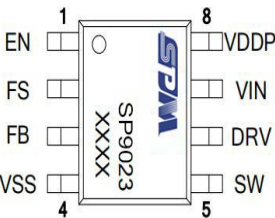
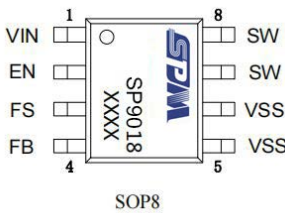


# 基于 SP9018/SP902X 设计的降压恒压应用指导书

## 方案特点

- 宽输入电压:SP9018: 5.5V-30V  
SP9020: 5.5-40V  
SP9022/9023: 5.5-60V
- 芯片固定工作频率，外部可调
- 高效率：93%
- 关机电流低至 4uA 以内
- 内置过温关断、逐周期过流保护、
- 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 5A 电流
- 恒压精度 1%以内

## 管脚排列



## 管脚描述

| 芯片<br>型号                   | 引脚定义 |     |           |             |      |           |     |      |
|----------------------------|------|-----|-----------|-------------|------|-----------|-----|------|
|                            | 电源输入 | 使能脚 | 频率设<br>置脚 | 输出电压<br>反馈脚 | 芯片地  | 电感开关脚     |     |      |
| SP9018<br>SP9020<br>SP9022 | 1    | 2   | 3         | 4           | 5, 6 | 7,8       |     |      |
|                            | 电源输入 | 使能脚 | 频率设<br>置脚 | 输出电压<br>反馈脚 | 芯片地  | 电感开<br>关脚 | DRV | VDDP |
| SP9023                     | 7    | 1   | 2         | 3           | 4    | 5         | 6   | 8    |

特别说明：SP9018 和 SP9020/9022 同脚位，区别只是耐压和开关管电流

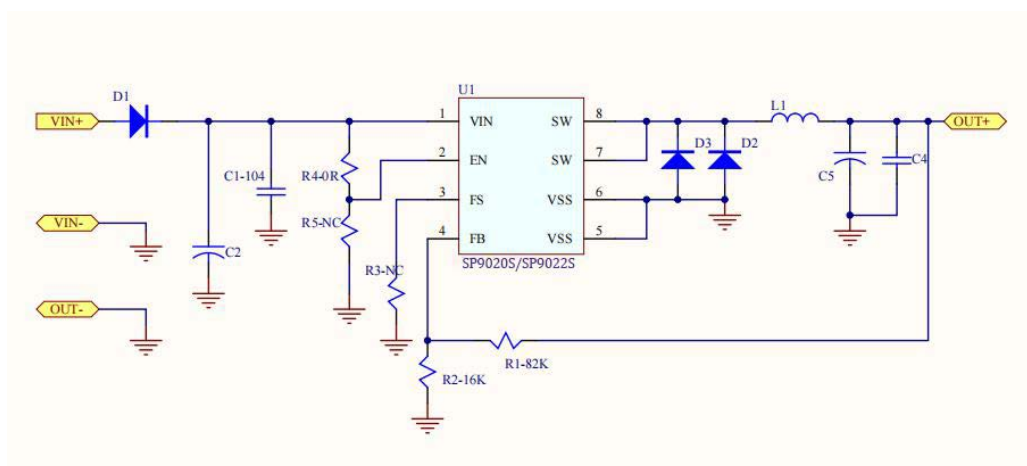
|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| 目录:                                                | 2  |
| 1. SP902X/SP9018 系列快速选型表                           | 3  |
| 2. SP902X/SP9018 典型应用 DEMO                         | 3  |
| 1) 内置 MOS 芯片 SP9018/SP9020/SP9022 应用 DEMO 原理图      | 3  |
| 2) 内置 MOS 芯片 SP9018/SP9020/SP9022 应用 DEMO 对应 PCB 图 | 3  |
| 3) SP9018/SP9020/SP9022 应用 DEMO BOM 清单             | 4  |
| 4) SP9018 应用 DEMO 测试数据                             | 4  |
| 5) SP9020 应用 DEMO 测试数据                             | 5  |
| 6) SP9022 应用 DEMO 测试数据                             | 5  |
| 7) 外置 MOS 芯片 SP9023 应用 DEMO 原理图                    | 6  |
| 8) 外置 MOS 芯片 SP9023 应用 DEMO PCB 图                  | 7  |
| 9) 外置 MOS 芯片 SP9023 应用 DEMO 对应 BOM                 | 7  |
| 10) 外置 MOS 芯片 SP9023 应用 DEMO 测试数据                  | 7  |
| 3. SP902X/SP9018 系列设计指南                            | 8  |
| 1) 芯片电源输入电容参数的选择                                   | 8  |
| 2) 芯片电源输出电容参数的选择                                   | 8  |
| 3) 续流二极管选择                                         | 8  |
| 4) 芯片外围电感选择                                        | 9  |
| 5) FB 电阻的选择                                        | 9  |
| 6) EMI EMC 电路                                      | 10 |
| 7) 芯片极限参数使用注                                       | 10 |
| 8) FB 反馈电阻通过 PWM 信号达到可调输出电压                        | 11 |
| 9) Layout 参考和注意事项                                  | 11 |
| 10) 参数计算器使用步骤和使用说明                                 | 14 |
| 11) SP902X/SP9018 应用中常见问题分析                        | 16 |

## 1. SP902X/SP9018 参数选型表

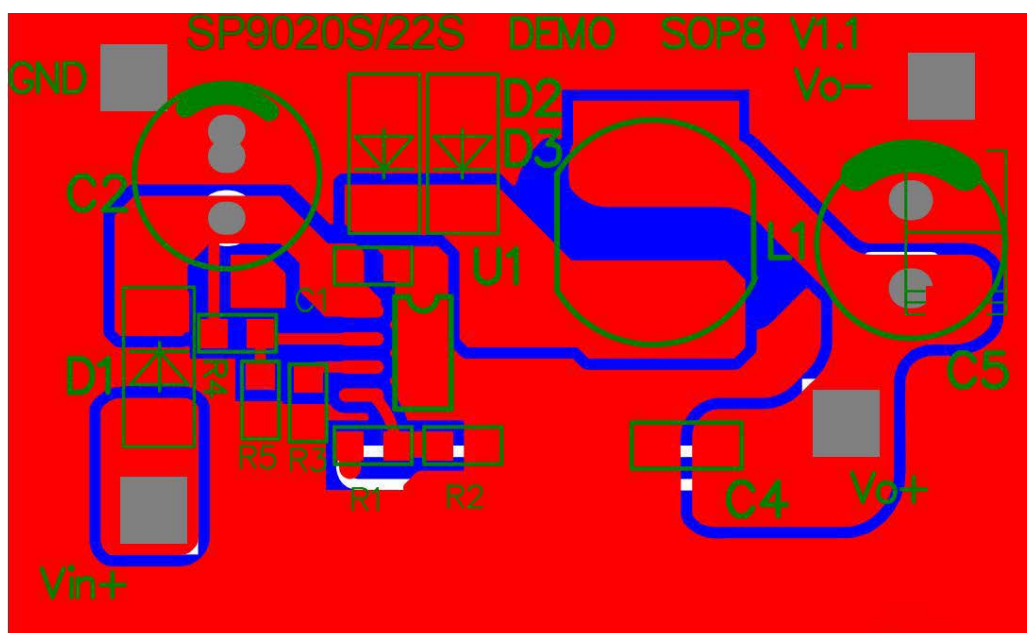
| 型号     | 输入电压范围 | 输出电压范围        | 开关管电流       | 输出功率       | 驱动方式   | 效率          | 封装   |
|--------|--------|---------------|-------------|------------|--------|-------------|------|
| SP9018 | 5.5-30 | $<V_{in}-1.0$ | $\leq 2.5A$ | $\leq 25W$ | 内置 MOS | $\leq 93\%$ | SOP8 |
| SP9020 | 5.5-40 | $<V_{in}-1.0$ | $\leq 2.5A$ | $\leq 25W$ | 内置 MOS | $\leq 93\%$ | SOP8 |
| SP9022 | 5.5-60 | $<V_{in}-1.0$ | $\leq 1.5A$ | $\leq 15W$ | 内置 MOS | $\leq 93\%$ | SOP8 |
| SP9023 | 5.5-60 | $<V_{in}-1.0$ | $\leq 5A$   | $\leq 50W$ | 外置 MOS | $\leq 93\%$ | SOP8 |

## 2. SP902X/SP9018 典型应用 DEMO

### 1) 内置 MOS 芯片 SP9018/SP9020/SP9022 应用 DEMO 原理图



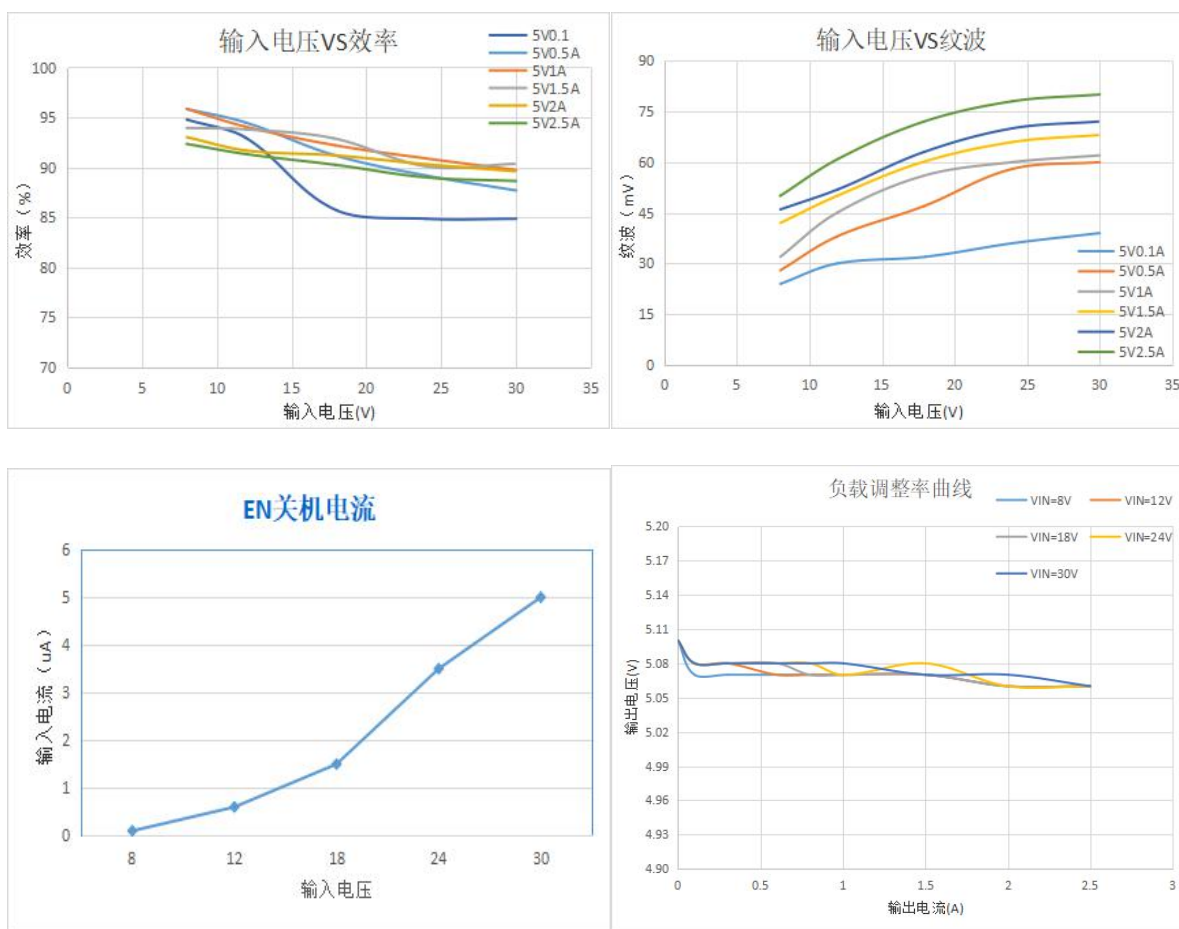
### 2) 内置 MOS 芯片 SP9018/SP9020/SP9022 应用 DEMO 对应 PCB 图



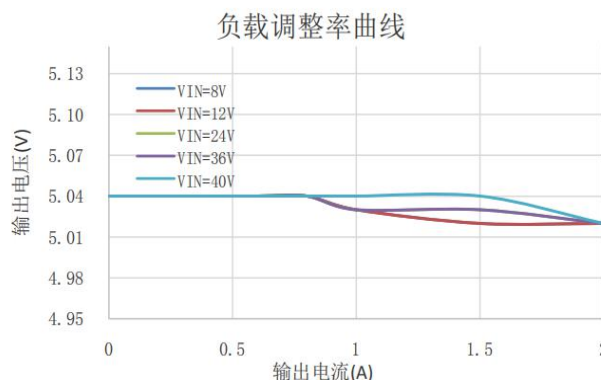
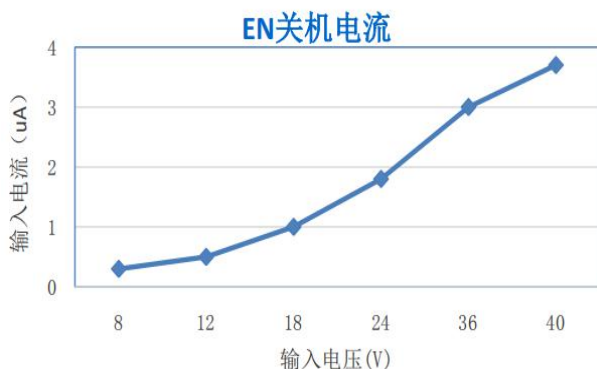
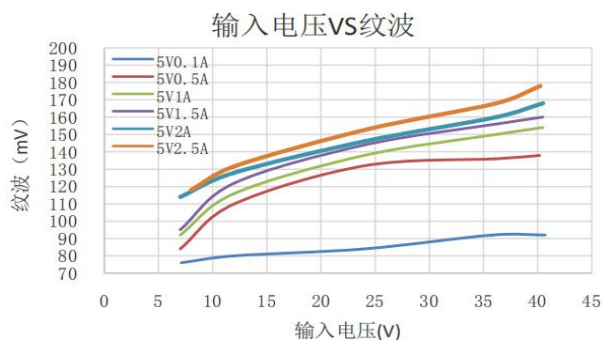
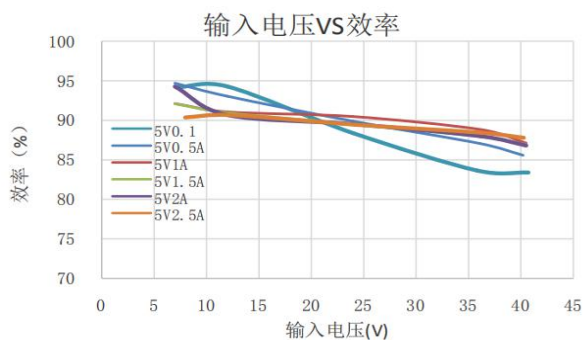
### 3) SP9018/SP902X 应用 DEMO BOM 清单

| 型号: SP9018/SP902X |            | 参数: $V_i=12-24V$ $V_o=5V$ $I_o=1.5A$ |                              |      |      |
|-------------------|------------|--------------------------------------|------------------------------|------|------|
| NO.               | Part Types | Symbol                               | Description                  | Qty. | Unit |
| 1                 | 贴片电阻       | R1                                   | 16K $\pm$ 1% 0805 0.125W     | 1    | Pcs  |
| 2                 | 贴片电阻       | R2                                   | 82K $\pm$ 1% 0805 0.125W     | 1    | Pcs  |
| 2                 | 贴片电阻       | R4                                   | 0R $\pm$ 1% 0805 0.125W      | 1    | Pcs  |
| 3                 | 贴片电容       | C1                                   | 100nf $\pm$ 10%/50V/X7R/0805 | 1    | Pcs  |
| 4                 | 贴片电解电容     | C2                                   | 47uF/50V                     | 1    | Pcs  |
| 5                 | 贴片电解电容     | C5                                   | 220uF/16V                    | 1    | Pcs  |
| 6                 | 贴片二极管      | D1 D2                                | 5.0A/60V/SS54/SMB 或 SS56     | 2    | Pcs  |
| 7                 | 电感         | L1                                   | L=33uH/贴片一体成型 1040           | 1    | Pcs  |
| 8                 | IC         | U1                                   | SP9018/SP9020/SP9022/SOP8    | 1    | Pcs  |

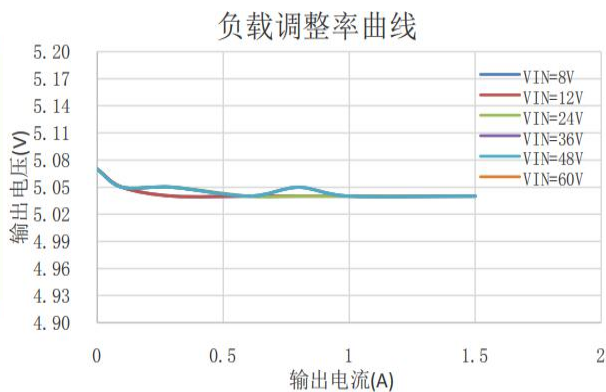
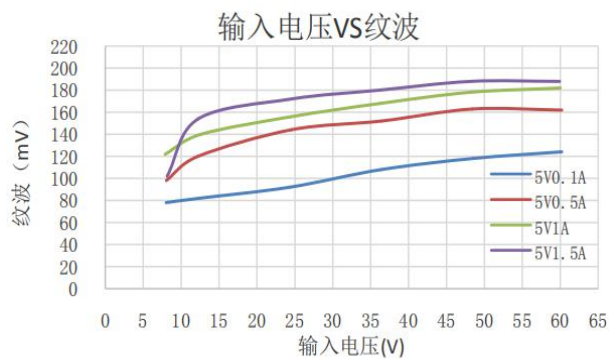
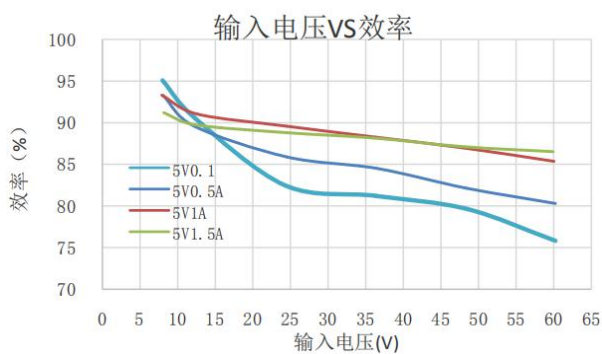
### 4) SP9018 应用 DEMO 测试数据



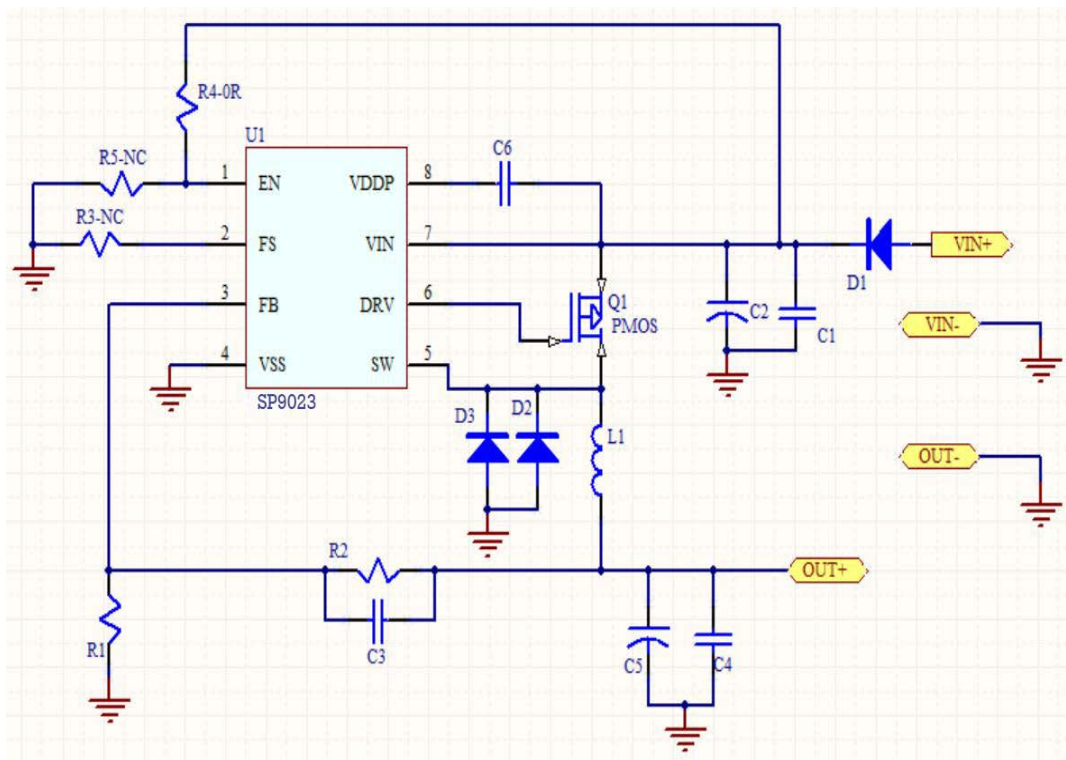
### 5) SP9020 应用 DEMO 测试数据



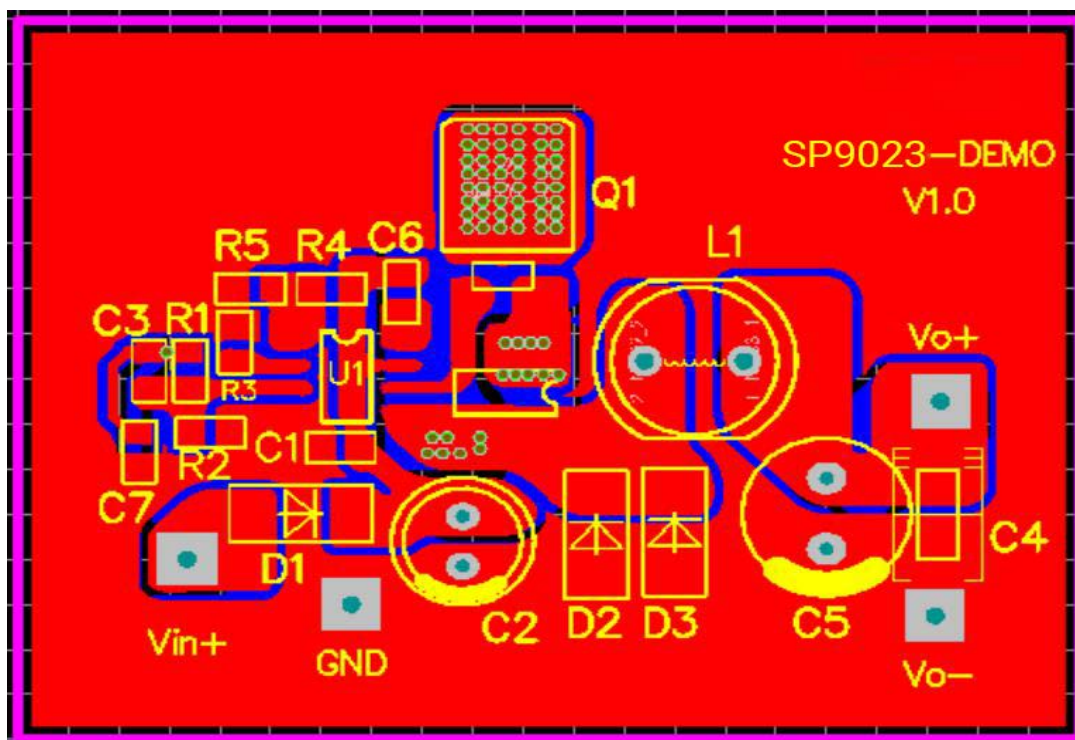
## 6) SP9022 DEMO 测试数据



### 7) SP9023 应用 DEMO 原理图



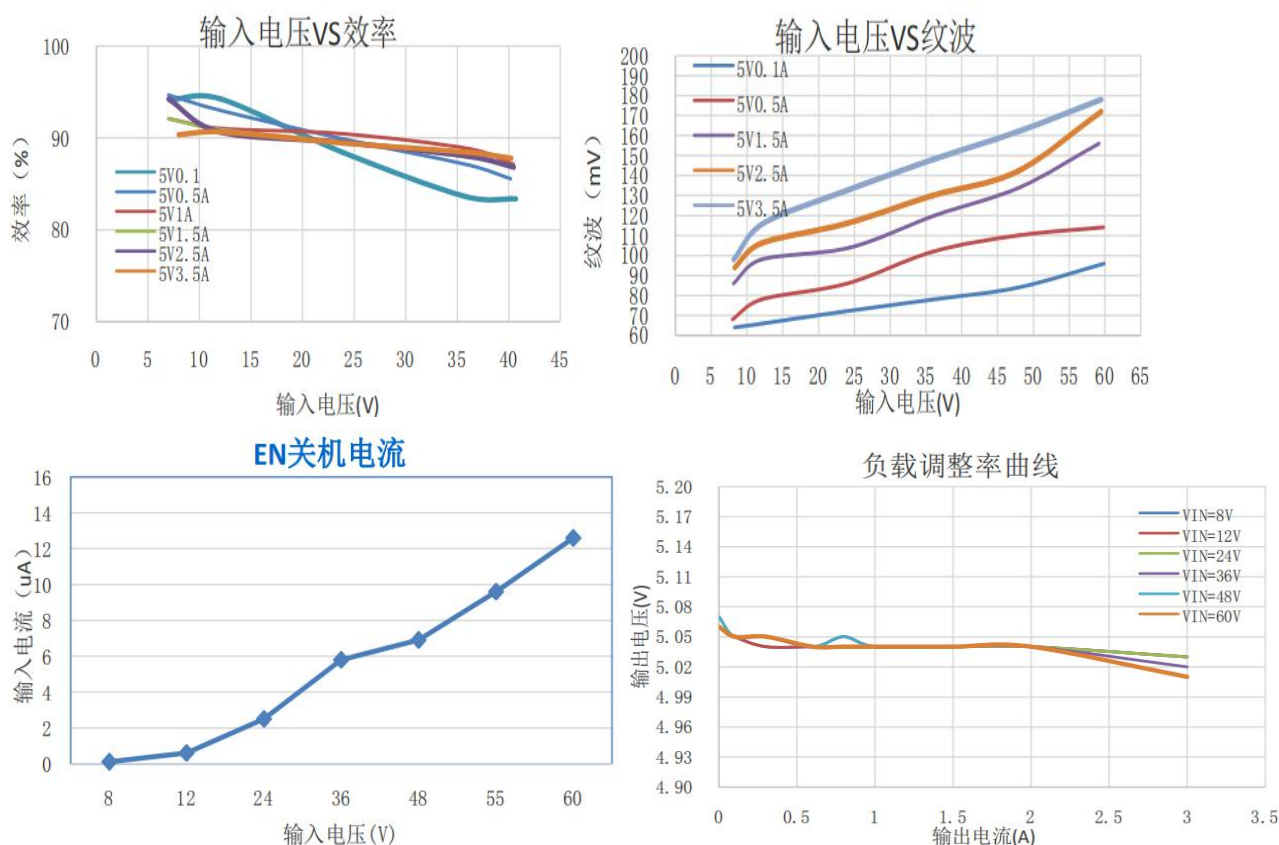
### 8) SP9023 应用 DEMO 对应 PCB 图



### 9) SP9023 应用 DEMO 对应 BOM

| 型号: SP9023 |            | 参数: $V_i=12-48V$ $V_o=5V$ $I_o=3A$ |                              |      |      |
|------------|------------|------------------------------------|------------------------------|------|------|
| NO.        | Part Types | Symbol                             | Description                  | Qty. | Unit |
| 1          | 贴片电阻       | R1                                 | 16K $\pm$ 1% 0805 0.125W     | 1    | Pcs  |
| 2          | 贴片电阻       | R2                                 | 82K $\pm$ 1% 0805 0.125W     | 1    | Pcs  |
| 3          | 贴片电阻       | R4                                 | 0R $\pm$ 1% 0805 0.125W      | 1    | Pcs  |
| 4          | 贴片电容       | C6                                 | 100nF $\pm$ 10%/25V/X7R/0805 | 1    | Pcs  |
| 5          | 贴片电容       | C3                                 | 330pF $\pm$ 10%/25V/X7R/0805 | 1    | Pcs  |
| 6          | 贴片电解电容     | C2                                 | 47uF/50V                     | 1    | Pcs  |
| 7          | 贴片电解电容     | C5                                 | 220uF/25V                    | 1    | Pcs  |
| 8          | 贴片二极管      | D1 D2                              | 5.0A/60V/SS56/SMB            | 2    | Pcs  |
| 9          | 电感         | L1                                 | L=33uH/磁环 52125              | 1    | Pcs  |
| 10         | MOS        | Q1                                 | NCE60P25K                    | 1    | Pcs  |
| 11         | IC         | U1                                 | SP9023/SOP8                  | 1    | Pcs  |

### 10) SP9023 应用 DEMO 测试数据



### 3. SP902X 系列设计指南

#### 1) 芯片电源输入电容参数的选择:

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  $I_{RMS} > 0.3 * 0.24 / R_{CS}$ ，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 脚必要时加上 0.1uF 的旁路高频去耦瓷片电容，有利于系统的稳定性。

输入电容的耐压值一般会选用 1.3-1.4 倍耐压。

#### 2) 芯片电源输出电容参数的选择:

外接输出电容的选择一般考虑电源的输出纹波，输出电容可保持小的输出纹波电压，并保证反馈环路的稳定性。在开关频率下必须保证输出电容的容抗足够小。可使用低 ESR 的电解电容，对大多数应用来说 220  $\mu$  F 的容值就够用了。输出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，同时输出电容的 ESR 最小 RMS 电流需要满足  $I_{RMS} > 0.3 * 0.24 / R_{CS}$ 。**建议输出电容加电解电容，并联小瓷片电容(100nF)，输出电解电容建议值如下图：**

|              |           |           |           |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| 带载电流<br>(A)  | $\leq 1A$ | $\leq 3A$ | $\leq 5A$ |
| 电容容量<br>(uF) | 100uF     | 220uF     | 330uF     |

#### 3) 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

$V_d = 1.3 \times V_{in-max}$ ,  $I_d = 1.3 \times I_o$ , 假设 24V 输入下, 输出电流 0.3A, 则  
 $V_d = 1.3 \times 24 = 31.2V$ ,  $I_d = 1.3 \times 0.3 = 0.39A$ , 则推荐使用 SS14/1A/40V/SMA

#### 4) 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 OC582X 系列的规格书中可知, 芯片的工作频率  $f_{sw}$  为通过 FS 脚外接电阻可调, 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  $33\mu H$ , 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  $33\mu H$  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  $\Delta I_L$  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)  $I_{rms} > I_L \times 1.3$ , 电感的饱和电流  $I_{sat} > I_L \times 1.5$ , 假设输出电流最大值  $I_o = 0.5A$ , 则  $I_L = 1.6 \times 0.5A = 0.8A$ , 则应该选择电感电流(额定电流)  $I_{rms} > 1.04A$ , 电感的饱和电流  $I_{sat} > 1.2A$

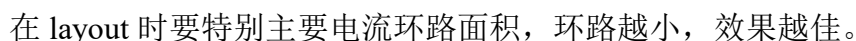
#### 5) FB 电阻的选择:

$$R1 = \frac{R2}{\frac{V_{out}}{0.82V} - 1}$$

由从 SP902X 系列的规格书中可知,  $R1$  为 FB 下拉电阻,  $R2$  为 FB 上拉电阻。一般建议  $R2$  (上拉电阻) 取值不超过  $100K$ ,  $R2$  取值太大会影响芯片的稳定性。

#### 6) EMI EMC 电路:

##### ①内置 MOS 芯片 SP9018/SP9020/SP9022 EMI EMC 电路



### 7) 芯片极限参数使用注意:

- a) 芯片采用 CMOS 工艺, V<sub>Din</sub> 引脚电压, SP9018 极限值为 30V, SP9020 极限值为 40V 电压, SP9022, SP9023 极限耐压 60V;
- b) 内置 MOS 管的 SP9018, SP9020, SP9022 为 SOP8 封装, IC 最大散热功耗 Pd=0.75W, 使用时需要注意 IC 的温升, 常规温度为 85 度以内;
- c) 芯片极限焊接温度为 240℃ (时间小于 30S)。

8) FB 反馈电阻通过 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  | 51           | 62           |
| 2.5  | 39.2         | 82           |
| 3.3  | 26.7         | 82           |
| 5    | 16           | 82           |
| 12   | 5.9          | 82           |

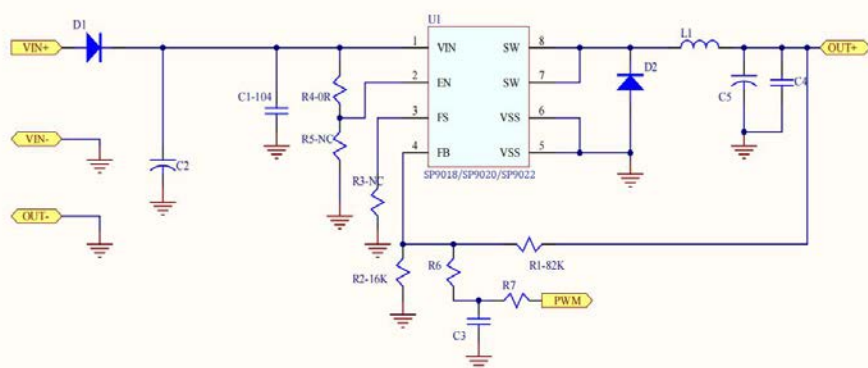
B) 若需要通过 PWM 信号去改变输出电压的大小，可通过如下电路来实现，把 PWM 信号转变为模拟信号，加到反馈电阻上，通过理论计算得到相应的输出电压值。

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

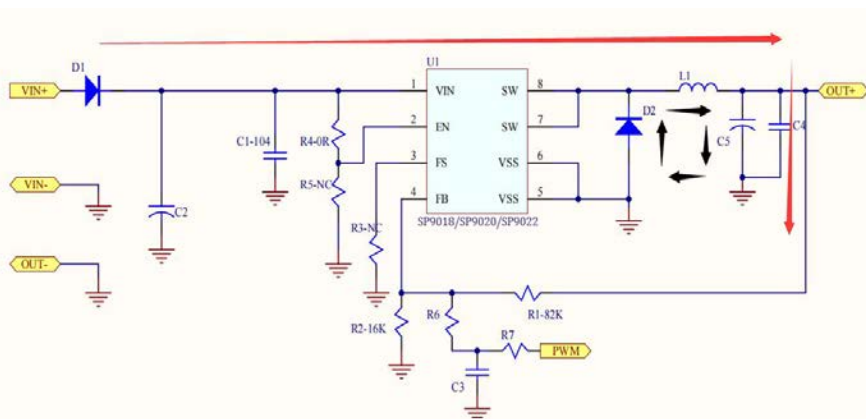
其中  $V_{PWM}$  为 PWM 信号的电压，常规为 3.3V 或者 5V

$V_{FB}$  为 FB 的反馈电压基准值为 0.82V，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。



## 9) Layout 参考和注意事项:



SP902X 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。

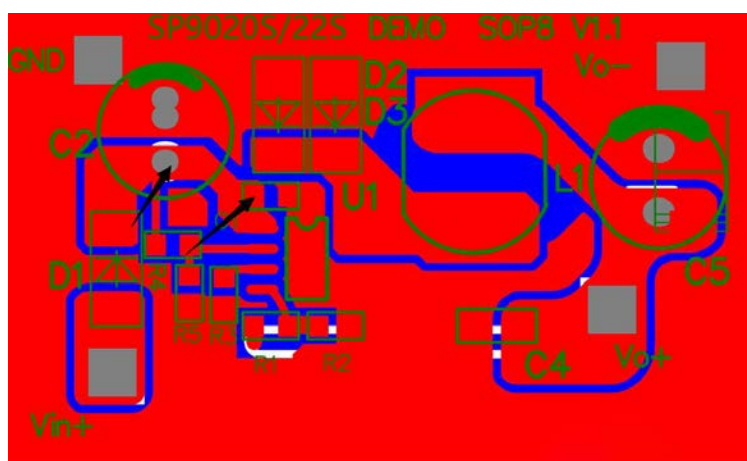
在周期开始时，功率管 M1 关断。EA 的输出电压大于电流采样放大器的输出，电流比较器的输出为低，CLK 上升沿触发 RS 触发器置高，打开 M1 将电感通过 SW 连接到输入电源。

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 M1。电感电流经由外部的肖特基二极管 D2 D3 续流。

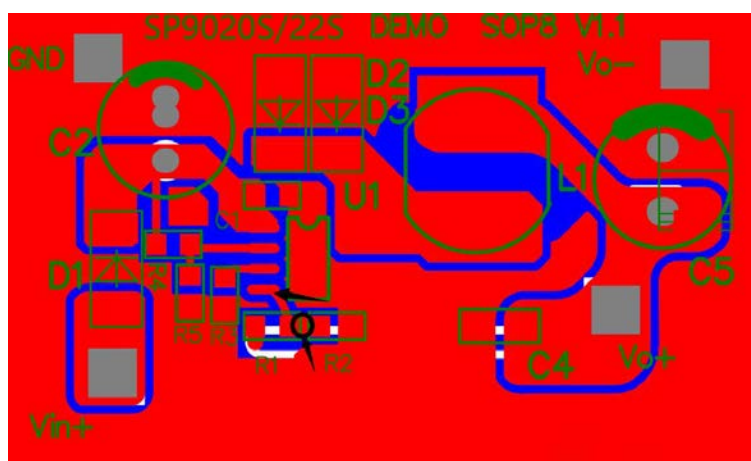
反馈电压 FB 与 0.82V 的基准电压通过 EA 比较，当 FB 脚电压低于 0.82V 时使 EA 输出增大。EA 的输出电压正比于电感的峰值电流，EA 输出电压增大则输出电流也增大。

使用 SP902X 系列时主要布线注意事项如下：

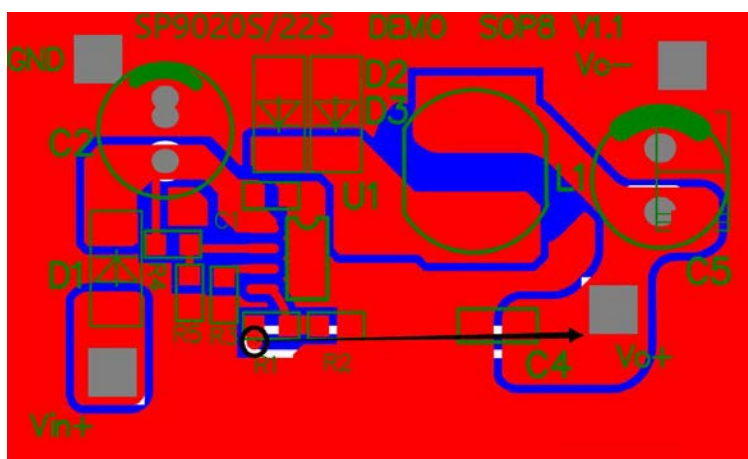
- ① IC 的 VIN 旁路电容 C1 要靠近 IC 的 VIN 脚；



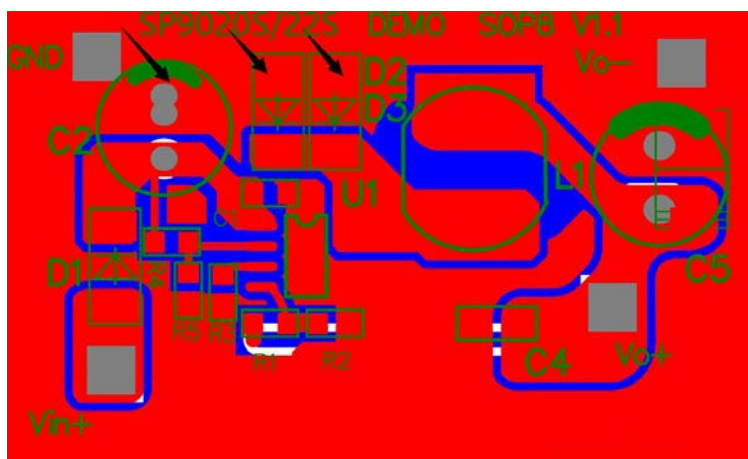
- ② IC 的 FB 上下拉电阻要靠近芯片的 3 脚和 GND，保证反馈电阻采样精度。



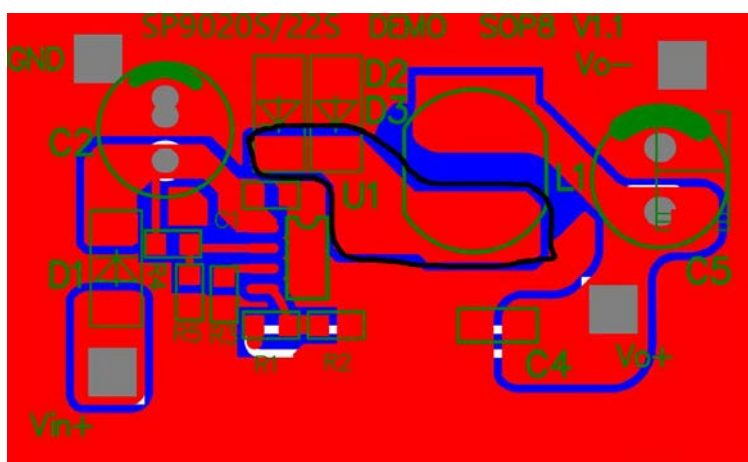
- ③ 输出反馈电阻 R1 要从输出电容端单点走线到 R1 连接位置，不可直接从电感位置连接，在电容滤波后对 FB 采样的精确度更好，对 FB 的抗干扰效果更好(如黑丝箭头示意走线)



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。（图中黑色箭头部分）



⑤ SW 脚为开关脚会产生辐射干扰，芯片底部焊盘接 SW 脚，所以芯片底部焊盘铺铜不宜过大（图中黑色圈部分），并且和电感、续流二极管的负端走线环路面积尽量小。



⑥ 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；

- ⑦ PCB 布线小信号远离电感 L1 和续流二极管 D1;
- ⑧ 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;
- ⑨ 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;

#### 10) 《SP902X 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 SP902X 的 DEMO,演示如何使用《SP902X 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) |
|------------|------------|----------|----------|
| 12         | 24         | 5        | 1        |

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   | Vin_min(V)= | 12 |
| 输入最高电压   | Vin_max(V)= | 24 |
| 输出空载最高电压 | Vo(V)=      | 5  |
| 输出最大电流   | Io(A)=      | 1  |

②选择 FS 电阻值调芯片工作频率,FS 电阻悬空为 140KHz。

选电阻值:

|                   |      |
|-------------------|------|
| FS电阻值(K)          | 悬空   |
| 芯片工作频率Fosc (KHz)= | 悬空   |
|                   | 430  |
|                   | 510  |
|                   | 620  |
|                   | 750  |
|                   | 910  |
|                   | 1100 |

根据选定电阻值自动生成芯片工作频率：

FS电阻计算（可悬空，悬空Fosc (KHz)=140KHz）

|                   |     |
|-------------------|-----|
| FS电阻值(K)          | 悬空  |
| 芯片工作频率Fosc (KHz)= | 140 |

③根据橙色输入部分计算出最小电感值的大小和电感线径；

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）；

|                 |    |                        |  |
|-----------------|----|------------------------|--|
| 电感参数计算          |    |                        |  |
| 计算电感最小值 L(uH) > | 39 |                        |  |
| 实际电感取值 L(uH)=   | 47 | 普通使用22uH~100uH，推荐值33uH |  |

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；

|                   |       |  |
|-------------------|-------|--|
| 二极管参数计算           |       |  |
| 续流二极管D1的耐压选择      | 60    |  |
| 续流二极管D1的电流ID3(A)= | 3     |  |
| 续流二极管D1的型号=       | SS360 |  |

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；

|                |       |  |
|----------------|-------|--|
| 空载电压FB电阻计算     |       |  |
| FB分压上偏电阻R1(K)= | 75.00 |  |
| FB分压下偏电阻R2(K)= | 14.5  |  |

⑥系统自动计算出输入电容、输出电容；

### 其他参数计算

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 输出电容Cout ( uF ) > | 222 |
| 输入电容Cin ( uF ) >  | 46  |

⑦系统建议使用芯片型号：

|          |        |
|----------|--------|
| 建议使用芯片型号 | OC5820 |
|----------|--------|

⑧使用 SP9023 时，外置 MOS 最大带载电流计算（根据 MOS 的内阻计算出最大带载电流）

### SP9023外置MOS最大带载电流计算

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 使用MOS管内阻 ( mΩ ) | 190 |
| 最大带载电流 ( A )    | 3   |

⑨系统自动生成 BOM。

SP9020的DEMO板，系统自动生成对应DEMO-BOM清单

| 序号 | 位号         | 元件值    | 单位 | 耐压/封装     |
|----|------------|--------|----|-----------|
| 1  | 输入电解电容C2 > | 33     | μF | VC2>Vin   |
| 2  | 输出电解电容C5 > | 179    | μF | VC2>Vo    |
| 3  | C1=        | 0.1    | μF | 0805      |
| 4  | R1=        | 82.0   | KΩ | 1%精度/0805 |
| 5  | R2=        | 16.0   | KΩ | 1%精度/0805 |
| 6  | R4         | 0.0    | KΩ | 5%精度/0805 |
| 7  | D1/D2      | SS540  |    | SMA/肖特基   |
| 8  | L1         | 22     | μH | 3.80      |
| 9  | U1         | ////// |    | SOP8      |

## 11) SP902X 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。

② Q:输出纹波电压值较大？

A: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、陶瓷电容或胆电容等，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。

- a) 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。
- b) 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。
- c) 输出电流太大，达到了内部芯片限制电感电流的值。

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，为了保证稳定的输出电压，**建议  $V_{in}-V_o > 1.4V$**