

Revision history

Revision	Release data	Description
0.1	2013-10-10	Initial draft
0.2	2013-10-18	Modify Application Figure

Hopengine Confidential

概述

HE2028 是一款高精度的非隔离降压型 LED 控制器，适用于 85V~265V 全电压范围的小功率非隔离降压型 LED 照明应用

HE2028 内置了高精度的采样、补偿电路，使得电路能够达到 $\pm 3\%$ 以内的恒流精度，并且能够实现输出电流对电感与输出电压的自适应，从而取得优异的线型调整率和负载调整率

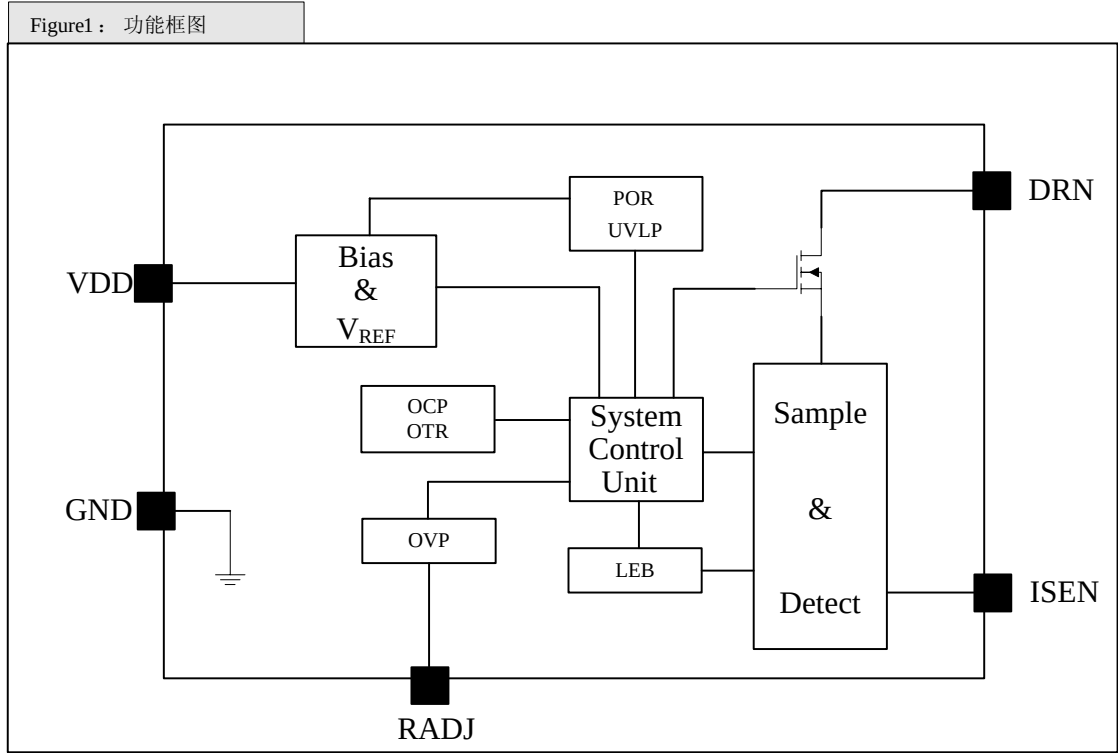
HE2028 内部集成了 500V 功率 MOSFET，无需次级反馈电路，也无需补偿电路，加之精准稳定的自适应技术，使得系统外围结构十分简单，可在外围器件数量少，参数范围宽松的条件下实现高精度恒流控制，极大地节约了系统成本和体积，并且能够确保在批量生产时 LED 灯具参数的一致性

HE2028 具有丰富的保护功能：输出开短路保护、采样电阻开短路保护、欠压保护、输出过压保护、过温自适应调节等

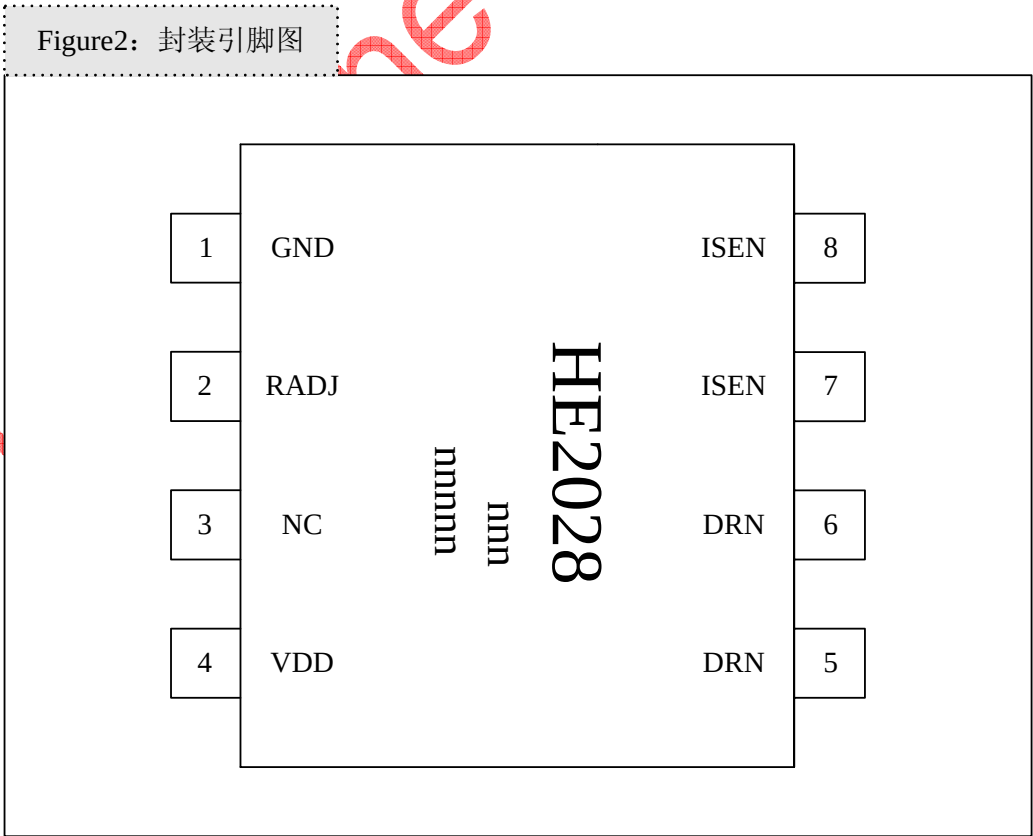
特性

- 内部集成 500V 功率管
- $\pm 3\%$ 以内的系统恒流精度
- 芯片超低工作电流
- 无需辅助供电电路
- 电感电流临界连续模式
- 宽输入电压
- 输出短路保护
- 采样电阻开短路保护
- 输出过压保护
- 欠压保护
- 过温自适应调节功能
- 简洁的系统拓补，外围器件极少

功能框图



引脚图



引脚说明

Table 1: 引脚说明

引脚号	符号	功能
1	GND	电源地
2	RADJ	设置开路保护电压, 外接电阻
3	NC	空脚
4	VDD	工作电源
5	DRN	内部 MOSFET 的漏端
6	DRN	内部 MOSFET 的漏端
7	ISEN	电流采样, 外接电阻到地
8	ISEN	电流采样, 外接电阻到地

功能说明

HE2028 是一款专用于 LED 照明的恒流驱动芯片, 芯片内部集成 500V 高压 MOSFET, 工作在 CRM 模式, 适合全电压范围工作, 具有良好的线性调整率、负载调整率以及优异的恒流特性, 只需很少的外围元器件就能实现, 低成本高效率的 LED 恒流控制器

启动

HE2028 启动电流很低, 当系统上电后, 启动电阻对 V_{DD} 电容进行充电, 当 V_{DD} 达到开启阈值时, 电路即开始工作。HE2028 正常工作时, 内部电路的工作电流可以低至 $135 \mu A$ 以下, 并且内部具有独特的供电机制, 因此无需辅助绕组供电

采样电阻与恒流控制

HE2028 是工作在 CRM 模式中, 其内部具有一个 400mV 的基准电压, 这个基准电压与系统中电感原边峰值电流进行比较计算, 通过采样电阻的调节来实现 LED 驱动电流的大小:

$$I_{LED} = \frac{400}{2R_{ISEN}} mA;$$

其中: I_{LED} 是 LED 的驱动电流, R_{ISEN} 是采样电阻

电感设计计算

HE2028 工作在 CRM 模式, 当电路上电后输出控制脉冲, 内部 MOSFET 将不断工作在导通/关闭状态, 内部 MOS 管打开时, 电感也将导通, 开始蓄能, 直到达到电流峰值时内部 MOS 管关闭, 此间的电感的导通时间为:

$$I_P = \frac{400}{R_{ISEN}} mA; T_{ON} = \frac{L \times I_P}{V_{IN} - V_{LED}};$$

其中: I_P 为电感电流峰值; L 为电感值; V_{IN} 为交流输入整流后的直流值; V_{LED} 为 LED

负载的正向压降

当内部 MOS 管关闭后，电感电流将从峰值逐渐降低，直到降低为 0 时，内部 MOS 管将再次开启，此间的电感关闭时间为：

$$T_{OFF} = \frac{L \times I_P}{V_{LED}};$$

$$\text{由上可知，电感可计算为： } L = \frac{V_{LED} \times (V_{IN} - V_{LED})}{V_{IN} \times I_P \times F};$$

其中 F 为系统工作频率，在设计系统时，首先确定 I_{LED} ， I_{LED} 确定后 R_{ISEN} 、 I_P 等也就相应确定了，此时由上式可知，系统频率与输入电压成正比、与选择之电感 L 成反比；当输入电压最低（或）电感取值较大时，系统频率较低，当输入电压最高（或）电感取值较小时，系统频率较高，因此，在系统输入电压范围确定时，电感的取值直接影响到系统频率的范围以及恒流特性。考虑到系统频率不可过低（例如进入音频范围），也不宜过高（导致功率管损耗过大以及 EMI 影响），同时 HE2028 设定了最小/大退磁时间以及最小/大励磁时间，因此在设计时，建议系统频率设定在 50KHZ~120KHz 之间

开路过压保护电阻设置

在系统中，当LED开路时，由于无负载连接，输出电压会逐渐上升，进而导致退磁时间也会逐渐变短，因此通过R_{ADJ}外接电阻来控制相应的退磁时间，就能得到需要的开路保护电压。根据内部电路计算，可得出R_{ADJ}与V_{OVP}的关系公式：

$$R_{ADJ} \approx \frac{V_{ISEN} \times L \times 15}{R_{ISEN} \times V_{OVP}} \times 10^6 (Kohm)$$

其中，

V_{ISEN} 是 ISEN 关断阈值（400mV）

L 是电感量

R_{ISEN} 是采样电阻

V_{OVP} 是需要设定的过压保护点

保护功能

HE2028 设定了多种保护功能，如 LED 开短路保护、ISEN 电阻开短路保护、V_{DD} 过压/欠压、电路过温自适应调节等

HE2028 在工作时，自动监测着各种工作状态，如果负载开路时，则电路将立刻进入过压保护状态，关断内部 MOS 管，同时进入间隔检测状态，当故障恢复后，电路也将自动回复到正常工作状态；若负载短路，系统将工作在 5KHz 左右的低频状态，功耗很低，同时不断监测系统，若负载恢复正常，则电路也将恢复正常工作；若当 ISEN 电阻短路，或者电感饱和等其他故障发生，电路内部快速保护机制也将立即停止 MOS 的开关动作，停止运行，此时，电路工作电源也将下降，当触发 UVLO 电路时，系统将会重启，如此，可以实现保护功能的触发、重启工作机制

若工作过程中，HE2028 监测到电路结温度超过过温调节阈值（155℃）时，电路将进

入过温调节控制状态，减小输出电流，以控制输出功率和温升，使得系统能够保持一个稳定的工作温度范围

PCB 设计注意事项

V_{DD} 的旁路电容十分关键，PCB 板 layout 时需要尽量靠近 V_{DD} 及 GND 引脚

电感的充放电回路要尽量短，母线电容、续流二极管、输出电容等功率环路面积要尽量小，芯片距离功率器件也尽量远，从而减小 EMI 以及保证电路安全稳定工作

电路地线及其他小信号的地线须与采样电阻地线分开布线，尽量缩短与电容的距离

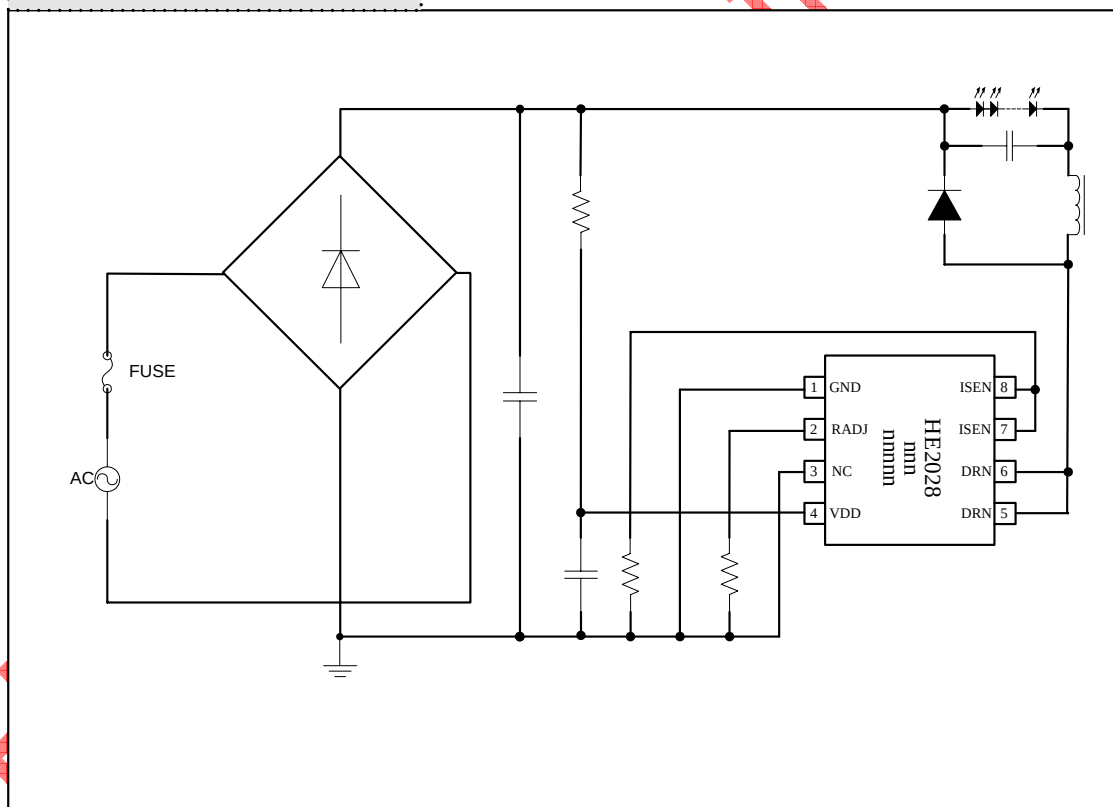
RADJ 外接电阻需要尽量靠近 RADJ 引脚，并且就近接地

NC 引脚建议连接到芯片地（PIN1），有条件时可用地线将 RADJ 电阻环绕

DRN 引脚（PIN5、PIN6）的敷铜面积尽量大，以提高芯片散热

典型应用图

Figure3: 典型应用图



极限参数

Table 2: 极限参数

项目	符号	参数范围	单位
电源电压	V_{DD}	-0.3~20	V
漏极电压	V_{DRN}	-0.3~500	V
电流采样端电压	V_{ISEN}	-0.3~6	V
最大工作电流	I_{DDMAX}	5	mA
开路保护电压调节端	V_{RADJ}	-0.3~6	V
功耗	P_{MAX}	450	mW
结热阻	θ_{JA}	145	°C/W
工作结温范围	T_J	-40~155	°C
存储温度范围	T_{STG}	-55~160	°C
ESD		2000	V

注：超过极限参数范围，本产品的性能及可靠性将得不到保障，实际使用中不得超过极限参数范围

电气特性

Table 3: 电气特性 ($V_{DD}=15V$, $T_{YP}=25^{\circ}C$)

项目	符号	测试条件	范围	单位
V_{DD} 钳位电压	V_{DD_CLP}	0.8mA	15.8~17.2	V
工作电流	I_{DD}	$F_{SYS}=65KHz$	≤ 135	μA
启动电压	V_{ST}	V_{DD} 上升	12.8~14.2	V
启动电流	I_{ST}	$V_{DD}=V_{ST}-1V$	≤ 195	μA
欠压保护阈值	V_{UVLO}	V_{DD} 下降	8.1~9.1	V
采样基准电压	V_{ISEN}		392~408	mV
短路时电流检测阈值	V_{ISEN_SHT}	输出短路	198	mV
动作消隐时间	T_{LEB}		500	ns
内部 MOS 关断延迟	T_{DELAY}		150	ns
DRN 端 MOS 漏源极穿电压	$V_{DSS}(BV)$	$V_{GS}=0V$ / $I_{DS}=250\mu A$	500	V
内部 MOS 内阻	R_{SW}	$V_{GS}=15V$ / $I_{DS}=0.5A$	12	Ω
内部 MOS 漏电流	I_{DSS}	$V_{GS}=0V$ / $V_{DS}=5000V$	0.5	μA
R_{ADJ} 引脚电压	V_{RADJ}		0.55	V
最大导通时间	T_{ON_MAX}		45	μs
最大退磁时间	T_{OFF_MAX}		255	μs
最小退磁时间	T_{OFF_MIN}		5	μs
过热温度调节点	T_{REG}		155	°C

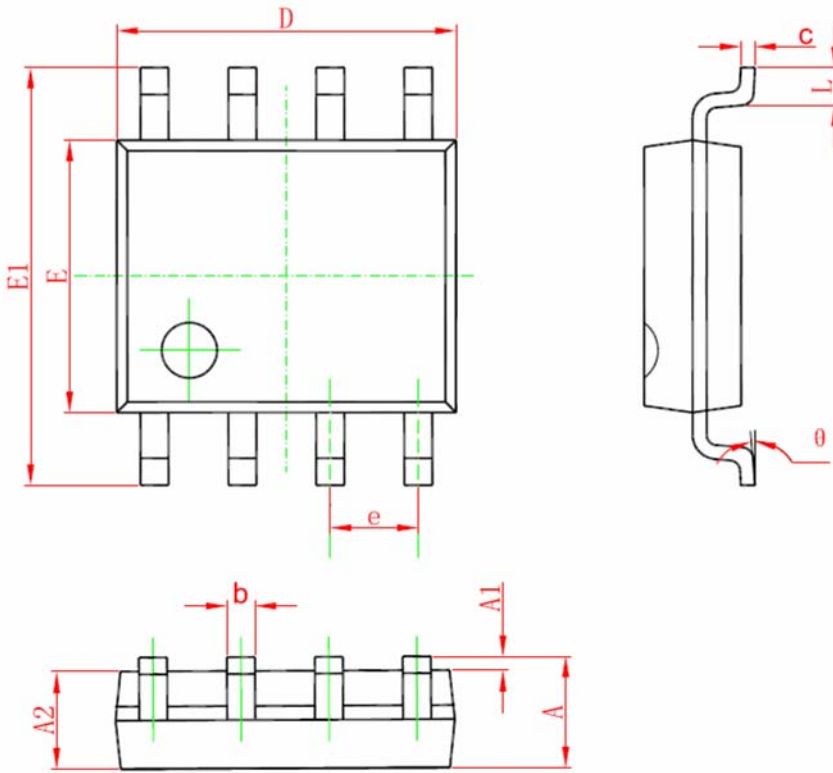
推荐工作范围

Table 4: 推荐工作范围

项目	符号	参数范围	单位
输入电压 $220V \pm 20\%$	$I_{LED\ 1}$	$225@V_{OUT}=80V$	mA
输入电压 $220V \pm 20\%$	$I_{LED\ 2}$	$330@V_{OUT}=36V$	mA
最小负载电压	V_{MIN}	>15	V

封装形式

SOP8 package outline dimensions



符号	尺寸（毫米）		尺寸（英寸）	
	最小	最大	最小	最大
A	1.350	1.750	0.053	0.069
A1	0.100	0.250	0.004	0.010
A2	1.350	1.550	0.053	0.061
b	0.330	0.510	0.013	0.020
c	0.170	0.250	0.006	0.010
D	4.700	5.100	0.185	0.200
E	3.800	4.000	0.150	0.157
E1	5.800	6.200	0.228	0.244
e	1.270(BSC)		0.050(BSC)	
L	0.400	1.270	0.016	0.050
θ	0°	8°	0°	8°