



深圳市明微电子股份有限公司

SHENZHEN SUNMOON MICROELECTRONICS CO.,LTD.



# LED照明的设计技巧及应用

SM MICRO



[www.chinaasic.com](http://www.chinaasic.com)



深圳市明微电子股份有限公司

SHENZHEN SUNMOON MICROELECTRONICS CO.,LTD.

# 目录



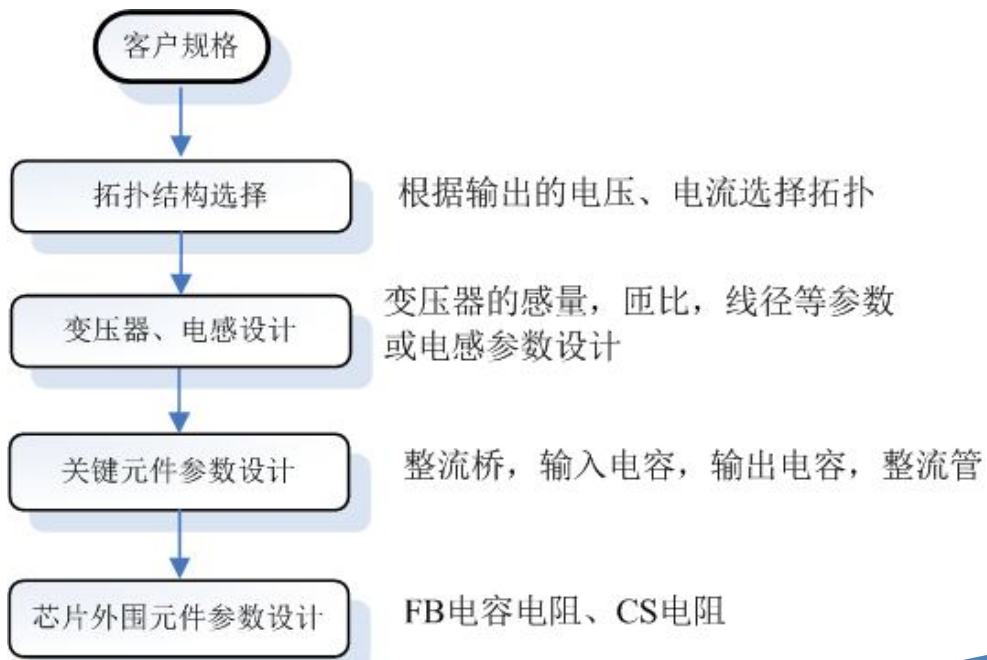
1 隔离/非隔离LED照明设计方法及应用

---

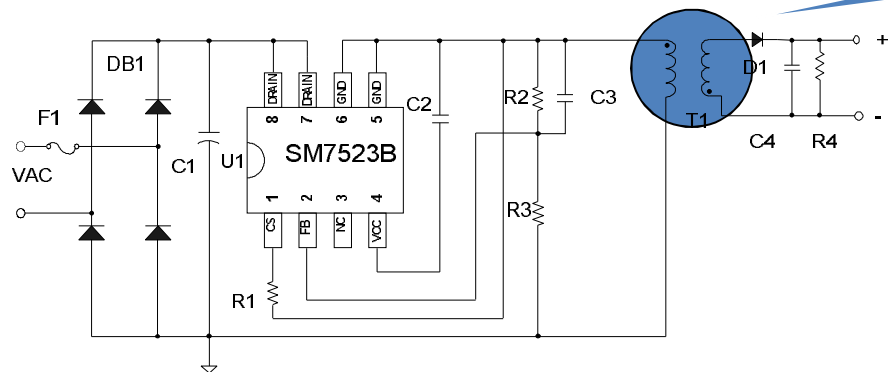


# SM75XX系列电源设计流程

## ◆ 从客户的规格入手，结合经验进行设计

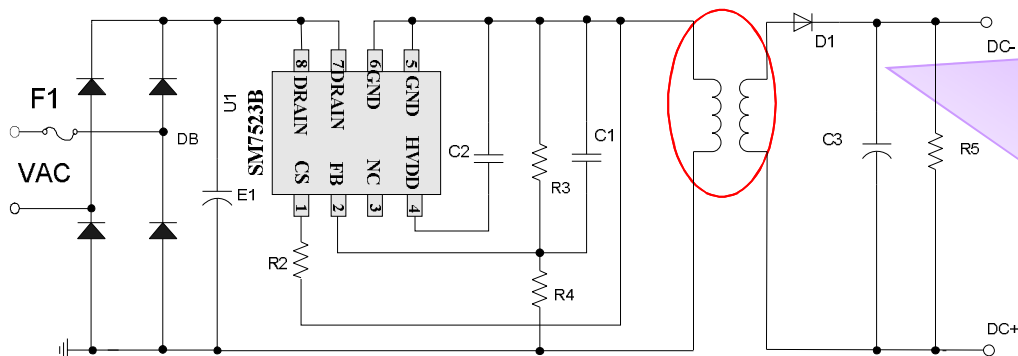


设计的核心



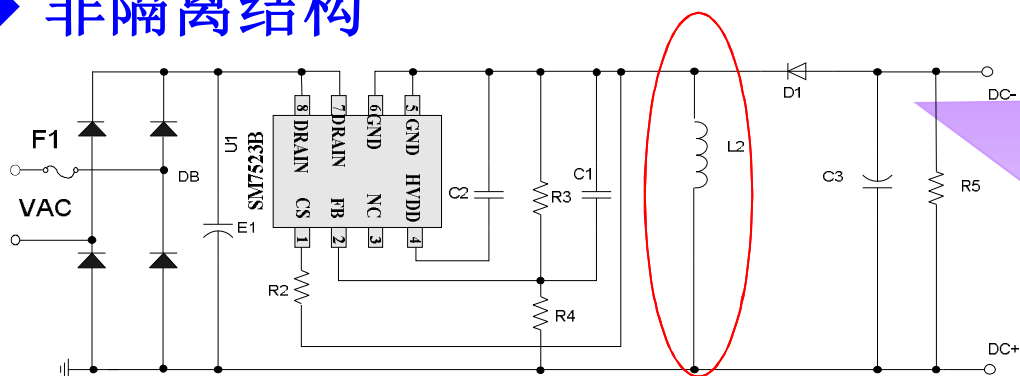
# 如何选择拓扑结构

## ◆ 隔离结构



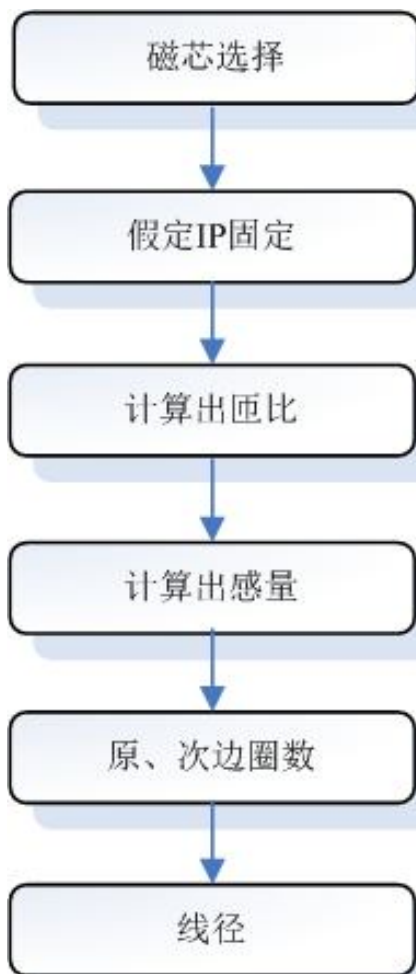
适合内/外置电源；  
效率最大接近80%；

## ◆ 非隔离结构



适合内置电源,需做安全隔离处理；  
效率大于85%  
仅用电感,易生产；  
适合高电压小电流；

## ◆ 变压器的设计流程



一般3W, EE10, 5W EE13, 7W EE16

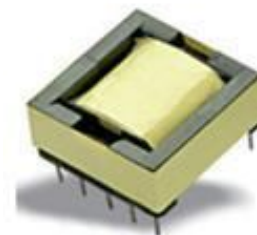
假定IP固定  
 $I_P < 220\text{mA}$  (SM7523B),  $320\text{mA}$  (SM7525)

根据输出电流计算出匝比  
 $I_{out} = 2/7 * I_p * N$

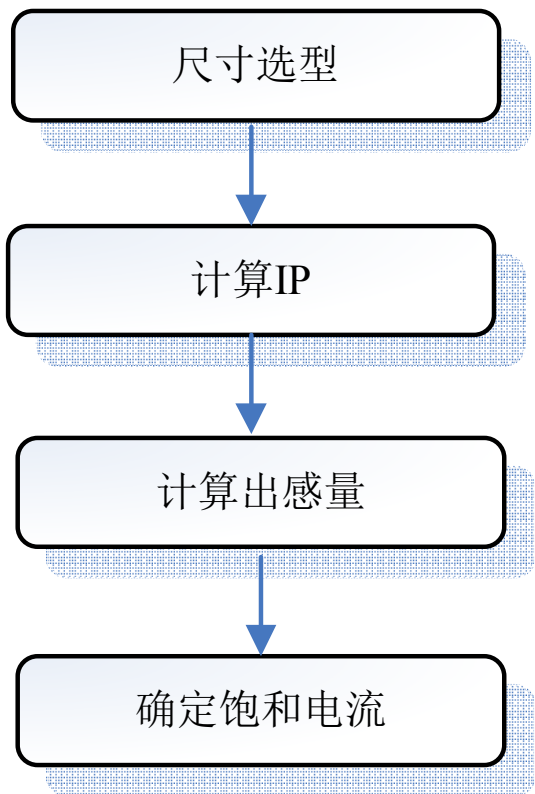
最佳频率55kHz,  $T_{off} = (4/7) * T$ ,  
 $U_r = (U_{out} + V_d) * N$ ,  $L = U_r * T_{off} / I_p$

选定 $\Delta B = 0.25$ ,  $A_e$ 磁芯型号决定  
 $N_p = U_r * T_{off} / (\Delta B * A_e)$ ;  $N_s = N_p / N$

$D = U_r / (U_r + U_{in})$ ,  $I_{rms} = \text{Sqrt}(D/3) * I_p$ ,  
 $d = 2 * \text{Sqrt}(I_{rms} / 5\pi)$ ; 原边线径0.15~0.17,  
 输出级线径300mA为0.25~0.3



## ◆ 工字型电感的设计流程



电感常规尺寸6\*8mm, 8\*10mm, 9\*12mm, 中柱常规尺寸2, 2.5, 3

根据输出电流计算IP  
 $I_p = (7/2) * I_{out}$

最佳频率55kHz,  $T_{off} = (4/7) * T$ ,  
 $L = U_{out} * T_{off} / I_p$

饱和电流  $> (1 + 20%) * I_p$

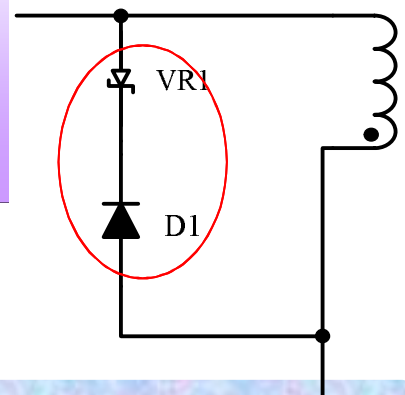
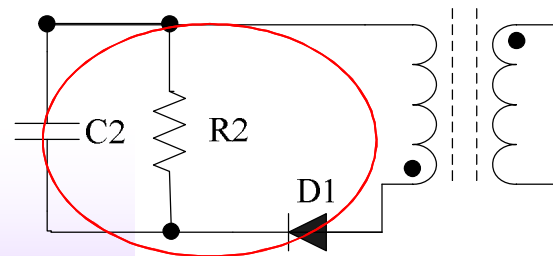


# 如何减小变压器漏感？

## ◆ 漏感会产生较高的尖峰电压，损坏芯片！

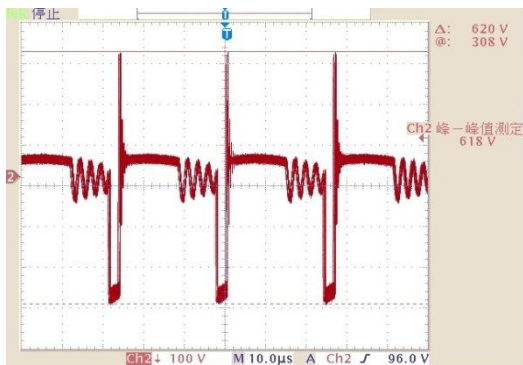
减小漏感方法：

- 采用传统绕法，控制变压器工艺  
(初级每层绕满，平整排布；次级不够一层时，均匀绕制)
- 采用三明治绕法
- 增加吸收电路(RCD或有源钳位)

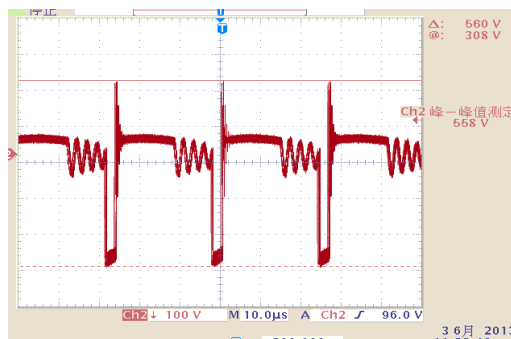


## ◆ 保证尖峰电压小于**650V**即可！

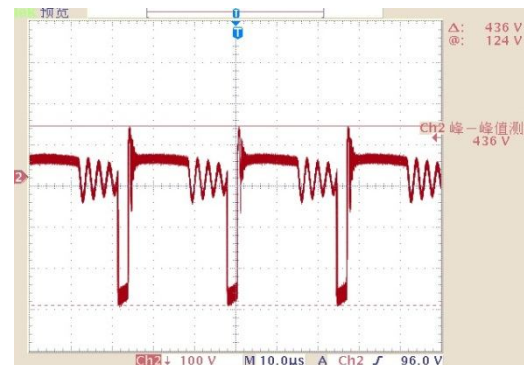
传统绕法 (VDS=618V)



三明治绕法 (VDS=558V)



增加RCD (VDS=436V)



# 变压器/电感的饱和处理

## ● 为什么会饱和？

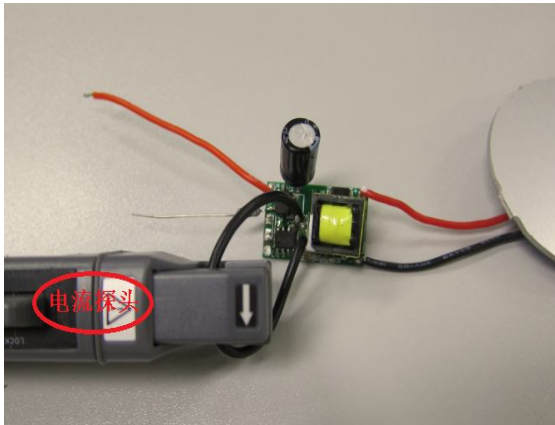
$$\Delta B = (L \cdot I_p) / (N_p \cdot A_e)$$

温度高，易饱和

变压器/电感磁化的过程中，变压器/电感的最大磁通密度达到了饱和磁通密度，变压器出现饱和！

## ● 如何测试饱和？

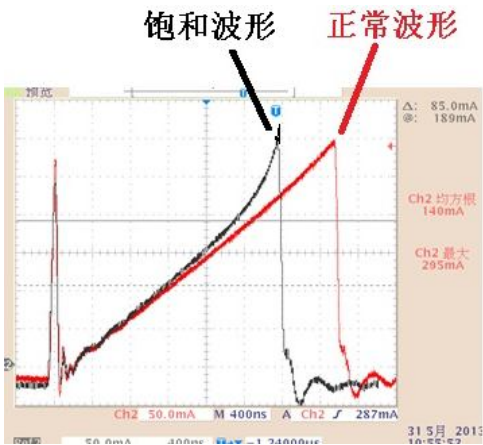
➤ 采用电流探头测试CS脚的电流波形；



## ● 如何解决变压器饱和？      ● 如何解决电感饱和？

- 增加初级圈数 (NP)
- 减小电感量 (L)
- 增大磁芯横截面积 (Ae)
- 采用高磁导率的磁芯 ( ΔB )

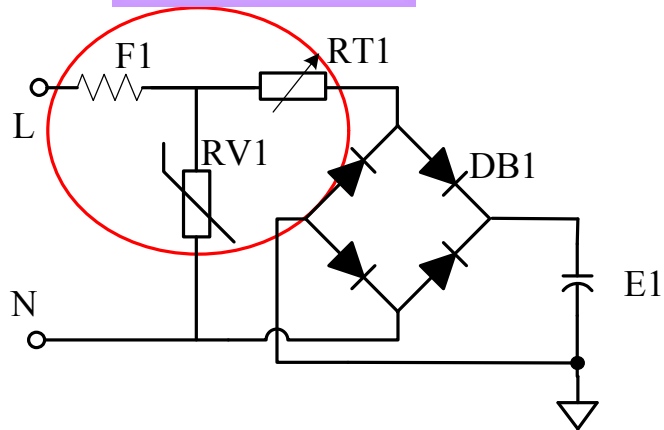
- 增大电感磁芯的中柱面积





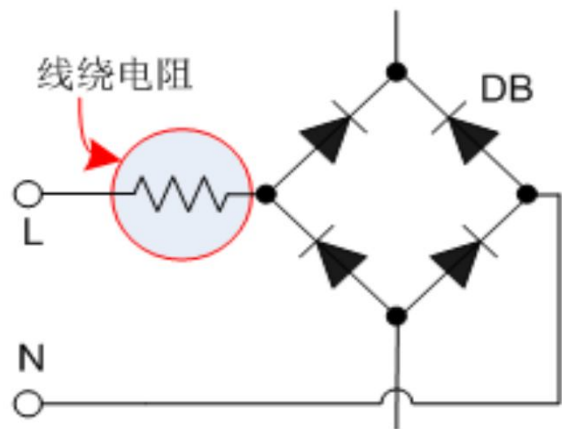
# 雷击、浪涌保护设计

传统设计



1. 采用保险管、压敏电阻，热敏电阻的组合；
2. 电路复杂，成本高。

简化设计



1. 对于一般的雷击、浪涌保护，可采用简化设计；
2. 推荐采用线绕电阻。



## ◆ 为何选线绕电阻？

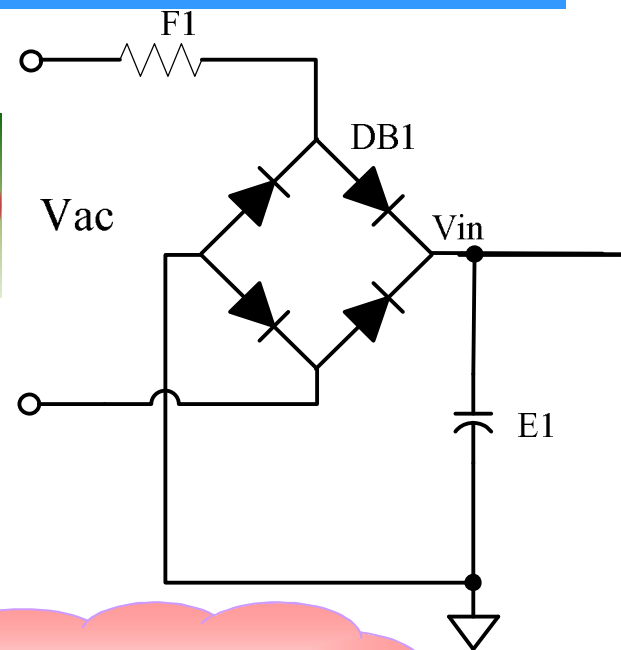
- 选择电阻使得冲击电流小于30A，以增强浪涌保护能力；
- 电阻太小，起不到保护作用；电阻太大，损耗增大；
- 采用碳膜、金属膜电阻，其无感性，不能起到保护作用。



# 整流桥的选型

➤ 最大输入电压265Vac (380Vdc)  
考虑电网的波动，一般余量预留10%

➤ 启动时，输入电解电容近似短路状态  
冲击电流近似等于 $V_{ac}/R_{F1}$ ，约22A



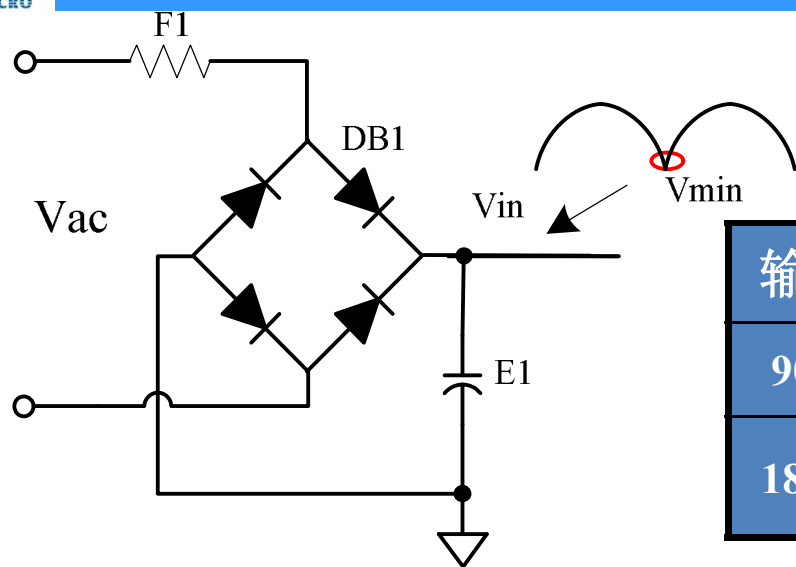
如果输入电压高，  
那么整流桥耐压也  
要高，成本也高！

## □ SM7523B/SM7525选型

- 220Vac，推荐MB6S  
最大峰值电压600Vdc，最大RMS电压420V，最大峰值电流35A
- 90Vac，推荐MB4S  
最大峰值电压400Vdc，最大RMS电压280V，最大峰值电流35A



# 输入高压电容选型



单电压和全电压，选型有差异

输入电压	1-3W	3-5W
90-265Vac	4.7 $\mu$ F	6.8 $\mu$ F
180-265Vac	2.2 $\mu$ F	4.7 $\mu$ F



## 如何选择高压输入电容？

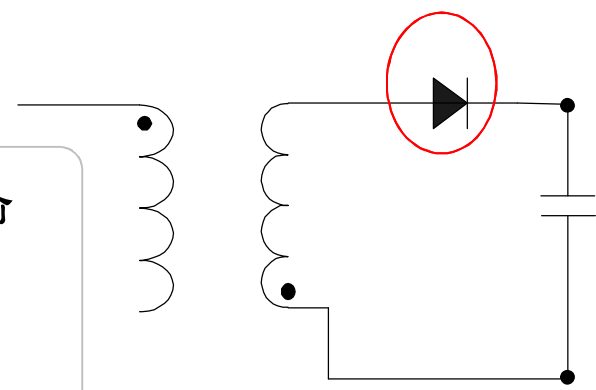
- 谷值考虑：选择合理的电容，使 $V_{min} > 4U_R/3$  ( $U_R$ 反激电压)；
- 耐压选择：110Vac输入时，大于250V；220Vac输入时，大于400V；
- 温度选择：不同的温度环境，选择不同温度特性（85° C, 105° C）电容；
- 电容太大，成本高，存在二次重启风险；
- 电容太小，PF值有提高，但在90Vac输入时，输出电流会减小，高低压恒流精度变差；

# 输出级整流管选型

## ✓ 反向峰值电压

$$U_d = V_{in}/N + U_{out} + V_{Lpk}$$

- 耐压与原边输入直流电压 ( $V_{in}$ )、匝比 ( $N$ )、输出电压 ( $U_{out}$ )、变压器漏感电压 ( $V_{Lpk}$ ) 有关;
- 减小反向峰值电压的方法:  
增大匝比, 减小漏感



## ✓ 正向电流

- 正向电流一般需达到输出电流的3~5倍;

## ✓ 温度特性

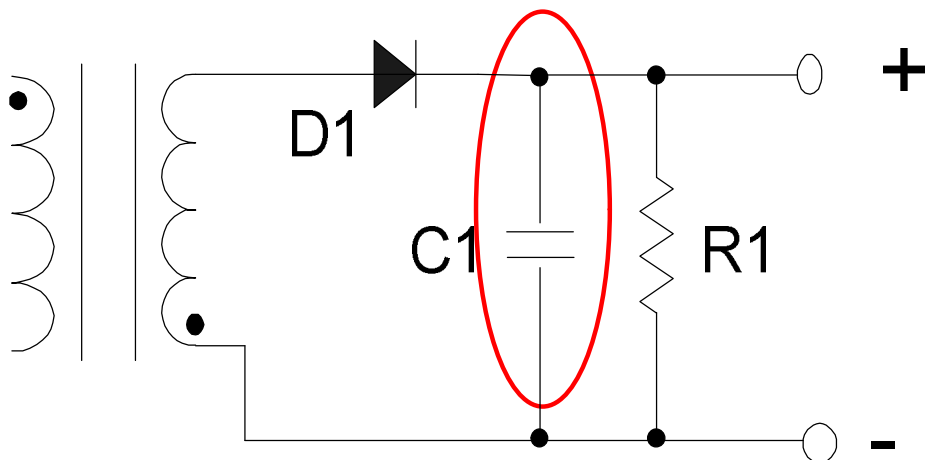
- 低VF值、反向恢复时间短以及漏电流小的二极管温升小;
- 一般贴片封装 (通过PCB散热) 的二极管散热能力强;

## □ SM7523B/SM7525选型

- PSR  
首选肖特基, 次选快恢复  
3W----US1D, 5W----US1J
- Buck-Boost  
首选快恢复, 常用ES1J

	反向峰值电压	VF值	成本
肖特基	低 (一般小于200V)	小	高
快恢复	高 (可达1000V)	大	低

# 输出级电容选型



## □ 耐压

- 耐压值大于等于  $(1+20\%) V_{out}$

## □ 寿命

- 温度高，纹波大，  
电容寿命缩短；

## □ 纹波电流

- 输出电容起滤波作用，电容值大，ESR值小，纹波小；
- 纹波大，缩短灯的寿命，一般采用高频低阻电容；

## □ 选型

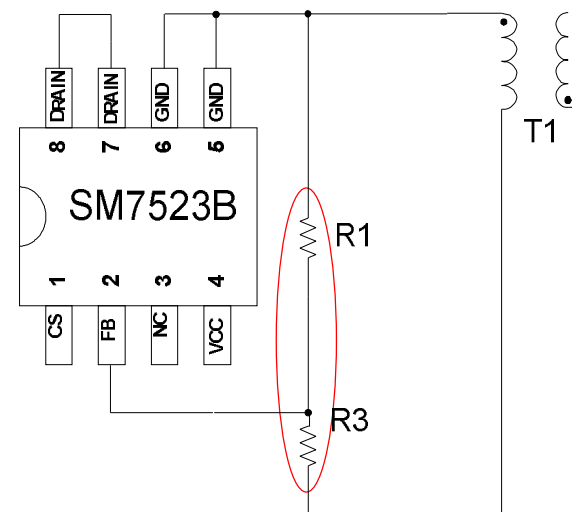
- 首选电解电容（体积大）
- 次选瓷（贴）片电容（滤波特性差）
- 电容值过大，断电时拖影现象
- 电容值过小，不能带重载，系统工作异常

# FB电阻设计

## ◆ FB电阻的作用：输出电压采样、过压保护、短路保护采样

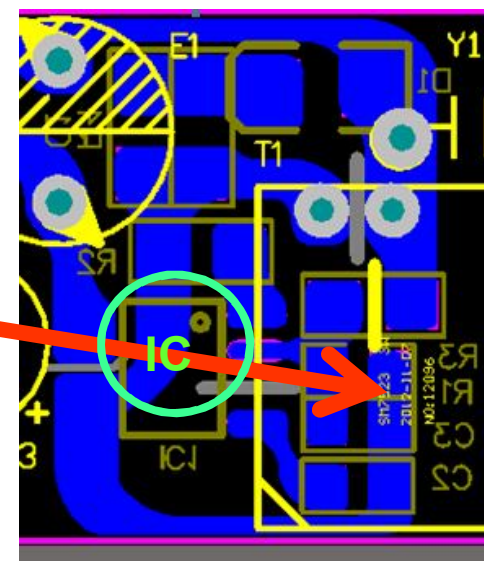
### 分压电阻设计

- 推荐R3=1M, R1=51k;
- 阻值太大, 负载调整率精度变差;
- 阻值太小, 损耗大, 电阻易损坏;
- R1太大, 提前进入过压保护;
- R3太大, 空载电压升高;



### 电阻 PCB 设计

- R1电阻走线靠近IC的GND脚
- 原因：FB信号的参考地是IC的GND

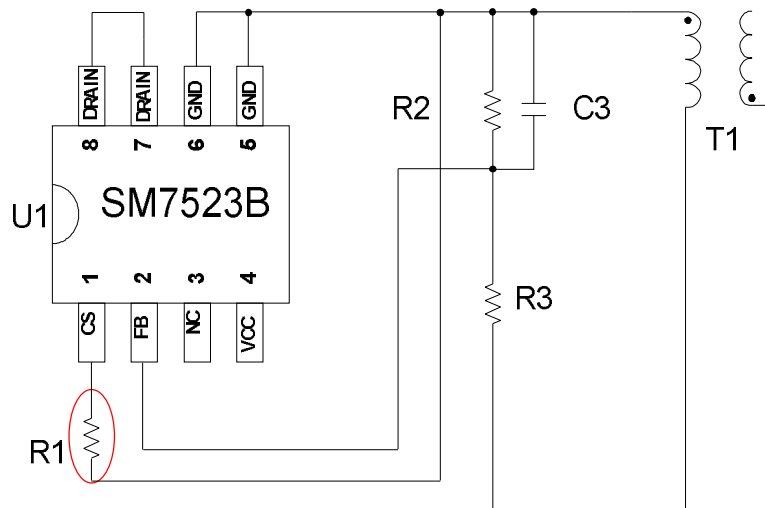


# CS电阻设计 (一)

◆ 设计核心：选择CS电阻，使得IP小于220mA (SM7523B)

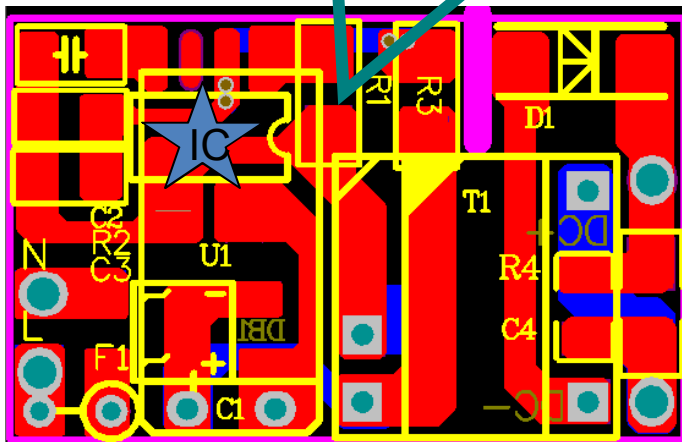
## ➤ CS电阻设计

- CS电阻太大，IP小 ( $L \cdot IP = UR \cdot TOFF$ )，则TOFF小，恒流精度变差；
- CS电阻太小，IP大，则芯片温度升高，需要更大的散热面积！

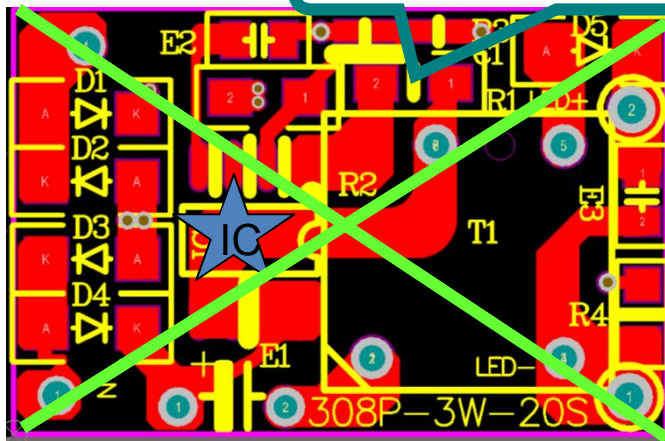


## ➤ CS电阻尽量靠近IC的GND端

CS电阻位置，合理布局



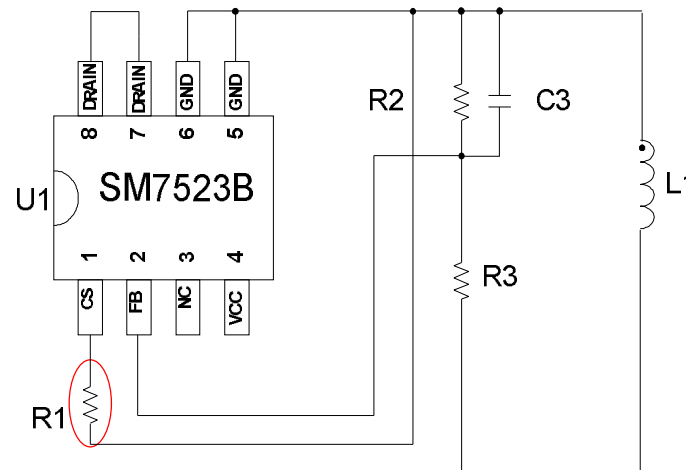
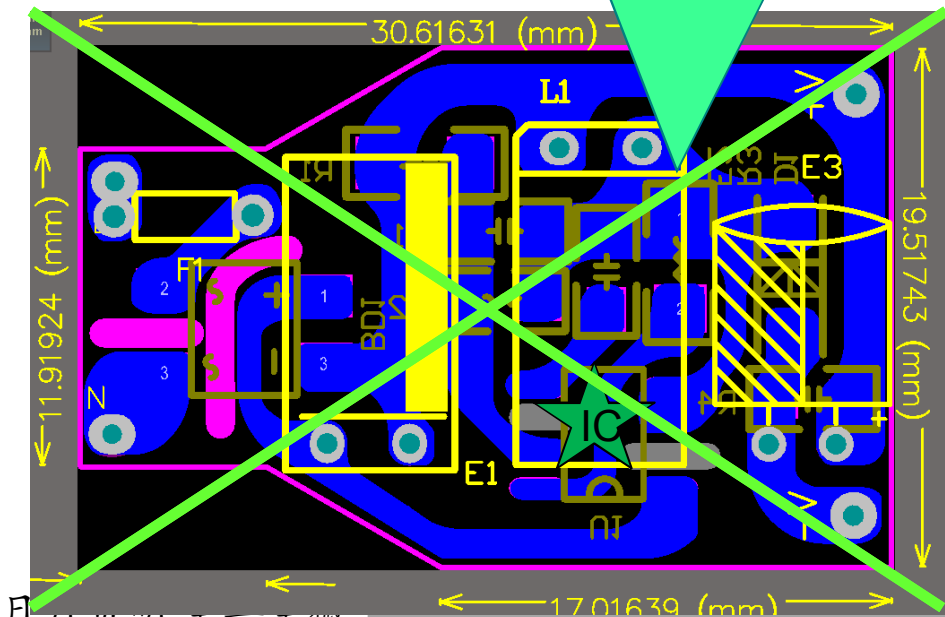
CS电阻位置，不合理布局



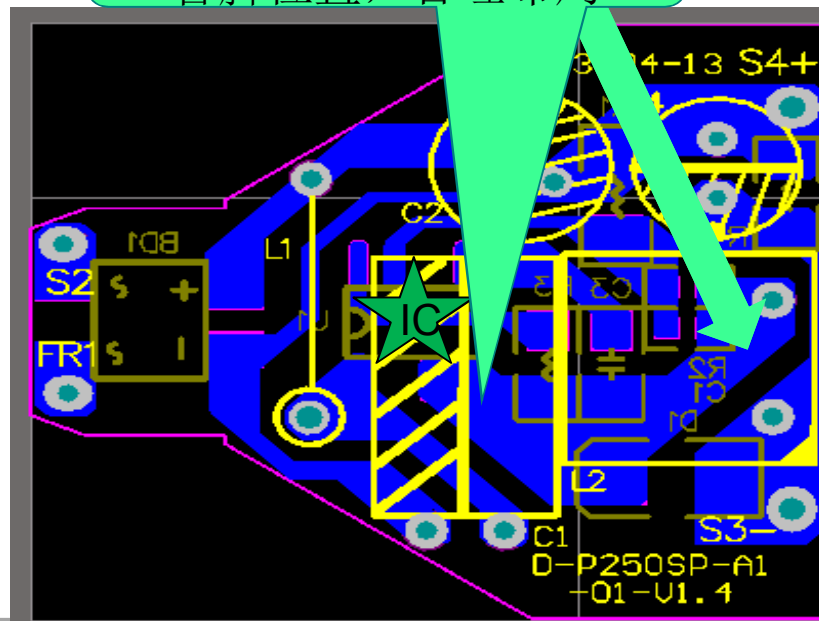
# CS电阻设计 (二)

❑ Buck-Boost中，CS电阻的接地端与电感L1管脚太近，会使输出电流精度变差

CS电阻接地端靠近电感L1管脚位置，不合理布局



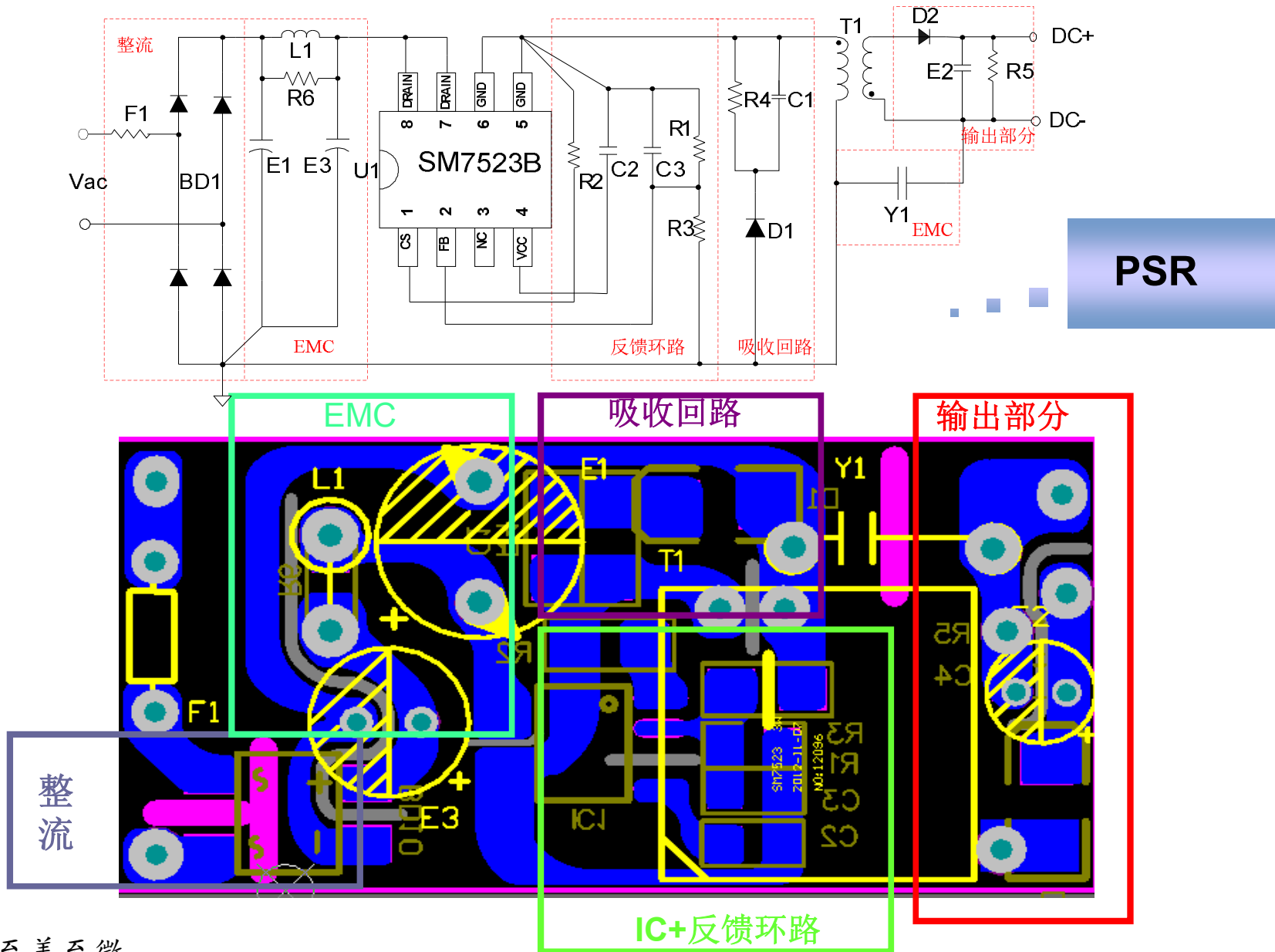
CS电阻接地远离电感L1管脚位置，合理布局





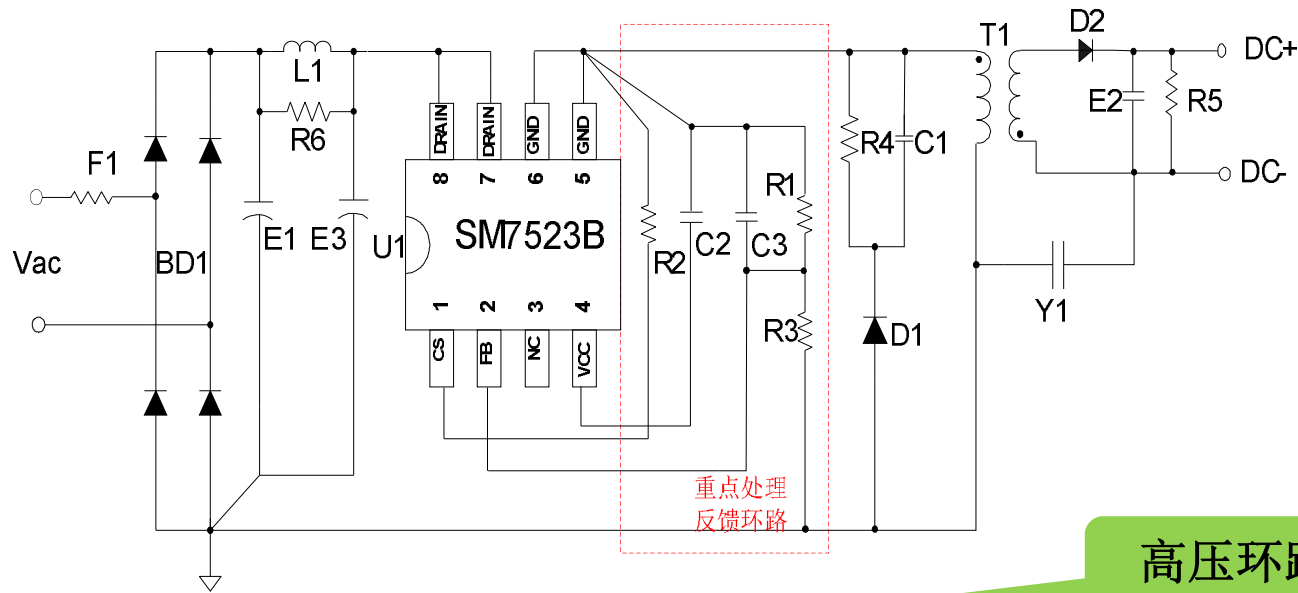


# PCB的整体布局设计

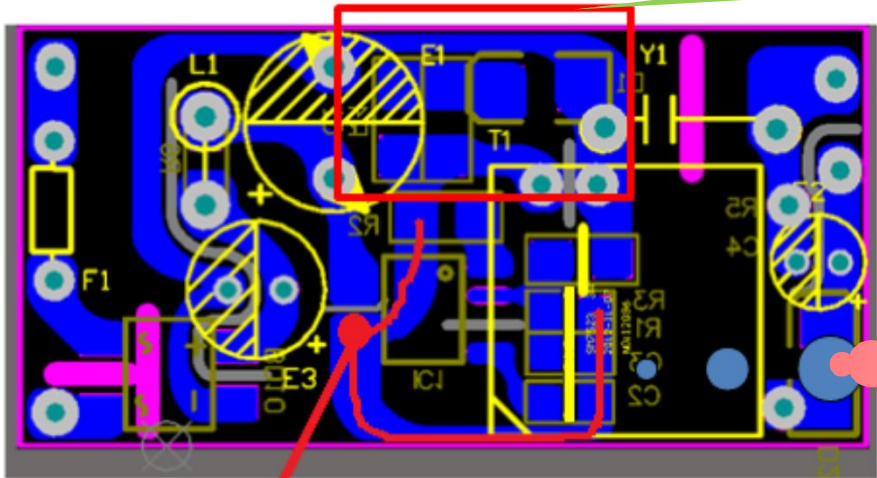


PSR

# PCB的抗干扰设计



高压环路远离低压环路

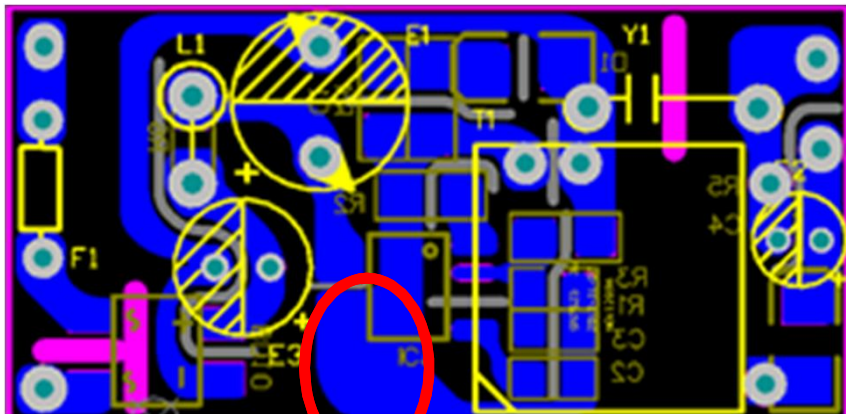


CS电阻、FB电阻、VDD电容的接地点，尽量靠近IC的GND

CS、FB电阻，VDD电容单点接地

# PCB的散热设计

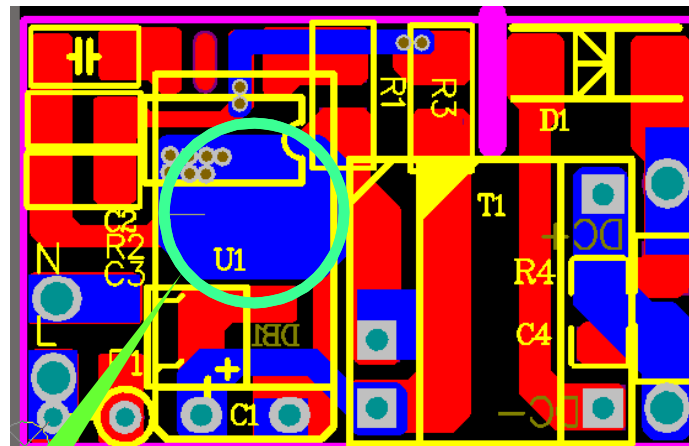
## ◆ 单面板



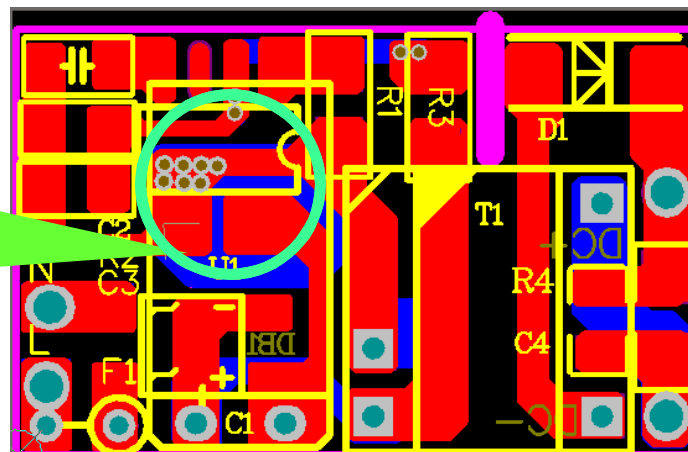
IC的5、6脚需要铺铜散热

变压器是主要发热元件，尽量远离IC摆放

## ◆ 双面单贴（底层）



## ◆ 双面单贴（顶层）



5、6脚底层铺铜，且通过过孔散热

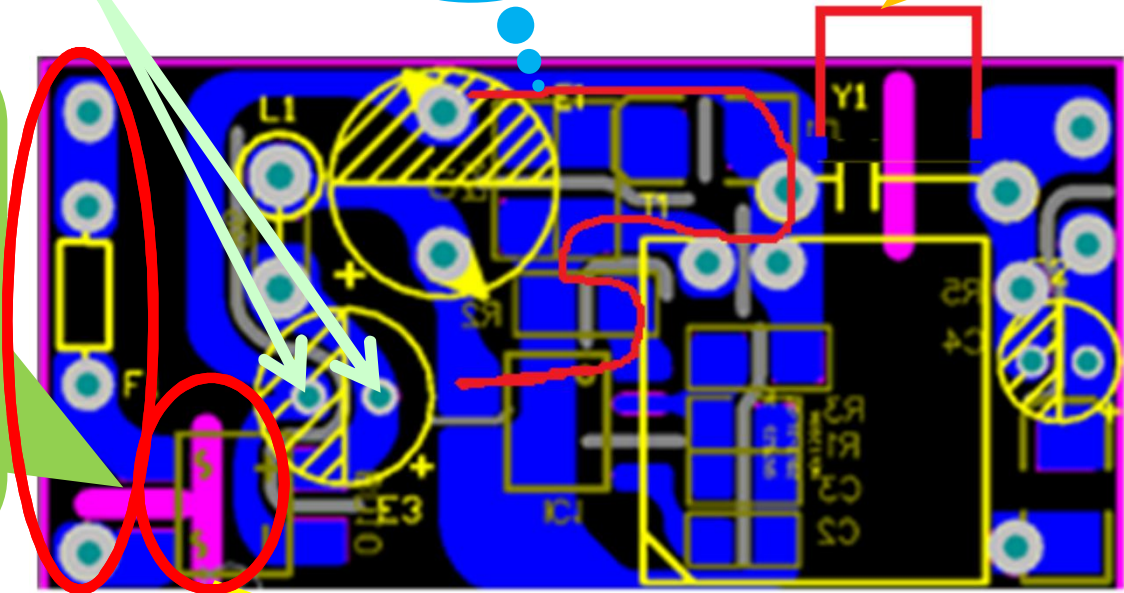
# PCB的EMC设计

高压电容正负端距离大于1mm，不足时加阻焊层

高压走线路径图  
走线尽量短

初级侧与次级侧距离大于6mm，不足时，开槽处理

- LAN进线端距离大于2.5mm;
- 经保险F1后的交流侧距离大于1.5mm;
- 若距离不足，需开槽处理，槽宽大于1mm;



交流侧与直流侧距离大于2mm，不足时，需开槽处理



深圳市明微电子股份有限公司

SHENZHEN SUNMOON MICROELECTRONICS CO.,LTD.

# LED照明驱动方案分享



1

隔离结构---PSR方案

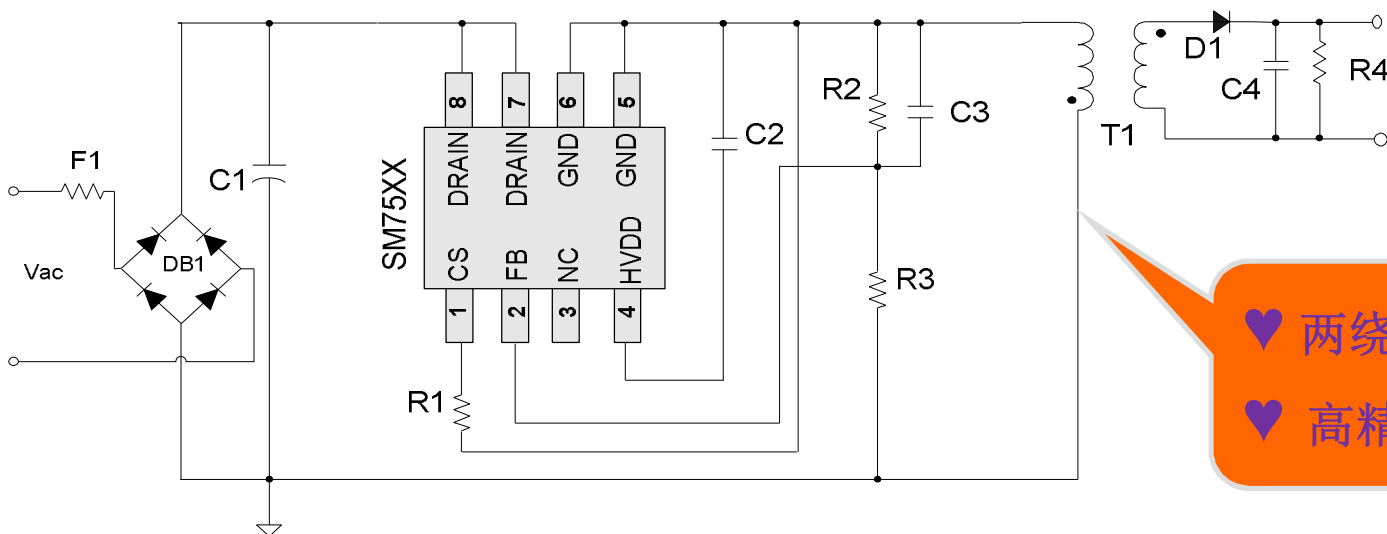
2

非隔离结构----Buck/Buck-boost方案



# 恒流---隔离PSR方案

## ◆ SM7523B/SM7525 PSR反激方案原理图



+ 典型规格:  
12V/200~300mA  
18V/300mA  
- 3.3V/600mA

♥ 两绕组专利技术  
♥ 高精度恒流专利技术

1. 变压器无辅助绕组

2. 省吸收电路

3. 兼容多规格输出

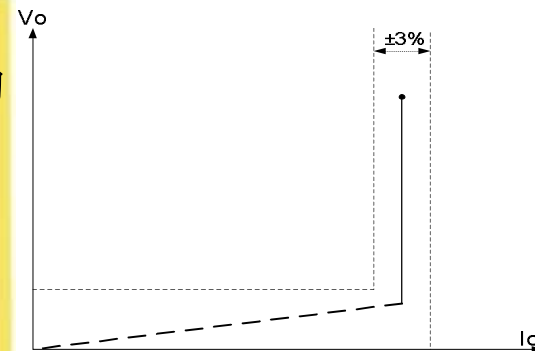
4. 0~265Vac输入，安全可靠

5. 开关机无闪烁，无二次启动

6. 抗干扰能力强，无闪烁

7. 输入浪涌保护

8. 输出开短路保护

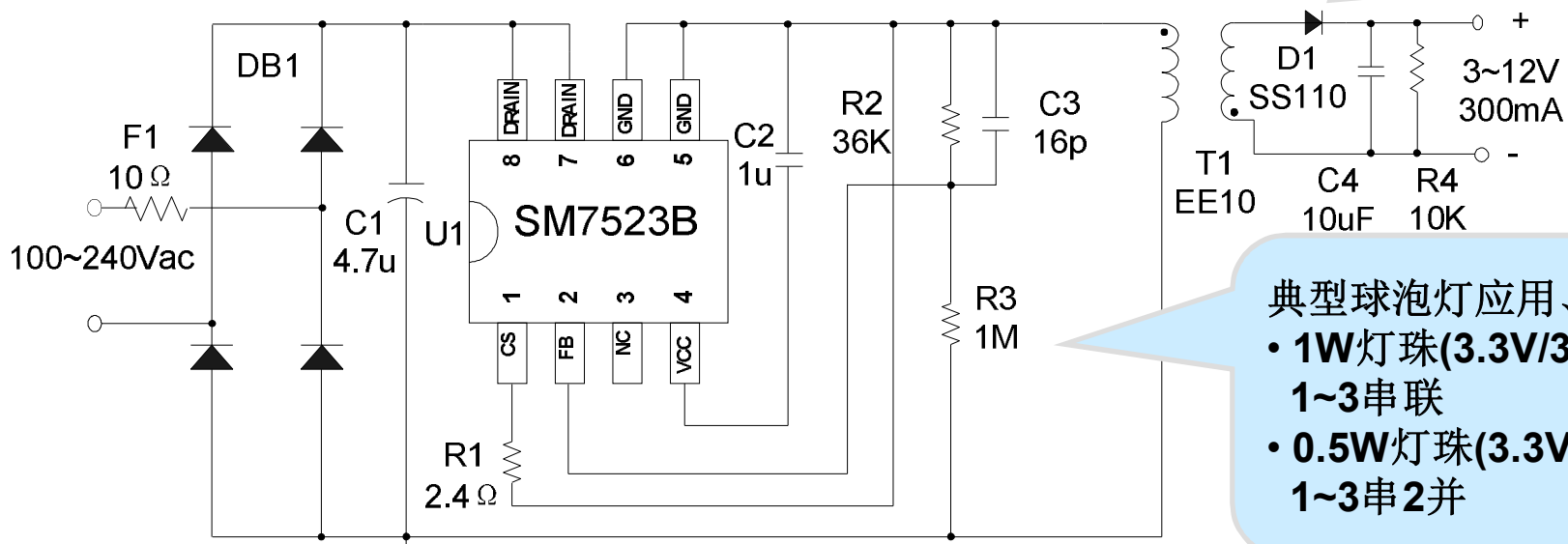




# (3~12V)/300mA--- SM7523B

## ◆ PSR反激方案(SM7523B 3~12V/300mA)

- ♥ 恒流精度±1.94%
- ♥ 兼容1~3W (包括红灯)

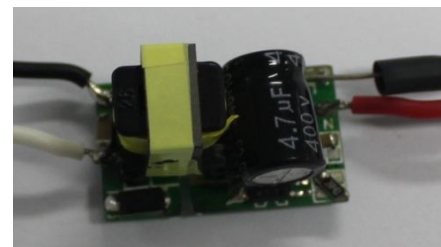


- 典型球泡灯应用、灯珠
- 1W灯珠(3.3V/300mA)  
1~3串联
  - 0.5W灯珠(3.3V/150mA)  
1~3串2并

## ◆ 测试数据

IOUT/mA \ Vin/V	100Vac	180Vac	220Vac	240Vac
带1W LED灯	289.2	294.8	297.2	298.7
带2W LED灯	289.7	295.3	298.0	299.2
带3W LED灯	287.8	294.0	296.4	297.5

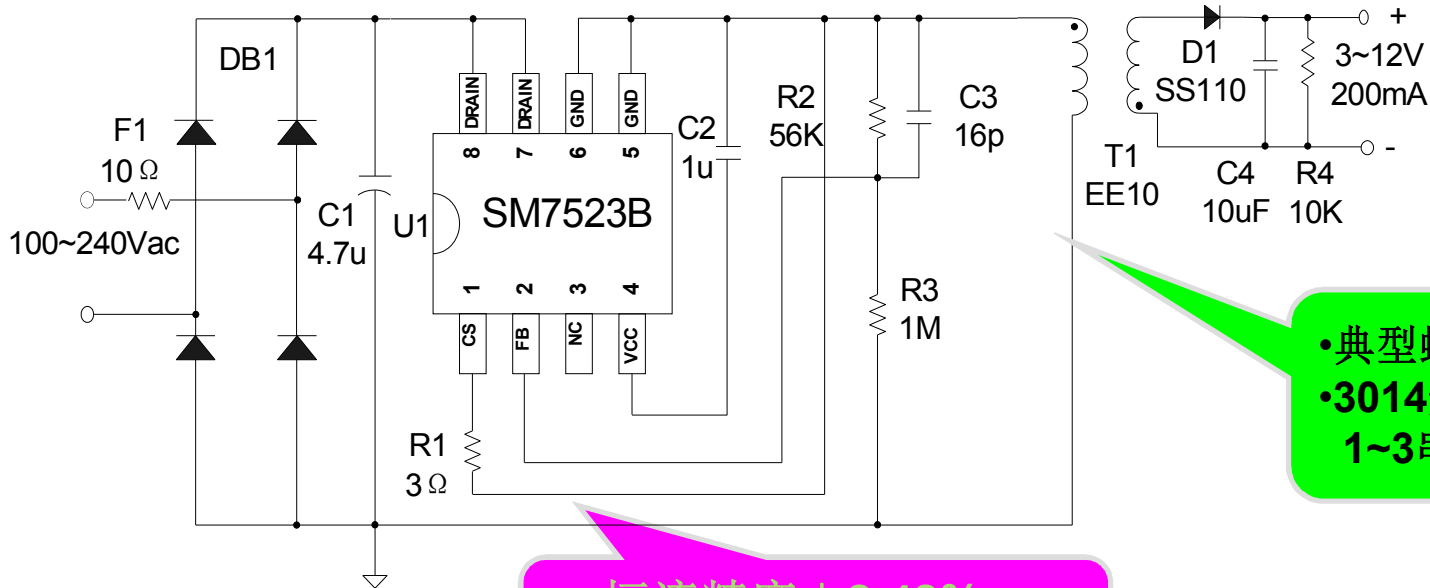
## ◆ 实物图





# (3~12V)/200mA--- SM7523B

## ◆ PSR反激方案(SM7523B 3~12V/200mA)



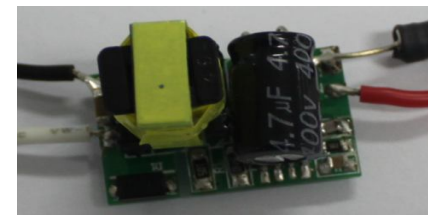
•典型蜡烛灯应用  
•3014灯珠(3.3V/30mA)  
1~3串7并

♥ 恒流精度±2.48%  
♥ 兼容3~12V/200mA

## ◆ 测试数据

	100Vac	180Vac	220Vac	240Vac
带1W LED灯	192.6	197.2	199.1	200.0
带2W LED灯	191.5	196.4	198.2	199.1
带3W LED灯	190.3	195.0	196.9	198.1

## ◆ 实物图

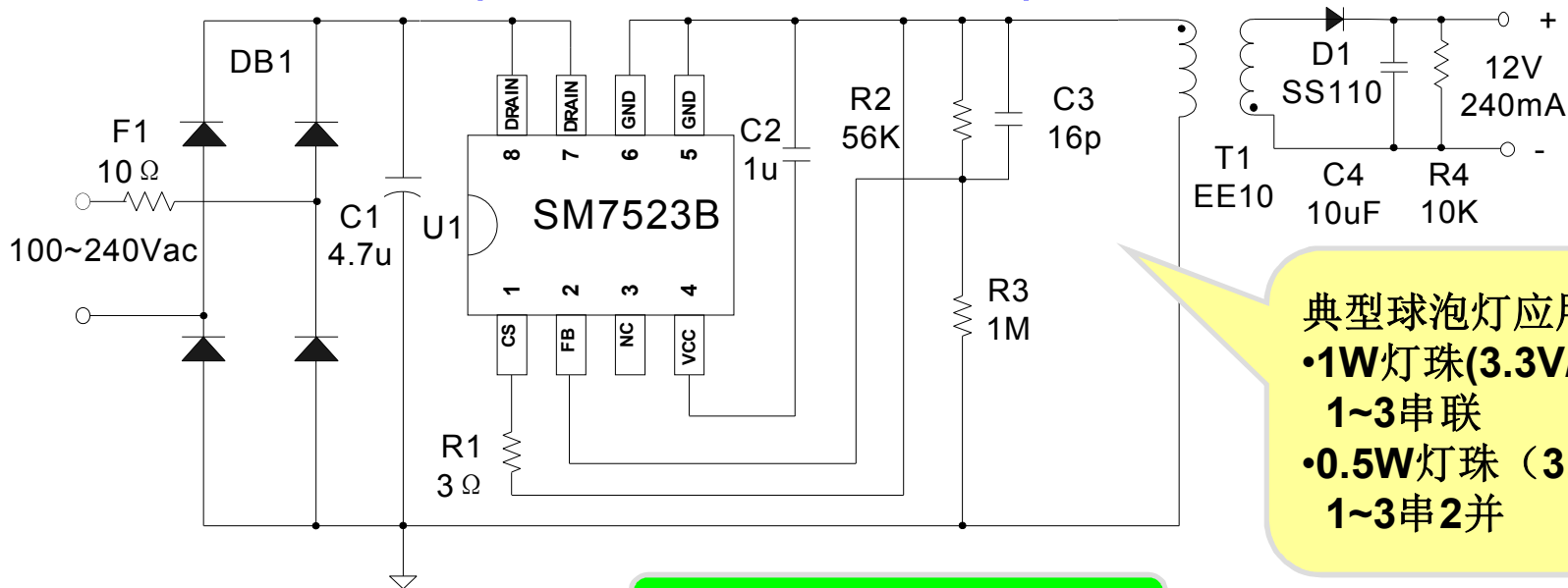






# 12V/240mA--- SM7523B

## ◆ PSR反激方案(SM7523B 12V/240mA)



典型球泡灯应用、灯珠

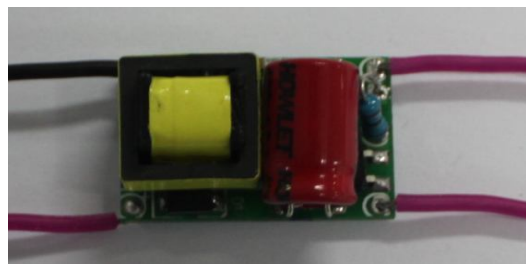
- 1W灯珠(3.3V/300mA)  
1~3串联
- 0.5W灯珠 (3.3V/150mA)  
1~3串2并

♥ 恒流精度±2.85%

## ◆ 测试数据

	100Vac	110Vac	220Vac	240Vac
带载1W LED灯	236.6	237.8	243	245.2
带载2W LED灯	233.1	234.3	241.9	243
带载3W LED灯	2316	231.8	238.2	241.1

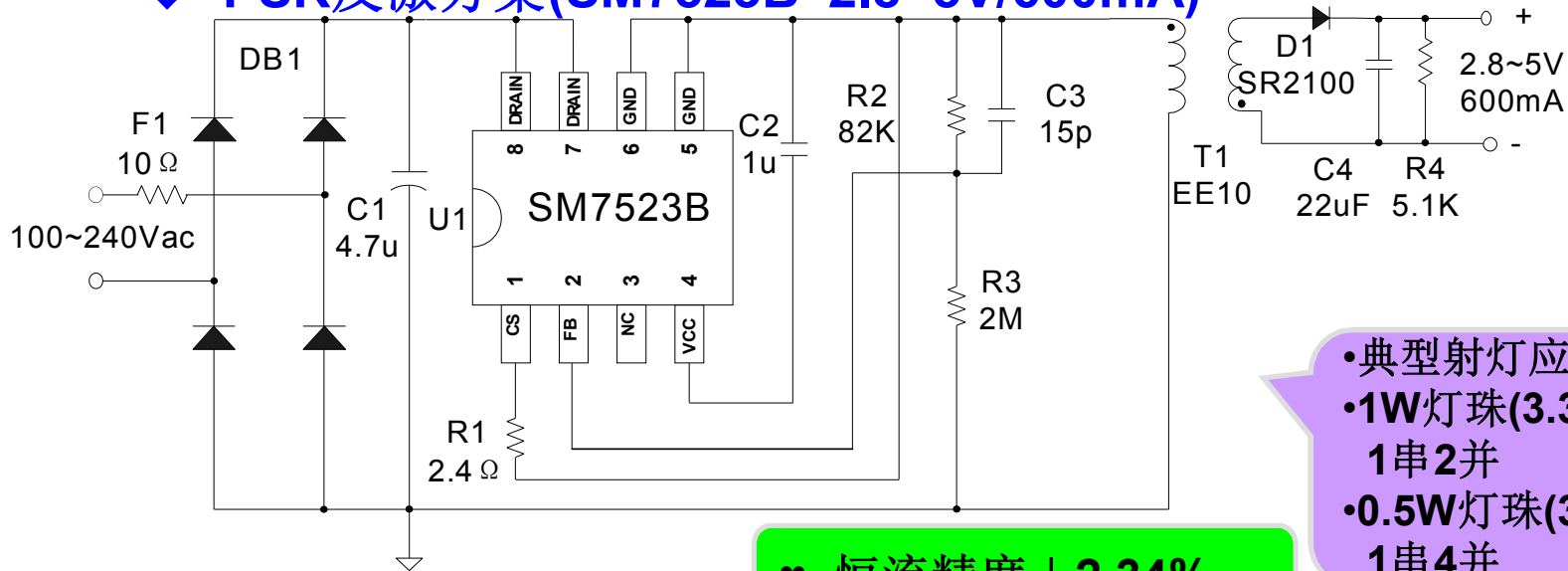
## ◆ 实物图





# (2.8~5V)/600mA--- SM7523B

## ◆ PSR反激方案(SM7523B 2.8~5V/600mA)

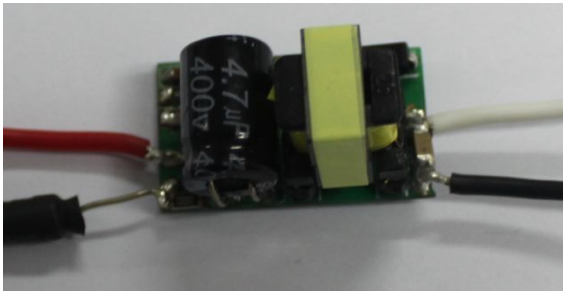


♥ 恒流精度±2.34%

- 典型射灯应用、灯珠
- 1W灯珠(3.3V/300mA)  
1串2并
- 0.5W灯珠(3.3V/150mA)  
1串4并

	100Vac	110Vac	220Vac	240Vac
2.8V	593.3	588.9	604.5	606.7
3.5V	589.1	586.2	601.7	604.3
4.0V	584.9	584.4	600.3	602.3
4.5V	582.4	583.1	597.2	599.6
5.0V	579	580.9	595.8	597.6

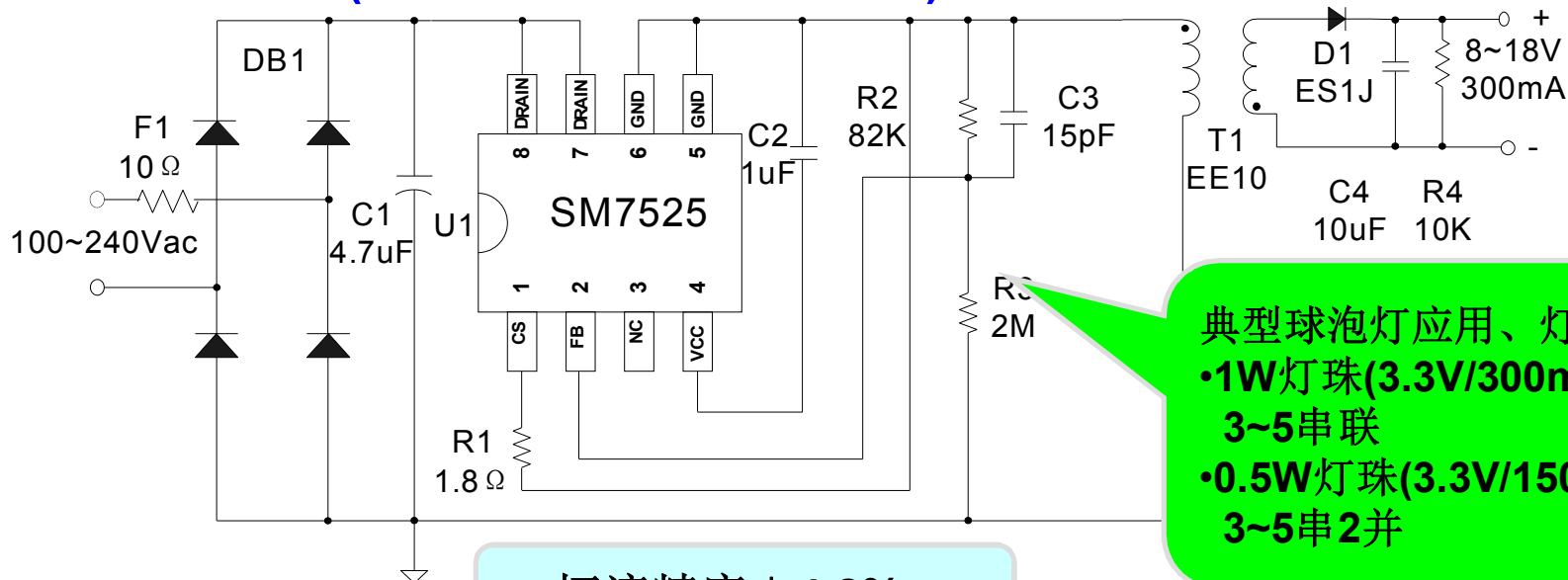
## ◆ 实物图





# (8~18V)/300mA---SM7525

## ◆ PSR反激方案(SM7525 8~18V/300mA)

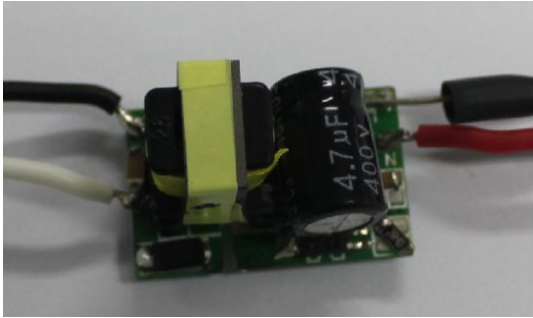


典型球泡灯应用、灯珠  
 •1W灯珠(3.3V/300mA)  
 3~5串联  
 •0.5W灯珠(3.3V/150mA)  
 3~5串2并

♥ 恒流精度±4.8%

	100Vac	110Vac	220Vac	240Vac
<b>CV=8V</b>	292.3mA	293.7mA	302.2mA	303.5mA
<b>CV=9V</b>	291.5mA	293.2mA	301.6mA	303.2mA
<b>CV=12V</b>	288.2mA	290.4mA	299.1mA	302.6mA
<b>CV=15V</b>	285.1mA	287.3mA	296.4mA	299.8mA
<b>CV=18V</b>	282.1mA	282.6mA	293.2mA	296.7mA

## ◆ 实物图





深圳市明微电子股份有限公司

SHENZHEN SUNMOON MICROELECTRONICS CO.,LTD.

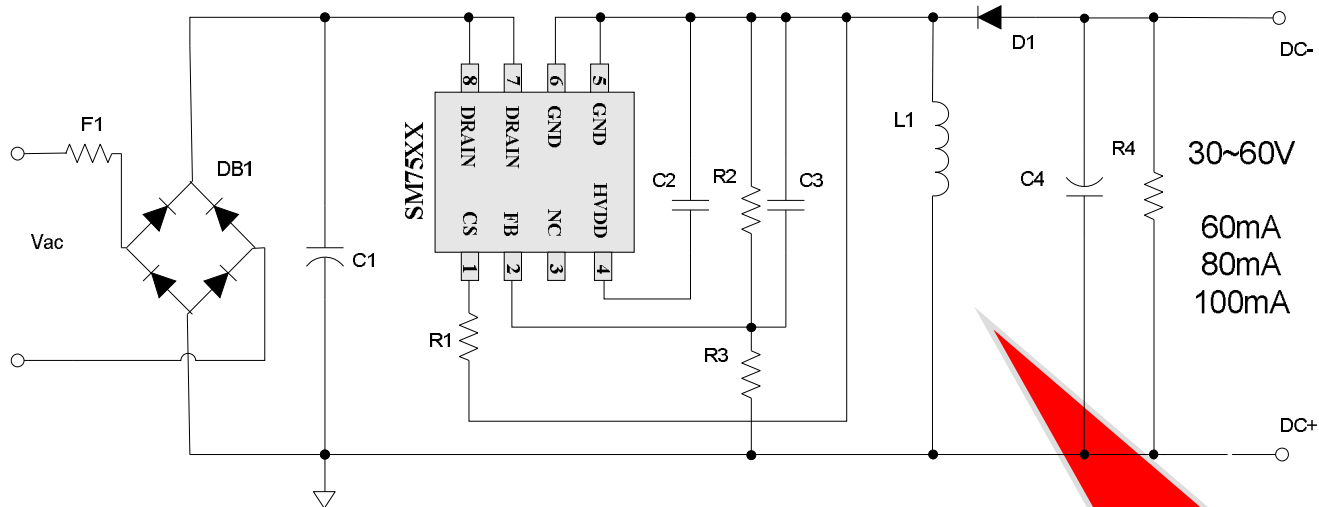
# LED照明驱动方案分享

1 隔离结构---PSR方案

2 非隔离结构----Buck/Buck-boost方案

# 恒流---非隔离结构

## ◆ BUCK-BOOST方案原理图



♥ 工字型电感，降低成本

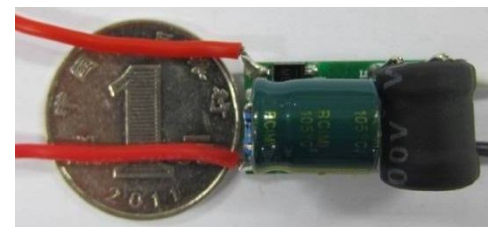
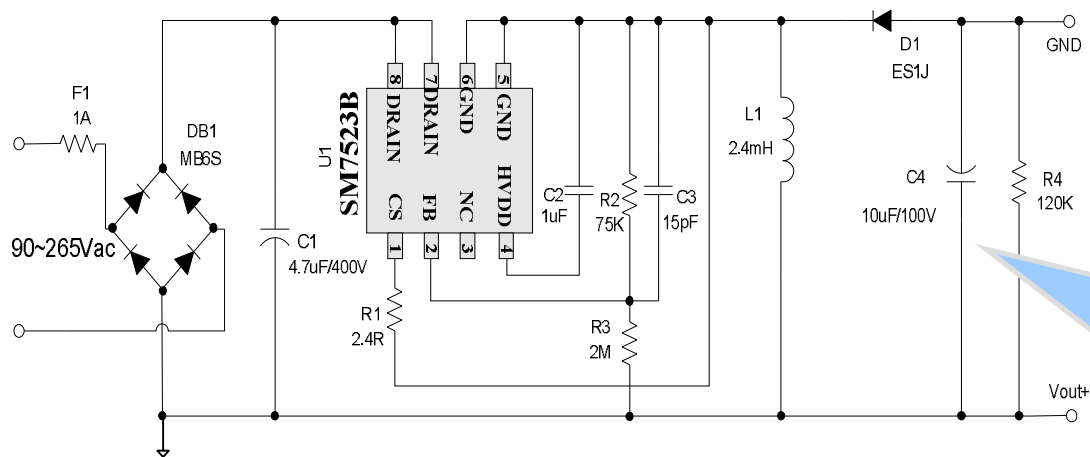


1. 仅用工字电感、无变压器
2. 降低BOM成本
3. 宽输出电压： 30~65V/60mA,80mA,100mA
4. 通过短路/开路/高温/老化等多种可靠性测试
5. 适合2835/3528/3014/5630小电流灯珠



# 60V/60mA--- SM7523B

## ◆ 60V/60mA方案



典型球泡灯应用、灯珠  
 •3014(3.2V/30mA)  
 15串2并  
 •2835/5050(3.3V/60mA)  
 15串1并

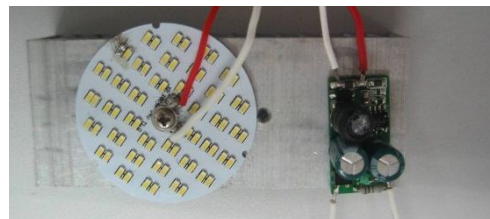
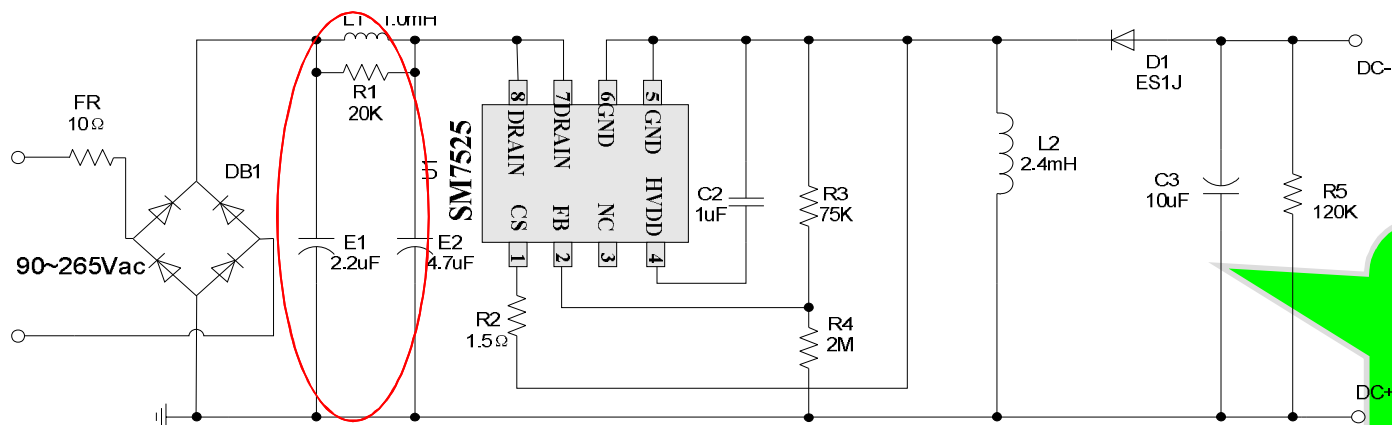
Vout (V)	SM7523B 输入电压&输出电流Iout(mA)			
	90Vac	110Vac	220Vac	265Vac
30	62.95	63.24	64.83	65.48
40	62.35	62.64	64.32	64.88
50	61.96	62.14	63.76	64.38
60	60.88	61.7	63.42	64.04
65	59.46	61.34	63.24	63.84
CC精度	±2.84%	±1.53%	±1.24%	±1.27%





# 60V/100mA--- SM7525

## ◆ 60V/100mA过认证方案



•可过3C、CE、UL等认证

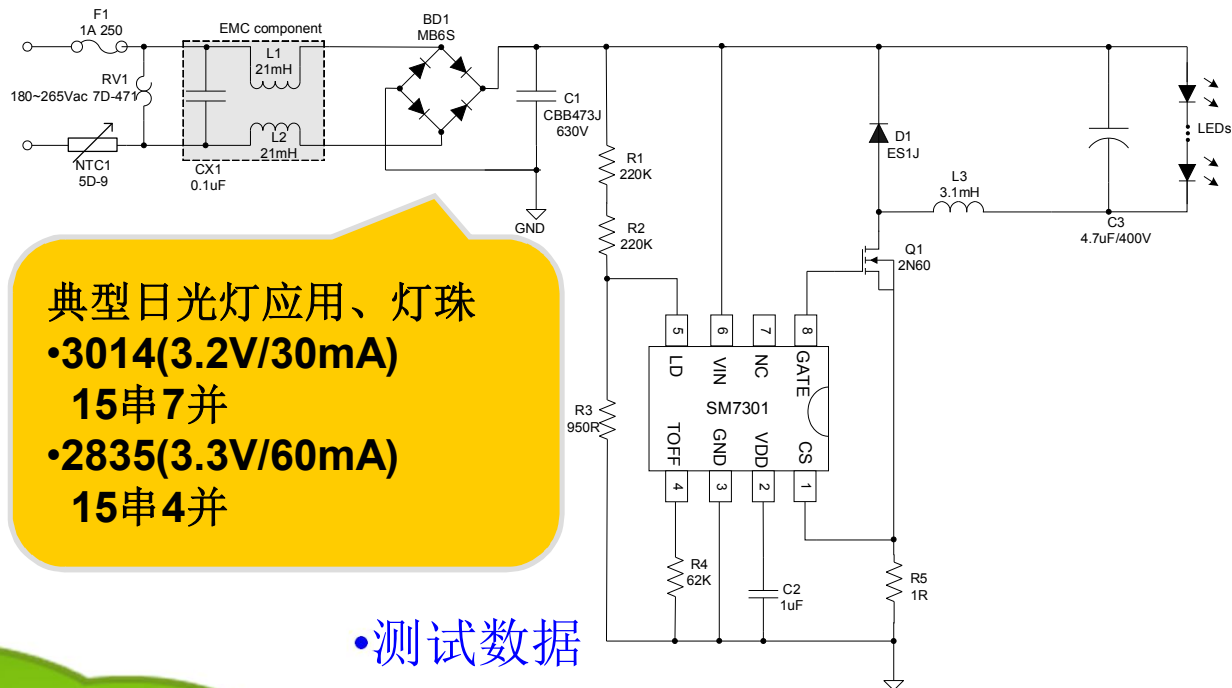
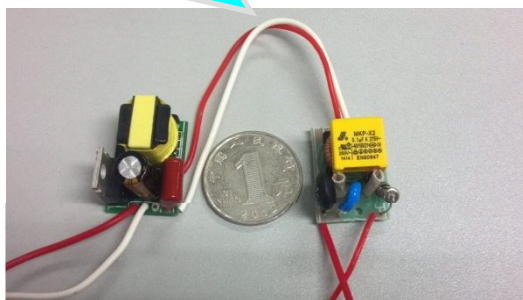
典型球泡灯应用、灯珠  
 •5630/5730(3.2V/150mA)  
 15串1并  
 •2835/(3.3V/60mA)  
 15串2并

	90Vac	110Vac	220Vac	264Vac
CV=35V	99.2mA	99.2 mA	100.8 mA	101.8 mA
CV=40V	99.4 mA	99.6 mA	101.4 mA	101.9 mA
CV=45V	99.3 mA	99.5 mA	101.7 mA	102.2 mA
CV=50V	98.8 mA	99.8 mA	101.6 mA	102.2 mA
CV=55V	97.1 mA	100.0 mA	101.6 mA	102.4 mA
CV=60V	95.0 mA	100.0 mA	102.2 mA	102.7 mA



### ◆ 60V/200mA Buck结构 高PF方案 (180Vac~265Vac)

方案板分布在灯管的两端



典型日光灯应用、灯珠

- 3014(3.2V/30mA)  
15串7并
- 2835(3.3V/60mA)  
15串4并

• 测试数据

- 专利的高压自启动及供电技术
- 无输入高压电解电容、高功率因数技术
- 输出短路保护功能
- 可通过EFT、雷击、浪涌等可靠性测试
- 可通过3C、UL、CE等认证

U <sub>o</sub> (V)	I <sub>o</sub> (mA)	P <sub>i</sub> (W)	η	PF	THD
42	243.3	11.84	86.3%	0.909	32.75
50	227.1	12.80	88.7%	0.913	31.23
60	208.3	14.32	87.3%	0.915	30.56
75	183.1	15.20	90.3%	0.910	31.27

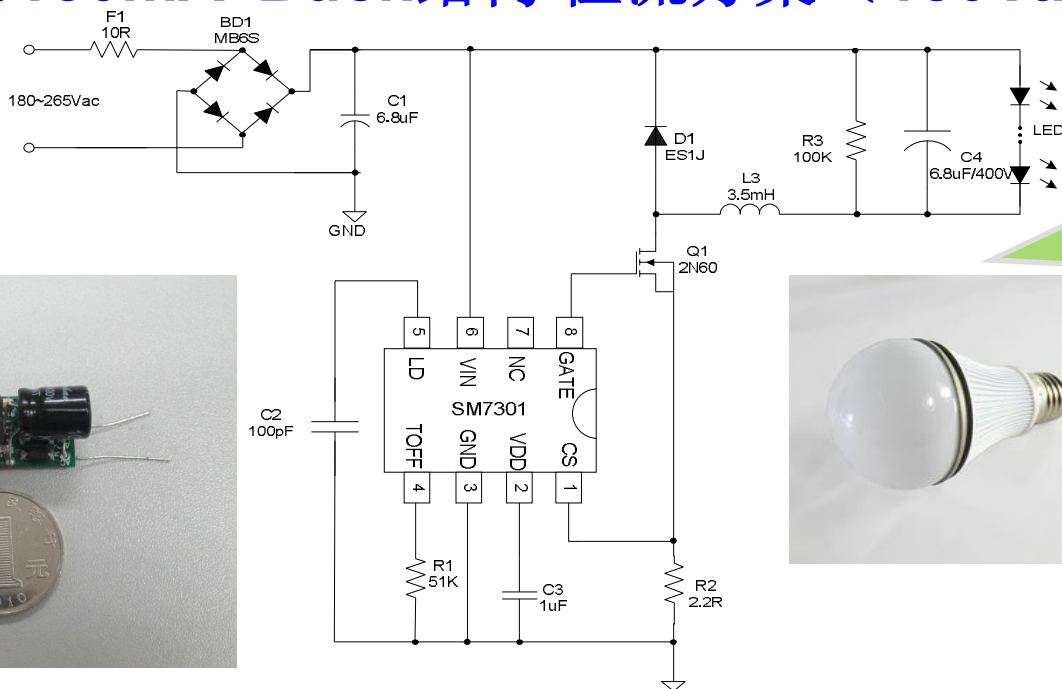




# 50V/150mA--- SM7301

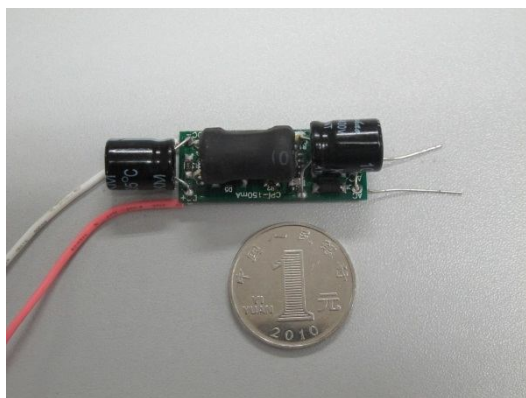
球泡灯应用

## ◆ 50V/150mA Buck结构 恒流方案 (180Vac~265Vac)



球泡灯应用、灯珠  
•5630(3.3V/150mA)  
15串1并

♥ 恒流精度±6.17%



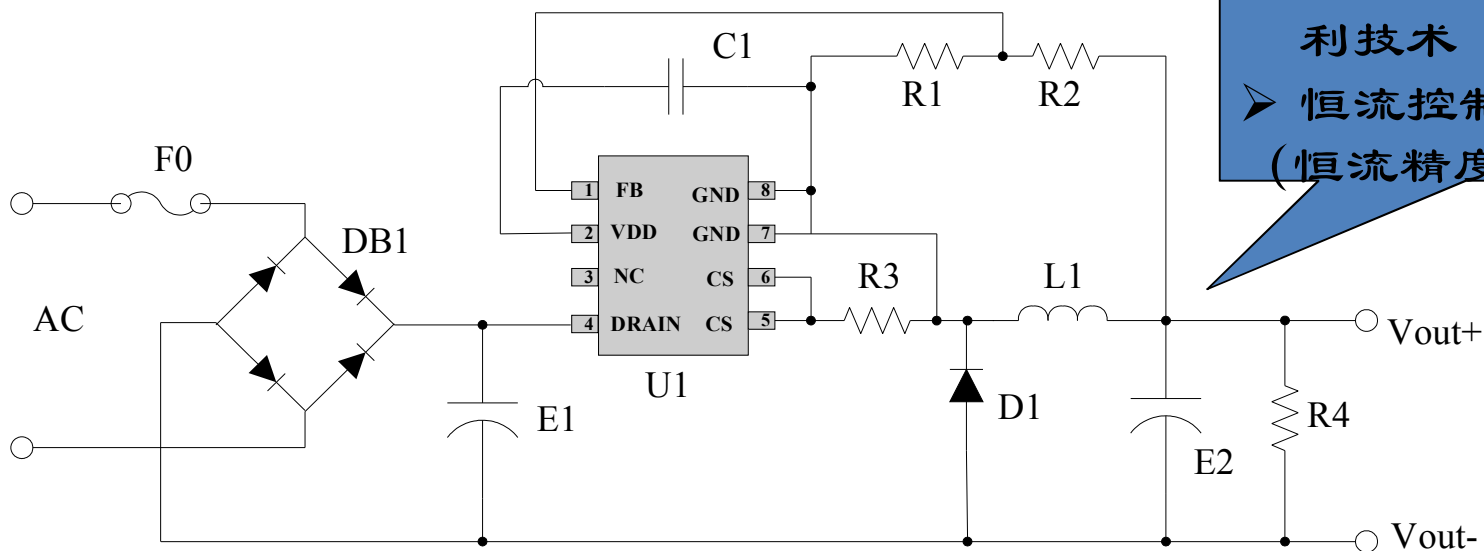
- ♥ 适合于0.5W灯珠
- ♥ PCB板体积小、易摆放

	180Vac	220Vac	240Vac	265Vac
CV=42V	153.2	157.5	159.5	160.4
CV=44V	149.0	153.5	155.8	159.3
CV=45V	147.2	151.3	153.6	156.8
CV=47V	143.0	147.2	149.4	152.5
CV=49V	141.7	143.1	145.7	148.9



# SM7302/07 BUCK (90~150mA)

## ◆ SM7307/02 BUCK方案原理图



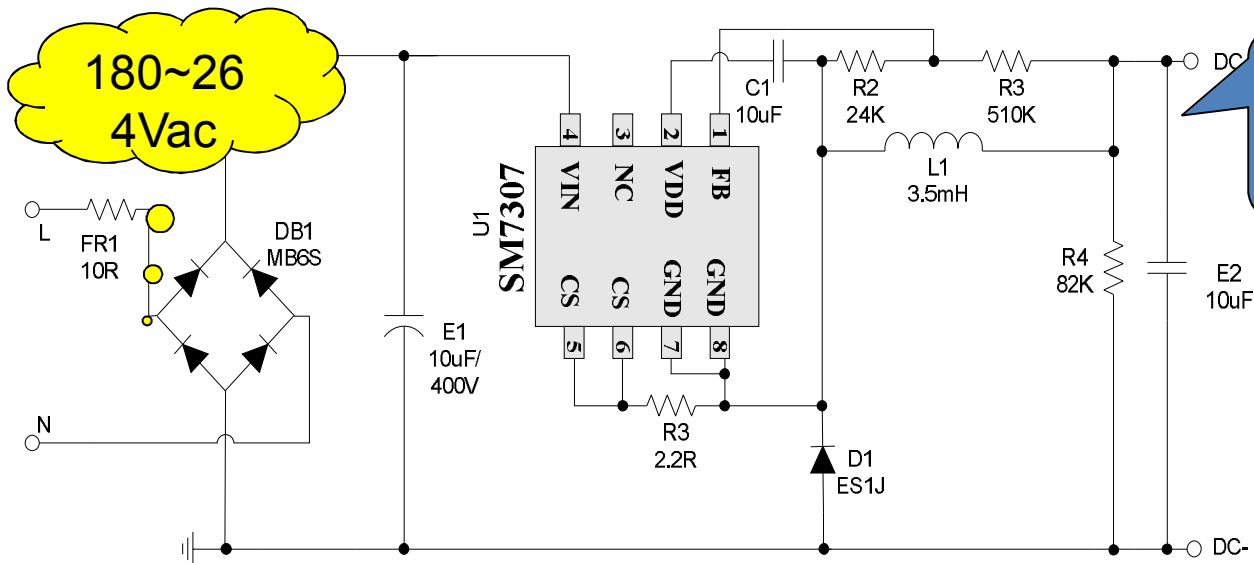
- 高压自启动及供电专利技术
- 恒流控制专利技术 (恒流精度小于+3%)

- 高压混合单芯片集成工艺
- 效率高达90%以上;
- 无需补偿元件, BOM成本低;
- 内置自恢复输出开、短路保护功能;
- 应用于T8、T5灯管、LED球泡灯等

输入电压	SM7302/7
90Vac~264Vac	20-48V /150mA
180Vac~264Vac	75-150V/ 120mA
200Vac~264Vac	90-180V/ 90mA



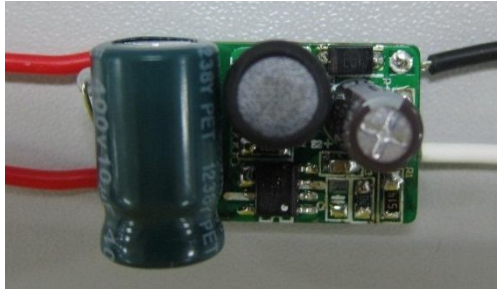
# 方案实例：60-80V/120mA



- 恒流精度：  $\pm 0.28\%$
- 转换效率：  $>86\%$

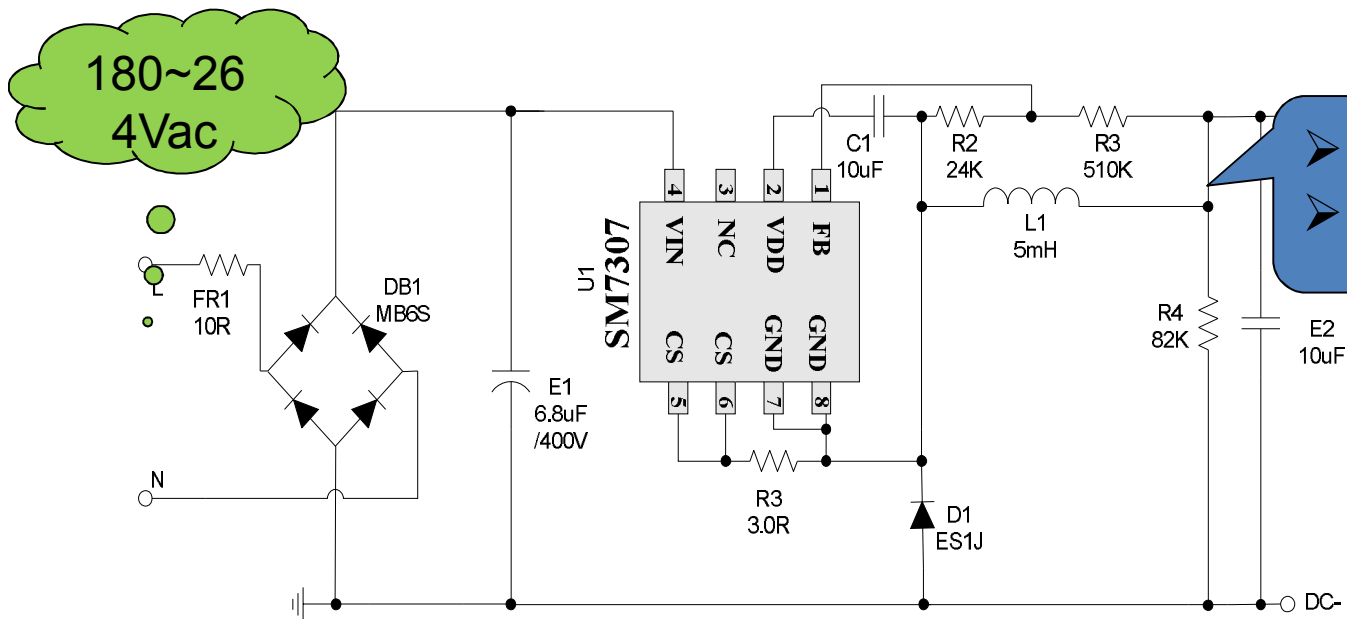


	180Vac	220Vac	265Vac
7W	124.7	124.4	124.4
8W	124.7	124.3	124.2
9W	124.7	124.3	124.2
10W	124.3	124.2	124.0



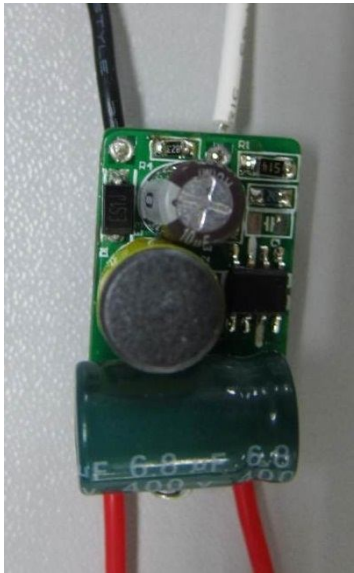


# 方案实例：40-80V/90mA



➤ 恒流精度：±0.41%  
 ➤ 转换效率：>86%

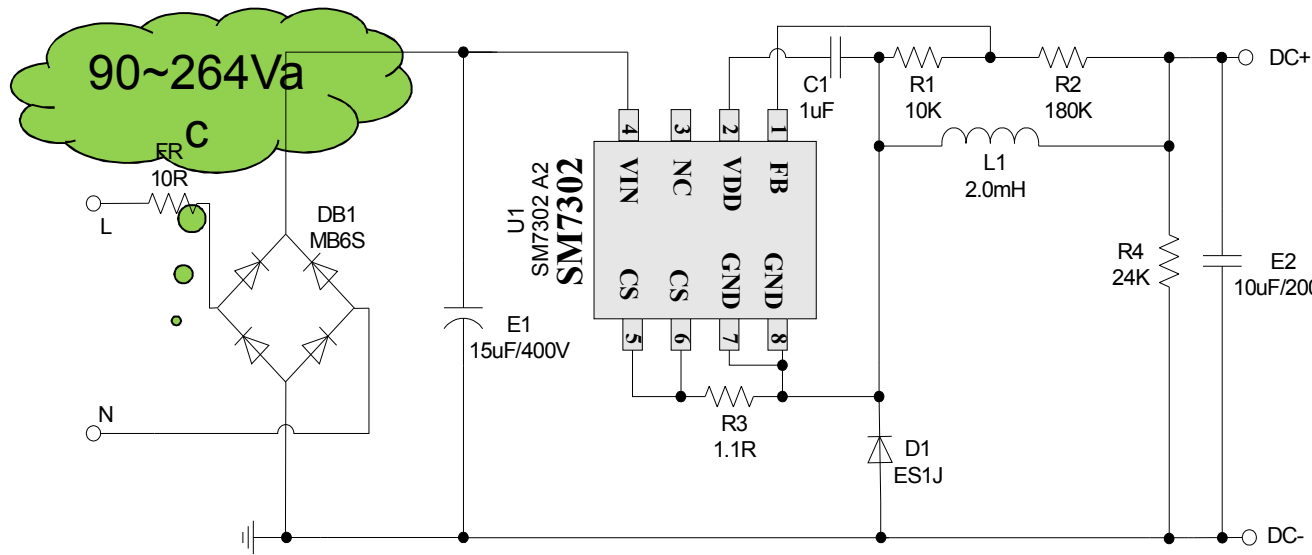
	180Vac	220Vac	264Vac
5W	96.5mA	96.7mA	96.9mA
6W	96.4mA	96.6mA	96.7mA
7W	96.1mA	96.1mA	96.4mA





# 方案实例：20-48V/150mA

## ◆ BUCK方案(SM7302 20~48V/150mA)



➤ 效率大于 85%  
 ➤ 恒流精度为  $\pm 2.54\%$

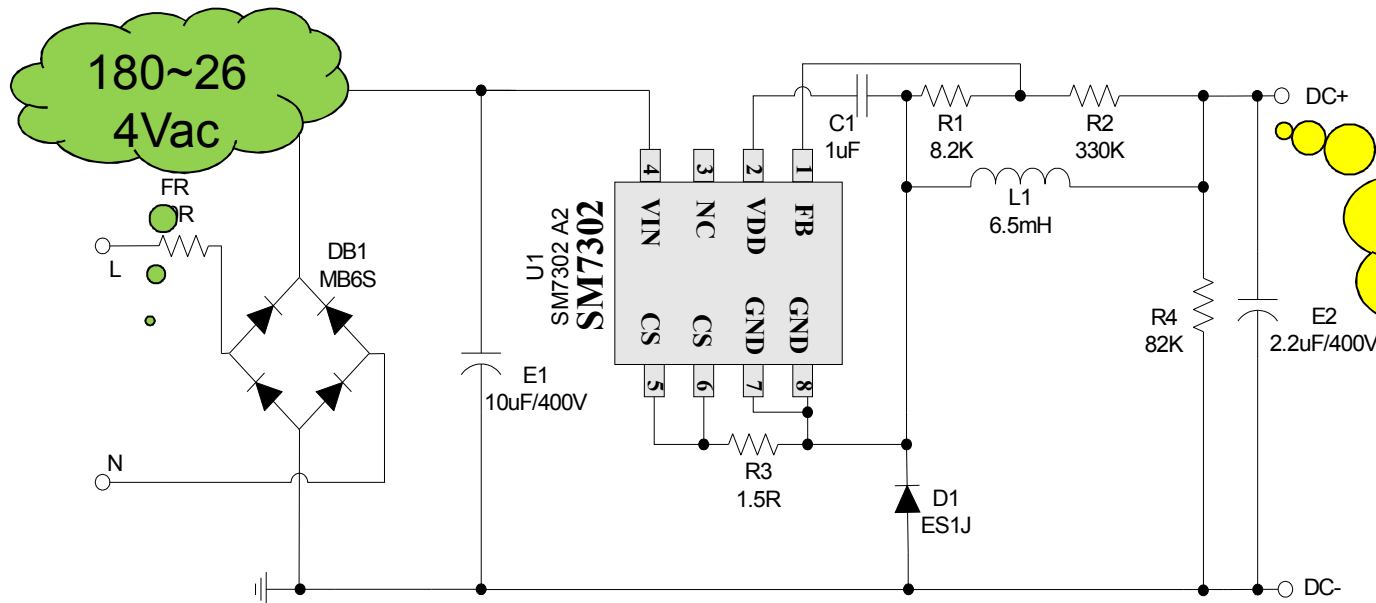


	90Vac	110Vac	220Vac	264Vac
3W LED	155.2mA	155.7mA	158.4mA	159.1mA
4W LED	155.5mA	155.8mA	158.2mA	158.5mA
5W LED	153.5mA	154.0mA	156.9mA	157.4mA
6W LED	153.0mA	152.8mA	155.9mA	156.3mA
7W LED	152.2mA	152.0mA	154.4mA	155.2mA



# 方案实例：75-150V/120mA

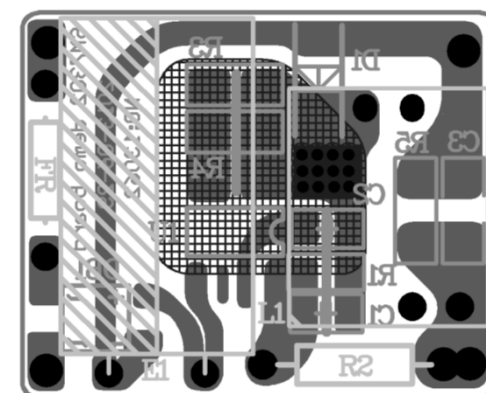
## ◆ BUCK方案(SM7302 75~150V/120mA)



➤ 效率大于 91%

➤ 恒流精度为 ±1.67%

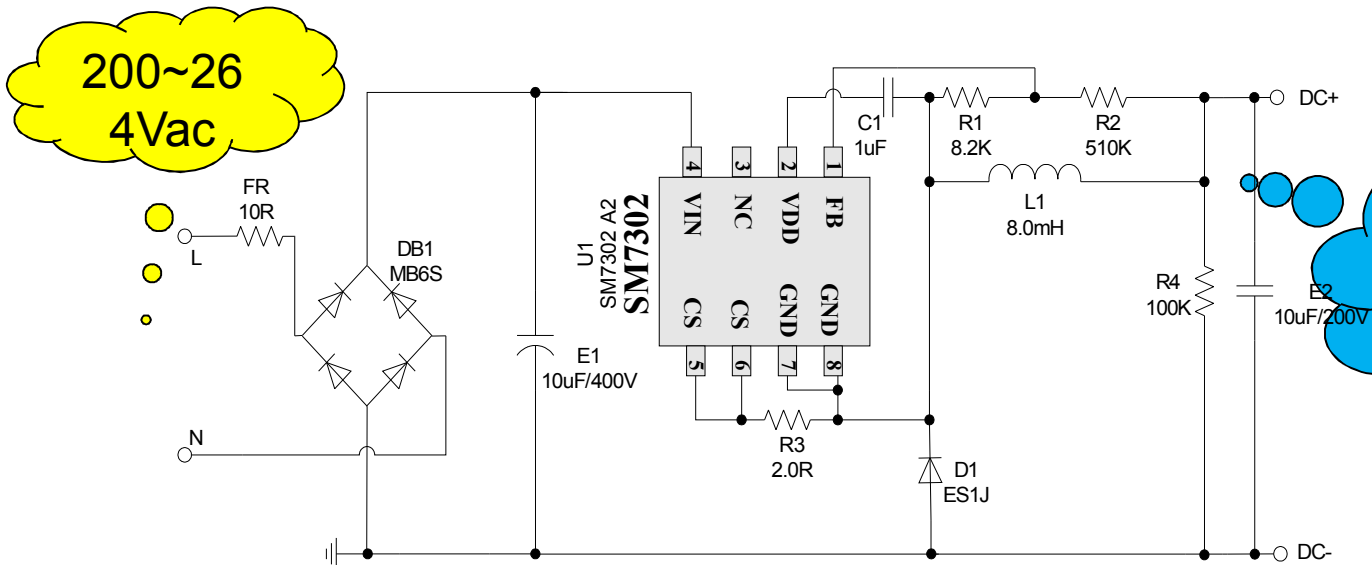
Vin与vout	180Vac	200Vac	220Vac	240Vac	264Vac
138V	117.5mA	116.3mA	115.7mA	115.4mA	115.3mA
147V	117.6mA	116.2mA	115.6mA	115.2mA	115.0mA
154V	118.4mA	115.9mA	115.0mA	114.8mA	114.5mA





# 方案实例：90-180V/90mA

## ◆ BUCK方案(SM7302 90~180V/90mA)



200~264Vac

效率大于 92%

恒流精度为 ±2.54%

可与上述规格  
共用方案板  
(20mm\*25mm)

Vin与vout	180Vac	200Vac	220Vac	240Vac	264Vac
174V	94.8mA	93.7mA	93.3mA	92.9mA	92.9mA
180V	93.1mA	93.5mA	92.9mA	92.9mA	92.7mA
186V	90.1mA	93.4mA	92.8mA	92.3mA	92.0mA



输出电流：  
小于90mA?



## 推荐选型表

芯片	拓扑结构	精度	效率	规格
SM7523B	Buck-Boost	$< \pm 3\%$	84.5%	60V/60mA
SM7525	Buck-Boost	$< \pm 5\%$	87.2%	60V/100mA
SM7523B	PSR	$< \pm 3\%$	78.5%	12V/300mA
SM7525	PSR	$< \pm 5\%$	81.6%	18V/300mA
SM7527	PSR	$< \pm 5\%$	83.2%	24V/300mA
SM7301	Buck	$< \pm 10\%$	88.3%	80V/300mA
SM7307/2	Buck	$< \pm 3\%$	$> 90\%$	90/120/150mA





深圳市明微电子股份有限公司

SHENZHEN SUNMOON MICROELECTRONICS CO.,LTD.



**Thank You!**

[TEL: :0755-26983905, 0755-26991392](tel:0755-26983905)

[Mail: market@chinaasic.com](mailto:market@chinaasic.com)