

## 集成 UVLO 和开路负载保护的高压升压 LED 驱动器

### 特性

- 集成 36V、400 mΩ 开关
- 效率高达 92%
- 恒流驱动 LED 串
- 峰值输入电流限制为 1.8A:
  - 在 3.3V  $V_{IN}$  时,  $I_{LED}$  最高达到 200 mA, 4 个白光 LED
  - 在 5.0V  $V_{IN}$  时,  $I_{LED}$  最高达到 300 mA, 4 个白光 LED
  - 在 4.2V  $V_{IN}$  时,  $I_{LED}$  最高达到 150 mA, 8 个白光 LED
- 输入电压范围: 2.4V 至 5.5V
- 欠压锁定 (Undervoltage Lockout, UVLO):
  - $V_{IN}$  上升时的 UVLO: 2.3V (典型值)
  - $V_{IN}$  下降时的 UVLO: 1.85V (典型值)
- 关断电流 ( $EN = GND$ ): 40 nA (典型值)
- PWM 工作: 开关频率为 500 kHz
- 逐周期限流
- 内部补偿
- 以下情况下提供开路负载保护 (Open Load Protection, OLP):
  - 反馈引脚短接至 GND (防止过大电流进入 LED)
  - 断开连接的 LED 串 (防止转换器的输出和 SW 引脚过压)
- 过温保护
- 可用封装:
  - 5 引脚 SOT-23
  - 8 引脚 2x3 TDFN

### 应用

- 背光产品的两节和三节碱性电池或镍氢 / 镍镉电池白光 LED 驱动器
- 锂离子电池 LED 照明应用
- 照相机闪光灯
- LED 闪光灯和背光电流源
- 医疗设备
- 便携式设备:
  - 手持式游戏设备
  - GPS 导航系统
  - LCD 监视器
  - 便携式 DVD 播放器

### 产品概览

MCP1664 是一款固定频率、非同步升压转换器, 外形紧凑, 高效利用了空间, 并且经过优化, 能够恒流驱动多个 LED 串, 电源可采用两节和三节碱性或镍氢 / 镍镉电池, 或者单节锂离子或锂聚合物电池。

该器件集成了 36V、400 mΩ 低边开关, 此开关受到 1.8A 逐周期电感峰值电流限制操作的保护。MCP1664 启动时没有高浪涌电流或输出过冲。内部集成了所有补偿和保护电路, 从而最大程度地减少外部元件数量。

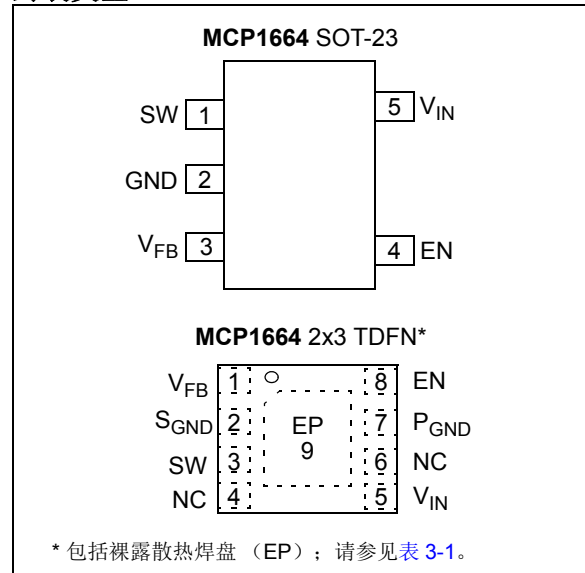
在检测和调节 LED 电流时, 内部反馈 ( $V_{FB}$ ) 电压设置为 300 mV 以实现低功耗。单电阻设置 LED 电流。

该器件具有 UVLO 功能, 避免在低输入电压或电池放电 (对于两节电池供电的应用) 的情况下启动。

MCP1664 具有开路负载保护 (OLP) 功能, 在 LED 串意外断开连接或反馈引脚短接至 GND 时, 可以停止运行。

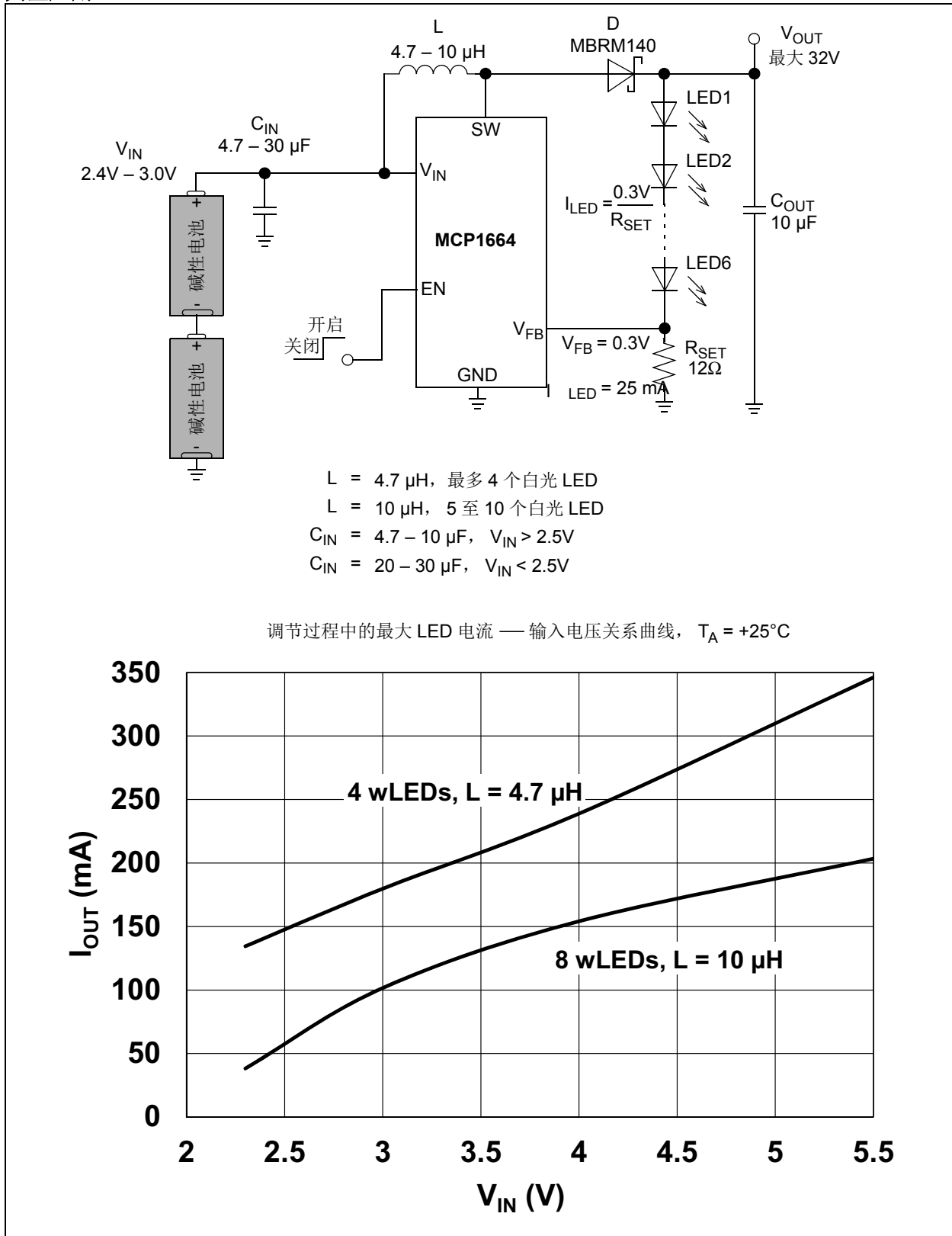
在关断模式下时 ( $EN = GND$ ), 该器件停止开关, 消耗 40 nA (典型值) 的输入电流。

### 封装类型



# MCP1664

## 典型应用



## 1.0 电气特性

### 绝对最大额定值 †

$V_{SW} - GND$ .....	+36V
EN, $V_{IN} - GND$ .....	+6.0V
$V_{FB}$ .....	+0.35V
功耗 .....	内部限制
存储温度 .....	-65°C 至 +150°C
通电时的环境温度 .....	-40°C 至 +125°C
工作结温 .....	-40°C 至 +150°C
所有引脚上的 ESD 保护:	
HBM .....	4 kV
MM .....	400V

†注：如果器件的工作条件超过上述“最大额定值”，可能对器件造成永久性损坏。上述数值仅是工作条件最大值，我们建议不要使器件工作在最大值甚至超过最大值的条件下。器件长时间工作在最大值条件下，其可靠性可能受到影响。

### 直流和交流特性

**电气规范：**除非另外说明，否则所有限制均适用于以下条件下的典型值：环境温度  $T_A = +25^\circ\text{C}$ ， $V_{IN} = 3.3\text{V}$ ， $V_{OUT}$  加载 3 个白光 LED ( $V_F = 2.65\text{V}$ ， $I_F = 100\text{mA}$ )， $I_{LED} = 20\text{mA}$ ， $C_{IN} = C_{OUT} = 10\ \mu\text{F}$ ，X7R 陶瓷电容， $L = 4.7\ \mu\text{H}$ 。

**粗体规范**适用于从  $-40^\circ\text{C}$  至  $+125^\circ\text{C}$  的受控  $T_A$  范围。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
输入电压范围	$V_{IN}$	2.4	—	5.5	V	注 1
欠压锁定 (UVLO)	$UVLO_{START}$	—	2.3	—	V	$V_{IN}$ 上升， $I_{LED} = 20\text{mA}$
	$UVLO_{STOP}$	—	1.85	—	V	$V_{IN}$ 下降， $I_{LED} = 20\text{mA}$
最大输出电压	$V_{OUTmax}$	—	—	32	V	注 1
最大输出电流	$I_{OUT}$	—	150	—	mA	4.2V $V_{IN}$ ，8 个 LED
			200	—	mA	3.3V $V_{IN}$ ，4 个 LED
			300	—	mA	5.0V $V_{IN}$ ，4 个 LED
反馈参考电压	$V_{FB}$	275	300	325	mV	
反馈输入偏置电流	$I_{VFB}$	—	0.025	—	$\mu\text{A}$	
关断静态电流	$I_{QSHDN}$	—	0.04	—	$\mu\text{A}$	EN = GND
NMOS 峰值开关电流限值	$I_{N(MAX)}$	—	1.8	—	A	注 2
NMOS 开关泄漏电流	$I_{NLK}$	—	0.4	—	$\mu\text{A}$	$V_{IN} = V_{SW} = 5\text{V}$ ； $V_{OUT} = 5.5\text{V}$ $V_{EN} = V_{FB} = GND$
NMOS 开关导通电阻	$R_{DS(ON)}$	—	0.4	—	$\Omega$	$V_{IN} = 5\text{V}$ ， $I_{LED} = 100\text{mA}$ ， 4 个串联白光 LED 注 2
反馈电压线路调整率	$[(\Delta V_{FB}/V_{FB})/\Delta V_{IN}]$	—	0.5	1	%/V	$V_{IN} = 3.3\text{V}$ 至 $5\text{V}$
最大占空比	$DC_{MAX}$	—	90	—	%	注 2
开关频率	$f_{SW}$	<b>425</b>	500	<b>575</b>	kHz	$\pm 15\%$
EN 输入逻辑高电平	$V_{IH}$	85	—	—	$V_{IN}$ 的百分比	
EN 输入逻辑低电平	$V_{IL}$	—	—	7.5	$V_{IN}$ 的百分比	
EN 输入泄漏电流	$I_{ENLK}$	—	0.025	—	$\mu\text{A}$	$V_{EN} = 5\text{V}$

**注 1：**根据升压转换器公式， $V_{IN}$  ( $V_{IN} < 5.5\text{V} < V_{OUT}$ ) 范围内的最小输入电压取决于最大占空比 ( $DC_{MAX}$ ) 和输出电压 ( $V_{OUT}$ ):  $V_{INmin} = V_{OUT} \times (1 - DC_{MAX})$ 。输出电压等于 LED 电压加检测电阻上的电压 ( $V_{LED} + V_{RSET}$ )。建议  $(V_{OUT} - V_{IN}) > 1\text{V}$ 。

**2：**通过特性确定，未经生产测试。

# MCP1664

## 直流和交流特性 (续)

**电气规范:** 除非另外说明, 否则所有限制均适用于以下条件下的典型值: 环境温度  $T_A = +25^\circ\text{C}$ ,  $V_{IN} = 3.3\text{V}$ ,  $V_{OUT}$  加载 3 个白光 LED ( $V_F = 2.65\text{V}$ ,  $I_F = 100\text{ mA}$ ),  $I_{LED} = 20\text{ mA}$ ,  $C_{IN} = C_{OUT} = 10\text{ }\mu\text{F}$ , X7R 陶瓷电容,  $L = 4.7\text{ }\mu\text{H}$ 。

**粗体规范**适用于从  $-40^\circ\text{C}$  至  $+125^\circ\text{C}$  的受控  $T_A$  范围。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
启动时间	$t_{SS}$	—	100	—	s	EN 低电平到高电平, $I_{LED}$ 的 90% (注 2, 图 2-10)
热关断芯片温度	$T_{SD}$	—	150	—	$^\circ\text{C}$	注 2
芯片温度迟滞	$T_{SDHYS}$	—	20	—	$^\circ\text{C}$	注 2

**注 1:** 根据升压转换器公式,  $V_{IN}$  ( $V_{IN} < 5.5\text{V} < V_{OUT}$ ) 范围内的最小输入电压取决于最大占空比 ( $DC_{MAX}$ ) 和输出电压 ( $V_{OUT}$ ):  $V_{INmin} = V_{OUT} \times (1 - DC_{MAX})$ 。输出电压等于 LED 电压加检测电阻上的电压 ( $V_{LED} + V_{RSET}$ )。建议 ( $V_{OUT} - V_{IN}$ )  $> 1\text{V}$ 。

**2:** 通过特性确定, 未经生产测试。

## 温度规范

**电气规范:** 除非另外说明, 否则所有限制均适用于以下条件下的典型值: 环境温度  $T_A = +25^\circ\text{C}$ ,  $V_{IN} = 3.0\text{V}$ ,  $I_{OUT} = 20\text{ mA}$ ,  $V_{OUT} = 12\text{V}$ ,  $C_{IN} = C_{OUT} = 10\text{ }\mu\text{F}$ , X7R 陶瓷电容,  $L = 4.7\text{ }\mu\text{H}$ 。

**粗体规范**适用于从  $-40^\circ\text{C}$  至  $+125^\circ\text{C}$  的强迫风冷  $T_A$  范围。

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	$^\circ\text{C}$	稳定状态
存储温度范围	$T_A$	-65	—	+150	$^\circ\text{C}$	
最高结温	$T_J$	—	—	+150	$^\circ\text{C}$	
<b>封装热阻</b>						
热阻, 5L SOT-23	$\theta_{JA}$	—	201.0	—	$^\circ\text{C/W}$	
热阻, 8L 2x3 TDFN	$\theta_{JA}$	—	52.5	—	$^\circ\text{C/W}$	

## 2.0 典型性能曲线

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： $V_{IN} = 3.3V$ ， $I_{LED} = 20\text{ mA}$ ， $V_{OUT}$  加载 4 个白光 LED ( $V_F = 2.9V$ ， $I_F = 100\text{ mA}$ )， $C_{IN} = C_{OUT} = 10\text{ }\mu\text{F}$ ，X7R 陶瓷电容， $L = 4.7\text{ }\mu\text{H}$ 。

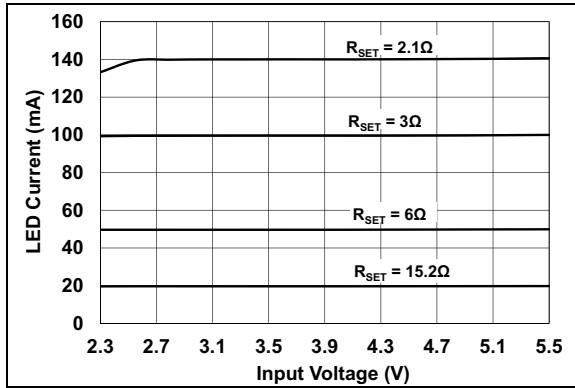


图 2-1: 四个白光 LED,  $I_{LED}$ — $V_{IN}$  曲线

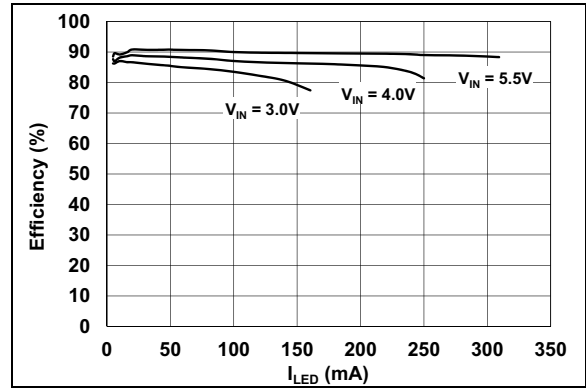


图 2-4: 四个白光 LED, 效率— $I_{LED}$  曲线

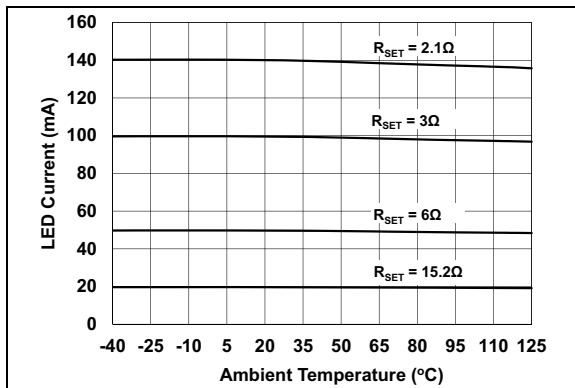


图 2-2: 四个白光 LED,  $I_{LED}$ —环境温度曲线

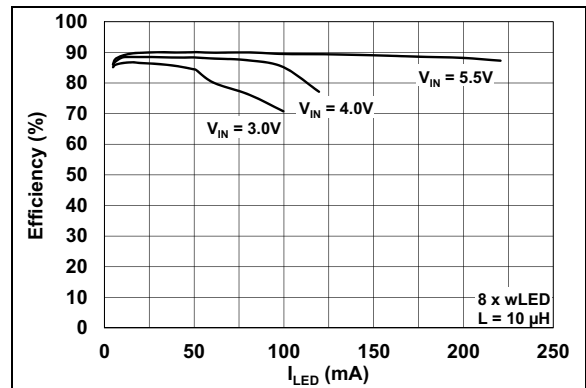


图 2-5: 八个白光 LED, 效率— $I_{LED}$  曲线

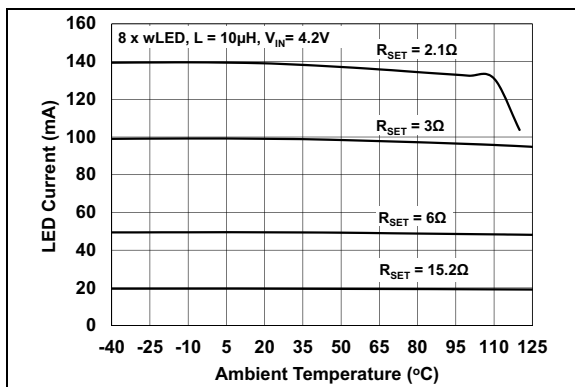


图 2-3: 八个白光 LED,  $I_{LED}$ —环境温度曲线

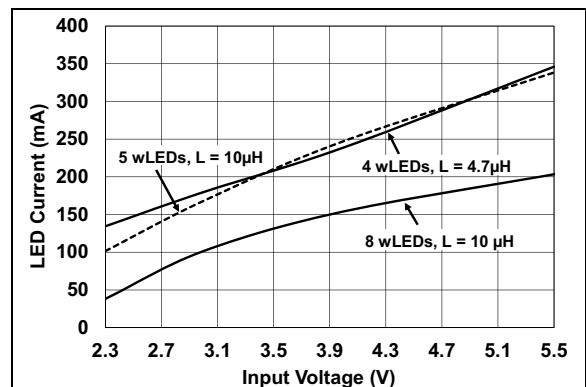


图 2-6: 最大  $I_{LED}$ — $V_{IN}$  曲线

# MCP1664

注：除非另外说明，否则： $V_{IN} = 3.3V$ ， $I_{LED} = 20\text{ mA}$ ， $V_{OUT}$  加载 4 个白光 LED ( $V_F = 2.9V$ ， $I_F = 100\text{ mA}$ )， $C_{IN} = C_{OUT} = 10\text{ }\mu\text{F}$ ，X7R 陶瓷电容， $L = 4.7\text{ }\mu\text{H}$ 。

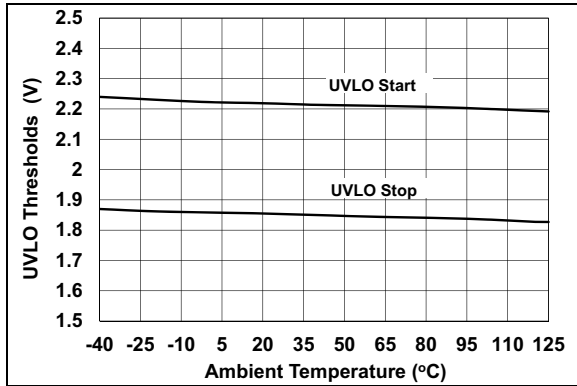


图 2-7: 欠压锁定 (UVLO) — 环境温度曲线

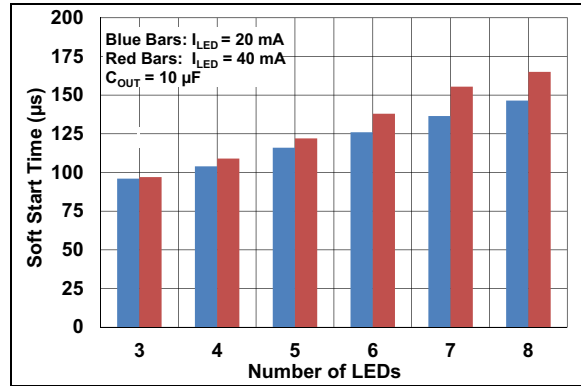


图 2-10: 启动时间—LED 数量曲线

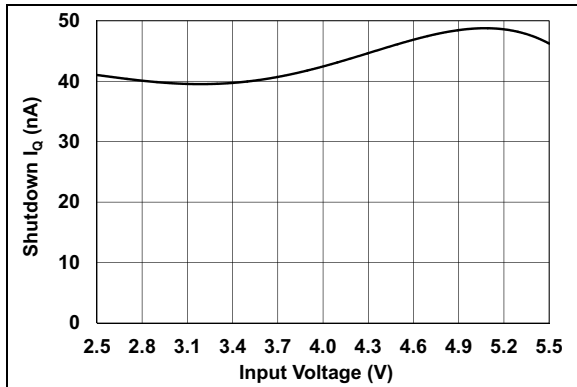


图 2-8: 关断静态电流  $I_{QSHDN}$ — $V_{IN}$  ( $EN = GND$ ) 曲线

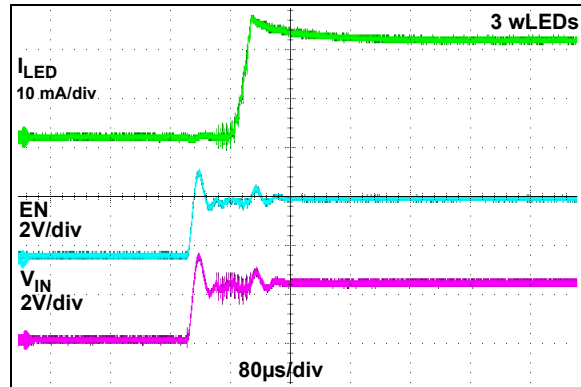


图 2-11: 当  $V_{IN} = V_{ENABLE}$  时启动

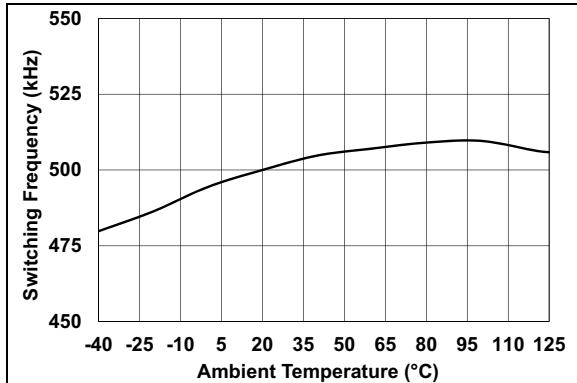


图 2-9: 开关频率  $f_{SW}$ — 环境温度曲线

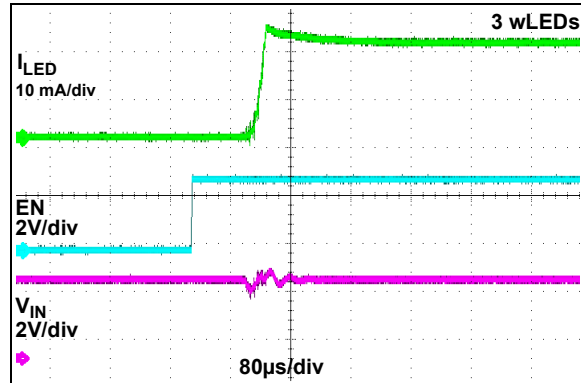


图 2-12: 使能之后启动

注：除非另外说明，否则： $V_{IN} = 3.3V$ ， $I_{LED} = 20\text{ mA}$ ， $V_{OUT}$  加载 4 个白光 LED ( $V_F = 2.9V$ ， $I_F = 100\text{ mA}$ )， $C_{IN} = C_{OUT} = 10\text{ }\mu\text{F}$ ，X7R 陶瓷电容， $L = 4.7\text{ }\mu\text{H}$ 。

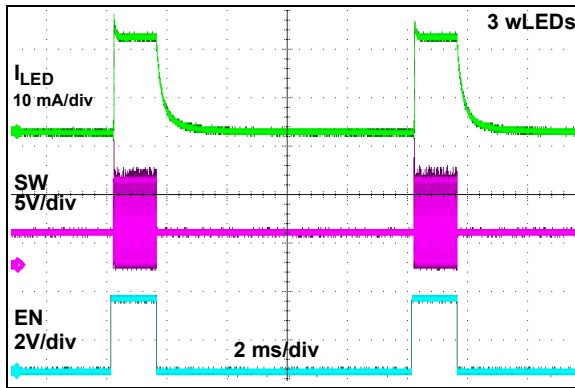


图 2-13: 100 Hz PWM 调光, 15% 占空比

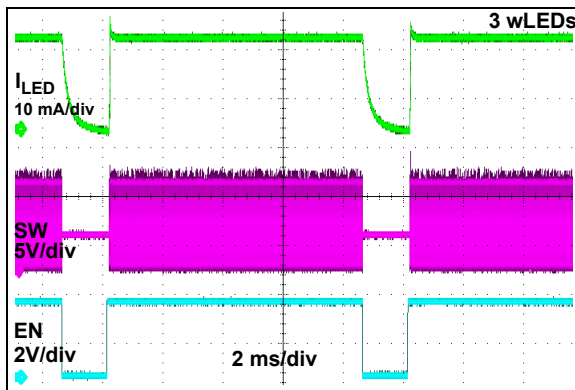


图 2-14: 100 Hz PWM 调光, 85% 占空比

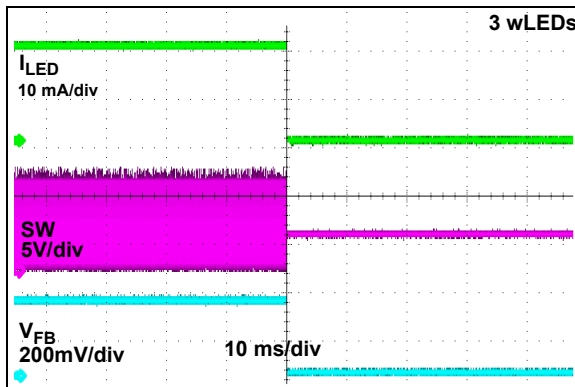


图 2-15: 开路负载 (LED 出现故障或 FB 至 GND) 响应

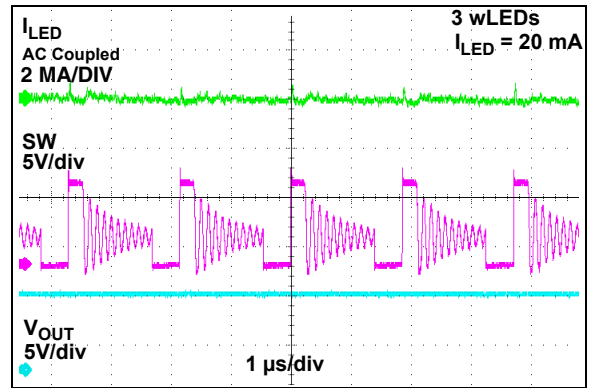


图 2-16: 三个白光 LED 的 PWM 断续模式波形

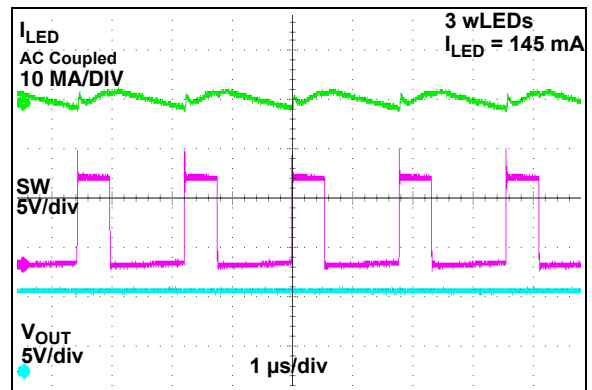


图 2-17: 三个白光 LED 的 PWM 连续模式波形

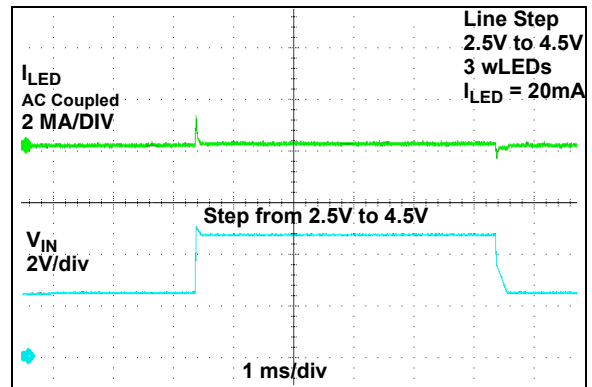


图 2-18: 线路阶跃响应  
从 2.5V 至 4.5V 的  $V_{IN}$  阶跃

# MCP1664

---

注:



### 3.0 引脚描述

表 3-1 提供了引脚的描述。

表 3-1: 引脚功能表

MCP1664 SOT-23	MCP1664 2x3 TDFN	符号	说明
3	1	$V_{FB}$	反馈电压引脚
—	2	$S_{GND}$	信号地引脚 (仅 TDFN)
1	3	SW	开关节点, 升压电感引脚
—	4, 6	NC	未连接
5	5	$V_{IN}$	输入电压引脚
—	7	$P_{GND}$	电源地引脚 (仅 TDFN)
4	8	EN	使能控制输入引脚
—	9	EP	裸露散热焊盘 (EP); 必须接地。 (仅 TDFN)
2	—	GND	地引脚 (仅 SOT-23)

#### 3.1 反馈电压引脚 ( $V_{FB}$ )

使用  $V_{FB}$  引脚, 将  $R_{SET}$  检测电阻两端的电压调节为 300 mV, 保持对输出 LED 电流的调节。将 LED 的阴极连接到  $V_{FB}$  引脚。

#### 3.2 信号地引脚 ( $S_{GND}$ )

信号地引脚用作集成参考电压和误差放大器的返回路径。

#### 3.3 开关节点引脚 (SW)

在输入电压和 SW 引脚之间连接电感。SW 引脚承载电感电流, 电流的典型值为 1.8A。集成的 N 通道开关漏极内部连接到 SW 节点。

#### 3.4 未连接 (NC)

这是未连接的引脚。

#### 3.5 电源输入电压引脚 ( $V_{IN}$ )

将输入电压源连接到  $V_{IN}$ 。应该在输入电压源与 GND 之间接最小 4.7  $\mu$ F 的去耦电容。

#### 3.6 电源地引脚 ( $P_{GND}$ )

电源地引脚用作高电流 N 通道开关的返回路径。 $P_{GND}$  和  $S_{GND}$  引脚在外部连接在一起。信号地和电源地必须在外部在一个点连接在一起。

#### 3.7 使能引脚 (EN)

EN 引脚是用于使能或禁止器件开关并在禁止时降低静态电流的逻辑电平输入。逻辑高电平 ( $>V_{IN}$  的 85%) 将使能稳压器输出。逻辑低电平 ( $<V_{IN}$  的 7.5%) 将确保稳压器被禁止。

#### 3.8 裸露散热焊盘 (EP)

裸露散热焊盘 (EP) 与  $S_{GND}$  和  $P_{GND}$  引脚之间没有内部电气连接。它们必须连接到印刷电路板 (PCB) 上的相同电位。

#### 3.9 地引脚 (GND)

地引脚或返回引脚用于电路接地连接。来自输入电容返回路径、输出电容返回路径和 GND 引脚的走线长度必须尽可能短, 以最大程度减小 GND 引脚上的噪声。SOT-23 5 引脚封装使用单个地引脚。

# MCP1664

---

注:

## 4.0 详细说明

### 4.1 器件概述

MCP1664 是一款固定频率的同步升压转换器，带有 300 mV 的低参考电压，并且经过优化，通过调节反馈电阻 ( $R_{SET}$ ) 两端的电压，保持输出电流恒定。MCP1664 集成了峰值电流模式架构，可为 LED 照明应用提供高效率的转换，电源采用两节和三节碱性电池、终极锂电池、镍氢电池、镍镉电池以及单节锂离子电池。最大输入电压  $V_{INmax}$  为 5.5V。高集成度可以降低系统成本、简化实现并节省电路板空间。

带有高参考电压的传统升压转换器会在 LED 串联限流电阻两端产生很高的压降。通常与 LED 串串联的电阻将具有一定功耗，降低 LED 驱动器解决方案的总转换效率。因此，用于调节 LED 电流的检测电阻 ( $R_{SET}$ ) 两端的压降必须很低。对于 MCP1664， $V_{FB}$  值为 300 mV。

器件具有受控的启动电压 ( $UVLO_{START} = 2.3V$ )，当 LED 出现故障，或者  $V_{FB}$  引脚至 GND 出现短路时，它还提供开路负载保护。一旦  $V_{FB}$  电压降低至 50 mV 以下，器件停止开关，输出电压将等于输入电压（减去二极管压降）。此功能可在出现上文所述的意外事件的情况下，防止对器件和 LED 的损坏。

1.8A 逐周期电感峰值电流限制操作可以保护集成的 400 mΩ、36V 开关。当使能引脚被拉至地时 ( $EN = GND$ )，器件停止开关，进入关断模式，消耗不足 50 nA 的输入电流（图 2-8）。

# MCP1664

## 4.2 功能描述

MCP1664 是一款紧凑型的高效率 500 kHz 固定频率升压直流-直流转换器，作为恒流发生器工作，适用于各种应用，电源可采用两节和三节碱性电池或劲量锂电池、三节镍氢或镍镉电池、单节锂离子或锂聚合物电池。

图 4-1 显示了 MCP1664 的功能框图。它采用了电流模式控制机制，其中的 PWM 斜坡信号源于 NMOS 功率开关电流 ( $V_{SENSE}$ )。斜率补偿信号 ( $V_{RAMP}$ ) 加到电流检测信号 ( $V_{SENSE}$ )，并与误差放大器的输出 ( $V_{ERROR}$ ) 进行比较，以控制功率开关的导通时间。

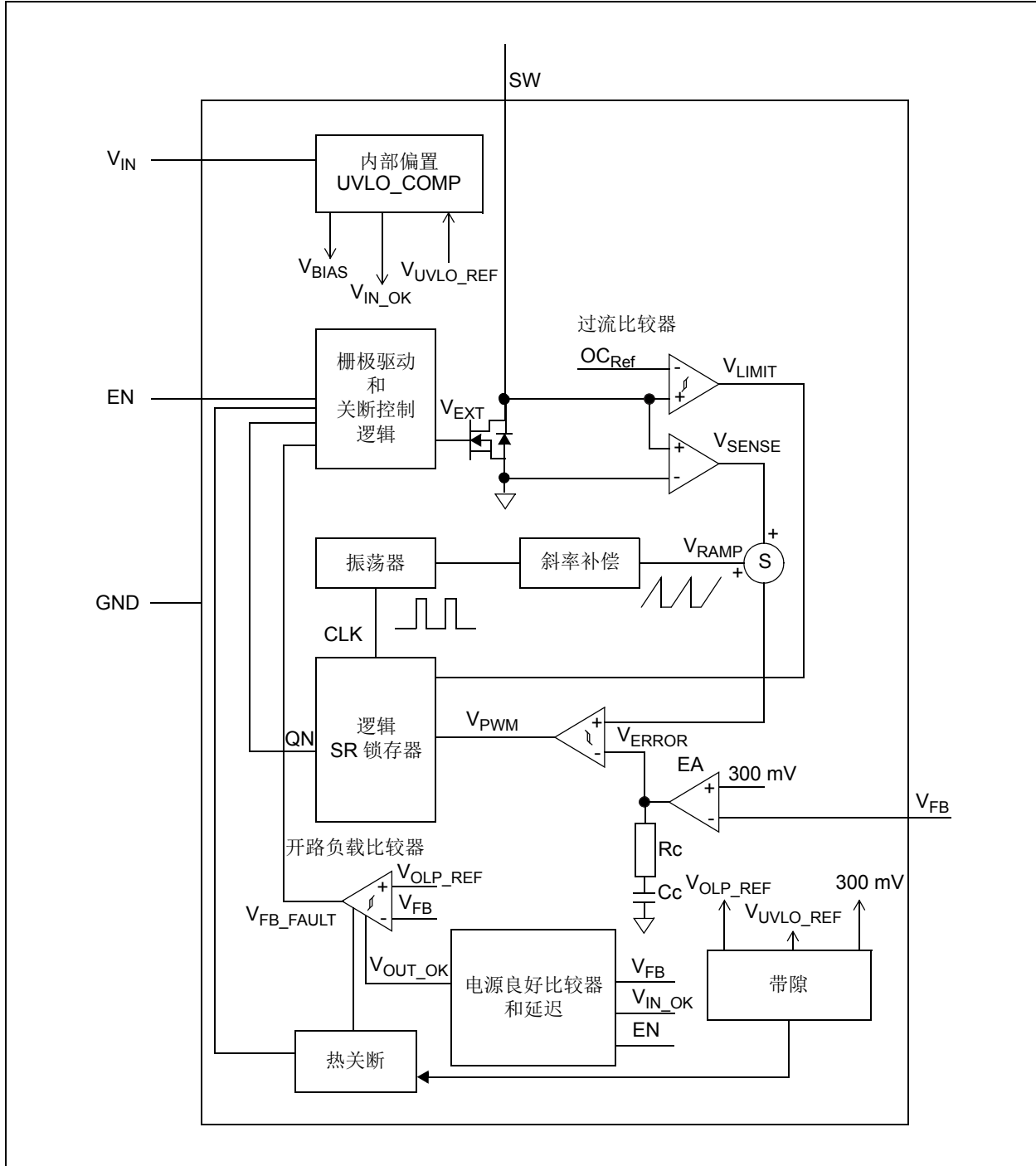


图 4-1: MCP1664 简化框图

## 4.2.1 内部偏置

MCP1664 通过  $V_{IN}$  进行偏置。 $V_{IN}$  偏置用于在整个工作范围内为器件供电并驱动电路。 $V_{IN}$  最大值为 5.5V。

## 4.2.2 启动

MCP1664 能够使用两节碱性电池启动。MCP1664 在大约 2.3V 的电压（典型值）下开始开关，提供低负载电流。启动之后，该器件将继续在正常负载条件下工作，最低电压可以达到 1.85V（典型值）。

启动时间取决于 LED 的电流、在输出端连接的 LED 数量和输出电容值（见图 2-10）。输出电容值会增加启动时间。

当器件上电时，输出电容进行充电，达到接近输入电压（ $V_{IN}$  减去肖特基二极管压降）的电压值。为了避免在启动过程中为输出电容充电时产生高浪涌电流，开关峰值电流被限制为 1.8A。一旦输出电容上的电压到达所有 LED 的正向电压的总和，MCP1664 将进入恒流工作状态。

由于从输入到输出的直接路径，在调光应用中（EN 电压从低切换到高），输出电容已经充电，输出从接近输入电压的值开始。在这种特殊情况下，器件启动更快。内部振荡器的启动存在延时，让输出电容能够完全充电至输入电压值。

## 4.2.3 欠压锁定（UVLO）

MCP1664 具有 UVLO 功能，能够防止在电压低于 1.85V（典型值）时的故障操作，该值接近两节已放电碱性电池的电压值。

实质上，还有一个比较器用于监控  $V_{IN}$  和来自带隙的参考电压。

器件在 2.3V 典型输入电压下开始正常工作。为比较器设置了迟滞，以避免输入瞬变（瞬间  $V_{IN}$  降低），输入瞬变可能触发 UVLO 低阈值并重新启动器件。

当输入电压低于  $UVLO_{START}$  阈值时，该器件在工作时规范受到限制。

## 4.2.4 使能引脚

当 EN 引脚设置为高电平时，MCP1664 将会使能开关。当 EN 引脚设置为低电平时，器件进入关断模式。要使能升压转换器，EN 电压值必须设置为高于  $V_{IN}$  电压的 85% 的值。要禁止升压转换器，EN 电压必须设置为低于  $V_{IN}$  电压的 7.5% 的值。

### 4.2.4.1 关断模式。 输入至输出路径（EN = GND）

在关断模式下，MCP1664 停止开关，所有内部控制电路被关闭。输入电压将通过电感和肖特基二极管旁路到输出。

当器件停止开关时， $V_{OUT}$  等于输出电容电压，在 LED 关闭之后，将通过放电路径缓慢放电（从  $V_{OUT}$  到接近  $V_{IN}$  的值）。

在关断模式下，MCP1664 从电池消耗的电流非常低，不足 50 nA。

## 4.2.5 PWM 工作模式

MCP1664 作为固定频率非同步转换器工作。它通过 500 kHz 的高精度振荡器保持开关频率。

无损耗电流检测将电感的峰值电流信号转换为电压（ $V_{SENSE}$ ），并将其加到内部斜率补偿（ $V_{RAMP}$ ）。将这个求和信号与电压误差放大器输出（ $V_{ERROR}$ ）进行比较，为 PWM 提供峰值电流控制信号（ $V_{PWM}$ ）。斜率补偿信号取决于输入电压。因此，转换器提供适当的斜率补偿，以确保稳定性。峰值电流限制设置为 1.8A。

# MCP1664

---

## 4.2.6 内部补偿

误差放大器及其相关补偿网络可将输出电压与误差放大器输入端的参考值进行比较，并将放大的反相信号馈送到内部电流环的控制输入，从而构成完整闭环系统。补偿网络以适当的频率提供相位超前和滞后，以消除电源电路的过度相位超前和滞后。片内集成了所有必要的补偿和斜率补偿元件。

## 4.2.7 开路负载保护 (OLP)

在以下情况下，当输出退出调节时，内部  $V_{FB}$  故障信号关闭 PWM 信号 ( $V_{EXT}$ )：

- 开路负载 (LED 串故障)
- 或
- 反馈引脚短路至 GND。

对于没有实施任何保护的常规集成电路 (IC)，在以上任意一种情况下， $V_{FB}$  电压降低至地电位，N 通道晶体管被强制在全占空比的条件下开关， $V_{OUT}$  上升。此故障事件可能导致 SW 引脚超过其最大电压额定值，可能损坏升压稳压器 IC 及其外部元件和 LED。为了避免这些情况，MCP1664 提供了开路负载保护 (OLP)，在检测到此类条件时，它会关闭 PWM 开关。它包含带有 50 mV 参考电压的过压比较器，用于监控  $V_{FB}$  电压。

如果由于输入过低 (已放电电池) 或过载条件而发生 OLP 事件，输入电压低于  $UVLO_{START}$  阈值， $V_{FB}$  保持在 50 mV 之下，则器件将会锁存其输出，在上电后恢复。

在启动序列和热关断期间，OLP 比较器被禁止。

## 4.2.8 过流限制

MCP1664 使用 1.8A 逐周期输入电流限制来保护 N 通道开关。它带有过流比较器，当电感电流达到限值时，它将复位驱动锁存器。在限流中，输出电压和负载电流开始下降。

## 4.2.9 输出短路条件

与所有非同步升压转换器相同，MCP1664 电感电流在转换器输出端的短路期间将会过度增加。输出端的短路将导致二极管整流器出现故障，电感的温度升高，甚至发生故障。当二极管出现故障时，SW 引脚成为高阻抗节点；它仍然仅连接到电感，产生的过度振铃可能导致对 MCP1664 的损坏。

## 4.2.10 过温保护

过温保护电路集成在 MCP1664 中。此电路用于监控器件结温，如果温度超过 +150°C，则关闭器件。当结温降低 20°C 时，器件将自动重新启动。在过温条件下，OLP 被禁止。

## 5.0 应用信息

### 5.1 典型应用

MCP1664 非同步升压 LED 电流调节器在最高 32V 的宽输出电压范围内工作，允许它驱动串联连接的最多 10 个 LED。输入电压范围是 2.4V 至 5.5V。该器件工作电压最低至 1.85V，但规范受到限制。当  $V_{IN}$  上升时，UVLO 典型阈值设置为 2.3V（典型值），当  $V_{IN}$  下降时，阈值设置为 1.85V。输出电流能力随着输入电压增加，受限于 1.8A 的典型峰值输入电流限值。本数据手册中的典型特性曲线显示了典型输出电流能力。

### 5.2 LED 亮度控制

#### 5.2.1 恒流计算

要计算用于设置 LED 电流的电阻值，请使用公式 5-1，其中  $R_{SET}$  连接到  $V_{FB}$  和 GND。参考电压  $V_{FB}$  为 300 mV。计算的电流不取决于 LED 串中的 LED 数量。

#### 公式 5-1:

$$I_{LED} = \frac{V_{FB}}{R_{SET}}$$

#### 例 1:

$$\begin{aligned} V_{FB} &= 300 \text{ mV} \\ I_{LED} &= 100 \text{ mA} \\ R_{SET} &= 3\Omega \end{aligned}$$

#### 例 2:

$$\begin{aligned} V_{FB} &= 300 \text{ mV} \\ I_{LED} &= 200 \text{ mA} \\ R_{SET} &= 1.5\Omega \end{aligned}$$

$R_{SET}$  电阻上的功耗很低，等于  $V_{FB} \times I_{LED}$ 。在  $I_{LED} = 100 \text{ mA}$  的情况下，检测电阻上的功耗为 30 mW，转换效率很高。

#### 5.2.2 PWM 调光

可通过设置 LED 串的最大电流（使用公式 5-1），以小步长减小此电流，来控制 LED 亮度，可变的占空比 PWM 信号应用于 EN 引脚。调光的最大频率受到 MCP1664 启动时间的限制，此时间随着 LED 电流变化。通过改变施加于 EN 引脚的信号的占空比（从 0 到 100%），LED 电流发生线性变化。

#### 5.2.3 输出电流能力与最小输入电压

器件最大输出电流取决于输入和输出电压。由于存在 1.8A 的电感峰值电流限值，输出电流可能在达到最大占空比之前退出调节。（请注意，对于升压转换器，平均电感电流等于输入电流。）特性图显示了器件限制。

可以串联连接并驱动的最大 LED 数量（公式 5-2 中的  $n_{LED}$ ）取决于最大 LED 正向电压 ( $V_{Fmax}$ )，以及  $R_{SET}$  电阻设置的 LED 电流。MCP1664 的输出端的最大电压应为 32V。考虑到  $V_{Fmax}$  在工作温度范围内会发生一些变化，我们必须查看 LED 数据手册，以便在公式 5-2 中使用正确的数据。可以安全驱动最多 10 个串联连接的白光 LED。

#### 公式 5-2:

$$((V_{Fmax} \times n_{LED}) + V_{FB}) < 32V$$

特性图显示了器件能够提供的最大电流，取决于输出端的 LED 数量。

例如，为了确保为 5 个 LED 提供 150 mA 的负载电流（输出约为 15V），必须有最小 3V 的输入电压。如果应用需要驱动 8 个 LED，使用一个锂离子电池供电（ $V_{IN}$  从 3.6V 到 4.2V），则 MCP1664 能够调节的最小 LED 电流接近 125 mA（图 2-6）。

# MCP1664

## 5.2.4 开路负载保护

MCP1664 提供了开路负载保护 (OLP) 功能, 防止 LED 与输出线路断开连接的情况。如果  $V_{FB}$  引脚上的电压降至 50 mV 以下, 器件将停止开关, 防止输出端和 SW 引脚上出现过压, 并防止过大电流进入 LED。

在启动和热关断事件期间, OLP 未使能。

## 5.3 输入电容选择

升压电感用于平滑升压输入电流, 从而减少了在输入端需要的滤波。建议利用一些电容来为输入源提供去耦, 确保输入在开关瞬变期间不会过度降低。由于 MCP1664 的额定温度范围是在最高 +125°C 的环境温度下工作, 因此较低的 ESR X7R 陶瓷电容非常合适, 因为它们具有低温度系数, 而且尺寸很小。对于在最高 +85°C 的受限温度范围内的用途, 可以使用 X5R 陶瓷电容。对于轻负载应用, 输入端的 4.7  $\mu\text{F}$  电容便已足够。对于具有较高源阻抗或较长引线的高功率应用, 建议使用 10  $\mu\text{F}$  至 20  $\mu\text{F}$  的输入电容。当器件在低于 3.0V 的输入电压下工作、LED 电流较高时, 由于高输入电流需求, 可以添加更多输入电容, 以提供稳定的输入电压 (3 x 10  $\mu\text{F}$  或 33  $\mu\text{F}$ )。输入电容的额定电压必须达到最小 6.3V。对于 MLCC 陶瓷电容以及 X7R 或 X5R 电容, 电容值会在工作温度或 DC 偏置范围内发生变化。通常, 电容值可能降低 50%。请查看电容制造商数据手册, 了解额定电容值如何随着这些条件变化。

表 5-1 包含推荐的输入电容值范围。

## 5.4 输出电容选择

输出电容有助于在突然负载瞬变期间提供稳定的输出电压和平滑的负载电流, 并减小 LED 电流纹波。陶瓷电容非常适合此类应用 (X5R 和 X7R)。输出电容在 4.7  $\mu\text{F}$  (轻负载和调光应用) 至 20  $\mu\text{F}$  (数百 mA LED 电流的应用) 的范围内。当器件驱动更高的输出电流, 而且具有较小的升压比率时 (输入电压接近输出电压), 推荐额外的输出电容值。

正如 5.3 节, 输入电容选择中提到的那样, X7R 或 X5R 电容值会在工作温度或 DC 偏置范围内发生变化。在最大 DC 额定值下施加电压时, 电容值可能降低一半。这可能影响稳定性, 或者限制输出功率。整个温度范围内电容值下降幅度小于 20%。用户必须根据公式 5-3 和 5-4, 为输出电容精心选择 DC 电压额定值 ( $DCV_{RATE}$ ):

### 公式 5-3:

$$DCV_{RATE} > ((V_{Fmax} \times nLED) + V_{FB})$$

或

### 公式 5-4:

$$DCV_{RATE} > V_{OUTmax}$$

表 5-1 包含推荐的输入和输出电容值范围。

表 5-1: 电容值范围

	$C_{IN}$	$C_{OUT}$
最小值	4.7 $\mu\text{F}$	4.7 $\mu\text{F}$
最大值	—	47 $\mu\text{F}$



## 5.5 电感选择

MCP1664 的设计目的是与小型表贴封装电感配合使用；电感值可在 4.7  $\mu\text{H}$  至 10  $\mu\text{H}$  范围内。对于 15V 以下的输出电压（4 个或 5 个 LED 串联连接），推荐的电感值为 4.7  $\mu\text{H}$ 。对于最高达到 32V（从 5 个到最多 10 个 LED）的较高输出电压，最佳电感值为 10  $\mu\text{H}$ 。

表 5-2: MCP1664 升压转换器的推荐电感

部件编号	值 ( $\mu\text{H}$ )	DCR $\Omega$ (典型值)	$I_{\text{SAT}}$ (A)	尺寸 宽 x 长 x 高 (mm)
<b>Coilcraft</b>				
MSS6132-472	4.7	0.043	2.84	6.1x6.1x3.2
XFL4020-472	4.7	0.0574	2.7	4.3x4.3x2.1
LPS5030-472	4.7	0.083	2.0	5.0x5.0x3.0
LPS6235-103	10	0.100	2.4	6.2x6.2x3.5
XAL4040-103	10	0.092	1.9	4.3x4.3x4.1
<b>Würth® Elektronik Group</b>				
7440530047 WE-TPC	4.7	0.07	2.2	5.8x5.8x2.8
74404042047 WE-LQS	4.7	0.03	2.0	4.0x4.0x1.6
74438335047 WE-MAPI	4.7	0.141	2.0	3.0x3.0x1.5
744778610 WE-PD2	10	0.074	1.8	5.9x6.2x4.9
74408943100 WE-SPC	10	0.082	2.1	4.8x4.8x3.8
<b>TDK EPCOS</b>				
B82462G4472	4.7	0.04	1.8	6.3x6.3x3.0
LTF5022-4R7	4.7	0.073	2.0	5.2x5.0x2.2
VLCF4024-4R7	4.7	0.075	1.76	4.0x4.0x2.4
SLF7055-100	10	0.039	2.5	7.0x7.0x5.5

我们可以利用几个参数来选择正确的电感：最大额定电流、饱和电流和铜电阻（DCR）。对于升压转换器，电感电流远高于输出电流。平均电感电流等于输入电流。电感的峰值电流远高于平均值。电感 DCR 越低，转换器效率就越高，通常要在尺寸与效率之间进行权衡。

峰值电流是最大值或限值，饱和电流通常指定一个点，电感值在该点滚降额定值的百分比。电感值可能减小 20% 至 40%。电感值滚降时，电感纹波电流增大，峰值开关电流也会增大。要防止电感值滚降幅度过大，这一点非常重要，因为它会导致开关电流到达峰值限。

## 5.6 整流器二极管选择

肖特基二极管可用于降低损耗。二极管的平均和峰值电流额定值必须分别大于平均输出电流和峰值电感电流。二极管的反向击穿电压必须高于 36V 的内部开关最大额定电压。

如果二极管的压降比较低，转换器的效率会得到提升。正向电压（ $V_F$ ）额定值取决于正向电流，它等于负载电流。

在高电流和高环境温度的情况下，请使用具有良好热特性的二极管。

表 5-3: 推荐的肖特基二极管

类型	$V_{\text{OUTmax}}$	$T_A$
PMEG2010	18V	< +85°C
STPS120	18V	< +125°C
MBRM120	18V	< +125°C
PMEG4010	32V	< +85°C
UPS5819	32V	< +85°C
MBRM140	32V	< +125°C

## 5.7 热计算

MCP1664 采用两种不同封装（5 引脚 SOT-23 和 8 引脚 2x3 TDFN）。通过计算功耗和应用封装热阻（ $\theta_{\text{JA}}$ ），可以估算结温。MCP1664 的最高工作结温额定值（稳定状态）为 +125°C。

为了快速估算开关升压稳压器的内部功耗，可以采用经验计算，同时使用实测效率。在提供实测效率数据的情况下，内部功耗按照公式 5-5 进行估算。

公式 5-5:

$$\left(\frac{V_{\text{OUT}} \times I_{\text{OUT}}}{\text{Efficiency}}\right) - (V_{\text{OUT}} \times I_{\text{OUT}}) = P_{\text{Dis}}$$

输入功率（第一项）与所提供功率（第二项）之间的差值就是 MCP1664 的内部功耗。这是估算，假定大多数损失功率都是在 MCP1664 内部，而不是在  $C_{\text{IN}}$ 、 $C_{\text{OUT}}$ 、整流器二极管和电感中。有一定百分比的功率损失是在升压电感和整流器二极管中发生，只有极少的功率损失是在输入和输出电容中发生。要更加精确地计算内部功耗，应将  $I_{\text{INRMS}}^2 \times L_{\text{DCR}}$  与  $I_{\text{LED}} \times V_F$  功耗相减（其中  $I_{\text{INRMS}}$  是平均输入电流， $L_{\text{DCR}}$  是电感串联电阻， $V_F$  是二极管压降）。对于 LED 驱动器，MCP1664 外部的另一个功率损失来源是检测电阻。检测电阻的功率损失可使用  $V_{\text{FB}} \times I_{\text{LED}}$  进行估算。

# MCP1664

## 5.8 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非常重要，对于开关电源也同样如此。为高电流开关路径布线时，应该使用短而宽的走线。因此，输入和输出电容应该放置得尽可能靠近 MCP1664，以最大程度减少环路面积，这一点非常重要。

$R_{SET}$  电阻和反馈信号的走线应该远离开关节点和开关电流环路。应该尽可能使用地平面和地线来帮助屏蔽反馈信号，最大程度减少噪声和电磁干扰。

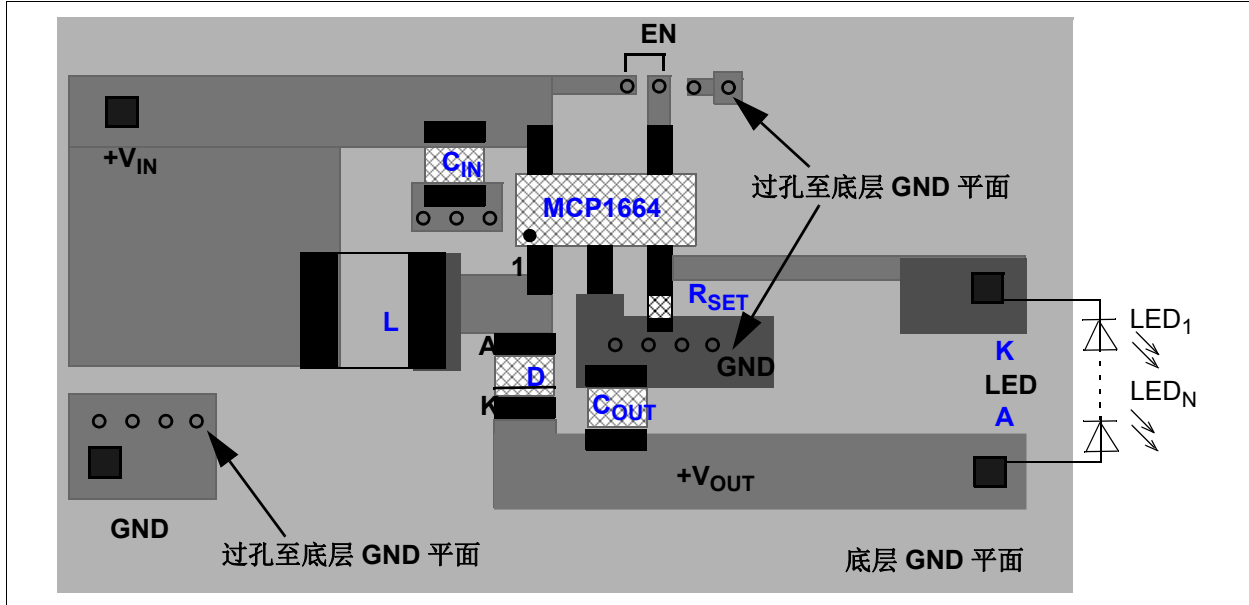


图 5-1: MCP1664 5 引脚 SOT-23 推荐布线

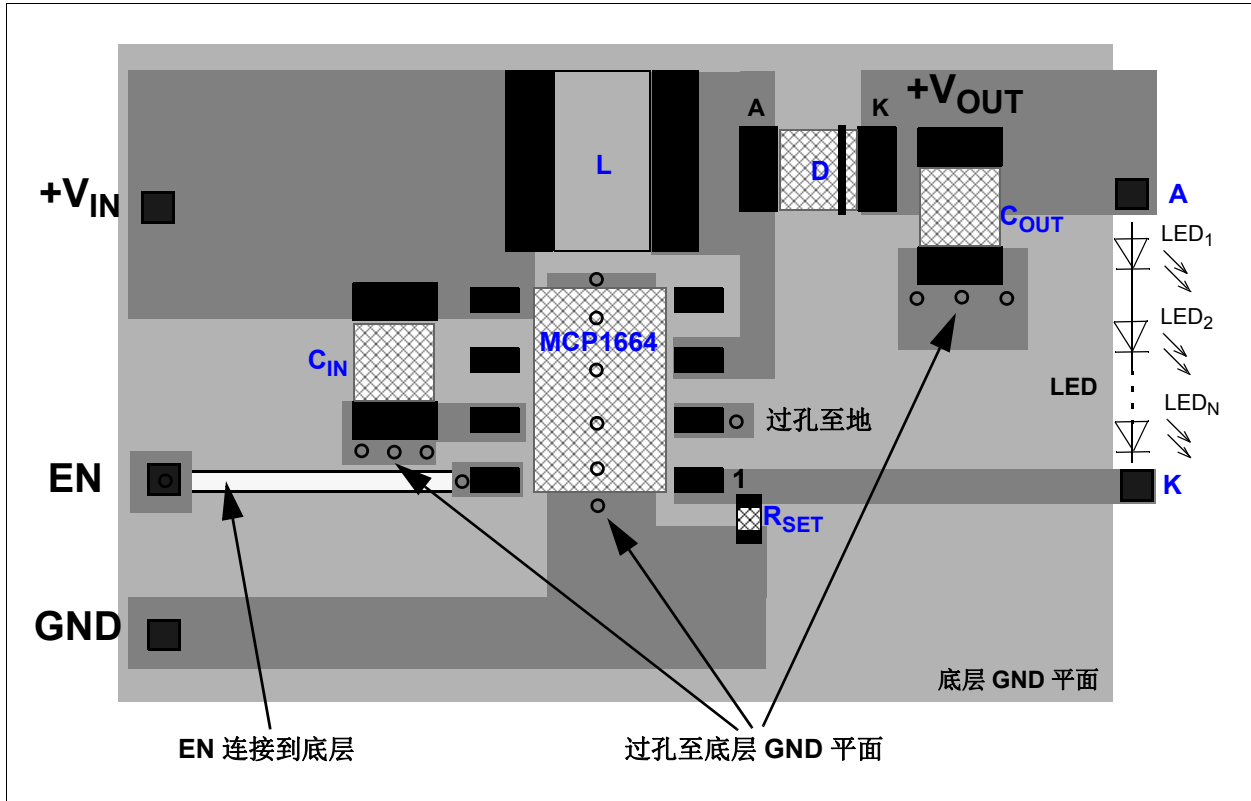


图 5-2: MCP1664 TDFN 推荐布线

# MCP1664

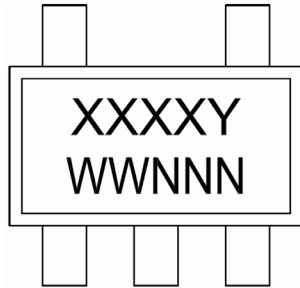
---

注:

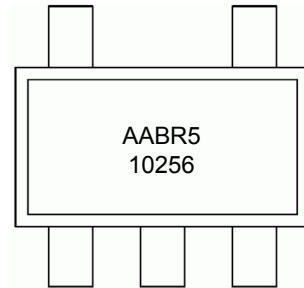
## 6.0 封装信息

### 6.1 封装标识信息

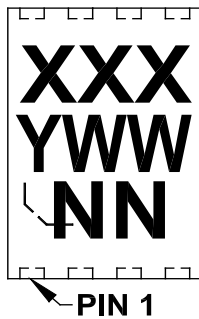
5 引脚 SOT-23



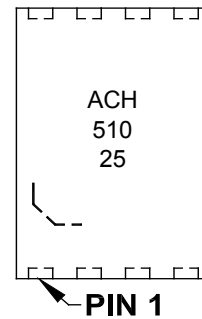
示例



8 引脚 TDFN (2x3x0.75 mm)



示例



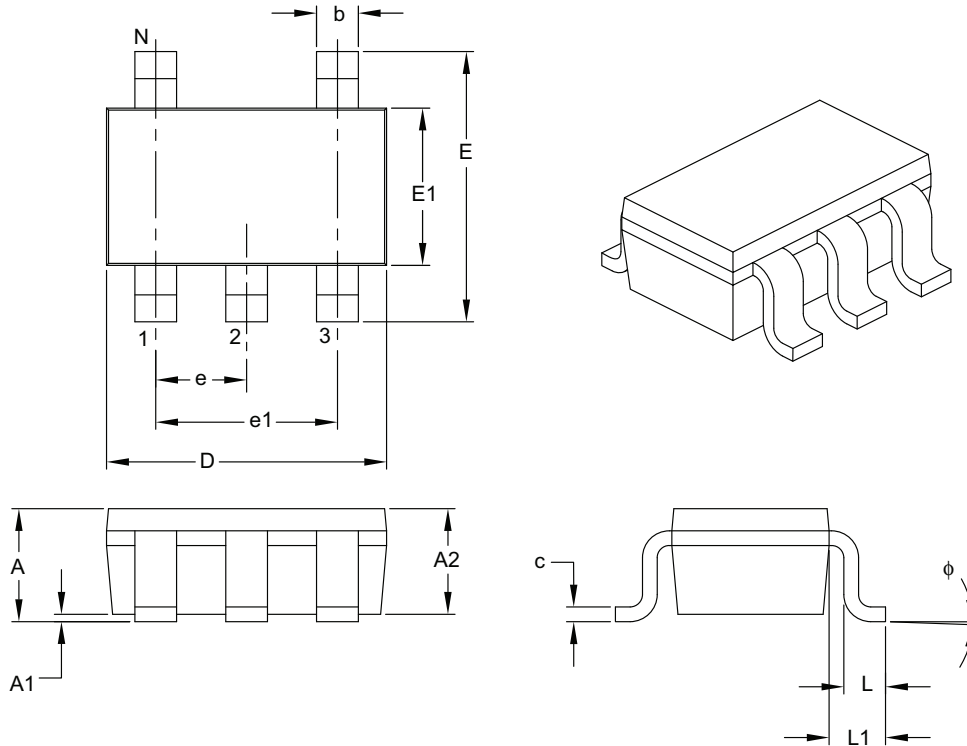
**图注:** XX...X 客户指定信息  
 Y 年份代码 (日历年的最后一位数)  
 YY 年份代码 (日历年的最后两位数)  
 WW 星期代码 (一月一日的星期代码为“01”)  
 NNN 以字母数字排序的追踪代码  
 (e3) 雾锡 (Matte Tin, Sn) 的 JEDEC 无铅标志  
 \* 表示无铅封装。JEDEC 无铅标志 ((e3)) 标示于此种封装的外包装上。

**注意:** 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。

# MCP1664

## 5 引脚塑封小外形晶体管封装 (OT) [SOT-23]

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



Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	5		
Lead Pitch	e	0.95 BSC		
Outside Lead Pitch	e1	1.90 BSC		
Overall Height	A	0.90	–	1.45
Molded Package Thickness	A2	0.89	–	1.30
Standoff	A1	0.00	–	0.15
Overall Width	E	2.20	–	3.20
Molded Package Width	E1	1.30	–	1.80
Overall Length	D	2.70	–	3.10
Foot Length	L	0.10	–	0.60
Footprint	L1	0.35	–	0.80
Foot Angle	$\phi$	0°	–	30°
Lead Thickness	c	0.08	–	0.26
Lead Width	b	0.20	–	0.51

### Notes:

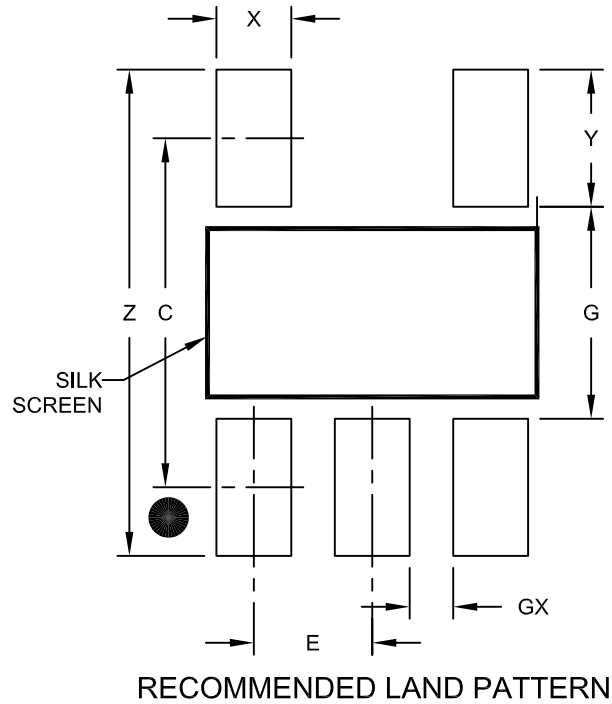
- Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.127 mm per side.
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.

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

Microchip Technology Drawing C04-091B

## 5 引脚塑封小外形晶体管封装 (OT) [SOT-23]

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



Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch	E	0.95 BSC		
Contact Pad Spacing	C		2.80	
Contact Pad Width (X5)	X			0.60
Contact Pad Length (X5)	Y			1.10
Distance Between Pads	G	1.70		
Distance Between Pads	GX	0.35		
Overall Width	Z			3.90

**Notes:**

1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

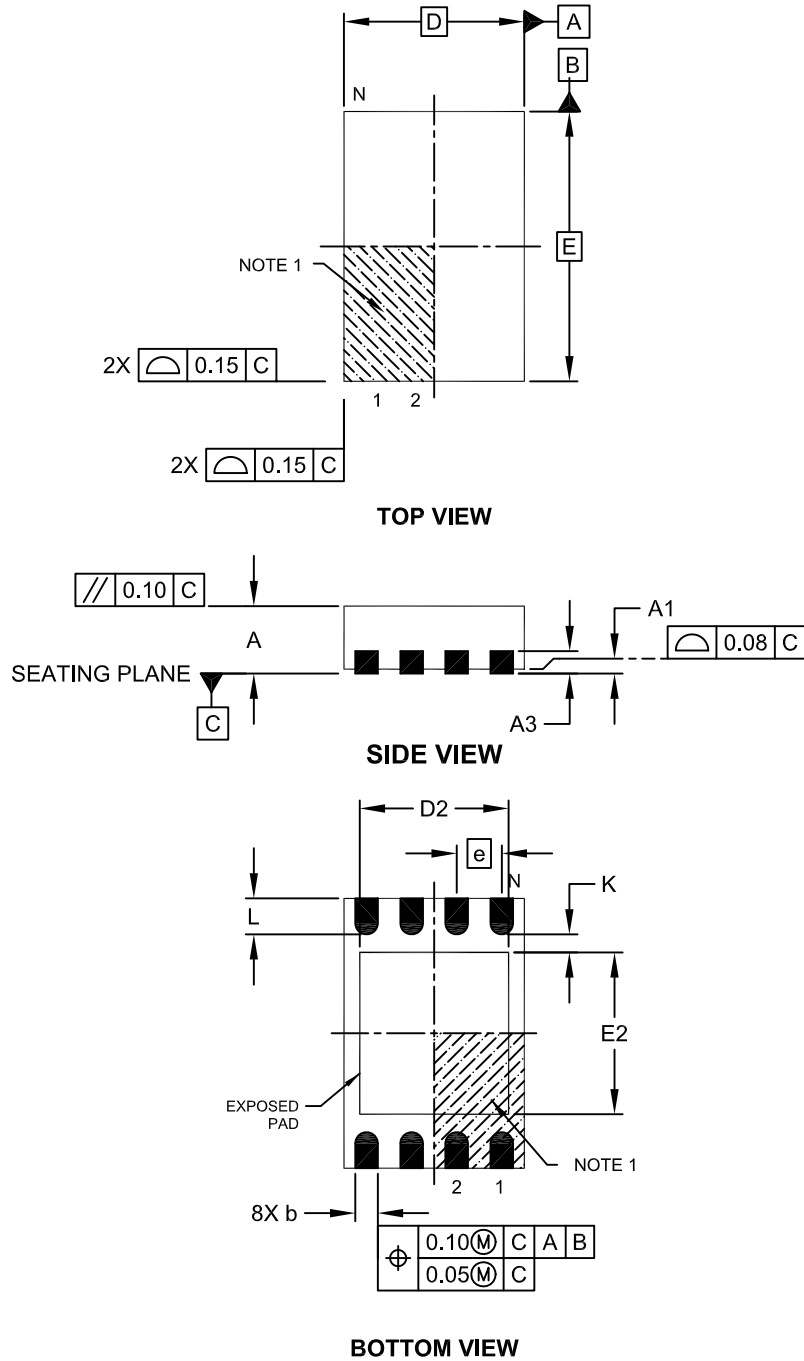
BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing No. C04-2091A

# MCP1664

## 8 引脚塑封双列扁平无脚封装 (MN) —— 主体 2×3×0.75mm [TDFN]

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

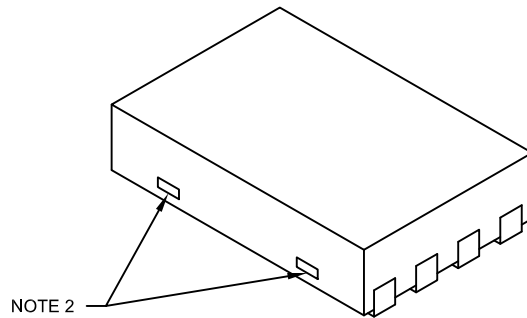


Microchip Technology Drawing No. C04-129C Sheet 1 of 2



## 8 引脚塑封双列扁平无脚封装 (MN) —— 主体 2×3×0.75mm [TDFN]

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



Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	8		
Pitch	e	0.50 BSC		
Overall Height	A	0.70	0.75	0.80
Standoff	A1	0.00	0.02	0.05
Contact Thickness	A3	0.20 REF		
Overall Length	D	2.00 BSC		
Overall Width	E	3.00 BSC		
Exposed Pad Length	D2	1.20	-	1.60
Exposed Pad Width	E2	1.20	-	1.60
Contact Width	b	0.20	0.25	0.30
Contact Length	L	0.25	0.30	0.45
Contact-to-Exposed Pad	K	0.20	-	-

### Notes:

- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
- Package may have one or more exposed tie bars at ends.
- Package is saw singulated
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

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

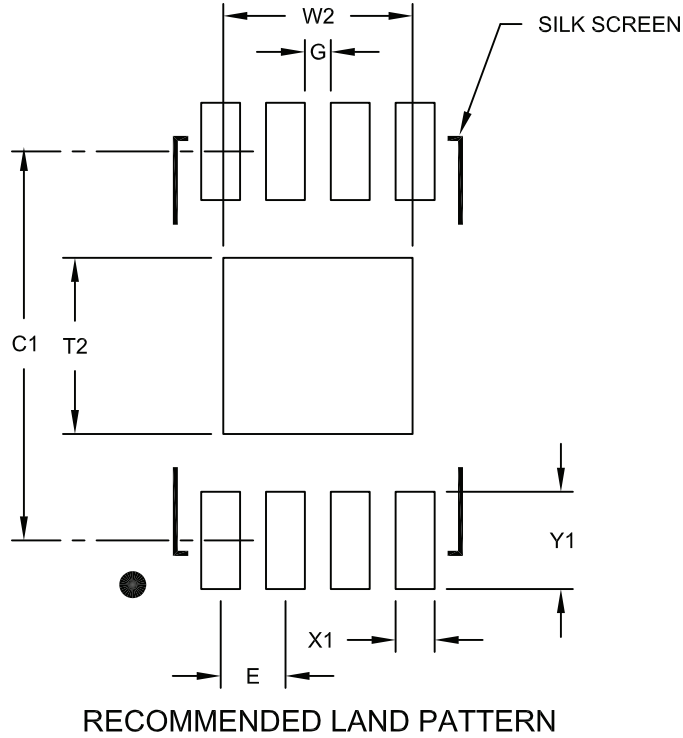
REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.

Microchip Technology Drawing No. C04-129C Sheet 2 of 2

# MCP1664

## 8 引脚塑封双列扁平无脚封装 (MN) —— 主体 2×3×0.75mm [TDFN]

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



Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch	E	0.50 BSC		
Optional Center Pad Width	W2			1.46
Optional Center Pad Length	T2			1.36
Contact Pad Spacing	C1		3.00	
Contact Pad Width (X8)	X1			0.30
Contact Pad Length (X8)	Y1			0.75
Distance Between Pads	G	0.20		

**Notes:**

1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

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

Microchip Technology Drawing No. C04-2129A

## 附录 A： 版本历史

### 版本 A（2015 年 6 月）

- 本文档的初始版本。

# MCP1664

---

注:

## 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] <sup>(1)</sup>	X	/XX	XXX	
器件	卷带式选项	温度范围	封装	定制编号	
<p><b>示例:</b></p> <p>a) MCP1664T-E/OT: 卷带式, 扩展级温度范围, 5LD SOT-23 封装</p> <p>b) MCP1664T-E/MNY: 卷带式, 扩展级温度范围, 8LD 2x3 TDFN 封装</p>					
<p><b>注 1:</b> 卷带式标识符仅显示在产品目录部件编号说明中。此标识符用于订购目的，不印刷在器件封装上。有关是否提供卷带式包装选项，请向 Microchip 销售办事处咨询。</p>					
<p><b>器件:</b> MCP1664: 集成 UVLO 和 OLP 的高压升压 LED 驱动器</p> <p><b>卷带式选项:</b> T = 卷带式 (1)</p> <p><b>温度范围:</b> E = -40°C 至 +125°C (扩展级)</p> <p><b>封装:</b> MN = 塑封双列扁平无脚封装 —— 主体 2x3x0.75 mm, 8 引脚 (TDFN)  OT = 塑封小外形晶体管封装, 5 引脚 (SOT-23)</p> <p>*Y = 镍钯金制造标识。  仅在 TDFN 封装上可用。</p>					

# MCP1664

---

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<sup>®</sup> MCU 与 dsPIC<sup>®</sup> DSC、KEELOQ<sup>®</sup> 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器 and 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。

© 2016, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-1095-9



## 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

亚太总部 **Asia Pacific Office**  
Suites 3707-14, 37th Floor  
Tower 6, The Gateway  
Harbour City, Kowloon  
Hong Kong  
Tel: 852-2943-5100

Fax: 852-2401-3431

**中国 - 北京**  
Tel: 86-10-8569-7000  
Fax: 86-10-8528-2104

**中国 - 成都**  
Tel: 86-28-8665-5511  
Fax: 86-28-8665-7889

**中国 - 重庆**  
Tel: 86-23-8980-9588  
Fax: 86-23-8980-9500

**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  
Fax: 86-571-8792-8116

**中国 - 南京**  
Tel: 86-25-8473-2460  
Fax: 86-25-8473-2470

**中国 - 青岛**  
Tel: 86-532-8502-7355  
Fax: 86-532-8502-7205

**中国 - 上海**  
Tel: 86-21-3326-8000  
Fax: 86-21-3326-8021

**中国 - 沈阳**  
Tel: 86-24-2334-2829  
Fax: 86-24-2334-2393

**中国 - 深圳**  
Tel: 86-755-8864-2200  
Fax: 86-755-8203-1760

**中国 - 武汉**  
Tel: 86-27-5980-5300  
Fax: 86-27-5980-5118

**中国 - 西安**  
Tel: 86-29-8833-7252  
Fax: 86-29-8833-7256

**中国 - 厦门**  
Tel: 86-592-238-8138  
Fax: 86-592-238-8130

**中国 - 香港特别行政区**  
Tel: 852-2943-5100  
Fax: 852-2401-3431

### 亚太地区

**中国 - 珠海**  
Tel: 86-756-321-0040  
Fax: 86-756-321-0049

**台湾地区 - 高雄**  
Tel: 886-7-213-7830

**台湾地区 - 台北**  
Tel: 886-2-2508-8600  
Fax: 886-2-2508-0102

**台湾地区 - 新竹**  
Tel: 886-3-5778-366  
Fax: 886-3-5770-955

**澳大利亚 Australia - Sydney**  
Tel: 61-2-9868-6733  
Fax: 61-2-9868-6755

**印度 India - Bangalore**  
Tel: 91-80-3090-4444  
Fax: 91-80-3090-4123

**印度 India - New Delhi**  
Tel: 91-11-4160-8631  
Fax: 91-11-4160-8632

**印度 India - Pune**  
Tel: 91-20-3019-1500

**日本 Japan - Osaka**  
Tel: 81-6-6152-7160  
Fax: 81-6-6152-9310

**日本 Japan - Tokyo**  
Tel: 81-3-6880-3770  
Fax: 81-3-6880-3771

**韩国 Korea - Daegu**  
Tel: 82-53-744-4301  
Fax: 82-53-744-4302

**韩国 Korea - Seoul**  
Tel: 82-2-554-7200  
Fax: 82-2-558-5932 或  
82-2-558-5934

**马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur**  
Tel: 60-3-6201-9857  
Fax: 60-3-6201-9859

**马来西亚 Malaysia - Penang**  
Tel: 60-4-227-8870  
Fax: 60-4-227-4068

**菲律宾 Philippines - Manila**  
Tel: 63-2-634-9065  
Fax: 63-2-634-9069

**新加坡 Singapore**  
Tel: 65-6334-8870  
Fax: 65-6334-8850

**泰国 Thailand - Bangkok**  
Tel: 66-2-694-1351  
Fax: 66-2-694-1350

### 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

**法国 France - Saint Cloud**  
Tel: 33-1-30-60-70-00

**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