# LM3645 具有 2A 高侧电流源的同步升压四路 LED 闪光灯驱动器

## 1 特性

- 四通道独立的 LED 电流源可编程性
- 准确的可编程 LED 电流范围为 0.525mA 到 2A
- 在低电量条件下优化的 LED 闪光电流 ($I_{VFM}$)
- 手电筒模式 (100mA) 和闪光模式（1A 至 2A）下的效率 > 85%
- 运行接地阴极 LED，以改善热管理
- 双硬件选通使能（STR1、STR2）
- 射频功率放大器脉冲事件的同步输入 (TORCH/Tx)
- 硬件手电筒使能 (TORCH/Tx)
- 双远程 NTC 监测（TEMP1、TEMP2）
- 固定输出电压模式
- 1MHz $I^2C$ 兼容接口
  - （$I^2C$ 地址 = 0x65）

## 2 应用

- 摄像头电话白色 LED 闪烁
- 数码相机
- 条形码扫描仪
- 手持式数据终端

## 3 说明

LM3645 是一款四路 LED 闪光灯驱动器，可在较小的解决方案尺寸内提供高级别的可调节性。LM3645 利用同步升压转换器为四路 2A 恒流 LED 源供电。四通道 256 级电流源可灵活地调整 LED1、LED2、LED3 和 LED4 之间的电流比，每个驱动器最高可提供 2A 电流。自适应调节方法可确保电流源保持稳压状态并尽可能提高效率。

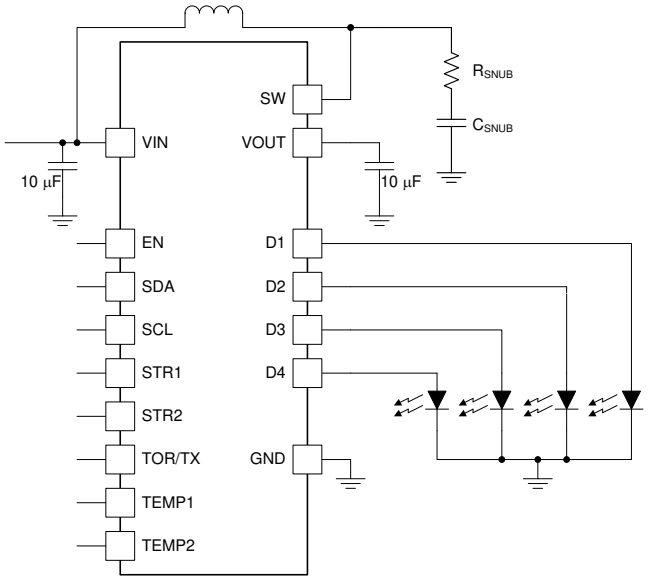
LM3645 的功能是通过兼容 $I^2C$ 的接口控制。这些特性包括：双硬件闪光引脚和硬件手电筒或 Tx 中断引脚（STR1、STR2 和 TORCH/TX），以及双 NTC 热敏电阻监控器。该器件在每个输出桥臂中提供独立可编程的电流，以在闪光或电影模式（手电筒）以及快速导通和关断 IR 模式下驱动 LED。

由于具有两个开关频率选项、过压保护 (OVP) 和可调节电流限制，允许使用微型薄型电感器和 10µF 陶瓷电容器。该器件可在 –40°C 至 +85°C 的环境温度范围内运行。

**器件信息** (1)

| 器件型号 | 封装 | 本体尺寸（标称值） |
|---|---|---|
| LM3645 | DSBGA (25) | 2.192mm × 1.927mm |

(1) 如需了解所有可用封装，请参阅数据表末尾的可订购产品附录。




**简化版应用**

本资源的原文使用英文撰写。 为方便起见，TI 提供了译文；由于翻译过程中可能使用了自动化工具，TI 不保证译文的准确性。 为确认准确性，请务必访问 ti.com 参考最新的英文版本（控制文档）。

# 内容

**1 特性**.....1
**2 应用**.....1
**3 说明**.....1
**4 引脚配置和功能**.....3
**5 规格**.....4
5.1 绝对最大额定值.....4
5.2 ESD 等级.....4
5.3 建议运行条件.....4
5.4 热性能信息.....4
5.5 电气特性.....5
5.6 时序要求.....6
5.7 开关特性.....6
5.8 典型特性.....7
**6 详细说明**.....10
6.1 概述.....10
6.2 功能方框图.....11
6.3 特性说明.....11
6.4 器件功能模式.....17
6.5 编程和控制.....21
6.6 寄存器说明.....25
**7 应用和实施**.....56
7.1 应用信息.....56
7.2 典型应用.....56
**8 电源相关建议**.....64
**9 布局**.....65
9.1 布局指南.....65
9.2 布局示例.....66
**10 器件和文档支持**.....67
10.1 第三方产品免责声明.....67
10.2 接收文档更新通知.....67
10.3 支持资源.....67
10.4 商标.....67
10.5 静电放电警告.....67
10.6 术语表.....67
**11 修订历史记录**.....67
**12 机械、封装和可订购信息**.....68


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

# 4 引脚配置和功能

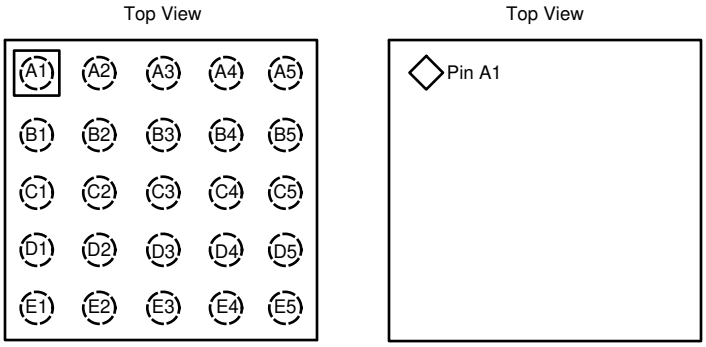



**图 4-1. YCG 封装，25 引脚 DSBGA**

**表 4-1. 引脚功能**

| 引脚 | | 类型 | 说明 |
|---|---|---|---|
| 编号 | 名称 | | |
| A3 | IN | P | 输入电压连接。将该引脚连接到输入电源，并使用 10µF 或更大的陶瓷电容器旁路到 GND |
| B1 | SW | P | 内部 N 沟道 MOSFET 和同步 P 沟道 MOSFET 开关的漏极连接 |
| B2 | | | |
| C1 | OUT | P | 升压型直流/直流转换器输出。在该端子和 GND 之间连接 2 × 10µF 陶瓷电容器 |
| C2 | | | |
| C3 | | | |
| C4 | | | |
| A1 | GND | G | 接地 |
| A2 | | | |
| E1 | D1 | P | 用于闪光灯 LED 的高侧电流源输出 |
| E2 | | | |
| D1 | D2 | P | |
| D2 | | | |
| D4 | D3 | P | |
| D5 | | | |
| E4 | D4 | P | |
| E5 | | | |
| A4 | EN | I | 高电平有效硬件使能。将 EN 引脚驱动为高电平以导通器件。EN 和 GND 之间存在 300kΩ 的内部下拉电阻。 |
| A5 | SDA | I/O | $I^2C$ 串行数据输入/输出 |
| B5 | SCL | I | $I^2C$ 串行数据输入 |
| B3 | STR1 | I | 高电平有效硬件闪光使能。将 STR1 驱动为高电平以打开闪光或 IR 脉冲。STR1 和 GND 之间存在 300kΩ 的内部下拉电阻。 |
| B4 | STR2 | I | 高电平有效硬件闪光使能。将 STR2 驱动为高电平以打开闪光或 IR 脉冲。STR2 和 GND 之间存在 300kΩ 的内部下拉电阻。 |
| C5 | TORCH/TX | I | 高电平有效硬件手电筒使能或功率放大器同步输入。TORCH/TX 和 GND 之间存在 300kΩ 的内部下拉电阻。 |
| E3 | TEMP1 | I/O | 用于 NTC 温度检测和电流缩减的阈值检测器 |
| D3 | TEMP2 | I/O | |

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

# 5 规格

## 5.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）(1) (2)

| | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|
| IN、SW、OUT、LED1、LED2、LED3、LED4 | -0.3 | 6 | V |
| SDA、SCL、TORCH/TX、TEMP1、TEMP2、EN、STR1、STR2 | −0.3 至 ($V_{IN}$ + 0.3)且最大 6V 中的较小者 | | V |
| 连续功耗(3) | 受内部限制 | | |
| 结温，$T_{J-MAX}$ | | 150 | °C |
| 贮存温度，$T_{stg}$ | -65 | 150 | °C |

(1) 应力超出*绝对最大额定值* 下面列出的值时可能会对器件造成永久损坏。这些仅仅是应力额定值，并不表示器件在这些条件下以及在*建议运行条件* 以外的任何其他条件下能够正常运行。长时间处于绝对最大额定条件下可能会影响器件的可靠性。
(2) 所有电压均以 GND 引脚上的电位为基准。
(3) 内部热关断电路保护器件不受永久损坏。在 $T_J$ = 150°C（典型值）时启动热关断。热关断位的回读会复位检测机制。通过设计可确保热关断。

## 5.2 ESD 等级

| | | | 值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|
| $V_{(ESD)}$ | 静电放电 | 人体放电模型 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准(1) | ±1000 | V |
| | | 充电器件模型 (CDM)，符合 JEDEC 规范 JESD22-C101(2) | ±250 | |

(1) JEDEC 文件 JEP155 指出：500V HBM 可实现在标准 ESD 控制流程下安全生产。
(2) JEDEC 文件 JEP157 指出：250V CDM 可实现在标准 ESD 控制流程下安全生产。

## 5.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）(1) (2)

| | | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|
| $V_{IN}$ | 正常运行 | 2.5 | 5.5 | V |
| | 瞬态运行（器件无需复位） | 2.3 | | |
| 结温，$T_J$ | | -40 | 125 | °C |
| 环境温度，$T_A$ (3) | | -40 | 85 | °C |

(1) 超出*最大绝对额定值*下列出的值的应力可能会对器件造成永久损坏。这些仅为应力额定值，对于在应力额定值下或者在任一其他超过建议运行条件 中所标出的额定值的器件的功能运行情况，在此并未说明。长时间处于绝对最大额定条件下可能会影响器件的可靠性。
(2) 所有电压均以 GND 端子电位为基准。
(3) 在功率耗散较高和/或封装热阻较差的应用中，可能需要降低最高额定环境温度。如下列公式所示，最高环境温度 ($T_{A-MAX}$) 取决于应用中的最高工作结温 ($T_{J-MAX-OP}$ = 125°C)、器件封装中允许的最大功率耗散 ($P_{D-MAX}$)，以及器件/封装的结至环境热阻 ($R_{\theta JA}$)：$T_{A-MAX} = T_{J-MAX-OP} – (R_{\theta JA} \times P_{D-MAX})$。

## 5.4 热性能信息

| 热指标(1) | | LM3645 YCG (DSBGA) 25 引脚 | 单位 |
|---|---|---|---|
| $R_{\theta JA}$ | 结至环境热阻 | 71.9 | °C/W |
| $R_{\theta JC(top)}$ | 结至外壳（顶部）热阻 | 0.4 | °C/W |
| $R_{\theta JB}$ | 结至电路板热阻 | 19.6 | °C/W |
| $\Psi_{JT}$ | 结至顶部特征参数 | 0.2 | °C/W |
| $\Psi_{JB}$ | 结至电路板特征参数 | 19.5 | °C/W |

(1) 有关新旧热性能指标的更多信息，请参阅*半导体和 IC 封装热性能指标* 应用报告。


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

## 5.5 电气特性

在 $T_A$ = 25°C 条件下测试的典型限值。最小和最大限值适用于整个工作环境温度范围 (−40°C ≤ $T_A$ ≤+85°C)。除非另有说明，否则 $V_{IN}$ = 3.6V、EN = 1.8V、$V_{IO}$ = 1.8V。(1) (2)

| 参数 | | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **电流源** | | | | | | |
| $I_{LED1/2/3/4}$ | 电流源精度 | $V_{OUT}$ = 4V、闪光代码 = 0xFF = 2A 闪光 | -7% | 2 | 7% | A |
| | | $V_{OUT}$ = 4V、手电筒代码 = 0xFF = 360mA 手电筒 | -10% | 360 | 10% | mA |
| $I_{LEDx-Match}$ | 电流源匹配 (3) | $V_{OUT}$ = 4V、闪光代码 = 0x40 = 500mA 闪光 | | 0.5% | | |
| $V_{HR}$ | LED1、LED2、LED3 和 LED4 电流源调节电压 | $V_{OUT}$ = 4V、1A < $I_{LED1/2/3/4}$ ≤ 2A | | 250 | | mV |
| | | $V_{OUT}$ = 4V、0A ≤ $I_{LED1/2/3/4}$ ≤ 1A | | 150 | | |
| **直流/直流升压转换器** | | | | | | |
| $R_{PMOS}$ | PMOS 开关导通电阻 | | | 35 | | mΩ |
| $R_{NMOS}$ | NMOS 开关导通电阻 | | | 30 | | mΩ |
| $I_{CL}$ | 开关电流限值 | 00 设置 | -12% | 2 | 12% | A |
| | | 01 设置 | -12% | 3 | 12% | |
| | | 10 设置 | -12% | 4 | 12% | |
| | | 11 设置 | -12% | 5 | 12% | |
| $V_{OVP}$ | 过压保护阈值 | 导通阈值 | 5.55 | 5.7 | 5.85 | V |
| | | 关断阈值 | 5.4 | 5.6 | 5.7 | |
| $V_{OUT}$ | 输出电压调节 | VM_VOLTAGE = 00、$I_{OUT}$ = 0A | -5% | 4.0 | 5% | V |
| | | VM_VOLTAGE = 01、$I_{OUT}$ = 0A | -5% | 4.5 | 5% | |
| | | VM_VOLTAGE = 10、$I_{OUT}$ = 0A | -5% | 5 | 5% | |
| | | VM_VOLTAGE = 11、$I_{OUT}$ = 0A | -5% | 5.2 | 5% | |
| UVLO | 欠压锁定阈值 | 下降 $V_{IN}$ | -2% | 2.2 | 2% | V |
| $V_{TRIP}$ | NTCx 比较器跳变阈值 | | -5% | 0.6 | 5% | V |
| $I_{NTC}$ | NTCx 电流 | | -6% | 50 | 6% | µA |
| $V_{IVFM}$ | 输入电压闪光监控器跳变阈值 | | -3% | 2.9 | 3% | V |
| $I_Q$ | 静态电源电流 | 器件不切换导通模式（或 IR 导通模式） | | 0.320 | 1 | mA |
| $I_{SD}$ | 关断电源电流 | 器件禁用、EN = 0V、SW = $V_{IN}$<br>2.5V ≤ $V_{IN}$ ≤ 5.5V | | 0.1 | 4 | µA |
| $I_{SB}$ | 待机电源电流 | 器件禁用、EN = 1.8V、SW = $V_{IN}$<br>2.5V ≤ $V_{IN}$ ≤ 5.5V | | 1.6 | 10 | µA |
| **EN、TORCH/TX、STR1、STR2 电压规格** | | | | | | |
| $V_{IL}$ | 输入逻辑低电平 | 2.3 V ≤ $V_{IN}$ ≤ 5.5 V | 0 | | 0.4 | V |
| $V_{IH}$ | 输入逻辑高电平 | 2.3 V ≤ $V_{IN}$ ≤ 5.5 V | 1.2 | | $V_{IN}$ | V |
| **与 I²C 兼容的接口规范（SCL、SDA）** | | | | | | |
| $V_{IL}$ | 输入逻辑低电平 | 2.3 V ≤ $V_{IN}$ ≤ 5.5 V | 0 | | 0.4 | V |
| $V_{IH}$ | 输入逻辑高电平 | 2.3 V ≤ $V_{IN}$ ≤ 5.5 V | 1.2 | | $V_{IN}$ | V |
| $V_{OL}$ | 输出逻辑低电平 | $I_{LOAD}$ = 3mA | | | 400 | mV |

(1) 最小 (MIN) 和最大 (MAX) 限制根据设计、测试或统计分析确定。典型值 (TYP) 数值未经验证，但确实表示可能达到的标准。除非另有说明，否则典型规格的条件为：$V_{IN}$ = 3.6V 且 $T_A$ = 25°C。
(2) 所有电压均以 GND 引脚上的电位为基准。
(3) 匹配定义为 ($I_{LEDMAX}$ - $I_{LEDAVERAGE}$)/$I_{LEDAVERAGE}$ 或 |($I_{LEDMIN}$-$I_{LEDAVERAGE}$)|/$I_{LEDAVERAGE}$ 中的较大者

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

## 5.6 时序要求

| | | | 最小值 | 标称值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $t_1$ | SCL 时钟周期 | VIO = 1.8V<br>$R_{PULLUPS}$ = 1kΩ<br>100pF 最大负载 | 1 | | | µs |
| $t_2$ | 数据输入到 SCL 高电平的建立时间 | | 50 | | | ns |
| $t_3$ | SCL 低电平后数据输出稳定时间 | | 0 | | | ns |
| $t_4$ | SDA 低电平到 SCL 低电平的建立时间（启动） | | 260 | | | ns |
| $t_5$ | SCL 高电平之后的 SDA 高电平保持时间（停止） | | 260 | | | ns |

## 5.7 开关特性

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

| 参数 | | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $f_{SW-MAX}$ | 最大开关频率 | 2.3 V ≤ $V_{IN}$ ≤ 5.5 V | -6% | 4 | 6% | MHz |

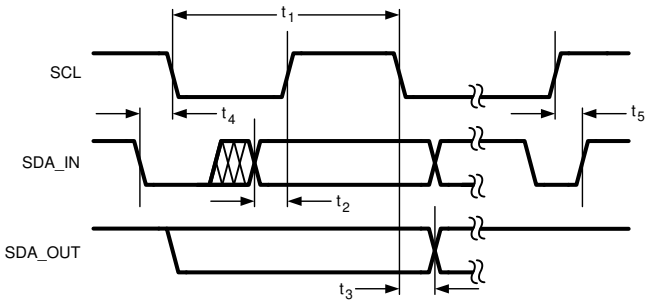
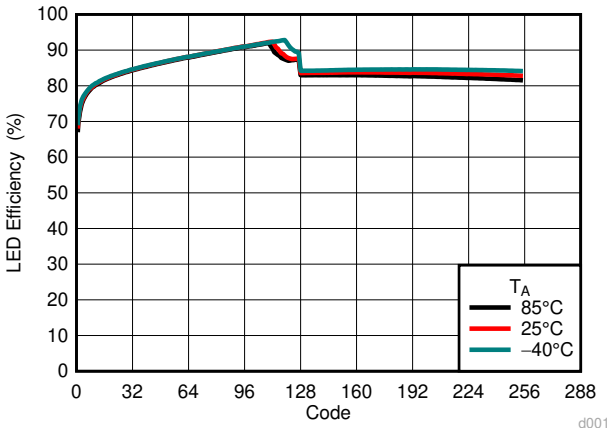



图 5-1. 与 I²C 兼容的接口规范


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

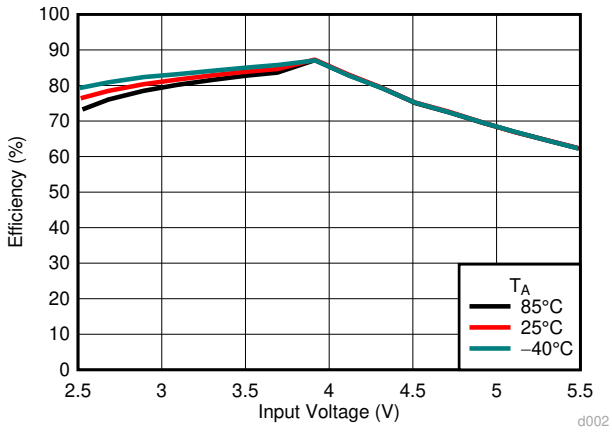
## 5.8 典型特性

$I_{CL}$ = 5A



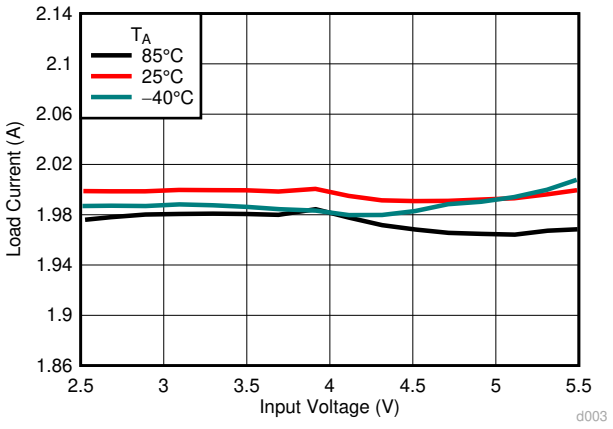

$V_{IN}$ = 3.3V $f_{SW}$ = 4MHz

图 5-2. 闪光效率与代码三温间的关系



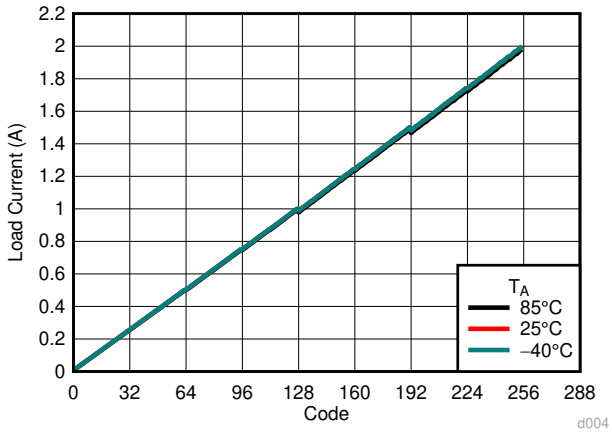

$I_{LOAD}$ = 2A $f_{SW}$ = 4MHz

图 5-3. 闪光效率与线路三温间的关系



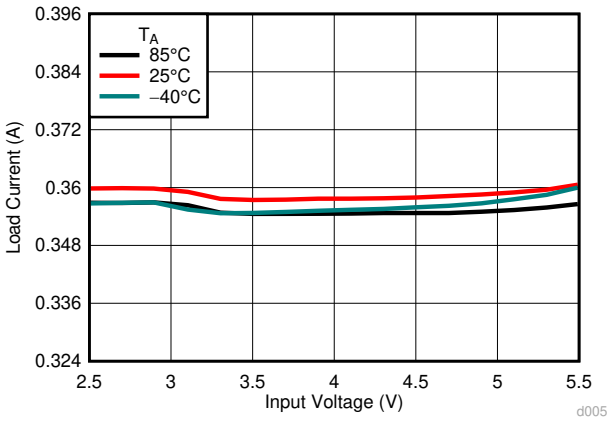

$I_{LOAD}$ = 2A $f_{SW}$ = 4MHz

图 5-4. 闪光电流与输入电压间的关系



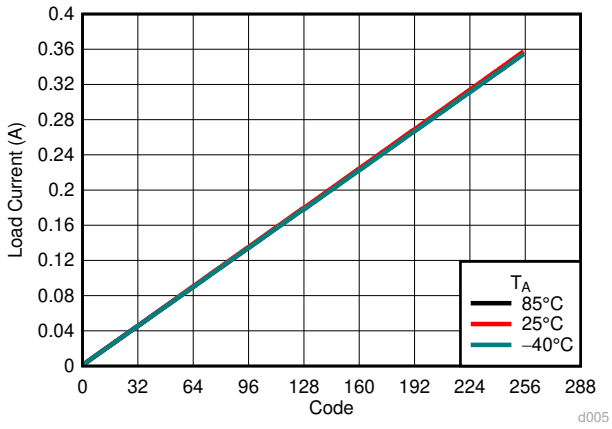

$V_{IN}$ = 3.3V $f_{SW}$ = 4MHz

图 5-5. 闪光电流与代码间的关系




$I_{LOAD}$ = 360mA $f_{SW}$ = 4MHz

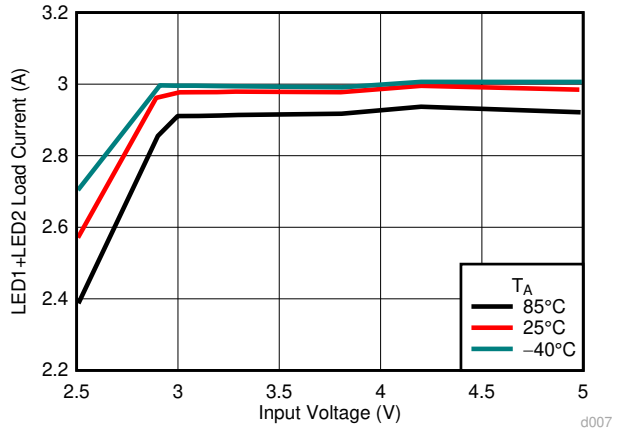
图 5-6. 手电筒电流与输入电压间的关系




$V_{IN}$ = 3.3V $f_{SW}$ = 4MHz

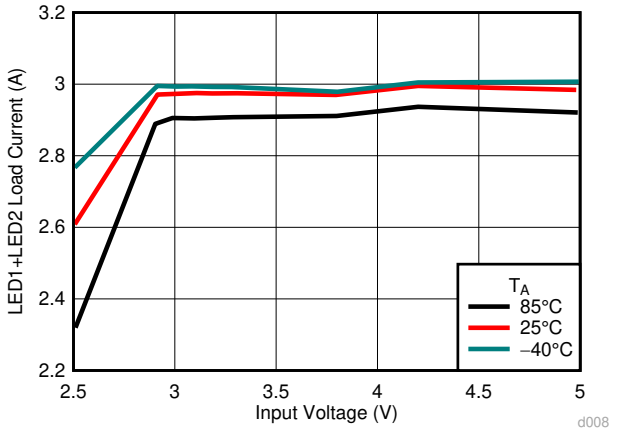
图 5-7. 手电筒电流与代码间的关系

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated



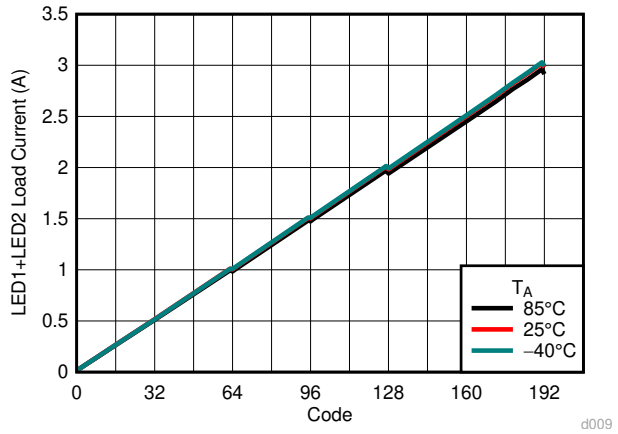

$I_{LOAD}$ = 3A $f_{SW}$ = 2MHz
两个输出连接

**图 5-8. 闪光线路调整**



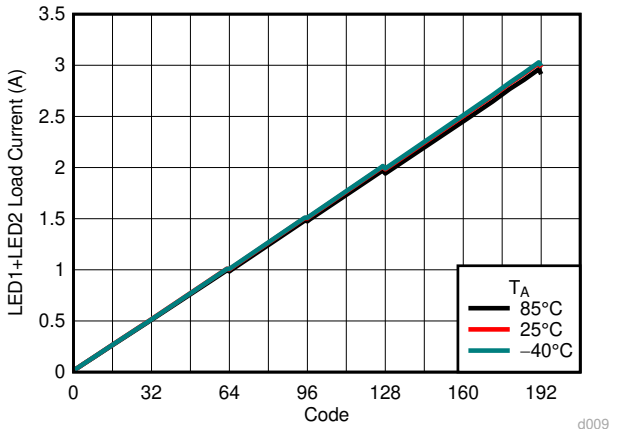

$I_{LOAD}$ = 3A $f_{SW}$ = 4MHz
两个输出连接

**图 5-9. 闪光线路调整**



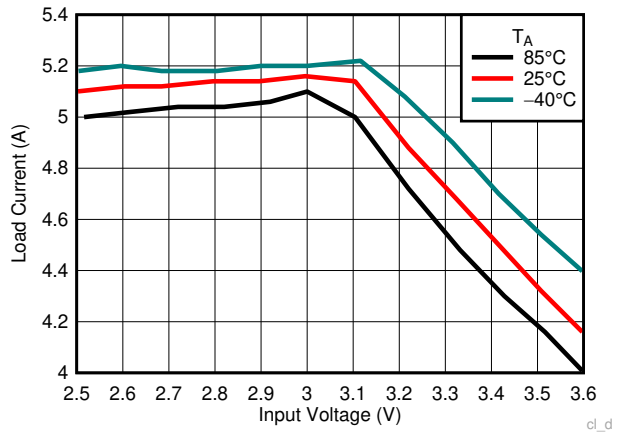

$V_{IN}$ = 3.3V $f_{SW}$ = 2MHz
两个输出连接

**图 5-10. 闪光负载调整**



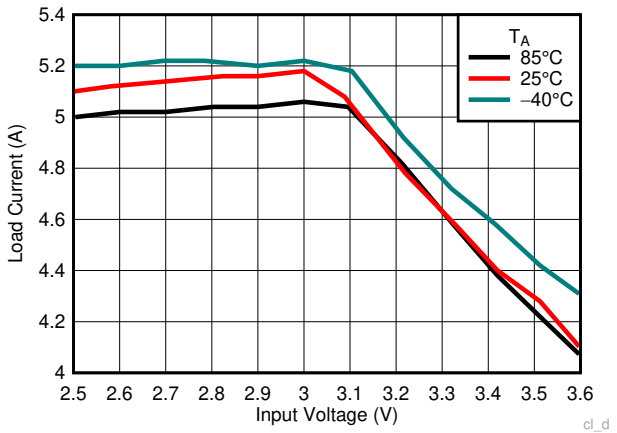

$V_{IN}$ = 3.3V $f_{SW}$ = 4MHz
两个输出连接

**图 5-11. 闪光负载调整**




两个输出连接 $f_{SW}$ = 2MHz

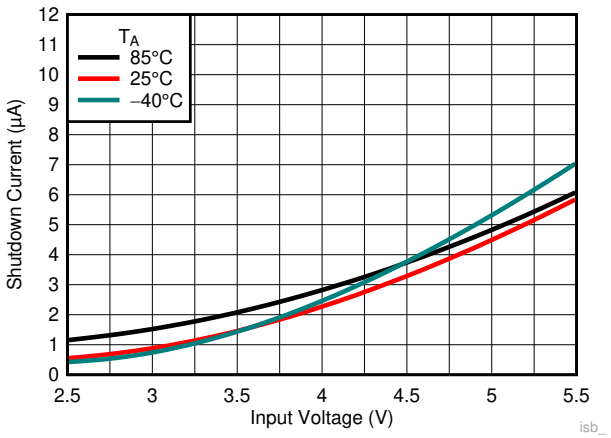
**图 5-12. 电流限值**




两个输出连接 $f_{SW}$ = 4MHz

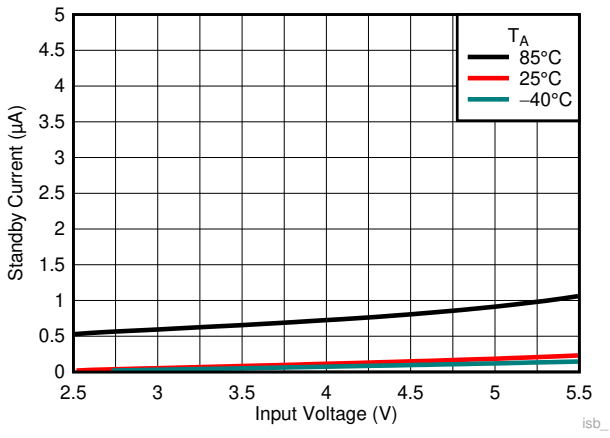
**图 5-13. 电流限值**


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated




$V_{EN}$ = $V_{QC}$ = 0V

**图 5-14. 关断电流**




$V_{EN}$ = $V_{QC}$ = 1.8V

**图 5-15. 待机电流**

# 6 详细说明

## 6.1 概述

LM3645 是一款高功率白光 LED 闪光驱动器，能够在四个并联 LED 中的任何一个中提供高达 2A 的电流。该器件包含 2MHz 或 4MHz 恒定频率同步电流模式 PWM 升压转换器和四路高侧电流源，可在 2.3V 至 5.5V 输入电压范围内调节 LED 电流。

LM3645 PWM 直流/直流升压转换器会切换并提升输出，以便在每个电流源 (LED1/2/3/4) 上保持至少 $V_{HR}$。此最小余量电压可确保电流源保持稳定。如果输入电压高于 LED 电压 + 电流源余量电压，则器件不会开关，而是持续导通 P 沟道 MOSFET（导通模式）。在导通模式下，($V_{IN}$ – $I_{LED}$ × $R_{PMOS}$) 与 LED 两端电压之间的差值在电流源两端下降。

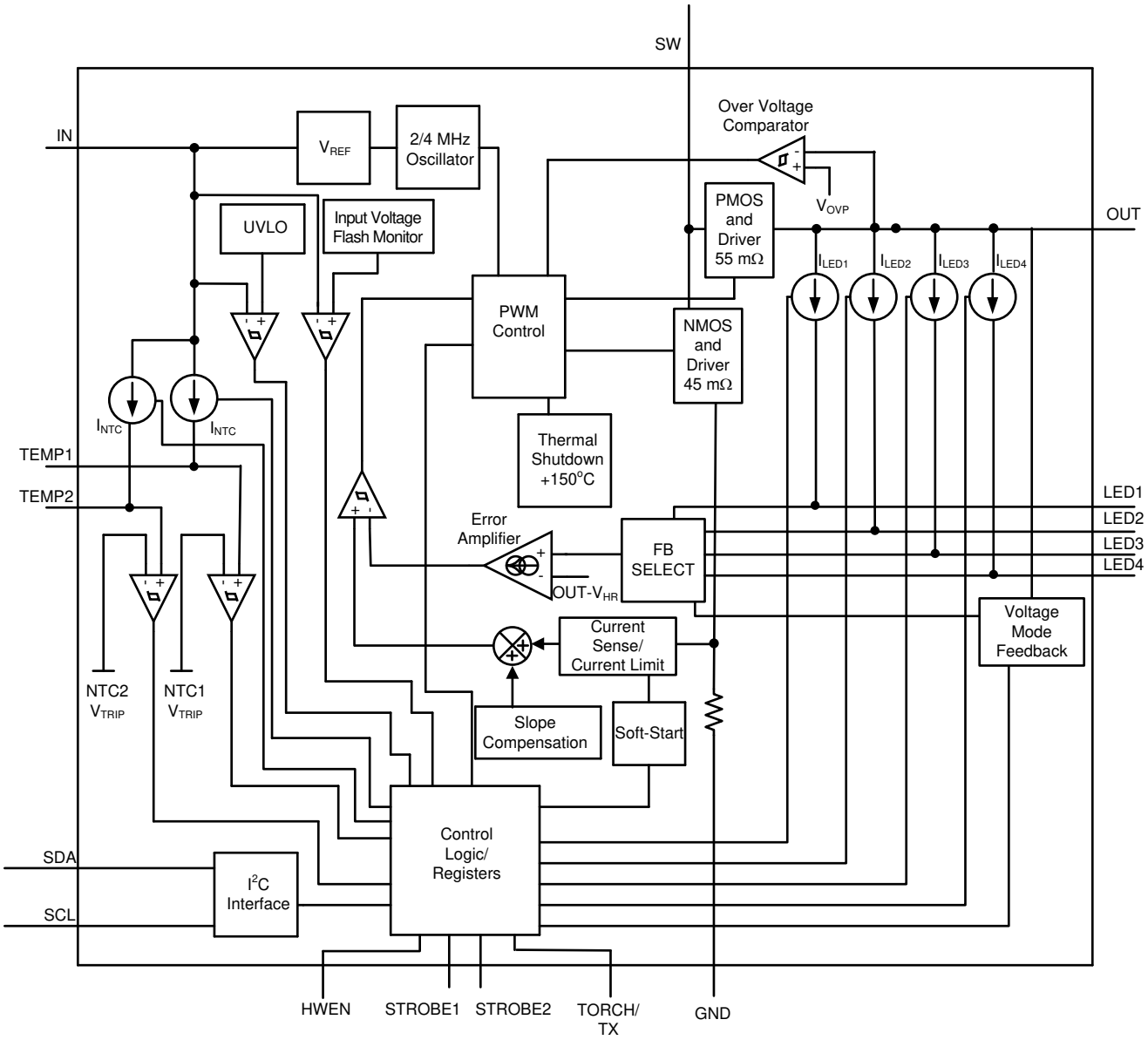
LM3645 具有包括两个硬件闪光使能（STROBE1 和 STROBE2）和一个硬件手电筒使能（与闪光中断输入 (TX) 进行多路复用）的逻辑输入，可在高电池电流条件（TORCH/Tx，Tx = 默认值）期间中断闪光脉冲。这些逻辑输入具有内部 300kΩ（典型值）下拉电阻至 GND。

LM3645 的其他特性包括通过外部 NTC 热敏电阻（TEMP1、TEMP2）进行 LED 热感测的内部比较器，以及可在低 $V_{IN}$ 条件下减少闪光电流的输入电压监测器。该器件还具有硬件使能 (EN) 引脚，可用于通过将 EN 引脚拉至接地来对器件和寄存器的状态进行复位。

通过与 $I^2C$ 兼容的接口控制该器件。这包括调节闪光和手电筒电流电平、更改闪光超时持续时间，以及更改开关电流限值。此外，还有标志位和状态位可指示闪光电流超时、LED 过热情况、LED 故障（开路/短路）、器件热关断、TX 中断和 $V_{IN}$ 欠压情况。


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

## 6.2 功能方框图




## 6.3 特性说明

### *6.3.1 功率放大器同步 (TORCH/TX)*

TORCH/TX 引脚既可作为功率放大器同步输入，也可作为外部手电筒使能。在 Tx 模式下，该功能旨在减少闪光灯 LED 电流，从而在 PA 发送事件等高电池电流条件下限制电池电流。当 LM3645 发生闪光事件且 TX 引脚被拉高时，LED 电流会按照编程的手电筒电流设置强制进入手电筒模式。如果在闪光脉冲终止之前将 TX 引脚拉至低电平，则 LED 电流会恢复到之前的闪光电流电平。在闪光超时结束时，无论 TX 引脚是高电平还是低电平，LED 电流都将关闭。如果在闪光期间发生 Tx 事件，则将在 FLAG_RPT_REG 寄存器（寄存器 0x14 中的位 [5]）中设置标志。

### *6.3.2 输入电压闪光监测器 (IVFM)*

LM3645 能够利用输入电压闪光监测器 (IVFM)，根据 IN 引脚上的电压电平调整闪光电流。可调阈值 IVFM-D（在寄存器 IVFM_THRES 中设置）范围为 2.5V 至 3.25V，阶跃为 50mV，在 IVFM_THRES 寄存器中设置三种不同的使用模式（停止和保持模式、仅向下调整模式、向上/向下调整模式）。当输入电压超过 IVFM-D 值时，电压故障寄存器将设置 IVFM 标志（寄存器 0x15 中的位 [4]）位。此外，IVFM-D 阈值会设置输入电压边界，以强制

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

LM3645 在启动期间停止斜升闪光电流（停止和保持模式）或在闪光期间开始减小 LED 电流（仅限向下调整模式和向上/向下调整模式）。在向上/向下调整模式下，IVFM-D 值加上迟滞电压阈值会设置输入电压边界，从而强制 LM3645 开始将闪光电流斜升至目标。

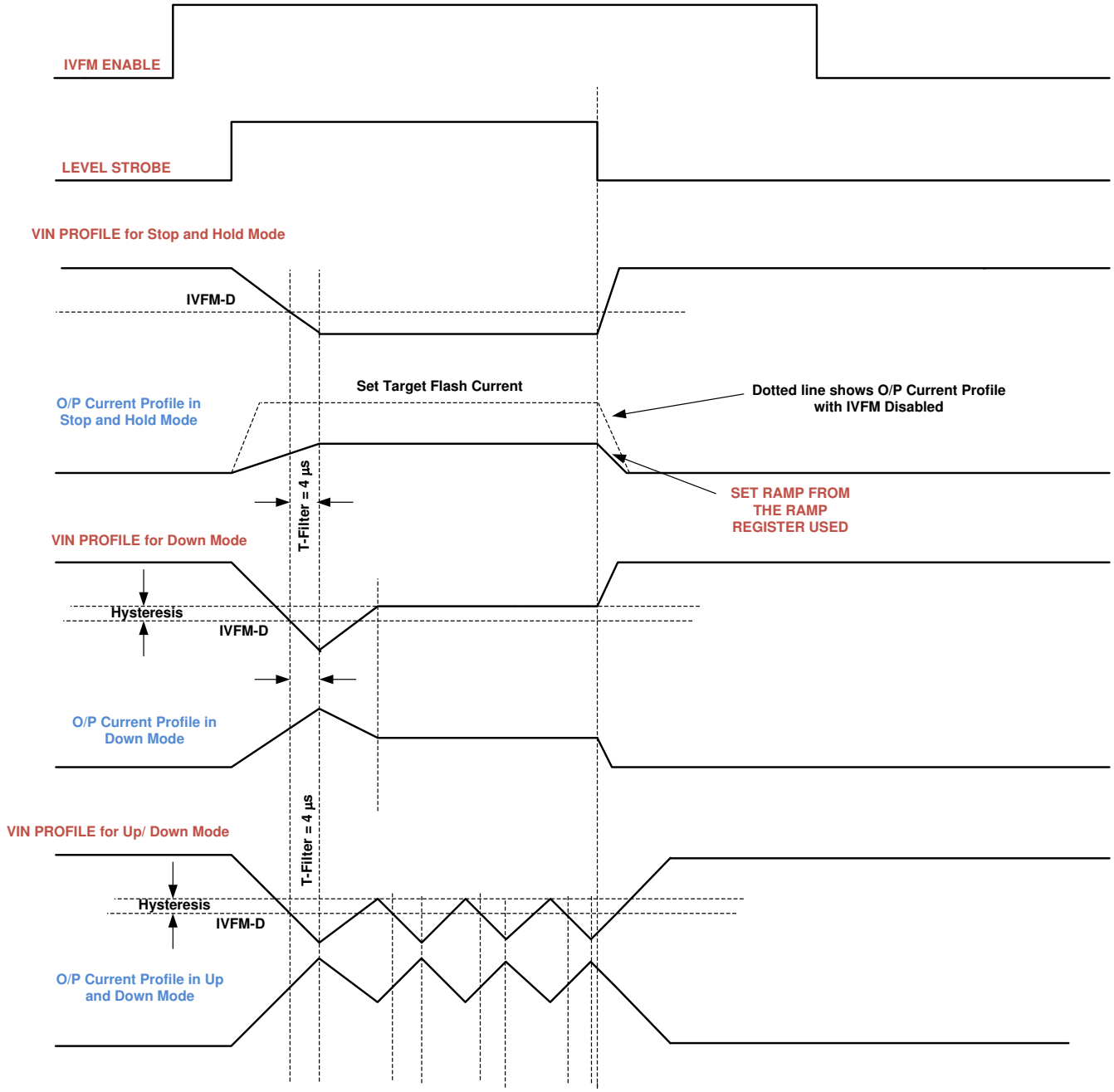



**图 6-1. IVFM 模式**


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

### *6.3.3 故障/保护*

#### 6.3.3.1 故障运行

如果 LM3645 进入故障状态，器件将在 Volt_Fault_Reg 和 Therm_Fault_Reg 寄存器（0x15 和 0x16）中设置相应的标志，并通过清除 CTRL_REG2 (0x01) 中的 Dx_EN 位 ([3:0]) 将器件置于待机状态。LM3645 将保持待机状态，直至完成故障寄存器的 $I^2C$ 读取。清除标志/故障后，可重新启动器件（闪光、手电筒、IR 等）。如果故障仍然存在，LM3645 会重新进入故障状态并再次进入待机状态。当任一故障寄存器中存在故障标志位时，D_MODE 寄存器 (0x02) 将变为只读状态。

**备注**

建议在启用器件前或禁用器件后读取故障寄存器。如果在清除任何故障标志前已发出使能命令，未按照此操作可能会导致在读取故障寄存器时意外启用器件。

#### 6.3.3.2 闪光超时

闪光超时周期可设置将闪光电流拉入电流源 (LED1/2/3/4) 的时间量。LM3645 具有 16 个超时级别（寄存器 0x0A 中的位 [3:0]），范围为 10ms 至 400ms 或 40ms 至 1.6s，具体取决于超时乘法器位（寄存器 0x0A 中的位 [4]）。此外，可选择全部禁用超时，但必须注意确保 LED 保持在高电流状态的时间不会超过其额定值，并务必注意确保 LM3645 不会发生热变暗或热关断故障。此外，不建议在发生闪光事件时更改超时持续时间，因为此操作会强制延长闪光持续时间。

#### 6.3.3.3 过压保护 (OVP)

输出电压限制为典型值 5.7V。在 LED 开路等情况下，LM3645 会升高输出电压，以尝试将 LED 电流保持在其目标值。当 $V_{OUT}$ 达到 5.7V（典型值）时，过压比较器会跳闸并关闭内部 N 沟道 MOSFET。当 $V_{OUT}$ 降至“**$V_{OVP}$ 关闭阈值**”以下时，LM3645 会再次开始切换。当三个 OVP 上升沿存在 OVP 条件时，将清除 Dx_EN 位并置位 OVP 标志（寄存器 0x15 中的位 [6]）。这可以防止瞬时 OVP 事件强制器件关断。

在电压模式下运行时，OVP 保护机制会启用，但故障报告和关断功能不会启用。

#### 6.3.3.4 电流限值

LM3645 具有四个可选的电感器电流限制，可通过与 $I^2C$ 兼容的接口进行编程。当达到电感器电流限值时，LM3645 会终止开关周期的充电阶段。开关在下一个开关周期开始时恢复。如果过流情况持续存在，器件会在电流限制状态下持续运行。

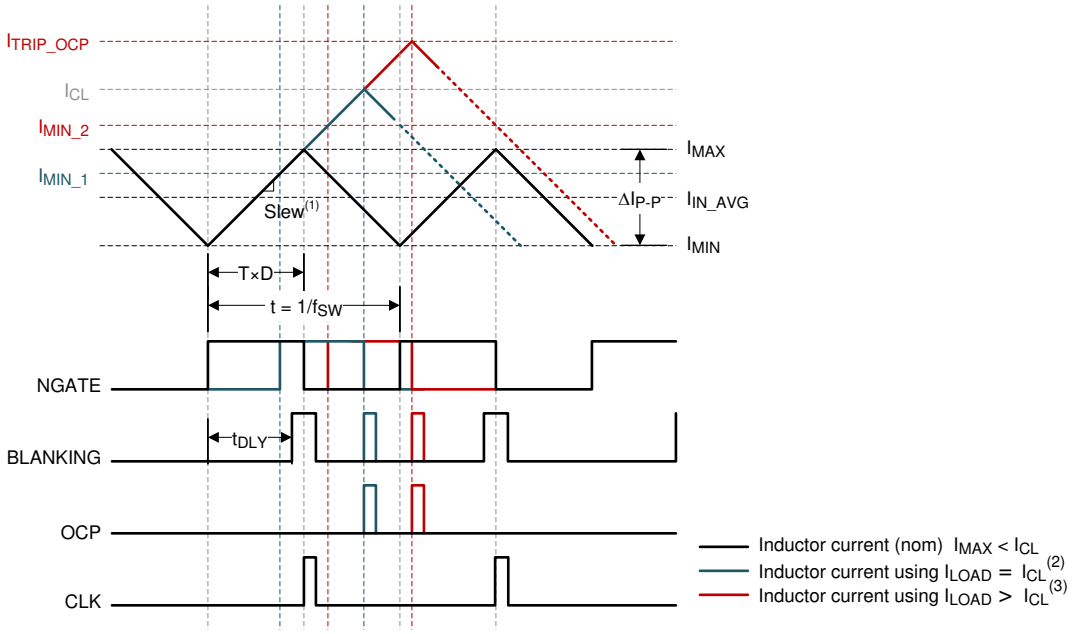
由于在 NMOS 开关中检测到电流限制，因此当器件以直通模式运行时，没有任何机制来限制电流（在导通模式下，电流不会流过 NMOS）。在升压模式或导通模式下，如果 $V_{OUT}$ 降至 2.3V 以下，则器件停止开关，P 沟道 MOSFET 作为电流源运行，将电流限制到 200mA。这样可以防止在输出短路情况下损坏 LM3645 并防止电池消耗过多电流。发生电流限制事件时，不会清除输出使能位，但会设置一个标志（寄存器 0x14 中的位 [4]）。

过流保护 (OCP) 电路在固定消隐时间 $t_{DLY}$ 后将电感器电流与输入电流限制 ($I_{CL}$) 设置进行比较。消隐时间可确保 OCP 信号不会在升压转换器的低侧 NMOS 导通时产生误触发。使用方程式 1 来估算建议的最大总 LED 电流，以确保考虑到延迟时间的正确电流限制电平运行。

$$I_{LOAD} \leq \left( I_{CL} + \frac{V_{IN}}{2 \times L} \times \left( \frac{D}{f_{SW}} - 2 \times t_{DLY} \right) \right) \times (1 - D) \times \eta \quad (1)$$

其中

- D 为占空比
- η 是升压效率
- $I_{CL}$ 是电流限制设置
- L 是电感值
- $f_{SW}$ 是升压开关频率




（请参阅方程式 2）
（请参阅方程式 1）

**图 6-2. 电流限值时序**

$$\text{Slew} = \frac{\Delta I_{P-P}}{D \times T} \tag{2}$$

#### 6.3.3.5 NTC 热敏电阻输入/输出（TEMP1、TEMP2）

TEMP1 和 TEMP2 引脚用作负温度系数 (NTC) 热敏电阻的阈值检测器和偏置源。当 TEMPx 上的电压低于编程的阈值时，LM3645 器件会转换到以下三种模式之一：

- 强制待机模式
- 强制手电筒模式
- 仅报告模式（寄存器 0x0D 中的 位 [5:2]）

该器件能够以 50mV 阶跃将 NTC 阈值电压从 250mV 调节到 1V（寄存器 0x0F 中的位 [7:0]）。此外，NTC1 和 NTC2 电压电平可指示远程感测温度。NTC 偏置电流可在 25μA 到 100μA 之间以 25μA 阶跃调节（寄存器 0x0D 中的位 [7:6]）。NTC1 和 NTC2 检测电路可通过 NTC_MODE 寄存器（寄存器 0x0D 中的位 [1:0]）启用或禁用。如果启用，NTC 模块会在闪光/手电筒/IR 事件启动和停止期间开启和关闭。

此外，NTC 输入会查找 NTC 连接开路和 NTC 连接短路。如果 NTC 输入降至 100mV 以下，则将设置 NTC 短路标志并禁用器件（寄存器 0x16 中的位 [7:6]）。如果 NTC 输入升至 2.0V 以上，则将设置 NTC 开路标志并禁用器件为（寄存器 0x16 中的位 [5:4]）。这些故障检测可通过 NTC 开路故障启用位（寄存器 0x13 中的位 [2]）和 NTC 短路故障启用位（寄存器 0x13 中的位 [0]）单独禁用或启用。


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

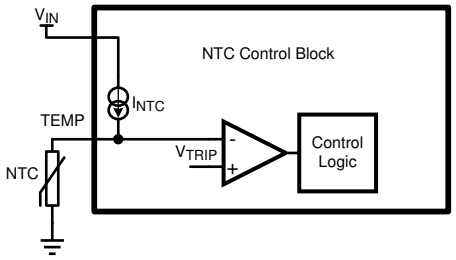



**图 6-3. 温度检测图**

为进一步扩展 NTC 输入的功能，可读回 TEMP1 和 TEMP2 上的电压，以便提供检测点（寄存器 0x10 中的位 [7:0]）温度的实时反馈。当启用 TEMP1 或 TEMP2 引脚时，将启用 4 位 ADC 并持续更新 NTC 电压寄存器。如果启用了任一 NTC 检测模块，则测量 TEMP1 和 TEMP2 上的电压。在这种情况下，为禁用的 TEMP 检测模块读入 NTC 电压寄存器的数据可能为随机值，并且可以忽略。只有启用的 TEMP 模块才会产生准确的读数。

每个 NTC 模块都可以与四个输出之一相关联。**每个 Dx 输出应仅分配给其中一个 NTC 检测模块。**

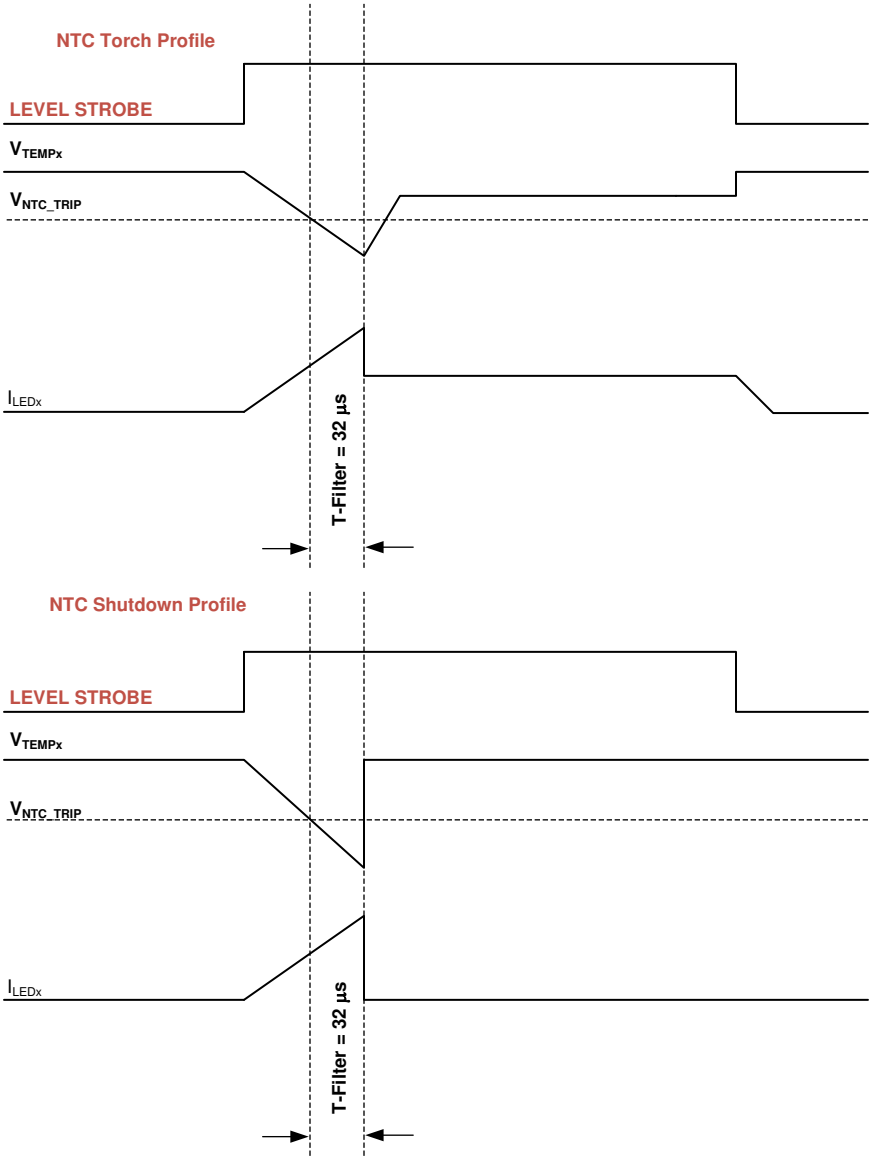



**图 6-4. NTC 检测图**

#### 6.3.3.6 热缩放

如果 LM3645 结温达到 125°C，器件将以两种不同的方式之一调整 LED 电流：完全关闭电流或强制电流达到手电筒电平（寄存器 0x13 中的位 [5:4]）。热缩放也可以启用或禁用（寄存器 0x13 中的位 [3]）。手电筒比例缩减模式仅对闪光模式和 IR 模式有效。如果在手电筒模式下使用手电筒缩放模式，则不会执行任何操作。强制待机模式选项在所有模式下都有效。

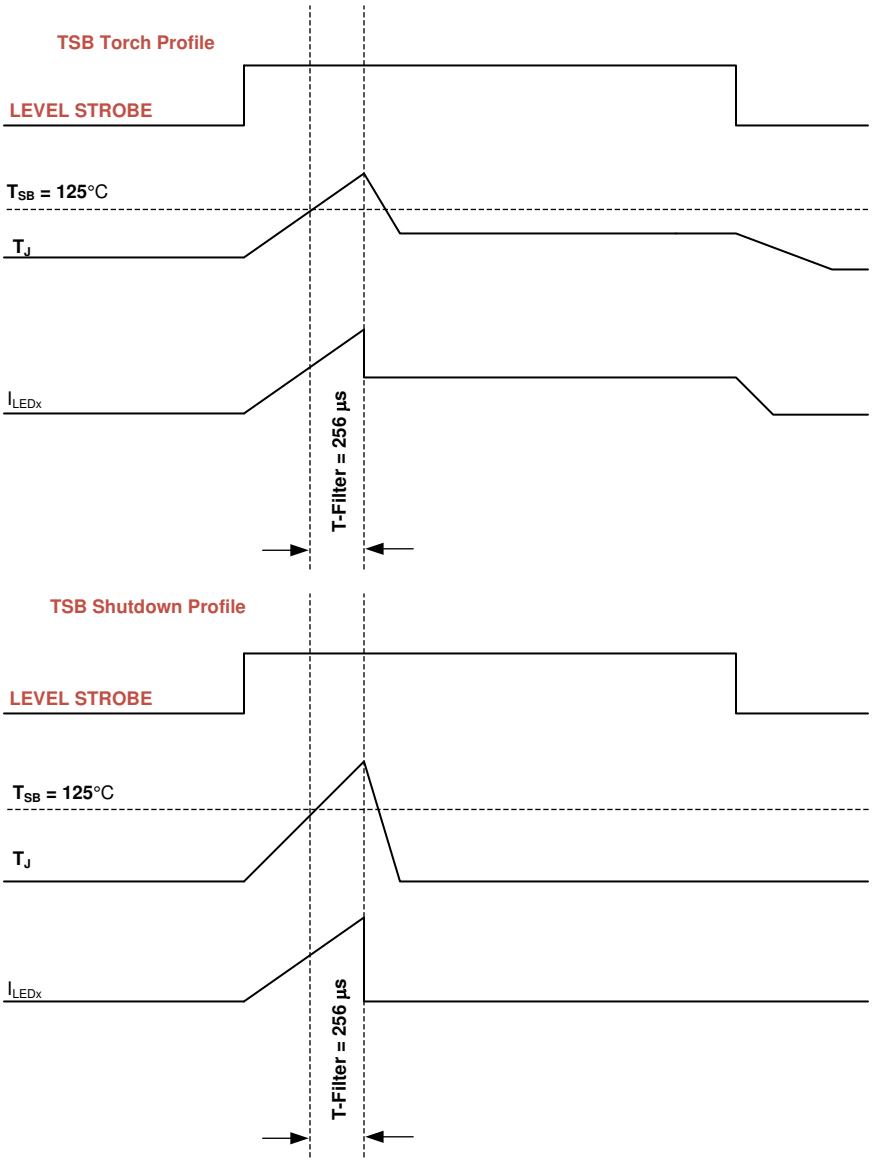



**图 6-5. TSB 调整模式**

#### 6.3.3.7 热关断 (TSD)

当 LM3645 内核温度达到 150°C，热关断检测电路跳闸，强制 LM3645 进入待机状态，并向热故障报告寄存器（寄存器 0x16 位 [0]）的相应位写入“1”。只有在读取热故障报告寄存器 (0x17) 并清除故障标志后，LM3645 才能重新启动。重新启动后，如果内核温度仍高于 150°C，则 LM3645 会重置故障标志并重新进入待机模式。

#### 6.3.3.8 欠压锁定 (UVLO)

LM3645 有一个内部比较器，用于监测 IN 处的电压，并在输入电压降至 2.2V 时强制 LM3645 进入待机状态。如果 UVLO 监控阈值跳变，则设置 VOLT_FAULT 寄存器（寄存器 0x15 中的位 [7]）中的 UVLO 标志位。如果输入


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

电压升至 2.2V 以上，则 LM3645 在对 VOLT_FAULT_REG 寄存器 (0x15) 进行 I²C 读取之前不可用于运行。读取时，Flags1 寄存器将被清除，如果输入电压大于 2.3V，则可以恢复正常运行。

#### 6.3.3.9 LED 和/或 VOUT 短路故障

如果器件在闪光、IR 或手电筒模式下处于活动状态，且任一活动 LED 输出出现短路情况，则 LED 故障标志读回“1”。如果器件在闪光、手电筒或 IR 模式下处于活动状态，且升压输出出现短路情况，则输出短路故障标志（寄存器 0x15 中的位 [3:0]）读回“1”。当器件处于手电筒或闪光模式时，LED1、LED2、LED3 或 LED4 的电压是否低于 500mV（典型值）将确定 LED 短路情况。只有检测到短路的输出会关断。LED 短路标志在有效前具有 256µs 的抗尖峰脉冲时间，VOUT 短路标志（寄存器 0x15 中位 [6]）在有效前具有 2.048ms 的抗尖峰脉冲时间。通过切断输入引脚的电源将 EN 设置为“0”、将 SW 复位位设置为“1”或读回电压故障寄存器 (0x15)，即可将 LED 短路故障复位为“0”。发生 LED 和/或 $V_{OUT}$ 短路故障时，Dx_EN 位将被清除。

#### 6.3.3.10 故障行为表

每个故障都有与输出使能控制（Dx_EN 位）特定的交互行为。一些故障本质上是全局故障，而其他故障特定于某些输出或功能。

**表 6-1. 故障行为表**

| 故障 | Dx_EN 清除？ | VM_EN 清除？ |
|---|---|---|
| FTO1 | D1_EN | 无清除 |
| FTO2 | D2_EN | 无清除 |
| FTO3 | D3_EN | 无清除 |
| FTO4 | D4_EN | 无清除 |
| ICL | 无清除 | 无清除 |
| TX | 无清除 | 无清除 |
| LED1_Short | D1_EN | 无清除 |
| LED2_Short | D2_EN | 无清除 |
| LED3_Short | D3_EN | 无清除 |
| LED4_Short | D4_EN | 无清除 |
| IVFM_TRIP | 无清除 | 无清除 |
| OUT_SHORT | 所有 Dx_EN | 是 |
| OVP | 所有 Dx_EN | 是 |
| UVLO | 所有 Dx_EN | 是 |
| TSD | 所有 Dx_EN | 是 |
| TSB | 所有 Dx_EN 处于关断模式时 | 如果分配到关断模式，则为“是” |
| NTC1_TRIP | NTC1 处于关断模式时分配给 Dx_EN | 无清除 |
| NTC2_TRIP | NTC2 处于关断模式时分配给 Dx_EN | 无清除 |
| NTC1_OPEN | NTC1 分配给 Dx_EN 时清除 | 无清除 |
| NTC2_OPEN | NTC2 分配给 Dx_EN 时清除 | 无清除 |
| NTC1_SHORT | NTC1 分配给 Dx_EN 时清除 | 无清除 |
| NTC2_SHORT | NTC2 分配给 Dx_EN 时清除 | 无清除 |

## 6.4 器件功能模式

### *6.4.1 闪存模式*

在闪光模式下，LED 电流源 (LED1/2/3/4) 提供从 7.325mA 到 2A 的 256 个目标电流电平。一旦闪光序列被激活，电流源 (LED) 会逐步执行所有电流阶跃，直到达到编程的电流，从而斜升至编程设定的闪光电流。可调节四个电流源中的余量，以在四个输出桥臂中的每一个上提供 7.325mA 至 2A 的电流。

当器件通过 DMODE 寄存器（寄存器 0x02）和控制寄存器 2 中的 Dx_EN 位（寄存器 0x01 中的位 [3:0]）启用闪光模式时，所有 Dx_EN 位都会在闪光超时事件后清除。如果是由选通引脚启动闪光事件，则 Dx_EN 位在脉冲结束时不会清除（除非发生故障或超时），从而允许无需进一步的 I2C 交互即可发生多个闪光脉冲。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

### 6.4.2 手电筒模式

在手电筒模式下，LED 电流源 (LED1/2/3/4) 提供从 0.525mA 到 360mA 的 256 个目标电流电平。手电筒电流通过 Dx 手电筒亮度寄存器进行调节。激活手电筒模式由使能寄存器（将 Dx_MODE 位设置为“10”）激活，或者在启用 TORCH/TX 引脚（控制寄存器 2）并将其设置为手电筒模式时将 TORCH/TX 引脚拉高。激活手电筒序列后，活动电流源 (LED1/2/3/4) 会逐步执行所有电流阶跃，直到达到编程的电流，从而斜升至编程的手电筒电流。电流斜坡的速率由 Torch_Ramp 寄存器中选择的值决定。

手电筒模式不受闪光超时或 TX 中断事件的影响。

### 6.4.3 IR 模式

在 IR 模式下，目标 LED 电流等于 LED1/2/3/4 闪光亮度寄存器中存储的值。当在任何输出上启用 IR 模式时，升压转换器会开启并根据电压模式设置的状态将输出设置为与输入相等（直通模式）或选定的电压模式。此时，切换选通引脚会启用和禁用 LED1/2/3/4 电流源（如果是通过 Dx 模式位启用）。选通引脚只能设置为电平敏感模式，这意味着 IR 脉冲的所有时序均由外部控制。如果选通引脚设置为边沿模式，LM3645 器件将在设定的持续时间结束后超时。在 IR 模式下，电流源会根据所选的斜坡时间设置快速斜升或不会将 LED 输出斜升至目标。

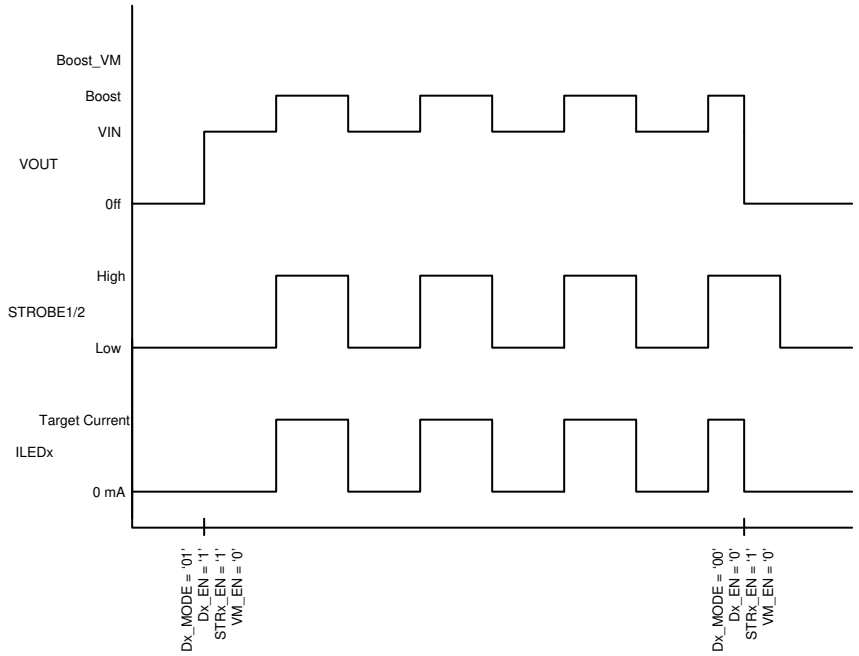



**图 6-6. 带升压的 IR 模式**


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

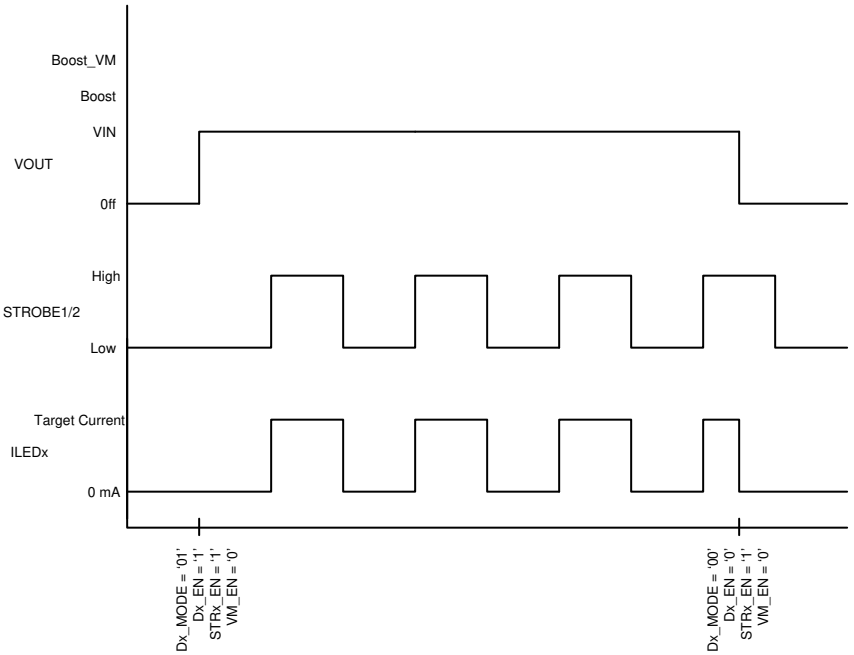



**图 6-7. 仅直通 IR 模式**

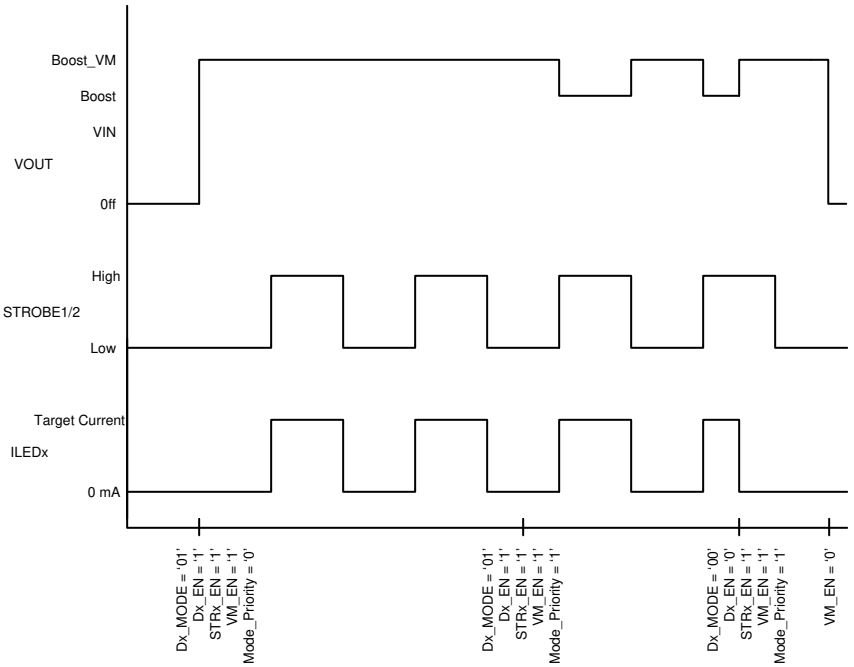



**图 6-8. 启用 IR 模式的电压模式**

### *6.4.4 电压模式*

LM3645 能够将通常用于为四个 LED 输出供电的直流/直流升压转换器转换为通用固定输出电源轨（寄存器 0x00 中的位 [0]），用于其他需要电压转换的系统应用。可生成四个用户可选的调节电压电平：4.0V、4.5V、5.0V 和 5.2V（寄存器 0x00 位 [7:6]）。电压模式可与驱动 LED 结合使用，并根据输出模式优先级位（寄存器 0x00 中的位 [1]）运行。如果该位设置为“0”，则保持电压调节至关重要。在电压模式优先级模式下，必须注意管理片上散热。如果该位设置为“1”，则允许升压电平调节至针对驱动已启用的 LED 进行优化的电平。在 LED 驱动优先级模式下，在 LED 驱动终止时，输出电压恢复到目标电压模式电平。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

在电压模式下，由于峰值开关节点电压，每种模式都存在电流限制。对缓冲器使用 1Ω 电阻器和 4nF 电容时，允许的最大电流如下：

- 4.0V 模式= 3A 峰值电流
- 4.5V 模式= 1.5A 峰值电流
- 5.0V 模式= 750mA 峰值电流
- 5.2V 模式=不推荐使用

### *6.4.5 代码转换*

LM3645 可以在模式之间立即转换，最佳做法是先进入待机模式，然后再从模式转换到模式。实施待机周期可更大限度地减少输入电流和输出电压瞬态，并对所有计时器和状态机进行整体复位。此外，所有外部控制引脚在待机状态期间都应处于“0”，以确保正确的时序和同步。

### *6.4.6 升压运行*

#### 6.4.6.1 启动（启用器件）

根据启用的模式，可以通过控制寄存器 1、控制寄存器 2、D_Mode 寄存器和选通控制寄存器的组合来打开 LM3645 模式。启动时，当 $V_{OUT}$ 小于 $V_{IN}$ 时，内部同步 P 沟道 MOSFET 作为电流源导通，并将 200mA（典型值）提供给输出电容器。在此期间，电流源 (LED) 处于关闭状态。当输出电容器上的电压达到 2.2V（典型值）时，电流源开启。在打开时，除非启用了电压模式且禁用了 LED 输出，否则电流源会逐步调节每个闪光或手电筒电平，直至达到目标 LED 电流。这使得器件能够受控地导通，并限制来自 $V_{IN}$ 电源的浪涌电流。

#### 6.4.6.2 直通模式

LM3645 以直通模式启动，并保持该模式，直至需要启用升压模式来维持稳压。如果 $V_{OUT}$ 和 $V_{LED}$ 之间的电压差降至 $V_{HR}$ 以下，器件将切换到升压模式。在直通模式下，升压转换器不进行开关，且同步 P 沟道 MOSFET 完全导通，使 $V_{OUT}$ 达到 $V_{IN} - I_{LED} \times R_{PMOS}$。在直通模式下，电感器电流不受峰值电流限值的限制。

#### 6.4.6.3 输出电压调节

在 LED 驱动模式下，如果输出电压减去 LED 电压大于目标电流源余量电压，则 LM3645 升压将在导通模式下运行。如果输出无法再在导通模式下运行，直流/直流升压将开启并持续监测所有启用的输出，并确保具有最高正向电压 LED 的输出始终具有正确的余量电压。

在电压驱动模式下，只要输出电压低于输入电压，输出就会始终调节至目标值。如果输入电压高于输出电压，器件将不会进行稳压，并在导通模式下运行。

**表 6-2. 输出电压分配表**

| 电压模式 EN | 输出模式优先级 | 开启 LED 电流 | 启用 IR 模式 | 输出电平 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | X | 0 | 0 | 禁用 |
| 0 | X | 0 | 1 | 预充电模式 ($V_{OUT} = V_{IN}$) |
| 0 | X | 1 | X | $V_{OUT} = V_{LED} + V_{HR}$。已启用的最高 LED 可设置输出电压 |
| 1 | 0 | X | X | 输出设置为电压模式电压位中指定的稳压电压 |
| 1 | 1 | 0 | X | 输出设置为电压模式电压位中指定的稳压电压 |
| 1 | 1 | 1 | X | $V_{OUT} = V_{LED} + V_{HR}$。已启用的最高 LED 可设置输出电压 |


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

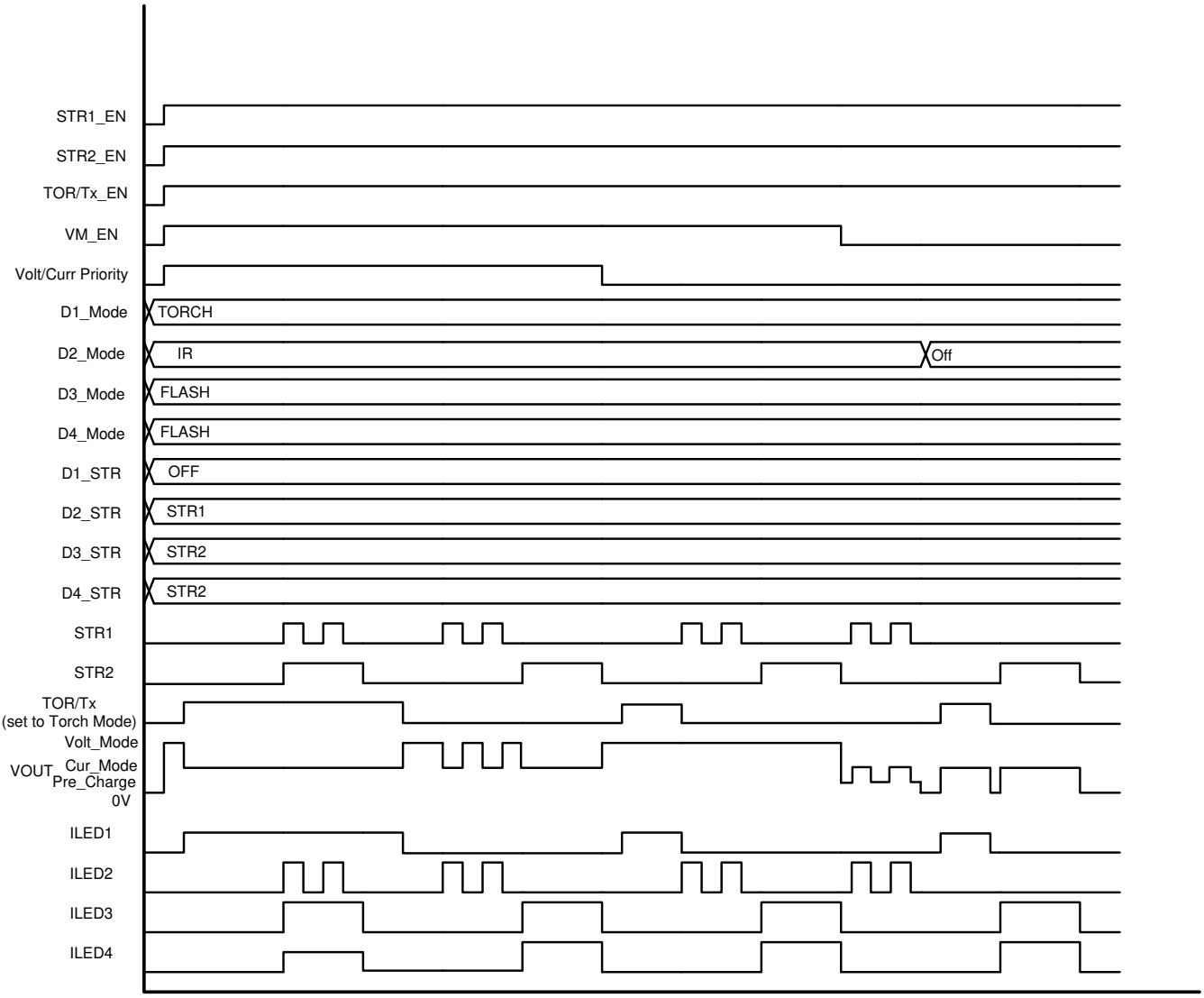



**图 6-9. 输出电压和模式图**

## 6.5 编程和控制

### *6.5.1 Dx_EN 位*

为了使电流在 LED 中流动，必须将配置寄存器 2 中相应的 Dx_EN 位设置为逻辑“1”（寄存器 0x01 中的位 [3:0]）。启用后，Dx 输出将根据引脚设置为（DMODE 寄存器）的模式运行。如果 Dx_EN 位设置为 '0'，则无论输出处于何种模式，输出都将保持关闭状态。在发生超时的 I2C 控制型闪光事件结束时，Dx_EN 位将自动清除。如果在 I2C 控制的闪光期间更改了模式，则 Dx_EN 位不会自动清除。与选通引脚一起使用时，Dx_EN 引脚不会自动复位，除非发生故障事件。

### *6.5.2 STR1 和 STR2 的用法*

有两个外部同步选通引脚，可在闪光或 IR 模式下启用四个 LED 输出。四个输出中的每一个都可以通过选通控制寄存器（寄存器 0x03 中的位 [7:0]）分配给任一选通引脚。分配给选通引脚的每个输出都必须设置为相同的 LED 模式，即全闪光或全 IR。**此外，不应将任何输出分配给两个选通引脚。**如果 D1 分配给 STR1，则不应将其也分配给 STR2。

如果 LM3645 已处于使能状态，则电平或边沿模式下的最短选通持续时间必须为 10µs。此限制适用于闪光模式和 IR 模式运行。如果 LM3645 处于待机状态并且任一选通引脚置为有效，建议选通持续时间不小于 1ms，以确保升压转换器有足够的时间达到适当电平，从而确保可以调节流入 LED 的电流。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

**备注**

建议在启用分配给每个选通引脚的输出之前，将 STR1 和 STR2 引脚保持低电平。

**表 6-3. 选通控制真值表**

| STRx EN | STRx 引脚 | Dx 模式 | 操作 |
|---|---|---|---|
| X | X | 关闭 | 关闭 |
| 0 | X | 红外 | IR 预充电模式，I2C |
| 0 | X | 闪存 | 闪光，I2C |
| 1 | 0 | 红外 | IR 预充电模式，I2C |
| 1 | 1 | 红外 | IR 电流脉冲模式，选通受控 |
| 1 | 0 | 闪存 | 关闭 |
| 1 | 1 | 闪存 | 闪光，选通受控 |

### *6.5.3 TOR/TX 使用情况*

当 TOR/TX 引脚配置为用作硬件控制型手电筒使能（寄存器 0x01 中的位 [7:6]）时，二极管模式寄存器（寄存器 0x02 中的位 [7:0]）中分配给手电筒模式的所有输出都将通过外部引脚启用或禁用。

**备注**

如果配置为手电筒配置，建议在启用分配给手电筒模式的输出之前，TOR/TX 引脚保持低电平。

**表 6-4. 手电筒控制真值表**

| TOR EN | TOR/TX 模式 | TOR 引脚 | DX 模式 | 操作 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | X | 0 | 关闭 | 关闭 |
| 0 | X | X | 手电筒 | 手电筒，I2C 控制 |
| 1 | 0 | X | 手电筒 | 手电筒，I2C 控制 |
| 1 | 1 | 0 | 手电筒 | 关闭 |
| 1 | 1 | 1 | 手电筒 | 外部启用手电筒模式 |


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

### 6.5.4 控制状态图

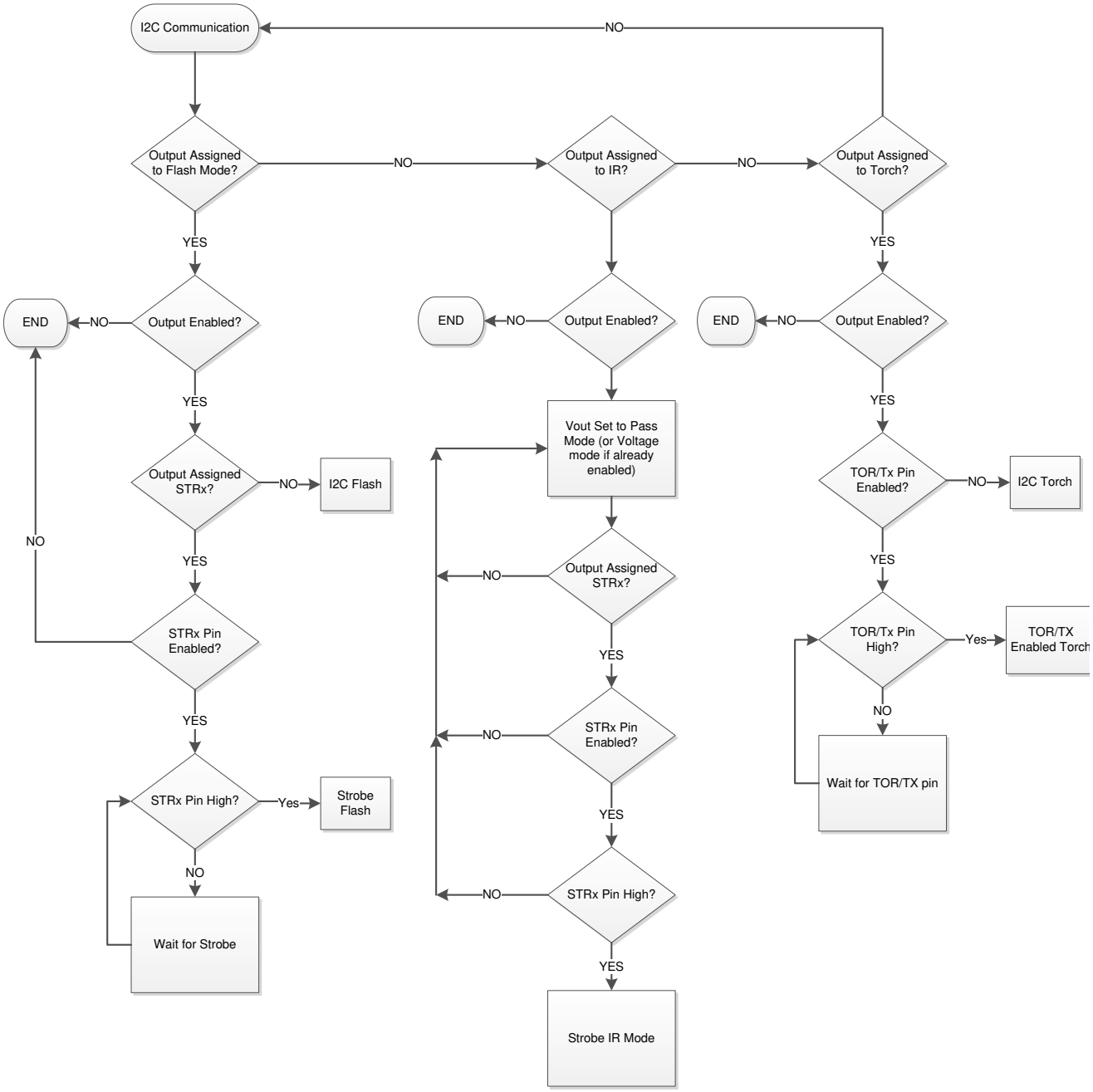



**图 6-10. 模式控制图**

### *6.5.5 与 I²C 兼容的接口*

#### 6.5.5.1 数据有效性

在时钟信号 (SCL) 的高电平期间，SDA 上的数据必须保持稳定。换句话说，只有在 SCL 为低电平时才能改变数据线的状态。

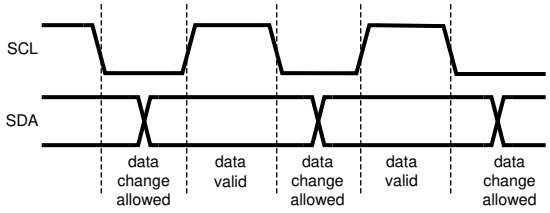



**图 6-11. 数据有效性数据**

控制器 VIO 线路和 SDA 之间的上拉电阻必须大于 [ **(VIO - $V_{OL}$) / 3 mA** ] 才能满足 SDA 上的 $V_{OL}$ 要求。使用更大的上拉电阻器会在较慢的边沿下产生更低的开关电流，而使用更小的上拉电阻器会在较快的边沿上产生更高的开关电流。

#### 6.5.5.2 启动和停止条件

启动和停止条件对 I²C 会话的开始和结束进行分类。启动条件定义为当 SCL 线为高电平时 SDA 信号从高电平到低电平的转换。停止条件定义为当 SCL 为高电平时 SDA 从低电平到高电平的转换。I²C 主器件始终生成启动和停止条件。I²C 总线在启动条件之后被视为处于忙状态，在停止条件之后别视为处于空闲状态。在数据传输期间，I²C 主器件可以生成重复的启动条件。首次启动和重复启动条件在功能上是等效的。

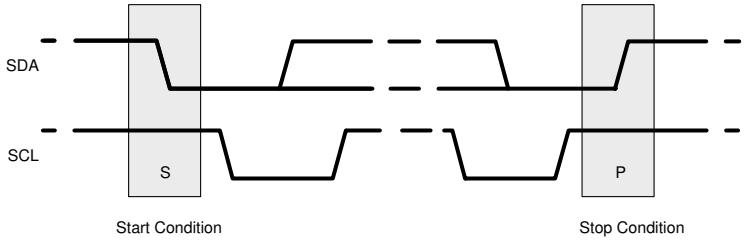



**图 6-12. 启动和停止条件**

#### 6.5.5.3 传送数据

放置在 SDA 线上的每个字节必须具有 8 位的长度，首先传输最高有效位 (MSB)。每个数据字节必须后跟一个确认位。主机生成与应答相关的时钟脉冲。主机会在应答时钟脉冲期间释放 SDA 线（高电平）。LM3645 在第 9 个时钟脉冲期间将 SDA 线拉低，表示确认。LM3645 在收到每个字节后生成确认。从器件读取数据后不会创建应答。

在启动条件之后，I²C 主机会发送一个芯片地址。该地址为 7 位长地址，后跟第 8 位，作为数据方向位 (R/W)。LM3645 的 7 位地址为 0x65。对于第 8 位，“0”表示写入操作，“1”表示读取操作。第 2 个字节选择要向其中写入数据的寄存器。第 3 个字节包含要写入所选寄存器的数据。

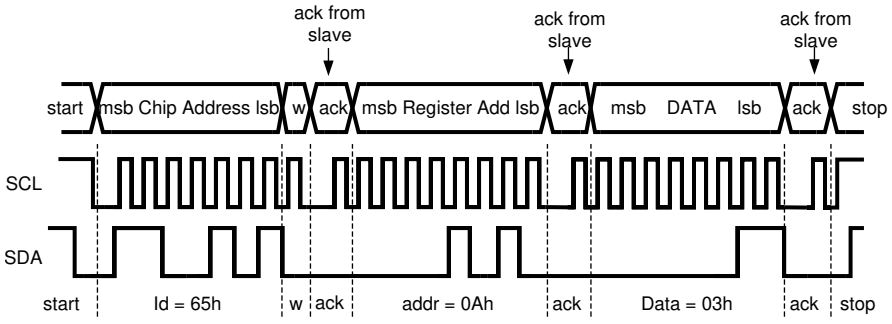



**图 6-13. 写入周期 W =写入 (SDA =“0”) R =读取 (SDA =“1”) Ack = 确认（SDA 由主器件或从器件下拉）ID = 芯片地址，LM3645 为 65h**


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

#### 6.5.5.4 与 I²C 兼容的芯片地址

LM3645 的器件地址为 1100101 (0x65)。在启动条件后，与 I²C 兼容的主器件发送 7 位地址，后跟第 8 个读取或写入位 (R/W)。R/W = 0 表示写入，R/W = 1 表示读取。器件地址后的第 2 个字节选择要向其中写入数据的寄存器地址。第 3 个字节包含所选寄存器的数据。

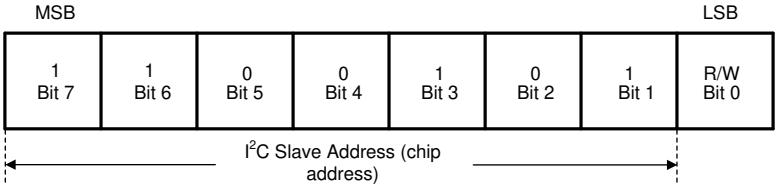



**图 6-14. 与 I²C 兼容的芯片地址**

## 6.6 寄存器说明

### 6.6.1 MainReg 寄存器

表 6-5 列出了 MainReg 寄存器的存储器映射寄存器。表 6-5 中未列出的所有寄存器偏移地址都应视为保留的位置，并且不应修改寄存器内容。

**表 6-5. MAINREG 寄存器**

| 地址 | 首字母缩写词 | 寄存器名称 | 部分 |
|---|---|---|---|
| 0x0 | CTRL_REG1 | 控制寄存器 1 | 转到 |
| 0x1 | CTRL_REG2 | 控制寄存器 2 | 转到 |
| 0x2 | D_MODE_REG | 二极管模式寄存器 | 转到 |
| 0x3 | STR_CTRL_REG | 选通控制寄存器 | 转到 |
| 0x4 | STR_TIME_REG | 选通时序寄存器 | 转到 |
| 0x5 | D1_FLASH_REG | D1 闪光电流寄存器 | 转到 |
| 0x6 | D2_FLASH_REG | D2 闪光电流寄存器 | 转到 |
| 0x7 | D3_FLASH_REG | D3 闪光电流寄存器 | 转到 |
| 0x8 | D4_FLASH_REG | D4 闪光电流寄存器 | 转到 |
| 0x9 | D1_TORCH_REG | D1 手电筒电流寄存器 | 转到 |
| 0xA | D2_TORCH_REG | D2 手电筒电流寄存器 | 转到 |
| 0xB | D3_TORCH_REG | D3 手电筒电流寄存器 | 转到 |
| 0xC | D4_TORCH_REG | D4 手电筒电流寄存器 | 转到 |
| 0xD | NTC_MODE_REG | NTC 控制寄存器 | 转到 |
| 0xE | NTC_ASSIGN_REG | NTC 分配寄存器 | 转到 |
| 0xF | NTC_VOLT_REG | NTC 电压寄存器 | 转到 |
| 0x10 | NTC_READ_REG | NTC 读取寄存器 | 转到 |
| 0x11 | IVFM_SET_REG | 输入电压监测寄存器 | 转到 |
| 0x12 | CUR_RAMP_REG | 电流斜坡寄存器 | 转到 |
| 0x13 | FAULT_CTRL_REG | 故障控制寄存器 | 转到 |
| 0x14 | FLAG_RPT_REG | 标志报告寄存器 | 转到 |
| 0x15 | VOLT_FAULT_REG | 电压故障报告寄存器 | 转到 |
| 0x16 | THERM_FAULT_REG | 热故障报告寄存器 | 转到 |
| 0x17 | LAST_CUR_REG1 | 最后调整的电流寄存器 D1 | 转到 |
| 0x18 | LAST_CUR_REG2 | 最后调整的电流寄存器 D2 | 转到 |
| 0x19 | LAST_CUR_REG3 | 最后调整的电流寄存器 D3 | 转到 |
| 0x1A | LAST_CUR_REG4 | 最后调整的电流寄存器 D4 | 转到 |
| 0x1B | DEV_INFO_REG | 器件信息寄存器 | 转到 |

复杂的位访问类型经过编码可适应小型表单元。表 6-6 展示了适用于此部分中访问类型的代码。

**表 6-6. MainReg 访问类型代码**

| 访问类型 | 代码 | 说明 |
|---|---|---|
| 读取类型 | | |
| R | R | 读取 |
| 写入类型 | | |
| W | W | 写入 |
| 复位或默认值 | | |
| *-n* | | 复位后的值或默认值 |


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

#### 6.6.1.1 CTRL_REG1 寄存器（地址 = 0x0）[复位 = 0x80]

图 6-15 显示了 CTRL_REG1，表 6-7 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

CTRL_REG1 寄存器处理在电压输出模式下运行时的控制，并配置与直流/直流升压转换器相关的参数

**图 6-15. CTRL_REG1 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VM_Voltage | | Freq_Select | Curr_Lim | | Boost_Mode | Mode_Priority | VM_EN |
| R/W-2b10 | | R/W-1b0 | R/W-2b00 | | R/W-1b0 | R/W-1b0 | R/W-1b0 |

**表 6-7. CTRL_REG1 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7-6 | VM_Voltage | R/W | 2b10 | 电压模式值<br>2b00 = 4.0V<br>2b01 = 4.5V。最大输出电流 = 1.5A<br>2b10 = 5.0V。最大输出电流 = 0.75A<br>2b11 = 5.2V。不建议使用 |
| 5 | Freq_Select | R/W | 1b0 | 设置直流/直流开关频率<br>1b0 = 2MHz<br>1b1 = 4MHz |
| 4-3 | Curr_Lim | R/W | 2b00 | 电感器电流限制<br>2b00 = 2A<br>2b01 = 3A<br>2b10 = 4A<br>2b11 = 5A |
| 2 | Boost_Mode | R/W | 1b0 | 升压模式<br>1b0 = 自动<br>1b1 = 强制通过 |
| 1 | Mode_Priority | R/W | 1b0 | 输出模式优先级使能<br>1b0 = 电压模式优先级<br>1b1 = LED 驱动优先级 |
| 0 | VM_EN | R/W | 1b0 | 电压模式使能<br>1b0 = 禁用<br>1b1 = 启用 |

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

#### 6.6.1.2 CTRL_REG2 寄存器（地址 = 0x1）[复位 = 0x0]

图 6-16 显示了 CTRL_REG2，表 6-8 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

CTRL_REG2 配置输入和输出引脚。Dx_EN 位决定是否启用 Dx 电流源，而高四位则启用和禁用 Strobe1、Strobe2 和 Tor/Tx 引脚。当 Dx_EN 位设置为“1”且使能输出分配给选通引脚或 tor/tx 引脚时，LED 将保持关闭状态，直到外部控制引脚设置为“1”。如果 Dx_EN 位设置为“1”且该输出未分配给外部控制引脚，则器件将开始分配给该输出的开启序列。当与外部控制引脚连接时，Dx_EN 引脚将保持设置为“1”（如已启用），直到发生故障或超时。如果未使用外部控制引脚且发生故障或超时，器件将自动清除违规输出的 Dx_EN 位。

**图 6-16. CTRL_REG2 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TOR/TX_Mode | TOR/TX_EN | STR2_EN | STR1_EN | D4_EN | D3_EN | D2_EN | D1_EN |
| R/W-1b0 | R/W-1b0 | R/W-1b0 | R/W-1b0 | R/W-1b0 | R/W-1b0 | R/W-1b0 | R/W-1b0 |

**表 6-8. CTRL_REG2 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7 | TOR/TX_Mode | R/W | 1b0 | 手电筒或 Tx 模式选择<br>1b0 = Tx 模式<br>1b1 = 手电筒模式 |
| 6 | TOR/TX_EN | R/W | 1b0 | Tor/Tx 引脚使能<br>1b0 = 禁用<br>1b1 = 启用 |
| 5 | STR2_EN | R/W | 1b0 | Strobe2 启用<br>1b0 = 禁用<br>1b1 = 启用 |
| 4 | STR1_EN | R/W | 1b0 | Strobe1 引脚使能<br>1b0 = 禁用<br>1b1 = 启用 |
| 3 | D4_EN | R/W | 1b0 | D4 输出使能<br>1b0 = 禁用<br>1b1 = 启用 |
| 2 | D3_EN | R/W | 1b0 | D3 输出使能<br>1b0 = 禁用<br>1b1 = 启用 |
| 1 | D2_EN | R/W | 1b0 | D2 输出引脚使能<br>1b0 = 禁用<br>1b1 = 启用 |
| 0 | D1_EN | R/W | 1b0 | D1 输出引脚使能<br>1b0 = 禁用<br>1b1 = 启用 |


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

#### 6.6.1.3 D_MODE_REG 寄存器（地址 = 0x2）[复位 = 0x0]

图 6-17 显示了 D_MODE_REG，表 6-9 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

D_MODE_REG 设置每个电流源输出的模式性能。直流/直流升压将根据活动模式和已启用的 LED 进行调整。需要最高输出电压的模式将优先处理。

**图 6-17. D_MODE_REG 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D4_MODE | | D3_MODE | | D2_MODE | | D1_MODE | |
| R/W-2b00 | | R/W-2b00 | | R/W-2b00 | | R/W-2b00 | |

**表 6-9. D_MODE_REG 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7-6 | D4_MODE | R/W | 2b00 | 2b00 = 关闭<br>2b01 = IR<br>2b10 = 手电筒<br>2b11 = 闪光 |
| 5-4 | D3_MODE | R/W | 2b00 | 2b00 = 关闭<br>2b01 = IR<br>2b10 = 手电筒<br>2b11 = 闪光 |
| 3-2 | D2_MODE | R/W | 2b00 | 2b00 = 关闭<br>2b01 = IR<br>2b10 = 手电筒<br>2b11 = 闪光 |
| 1-0 | D1_MODE | R/W | 2b00 | 2b00 = 关闭<br>2b01 = IR<br>2b10 = 手电筒<br>2b11 = 闪光 |

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

#### 6.6.1.4 STR_CTRL_REG 寄存器（地址 = 0x3）[复位 = 0x0]

图 6-18 显示了 STR_CTRL_REG，表 6-10 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

STR_CTRL_REG 分配当两个选通引脚中的任何一个引脚变为活动状态时，哪些电流源会启用。每个 Dx 输出应一次只能分配给一个选通引脚。

**图 6-18. STR_CTRL_REG 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D4_STR2 | D3_STR2 | D2_STR2 | D1_STR2 | D4_STR1 | D3_STR1 | D2_STR1 | D1_STR1 |
| R/W-1b0 | R/W-1b0 | R/W-1b0 | R/W-1b0 | R/W-1b0 | R/W-1b0 | R/W-1b0 | R/W-1b0 |

**表 6-10. STR_CTRL_REG 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7 | D4_STR2 | R/W | 1b0 | 由 STR2 控制的 D4<br>1b0 = 禁用<br>1b1 = 启用 |
| 6 | D3_STR2 | R/W | 1b0 | 由 STR2 控制的 D3<br>1b0 = 禁用<br>1b1 = 启用 |
| 5 | D2_STR2 | R/W | 1b0 | 由 STR2 控制的 D2<br>1b0 = 禁用<br>1b1 = 启用 |
| 4 | D1_STR2 | R/W | 1b0 | 由 STR2 控制的 D1<br>1b0 = 禁用<br>1b1 = 启用 |
| 3 | D4_STR1 | R/W | 1b0 | 由 STR1 控制的 D4<br>1b0 = 禁用<br>1b1 = 启用 |
| 2 | D3_STR1 | R/W | 1b0 | 由 STR1 控制的 D3<br>1b0 = 禁用<br>1b1 = 启用 |
| 1 | D2_STR1 | R/W | 1b0 | 由 STR1 控制的 D2<br>1b0 = 禁用<br>1b1 = 启用 |
| 0 | D1_STR1 | R/W | 1b0 | 由 STR1 控制的 D1<br>1b0 = 禁用<br>1b1 = 启用 |


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

#### 6.6.1.5 STR_TIME_REG 寄存器（地址 = 0x4）[复位 = 0xA]

图 6-19 显示了 STR_TIME_REG，表 6-11 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

STR_TIME_REG 设置闪光超时持续时间以及选通类型

**图 6-19. STR_TIME_REG 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| STR2_LE | STR1_LE | TO_DISABLE | FTO_MULT | FTO_DUR | | | |
| R/W-1b0 | R/W-1b0 | R/W-1b0 | R/W-1b0 | R/W-4b1010 | | | |

**表 6-11. STR_TIME_REG 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7 | STR2_LE | R/W | 1b0 | STR2 电平或边沿触发器<br>1b0 = 电平<br>1b1 = 边沿 |
| 6 | STR1_LE | R/W | 1b0 | STR1 电平或边沿触发器<br>1b0 = 电平<br>1b1 = 边沿 |
| 5 | TO_DISABLE | R/W | 1b0 | 禁用超时<br>1b0 = 启用超时<br>1b1 = 禁用超时 |
| 4 | FTO_MULT | R/W | 1b0 | 4x 超时倍频器<br>1b0 = 1x 增益<br>1b1 = 4x 增益 |

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 6-11. STR_TIME_REG 寄存器字段说明（续）

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 3-0 | FTO_DUR | R/W | 4b1010 | 闪光超时持续时间<br>4b0000 = 10ms<br>4b0001 = 20ms<br>4b0010 = 30ms<br>4b0011 = 40ms<br>4b0100 = 50ms<br>4b0101 = 60ms<br>4b0110 = 70ms<br>4b0111 = 80ms<br>4b1000 = 90ms<br>4b1001 = 100ms<br>4b1010 = 150ms（默认值）<br>4b1011 = 200ms<br>4b1100 = 250ms<br>4b1101 = 300ms<br>4b1110 = 350ms<br>4b1111 = 400ms |


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

#### 6.6.1.6 D1_FLASH_REG 寄存器（地址 = 0x5）[复位 = 0x0]

图 6-20 显示了 D1_FLASH_REG，表 6-12 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

D1_FLASH_REG 设置所需的闪光和 IR 电流电平

**图 6-20. D1_FLASH_REG 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1_FLASH | | | | | | | |
| R/W-8b00000000 | | | | | | | |

**表 6-12. D1_FLASH_REG 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7-0 | D1_FLASH | R/W | 8b00000000 | ILED = [7.8(mA) x Code(decimal)] + 7.325mA |

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

### 6.6.1.7 D2_FLASH_REG 寄存器（地址 = 0x6）[复位 = 0x0]

图 6-21 显示了 D2_FLASH_REG，表 6-13 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

D2_FLASH_REG 设置所需的闪光和 IR 电流电平

**图 6-21. D2_FLASH_REG 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D2_FLASH | | | | | | | |
| R/W-8b00000000 | | | | | | | |

**表 6-13. D2_FLASH_REG 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7-0 | D2_FLASH | R/W | 8b00000000 | ILED = [7.8(mA) x Code(decimal)] + 7.325mA |


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

#### 6.6.1.8 D3_FLASH_REG 寄存器（地址 = 0x7）[复位 = 0x0]

图 6-22 显示了 D3_FLASH_REG，表 6-14 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

D3_FLASH_REG 设置所需的闪光和 IR 电流电平

**图 6-22. D3_FLASH_REG 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D3_FLASH | | | | | | | |
| R/W-8b00000000 | | | | | | | |

**表 6-14. D3_FLASH_REG 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7-0 | D3_FLASH | R/W | 8b00000000 | ILED = [7.8(mA) x Code(decimal)] + 7.325mA |

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

### 6.6.1.9 D4_FLASH_REG 寄存器（地址 = 0x8）[复位 = 0x0]

图 6-23 显示了 D4_FLASH_REG，表 6-15 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

D4_FLASH_REG 设置所需的闪光和 IR 电流电平

**图 6-23. D4_FLASH_REG 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D4_FLASH | | | | | | | |
| R/W-8b00000000 | | | | | | | |

**表 6-15. D4_FLASH_REG 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7-0 | D4_FLASH | R/W | 8b00000000 | ILED = [7.8(mA) x Code(decimal)] + 7.325mA |


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

#### 6.6.1.10 D1_TORCH_REG 寄存器（地址 = 0x9）[复位 = 0x0]

图 6-24 显示了 D1_TORCH_REG，表 6-16 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

D1_TORCH_REG 设置所需的 D1 手电筒电流电平

**图 6-24. D1_TORCH_REG 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1_Torch | | | | | | | |
| R/W-8b00000000 | | | | | | | |

**表 6-16. D1_TORCH_REG 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7-0 | D1_Torch | R/W | 8b00000000 | ILED = [1.41(mA) x Code(decimal)] + 0.525mA |

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

#### 6.6.1.11 D2_TORCH_REG 寄存器（地址 = 0xA）[复位 = 0x0]

图 6-25 显示了 D2_TORCH_REG，表 6-17 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

D2_TORCH_REG 设置所需的 D2 手电筒电流电平

**图 6-25. D2_TORCH_REG 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D2_Torch | | | | | | | |
| R/W-8b00000000 | | | | | | | |

**表 6-17. D2_TORCH_REG 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7-0 | D2_Torch | R/W | 8b00000000 | ILED = [1.41(mA) x Code(decimal)] + 0.525mA |


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

#### 6.6.1.12 D3_TORCH_REG 寄存器（地址 = 0xB）[复位 = 0x0]

图 6-26 显示了 D3_TORCH_REG，表 6-18 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

D3_TORCH_REG 设置所需的 D3 手电筒电流电平

**图 6-26. D3_TORCH_REG 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D3_Torch | | | | | | | |
| R/W-8b00000000 | | | | | | | |

**表 6-18. D3_TORCH_REG 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7-0 | D3_Torch | R/W | 8b00000000 | ILED = [1.41(mA) x Code(decimal)] + 0.525mA |

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

### 6.6.1.13 D4_TORCH_REG 寄存器（地址 = 0xC）[复位 = 0x0]

图 6-27 显示了 D4_TORCH_REG，表 6-19 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

D4_TORCH_REG 设置所需的 D4 手电筒电流电平

**图 6-27. D4_TORCH_REG 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D4_Torch | | | | | | | |
| R/W-8b00000000 | | | | | | | |

**表 6-19. D4_TORCH_REG 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7-0 | D4_Torch | R/W | 8b00000000 | ILED = [1.41(mA) x Code(decimal)] + 0.525mA |


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

#### 6.6.1.14 NTC_MODE_REG 寄存器（地址 = 0xD）[复位 = 0x40]

图 6-28 显示了 NTC_MODE_REG，表 6-20 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

NTC_MODE_REG 启用和禁用两个 NTC 模块，并设置驱动电流和电流降低模式

**图 6-28. NTC_MODE_REG 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NTC_Current | | NTC2_MODE | | NTC1_MODE | | NTC2_EN | NTC1_EN |
| R/W-2b01 | | R/W-2b00 | | R/W-2b00 | | R/W-1b0 | R/W-1b0 |

**表 6-20. NTC_MODE_REG 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7-6 | NTC_Current | R/W | 2b01 | 2b00 = 25μA<br>2b01 = 50μA<br>2b10 = 75μA<br>2b11 = 100μA |
| 5-4 | NTC2_MODE | R/W | 2b00 | 2b00 = 强制关断<br>2b01 = 强制手电筒<br>2b10 = 仅报告<br>2b11 = 仅报告 |
| 3-2 | NTC1_MODE | R/W | 2b00 | 2b00 = 强制关断<br>2b01 = 强制手电筒<br>2b10 = 仅报告<br>2b11 = 仅报告 |
| 1 | NTC2_EN | R/W | 1b0 | 1b0 = 禁用 NTC2<br>1b1 = 启用 NTC2 |
| 0 | NTC1_EN | R/W | 1b0 | 1b0 = 禁用 NTC1<br>1b1 = 启用 NTC1 |

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

#### 6.6.1.15 NTC_ASSIGN_REG 寄存器（地址 = 0xE）[复位 = 0x0]

图 6-29 显示了 NTC_ASSIGN_REG，表 6-21 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

NTC_ASSIGN_REG 确定每个 Dx 输出引脚如何响应 NTC1 或 NTC2 事件。不应将任何输出分配同时给 NTC 检测模块。

**图 6-29. NTC_ASSIGN_REG 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NTC2_D4 | NTC2_D3 | NTC2_D2 | NTC2_D1 | NTC1_D4 | NTC1_D3 | NTC1_D2 | NTC1_D1 |
| R/W-1b0 | R/W-1b0 | R/W-1b0 | R/W-1b0 | R/W-1b0 | R/W-1b0 | R/W-1b0 | R/W-1b0 |

**表 6-21. NTC_ASSIGN_REG 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7 | NTC2_D4 | R/W | 1b0 | 1b0 = D4 忽略<br>1b1 = D4 分配 |
| 6 | NTC2_D3 | R/W | 1b0 | 1b0 = D3 忽略<br>1b1 = D3 分配 |
| 5 | NTC2_D2 | R/W | 1b0 | 1b0 = D2 忽略<br>1b1 = D2 分配 |
| 4 | NTC2_D1 | R/W | 1b0 | 1b0 = D1 忽略<br>1b1 = D1 分配 |
| 3 | NTC1_D4 | R/W | 1b0 | 1b0 = D4 忽略<br>1b1 = D4 分配 |
| 2 | NTC1_D3 | R/W | 1b0 | 1b0 = D3 忽略<br>1b1 = D3 分配 |
| 1 | NTC1_D2 | R/W | 1b0 | 1b0 = D2 忽略<br>1b1 = D2 分配 |
| 0 | NTC1_D1 | R/W | 1b0 | 1b0 = D1 忽略<br>1b1 = D1 分配 |


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

#### 6.6.1.16 NTC_VOLT_REG 寄存器（地址 = 0xF）[复位 = 0x0]

图 6-30 显示了 NTC_VOLT_REG，表 6-22 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

NTC_VOLT_REG 设置 NTC 跳变电压

**图 6-30. NTC_VOLT_REG 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NTC2_Set | | | | NTC1_Set | | | |
| R/W-4b0000 | | | | R/W-4b0000 | | | |

**表 6-22. NTC_VOLT_REG 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7-4 | NTC2_Set | R/W | 4b0000 | NTC2 跳变电压。'0000' = 250mV，'1111' = 1V，50mV 阶跃 |
| 3-0 | NTC1_Set | R/W | 4b0000 | NTC1 跳变电压。'0000' = 250mV，'1111' = 1V，50mV 阶跃 |

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

### 6.6.1.17 NTC_READ_REG 寄存器（地址 = 0x10）[复位 = 0x0]

图 6-31 显示了 NTC_READ_REG，表 6-23 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

NTC_READ_REG 的 I2C 读取会获取 NTC1 和 NTC2 引脚上的电压，以进行温度读回

**图 6-31. NTC_READ_REG 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NTC2_READ | | | | NTC1_READ | | | |
| R-4b0000 | | | | R-4b0000 | | | |

**表 6-23. NTC_READ_REG 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7-4 | NTC2_READ | R | 4b0000 | NTC2 跳变电压。'0000' = 250mV，'1111' = 1V，50mV 阶跃 |
| 3-0 | NTC1_READ | R | 4b0000 | NTC1 跳变电压。'0000' = 250mV，'1111' = 1V，50mV 阶跃 |


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

### 6.6.1.18 IVFM_SET_REG 寄存器（地址 = 0x11）[复位 = 0x80]

图 6-32 显示了 IVFM_SET_REG，表 6-24 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

IVFM_SET_REG 可配置输入电压监测器跳闸点、模式、迟滞和 UVLO 功能。如果启用了 IVFM，则不应使用 Flash_Ramp 的斜坡禁用选项。

**图 6-32. IVFM_SET_REG 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| UVLO_EN | IVFM_HYST | IVFM_THRES | | | | IVFM_MODE | |
| R/W-1b1 | R/W-1b0 | R/W-4b0000 | | | | R/W-2b00 | |

**表 6-24. IVFM_SET_REG 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7 | UVLO_EN | R/W | 1b1 | 1b0 = 禁用 UVLO<br>1b1 = 启用 UVLO |
| 6 | IVFM_HYST | R/W | 1b0 | 1b0 = 0mV<br>1b1 = 50mV |
| 5-2 | IVFM_THRES | R/W | 4b0000 | 4b0000 = 2.5V<br>4b0001 = 2.55V<br>4b0010 = 2.6V<br>4b0011 = 2.65V<br>4b0100 = 2.7V<br>4b0101 = 2.75V<br>4b0110 = 2.8V<br>4b0111 = 2.85V<br>4b1000 = 2.9V<br>4b1001 = 2.95V<br>4b1010 = 3.0V<br>4b1011 = 3.05V<br>4b1100 = 3.1V<br>4b1101 = 3.15V<br>4b1110 = 3.2V<br>4b1111 = 3.25V |
| 1-0 | IVFM_MODE | R/W | 2b00 | 2b00 = 禁用<br>2b01 = 停止并保持<br>2b10 = 向下调整<br>2b11 = 向上/向下调整 |

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

### 6.6.1.19 CUR_RAMP_REG 寄存器（地址 = 0x12）[复位 = 0x39]

图 6-33 显示了 CUR_RAMP_REG，表 6-25 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

CUR_RAMP_REG 可设置手电筒、闪光和 IR 模式下 LED 电流的斜坡时间。如果启用了 IVFM，则不应使用 Flash_Ramp 的斜坡禁用选项。

**图 6-33. CUR_RAMP_REG 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RFU | IR_Ramp | | Flash_Ramp | | Torch_Ramp | | |
| R/W-1b0 | R/W-2b01 | | R/W-2b11 | | R/W-3b001 | | |

**表 6-25. CUR_RAMP_REG 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7 | RFU | R/W | 1b0 | 保留 |
| 6-5 | IR_Ramp | R/W | 2b01 | 2b00 = 斜坡已禁用<br>2b01 = 32µs<br>2b10 = 64µs<br>2b11 = 128µs |
| 4-3 | Flash_Ramp | R/W | 2b11 | 2b00 = 斜坡已禁用<br>2b01 = 256µs<br>2b10 = 512µs<br>2b11 = 1024µs |
| 2-0 | Torch_Ramp | R/W | 3b001 | 3b000 = 斜坡已禁用<br>3b001 = 1ms<br>3b010 = 32ms<br>3b011 = 64ms<br>3b100 = 128ms<br>3b101 = 256ms<br>3b110 = 512ms<br>3b111 = 1024ms |


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

#### 6.6.1.20 FAULT_CTRL_REG 寄存器（地址 = 0x13）[复位 = 0x19]

图 6-34 显示了 FAULT_CTRL_REG，表 6-26 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

启用和禁用 NTC 故障检测和热缩放块以及与升压相关的操作

**图 6-34. FAULT_CTRL_REG 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SW_RESET | RFU | THERM_SB | | THERM_SB_EN | NTC_OPEN_EN | NTC_SHORT_EN | LED_SHORT_EN |
| R/W-1b0 | R-1b0 | R/W-2b01 | | R/W-1b1 | R/W-1b0 | R/W-1b0 | R/W-1b1 |

**表 6-26. FAULT_CTRL_REG 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7 | SW_RESET | R/W | 1b0 | 1b0 = 无复位<br>1b1 = 复位 |
| 6 | RFU | R | 1b0 | 保留 |
| 5-4 | THERM_SB | R/W | 2b01 | 热缩放<br>2b00 = 强制关断<br>2b01 = 强制手电筒<br>2b10 = 仅报告<br>2b11 = 仅报告 |
| 3 | THERM_SB_EN | R/W | 1b1 | 热缩放使能<br>1b0 = TSB 已禁用<br>1b1 = TSB 已启用 |
| 2 | NTC_OPEN_EN | R/W | 1b0 | 1b0 = 禁用 NTC 开路检测<br>1b1 = 启用 NTC 开路检测 |
| 1 | NTC_SHORT_EN | R/W | 1b0 | 1b0 = 禁用 NTC 短路检测<br>1b1 = 启用 NTC 短路检测 |
| 0 | LED_SHORT_EN | R/W | 1b1 | 1b0 = 禁用 LED 开路检测<br>1b1 = 启用 LED 开路检测 |

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

### 6.6.1.21 FLAG_RPT_REG 寄存器（地址 = 0x14）[复位 = 0x0]

图 6-35 显示了 FLAG_RPT_REG，表 6-27 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

FLAG_RPT_REG 可报告可能发生的标志事件。这些事件标志无需清除即可重新启动，并且仅用于状态。

**图 6-35. FLAG_RPT_REG 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RFU | | Tx | ICL | FTO4 | FTO3 | FTO2 | FTO1 |
| R-2b00 | | R-1b0 | R-1b0 | R-1b0 | R-1b0 | R-1b0 | R-1b0 |

**表 6-27. FLAG_RPT_REG 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7-6 | RFU | R | 2b00 | 保留 |
| 5 | Tx | R | 1b0 | 传输中断 |
| 4 | ICL | R | 1b0 | 电感器电流限制 |
| 3 | FTO4 | R | 1b0 | 闪光超时 D4 |
| 2 | FTO3 | R | 1b0 | 闪光超时 D3 |
| 1 | FTO2 | R | 1b0 | 闪光超时 D2 |
| 0 | FTO1 | R | 1b0 | 闪光超时 D1 |


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

#### 6.6.1.22 VOLT_FAULT_REG 寄存器（地址 = 0x15）[复位 = 0x0]

图 6-36 显示了 VOLT_FAULT_REG，表 6-28 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

VOLT_FAULT_REG 寄存器可指示在任何运行模式期间发生的电压故障。

**图 6-36. VOLT_FAULT_REG 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| UVLO | OVP | OUT_SHORT | IVFM_Trip | LED4_Short | LED3_Short | LED2_Short | LED1_Short |
| R-1b0 | R-1b0 | R-1b0 | R-1b0 | R-1b0 | R-1b0 | R-1b0 | R-1b0 |

**表 6-28. VOLT_FAULT_REG 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7 | UVLO | R | 1b0 | 欠压锁定 |
| 6 | OVP | R | 1b0 | 过压保护 |
| 5 | OUT_SHORT | R | 1b0 | 升压输出短路 |
| 4 | IVFM_Trip | R | 1b0 | 输入电压监测跳闸 |
| 3 | LED4_Short | R | 1b0 | LED4 短路检测 |
| 2 | LED3_Short | R | 1b0 | LED3 短路检测 |
| 1 | LED2_Short | R | 1b0 | LED2 短路检测 |
| 0 | LED1_Short | R | 1b0 | LED1 短路检测 |

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

### 6.6.1.23 THERM_FAULT_REG 寄存器（地址 = 0x16）[复位 = 0x0]

图 6-37 显示了 THERM_FAULT_REG，表 6-29 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

THERM_FAULT_REG 用于报告在任何工作模式期间发生的与温度相关的故障

**图 6-37. THERM_FAULT_REG 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NTC2_SHORT | NTC1_SHORT | NTC2_OPEN | NTC1_OPEN | NTC2_TRIP | NTC1_TRIP | TSB | TSD |
| R-1b0 | R-1b0 | R-1b0 | R-1b0 | R-1b0 | R-1b0 | R-1b0 | R-1b0 |

**表 6-29. THERM_FAULT_REG 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7 | NTC2_SHORT | R | 1b0 | NTC2 短路 |
| 6 | NTC1_SHORT | R | 1b0 | NTC1 短路 |
| 5 | NTC2_OPEN | R | 1b0 | NTC2 开路 |
| 4 | NTC1_OPEN | R | 1b0 | NTC1 开路 |
| 3 | NTC2_TRIP | R | 1b0 | NTC2 跳变 |
| 2 | NTC1_TRIP | R | 1b0 | NTC1 跳变 |
| 1 | TSB | R | 1b0 | 热缩放 |
| 0 | TSD | R | 1b0 | 热关断 |


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

### 6.6.1.24 LAST_CUR_REG1 寄存器（地址 = 0x17）[复位 = 0x0]

图 6-38 显示了 LAST_CUR_REG1，表 6-30 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

存储发生电流缩减事件（IVFM、热缩放回流等）时最后一个报告为满量程的小数部分电流值

**图 6-38. LAST_CUR_REG1 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LAST_CUR | | | | | | | |
| R-8b00000000 | | | | | | | |

**表 6-30. LAST_CUR_REG1 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7-0 | LAST_CUR | R | 8b00000000 | 最后一个电流调整寄存器 |

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

### 6.6.1.25 LAST_CUR_REG2 寄存器（地址 = 0x18）[复位 = 0x0]

图 6-39 显示了 LAST_CUR_REG2，表 6-31 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

存储发生电流缩减事件（IVFM、热缩放回流等）时最后一个报告为满量程的小数部分电流值

**图 6-39. LAST_CUR_REG2 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LAST_CUR | | | | | | | |
| R-8b00000000 | | | | | | | |

**表 6-31. LAST_CUR_REG2 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7-0 | LAST_CUR | R | 8b00000000 | 最后一个电流调整寄存器 |


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

### 6.6.1.26 LAST_CUR_REG3 寄存器（地址 = 0x19）[复位 = 0x0]

图 6-40 显示了 LAST_CUR_REG3，表 6-32 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

存储发生电流缩减事件（IVFM、热缩放回流等）时最后一个报告为满量程的小数部分电流值

**图 6-40. LAST_CUR_REG3 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LAST_CUR | | | | | | | |
| R-8b00000000 | | | | | | | |

**表 6-32. LAST_CUR_REG3 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7-0 | LAST_CUR | R | 8b00000000 | 最后一个电流调整寄存器 |

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

### 6.6.1.27 LAST_CUR_REG4 寄存器（地址 = 0x1A）[复位 = 0x0]

图 6-41 显示了 LAST_CUR_REG4，表 6-33 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

存储发生电流缩减事件（IVFM、热缩放回流等）时最后一个报告为满量程的小数部分电流值

**图 6-41. LAST_CUR_REG4 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LAST_CUR | | | | | | | |
| R-8b00000000 | | | | | | | |

**表 6-33. LAST_CUR_REG4 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7-0 | LAST_CUR | R | 8b00000000 | 最后一个电流调整寄存器 |


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

### 6.6.1.28 DEV_INFO_REG 寄存器（地址 = 0x1B）[复位 = 0x41]

图 6-42 显示了 DEV_INFO_REG，表 6-34 中对此进行了介绍。

返回汇总表。

存储器件信息

**图 6-42. DEV_INFO_REG 寄存器**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DEV_ID | | | | REV_ID | | | |
| R-4b0100 | | | | R-4b0001 | | | |

**表 6-34. DEV_INFO_REG 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7-4 | DEV_ID | R | 4b0100 | 器件 ID |
| 3-0 | REV_ID | R | 4b0001 | 修订信息 |

# 7 应用和实施

**备注**

以下应用部分中的信息不属于 TI 元件规格，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户负责确定元件是否适合其用途，以及验证和测试其设计实现以确认系统功能。

## 7.1 应用信息

LM3645 能够以高达 2A 的电流驱动四个闪光灯 LED。LM3645 升压转换器可以提供的总 LED 电流为 5A ($I_{LED1}$ + $I_{LED2}$+ $I_{LED3}$+ $I_{LED4}$)。2MHz 或 4MHz 直流/直流升压稳压器允许使用低值分立式外部元件。

## 7.2 典型应用

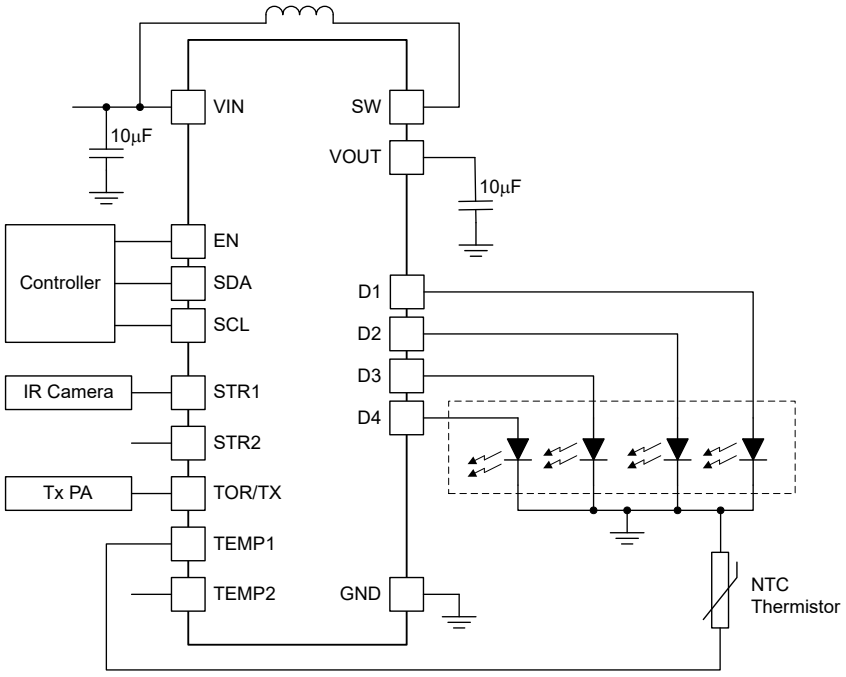



**图 7-1. LM3645 典型应用**

### *7.2.1 设计要求*

基于默认寄存器值的示例要求：

| 设计参数 | 示例值 |
|---|---|
| 输入电压范围 | 2.3V 至 5.5V |
| 亮度控制 | $I^2C$ 寄存器 |
| LED 配置 | 4 个并行闪光 LED |
| 升压开关频率 | 2MHz（可选择 4MHz） |
| 闪光亮度 | 每个 LED 500mA |

### *7.2.2 输出控制示例*

LM3645 具有高度可配置性，可支持多种不同的 LED 驱动用例。为突出其灵活性，本文提供了不同用例的采样序列。在每种模式下可启用和禁用 Tx 控制和 NTC 交互等附加功能，但为简单起见，以下示例中不包括这些功能。

#### 7.2.2.1 在待机状态下启动具有 Strobe1 触发器的四通道闪光

以下序列重点介绍了 LM3645 在启用待机状态时如何在闪光模式下控制所有四个电流源。


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

| I2C 地址 | 数据 | 注释 |
|---|---|---|
| 0x02 | 0xFF | 将输出设置为闪光模式 |
| 0x03 | 0x0F | 将输出分配给 Strobe1 |
| 0x04 | 0x0A | 将闪光超时设置为 150ms，并将 STR1 配置为电平选通 |
| 0x05 | 0x3F | 将 LED1 电流设置为 500mA |
| 0x06 | 0x3F | 将 LED2 电流设置为 500mA |
| 0x07 | 0x3F | 将 LED3 电流设置为 500mA |
| 0x08 | 0x3F | 将 LED4 电流设置为 500mA |
| 0x01 | 0x5F | 启用 Tx 使能闪光模式。等待选通触发 |
| 选通变为高电平，且 LM3645 在闪光模式下运行。闪光将在 STR1 变为低电平或发生超时后结束。只要不发生超时，无需进一步 I2C 通信的情况下即可发生重复选通事件。 | | |

#### 7.2.2.2 在 I2C 手电筒中启动具有 Strobe1 触发器的四通道闪光

以下序列重点介绍了在启用 I2C 手电筒模式后如何在闪光模式下控制所有四个电流源。

| I2C 地址 | 数据 | 注释 |
|---|---|---|
| 0x02 | 0xAA | 将输出设置为手电筒模式 |
| 0x03 | 0x0F | 将输出分配给 Strobe1 |
| 0x04 | 0x0A | 将闪光超时设置为 150ms，并将 STR1 配置为电平选通 |
| 0x05 | 0x3F | 将 LED1 闪光电流设置为 500mA |
| 0x06 | 0x3F | 将 LED2 闪光电流设置为 500mA |
| 0x07 | 0x3F | 将 LED3 闪光电流设置为 500mA |
| 0x08 | 0x3F | 将 LED4 闪光电流设置为 500mA |
| 0x09 | 0x20 | 将 LED1 手电筒电流设置为 50mA |
| 0x0A | 0x20 | 将 LED2 手电筒电流设置为 50mA |
| 0x0B | 0x20 | 将 LED3 手电筒电流设置为 50mA |
| 0x0C | 0x20 | 将 LED4 手电筒电流设置为 50mA |
| 0x01 | 0xDF | 启用 Tx 使能手电筒模式 |
| 保持手电筒模式直至闪光准备就绪 | | |
| 0x02 | 0xFF | 将输出设置为闪光模式。LED 电流进入关闭状态，以等待选通 |
| 选通变为高电平，且 LM3645 在闪光模式下运行。闪光将在 STR1 变为低电平或发生超时后结束。只要不发生超时，无需进一步 I2C 通信的情况下即可发生重复选通事件。 | | |

#### 7.2.2.3 混合模式功能

图 7-2 重点介绍了如何在闪光模式下控制 LED1 和 LED2，同时将 LED3 设置为 IR 模式，LED4 设置为外部手电筒模式。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

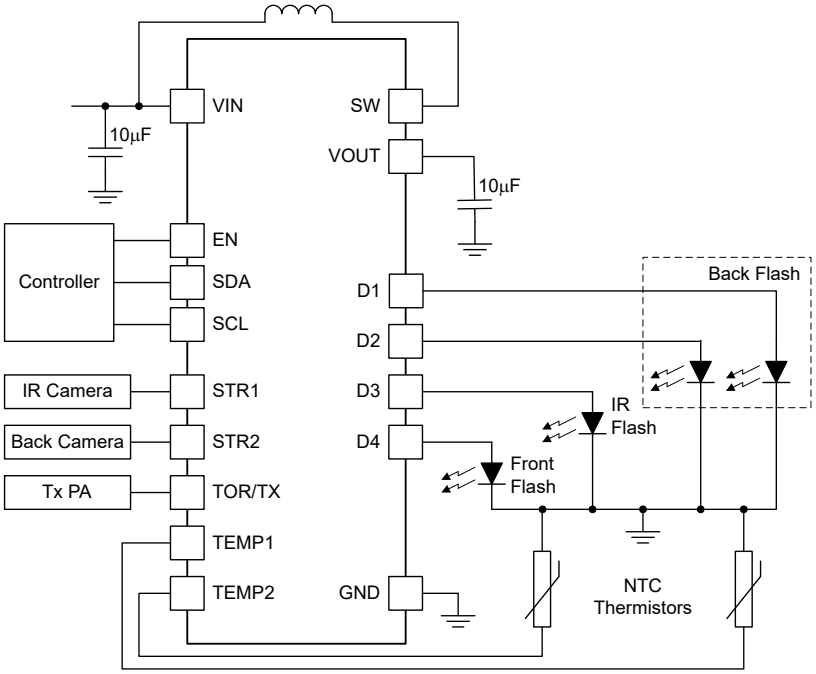



**图 7-2. 混合模式用例**

| I2C 地址 | 数据 | 注释 |
|---|---|---|
| 0x02 | 0x9F | 将 LED1 和 LED2 设置为闪光模式，将 LED3 设置为 IR 模式，并将 LED4 设置为手电筒模式 |
| 0x03 | 0x43 | 将 LED1 和 LED2 设置为 Strobe1，将 LED3 设置为 Strobe2，且不会将 LED4 分配给选通 |
| 0x04 | 0x0A | 将闪光超时设置为 150ms，并将 STR1 配置为电平选通 |
| 0x05 | 0x20 | 将 LED1 闪光电流设置为 500mA |
| 0x06 | 0x20 | 将 LED2 闪光电流设置为 500mA |
| 0x07 | 0x80 | 将 LED3 闪光电流设置为 1A |
| 0x0C | 0x20 | 将 LED4 手电筒电流设置为 50mA |
| 0x01 | 0xFF | 启用 LED1/2/3/4 并启用 Strobe1、Strobe2 和手电筒引脚，等待外部控制 |

由于输出被分配给 IR 模式 (LED3)，因此 OUT 引脚电压会增加到近似 VIN，直到电流被提供给输出。如果 Strobe1 变为高电平，则在闪光中启用 LED1 和 LED2。如果 Strobe2 变为高电平，则 LED3 在 IR 模式下运行。如果 TOR/TX 变为高电平，则在手电筒模式下启用 LED4。

#### 7.2.2.4 仅电压模式

以下序列重点介绍了如何在禁用电流源的情况下将 LM3645 置于固定输出电压模式。

| I2C 地址 | 数据 | 注释 |
|---|---|---|
| 0x00 | 0x99 | 启用电压模式，具备 5V 电压、5A 电流限制并支持 2MHz 运行 |

#### 7.2.2.5 具有高级 IR 的电压模式

以下序列重点介绍了如何将 LM3645 置于固定输出电压模式，启用两个 LED 输出并启用两个选通引脚（D1 分配给 STR1，D4 分配给 STR2）

| I2C 地址 | 数据 | 注释 |
|---|---|---|
| 0x02 | 0x41 | 将 D1 和 D4 设置为 IR 模式 |
| 0x03 | 0x81 | 将 D1 设置为 STR1 并将 D4 设置为 STR2 |
| 0x04 | 0x20 | 启用超时，持续时间为 10ms |
| 0x05 | 0x80 | 将 D1 电流设置为 1A |


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

| | | |
|---|---|---|
| 0x08 | 0x80 | 将 D4 电流设置为 1A |
| 0x12 | 0x20 | 将 IR 斜坡时间设置为 32µs |
| 0x00 | 0x1B | 启用电压模式，具备 4V 电压、5A 电流限制并支持 2MHz 运行。LED 驱动优先级 |
| 在电流源禁用的情况下，VOUT 变为 4V | | |
| 0x01 | 0x39 | D1 和 D4 输出被启用，STR1 和 STR2 被启用 |
| 当选通引脚变为高电平时，流向 LED 输出端的电流将斜升到其目标。当选通引脚变为低电平时，LED 输出停止提供电流，且 VOUT 将保持在 4V，为下一个选通脉冲做好准备。 | | |

### *7.2.3 详细设计过程*

#### 7.2.3.1 需要缓冲器

LM3645 需要将缓冲器电路连接到 SW（开关）节点，从而抑制开关期间的电压尖峰。建议使用 1Ω 电阻器与 4nF 电容串联。陶瓷缓冲电容器的最小额定电压必须为 6.3V，且有效电容必须考虑直流偏置的影响。

#### 7.2.3.2 输出电容器选型

LM3645 设计为与单个 10µF 陶瓷输出电容器配合使用，但建议并联两个 10µF 电容器，以更大限度地减少 LED 电流纹波。当升压转换器运行时，输出电容器在升压转换器导通期间提供负载电流。当 NMOS 开关关闭时，电感器能量通过内部 PMOS 开关放电，为负载供电并恢复输出电容器的电荷。这会导致导通期间输出电压下降，在关断期间输出电压上升。因此，选择输出电容器需根据负载电流和输入/输出电压差，以将输出纹波限制在可接受的水平，并确保转换器保持稳定。为保持稳定的升压运行，建议最小有效输出电容（考虑到直流偏置、温度和器件间的差异）大于 **3µF**。

如果需要较低的输出电压纹波，可使用 22µF 或并联电容器等较大的电容器。要估算输出电压纹波，需考虑因电容器放电引起的纹波 ($\Delta V_Q$) 和因电容器 ESR 引起的纹波 ($\Delta V_{ESR}$)，请使用以下公式：

在连续导通模式下，电容器放电引起的输出电压纹波为：

$$\Delta V_Q = \frac{I_{LED} \times (V_{OUT} - V_{IN})}{f_{SW} \times V_{OUT} \times C_{OUT}} \quad (3)$$

可通过以下公式来计算输出电容器 ESR 引起的输出电压纹波：

$$\Delta V_{ESR} = R_{ESR} \times \left( \frac{I_{LED} \times V_{OUT}}{V_{IN}} + \Delta I_L \right)$$

where

$$\Delta I_L = \frac{V_{IN} \times (V_{OUT} - V_{IN})}{2 \times f_{SW} \times L \times V_{OUT}} \quad (4)$$

在陶瓷电容器中，ESR 非常低，因此假设 80% 的输出电压纹波是因电容器放电引起，20% 是因 ESR 引起。

#### 7.2.3.3 输入电容器选型

选择正确尺寸和类型的输入电容器有助于更大限度地减少由 LM3645 升压转换器开关引起的电压纹波，并降低升压转换器输入引脚上的噪声，这些噪声会馈送并干扰内部模拟信号。在典型应用电路中，10µF 陶瓷输入电容器运行良好。务必将电容器尽可能靠近 LM3645 输入 (IN) 引脚放置。这样可以降低因输入开关电流而向器件注入噪声的串联电阻和电感。

#### 7.2.3.4 电感器选型

LM3645 专为使用 0.47µH 或 1µH 的电感器而设计。当器件升压 ($V_{OUT} > V_{IN}$) 时，电感器通常是电路中效率损耗最大的区域。因此，选择具有尽可能低串联电阻的电感器至关重要。此外，电感器的饱和额定值应大于 LM3645 的最大工作峰值电流。这可以防止在饱和状态下运行的电感器可能出现过多的效率损耗。为使电感器正常运行和电路性能，请在以下计算中确保 LM3645 的电感器饱和电流与峰值电流限值设置均大于 $I_{PEAK}$：

$$I_{PEAK} = \frac{I_{LOAD}}{\eta} \times \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} + \Delta I_L \quad \text{where} \quad \Delta I_L = \frac{V_{IN} \times (V_{OUT} - V_{IN})}{2 \times f_{SW} \times L \times V_{OUT}} \quad (5)$$

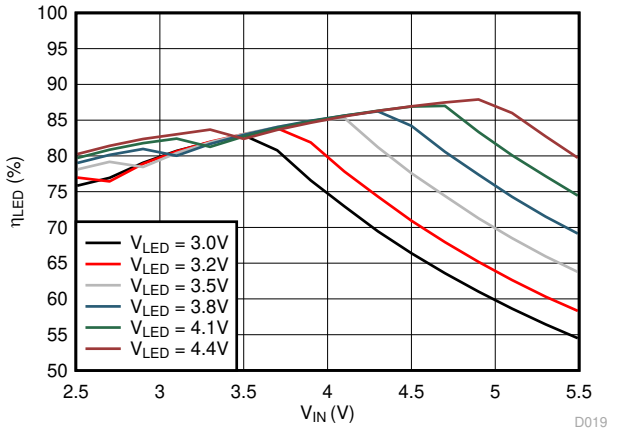
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

其中

- $f_{SW}$ = 2MHz 或 4MHz

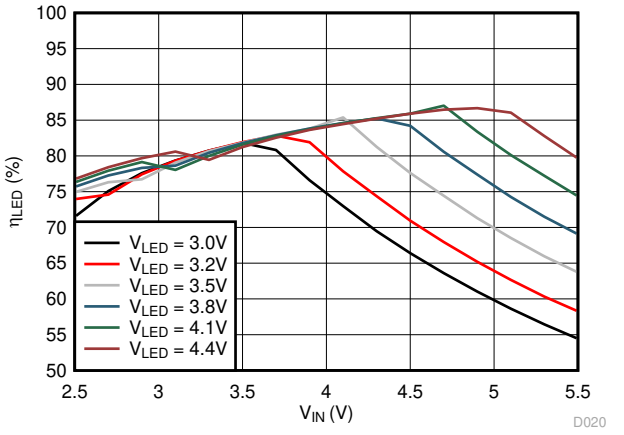
### 7.2.4 应用曲线

环境温度为 25°C、输入电压为 3.6V、EN = $V_{IN}$、$C_{IN}$ = 2 × 10µF、$C_{OUT}$ = 2 × 10µF 且 L = 1µH，除非另有说明。



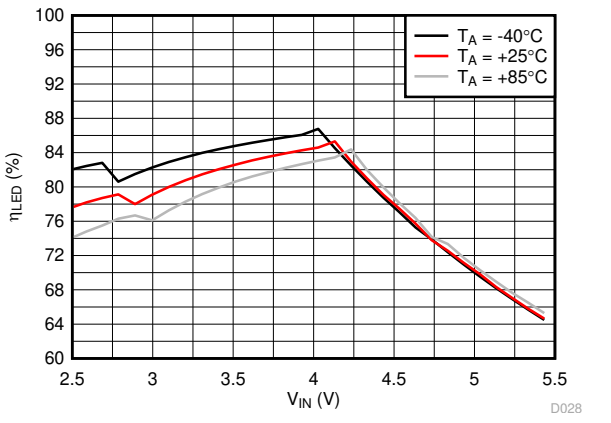

$I_{LED}$ = 1.5A　　$f_{SW}$ = 2 MHz　　闪存

**图 7-3. 2MHz LED 效率与输入电压间的关系**




$I_{LED}$ = 1.5A　　$f_{SW}$ = 2 MHz　　闪存

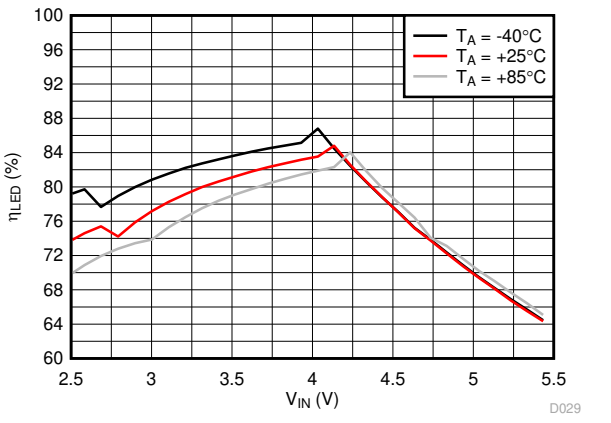
**图 7-4. 4MHz LED 效率与输入电压间的关系**




$I_{LED}$ = 1.5A　　$f_{SW}$ = 2 MHz　　闪存

$V_{LED}$ = 3.55V

**图 7-5. LED 效率与输入电压间的关系**

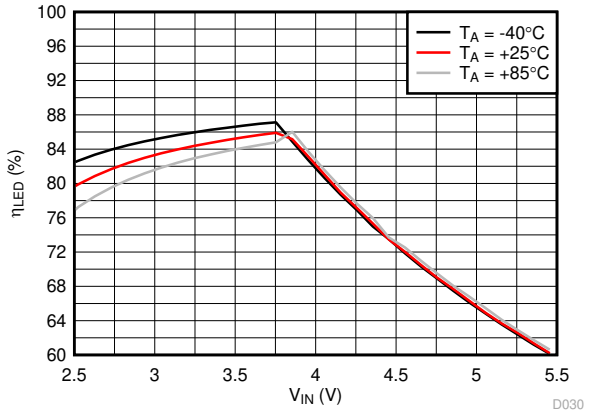



$I_{LED}$ = 1.5A　　$f_{SW}$ = 4 MHz　　闪存

$V_{LED}$ = 3.55V

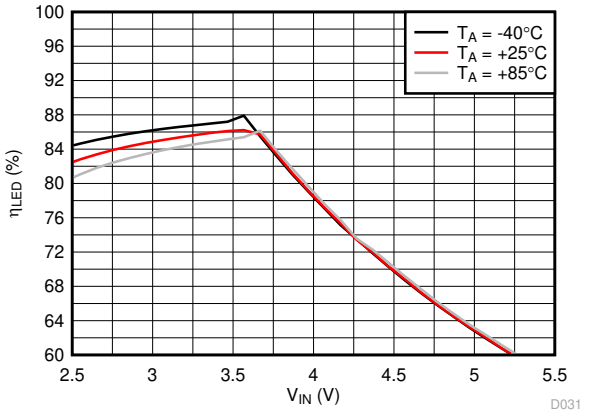
**图 7-6. LED 效率与输入电压间的关系**


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated



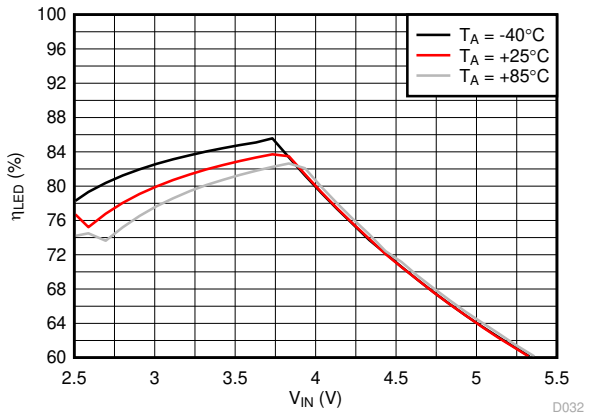

$I_{LED}$ = 1A　　$f_{SW}$ = 2 MHz　　闪存
$V_{LED}$ = 3.32V

**图 7-7. LED 效率与输入电压间的关系**



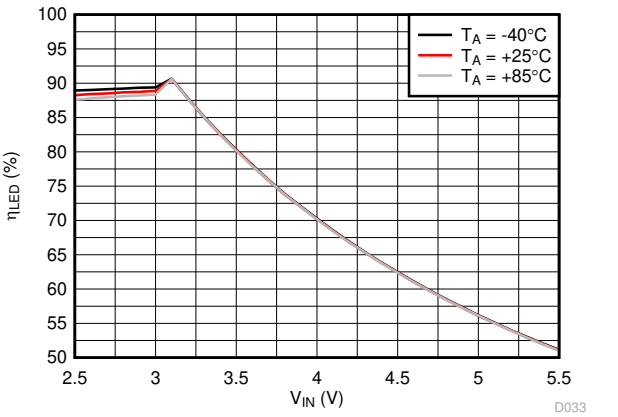

$I_{LED}$ = 729mA　　$f_{SW}$ = 2 MHz　　闪存
$V_{LED}$ = 3.18V

**图 7-8. LED 效率与输入电压间的关系**



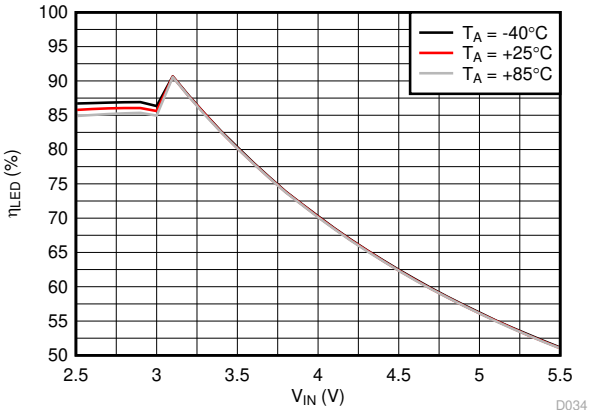

$I_{LED1\ and\ LED2}$ = 729mA　　闪存
$V_{LED}$ = 3.18V　　$f_{SW}$ = 2 MHz

**图 7-9. LED 效率与输入电压间的关系**



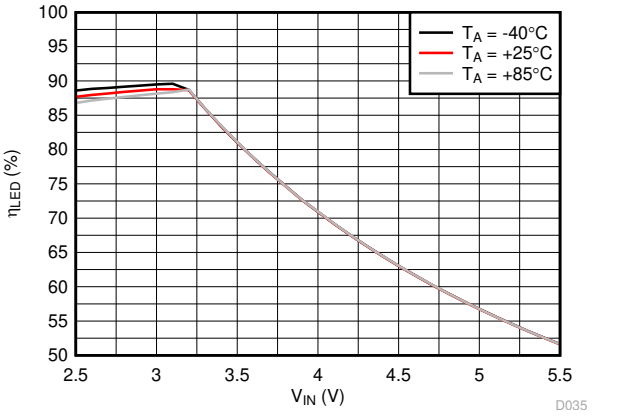

$I_{LED}$ = 179mA　　手电筒
$V_{LED}$ = 2.83V　　$f_{SW}$ = 2 MHz

**图 7-10. LED 效率与输入电压间的关系**




$I_{LED}$ = 179mA　　$f_{SW}$ = 4 MHz
$V_{LED}$ = 2.83V　　手电筒

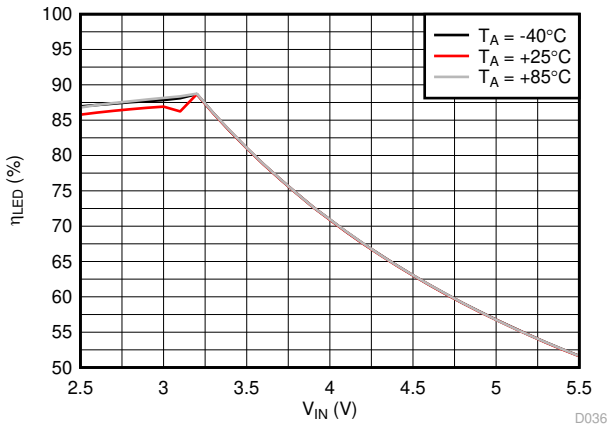
**图 7-11. LED 效率与输入电压间的关系**




$I_{LED1\ and\ LED2}$ = 179mA　　$f_{SW}$ = 2 MHz
$V_{LED}$ = 2.83V　　手电筒

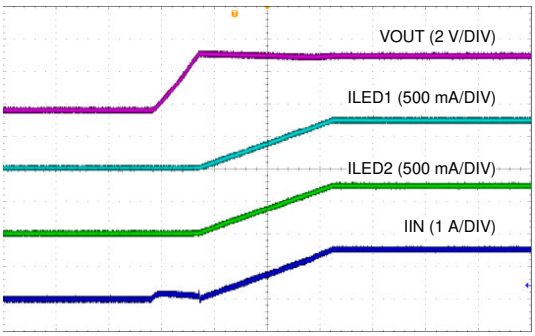
**图 7-12. LED 效率与输入电压间的关系**

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated



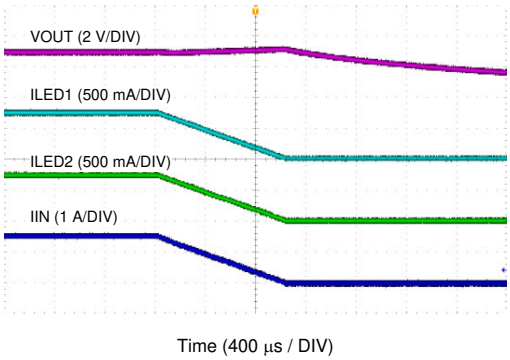

$I_{LED1\ and\ LED2}$ = 179mA $f_{SW}$ = 4 MHz
$V_{LED}$ = 2.83V 手电筒

**图 7-13. LED 效率与输入电压间的关系**



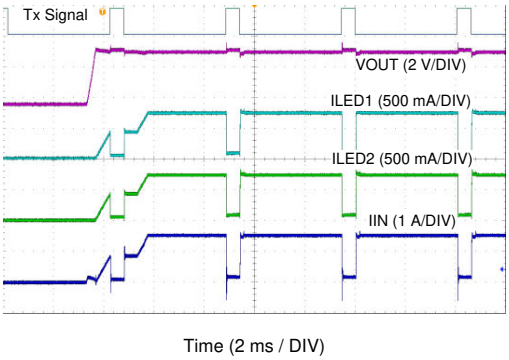

$I_{LED1}$ = $I_{LED2}$ = 730mA $f_{SW}$ = 2 MHz
$V_{LED}$ = 3.18V

**图 7-14. 启动**



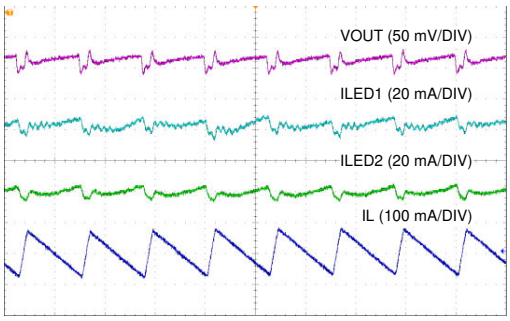

$I_{LED1}$ = $I_{LED2}$ = 730mA $f_{SW}$ = 2 MHz
$V_{LED}$ = 3.18V

**图 7-15. 斜降**



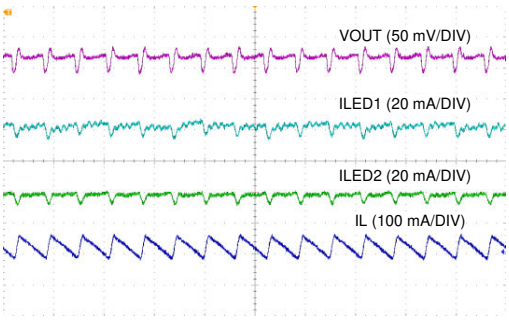

$I_{LED1}$ = $I_{LED2}$ = 730mA $f_{SW}$ = 2 MHz
$V_{LED}$ = 3.18V

**图 7-16. TX 中断**




$I_{LED1}$ = $I_{LED2}$ = 730mA $f_{SW}$ = 2 MHz
$V_{LED}$ = 3.18V

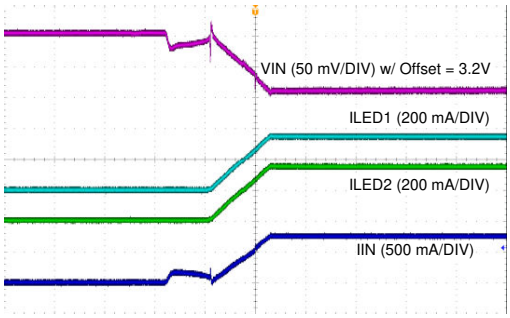
**图 7-17. 2MHz 时的纹波**




$I_{LED1}$ = $I_{LED2}$ = 730mA $f_{SW}$ = 4 MHz
$V_{LED}$ = 3.18V

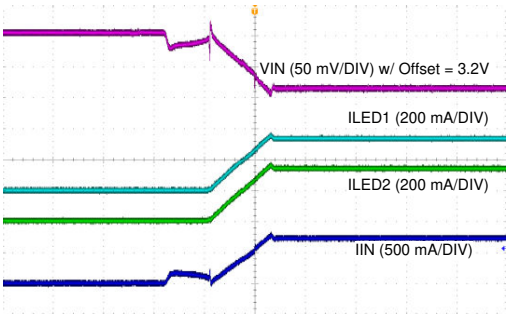
**图 7-18. 4MHz 时的纹波**


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated



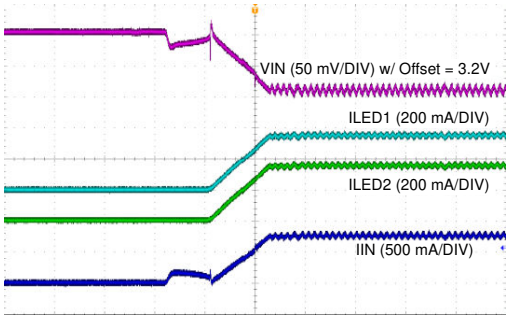

$I_{LED1}$ = $I_{LED2}$ = 730mA　　$f_{SW}$ = 2 MHz
$V_{LED}$ = 3.18V　　$V_{IVFM}$ = 3.2V

**图 7-19. IVFM - 斜坡和保持**




$I_{LED1}$ = $I_{LED2}$ = 730mA　　$f_{SW}$ = 2 MHz
$V_{LED}$ = 3.18V　　$V_{IVFM}$ = 3.2V

**图 7-20. IVFM - 仅限向下调整**




$I_{LED1}$ = $I_{LED2}$ = 730mA　　$f_{SW}$ = 2 MHz
$V_{LED}$ = 3.18V　　$V_{IVFM}$ = 3.2V

**图 7-21. IVFM - 向上和向下调整**

# 8 电源相关建议

LM3645 可在 2.3V 至 5.5V 的输入电源电压范围内运行。此输入电源必须经过良好调节，且能提供所需的输入电流。如果输入电源距离 LM3645 较远，那么除了陶瓷旁路电容器之外可能还需要额外的大容量电容。


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

# 9 布局

## 9.1 布局指南

LM3645 的高开关频率和大开关电流使布局选择变得至关重要。请遵循这些指南以确保器件保持稳定，并在其目标工作电压和电流范围内保持适当的 LED 电流调节。

- 将 $C_{IN}$ 放置在顶层（与 LM3645 同层）并尽可能靠近器件。输入电容器会在低侧 MOSFET 导通和关断期间传导驱动器电流，并可检测振幅超过 1A 的电流尖峰。通过短而宽的布线将输入电容器连接到 IN 和 GND 引脚，可减少开关期间出现的可能会使 $V_{IN}$ 线路损坏的电感电压尖峰。
- 将 $C_{OUT}$ 放置在顶层（与 LM3645 同层）并尽可能靠近 OUT 和 GND 引脚。$C_{IN}$ 和 $C_{OUT}$ 的回路应在一个点上连接，并尽可能靠近 GND 引脚。通过短而宽的布线连接 $C_{OUT}$，可减小 OUT 和 GND 引脚上的串联电感，否则可能会破坏 $V_{OUT}$ 和 GND 线路，并导致器件和周围电路中出现过多噪声。
- 将电感器连接到靠近 SW 引脚的顶层。由于直流电感器电流较大，电感器与 SW 之间应具有低阻抗连接，同时 SW 节点占用的面积应较小，以减少 SW 上存在的高 dV/dT 对附近的布线电容耦合。
- 避免在 SW 节点附近布置逻辑布线，从而避免任何从 SW 到任何高阻抗逻辑线路（例如 TOR/Tx、STR1、STR2、EN、SDA 和 SCL）的电容耦合电压。有效方法是在 SW 节点下方和任何附近的布线之间插入内层 GND 平面。这样可屏蔽 SW 产生的电场。
- 将闪光 LED 阴极直接端接至 LM3645 的 GND 引脚。如有可能，应使用专用路径布置 LED 回路，以保持高振幅 LED 电流脱离 GND 平面。对于布线距离 LM3645 相对较远的闪烁 LED，有效方法是在两层上将正向和返回电流路径相互叠加。这有助于减小 LED 电流路径的电感。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

## 9.2 布局示例

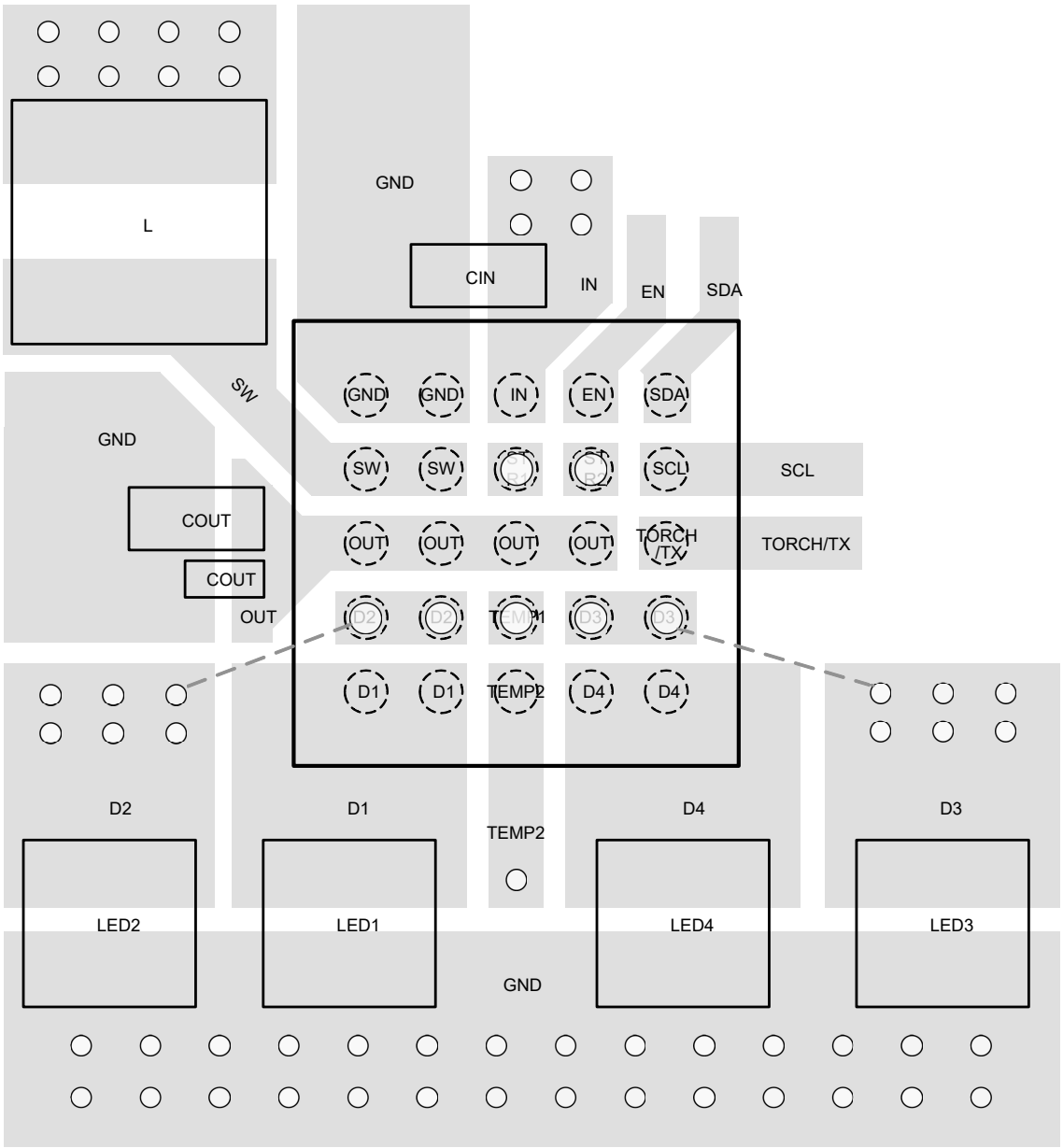



图 9-1. 布局示例


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

# 10 器件和文档支持

## 10.1 第三方产品免责声明

TI 发布的与第三方产品或服务有关的信息，不能构成与此类产品或服务或保修的适用性有关的认可，不能构成此类产品或服务单独或与任何 TI 产品或服务一起的表示或认可。

## 10.2 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 ti.com 上的器件产品文件夹。点击*通知*进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

## 10.3 支持资源

TI E2E™ 中文支持论坛是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的使用条款。

## 10.4 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.
所有商标均为其各自所有者的财产。

## 10.5 静电放电警告



静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

## 10.6 术语表

TI 术语表　　本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

# 11 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

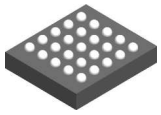
| 日期 | 修订版本 | 注释 |
|---|---|---|
| 2024 年 9 月 | * | 初始发行版 |

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

## 12 机械、封装和可订购信息

以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

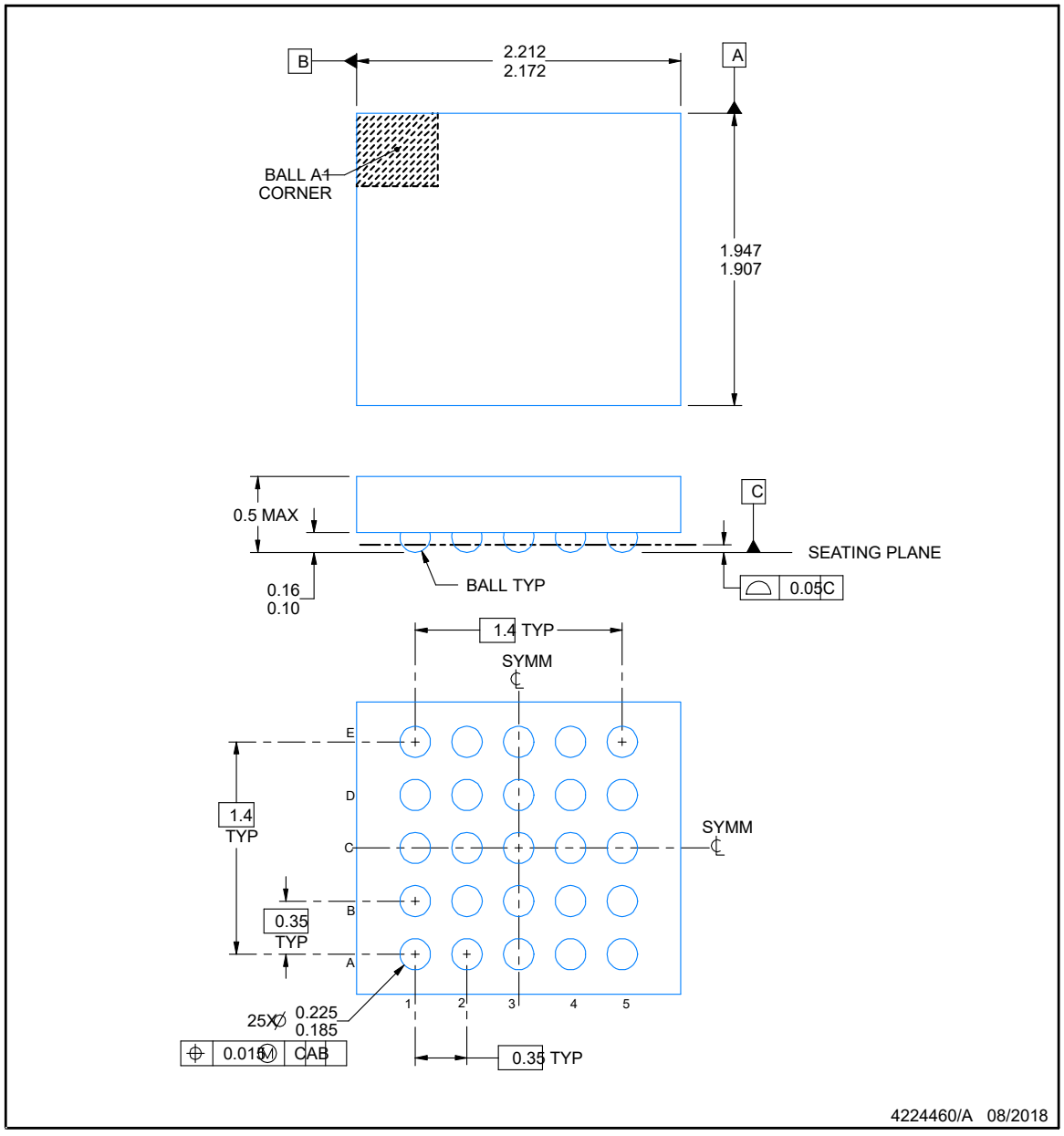
**YCG0025-C01**



**PACKAGE OUTLINE**

**DSBGA - 0.5 mm max height**

DIE SIZE BALL GRID ARRAY




NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.

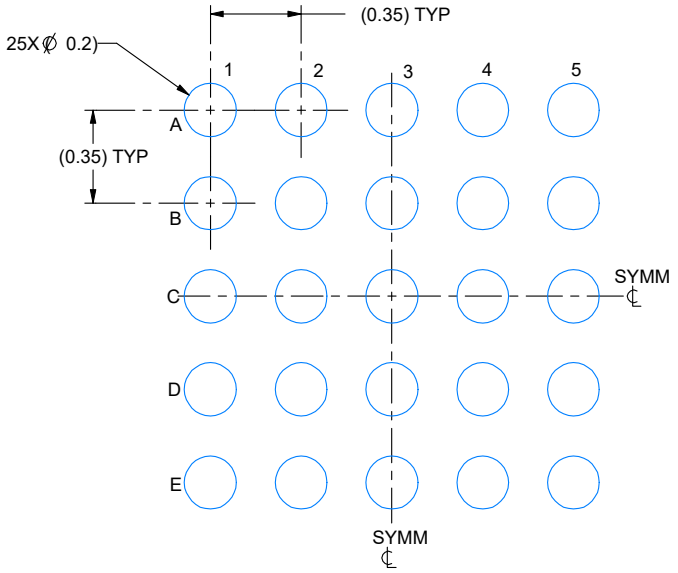

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

# EXAMPLE BOARD LAYOUT

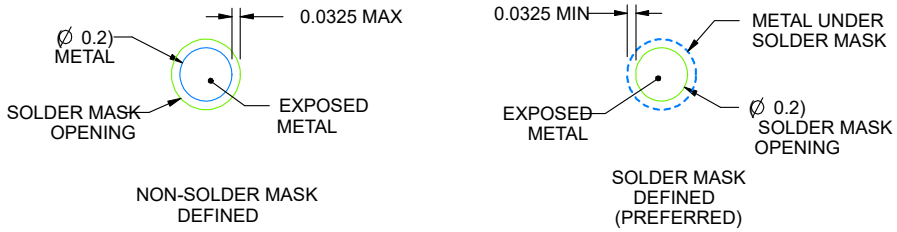
## YCG0025-C01

## DSBGA - 0.5 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY




LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 40X




SOLDER MASK DETAILS
NOT TO SCALE

4224460/A 08/2018

NOTES: (continued)

3. Final dimensions may vary due to manufacturing tolerance considerations and also routing constraints. See Texas Instruments Literature No. SNVA009 (www.ti.com/lit/snva009).

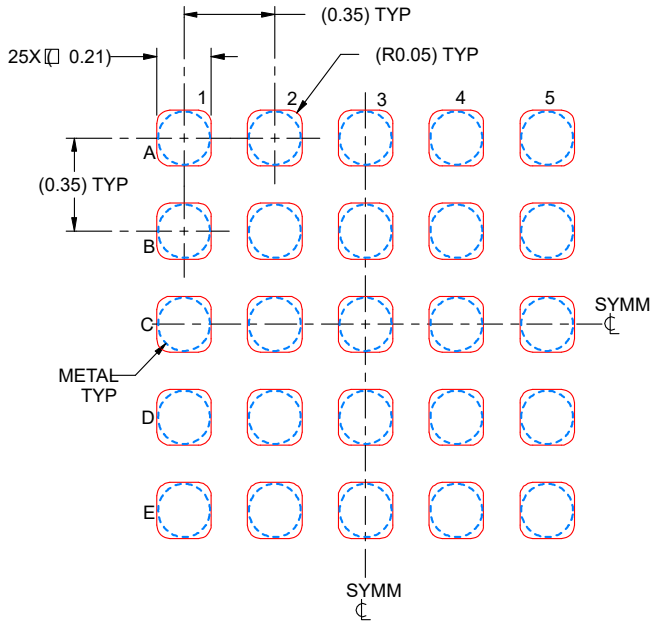
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

# EXAMPLE STENCIL DESIGN

## YCG0025-C01

### DSBGA - 0.5 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY




SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.075 mm THICK STENCIL
SCALE: 40X

4224460/A 08/2018

NOTES: (continued)

4. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may o?er better paste release.


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

## PACKAGING INFORMATION

| Orderable part number | Status (1) | Material type (2) | Package \| Pins | Package qty \| Carrier | RoHS (3) | Lead finish/ Ball material (4) | MSL rating/ Peak reflow (5) | Op temp (°C) | Part marking (6) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LM3645YCGR | Active | Production | DSBGA (YCG) \| 25 | 3000 \| LARGE T&R | Yes | SNAGCU | Level-1-260C-UNLIM | -40 to 85 | LM3645 |
| LM3645YCGR.A | Active | Production | DSBGA (YCG) \| 25 | 3000 \| LARGE T&R | Yes | SNAGCU | Level-1-260C-UNLIM | See LM3645YCGR | LM3645 |

(1) **Status:** For more details on status, see our product life cycle.

(2) **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

(3) **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the TI RoHS Statement for additional information and value definition.

(4) **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

(5) **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

(6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

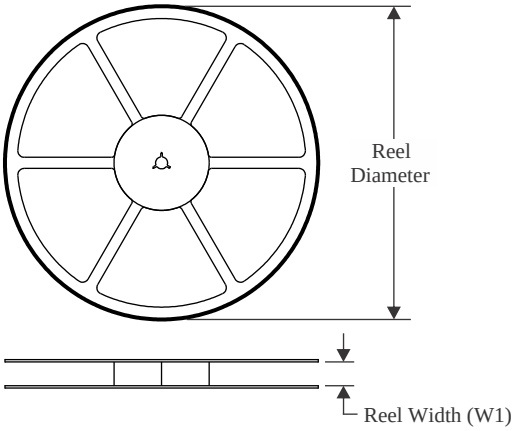
Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

**Important Information and Disclaimer:**The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

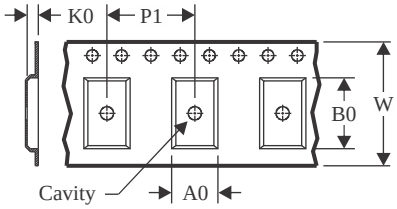
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

## TAPE AND REEL INFORMATION

**REEL DIMENSIONS**

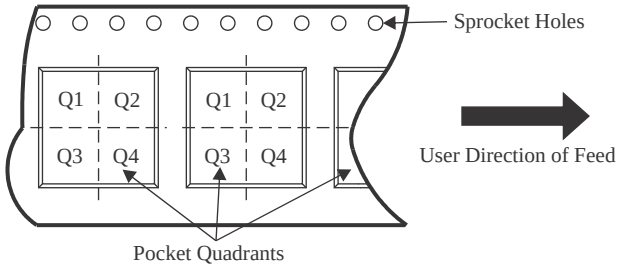



**TAPE DIMENSIONS**




| | |
|---|---|
| A0 | Dimension designed to accommodate the component width |
| B0 | Dimension designed to accommodate the component length |
| K0 | Dimension designed to accommodate the component thickness |
| W | Overall width of the carrier tape |
| P1 | Pitch between successive cavity centers |

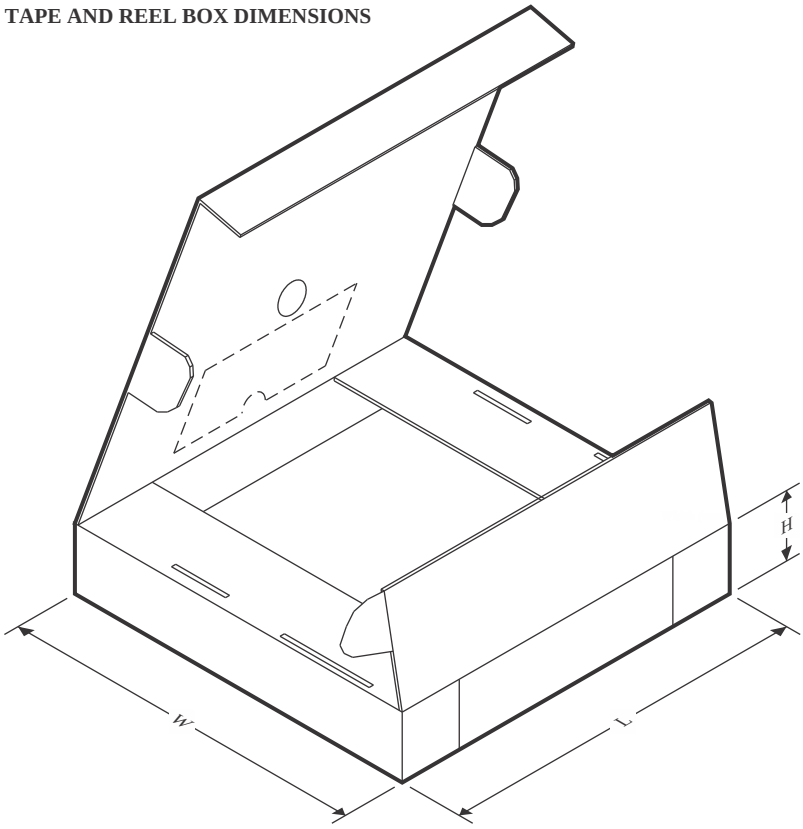
**QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE**




*All dimensions are nominal

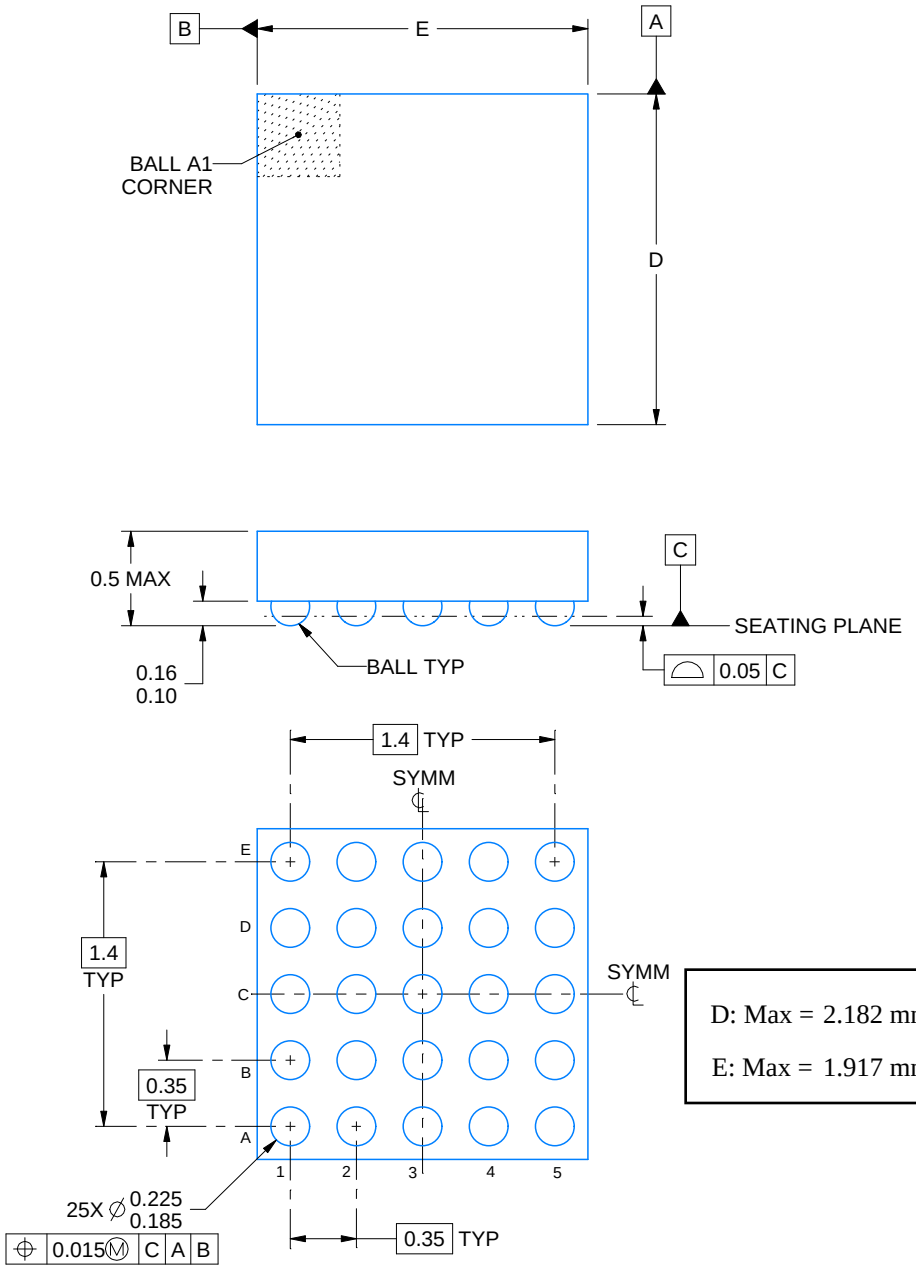
| Device | Package Type | Package Drawing | Pins | SPQ | Reel Diameter (mm) | Reel Width W1 (mm) | A0 (mm) | B0 (mm) | K0 (mm) | P1 (mm) | W (mm) | Pin1 Quadrant |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LM3645YCGR | DSBGA | YCG | 25 | 3000 | 180.0 | 8.4 | 2.06 | 2.32 | 0.7 | 4.0 | 8.0 | Q2 |

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS




*All dimensions are nominal

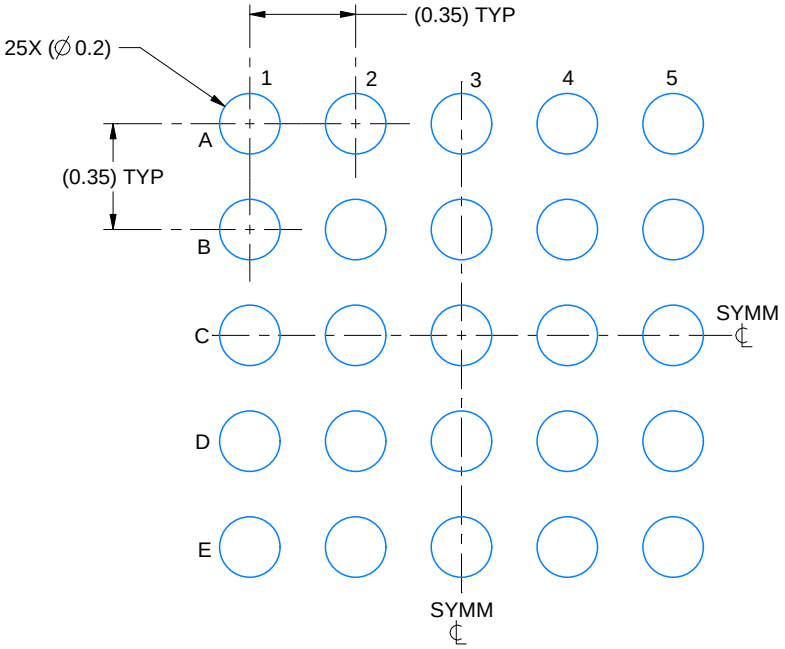
| Device | Package Type | Package Drawing | Pins | SPQ | Length (mm) | Width (mm) | Height (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LM3645YCGR | DSBGA | YCG | 25 | 3000 | 182.0 | 182.0 | 20.0 |



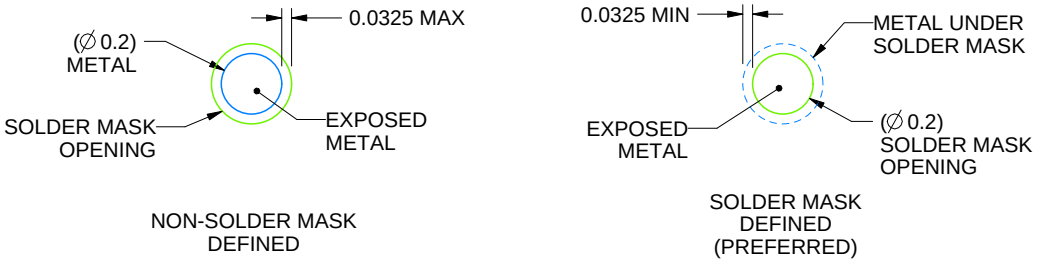

4224054/A 11/2017

NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.




LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 40X

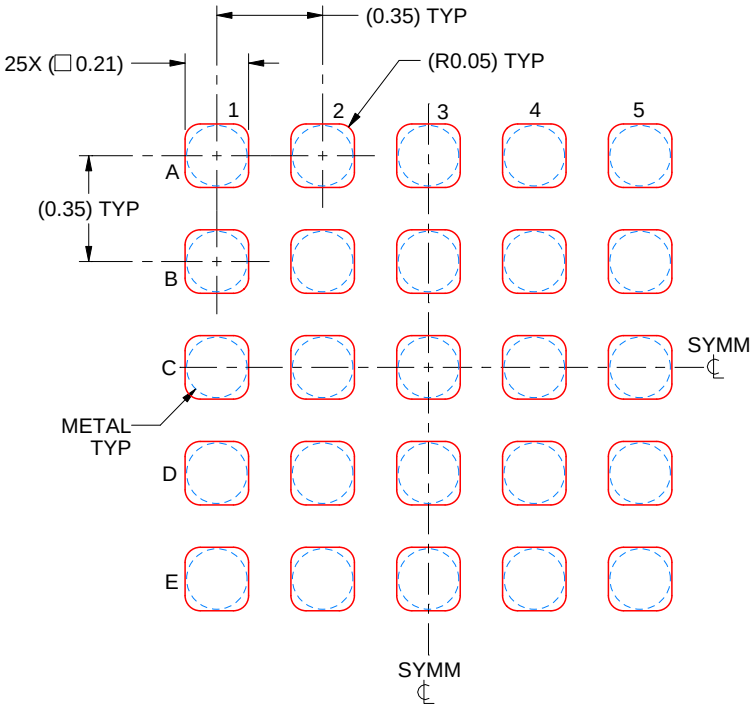



SOLDER MASK DETAILS
NOT TO SCALE

4224054/A 11/2017

NOTES: (continued)

3. Final dimensions may vary due to manufacturing tolerance considerations and also routing constraints.
See Texas Instruments Literature No. SNVA009 (www.ti.com/lit/snva009).




SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.075 mm THICK STENCIL
SCALE: 40X

4224054/A 11/2017

NOTES: (continued)

4. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release.

# 重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 销售条款)、TI 通用质量指南 或 ti.com 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。 除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月