

## 具备外部模式控制功能的 75V/5A Hyper Speed Control<sup>®</sup>同步直流/直流降压稳压器

### 特性

- 超高速控制（Hyper Speed Control<sup>®</sup>）架构可实现：
  - 较高的输入输出转换比（ $V_{IN} = 75V$ ,  $V_{OUT} = 0.6V$ ）
  - 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
- 可选择HLL或CCM工作模式
- $\pm 1\%$ 的反馈电压精度
- Any Capacitor<sup>™</sup>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

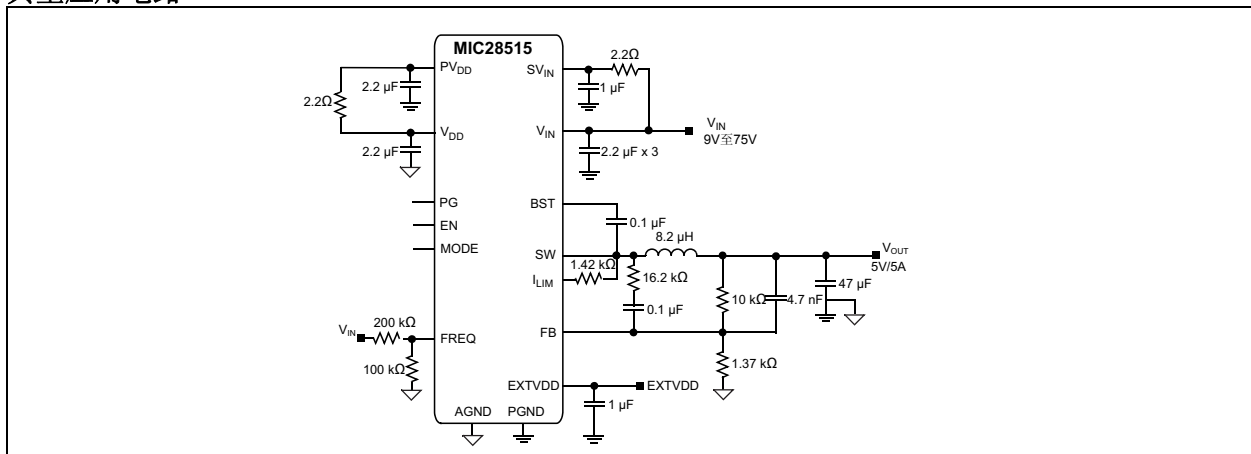
MIC28515是一种频率可调的同步降压稳压器，具有独特的自适应导通时间控制架构。MIC28515可在4.5V至75V输入电压范围内工作，并提供最高5A的稳定输出电流。输出电压可调低至0.6V，并保证 $\pm 1\%$ 的精度。

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。

对于轻载条件下的工作模式，MIC28515有HyperLight Load<sup>®</sup>（HLL）模式和连续导通模式（Continuous Conduction Mode, CCM）可供选择。在轻载条件下，HLL模式的效率高于CCM模式，而CCM模式能够在整个负载电流范围内保持几乎恒定的开关频率。

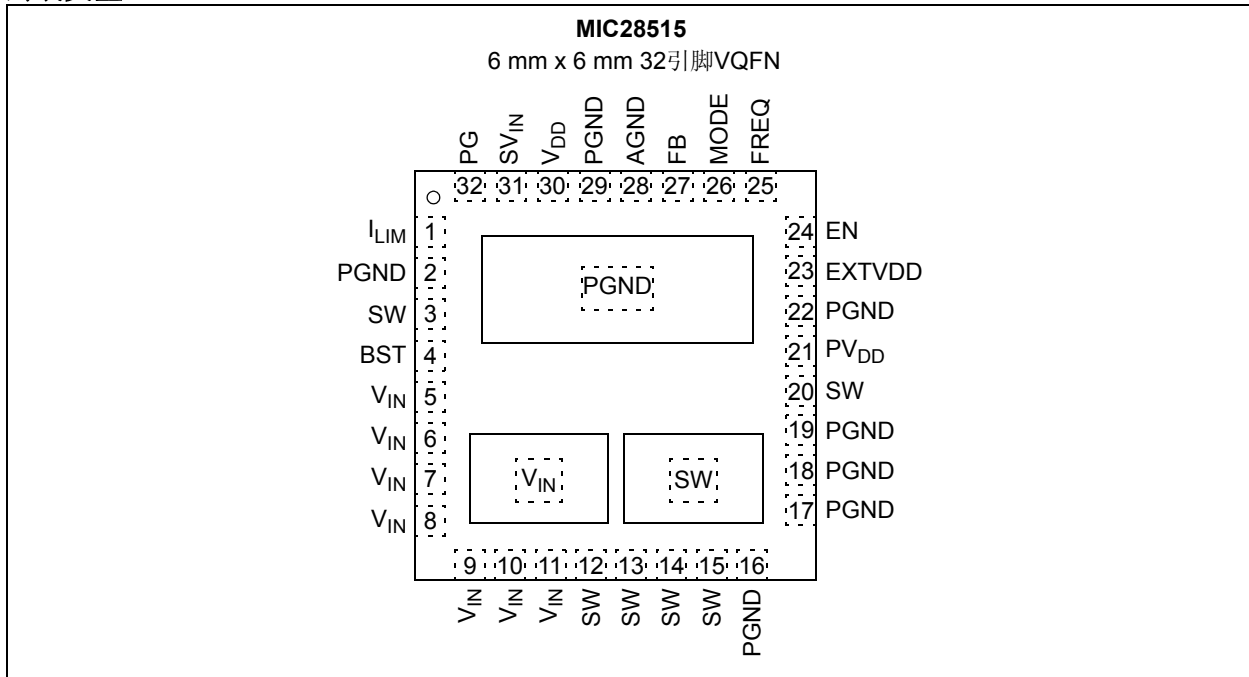
MIC28515提供全套保护功能，以确保在故障条件下保护集成电路（Integrated Circuit, IC）。这些功能包括在电源电压跌落条件下确保正常工作的欠压锁定（Undervoltage Lockout, UVLO）、降低浪涌电流的软启动、“打嗝”模式短路保护以及热关断。

### 典型应用电路

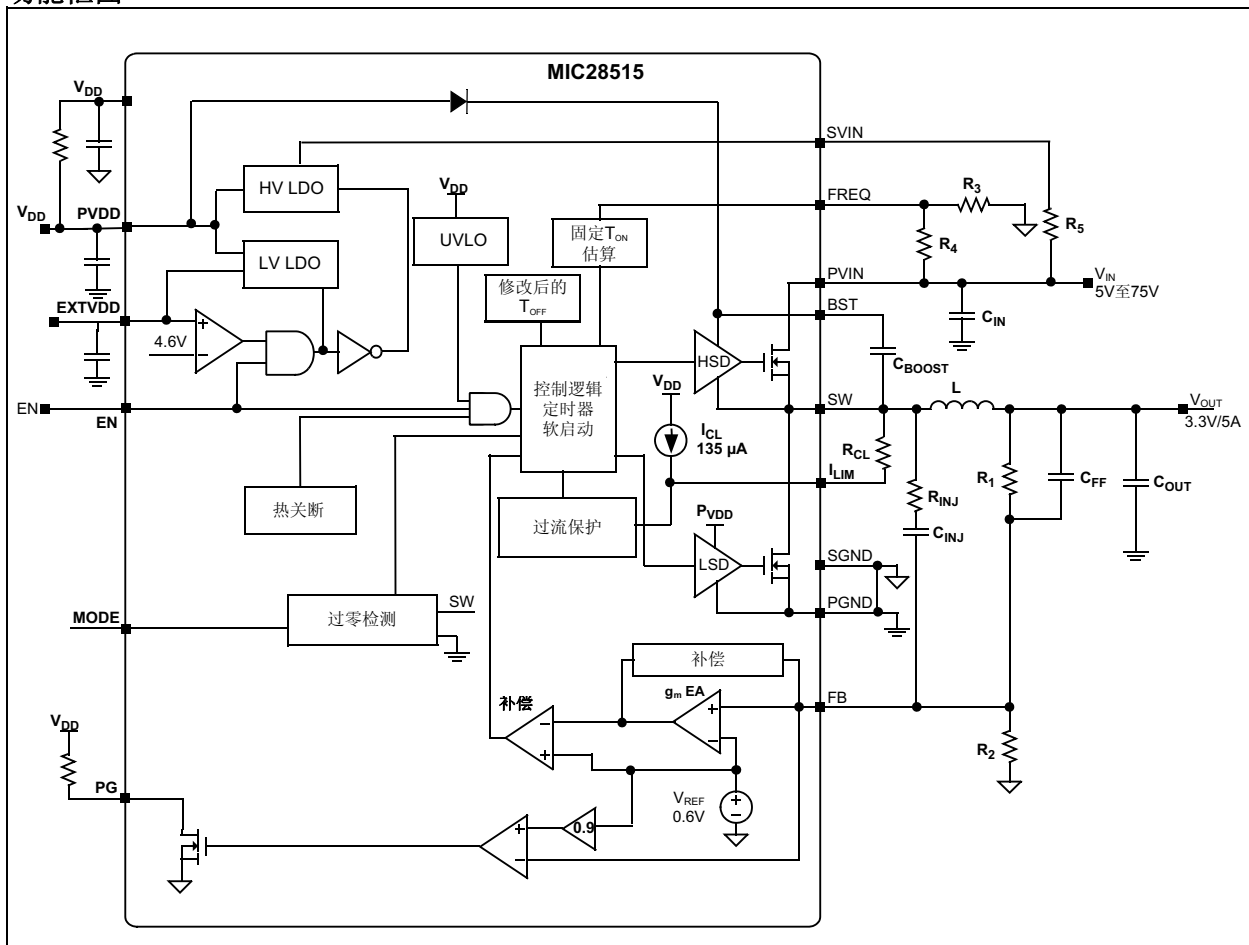


# MIC28515

## 封装类型



## 功能框图



## 1.0 电气特性

### 绝对最大值†

PV <sub>IN</sub> , SV <sub>IN</sub> , FREQ至PGND	-0.3V至+76V
PV <sub>DD</sub> , V <sub>DD</sub> 至PGND	-0.3V至+6V
SW, I <sub>LIM</sub> 至PGND	-0.3V 至 (PV <sub>IN</sub> + 0.3V)
V <sub>BST</sub> 至V <sub>SW</sub>	-0.3V至+6V
V <sub>BST</sub> 至PGND	-0.3V至+82V
EN至AGND	-0.3V 至 (SV <sub>IN</sub> + 0.3V)
FB, PG至AGND	-0.3V 至 (V <sub>DD</sub> + 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 <sup>(1)</sup>	1 kV

### 工作额定值‡

电源电压 (SV <sub>IN</sub> , PV <sub>IN</sub> )	4.5V至75V
偏置电压 (PV <sub>DD</sub> , V <sub>DD</sub> )	4.5V至5.5V
EN、FB和PG	0V至V <sub>DD</sub>
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。建议采取操作预防措施。使用人体模式，将1.5 kΩ电阻与100 pF电容串联。

### 电气特性<sup>(1)</sup>

<b>电气特性:</b> 除非另外说明，否则PV <sub>IN</sub> = 12V, V <sub>OUT</sub> = 5V, V <sub>DD</sub> = 5V, V <sub>BST</sub> - V <sub>SW</sub> = 5V; f <sub>SW</sub> = 300 kHz, R <sub>CL</sub> = 1.42 kΩ, L = 8.2 μH; T <sub>A</sub> = +25°C。粗体值表示-40°C ≤ T <sub>J</sub> ≤ +125°C。						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
<b>电源输入</b>						
输入电压范围	PV <sub>IN</sub> , SV <sub>IN</sub>	<b>4.5</b>	—	<b>75</b>	V	
<b>V<sub>DD</sub>偏置电压</b>						
工作偏置电压	V <sub>DD</sub>	<b>4.8</b>	5.1	<b>5.4</b>	V	
欠压锁定跳变电压	UVLO	<b>3.7</b>	4.2	<b>4.6</b>	V	V <sub>DD</sub> 上升
UVLO滞后	UVLO_HYS	—	600	—	mV	
V <sub>DD</sub> 电压差		700	—	1250	mV	V <sub>IN</sub> = 5.5V, I <sub>PVDD</sub> = 25 mA
EXTVDD切换电压		<b>4.4</b>	4.6	<b>4.8</b>	V	
EXTVDD切换滞后		—	0.25	—	V	
静态电源电流	I <sub>Q</sub>	—	330	—	μA	V <sub>FB</sub> = 1.5V, MODE=GND
关断电源电流	I <sub>QSHDN</sub>	—	0.15	<b>2</b>	μA	V <sub>IN</sub> 供电, V <sub>EN</sub> = 0V
		—	35	<b>60</b>	μA	V <sub>IN</sub> = V <sub>DD</sub> = 5.5V, V <sub>EN</sub> = 0V

注1: 规范值仅针对已封装的产品。

2: 对I<sub>CL</sub>进行调整，以获得室温条件下的电流限值。

# MIC28515

## 电气特性<sup>(1)</sup> (续)

电气特性: 除非另外说明, 否则 $PV_{IN} = 12V$ ,  $V_{OUT} = 5V$ ,  $V_{DD} = 5V$ ,  $V_{BST} - V_{SW} = 5V$ ;  $f_{SW} = 300\text{ kHz}$ ,  $R_{CL} = 1.42\text{ k}\Omega$ ,  $L = 8.2\text{ }\mu\text{H}$ ;  $T_A = +25^\circ\text{C}$ 。粗体值表示 $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$ 。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
<b>参考</b>						
反馈参考电压	$V_{FB}$	<b>0.597</b>	0.6	<b>0.603</b>	V	$T_J = +25^\circ\text{C}$
		<b>0.594</b>	0.6	<b>0.606</b>		$-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$
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	<b>0.5</b>	$\mu\text{A}$	$V_{FB} = 0.6V$
<b>使能控制</b>						
EN逻辑高电平	$EN_{HIGH}$	<b>1.6</b>	—	—	V	
EN逻辑低电平	$EN_{LOW}$	—	—	<b>0.6</b>	V	
EN偏置电流	$I_{ENBIAS}$	—	6	<b>30</b>	$\mu\text{A}$	$V_{EN} = 0V$
<b>导通定时器</b>						
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	
<b>软启动</b>						
软启动时间	—	—	5	—	ms	
<b>模式控制</b>						
模式逻辑高电平	—	<b>1.6</b>	—	—	V	
模式逻辑低电平	—	—	—	<b>0.6</b>	V	
模式滞后	—	—	120	—	mV	
<b>电流限制</b>						
电流限制	$I_{CLIM}$	5.5	6.25	7	A	$R_{CL} = 1.42\text{ k}\Omega$ (注2)
$I_{LIM}$ 源电流	$I_{CL}$	—	135	—	$\mu\text{A}$	
$I_{LIM}$ 源电流温度系数	—	—	0.3	—	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$	
<b>内部FET</b>						
最高MOSFET $R_{DS(ON)}$	$R_{DS(ON)}$	—	25	—	m $\Omega$	
最低MOSFET $R_{DS(ON)}$	$R_{DS(ON)}$	—	25	—	m $\Omega$	
SW泄漏电流	$I_{SWLEAK}$	—	—	<b>5</b>	$\mu\text{A}$	$PV_{IN} = 48V$ , $V_{EN} = 0V$
$PV_{IN}$ 泄漏电流	$I_{VINLEAK}$	—	—	<b>10</b>	$\mu\text{A}$	$PV_{IN} = 48V$ , $V_{EN} = 0V$
BST泄漏电流	$I_{BSTLEAK}$	—	—	<b>10</b>	$\mu\text{A}$	$PV_{IN} = 48V$ , $V_{EN} = 0V$
<b>电源正常 (PG)</b>						
PG阈值	$V_{PG\_TH}$	<b>85</b>	90	<b>95</b>	%	$V_{FB}$ 上升
PG阈值滞后	$V_{PG\_HYS}$	—	6	—	%	$V_{FB}$ 下降
PG延迟时间	$t_{PG\_DLY}$	—	150	—	$\mu\text{s}$	$V_{FB}$ 上升
PG低电压	$V_{PG\_LOW}$	—	70	<b>200</b>	mV	$V_{FB} < 90\% \times V_{NOM}$ , $I_{PG} = 1\text{ mA}$

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<sup>(1)</sup> (续)

电气特性: 除非另外说明, 否则 $PV_{IN} = 12V$ ,  $V_{OUT} = 5V$ ,  $V_{DD} = 5V$ ,  $V_{BST} - V_{SW} = 5V$ ;  $f_{SW} = 300\text{ kHz}$ ,  $R_{CL} = 1.42\text{ k}\Omega$ ,  $L = 8.2\text{ }\mu\text{H}$ ;  $T_A = +25^\circ\text{C}$ 。粗体值表示 $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$ 。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
<b>热保护</b>						
过温关断	$T_{SHD}$	—	150	—	$^\circ\text{C}$	$T_J$ 上升
过温关断滞后	$T_{SHD\_HYS}$	—	15	—	$^\circ\text{C}$	

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。

## 温度规范

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

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 $\theta_{JA}$ ) 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 $^\circ\text{C}$ 的最大额定值。结温长时间维持在+125 $^\circ\text{C}$ 以上会影响器件的可靠性。

# MIC28515

## 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），因而不在此担保范围内。

注：除非另外说明，否则  $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{OUT} = 5V$ ,  $I_{OUT} = 0A$ ,  $f_{SW} = 300\text{ kHz}$ ,  $R_{CL} = 1.42\text{ k}\Omega$ ,  $L = 8.2\text{ }\mu\text{H}$ 。

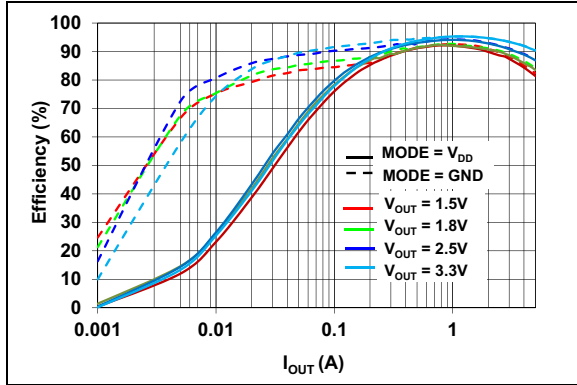


图2-1: 效率—输出电流 ( $V_{IN} = 5V$ )

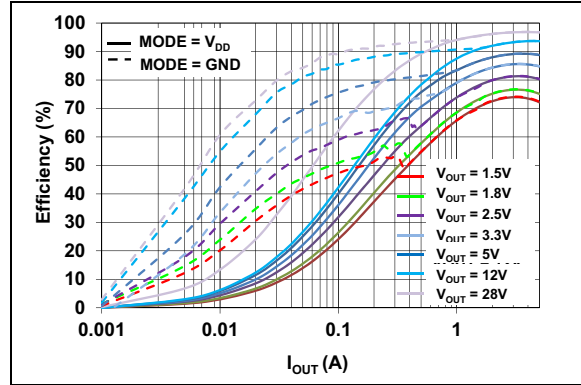


图2-4: 效率—输出电流 ( $V_{IN} = 48V$ )

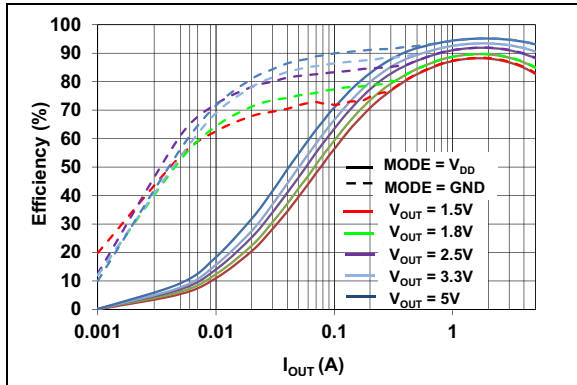


图2-2: 效率—输出电流 ( $V_{IN} = 12V$ )

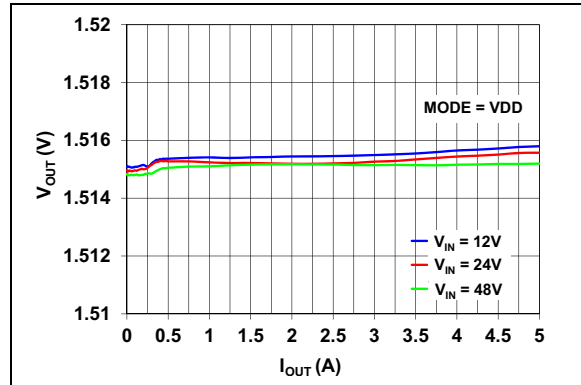


图2-5: 输出电压—输出电流 ( $V_{OUT} = 1.5V$ )

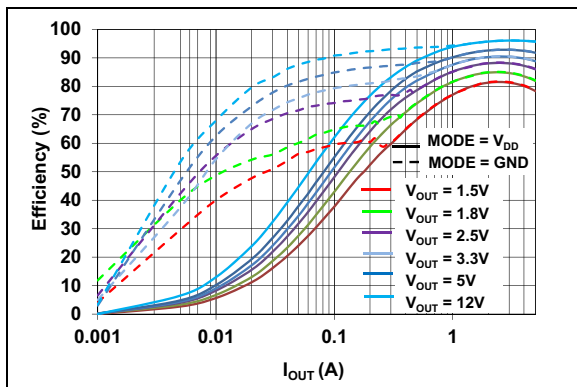


图2-3: 效率—输出电流 ( $V_{IN} = 24V$ )

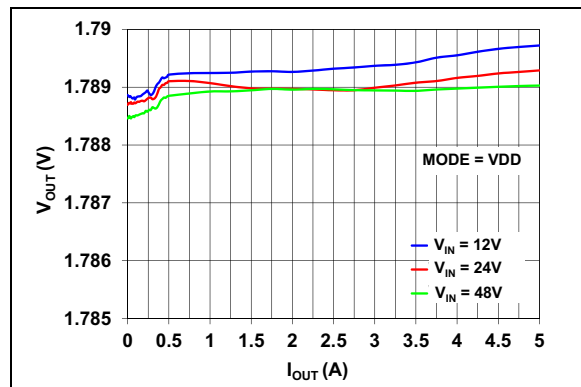


图2-6: 输出电压—输出电流 ( $V_{OUT} = 1.8V$ )

注：除非另外说明，否则 $V_{IN} = 12V$ ， $V_{OUT} = 5V$ ， $I_{OUT} = 0A$ ， $f_{SW} = 300\text{ kHz}$ ， $R_{CL} = 1.42\text{ k}\Omega$ ， $L = 8.2\text{ }\mu\text{H}$ 。

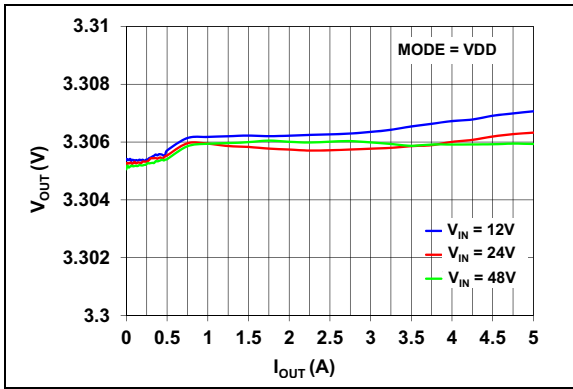


图2-7: 输出电压—输出电流 ( $V_{OUT} = 3.3V$ )

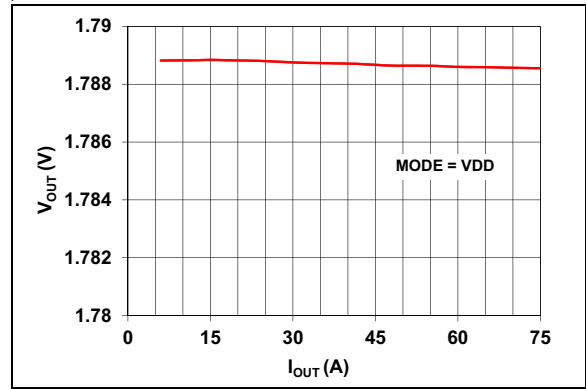


图2-10: 输出电压—输入电压 ( $V_{OUT} = 1.8V$ )

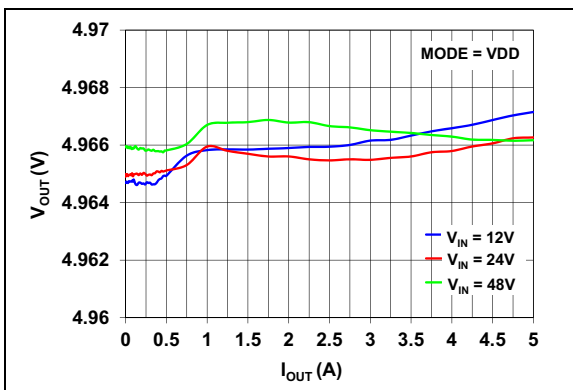


图2-8: 输出电压—输出电流 ( $V_{OUT} = 5V$ )

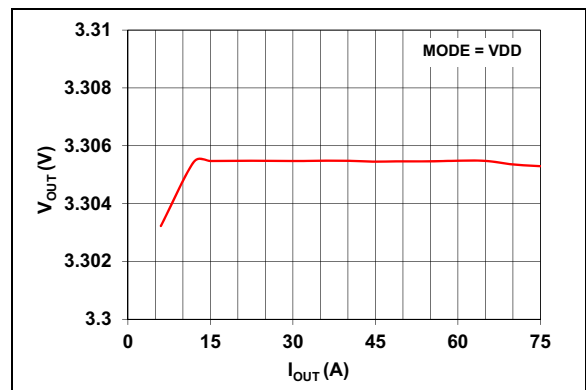


图2-11: 输出电压—输入电压 ( $V_{OUT} = 3.3V$ )

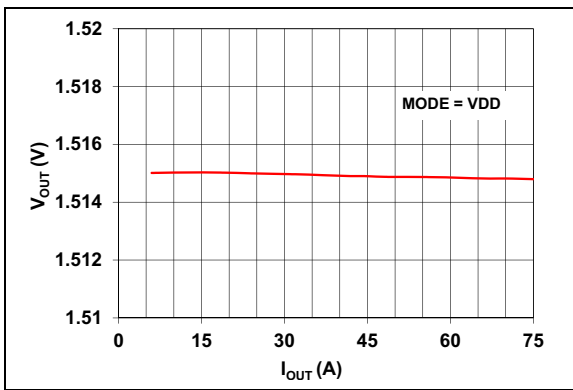


图2-9: 输出电压—输入电压 ( $V_{OUT} = 1.5V$ )

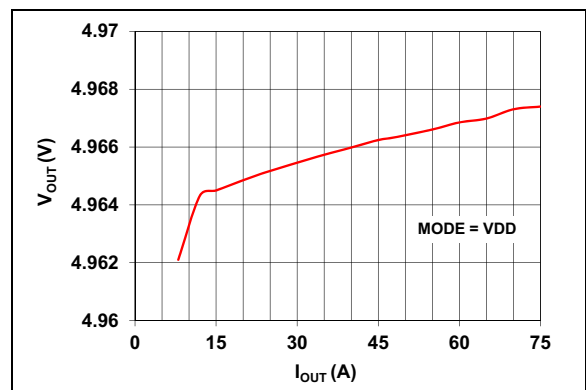


图2-12: 输出电压—输入电压 ( $V_{OUT} = 5V$ )

# MIC28515

注：除非另外说明，否则 $V_{IN} = 12V$ ， $V_{OUT} = 5V$ ， $I_{OUT} = 0A$ ， $f_{SW} = 300\text{ kHz}$ ， $R_{CL} = 1.42\text{ k}\Omega$ ， $L = 8.2\text{ }\mu\text{H}$ 。

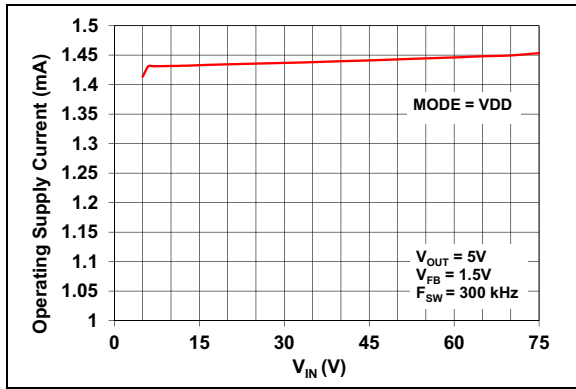


图2-13:  $V_{IN}$ 工作电源电流—输入电压  
(MODE = VDD)

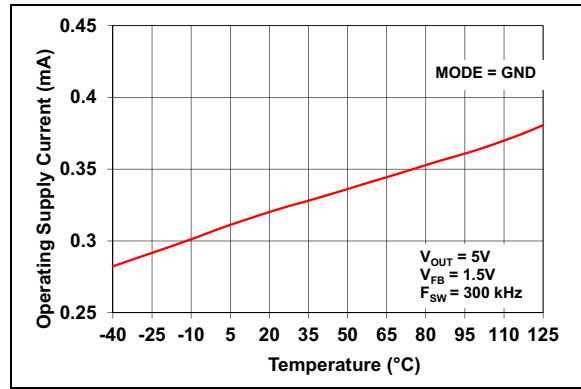


图2-16:  $V_{IN}$ 工作电源电流—温度  
(MODE = GND)

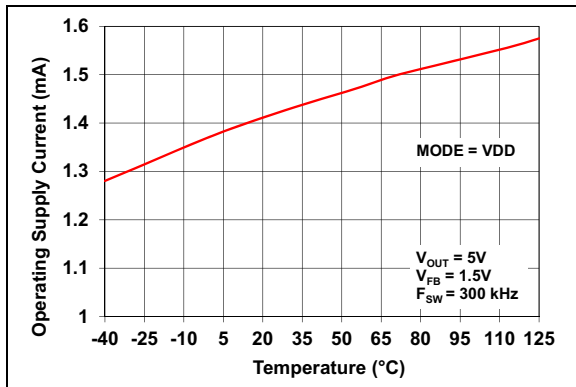


图2-14:  $V_{IN}$ 工作电源电流—温度  
(MODE = VDD)

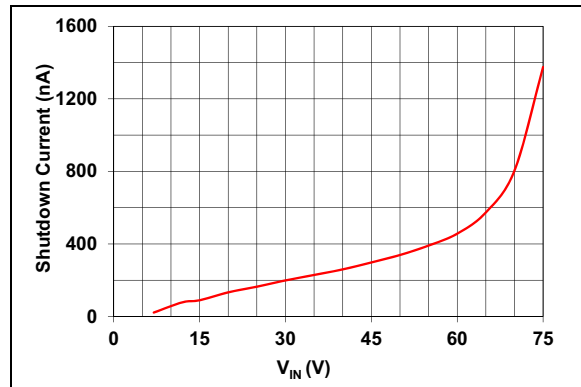


图2-17:  $V_{IN}$ 关断电流—输入电压

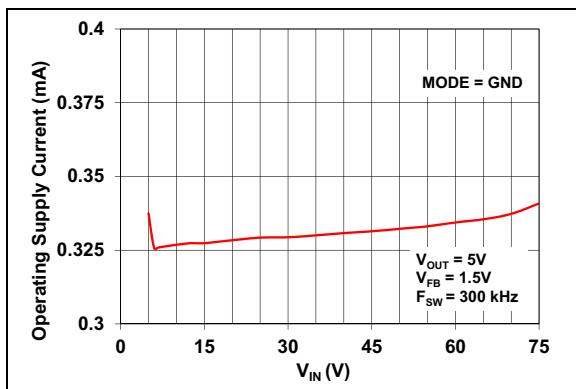


图2-15:  $V_{IN}$ 工作电源电流—输入电压  
(MODE = GND)

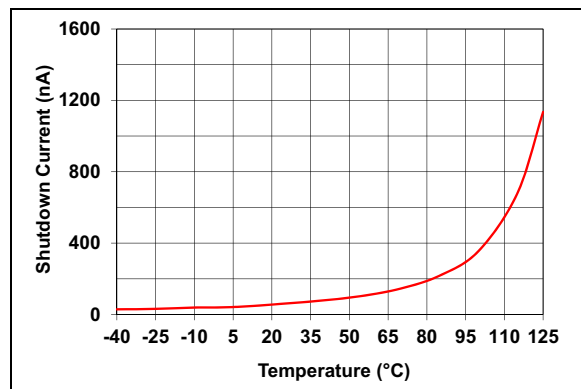


图2-18:  $V_{IN}$ 关断电流—温度



注：除非另外说明，否则 $V_{IN} = 12V$ ， $V_{OUT} = 5V$ ， $I_{OUT} = 0A$ ， $f_{SW} = 300\text{ kHz}$ ， $R_{CL} = 1.42\text{ k}\Omega$ ， $L = 8.2\text{ }\mu\text{H}$ 。

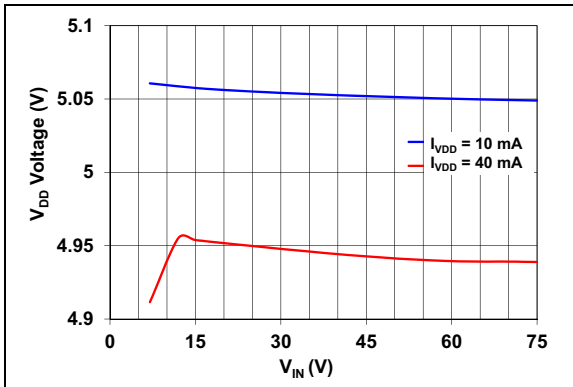


图2-19:  $V_{DD}$  电压—输入电压

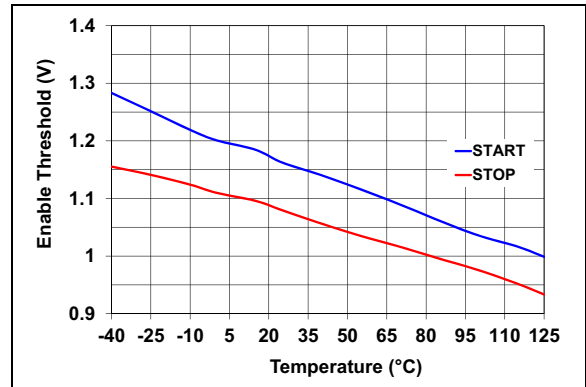


图2-22: 使能阈值—温度

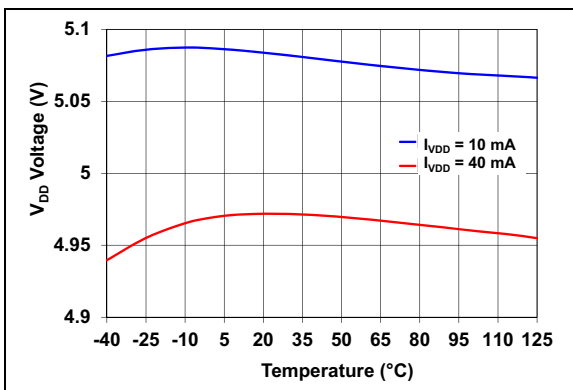


图2-20:  $V_{DD}$  电压—温度

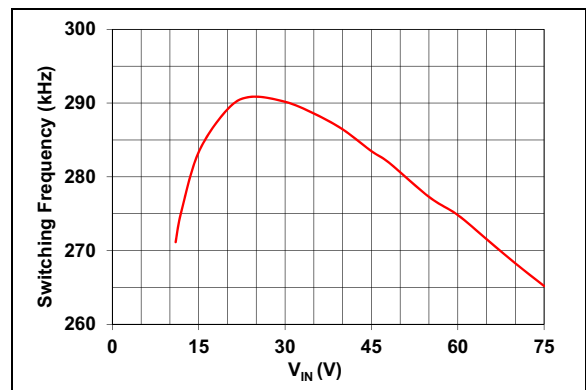


图2-23: 开关频率—输入电压

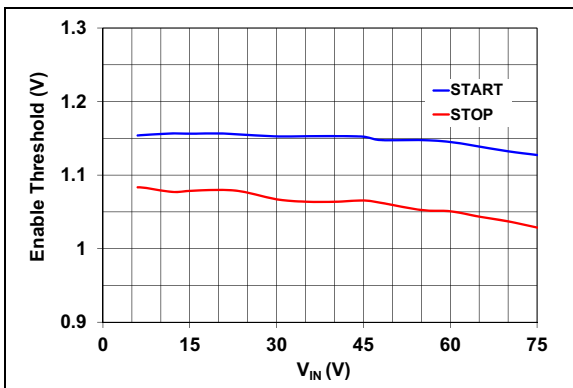


图2-21: 使能阈值—输入电压

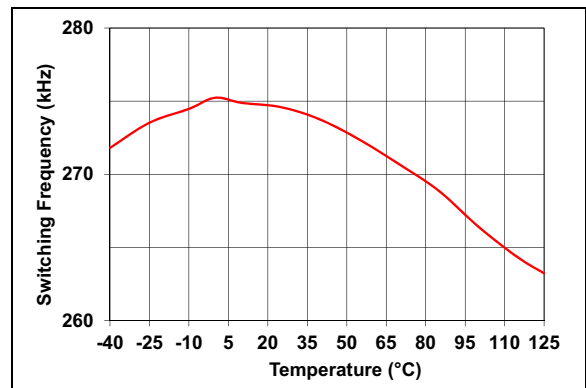


图2-24: 开关频率—温度

# MIC28515

注：除非另外说明，否则 $V_{IN} = 12V$ ， $V_{OUT} = 5V$ ， $I_{OUT} = 0A$ ， $f_{SW} = 300\text{ kHz}$ ， $R_{CL} = 1.42\text{ k}\Omega$ ， $L = 8.2\text{ }\mu\text{H}$ 。

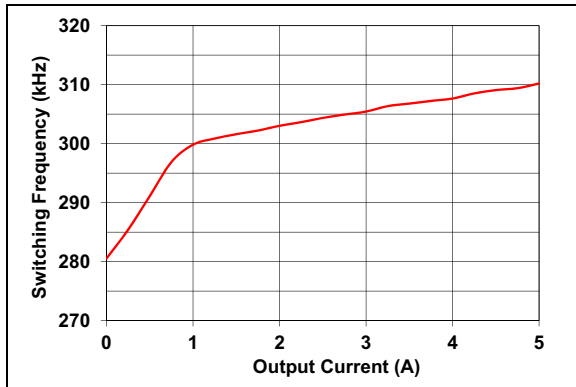


图2-25: 开关频率—输出电流

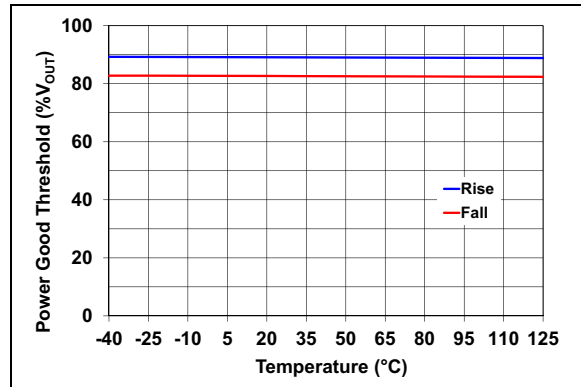


图2-28: 电源正常阈值—温度

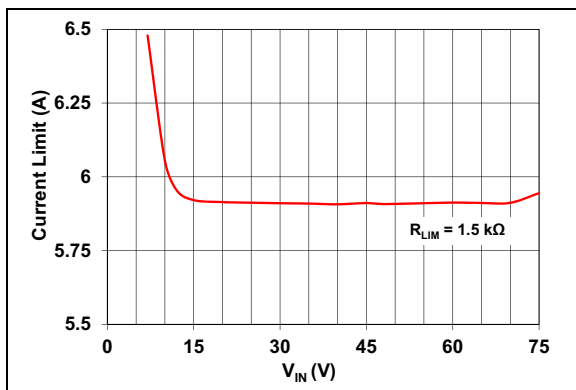


图2-26: 输出电流限值—输入电压

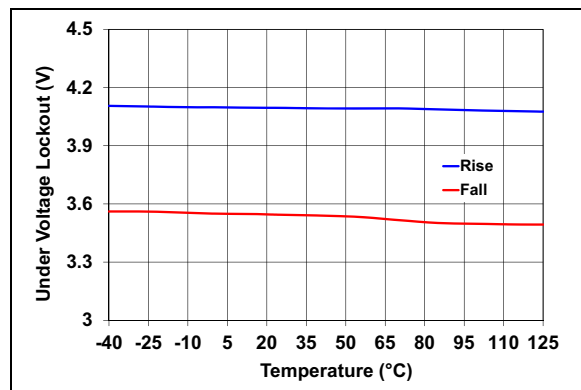


图2-29: 欠压锁定—温度

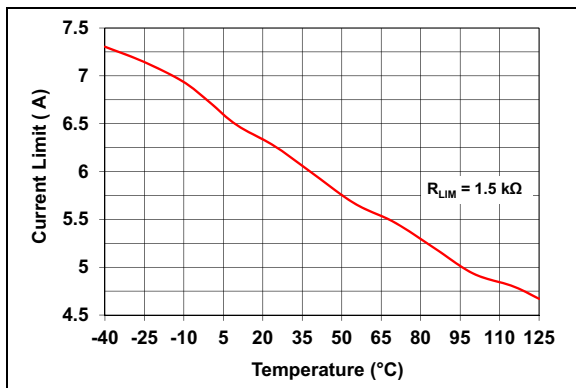


图2-27: 输出电流限值—温度

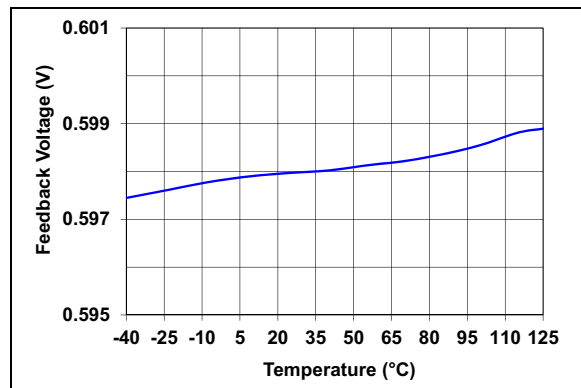


图2-30: 反馈电压—温度

注：除非另外说明，否则  $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{OUT} = 5V$ ,  $I_{OUT} = 0A$ ,  $f_{SW} = 300\text{ kHz}$ ,  $R_{CL} = 1.42\text{ k}\Omega$ ,  $L = 8.2\text{ }\mu\text{H}$ 。

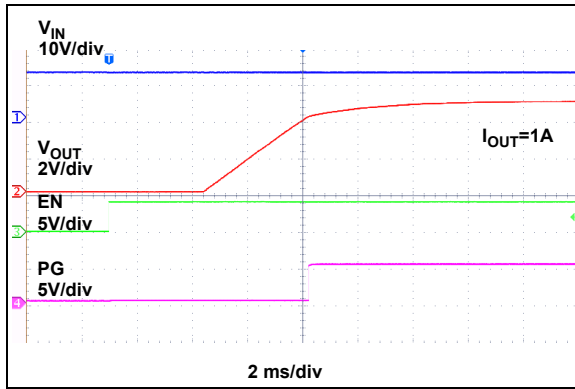


图2-31: 使能导通和上升时间

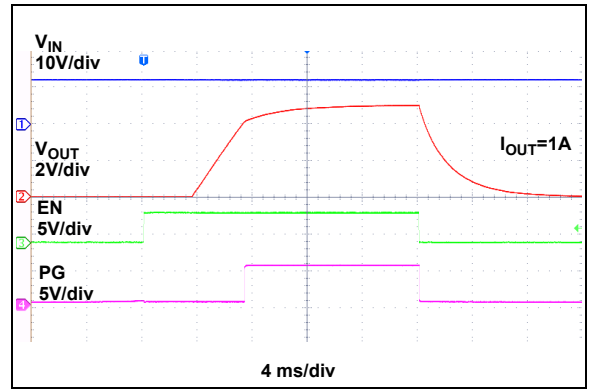


图2-34: 使能导通和关断

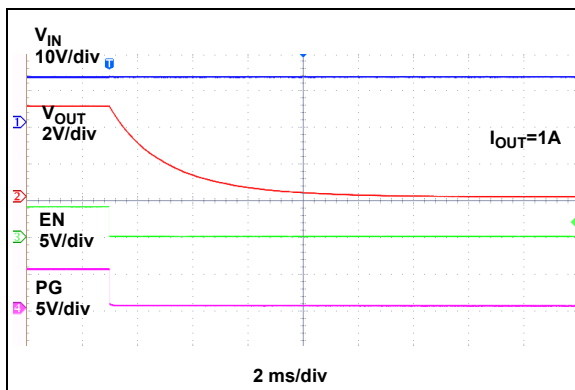


图2-32: 使能关断和上升时间

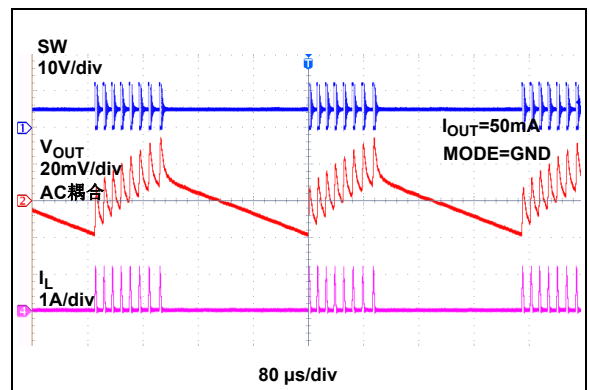


图2-35: 开关波形 ( $I_{OUT} = 0.05A$ ) —— HLL

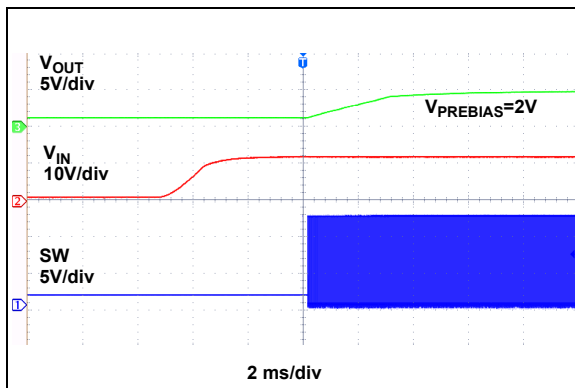


图2-33:  $V_{IN}$ 启动进入预偏置输出

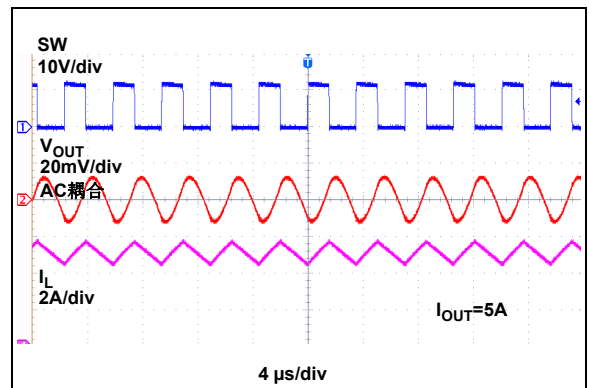


图2-36: 开关波形 ( $I_{OUT} = 5A$ )

# MIC28515

注：除非另外说明，否则 $V_{IN} = 12V$ ， $V_{OUT} = 5V$ ， $I_{OUT} = 0A$ ， $f_{SW} = 300\text{ kHz}$ ， $R_{CL} = 1.42\text{ k}\Omega$ ， $L = 8.2\text{ }\mu\text{H}$ 。

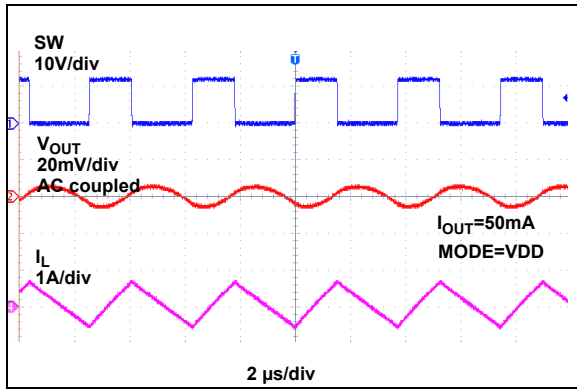


图2-37: 开关波形 ( $I_{OUT} = 0.05A$ ) —— CCM

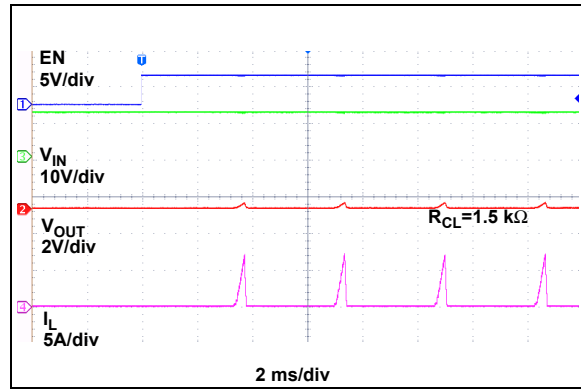


图2-40: 使能进入短路

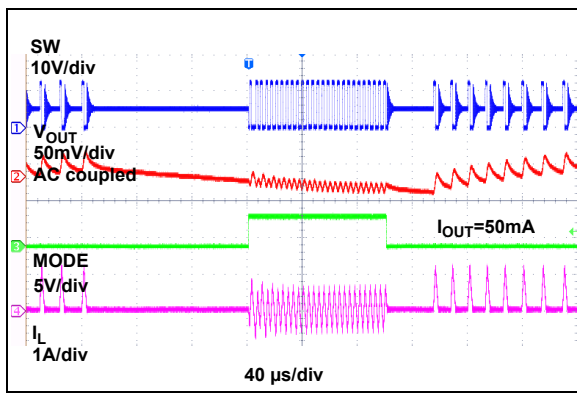


图2-38: 从HLL转变为CCM

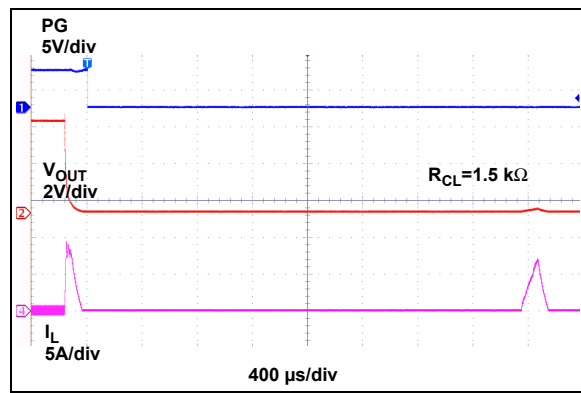


图2-41: 进入短路时的行为

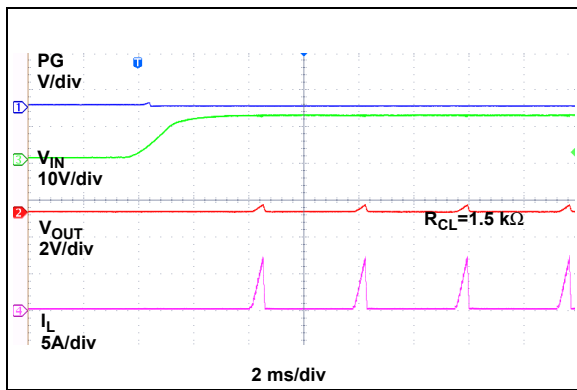


图2-39: 上电进入短路

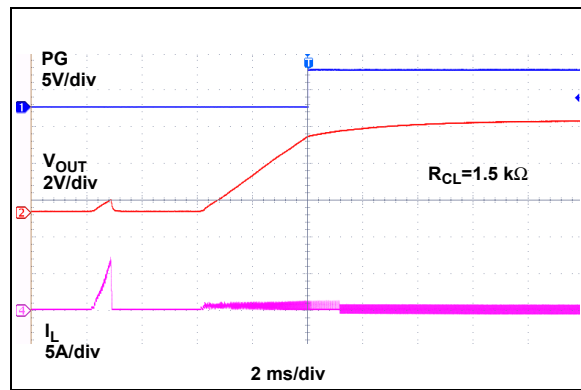


图2-42: 从短路恢复

注：除非另外说明，否则  $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{OUT} = 5V$ ,  $I_{OUT} = 0A$ ,  $f_{SW} = 300\text{ kHz}$ ,  $R_{CL} = 1.42\text{ k}\Omega$ ,  $L = 8.2\text{ }\mu\text{H}$ 。

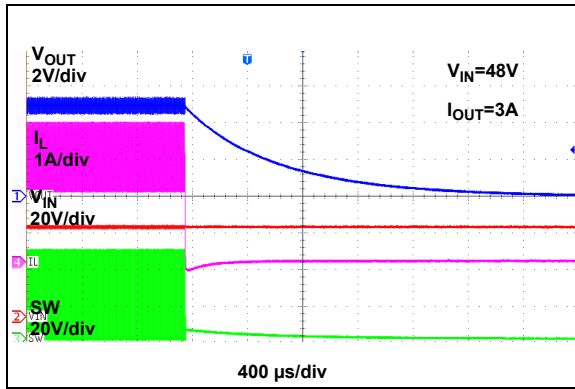


图2-43: 进入热关断时的行为

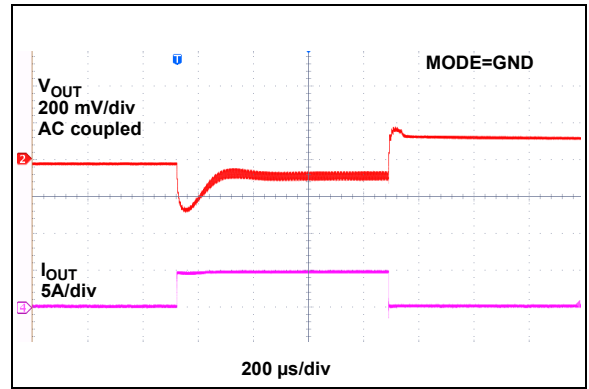


图2-46: 负载瞬态响应 (0至5A) —— HLL

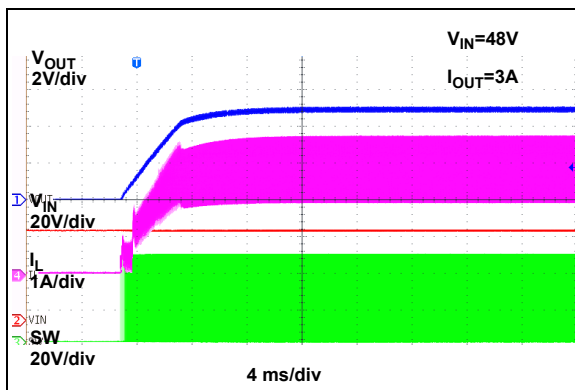


图2-44: 从热关断恢复

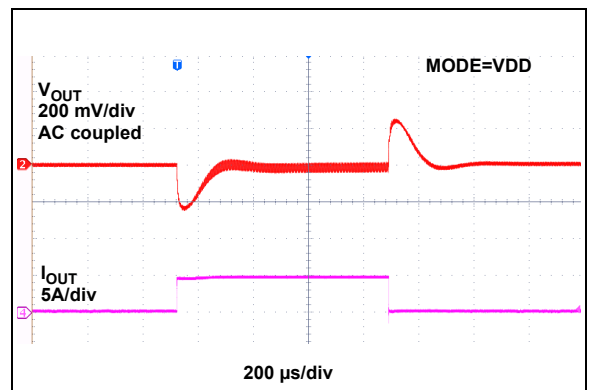


图2-47: 负载瞬态响应 (0至5A) —— CCM

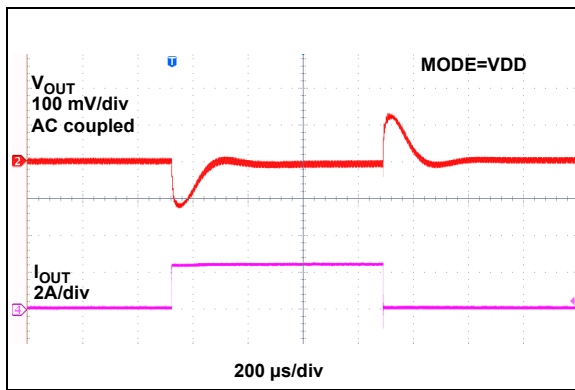


图2-45: 负载瞬态响应 (0至2.5A)

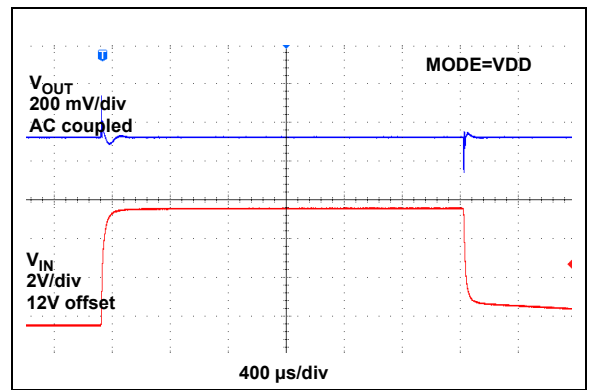


图2-48: 线路瞬态响应 (12V至18V)

# MIC28515

注：除非另外说明，否则 $V_{IN} = 12V$ ， $V_{OUT} = 5V$ ， $I_{OUT} = 0A$ ， $f_{SW} = 300\text{ kHz}$ ， $R_{CL} = 1.42\text{ k}\Omega$ ， $L = 8.2\text{ }\mu\text{H}$ 。

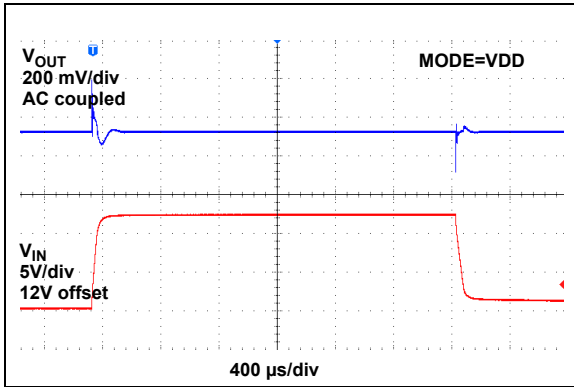


图2-49: 线路瞬态响应 (12V至24V)

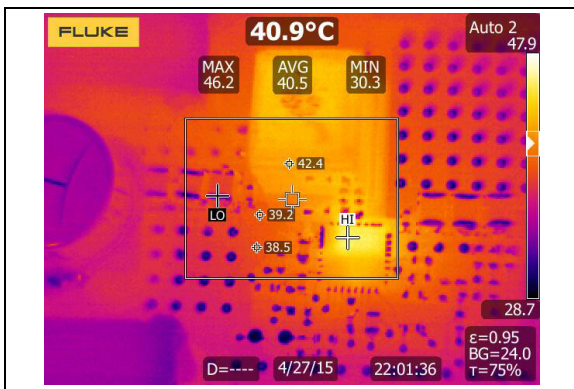


图2-50: 热图 ( $I_{OUT} = 2.5A$ )

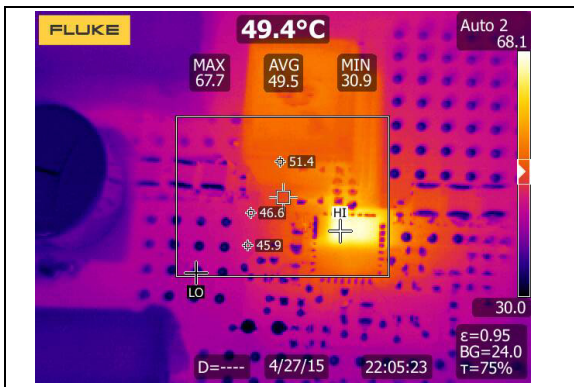


图2-51: 热图 ( $I_{OUT} = 5A$ )

### 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4.4节“ <a href="#">电流限制</a> ”以了解更多详细信息。
2、16、17、18、19、22和29	PGND	电源地。PGND是MIC28515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MOSFET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 $\mu F$ 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2 $\Omega$ 系列电阻连接到 $V_{DD}$ 。在 $PV_{DD}$ 和PGND之间连接一个最小为4.7 $\mu F$ 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 $\mu F$ 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 $PV_{IN}$ 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“ <a href="#">设置开关频率</a> ”。
26	MODE	工作模式选择引脚。通过连接至GND将轻载工作模式设置为HLL或连接至VDD将模式设置为CCM。
27	FB	反馈（输入）。输入到控制回路的跨导放大器。将FB引脚调节至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。MIC28515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“ <a href="#">PCB布线指南</a> ”以了解详细信息。
30	$V_{DD}$	$V_{DD}$ 偏置（输入）。为MIC28515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 $\mu F$ 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2 $\Omega$ 电阻连接到 $PV_{IN}$ 。在此引脚和AGND之间连接一个1 $\mu F$ 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 k $\Omega$ 电阻上拉至 $V_{DD}$ 以设置逻辑高电平。

## 4.0 功能说明

MIC28515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。该器件具有固定软启动时间，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

MIC28515 **功能框图**显示在第2页。输出电压由MIC28515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），MIC28515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：**

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

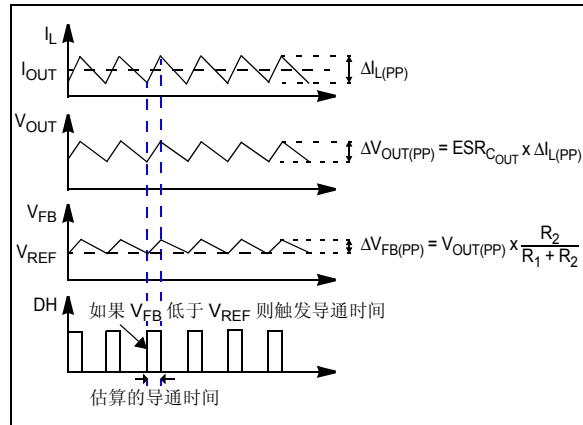
其中：

$$t_S = 1/f_{SW}$$

不建议在稳态工作时关断时间接近 $t_{OFF(MIN)}$ 的情况下使用MIC28515。

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MIC28515在CCM工作模式的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：** MIC28515控制回路时序（CCM模式）



图4-2给出了负载瞬变期间MIC28515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，MIC28515转换器中的输出恢复时间很短，输出电压偏差也很小。

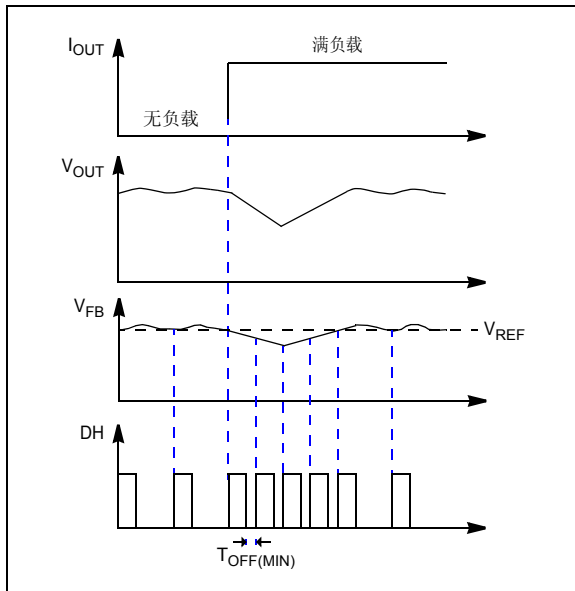


图4-2: MIC28515负载瞬态响应

不同于真正的电流模式控制，MIC28515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，MIC28515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5.7节“纹波注入”。

## 4.2 HyperLight Load (HLL) 模式/非连续模式

在连续模式下，轻载时的电感电流可能变为负值。但如果将MODE设置为HLL模式，MIC28515在轻载时可强制电感电流以非连续模式工作。在HLL模式下，为优化效率，将关闭所有不必要的电路并最大程度地降低电源电流。当反馈电压 $V_{FB}$ 降至0.6V以下时，MIC28515将唤醒并导通上桥臂MOSFET。

MIC28515具有一个过零比较器（ZC检测），它通过在下桥臂MOSFET导通时间内检测其两端的压降来监测电感电流。如果 $V_{FB}$ 大于0.6V且电感电流变为微弱的负电流，则MIC28515会自动关闭大部分IC电路并进入低功耗模式。

一旦MIC28515进入非连续模式，上桥臂和下桥臂MOSFET都将保持关断状态。负载电流由输出电容提供， $V_{OUT}$ 将会下降。如果 $V_{OUT}$ 下降导致 $V_{FB}$ 低于 $V_{REF}$ ，则所有电路将唤醒进入正常连续模式。图4.3所示为非连续模式下的控制回路时序。

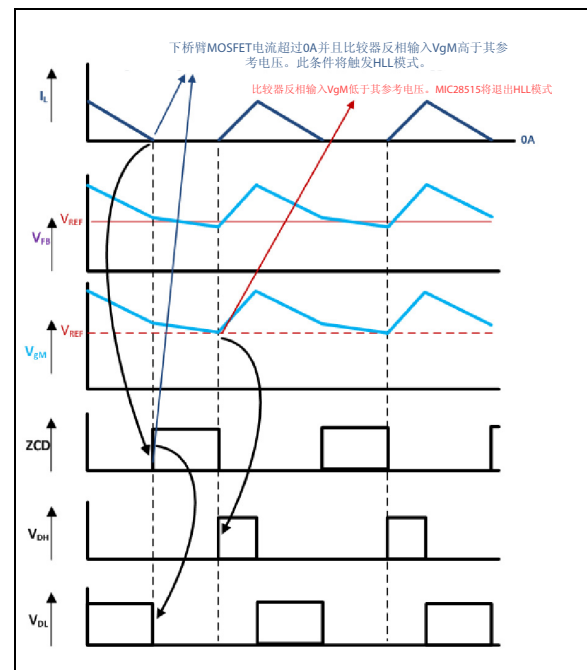


图4-3: MIC28515控制回路时序 (HLL模式)

在非连续模式下，大部分电路的偏置电流都会降低。因此，非连续模式期间的总电源电流只有大约400  $\mu$ A，使得MIC28515可在轻载应用中实现高效率。

## 4.3 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。

MIC28515使0.6V参考电压 $V_{REF}$ 在大约5 ms内从0升至100%，以此实现内部数字软启动。因此可将输出电压控制为以 $V_{FB}$ 阶梯式上升的形式缓慢增加。一旦软启动周期结束，相关电路将被禁止以减少电流消耗。VDD必须与VIN同时上电或者在VIN之后上电，才能正确使能软启动功能。

## 4.4 电流限制

MIC28515使用下桥臂MOSFET  $R_{DS(ON)}$ 来检测电感电流。在MIC28515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  $\mu$ A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，MIC28515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，在计算上述公式中的 $R_{CL}$ 时应考虑 $R_{DS(ON)}$ 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MIC28515的结温发生变化以补偿下桥臂MOSFET的 $R_{DS(ON)}$ 变化时，MIC28515会以0.3  $\mu$ A/ $^{\circ}$ C的幅度调节内部电流限制源电流（ $I_{CL}$ ）。图2-26显示了 $R_{CL} = 1.5$  k $\Omega$ 时的电流限制温度变化。

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。

## 4.5 负电流限制

当下桥臂FET导通时，MIC28515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。

## 4.6 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  $\mu$ F至1  $\mu$ F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 $\Delta BST = 10$  mA  $\times$  4  $\mu$ s / 0.1  $\mu$ F = 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阻碍地流经两个MOSFET。

## 4.7 辅助自举LDO（EXTVDD）

MIC28515具有辅助自举LDO，通过转换器输出电压提供MIC28515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。

## 5.0 应用信息

### 5.1 设置开关频率

MIC28515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<sub>3</sub>和R<sub>4</sub>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<sub>O</sub> = R<sub>4</sub>为100 kΩ且R<sub>3</sub>断开时的开关频率。f<sub>O</sub>通常为800 kHz。

### 5.2 设置输出电压

MIC28515需要两个电阻来设置输出电压，如图5-1中所示。

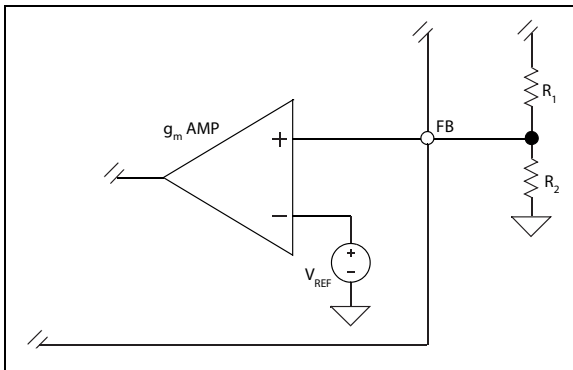


图5-1: 分压器配置

输出电压由公式5-2确定:

#### 公式5-2:

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

其中:

V<sub>FB</sub> = 0.6V

R<sub>1</sub>的典型值介于3 kΩ至10 kΩ之间。如果R<sub>1</sub>太大，可能会将噪声引入电压反馈回路。如果R<sub>1</sub>的值太小，则会降低电源的效率，尤其是轻载时的效率。在选择R<sub>1</sub>之后，便可使用公式5-3计算R<sub>2</sub>。

#### 公式5-3:

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

### 5.3 设置电流限值

源电流限值(I<sub>CL</sub>)已在出厂时已经过调整，以在R<sub>CL</sub> = 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5-4通过更改R<sub>CL</sub>值来调节其他电流限值。

#### 公式5-4:

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

其中:

I<sub>LIM</sub> = 负载电流限制

R<sub>DS(ON)</sub> = 下桥臂MOSFET的导通电阻  
(25 mΩ, 典型值)

ΔI<sub>L</sub>(PP) = 电感纹波电流

I<sub>CL</sub> = 电流限制源电流 (135 μA, 典型值)

### 5.4 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5-5计算电感值。

#### 公式5-5:

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

其中:

f<sub>SW</sub> = 开关频率

20% = AC纹波电流与DC输出电流之比

V<sub>IN(MAX)</sub> = 最大功率级输入电压

# MIC28515

对于选定的电感，电感电流纹波峰-峰值为：

公式5-6：

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

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5-7：

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

RMS电感电流用于计算电感中的 $I^2R$ 损耗。

公式5-8：

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

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MIC28515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5-9计算电感中的铜箔损耗。

公式5-9：

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

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5-10：

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

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）

## 5.5 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5-11计算。

公式5-11：

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

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

总输出波纹为ESR和输出电容之和。总波纹可根据公式5-12计算。

公式5-12：

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

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节“工作原理”小节中所述，MIC28515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5.7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5-13计算。

公式5-13:

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

输出电容的功耗为:

公式5-14:

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

## 5.6 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5-15:

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

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5-16:

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

输入电容的功耗为:

公式5-17:

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

## 5.7 纹波注入

MIC28515 $g_m$ 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MIC28515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。

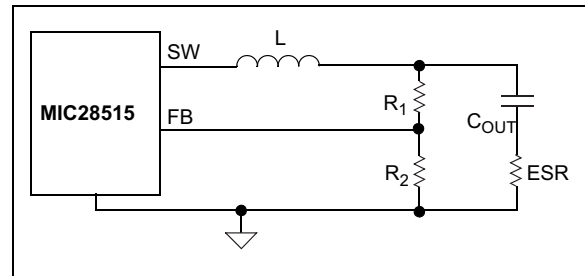


图5-2: FB处的纹波充足

反馈电压纹波为:

公式5-18:

$$\Delta V_{FB(PP)} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times ESR_{COUT} \times \Delta I_L(PP)$$

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。

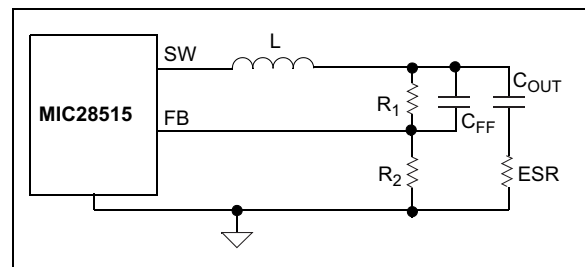


图5-3: FB处的纹波不足

# MIC28515

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5-19:

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

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<sub>INJ</sub>和电容C<sub>INJ</sub>向FB引脚注入额外的纹波，如图5-4所示。

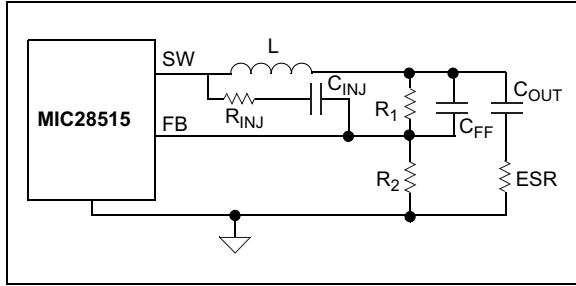


图5-4: FB处的纹波不可见

注入的纹波为:

## 公式5-20:

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

其中:

- V<sub>IN</sub> = 功率级输入电压
- D = 占空比
- f<sub>SW</sub> = 开关频率
- τ = (R<sub>1</sub>//R<sub>2</sub>//R<sub>INJ</sub>) × C<sub>FF</sub>

## 公式5-21:

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

在公式5-20和公式5-21中，假定C<sub>FF</sub>相关的时间常数必须大于开关周期:

## 公式5-22:

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

如果分压电阻R<sub>1</sub>和R<sub>2</sub>在kΩ范围内，只需1 nF至22 nF的C<sub>FF</sub>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<sub>INJ</sub>，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<sub>FF</sub>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<sub>1</sub>和R<sub>2</sub>在kΩ范围内，通常选择1 nF到22 nF的C<sub>FF</sub>。
2. 使用公式5-23根据预期反馈电压纹波选择R<sub>INJ</sub>:

## 公式5-23:

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

则R<sub>INJ</sub>的计算方式为:

## 公式5-24:

$$R_{INJ} = (R_1//R_2) \times \left( \frac{I}{K_{DIV}} - 1 \right)$$

3. 选择100 nF的C<sub>INJ</sub>，这样在多种不同的频率下都可视为短路。

## 5.8 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。这种热电偶线径较大，通常为22，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：使用较小的热电偶电线或使用红外线温度计。如果使用热电偶线，线径必须是36号或更大（线径更小），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，确保热电偶接点与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。



## 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。必须通过地平面对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MIC28515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  $\mu\text{F}$ 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

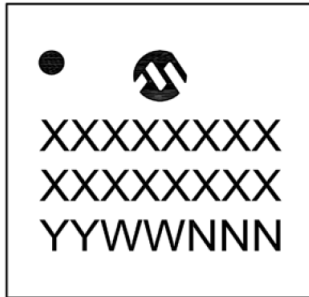
- 使用宽走线将输出电容接地端子连接到输入电容接地端子。
- 输出电容值和ESR改变时，相位裕度也将改变。如果输出电容与BOM中显示的值不同，请联系生产厂。
- 反馈走线应与电源走线隔离，且连接要尽可能靠近输出电容。检测较长的大电流负载走线会降低直流负载调整率。

# MIC28515

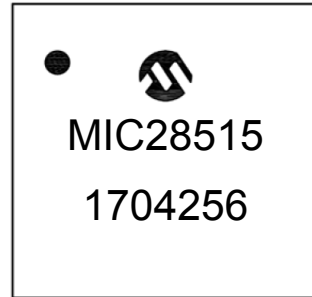
## 7.0 封装信息

### 7.1 封装标识信息

32引脚VQFN (6 x 6 mm)



示例



**图注:**

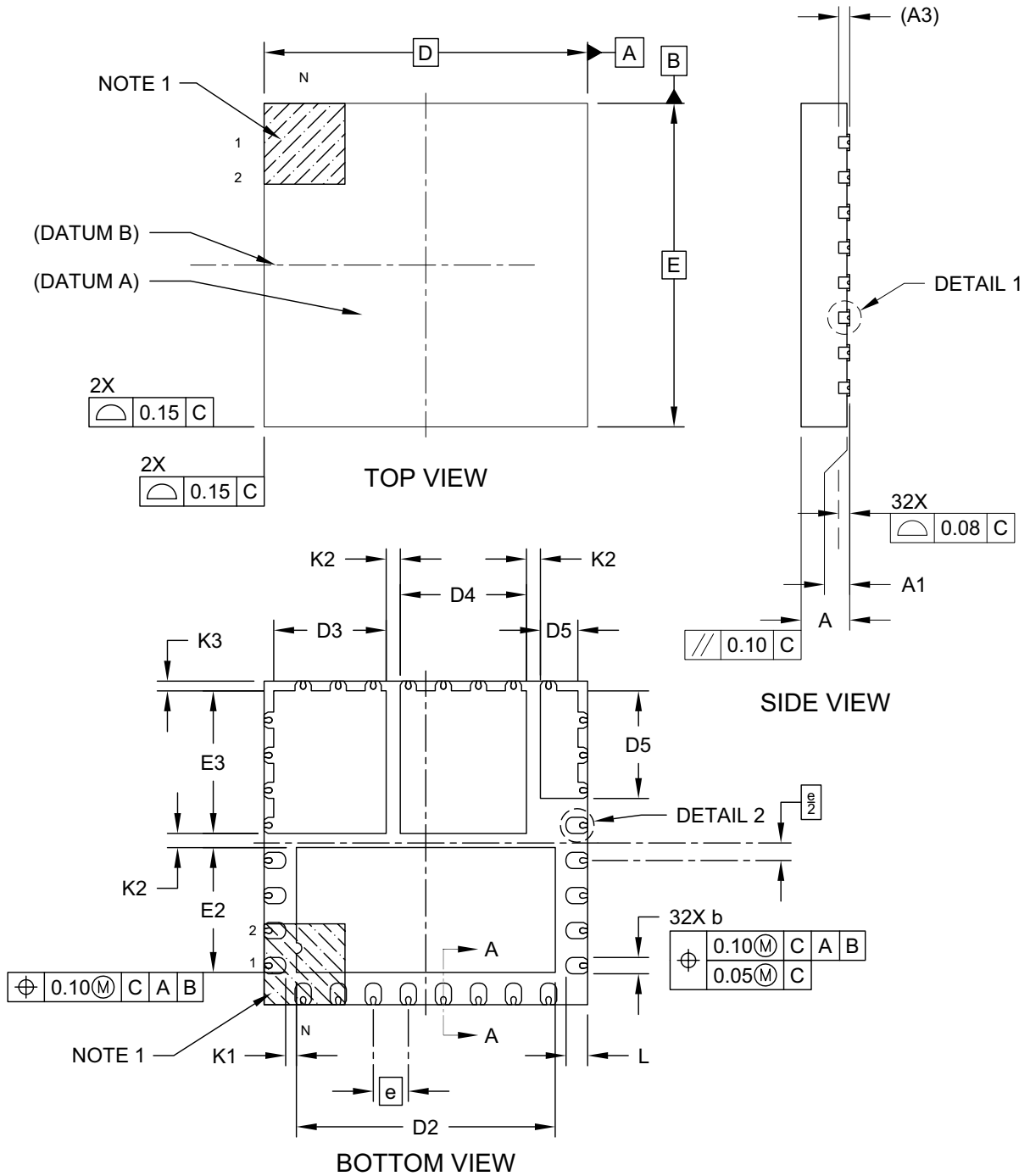
XX...X	客户指定信息
Y	年份代码 (日历年的最后一位数字)
YY	年份代码 (日历年的最后两位数字)
WW	星期代码 (一月一日的星期代码为“01”)
NNN	由字母数字组成的追踪代码
(e3)	雾锡 (Matte Tin, Sn) 的JEDEC无铅标志
*	表示无铅封装。JEDEC无铅标志 ((e3)) 标示于此种封装的外包装上。

**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。

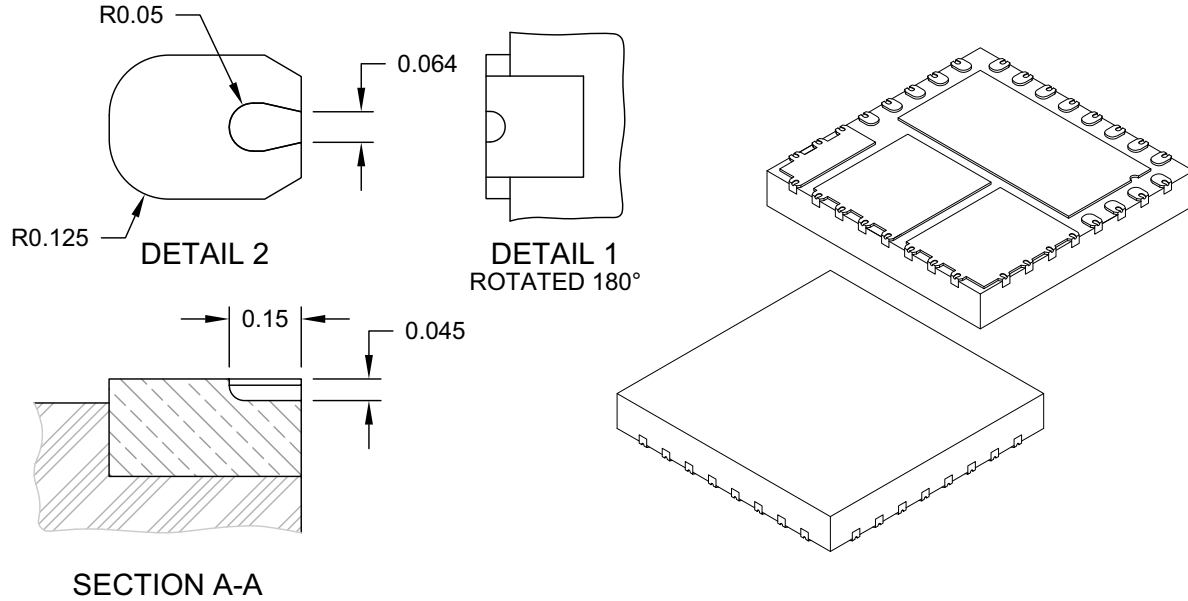


Microchip Technology Drawing C04-1196A Sheet 1 of 2

# MIC28515

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。



SECTION A-A

Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		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	-
Package 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

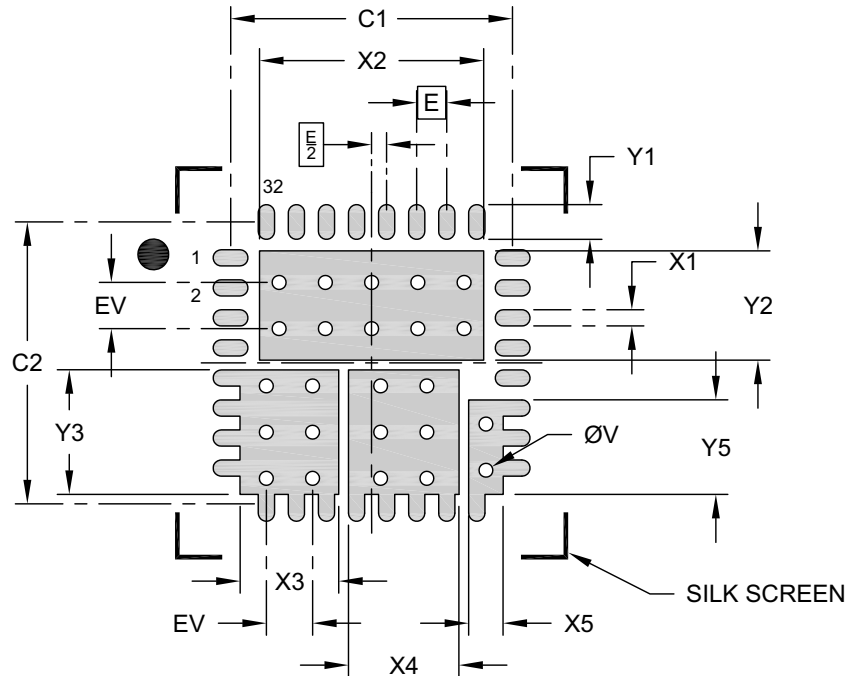
BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

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

Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		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:

- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M  
BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.
- 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

# MIC28515

---

## 附录A： 版本历史

### 版本B（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](#)。
- 更新了[电气特性（1）](#)。

### 版本A（2017年3月）

- 本文档的初始版本。

注:

# MIC28515

## 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
<b>器件:</b>	MIC28515T: 具备外部模式控制功能的75V, 5A Hyper Speed Control <sup>®</sup> 同步直流/直流降压稳压器		
<b>介质类型:</b>	T	=	5000/卷
<b>温度:</b>	E	=	扩展温度范围 (-40°C至+125°C)
<b>封装:</b>	PHA	=	32引脚, 6x6 mm VQFN

**示例:**  
a) MIC28515T-E/PHA: 具备外部模式控制功能的75V, 5A Hyper Speed Control<sup>®</sup>同步直流/直流降压稳压器  
-40°C至+125°C,  
扩展温度范围,  
32引脚VQFN封装

注:

---

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。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、适用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: 978-1-5224-2743-8





## 全球销售及服务中心

### 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](http://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