



深圳市大能创智半导体有限公司

SPES4616 数据手册

双路 8A 或单路 16A DC/DC 稳压器

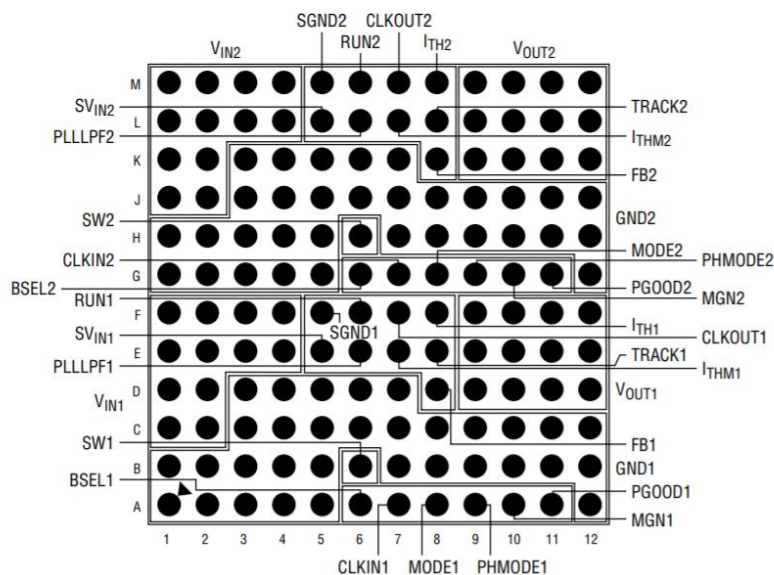
产品特点

- 输入电压范围：2.7V 至 5.5V
- 输出电压 0.6V 至 5V 可调
- 双路 8A 或单路 16A 输出电流
- 电流模式控制、快速瞬态响应
- 良好的输出电压跟踪和调节
- 内置频率同步
- 输出过压保护
- 多相运行
- 可选突发模式操作
- 扩展频谱调频
- 15mm x 15mm x 6.6mm BGA 封装

产品描述

SPES4616 是一款完整的双通道、两相、每通道 8A 输出、开关模式 DC/DC 电源稳压器系统。封装中内置了开关控制器、功率 FET、电感器和所有的支持元件。SPES4616 的工作输入电压范围为 2.7V 至 5.5V，可支持两个位于 0.6V 至 5V 电压范围之内的输出 (各由单个外部电阻器来设定)。该高效率设计为每个输出提供了高达 8A 的连续电流 (峰值为 10A)。仅需采用大容量的输入和输出电容器 (视纹波要求而定)。该器件还能够配置成一个高达 16A 的两相并联单路输出。该模块默认的自我保护包括输出过压，输出过流以及热保护等；同时该模块还具有效率高，热点均匀等特点。

PIN 脚配置 (参见引脚功能)



BGA 封装

144-LEAD (15mm × 15mm × 6.6mm)

图 1: BGA 封装顶视图

绝对最大额定值 【注释 1】

SV_{IN}, SV_{IN} 电压	-0.3V 至 6V	工作温度范围	N1 级 SPES4616N -55°C至 125°C
PLLLPF,PGOOD 电压	-0.3V 至 V _{IN}		企军级 SPES4616Q -55°C至 125°C
CLKIN,PHMODE,MODE 电压	-0.3V 至 V _{IN}		军温级 SPES4616J -55°C至 125°C
CLKOUT 电压	-0.3V 至 2V		工业级 SPES4616G -40°C至 85°C
ITH,ITHM,VFB,TRACK 电压	-0.3V 至 V _{IN}	结温	125°C
MGN,BSEL,RUN 电压	-0.3V 至 V _{IN}	储存温度范围	-55°C至 125°C
SW1, SW2 (DC)	-0.3V 至 V _{IN} +0.3V	回流焊峰值	220°C
内部锡膏熔点	262°C		

电参数 【注释 2】

特性	条件	最小	典型	最大	单位
输入特性					
输入电压范围 V _{IN(DC)}		2.7	-	5.5	V
欠压锁定范围 V _{IN(UVLO)}	V _{IN(UVLO)} 上升	2.05	2.2	2.35	V
	V _{IN(UVLO)} 下降	1.85	2.0	2.15	
I _S (VIN1, VIN2)	V _{IN} =3.3V, RUN=0, I _{OUT} =8A	-	4.5	-	A
输入偏置电流 I _{Q(VIN)}	正常	-	1350	-	μA
	待机	-	450	-	μA
	关断	-	0.2	5	μA
RUN 输入门限	RUN 上升	-	1.5	-	V
	RUN 下降	-	1.3	-	V
输出特性					
输出电压范围 V _{OUT(DC)}	V _{in} = 5.5V	0.6	1.8	5	V
输出电流范围	V _{OUT} =1.8V, V _{IN} =3.3/5V	0		8	A

I _{OUT(DC)}	V _{OUT} =1.5V, V _{IN} =2.7V	0		5	
ΔV _{OUT(LINE)} /V _{OUT}	V _{OUT} =1.8V, V _{IN} =2.7V-5.5V, I _{OUT} =0A	-	0.1	0.25	%
ΔV _{OUT(LOAD)} /V _{OUT}	V _{IN} =3.3/5.5V, I _{LOAD} =0-8A	-	0.3	0.5	%
	V _{IN} =2.7V, I _{LOAD} =0-5A	-	0.3	0.5	%
ΔV _{OUT(AC)}	C _{OUT} =100μFx3 X7S 陶瓷	-	10	-	mV _{p-p}
f _s	I _{OUT} =8A, V _{IN} =5V, V _{OUT} =1.8V	1.25	1.5	1.75	MHz
f _{SYNC1}		0.75	-	2.25	MHz
开关时间 t _(START)	C _{OUT} =100μFx3 X7S 陶瓷	-	100	-	μs
t _(SETTLE)	Load: 0% to 50% to 0% of Full Load	-	10	-	μs
输出电流极限 I _{OUT(PK)}	V _{IN} =2.7V, V _{OUT} =1.8V	-	8	-	A
	V _{IN} =3.3V, V _{OUT} =1.8V	-	11	-	
	V _{IN} =5V, V _{OUT} =1.8V	-	13	-	
控制部分					
反馈电压 V _{FB}	V _{OUT} =1.8V, I _{OUT} =0A	0.590	0.596	0.602	V
内部软启动延迟		-	140	-	μs
R _{FBHI1} , R _{FBHI2}		9.95	10	10.05	kΩ
PGOOD Delay	PGOOD Falling Edge Delay	-	35	-	μs
OV	输出过压门限	7	10	13	%
UV	输出欠压门限	-7	-10	-13	%
%Margining	MGN= V _{IN} , BSEL=0V	3	5	7	%
	MGN= V _{IN} , BSEL= V _{IN}	8	10	12	%
	MGN= V _{IN} , BSEL= Float	13	15	17	%
	MGN= 0V, BSEL=0V	-3	-5	-7	%
	MGN= 0V, BSEL= V _{IN}	-8	-10	-12	%
	MGN= 0V, BSEL=Float	-13	-15	-17	%

注释 1: 超出上述绝对最大额定值, 可能会导致器件永久性损坏。在任何绝对最大额定值条件下长期工作, 都会影响器件的可靠性和使用寿命。

注释 2: SPES4616 包含用于在短暂过载条件下对器件提供保护的过热保护功能。当内部温度超过最大工作结温, 过热保护功能可能会启动。在高于规定的最大工作结温下连续运作有可能损害器件的可靠性。

典型性能特点

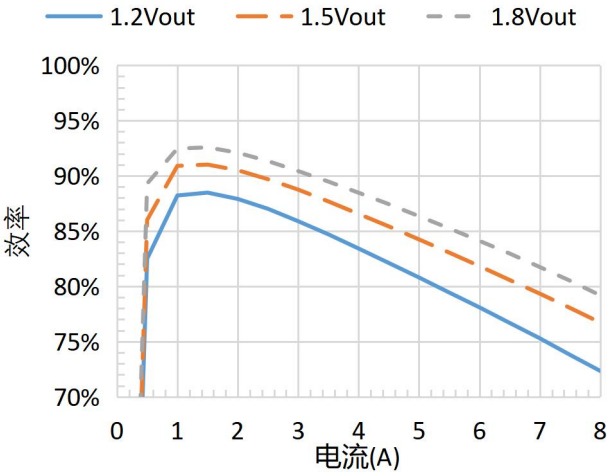


图 2: 效率与输出电流的关系(2.7V_{IN})

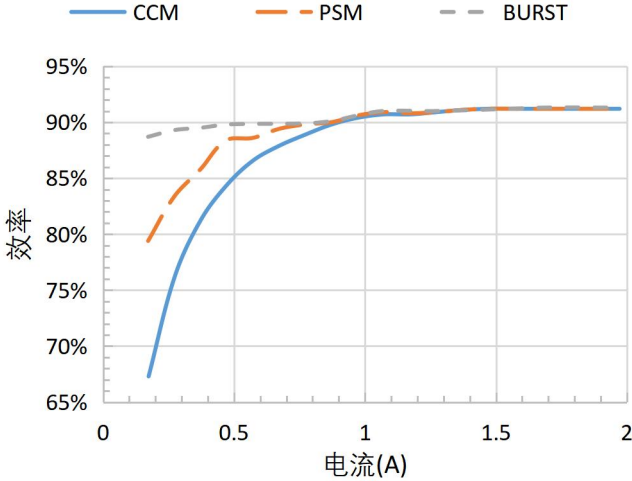


图 5: 不同模式下效率与电流的关系
(3.3V_{IN} 1.8V_{OUT})

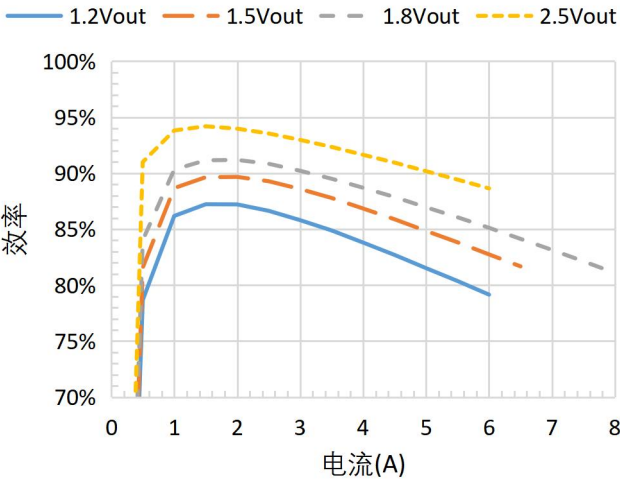


图 3: 效率与输出电流的关系(3.3V_{IN})

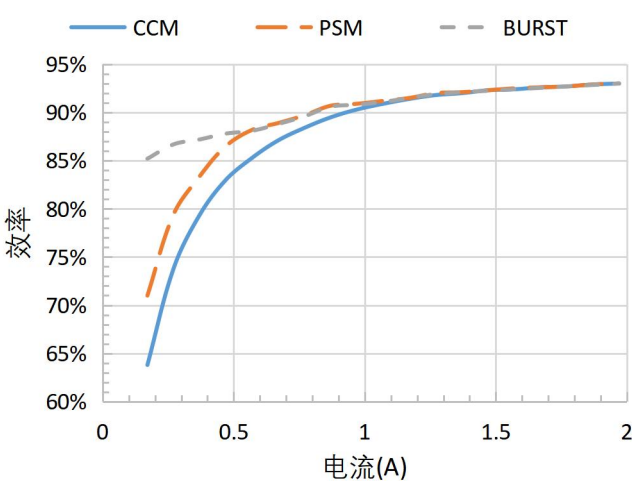


图 6: 不同模式下效率与电流的关系
(5V_{IN} 3.3V_{OUT})

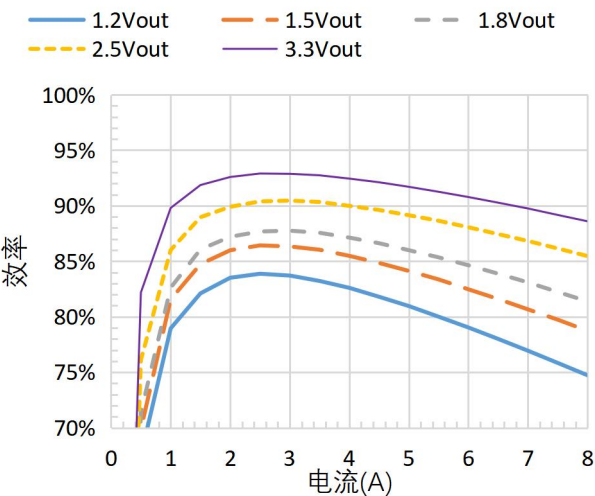


图 4: 效率与输出电流的关系(5V_{IN})

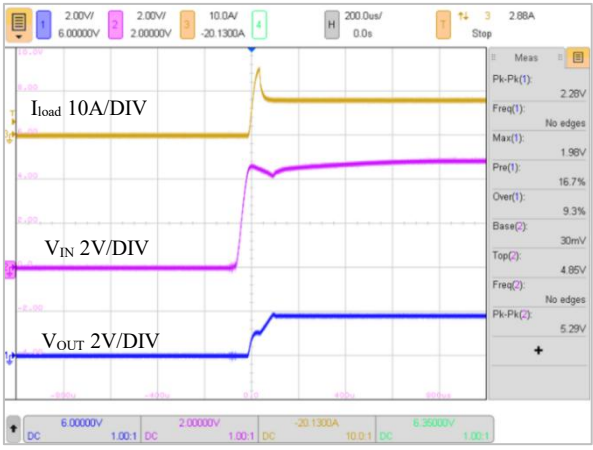


图 7: 开机纹波(V_{IN}=5V,V_{OUT}=1.8V)

典型性能特点



图 8: 5VIN 输出动态(1.2VOUT, CCM 模式, 2A -> 6A 负载跳变, 2A/μS, 频率 2kHz)

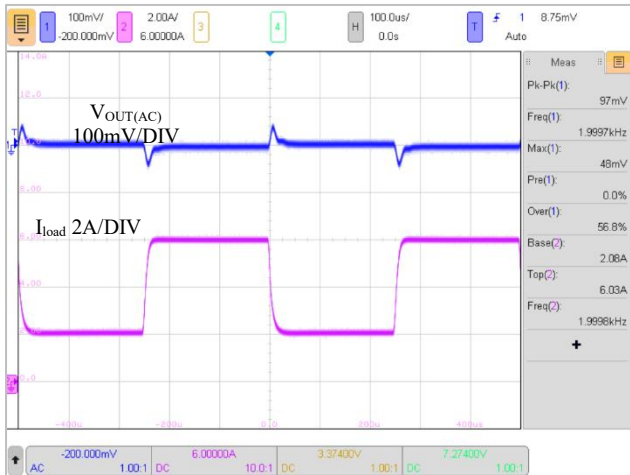


图 10: 5VIN 输出动态(1.8VOUT, CCM 模式, 2A -> 6A 负载跳变, 2A/μS, 频率 2kHz)

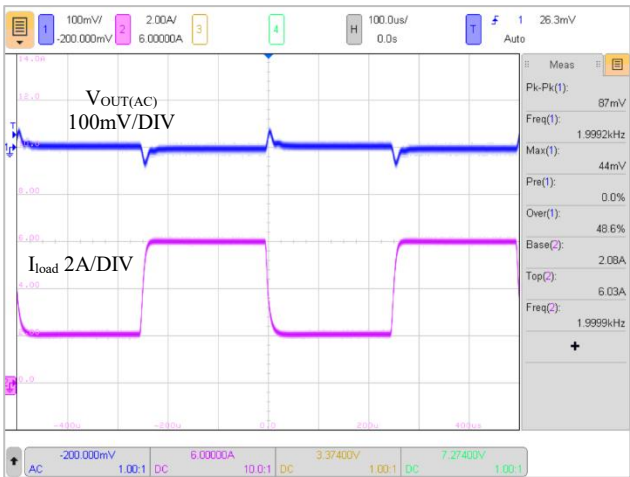


图 9: 5VIN 输出动态(1.5VOUT, CCM 模式, 2A -> 6A 负载跳变, 2A/μS, 频率 2kHz)

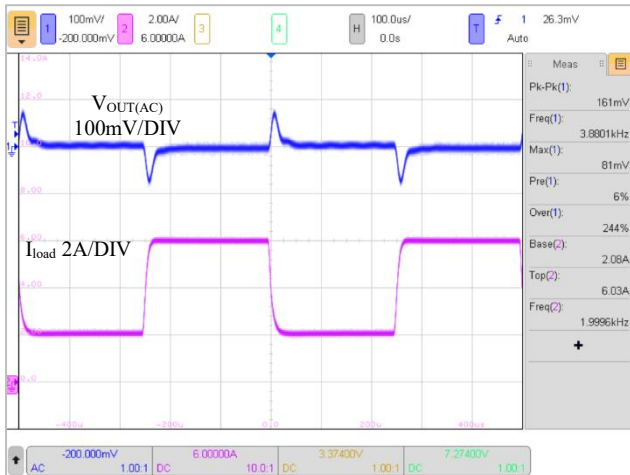


图 11: 5VIN 输出动态(3.3VOUT, CCM 模式, 2A -> 6A 负载跳变, 2A/μS, 频率 2kHz)

推荐组件配置

输出电容	输入电容
至少 100uF x 3 CERAMIC (6.3V X7R 1210)	至少 10uF x 3 CERAMIC (50V X7R 1210)和 150uF 铝聚合物电容(ALUM POLY 10V)

去偶要求					
特性	条件	最小	典型	最大	单位
C _{IN}	V _{IN} =2.7-5.5V, V _{OUT} =1.8V; I _{OUT} =8A	-	22	-	μF
	V _{IN} =3.3-5.5V, V _{OUT} =2.5V; I _{OUT} =8A	-	22	-	μF
C _{OUT}	V _{IN} =2.7-5.5V, V _{OUT} =1.8V; I _{OUT} =8A	-	300	-	μF
	V _{IN} =3.3-5.5V, V _{OUT} =2.5V; I _{OUT} =8A	-	300	-	μF

引脚分配表											
PIN	NAME	PIN	NAME	PIN	NAME	PIN	NAME	PIN	NAME	PIN	NAME
A1	GND1	B1	GND1	C1	VIN1	D1	VIN1	E1	VIN1	F1	VIN1
A2	GND1	B2	GND1	C2	VIN1	D2	VIN1	E2	VIN1	F2	VIN1
A3	GND1	B3	GND1	C3	GND1	D3	GND1	E3	VIN1	F3	VIN1
A4	GND1	B4	GND1	C4	GND1	D4	GND1	E4	VIN1	F4	VIN1
A5	GND1	B5	GND1	C5	GND1	D5	GND1	E5	SVIN1	F5	SGND1
A6	BSEL1	B6	SW1	C6	GND1	D6	GND1	E6	PLLLPF1	F6	RUN1
A7	CLKIN1	B7	GND1	C7	GND1	D7	GND1	E7	ITHM1	F7	CLKOUT1
A8	MODE1	B8	GND1	C8	GND1	D8	FB1	E8	TRACK1	F8	ITH1
A9	PHMODE1	B9	GND1	C9	GND1	D9	VOUT1	E9	VOUT1	F9	VOUT1
A10	MGN1	B10	GND1	C10	GND1	D10	VOUT1	E10	VOUT1	F10	VOUT1
A11	PGOOD1	B11	GND1	C11	GND1	D11	VOUT1	E11	VOUT1	F11	VOUT1
A12	GND1	B12	GND1	C12	GND1	D12	VOUT1	E12	VOUT1	F12	VOUT1

PIN	NAME	PIN	NAME	PIN	NAME	PIN	NAME	PIN	NAME	PIN	NAME
G1	GND2	H1	GND2	J1	VIN2	K1	VIN2	L1	VIN2	M1	VIN2
G2	GND2	H2	GND2	J2	VIN2	K2	VIN2	L2	VIN2	M2	VIN2
G3	GND2	H3	GND2	J3	GND2	K3	GND2	L3	VIN2	M3	VIN2
G4	GND2	H4	GND2	J4	GND2	K4	GND2	L4	VIN2	M4	VIN2
G5	GND2	H5	GND2	J5	GND2	K5	GND2	L5	SVIN2	M5	SGND2
G6	BSEL2	H6	SW2	J6	GND2	K6	GND2	L6	PLLLPF2	M6	RUN2
G7	CLKIN2	H7	GND2	J7	GND2	K7	GND2	L7	ITHM2	M7	CLKOUT2
G8	MODE2	H8	GND2	J8	GND2	K8	FB2	L8	TRACK2	M8	ITH2
G9	PHMODE2	H9	GND2	J9	GND2	K9	VOUT2	L9	VOUT2	M9	VOUT2
G10	MGN2	H10	GND2	J10	GND2	K10	VOUT2	L10	VOUT2	M10	VOUT2
G11	PGOOD2	H11	GND2	J11	GND2	K11	VOUT2	L11	VOUT2	M11	VOUT2
G12	GND2	H12	GND2	J12	GND2	K12	VOUT2	L12	VOUT2	M12	VOUT2

PIN 脚功能

VIN1 和 VIN2 (Bank 1 和 Bank2; F1-F4,E1-E4,C1-C2,D1-D2): 电源输入引脚。在这些引脚和 GND 引脚之间施加输入电压。建议将输入去耦电容直接放在 VIN 引脚和 PGND 引脚之间。

VOUT1 和 VOUT2 (Bank 3 和 Bank4; D9-D12,E9-E12,F9-F12 和 K9-K12, L9-L12,M9-M12): 功率输出引脚。在这些引脚和 PGND 引脚之间施加输出负载。建议在这些引脚和 PGND 引脚之间直接放置输出去耦电容，参见“去耦要求”。

GND1 和 GND2 (Bank 2 和 Bank5; A1-A5,A12,B1-B5,B7-B12,C3-C12,D3-D7 和 G1-G5,G12,H1-H5,H7-H12,J3-J12,K3-K7): 输入输出的电源接地引脚。

SVIN1 和 SVIN2 (F5 和 M5): 每个通道的信号输入电压。该引脚通过低通滤波器在内部连接至 VIN。

SGND1 和 SGND2 (F5 和 M5): 每个通道的信号接地引脚。所有模拟和低功耗电路的返回接地路径。在应用中，将一个连接连接到输出电容器 GND。请参阅图 13 的布局指南。

MODE1 和 MODE2(A8 和 G8): 每个通道的模式选择输入。将该引脚拉高可启用突发模式操作。将该引脚拉低可强制连续运行。将该引脚浮置或与 VIN/2 相连可进行跳脉冲操作。

CLKIN1 和 CLKIN2 (A7 和 G7): 每个通道的相位检测器的外部同步输入。该引脚在内部通过 50k 电阻端接到 SGND。锁相环将强制内部最大功率 PMOS 导通与 CLKIN 信号的上升沿同步。将此引脚连接到 SVIN 以启用扩频调制。在外部同步期间，请确保 PLLPF 引脚未连接至 VIN 或 GND。

PLLLPF1 和 PLLPF2 (E6 和 L6): 锁相环低通滤波器。PLL 的低通滤波器与该引脚相连。在扩频模式中，在该引脚和 SGND 之间布设一个电容器，用于控制从一个频率至下一个频率的转换速率。或者，把该引脚浮置将提供

1.5MHz 的标准运转频率；把该引脚连接至 SVIN 将强制器件运转频率达到标准频率的 1.33 倍（2MHz）；而把该引脚接地将使运转频率成为其标准频率的 0.67 倍(1MHz)。

PHMODE1 和 PHMODE2 (A9 和 G9): 相位选择器输入。该引脚决定确定内部振荡器和 CLKOUT 之间的相位关系。把该引脚连接至高电平将启动三相操作，而浮置或连接至 VIN/2 将启动四相操作。

MGN1 and MGN2 (A10 and G10): 每个通道的电压裕量引脚。按 BSEL 引脚指定的量增加或减少输出电压。要禁用裕度，可将 MGN 引脚连接至分压器，该分压器具有从 VIN 到地的 50k 电阻。为了留有余量，请在 VIN 至 GND 之间连接一个分压器，并将中心点连接至特定通道的 MGN 引脚。每个电阻应接近 50k。裕量高电平位于 VIN 的 0.3V 范围内，裕量低电平位于 GND 的 0.3V 范围内。有关边距控制，请参见“应用程序信息”部分。指定的三态驱动器能够满足较高和较低要求。

BSEL1 和 BSEL2 (A6 和 G6): 裕度调节位选择引脚。把 BSEL 连接至低电平讲选择 $\pm 5\%$ ，而连接至高电平将选择 $\pm 10\%$ 。讲其浮置或连接至 VIN/2 则选择 $\pm 15\%$ 。

TRACK1 和 TRACK2 (E8 和 L8): 跟踪输入引脚。该引脚使得用户能够控制输出的上升时间。使该引脚上的电压低于 0.57 将把基准输入旁路至误差放大器，并将 VFB 引脚电压维持于 TRACK 电压。当该引脚的电压高于 0.57V 时，跟踪功能停止，而且内部基准再次控制误差放大器。

在停机器件，如果 TRACK 引脚未被连接至 SVIN 引脚，则 TRACK 引脚的电压在芯片管段之前必须低于 0.18V（技术 RUN 引脚已经处于低电平状态也不例外），不要将该引脚浮置。

B1 和 FB2 (D8 和 K8): 每个通道的误差放大器的负输入。在内部，该引脚通过一个 10k 精密电阻连接到 VOUT。可以通过在 FB 和

GND 引脚之间附加一个电阻来设置不同的输出电压。有关详细信息，请参见“应用程序信息”部分。

ITH1 和 ITH2 (F8 和 M8): 每个通道的电流控制阈值和误差放大器补偿点。 电流比较器阈值随该控制电压而增加。

ITHM1 和 ITHM2 (E7 和 L7): 每个通道的内部 ITH 差分放大器的负输入。 将该引脚连接到 SGND，以便在每个通道上进行单相操作。对于多相操作，将主机的 ITHM 连接到 SGND，同时将主机上的所有 ITHM 引脚连接在一起。

PGOOD1 和 PGOOD2 (A11 和 G11): 采用漏极开路逻辑电路的输出电源良好引脚。当 VFB

引脚电压不处于其设定点的 $\pm 10\%$ 以内时，POOD 将被拉至地电位。该引脚在裕度调节和从属模式操作期间被停用。

RUN1 和 RUN2 (F6 和 M6): 运行控制引脚。高于 1.7V 的电压将打开模块。

SW1 和 SW2 (B6 和 H6): 用于测试目的的每个通道的交换节点。 可以将其连接到板上的电子开路铜焊盘，以提高热性能。

CLKOUT1 和 CLKOUT2 (F7 和 M7): 用于多相操作的输出时钟信号。 CLKOUT 的相位由 PHMODE 引脚的状态决定。

应用综述

SPES4616 是一款双路输出独立非隔离开关模式 DC/DC 电源。它可以提供两个 8A 输出，很少有外部输入和输出电容器。该模块可通过外部电阻在 2.7V 至 5.5V 的输入电压范围内从 0.6VDC 至 5VDC 编程提供精确调节的输出电压。典型的应用原理图如图 14 所示。

SPES4616 集成了恒定频率电流模式稳压器和具有快速开关速度的内置功率 MOSFET 器件。典型的开关频率为 1.5MHz。对于开关噪声敏感的应用，它可以在 0.75MHz 至 2.25MHz 的频率范围内进行外部同步。

在设计中甚至可以实现扩频切换，以降低噪声。借助电流模式控制和内部反馈环路补偿，即使使用所有陶瓷输出电容器，SPES4616 模块也具有足够的稳定性裕度和良好的瞬态性能，具有广泛的输出电容器。

电流模式控制在过电流条件下提供逐周期的快速电流限制和热关断。如果输出反馈电压在调节点周围出现 $\pm 10\%$ 的窗口，则内部过压和欠压比较器会将开漏 PGOOD 输出拉低。电源裕量引脚在边距期间被禁用。

应用信息

典型的 SPES4616 应用电路如图 14 所示。外部元件的选择主要取决于最大负载电流和输出电压。有关特定应用的特定外部电容器要求，请参见“推荐组件配置”。

输入输出降压及带载能力

对于给定的输入电压，可以实现最大的 VIN 至 VOUT 降压比是有限制的，同时也与负载电流相关。因此本模块的带载能力为：输入 5V 时，所有输出均可带满载 8A；输入 3.3V 时，输出 2.5V 只可带 6A，输出 1.8V 可带

8A，输出 1.5V 可带 6.5A，输出 1.2V 可带 6A；输入 2.7V 时，所有输出电流均限制为 5A。

输出电压编程

PWM 控制器具有内部 0.596V 的参考电压。一个 10k 的内部反馈电阻将 VOUT 和 VFB 引脚连接在一起。无反馈电阻时，输出电压默认为 0.596V。从 VFB 到地添加一个反馈电阻 RFB 可以对输出电压进行编程：

$$V_{OUT} = 0.596V \cdot \frac{10k + R_{FB}}{R_{FB}}$$

表 1. R_{FB} 电阻值与 V_{OUT} 的关系

V_{OUT} (V)	0.596	1.2	1.5	1.8	2.5	3.3
R_{FB} (k Ω)	Open	10	6.65	4.87	3.09	2.21

对于给定的 V_{OUT} 以及 N 路并联操作， R_{FB} 可以通过以下方式确定：

$$R_{FB} = \frac{10k/N}{\frac{V_{OUT}}{0.6V} - 1}$$

CIN 和 COUT 的选择

需要输入电容 C_{IN} 来过滤顶部 MOSFET 的源极处的梯形波电流。为防止发生大的电压瞬变，应使用尺寸适合最大 RMS 电流的低 ESR 输入电容器。最大 RMS 电流由下式给出：

$$I_{RMS} = I_{OUT(MAX)} \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \sqrt{\frac{V_{IN}}{V_{OUT}}} - 1$$

该公式的最大值为 $V_{IN}=2V_{OUT}$ ，其中 $I_{RMS}=I_{OUT}/2$ 。这种简单的最坏情况通常用于设计，因为即使明显的偏差也无法提供很多缓解。请注意，电容器制造商的纹波电流额定值通常仅基于 2000 小时的使用寿命，因此建议进一步降低电容器的额定值，或者选择一个针对比所要求温度更高的条件而设计的电容器。

也可以把多个电容器并联起来使用以满足设计的外形尺寸或高度要求。对于低输入电压应用，需要足够大的输入电容，以最大程度减少输出负载变化期间的瞬态影响。

C_{OUT} 的选择由用于最大限度地减小电压纹路和负载阶跃瞬变所需的有效串联电阻 (ESR) 以及用于确保控制环路稳定性所需的体电容值来决定。可以通过查看负载瞬态响应来检查环路稳定性。输出纹波 ΔV_{OUT} 由下式确定：

$$V_{OUT1} \leq \Delta I_L \left(ESR + \frac{1}{8fC_{OUT}} \right)$$

因为 ΔI_L 随输入电压的增加而增加，因此在最大输入电压条件下输出纹波最大。为了满足 ESR 和 RMS 电流处理要求，可能需要并联多个电容器。固体钽电容、特殊的聚合物电容器具有极低的 ESR，但比其他类型的电容器具有更低的电容密度。

钽电容器具有最高的电容密度，但重要的是仅使用经浪涌测试的类型用于开关电源。铝电解电容器的等效串联电阻 (ESR) 明显较高，但考虑到额定纹波电流和长期可靠性，可用于对成本敏感的应用中。陶瓷电容器具有出色的低等效串联电阻 (ESR) 特性和较小的占板面积。其较低的体电容值有可能需要采取多个并联使用的方法。

突发模式操作

SPES4616 能够进行突发模式操作，在该模式中，功率 MOSFET 可根据负载要求进行间歇操作，从而节省了静态电流。在那些把实现轻载效率最大化作为高优先级的应用中，应使用突发模式操作。如需启用突发模式操作，则只需把 MODE 引脚连接至 V_{IN} 即可。在该操作模式中，电感器的峰值电流被设定为标准操作模式中的最大峰值电流的 20% 左右（即使 I_{TH} 引脚上的电压为一个较低的数值也是如此）。当电感器的平均电流高于负载要求时， I_{TH} 引脚上的电压下降。当 I_{TH} 引脚电压降至 0.2V 以下时，BURST 比较器发生跳变，而导致内部睡眠电压走高并把顶端和底端功率 MOSFET 全部关断。

在睡眠模式中，内部电路被部分关断，从而将静态电流减小至 450 μ A。负载电流则由输出电容来提供。当输出电压下降时，将会导致 I_{TH} 引脚电压升至 0.25V 以上、内部睡眠电压走低、和 SPES4616 恢复正常操作状态。下一个振荡器周期将接通顶端功率 MOSFET，开关周期将重复。

脉冲跳跃模式操作

在那些期望固定频率操作，低输出纹波和高效率（在中等电流条件下）的应用中，应采用脉冲跳跃模式。脉冲跳跃操作 SPES4616 在低输出负载条件下跳过某些周期，从而通过减小开关电流来提升效率。把 MODE 引脚浮置或连接至 $V_{IN}/2$ 将使能脉冲跳跃操作。这可在低至接近于芯片的最小接通时间（100ns）所定义的限值条件下实现不连续导通模式 (DCM) 操作。在该输出电流水平以下，转换器将开始跳过某些周期，以保持输出调节状态。轻微地增加输出负载电流（至不连续

导通模式所需的最小值以上）将实现恒定频率。

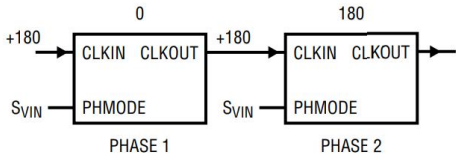
强制连续操作

在那些固定频率操作的重要性高于低电流效率、以及那些期望实现最低输出纹波的应用中，应采用强制连续操作模式。把 **MODE** 引脚连接至 **GND** 将即可使能强制连续操作。在该模式中，允许电感器电流在低输出负载条件下发生反向， I_{TH} 电压负责控制电流比较器门限吞吐量，而且始终利用每个振荡器脉冲来接通顶端 **MOSFET**。在启动期间，系统将停用强制连续模式，并防止电感器电流在 **SPES4616** 的输出电压处于调整状态之前发生反向。

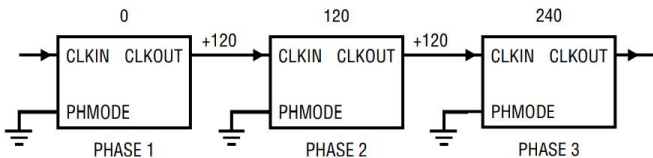
多相操作

对于那些需要大于 **8A** 电流的输出负载，可把多个 **SPES4616** 级联起来，并使它们异相操作，以在不增加输入和输出电压纹波的情况下提供更大的输出电流。**CLKIN** 引脚可使 **SPES4616** 与一个外部时钟相同步（同步范围 **0.75MHz** 至 **2.25MHz**），而内部锁相环也允许把 **SPES4616** 锁定于 **CLKIN** 的相位。可把 **CLKOUT** 信号连接至后面 **SPES4616** 电路的 **CLKIN**，以调节整个系统的频率和相位。将 **PHMODE** 引脚连接到 **SV_{IN}**，**SGND** 或 **SV_{IN}/2** 会分别产生 **180 度**，**120 度** 或 **90 度** 的相位差（**CLKIN** 和 **CLKOUT** 之间），分别对应于 **2 相**，**3 相** 或 **4 相** 手术。通过将每个 **SPES4616** 的 **PHMODE** 引脚编程为不同的电平，可以将总共 **12 个** 相级联以彼此同时异相运行。

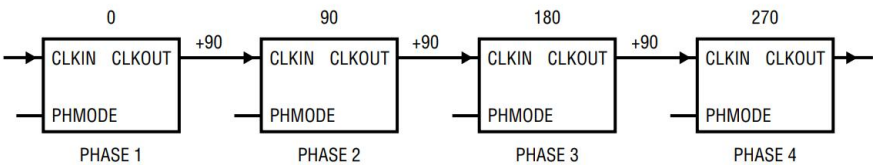
两相操作



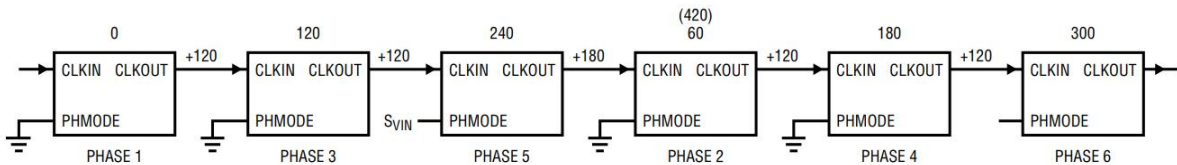
三相操作



四相操作



六相操作



十二相操作

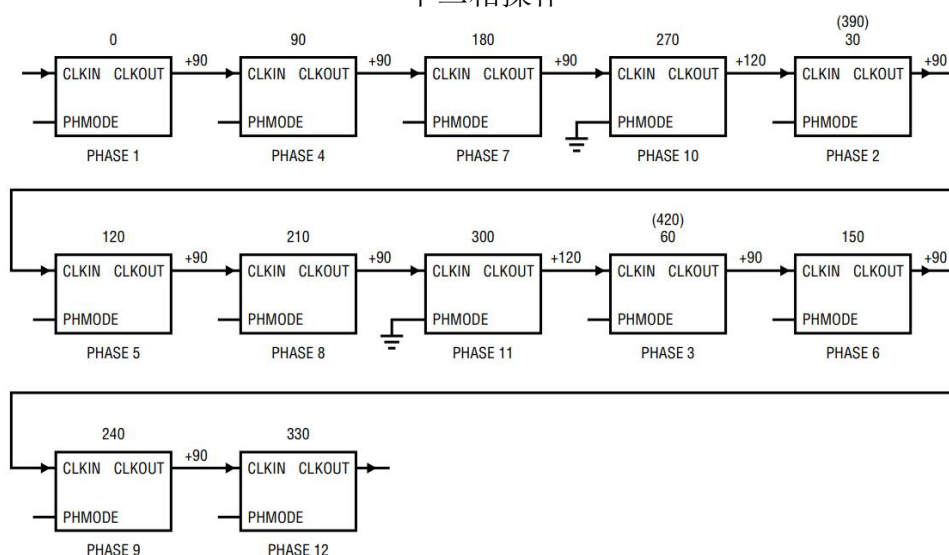


图 12: 多项操作配置

例如，与主设备相位相差 180 度的从属级会为下一个阶段生成与主设备相差 300 度（PHMODE = 0）的 CLKOUT 信号，这将会在其后的级上生成一个与主设备相差 420° 或 60°（PHMODE = $V_{IN}/2$ ）的 CLKOUT 信号。请参阅图 12 多项操作的配置。多相电源可显著减少输入和输出电容器中的纹波电流。RMS 输入纹波电流除以使用的相数，然后将有效纹波频率乘以所用的相数（假设输入电压大于所用的相数乘以输出电压）。输出纹波幅度也减少了所使用的相数。

单级设计的最坏情况 RMS 纹波电流在输入电压为输出电压的两倍时达到峰值。

两级设计的最差情况 RMS 纹波电流会导致输入电压的峰值输出为 1/4 和 3/4。计算 RMS 电流时，只要平衡每一级中的电流，就会得到更高的有效占空比，并且峰值电流水平将被分压。对于两相转换器，输入电流峰值下降一半，频率增加一倍。因此，输入电容器的需求量通常会减少四倍，即使相数更高，也可以节省电容器。

扩频操作

在涉及电磁干扰（EMI）的情况下，开关稳压器尤其麻烦。开关稳压器逐周期工作，以将功率传输到输出。在大多数情况下，工作频率是固定的，或者是基于输出负载的常数。

这种转换方法会在工作频率（基本）和工作频率的倍数（谐波）中产生大量的噪声分量。为了降低这种噪声，通过将 CLKIN 引脚连接到 V_{IN} ，SPES4616 可以在扩频操作中运行。在扩频操作中，SPES4616 的内部振荡器被设计为产生一个时钟脉冲，其周期在每个周期内都是随机的，但固定在标称频率的 70% 至 130% 之间。这具有将开关噪声分散在一定频率范围内的优势，从而显著降低了峰值噪声。如果 CLKIN 接地或由外部频率同步信号驱动，则禁用扩展频谱操作。

电压追踪

SPES4616 允许用户通过 TRACK 引脚来编程其在启动期间的输出电压如何上升。通过该引脚，可以将输出电压设置为同时或成比例地跟踪另一个输出电压。如果 TRACK 引脚上的电压小于 0.57V，则启用电压跟踪。在电压跟踪期间，输出电压通过电阻分压器网络由跟踪电压调节。跟踪期间的输出电压可以通过以下公式计算：

$$V_{OUT} = V_{OUT} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right), V_{TRACK} < 0.57V$$

电压跟踪可以通过感测来自另一个稳压器的一部分输出电压来实现。通常，这是通过使用电阻分压器来衰减正在跟踪的输出电压来完成的。将此电阻分压器设置为等于反馈电阻分压器，将在跟踪期间强制调节器输出彼此相等。如果不需要跟踪，则将 TRACK 引

脚连接到 SV_{IN} 。不要让 TRACK 引脚浮空。在输出斜降期间，如果 TRACK 引脚未连接至 V_{IN} ，那么即使 RUN 引脚被编程为低电平，SPES4616 仍将保持正常工作。仅当 TRACK 引脚低于 0.18V 时，RUN 信号才会在内部通过门控并关闭器件。这样，在启动和关闭期间，两个输出的重合跟踪和比率顺序得以实现。

但是，在此期间需要有一个输出电流负载才能使输出放电，因为当 TRACK 低于 0.57V 时，不允许强制连续运行，因此可以防止电感器电流变为负值。对于不需要跟踪或排序的应用，只需将 TRACK 引脚连接至 SV_{IN} ，即可让 RUN 控制 SPES4616 的开启/关闭。将 TRACK 连接至 SV_{IN} 还可在启动期间实现约 100 μ s 的内部软启动。

电源良好

当 SPES4616 输出电压在调节点的 $\pm 10\%$ 窗口之内，并在 0.54V 至 0.66V 范围内作为 VFB 电压反射回来时，输出电压良好，并且 PGOOD 引脚被外部电阻拉高。否则，内部漏极开路下拉器件（20 Ω ）将把 PGOOD 引脚拉低。在当今的某些计算机系统中，PGOOD 引脚用作复位信号，而输出电压则动态地从一个电平变为另一个电平。为了防止在输出电压变化期间发生不必要的功率复位，SPES4616 的 PGOOD 下降沿和上升沿都包括一个等于每 V_{IN} 电压约 10 μ s 的消隐延迟。

输出裕度调节

为了方便对 SPES4616 的输出进行系统压力测试，用户可以将 SPES4616 的输出编程为其正常工作电压的 $\pm 5\%$ ， $\pm 10\%$ 或 $\pm 15\%$ 。当 MSN 引脚被浮置时，器件将正常操作。当 MGN 引脚为低电平时，它强制负裕度调节，此时，输出电压低于调节点。当 MGN 引脚为高电平时，强制输出电压高于调节点。输出电压裕度调节量由 BSEL 引脚来决定。当 BSEL 引脚为低电平时，调节量 5%。当 BSEL 引脚为高电平时，裕度调节量为 10%。当 BSEL 引脚悬空时，裕度调节量 15%。当裕度调节功能

生效时。内部输出过压比较器被停用，且 PGOOD 引脚处于高电平。

布局清单/示例

SPES4616 的高度集成使 PCB 板的布局非常简单容易。但是，为了优化其电气和热性能，仍然需要考虑一些布局问题。

- 将大面积的 PCB 铜面积用于大电流路径，包括 VIN1，VIN2，GND1 和 GND2，VOUT1 和 VOUT2。它有助于最小化 PCB 的传导损耗和热应力。

- 将高频陶瓷输入和输出电容器放在 VIN，GND 和 VOUT 引脚旁边，以最大程度地减少高频噪声。

- 在设备下方放置一个专用的电源接地层。

- 为了最小化通孔传导损耗并降低模块热应力，请使用多个通孔在顶层和其他电源层之间互连。

- 请勿将过孔直接放在焊盘上，除非将其盖上或镀上。

- 对于连接到信号引脚的组件，请使用单独的 SGND 接地铜线区域。将 SGND 连接至设备下方的 GND。

- 对于并行模块，将 ITH，FB 和 ITHM 引脚连接在一起。使用内部层将这些引脚紧密连接在一起。所有 ITHM 引脚均连接至主稳压器的 SGND，然后将主 SGND 连接至 GND。

热考虑

SPES4616 的芯片温度必须低于 125 $^{\circ}$ C 的最大额定值，因此在电路布局中应谨慎从事，以确保 SPES4616 的良好散热。从 SPES4616 释放出的大部分热量通过模块的底部和 BGA 封装衬垫进入印刷电路板。因此，不良的印刷电路板设计会产生过大的热量，从而导致器件性能或可靠性受损。

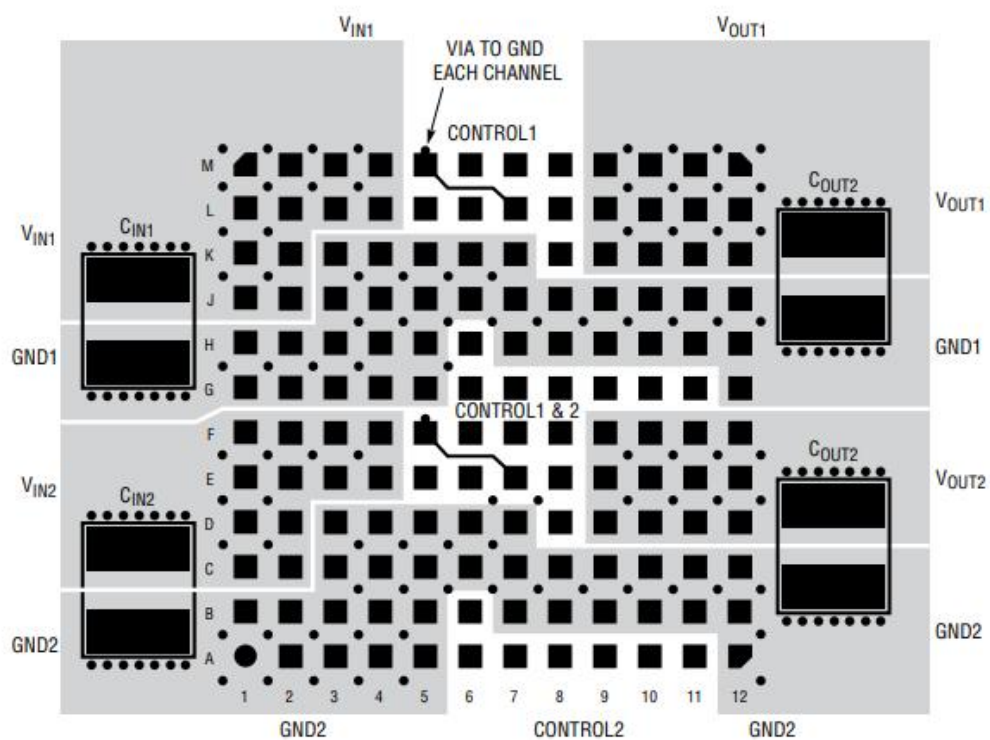


图 13: 推荐的 PCB 布局

常用典型应用电路参考【注释 3】

注释 3：负载电流请参阅“典型性能特点”及“应用信息”

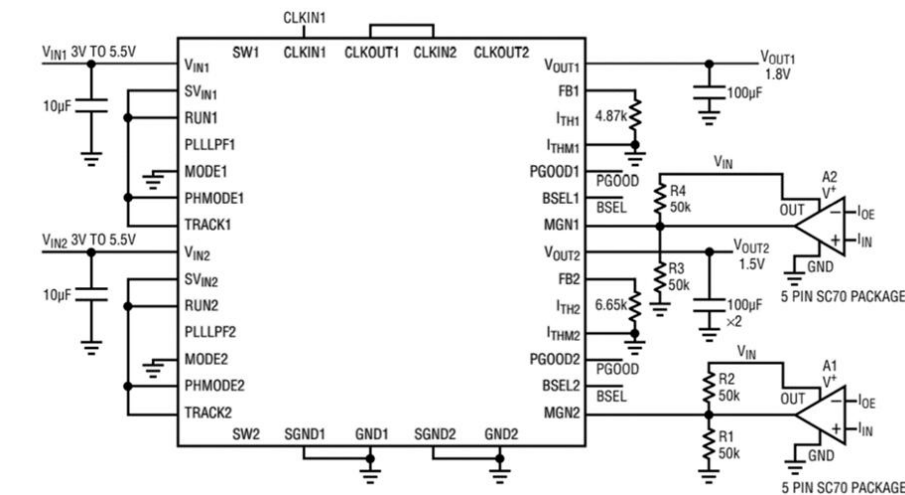


图 14：典型的 3V 至 5.5VIN，至 1.8V，1.5V 输出

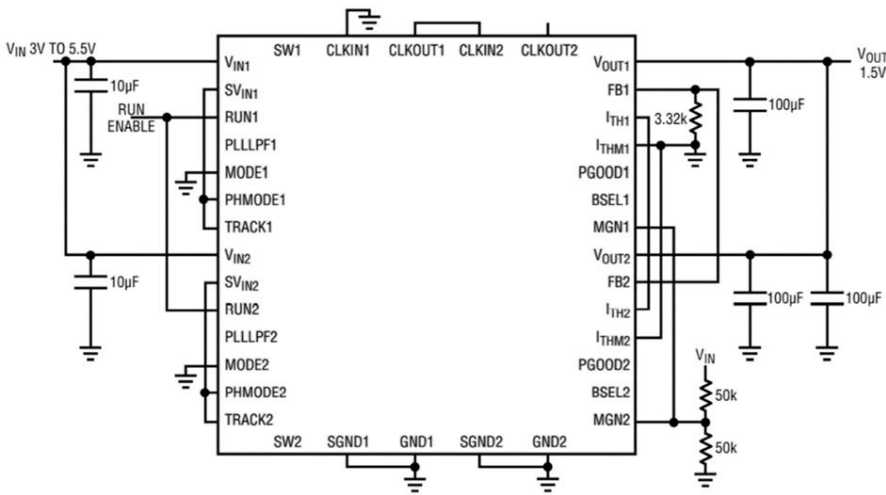


图 15：SPES4616 并行两个输出，1.5V 输出

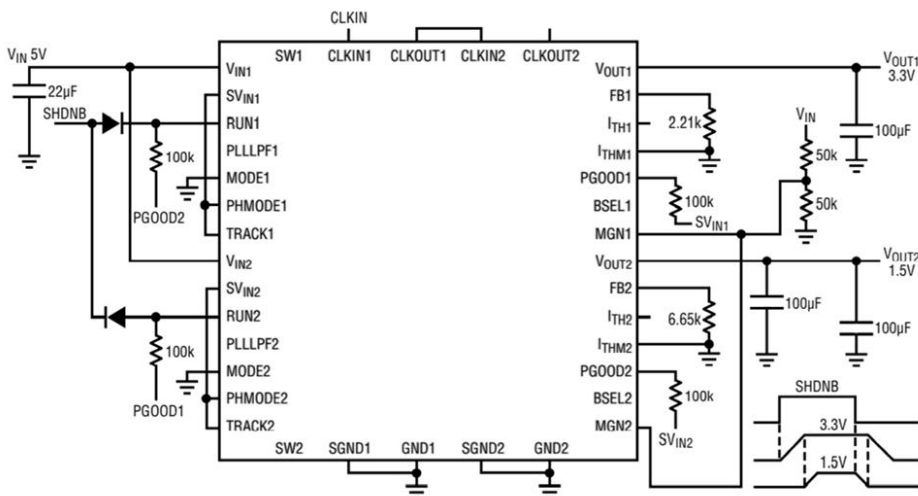


图 16：SPES4616 输出排序应用程序

常用典型应用电路参考

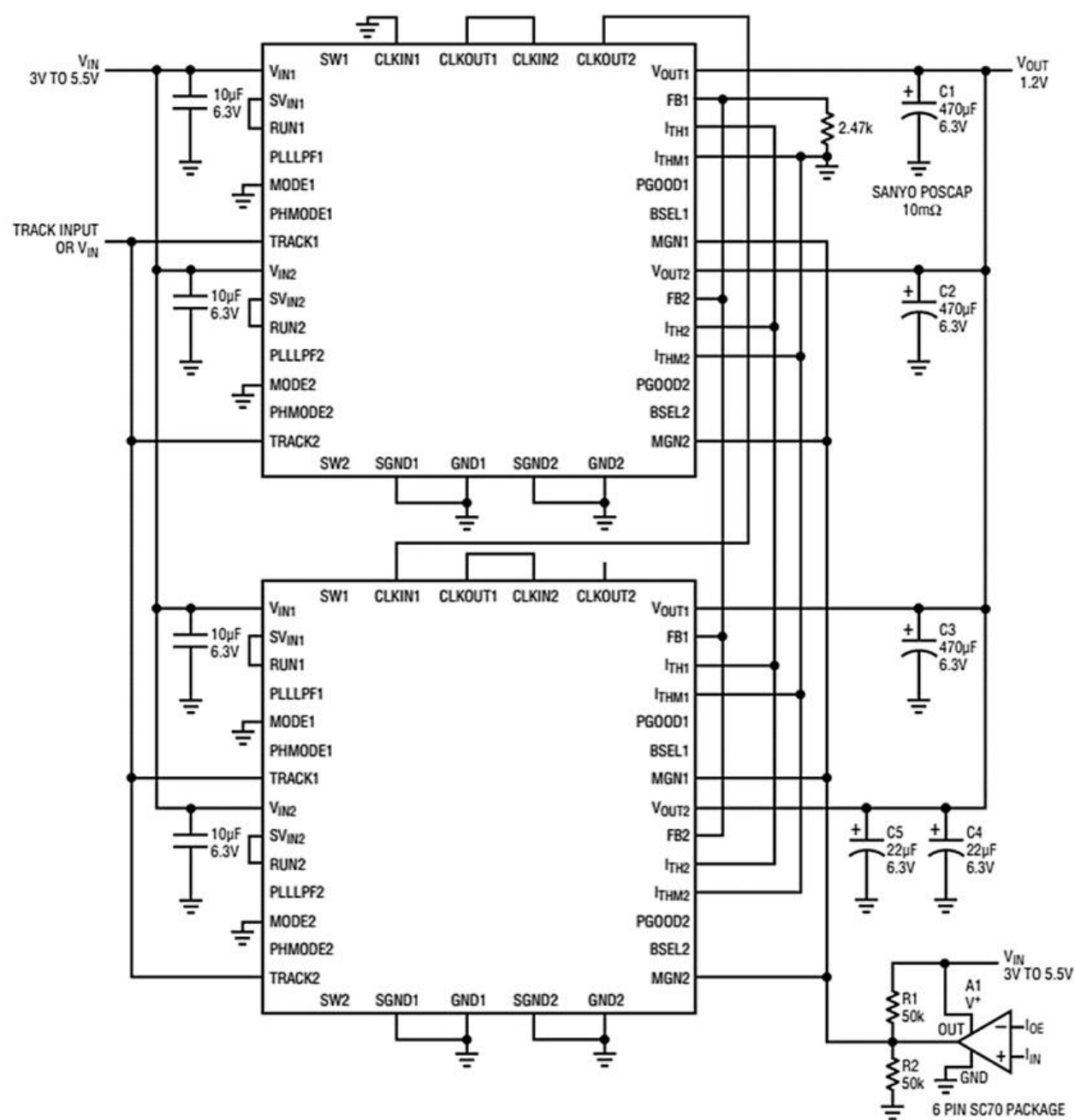


图 17： 并联四相， 1.2V

常用典型应用电路参考

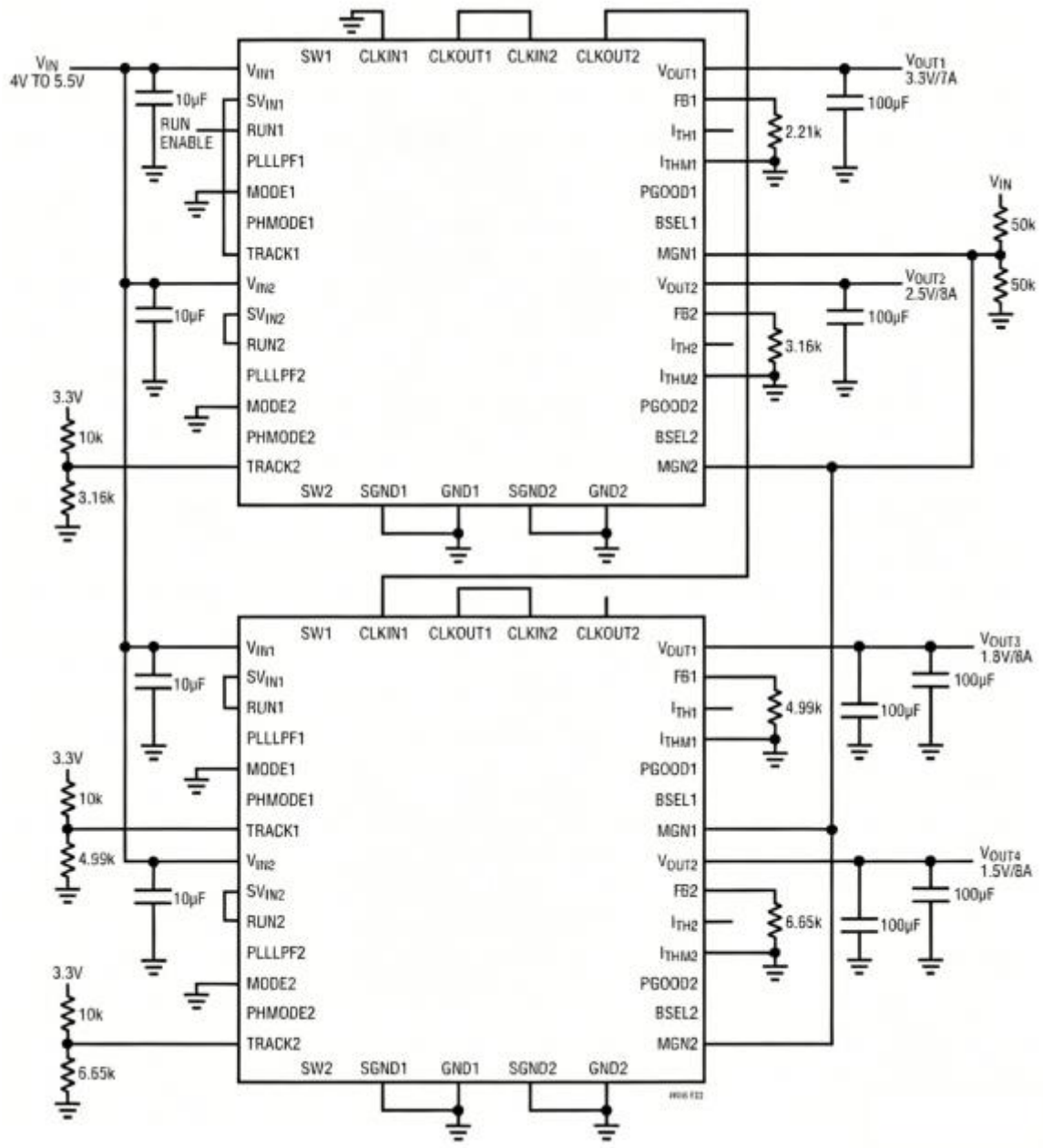


图 18: 具有跟踪功能的四相四路输出（3.3V，2.5V，1.8V 和 1.5V）

SMT 上板前湿度敏感性

SPES4616 产品上板前必须要烘干，否则可能因潮气导致焊接不良甚至损坏。参考 JEDEC 标准 J-STD-020F “Moisture/Reflow Sensitivity Classification for Non-hermetic Surface Mount Devices”，请按以下条件烘烤模块：温度 125℃，时长 24 小时或以上。SMT 回流焊温度曲线请参考图 19。

提醒：请尽量避免使用超过 SMT 回流焊峰值温度的高温焊接方式（例如高温热风枪、高温热板等）焊接上板、或者拆卸 SPES4616 产品模块，任何超过 SMT 回流焊峰值温度的高温焊接与拆卸方式，均有可能对产品造成不可逆转的损伤甚至损坏，厂家对超过 SMT 回流焊峰值温度进行焊接与拆卸的产品，将不作产品性能保证，并难以作出准确的失效分析。

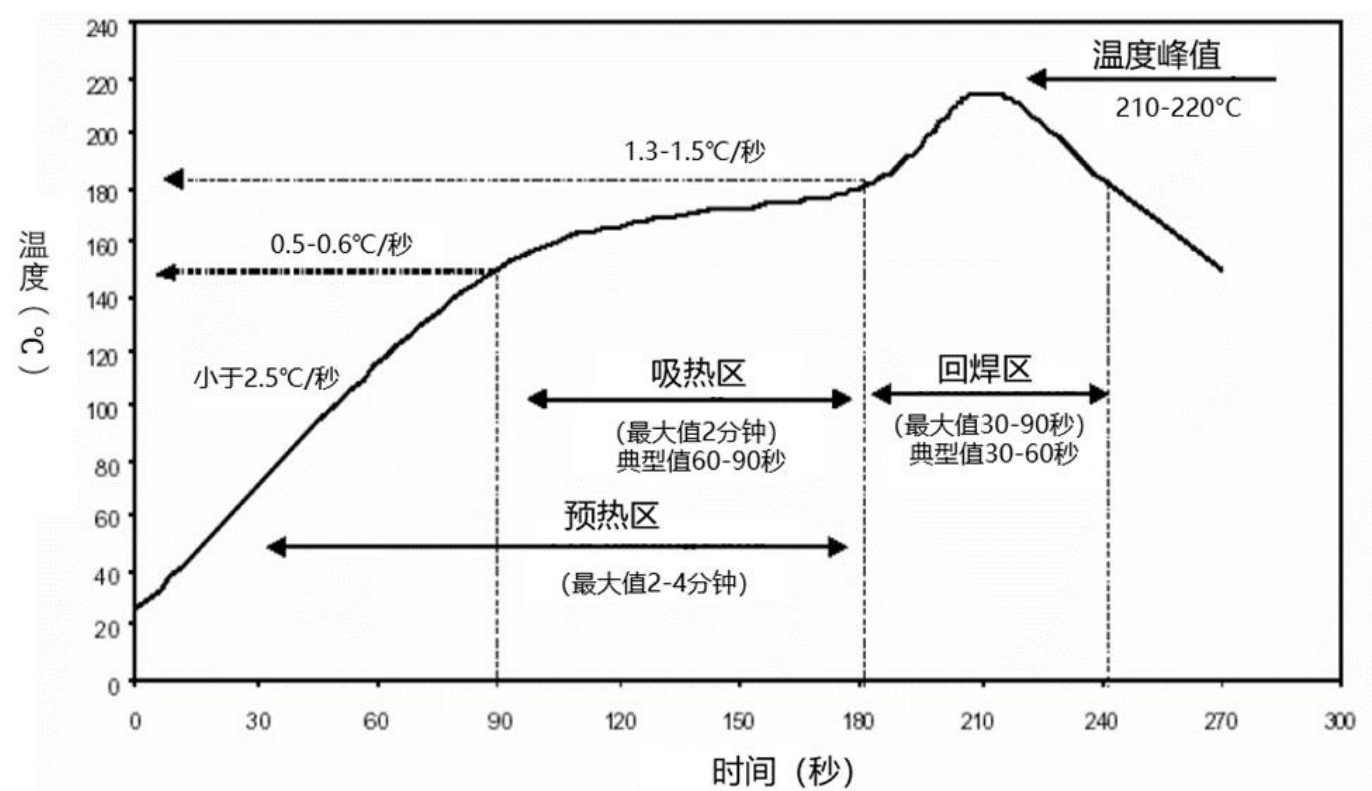
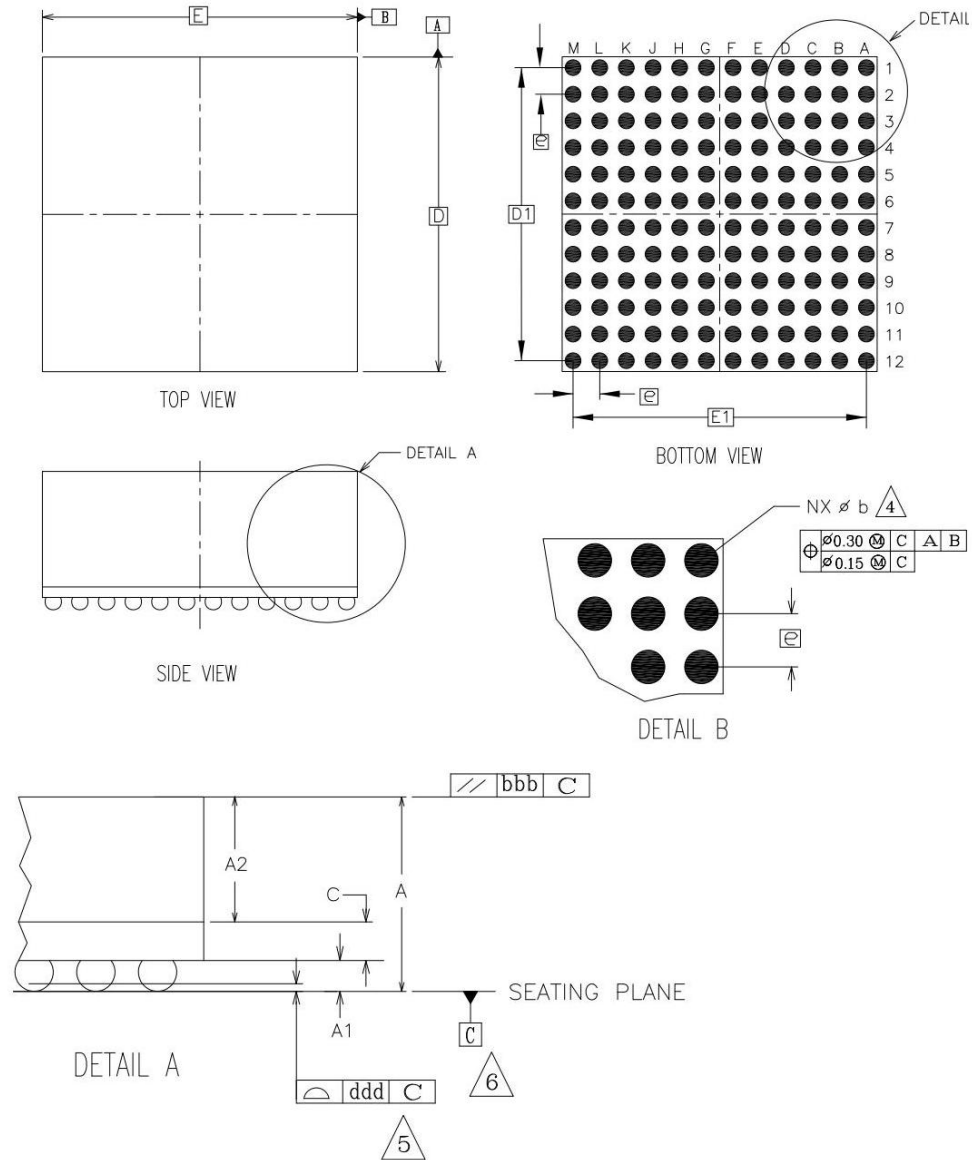


图 19：回流焊温度曲线图

封装描述



DIMENSIONAL REFERENCES			
REF.	MIN.	NOM.	MAX.
A	6.35	6.60	6.85
A1	0.50	0.60	0.70
A2	5.40	5.50	5.60
c	0.45	0.50	0.55
D	14.90	15.00	15.10
D1	13.97 BSC.		
E	14.90	15.00	15.10
E1	13.97 BSC.		
b	0.60	0.75	0.90
bbb	0.25		
ddd	0.20		
e	1.27 BSC.		
M	12		
N	144		
REF: JEDEC MS-028			

NOTES:

- ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
- 'e' REPRESENTS THE BASIC SOLDER BALL GRID PITCH.
- 'M' REPRESENTS THE BASIC SOLDER BALL MATRIX SIZE. AND SYMBOL 'N' IS THE NUMBER OF BALLS AFTER DEPOPULATING.
- 'b' IS MEASURABLE AT THE MAXIMUM SOLDER BALL DIAMETER AFTER REFLOW PARALLEL TO PRIMARY DATUM [C]
- DIMENSION 'ddd' IS MEASURED PARALLEL TO PRIMARY DATUM [C]
- PRIMARY DATUM [C] AND SEATING PLANE ARE DEFINED BY THE SPHERICAL CROWNS OF THE SOLDER BALLS.
- PACKAGE SURFACE SHALL BE MATTE FINISH CHARNILLES 24 TO 27.
- SUBSTRATE MATERIAL BASE IS BT RESIN / High Tg FR4.
- DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M 1994.
- CONFORM TO JEDEC MS-028, EXCEPT DIMENSION 'A'.

订货说明

产品型号	订货编号	封装形式	质量等级	产品标识	温度范围
SPES4616	SPES4616N	144-BGA	N1 级	SPES4616N ^a YYWWXX ^b	-55℃至 125℃
	SPES4616Q	144-BGA	企军级	SPES4616Q ^a YYWWXX ^b	-55℃至 125℃
	SPES4616J	144-BGA	军温级	SPES4616J YYWWXX	-55℃至 125℃
	SPES4616G	144-BGA	工业级	SPES4616G YYWWXX	-40℃至 85℃

注：

a 产品订货编号

b 产品批号

产品订货编号命名规则

SPES4616

X

X

①

②

③

- ① 产品型号
- ② 质量等级：N 为 N1 级，Q 为企军级，J 为军温级，G 为工业级
- ③ 封装形式：有 L 为 LGA 封装，无 L 默认为 BGA 封装



图 20：产品正面图

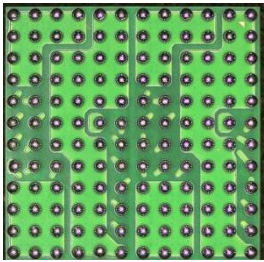


图 21：产品背面图