

SP766X 在分布式电源架构中的应用

摘要： 介绍 Sipex 公司推出 PowerBlox 芯片在分布式电源结构中充当 POL 电源的设计过程。

关键词： 分布式电源结构 PowerBlox 输出电感电容的迭代计算 补偿

中间总线架构 (Intermediate Bus Architecture(IBA)) 和分布式电源架构 (Distributed Power Architecture(DPA)) 是通信电源系统的两种主要供电结构,但随着系统对供电电压越来越低,效率越来越高和成本越来越低的更高要求,分布式电源架构因满足上面条件而成为主流。从 Figure2 可以看出,非隔离电源模块在 DPA 架构中充当了重要的 POL 功能,分别给系统各个部分供电。而随着半导体的发展,集成开关管功率 IC 已经可以承担起非隔离电源模块的功能,外部只需要很少的元器件就可以设计出跟非隔离电源模块媲美的电路,本文主要就是介绍如何应用 Sipex 公司推出的 PowerBlox 系列功率芯片来设计 DPA 架构电源系统中的 POL 电源。

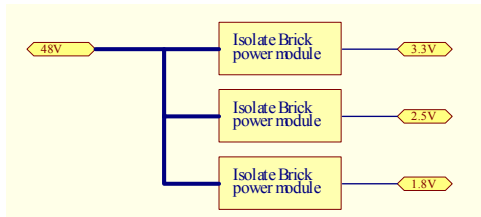


Figure1:IBA

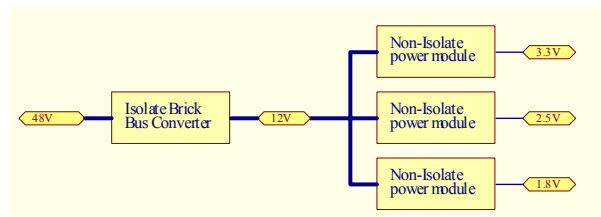


Figure2:DPA

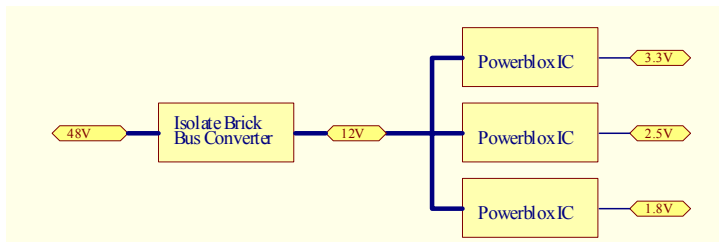


Figure3:(Powerblox replace Non-Isolate power module.)

由 Sipex 推出的 PowerBlox 包含 SP765X 和 SP766X 两个系列,其中 SP765X 需要外部提供 5V 给芯片的电路供电,转换电压范围从 2.5V 到 28V。SP766X 集成的一个 5V 稳压器,所以可以直接把转换电压接到芯片再通过 5V 稳压器给芯片电路供电,转换电压范围是 4.75V 到 22V,如果外部有 5V 直接给芯片供电,转换电压范围可以是 3V 到 22V。SP766X 还多了过流保护的功能。由于 SP766X 跟 SP765X 其它功能一样,所以本文以 SP766X 为例子介绍。下图是 SP766X 的应用电路图。

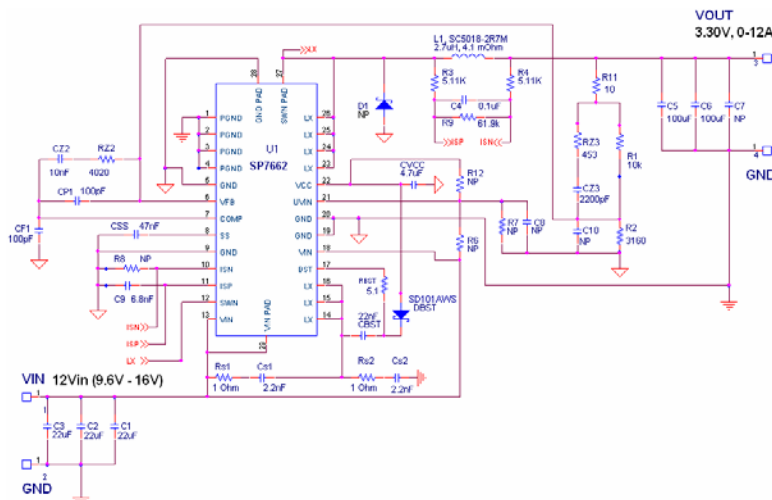


Figure4

整个设计可以分为供电部分,软启动部分,输入部分,输出部分,反馈补偿部分和 PCB 布板.

供电部分:

SP766X 内部有个线性稳压器,能把规定的输入电压 V_{in} 转换成可供芯片工作的电压 V_{cc} ,为了防止在低电压时误驱动, V_{cc} 有个欠压检测,如果 V_{cc} 小于 4.25V,则芯片不工作,因为 SP766X 的线性稳压器有 0.5V 压降,所以在单电源工作时 V_{in} 输入电压不能小于 4.75V.如果要转换小于 4.75V 的输入电压,则要外接一个 5V 的外部电源来给 IC 供电.供电部分还要注意的就是 V_{cc} 同时给高端的 MOSFET 管当驱动电压,它通过 DBST 和 CBST 组成升压电路,使 BST 电压为 $V_{in}+V_{cc}$,保证了 MOSFET 的导通.由于驱动 MOSFET 只需要 3mA 到 6mA 的电流,所以 DBST 只要选用正向电流 100mA,反向电压大于 $V_{in}+V_{cc}$ 的肖特基整流管就可以.CBST 电容一方面提供驱动高端 MOSFET 的电流,一方面做为升压电容提供驱动高端 MOSFET 的栅级电压.在驱动这方面, SP766X 在满占空比的时候有很好的优点,它会检测满占空比的周期,如果超过 20 个周期,则会在第 21 个周期时让低端开关管导通,给 CBST 电容重新充电,这个特性保证了满占空比工作时高端开关管的导通.所以 CBST 的电计算如下:

$$CBST = (I_{charger} \cdot t) / V \quad \text{其中 } t = 20 / f_{switch}, I_{charger} = 6mA, V = V_{in} + V_{cc}$$

软启动部分:

SP766X 可以通过 SS 脚接一个电容到地来控制启动时达到输出电压所需的时间,这样就可以防止在启动时输入有个很大的冲击电流.具体的启动输入电流大小由下式确定:

$$I_{VIN} = C_{out} \cdot (\Delta V_{out} / \Delta T_{Soft-Start})$$

因为 SS 脚提供一个 10uA 的充电电流和 0.8V 的基准电位,所以 $\Delta T_{Soft-Start} = (C_{SS} \cdot 0.8V) / 10\mu A$, 则 $I_{VIN} = C_{out} \cdot [\Delta V_{out} \cdot 10\mu A / (C_{SS} \cdot 0.8V)]$, 这样就可以确定 C_{SS} 的值.

SS脚软启动和UVIN的组合可以设定在有多个电源输出时的时序。如下图所示:

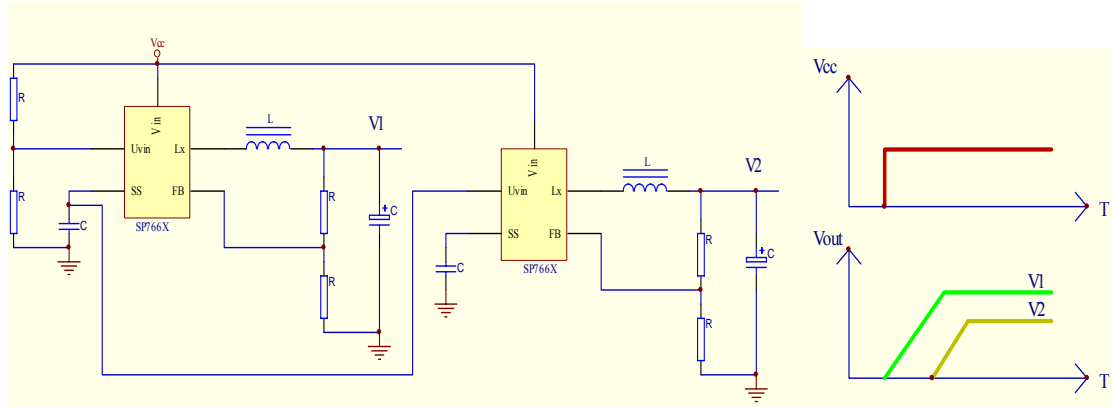


Figure5(Sequential power up)

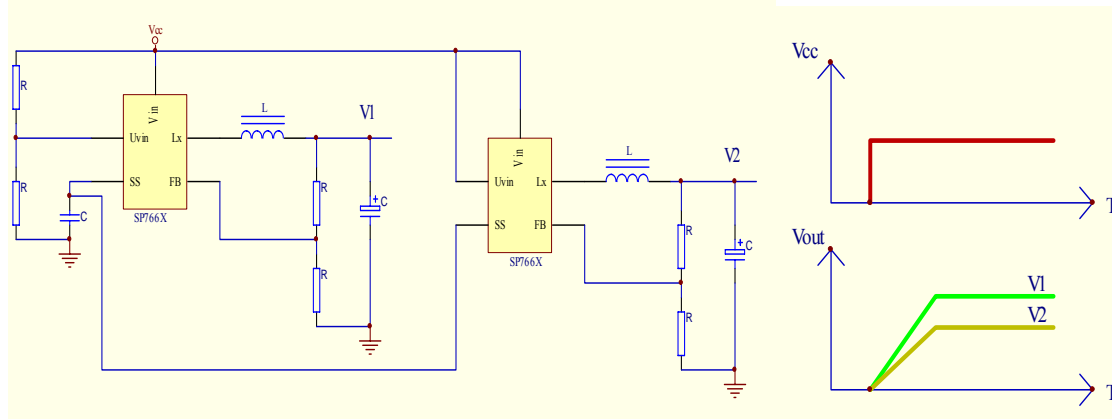


Figure6(Ratiometric power up)

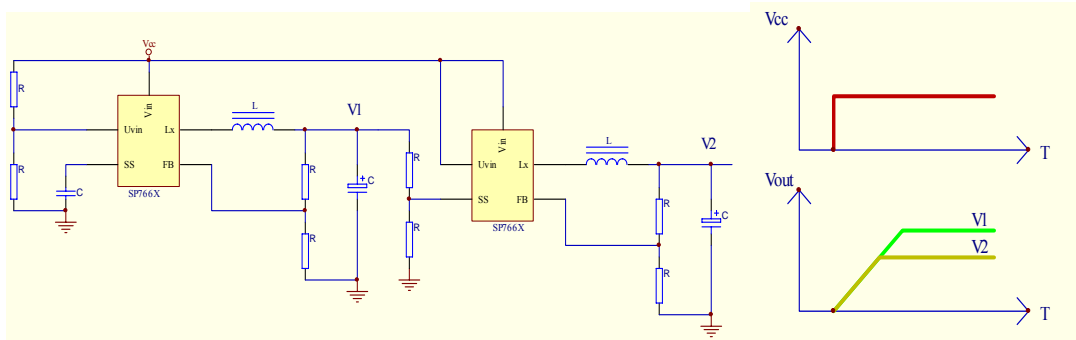


Figure7(Simultaneous power up)

输入部分:

输入部分可以分为欠压检测的设定和输入电容的确定。当然还要注意电压是不是在规定的范围内（供电部分已经有描述）。

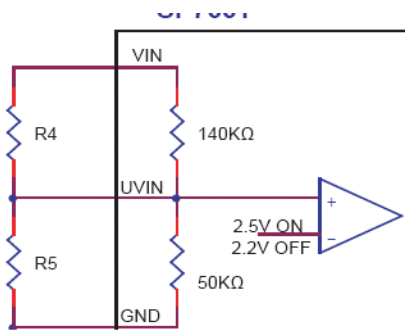


Figure8

如 Figure8 所示，芯片内部有个 2.5V 的欠压检测基准，且内部有两个分压电阻，所以如果没有 R4 和 R5，则输入欠压保护为 9.5V，如要设定其它的检测电压值，R4 和 R5 选用远小于内置的电阻值，则可用如下公式设定：

$$V_{in(start)} = 2.5 \cdot (R4+R5)/R5$$

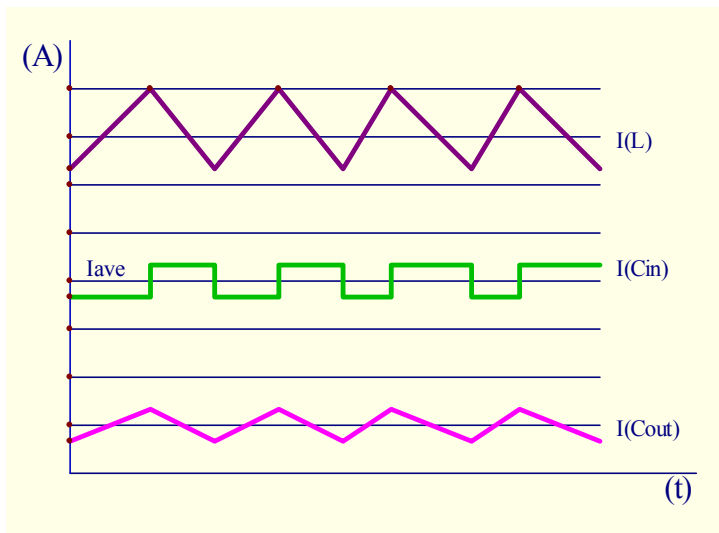


Figure9

输入电容主要是为了提供足够的电流给输出电路，它在高端开关管的导通时放电给电感和输出供电，在高端开关管关断时自己充电，所以输入电容电流近似个方波（如 figure9），则流过电容的有效电流（均方根电流）为：

$$I_{RMS}(CIN) = \sqrt{I_{IN(AVE)}^2 + \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \times [(I_{OUT \text{ per phase}} - I_{IN(AVE)})^2 - I_{IN(AVE)}^2]}$$

$$I_{IN(AVE)} = I_{OUT} \times \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$$

其中:

知道了 I_{rms} 就可以根据电容规格书确定相应的电容。比如我们要设计一个输入 12V, 输出 3.3V/6A 的电源,

则 $I(AVE)=6*(3.3/12)=1.65A, I_{rms} = \sqrt{1.65^2 + (3.3/12) * [(6-1.65)^2 - 1.65^2]} = 2.68A$

查某牌瓷片电容 22uF/25V 的容许 I_{rms} 电流是 1.4A, 所以设计就选用 2 个该牌的电容就可以了。

输出部分:

输出部分主要要确定储能电感和输出电容。

为了尽量减小输出纹波和电感的体积, 我们设定电路工作在临界非连续, 电感电流如 Figure6 的 $I(L)$ 所示。因为 $V(L) = L(di/dt)$, 所以我们可以得到 $L_{min} = ((V_{in} - V_{out}) * T_{on}) / I_{peak}$, 因为我们是假定在临界非连续状态, 则 $I_{peak} = 2I_{out}$ 。又因为临界非连续状态的 $I(L)$ 是个三角波, 所以电感的有效值电流是:

$$I_{L(RMS)} = I_{OUT(MAX)} \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{3} \left(\frac{I_{PP}}{I_{OUT(MAX)}} \right)^2}$$

根据 $I_{L(RMS)}$ 就可以算出电感的损耗: $P_L(loss) = I_{L(RMS)} * R_L(dc)$

根据上面得出的 L_{min} 和 $R_L(dc)$, 就可以确定出初步的电感型号了, 但这并不是我们最终确定的电感, 要再跟输出电容综合来决定。因为输出电容的作用是做电感电流的容性负载, 等同于输出负载的恒压源, 所以如果 I_{p-p} 很大的话, 为了维持整个输出电压恒定, 那输出电容容量就会很大, 所以我们根据系统所允许的输出纹波 $V_{ripple}(P-P)$ 值, 由于 $V_{ripple}(P-P) = I_{p-p} * C(ESR)$, 这样我们就可以把 I_{p-p} 和 $C(ESR)$ 综合起来, 对照着厂家所给的电感和电容的资料确定出性价比最优的电感和输出电容。该迭代计算方法能得到最优的值。

SP766X 输出还具有过流检测功能 (Figure10), 通过内部 60mV 的基准和对电感两端电压的检测来设定所允许的输出电流最大值。SP766X 为了满足成本或性能的不同要求, 允许设计人员通过外部电路的调整来提升或降低过流点。例如对输出电压纹波要求不高的应用就可以提升过流点, 这样电感的成本就降了下来, 如 Figure11 所示。如果对性能要求较高, 但对成本不是很严格, 这时可以通过 Figure12 的方法降低过流点的检测值。

$$R_{S3} = \frac{[60mV \cdot (R_{S1} + R_{S2})]}{[(I_{MAX} \cdot DCR) - 60mV]} \quad R_{S3} = \frac{R_{S2} \cdot [V_{OUT} - 60mV + (I_{MAX} \cdot DCR)]}{60mV - (I_{MAX} \cdot DCR)} \quad I_{MAX} = 60mV / DCR$$

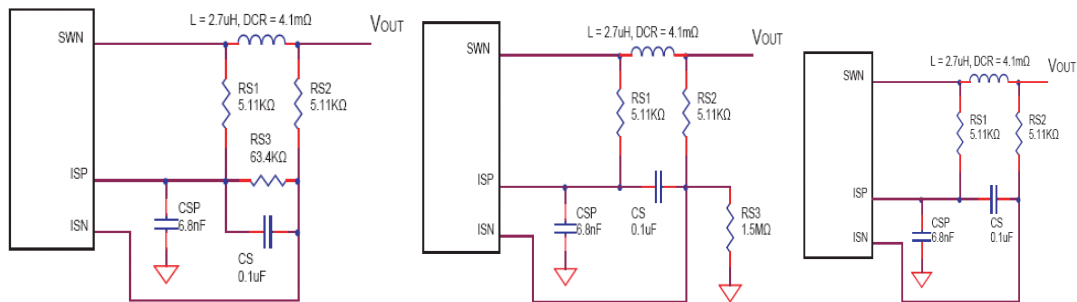
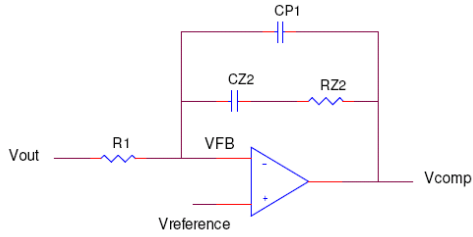


Figure10

反馈补偿

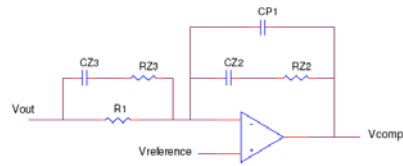
SP766X 内部集成了一个宽带宽的 AMP,可以使用简单的 TypeII 或者 TypeIII 补偿就可使电路工作稳定。



TypeII 补偿

Figure11

Figure12



TypeIII 补偿

具体是用 TypeII 还是 TypeIII 补偿的方法如下:

$$f_{LC} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

计算输出的极点:

$$f_{ESR} = \frac{1}{2\pi \cdot C \cdot ESR}$$

计算输出的零点:

如果 $f_{ESR}/f_{LC} \geq 5$, 则采用 TypeIII 补偿, 小于 5 就采用 TypeII 补偿。

下面就举例说明 TypeIII 补偿计算的过程:

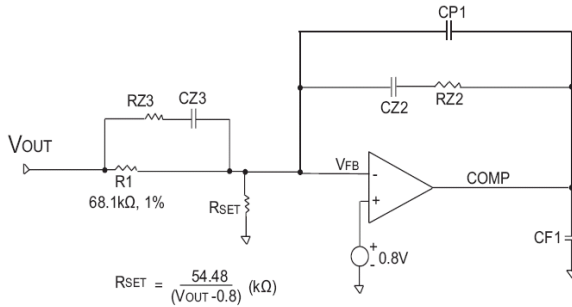


Figure13

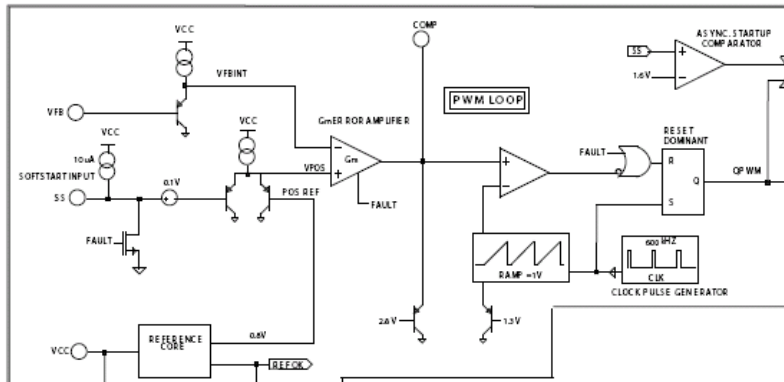
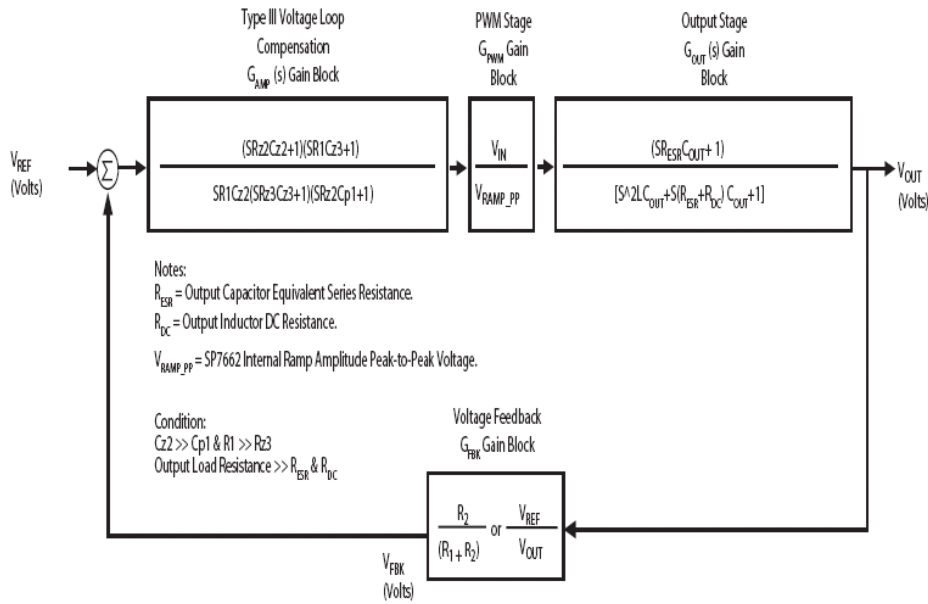


Figure14

Figure13 是 TYPEIII 的整个补偿反馈电路, Figure14 是 SP766X 的内部的控制电路, 再结合

输出部分我们可以得到整个电路的传递函数的模型如下：



从传递模型我们可以看到，我们通过 AMP 的补偿来抵消输出部分的相移，保证整个相移在工作频率内不超过 180 度（实际应该是小于 135 度）。具体的做法就是通过 AMP 产生的零点去抵消输出部分的极点，通过 AMP 产生的极点去补偿输出部分的零点。
从输出部分的传递函数我们可以得到极点频率和零点频率如下：

$$f_{p_LC} = \frac{1}{2\pi(\sqrt{L} \cdot C)} \quad , \quad f_{z_ESR} = \frac{1}{2\pi \cdot C_{esr} \cdot C_{out}}$$

从 AMP 传递函数我们可以得到零点频率为

$f_{z2} = 1/2(\pi C_{z2} * R_{z2})$ ，Sipex 建议该零点补偿 1/2 输出极点频率。

极点频率为

$f_{p1} = 1/2(\pi C_{p1} * R_{z2})$

另外为了保证足够的响应速度，整个电路也要有足够的带宽，Sipex 建议开始相移点的频率点为开关频率的 1/10 ($f_{co} = f_s/10$)，所以 $R_{z2}/R_1 = (V_{ramp_pp}/V_{inmax}) (f_{co}/f_{p_LC})$

R_{z3} 和 C_{z3} 是为了在 1/2 开关频率设置一个极点，所以 $f_s = 1/(\pi C_{z3} * R_{z3})$

这样根据上面的关系就可以得出补偿的元件参数。上述的计算也可以通过 www.sipex.com 网站的仿真软件来仿真出相应的波特图 (Bode plot) 来判定补偿的好坏。

由于该 AMP 的基准为 0.8V，所以输出电压的设定就是： $V_{out} = 0.8 * (R_2/R_1 + 1)$

PCB 布板：

由于 SP766X 工作在很高的开关频率，输出又是低电压大电流，所以 PCB 布板的好坏关系到整个电源的噪声和散热。具体注意点如下

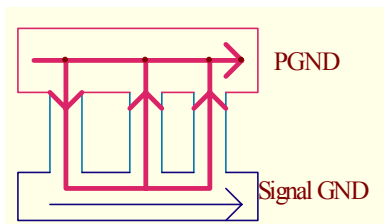


Figure15(Bad)

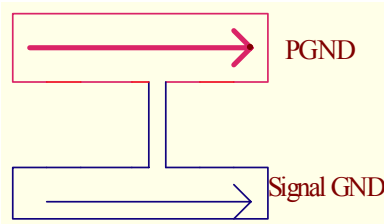


Figure16(Right)

- PGND 和 Signal GND 要用单点连接，且连接的通路一定要尽可能的窄(如 Figure16 所示)。

因为 Signal GND 是芯片内部供电的通路，都是小电流，PGND 是电源转换的通路，流过的是大电流，如果两者有多个连接点且通路又宽(如 Figure15 所示)，那大电流就会引入到 Signal GND 部分，在 Signal GND 部分产生大的电位差，这样就会干扰到芯片内部的控制和驱动电路的工作，轻者产生很大的 Noise,重者整个电路都没办法正常工作。

- 能量转换通路的元件一定要尽量靠近，使整个通路的连线越短越好，在面积允许的情况下铺大块的铜，如果层数少的话建议至少用 **3OZ** 的铜皮。这样又能减少通路的分布参数，又能充当散热片。
- 补偿元件跟 SP766X 的 AMP 的通路要短，减少外部变化对电路稳定性的影响。

应该讲，SP765X 和 SP766X 是一颗适用于通信，医疗，监控等需要大电流输出应用的电压转换芯片，能极大的满足市场对性能，体积和成本的要求。

[感兴趣的话请联系jlin@Sipex.com](mailto:jlin@Sipex.com)