

PT4121 应用说明

产品功能	50V 降压型，高亮度恒流控制器
常规应用	DC 输入：12V/24V DC 输出：10V/3A、10V/6A
文件编号	PT4121_AN01
版本	1.0

1. 产品概况

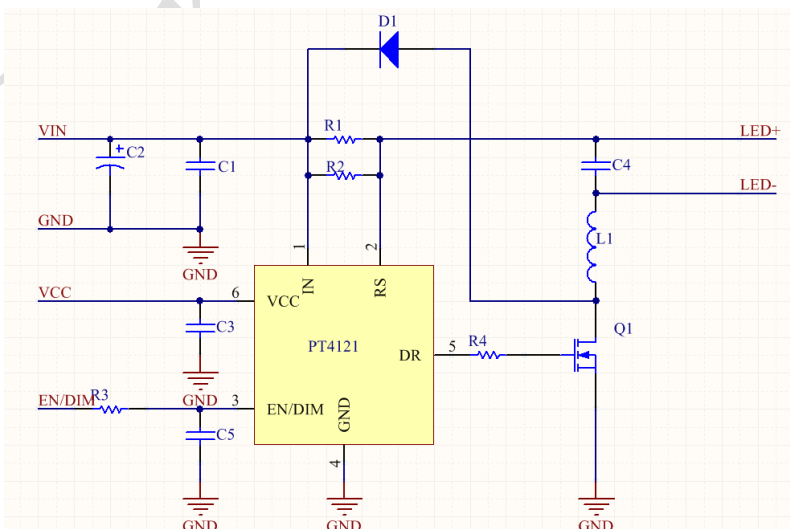
1.1 特点

- ✓ 很宽的输入电压范围：6V 到 50V
- ✓ 效率高达 97%
- ✓ 3%的输出电流精度
- ✓ 复用 DIM 引脚进行 LED 开关、模拟调光与 PWM 调光
- ✓ R_{CS} 开路保护
- ✓ LED 开短路保护
- ✓ 热关断保护
- ✓ SOT23-6 封装

1.2 概述

PT4121 是一款工作在连续电感电流导通模式的降压型恒流控制器，用于驱动一颗或多颗串联 LED，输出电流精度高达 3%。PT4121 输入电压范围从 6V 到 50V，输出电流可调。其采用高端电流采样电阻设置 LED 平均电流，并通过 DIM 引脚进行模拟调光和 PWM 调光。

2. 典型应用电路



VIN=24V，Vout=10V，Iout=3A BOM List

Item	Reference	Value	Quantity	Description	Manufacturer
1	C1	10μF	2	CAP SMD 50V 10μF M 1210	Murata
2	C2	NC			
3	C3	1μF	1	CAP SMD 10V 1μF K X7R 0805	Murata
4	C4	2.2μF	1	CAP SMD 25V 2.2μF K X7R 1206	Murata
5	R1	0.2Ω	1	RES SMD 1W 0.2ohm F 2512	Yageo
6	R2	0.1Ω	1	RES SMD 1W 0.1ohm F 2512	Yageo
7	R3、R4	0	1	RES SMD 1/8W 0ohm F 0805	Yageo
8	L1	33μH	1	Inductor 33μH 4A 12*12*6.0	Coilcraft
9	D1	SBR8U60P5	1	Diode Schottky POWERDI5 60V 8A	Diodes inc.
10	Q1	AOD444	1	TO252 NMOS 60V 12A	ALPHA&OMEGA
11	U1	PT4121	1	IC PT4121 SOT23-6	Powtech

3. 工作原理介绍

PT4121和电感（L）、电流采样电阻（RS）、MOSFET形成一个自振荡的连续电感电流模式的降压型恒流LED控制器。

VIN上电时，电感（L）和电流采样电阻（RS）的初始电流为零，LED输出电流也为零。这时候，CS比较器的输出为高，功率开关导通，电流通过电感（L）、电流采样电阻（RS）、LED和功率开关从VIN流到地，电流上升的斜率由VIN、电感（L）和LED压降决定，在RS上产生一个压差VCSN，当(VIN-VCSN) > 230mV时，CS比较器的输出变低，功率开关关断，电流以另一个斜率流过电感(L)、电流采样电阻(RS)、LED和肖特基二极管(D)，当(VIN-VCSN) < 170mV时，功率开关重新打开，这样使得在LED上的平均电流为

$$I_{OUT} = \frac{0.17 + 0.23}{2 \times R_S} = 0.2 / R_S$$

4. 关键元件参数设计

4.1 输出电流的设置

$$I_{OUT} = \frac{0.17 + 0.23}{2 \times R_S} = 0.2 / R_S$$

上述等式成立的前提是DIM端悬空或外加DIM端电压高于2.5V（但必须低于5V）。实际上，RS是设定了LED的最大输出电流，通过DIM端，LED实际输出电流能够调小到任意值。

高端电流采样结构使得外部元器件数量很少，采用1%精度的采样电阻，LED输出电流控制在±3%的精度。

4.2 VCC 电容的选择

PT4121的VCC电压为5V，推荐典型耐压值为10V，1μF，X5R或X7R的瓷片电容。当输出电流很大时，为防止VCC出现欠压导致驱动能力不足，可以适当加大VCC电容来增强栅极驱动能力。

4.3 MOSFET 的选择

PT4121的Gate输出端需驱动一个外置的NMOS管，MOS管的选型主要需要考虑额定

电压、额定电流、导通电阻、 Q_g 、 $V_{GS(th)}$ 等。

- 4.3.1 Q_g 当开关频率 $\leq 100\text{KHz}$ 时，推荐选择 $Q_g \leq 25\text{nC}$ 的MOSFET；当开关频率 $\geq 100\text{KHz}$ 时，推荐选择 $Q_g \leq 15\text{nC}$ 的MOSFET。
- 4.3.2 额定电压 针对输入电压为12V或者24V的应用，额定电压为60V的MOSFET可以满足要求。
- 4.3.3 $V_{GS(th)}$ 栅极驱动电压为5V，MOS管开启阈值 $V_{GS(th)}$ 需要小于5V，为了留有充足的裕量， $V_{GS(th)}$ 建议选取2~3V。
- 4.3.4 导通电阻 输出大电流条件下，为降低导通损耗提高效率，MOS管的导通电阻 $R_{ds(on)}$ 建议选择小于 $50\text{m}\Omega$ ($T_A=25^\circ\text{C}$)。
- 4.3.5 额定电流 输出电流小于3A时，选取额定电流为5~10A的MOSFET；输出电流大于3A时，选取额定电流为10~20A的MOSFET。

4.4 续流二极管的选择

为了保证最高的效率以及性能，二极管（D）应选择快速恢复、低正向压降、低寄生电容、低漏电流的肖特基二极管，电流能力以及耐压视具体的应用而定，但应保持30%的余量，有助于稳定可靠的工作。

另外值得注意的一点是应考虑温度高于 85°C 时肖特基的反向漏电流。过高的漏电流会增加系统的功率耗散。

AC12V/24V整流二极管（D）一定要选用低压降的肖特基二极管，以降低自身功率耗散。

4.5 输入电容 C1 的选择

输入电容需要吸收输入端的开关电流，要求承受充足的纹波电流有效值。输入电容的纹波电流有效值 I_{C1} 可按如下公式计算：

$$I_{C1} = I_{OUT} * \sqrt{\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} * (1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}})}$$

当输入电压是输出电压的2倍时， I_{C1} 最大，为 $\frac{I_{OUT}}{2}$ 。因此，推荐选择纹波电流有效值大于输出电流的1/2，典型耐压值为50V，容值 $\geq 22\mu\text{F}$ ，X7R或者更高等级的瓷片电容。

4.6 电感 L1 的选择

选择电感时，需要考虑以下方面：

1. 选择较低的电感值会提高开关频率，增大开关损耗。大部分应用建议选择开关频率在100kHz至500kHz（典型值200kHz），建议纹波电流选取大约为开关电流峰值的30%，则对应的电感L1可通过以下公式计算：

$$L1 = \frac{(1 - V_{OUT} / V_{IN}) \times V_{OUT}}{0.3 \times I_{LED} \times f_{SW}}$$

其中 f_{SW} 为开关频率， I_{LED} 为 LED 输出电流。

2. 输出电流为 I_{OUT} 时，选择的电感的额定饱和电流值大于电感的峰值电流，至少留有30%的裕量即 $I_{SAT} = 1.3 I_{LP}$ 。电感的峰值电流 I_{LP} 可按如下公式计算：

$$I_{LP} = I_{OUT} + \frac{V_{IN} - V_{OUT}}{2 * f_{sw} * L1} * \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right)$$

I_{OUT} 为 LED 输出电流。

3. 在开关频率较高时，电感的DCR内阻和磁心损耗必须足够低才能实现要求的效率指标。建议选择一个DCR内阻小于50 mΩ 电感来实现高的总效率。
4. 输入电压24V，输出电压10V，输出电流6A时，推荐电感值为22μH；输入电压24V，输出电压10V，输出电流3A时，推荐电感值为33μH。

4.7 输出电容 C2 的选择

对应大部分应用，可不使用输出电容。如果需要减少输出电流纹波，一个最有效的方法即在LED的两端并联一个容2.2μF的电容可满足大部分需求。适当的增大输出电容可以抑制更多的纹波。需要注意的是输出电容不会影响系统的工作频率和效率，但是会影响系统启动延时以及调光频率。

4.8 模拟调光

DIM端可以外加一个直流电压(V_{DIM})调小LED输出电流，最大LED输出电流由 $(0.2/RS)$ 设定。

LED 平均输出电流计算公式：

$$I_{OUT} = \frac{0.2 \times V_{DIM}}{2.5 \times R_S} \quad (0.5V \leq V_{DIM} \leq 2.5V)$$

V_{DIM} 在 $(2.5V \leq V_{DIM} \leq 5V)$ 范围内LED保持100%电流等于 $I_{OUT} = \frac{0.2}{R_S}$

4.9 PWM 调光

LED的最大平均电流由连接在VIN和CSN两端的电阻RS决定，通过在DIM管脚加入可变占空比的PWM信号可以调小输出电流以实现调光，计算方法如下所示：

$$I_{OUT} = \frac{0.2 \times D}{R_S} \quad (0 \leq D \leq 100\%, 2.5V < V_{pulse} < 5V)$$

如果高电平小于2.5V，则

$$I_{OUT} = \frac{V_{pulse} \times 0.2 \times D}{2.5 \times R_S}$$

$$(0 \leq D \leq 100\%, 0.5V < V_{pulse} < 2.5V)$$

通过 PWM 调光，LED 的输出电流可以从 0%到 100%变化。LED 的亮度是由 PWM 信号的占空比决定的。例如 PWM 信号 25%占空比，LED 的平均电流为 $(0.2/RS)$ 的 25%。建议设置 PWM 调光频率在 100Hz 以上，以避免人的眼睛可以看到 LED 的闪烁。PWM 调

光比模拟调光的优势在于不改变 LED 的色度。PT4121 调光频率最高可达 20kHz。

4.10 软启动

通过在DIM接入一个外部电容至地，使得启动时DIM端电压缓慢上升，这样LED的电流也缓慢上升，从而实现软启动。

4.11 IC 过热保护

PT4121 内部设置了过温保护功能（TSD），以保证系统稳定可靠的工作。当 IC 芯片温度超出 150℃，IC 即会进入 TSD 保护状态并停止电流输出，而当温度低于 130 时，IC 即会重新恢复至正常工作状态。

5. PCB Layout 注意事项

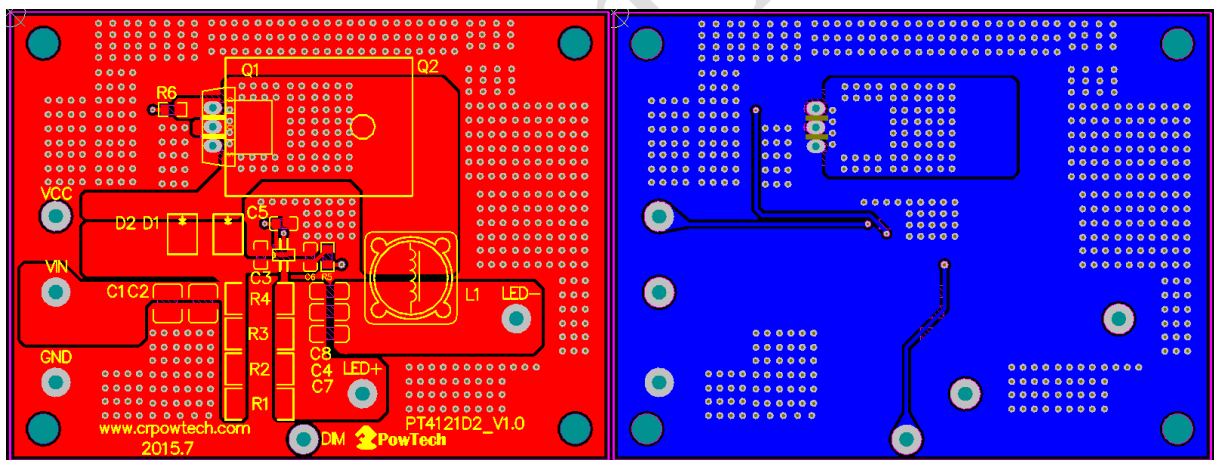
合理的 PCB 布局设计对实现芯片的稳定工作是至关重要的。

1. 电流采样电阻 R_s 尽可能靠近芯片 VIN 与 CSN 引脚以减小电流采样误差；
2. 电流环路，包括输入电容、采样电阻、电感、肖特基二极管，应尽可能短；
3. 为了有效地减小电流环路的噪声，输入旁路电容建议单点接地。
4. MOS 管的 DRAIN 端是开关节点，走线尽可能短且远离芯片，以减小电感的辐射。

PCB Layout 示意图

TOP Layer

BOTTOM Layer



6. 散热注意事项

当系统工作的环境温度较高及驱动大电流负载时，必须要注意避免系统达到功率极限。在实际应用中，要求达到每 25mm^2 的PCB 大约需要1oz 敷铜的电流密度以有利于散热。若PCB板允许，请尽量多数铜，并连接至电源的GND，以吸收电感的干扰，也有利于散热。

7. 应用注意事项

7.1 为避免焊接内部无 ESD 保护电路的 MOSFET 时被静电损坏,建议在 MOSFET 的 GS 端加一 10K~100K 的 0805 贴片电阻。

7.2 输出负载使用电子负载的 CV 模式时，由于电子负载响应速度较慢，当无输出电容或

输出电容较小时，PT4121 会出现工作异常。改善的措施：加大输出电容，延长启动时间，当启动时间大于电子负载响应时间时，PT4121 在 CV 模式下也能正常工作。

7.3测试 PT4121 开关机及动态性能时，输出负载务必采用 LED 灯。

7.4焊接 PT4121 时，注意 2 脚 CSN、3 脚 DIM 沾锡短路。由于 CSN 是高压脚，DIM 是低压脚，若两者沾锡短路，上电瞬间，DIM 脚将被高压击穿，芯片将损坏。

7.5当输出功率很大如 10V/6A 时，启动瞬间输入电流过冲会很大，若超出 DC 电源电流设定的最大值，会触发电流保护，把输入电压拉下来，使芯片工作异常，且 MOS 管处于常通状态，长时间处于此工作状态会使 MOS 管过热损坏。改善措施 1：使用能提供更大电流能力的 DC 电源；改善措施 2：使用负温度系数的热敏电阻减小开机瞬间输入过冲电流；改善措施 3：通过 EN 来控制开关机。