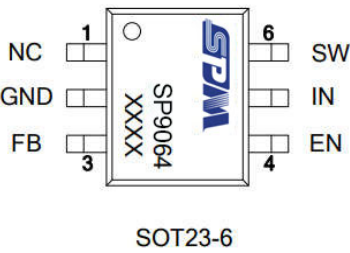


基于 SP9064 设计的降压恒压应用指导书

方案特点

- 宽输入电压:5.5V-60V
- 固定工作频率 500KHZ
- 高效率: 97%@5V/50mA
- 轻载降频, 提高轻载效率
- 关机电流低至 3uA 以内
- 内置过温、逐周期电流检测、输出短路保护
- 内置环路响应, 提供更快动态负载特性
- 内置软启动, 软启动时间为 0.6mS
- 恒压精度高
- 最大支持 0.6A 电流
- 恒压精度 3%以内

管脚排列



管脚描述

芯片 型号	引脚定义					
	NC 悬空	芯片地	输出反 馈正采 样 FB	芯片使能	电源输 入	电感开 关脚
SP9064	1	2	3	4	5	6

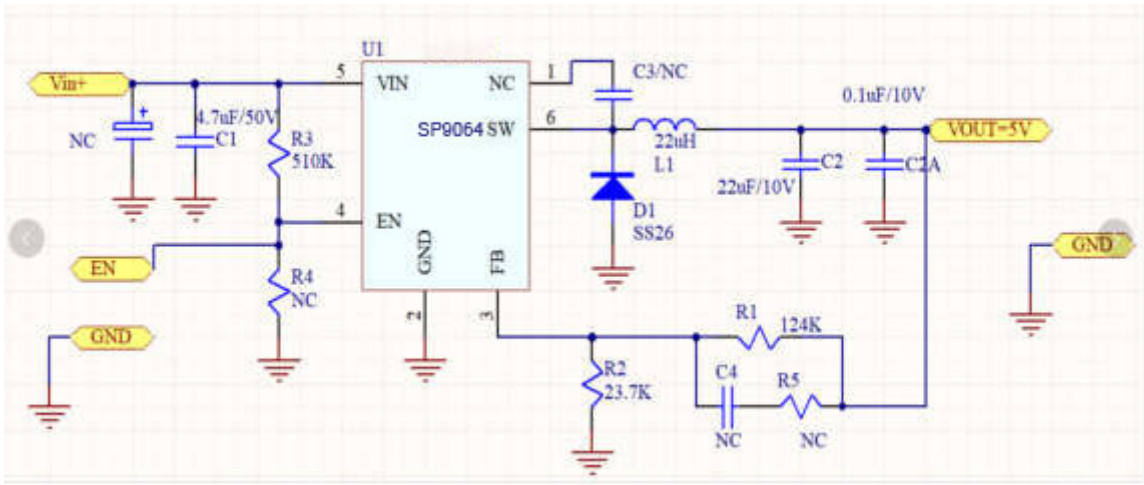
目录:	2
1. SP9064 系列快速选型表	3
2. SP9064 典型应用	3
1) SP9064 DEMO 原理图和 PCB 图	3
2) SP9064 应用 DEMO BOM 清单	4
3) SP9064 典型应用测试数据	4
3. SP9064 系列设计指南	5
1) 芯片外围参数选择	5
2) EMC 电路	6
3) 芯片极限参数使用注意	6
4) FB 反馈电阻选择通过 PWM 信号达到实现可调输出电压	7
5) Layout 参考和注意事项	8
6) 《SP9064 电感外围参数计算器》使用步骤和说明书	10
7) 应用中常见问题解答	12

1. SP9064 参数选型表

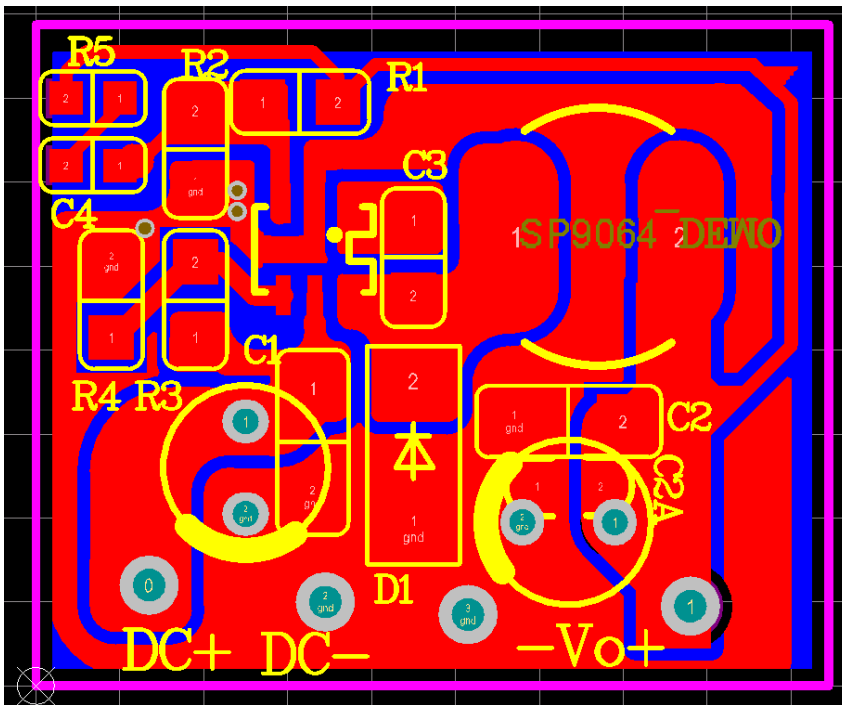
型号	输入电压范围	输出电压范围	开关管电流	输出功率	驱动方式	效率	封装
SP9064	5.5-60	$<V_{in}-0.8$	$\leq 0.6A$	$\leq 10W$	内置 MOS	$\leq 97\%$	SOT23-6

2. SP9064 典型应用 DEMO

1) SP9064 应用 DEMO 原理图



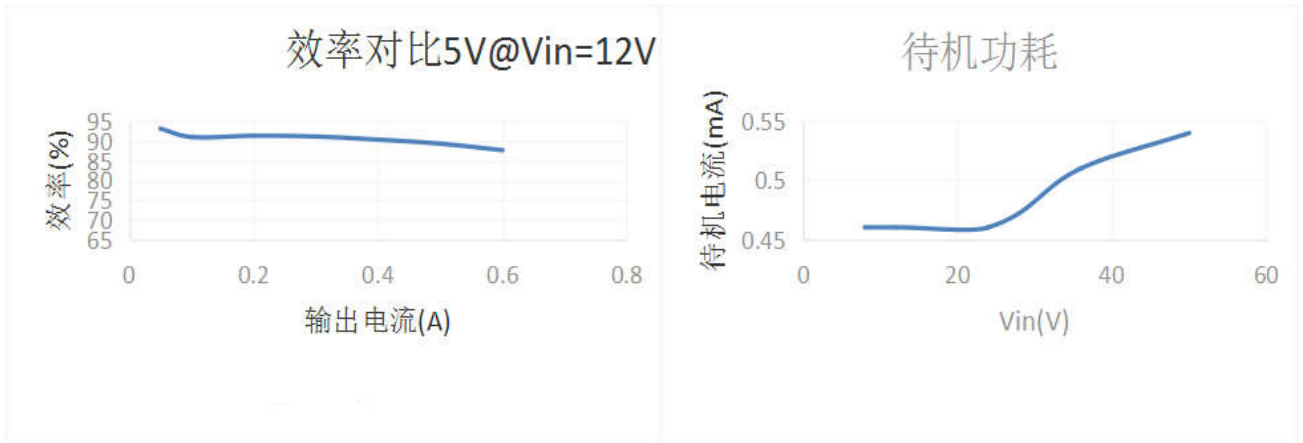
2) SP9064 应用 DEMO 对应 PCB 图



3) SP9064 应用 DEMO BOM 清单

型号:SP9064				设计: V1.0	
NO.	Part Types	Symbol	Description	Qty.	Unit
1	贴片电阻	R1	124K±1% 0805 0.125W	1	Pcs
2		R2	23.7K±1% 0805 0.125W	1	Pcs
3		R3	510K±1% 0805 0.125W	1	Pcs
8	贴片电容	C1	4.7uF±10%/50V/X7R/1206	1	Pcs
9		C2A	100nF±10%/50V/X7R/0805	1	Pcs
		C2	47uF±10%/10V/X7R/1206	1	Pcs
10		C4	NC	0	Pcs
13	二极管	D1	SS26/2A/60V/SMA	1	Pcs
15	工字电感	L1	L=47uH/CD54/0.3mm 线	1	Pcs
18	IC	U1	SP9064/Sot23-6	1	Pcs
19	PCB 板		PCB/24mm*20mm*1.6mm	1	Pcs

4) SP9064 应用 DEMO 测试数据



3. SP9064 系列设计指南

1) 芯片电源输入电容参数的选择:

a) 芯片输入电容的选择:

输入电容为芯片提供瞬态大电流，去掉或者使用 RMS 电流不足的电容会出现芯片工作不正常，甚至损坏芯片，在输出满载的情况下，开关冲击可能直接击穿电源模块，输入电容可使用插件电解电容、贴片铝电解电容、钽电容、固态电容等材质电容，同时输入电容的 ESR 最小 RMS 电流需要满足 $I_{RMS} > 0.3 \times 0.24 / R_{CS}$ ，由于贴片陶瓷电容的 RMS 电流较小，若仅适用瓷片电容，输入冲击电压会达到输入最大电压的 3-4 倍，可能会超出芯片 Vin 脚的耐压，所以**建议输入电容加电解电容，并联小瓷片电容，输入电容的最小容量值为 4.7uF。**

输入 VIN 脚必要是加上 0.1uF 的旁路高频去耦瓷片电容，有利于系统的稳定性。

2) 续流二极管选择:

由于芯片是非同步应用，需要在外部接上续流二极管，二极管的参数选择恰当，对电源的效率，以及电源可靠性都有影响。故续流二极管 D1 的推荐选择肖特基二极管，使用快管效率会损伤，普通整流二极管无法正常使用。

二极管的耐压值和电流均需要留有一定的余量，大概 30%左右，所以二极管的耐压 $V_d = 1.2 \times V_{in-max}$ ， $I_d = 1.2 \times I_o$ ，假设 48V 输入下，输出电流 0.3A，则 $V_d = 1.2 \times 48 = 57.6V$ ， $I_d = 1.2 \times 0.3 = 0.36A$ ，则推荐使用 SS16/1A/60V/SMA

3) 芯片外围电感选择:

$$L = \frac{V_{OUT} \times (V_{IN} - V_{OUT})}{V_{IN} \times \Delta I_L \times f_{SW}}$$

由从 SP9064 系列的规格书中可知，

芯片的

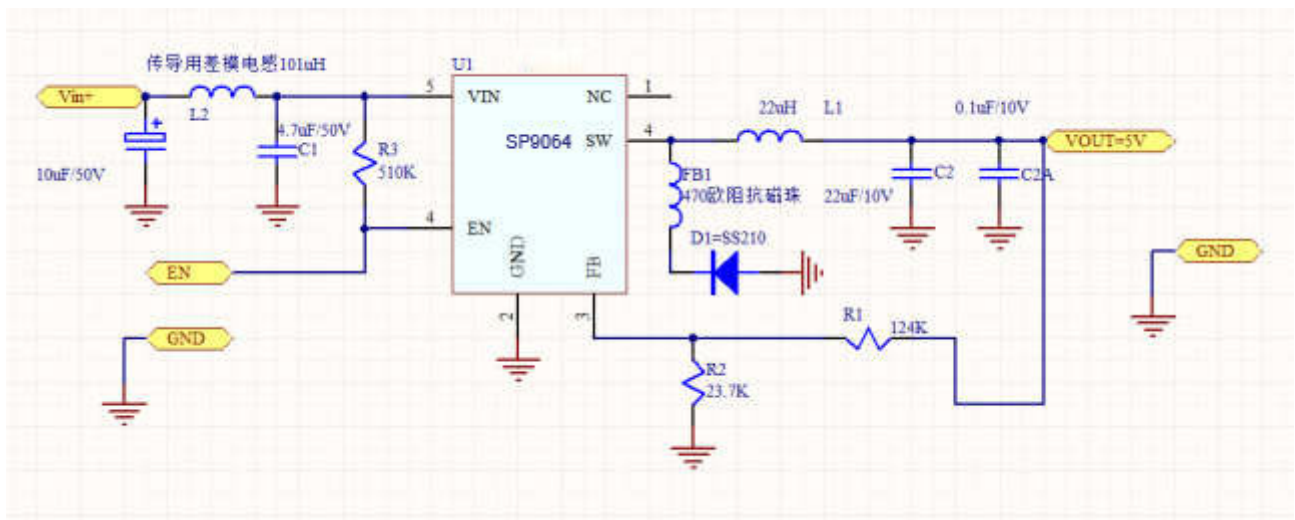
工作频率 F_{sw} 为固定 500KHZ，只有在轻载的情况下(输出 $< 100mA$)，芯片为了提高效率，会自动降低芯片的开关频率。感量的计算可通过我司的参数计算器来自动计算，常规取值为 47uH，若是负载电流是在小于 100mA 的应用，可适当增加电感量来提高效率，当然，若仍使用 47uH 电感也是可以的。

计算电感电流时，由于开关时电感的电流会有纹波电流存在，纹波电流 ΔI_L 的大小最大理论计算为负载电流的 20%，即 $\Delta I_L = 1.2 \times I_o$ ，则 $I_L = I_o + \frac{\Delta I_L}{2} = 1.6 \times I_o$

电感量的大小对输出纹波和整机的效率都会有一定的影响，首先感电流选择通常要满足：电感的温升电流(额定电流) $I_{rms} > I_L * 1.3$ ，电感的饱和电流 $I_{sat} > I_L * 1.5$ ，假设输出电流最大值 $I_o = 0.5A$ ，则 $I_L = 1.6 * 0.5A = 0.8A$ ，则应该选择电感电流(额定电流) $I_{rms} > 1.04A$ ，电感的饱和电流 $I_{sat} > 1.2A$

最大负载电流 $I_o(mA)$	电感的额定电流(mA)	推荐感量(uH)	电感线径(mm)
<50	>100	100	0.1
50~100	>200	47~100	0.15
100~300	>500	22-33	0.27
300~600	>1000	22	0.35

4) EMC 电路:



5) 芯片极限参数使用注意:

- 芯片采用 CMOS 工艺， V_{Din} 引脚电压，极限值为 60V 电压；
- 内置 MOS 管的 SP9064 为 SOT23-6 封装，IC 最大散热功耗 $P_d = 0.35W$ ，使用时需要注意 IC 的温升，常规温度为 85 度以内；
- 芯片极限焊接温度为 240℃（时间小于 30S）。

6) FB 反馈电阻选择通过 PWM 信号达到实现可调输出电压:

A) 反馈电阻的取值, 常规输出参数可按照规格书上的 FB 电阻取值去选择, 电阻要选择 1% 精度电阻, 电阻最小封装可使用 0201 封装

VOUT	R2 (Kohm/1%)	R1 (Kohm/1%)
1.8	102	124
2.5	59	124
3.3	40.2	124
5	23.7	124
12	8.2	113

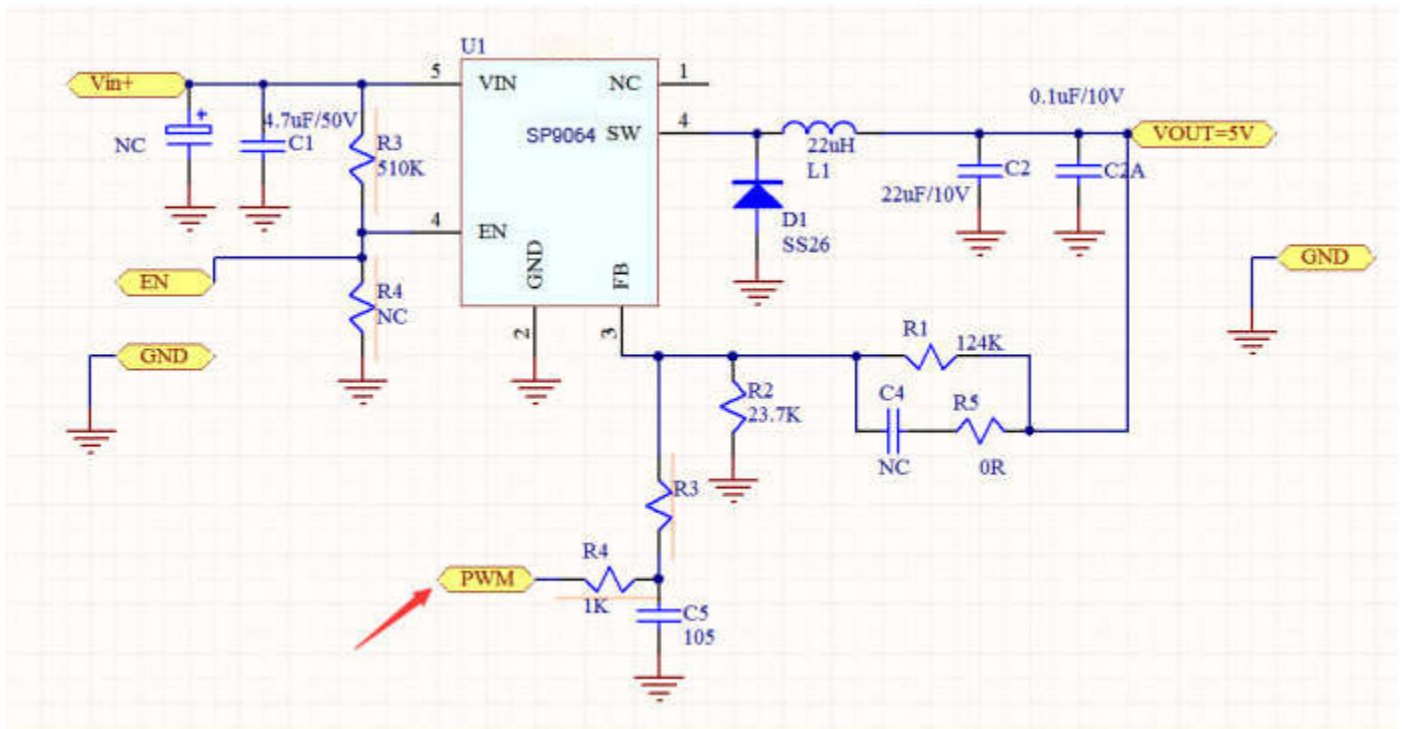
B) 若需要通过 PWM 信号去改变输出电压的大小, 可通过如下电路来实现, 把 PWM 信号转变为模拟信号, 加到反馈电阻上, 通过理论计算得到相应的输出电压值。

$$V_{out} = (V_{FB} - \frac{V_{PWM} * D * R2}{R2 + R3 + R4}) (1 + \frac{R1}{R2})$$

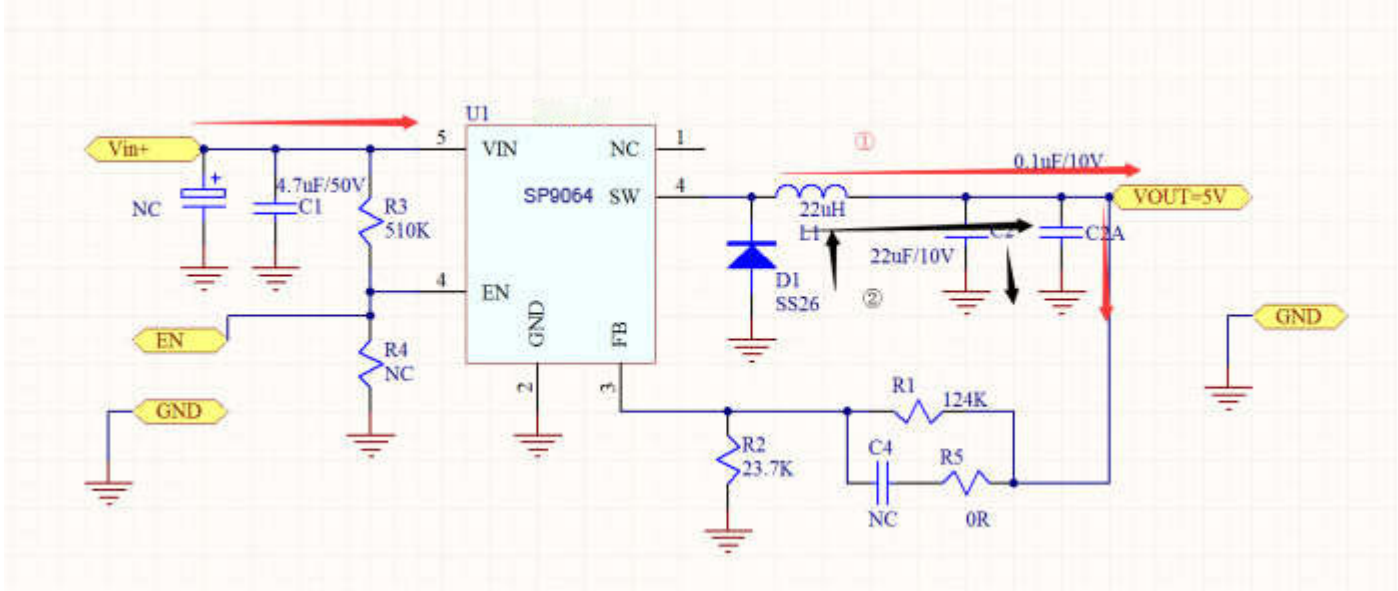
其中 V_{PWM} 为 PWM 信号的电压, 常规为 3.3V 或者 5V

V_{FB} 为 FB 的反馈电压基准值为 0.812V, D 为 PWM 信号的占空比。

从公式中可知, 当 PWM 信号占空比 D 增大时, 输出电压 V_{out} 变低, 所以 PWM 信号占空比变化和输出电压变化是反向的。



7) Layout 参考和注意事项:



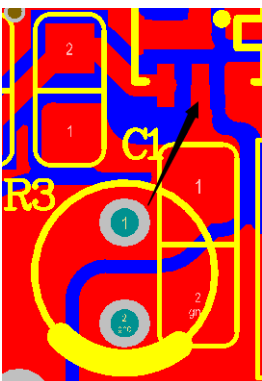
SP9064 系列在上电后，SP9064 是一款电流模式的降压调节器，EA 的输出电压与电感的峰值电流成比例。

在周期开始时，功率管 MOS 关断。EA 的输出电压大于电流采样放大器的输出，电流比较器的输出为低，1MHz 的 CLK 上升沿触发 RS 触发器置高，打开 MOS 将电感通过 SW 连接到输入电源。沿红色电流①通路，不断增大的电感电流被电流采样放大器采样并放大。斜波补偿叠加到电流采样放大器输出端，并与 EA 的输出一起送到 PWM 比较器进行比较。当叠加了斜波补偿的电流采样放大器输出大于 EA 输出时，RS 触发器被重置并关断 MOS。电感电流经由黑色②电流通路外部的肖特基二极管 D1 续流。

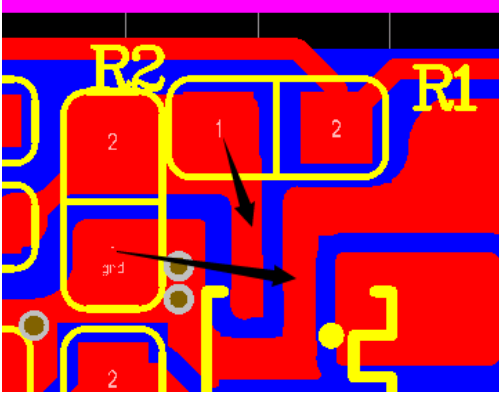
反馈电压 FB 与 0.812V 的基准电压通过 EA 比较，当 FB 脚电压低于 0.812V 时使 EA 输出增大。EA 的输出电压正比于电感的峰值电流，EA 输出电压增大则输出电流也增大。

使用 SP9064 时主要布线注意事项如下：

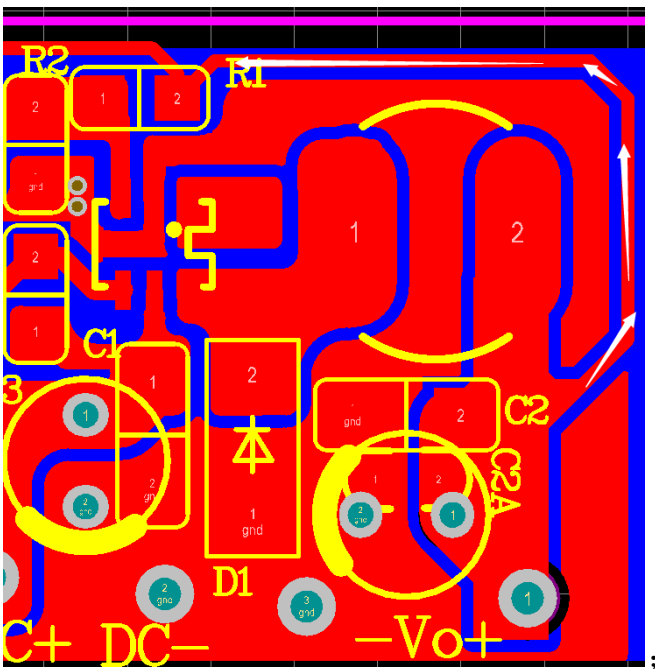
- ① IC 的 VIN 旁路电容 C1 要靠近 IC 的 VIN 脚；



- ② IC 的 FB 上下拉电阻要靠近芯片的 3 脚和 GND，保证反馈电阻采样精度。



- ③ 输出反馈电阻 R1 要从输出电容端单点走线到 R1 连接位置，不可直接从电感位置连接，在电容滤波后对 FB 采样的精确度更好，对 FB 的抗干扰效果更好(如白色箭头示意走线)



- ④ 续流二极管 D1 的正极要靠近输入电容的负极，二极管的负极要同时靠近芯片的 6 脚和电感端，保证续流回路最短。

- ⑤ 功率大电流回路（上图红色①和黑色②回路）走线要粗，短线，面积小，布线时尽可能不要走闭环，芯片尽可能不在大功率回路以内，避免电流涡流产生的高频磁场对芯片小信号有干扰；

- ⑥ PCB 布线小信号远离电感 L1 和续流二极管 D1；

- ⑦ 电感器不可直接贴近 IC 或者倒放在 IC 上，避免电感高频电流信号对芯片内部小信号的干扰；

- ⑧ 输入和输出端需并联 0.1~1uF 的陶瓷电容，消除高频杂波信号，使芯片工作更加稳定；

8) 《SP9064 电感外围参数计算器》使用步骤和使用说明书，实例演示：

参数计算器分为两个步骤

一、**橙色部分**填入，①输入参数、输出参数选择

二、**蓝色部分**系统自动计算出相关的数值范围：

②根据橙色输入部分计算出最小电感值的大小；

③系统自动计算出最小电感值和电感所需的线径，橙色选择电感量（必须大于最小电感值，输出电流越大，取值越小，反之亦然，一般取值在 22-100uH）；

④系统自动计算出续流二极管的选型，以便客户根据选型二极管型号；

⑤选择 FB 引脚接上偏电阻，系统自动计算出下偏电阻的阻值；

⑥系统自动计算出输入电容、输出电容容量，以便客户选型；

三、使用参数计算器实例演示：

以我司提供的 SP9064 的 DEM0，演示如何使用《SP9064 电感外围参数计算器》

输入电压最小值 (V)	输入电压最大值 (V)	输出电压值 (V)	满载电流值 (A)
10	60	5	0.3

①填入输入电压和输入电流、填入输出电压和输出电流参数

输入最低电压	$V_{in_min}(V)=$	10
输入最高电压	$V_{in_max}(V)=$	60
输出空载最高电压	$V_o(V)=$	5
输出最大电流	$I_o(A)=$	0.3

②根据橙色输入部分计算出最小电感值的大小和电感线径；

③系统自动计算出最小电感值和电感所需的线径，橙色选择电感量（必须大于最小电感值，输出电流越大，取值越小，反之亦然，一般取值在 22-100uH）；

计算电感最小值 $L(uH) >$	17	根据电感最小值， 选择合适电感值	
实际电感取值 $L(uH)=$	22	普通使用22uH~47uH，推荐值22uH	
电感纹波电流范围 $\Delta I(A)=$	0.11	0.21	
电感电流范围 $I_L(A)=$	0.36	0.40	
电感线径 $\varphi(mm)=$	0.27		

④系统自动计算出续流二极管的选型，以便客户根据选型二极管型号；

续流二极管D1的耐压选择	100
续流二极管D1的电流ID3(A)=	1
续流二极管D1的型号=	SS1100

⑤选择 FB 引脚接上偏电阻，系统自动计算出下偏电阻的阻值；

FB分压上偏电阻R2(K)=	124.00
FB分压下偏电阻R1(K)=	24.0

⑥系统自动计算出输入电容、输出电容；

输出电容Cout (uF) >	10
输入电容Cin (uF) >	3

四、使用说明书的“方案预估提醒”（若有提示，提示显示于参数计算器的右上方）

方案参数提示为系统自动提示内容，排除客户使用此芯片时可能出现的现象，同时出现如下参数提示对应的措施为：

提示①，芯片输出电流超过了 0.6A，芯片的带载能力不足，超电流应用也会带来芯片的温度太高，造成芯片过热，针对大电流的 60V 耐压要求，可以推荐使用 SP9002L；

提示②，芯片耐压为 60V 的，若有超过 60V 的应用，需要改用我司其他耐压超过 60V 的应用可使用我司的 SP9000L/9008L/9001L/100V 等系列的芯片来做；

提示③，芯片内部电感峰值限流为 1A，电感的电流 $I_L = I_o + \frac{\Delta I_L}{2} = 1.6 * I_o$ ，需要降低纹波可增大感量；

提示④，芯片由于是降压模式工作的，输入必须大于输出电压，同时必须满足 $V_{in} - V_o > 1.4V$ ，这样才能满足芯片降压工作的条件；

提示⑤，芯片参数计算器会自动计算出最小电感量，若电感小于理论值，会出现纹波电流大，实际带载能力下降，输出纹波也会增大

方案预估提醒

输出电流超出，建议使用OC5802L

耐压超范围，请选择OC5800L

内部进入限流，无法带起满载电流，需减小输出电流或者增大感量

压差无法满足满载工作，压差不足时输出电压会下降

感量需加大，减小电感的峰值电流

9) SP9064 应用中常见问题分析:

① Q: 输入电容是否可以省略?

A: 不可以，输入电容为芯片提供瞬态大电流，去掉会出现芯片工作不正常，甚至损坏芯片，同时输入电容若仅使用陶瓷电容，因为陶瓷电容过瞬态大电流的能力不足，在输出满载的情况下，开关冲击可能直接击穿电源模块，同时此文档前面提到输入电容的选择，请参考 page5。

② Q: 输出纹波电压值较大?

A: 芯片为固定工作频率 1MHz，输出电流的大小和输出电容容量的大小直接影响了输出纹波电压值，在输出电流较大的情况下，需要把输出电容容量增大，同时输出电容容量采用低 ESR 的材质的电容，比如低 ESR 电解电容、陶瓷电容或钽电容等，也可采用多个电容并联降低 ESR。输入电容的最小 RMS 电流 $I_{RMS}=0.3*\Delta I_L$ $\Delta I_L=(V_{in}-V_o)*D_{max}/L/Fs$

③ Q: 带载增大的情况下，输出电压也会跟随负载加大而下降?

A: a) 首先排查是否为测试电压的位置不对，因为芯片的输出电压为稳定在输出电容两端位置，如果负载接的线很长，在电流增大后，线损加大，导致线端电压也会下降，所以不可直接读取线端或者负载仪上的电压值，需要读取板端输出端的电压值。

b) FB 反馈电阻的走线干扰大，FB 电阻要靠近芯片的 FB 和 GND，同时 FB 的上偏电阻要从输出电容的正极单独拉线到电阻上。

c) 感量选择太小，导致输出的纹波电压增大，输出的纹波电流增大。

d) 输出电流太大，达到了内部芯片限制电感电流 1A 的值。

④ Q: 输入和输出压差较小时，输出电压不稳定或者输出不是设定值。

A: 由于芯片在空载情况下打开内部 MOS 的电压会高，主要是空载情况下开关频率低，给内部 MOS 管充电的时间短，为了能够保证稳定的输出电压，建议 $V_{in}-V_o>1.4V$