_{OFF(MIN)}}{t_S} = 1 - \frac{240ns}{t_S}$$

其中：

t_S = $1/f_{SW}$

不建议在稳态工作时关断时间接近 $t_{OFF(MIN)}$ 的情况下使用MIC28514。

实际导通时间和相应开关频率随不同器件内部MOSFET的上升和下降时间、输出负载电流和V_{DD}电压之间的不同而变化。此外，最小的 t_{ON} 会导致高 V_{IN} 至 V_{OUT} 应用（如75V至1.0V）的开关频率降低。

图 4-1 显示了 MIC28514 在稳态工作期间的控制回路时序。在稳态工作期间，g_m 放大器会检测反馈电压纹波。反馈纹波与输出电压纹波和电感电流纹波成正比，以触发导通时间周期。导通时间由t_{ON}估算器预先确定。关断时间的结束由反馈电压控制。当V_{FB}降至V_{REF}以下时会出现反馈电压纹波的波谷，关断周期在此波谷处结束并通过控制逻辑电路触发下一个导通时间周期。

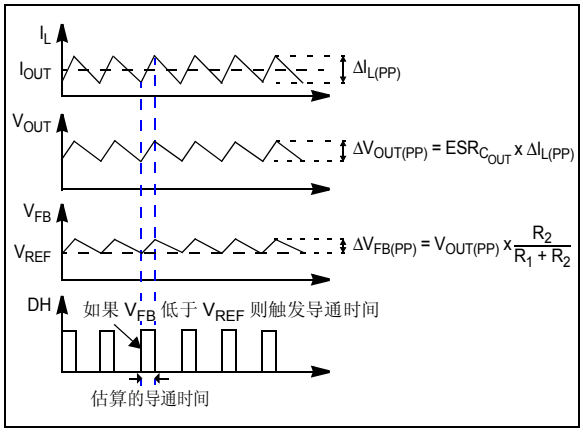


图 4-1： MIC28514控制回路时序

图 4-2 给出了负载瞬变期间 MIC28514 的工作状态。由于负载突然增加，因此输出电压下降，从而使 V_{FB} 下降至低于 V_{REF}。这将导致误差比较器触发导通时间周期。在导通时间结束时，如果反馈电压仍然低于 V_{REF}，则会产生一个最短关断时间来为 C_{BST} 充电。然后，由于反馈电压较低，将会触发下一个导通时间周期。因此，开关频率会在负载瞬变期间发生变化，但一旦输出稳定在新的负载电流值上，开关频率将恢复到标称设定频率。凭借可变的占空比和开关频率，MIC28514 转换器中的输出恢复时间很短，输出电压偏差也很小。

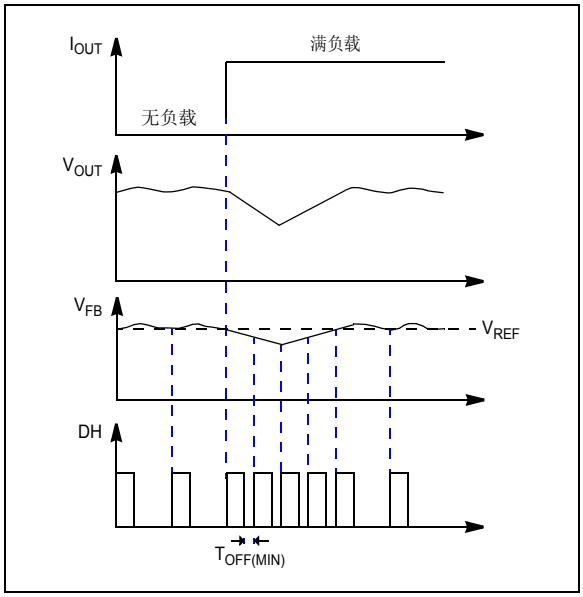


图 4-2： MIC28514 负载瞬态响应

不同于真正的电流模式控制，MIC28514使用输出电压纹波来触发导通时间周期。如果输出电容的ESR足够大，输出电压纹波将与电感电流纹波成正比。

为了满足稳定性要求，MIC28514反馈电压纹波应与电感电流纹波同相，并且大到足以被 g_m 放大器检测到。建议将反馈电压纹波保持在20 mV ~ 100 mV。如果选择低ESR输出电容，反馈电压纹波可能太小而无法被 g_m 放大器和误差比较器检测到。此外，如果输出电容的ESR非常低，输出电压纹波和反馈电压纹波就未必与电感电流纹波同相。对于此类应用，需要注入纹波以确保正常工作。有关纹波注入技术的详细信息，请参见**第5.0节“应用信息”**下的**第5.8节“纹波注入”**。

4.2 软启动

软启动通过控制输出电压上升时间来减少启动时的电源输入浪涌电流。在为输出电容充电时会出现输入浪涌。输出上升时间越慢，输入浪涌电流也越小。

MIC28514具备可调节的软启动时间，可通过调整SS引脚和AGND之间连接的电容来调节该时间。软启动时间的可调节范围为5 ms至100 ms。MIC28514强制SS引脚提供1.4 μA的电流。此恒定电流流过SS引脚与AGND之间连接的电容，用于调节软启动时间。

4.3 电流限制

MIC28514使用下桥臂MOSFET $R_{DS(ON)}$ 来检测电感电流。在 MIC28514 转换器的每个开关周期中，通过监控关断期间（在此期间，下桥臂MOSFET处于导通状态）的下桥臂MOSFET两端的电压来检测电感电流。135 μA的内部电流源在外部电流限制设置电阻 R_{CL} 两端产生一个电压。

I_{LIM} 引脚电压（V_{ILIM}）是下桥臂 MOSFET 两端电压与电阻（V_{CL}）两端电压之差。在150 ns的消隐时间之后，将检测到的电压 V_{ILIM} 与电源地（PGND）进行比较。

如果下桥臂 MOSFET 两端压降的绝对值大于电流限制设置电阻两端电压（V_{CL}）的绝对值，MIC28514将触发电流限制事件。连续八个电流限制事件将触发打嗝模式。一旦控制器进入打嗝模式，它将在 4 ms（典型值）的打嗝超时后启动软启动序列。打嗝超时期间，上桥臂和下桥臂MOSFET均关断。包括软启动的打嗝序列减少了开关FET上的压力，并保护负载和电源免受严重短路条件的影响。

MOSFET $R_{DS(ON)}$ 会随温度在30%至40%之间变化，因此，建议在计算上述公式中的 R_{CL} 时考虑 $R_{DS(ON)}$ 的变化，以避免由于 MOSFET 结温升高而造成错误电流限制。

为改善电流限制变化，当MIC28514的结温发生变化以补偿下桥臂MOSFET的 $R_{DS(ON)}$ 变化时，MIC28514会以0.3 μA/°C的幅度调节内部电流限制源电流（I_{CL}）。图 2-23 显示了 R_{CL}= 1.5 kΩ时的电流限制温度变化。

© 2018 Microchip Technology Inc.

可在I_{LIM}引脚到PGND之间连接一个小电容（C_{CL}），以便在关断期间滤除开关节点振铃，从而更好地检测电流。R_{CL}和C_{CL}的时间常数应小于最短关断时间。

4.4 负电流限制

当下桥臂FET导通时，MIC28514通过检测SW电压来实现负电流限制。如果SW节点电压超过48 mV（典型值）或相当于2A，器件会将下桥臂FET关断500 ns。

4.5 内部MOSFET栅极驱动

功能框图显示了一个自举电路，由PV_{DD}与BST之间的内部二极管以及SW引脚与BST引脚（C_{BST}）之间连接的外部电容组成。该电路向上桥臂驱动电路供电。当下桥臂MOSFET处于导通状态且SW引脚上的电压约为0V时，将会为电容C_{BST}充电。C_{BST}中的电量被用于导通上桥臂 MOSFET。当上桥臂 MOSFET 导通时，SW 引脚上的电压会增加到 V_{IN} 左右。内部二极管会反向偏置且C_{BST}会悬浮为高电压，同时继续保持上桥臂MOSFET导通。上桥臂驱动电路的偏置电流小于10 mA，因此只需0.1 µF至1 µF就可将上桥臂开关周期内的栅极电压的下降幅度降至最低。（即ΔBST = 10 mA x 4 µs/ 0.1 µF = 400 mV）。当下桥臂MOSFET再次导通时，C_{BST} 将通过 D1 再次充电。可以使用一个与 C_{BST} 串联的小电阻来延长上桥臂N沟道MOSFET的导通时间。

驱动电压通过PV_{DD}电源电压推导得出。标称下桥臂栅极驱动电压为PV_{DD}，标称上桥臂栅极驱动电压约为$PV_{DD} - V_{DIODE}$，其中V_{DIODE}为内部两极管两端的压降。上桥臂与下桥臂驱动电路转换之间存在约30 ns的延迟，可用于防止电流同时无障碍地流经两个MOSFET。

4.6 辅助自举LDO（EXTVDD）

MIC28514具有辅助自举LDO，通过转换器输出电压提供MIC28514内部电路偏置电源和栅极驱动，从而提高系统效率。当 EXTVDD 引脚上的电压高于 4.6V（典型值）时，该LDO使能，同时禁止依赖V_{IN}工作的主LDO，以降低功耗。

注：

© 2018 Microchip Technology Inc.

5.0 应用信息

5.1 设置开关频率

MIC28514是一种频率可调的同步降压稳压器，具有自适应导通时间控制架构。通过改变由R_3和R_4组成的电阻分压网络，可以在270 kHz到800 kHz之间调节开关频率。

公式5-1给出了估算的开关频率。

公式5-1：

$$f_{SW(ADJ)} = f_O \times \frac{R_3}{R_3 + R_4}$$

其中：

f_O = R_4为100 kΩ且R_3断开时的开关频率。f_O通常为800 kHz。

5.2 设置软启动时间

通过在SS与AGND之间连接电容可设置输出软启动时间。

可使用公式5-2计算电容的值。

公式5-2：

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

其中：

C_{SS} = SS引脚到AGND的电容

I_{SS} = 内部软启动电流（1.4 µA，典型值）

t_{SS} = 输出软启动时间

V_{REF} = 0.6V

5.3 设置输出电压

MIC28514需要两个电阻来设置输出电压，如图5-1中所示。

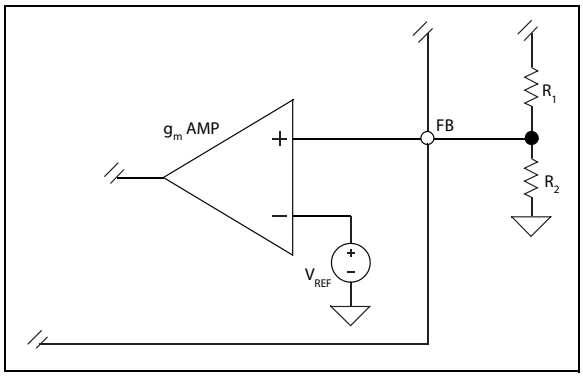


图 5-1：　分压器配置

输出电压由公式5-3确定：

公式5-3：

$$V_O = V_{FB} \times \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

其中：

V_{FB} = 0.6V

R_1的典型值可处于3 kΩ至10 kΩ范围内。如果R_1太大，则可能会将噪声引入电压反馈回路。如果R_1的值太小，则会降低电源的效率，尤其是轻载时的效率。选择了R_1之后，便可使用公式5-4计算R_2。

公式5-4：

$$R_2 = \frac{V_{FB} \times R_1}{V_{OUT} - V_{FB}}$$

5.4 设置电流限值

源电流限值（I_{CL}）已在出厂时已经过调整，以在R_{CL} = 1.42 kΩ的情况下实现更高的电流限值精度，如**第1.0节“电气特性”**中所述。可以使用公式 5-5 通过更改R_{CL}值来调节其他电流限值。

公式5-5：

$$R_{CL} = \frac{\left(I_{LIM} + \frac{\Delta I_{L(PP)}}{2}\right) \times R_{DS(ON)}}{I_{CL}}$$

其中：

I_{LIM} = 负载电流限制

$R_{DS(ON)}$ = 下桥臂MOSFET的导通电阻（25 mΩ，典型值）

$\Delta I_{L(PP)}$ = 电感纹波电流

I_{CL} = 电流限制源电流（135 µA，典型值）

5.5 电感选择

在选择输出电感时，需要考虑电感值、峰值和RMS电流。输入和输出电压及电感值决定了电感纹波电流的峰-峰值。一般情况下，电感值越高，输入电压就越高。纹波电流峰-峰值越大，电感和MOSFET中的功耗就越高。此外，输出纹波电流越大，用来平滑纹波电流的输出电容值就越大。纹波电流峰-峰值越小，所需的电感值就越大，因此需要更大和更昂贵的电感。在综合考虑尺寸、功耗和成本之后，最好是将电感纹波电流设置为最大输出电流的20%。可以通过公式5-6计算电感值。

公式5-6：

$$L = \frac{V_{OUT} \times (V_{IN(MAX)} - V_{OUT})}{V_{IN(MAX)} \times f_{SW} \times 20\% \times I_{OUT(MAX)}}$$

其中：

f_{SW} = 开关频率

20% = AC纹波电流与DC输出电流之比

$V_{IN(MAX)}$ = 最大功率级输入电压

对于选定的电感，电感电流纹波峰-峰值为：

公式5-7：

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

电感电流峰值等于平均输出电流加上电感电流纹波峰-峰值的一半。

公式5-8：

$$I_{L(PK)} = I_{OUT} + 0.5 \times \Delta I_{L(PP)}$$

RMS电感电流用于计算电感中的I^2R损耗。

公式5-9：

$$I_{L(RMS)} = \sqrt{I_{OUT}^2 + \frac{\Delta I_{L(PP)}^2}{12}}$$

要最大程度地提升效率，就需要正确选择磁芯材料并将绕组电阻降至最低。由于MIC28514在高频下工作，几乎所有注重成本的应用都需要使用铁氧体材料。虽然可以使用成本较低的铁粉磁芯，但磁芯损耗的增加会降低电源效率。这在低输出功率下尤为明显。在输出电流较大时，绕组电阻会降低效率。必须尽可能减小绕组电阻，但这样就需要选择较大的电感。电感中损耗的功率等于磁芯和铜箔损耗的总和。在较高的输出负载下，磁芯损耗通常不显著，可以忽略不计。在较低的输出电流下，磁芯损耗可能占比极大。磁芯损耗信息通常可从磁芯供应商处获得。可以通过公式5-10计算电感中的铜箔损耗。

公式5-10：

$$P_{INDUCTOR(CU)} = I_{L(RMS)}^2 \times R_{WINDING}$$

铜线的电阻$R_{WINDING}$会随着温度增大。应使用工作温度条件下绕组电阻的值。

公式5-11：

$$R_{WINDING(HT)} = R_{WINDING(20C)} \times (1 + 0.004 \times (T_H - T_{20C}))$$

其中：

T_H = 铜线欠载时的温度

T_{20C} = 环境温度

$R_{WINDING(20C)}$ = 室温绕组电阻（通常由制造商规定）

5.6 输出电容选择

输出电容的类型通常由其等效串联电阻（Equivalent Series Resistance，ESR）决定。电压和RMS电流能力是选择输出电容的另外两个重要因素。推荐的电容类型有陶瓷电容、低ESR铝电解电容、OS-CON电容和POSCAP电容。输出电容的ESR通常是输出纹波的主要原因。从稳定性的角度来看，输出电容的ESR还会影响控制回路。ESR的最大值可根据公式5-12计算。

公式5-12：

$$ESR_{C_{OUT}} \le \frac{\Delta V_{OUT(PP)}}{\Delta I_{L(PP)}}$$

其中：

$\Delta V_{OUT(PP)}$ = 输出电压纹波峰-峰值

$\Delta I_{L(PP)}$ = 电感电流纹波峰-峰值

© 2018 Microchip Technology Inc.

总输出波纹为 ESR 和输出电容的组合。总波纹可根据公式5-13计算。

公式5-13：

$$\Delta V_{OUT(PP)} = \sqrt{\left(\frac{\Delta I_{L(PP)}}{C_{OUT} \times f_{SW} \times 8}\right)^2 + \left(\Delta I_{L(PP)} \times ESR_{C_{OUT}}\right)^2}$$

其中：

C_{OUT} = 输出电容值

f_{SW} = 开关频率

如第 4.0 节“功能说明”的第 4.1 小节“工作原理”中所述，MIC28514在FB引脚上需要峰-峰值至少为20 mV的纹波，以确保 g_m 放大器和比较器正常工作。此外，输出电压纹波应与电感电流同相。因此，由输出电容值引起的输出电压纹波应远小于由输出电容ESR引起的纹波。如果选择陶瓷电容等低ESR电容作为输出电容，则应采用纹波注入方法以提供足够的反馈电压纹波。有关详细信息，请参阅第5.8节“纹波注入”。

电容的电压额定值应比铝电解电容或OS-CON电容的输出电压高20%。电容RMS电流可根据公式5-14计算。

公式5-14：

$$I_{C_{OUT(RMS)}} = \frac{\Delta I_{L(PP)}}{\sqrt{12}}$$

输出电容的功耗为：

公式5-15：

$$P_{DISS(COUT)} = I_{COUT(RMS)}^{2} \times ESR_{COUT}$$

5.7 输入电容选择

功率级输入V_{IN}的输入电容应根据纹波电流额定值和电压额定值进行选择。如果打开输入电源时引发高浪涌电流，钽输入电容可能会因此发生故障。钽输入电容的电压额定值应至少是最大输入电压的两倍，以最大程度地提高可靠性。铝电解电容、OS-CON电容和多层聚合物薄膜电容可以应对更高的浪涌电流，而不会电压降额。输入电压纹波主要取决于输入电容的ESR。输入电流峰值等于电感电流峰值，因此：

公式5-16：

$$\Delta V_{IN} = I_{L(PK)} \times C_{ESR}$$

必须根据输入电流纹波确定输入电容的额定值。输入电容电流的RMS值在最大输出电流下决定。假设电感电流纹波峰-峰值很低：

公式5-17：

$$I_{CIN(RMS)} \approx I_{OUT(MAX)} \times \sqrt{D \times (1 - D)}$$

输入电容的功耗为：

公式5-18：

$$P_{DISS(CIN)} = I_{CIN(RMS)}^{2} \times C_{ESR}$$

5.8 纹波注入

MIC28514 g_m放大器和比较器正常工作所需的V_{FB}纹波为20 mV 至100 mV。不过，输出电压纹波通常设计为输出电压的1%至2%。对于低输出电压（例如1V），输出电压纹波仅为10 mV至20 mV，反馈电压纹波小于20 mV。如果反馈电压纹波小到g_m放大器和比较器无法检测到，则MIC28514会失去控制，输出电压也得不到调节。为了具有足够的V_{FB}纹波，应当对低输出电压纹波应用运用纹波注入方法。

根据反馈电压纹波的大小，可将此类应用分为三种情况：

1. 输出电容（图5-2）的ESR较大，反馈电压的纹波充足。转换器稳定，无需注入任何纹波。

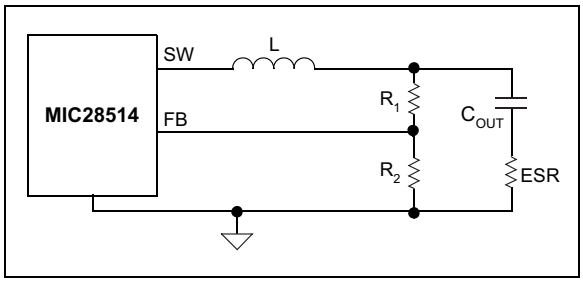


图 5-2： FB处的纹波充足

反馈电压纹波为：

公式5-19：

$$\Delta V_{FB(PP)} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times ESR_{C_{OUT}} \times \Delta I_{L(PP)}$$

其中：

$\Delta I_{L(PP)}$ = 电感电流纹波的峰 - 峰值

2. 输出电容的ESR较小，反馈电压处的纹波不足。在这种情况下，输出电压纹波可以通过前馈电容（C_{ff}）馈入FB引脚，如图5-3所示。典型的C_{ff}值介于1 nF到22 nF之间。

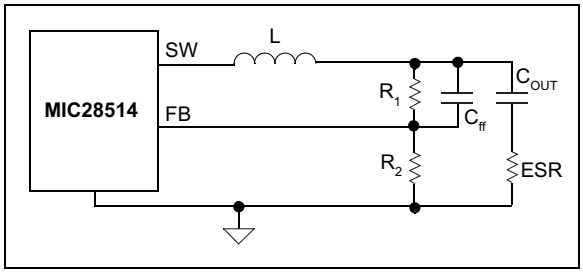


图 5-3： FB处的纹波不足

借助前馈电容，反馈电压纹波将非常接近输出电压纹波。

公式5-20：

$$\Delta V_{FB(PP)} \approx ESR_{COUT} \times \Delta I_{L(PP)}$$

3. 输出电容的ESR极小，FB引脚电压几乎没有纹波。

在这种情况下，输出电压纹波小于20 mV。因此，可以从开关节点SW经由电阻R_{INJ}和电容C_{INJ}向FB引脚注入额外的纹波，如图5-4所示。

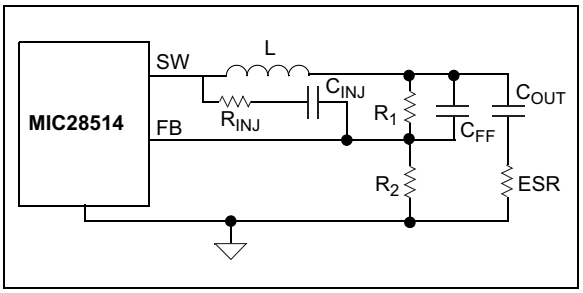


图 5-4： FB 处的纹波不可见

注入的纹波为：

公式5-21：

$$\Delta V_{FB(PP)} = V_{IN} \times K_{DIV} \times D \times (1 - D) \times \frac{1}{f_{SW} \times \tau}$$

其中：

V_{IN} = 功率级输入电压

D = 占空比

f_{SW} = 开关频率

τ = （R_1//R_2//R_{INJ}） x C_{ff}

公式5-22：

$$K_{DIV} = \frac{R1//R2}{R_{INJ} + R1//R2}$$

在公式5-21和公式5-22中，假定C_{ff}相关的时间常数必须大于开关周期：

公式5-23：

$$\frac{1}{f_{SW} \times \tau} = \frac{T}{\tau} \ll 1$$

© 2018 Microchip Technology Inc.

如果分压电阻R_1和R_2在kΩ范围内，只需1 nF至22 nF的C_{ff}就能轻松满足大时间常数的要求。此外还将使用100 nF的注入电容C_{INJ}，这样在多种不同的频率下都可视为短路。

确定纹波注入电阻和电容大小的过程如下：

1. 选择C_{ff}以将所有输出纹波馈入反馈引脚，确保满足大时间常数假设。如果R_1和R_2在kΩ范围内，通常选择1 nF到22 nF的C_{ff}。
2. 使用公式5-24根据预期反馈电压纹波选择R_{INJ}。

公式5-24：

$$K_{DIV} = \frac{\Delta V_{FB(PP)}}{V_{IN}} \times \frac{f_{SW} \times \tau}{D \times (1 - D)}$$

则R_{INJ}的计算方式为：

公式5-25：

$$R_{INJ} = (R1//R2) \times \left(\frac{1}{K_{DIV}} - 1\right)$$

3. 选择100 nF的C_{INJ}，这样在多种不同的频率下都可视为短路。

5.9 热测量

建议测量IC的外壳温度以确保其在工作限制范围内。尽管这个工作看似很初级，却很容易出现误差。最常见的错误是使用温度计附带的标准热电偶。这种热电偶线规较大，通常为22号，作用与散热器类似，从而导致外壳测量值较低。

正确的测量方法有如下两种：使用较小的热电偶线或使用红外线温度计。如果使用热电偶线，线规必须是 36号或更大（线规更小），以降低电线的散热效果。此外，热电偶头必须涂上热油脂或热胶，确保热电偶结点与 IC外壳接触良好。

如有可能，建议使用红外线温度计。可选择支架，以便光束长时间照射在IC上。

注：

© 2018 Microchip Technology Inc.

6.0 PCB布线指南

PCB布线对于实现可靠、稳定和高效的性能至关重要。必须通过地平面来控制EMI并最大限度地降低电源、信号和返回路径中的电感。地平面铜箔的厚度对于散热也至关重要。从散热角度来看，2 oz.的铜箔厚度已经足够，而且较厚的铜箔还有助于降低噪声。需要注意的是，铜箔如果太薄很容易就会被噪声穿透。为确保 MIC28514 转换器正常工作，请遵循以下准则。

6.1 IC

- 连接到V_{DD}引脚的2.2 µF陶瓷电容必须位于IC上的正确位置。V_{DD}引脚对噪声非常敏感，电容的位置非常重要。使用宽走线连接到V_{DD}引脚。
- 信号地引脚（SGND）必须直接连接到地平面。应在靠近IC的一个点处完成SGND与PGND的连接。不要将SGND引脚布线到顶层上的PGND焊盘。
- 使用宽走线布置输入和输出电源线。

6.2 输入电容

- 将输入电容放置在靠近电源引脚的位置。
- 将输入电容放置在电路板的同一面，尽可能靠近IC。
- 尽可能缩短PV_{IN}引脚及PGND的连接。
- 在地平面上靠近输入电容接地端子的位置放置几个过孔
- 使用X7R或X5R电介质输入电容。请勿使用Y5V或Z5U类型的电容。
- 如果钽输入电容与输入电容并联，建议只将其用于开关稳压器应用，且工作电压必须降额50%。
- 在热插拔应用中，必须使用钽或电解旁路电容以限制突然上电时在输入电源上出现的过压尖峰。

6.3 电感

- 尽可能缩短与开关节点（SW）的电感连接。
- 不要将任何数字线路布置在电感下方或附近。
- 使开关节点（SW）远离反馈（FB）引脚。

6.4 输出电容

- 使用宽走线将输出电容接地端子连接到输入电容接地端子。
- 输出电容值和ESR改变时，相位裕度也将改变。如果输出电容与BOM中显示的值不同，请联系生产厂。
- 反馈走线应与电源走线隔离，且连接要尽可能靠近输出电容。检测较长的大电流负载走线会降低直流负载调整率。

© 2018 Microchip Technology Inc.

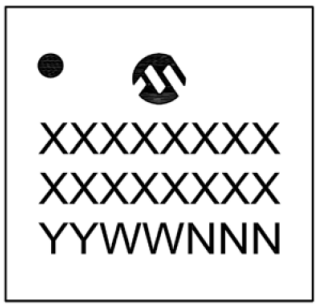
注：

© 2018 Microchip Technology Inc.

7.0 封装信息

7.1 封装标识信息

32引脚VQFN （6 x 6 mm）

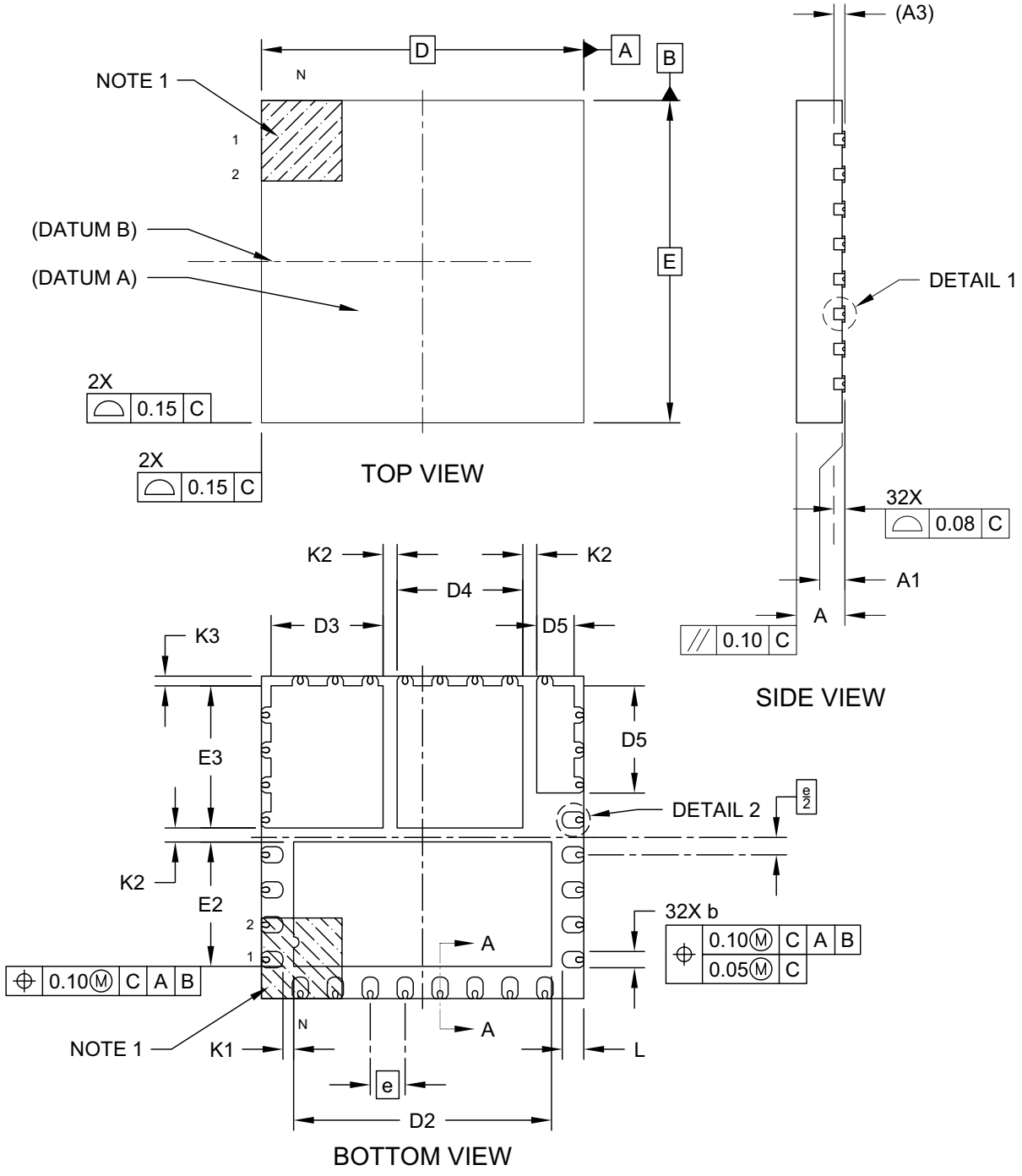


示例

图注：	XX...X	客户指定信息
	Y	年份代码 （日历年的最后一位数字）
	YY	年份代码 （日历年的最后两位数字）
	WW	星期代码 （一月一日的星期代码为 “01”）
	NNN	由字母数字组成的追踪代码
	(e3)	雾锡 （Matte Tin， Sn）的 JEDEC 无铅标志
	*	表示无铅封装。 JEDEC 无铅标志 （(e3)）标示于此种封装的外包装上。
注：	Microchip 部件编号如果无法在同一行内完整标注，将换行标出，因此会限制表示客户指定信息的字符数。	

32引脚超薄塑封四方扁平无引线封装（PHA）——主体6x6 mm[VQFN]，可润湿侧翼，多个裸露焊盘

注： 最新封装图请至http://www.microchip.com/packaging查看Microchip封装规范。

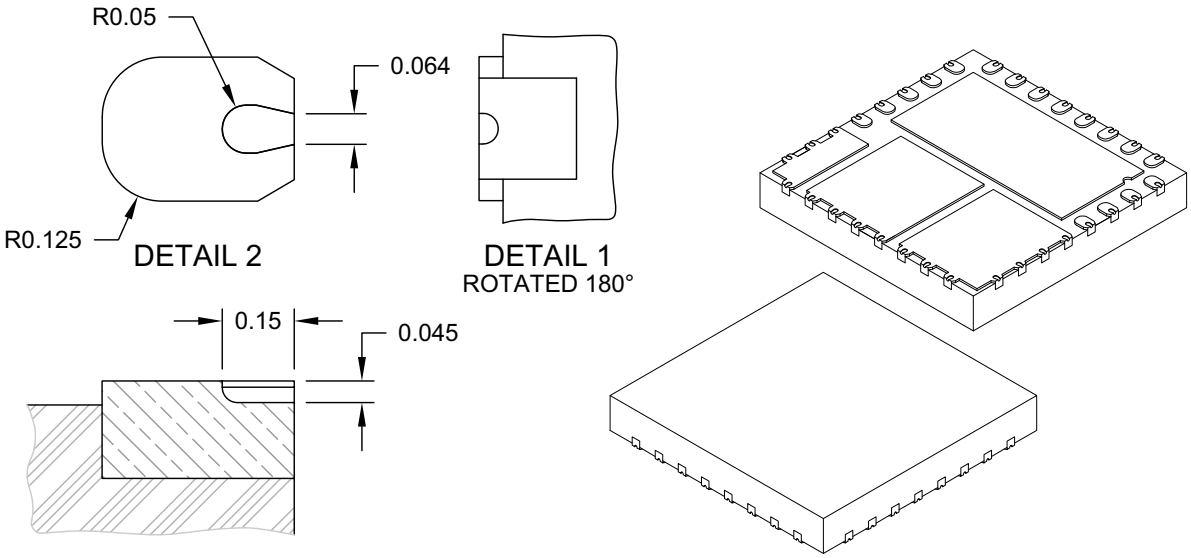


Microchip Technology Drawing C04-1196A Sheet 1 of 2

© 2018 Microchip Technology Inc.

32引脚超薄塑封四方扁平无引线封装（PHA）——主体6x6 mm[VQFN]，可润湿侧翼，多个裸露焊盘

注： 最新封装图请至http://www.microchip.com/packaging查看Microchip封装规范。



Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Number of Terminals	N	32		
Pitch	e	0.65 BSC		
Overall Height	A	0.80	0.85	0.90
Standoff	A1	0.00	0.02	0.05
Terminal Thickness	A3	0.203 REF		
Overall Length	D	6.00 BSC		
Overall Width	E	6.00 BSC		
Exposed Pad Length	D2	4.70	4.80	4.90
Exposed Pad Width	E2	2.215	2.315	2.415
Exposed Pad Length	D3	1.985	2.085	2.185
Exposed Pad Width	E3	2.545	2.645	2.745
Exposed Pad Length	D4	2.240	2.340	2.440
Exposed Pad Length	D5	0.595	0.695	0.795
Exposed Pad Width	E5	1.895	1.995	2.095
Terminal Width	b	0.25	0.30	0.35
Terminal Length	L	0.30	0.40	0.50
Terminal-to-Exposed Pad	K1	0.20	-	-
Exposed Pad-to-Exposed Pad	K2	0.20	0.26	-
Pacakge Edgel-to-Exposed Pad	K3	0.18	-	-

Notes:

1. Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
2. Package is saw singulated
3. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

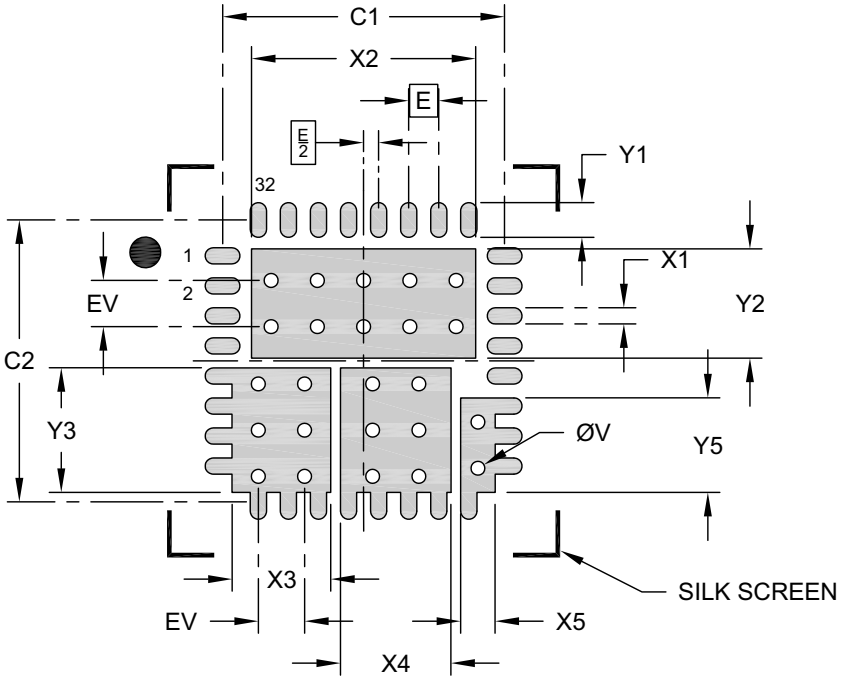
   BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

   REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.

Microchip Technology Drawing C04-1196A Sheet 2 of 2

32引脚超薄塑封四方扁平无引线封装（PHA）——主体6x6 mm[VQFN]，可润湿侧翼，多个裸露焊盘

注： 最新封装图请至http://www.microchip.com/packaging查看Microchip封装规范。



RECOMMENDED LAND PATTERN

Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch	E		0.65 BSC	
Contact Pad Width (X32)	X1			0.35
Contact Pad Length (X32)	Y1			0.75
Contact Pad Spacing	C1		6.10	
Contact Pad Spacing	C2		6.10	
Inner Pad Length	X2			4.85
Inner Pad Width	Y2			2.36
Inner Pad Length	X3			2.13
Inner Pad Width	Y3			2.69
Inner Pad Length	X4			2.39
Inner Pad Length	X5			0.74
Inner Pad Width	Y5			2.04
Thermal Via Diameter (X26)	V		0.30	
Thermal Via Pitch	EV		1.00	

Notes:

1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M
   BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.
2. For best soldering results, thermal vias, if used, should be filled or tented to avoid solder loss during reflow process

Microchip Technology Drawing C04-3196A

© 2018 Microchip Technology Inc.

附录A： 版本历史

版本C（2017年5月）

以下为修改内容：

- 更新了典型应用电路。
- 更新了功能框图。

版本B（2017年4月）

以下为修改内容：

- 更新了功能框图。
- 更新了电气特性（1）节。

版本A（2017年2月）

- 本文档的初始版本。

注：

© 2018 Microchip Technology Inc.

产品标识体系

欲订货或获取价格、交货等信息，请与我公司生产厂或各销售办事处联系。

部件编号	X	X	XXX
器件	介质类型	温度	封装

器件：	MIC28514T：具备外部软启动功能的75V，5A Hyper Speed Control®同步直流/直流降压稳压器		
介质类型：	T	=	5000/卷
温度：	E	=	扩展温度范围（-40°C至+125°C）
封装：	PHA	=	32引脚，6x6 mm VQFN

示例：

a) MIC28514T-E/PHA：具备软启动功能的75V，5A Hyper Speed Control®同步降压稳压器，-40°C至+125°C，扩展温度范围，32引脚QFN封装

注：

© 2018 Microchip Technology Inc.

请注意以下有关 Microchip 器件代码保护功能的要点：

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术指标。
- Microchip 确信：在正常使用的情况下， Microchip 系列产品是当今市场上同类产品中最安全的产品之一。
- 目前，仍存在着恶意、甚至是非法破坏代码保护功能的行为。就我们所知，所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这样做的人极可能侵犯了知识产权。
- Microchip 愿与那些注重代码完整性的客户合作。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是 “牢不可破”的。

代码保护功能处于持续发展中。 Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了 《数字器件千年版权法案 （Digital Millennium Copyright Act）》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下，能访问您的软件或其他受版权保护的成果，您有权依据该法案提起诉讼，从而制止这种行为。

提供本文档的中文版本仅为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分，因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应负的责任。**Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。** Microchip 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。如果将 Microchip 器件用于生命维持和 / 或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切伤害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任，并加以赔偿。除非另外声明，在 Microchip 知识产权保护下，不得暗中或以其他方式转让任何许可证。

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 与位于俄勒冈州 Gresham的全球总部、设计和晶圆生产厂及位于美国加利福尼亚州和印度的设计中心均通过了 ISO/TS-16949:2009 认证。 Microchip 的 PIC® MCU 与 dsPIC® DSC、KEELOQ® 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器和模拟产品严格遵守公司的质量体系流程。此外，Microchip 在开发系统的设计和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
═ ISO/TS 16949 ═

商标

Microchip 的名称和徽标组合、 Microchip 徽标、 AnyRate、 AVR、 AVR 徽标、 AVR Freaks、 BeaconThings、 BitCloud、 CryptoMemory、 CryptoRF、 dsPIC、 FlashFlex、 flexPWR、 Heldo、 JukeBlox、 KEELOQ、 KEELOQ 徽标、 Kleer、 LANCheck、 LINK MD、 maXStylus、 maXTouch、 MediaLB、 megaAVR、 MOST、 MOST 徽标、 MPLAB、 OptoLyzer、 PIC、 picoPower、 PICSTART、 PIC32 徽标、 Prochip Designer、 QTouch、 RightTouch、 SAM-BA、 SpyNIC、 SST、 SST 徽标、 SuperFlash、 tinyAVR、 UNI/O 及 XMEGA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

ClockWorks、 The Embedded Control Solutions Company、 EtherSynch、 Hyper Speed Control、 HyperLight Load、 IntelliMOS、mTouch、Precision Edge 和 Quiet-Wire 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BodyCom、chipKIT、chipKIT 徽标、CodeGuard、 CryptoAuthentication、 CryptoCompanion、 CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、 DAM、 ECAN、 EtherGREEN、 In-Circuit Serial Programming、 ICSP、 Inter-Chip Connectivity、 JitterBlocker、 KleerNet、KleerNet 徽标、Mindi、MiWi、motorBench、MPASM、 MPF、 MPLAB Certified 徽标、 MPLIB、 MPLINK、 MultiTRAK、 NetDetach、 Omniscient Code Generation、 PICDEM、 PICDEM.net、PICkit、PICtail、PureSilicon、QMatrix、RightTouch 徽标、REAL ICE、Ripple Blocker、SAM-ICE、Serial Quad I/O、 SMART-I.S.、 SQI、 SuperSwitcher、 SuperSwitcher II、 Total Endurance、 TSHARC、 USBCheck、 VariSense、 ViewSpan、 WiperLock、 Wireless DNA 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 为 Microchip Technology Inc. 在美国的服务标记。

Silicon Storage Technology 为 Microchip Technology Inc. 在除美国外的国家或地区的注册商标。

GestIC 为 Microchip Technology Inc. 的子公司 Microchip Technology Germany II GmbH & Co. & KG 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2018, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN：978-1-5224-2629-5

全球销售及服务网点

美洲

公司总部Corporate Office
2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 1-480-792-7200
Fax: 1-480-792-7277
技术支持：
http://www.microchip.com/support
网址：www.microchip.com

亚特兰大Atlanta
Duluth, GA
Tel: 1-678-957-9614
Fax: 1-678-957-1455

奥斯汀Austin, TX
Tel: 1-512-257-3370

波士顿Boston
Westborough, MA
Tel: 1-774-760-0087
Fax: 1-774-760-0088

芝加哥Chicago
Itasca, IL
Tel: 1-630-285-0071
Fax: 1-630-285-0075

达拉斯Dallas
Addison, TX
Tel: 1-972-818-7423
Fax: 1-972-818-2924

底特律Detroit
Novi, MI
Tel: 1-248-848-4000

休斯敦Houston, TX
Tel: 1-281-894-5983

印第安纳波利斯Indianapolis
Noblesville, IN
Tel: 1-317-773-8323
Fax: 1-317-773-5453
Tel: 1-317-536-2380

洛杉矶Los Angeles
Mission Viejo, CA
Tel: 1-949-462-9523
Fax: 1-949-462-9608
Tel: 1-951-273-7800

罗利Raleigh, NC
Tel: 1-919-844-7510

纽约New York, NY
Tel: 1-631-435-6000

圣何塞San Jose, CA
Tel: 1-408-735-9110
Tel: 1-408-436-4270

加拿大多伦多Toronto
Tel: 1-905-695-1980
Fax: 1-905-695-2078

亚太地区

中国-北京
Tel: 86-10-8569-7000

中国-成都
Tel: 86-28-8665-5511

中国-重庆
Tel: 86-23-8980-9588

中国-东莞
Tel: 86-769-8702-9880

中国-广州
Tel: 86-20-8755-8029

中国-杭州
Tel: 86-571-8792-8115

中国-南京
Tel: 86-25-8473-2460

中国-青岛
Tel: 86-532-8502-7355

中国-上海
Tel: 86-21-3326-8000

中国-沈阳
Tel: 86-24-2334-2829

中国-深圳
Tel: 86-755-8864-2200

中国-苏州
Tel: 86-186-6233-1526

中国-武汉
Tel: 86-27-5980-5300

中国-西安
Tel: 86-29-8833-7252

中国-厦门
Tel: 86-592-238-8138

中国-香港特别行政区
Tel: 852-2943-5100

中国-珠海
Tel: 86-756-321-0040

台湾地区-高雄
Tel: 886-7-213-7830

台湾地区-台北
Tel: 886-2-2508-8600

台湾地区-新竹
Tel: 886-3-577-8366

亚太地区

澳大利亚Australia - Sydney
Tel: 61-2-9868-6733

印度India - Bangalore
Tel: 91-80-3090-4444

印度India - New Delhi
Tel: 91-11-4160-8631

印度India - Pune
Tel: 91-20-4121-0141

日本Japan - Osaka
Tel: 81-6-6152-7160

日本Japan - Tokyo
Tel: 81-3-6880-3770

韩国Korea - Daegu
Tel: 82-53-744-4301

韩国Korea - Seoul
Tel: 82-2-554-7200

马来西亚
Malaysia - Kuala Lumpur
Tel: 60-3-7651-7906

马来西亚Malaysia - Penang
Tel: 60-4-227-8870

菲律宾Philippines - Manila
Tel: 63-2-634-9065

新加坡Singapore
Tel: 65-6334-8870

泰国Thailand - Bangkok
Tel: 66-2-694-1351

越南Vietnam - Ho Chi Minh
Tel: 84-28-5448-2100

欧洲

奥地利Austria - Wels
Tel: 43-7242-2244-39
Fax: 43-7242-2244-393

丹麦
Denmark - Copenhagen
Tel: 45-4450-2828
Fax: 45-4485-2829

芬兰Finland - Espoo
Tel: 358-9-4520-820

法国France - Paris
Tel: 33-1-69-53-63-20
Fax: 33-1-69-30-90-79

德国Germany - Garching
Tel: 49-8931-9700

德国Germany - Haan
Tel: 49-2129-3766400

德国Germany - Heilbronn
Tel: 49-7131-67-3636

德国Germany - Karlsruhe
Tel: 49-721-625370

德国Germany - Munich
Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

德国Germany - Rosenheim
Tel: 49-8031-354-560

以色列Israel - Ra'anana
Tel: 972-9-744-7705

意大利Italy - Milan
Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

意大利Italy - Padova
Tel: 39-049-7625286

荷兰Netherlands - Drunen
Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

挪威Norway - Trondheim
Tel: 47-7289-7561

波兰Poland - Warsaw
Tel: 48-22-3325737

罗马尼亚
Romania - Bucharest
Tel: 40-21-407-87-50

西班牙Spain - Madrid
Tel: 34-91-708-08-90
Fax: 34-91-708-08-91

瑞典Sweden - Gothenberg
Tel: 46-31-704-60-40

瑞典Sweden - Stockholm
Tel: 46-8-5090-4654

英国UK - Wokingham
Tel: 44-118-921-5800
Fax: 44-118-921-5820

© 2018 Microchip Technology Inc.