

## 概述

BP1386 是一款采用滞环控制的深度调光的降压型 LED 恒流控制器，特别适用于 80V 以下直流输入的 0-10V 调光和 PWM 调光等 LED 恒流应用。

BP1386 的 PWM 引脚可接受 PWM 调光信号进行模数混合调光。当 PWM 占空比大于 10% 时，采用模拟调光方式，输出电流连续变化。当 PWM 占空比低于 10% 时，采用数字调光方式，输出电流被芯片内部频率约为 3.7kHz 的 PWM 信号斩波，调光深度可低至 1%。

BP1386 的 ADIM 引脚可接受直流信号设置最大 LED 输出电流，设置范围约 33%~100%。

BP1386 内置抖频功能，改善了系统 EMI。

BP1386 采用 SOP-8 封装。



## 特点

- 输入电压可达 80V
- ADIM 和 PWM 双调光接口，ADIM 输出电流可调范围 33%~100%，PWM 调光深度低至 1%
- 滞环控制模式，恒流精度  $\pm 3\%$
- 调光全程启动速度快
- 高精度 5V 基准电压
- 最大工作频率 1MHz
- 过热调节
- 封装：SOP-8

## 应用领域

- 0-10V 调光、无线智能调光
- LCD 背光照明
- 可调光 LED 灯

## 典型应用

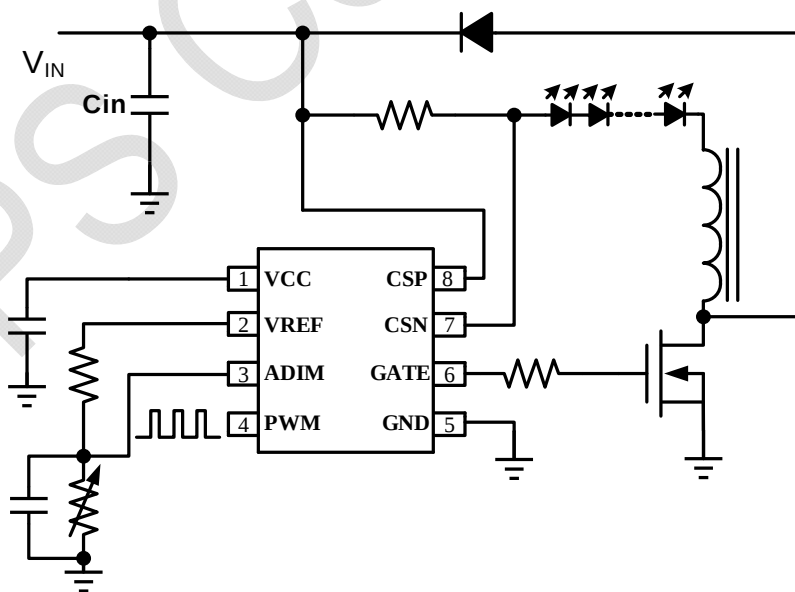


图 1 BP1386 典型应用电路

## 订购信息

| 订购型号   | 封装    | 包装形式          | 打印                         |
|--------|-------|---------------|----------------------------|
| BP1386 | SOP-8 | 卷盘<br>4,000/盘 | BP1386<br>XXXXXYZ<br>XYWWZ |

## 管脚封装

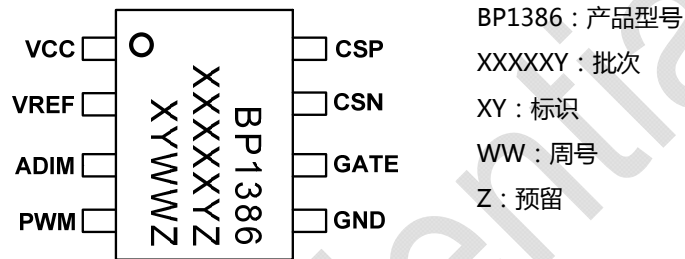


图 2 管脚封装图

## 管脚描述

| 管脚号 | 管脚名称 | 描述                         |
|-----|------|----------------------------|
| 1   | VCC  | 芯片工作电源                     |
| 2   | VREF | 5V基准电压输出端                  |
| 3   | ADIM | 模拟调光管脚，可接受 DC 电压用于设置最大输出电流 |
| 4   | PWM  | PWM 调光管脚，可接受 PWM 调光信号进行调光  |
| 5   | GND  | 芯片地                        |
| 6   | GATE | MOSFET 栅极驱动管脚              |
| 7   | CSN  | 电感电流差分采样负端                 |
| 8   | CSP  | 电感电流差分采样正端                 |

极限参数 (注 1)

| 符号                | 参数            | 参数范围    | 单位   |
|-------------------|---------------|---------|------|
| CSP, CSN          | 输入电源          | -0.3~80 | V    |
| I <sub>CC</sub>   | VCC 钳位电流      | 20      | mA   |
| GATE              | GATE 输入电压     | -0.3~20 | V    |
| VCC               | VCC 输入电压      | -0.3~9V | V    |
| VREF, ADIM, PWM   | 低压管脚输入电压      | -0.3~7  | V    |
| P <sub>DMAX</sub> | 功耗 (注 2)      | 0.45    | W    |
| θ <sub>JA</sub>   | 结到环境的热阻 (注 3) | 145     | °C/W |
| T <sub>J</sub>    | 工作结温范围        | -40~150 | °C   |
| T <sub>STG</sub>  | 储存温度范围        | -55~150 | °C   |

**注 1：**最大极限值是指超出该工作范围，芯片有可能损坏。推荐工作范围是指在该范围内，器件功能正常，但并不完全保证满足个别性能指标。电气参数定义了器件在工作范围内并且在保证特定性能指标的测试条件下的直流和交流电参数规范。对于未给定上下限值的参数，该规范不予保证其精度，但其典型值合理反映了器件性能。

**注 2：**温度升高最大功耗一定会减小，这也是由 T<sub>JMAX</sub>, θ<sub>JA</sub> 和环境温度 T<sub>A</sub> 所决定的。最大允许功耗为  $P_{DMAX} = (T_{JMAX} - T_A) / \theta_{JA}$  或是极限范围给出的数字中比较低的那个值。

**注 3：**1 平方英寸双层 PCB 板，按照 JEDEC 标准测试。

电气参数(注 4) (无特别说明情况下,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

| 符号                 | 描述            | 条件                         | 最小值  | 典型值  | 最大值  | 单位      |
|--------------------|---------------|----------------------------|------|------|------|---------|
| 电源部分               |               |                            |      |      |      |         |
| $V_{CC\_ON}$       | VCC 启动电压      | $V_{CC}$ 上升                | 5.5  | 6.5  | 7.5  | V       |
| $V_{CC\_UVLO}$     | VCC 欠压保护阈值    | $V_{CC}$ 下降                | 4.5  | 5    | 5.5  | V       |
| $V_{CC\_CLAMP}$    | VCC 钳位电压      | $V_{CSP}=30V$              | 7.6  | 7.9  | 8.4  | V       |
| $I_Q$              | VCC 静态电流      | $V_{CC} = 7V$              |      | 700  |      | $\mu A$ |
| 电流采样 (CSP, CSN)    |               |                            |      |      |      |         |
| $V_{CS\_REF}$      | 输出电流检测基准 1    | $V_{ADIM} = 2.5V$ PWM=100% | 245  | 250  | 255  | mV      |
| $V_{CS\_HYS}$      | CS 迟滞电压       | $V_{ADIM} = 2.5V$ PWM=100% |      | 75   |      | mV      |
| $V_{CS\_MIN}$      | 输出电流检测基准 2    | $V_{ADIM} = 2.5V$ PWM=10%  | 23   | 25   | 27   | mV      |
| $V_{CS\_HYS\_MIN}$ | 10%调光 CS 迟滞电压 | $V_{ADIM} = 2.5V$ PWM=10%  |      | 12   |      | mV      |
| $T_{LEB}$          | 消隐时间          |                            | 100  | 120  | 140  | ns      |
| 基准电压 (VREF)        |               |                            |      |      |      |         |
| $V_{REF}$          | VREF 基准电压     |                            | 4.85 | 5    | 5.15 | V       |
| 模拟调光 (ADIM)        |               |                            |      |      |      |         |
| $V_{ADIM\_H}$      | 模拟调光范围上限      |                            | 2.4  | 2.5  | 2.6  | V       |
| $V_{ADIM\_L}$      | 模拟调光范围下限      |                            | 0.8  | 0.83 | 0.87 | V       |
| PWM 调光 (PWM)       |               |                            |      |      |      |         |
| $V_{PWM\_ON}$      | PWM 高电平有效     |                            |      |      | 2.5  | V       |
| $V_{PWM\_OFF}$     | PWM 低电平有效     |                            | 1    |      |      | V       |
| $F_{PWM\_MAX}$     | PWM 调光输入最大频率  |                            |      |      | 2    | kHz     |
| $F_{PWM\_MIN}$     | PWM 调光输入最小频率  |                            | 0.3  |      |      | kHz     |
| $F_{PWMO}$         | PWM 斩波输出频率    |                            |      | 3.7  |      | kHz     |
| $T_{STD}$          | PWM 低电平待机计时   |                            |      | 6    |      | ms      |
| $T_{P\_MIN}$       | 最小 PWM 高电平时间  |                            | 1    |      |      | $\mu s$ |
| GATE 驱动            |               |                            |      |      |      |         |
| $I_{SOURCE}$       | GATE 上拉电流     |                            |      | 250  |      | mA      |
| $I_{SINK}$         | GATE 下拉电流     |                            |      | 350  |      | mA      |
| $T_{ON\_MAX1}$     | 满载 MOS 最大导通时间 | PWM=100%                   |      | 33   |      | $\mu s$ |

| 符号             | 描述            | 条件      | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位          |
|----------------|---------------|---------|-----|-----|-----|-------------|
| $T_{ON\_MAX2}$ | 轻载 MOS 最大导通时间 | PWM=10% |     | 14  |     | $\mu s$     |
| 过温保护           |               |         |     |     |     |             |
| $T_{OTP}$      | 过温降电流阈值       |         |     | 150 |     | $^{\circ}C$ |

注 4：规格书的最小、最大规范范围由测试保证，典型值由设计、测试或统计分析保证。

## 内部结构框图

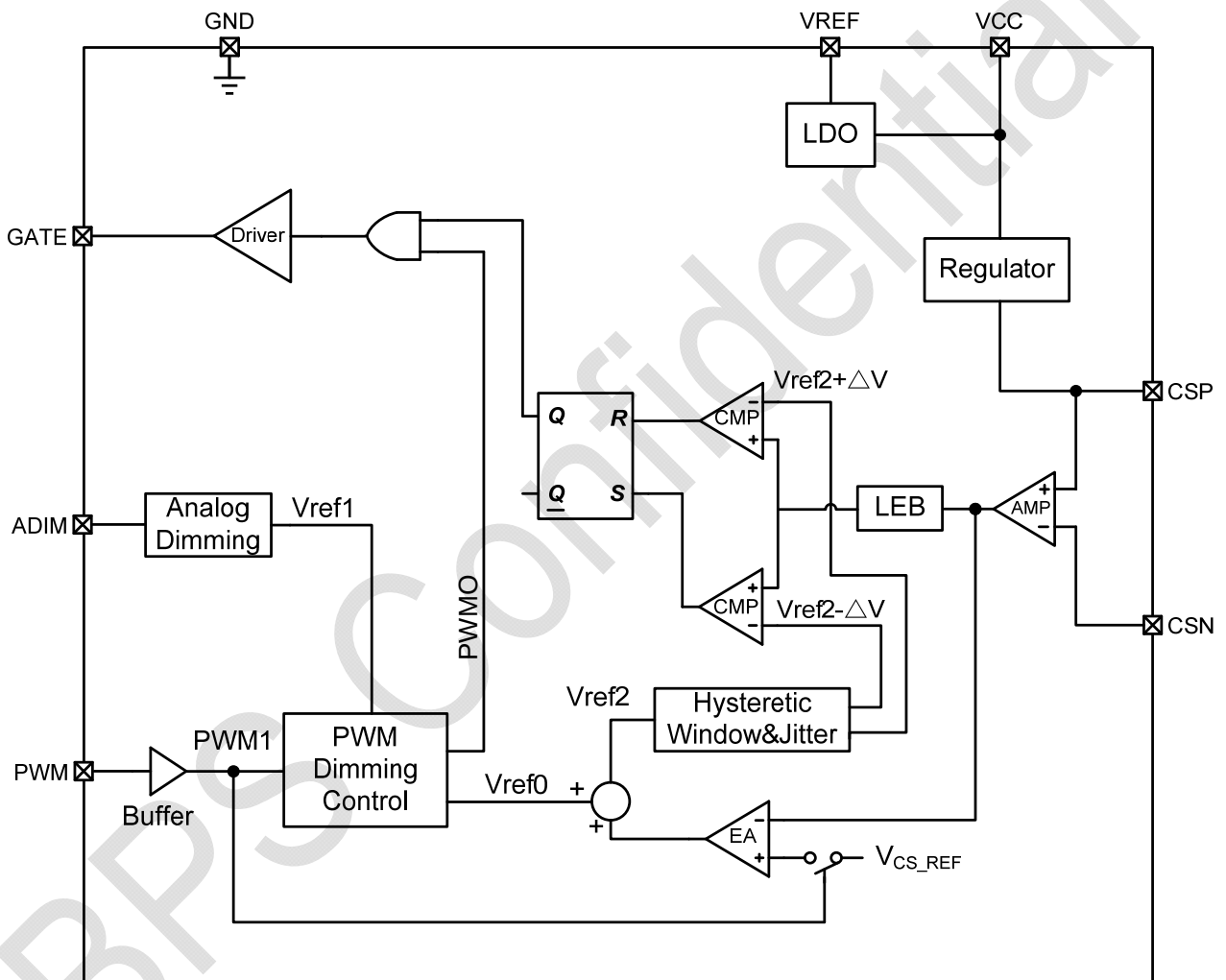


图 3 BP1386 内部框图

## 功能描述

BP1386 是一款采用滞环控制的可深度调光的降压型 LED 恒流控制器，特别适用于 80V 以下直流输入的 0-10V 调光和 PWM 调光等 LED 恒流应用。

### 芯片启动

系统上电后通过 CSP 引脚的供电电路对 VCC 电容充电，当电源电压高于  $V_{CC\_ON}$  以后，芯片电路开始工作，GATE 引脚输出驱动波形。VCC 端口的钳位电压为 8V 左右。VCC 电

压经过芯片内部 LDO 产生高精度的 5V 基准电压，并从 VREF 引脚输出。

### 输出电流

最大输出电流可通过连接在 CSP 和 CSN 之间的电阻进行设定。非调光状态时输出电流计算公式如下：

$$I_{OMAX} = \frac{V_{CS\_REF}}{R_{CS}}$$

其中  $I_{OMAX}$  为最大输出电流平均值， $R_{CS}$  为系统的电流检测电阻。

BP1386 采用滞环方式控制 Buck 降压电路。电感电流具有窗口，即上阈值和下阈值。当 MOS 导通时，电感电流线性上升至  $i_{L(peak)}$ ，随后 MOS 关断。当 MOS 关断时，电感电流下降至  $i_{L(valley)}$ ，随后 MOS 导通。电感电流窗口由 ADIM 电压和 PWM 占空比共同决定。

电感电流波形如下图所示：

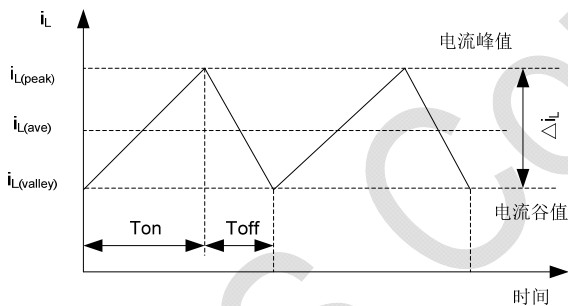


图 4 电感电流波形

### 模拟调光

BP1386 的 ADIM 脚外接直流电压来调节输出电流，有效的模拟电压范围为 0.83V-2.5V。ADIM 调光深度为  $V_{ADIM}/V_{ADIM\_H}$ 。当 ADIM 电压低于 0.83V 时 ADIM 调光深度固定为  $0.83V/2.5V=33\%$ ，ADIM 电压大于 2.5V 时 ADIM 调光深度固定为  $2.5V/2.5V=100\%$ 。通过拨码开关控制分压电阻比例，从 VREF 引脚得到不同的电压送入 ADIM 引脚，也可实现拨码分段调光的功能。

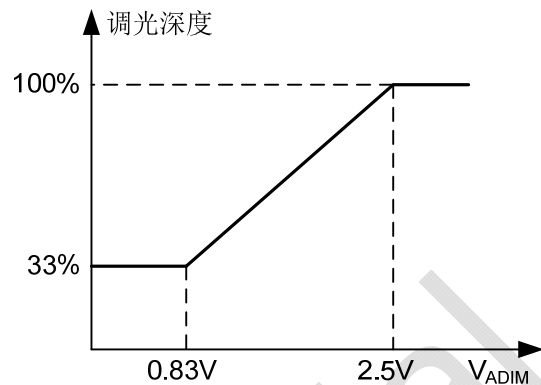


图 5 模拟调光曲线

### ADIM/PWM 综合调光

PWM 脚可接受 PWM 信号调节输出电流。当 PWM 占空比与 ADIM 调光深度的乘积大于 10%，BP1386 采用模拟调光方式，输出电流幅值随 PWM 调光信号或 ADIM 信号线性变化。当 PWM 占空比与 ADIM 调光深度的乘积小于 10% 时，BP1386 采用斩波调光方式，输出电流的斩波频率约为 3.7kHz，斩波 PWM 的占空比为输入 PWM 调光信号占空比的 10 倍。

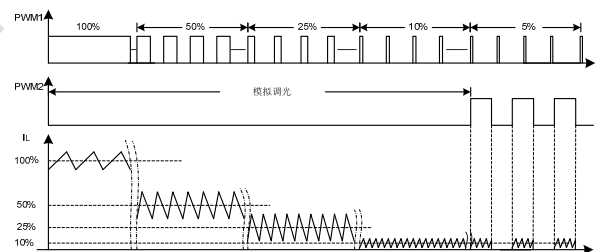


图 6 PWM 调光控制方式

### 抖频功能

BP1386 内置抖频功能，可产生 4 个台阶式的电压基准，在每个基准电压下持续工作 8 个开关周期后转入下一个基准电压，从而将开关频率进行变化，因此能量得以分散，改善了系统 EMI。

### 电感选择

由于芯片原理设定，不同的电感值，会影响到驱动的开关频率。电感值决定了电感电流在开关时的升降斜率，而电流斜率决定了 MOSFET 开关时电流从波谷到波峰和波峰到波谷

消耗的时间。

$$t_{ON} = \frac{L \times \Delta I}{V_{IN} - V_{LED} - I_{OUT} \times (FET_{R_{DS(ON)}} + DCR_L + R_{SENSE})}$$

$$t_{OFF} = \frac{L \times \Delta I}{V_{LED} + V_{DIODE} + I_{OUT} \times DCR_L}$$

DCR<sub>L</sub> 是电感的直流电阻值，V<sub>LED</sub> 是 LED 的压降，FET<sub>R<sub>DS(ON)</sub></sub> 是功率 MOSFET 的导通电阻，V<sub>DIODE</sub> 为续流二极管的压降。开关频率可由以下公式计算：FET<sub>R<sub>DS(ON)</sub></sub>

$$f_{SW} = \frac{1}{t_{ON} + t_{OFF}}$$

电感值越大，电感电流的变化越缓慢。由于从 CS 检测到 MOSFET 的开关之间存在传播延时，使得期望值和真实的纹波电流之间存在细微的差异。为补偿该差异，BP1386 内置闭环补偿，使得 LED 电流具有良好的一致性。选择电感时，不应使电流峰值超过电感的额定饱和电流。

#### 续流二极管

注意续流二极管的额定平均电流应大于流过二极管的平均电流。平均电流计算公式如下：

$$I_{avg\_diode} = I_{OUT} \times \frac{t_{OFF}}{t_{ON} + t_{OFF}}$$

注意，二极管应具有承受反向峰值电压的能力。建议选择反向额定电压大于输入电压的二极管。为了提高效率，建议选择肖特基二极管。

#### VCC 旁路电容

VCC 引脚需要并联一个 0.47uF 以上的旁路电容，电容的大小选择和驱动 MOS 的大小有关系，MOS 越大，需要的旁路电容也越大。PCB 布板的时候 VCC 电容需要紧挨着端口布局。

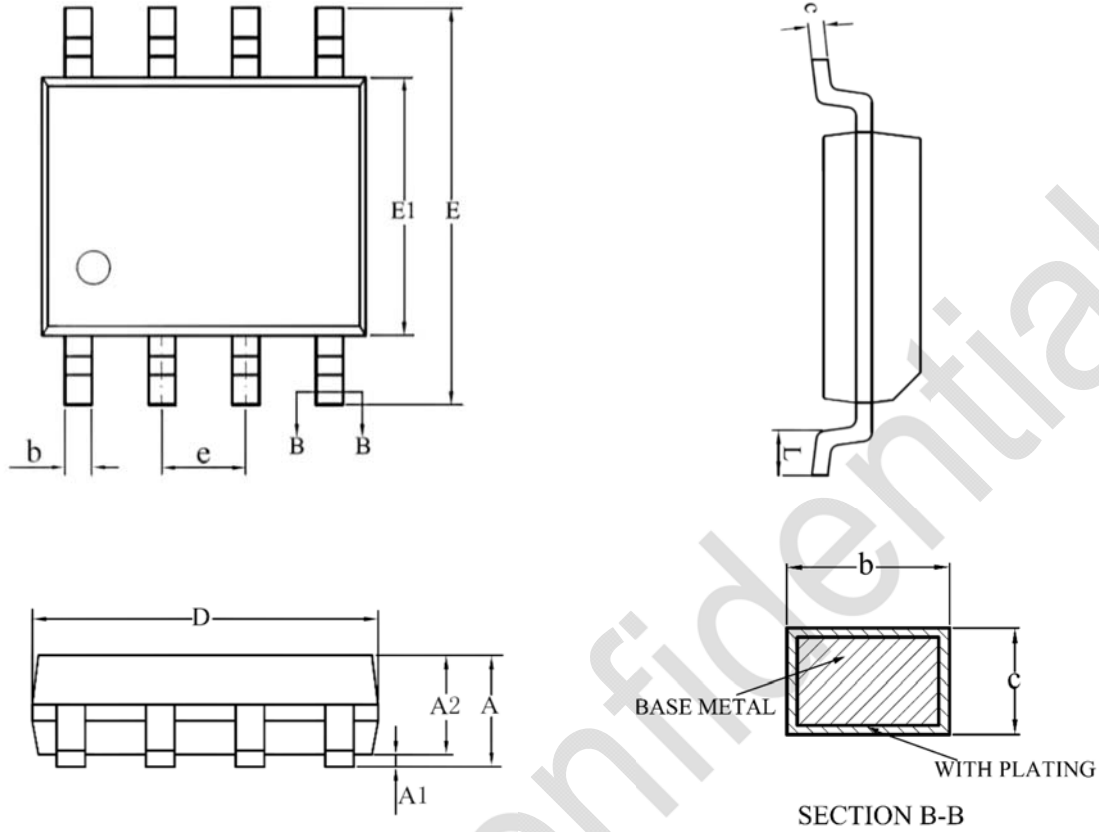
#### PCB Layout 指南

在设计 BP1386 应用电路 PCB 时，需要遵循以下建议：

- 1) MOSFET Drain 端与续流二极管、功率电感和 CS 检流电阻的布线覆铜尽可能长度短、线宽大。
- 2) CS 检流电阻与芯片 CSP 和 CSN 端口之间的连接线应尽量短。
- 3) 芯片的 VCC 电容靠近芯片布局，且 VCC 电容的 GND 端与芯片的 GND 端保持单点连接。
- 4) 系统的输入电容尽可能靠近 BP1386 系统布局，保证输入电容达到尽量好的滤波效果。

封装信息

SOP-8 封装外形尺寸



| SYMBOL | MILLIMETER |      |      |
|--------|------------|------|------|
|        | MIN        | NOM  | MAX  |
| A      | 1.30       | —    | 1.80 |
| A1     | 0.10       | —    | 0.25 |
| A2     | 1.25       | 1.40 | 1.65 |
| b      | 0.33       | —    | 0.51 |
| c      | 0.17       | —    | 0.25 |
| D      | 4.70       | 4.90 | 5.10 |
| E      | 5.80       | 6.00 | 6.20 |
| E1     | 3.70       | 3.90 | 4.10 |
| e      | 1.27BSC    |      |      |
| L      | 0.40       | —    | 1.00 |

版本信息

| 版本       | 日期      | 记录             |
|----------|---------|----------------|
| Rev. 1.0 | 2022/09 | 首次发行           |
| Rev. 1.1 | 2022/09 | 增加最小 PWM 高电平时间 |
|          |         |                |
|          |         |                |
|          |         |                |
|          |         |                |

## 免责声明

晶丰明源尽力确保本产品规格书内容的准确和可靠，但是保留在没有通知的情况下，修改规格书内容的权利。

本产品规格书未包含任何针对晶丰明源或第三方所有的知识产权的授权。针对本产品规格书所记载的信息，晶丰明源不做任何明示或暗示的保证，包括但不限于对规格书内容的准确性、商业上的适销性、特定目的的适用性或者不侵犯晶丰明源或任何第三人知识产权做任何明示或暗示保证，晶丰明源也不就因本规格书本身及其使用有关的偶然或必然损失承担任何责任。