

## Hi7000 多功能平均电流型 LED 恒流驱动器

### 1. 特性

- 支持高辉调光，调光比 65536: 1
- 平均电流工作模式
- 高效率：最高可达 95%
- 内置 5V 稳压管
- 外驱 MOS，最大驱动 50N
- 最大工作频率 1MHz
- 恒流精度  $\leq \pm 3\%$
- 支持 PWM/模拟/分段调光
- 封装：SOT23-6

### 2. 应用领域

- 景观亮化洗墙灯
- 舞台调光效果灯
- 高端汽车照明
- LCD 背光照明
- 建筑照明

### 3. 说明

Hi7000 是一款外围电路简单的多功能平均电流型 LED 恒流驱动器，适用于宽电压范围的非隔离式大功率恒流 LED 驱动领域。

芯片 PWM 端口支持超小占空比的 PWM 调光，可响应最小 60ns 脉宽。芯片采用我司专利算法，为客户提供最佳解决方案，最大限度地发挥灯具优势，以实现景观舞台灯高辉的调光效果，65536 (256\*256) 级高辉调光。PWM 端口为高电平时，芯片正常工作。为低电平时，芯片输出关闭。

芯片采用我司专利的平均电流控制算法，输出电流恒流精度  $\leq \pm 3\%$ ，且输出电流受输入输出电压、系统电感的影响小；芯片内部集成环路补偿，外围电路简洁，系统更加稳定可靠。

芯片通过对 LD 端口进行控制实现三功能切换。LD 悬空时，系统为高亮模式；LD 比 VDD 高 1V 时，系统为 1/2 电流的低亮模式；LD 接 0.2-1.2V 模拟调光信号输入时，系统为模拟调光模式。LD 高低亮切换模式，用来实现汽车 LED 照明的远近光灯切换。LD 模拟调光模式时，端口电压低于 0.2V，输出关闭。

LD、PWM 引脚悬空时，建议与 VDD 引脚短接在一起使用。

### 4. 应用电路

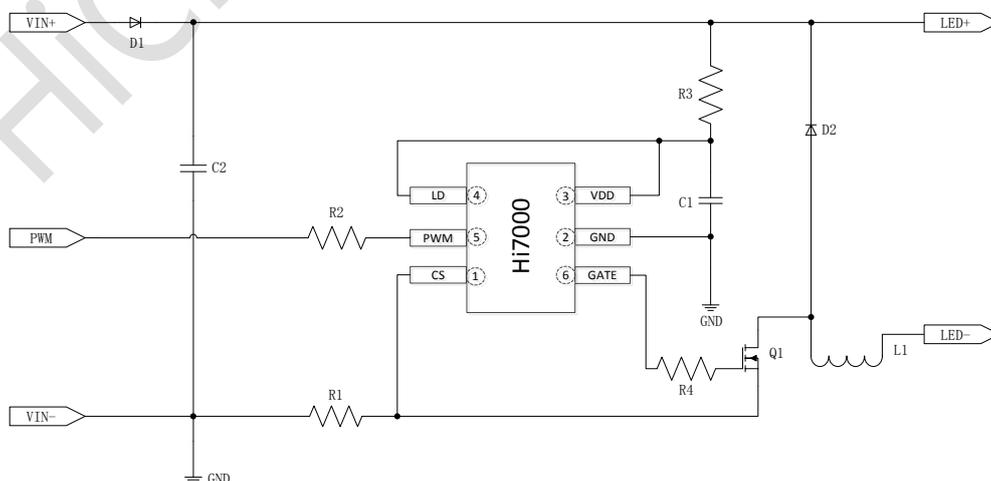


图 4-1 Hi7000 应用电路

## 5. 管脚配置

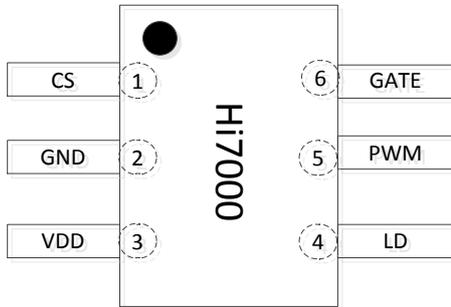


图 5-1 Hi7000 管脚图

| 编号 | 管脚名称 | 功能描述           |
|----|------|----------------|
| 1  | CS   | 电流检测端口         |
| 2  | GND  | 地              |
| 3  | VDD  | 芯片工作电源         |
| 4  | LD   | 模拟/分段调光        |
| 5  | PWM  | PWM 调光         |
| 6  | GATE | NMOS GATE 驱动管脚 |

## 6. 极限工作参数

| 符号   | 说明          | 范围       | 单位 |
|------|-------------|----------|----|
| VDD  | 芯片工作电源      | -0.3~7.0 | V  |
| VCS  | CS 输入电压     | -0.3~7.0 | V  |
| VPWM | PWM 输入电压    | -0.3~7.0 | V  |
| VLD  | 模拟或分档调光输入电压 | -0.3~7.0 | V  |
| TA   | 工作温度        | -40~125  | °C |
| TSTG | 存储温度        | -40~150  | °C |
| HBM  | 人体放电模式      | >2       | KV |

## 7. 结构框图

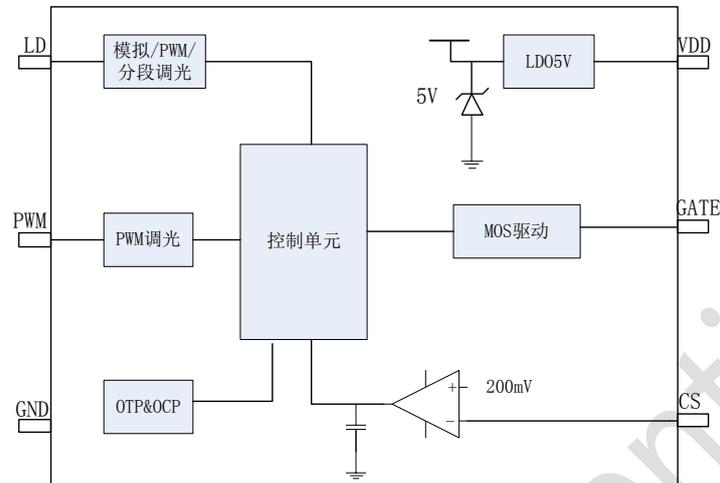


图 7-1 结构框图

## 8. 电气特性

(除非特殊说明, 下列条件均为  $T_A=25^{\circ}\text{C}$ )

| 符号       | 说明       | 测试条件            | 范围  |      |     | 单位  |
|----------|----------|-----------------|-----|------|-----|-----|
|          |          |                 | 最小  | 典型   | 最大  |     |
| VDD 工作部分 |          |                 |     |      |     |     |
| IDD      | 工作电流     | VDD=5V 、GATE 悬空 | -   | 1    | -   | mA  |
| VDDclamp | VDD 钳位电压 |                 | -   | 5.0  | -   | V   |
| IDDclamp | VDD 钳位电流 |                 |     | -    | 25  | mA  |
| OSC_MAX  | 系统最大工作频率 |                 |     | 1000 |     | KHz |
| OSC_MIN  | 系统最小工作频率 |                 | 30K |      | 50K |     |
| CS 输入部分  |          |                 |     |      |     |     |
| Vcs      | 过流判断阈值   | VDD=5V          | 216 | -    | 264 | mV  |
| VREF     | 恒流控制电压   | VDD=5V          | -   | 200  | -   | mV  |
| TLEB     | LEB 时间   |                 | -   | 120  | -   | nS  |
| 调光端口     |          |                 |     |      |     |     |

| 符号     | 说明           | 测试条件        | 范围 |     |    | 单位 |
|--------|--------------|-------------|----|-----|----|----|
|        |              |             | 最小 | 典型  | 最大 |    |
| DMAX   | 最大占空比        | -           | -  | 100 | -  | %  |
| VPWM_H | PWM 调光检测阈值上限 | PWM rising  | -  | 1.4 | -  | V  |
| VDIM_L | PWM 调光检测阈值下限 | PWM falling | -  | 0.8 | -  | V  |
| VLD_H  | 模拟调光起始阈值上限   |             |    | 1.2 |    | V  |
| VLD_L  | 模拟调光起始阈值下限   |             |    | 0.2 |    | V  |
| ILD_F  | 分档调光下拉电流     |             |    | 20  |    | uA |
| 过温保护   |              |             |    |     |    |    |
| Tovt   | 过温保护阈值       | 过温降电流的方式-   | -  | 140 | -  | ℃  |

## 9. 应用说明

Hi7000 是一款外围电路简单的多功能平均电流型 LED 恒流驱动器，适用于超宽电压范围的非隔离式恒流 LED 驱动领域。通过对 CS 端口的电流采样来实现精准的电流控制，芯片集成了多种调光模式，拓展了系统应用。

### 9.1. 输出电流

输出电流由芯片内部的误差放大器采样并且和内部的 0.2V 进行比较以及误差放大，从而实现系统的恒流控制，输出电流公式如下：

$$I_{out} = \frac{0.2V}{RCS} A$$

其中  $I_{out}$  为输出电流， $Rcs$  为系统的检流电阻。

### 9.2. 芯片启动

系统上电后通过启动电阻对连接于电源引脚 VDD 的电容充电，当电源电压高于 4.2V 后，芯片电路开始工作，直到 VDD 端口电压稳定达到钳位电压 5.2V 左右，芯片的供电电流主要有 VDD 端口接入的电阻 R3 提供，对于不同的功率 MOS，需要调整该电阻的大小以适应系统的电流损耗，MOS 越大，电阻越小，输入电压越低，需要的电阻越小。

### 9.3. 调光设置

通过给 LD 设置，可以让芯片实现不同的调光功能。

当 LD 外接电阻拉高时（上拉电流大于 20uA），芯片进入 1/2 低亮模式，LD 悬空时，芯片进入高亮工作模式。

当 LD 接入 0.2V~1.2V 模拟信号时，芯片进入模拟调光模式，当 LD 端口低于 0.2V 以下关闭输出，该功能主要为电动车的远光以及近光灯切换应用而设计，可以简化外围系统，降低成本，提高集成度，而且 LD 端口也可以实现 PWM 调光的功能，用 LD 端口进行 PWM 调光的时候 LD 端口的高电平要超过 1.2V。

此外 PWM 端口支持超小占空比的 PWM 调光，可以响应 <60ns 的 PWM 脉宽波形，当 PWM 信号为低电平，输出关闭，当 PWM 信号为高电平，输出开启，悬空的时候默认该端口为高电平输入。

### 9.4. 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。电感值决定了输出电流在开关时的升降斜率，而电流斜率决定了 FET 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> 为蓄流二极管的压降。

开关频率可由下公式计算：

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

电感值越大，输出电流的开关越缓慢。由于 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。但是，选择电感时，不应使电流峰值超过电感的额定饱和电流。

### 9.5. 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 V<sub>IN</sub> 的二极管。为了提高效率，建议选择快恢复的肖特基二极管。

## 9.6. VDD 供电电阻

芯片的主要是通过一个供电电阻 R3 到芯片 VDD 提供芯片的工作电流，通常情况下，VDD 满足

$$VDD = VIN - I_D \times R_3$$

公式中可以看出，R3 过大会导致系统供电不足，过小则会导致功耗过大、芯片过热。而且该电阻的选择还与开关频率有一定的关系，系统频率越高，需要 R3 的阻值越小。

下面以一个输出电流为 1A 的系统给出设计指导，电感为 47uH，

| VIN (V) | 5   | 12   | 24   | 36   | 48 |
|---------|-----|------|------|------|----|
| R3(Ω)   | 100 | 1~2K | 2~4K | 3~5K | 5K |

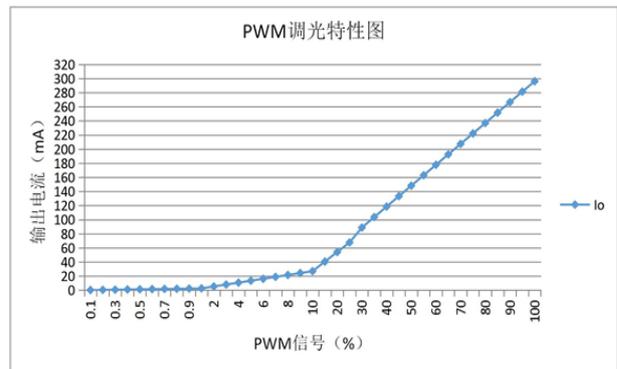
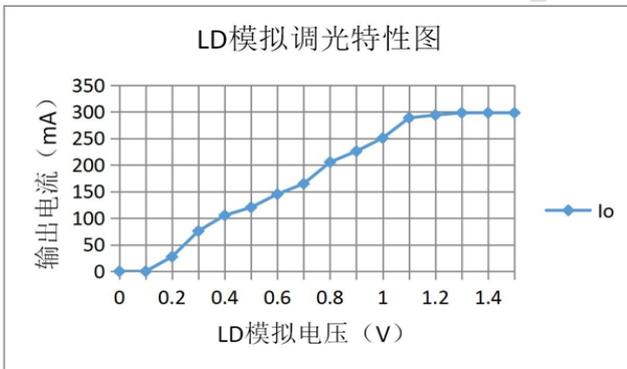
## 9.7. VDD 旁路电容

VDD 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 VDD 电容需要紧挨着端口布局。

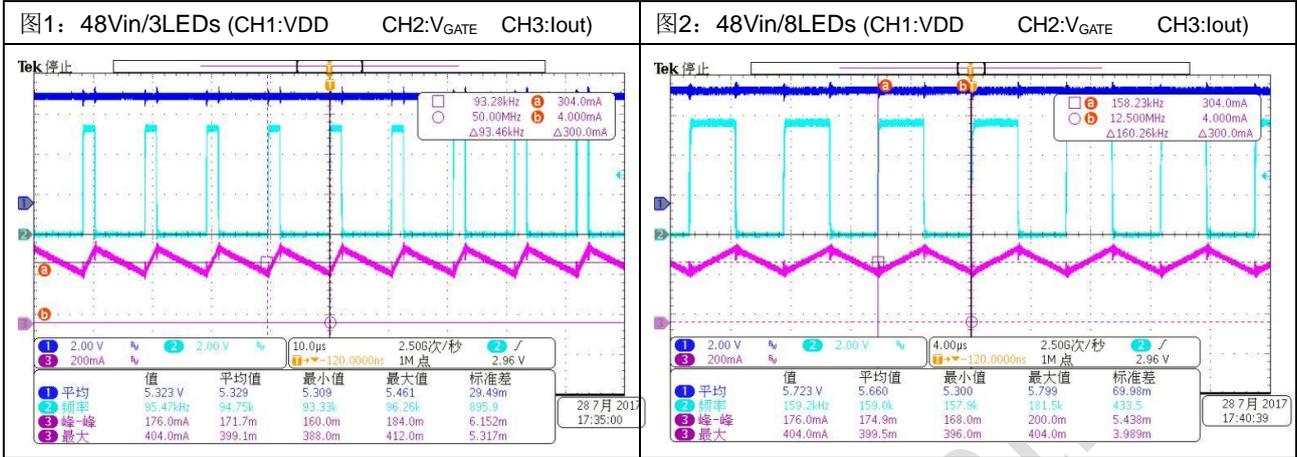
## 10. 典型特性曲线

### 10.1. 调光特性

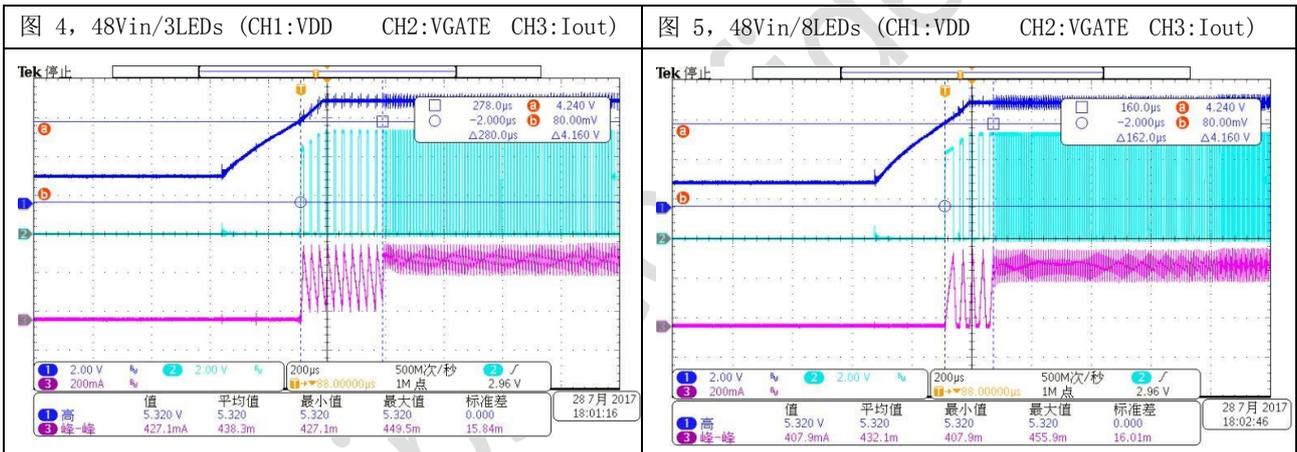
$T_A=25^\circ\text{C}$ ,  $I_{OUT}=300\text{mA}$



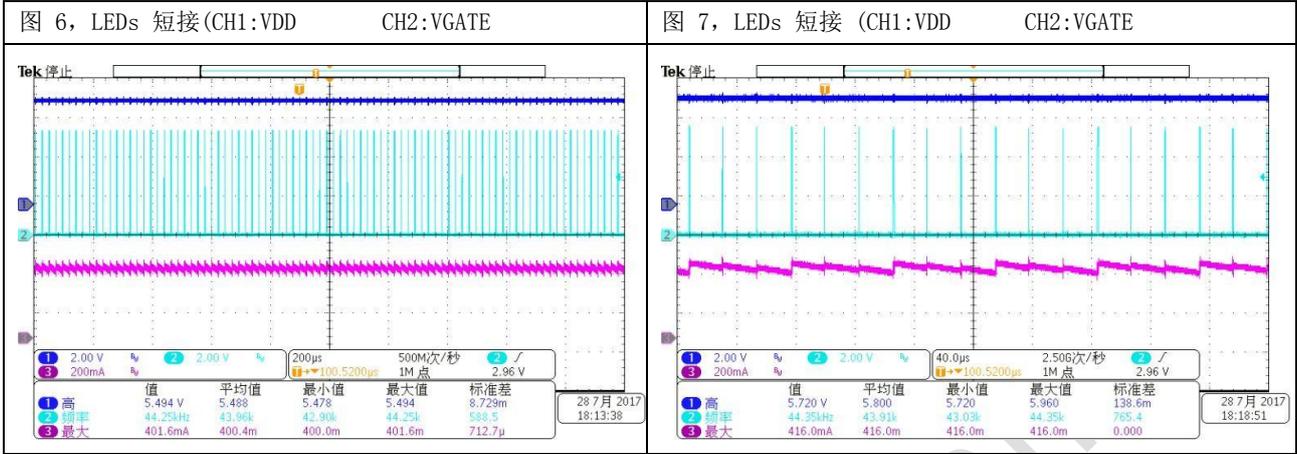
10.2. 稳态波形



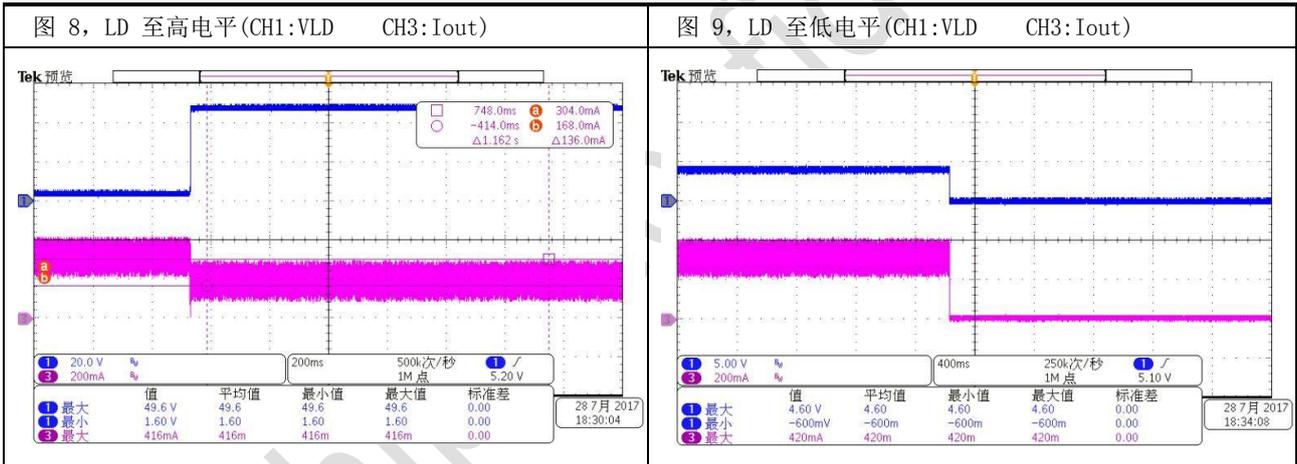
10.3. 启动波形



10.4. 输出短路波形



10.5. LD 分段调光波形



10.6. PWM 调光波形

图 10, PWM 至低电平(CH1:VDIM CH3:Iout)

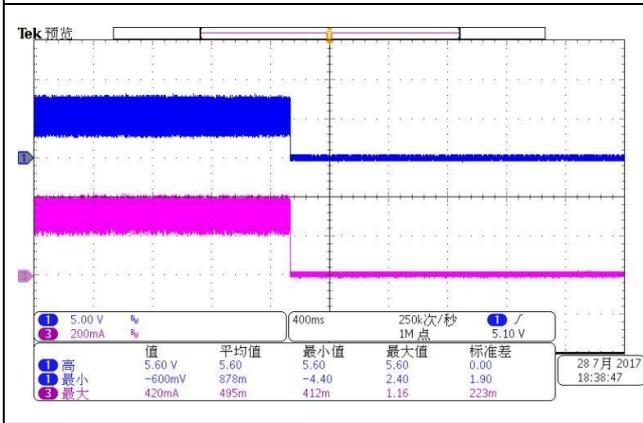


图 11, PWM 调光(100Hz/0.1%) (CH2:PWM CH3:Iout)

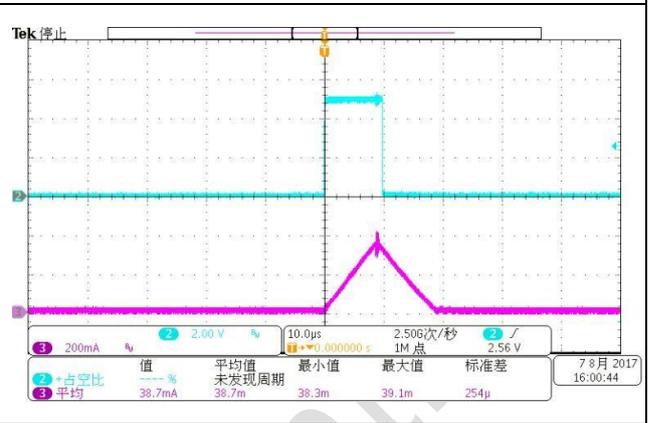


图 12, PWM 调光(100Hz/1%) (CH2:PWM CH3:Iout)

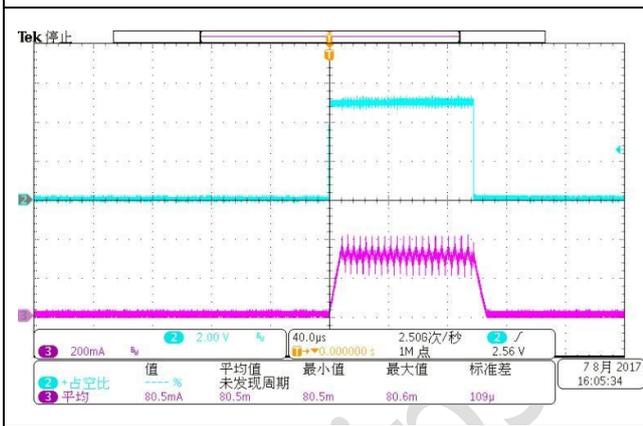


图 13, PWM 调光(100Hz/10%) (CH2:PWM CH3:Iout)

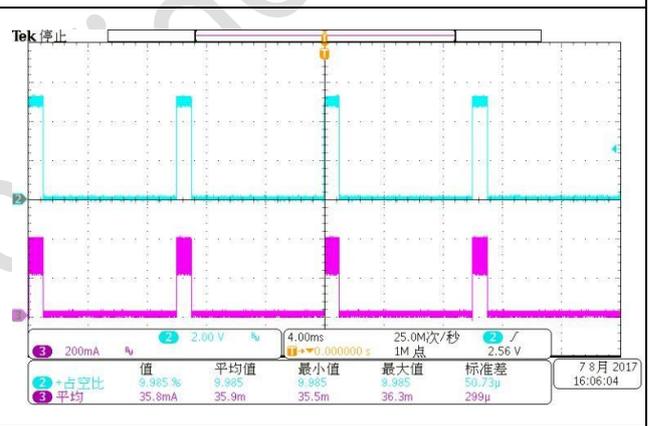


图 14, PWM 调光(100Hz/50%) (CH2:PWM CH3:Iout)

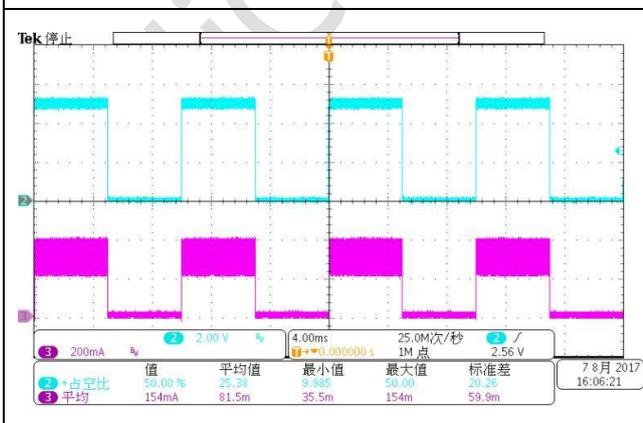
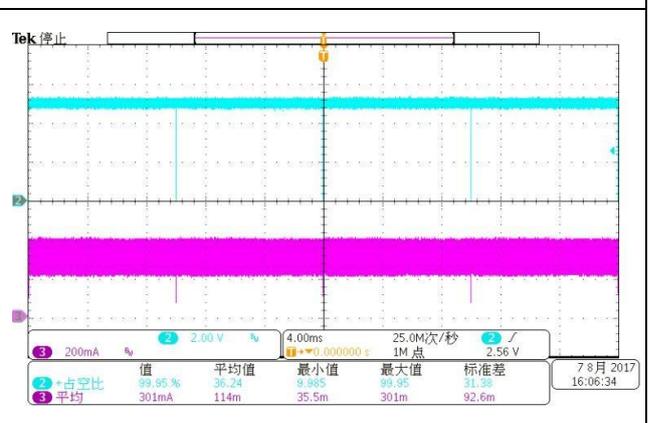


图 15, PWM 调光(100Hz/100%) (CH2:PWM CH3:Iout)



## 11. PCB 设计注意事项

一个好的 PCB 设计能够最大程度地提高系统的稳定性、终端产品的量产良率。为了提高 Hi7000 系统 PCB 的设计水准，请尽可能遵循以下布局布线规则：

1. 芯片 D 端或 MOSFET Drain 端与续流二极管、功率电感的布线覆铜尽可能长度短、线宽大；
2. 芯片 D 端或 MOSFET Source 端与 CS 检流电阻的布线覆铜，CS 检流电阻与输入电容 GND 的布线覆铜，都应尽可能长度短、线宽大；
3. 芯片的 VDD 电容靠近芯片布局，且 VDD 电容的 GND 端与 CS 检流电阻 GND 端保持单点连接；
4. 系统的输入电容尽可能靠近 Hi7001A 系统布局，保证输入电容达到最好的滤波效果；
5. 当 Hi7000 系统工作在 RGBW 并联工作时，多路系统与 LEDs 模组连接推荐共阳布线，示意图见图 11-1；

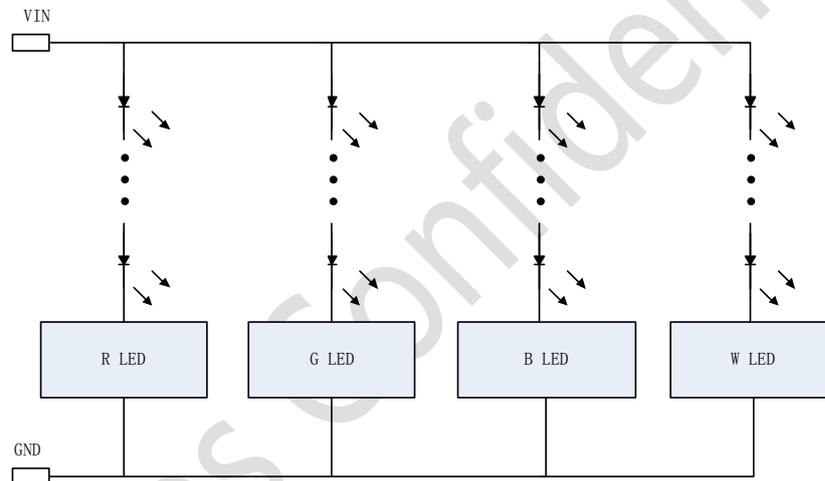
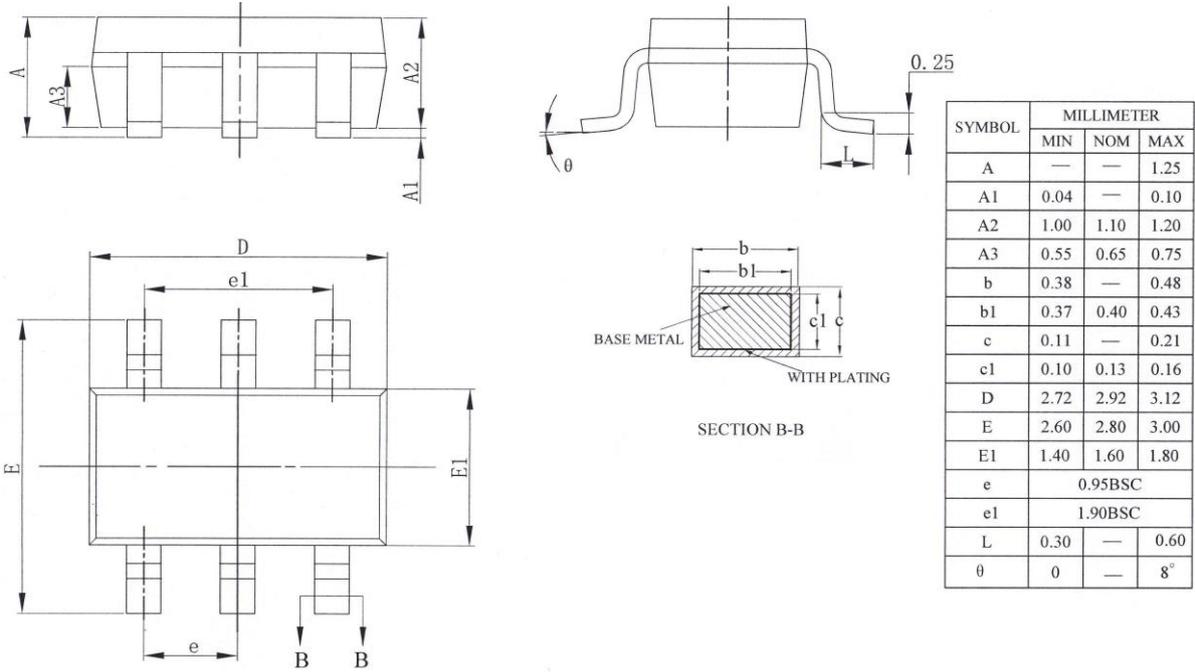


图 11-1 四路共阳连接电路示意图

12. 封装信息



HiChips Cont...