深圳市大能创智半导体有限公司

SPES4638GC 数据手册

20V_{IN}，15A 降压型 DC/DC 稳压器

产品特点

- 占板面积 < 1cm²的完整解决方案
- 8mm × 7.5mm ×6.4mm BGA 封装
- 宽输入电压范围：**7.5V** 至 20V
- 输出电压：**0.8V 至 5.0V**
- 外部频率同步
- 电流模式控制、快速瞬态响应
- 多个 SPES4638GC 可实现多相输入输出并联均流
- 输出**正端**电压跟踪
- **连续**工作模式
- 电源良好指示器
- 过压、过流和过温保护

备注：当输出电压 0.8V 时，输入电压勿超过 13V；当输出电压 1.0V 时，输入电压勿超过 14V；当输出电压 1.2V 时，输入电压勿超过 16V；以免稳压精度超出规格书范围

产品描述

SPES4638GC 是一款完整的 15A 降压型开关模式稳压器，采用微型 8mm × 7.5mm ×6.4mm BGA 封装。封装中内置开关控制器、功率 FETs、电感和支持元件。SPES4638GC 在 **7.5V** 至 20V 的输入电压范围内工作，支持 **0.8V 至 5.0V (**由单个外部电阻设置) 的输出电压范围。其高效率设计提供高达 15A 连续输出电流，仅需输入和输出体电容。

SPES4638GC 支持高开关频率和电流模式控制可在不牺牲稳定性的情况下实现对电压和负载变化的超快速瞬态响应。故障保护特性包括过压、过流和过温保护。SPES4638GC 提供 SnPb 或符合 RoHS 标准的引脚表面处理。

典型应用电路

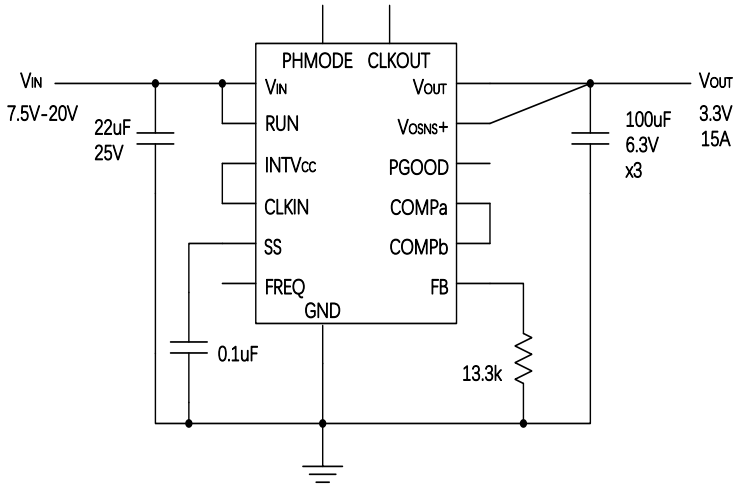


图 1. 15A, 3.3V 输出 DC/DC 降压型稳压器

绝对最大额定值【注释 1】

V_{IN}	-0.3V 至 22V
V_{OUT}	-0.3V 至 6V
$INTV_{CC}$	-0.3V 至 6V
RUN	-0.3 至 V_{IN}
PGOOD、FREQ、COMPa、COMPb、PHMODE、CLKIN、CLKOUT、FB、SS	-0.3V 至 6V
V_{OSNS}^{+}	–0.3V 至 6V

内部工作温度范围 (注释 2、5)	N1 级 SPES4638GCN -55℃至 125℃
	企军级 SPES4638GCQ -55℃至 125℃
	军温级 SPES4638GCJ -55℃至 125℃
	工业级 SPES4638GCG -40℃至 85℃
存储温度范围	–65℃至 150℃
回流焊峰值	260℃
内部锡膏熔点	262℃

PIN 脚配置(参见引脚功能)

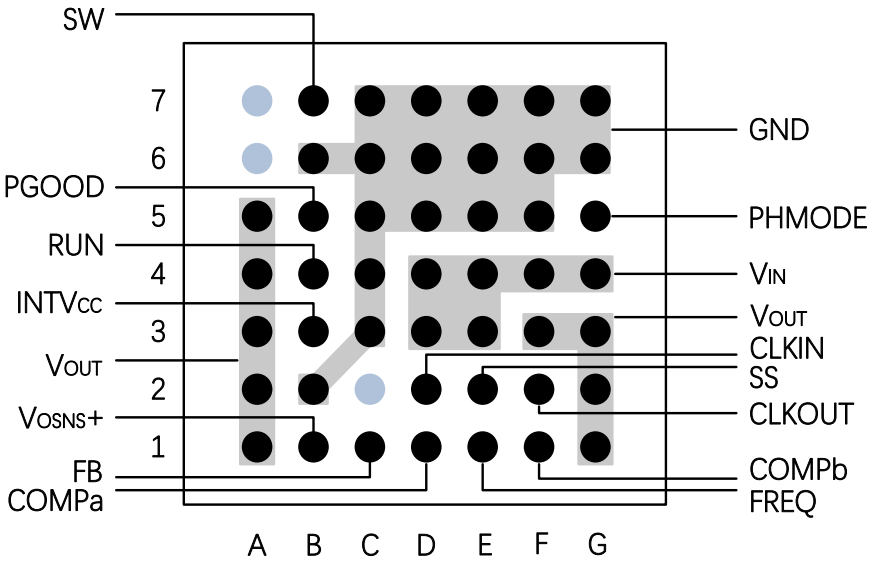
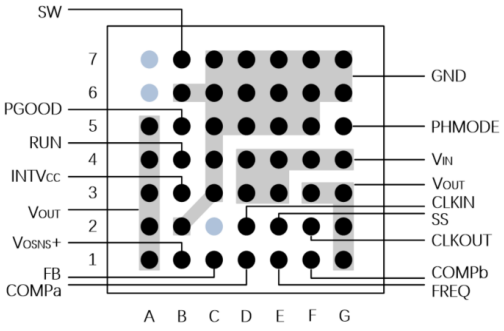
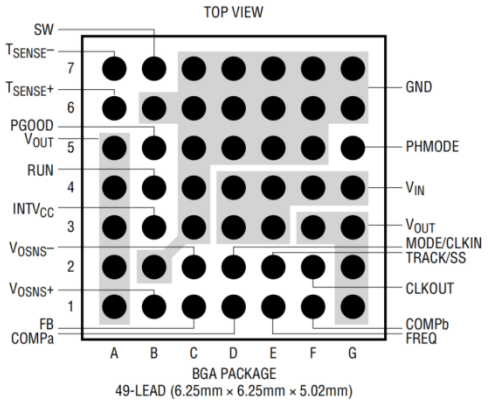


图 2. BGA 封装 49-LEAD (8mm × 7.5mm ×6.4mm)
SPESSPES4638GC BGA 封装顶视

SPES4638GC 与凌特 LTM4638 引脚功能差异对照表

	SPES4638GC	LTM4638
封装	 BGA PACKAGE 49-LEAD(8mmx7.5mmx6.4mm)	 BGA PACKAGE 49-LEAD (6.25mm × 6.25mm × 5.02mm)
1	A6,A7:未使用 A6,A7 引脚，不具备温度监控	A6,A7:TSENSE+和 TSENSE-温度监控
2	C2：未有输出负端线路补偿	C2：VOSNS-，输出负端线路补偿
3	CLKIN：外部时钟输入，强制连续 FCM 模式 无外部输入时，CLKIN 接 INTVCC，CLKOUT 有输出	MODE/CLKIN：外部时钟输入，MODE 引脚悬空或者接 INTVCC 工作在 FCM，MODE 引脚接地工作在 DCM 模式
4	INTVCC：内部供电 4.75V-5.25V	INTVCC：内部供电 3.2V-3.4V
5	RUN：高电平≥7.25V，低电平＜4.0V	RUN：高电平≥1.35V，低电平＜1.1V

<table>
<tr>
<td>6</td>
<td>FREQ:默认频率 500K
频率增加：　　频率减小：
$f(kHz)=8108\times(\frac{R_{FSET}//57600}{1000})^{-0.693}$
$f(kHz)=8108\times(\frac{57.6}{1-\frac{3.167\times57600}{RFSET}})^{-0.693}$
<table><tr><td>F
(KHz)</td><td>RFSET
(KΩ)</td><td>备注</td></tr><tr><td>250</td><td>300</td><td>RFSET 接 INTVCC</td></tr><tr><td>300</td><td>348</td><td>RFSET 接 INTVCC</td></tr><tr><td>400</td><td>787</td><td>RFSET 接 INTVCC</td></tr><tr><td>500</td><td>NC</td><td></td></tr><tr><td>600</td><td>169</td><td>RFSET 接地</td></tr><tr><td>700</td><td>86.6</td><td>RFSET 接地</td></tr></table></td>
<td>FREQ:默认 600K，外置频率电阻公式
$f(Hz)=\frac{1.67e11}{274k||R_{FSET}(\Omega)}$
<table><tr><td>F
(KHz)</td><td>RFSET
(KΩ)</td><td>备注</td></tr><tr><td>600</td><td>NC</td><td></td></tr><tr><td>800</td><td>887</td><td>RFSET 接地</td></tr><tr><td>1000</td><td>430</td><td>RFSET 接地</td></tr><tr><td>1500</td><td>187</td><td>RFSET 接地</td></tr></table></td>
</tr>
<tr>
<td>7</td>
<td>PHMODE: Relative to CLKIN
<table><tr><td></td><td colspan="4">PHMODE 引脚接电阻对地</td></tr><tr><td>PHMODE</td><td>10KΩ</td><td>62KΩ</td><td>100KΩ</td><td>1MΩ</td></tr><tr><td>CLKOUT</td><td>180°</td><td>60°</td><td>90°</td><td>120°</td></tr></table></td>
<td>PHMODE: Relative to CLKIN
<table><tr><td>PHMODE</td><td>INTVCC</td><td>GND</td><td>FOLAT</td></tr><tr><td>CLKOUT</td><td>180°</td><td>120°</td><td>90°</td></tr></table></td>
</tr>
<tr>
<td>8</td>
<td>E2：SS 具备软启动功能</td>
<td>E2：TRACK/SS 具备软启动和 TRACK 跟踪功能功能</td>
</tr>
<tr>
<td>9</td>
<td>VIN:输入范围 7.5V-20V</td>
<td>VIN:输入范围 3.1V-20V</td>
</tr>
</table>

电参数【注释 2】

特性	条件	最小	典型	最大	单位
输入直流电压 V_{IN}		**7.5**	-	20	V
输出电压范围 V_{OUT}		**0.8**	**-**	**5.0**	V
输出电压，随电压和负载的总变化 $V_{OUT(DC)}$	CIN = 22µF，COUT = **300µF** 陶瓷，RFB = 40.2k， MODE = INTVCC，IOUT = 0A 至 15A (注释 3) –40°C 至 125°C		1.50		V
输入特性					
RUN 引脚接通阈值 V_{RUN}	V_{RUN} 上升	**6.0**	**6.6**	**7.25**	V
RUN 引脚关闭阈值 V_{RUN}	V_{RUN} 下降	**4.5**	**5.1**	**5.6**	V
输入偏置电流 $I_{Q(VIN)}$	V_{IN} = 12V，V_{OUT} = 1.5V，CLKIN = $INTV_{CC}$	-	60	-	mA
	关断，RUN = 0，V_{IN} = 12V	-	20	-	µA
输入电源电流 $I_{S(VIN)}$	V_{IN}=12V,V_{OUT}=1.5V, I_{OUT} = 15A	-	2.3	-	A
输出特性					
输出连续电流范围 $I_{OUT(DC)}$	V_{IN}=12V,V_{OUT}=1.5V	0	-	15	A
电压调节精度 Δ V_{OUT} (Line)/ V_{OUT}	V_{OUT}=1.5V,V_{IN}=7.5V 至 20V,I_{OUT}=0A	-	0.3	0.6	%/V
负载调节精度 Δ V_{OUT} (Load)/ V_{OUT}	V_{OUT}=1.5V, I_{OUT}=0A 至 15A	-	0.3	1	%
输出纹波电压 V_{OUT} (AC PK-PK)	V_{IN}=12V,V_{OUT}=1.5V C_{OUT}=400µF 陶瓷	-	25	-	mV
动态负载的峰值偏差 ΔV_{OUTLS}	负载：满载的 25% 至 75%， C_{OUT} = 400µF 陶瓷， V_{IN} = 12V，V_{OUT} = 1.5V	-	190	-	mV

开机过冲 $\Delta V_{OUT(START)}$	I_{OUT} = 0A，C_{OUT} = 500μF 陶瓷， V_{IN}= 12V，V_{OUT} = 1.5V	-	30	-	mV
开机时间 $t_{(START)}$	C_{OUT} = 400μF 陶瓷，无负载， SS = 0μF， SS = 0.1μF， V_{IN} = 12V，V_{OUT} = 1.5V	-	**5** **10**	-	ms
动态加载阶跃的建立时间 t_{SETTLE}	负载：满载的 25% 至 50%， C_{OUT} = 400μF 陶瓷， V_{IN} = 12V，V_{OUT} = 1.5V	-	**80**	-	μs
输出电流限值 $I_{OUT(PK)}$	V_{IN}=12V,V_{OUT}=1.5V	-	24	-	A
控制部分					
V_{FB}	I_{OUT}=0A,V_{OUT}=1.5V	0.594	0.60	0.606	V
I_{FB}	【注释 4】	-	10	50	nA
I_{SS1}	SS = 0V	-	10	-	μA
$V_{IN(UVLO)}$	V_{IN} 下降	4.5	5.0	5.5	V
	V_{IN} 迟滞	-	2.5	-	V
$t_{ON(MIN)}$	【注释 4】	-	200	-	ns
R_{FBHI}		60.05	60.4	60.75	kΩ
V_{PGOOD}	V_{FB} 正斜坡		16		
V_{PGL}	I_{PGOOG} = **2**mA			0.2	V
INTVCC 线性稳压器					
V_{INTVCC}	V_{IN}=7.5V 至 20V	**4.75**	**5.0**	**5.25**	V
f_{OSC}	CLKIN = $INTV_{CC}$	250	**500**	600	kHz
PLL	CLKIN 同步时钟	300	**500**	600	kHz

注释 1：注意，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会影响器件的可靠性和使用寿命。除非特殊说明，所有参数均在室温 25℃条件下测得。

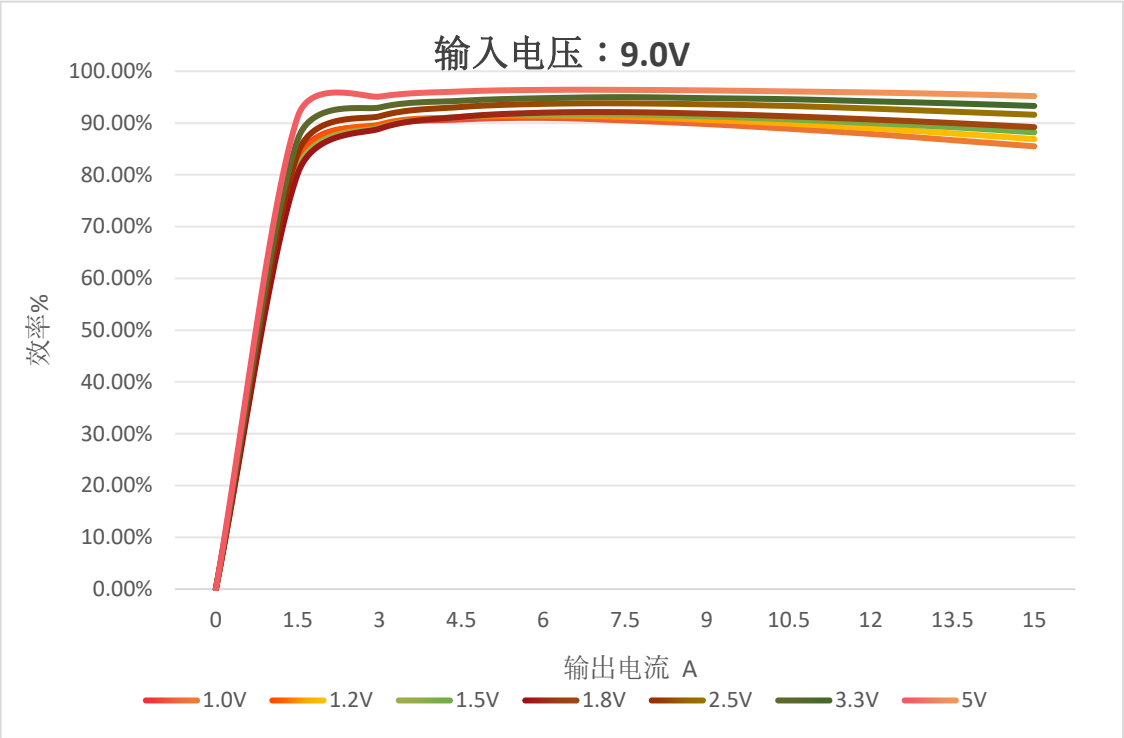
注释 2：除非特殊说明，所有参数均在室温 25℃条件下测得。所有参数由产品焊接到测试板上测得，夹具测试的结果可能与此不同。

注释 3：请参阅不同 VIN、VOUT 和 TA 下的输出电流降额曲线。

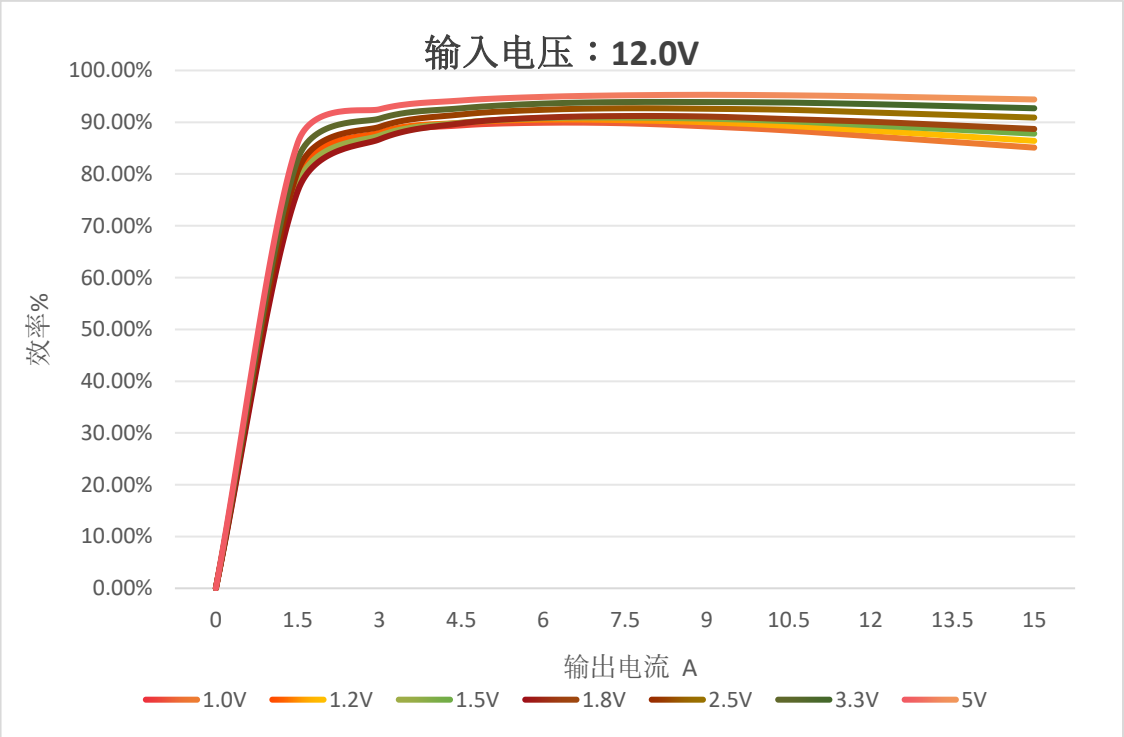
注释 4：100% 电性能测试。

注释 5：该 IC 包含过温保护功能，旨在保护器件免受暂时过载状况影响。结温超过 150℃ 时可能会启动过温保护。在额定最大工作结温以上连续工作可能会影响器件的可靠性。

典型性能特点效率曲线

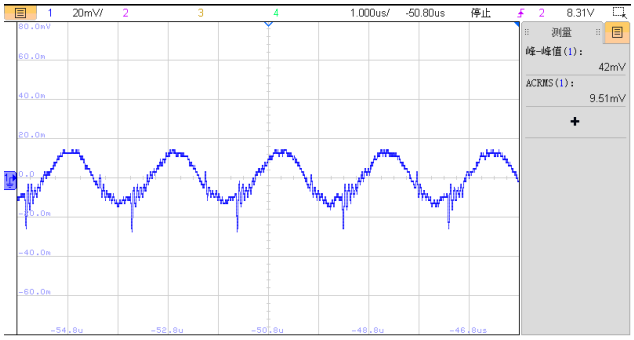


V_{IN}=9V 效率与输出电流关系曲线图



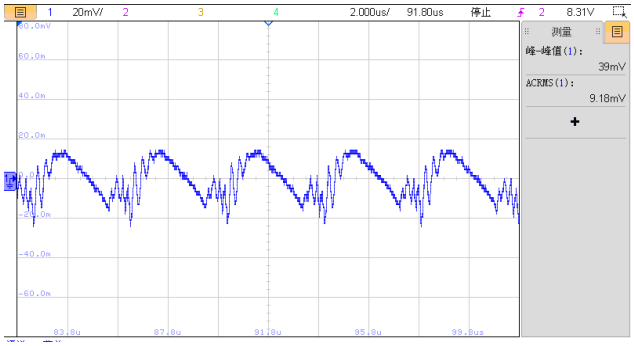
V_{IN}=12V 效率与输出电流关系曲线图

典型性能特点



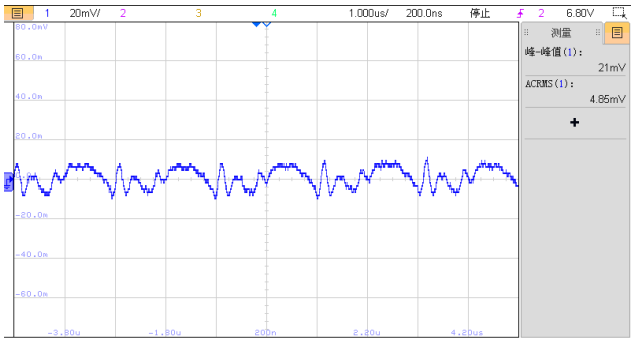
输出纹波 V_{OUT}=3.3V, V_{IN}=12V,I_O = 15A,

C_{OUT}=100uF *3+22uF *1 陶瓷； f_{SW} =500KhZ



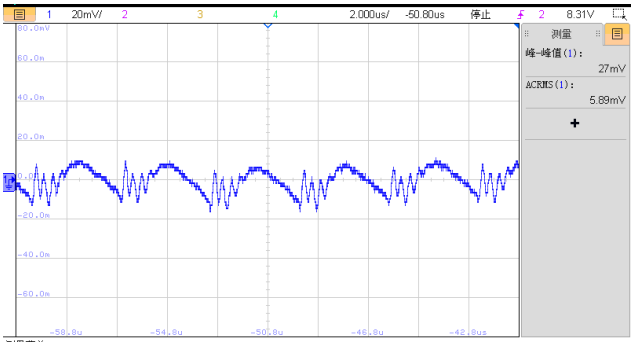
输出纹波 V_{OUT}=1.5V, V_{IN}=12V, Io=15A,

C_{OUT}=100uF*4+22uF*1 陶瓷； f_{sw}=280KHz



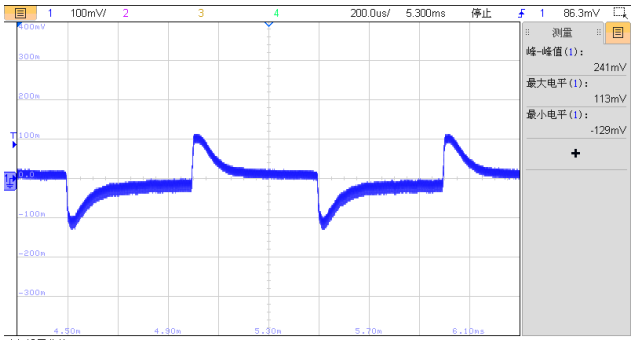
输出纹波 V_{OUT}=3.3V,V_{IN}=12V,I_O = 0A,

C_{OUT}=100uF*3+22uF*1 陶瓷； f_{SW} =500KhZ



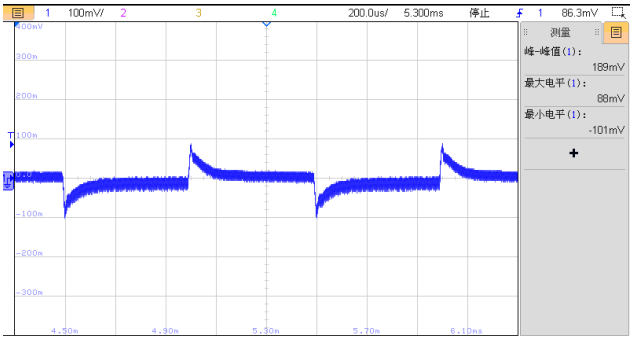
输出纹波 V_{OUT}=1.5V, V_{IN}=12V,I_O = 0A,

C_{OUT}=100uF *4+22uF *1 陶瓷； f_{SW} =280KhZ



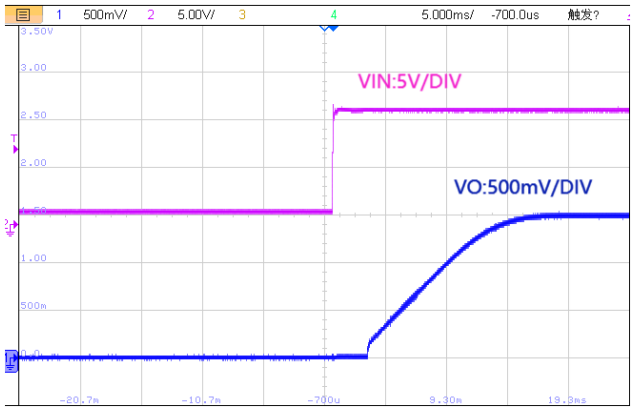
动态性能 V_{OUT}=3.3V, V_{IN}=12V, 25% ~ 75% ~ 25%

2.5A/us； fs=1kHz

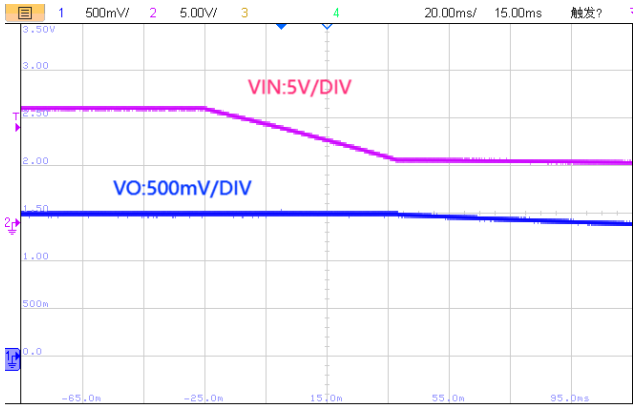


动态性能 V_{OUT}=1.5V, V_{IN}=12V, 25% ~ 75% ~25%

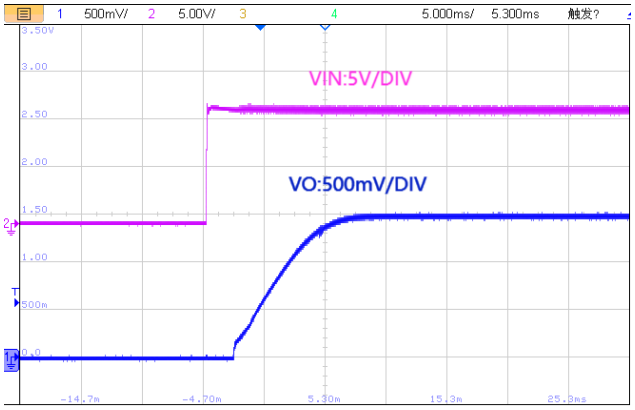
2.5A/us； fs=1kHz



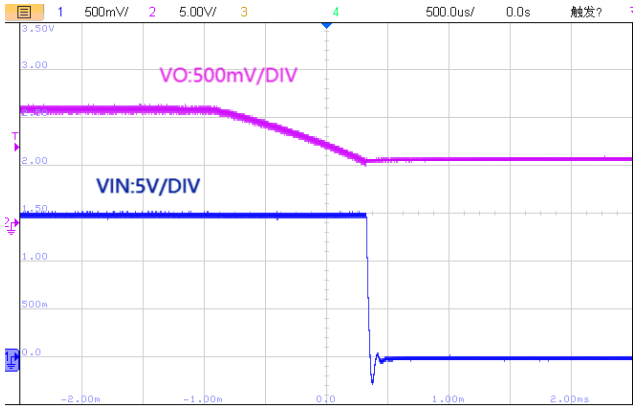
空载开机波形 V_{OUT}=1.5V, V_{IN}=12V, C_{OUT} = 100uF*4+22uF *1 陶瓷； f_{SW} =280KhZ； Css=0.1uF



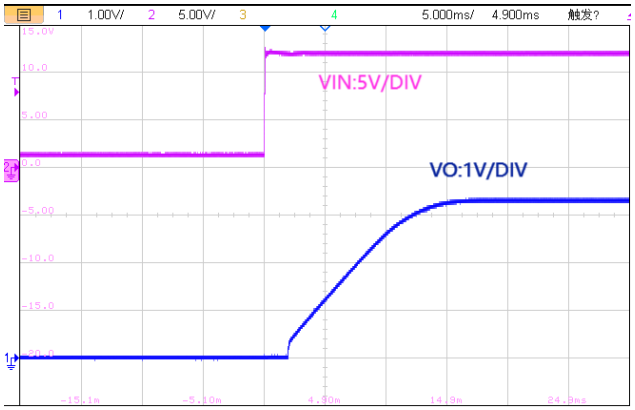
空载关机波形 V_{OUT}=1.5V, V_{IN}=12V, C_{OUT} = 100uF*4+22uF *1 陶瓷； f_{SW} =280KhZ; Css=0.1uF



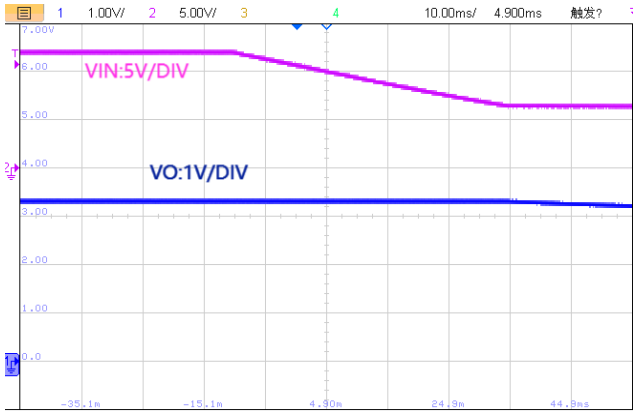
满载开机波形 V_{OUT}=1.5V, V_{IN}=12V, C_{OUT} = 100uF*4+22uF *1 陶瓷； f_{SW} =280KhZ; Css=0.1uF



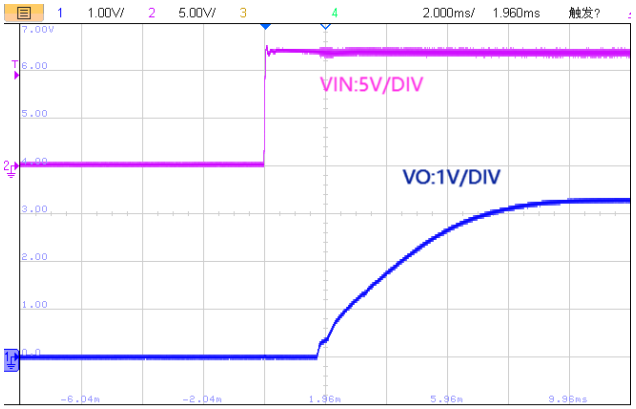
满载关机波形 V_{OUT}=1.5V, V_{IN}=12V, C_{OUT} = 100uF*4+22uF *1 陶瓷； f_{SW} =280KhZ; Css=0.1uF



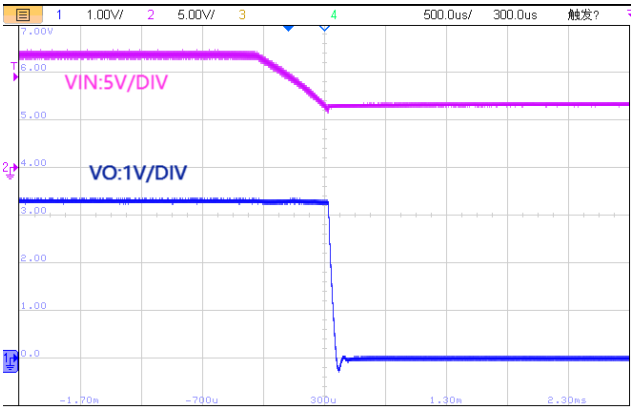
空载开机波形 V_{OUT}=3.3V, V_{IN}=12V, C_{OUT} = 100uF*3+22uF *1 陶瓷； f_{SW} =500KhZ; Css=0.1uF



空载关机波形 V_{OUT}=3.3V, V_{IN}=12V, C_{OUT} = 100uF*3+22uF *1 陶瓷； f_{SW} =500KhZ; Css=0.1uF



满载开机波形 V_{OUT}=3.3V, V_{IN}=12V, C_{OUT} = 100uF*3+22uF *1 陶瓷；f_{SW} =500KhZ



满载关机波形 V_{OUT}=3.3V, V_{IN}=12V, C_{OUT} = 100uF*3+22uF *1 陶瓷；f_{SW} =500KhZ

PIN 脚功能

V_{OUT}: 开关模式稳压器的电源输出引脚。在这些引脚和 GND 引脚之间应用输出负载。建议将输出去耦电容直接放在这些引脚和 GND 引脚之间。并联输出参见 “应用信息” 部分。

COMPb: 内部环路补偿网络。在大多数应用中，将其连接到 COMPa 以使用内部补偿。

FREQ: 开关频率设置引脚。频率在内部设置为 **500kHz**。将一个外部电阻放在该引脚与 GND 之间可提高频率，放在该引脚与 $INTV_{CC}$ 之间可降低频率。频率调整参见“应用信息” 部分。

COMPa: 开关模式稳压器通道的电流控制阈值和误差放大器补偿点。将不同通道的 COMPa 引脚连接在一起支持并行操作。该器件具内部补偿功能。连接到 COMPb 以使用内部补偿。或者连接到 Type-II C-R-C 网络以使用定制补偿。

FB: 开关模式稳压器的误差放大器的负输入。该引脚通过一个 60.4kΩ 精密电阻内部连接到 V_{OSNS+}。输出电压可通过 FB 和 GND 引脚之间的附加电阻设置。在多相操作中，将 FB 引脚连接在一起允许并行操作。详见 “应用信息” 部分。

V_{OSNS}^{+}: 远程正端线路补偿输入。该引脚通过一个 60.4k 0.5% 精密电阻内部连接到 FB。详见 “应用信息” 部分。

PHMODE: 开关模式稳压器的相位选择器的控制输入。确定 CLKIN 与 CLKOUT 之间的相位关系。将其连接 **10kΩ到 SGND 支持 2 相**运行，将其连接 **1MΩ到 SGND 支持 3** 相运行，将其连接 **100kΩ到 SGND 支持 4 相**运行，将其连接 **62kΩ到 SGND 支持 6 相**运行。详见“应用信息” 部分。

SS: 开关模式稳压器的软启动引脚。允许用户控制输出电压的上升时间。从 $INTV_{CC}$ 到该引脚有内部 10μA 上拉电流，故在此处放置一个电容可提供软启动功能。详见 “应用信息” 部分。

CLKIN: 外部时钟同步输入，使系统时钟与外部时钟同步。无外部时钟时，CLKIN 连接 $INTV_{CC}$。详见“应用信息” 部分。

CLKOUT: 多相操作的输出时钟信号。CLKOUT 相对于 CLKIN 的相位由相应 PHMODE 引脚的状态决定。CLKOUT 的峰峰值幅度为 $INTV_{CC}$ 至 GND。详见“应用信息” 部分。

V_{IN}: 电源输入引脚连接到内部顶端 MOSFET 的漏极，信号 VIN 连接到开关模式稳压器通道的控制电路的内部 **5.0V** 稳压器。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每个 VIN 引脚和 GND 引脚之间。

$INTV_{CC}$: 稳压器通道的内部 **5.0V** 稳压器输出。内部电源驱动器和控制电路通过该电压供电。SPES4638GC 有一个内部 4.7μF 去耦电容。无需外部去耦电容。

RUN: 运行控制输入引脚和输入欠压设置引脚。**将 RUN 引脚连接到 7.25V 以上电压以使能稳压器工作。将其接到 4V 以下电压会关断稳压器。RUN 内部对地 30.6k 电阻，V_{IN} 连接电阻到 RUN 引脚，要保证 RUN 脚的电压大于 7.25V.例如 V_{IN} 和 RUN 引脚之间增加 10k 电阻，则输入电压达到 8.8V，电源才使能启动。12V 电源输入时，建议 V_{IN} 和 RUN 引脚之间的电阻阻值为 10kΩ**。详见“应用信息” 部分。

GND：输入和输出回路的电源地引脚。使用较大 PCB 覆铜区域以将所有 GND 连接在一起。

PGOOD：输出电源良好引脚，**内部 2mA 电流连接到 $INTV_{CC}$**，开漏逻辑。当 FB 引脚上的电压不在内部 0.6V 基准电压的 **+16%** 范围内时，PGOOD 被拉至地。

SW: 各通道用于测试的开关节点。还可以应用一个 R-C 缓冲网络，以减少或消除开关节点振铃，或者保持浮空。请参阅 “应用信息” 部分。

应用综述

SPES4638GC 是一款独立非隔离开关模式 DC/DC 电源。利用很少的外部输入和输出电容，可提供高达 15A DC 输出电流。此模块提供精密调节的输出电压，输出电压可通过一个外部电阻在 **0.8V 至 5.0V** 范围内调整，输入电压范围为 **7.5V** 至 20V。典型应用原理图参见图 6。SPES4638GC 含有集成恒定频率和电流模式稳压器、功率 MOSFET、电感和其他支持分立元件。默认开关频率为 **500kHz**。对于开关噪声敏感型应用，开关频率可通过外部电阻调整，稳压器可通过外部手段与一个时钟同步，达到设定频率的 ±20% 范围内。

凭借电流模式控制和内部反馈环路补偿，SPES4638GC 模块具有足够的稳定性裕量和良好的瞬态性能。电流模式控制提供逐周期快速限流。如果输出反馈电压超过调节点的 **+16%**，内部输出过压将会把开漏 PGOOD 输出拉低。**在 OV 期间关闭电源输出。**多相操作很容易结合同步和相位模式控制来使用。通过将 PHMODE 引脚设置为不同电平，最多可以级联 6 个相位，使其彼此同步运行。SPES4638GC 的 CLKIN 和 CLKOUT 引脚支持多器件的多相操作或频率同步。将 RUN 引脚上的电平拉低至 GND 会强制控制器进入关断状态，从而关闭功率 MOSFET 和大部分的内部控制电路，RUN 使能应用电路见图 9。请参阅 “应用信息” 部分。

应用信息

SPES4638GC 典型应用电路如图 1 所示。外部元件选择主要由输入电压、输出电压和最大负载电流决定。有关特定的具体外部电容要求，请参见表 3。

V_{IN} 到 V_{OUT} 降压比

对于给定输入电压，由于稳压器的最小关断时间和最小导通时间限制，可实现的最大 V_{IN} 与 V_{OUT} 降压比是有限制的。最小关断时间限制决定了最大占空比，后者可通过下式计算：

$$\mathbf{D_{MAX} = 1 - (t_{OFF(MIN)} \cdot f_{SW})}$$

其中，$t_{OFF(MIN)}$ 为最小关断时间，SPES4638GC 典型值为 400ns，f_{SW} (Hz) 为开关频率。相反，最小导通时间限制决定了转换器的最小占空比，后者可通过下式计算：

$$\mathbf{D_{MIN} = t_{ON(MIN)} \cdot f_{SW}}$$

其中，$t_{ON(MIN)}$ 为最小导通时间，SPES4638GC 典型值为 200ns。请参见本数据手册中的散热考虑和输出电流降额部分。

输出电压编程

PWM 控制器内置 0.6V 基准电压。如框图所示，一个 60.4k 内部反馈电阻将 **SGND** 和 FB 引脚连接在一起。添加一个电阻 R_{FB} 于 FB 引脚和 **SGND** 之间以设置输出电压：

$$\mathbf{R_{FB} = \frac{0.6V}{V_{OUT} - 0.6V} \cdot 60.4k}$$

表 1. R_{FB} 电阻表与不同输出电压

V_{OUT}(V)	0.6	1.0	1.2	1.5	1.8	2.5	3.3	5.0
R_{FB}(kΩ)	OPEN	90.9	60.4	40.2	30.1	19.1	13.3	8.25

对于多个通道的并行操作，并行设计可以使用同一反馈设置电阻。这是通过将 V_{OSNS}^{+}连接到输出端来实现的，由此将一个内部 60.4k 电阻连接到输出端。所有 V_{FB} 引脚都与一个设置电阻相连，如图 3 所示。图 10 显示了并联操作的一个例子。

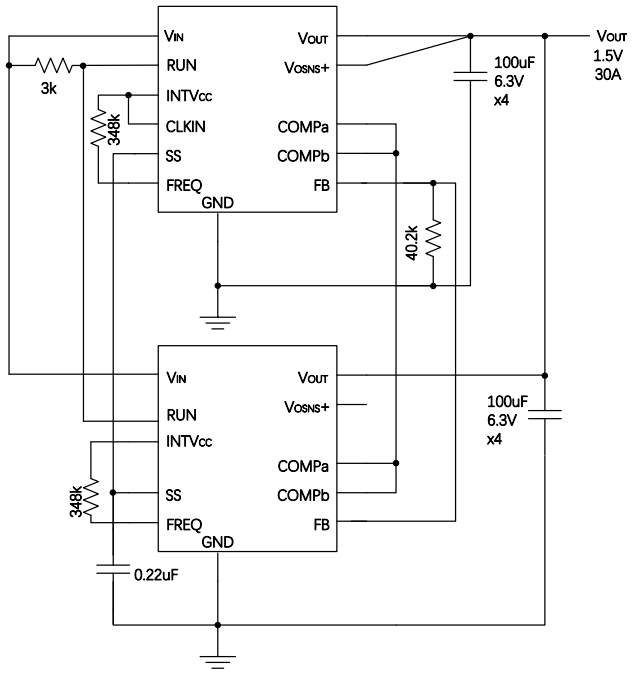


图 3. 两相并联配置

输入去耦电容

SPES4638GC 模块应连接到低交流阻抗直流电源。稳压器需要一个 22μF 输入陶瓷电容来给 RMS 纹波电流去耦。只有当输入源阻抗受到长感性引线、走线影响或源电容不足时，才需要大容量输入电容。大容量电容可以是铝电解电容，聚合物电容或钽电容。在不考虑电感纹波电流的情况下，输入电容的 RMS 电流可估算为：

$$I_{CIN(RMS)}=\frac{I_{OUT(MAX)}}{\eta\%}\cdot\sqrt{D\cdot(1-D)}$$

η% 是功率模块的估计效率。

输出去耦电容

SPES4638GC 需要**多个低 ESR** 输出陶瓷电容即可实现低输出纹波电压和非常好的瞬态响应。表 3 为在 7.5A 负载阶跃瞬态期间使电压下降和过冲最小的不同输出电压和输出电容的对照表。如果需要进一步降低输出纹波或动态瞬态尖峰，系统设计人员可能需要使用额外的输出滤波电容。

强制连续电流模式 (CCM)

SPES4638GC 在固定频率运行，采用强制连续工作模式。将 CLKIN 引脚连接到 $INTV_{CC}$ 可以使能强制连续运行。在此模式下，电感电流可以在低输出负载期间反向，COMP 电压全程控制电流比较器阈值，顶部 MOSFET 总是随着每个振荡器脉冲而导通。

工作频率

SPES4638GC 的工作频率经过优化，可实现紧凑的封装尺寸和最小输出纹波电压，同时仍能保持高效率。默认工作频率为 500kHz。在大多数应用中不需要进行额外的频率调整。如果应用需要 600kHz 以外的工作频率，可以在 FREQ 引脚和 SGND 之间增加一个电阻 R_{FSET} 来提高工作频率，**或者在 FREQ 引脚和 $INTV_{CC}$ 之间增加一个电阻 R_{FSET} 来降低工作频率**，如图 6 所示。工作频率可以通过下式计算：

频率增加：$$f(kHz)=7796\times\left(\frac{R_{FSET}\,//\,57600}{1000}\right)^{-0.693}$$

频率减小：$$f(kHz)=7796\times\left(\frac{57.6}{1-\frac{3.167\times57600}{RFSET}}\right)^{-0.693}$$

可编程工作频率范围为 **250kHz 至 600kHz**。

频率同步和时钟输入

该电源模块具有锁相环，其由内部压控振荡器和 PLL 锁相器组成，允许内部上方 MOSFET 导通锁定外部时钟的上升沿。外部时钟频率范围必须在电阻设定工作频率附近±20% 以内，**且锁相环的工作频率范围为 300kHz 至 600kHz**。脉冲检测电路用于检测 CLKIN 引脚上的时钟以开启锁相环。时钟的脉冲宽度至少须为 **500ns**。时钟高电平必须高于 **4V**，时钟低电平必须低于 **0.3V**。

多相操作

多个 SPES4638GC 可以错相并联输出运行，从而降低输入电压纹波和输出电压纹波。

CLKOUT 信号连接到后一 SPES4638GC 级的 CLKIN 引脚，以使整个系统的频率和相位保持一致。将 PHMODE 引脚连接 10kΩ、1MΩ、100kΩ、62kΩ到 GND， 分别会产生 180°、120°、 90°或 60°的相位差 (CLKIN 和 CLKOUT 之间)，对应于 2 相、3 相或 4 相操作。通过将各 SPES4638GC 的 PHMODE 引脚设置为不同电平，最多可以级联 6 个相位，使其彼此错相同步运行。

表 2. PHMODE 引脚状态和对应的相位关系

	PHMODE 引脚接电阻对地			
PHMODE	10kΩ	62kΩ	100kΩ	1MΩ
CLKOUT	180°	60°	90°	120°

多相电源可显著降低输入电容中的纹波电流和输入纹波电压。输入纹波电流有效值的减小倍数和有效纹波频率的增加倍数等于所使用的相数 (假设输入电压大于所用相数乘以输出电压) 。当所有输出连接在一起以实现单路高输出电流设计时，输出纹波幅度的减小倍数也等于所用相数。

SPES4638GC 是固有电流模式控制器件，因此并联模块具有非常好的均流特性，这将能平衡设计产生的热量。请将每个并联通道的 RUN、SS、FB 和 COMPa 引脚连接在一起。图 10 为并联操作和引脚连接的示例。

软启动和输出电压跟踪

SS 引脚提供了让稳压器软启动或让其跟踪不同电源的方法。SS 引脚上的电容设置输出电压的斜坡速率。内部 10μA 电流源将外部软启动电容充电至 $INTV_{CC}$ 电压。当 SS 电压低于 0.6V 时，它将接管内部 0.6V 基准电压来控制输出电压。总软启动时间可以计算如下:

$$\mathbf{t_{ss} = 0.6 \cdot \frac{C_{ss} + 0.1}{10\mu A}}$$

其中，C_{SS} 为 SS 引脚上的电容，单位 uA。

电源良好

PGOOD 引脚为开漏引脚，可用于监视有效输出电压调节。当输出电压超出调节点+16%时，此引脚被拉低。

RUN 使能和输入欠压

将 RUN 引脚拉至地会强制 SPES4638GC 进入关断状态，断开两个功率 MOSFET 及其大部分内部控制电路。将 RUN 引脚接到 4.5V 以上电压会仅接通内部基准电压源，而功率 MOSFET 仍保持关断。将 RUN 引脚电压提高到 6.6V 以上会开启整个芯片。

V_{IN} 和 RUN 之间增加电阻 R，会提高电源的最低启动电压。**V_{IN}** 启动电压如下公式:

$$\mathbf{V_{IN} = \frac{0.8 \cdot R}{3600} + 6.66}$$

R(Ω)	**0**	**3000**	**10000**
V_{IN} (V)	**6.66**	**7.33**	**8.88**

SW 引脚和缓冲电路

SW 引脚一般用于监控和测试目的。SW 引脚也可用于抑制开关电流路径中 LC 寄生效应引起的开关节点振铃。通常使用 R-C 串联组合，称之为缓冲电路。电阻将抑制谐振，所选的电容仅影响电阻上的高频振铃。

如果杂散电感或电容可以测量或近似确定，那么可以使用某种分析技术来选择缓冲元件值。电感通常更容易预测，包括功率路径电路板电感和 MOSFET 互连接合线电感。首先，SW 引脚可以用宽带宽示波器的高频探头进行监视。振铃频率值可以测量。阻抗 Z 可以通过下式计算:

$$\mathbf{Z_L = 2\pi \cdot f \cdot L}$$

其中，f 为振铃的谐振频率，L 为开关路径中的总寄生电感。如果选择的电阻等于 Z，那么应当能抑制振铃。选择缓冲电容值，使其阻抗等于振铃频率时的电阻。计算如下:

$$Z_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

这些值是很好的出发点。应对这些元件进行修改，以最少的功率损耗来衰减振铃。

稳定性补偿

SPES4638GC 已针对所有输出电压和电容组合进行了内部优化和补偿，包括 COMPb 连接到 COMPa 时的所有陶瓷电容应用。请注意对于所有陶瓷电容应用，可在 V_{OUT} 和 V_{FB} 引脚之间连接一个 **10pF 到 100pF** 前馈电容 (CFF)，以实现高带宽控制环路补偿和足够的相位裕量。表 3 所列的值满足大多数使用优化内部补偿的应用要求。

正端远程检测

SPES4638GC 提供一个输出正端远程检测引脚，可以精确地检测负载点的正端电压。在远程输出检测点 V_{OSNS}^{+}走线非常重要，并且反馈电阻 R_{FB} 应连接在 V_{FB} 引脚和信号地 SGND 之间。请查看图 4 和图 6 中的示意图以供参考。

安全考虑

SPES4638GC 模块不提供从 V_{IN} 到 V_{OUT} 的电隔离。内部无保险丝。如果需要，应提供额定值为最大输入电流两倍的慢熔保险丝以保护每个单元免受灾难性故障的影响。该器件支持热关断和过流保护。

布局检查清单/示例

SPES4638GC 的高集成度使 PCB 板布局非常简单和容易。然而，为了优化其电气和热性能，布局上仍有一些事项需要注意。

- PCB 顶层靠近模块输出处放置一颗 22 μF 和两颗 100μF 陶瓷电容，电容耐压值可根据输出电压要求而选取，也可统一成 6.3V，并建议采用 X7 系列材质。
- 对高电流路径应使用较大 PCB 覆铜区域，包括 V_{IN}、GND 和 V_{OUT}。这有助于最大限度地减少 PCB 传导损耗和热应力。
- 将高频陶瓷输入和输出电容放在 V_{IN}、GND 和 V_{OUT} 引脚旁边，以尽量降低高频噪声。
- 在器件下方放置专用电源接地层。为使过孔传导损耗最小并降低模块热应力，应使用多个过孔来实现顶层和其他电源层之间的互连。
- 勿将过孔直接放在焊盘上，除非过孔被盖住或有镀层。
- 对于连接到信号引脚的元件，应使用单独的 SGND 接地覆铜区域。将 SGND 连接到器件下方的 GND，如图 4 进行 SGND 和 GND 过孔连接。
- 在信号引脚上引出测试点以便监控。
- CLKIN、CLKOUT 和 FREQ 引脚走线之间应留有间隔且周围信号地 SGND 屏蔽，以最大限度降低这些信号之间的串扰引起噪声的可能性。
- **两个或者多个 SPES4638GC 模块并联输出，两个模块的 GND 之间布线电阻，不能超过 2mΩ。设计过程需要重点关注。**

图 4 显示了一个很好的推荐布局例子。

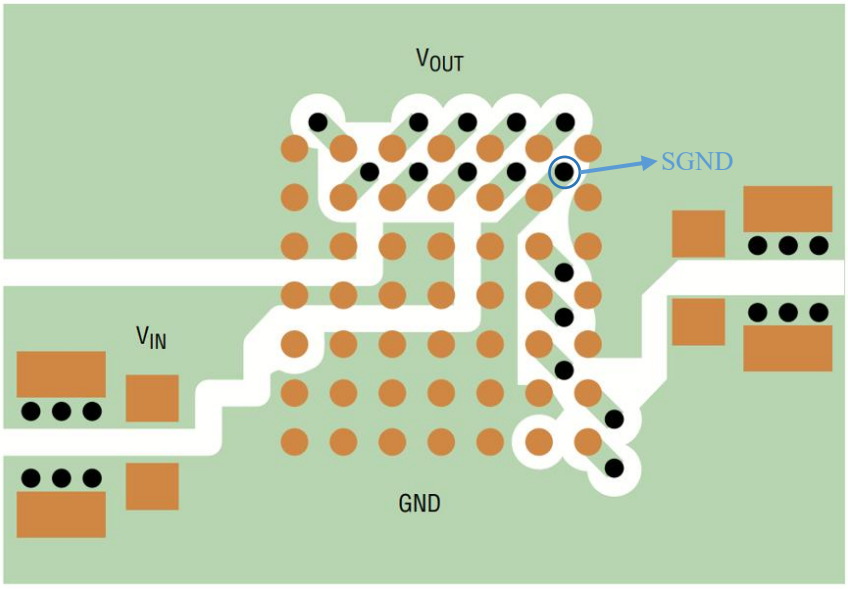


图 4. 推荐 PCB 布局

表 3. 输出电压响应与元件对照表（参见图 6）

C_{OUT1} 供应商	产品型号	说明	C_{OUT2} 供应商	产品型号	说明
Murata	GRM188D70J226ME	22μF、6.3V、X7T、0603	PANASONIC	EEF-GX0E471L	470μF、2.5V、3mΩ
Fenghua	0603BT226M6R3NT	22μF、6.3V、X7T、0603			
Murata	GRM32EC70J107ME	100μF、6.3V、X7S、1210			
Fenghua	1210BS107M6R3NT	100μF、6.3V、X7S、1210			

所有陶瓷输出电容

V_{OUTn} (V)	V_{INn} (V)	R_{FB} (kΩ)	f_{SW} (kHz)	C_{OUT1} (陶瓷电容)	C_{OUT2} (体电容)	COMPa (pF)	COMPa 上的 R_{TH} (kΩ)	COMPa 上的 C_{TH} (pF)	负载阶跃 (A)	峰峰值偏差 (mV)	恢复时间 (μs)
1	9	90.9	300	22μF + 5×100μF	无	短接至 COMPb					
1	12	90.9	300	22μF + 5×100μF	无	短接至 COMPb					
1.2	9	60.4	300	22μF + 5×100μF	无	短接至 COMPb					
1.2	12	60.4	300	22μF + 5×100μF	无	短接至 COMPb					
1.5	9	40.2	300	22μF + 5×100μF	无	短接至 COMPb					
1.5	12	40.2	300	22μF + 5×100μF	无	短接至 COMPb					
1.8	9	30.1	300	22μF + 5×100μF	无	短接至 COMPb					
1.8	12	30.1	300	22μF + 5×100μF	无	短接至 COMPb					
2.5	9	19.1	400	22μF + 4×100μF	无	短接至 COMPb					

2.5	12	19.1	400	22μF + 4×100μF	无	短接至 COMPb					
3.3	9	13.3	500	22μF + 4×100μF	无	短接至 COMPb					
3.3	12	13.3	500	22μF + 4×100μF	无	短接至 COMPb					
5	9	8.25	600	22μF + 4×100μF	无	短接至 COMPb					
5	12	8.25	600	22μF + 4×100μF	无	短接至 COMPb					

典型应用电路参考

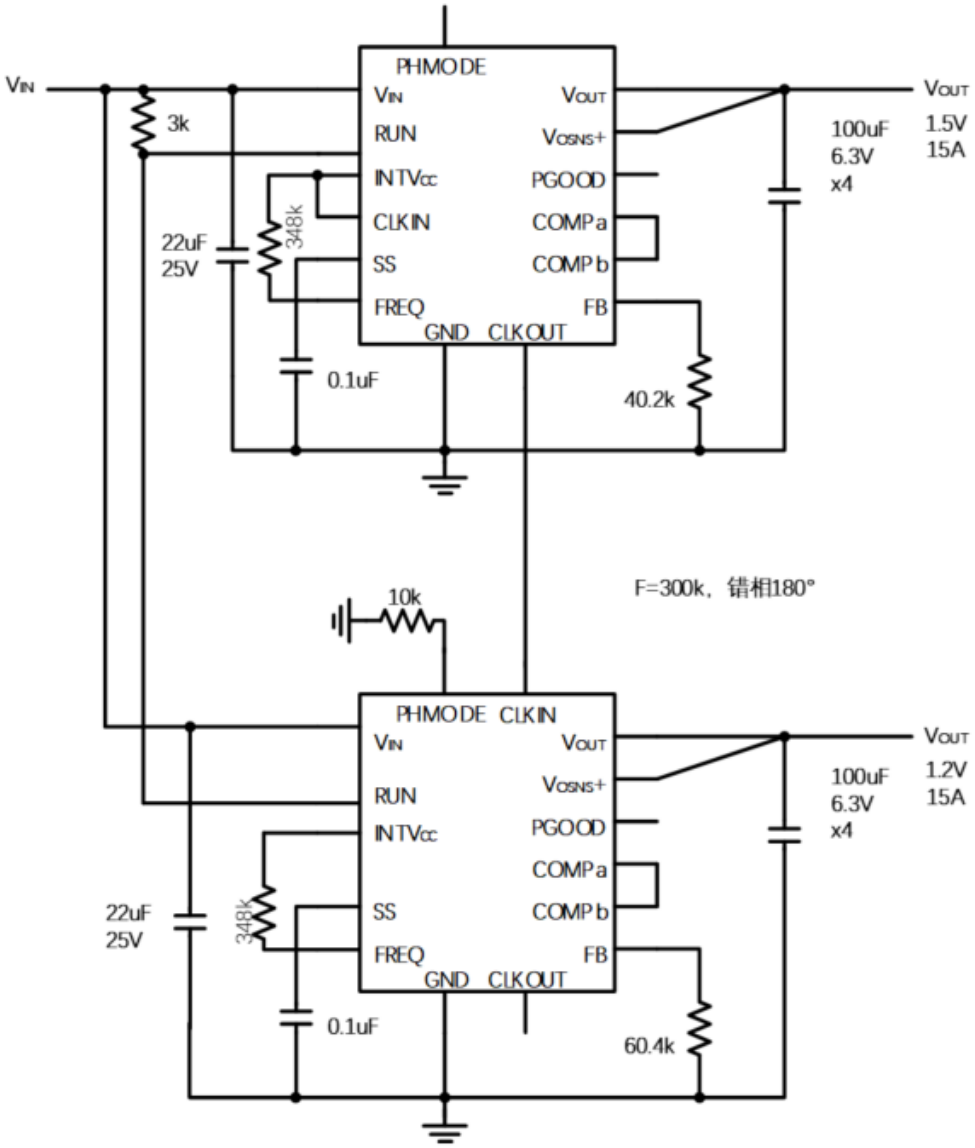


图 5. 12V_{IN}，1.2V 和 1.5V，时钟同步错相 180°

典型应用电路参考

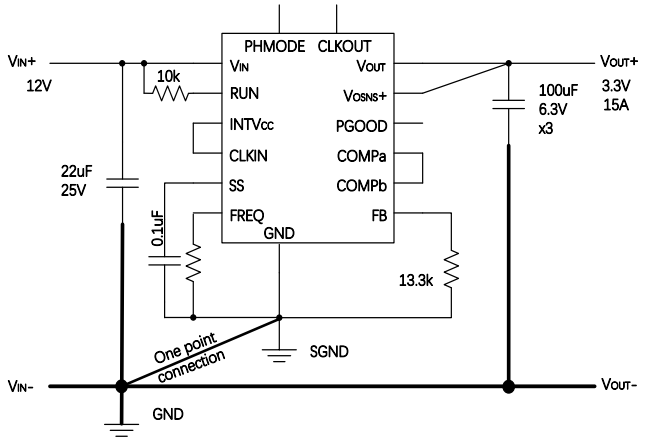


图 6. SGND 和 GND 单点接地

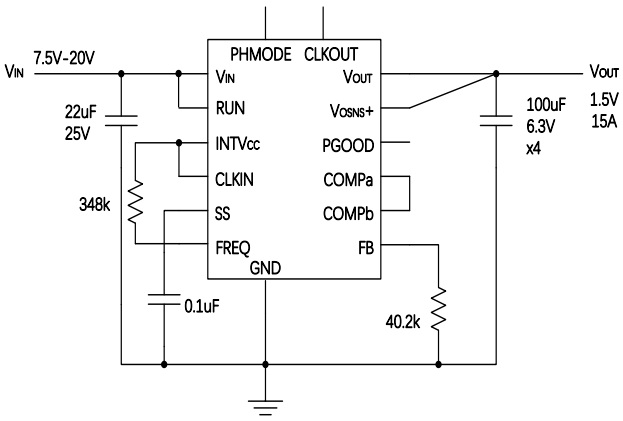


图 7. 7.5 V_{IN} 至 20 V_{IN}、1.5V 输出、15A 设计

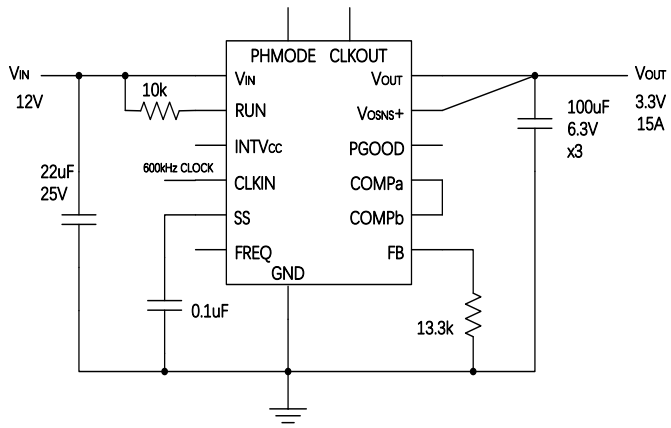


图 8. 7.5V_{IN} 至 20V_{IN}、3.3V 输出，2MHz 外部时钟

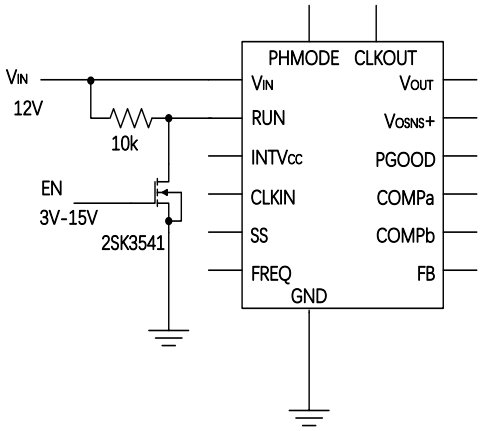


图 9. RUN 使能应用电路设计

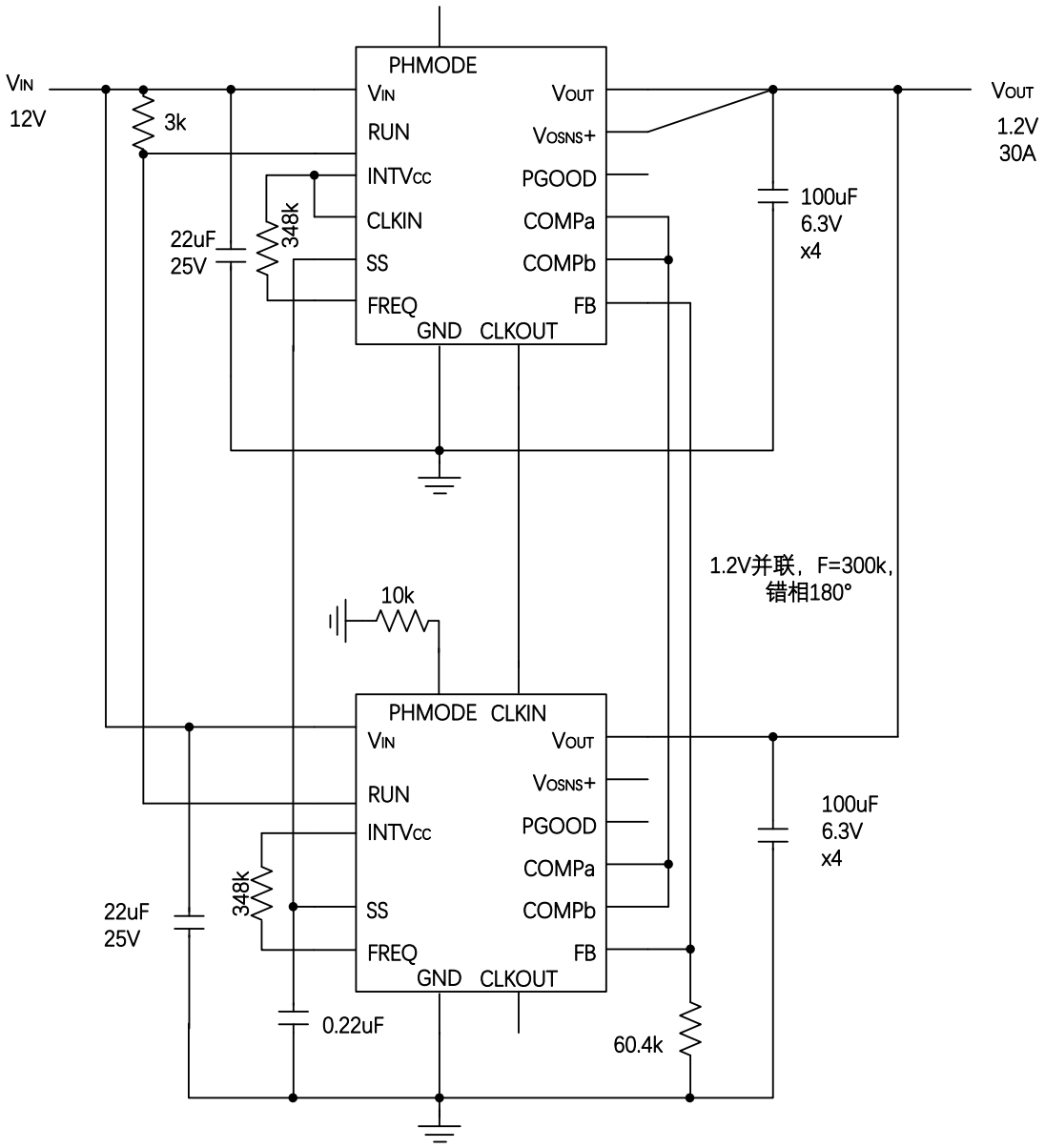


图 10. 两相并联错相 180° 输出

SMT 上板前湿度敏感性

SPES4638GC 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 11。

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 SPES4638GC 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。

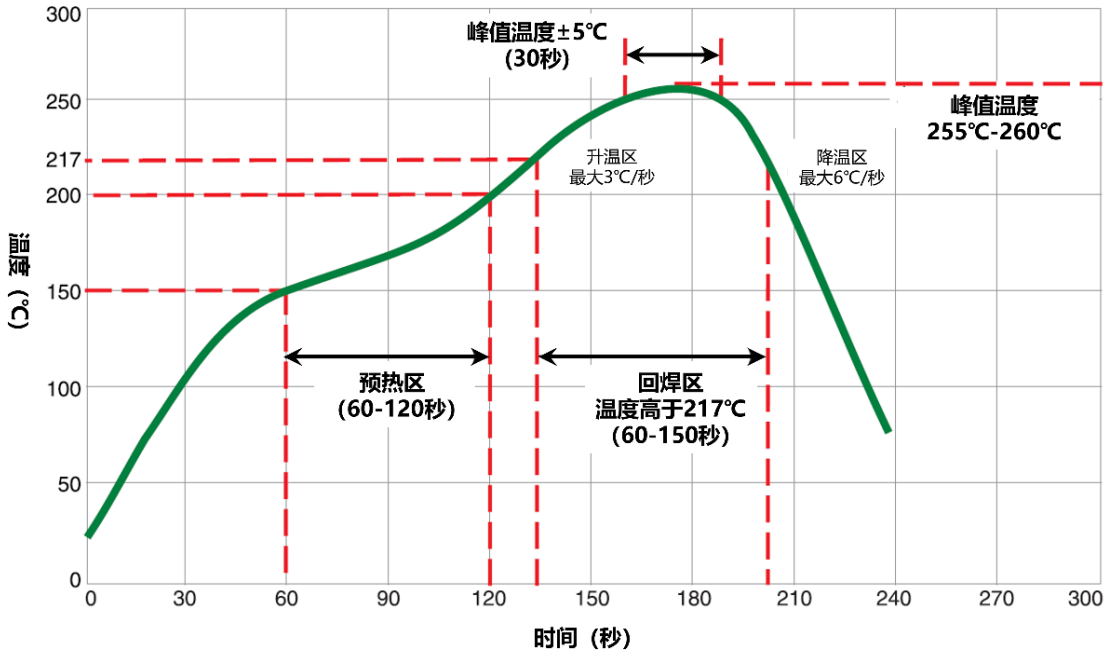
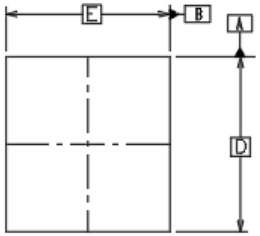
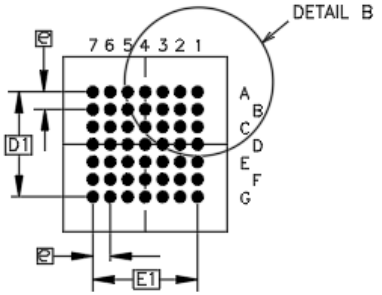


图 11. 回流焊温度曲线图

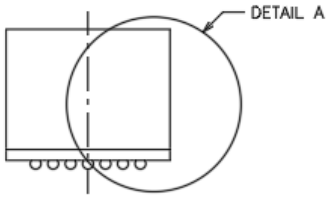
封装描述



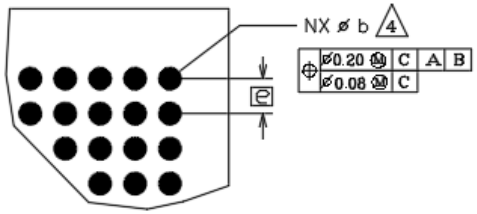
TOP VIEW



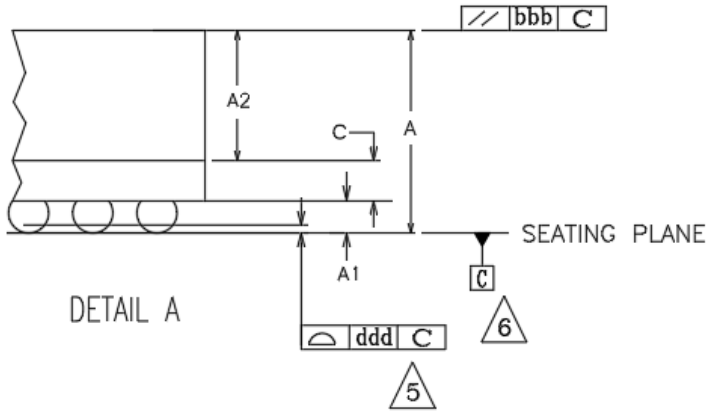
BOTTOM VIEW



SIDE VIEW



DETAIL B



DETAIL A

DIMENSIONAL REFERENCES				
REF.	MIN.	NOM.	MAX.	
A	6.15	6.40	6.65	10
A1	0.30	0.40	0.50	
A2	5.40	5.50	5.60	
c	0.45	0.50	0.55	
D	7.90	8.00	8.10	
D1	4.80 BSC.			
E	7.40	7.50	7.60	
E1	4.80 BSC.			
b	0.45	0.50	0.55	
bbb	0.25			
ddd	0.20			
e	0.80 BSC.			
MD/ME	7/7			
N	49			
REF: JEDEC MO-205				10

NOTES:

1. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
2. 'e' REPRESENTS THE BASIC SOLDER BALL GRID PITCH.
3. 'M' REPRESENTS THE BASIC SOLDER BALL MATRIX SIZE. AND SYMBOL 'N' IS THE NUMBER OF BALLS AFTER DEPOPULATING.
4. 'b' IS MEASURABLE AT THE MAXIMUM SOLDER BALL DIAMETER AFTER REFLOW PARALLEL TO PRIMARY DAIUM C
5. DIMENSION 'ddd' IS MEASURED PARALLEL TO PRIMARY DATUM C
6. PRIMARY DATUM C AND SEATING PLANE ARE DEFINED BY THE SPHERICAL CROWNS OF THE SOLDER BALLS.
7. PACKAGE SURFACE SHALL BE MATTE FINISH CHARMILLES 24 TO 27.
8. SUBSTRATE MATERIAL BASE IS BT RESIN / High Tg FR4.
9. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M 1994.
10. CONFORM TO JEDEC MO-205, 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
SPES4638GC	SPES4638GCN	49-BGA	N1 级	SPES4638GCN [a] YYWWXX [b]	-55℃至 125℃
	SPES4638GCQ	49-BGA	企军级	SPES4638GCQ YYWWXX	-55℃至 125℃
	SPES4638GCJ	49-BGA	军温级	SPES4638GCJ YYWWXX	-55℃至 125℃
	SPES4638GCG	49-BGA	工业级	SPES4638GCG 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

SPES4638GC 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 12.产品正面图

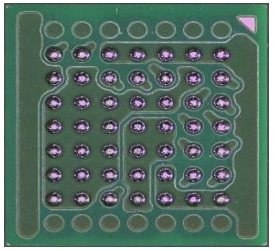


图 13.产品背面图