

Hi7331 高精度无频闪调光降压 LED 恒流驱动器

1. 特性

- 支持 100:1 调光比
- 工作电压范围 6.5-75V
- 转换效率>95%
- 负载调整率 $\leq \pm 0.5\%$
- 低待机功耗
- 真正无频闪调光
- 支持调光频率超过 32K
- 支持 PWM 转模拟调光
- 内置 80V LDO 供电
- 恒流精度 $\leq \pm 3\%$
- 支持过温降电流
- 封装: ESSOP10

2. 应用领域

- 0~10V 调光
- Dali 调光
- 智能照明
- 医疗照明

4. 芯片选型及订购

型号	输出电流	驱动方式	封装形式	包装方式	数量 (颗/盘)	订购号
Hi7331	$\leq 1.5A$	内置 MOS	ESSOP10	编带	4000	Hi7331-EP10ERSYY

3. 说明

Hi7331 是一款外围电路简洁的宽调光比无频闪降压调光 LED 恒流驱动器, 适用于 6.5-75V 输入电压范围的 LED 恒流照明领域。

Hi7331 采用我司专利算法, 可以实现高精度的恒流效果, 输出电流恒流精度 $\leq \pm 3\%$, 负载调整率 $\leq \pm 0.5\%$, 可以轻松满足宽输入输出电压的应用需求, 全程调光无频闪。

PWM 调光支持高辉应用, 支持 100Hz 以上的调光频率, 分辨率超过 100:1, 调光全程无频闪。DIM 管脚内置上拉, 不使用时可以悬空。

芯片的输出电流通过 ISENSEN 对 ISENSEP 端口的检流电阻来设定, 支持降压共阳接法。

支持过温降电流、过流保护。

5. 管脚配置

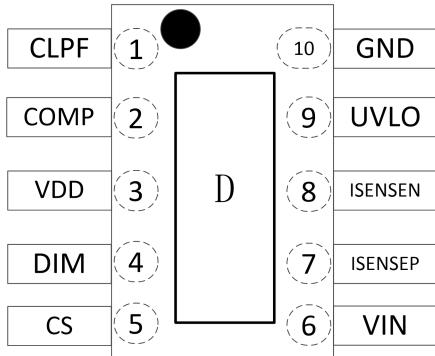


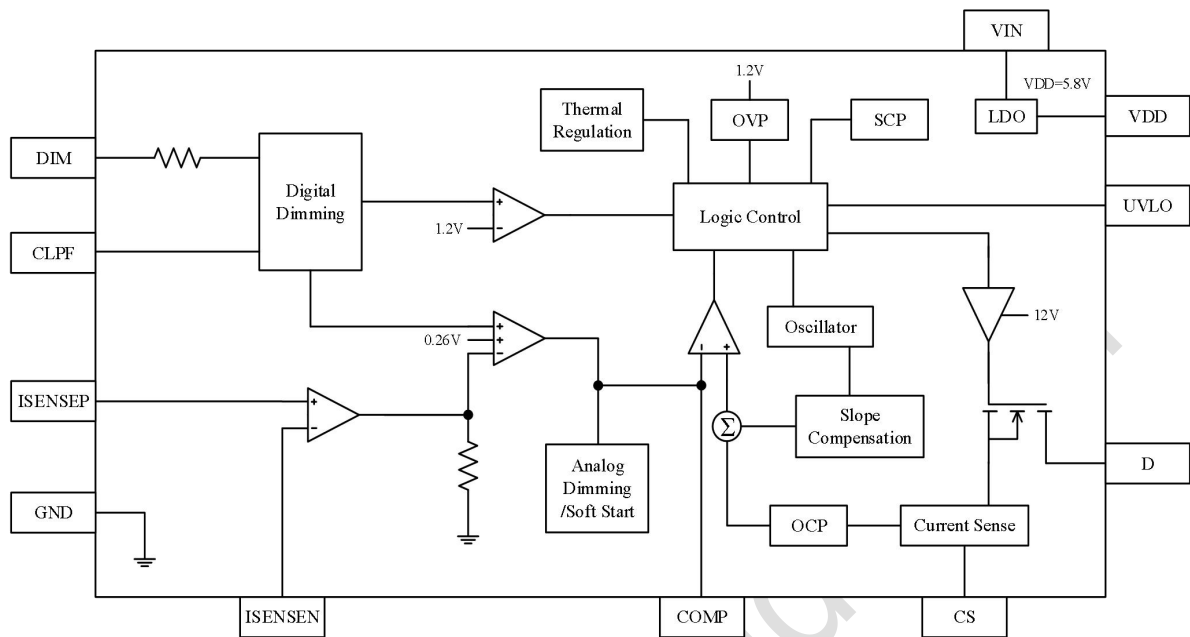
图 5.1 Hi7331 管脚图

编号	管脚名称	功能描述
1	CLPF	基准滤波电容
2	COMP	环路补偿
3	VDD	内部电源
4	DIM	PWM 转模拟调光
5	CS	峰值电流检测
6	VIN	电源输入
7	ISENSEP	电流检测正极
8	ISENSEN	电流检测负极
9	UVLO	欠压保护设置
10	GND	芯片地
EP	D	功率 MOS 的 DRAIN 端输出

6. 极限工作参数

符号	说明	范围	单位
VIN	外部供电输入	-0.3~80	V
ISENSEP	电流检测正极	-0.3~80	V
ISENSEN	电流检测负极	-0.3~80	V
D	功率 MOS 的 DRAIN 端输出	100	V
CS	峰值电流检测管脚	-0.3~60	V
其余管脚	VDD、COMP、CLPF、DIM、UVLO	-0.3~6	V
TSTG	存储温度	-40~150	°C
TA	工作温度	-40~125	°C
ESD	HBM 人体放电模式	>2	KV

7. 结构框图



8. 应用电路

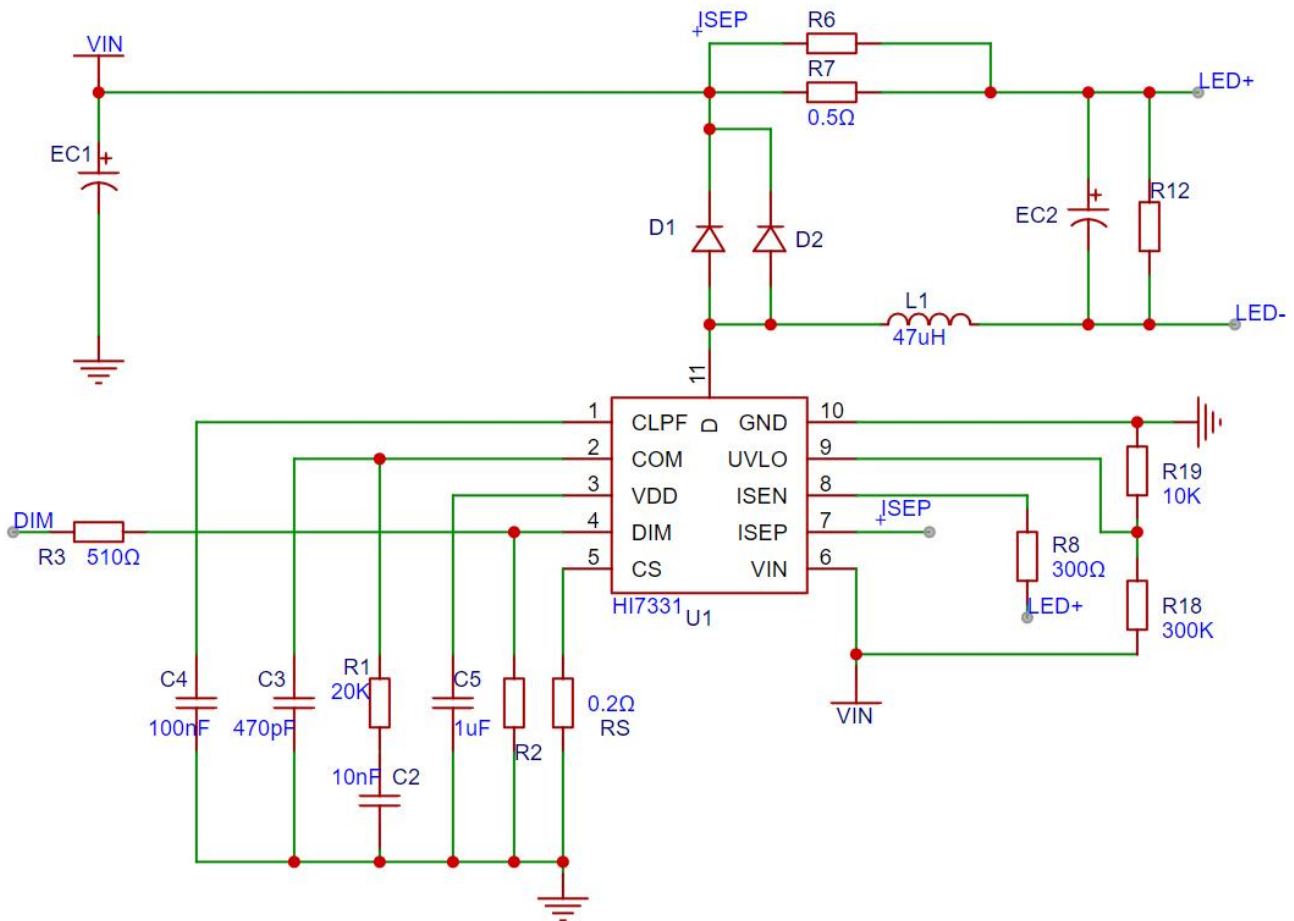


图 8.1 常规接法应用电路

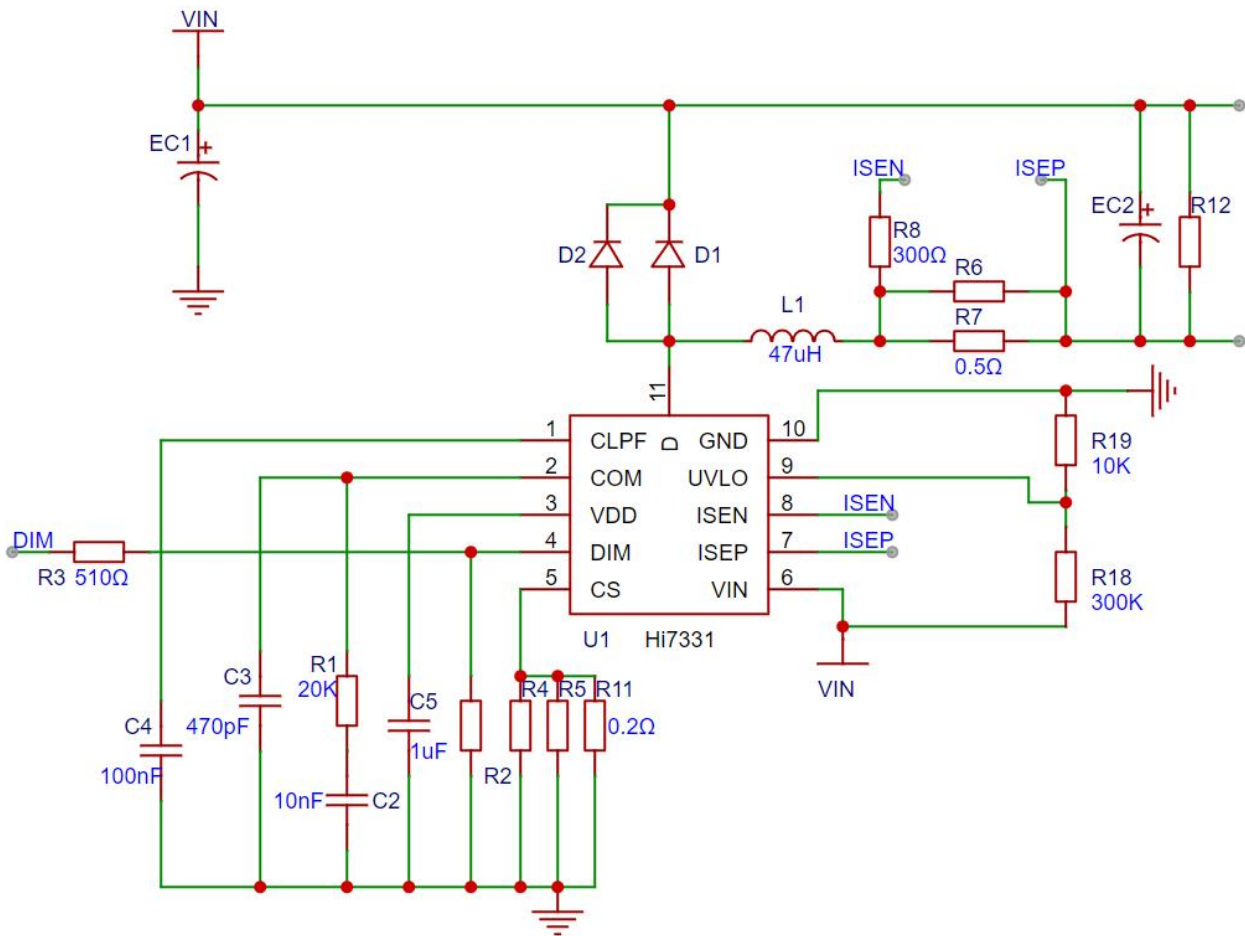


图 8.2 共阳接法应用电路

9. 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	
VIN 工作部分						
I _{DD}	工作电流	V _{IN} =6.5V	-	1	-	mA
I _{STANDBY}	休眠待机电流		-	-	80	uA
V _{IN}	V _{IN} 电压范围		6.5	-	75	V
V _{DD}	V _{DD} 电压		-	5.8V	-	V
U _{VLO}	欠压保护范围		3	-	6	V
恒流工作部分						
V _{CS}	恒流调节电压	V _{IN} =6.5V	-	-	340	mV
V _{IN} -V _{SENSE}	电流检测基准电压		-	260	-	mV
震荡器						
D _{MAX}	最大占空比		-	90	-	%
F _{SW}	开关频率		-	130	-	KHz
调光端口						
V _{DIM_H}	PWM 调光检测阈值上限	PWM rising	1.2	-	-	V
V _{DIM_L}	PWM 调光检测阈值下限	PWM falling	-	-	0.8	V
GATE 驱动						
I _H	驱动上拉电流		-	400	-	mA
I _L	驱动下拉电流		-	600	-	mA
可靠性						
T _{OVT}	过温保护	过温降电流的方式	-	134	-	°C

10. 应用说明

Hi7331 是一款外围电路简洁的宽调光比降压调光 LED 恒流驱动芯片，适用于 6.5-75V 输入电压范围的 LED 恒流照明领域。芯片采用本司专利的恒流控制算法，输出电流精度在±3%以内，负载调整率<±0.5%，可以做到 100:1 的无频闪调光。

10.1. 输出电流

输出电流通过 ISENSEN 对 ISENSEP 端口的检流电阻采样并且和内部的 0.26V 进行比较，从而实现系统的恒流控制，输出电流公式如下：

$$I_{out} = \frac{0.26V}{R_{se}} A$$

其中 Iout 为输出电流，Rse 为系统的检流电阻。

10.2. 芯片启动

系统上电后通过 VIN 管脚对芯片供电，对连接于电源引脚的 VDD 电容充电，当电源电压高于 6.5V 后，芯片电路开始工作，直到 VDD 端口电压稳定达到钳位电压 5.8V 左右。

10.3. 调光设置

DIM 端口支持 PWM 转模拟调光和低功耗待机使能，芯片检测到 DIM 端口低电平时间超过 80ms，芯片进入低待机模式，此时芯片工作电流<80uA，当 DIM 端口电平为高，芯片被唤醒，退出低待机模式，继续工作，PWM 转模拟调光，全程无频闪。

DIM 管脚内置上拉，不使用时可以悬空。

10.4. 输入欠压保护设置

通过电阻 R1 和 R2 可以设置输入的欠压保护电压，输入保护电压要比正常工作电压低 20%。UVLO 端口为欠压保护检测端口，当 UVLO 电压低于 1.1V 时芯片的 GATE 开关输出关闭，当 UVLO 的电压高于 1.2V 时芯片的 GATE 开关输出重新开始，以确保输入电压不会低于设定电压，迟滞为 0.1V。

UVLO 脚位需外接一个下拉电阻 R2，应用中对 UVLO 端口和 VIN 直接接入一个电阻 R1 即可实现过压保护：

$$V_L = \frac{1.2 \times (R1 + R2)}{R2} (V)$$

10.5. 电感选择

电感的选择可通过计算公式算出：

$$L = \frac{(V_{IN} - V_{OUT}) \times V_{OUT} \times 10^6}{r \times I_{OUT} \times f \times V_{IN}} (uH)$$

V_{IN} ：输入电压， V_{OUT} ：输出电压， I_{OUT} ：输出电流， r ：电流纹波率， f ：工作频率。

举例： $V_{IN}=48V$ 、 $V_{OUT}=36V$ 、 $I_{OUT}=1A$ 、 $f=130kHz$ 、 $r=0.35$ ，代入公式计算得电感 $L \approx 198uH$ ，选用 200uH

电感的选择影响功率、效率、稳态运行、瞬态行为和回路的稳定性。电感值决定了电感的纹波电流。选用电感需要注意其额定饱和电流以及是否适合高频调光。

电感平均电流计算公式：

$$I_{AVG} = I_{OUT} (A)$$

电感峰峰值电流计算公式：

$$I_{PP} = \frac{V_{OUT}}{L \times f} \times \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}\right) (A)$$

电感峰值电流计算公式：

$$I_{PK} = I_{OUT} \times \left(1 + \frac{r}{2}\right) (A)$$

10.6. 续流二极管选择

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。二极管平均电流计算公式如下：

$$I_D = I_{OUT} \times \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}\right) (A)$$

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_{IN} 的二极管。为了提高效率，选择肖特基二极管。

10.7. 峰值电流检测电阻选择

芯片通过 CS 电阻在 MOSFET 打开时检测峰值电流。检测信号将增加控制回路的坡度补偿。CS 峰值电流检测电阻计算公式如下：

$$R_{CS} = \frac{2 \times f \times L \times (V_{IN} - V_{OUT})}{2 \times f \times L \times I_{OUT} \times V_{IN} + V_{IN} \times V_{OUT} - V_{OUT}^2} (\Omega)$$

V_{IN} : 输入电压, V_{OUT} : 输出电压, I_{OUT} : 输出电流, L : 电感值, f : 工作频率。

举例: $V_{IN}=48V$ 、 $V_{OUT}=36V$ 、 $I_{OUT}=1A$ 、 $f=130kHz$ 、 $L=100\mu H$, 代入公式计算得 $R_{CS} \approx 0.186\Omega$, 选用 0.1Ω 。

10.8. 电容选择

贴片电容建议选用 X5R、X7R 材质。

VDD 管脚需要并联一个 $1.0\mu F$ 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 布板时, VDD 电容需要紧挨着端口布局。

10.9. 过温处理

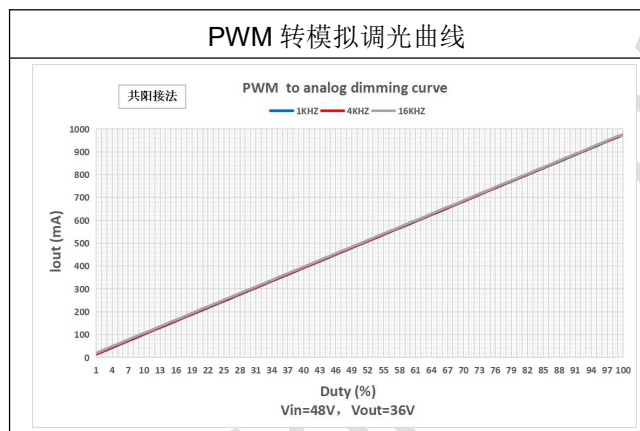
当芯片温度过高时, 系统会限制输入电流峰值, 典型情况下当芯片内部温度达到 $134^{\circ}C$ 以上时, 过温调节开始起作用; 随温度升高, 输入电流逐渐减小, 从而限制输入功率, 增强系统可靠性。

11. 典型特性曲线

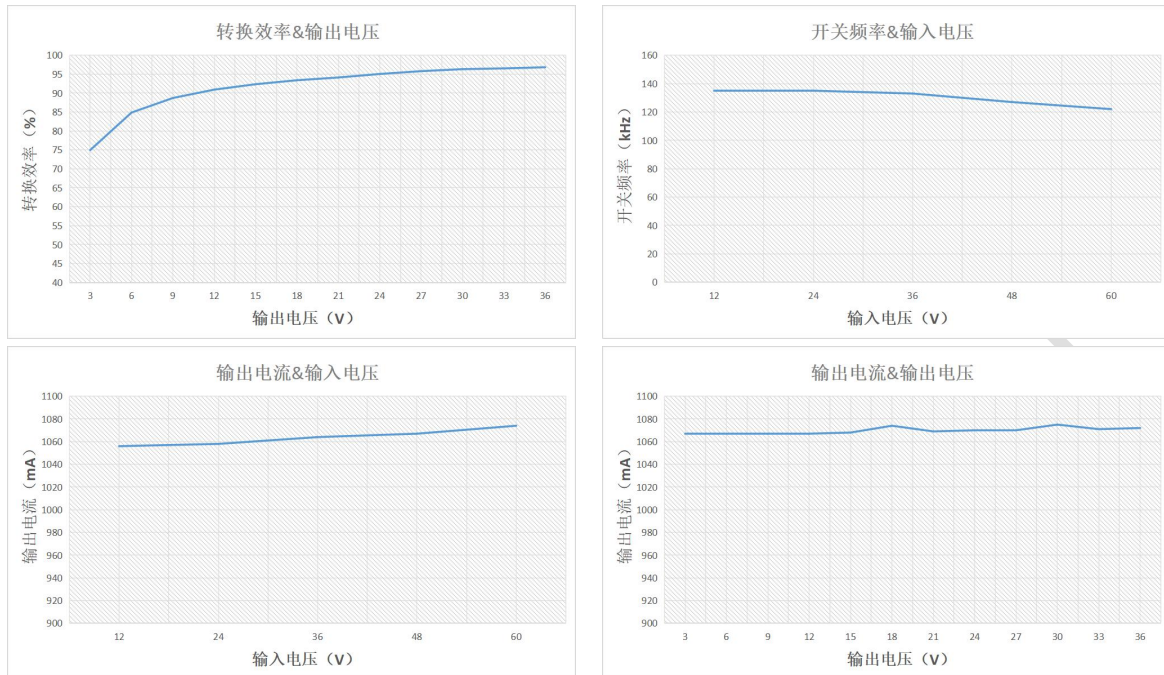
11.1. 调光特性曲线

以下曲线是在降压共阳型应用条件下测试：

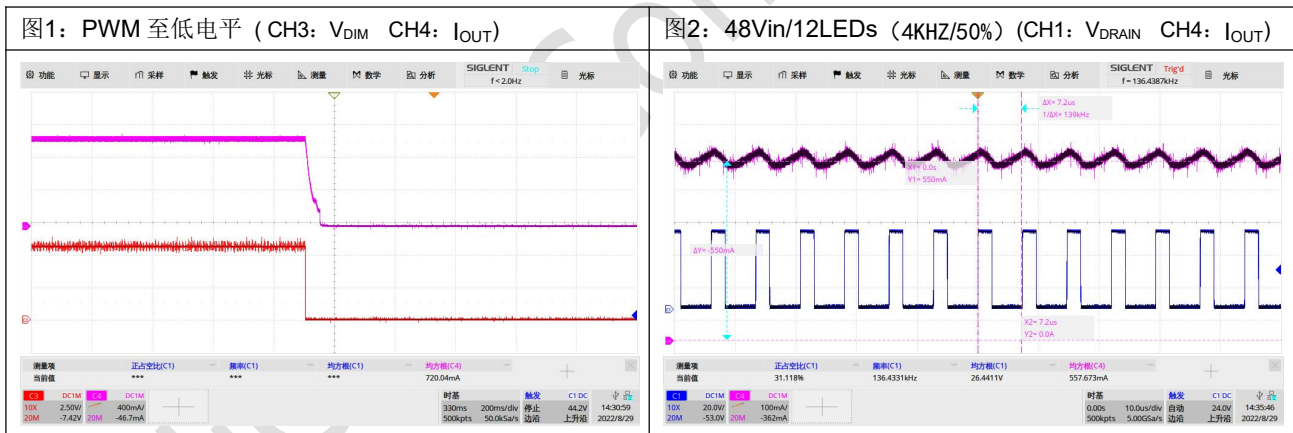
$V_{in}=48V$ ； $V_{out}=12$ 串 4 并白灯； $I_{out}=974/1050mA$ ；输入输出高频噪声滤波电容：100nF/100V；补偿：20K+10nF 并 100pF； $f=128kHz$ ； $L=47\mu H(127)/68\mu H$ ；输入、输出电解=47 μF /100V；续流二极管=SS510；



11.2. 典型曲线



11.3. PWM 调光波形



11.4. 稳态波形

图5: 24Vin/6LEDs (CH1: V_{DRAIN} CH4: I_{OUT})

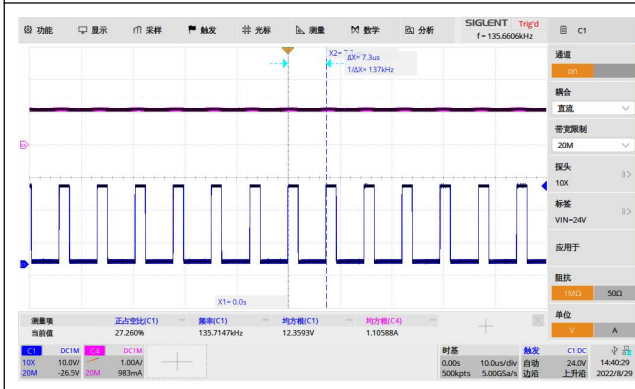
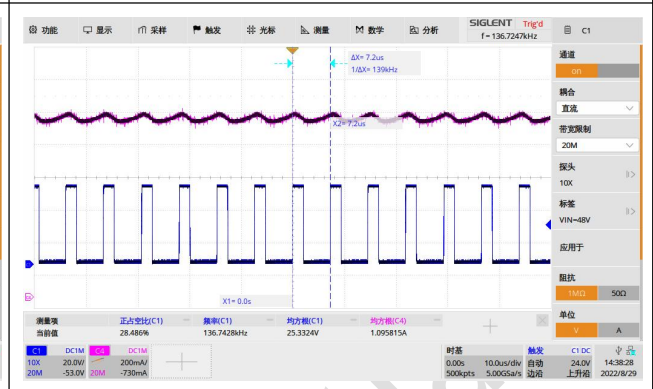


图6: 48Vin/12LEDs (CH1: V_{DRAIN} CH4: I_{OUT})



11.5. 开关机波形

图7: 24Vin/6LEDs (CH1: V_{DRAIN} CH4: I_{OUT})

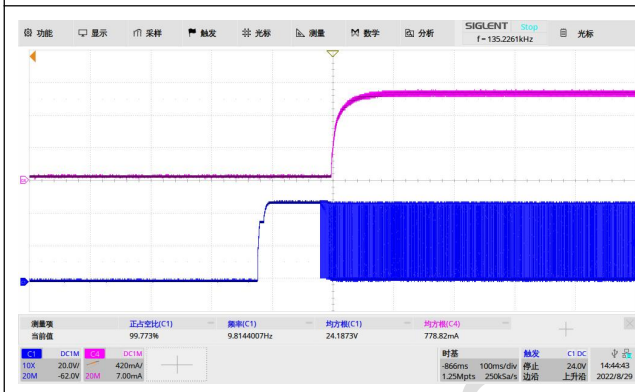
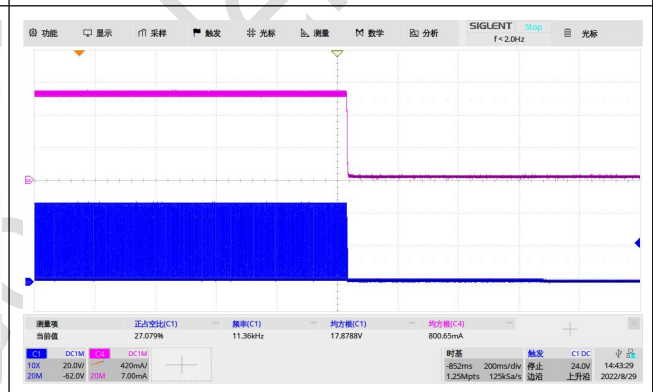


图8: 48Vin/12LEDs (CH1: V_{DRAIN} CH4: I_{OUT})



11.6. 输出短路波形

图9: 48Vin/12LEDs (CH1: V_{DRAIN} CH4: I_{OUT})

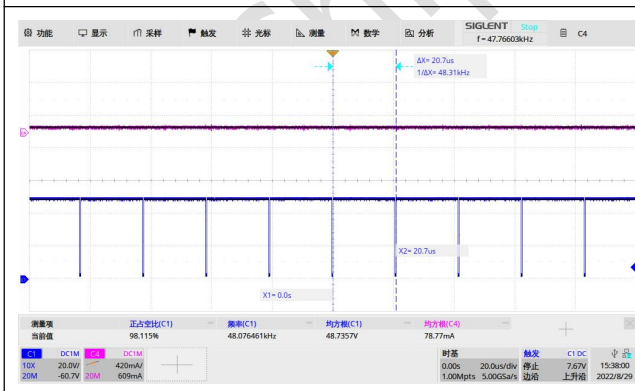
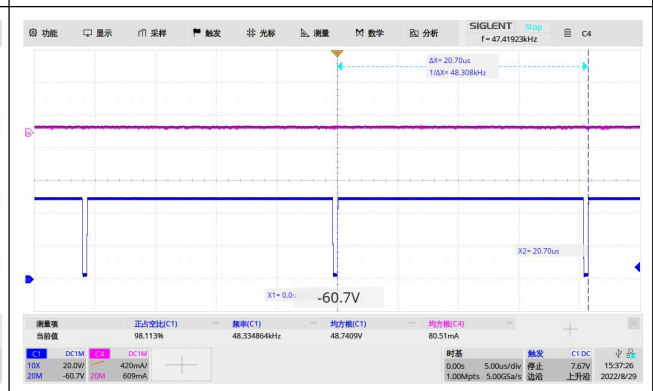


图10: 48Vin/12LEDs (CH1: V_{DRAIN} CH4: I_{OUT})

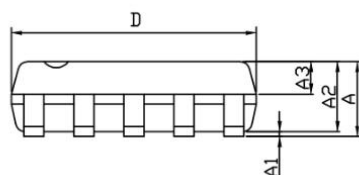
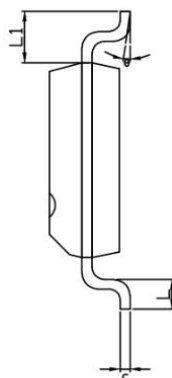
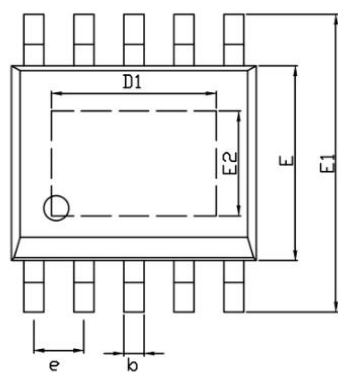


12. PCB 设计注意事项

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 Hi7331 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. MOSFET Source 端与 CS 峰值电流检测电阻的布线覆铜，CS 峰值电流检测电阻靠近 CS 与 GND 管脚；
3. 芯片 ISENSEN 和 ISENSEN 管脚为敏感节点，请远离功率电感、NMOS 管、续流二极管等开关切换节点，避免受到干扰；
4. 检流电阻 Rse 要靠近芯片 ISENSEN 和 ISENSEN 管脚布局，走线应尽可能长度短、线宽大；
5. 输入电容与 CS 峰值电流检测电阻的地布线覆铜，尽可能长度短、线宽大，上下层地多打过孔连接；
6. 芯片的 VDD 电容、CLPF 电容靠近芯片管脚与 GND 管脚布局，且 VDD 和 CLPF 电容的 GND 端、芯片 GND 端与 CS 峰值电流检测电阻 GND 端保持单点连接；
7. 系统的输入电容尽可能靠近芯片布局，保证输入电容达到最好的滤波效果；

13. 封装信息



Symbol	Dimensions In Millimeters	
	Min	Max
A	1.35	1.52
* A1	0.00	0.07
A2	1.35	1.45
A3	0.60	0.70
* b	0.30	0.50
c	0.19	0.25
D	4.80	5.00
D1	3.20	3.40
E	3.80	3.95
* E1	5.80	6.20
* E2	2.00	2.20
e	1.0 (bSC)	
* L	0.55	0.75
* L1	0.99	1.10
θ	0°	8°