

文档版本	修订日期	内容描述
1.0	2025-7-8	初版
1.1	2025-7-9	细节修正
1.2	2025-7-10	增加《回流焊曲线图》及部分文字勘误
1.3	2025-7-10	《订购信息》增加 4644N 和 4644T 的描述以及锡球成分
1.4	2025-7-14	修改了《使用注意》中 SVIN 的描述
1.5	2025-7-22	修改了《芯片概述》
1.6	2025-10-17	《PCB布局推荐》中加入对 COMP 对地电容的描述，增加《 4644 系列选型表》
1.7	2026-4-29	更新测试数据

GC4644S

加强型四通道DC-DC转换器

1. 功能特点

- 宽输入电压范围：4V至20V
- SV_{IN} 外部偏置下， V_{IN} 输入电压范围：3.3V至20V
- 0.6V至5.5V输出电压
- 每个通道5A直流输出电流
- 功耗高达5.5W ($T_A=60^{\circ}\text{C}$ ，200LFM，无散热器)
- 输出电压精度： $\pm 1.5\%$
- 最高效率：95%
- 电流模式控制，快速瞬态响应
- 并联均流，可并联输出20A
- 软启动、输出电压跟踪
- 内部温度监测输出
- 外部频率同步
- 过压、电流和温度保护

2. 应用

- 多轨负载点调节
- FPGA、DSP和ASIC 应用

3. 芯片概述

GC4644S是创新结构的加强型全国产四通道DC-DC降压转换器,每通道输出电流最大为5A，输出可以并联在一个阵列中，四路并联使用时，可提供最高20A电流。封装中包括开关控制器、功率 FET、电感器和支持组件，厚度仅为3.5mm。GC4644S输入电压在4V~20V或3.3V~20V（外接偏置电压），支持0.6V至5.5V的输出电压。GC4644S采用先进封装结构，高温下效率优于GC4644N。GC4644S采用BGA77封装，尺寸为（9mm×15mm×3.5mm），管脚兼容同类产品，并提供-55℃~125℃版本。

4. 典型应用框图

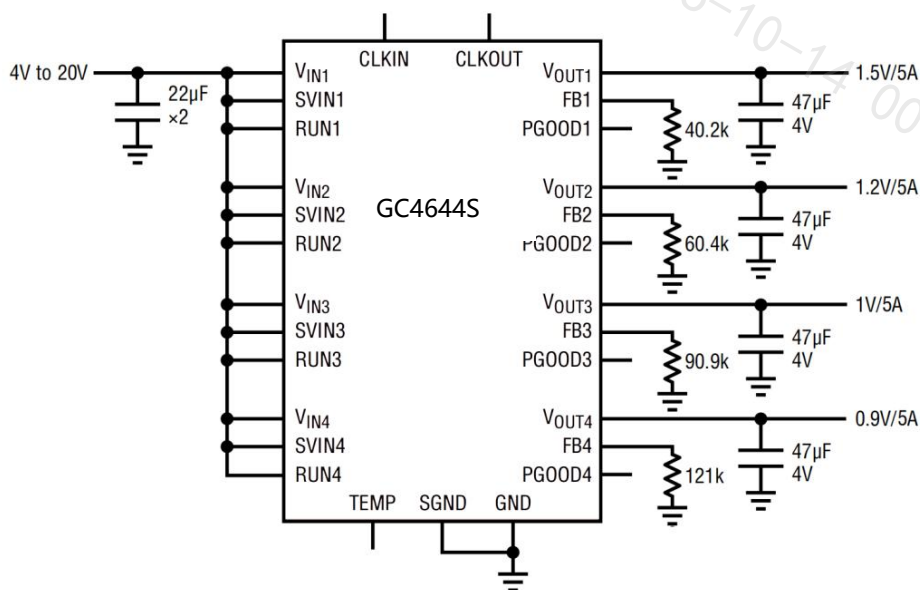


图 1 典型应用框图

5. 效率曲线

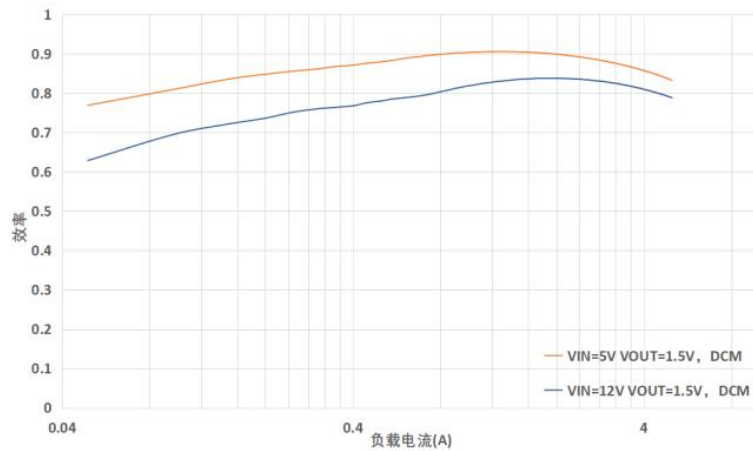


图 2 效率曲线（单通道工作）

6. 功能框图

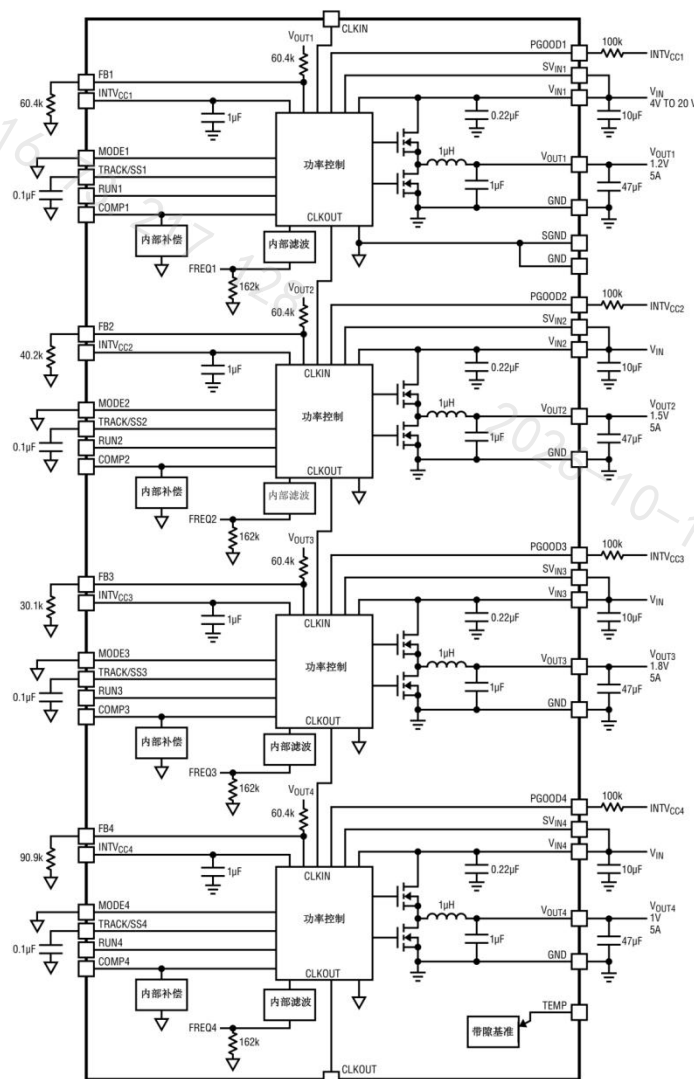


图 3 功能框图

7. 引脚和功能描述

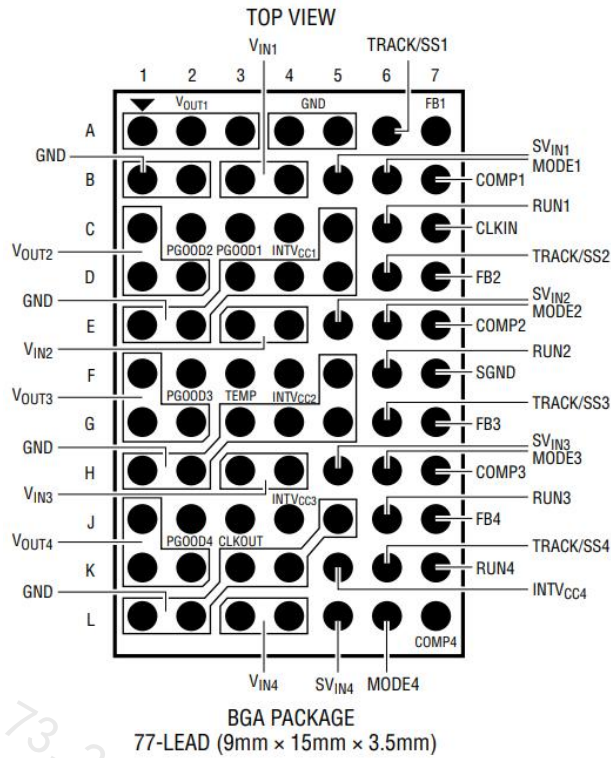


图 4 GC4644S 封装脚位图

8. 引脚定义

表 1

引脚编号	引脚名称	描述
A1,A2,A3 C1,D1,D2 F1,G1,G2 J1,K1,K2	V _{OUT1} V _{OUT2} V _{OUT3} V _{OUT4}	每个开关模式稳压器通道的电源输出引脚。在这些引脚和GND引脚之间施加输出负载。建议将输出去耦电容直接放置在这些引脚和GND引脚之间。
A4,A5,B1,B2,C5,D3,D4, D5,E1,E2,F5,G3,G4,G5, H1,H2,J5,K3, K4,L1,L2	GND	输入和输出回路的电源接地引脚。需使用大面积的PCB覆铜将所有GND连接在一起。
B3,B4 E3,E4 H3,H4 L3,L4	V _{IN1} V _{IN2} V _{IN3} V _{IN4}	电源输入引脚连接到每个开关模式稳压器通道的内部顶部MOSFET的漏极。在这些引脚和GND引脚之间施加输入电压。建议在每个V _{IN} 引脚和GND引脚之间放置输入去耦电容。
C3 C2 F2 J2	PGOOD1 PGOOD2 PGOOD3 PGOOD4	电源输出良好性指示，漏极开路逻辑输出引脚。当FB引脚上的电压不在内部0.6V基准电压的±10% (典型值) 范围内时，PGOOD被拉低到 GND。
J3	CLKOUT	时钟输出引脚。用于多相位输出时钟信号，CLKOUT 相对于 CLKIN 的相位设定为 180°。CLKOUT 的峰峰值为 INTV _{CC} 至 GND。该引脚为输出引脚，不要驱动该引脚。

引脚编号	引脚名称	描述
C4 F4 J4 K5	INTV _{CC1} INTV _{CC2} INTV _{CC3} INTV _{CC4}	内部3.3V电源输出引脚。内部电源驱动器和控制电路由该电压供电。每个引脚内部使用 1μF 的低 ESR 陶瓷电容到 GND 作为去耦电容。
B5 E5 H5 L5	SV _{IN1} SV _{IN2} SV _{IN3} SV _{IN4}	偏置输入电源：用于内部3.3V控制器的输入电压，作用于各通道的控制电路。SV _{IN} 的输入电压应大于4V且大于输出电压。在大多数应用中，通常将此引脚连接到V _{IN} 引脚。注意:GC4644S内部仅使用了2个控制器（进口4644为4个控制器）见本使用手册*《19. 使用注意》。对于需要四路分别控制开关时推荐使用宸屿电子生产的CYP4644N或者GC4644N产品。
A6 D6 G6 K6	TRACK/SS1 TRACK/SS2 TRACK/SS3 TRACK/SS4	每个通道的输出跟踪和软启动引脚。用户通过设定此引脚控制输出电压的上升时间在该引脚上施加低于0.6V的电压会绕过误差放大器的内部参考输入，相反它会伺服FB引脚以匹配TRACK电压。在0.6V以上，跟踪功能停止，内部基准恢复对误差放大器的控制。该引脚上有来自INTV _{CC} 的内部1.7μA上拉电流，因此在此处放置电容器可提供软启动功能。
B6 E6 H6 L6	MODE1 MODE2 MODE3 MODE4	为每个开关模式稳压器通道选择操作模式。将此引脚连接到INTV _{CC} ，将强制所有输出以 CCM 模式工作；将其连接到 SGND 可在轻负载下实现 DCM 模式操作。该引脚禁止悬空。
C6 F6 J6 K7	RUN1 RUN2 RUN3 RUN4	每个通道的使能输入引脚。通过将RUN引脚连接到1.2V以上来启用稳压器。将其拉至1.1V以下会关闭相应的稳压器通道。该引脚禁止悬空。
A7 D7 G7 J7	FB1 FB2 FB3 FB4	每个开关模式稳压器通道的误差放大器的负输入。该引脚通过一个60.4kΩ的精密电阻器连接到每个通道的V _{OUT} 。可以通过在FB和SGND引脚之间连接不同的外部电阻来编程输出不同的电压以及通过V _{OUT} 、FB和GND引脚之间的两个电阻器进行编程。在多相操作中，将FB引脚连接在一起可以实现并行操作。
B7 E7 H7 L7	COMP1 COMP2 COMP3 COMP4	每个通道的电流控制阈值控制和稳定性补偿引脚。内部电流比较器阈值与该电压成正比。将COMP引脚连接在一起以实现并行操作。
C7	CLKIN	外部时钟输入引脚。该引脚在内部通过20kΩ端接至SGND。锁相环将强制通道1开启信号与CLKIN信号的上升沿同步。通道2、通道3和通道4也将与具有预定相移的CLKIN信号的上升沿同步。
F7	SGND	信号接地引脚。SGND内部通过单点连接到GND。使用单独的SGND接地铜区域作为反馈电阻器和连接到信号引脚的其他组件的接地。建议在PCB底层将PGND平面和SGND平面之间进行第二次连接。
F3	TEMP	温度监测输出

9. 绝对最大值

V_{IN}, SV_{IN}	-0.3V ~ 20V
V_{OUT}	-0.3V ~ SV_{IN} 或6V
RUN	-0.3V ~ 20V
$INTV_{CC}$	-0.3V ~ 3.6V
PGOOD, MODE, TRACK/SS, FB	-0.3V ~ $INTV_{CC}$
CLKOUT, CLKIN	-0.3V ~ $INTV_{CC}$
内部工作温度范围	-55°C ~ 150°C
存储温度范围	-65°C ~ 150°C

10. 推荐工作范围

V_{IN}, SV_{IN}	4V ~ 20V
V_{OUT}	0.6V ~ 5.5V
RUN	-0.3V ~ SV_{IN}
OUT管脚电流	0A ~ 5A
工作环境温度	-40°C ~ 85°C
峰值回流焊温度	220°C

11. ESD 等级

表 2

ESD 等级		值	单位
V(ESD)	人体模型 (HBM), ANSI/ESDA/JEDEC JS-001	±2000	V
	电荷器件模型 (CDM), JEDEC specification JESD22-C101	±1000	

12. 基本电学参数

*表示适用于全温范围的规格, 其他规格适用于 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ 。典型应用条件: $V_{IN1}=12\text{V}$ 。

表 3

参数	测试条件	测量	限制			单位
				最小	典型	最大
外部偏置电源	$SV_{IN}=4\text{V}, V_{IN}=0\text{V} \sim 4\text{V}$	V_{OUT}			3.3	V
输入直流电压	$SV_{IN}=V_{IN}$	V_{IN}, SV_{IN}	*	4		20 V
输出电压范围		$V_{OUT(RANGE)}$	*	0.6		5.5 V
输出电压随线路和负载的总变化	$C_{IN}=22\mu\text{F}, C_{OUT}=100\mu\text{F}$ Ceramic, MODE= $INTV_{CC}, V_{IN}=4\text{V} \sim 20\text{V},$ $I_{OUT}=0\text{A} \sim 5\text{A}$	$V_{OUT(DC)}$	*	1.477		1.523 V
RUN引脚ON阈值	V_{RUN} 上升 V_{RUN} 下降	V_{RUN}		1.1	1.2 1	1.3 V
输入电源偏置电流	$V_{IN}=12\text{V}, V_{OUT}=1.5\text{V}, \text{MODE}=INTV_{CC}$ $V_{IN}=12\text{V}, V_{OUT}=1.5\text{V}, \text{MODE}=GND$ 关机, RUN=0, $V_{IN}=12\text{V}$	$I_{Q(SVIN)}$			18 2.5 80	mA mA μA
输入电源电流	$V_{IN}=12\text{V}, V_{OUT}=1.5\text{V}, I_{OUT}=4\text{A}$	$I_{S(VIN)}$			0.62	A

参数	测试条件	测量	限制			单位
			最小	典型	最大	
输出连续电流范围	$V_{IN}=12V, V_{OUT}=1.5V$	$I_{OUT(DC)}$	0		5	A
线性调整率	$V_{OUT}=1.5V, V_{IN}=4V \sim 20V, I_{OUT}=0A$	$\Delta V_{OUT(Line)}/V_{OUT}$	*	0.08	0.3	%/V
负载调整率	$V_{OUT}=1.5V, I_{OUT}=0A \sim 5A$	$\Delta V_{OUT(Load)}/V_{OUT}$	*	0.8	1	%/A
输出纹波电压	$I_{OUT}=0A, C_{OUT}=100\mu F$ Ceramic, $V_{IN}=12V$, $V_{OUT}=1.5V$	$V_{OUT(AC)}$		5		mV
软启过冲	$I_{OUT}=0A, C_{OUT}=100\mu F$ Ceramic, $V_{IN}=12V$, $V_{OUT}=1.5V$	$\Delta V_{OUT(START)}$		30		mV
软启时间	$C_{OUT}=100\mu F$ Ceramic, No Load, $TRACK/SS=0.01\mu F$, $V_{IN}=12V, V_{OUT}=1.5V$	t_{START}		3.5		ms
动态负载输出偏差	负载: 0% ~ 50% ~ 0% of Full Load, $C_{OUT}=47\mu F \parallel 47\mu F$ Ceramic, $V_{IN}=12V$, $V_{OUT}=1.5V$	$\Delta V_{OUT(LS)}$		± 40		mV
动态负载阶跃的稳定时间		t_{SETTLE}		40		μs
输出电流限制	$V_{IN}=12V, V_{OUT}=1.5V$	$I_{OUT(PK)}$	6	7		A
FB引脚电压	$I_{OUT}=0A, V_{OUT}=1.5V, -55^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$	V_{FB}	* 0.592	0.60	0.608	V
FB引脚电流		I_{FB}			± 30	nA
V_{OUT} 和FB引脚之间的电阻		$R_{FB(HI)}$		60.4		k Ω
软启动上拉电流	$TRACK/SS=0V$	$I_{TRACK/SS}$		1.7		μA
V_{IN} 欠压锁定	V_{IN} 下降 V_{IN} 迟滞	$V_{IN(UVLO)}$		2.5 0.3		V
最短导通时间		$t_{ON(MIN)}$		40		ns
最短停机时间		$t_{OFF(MIN)}$		100		ns
PGOOD门限	VFB with Respect to Set Output VFB Ramping Negative VFB Ramping Positive	V_{PGOOD}		-8.35 10		% %
PGOOD漏电		I_{PGOOD}			2	μA
PGOOD低电平	$I_{PGOOD}=1mA$	V_{PGL}		0.025	0.1	V
INTV _{CC} 电压	$SV_{IN} = 4V \sim 20V$	$V_{INTV_{CC}}$	3.1	3.27	3.45	V
INTV _{CC} 负载调整率	$I_{CC} = 0mA \sim 20mA$	$V_{INTV_{CC}} \text{ Load Reg}$		-0.67		%
振荡器频率		f_{OSC}		1000		KHz
CLKIN阈值		CLKIN		0.7		V

13. 典型工作曲线

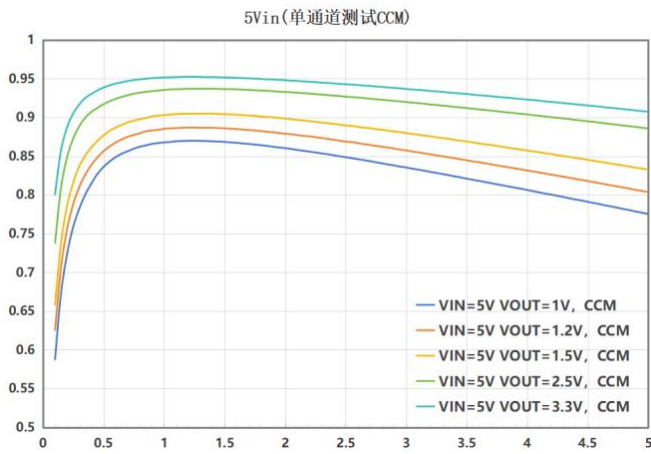


图 5 $V_{IN}=5V$, 效率曲线

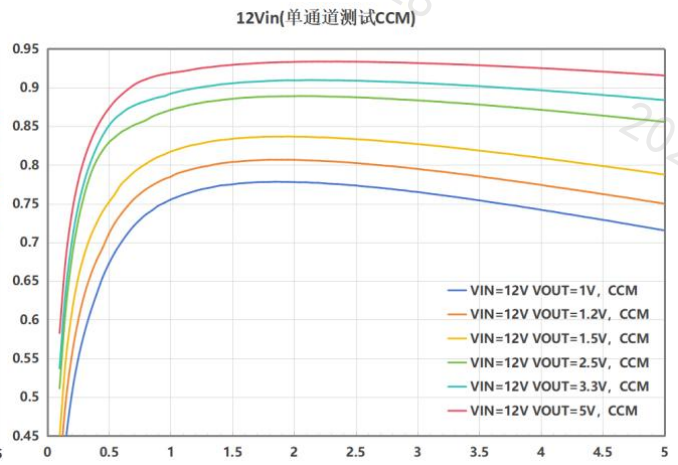


图 6 $V_{IN}=12V$, 效率曲线

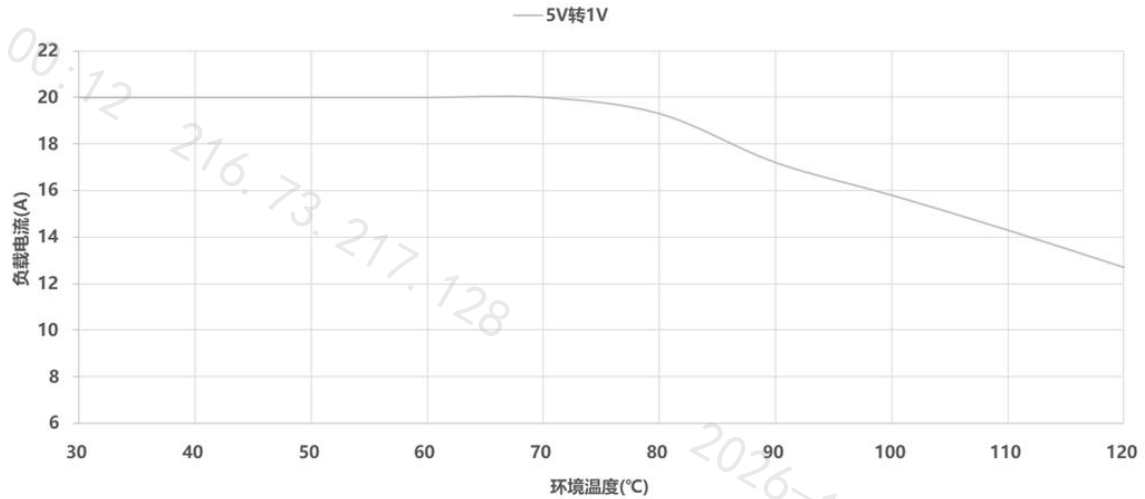


图 7 5V转1V 四路并联输出降额曲线

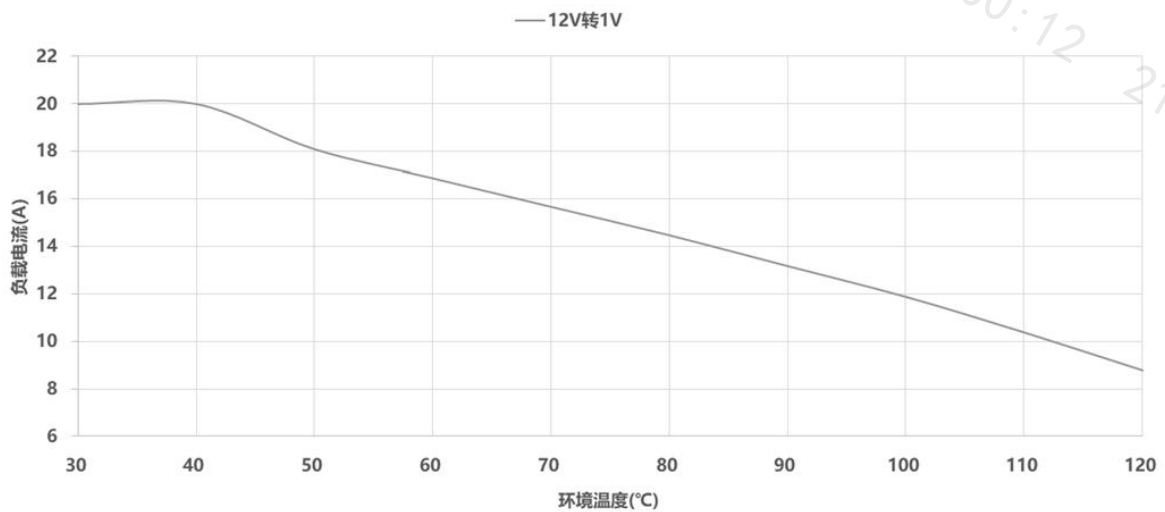


图 8 12V转1V 四路并联输出降额曲线

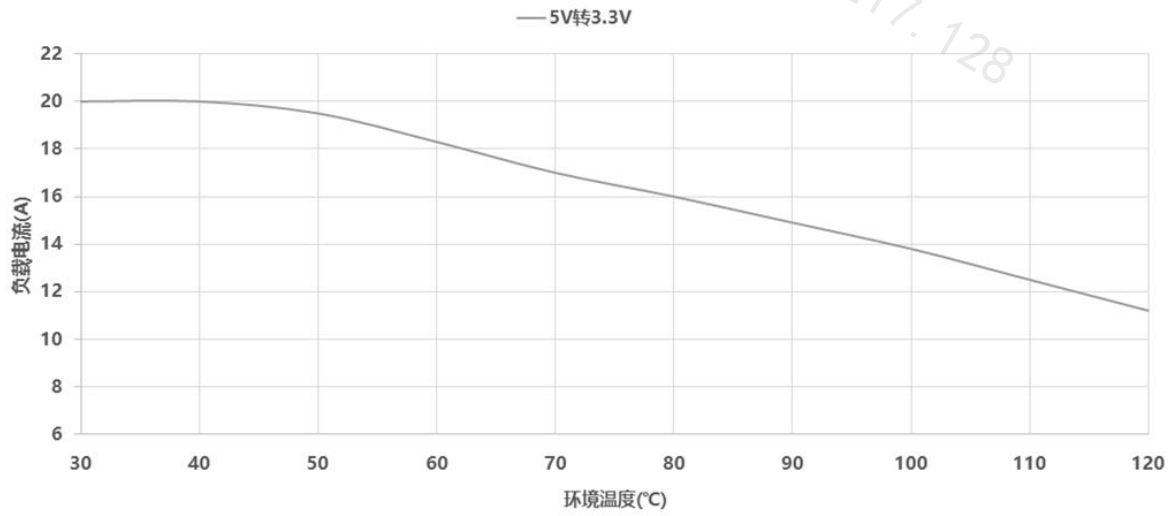


图 9 5V转3.3V 四路并联输出降额曲线

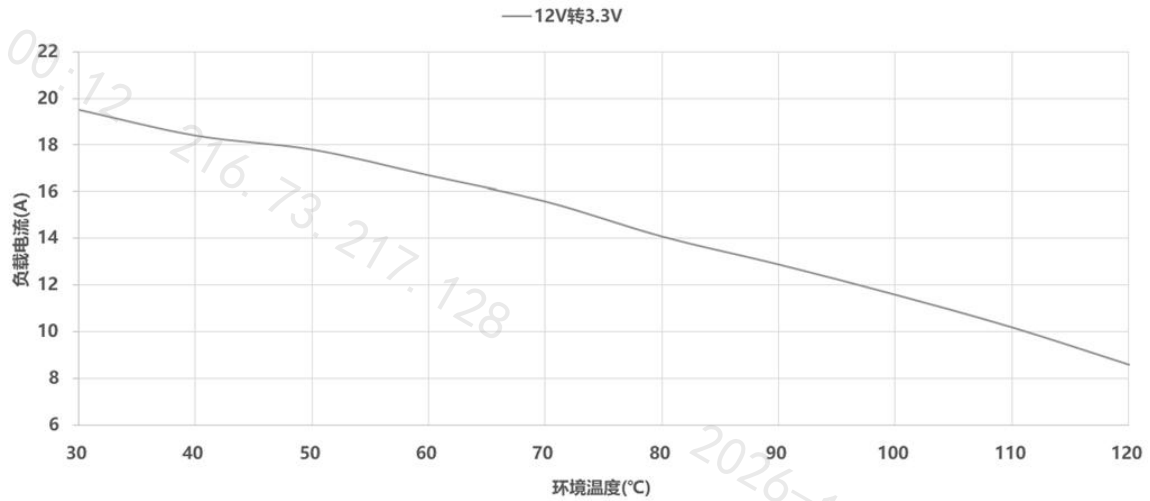


图 10 12V转3.3V 四路并联输出降额曲线

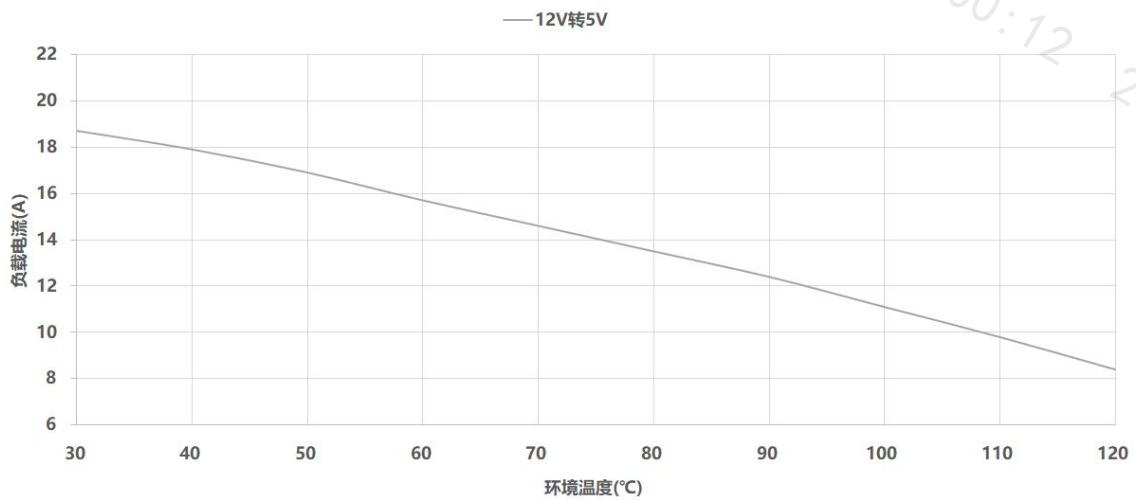


图 11 12V转5V 四路并联输出降额曲线

$V_{IN}=12V$, $V_{OUT}=1V$, $I_{OUT}=4 \sim 5A$, $1A/\mu s$, $C_{OUT}=47\mu F$

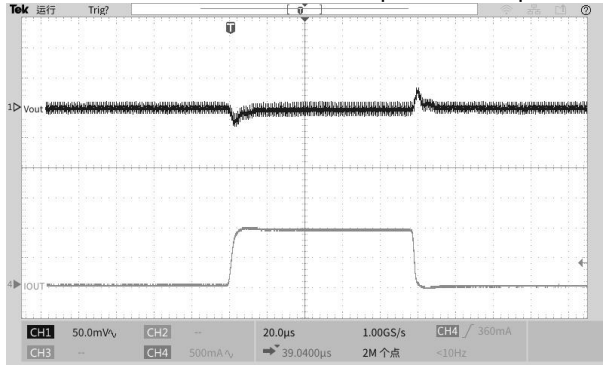


图 12 1.0V 输出瞬态响应

$V_{IN}=12V$, $V_{OUT}=1.5V$, $I_{OUT}=4 \sim 5A$, $1A/\mu s$, $C_{OUT}=47\mu F$

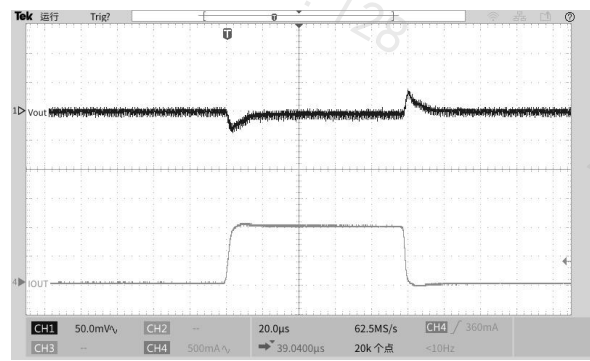


图 13 1.5V 输出瞬态响应

$V_{IN}=12V$, $V_{OUT}=2.5V$, $I_{OUT}=4 \sim 5A$, $1A/\mu s$, $C_{OUT}=47\mu F$



图 14 2.5V 输出瞬态响应

$V_{IN}=12V$, $V_{OUT}=3.3V$, $I_{OUT}=4 \sim 5A$, $1A/\mu s$, $C_{OUT}=47\mu F$

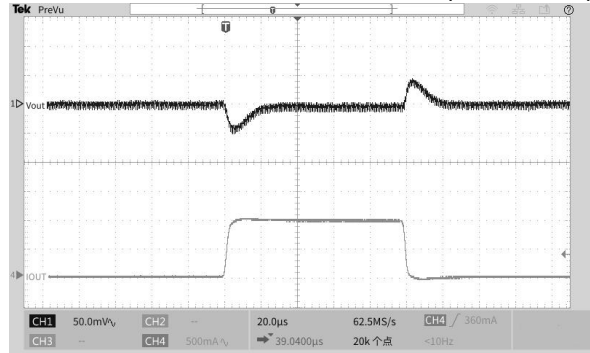


图 15 3.3V 输出瞬态响应

$V_{IN}=12V$, $V_{OUT}=5V$, $I_{OUT}=4 \sim 5A$, $1A/\mu s$, $C_{OUT}=47\mu F$

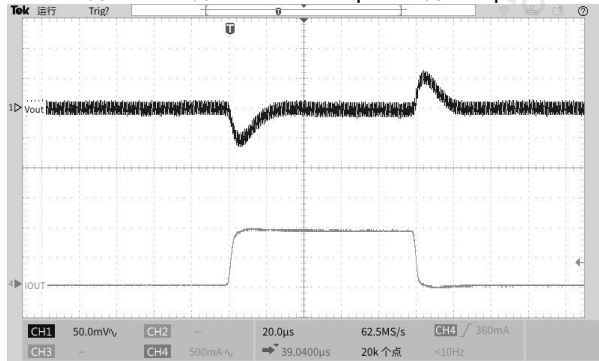


图 16 5V 输出瞬态响应

$V_{IN}=12V$, $V_{OUT}=2.5V$, $I_{LOAD}=0A$, RUN2: ON (单通道工作)

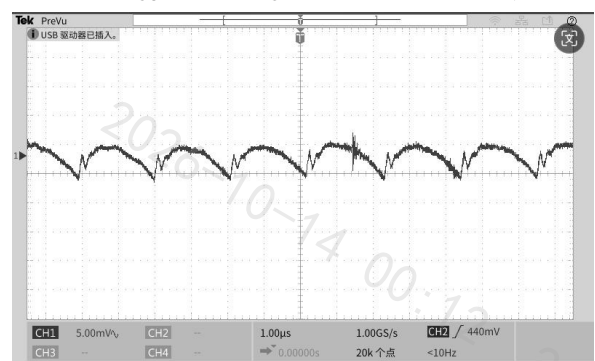


图 17 输出纹波

$V_{IN}=12V$, $V_{OUT}=3.3V$, 初始 $V_{OUT}=2V$, EN上电, MODE1: DCM

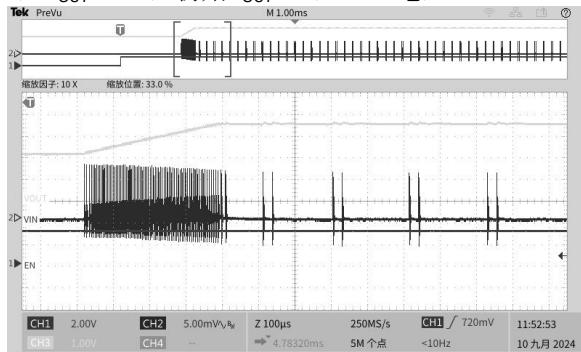
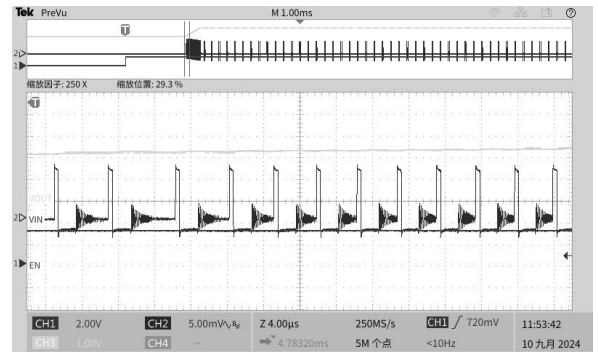


图 18 启动预偏置输出



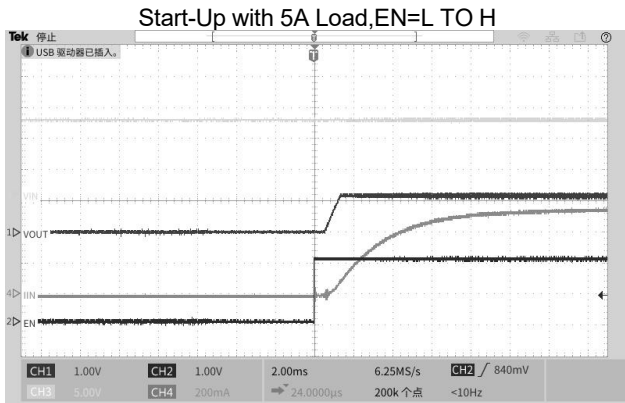


图 19 5A带载启动

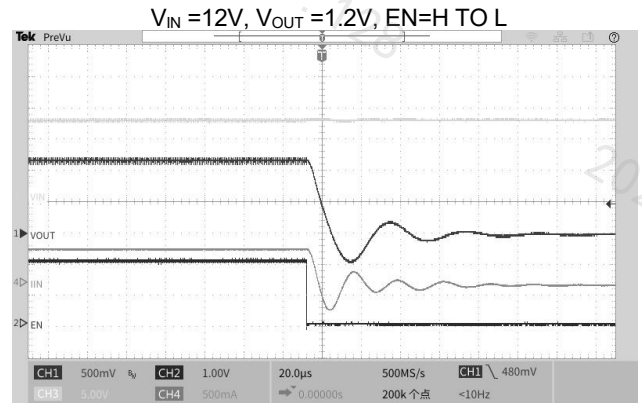


图 20 5A带载关闭

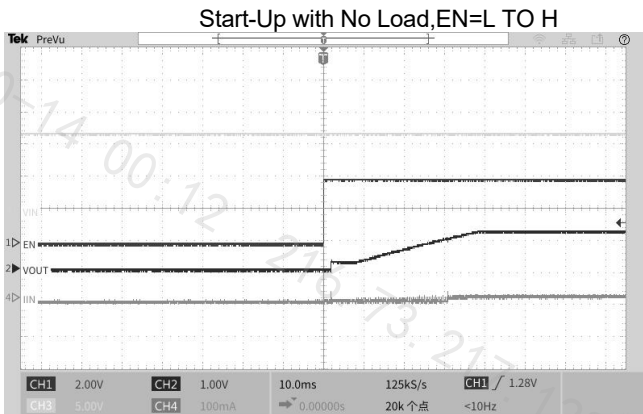


图 21 空载启动

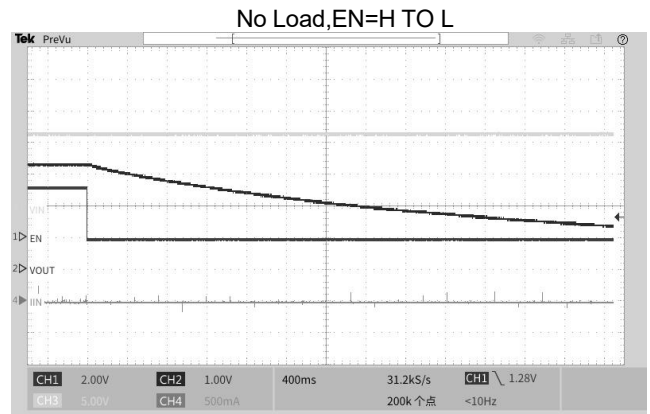


图 22 空载关闭

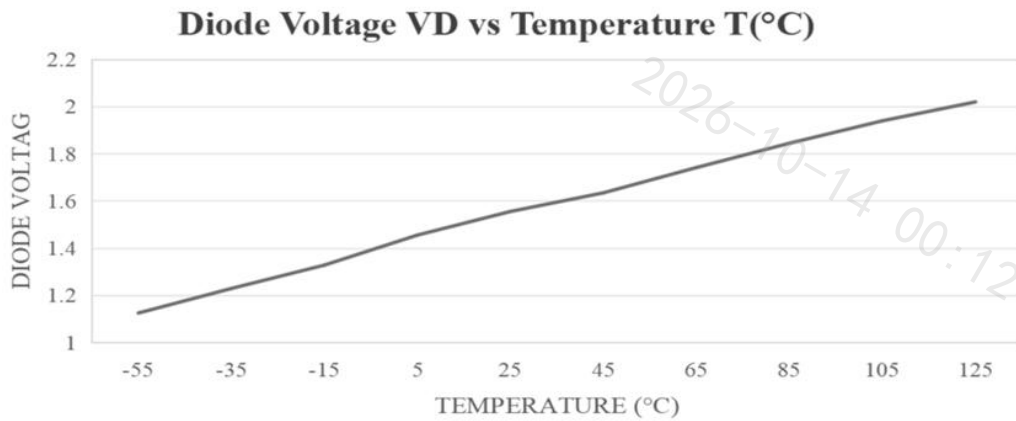


图 23 温度监测: TEMP 电压 VS 温度

14. 描述

GC4644S是一款四路输出独立非隔离开关模式DC/DC电源。它有四个独立的稳压器通道，每个通道都能够在几乎没有外部输入和输出电容器的情况下提供高达5A的连续输出电流。每个稳压器均可在4V至20V输入电压范围内通过单个外部电阻器提供0.6V至5.5V的精确调节输出电压。通过外部偏置电压，该模块可以在低至3.3V的输入电压下工作。

GC4644S集成了四个独立的恒定频率控制导通时间谷值电流模式稳压器、功率MOSFET、电感器和其他支持分立元件。典型的开关频率设置为1MHz。对于开关噪声敏感型应用，稳压器可以从外部同步到700kHz到1.3MHz的时钟。

通过电流模式控制和内部反馈环路补偿，GC4644S模块在使用多种输出电容器（包括全部陶瓷输出电容器）时均具备足够的稳定性裕度和良好的瞬态性能。

电流模式控制提供了将任意独立调节器通道并联并实现精确均流的灵活性。凭借每两个调节器通道之间内置的时钟交错功能，GC4644S可以轻松采用2+2、3+1或4通道并联工作方式，这在FPGA等多轨POL（负载点）应用中极其灵活。此外，GC4644S具有CLKIN和CLKOUT引脚，用于频率同步或多器件多相级联，最多可支持4个相位级联同时运行。

电流模式控制还提供逐周期快速电流监测。在过流情况下提供折返电流限制，以在VFB下降时将电感器谷值电流降低到原始值的约40%。如果输出反馈电压超出调节点附近的±10%窗口，内部过压和欠压比较器会将开漏PGOOD输出拉低。除TRACK引脚在启动过程中上升至0.6V的阶段外，系统在过压（OV）和欠压（UV）条件下会强制进入连续导通模式（CCM）运行。将RUN引脚拉至1.1V以下会强制控制器进入关闭状态，从而关闭功率MOSFET和大部分内部控制电路。在轻负载电流下，通过将MODE引脚设置为SGND，可以启用不连续导通模式（DCM）操作，以实现比连续导通模式（CCM）更高的效率。TRACK/SS引脚用于电源跟踪和软启动编程。模块内部包含一个温度二极管，用于监控模块的温度。

15. 功能描述

15.1. V_{IN} 至 V_{OUT} 降压比

由于稳压器的最短关断时间和最短导通时间限制，给定输入电压可实现的最大 V_{IN} 和 V_{OUT} 降压比受到限制。最短关闭时间限制规定了最大占空比，其计算公式如下：

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

其中 $t_{OFF(MIN)}$ 是最短关断时间，典型值为100ns， f_{SW} 是开关频率。相反，最小导通时间限制规定了转换器的最小占空比，其计算公式如下：

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

其中 $t_{ON(MIN)}$ 是最短导通时间，典型值为40ns。在超过最小占空比的极少数情况下，输出电压仍将保持稳定，但开关频率将从其编程值降低。请注意，可能会施加额外的热降额。

15.2. 输出电压编程

PWM控制器具有内部0.6V参考电压。如框图所示，60.4k内部反馈电阻将每个稳压器通道从 V_{OUT} 引脚连接到FB引脚。从FB引脚到GND添加一个电阻器RFB(BOT)可对输出电压进行编程：

$$R_{FB(BOT)} = \frac{60.4k}{\frac{V_{OUT}}{0.6} - 1}$$

表 4 VFB电阻表与各种输出电压的关系

V _{OUT} (V)	0.6	1.0	1.2	1.5	1.8	2.5	3.3	5.0
R _{FB(BOT)} (k)	OPEN	90.9	60.4	40.2	30.1	19.1	13.3	8.25

对于N通道的并行操作，可以使用以下公式求解 R_{FB(BOT)}：

$$R_{FB(BOT)} = \frac{\left(\frac{60.4K}{N}\right)}{\left(\frac{V_{OUT}}{0.6} - 1\right)}$$

15.3. 输入去耦电容器

GC4644S模块应连接到低交流阻抗直流电源。对于每个稳压器通道，需要一个10μF的输入陶瓷电容器来实现RMS纹波电流去耦。仅当输入源阻抗因长电感引线、走线或源电容不足而受到影响时，才需要大容量输入电容器。大容量电容器可以是电解铝电容器和聚合物电容器。

在不考虑电感电流纹波的情况下，对于每个输出，输入电容器的RMS电流可估计为：

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

其中，η %是电源模块的估计效率。

15.4. 输出去耦电容器

采用优化的高频、高带宽设计，每个稳压器通道只需要单片低ESR输出陶瓷电容器即可实现低输出电压纹波和非常好的瞬态响应。如果需要进一步减少输出纹波或动态瞬态尖峰，可能需要额外的输出滤波，以最大限度地减少2A负载阶跃瞬态期间的电压降和过冲。多相操作将减少作为相数函数的有效输出纹波。

15.5. 断续导通模式 (DCM)

在需要低输出纹波和中间电流高效率的应用中，应通过将MODE引脚连接到SGND来使用断续导通模式（DCM）。在轻负载下，内部电流比较器可能会在几个周期内保持跳闸状态，并迫使顶部MOSFET在几个周期内保持关闭，从而跳过周期。在此模式下，电感器电流不会反向。

15.6. 强制连续导通模式 (CCM)

在固定频率操作比低电流效率更重要的应用中，并且在需要最低输出纹波的应用中应使用强制连续操作。可通过将MODE引脚连接到INTV_{CC}来启用强制连续操作。在此模式下，允许电感器电流在低输出负载期间反向，COMP电压始终控制电流比较器阈值，并且顶部MOSFET总是随着每个振荡器脉冲导通。在启动期间，强制连续模式被禁用，电感器电流被阻止反向，直到GC4644S的输出电压达到稳定为止。

15.7. 工作频率

GC4644S的工作频率经过优化，以实现紧凑的封装尺寸和最小的输出纹波电压，同时仍保持高效率。默认工作频率在内部设置为1MHz。在大多数应用中，不需要额外的频率调整。如果应用需要1MHz以外的任何工作频率，模块稳压器可以从外部同步到700kHz至1.3MHz的时钟。

15.8. 频率同步和时钟输入

电源模块具有由内部压控振荡器和相位检测器组成的锁相环。这允许所有内部顶部MOSFET导通被锁定到同一外部时钟的上升沿。外部时钟频率范围必须在1MHz设定频率的±30%范围内。脉冲检测电路用于检测CLKIN引脚上的时钟以接通锁相环。时钟的脉冲宽度必须至少为400ns。时钟高电平必须高于2V，时钟低电平必须低于0.3V。在调节器启动期间，锁相环功能被禁用。

15.9. 多通道并行运行

对于需要超过5A输出电流的负载，GC4644S多个稳压器通道可以轻松并联，以提供更多输出电流，而不会增加输入和输出电压纹波。GC4644S在四个稳压器通道中的每两个通道之间都有预设的内置相移，适合采用2+2、3+1或4通道并行操作。表5给出了调节器通道之间的相位差。

表 5 稳压器通道之间的相位差

CHANNEL	CH1	CH2	CH3	CH4
相位差	180°	90°	180°	

多相电源显著减少了输入和输出电容器中的纹波电流。RMS输入纹波电流会因所使用的相数而减少，而有效纹波频率会乘以所使用的相数（假设输入电压大于所使用的相数乘以输出电压）。当所有输出连接在一起以实现单个高输出电流设计时，输出纹波幅度也因所使用的相位数而减小。

15.10. 软启动和输出电压跟踪

TRACK/SS引脚提供了一种方法来软启动每个稳压器通道或将其跟踪到不同的电源。TRACK/SS引脚上的电容器将对输出电压的斜坡率进行编程。内部1.7μA电流源将为外部软启动电容器充电至INTV_{CC}电压。当TRACK/SS电压低于0.6V时，它将接管内部0.6V参考电压来控制输出电压。总软启动时间可计算为：

$$t_{SS} = 0.6 \cdot \frac{C_{SS}}{1.7\mu A}$$

其中C_{SS}是TRACK/SS引脚上的电容。在软启动过程中，电流折返和强制连续模式被禁用。

输出电压跟踪还可以使用每个稳压器通道的TRACK/SS引脚进行外部编程。输出可以用另一个调节器上下跟踪。图24和图25显示了比率跟踪的示例波形和原理图，其中从稳压器（V_{OUT2}、V_{OUT3}和V_{OUT4}）的输出压摆率与主稳压器（V_{OUT1}）成正比。

由于从调节器的TRACK/SS通过R_{TR(TOP)}/R_{TR(BOT)}电阻分压器连接到主调节器的输出，其电压用于调节从调节器的输出。当TRACK/SS电压低于0.6V时，启动时从机输出电压和主机输出电压应满足以下方程。

$$\begin{aligned} V_{OUT(SL)} \cdot \frac{R_{FB(SL)}}{R_{FB(SL)} + 60.4k} \\ = V_{OUT(MA)} \cdot \frac{R_{TR(BOT)}}{R_{TR(TOP)} + R_{TR(BOT)}} \end{aligned}$$

其中60.4k是集成顶部反馈电阻器，R_{FB}（SL）是外部底部反馈电阻器。R_{TR(TOP)}/R_{TR(BOT)}是从稳压器TRACK/SS引脚上的电阻分压器，如图25所示。

根据上式，主设备的输出转换速率（MR）和从设备的输出转换速率（SR）（单位为伏特/时间）由下式确定：

$$\frac{MR}{SR} = \frac{\frac{R_{FB(SL)}}{R_{FB(SL)} + 60.4k}}{\frac{R_{TR(BOT)}}{R_{TR(TOP)} + R_{TR(BOT)}}}$$

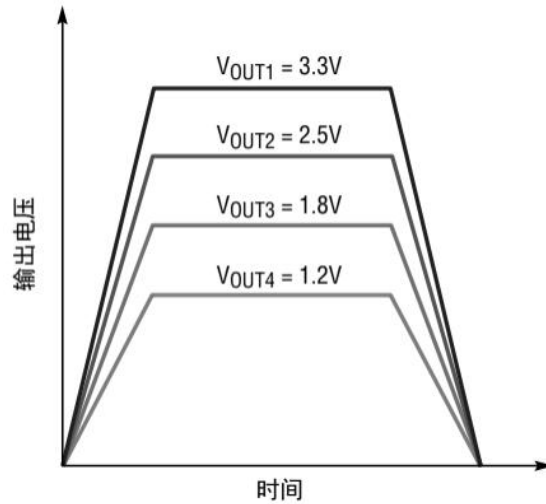


图 24 输出比例跟踪波形

例如, $V_{OUT(MA)}=3.3V$, $MR=3.3V/24ms$, $V_{OUT(SL)}=1.2V$, $SR=1.2V/24ms$, 如图25所示的 V_{OUT1} 和 V_{OUT4} 。从方程中可以看出, $R_{TR4(TOP)}=60.4k$ 和 $R_{TR4(BOT)}=13.3k$ 是一个很好的组合。按照相同的方程式, 我们可以得到 V_{OUT2} 和 V_{OUT3} 的相同 $R_{TR(TOP)}/R_{TR(BOT)}$ 电阻分压器值。

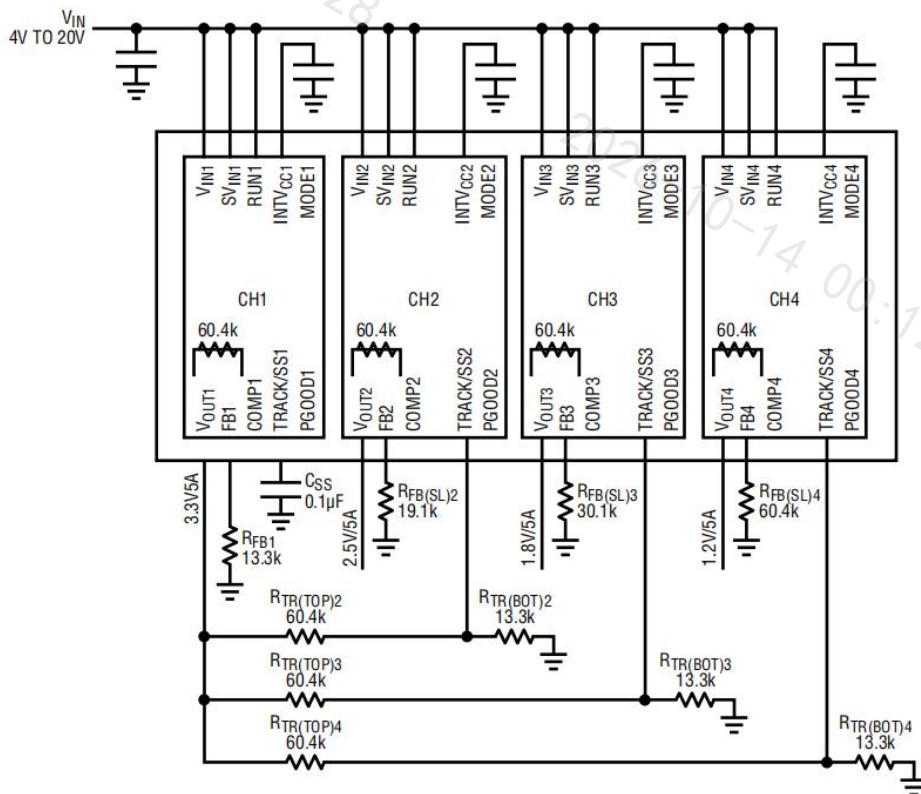


图 25 输出比例跟踪原理图

当使用电阻分压器对特定通道进行跟踪时，TRACK引脚将接通1.7μA电流源。这将对TRACK引脚输入施加偏移。可以使用与根据上述公式计算出的电阻值具有相同比率的较小值电阻器。例如，如果使用60.4k，则可以使用6.04k将TRACK引脚偏移减小到可忽略的值。

重合输出跟踪可以被认为是一种特殊的比率输出跟踪，其中主机的输出转换速率（MR）与从机的输出转换速率（SR）相同，波形如图26所示的。

从公式中我们可以很容易地发现，在同步跟踪中，从调节器的TRACK/SS引脚电阻分压器始终与其输出分压器相同。

$$\frac{R_{FB(SL)}}{R_{FB(SL)} + 60.4k} = \frac{R_{TR(BOT)}}{R_{TR(TOP)} + R_{TR(BOT)}}$$

例如， $R_{TR4(TOP)}=60.4k$ 和 $R_{TR4(BOT)}=60.4k$ 是 $V_{OUT(MA)}=3.3V$ 和 $V_{OUT(SL)}=1.2V$ 应用的一致跟踪的良好组合。

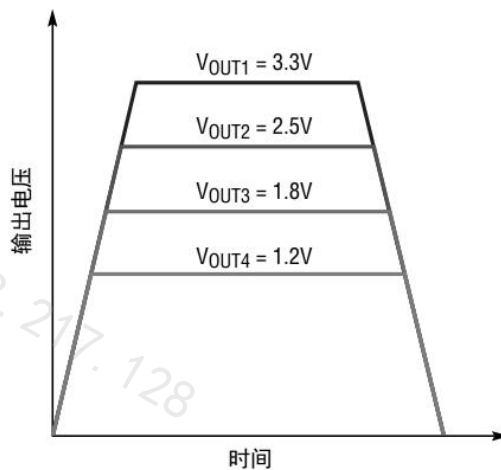


图 26 输出重合跟踪波形

15.11. 稳定性补偿

GC4644S每个稳压器通道的内部补偿环路都是专为低ESR陶瓷输出电容器应用而设计和优化。如果需要大容量输出电容器来减少输出纹波或动态瞬态尖峰，则需要在 V_{OUT} 和FB引脚之间额外增加10pF至50pF的相位升压电容器。

15.12. 运行启用

将每个稳压器通道的RUN引脚拉至地会强制稳压器进入关断状态，从而关闭功率MOSFET及其大部分内部控制电路。将RUN引脚电压提高到0.7V以上仅打开内部参考，同时仍保持功率MOSFET关闭。进一步将RUN引脚电压提高到1.2V以上将打开整个稳压器通道。

15.13. 预偏置输出启动

在某些情况下，可能需要电源在输出电容器上充电后启动。GC4644S可以安全地加电至预偏置输出，而无需对其进行放电。

GC4644S通过强制非连续模式（DCM）操作直至TRACK/SS引脚电压达到0.6V参考电压来实现此目的。这将防止BG在预偏置输出启动期间开启，从而释放输出。

请勿使用高于INTV_{CC}（3.3V）的输出电压对GC4644S进行预偏置。

16. 应用原理图

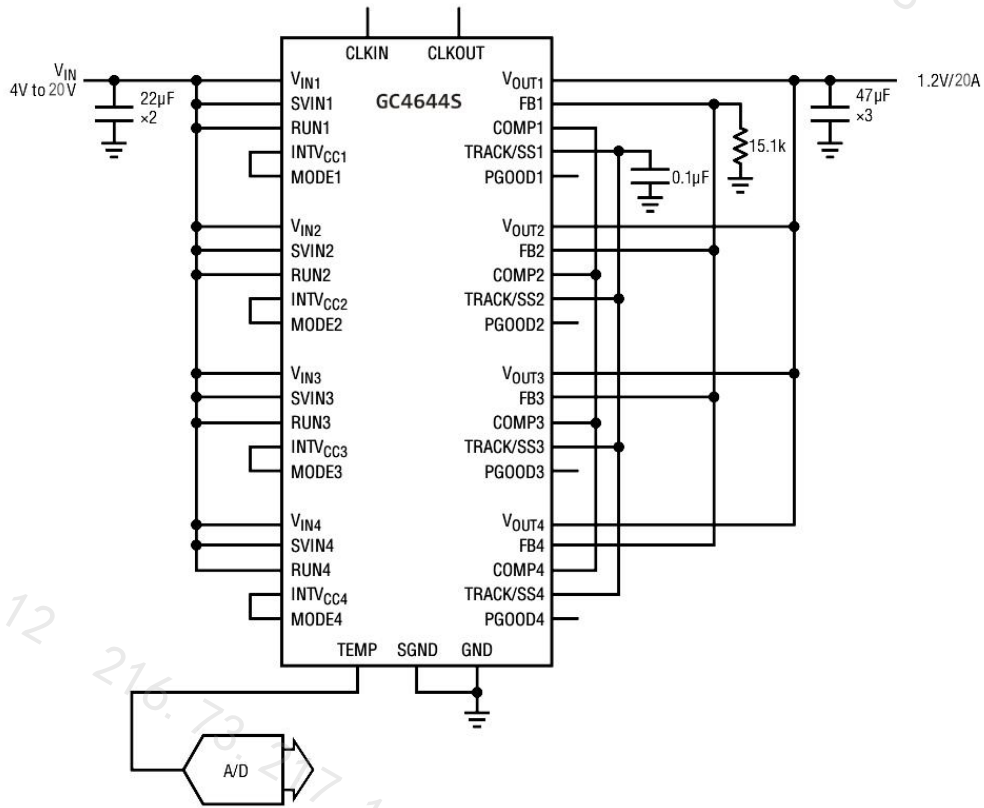


图 27 具有温度监控功能的4V至20V输入、4相、1.2V、20A设计

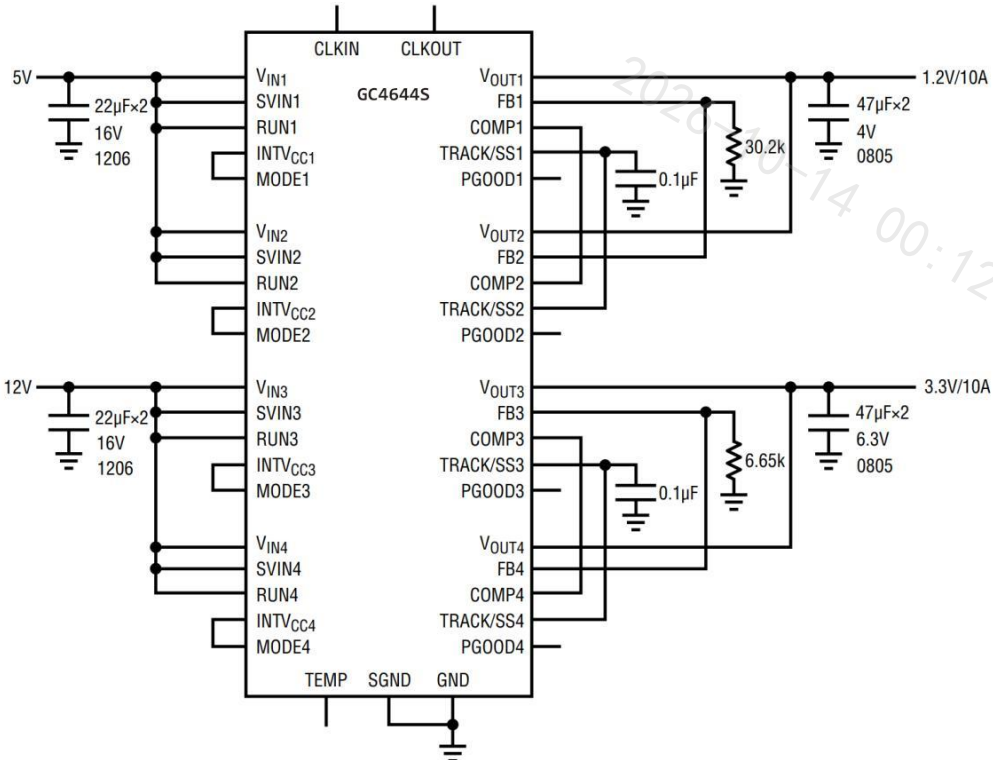


图 28 12V和5V两个独立的输入轨，10A输出1.2V和10A输出3.3V

17. PCB 布局推荐

GC4644S的高集成度使得PCB板布局非常简单易行。然而，为了优化其电气和热性能，仍然需要考虑一些布局。

- 对于高电流路径，包括 V_{IN1} 至 V_{IN4} 、GND、 V_{OUT1} 至 V_{OUT4} ，使用大的PCB铜区域。它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器放置在 V_{IN} 、GND和 V_{OUT} 引脚旁，以最大限度地减少高频噪声。
- COMP引脚需根据输出电容类型配置对地电容：若输出电容使用钽电容，COMP对地电容须安装 $\geq 440\text{pF}$ 电容；若输出电容为纯陶瓷电容，则通常无需安装。因此输出电容建议使用低ESR陶瓷电容（详见《15.4 输出去耦电容器》）。COMP对地电容可以调节环路，同时COMP波形也能反馈芯片工作是否稳定，建议预留此电容的安装位置。
- 在设备下方放置专用电源接地层。
- 为了最大限度地减少过孔传导损耗并降低模块热应力，在顶层和其他功率层之间使用多个过孔进行互连。
- 不要将过孔直接放在焊盘上，除非它们被覆盖或电镀。
- 对于连接到信号引脚的组件，使用单独的SGND接地铜区域。将SGND连接到设备下方的GND。
- 对于并行模块，将VOUT、VFB和COMP引脚连接在一起。使用内层将这些引脚紧密连接在一起。TRACK/SS引脚可以连接一个公共电容器以实现稳压器软启动。

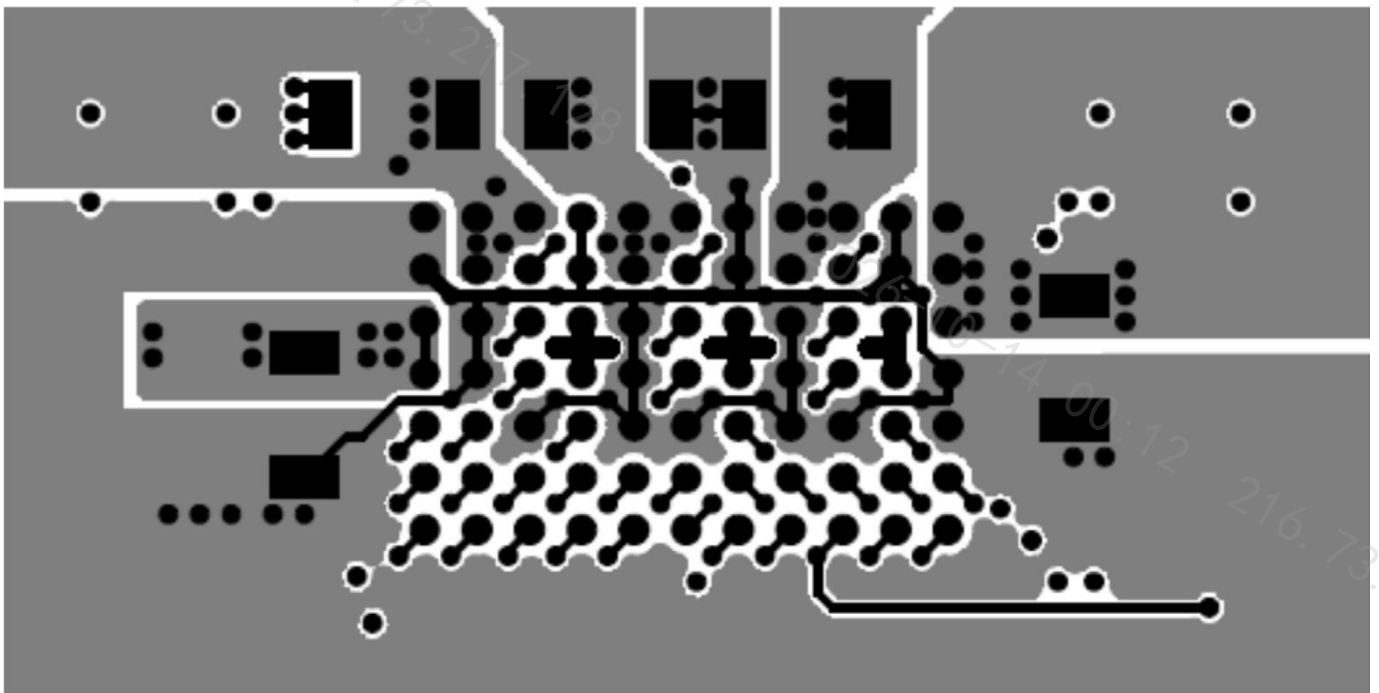


图 29 推荐 PCB 布局

18. 贴装说明

18.1. 烘烤要求:

因本产品属湿度敏感器件, 建议在贴片前执行烘烤, 以避免回流焊过程中因吸湿导致内部层间分层。烘烤建议在 125℃ 的温度下烘烤 48 小时。

环境要求: 烘箱湿度需维持低于 20%RH, 且芯片需去除防潮袋后平铺于耐高温托盘, 确保热风均匀流通。

注意: 烘烤后须在 72 小时内完成贴片, 否则需重新烘烤。

18.2. 回流焊温度曲线:

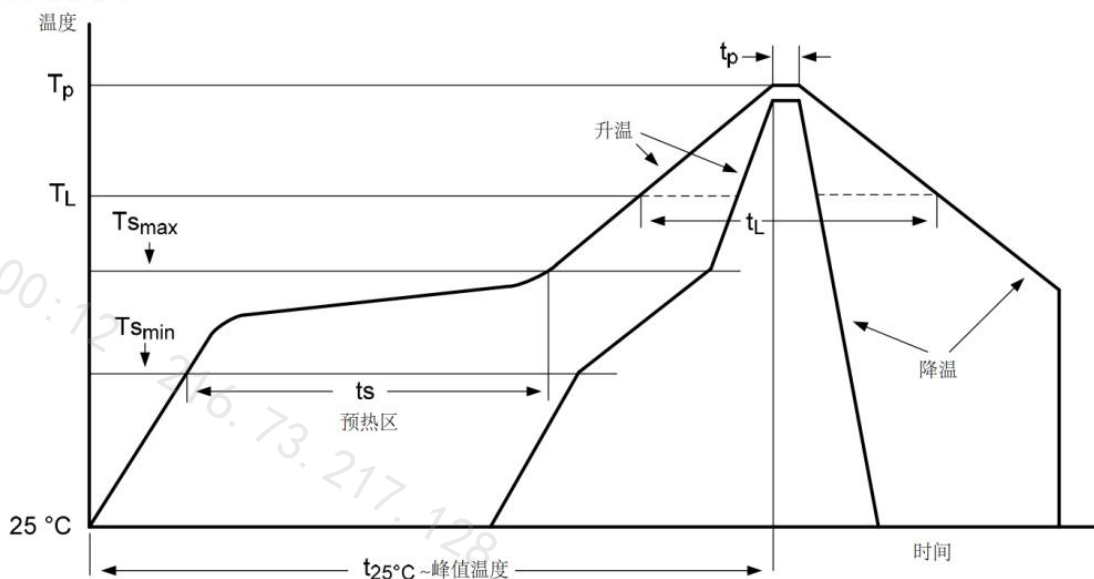


图 30 GC4644S 回流曲线图

表 6

曲线参数	Sn63Pb37
平均升温速率($T_{smax} \sim T_p$)	$\leq 3^\circ\text{C/s}$
预热区最低温(T_{smin})	100°C
预热区最高温(T_{smax})	150°C
预热区时间($t_{smin} \sim t_{smax}$)	60s~120s
液相温度(T_L)	183°C
液相上时间(t_L)	60s~150s
峰值温度(T_p)	235°C
峰值温度 $\pm 5^\circ\text{C}$ 内时间	$\leq 20\text{s}$
降温速率	$\leq 6^\circ\text{C/s}$
25°C至峰值温度用时	$\leq 6\text{min}$

19. 使用注意

(1) Temp温度监测为Ch3和Ch4芯片结温，直接输出电压值，不需要上拉电阻。

(2) SV_{IN1} 与 SV_{IN2} ， SV_{IN3} 与 SV_{IN4} 在芯片内部为电气直联网络。若设计需要为同组引脚（如 SV_{IN1}/SV_{IN2} 或 SV_{IN3}/SV_{IN4} ）施加不同电压，推荐使用宸屿电子生产的CYP4644N或者GC4644N产品，设计需求如图31所示。

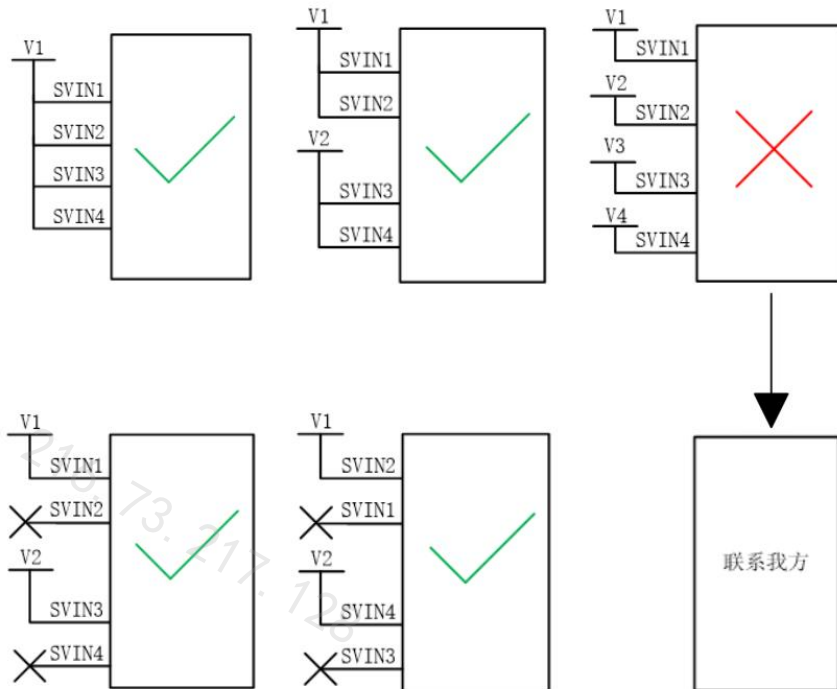
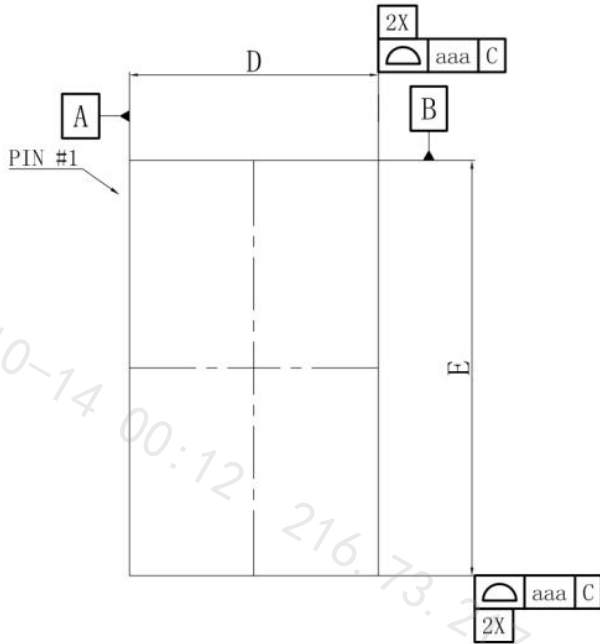


图 31 SV_{IN} 设计指示图

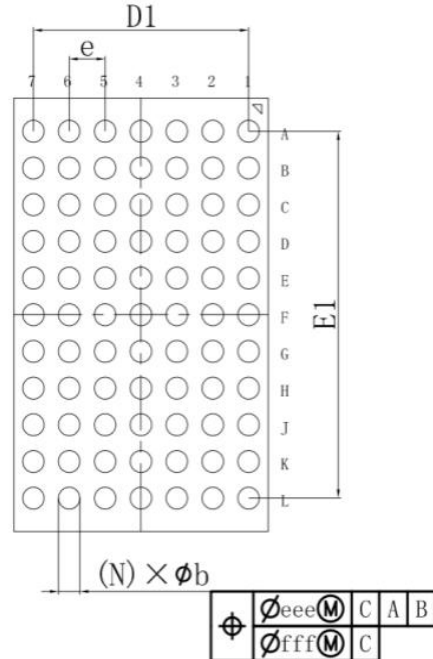
20. 封装信息

封装形式: BGA(9mm×15mm×3.5mm)

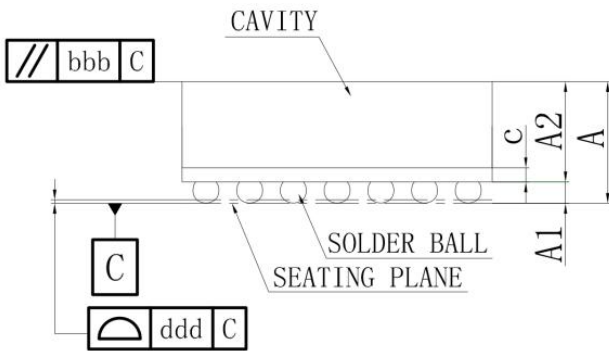
封装等级: MSL3



顶视图



底视图



侧视图

符号	尺寸(mm)		
	最小值	典型值	最大值
A	3.380	3.530	3.680
A1	0.570	0.620	0.670
A2	2.810	2.910	3.010
c	0.360	0.410	0.460
D	8.900	9.000	9.100
E	14.900	15.000	15.100
D1	-	7.620	-
E1	-	12.700	-
e	-	1.270	-
b	0.710	0.760	0.810
aaa	0.100		
bbb	0.100		
ddd	0.100		
eee	0.150		
fff	0.080		
N	77		
MD/ME	7/11		

图 32 GC4644S 封装尺寸图

21. 订购信息

物料编号	温度范围	等级类型	锡球成分	封装
GC4644S-B77I	-40℃ ~ 85℃	工业级	PbSn37	BGA77
GC4644S-B77A	-40℃ ~ 125℃	宽温级	PbSn37	BGA77
GC4644S-B77J	-55℃ ~ 125℃	军温级	PbSn37	BGA77
GC4644N: 更具性价比的国产四路微模块电源 https://www.chiphelps.com/product/productDetails/GC4644N GC4644T: 更轻更薄的单路4A,四路16A的国产四路微模块电源 https://www.chiphelps.com/product/productDetails/GC4644T				

22. 4644系列选型表

系列型号	通道	输入电压范围	输出电压范围	输出电流	控制器数量	质量等级	封装尺寸	产品状态
GC4644N	4	4V~20V	0.6V~5.5V	单路4A 并联16A	4	工业级 宽温级	BGA77 (9mmx15mmx5.01mm)	量产
GC4644T	4	4V~20V	0.6V~5.5V	单路4A 并联16A	2	工业级 宽温级 军温级	BGA77 (9mmx15mmx2.5mm)	量产
GC4644S	4	4V~20V	0.6V~5.5V	单路5A 并联20A	2	工业级 宽温级 军温级	BGA77 (9mmx15mmx3.5mm)	量产

23. 说明

如欲了解更多的产品及公司信息，请联系公司办公室人员或登录公司网站：

联系电话：021-33885531

网址：<https://mall.ichelps.com/>

24. 本文档中的信息如有变更，恕不另行通知



请使用微信扫码进入
芯片助手ICHELPS小程序

查资料 查替代 查库存 查价格

招募中国区各省代理，联系电话：021-33885531