

# 48V 输入、400 mA 输出、2.2 MHz 开关频率的集成式开关降压稳压器

## MCP16367/8/9



## 说明

MCP16367/8/9 系列器件是高度集成、高效率 and 固定频率的降压直流/直流转换器，采用紧凑型 8 引脚 3 mm x 3 mm VDFN 封装，可工作在最高 48V 的输入电压源下。集成的特性包括上桥臂开关、固定频率峰值电流模式控制、内部补偿、电源正常信号、峰值电流限制和过热保护。MCP16367/8/9 具备快速瞬态响应和精确稳压能力，可提供本地直流/直流转换所需的所有主动功能。

通过集成限流元件、高速 N 沟道 MOSFET 和相关的驱动电路来实现高效率转换。高开关频率最大程度地减小了外部滤波元件的尺寸，从而实现了小尺寸解决方案。

MCP16367/8/9 可以在将输出电压稳压至 2.0V-24V 的同时，提供 400 mA 的连续电流。器件集成了高性能峰值电流模式控制架构，即使在电源系统中常见的输入电压阶跃和输出电流瞬变期间，也可以稳定地对输出电压进行稳压。

MCP16367 能够在 PFM/PWM 模式下运行。它会在轻载和高降压转换比条件下切换到 PFM 模式。这样便可在整个负载范围内保持高效率。

相比之下，MCP16368 只能在 PWM 模式下运行，建议将它用于不涉及与 PFM 模式相关的低频分量的应用。

除了上述两款器件之外，还有一款 MCP16369 可供选择，它专为需要抑制电磁干扰（Electromagnetic Interference, EMI）的应用而设计，可满足减少峰值辐射的要求。它在高于 2.2 MHz 标称值 10% 的范围内扫描开关频率，从而实现这一效果。

输出电压可通过外部电阻分压器进行设置。当输出电压在标称设定值的 93% 以内时，电源正常输出引脚将从逻辑低电平变为逻辑高电平（通过外部上拉电阻实现）。EN 输入用于开启和关闭器件。关断时，输入仅消耗几微安的电流。

MCP16367/8/9 采用节省空间的 8 引脚 3 mm x 3 mm VDFN 可润湿侧翼表面贴装封装。

此外，MCP16367/8/9 还通过了汽车 AEC-Q100 可靠性测试。

## 特性

- 输入电压范围：4.0V（启动后）至 48V
- 可调输出电压范围：2.0V 至 24V
- 集成 N 沟道降压开关：500 mΩ
- 400 mA 输出电流
- 2.2 MHz 固定开关频率
- 关断电流：3 μA（典型值）
- 静态电流：18 μA（典型值）（非开关状态）
- 器件可选开关模式：
  - 自动脉冲频率调制（Pulse Frequency Modulation, PFM）/脉宽调制（Pulse Width Modulation, PWM）工作模式——**MCP16367**
  - 仅 PWM 工作模式——**MCP16368**
  - 仅 PWM 工作模式，支持开关频率抖动功能，专为需要抑制 EMI 的应用而设计——**MCP16369**
- 电源正常输出

- 欠压锁定 (Undervoltage Lockout, UVLO)
- 峰值电流模式控制
- 内部补偿
- 内部软启动
- 内部自举二极管
- 逐周期峰值电流限制
- 过热保护
- 可用封装: 8 引脚 3 mm x 3 mm 可润湿侧翼 VDFN 封装 (见[封装](#))
- 通过汽车 AEC-Q100 标准认证, 请参见[产品标识体系](#)

## 应用

- 汽车直流/直流和 48V 系统
- 单片机偏置电源
- 24V 工业级输入直流/直流转换
- 机顶盒、DSL 电缆调制解调器
- 充电器
- SLA 电池供电设备
- 交流/直流数字控制电源
- 电能表
- 医疗和健康护理
- 分布式电源

# 目录

说明.....	1
特性.....	1
应用.....	2
1. 典型应用.....	5
2. 产品系列.....	7
3. 框图.....	8
4. 引脚配置.....	9
4.1. 封装.....	9
4.2. 引脚说明.....	9
5. 功能说明.....	11
5.1. 工作原理.....	11
5.2. 脉宽调制.....	12
5.3. 脉冲频率工作模式 (PFM).....	12
5.4. 内部参考电压 $V_{REF}$ .....	12
5.5. 内部补偿.....	12
5.6. 使能输入.....	12
5.7. 软启动.....	12
5.8. 欠压锁定.....	12
5.9. 过热保护.....	12
5.10. 上桥臂驱动和自举.....	13
5.11. 集成自举二极管.....	13
5.12. 频率抖动.....	13
5.13. 电源正常.....	13
5.14. 过流保护.....	13
5.15. 过压保护.....	13
6. 电气特性.....	15
6.1. 绝对最大额定值.....	15
6.2. 直流特性.....	15
6.3. 温度规范.....	16
7. 典型性能曲线.....	17
8. 应用信息.....	23
8.1. 可调输出电压计算.....	23
8.2. 电感选择和斜率补偿.....	23
8.3. 续流二极管.....	24
8.4. 输入电容选择.....	24
8.5. 输出电容选择.....	25
8.6. 自举充电和最大占空比限制.....	25

8.7. 输入电压限制.....	26
8.8. 轻载效率准则.....	27
8.9. PCB 布线信息.....	27
9. 典型应用电路.....	28
10. 封装信息.....	30
11. 版本历史.....	34
12. 产品标识体系.....	35
13. 产品变更通知服务.....	36
Microchip 信息.....	37
商标.....	37
法律声明.....	37
Microchip 器件代码保护功能.....	37

# 1. 典型应用

图 1-1. 典型应用电路

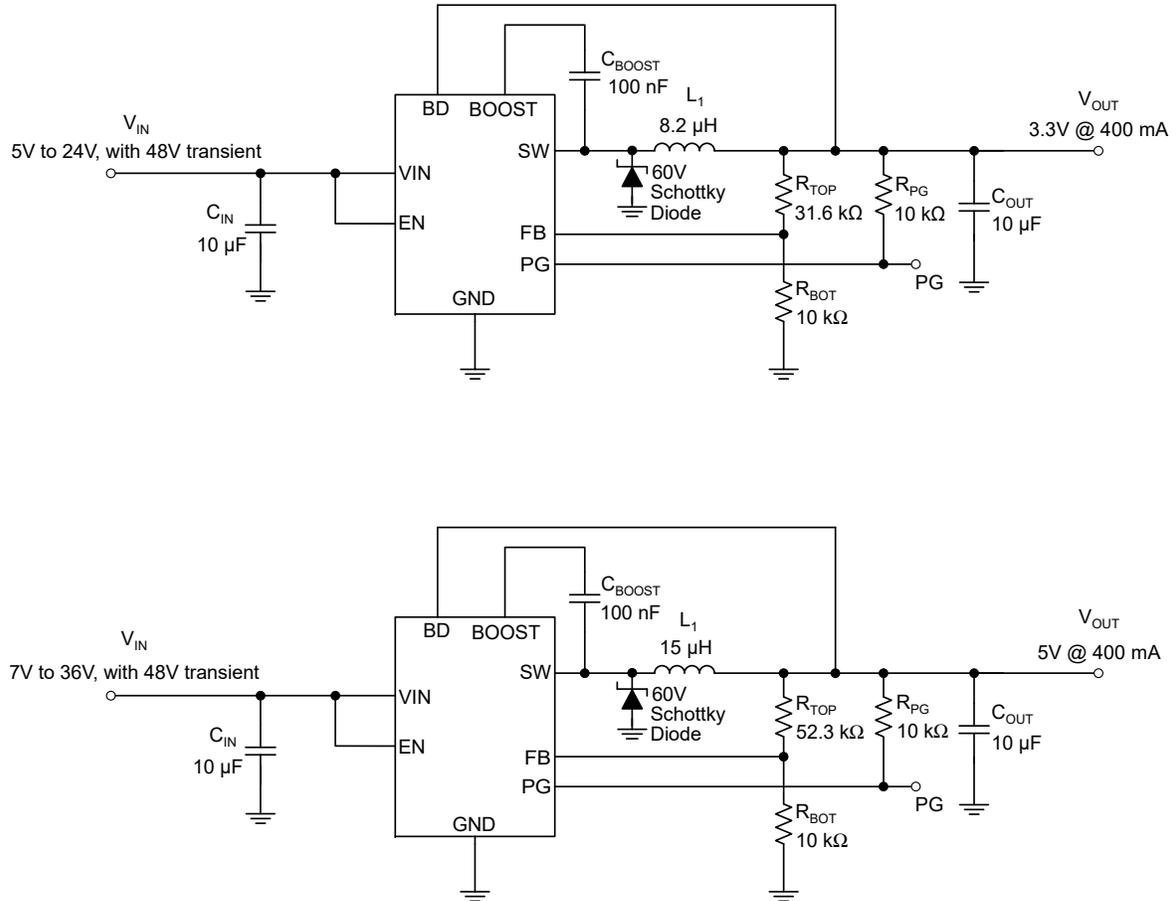
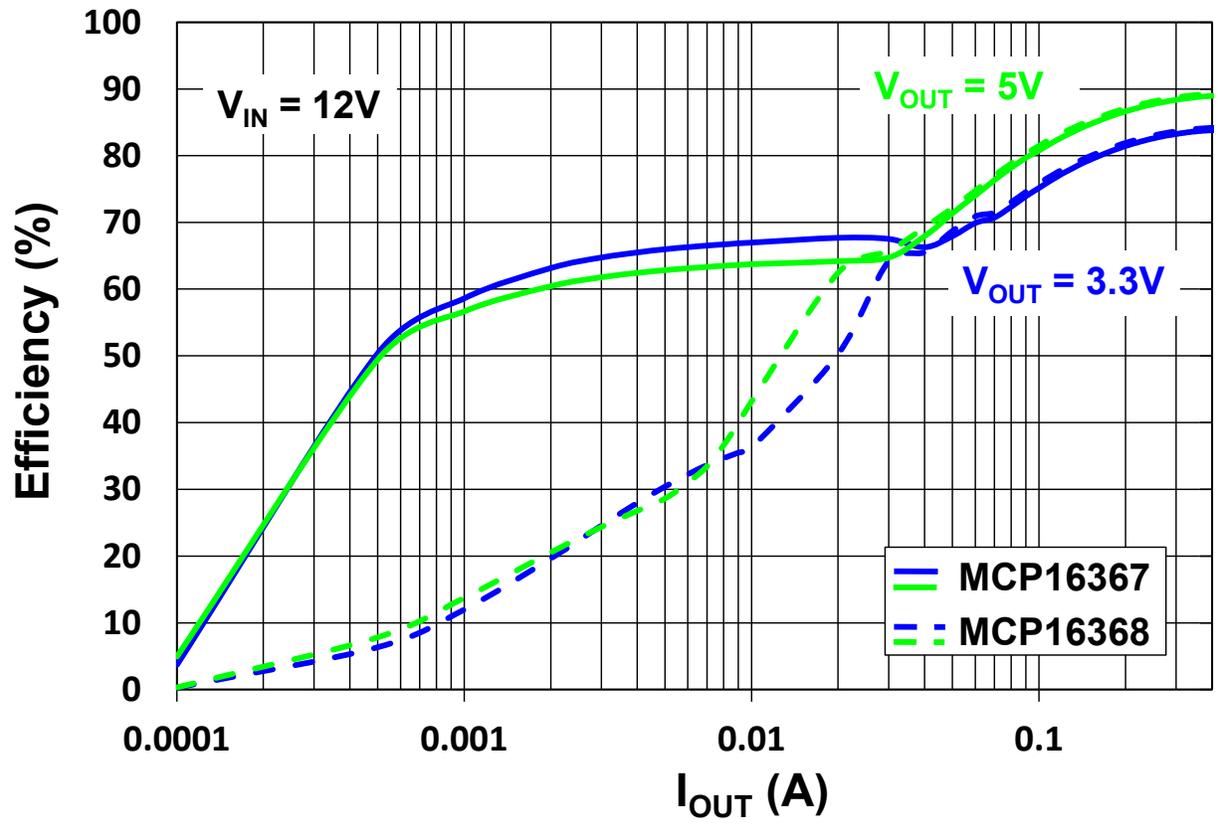


图 1-2. 效率—输出电流曲线



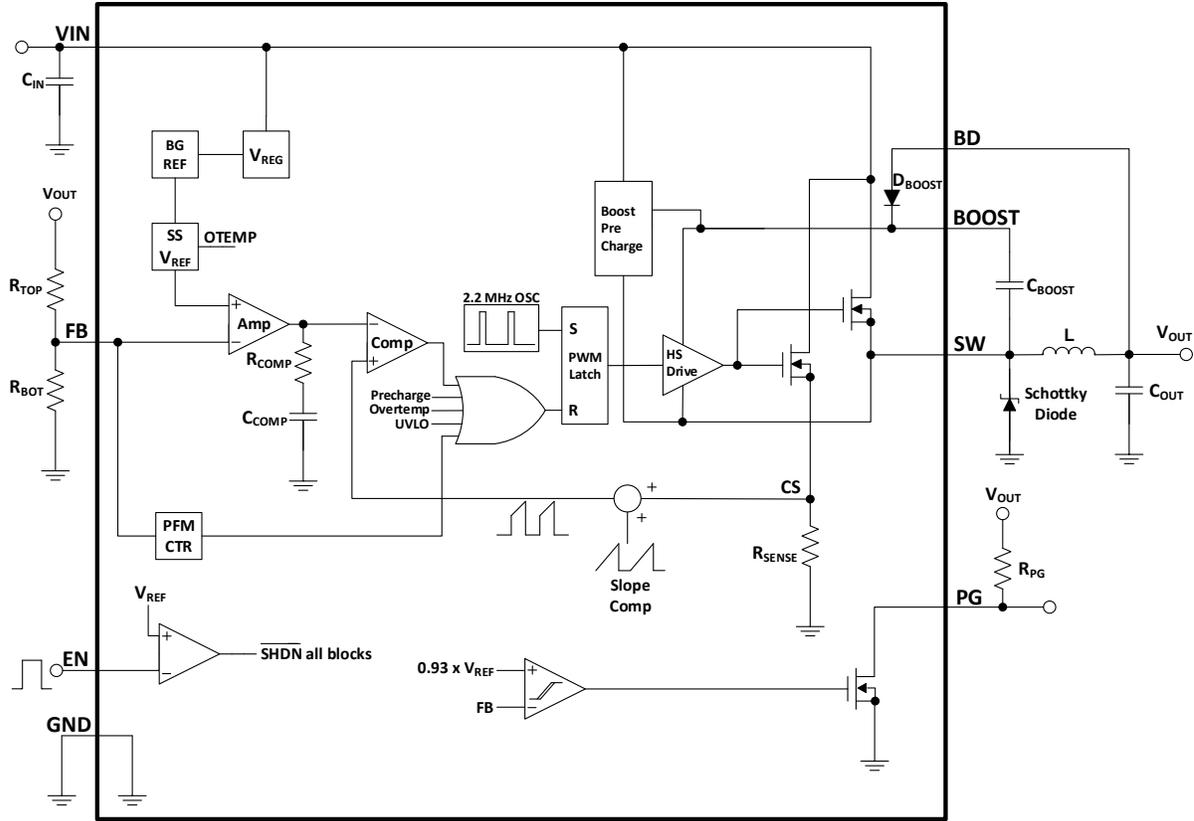
## 2. 产品系列

表 2-1. 器件型号

部件编号	开关模式选项	开关频率
MCP16367	PFM/PWM	2.2 MHz 固定频率
MCP16368	仅 PWM	2.2 MHz 固定频率
MCP16369	仅 PWM	2.2 MHz + 10%频率抖动

### 3. 框图

图 3-1. 简化框图



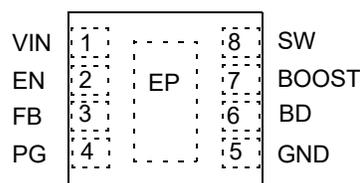
## 4. 引脚配置

表 4-1. 引脚功能表

引脚编号	符号	说明
1	VIN	输入供电电压引脚，用作电源和内部偏置。
2	EN	使能引脚。逻辑高电平会使能操作。不允许此引脚悬空。
3	FB	输出电压反馈引脚。将 FB 连接到外部电阻分压器可设置输出电压。
4	PG	漏极开路电源正常输出。
5	GND	信号和电源参考地。
6	BD	内部自举二极管的阳极。将其连接到 V <sub>OUT</sub> 或小于 5.5V 的电源。
7	BOOST	驱动内部 NMOS 控制开关的升压电压。BOOST 和 SW 引脚之间连接有一个自举电容。
8	SW	输出开关节点，连接到电感、续流二极管和自举电容。
9	EP	外露焊盘。必须与 GND 平面相连以帮助散热。

### 4.1. 封装

图 4-1. 8 引脚 3 mm x 3 mm VDFN 封装引脚配置（俯视图）



### 4.2. 引脚说明

#### 电源输入电压引脚（VIN）

VIN 引脚是降压转换器电源级和内部电路的输入电压引脚。该引脚与内部上桥臂 N 沟道 MOSFET 的漏极端子相连。必须将一个至少 10  $\mu$ F 的陶瓷电容从 VIN 连接到 GND 引脚，并使其尽可能靠近器件。建议组合使用不同大小的多个陶瓷电容。

#### 使能引脚（EN）

EN 引脚是用于使能或禁止器件开关的逻辑电平输入，禁止器件时会降低静态电流。要关闭器件，必须将 EN 引脚拉低。请勿使该引脚悬空。

#### 反馈电压引脚（FB）

FB 引脚用于通过电阻分压器对输出进行稳压。稳压时，V<sub>FB</sub> 电压的典型值为 0.800V。

#### 电源正常输出引脚（PG）

PG 引脚是内部 N 沟道 FET 的漏极连接。当输出电压在标称设定值的 93% 以内时，该引脚将从逻辑低电平变为逻辑高电平（通过外部上拉电阻）。

#### 接地引脚（GND）

接地或者回路引脚用于连接电路地。输入电容回路、输出电容回路和 GND 引脚的走线长度必须尽可能短，以最大程度地降低 GND 引脚上的噪声。

#### 升压二极管引脚（BD）

BD 引脚是与 BOOST 引脚相连的二极管的阳极。必须将 BD 引脚与介于 3V 和 5.5V 之间的电压输出相连。如果转换器的输出电压设置在这两个值之间，建议将 BD 引脚与该输出相连。

### 升压引脚 (BOOST)

BOOST 引脚用于为上桥臂 N 沟道功率 MOSFET 的驱动器提供电压。将自举电容连接到此引脚。

### 开关节点引脚 (SW)

开关节点引脚在内部连接到上桥臂 N 沟道 MOSFET 的源极，在外部连接到由电感、肖特基二极管和自举电容组成的 SW 节点。外部元件必须尽可能靠近 SW 引脚放置，以便最大程度地减小开关节点。

### 外露焊盘 (EP)

外露焊盘并非以电气方式连接到 GND 引脚。将其通过热过孔连接到地平面以确保充分散热。

## 5. 功能说明

MCP16367/8/9 是一款高输入电压降压稳压器，能够提供 2.0V 至 24V 的稳压输出电压和 400 mA 的输出电流。在内部，经过微调的 2.2 MHz 振荡器提供固定频率，而峰值电流模式控制架构则通过改变占空比来进行输出稳压。内部的悬空驱动器用于开启和关闭上桥臂集成 N 沟道 MOSFET。该驱动器的电源通过外部自举电容产生，电容能量由 3.0V 至 5.5V 固定范围的电压（通常为转换器的输入或输出电压）提供。对于输出电压超出此范围（例如 12V）的应用，可使用简单的齐纳二极管稳压器从输出端获得自举电容偏置。

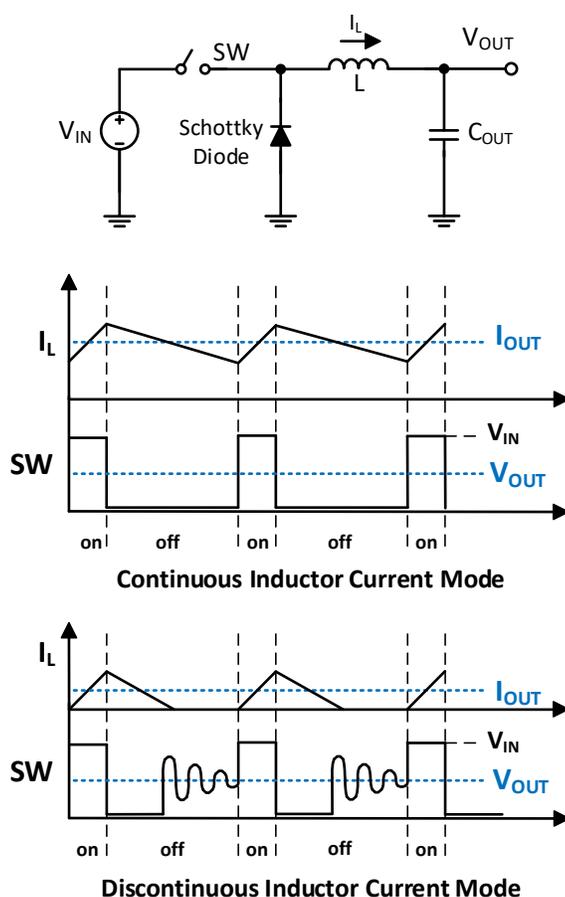
### 5.1. 工作原理

器件使用集成的上桥臂开关通过控制占空比来对输入电压进行斩波或调制，从而实现输出稳压。器件使用低阻开关、低正向压降二极管以及低等效串联电阻、电感（DCR）和电容（ESR）来确保高效率。当开关开启时，直流电压施加到电感（ $V_{IN} - V_{OUT}$ ），使电感电流产生正向线性斜坡。当开关关闭时，所施加的电感电压等于  $-V_{OUT}$ ，使电感电流产生负向线性斜坡（忽略肖特基二极管的正向压降）。

为实现稳态的连续电感电流工作模式，正向电感电流斜坡的幅值必须等于负向电流斜坡的幅值。在稳态下工作时，在电感电流保持连续或从不降为零的条件下，开关占空比必须等于  $V_{OUT}/V_{IN}$ ，以实现恒定的输出稳压。对于非连续电感电流工作模式，稳态占空比将小于  $V_{OUT}/V_{IN}$ ，以维持电压稳压。斩波输入电压或 SW 节点电压的平均值等于输出电压，平均电感电流则等于输出电流。

有关连续与非连续电感电流模式下的开关波形和电感电流的图形表示，请参见图 5-1。

图 5-1. 降压转换器



MCP16367/8/9 集成了峰值电流模式控制架构，可实现出色的交流稳压效果，并最大程度地减少器件中集成的电压回路补偿元件的数量和尺寸。峰值电流模式控制功能会获取一小部分的电感电流，复制它并将所复制的电流检测信号与积分误差放大器的输出电压进行比较。电感电流和内部开关电流实际上在开关开启期间是相等的。通过将该峰值电流检测信号添加到系统控制中，可以将降压电源系统从二阶系统降为一阶系统。这样可以降低系统的复杂性，提高其动态性能。

## 5.2. 脉宽调制

对于超过 50% 的脉宽调制 (PWM) 占空比，控制系统会变为双峰型，即一直重复宽脉冲后跟一个短脉冲，而不是所需的固定脉冲宽度。器件会在图 5-1 显示的电流中增加一个内部补偿斜坡。

内部振荡器会启动开关周期，对于 MCP16367/8/9，开关频率为 2.2 MHz。在集成开关开启时，电感电流将一直斜升，直到电流检测信号和斜率补偿斜坡之和超过积分误差放大器输出为止。误差放大器输出将上摆或下摆，以增大或减小送至输出 LC 滤波器的电感峰值电流。如果稳压输出电压低于其目标值，反相误差放大器输出将上升。这将导致电感电流上升，以修正输出电压中的误差。当检测到的电感峰值电流与内部斜率补偿之和超过误差放大器的输出电压时，固定频率占空比将终止。系统关闭内部开关并持续到下一个周期开始，以使 PWM 锁存器置位。过热信号或自举电容欠压也会导致 PWM 锁存器复位，从而异步终止开关周期。

## 5.3. 脉冲频率工作模式 (PFM)

MCP16367 可选择最佳工作开关模式 (PFM 或 PWM)，以在较宽的负载电流范围内实现高效率。在 PFM 模式下，占空比由固定的峰值电流决定。这允许输出电压略高于典型稳压点。当输出电压升高且反馈电压超过典型值 810 mV 时，MCP16367 将停止开关并进入休眠模式。输出电压降低后，该器件即恢复正常工作。在轻载电流下切换到 PFM 模式，再结合非开关状态下的超低  $I_Q$  电流，可以在极低的负载下获得非常高的效率。在休眠期间（两个开关数据包之间），MCP16367 会从电源线汲取 18  $\mu\text{A}$ （典型值）电流。开关脉冲数据包占总运行周期的比例较小，因此从电源线汲取的总平均电流很小。

PFM/PWM 模式的缺点在于输出电压纹波较高，以及 PFM 模式下频率不固定。PFM 模式阈值是输入电压、输出电压和负载的函数。

## 5.4. 内部参考电压 $V_{REF}$

可通过集成的高精度 0.8V 参考电压与外部电阻分压器来设置所需的转换器输出电压。电阻分压范围可以不同，不会影响控制系统增益。高值电阻消耗的电流较小，但更容易受噪声影响。

## 5.5. 内部补偿

为保证在整个工作范围内稳定运行，器件集成了所有必要的控制系统元件，包括误差放大器和电感电流斜率补偿。为添加适量的斜率补偿，电感值会随着输出电压的变化而变化（见表 8-1）。

## 5.6. 使能输入

使能 (EN) 输入用于禁止器件。如果被禁止，MCP16367/8/9 器件从输入消耗的电流将达到最低。使能时，内部软启动将控制输出电压上升速率，以防止高浪涌电流和输出电压过冲。为了确保在达到足够电压时立即自动导通，请将 EN 与输入相连。

## 5.7. 软启动

启动期间会对内部参考电压上升速率进行控制，从而最大程度地减少输出电压过冲并降低浪涌电流。软启动时间通常为 1200  $\mu\text{s}$ 。

## 5.8. 欠压锁定

集成的欠压锁定 (UVLO) 功能可在输入电压升高到器件足以正常工作之前，防止转换器启动。转换器通常在 4V 时启动，最低可以在 3.6V 时工作。添加迟滞电压是为了防止因加载输入电压源而在启动期间启动和停止。

## 5.9. 过热保护

过热保护在裸片温度达到 155°C 时会关闭转换器。温度下降到 125°C 时会再次正常开关。

## 5.10. 上桥臂驱动和自举

MCP16367 具有集成的上桥臂 N 沟道 MOSFET，用于高效率降压电源转换。由于低电阻和小尺寸的原因，因此采用了 N 沟道 MOSFET（而不是 P 沟道 MOSFET）。必须将 N 沟道 MOSFET 栅极驱动为高于其源极才能完全导通晶体管。栅极驱动电压需高于输入电源才能导通上桥臂 N 沟道 MOSFET。上桥臂驱动电压必须介于 3.0V 和 5.5V 之间。

N 沟道 MOSFET 源极与电感和肖特基二极管或开关节点相连。开关关闭后，电感电流会流过肖特基二极管，产生一个通过自举电源（通常是 3.0V 至 5.5V 输出应用的输出电压）对自举电容充电的路径。

在启动之前，自举电容中未储存任何用于驱动开关的电荷。使用一个内部稳压器来对自举电容进行预充电。进行预充电时，开关将开启，电感电流开始流动。开关关闭后，电感电流会流过肖特基二极管，产生一个对自举电容充电的路径。当开关在轻载条件下以极短的时间关闭时，电感电流的斜率会受到限制，对于充电而言是最坏的情况。在这种情况下，自举电容充电的时间非常短。如果使用高输入电压，就有足够的预充电电流可以补充自举电容的电荷。对于超过 5.5V 典型值的输入电压，MCP16367/8/9 器件将在无负载条件下稳定输出电压。启动后，MCP16367/8/9 将保持稳定的输出电压，直到输入电压降到 4V 以下。

## 5.11. 集成自举二极管

为了最大限度地减少应用中使用的外部元件数量，器件中集成了自举二极管，其阳极与 BD 引脚相连，阴极与 BOOST 引脚相连。

该引脚上允许使用 3V 到 5.5V 之间的电压。

## 5.12. 频率抖动

在设计直流/直流开关电源时，必须克服的挑战之一是控制正常工作期间产生的电磁干扰（EMI）辐射。开关电源基波开关频率处的 EMI 最大，而高次谐波处的 EMI 干扰相对较低。为了减少这种峰值辐射，可采用开关频率调制或抖动，使 EMI 分散到整个频带上。

对于 MCP16369，开关频率将在 2.2 MHz 的基础之上增加 10%，以减小 EMI 峰值。

## 5.13. 电源正常

电源正常（Power Good, PG）为漏极开路输出。为了置为逻辑高电平，PG 需要通过一个外部电阻连接到上拉电压，该上拉电压不得超过输入电压。

当输出电压达到其目标调节电压的 93% 时，PG 将置为有效。当输出电压降至其目标调节电压的 90% 以下时，PG 将在 50  $\mu$ s（典型值）的延时后置为无效。PG 下降延时而用作应对极短尖峰的抗毛刺定时器。当 EN 引脚低于供电使能阈值时，PG 输出始终立即置为无效。上拉电阻的值必须足够大，以便将 PG 引脚电流限制在 5 mA 以下。

每当检测到欠压条件或发生热关断时，PG 也会立即置为无效（无延时）。

## 5.14. 过流保护

MCP16367/8/9 通过检测流过上桥臂开关的电流实现了瞬时逐周期电流限制功能。

上桥臂开关提供了前沿消隐来防止误触发过流限制。

该器件还提供了频率折返和过流保护，可抑制在长时间过载或短路状态后出现的脉冲。

在高输入电压下存在长时间过载时，如果触发过电流保护，则将抑制接下来出现的 3 个开关脉冲，从而减小电感电流。

与此同时，如果反馈电压降低，则开关频率也将降至 200 kHz。

## 5.15. 过压保护

MCP16367/8/9 采用低输出电容设计，其中集成了过压保护（Overvoltage Protection, OVP），以最大程度地减少从较强的卸载瞬态恢复时出现的输出电压过冲。例如，在某些应用中，移除负载后输出电压会过载，这种情况下稳压器输出的增加速度会比误差放大器的响应速度更快，进而导致输出过冲。

OVP 电路会将 FB 电压与 OVP 阈值（通常设为 860 mV）进行比较，并在超出阈值时立即关断上桥臂 MOSFET。

## 6. 电气特性

### 6.1. 绝对最大额定值

表 6-1. 绝对最大额定值

参数	最小值	最大	单位
V <sub>IN</sub> 和 SW	-0.5	+53	V
BOOST - GND	-0.5	+60	V
BOOST - SW 电压	-0.5	+5.5	V
FB 和 BD	-0.5	+5.5	V
PG 和 EN	-0.5	V <sub>IN</sub> + 0.3	V
储存温度	-65	+150	°C
工作结温	-40	+125	°C

表 6-2. 所有引脚上的 ESD 保护

参数	最小值	最大值	单位
HBM	-2	+2	kV
CDM	-2	+2	kV

**注：** 如果器件的工作条件超过上述“最大值”，可能对器件造成永久性损坏。上述值仅代表极限工作条件，不建议在处于或超出上述极限值的情况下工作。器件长时间工作在最大值条件下，其可靠性可能受到影响。

### 6.2. 直流特性

电气特性：除非另外说明，否则 T<sub>A</sub> = T<sub>J</sub> = +25°C，V<sub>IN</sub> = V<sub>EN</sub> = 12V，V<sub>BOOST</sub> - V<sub>SW</sub> = 3.3V，V<sub>OUT</sub> = 3.3V，I<sub>OUT</sub> = 100 mA，L = 8.2 μH，C<sub>IN</sub> = 10 μF (X7R 陶瓷电容)，C<sub>OUT</sub> = 10 μF (X7R 陶瓷电容)。粗体字规范适用的 T<sub>A</sub> 范围为 -40°C 至 +125°C。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
输入电压	V <sub>IN</sub>	<b>4.1</b>	—	<b>48</b>	V	<b>注 1</b>
反馈电压	V <sub>FB</sub>	<b>0.776</b>	0.800	<b>0.824</b>	V	V <sub>IN</sub> = 12V，PWM 模式，标准部件
		<b>0.784</b>	0.800	<b>0.816</b>	V	V <sub>IN</sub> = 12V，PWM 模式，通过汽车 AEC-Q100 标准认证
输出电压调节范围	V <sub>OUT</sub>	<b>2</b>	—	<b>24</b>	V	<b>注 2 和注 4</b>
反馈电压电压稳定度	(ΔV <sub>FB</sub> /V <sub>FB</sub> )/ΔV <sub>IN</sub>	—	0.01	—	%/V	MCP16368，V <sub>IN</sub> = 5V 至 16V
反馈电压负载稳定度	(ΔV <sub>FB</sub> /V <sub>FB</sub> )	—	0.3	—	%	MCP16368，I <sub>OUT</sub> = 10 mA 至 400 mA
反馈输入偏置电流	I <sub>FB</sub>	—	+/- 10	—	nA	灌/拉电流
欠压锁定启动	UVLO <sub>STRT</sub>	—	4	—	V	V <sub>IN</sub> 上升
欠压锁定停止	UVLO <sub>STOP</sub>	—	3.6	—	V	V <sub>IN</sub> 下降
欠压锁定滞后	UVLO <sub>HYS</sub>	—	0.4	—	V	
开关频率	f <sub>SW</sub>	<b>1.8</b>	2.2	<b>2.6</b>	MHz	PWM 模式
开关频率抖动	f <sub>SW,dither</sub>	—	+10	—	%	MCP16369

**注：**

1. 输入电压必须大于输出电压与电压余量之和；负载电流越高，稳压需要的输入电压越大。有关典型的输入到输出工作电压范围，请参见特性图。
2. 相关条件说明，请参见第 8.7 节“输入电压限制”。
3. V<sub>BOOST</sub> 源自 V<sub>OUT</sub>。
4. 通过表征确定；未经生产测试。

## 直流特性 (续)

电气特性: 除非另外说明, 否则  $T_A = T_J = +25^\circ\text{C}$ ,  $V_{IN} = V_{EN} = 12\text{V}$ ,  $V_{BOOST} - V_{SW} = 3.3\text{V}$ ,  $V_{OUT} = 3.3\text{V}$ ,  $I_{OUT} = 100\text{mA}$ ,  $L = 8.2\ \mu\text{H}$ ,  $C_{IN} = 10\ \mu\text{F}$  (X7R 陶瓷电容),  $C_{OUT} = 10\ \mu\text{F}$  (X7R 陶瓷电容)。粗体字规范适用的  $T_A$  范围为  $-40^\circ\text{C}$  至  $+125^\circ\text{C}$ 。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
最大占空比	$DC_{MAX}$	—	87	—	%	注 4
最短导通时间	$T_{ONMIN}$	—	65	—	ns	注 4
NMOS 开关导通电阻	$R_{DS(ON)}$	—	0.5	—	$\Omega$	$V_{BOOST} - V_{SW} = 3.3\text{V}$ (注 4)
NMOS 开关电流限制	$I_{N(MAX)}$	—	0.75	—	A	$V_{BOOST} - V_{SW} = 3.3\text{V}$ (注 4)
静态电流——PWM	$I_{Q,PWM}$	—	1.8	<b>3.8</b>	mA	$V_{BOOST} = 3.3\text{V}$ ; MCP16368 为开关状态
静态电流——PFM	$I_{Q,PFM}$	—	55	<b>135</b>	$\mu\text{A}$	$V_{BOOST} = 3.3\text{V}$ ; MCP16367 为开关状态
静态电流——PFM (非开关状态)	$I_Q$	—	18	<b>24</b>	$\mu\text{A}$	$V_{BOOST} = 3.3\text{V}$ ; MCP16367 为非开关状态
静态电流——关断	$I_{Q,SHD}$	—	3	<b>6</b>	$\mu\text{A}$	$V_{OUT} = EN = 0\text{V}$
EN 输入逻辑高电平	$V_{IH}$	<b>1.8</b>	—	—	V	
EN 输入逻辑低电平	$V_{IL}$	—	—	<b>0.4</b>	V	
EN 输入泄漏电流	$I_{ENLK}$	—	0.1	<b>0.15</b>	$\mu\text{A}$	$V_{EN} = 12\text{V}$
软启动时间	$t_{SS}$	—	1.2	—	ms	EN 低电平到高电平, $V_{OUT}$ 的 90% (注 4)
电源正常阈值	$V_{PG}$	<b>89</b>	93	<b>97</b>	%	
电源正常滞后	$V_{PG,hyst}$	—	3	—	%	
电源正常消隐	$PG_{Blanking}$	—	55	<b>57</b>	$\mu\text{s}$	
热关断芯片温度	$T_{SD}$	—	155	—	$^\circ\text{C}$	注 4
裸片温度滞后	$T_{SDHYS}$	—	25	—	$^\circ\text{C}$	

## 注:

1. 输入电压必须大于输出电压与电压余量之和; 负载电流越高, 稳压需要的输入电压越大。有关典型的输入到输出工作电压范围, 请参见特性图。
2. 相关条件说明, 请参见第 8.7 节“输入电压限制”。
3.  $V_{BOOST}$  源自  $V_{OUT}$ 。
4. 通过表征确定; 未经生产测试。

## 6.3. 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>						
工作结温范围	$T_J$	-40	—	+125	$^\circ\text{C}$	稳态
储存温度范围	$T_A$	-65	—	+150	$^\circ\text{C}$	—
最高结温	$T_J$	—	—	+150	$^\circ\text{C}$	瞬态
<b>封装热阻</b>						
结至环境热阻 (注 1)	$R_{\theta JA}$	—	61.1	—	$^\circ\text{C/W}$	—
结至外壳热阻 (注 1)	$R_{\theta JC}$	—	76.4	—	$^\circ\text{C/W}$	—
结至封装顶部热阻 (注 1)	$\Psi_{JT}$	—	2.4	—	$^\circ\text{C/W}$	—
结至电路板热阻 (注 1)	$R_{\theta JB}$	—	21.8	—	$^\circ\text{C/W}$	—
结至电路板表征参数热阻 (注 1)	$\Psi_{JB}$	—	15.8	—	$^\circ\text{C/W}$	—

## 注:

1. 在 MCP16367/8/9 评估板 EV56E71A (50 mm x 50 mm, 1 盎司, 双层 PCB) 上模拟测得。

## 7. 典型性能曲线

注:

- 以下图表为基于有限数量样片的统计结果，仅供参考。所列出的性能特性未经测试，我们不做保证。一些图表中列出的数据可能超出规定的工作范围（例如，超出了规定的电源范围），因此不在担保范围内。
- 除非另外说明，否则  $T_A = +25^\circ\text{C}$ ,  $V_{IN} = V_{EN} = 12\text{V}$ ,  $V_{BOOST} - V_{SW} = 5\text{V}$ ,  $V_{OUT} = 5\text{V}$ ,  $I_{OUT} = 100\text{ mA}$ ,  $L = 15\ \mu\text{H}$ ,  $C_{IN} = 10\ \mu\text{F}$  (X7R 陶瓷电容),  $C_{OUT} = 10\ \mu\text{F}$  (X7R 陶瓷电容)。

图 7-1. 3.3V  $V_{OUT}$  效率— $I_{OUT}$  曲线

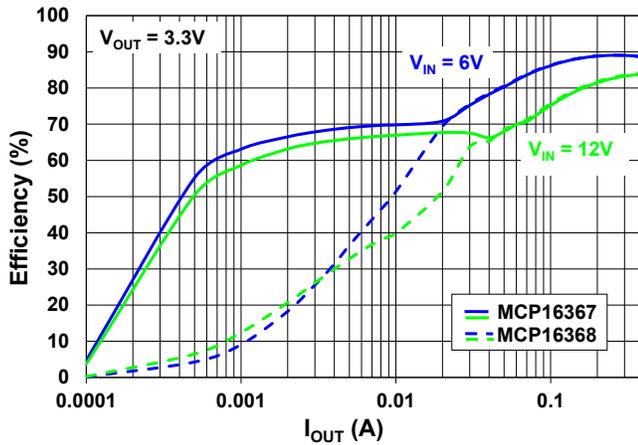


图 7-2. 3.3V  $V_{OUT}$ — $I_{OUT}$  曲线

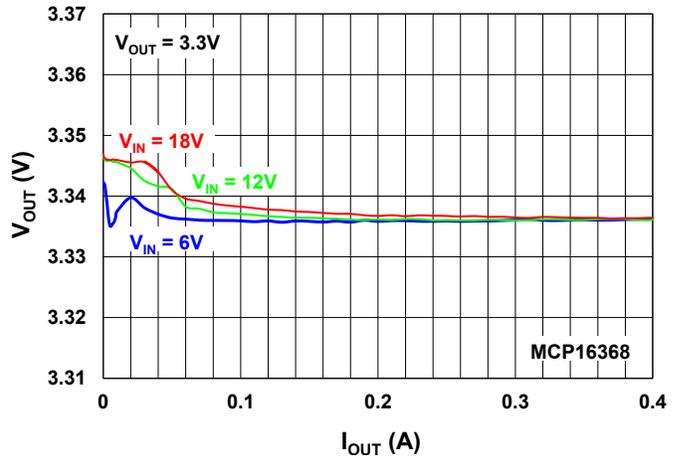


图 7-3. 5V  $V_{OUT}$  效率— $I_{OUT}$  曲线

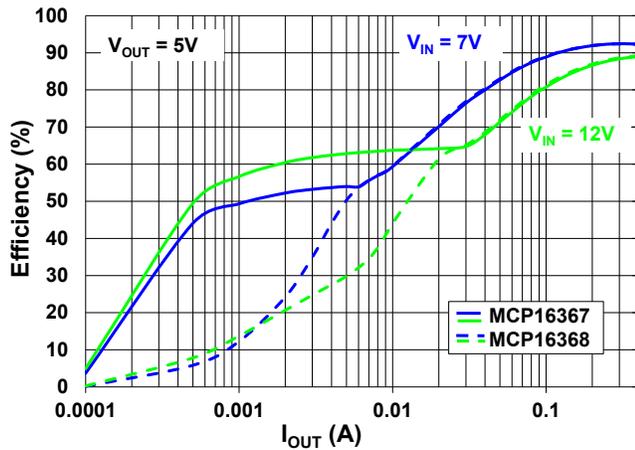


图 7-4. 5V  $V_{OUT}$ — $I_{OUT}$  曲线

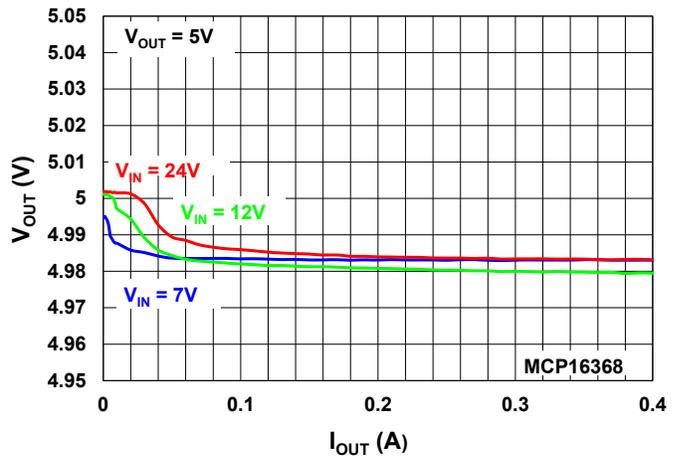


图 7-5. 12V  $V_{OUT}$  效率— $I_{OUT}$  曲线

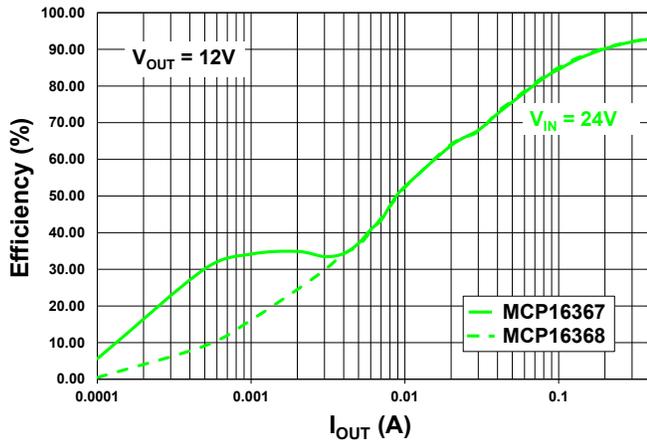


图 7-6. 12V  $V_{OUT}$ — $I_{OUT}$  曲线

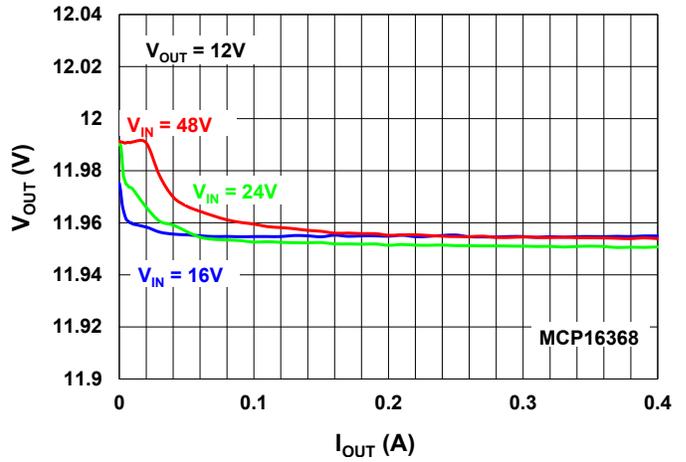


图 7-7.  $V_{OUT}$ — $V_{IN}$  曲线

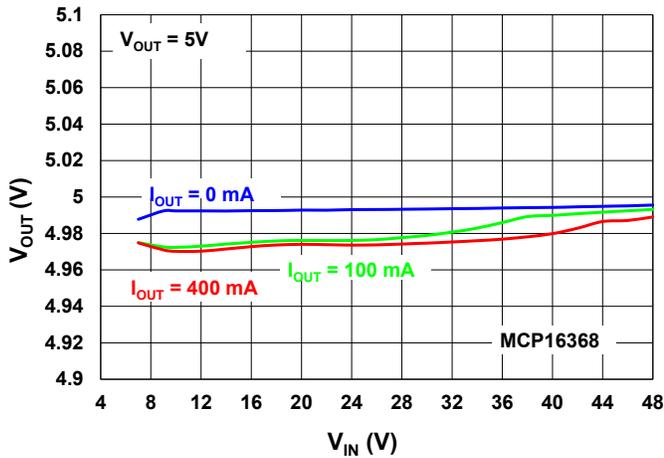


图 7-8. 开关  $R_{DS(ON)}$ —温度曲线

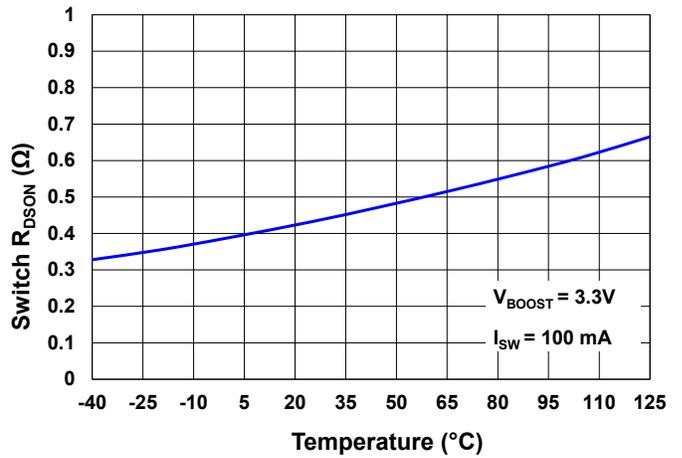


图 7-9.  $V_{FB}$ —温度曲线

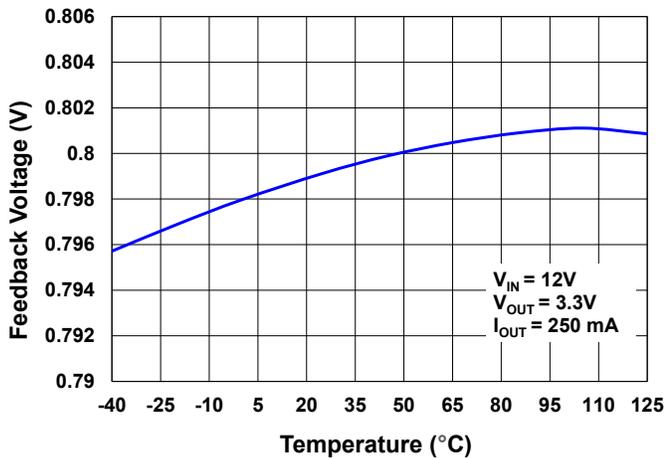


图 7-10. 开关  $R_{DS(ON)}$ — $V_{BOOST}$  曲线

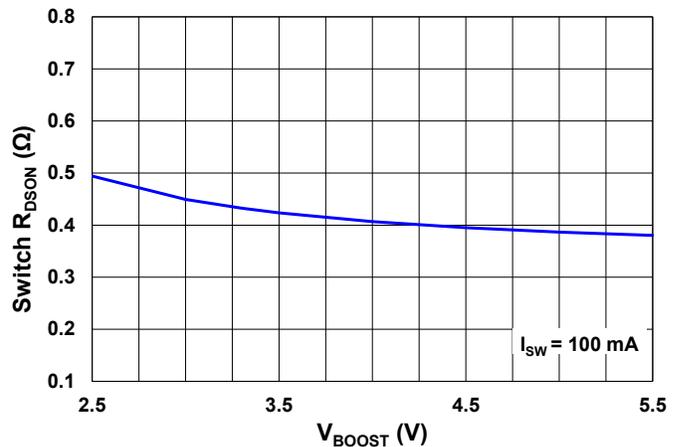


图 7-11. 峰值电流限值—温度曲线

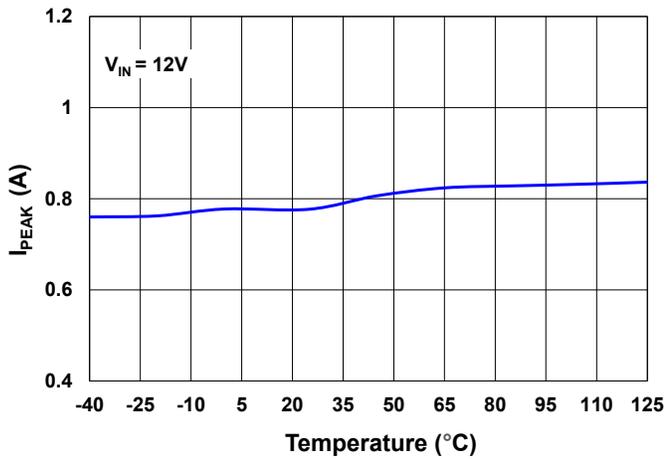


图 7-12. 欠压锁定—温度曲线

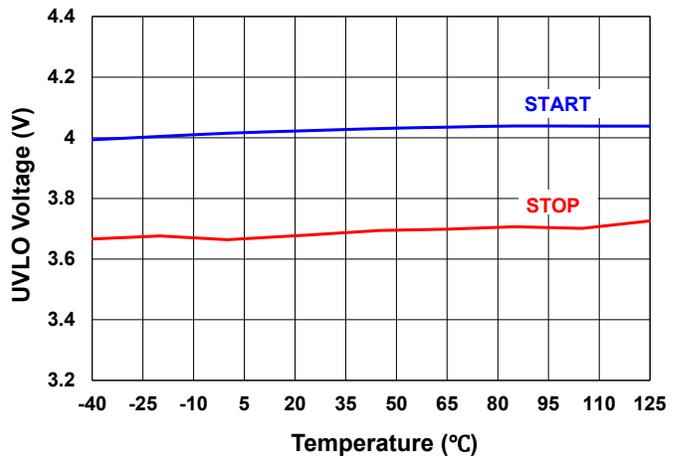


图 7-13. EN 阈值电压—温度曲线

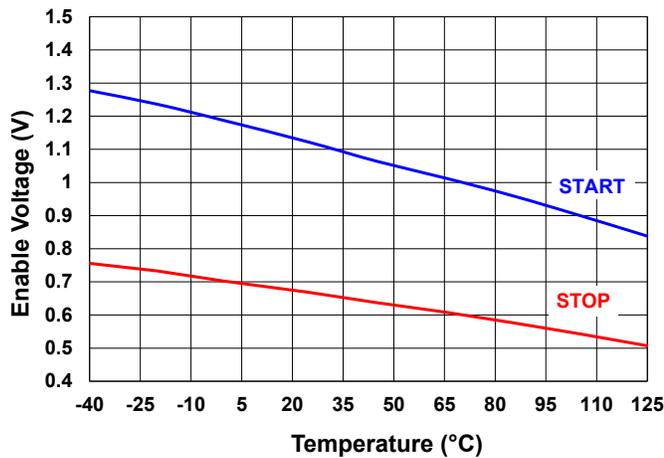


图 7-14. 无负载输入电流— $V_{IN}$  曲线 (MCP16367)

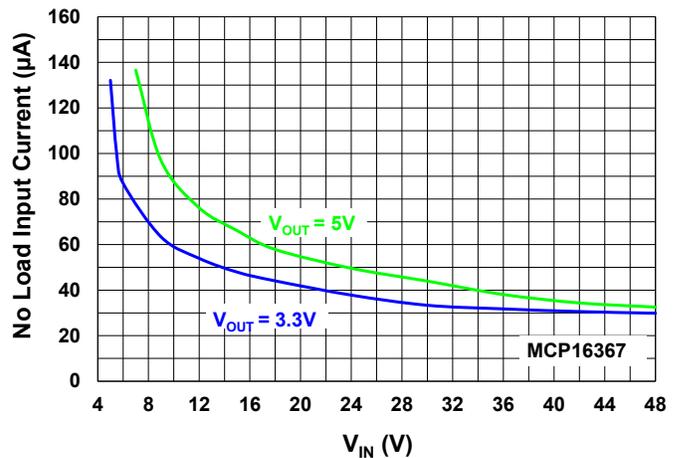


图 7-15. 输入静态电流— $V_{IN}$  曲线

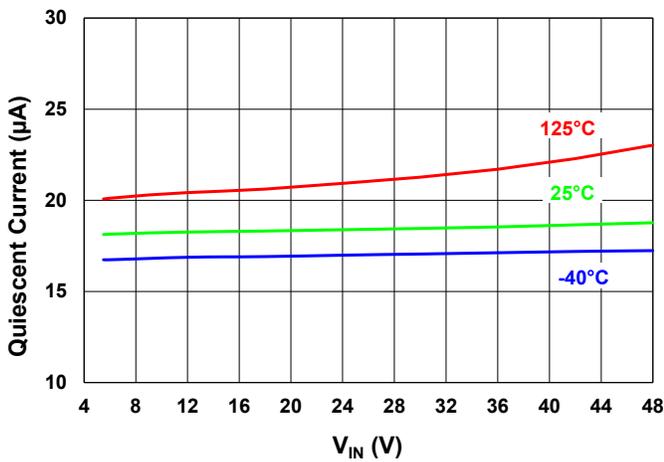


图 7-16. 无负载输入电流— $V_{IN}$  曲线 (MCP16368)

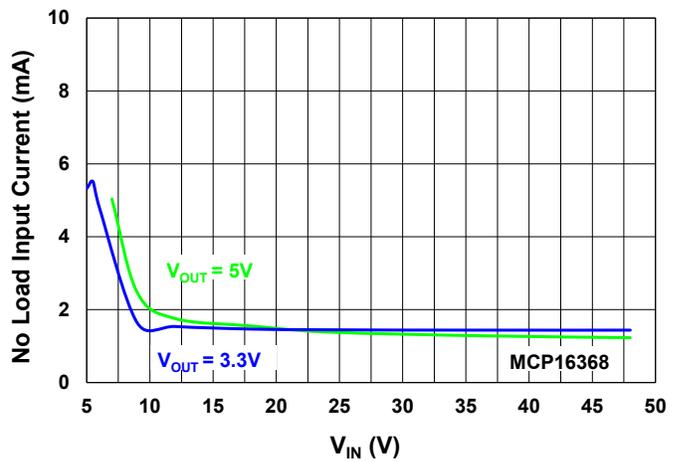


图 7-17. 关断电流— $V_{IN}$  曲线

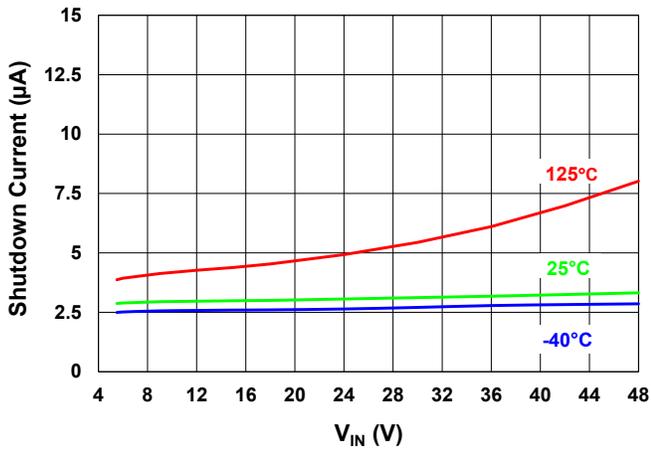


图 7-18. PFM/PWM 阈值曲线

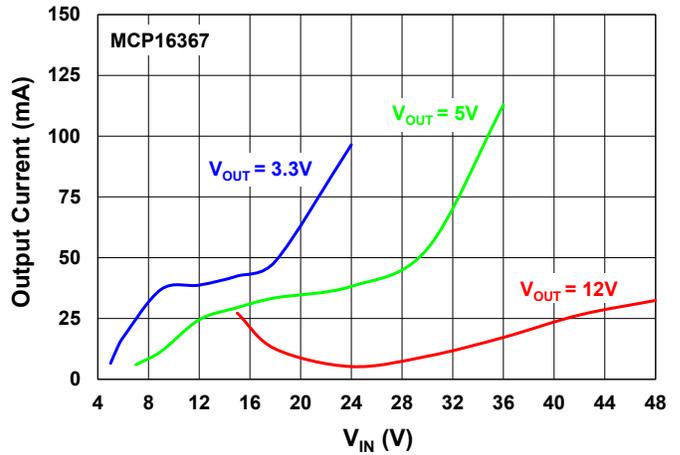


图 7-19. PWM/跳过阈值曲线

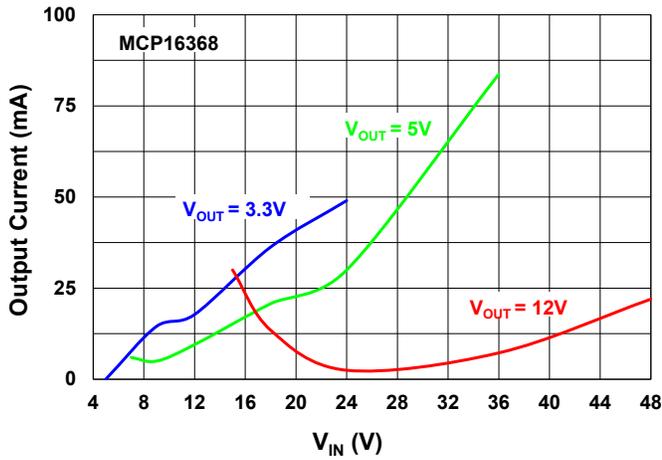


图 7-20. 开关频率—反馈电压曲线

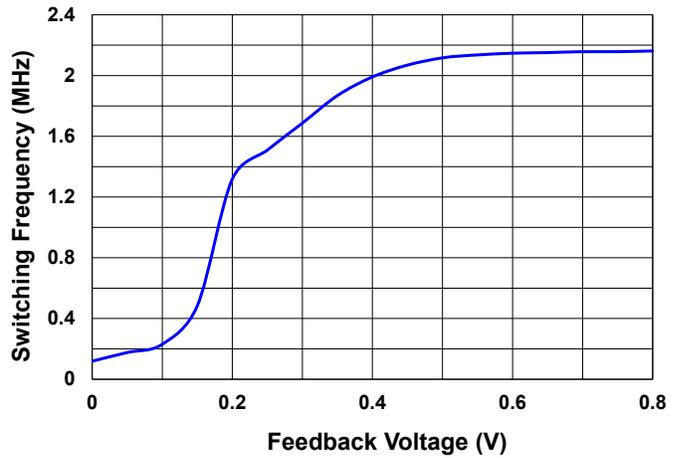


图 7-21. 最小输入电压—输出电流曲线

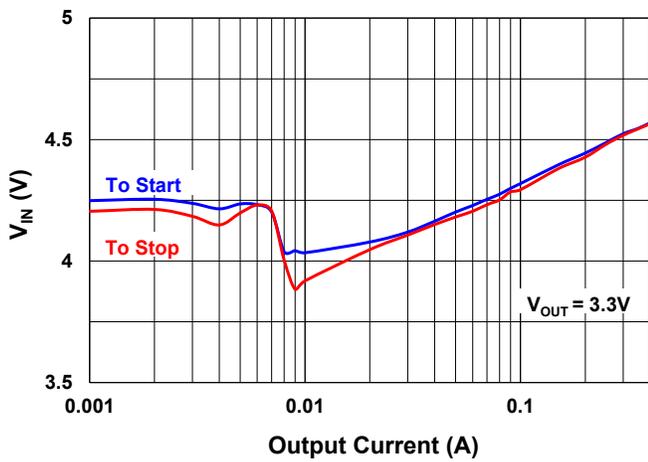


图 7-22. 开关频率—温度曲线

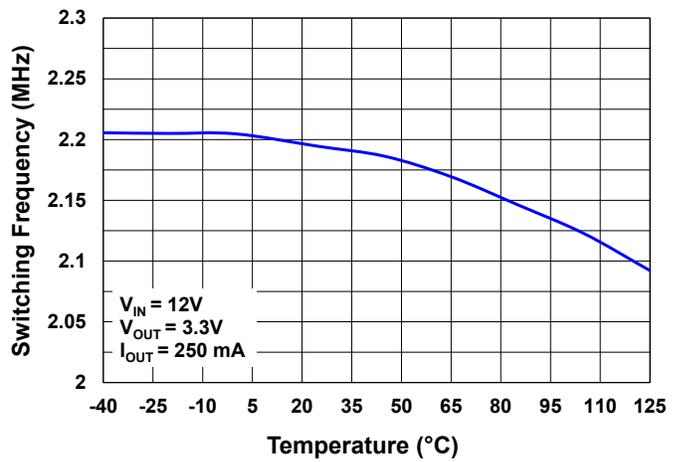


图 7-23. 重载开关波形

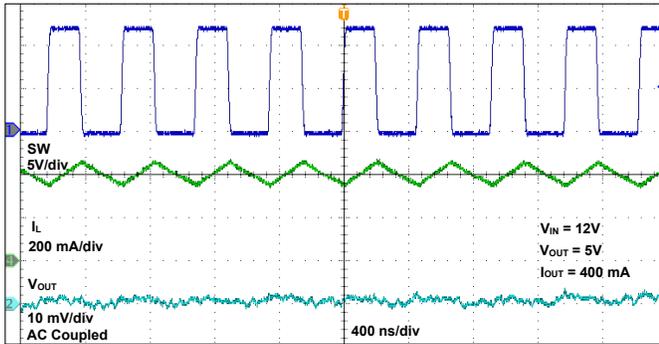


图 7-24. 从 PFM 转换为 PWM

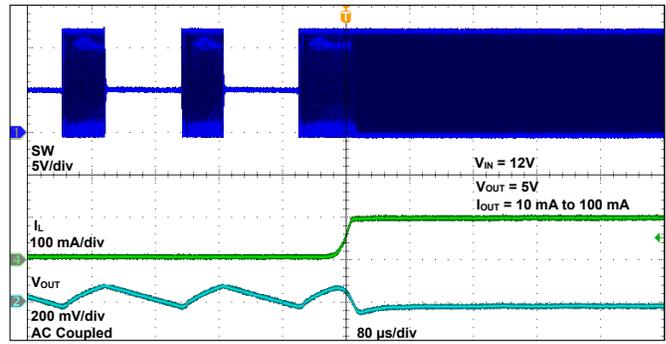


图 7-25. 轻载开关波形 (MCP16367)

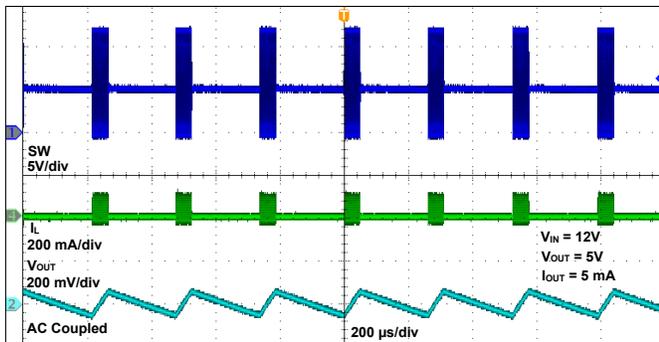


图 7-26. VIN 启动曲线

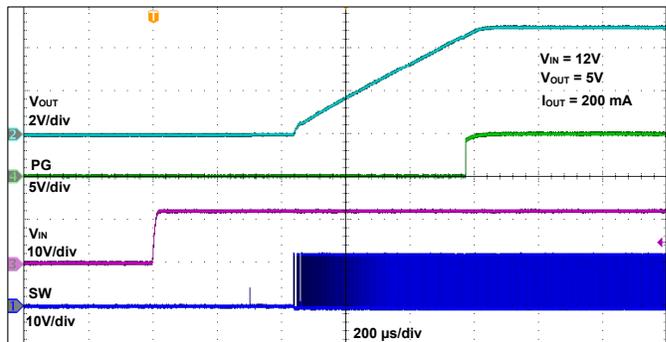


图 7-27. 轻载开关波形 (MCP16368)

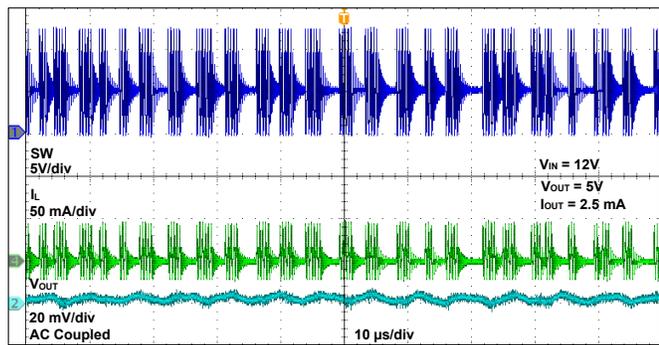


图 7-28. EN 启动曲线

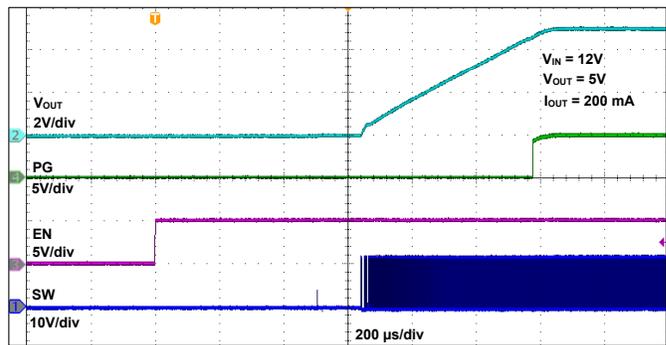


图 7-29. MCP16368 负载瞬态响应 (1 mA 至 200 mA)

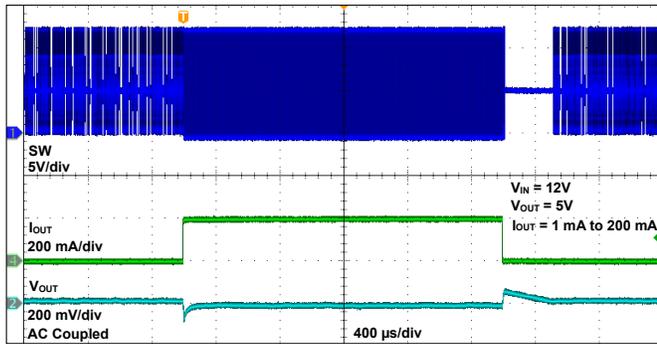


图 7-30. MCP16368 负载瞬态响应 (100 mA 至 400 mA)

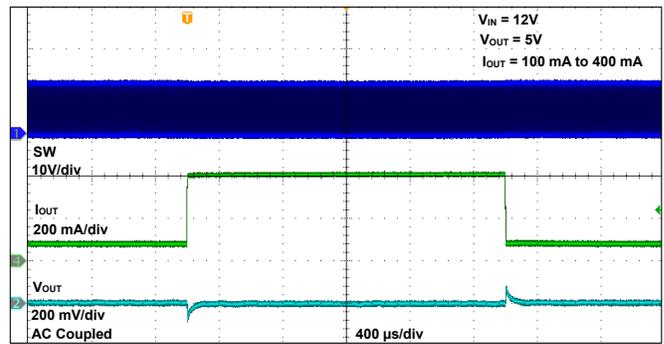
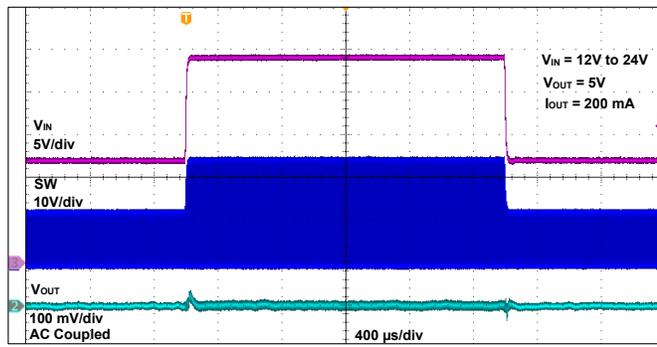


图 7-31. 线路瞬态响应



## 8. 应用信息

### 8.1. 可调输出电压计算

要计算 MCP16367/8/9 的电阻分压值，可使用公式 8-1。R<sub>TOP</sub> 连接到 V<sub>OUT</sub>，R<sub>BOT</sub> 连接到 GND，两者均连接到 FB 输入引脚。

公式 8-1. 电阻分压值

$$R_{TOP} = R_{BOT} \times \left( \frac{V_{OUT}}{V_{FB}} - 1 \right)$$

#### 3.3V 输出示例

V <sub>OUT_target</sub>	=	3.3V
V <sub>FB</sub>	=	0.8V
R <sub>BOT</sub>	=	10 kΩ
R <sub>TOP</sub>	=	31.25 kΩ (标准值 = 31.6 kΩ)

跨导误差放大器增益由其内部阻抗控制。外部分压电阻不会影响系统增益，因此可选用的阻值范围很宽。建议使用容差小于或等于 1% 的反馈电阻。为了提高轻载条件下的效率，建议使用阻值较大的电阻。但是，如果电阻值过大，稳压器将更容易受到噪声的影响。

### 8.2. 电感选择和斜率补偿

为了选择最适合应用的电感，必须考虑以下因素：电感值、RMS 额定电流、饱和电流和直流电阻（DC Resistance, DCR）。

电感值对于确保 MCP16367/8/9 正常工作至关重要。为了在占空比大于 50% 的情况下实现稳定的电流回路操作，系统会根据输出电压和输入输出电压比在内部添加斜率补偿。

为获得适当的斜率补偿量，建议根据 V<sub>OUT</sub> 来改变电感值，以便使电感电流下降斜率保持恒定。

表 8-1. 建议的电感值

V <sub>OUT</sub>	L <sub>STANDARD</sub>
2.0V	5.6 μH
3.3V	8.2 μH
5.0V	15 μH
12V	33 μH
15V	33 μH

电感 RMS 电流是指电感温度升高 +20°C 到 +40°C 时的电流，具体取决于制造商。电感饱和电流是指电感出现 10% 到 30% 的电感值损耗时的峰值电流，具体取决于制造商。为了保证正常工作，应确保应用的标称电流和峰值电流处于电感允许的额定电流范围内。

可使用公式 8-2 计算峰值电感电流。

公式 8-2. 峰值电感电流

$$I_{LPEAK} = \left( I_{OUT} + V_{OUT} \times \frac{1 - V_{OUT}/V_{IN}}{2 \times f_{SW} \times L} \right)$$

其中：

$I_{OUT}$	=	标称输出电流
$V_{OUT}$	=	输出电压
$V_{IN}$	=	输入电压
$f_{SW}$	=	开关频率
L	=	电感值

选择电感时，必须考虑留有足够的设计裕度，以确保电感不会进入深度饱和状态。此外，还必须考虑过流状态，特别是在输入电压非常高的情况下，此时电感电流会迅速增加。

### 8.3. 续流二极管

MCP16367/8/9 需要通过续流二极管在内部开关关闭后为电感电流提供一个回路。二极管的反向电压额定值必须高于应用中可能的最大输入电压。二极管的峰值电流额定值必须高于最大电感电流。二极管的正向电压越低，稳压器的效率越高，因此肖特基二极管通常是实现此目的的理想选择。

另一方面，所选的二极管还必须具有适当的功率额定值。二极管在内部电源开关关断期间传导输出电流，因此在高  $V_{IN}/V_{OUT}$  比条件下，二极管的导通损耗可能会明显增大。可使用公式 8-3 估算导通损耗。

**公式 8-3.** 二极管导通损耗

$$P_D = \frac{(V_{IN} - V_{OUT}) \times I_{OUT} \times V_{FW}}{V_{IN}}$$

其中：

$I_{OUT}$	=	标称输出电流
$V_{OUT}$	=	输出电压
$V_{IN}$	=	输入电压
$V_{FW}$	=	二极管正向压降

由于开关频率较高，因此还必须考虑二极管的交流损耗。这类损耗是由于结电容充放电以及反向恢复电荷所导致。

### 8.4. 输入电容选择

降压转换器输入电容必须过滤掉对输入电压进行脉冲或斩波控制时产生的高输入电流纹波。

MCP16367/8/9 输入电压引脚用于为电源系统提供电压，并用作内部偏置的电压源。建议使用一个低等效串联电阻（Equivalent Series Resistance, ESR）电容，最好是容值至少为 10  $\mu\text{F}$  的陶瓷电容。根据负载曲线和条件，大电容会对该应用有所帮助。

在给定输入电压纹波峰-峰值的情况下，可使用公式 8-4 计算所需的最小电容。

**公式 8-4.** 输入电容波纹

$$C_{IN(MIN)} = \frac{I_{OUT} \times D \times (1 - D)}{\Delta V_{ripple, in} \times f_{SW}}$$

其中：

$I_{OUT}$	=	标称输出电流
D	=	占空比
$\Delta V_{ripple, in}$	=	所需的输入电压纹波
$f_{SW}$	=	开关频率

陶瓷电容的值会随温度和直流偏置而发生显著变化，因此必须考虑留有设计裕度，以确保稳压器输入端具有足够的电容。为减少温度变化带来的影响，建议使用 X5R 和 X7R 电容。此外，还必须考虑直流偏置，因为电容会随着所施加电压的增加而减小。

## 8.5. 输出电容选择

输出电容有助于在突发性的负载瞬变期间提供稳定的输出电压，并减少输出电压纹波。与输入电容一样，X5R 和 X7R 陶瓷电容都非常适合此类应用。

输出电容额定电压必须等于  $V_{OUT}$  最小值加上裕度。

为确定稳态电压纹波，需要考虑 ESR 元件和电容纹波（公式 8-5）。

公式 8-5. 输出电容纹波

$$\Delta V_{ripple, out} = ESR \times \Delta I_L + \frac{\Delta I_L}{8 \times f_{SW} \times C_{OUT}}$$

其中：

ESR	=	输出电容串联电阻
$f_{SW}$	=	开关频率
$C_{OUT}$	=	输出电容
$\Delta I_L$	=	电感电流纹波

输出电容计算中的最坏负载瞬变情况是负载瞬时从满载释放到无负载。在这种情况下，输出电容必须吸收电感中存储的能量（处于其峰值）。

可使用公式 8-6 计算上述情况下的输出电压过冲。

公式 8-6. 输出电压过冲

$$\Delta V_{OUT} = \sqrt{V_{OUT}^2 + \frac{L}{C_{OUT}} \times I_{LPEAK}^2} - V_{OUT}$$

其中：

$V_{OUT}$	=	输出电压
L	=	电感值
$I_{LPEAK}$	=	电感峰值电流
$C_{OUT}$	=	输出电容

与输入电容一样，需要考虑留有足够的设计裕度以缓解温度和直流偏置的变化。

## 8.6. 自举充电和最大占空比限制

自举电容用于为高于转换器输入电压的内部上桥臂驱动电路提供电流。自举电容必须储存足够的电能，以完全驱动上桥臂开关，使之开启和关闭。对于所有应用，建议使用 0.1 $\mu$ F X5R 或 X7R 电容。自举电容最大电压为 5.5V，所以建议使用额定电压为 6.3V 或 10V 的电容。

通过 BD 引脚将 SW 节点拉至 GND 时，将在开关周期的关断时间内对自举电容进行充电。在输入与输出之间的电压差较低的条件工作时，占空比将达到最大限制，约为 87%。这样一来，再加上 2.2 MHz 的高开关频率，自举电容的充电时间仅为 50 ns。

在大多数情况下，这 50 ns 的时间足够补充每个周期内因开关活动而损失的能量。但是，当 BD 引脚上施加的电压低于 3V 且达到最大占空比时，自举电容上的电压可能会下降，达到 2V 后强制自举电容进行内部充电，进而停止开关活动。

为了改善在低输入电压条件（升压充电时间为 50 ns）下的行为，MCP16367/8/9 将针对输入电压低于 5.1V 的情况，进一步将最大占空比限制为 75%（典型值）。因此，尽管  $V_{IN}$  与  $V_{OUT}$  之间存在较大余量，但器件仍可继续正常开关和工作。当  $V_{IN}$  恢复并升至 6V 以上时，为了确保正常工作，最大占空比将再次设为 87%。

如果用户预期最大占空比可以改善低  $V_{IN}$  条件下的工作状况，则可以在升压引脚上连接一个超快速外部自举二极管，从而提高自举电容的充电效率。

## 8.7. 输入电压限制

尽管高开关频率在满足外部无源元件和瞬态响应要求方面具有优势，但在这些条件下工作时，仍需在设计应用的过程中考虑以下限制：

- 低压差工作
- 最短导通时间

可使用公式 8-7 确定工作范围的上下限。

### 公式 8-7. 输入电压范围

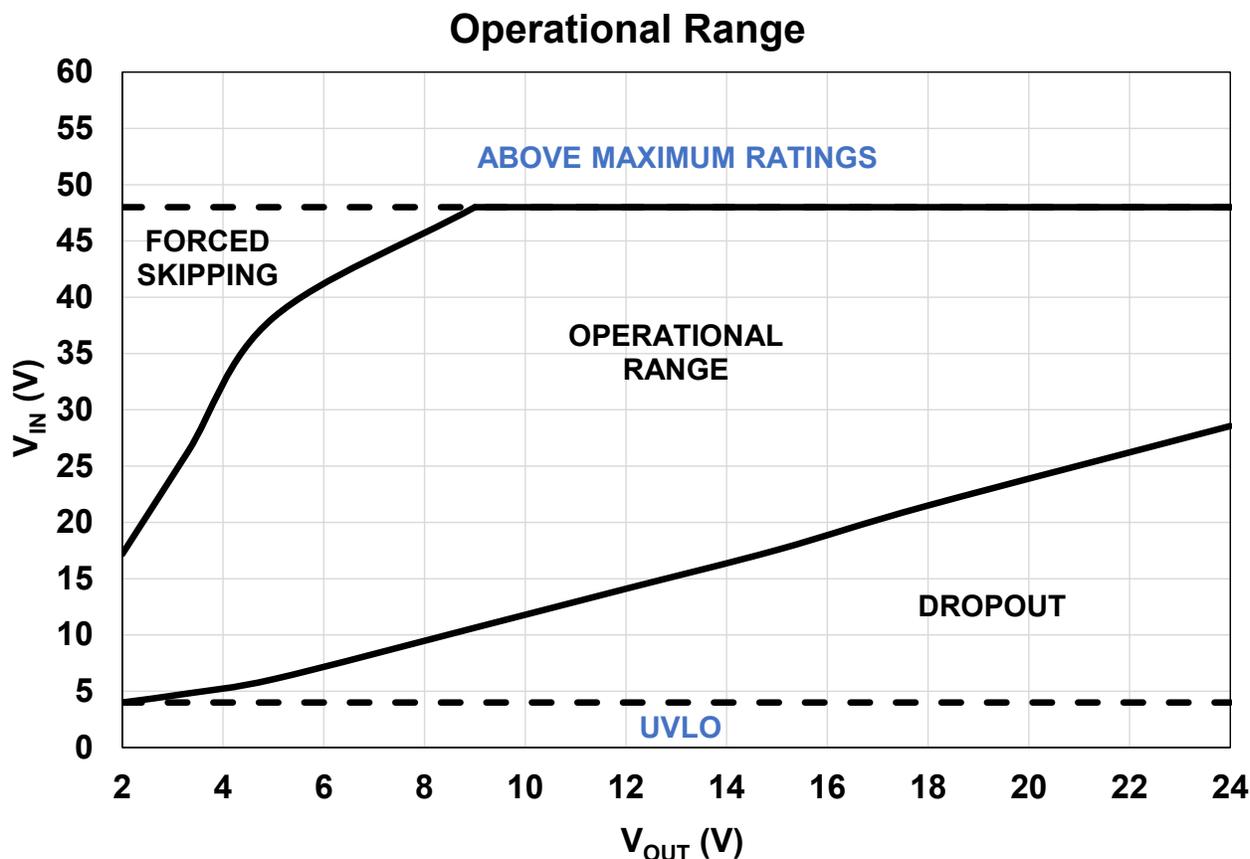
$$V_{IN} = \frac{V_{OUT} + I_{OUT} \times (R_{DCR} + R_{DS(ON)}) + V_{FW} \times (1 - D)}{D}$$

其中：

$V_{OUT}$	=	输出电压
$I_{OUT}$	=	输出电流
$L$	=	电感值
$R_{DCR}$	=	所选电感的 DCR
$R_{DS(ON)}$	=	内部上桥臂开关的导通电阻
$D$	=	占空比
$V_{FW}$	=	二极管正向压降

要确定正常稳压所需的最小输入电压，必须将占空比替换为最大占空比；而要确定最大电压，则必须计算占空比，以避免低于最短导通时间。

图 8-1. 输入电压范围—输出电压曲线



## 8.8. 轻载效率准则

为了提高轻载条件下的效率，MCP16367 以 PFM 模式工作，以便保持对输出电压的稳压并使输入电流消耗降到最低。在这种工作模式下，MCP16367 会发送电流脉冲包，后面跟随休眠周期，休眠周期内的输出由输出电容保持。在休眠模式下，MCP16367 会从输入端消耗约  $18 \mu\text{A}$  的电流。随着输出负载减小，脉冲包的频率和长度也会减小，进而导致休眠周期延长而占据大部分的时间。通过最大限度地延长休眠时间，转换器工作无负载输入电流值接近于  $18 \mu\text{A}$ 。为了优化轻载条件下的性能，必须将流经反馈电阻的电流和流经续流二极管的反向电流降至最低，因为它们均被视为负载电流。在室温下，建议使用数十  $\text{k}\Omega$  的反馈电阻并使续流二极管反向电流小于  $1 \mu\text{A}$ 。

## 8.9. PCB 布线信息

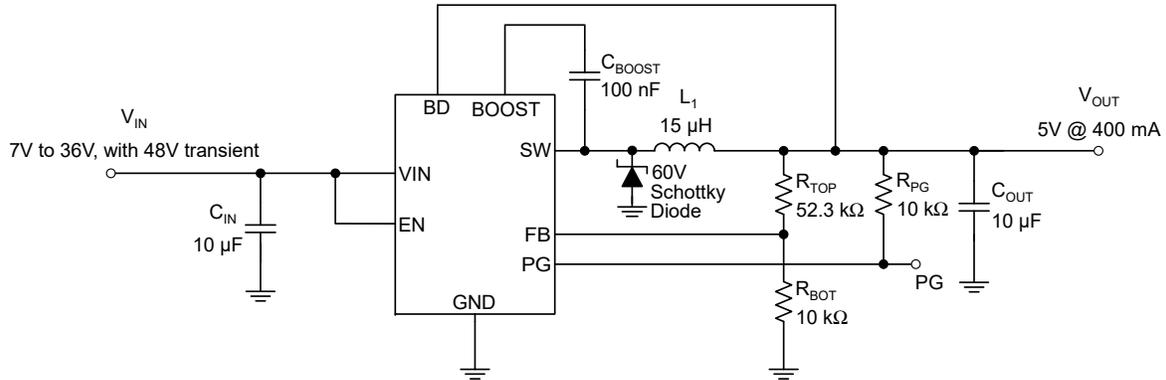
良好的印刷电路板布线技术对于任何开关电路都很重要，对于开关电源也是如此。为开关高电流路径进行布线时，必须使用短而宽的走线。因此，输入和输出电容应放置在尽可能靠近 MCP16367/8/9 的位置，以最大程度减小回路面积，这一点非常重要。

反馈电阻和反馈信号的走线必须远离开关节点和开关电流回路。如果可能，建议使用地平面和走线，以屏蔽反馈信号并且最大程度降低噪声和电磁干扰。

对 MCP16367/8/9 进行合理布线的第一步是放置  $C_{IN}$ 。 $C_{IN}$  在开关开启时为电路的输入提供电流。除了提供高频开关电流之外， $C_{IN}$  还为内部 MCP16367/8/9 电路提供稳定的电压源。如果 MCP16367/8/9 器件的  $V_{IN}$  引脚上出现过瞬变或振铃，将会导致 PWM 不稳定。电路板底部的地平面为返回电流提供了一个低阻性且低感性的路径。布线的下一个优先事项是使用肖特基二极管、 $C_{OUT}$  和 L 构成续流电流环路，同时在适当的位置将  $C_{OUT}$  回路靠近  $C_{IN}$  回路放置。接着，必须将自举电容放置在升压引脚和开关节点引脚 SW 之间。 $R_{TOP}$  和  $R_{BOT}$  的走线应远离开关节点，从而防止噪声耦合到高阻抗 FB 输入中。

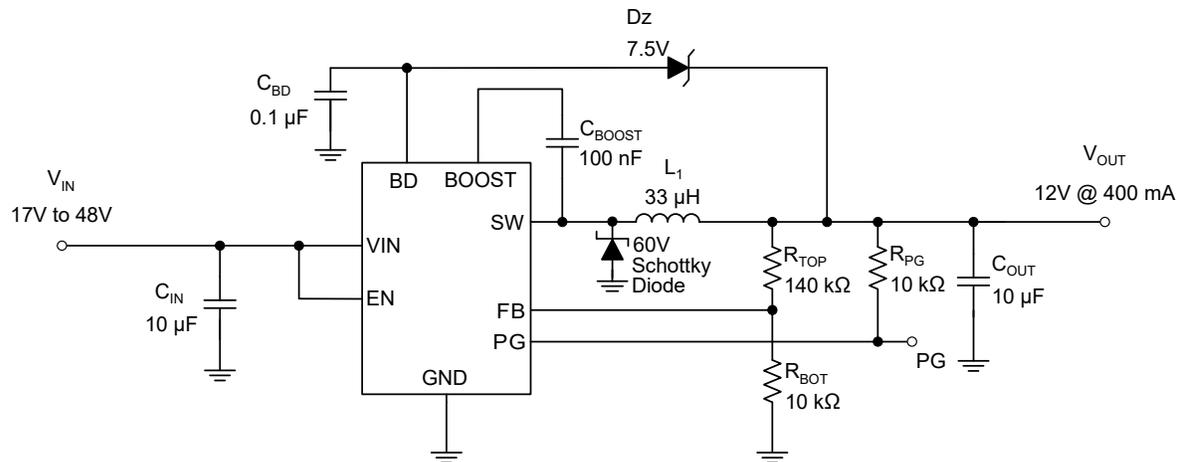
## 9. 典型应用电路

图 9-1. 7V-36V  $V_{IN}$  (瞬态电压最高 48V) 至 5V  $V_{OUT}$  的典型应用



元件	值	制造商	部件编号	备注
$C_{IN}$	10 $\mu$ F	TDK Corporation	C5750X7S2A106M	Ceramic Capacitor, 10 $\mu$ F, 100V, X7S, 2220
$C_{OUT}$	10 $\mu$ F	TDK Corporation	C3216X7R1C106M160AC	Ceramic Capacitor, 10 $\mu$ F, X7R, 16V, 1206
$L_1$	15 $\mu$ H	Würth Elektronik	7440700150	15 $\mu$ H, 1.65A, 117 m $\Omega$ , Shielded Tiny Power Inductor
FW Diode	PMEG6010ER	NXP Semiconductors	PMEG6010ER	Schottky Diode, 60V, 1A, SOD-323
$C_{BOOST}$	100 nF	KEMET	C0603X104K4RACTU	Ceramic Capacitor, 0.1 $\mu$ F, 16V, 10%, X7R, SMD, 0603

图 9-2. 17V-48V  $V_{IN}$  至 12V  $V_{OUT}$  (由输出提供升压驱动) 的典型应用



元件	值	制造商	部件编号	备注
$C_{IN}$	10 $\mu$ F	TDK Corporation	C5750X7S2A106M	Ceramic Capacitor, 10 $\mu$ F, 100V, X7S, 2220
$C_{OUT}$	10 $\mu$ F	TDK Corporation	C3216X7R1E106M160AB	Ceramic Capacitor, 10 $\mu$ F, 25V, X7R, 1206

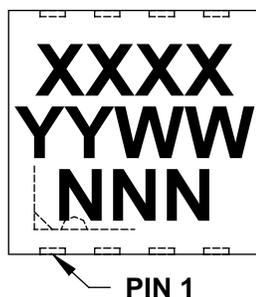
## 典型应用电路 (续)

元件	值	制造商	部件编号	备注
L <sub>1</sub>	33 $\mu$ H	Würth Elektronik	744071330	33 $\mu$ H, 1.9A, 120 m $\Omega$ , Shielded Tiny Power Inductor
FW Diode	PMEG6010ER	NXP Semiconductors	PMEG6010ER	Schottky Diode, 60V, 1A, SOD-323
C <sub>BOOST</sub>	100 nF	KEMET	C0603X104K4RACTU	Ceramic Capacitor, 0.1 $\mu$ F, 16V, 10%, X7R, SMD, 0603
D <sub>Z</sub>	7.5V Zener	Diodes Incorporated®	MMSZ5236BS-7-F	Zener Diode, 7.5V, 200 mW, SOD-323
C <sub>BD</sub>	0.1 $\mu$ F	TDK Corporation	C1608X7R1H104K080AA	Ceramic Capacitor, 0.1 $\mu$ F, 50V, X7R, 0603

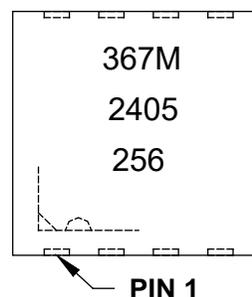
## 10. 封装信息

### 封装标识信息

8-Lead VDFN (3x3x1 mm)



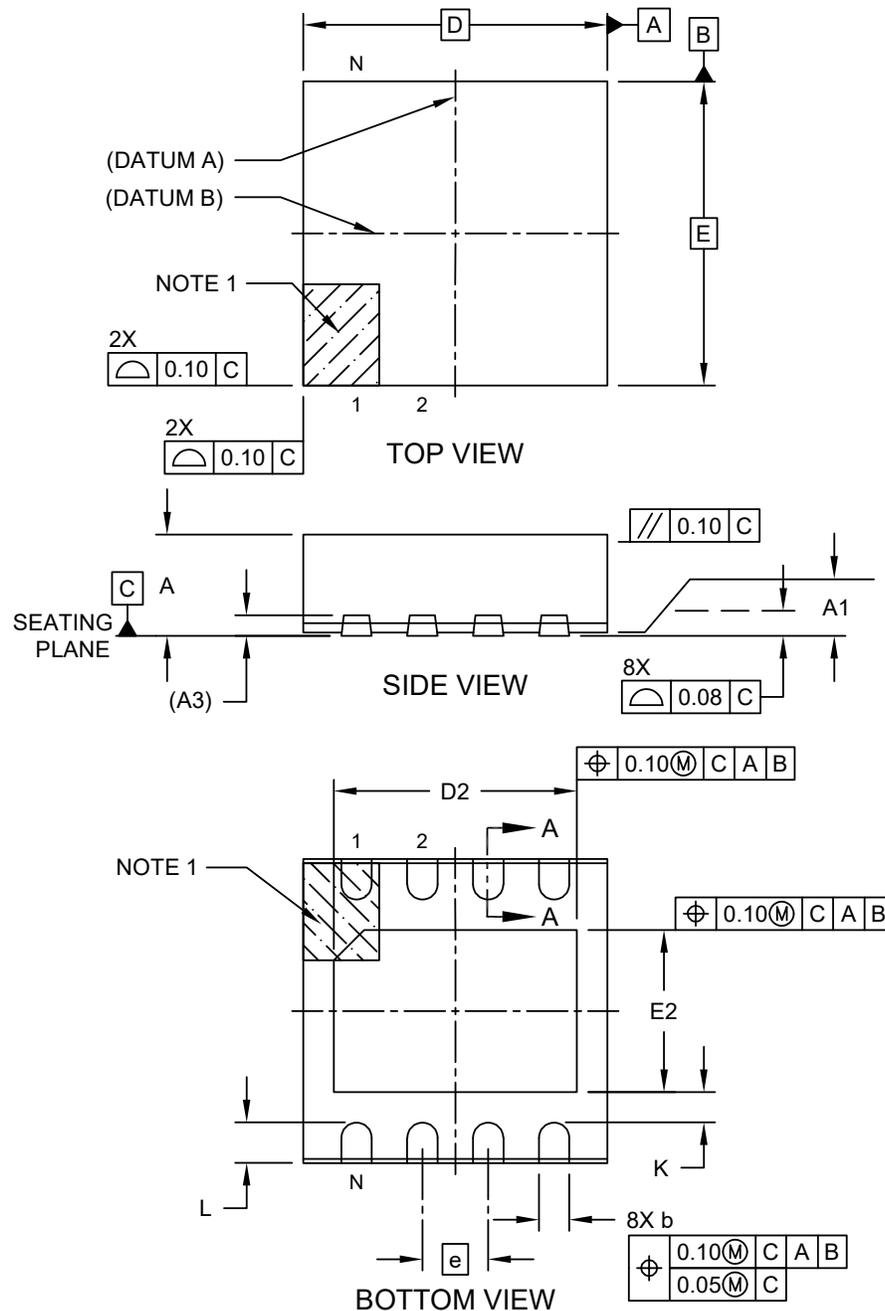
Example



<b>Legend:</b>	XX...X	Customer-specific information
	Y	Year code (last digit of calendar year)
	YY	Year code (last 2 digits of calendar year)
	WW	Week code (week of January 1 is week '01')
	NNN	Alphanumeric traceability code
	(e3)	Pb-free JEDEC designator for Matte Tin (Sn)
	* (e3)	This package is Pb-free. The Pb-free JEDEC designator (e3) can be found on the outer packaging for this package.
<b>Note:</b>	In the event the full Microchip part number cannot be marked on one line, it will be carried over to the next line, thus limiting the number of available characters for customer-specific information.	

### 8-Lead Very Thin Plastic Dual Flat, No Lead Package (Q8B) - 3x3x1 mm Body [VDFN] With 2.40x1.60 mm Exposed Pad and Stepped Wettable Flanks; Atmel Legacy YCL

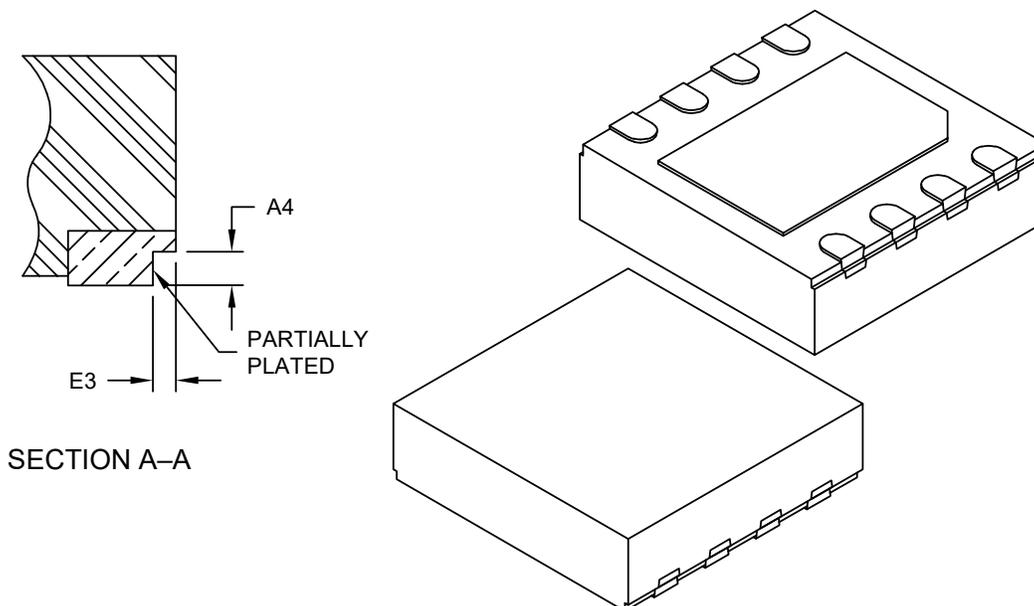
**Note:** For the most current package drawings, please see the Microchip Packaging Specification located at <http://www.microchip.com/packaging>



Microchip Technology Drawing C04-21358 Rev D Sheet 1 of 2

### 8-Lead Very Thin Plastic Dual Flat, No Lead Package (Q8B) - 3x3x1 mm Body [VDFN] With 2.40x1.60 mm Exposed Pad and Stepped Wettable Flanks; Atmel Legacy YCL

**Note:** For the most current package drawings, please see the Microchip Packaging Specification located at <http://www.microchip.com/packaging>



Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Number of Terminals	N	8		
Pitch	e	0.65 BSC		
Overall Height	A	0.80	0.90	1.00
Standoff	A1	0.00	0.035	0.05
Terminal Thickness	A3	0.203 REF		
Overall Length	D	3.00 BSC		
Exposed Pad Length	D2	2.30	2.40	2.50
Overall Width	E	3.00 BSC		
Exposed Pad Width	E2	1.50	1.60	1.70
Terminal Width	b	0.25	0.30	0.35
Terminal Length	L	0.35	0.40	0.45
Terminal-to-Exposed-Pad	K	0.20	-	-
Wettable Flank Step Cut Depth	A4	0.10	-	0.19
Wettable Flank Step Cut Width	E3	-	-	0.085

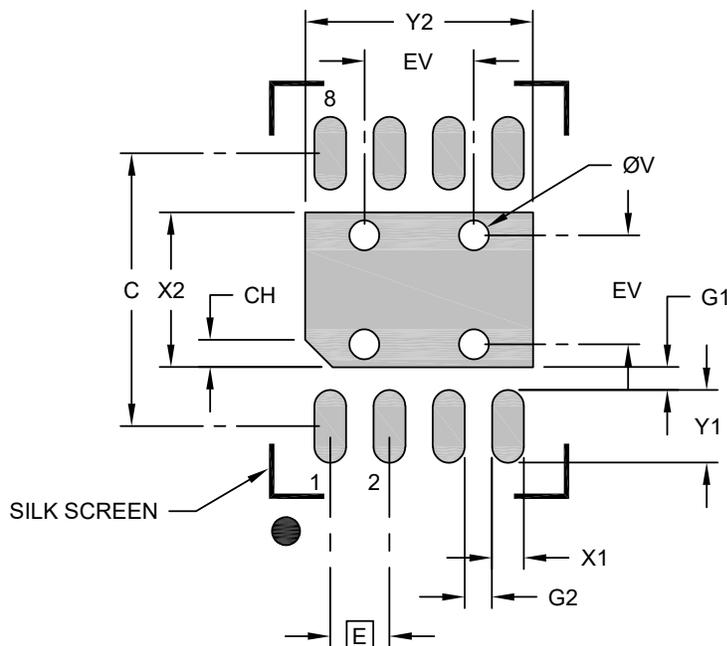
**Notes:**

- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
- Package is saw singulated
- 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 C04-21358 Rev D Sheet 2 of 2

### 8-Lead Very Thin Plastic Dual Flat, No Lead Package (Q8B) - 3x3x1 mm Body [VDFN] With 2.40x1.60 mm Exposed Pad and Stepped Wettable Flanks

**Note:** For the most current package drawings, please see the Microchip Packaging Specification located at <http://www.microchip.com/packaging>



#### RECOMMENDED LAND PATTERN

Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch	E	0.65 BSC		
Optional Center Pad Width	X2			1.70
Optional Center Pad Length	Y2			2.50
Contact Pad Spacing	C		3.00	
Contact Pad Width (X8)	X1			0.35
Contact Pad Length (X8)	Y1			0.80
Contact Pad to Center Pad (X8)	G1	0.20		
Contact Pad to Contact Pad (X6)	G2	0.20		
Pin 1 Index Chamfer	CH	0.20		
Thermal Via Diameter	V		0.33	
Thermal Via Pitch	EV		1.20	

#### 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 C04-23358 Rev D

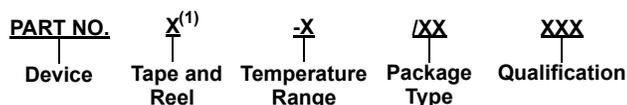
## 11. 版本历史

### 版本 A (2025 年 2 月)

本文档的初始版本。

## 12. 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。



<b>器件*:</b>	MCP16367/8/9	48V 输入、400 mA 输出、2.2 MHz 开关频率集成式开关降压稳压器
<b>卷带式选项<sup>(1)</sup>:</b>	(空白)	= 标准包装 (管式) —— 120 片/管
	T	= 卷带式 —— 6000 片/卷
<b>温度:</b>	E	= -40°C 至 +125°C (扩展级)
<b>封装类型:</b>	Q8B	8 引脚 3 mm x 3 mm x 1 mm VDFN
<b>认证:</b>	(空白)	= 标准部件
	VAO	= 通过汽车 AEC-Q100 标准认证
	VXX	= 通过汽车 AEC-Q100 标准认证, 定制器件, 可能存在附加条款或条件
<b>*器件型号:</b>	MCP16367	= PFM/PWM, 2.2 MHz 固定开关频率
	MCP16368	= 仅 PWM, 2.2 MHz 固定开关频率
	MCP16369	= 仅 PWM, 2.2 MHz + 10% 频率抖动

- MCP16367-E/Q8B: 48V 输入, 400 mA 输出, PFM/PWM, 2.2 MHz 固定开关频率, 集成式开关降压稳压器, -40°C 至 +125°C 温度范围, 8 引脚 VDFN 封装, 管式
- MCP16368-E/Q8B: 48V 输入, 400 mA 输出, 仅 PWM, 2.2 MHz 固定开关频率, 集成式开关降压稳压器, -40°C 至 +125°C 温度范围, 8 引脚 VDFN 封装, 管式
- MCP16369T-E/Q8B: 48V 输入, 400 mA 输出, 仅 PWM, 2.2 MHz +10% 频率抖动, 集成式开关降压稳压器, -40°C 至 +125°C 温度范围, 8 引脚 VDFN 封装, 卷带式
- MCP16367-E/Q8BVAO: 48V 输入, 400 mA 输出, PFM/PWM, 2.2 MHz 固定开关频率, 集成式开关降压稳压器, -40°C 至 +125°C 温度范围, 8 引脚 VDFN 封装, 管式, 通过汽车 AEC-Q100 标准认证
- MCP16368-E/Q8BVAO: 48V 输入, 400 mA 输出, 仅 PWM, 2.2 MHz 固定开关频率, 集成式开关降压稳压器, -40°C 至 +125°C 温度范围, 8 引脚 VDFN 封装, 管式, 通过汽车 AEC-Q100 标准认证
- MCP16369T-E/Q8BVAO: 48V 输入, 400 mA 输出, 仅 PWM, 2.2 MHz +10% 频率抖动, 集成式开关降压稳压器, -40°C 至 +125°C 温度范围, 8 引脚 VDFN 封装, 卷带式, 通过汽车 AEC-Q100 标准认证

**注:** 卷带式标识符仅出现在产品目录的部件编号描述中。该标识符用于订货目的, 不会印刷在器件封装上。关于包装是否提供卷带式选项的信息, 请咨询当地的 Microchip 销售办事处。

## 13. 产品变更通知服务

Microchip 的产品变更通知服务有助于客户了解 Microchip 产品的最新信息。注册客户可在他们感兴趣的某个产品系列或开发工具发生变更、更新、发布新版本或勘误表时，收到电子邮件通知。

欲注册，请访问 [www.microchip.com/pcn](http://www.microchip.com/pcn)，然后按照注册说明进行操作。

## Microchip 信息

### 商标

“Microchip”的名称和徽标组合、“M”徽标及其他名称、徽标和品牌均为 Microchip Technology Incorporated 或其关联公司和/或子公司在美国和/或其他国家或地区的注册商标或商标（“Microchip 商标”）。有关 Microchip 商标的信息，可访问 <https://www.microchip.com/en-us/about/legal-information/microchip-trademarks>。

ISBN: 979-8-3371-2764-4

### 法律声明

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。

本出版物及其提供的信息仅适用于 Microchip 产品，包括设计、测试以及将 Microchip 产品集成到您的应用中。以其他任何方式使用这些信息都将被视为违反条款。本出版物中的器件应用信息仅为您提供便利，将来可能会发生更新。您须自行确保应用符合您的规范。如需额外的支持，请联系当地的 Microchip 销售办事处，或访问 [www.microchip.com/en-us/support/design-help/client-support-services](http://www.microchip.com/en-us/support/design-help/client-support-services)。

Microchip “按原样”提供这些信息。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，包括但不限于针对非侵权性、适销性和特定用途的适用性的暗示担保，或针对其使用情况、质量或性能的担保。

在任何情况下，对于因这些信息或使用这些信息而产生的任何间接的、特殊的、惩罚性的、偶然的或附带的损失、损害或任何类型的开销，Microchip 概不承担任何责任，即使 Microchip 已被告知可能发生损害或损害可以预见。在法律允许的最大范围内，对于因这些信息或使用这些信息而产生的所有索赔，Microchip 在任何情况下所承担的全部责任均不超出您为获得这些信息向 Microchip 直接支付的金额（如有）。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损害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任。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 器件代码保护功能

请注意以下有关 Microchip 产品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规范。
- Microchip 确信：在正常使用且符合工作规范的情况下，Microchip 系列产品非常安全。
- Microchip 注重并积极保护其知识产权。严禁任何试图破坏 Microchip 产品代码保护功能的行为，这种行为可能会违反《数字千年版权法案》（Digital Millennium Copyright Act）。
- 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。