

**HDG100S12SH DC-DC 电源模块**

# 技术手册

发布日期 2022-04-22

# 前言

## 概述

本文档详细的描述了HDG100S12SH电源模块的电气规格、推荐电路、引脚描述和应用、散热要求、二次组装和存储要求等。

本文图片仅供参考，具体结构以实物为准。





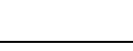
## 读者对象

本文档主要适用于以下人员：

- 销售人员
- 硬件工程师
- 软件工程师
- 系统工程师
- 技术支持工程师

## 符号约定

在本文中可能出现下列标志，它们所代表的含义如下。

符号	说明
 危险	表示如不可避免则将会导致死亡或严重伤害的具有高等级风险的危害。
 警告	表示如不可避免则可能导致死亡或严重伤害的具有中等级风险的危害。
 注意	表示如不可避免则可能导致轻微或中度伤害的具有低等级风险的危害。
 须知	用于传递设备或环境安全警示信息。如不可避免则可能会导致设备损坏、数据丢失、设备性能降低或其它不可预知的结果。 “须知”不涉及人身伤害。
 说明	对正文中重点信息的补充说明。 “说明”不是安全警示信息，不涉及人身、设备及环境伤害信息。

## 修改记录

修改记录累积了每次文档更新的说明。最新版本的文档包含以前所有文档版本的更新内容。

### 文档版本 01 ( 2022-04-22 )

第一次正式发布版本。

# 目录

前言.....	ii
<b>1 安全注意事项.....</b>	<b>1</b>
1.1 通用安全.....	1
1.2 人员要求.....	3
1.3 电气安全.....	3
<b>2 产品概述.....</b>	<b>4</b>
<b>3 电气特性.....</b>	<b>5</b>
3.1 绝对最大额定值.....	5
3.2 输入特性.....	5
3.3 输出特性.....	6
3.4 保护特性.....	7
3.5 效率特性.....	9
3.6 动态特性.....	9
3.7 绝缘特性.....	10
3.8 并机特性.....	10
<b>4 推荐电路.....</b>	<b>12</b>
4.1 应用电路.....	12
4.2 EMC 电路.....	14
<b>5 结构概述.....</b>	<b>16</b>
5.1 封装尺寸.....	16
5.2 引脚分布.....	17
5.3 引脚应用.....	18
5.3.1 CNT 引脚.....	18
5.3.2 PG 引脚.....	19
5.3.3 AUX 引脚.....	20
5.3.4 PC 引脚.....	21
5.3.5 SYNC 脚.....	21
<b>6 特性曲线.....</b>	<b>23</b>
<b>7 典型波形.....</b>	<b>25</b>
7.1 开机与关机.....	25

7.2 输出电压动态响应.....	26
7.3 纹波.....	26
<b>8 通信协议.....</b>	<b>28</b>
8.1 数据链路层协议.....	28
8.1.1 通讯地址.....	28
8.1.2 SCL/SDA.....	29
8.1.3 数据传输方式.....	30
8.2 网络层协议.....	31
8.2.1 从设备寻址方式.....	31
8.2.2 数据校验.....	31
8.2.3 数据传输.....	31
8.3 应用层协议.....	31
8.3.1 数据格式.....	31
8.3.2 通信命令.....	32
8.3.3 命令描述.....	33
8.3.4 检测精度.....	35
<b>9 散热要求.....</b>	<b>36</b>
<b>10 二次组装.....</b>	<b>38</b>
<b>11 存储要求.....</b>	<b>39</b>
<b>12 产品包装.....</b>	<b>40</b>
<b>A EMC.....</b>	<b>41</b>
<b>B 可靠性.....</b>	<b>42</b>

# 1 安全注意事项

## 1.1 通用安全

### 声明

在安装、操作和维护设备时，请先阅读本手册，并遵循设备上标识及手册中所有安全注意事项。

手册中提到的事项，并不代表所应遵守的所有安全事项，只作为所有安全注意事项的补充。本公司不承担任何因违反通用安全操作要求或违反设计、生产和使用设备安全标准而造成的责任。

本电源模块应在符合设计规格要求的环境下使用，否则可能造成电源模块故障，由此引发的电源模块功能异常、部件损坏、人身安全事故或财产损失等不在电源模块质量保证范围之内。

安装、操作和维护电源模块时应遵守当地法律法规和规范。手册中的安全注意事项仅作为当地法律法规和规范的补充。

发生以下任一情况时，本公司不承担责任。

- 虽然设备已经过安全性和兼容性测试，但从电子设备发射的射频和磁场可能对其他电子设备的操作造成负面影响，从而可能会影响植入式医疗设备或个人医用设备的正常工作，如起搏器、植入耳蜗、助听器等。若您使用了这些医用设备，请向其制造商咨询本设备的限制条件。
- 不在本手册说明的使用条件中运行。
- 安装和使用环境超出相关国际或国家标准中的规定。
- 未经授权擅自拆卸、更改产品或者修改软件代码。
- 未按产品及文档中的操作说明及安全警告操作。
- 非正常自然环境（不可抗力，如地震、火灾、暴风等）引起的设备损坏。
- 客户自行运输导致的运输损坏。
- 存储条件不满足产品文档要求引起的损坏。
- 请勿跌落、挤压或刺穿电源模块。避免让产品遭受外部大的压力，从而导致电源模块内部短路和过热。

- 请勿拆解、改装产品或向电源模块中插入异物，请勿将产品浸入水或其它液体中，以免引起产品短路、过热、起火或造成触电危险。
- 请在规格书规定的温度范围内使用本产品和存放本产品。
- 请勿将电源模块暴露在高温处或发热产品的周围，如日照、取暖器、微波炉、烤箱或热水器等。
- 如果电源模块外观有破损、开裂、进水等情况，请停止使用。继续使用可能会导致触电、短路、起火等危险。
- 请按当地规定处理设备，不可将电源模块作为生活垃圾处理。请遵守本电源模块及其附件处理的本地法令，并支持回收行动。
- 请保持电源模块干燥。请勿在多灰、潮湿的地方使用电源模块，以免引起电源模块故障。请勿对电源模块进行泼水。电源模块应远离火源，不能对电源模块点火。
- 人手潮湿的时候请不要操作模块，这样会导致触电危险。

## 常规要求

---

### 危险

- 在设备上执行作业前，应关断电源，以防止因带电操作发生意外。
- 切勿改装或维修本产品。
- 由于内部有高压，切勿打开本产品。
- 谨慎防止任何异物进入壳体。
- 切勿在冷凝的区域使用本产品（如在冷凝环境中使用，需对模块进行绝缘处理，如喷涂三防漆等，以防止模块内部及引脚之间短路）。
- 电源接通时及刚刚关断后，切勿触碰。灼热的表面可能造成烫伤。
- 禁止使用经过跌落、撞击等大机械应力后的电源模块。
- 本电源模块应由具有相关资质的人员安装和操作。
- 如果安装或运行过程中发生损坏或故障，立即关断电源，并将产品返回厂家检验或维修。
- 严格遵守当地规范，确保接线正确。
- 本电源模块使用过程中不允许冷凝或结霜（如在冷凝环境中使用，需对模块进行绝缘处理，如喷涂三防漆等，以防止模块内部及引脚之间短路）。
- 本电源模块运行时，切勿超环境温度或基板温度范围使用。

---

## 人身安全

- 请勿改装、拆解或取下产品外壳。
- 在电源模块操作过程中，如发现可能导致人身伤害或电源模块损坏的故障时，应立即终止操作，向负责人进行报告，并采取行之有效的保护措施。
- 电源模块未完成安装或未经专业人员确认，请勿给电源模块上电。

## 1.2 人员要求

- 负责安装、操作和维护电源模块的人员，必须先经严格培训，了解各种安全注意事项，掌握正确的操作方法。
- 电源模块的安装、操作和维护过程中，不允许撞件或跌落。
- 在电源模块的二次组装过程中，禁止引入导电异物。

## 1.3 电气安全

### 操作要求



#### 警告

不按操作规程操作，可能会造成人身伤害，甚至危及人的生命。

---

- 安装、拆除电源模块之前，必须先断开电源模块前级供电电源。
- 接通电源模块之前，必须确保电源模块接线已连接正确。
- 若电源模块有多路输入，应断开电源模块所有输入，待电源模块完全下电后方可对电源模块进行操作。
- 操作必须由取得专业资格的人员进行，以防触电。
- 电源模块在电气连接之前，如可能碰到带电部件，必须断开电源模块前级供电电源。
- 切勿打开、改装或维修本产品。
- 禁止裸手操作电源模块，以免导致触电危险。
- 如果安装或运行过程中发生损坏或故障，立即关断电源，并将产品返回厂家检验或维修。
- 遇到紧急情况时，立即切断电源。

### 防静电要求

- 安装、操作和维护电源模块时，请遵守静电防护规范，应穿防静电工作服，佩戴防静电手套和腕带。
- 手持电源模块时，必须持电源模块边缘不含元器件的部位，禁止用手触摸元器件。
- 拆卸下来的电源模块必须用防静电包材进行包装后，方可储存或运输。
- 满足ESD国际标准IEC61340-5-1或ANSI/ESD S20.20要求。



# 2 产品概述



## 产品描述

HDG100S12SH是采用新一代工业级标准的半砖结构、高功率密度的隔离型DC-DC模块，为用户提供额定输出电压12.2V DC，最大输出电流98.3A。支持宽范围360V DC~400V DC直流电压输入、支持最多8个电源模块并机。

## 型号说明

HDG	100	S	12	S	H
1	2	3	4	5	6

- 1 — 378V DC输入、灌胶模块
- 2 — 输出电流：98.3A
- 3 — 单路输出
- 4 — 输出电压：12.2V DC
- 5 — 标准尺寸
- 6 — 半砖

## 特点

- 峰值效率：96.5% ( $T_C=25^{\circ}\text{C}$ )
- 长×宽×高：63.0mm×61.0mm×13.0mm (2.48in.×2.40in.×0.51in.)
- 重量：≤200g
- 输入欠压保护（自恢复）、输入过压保护（自恢复）、输出过流保护（打嗝后锁死）、输出短路保护（打嗝后锁死）、输出过压保护（打嗝后锁死）、输出欠压保护（自恢复）、过温保护（自恢复）
- 通信协议：PMBus
- 支持CNT远程开关机
- 符合EN 60950-1、UL 60950-1、IEC 60950-1、EN 62368-1、UL 62368-1、IEC 62368-1和CSA C22.2 NO. 60950-1标准
- 符合RoHS6标准

## 应用

- 工业设备

# 3 电气特性

## 3.1 绝对最大额定值

项目	最小值	典型值	最大值	单位	说明
输入电压	360	378	400	V DC	当 $V_{in}=425V$ DC~ $450V$ DC时, 电源模块可以不工作, 但不能失效
基板温度 ( $T_C$ )	-40	25	100	°C	详见 <a href="#">输出功率与基板温度降额曲线</a>
存储温度 ( $T_{str}$ )	-40	25	100	°C	-
工作湿度	5	-	95	%RH	无冷凝
海拔	-60	-	5000	m	在1800m~5000m环境下高温降额, 海拔高度每升高220m, 基板温度降低1°C。

### 说明

- 在超过绝对最大额定值使用电源模块可能会对其造成永久性损坏。
- $T_C$ : 基板温度;  $T_{str}$ : 存储温度

## 3.2 输入特性

测试条件:  $T_C=25^\circ\text{C}$ ,  $V_{in}=378V$  DC,  $V_{out}=12.2V$  DC,  $I_{out}=82A$ , 除非另有说明。

项目	最小值	典型值	最大值	单位	说明
额定输入电压	-	378	-	V DC	-
典型输入电压	360	-	400	V DC	输入电压变化斜率 $\leq 2.5V$ DC/ms
瞬态输入电压	320	-	420	V DC	
瞬态输入电压工作时间	30	-	-	ms	详见 <a href="#">输入电压跌落瞬态带载能力</a>
输入电流	-	-	5	A	$V_{in}=360V$ DC, $P_{out}=1200W$
直流反射纹波	-	-	10%	-	$V_{in}=378V$ DC, $P_{out}=1200W$
空载输入功率	-	10	30	W	$T_C=25^\circ C$ , $V_{in}=378V$ DC
输入冲击电流	-	-	-	A	符合ETSI EN 300 132-3标准

### 3.3 输出特性

测试条件： $T_C=25^\circ C$ ,  $V_{in}=378V$  DC,  $V_{out}=12.2V$  DC,  $I_{out}=82A$ , 除非另有说明。

项目	最小值	典型值	最大值	单位	说明
整定电压	12.078	12.200	12.322	V DC	$T_C=25^\circ C$ , $V_{in}=378V$ DC, $I_{out}=50\%$
输出电压范围	11.6	-	12.6	V DC	全输入电压、全负载范围
额定功率	-	1000	-	W	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>T_C \leq 55^\circ C</math>, <math>V_{in}=378V</math> DC, <math>I_{out}=1000W/12.2V</math> DC</li> <li><math>T_C &gt; 55^\circ C</math> 降额数据, 详见<a href="#">输出功率与基板温度降额曲线</a></li> </ul>
峰值功率	-	-	1200	W	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>T_C \leq 55^\circ C</math>, <math>V_{in}=378V</math> DC, <math>I_{out}=1200W/12.2V</math> DC</li> <li><math>T_C &gt; 55^\circ C</math> 降额数据, 详见<a href="#">输出功率与基板温度降额曲线</a></li> </ul>
额定电流	-	82	-	A	$V_{out}=12.2V$ DC, $I_{out}=1000W/V_{out}$
峰值电流	-	-	98.3	A	$V_{out}=12.2V$ DC, $I_{out}=1200W/V_{out}$
稳压精度	-2%	-	2%	-	$360V$ DC $\leq V_{in} \leq 400V$ DC, $I_{out} \geq 1A$
源调整率	-1%	-	1%	-	-
负载调整率	-1%	-	1%	-	$I_{out} \geq 1A$

项目	最小值	典型值	最大值	单位	说明
温飘系数	-0.02%/°C	-	0.02%/°C	-	-
输出电压纹波和噪声（峰峰值） 示波器带宽： 20MHz	-	-	120	mV	-5°C≤T <sub>C</sub> ≤55°C且I <sub>out</sub> ≥1A， V <sub>in</sub> =360V DC~400V DC， V <sub>out</sub> =12.2V DC，热机状态下，输出端使用同轴线缆，在探头测试端并联1个10μF陶瓷电容或电解电容和1个0.1μF瓷片电容，详见图4-1
	-	-	240	mV	V <sub>in</sub> =360V DC~400V DC， V <sub>out</sub> =12.2V DC <ul style="list-style-type: none"> <li>-5°C≤T<sub>C</sub>≤55°C且I<sub>out</sub>≤1A</li> <li>-40°C≤T<sub>C</sub>&lt;-5°C或55°C≤T<sub>C</sub>≤100°C</li> </ul> 热机状态下，输出端使用同轴线缆，在探头测试端并联1个10μF陶瓷电容或电解电容和1个0.1μF瓷片电容，详见图4-1
开机延迟时间	-	-	1	s	单个电源模块
容性负载	4000	-	15000	μF	单个电源模块
输出电压上升时间	-	-	100	ms	单个电源模块
开关机过冲	-	-	5	%	-
噪声	-	-	45	dB	-5°C≤T <sub>C</sub> <55°C，I <sub>out</sub> ≥1A

### 3.4 保护特性

测试条件：T<sub>C</sub>=25°C，V<sub>in</sub>=378V DC，V<sub>out</sub>=12.2V DC，I<sub>out</sub>=82A，除非另有说明。

表 3-1 输入保护规格

项目	最小值	典型值	最大值	单位	说明
输入欠压保护	-	-	-	-	自恢复
保护点	-	-	320	V DC	-
恢复点	-	-	355	V DC	-
回差	5	-	-	V DC	-

项目	最小值	典型值	最大值	单位	说明
输入过压保护	-	-	-	-	自恢复
保护点	420	-	-	V DC	-
恢复点	405	-	-	V DC	-
回差	5	-	-	V DC	-

表 3-2 输出保护规格

项目	最小值	典型值	最大值	单位	说明
输出过压保护	13.5	-	15.5	V DC	<p>触发过压保护，电源模块打嗝5次后，输出锁死（每10s打嗝一次，5分钟内触发6次过压保护），可通过CNT、电源模块断电、输入欠压或PMBus通讯解锁</p> <p><b>说明</b> 当电源模块因异常工作导致输出电压超出稳压精度但无法达到过压保护点时，电源模块将工作在恒压模式。</p>
输出欠压保护	-	-	11.3	V DC	自恢复
输出过流保护	110	-	-	A	<p>触发过流保护，电源模块打嗝5次后，输出锁死（每10s打嗝一次，5分钟内触发6次过流保护），可通过CNT、电源模块断电、输入欠压或PMBus通讯解锁</p>
输出短路保护	-	-	-	-	<p>触发短路保护，电源模块打嗝5次后，输出锁死（每10s打嗝一次，5分钟内触发6次短路保护），可通过CNT、电源模块断电、输入欠压或PMBus通讯解锁</p>
过温保护	-	-	-	-	自恢复
内部温度	110	-	-	°C	
回差	5	-	-	°C	

## 保护特性介绍

- 输入欠压保护**  
 当输入电压低于欠压保护点时，电源模块关闭。当输入电压达到输入欠压恢复点时，电源模块重新开始工作，回差值参见**输入保护规格**。
- 输入过压保护**  
 当输入电压高于过压保护点时，电源模块关闭。当输入电压达到输入过压恢复点时，电源模块重新开始工作，回差值参见**输入保护规格**。
- 输出过压保护**

当输出电压超过输出过压保护点时，电源模块进入打嗝模式（（每10s打嗝一次，5分钟内触发6次过压保护后锁死），可通过CNT、电源模块断电、输入欠压或PMBus通讯解锁）。当故障消除后，电源模块将恢复输出，参见**输出保护规格**。

- **输出欠压保护**

当输出电压低于输出欠压保护点时，电源模块进入打嗝保护模式。当故障消除后，电源模块将恢复输出，参见**输出保护规格**。

- **输出过流保护**

电源模块能提供过流或短路保护。如果输出电流超过输出过流保护设定点，电源模块进入打嗝模式（（每10s打嗝一次，5分钟内触发6次过流保护后锁死），可通过CNT、电源模块断电、输入欠压或PMBus通讯解锁）。当故障消除后，电源模块将恢复输出，参见**输出保护规格**。

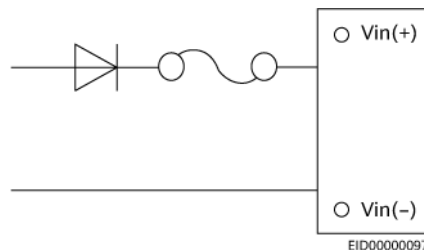
- **过温保护**

电源模块配备热敏电阻，检测电源模块的热点温度，避免高温损坏。当温度超过过温保护点时，输出将关闭。当检测到感应位置的温度下降到过温保护恢复点时，电源模块重新启动，回差值参见**输出保护规格**。

- **反极性保护电路**

电源模块的安装和布线时，可能有输入电压接反的情况发生，需要电源模块的应用电路具有防反接保护。

图 3-1 反极性保护电路



**说明**

电源模块的反极性保护电路需在电源模块外部配置，电源模块内部无反极性保护电路。

## 3.5 效率特性

测试条件： $T_c=25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{in}=378\text{V DC}$ ， $V_{out}=12.2\text{V DC}$ ，除非另有说明。

项目	最小值	典型值	最大值	单位	说明
峰值效率	-	96.5%	-	-	-
满载效率	94.5%	95.0%	-	-	100%负载

## 3.6 动态特性

测试条件： $T_c=25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{in}=378\text{V DC}$ ， $V_{out}=12.2\text{V DC}$ ，除非另有说明。

项目	最小值	典型值	最大值	单位	说明
输出瞬态响应过冲	-	-	5%	-	电流变化率: 0.5A/ $\mu$ s, t=2ms~2ms~2ms, 负载: 25%~50%~25%, 50%~75%~50%
	-	-	10%	-	电流变化率: 0.5A/ $\mu$ s, t=2ms~2ms~2ms, 负载: 10%~90%~10%
输出瞬态响应恢复时间	-	-	200	$\mu$ s	电流变化率: 0.5A/ $\mu$ s, t=2ms~2ms~2ms, 负载: 25%~50%~25%, 50%~75%~50%

### 3.7 绝缘特性

表 3-3 绝缘强度

项目	最小值	典型值	最大值	单位	说明
输入对输出	-	-	4242	V DC	外壳接地
输入对基板	-	-	2500	V DC	

表 3-4 绝缘阻抗

项目	最小值	典型值	最大值	单位	说明
输入对输出	100	-	-	M $\Omega$	正常大气压, $V_{in}$ =500V DC, 相对湿度<90%, 无冷凝。
输入对基板	100	-	-	M $\Omega$	

### 3.8 并机特性

#### 并机均流

项目	最小值	典型值	最大值	单位	说明
并机数量	-	-	8	PCS	-

项目	最小值	典型值	最大值	单位	说明
均流不平衡度	-	-	5%	-	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>V_{in}=360V</math> DC~<math>400V</math> DC, <math>I_{out}=50\%\sim 100\%</math> (单个电源模块输出电流)</li> <li>均流动态不掉电, 电流变化率: <math>0.5A/\mu s</math>, <math>t=2ms\sim 2ms\sim 2ms</math>, 负载: <math>20\%\sim 90\%\sim 20\%</math></li> </ul>

### 说明

- 并机支持N+X (N: 长期工作电源模块数量, X: 备份电源模块数量,  $N+X\leq 8$ ,  $X\geq 1$ ), 最大额定功率:  $NkW$ 。
- 1+1冗余并机场景: 启机时序参照单机场景。
- N+X并机场景: 最大带N倍载启机。启机时序: 多并机场景下待所有电源模块输入上电后, 各个电源模块发出SYNC信号到SYNC总线进行逻辑处理, SYNC信号总线获取同步启机信号送至各个电源模块, 当所有电源模块接收到SYNC信号总线信号后进行同步启机, 收到同步启机信号后, 电源模块在5s内完成。由于各电源模块上电时序依赖于前级电源系统的供电时序, 因此在未收到同步启机信号前时序不考核, 具体应用详见[5.3.5 SYNC脚](#)。
- 多并机同步起机, 若电源模块出现CNT关机命令时, 该电源模块的同步信号主动退出同步总线, 不能影响其它电源模块启机。

## 并机供电输出

项目	最小值	典型值	最大值	单位	备注
并机多倍载启机母排电压	-	12.0	-	V DC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 并机场景 (N+1 (<math>N\leq 7</math>)), 多倍载启机进入稳态后母排电压需考虑后级滤波电路及故障隔离电路压降, 典型参考电压: <math>12V</math> DC。</li> </ul>
故障模式母排电压	11.4	-	-	V DC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 并机场景 (N+1 (<math>N\leq 7</math>)), 其中任意一路电源模块故障 (输入掉电、输入线插拔、输入欠压、输入过压、过温, 输出慢过压或短路), 母排电压不能低于<math>11.4V</math> DC或低于<math>11.4V</math> DC但不低于<math>11.0V</math> DC的时间不能超过<math>100\mu s</math>。</li> </ul> <p><b>说明</b> N+1均流场景下总负载不大于N倍单台额定负载。</p>



# 4 推荐电路

## 4.1 应用电路

图 4-1 应用电路图

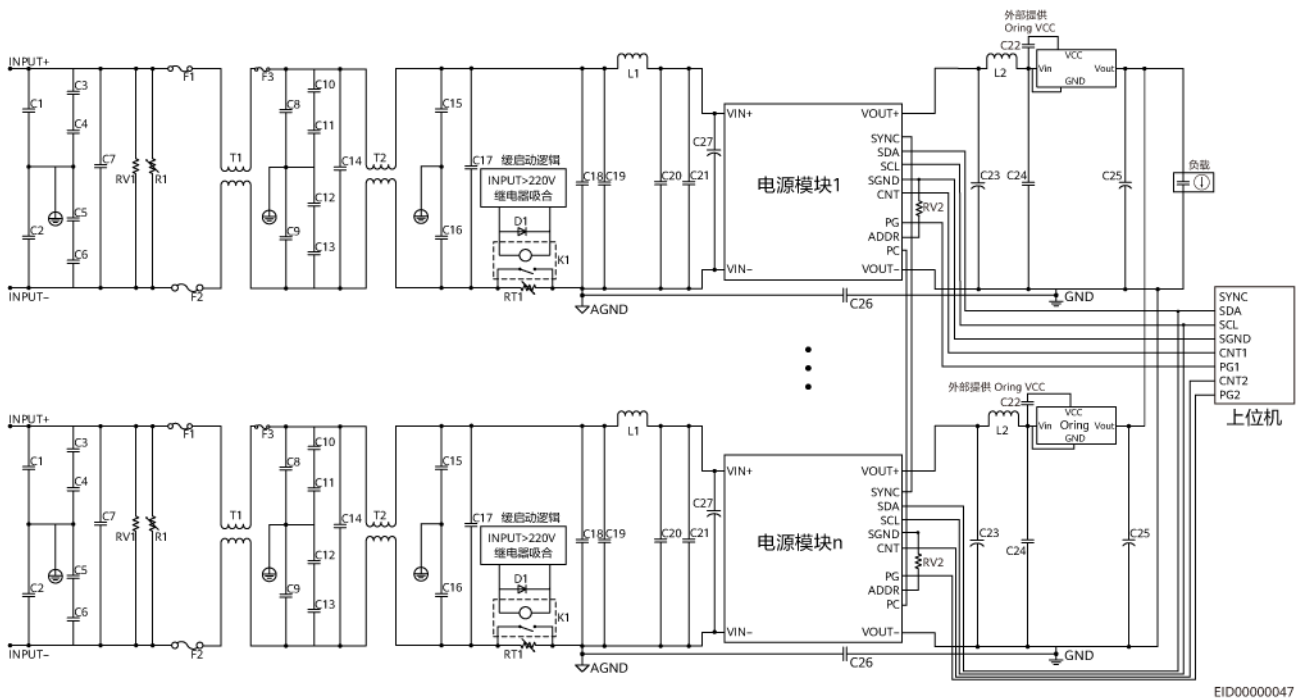


表 4-1 推荐器件参数 (1)

位号	名称	参数
C1、C2	插装陶瓷Y2电容	300V~1nF~10%
C3、C4、C5、C6、 C10、C11、C12、C13	贴片陶瓷Y电容	250V~1nF~10%
C7、C14	薄膜X电容	305V~1.5μF~20%

位号	名称	参数
F1、F2	慢熔保险管	400V~10A~0.0057Ω~490A@5s
F3	保险管套件（快熔断）	250V ~12.5A~0.008Ω~170A@2s
R1	贴片电阻器	200kΩ~0.25W~1%（由四颗推荐型号电阻串联）
RV1、RV2	压敏电阻器	620V~385V~12,000A~1025V
C8、C9、C15、C16	插装陶瓷Y电容	300V~0.0047μF~20%
T1、T2	共模滤波电感	220V AC/10A~3.5mH~非晶磁材
C17	薄膜X电容	275V~0.33μF~10%
RT1	缓起电阻	50Ω~PTC~DIP
D1	开关二极管	200V~200mA~1.25V~50ns
K1	电磁继电器	12V DC ~720Ω~1A~250V AC/30V DC~8A
C19、C21	薄膜电容	450V~1.5μF~10%（由2颗推荐型号电容并联）
C18、C20	陶瓷电容器	630V~47nF~10%（由5颗推荐型号电容并联）
L1	高频电感器	1.5μH~10A
C22、C24	陶瓷电容器	25V~100μF~20%（由5颗推荐型号电容并联，单颗陶瓷电容的ESR≤1mΩ，100kHz）
C23	固态电容	16V~1200μF~20%（由4颗推荐型号电容并联，单颗陶瓷电容的ESR≤5mΩ，100kHz）
C25	固态电容	16V~1200μF~20%（由4颗推荐型号电容并联，单颗陶瓷电容的ESR≤5mΩ，100kHz）
C26	原副边Y电容	300V~4.7nF~20%（由2颗推荐型号电容串联）
C27	母线电解电容	450V~68μF~20%（由4颗推荐型号电容并联）
L2（可选）	高频电感器	L≤0.4±0.1μH ~220A

表 4-2 推荐器件参数（2）

位号	名称	参数
C22、C24	陶瓷电容器	25V~100μF~20%（由5颗推荐型号电容并联，单颗陶瓷电容的ESR≤1mΩ，100kHz）
C23	固态电容	16V~1200μF~20%（由5颗推荐型号电容并联，单颗陶瓷电容的ESR≤5mΩ，100kHz）
C25	固态电容	16V~1200μF~20%（由4颗推荐型号电容并联，单颗陶瓷电容的ESR≤5mΩ，100kHz）

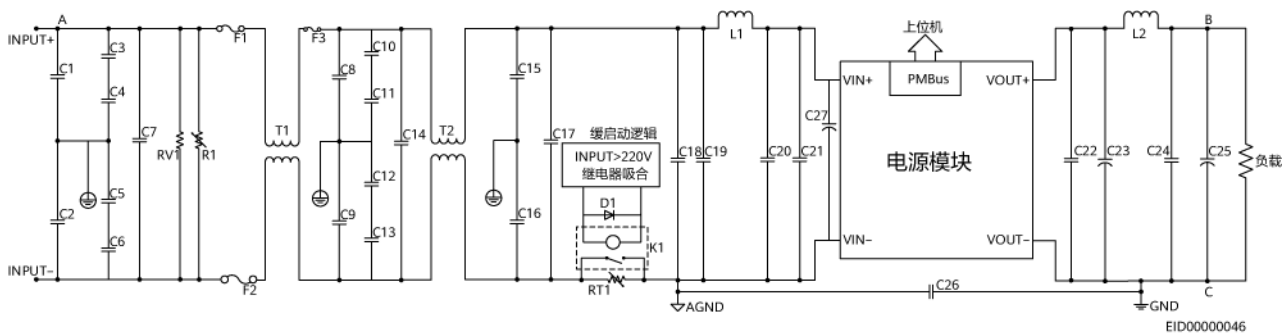
位号	名称	参数
L2 (可选)	高频电感器	$L \leq 0.4\mu\text{H} \pm 0.1\mu\text{H} \sim 220\text{A}$

### 说明

- 并机场景下，最大可并联8个电源模块。
- 电源模块外壳需保证可靠接地。无论外壳是否连接PE，外壳都需要连接输出地。
- 输出滤波电路主要由C22~C25构成。选取低ESR的铝电解电容也有助于减小纹波。在低温环境下使用时，需选取高性能输出电容（容量和ESR受温度影响小）。电路原理图详见图4-2。
- 在 $-40^\circ\text{C} \leq T_c < -5^\circ\text{C}$ 或 $55^\circ\text{C} < T_c \leq 100^\circ\text{C}$ 场景下，若在保证纹波满足240mV规格要求，参照表4-2参数设计滤波电路。

## 4.2 EMC 电路

图 4-2 EMC 电路图



### 说明

- 验收标准参考附录A EMC。
- 电源模块内部无保险丝。为满足安全要求，建议选用7A的保险丝（快熔型）。
- 防护电路、EMI滤波器靠近端口放置。
- EMI滤波器采用“一”字型布局，前后级电感保持一定距离，电源模块和滤波器分腔屏蔽，避免耦合。
- 电容放置在功率电流流经的线路上，电容走线不宜过长，防止旁路耦合。
- 防护器件接地布线要短，泄放螺钉靠近防护器件放置。
- 电源模块基板保证可靠接地。
- 电源模块需要配合电源系统测试，以通过EMC标准。

表 4-3 推荐器件参数

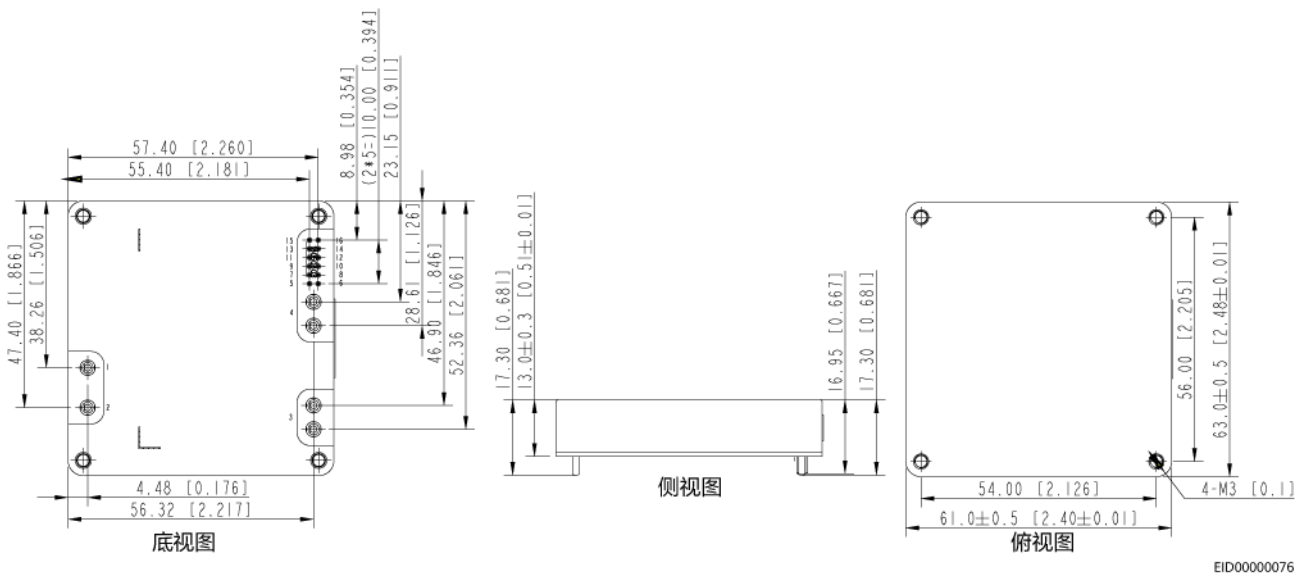
位号	名称	参数
C1、C2	插装陶瓷Y2电容	300V~1nF~10%
C3、C4、C5、C6、C10、C11、C12、C13	贴片陶瓷Y电容	250V~1nF~10%

位号	名称	参数
C7、C14	薄膜X电容	305V~1.5 $\mu$ F~20%
F1、F2	慢熔保险管	400V~10A~0.0057 $\Omega$ ~490A@5s
F3	保险管套件（快熔断）	250V ~12.5A~0.008 $\Omega$ ~170A@2s
R1	贴片电阻器	200k $\Omega$ ~0.25W~1%（由四颗推荐型号电阻串联）
RV1	压敏电阻器	620V~385V~12,000A~1025V
C8、C9、C15、C16	插装陶瓷Y电容	300V~0.0047 $\mu$ F~20%
T1、T2	共模滤波电感	220V AC/10A~3.5mH~非晶磁材
C17	薄膜X电容	275V~0.33 $\mu$ F~10%
RT1	缓起电阻	50 $\Omega$ ~PTC~DIP
D1	开关二极管	200V~200mA~1.25V~50ns
K1	电磁继电器	12V DC ~720 $\Omega$ ~1A~250V AC/30V DC~8A
C19、C21	薄膜电容	450V~1.5 $\mu$ F~10%（由2颗推荐型号电容并联）
C18、C20	陶瓷电容器	630V~47nF~10%（由5颗推荐型号电容并联）
L1	高频电感器	1.5 $\mu$ H~10A
C22、C24	陶瓷电容器	25V~100 $\mu$ F（由5颗推荐型号电容并联，单颗陶瓷电容的ESR $\leq$ 1m $\Omega$ ，100kHz）
C23	固态电容	16V~1200 $\mu$ F（由4颗推荐型号电容并联，单颗陶瓷电容的ESR $\leq$ 5m $\Omega$ ，100kHz）
C25	固态电容	16V~1200 $\mu$ F，单颗陶瓷电容的ESR $\leq$ 5m $\Omega$ ，100kHz
C26	原副边Y电容	300V~4.7nF（由2颗推荐型号电容串联）
C27	母线电解电容	450V~68 $\mu$ F（由4颗推荐型号电容并联）
L2（可选）	高频电感器	L $\leq$ 0.12 $\mu$ H，100A

# 5 结构概述

## 5.1 封装尺寸

图 5-1 封装尺寸



EID00000076

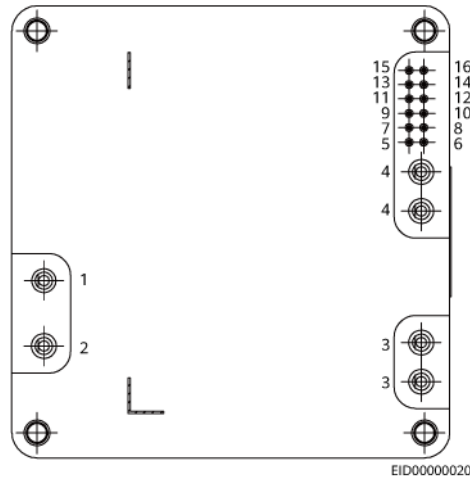
### 说明

公差尺寸信息:

1. 单位: mm [in.]; 公差:  $x.x \pm 0.5\text{mm}$  [ $x.xx \pm 0.02\text{in.}$ ];  $x.xx \pm 0.25\text{mm}$  [ $x.xxx \pm 0.010\text{in.}$ ]
2. 引脚1~引脚4的直径:  $1.50 \pm 0.05\text{mm}$  [ $0.059 \pm 0.002\text{in.}$ ], 凸台的直径:  $2.50 \pm 0.05\text{mm}$  [ $0.098 \pm 0.002\text{in.}$ ]
3. 引脚5~引脚16的直径为:  $0.50 \pm 0.05\text{mm}$  [ $0.019 \pm 0.002\text{in.}$ ]

## 5.2 引脚分布

图 5-2 引脚分布



### 说明

电源模块在使用过程中其各个引脚电压均不能超过如表5-1所规定的值，若超过下表数值，可能导致电源模块损坏。

表 5-1 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	功能描述	绝对耐压值
1	$V_{in} (+)$	输入正极引脚 (+)	0V DC~420V DC ( 420V DC@10ms ) ; 以 $V_{in} (-)$ 为参考
2	$V_{in} (-)$	输入负极引脚 (-)	-
3	$V_o (+)$	输出正极引脚 (+)	0V DC~13.5V DC; 以SGND为参考
4	$V_o (-)$	输出负极引脚 (-)	-
5	PC	并机连接引脚，应用方法参见5.3.4 PC引脚	-0.3V DC~3.6V DC; 以SGND为参考
6	AUX (+)	辅助电源输出正极引脚 (+)，应用方法参见5.3.3 AUX引脚	0V DC~13V DC; 以SGND为参考
7	ADDR0	通讯地址1，应用方法参见8.1.1 通讯地址	-0.3V DC~3.6V DC; 以SGND为参考
8	ADDR1	通讯地址2，应用方法参见8.1.1 通讯地址	-0.3V DC~3.6V DC; 以SGND为参考
9	CNT	开机或关机引脚，应用方法参见5.3.1 CNT引脚	-0.3V DC~3.6V DC; 以SGND为参考

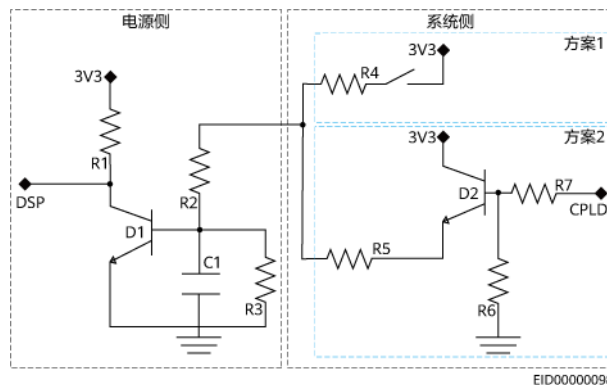
引脚编号	引脚名称	功能描述	绝对耐压值
10	SGND	信号地	-
11	PG	电源模块输出正常信号引脚，应用方法参见5.3.2 PG 引脚	-0.3V DC~3.6V DC；以SGND为参考
12	SGND	信号地	-
13	SDA	PMBus通讯数据线，应用方法参见8.1.2 SCL/SDA	-0.3V DC~3.6V DC；以SGND为参考
14	SCL	PMBus通讯时钟线，应用方法参见8.1.2 SCL/SDA	-0.3V DC~3.6V DC；以SGND为参考
15	SYNC	均流同步信号引脚，应用方法参见5.3.5 SYNC脚	-0.3V DC~3.6V DC；以SGND为参考
16	NC	-	-

## 5.3 引脚应用

### 5.3.1 CNT 引脚

电源模块输出可通过CNT信号开机或关机。

图 5-3 推荐 CNT 引脚控制方式



位号	名称	参数
R1、R2、R7	贴片电阻器	0.0625W~5110Ω~1%
R3、R6	贴片电阻器	0.0625W~10000Ω~1%
R4、R5	贴片电阻器	0.1W~1000Ω~1% ( R4、R5阻值≤1000Ω且保证外部3V3灌电流≤4mA )
C1	贴片陶瓷电容	16V~100nF~10%

位号	名称	参数
D1、D2	三极管	NPN~40V~1000mA~300mW@1A

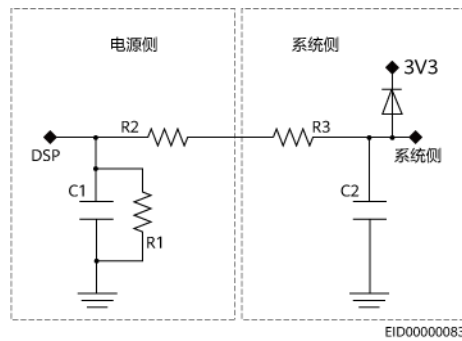
表 5-2 CNT 引脚控制方式

项目	状态	最小值	典型值	最大值	单位	说明
CNT电压低电平	开机	-0.3	-	0.4	V DC	负逻辑
CNT电压高电平	关机	2.4	-	3.6	V DC	-
关机信号脉宽		200	-	-	ms	-
开机信号脉宽		-	-	5	s	-

### 5.3.2 PG 引脚

PG信号为电源模块输出正常信号，外围需要增加RC滤波电路。

图 5-4 推荐 PG 引脚控制方式



位号	名称	参数
R1	贴片电阻	0.0625W~100kΩ~1%
R2	贴片电阻	0.0625W~100Ω~1%
R3	贴片电阻	0.1W~33Ω~1%
C1	贴片陶瓷电容	16V ~100pF~5%
C2	贴片陶瓷电容	16V ~100nF~10%
D1	瞬态抑制二极管	6V~12.5V ~300W~12A



项目	状态	最小值	典型值	最大值	单位	说明
低电平	主路输出异常	-0.3	-	0.8	V DC	-
高电平	主路输出正常	2.4	-	3.6	V DC	-
信号上升/下降时间	-	-	-	100	$\mu\text{s}$	-
灌电流 ( Sink current ) , PG=低电平	-	-	-	4	mA	-
拉电流 ( Source current ) , PG=高电平	-	-	-	4	mA	-

### 说明

- 电源模块输出电压高于10.8V DC，50ms以内，PG信号转为高电平；电源模块输出电压低于9.6V DC，延时10ms以内，PG信号转为低电平。
- 当电源模块触发输出过流、短路、欠压等电压快速跌落的场景，PG信号上升/下降时间不限定。
- 对可预见停机的故障（如输入过压故障、输入欠压故障、输出过压故障、输出欠压故障或输出过流故障等），PG信号可提前转换电平状态。

## 5.3.3 AUX引脚

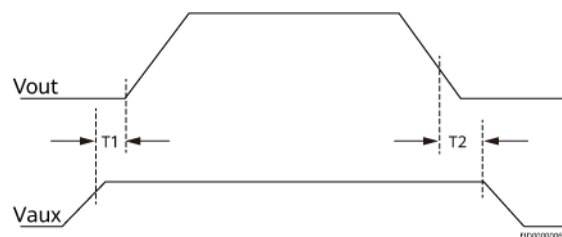
AUX引脚为电源模块辅助源输出引脚。

项目	最小值	典型值	最大值	单位	备注
AUX输出电压	10	12	14	V DC	启机电压最大过冲不超过16V DC，AUX对地额外增加最小47 $\mu\text{F}$ 陶瓷电容
AUX输出电流	-	-	10	mA	

### 说明

- $V_{\text{aux}}$ 无输出过压、输出过流和短路保护功能，若 $V_{\text{aux}}$ 输出过流或AUX输出失效将影响电源模块主路输出（AUX长时间输出过压、输出过流、短路可能导致电源损坏）。
- 输出短路测试条件：辅助源输出短路2小时，电源模块不损坏。

图 5-5  $V_{\text{out}}$ （12V DC 输出电压）和  $V_{\text{aux}}$ （辅助输出电压）间时序要求

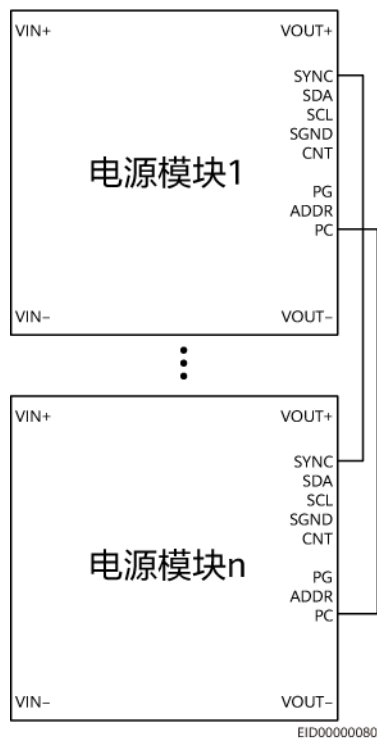


项目	说明	最小值	典型值	单位	备注
T1	$V_{aux} \geq 90\%$ 调节至 $V_{out}$ 开始上升时间	2	-	ms	$I_{out} \geq 1A$
T2	$V_{out} \leq 11.3V$ DC 至 $V_{aux}$ 开始下降的时间	2	-	ms	

### 5.3.4 PC 引脚

PC引脚为并机场景电源模块的均流引脚。单机场景下，PC引脚可悬空，不处理；并机场景下需要将各个电源模块之间的PC引脚连接在一起以实现并机均流功能。

图 5-6 推荐 PC 引脚控制方式

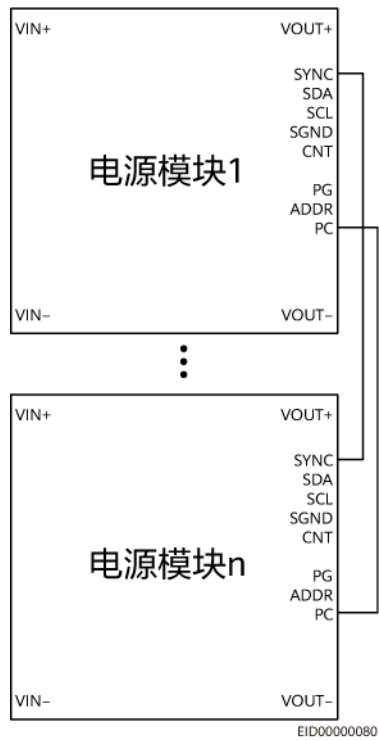


### 5.3.5 SYNC 脚

SYNC引脚为并机场景下的并机同步信号引脚，单个电源模块场景可悬空，不处理，在并机场景将各个电源模块的SYNC引脚连接在一起，保证各电源模块同步启机。

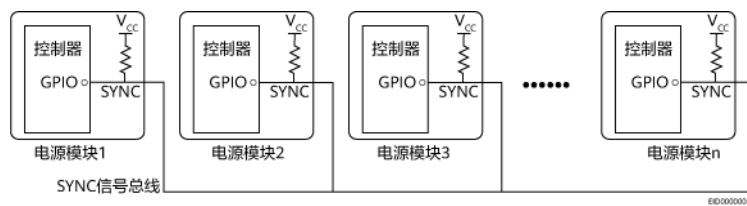
项目	状态	最小值	典型值	最大值	单位	说明
SYNC电压低电平	关机	-0.3	-	0.4	V DC	-
SYNC电压高电平	开机	2.4	-	3.6	V DC	-

图 5-7 推荐 SYNC 引脚控制方式



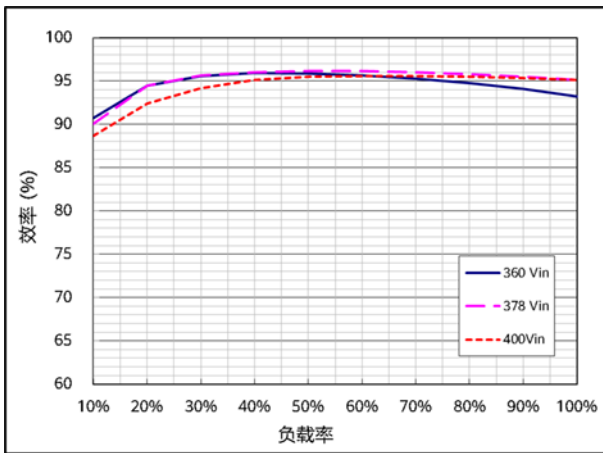
- 同步信号在电源模块内部上拉，外部连接SYNC信号总线。
- 电源模块因故障、初始化未启机时，SYNC信号为低电平；电源模块准备启动时，SYNC信号为高电平。
- 若电源模块检测到同步总线为低电平时，不启动。当电源模块检测到同步总线电平为高电平时，所有电源模块同时启机。
- 同步信号仅在电源模块启机阶段生效，若运行中的某一电源模块故障或关机，SYNC信号总线转换为低电平，但不影响正在运行的其他电源模块。

图 5-8 并机同步信号

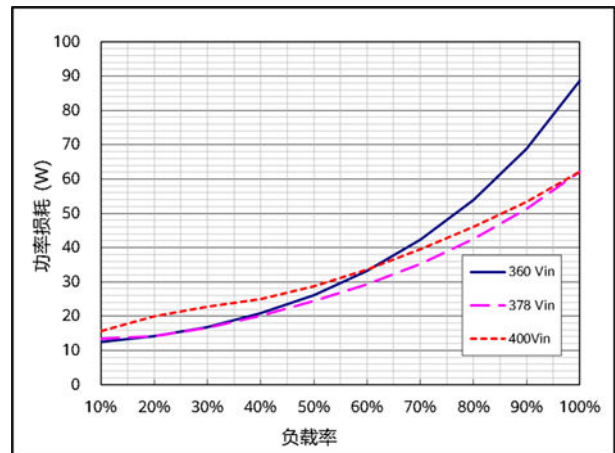


# 6 特性曲线

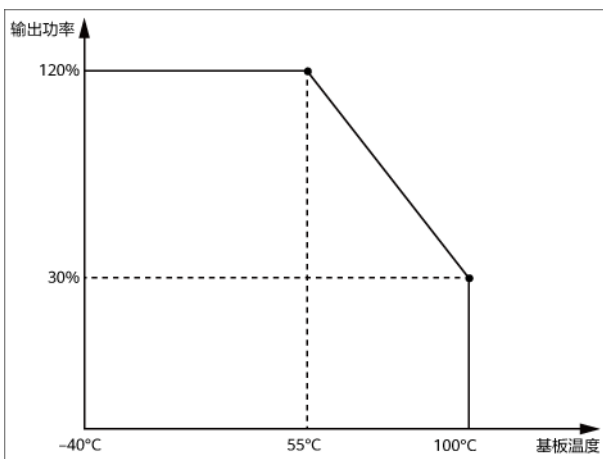
测试条件:  $T_c=25^\circ\text{C}$ ,  $V_{in}=378\text{V DC}$ ,  $V_{out}=12.2\text{V DC}$ , 除非另有说明。



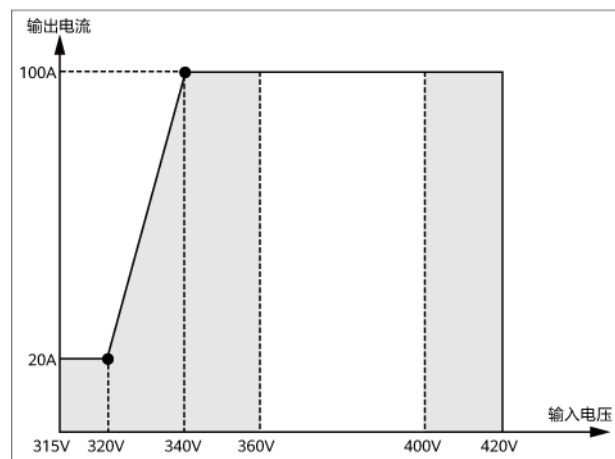
效率



功率损耗



输出功率与基板温度降额曲线



输入电压跌落瞬态带载能力

## 说明

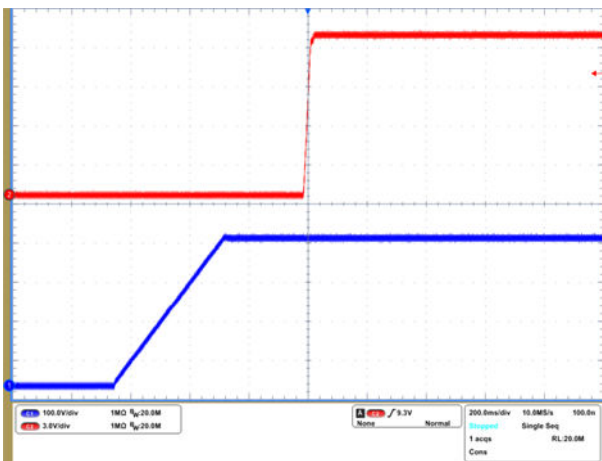
热降额曲线:

- 当电源模块平放安装时, 推荐非引脚侧散热: 推荐散热器要求 (长×宽×高): 415.20mm×225.00mm×60.00mm; 基板厚度: 10.00; 齿厚: 1.2; 齿数: 46; 齿间距: 9.20; 材质: Al6063-T5
- 当电源模块基板温度大于80℃时, 电源模块需采用双面散热, 详见[图9-4](#)。

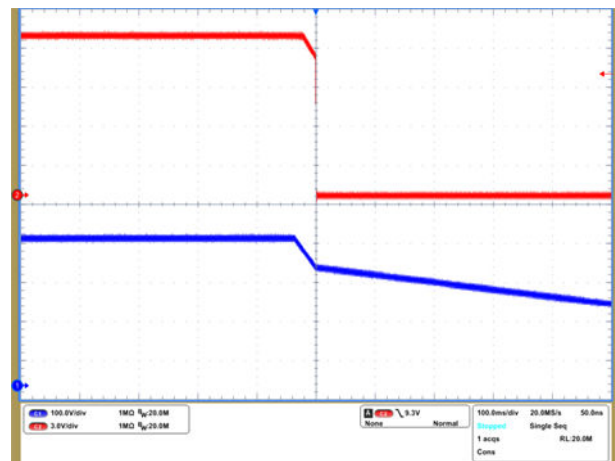
# 7 典型波形

## 7.1 开机与关机

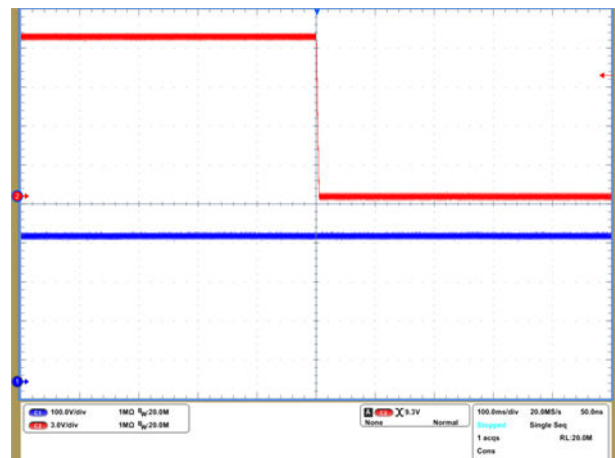
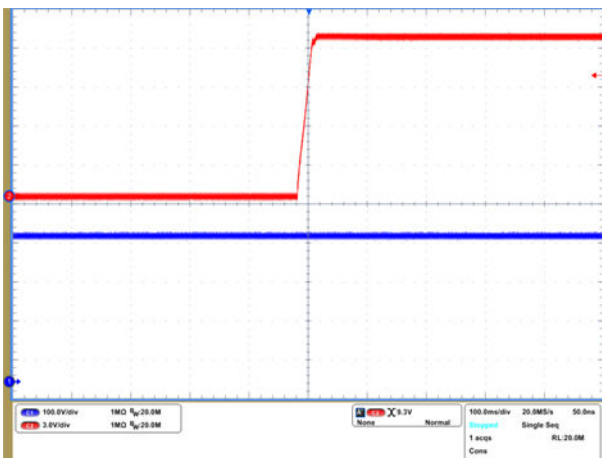
测试条件:  $T_c=25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{in}=378\text{V DC}$ ,  $V_{out}=12.2\text{V DC}$ ,  $I_{out}=82\text{A}$ , 除非另有说明。



开机 ( Power-On )



关机 ( Power-Off )

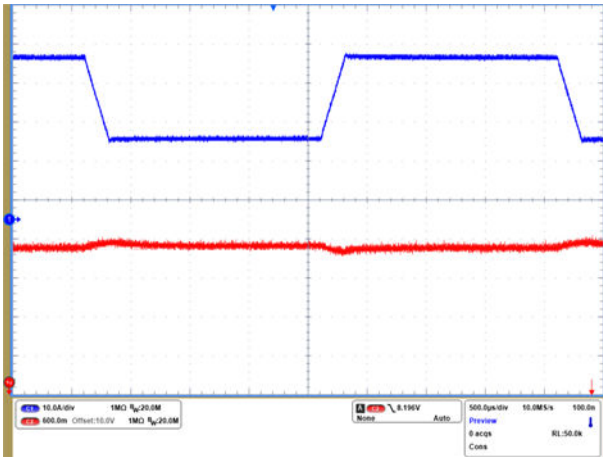


远程开机 (CNT)

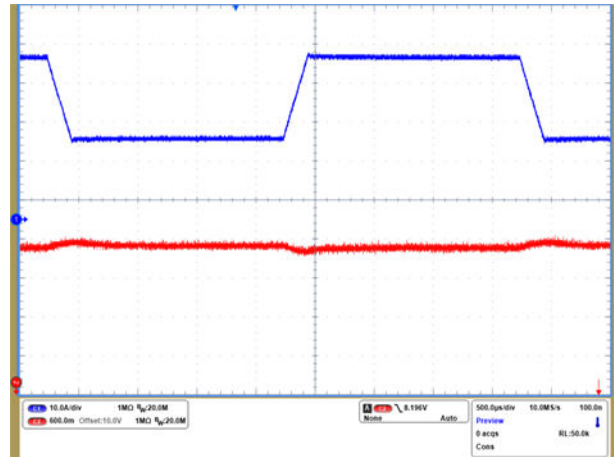
远程关机 (CNT)

## 7.2 输出电压动态响应

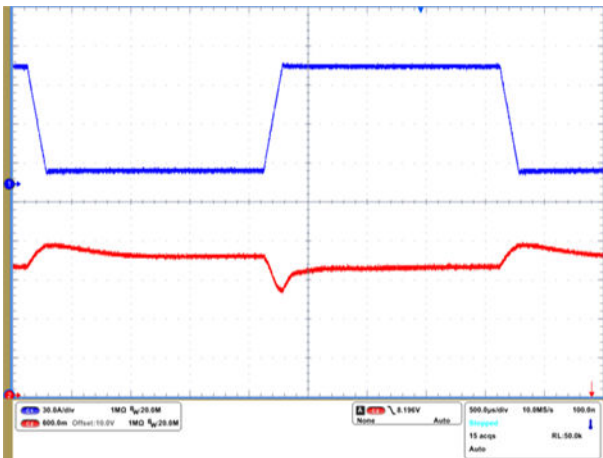
测试条件:  $T_c=25^\circ\text{C}$ ,  $V_{in}=378\text{V DC}$ ,  $V_{out}=12.2\text{V DC}$ ,  $I_{out}=82\text{A}$ , 除非另有说明。



负载跳变: 50%-25%-50%,  $di/dt=0.5\text{A}/\mu\text{s}$ ,  
 $t=2\text{ms}$



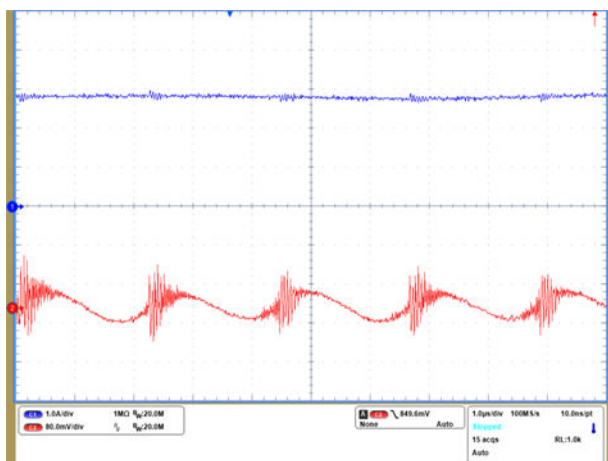
负载跳变: 75%-50%-75%,  $di/dt=0.5\text{A}/\mu\text{s}$ ,  
 $t=2\text{ms}$



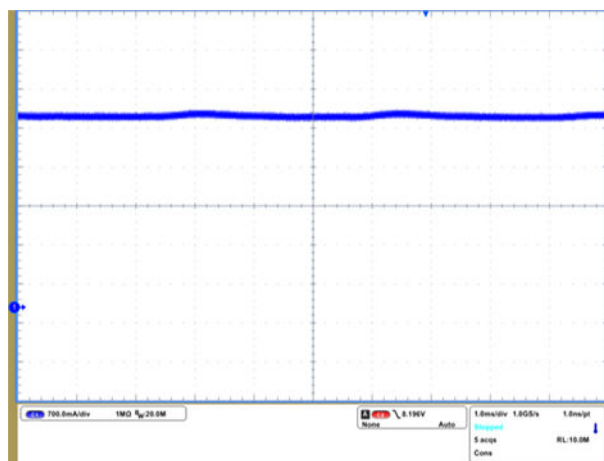
负载跳变: 10%-90%-10%,  $di/dt=0.5\text{A}/\mu\text{s}$ ,  
 $t=2\text{ms}$

## 7.3 纹波

测试条件:  $T_c=25^\circ\text{C}$ ,  $V_{in}=378\text{V DC}$ ,  $V_{out}=12.2\text{V DC}$ ,  $I_{out}=82\text{A}$ , 除非另有说明。



输出电压纹波（B和C测试点，参见图4-2）



直流输入反射纹波（A测试点，参见图4-2）



# 8 通信协议

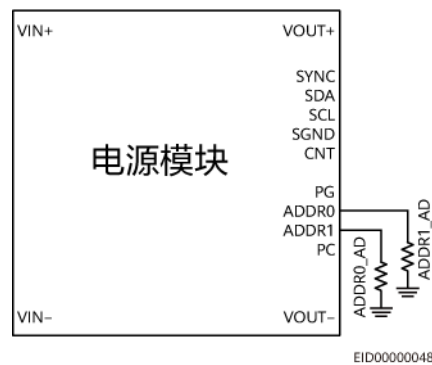
## 8.1 数据链路层协议

链路层采用PMBusV1.2协议，遵循PMBus规范。

### 8.1.1 通讯地址

电源模块的通信地址可以通过改变ADDR0、ADDR1和GND之间连接的电阻调整。

图 8-1 ADDRESS 配置原理图



ADDR 地址	ADDR0_AD电阻 (KΩ) , 电阻精度: ±1%	ADDR1_AD电阻 (KΩ) , 电阻精度: ±1%	备注
0xC0	57~80	180~210	多并机地址位
0xBE	120~140	180~210	
0xBC	180~210	180~210	
0xBA	270~300	180~210	
0xB8	25~40	270~300	
0xB6	57~80	270~300	

ADDR 地址	ADDR0_AD电阻 (KΩ) , 电阻精度: ±1%	ADDR1_AD电阻 (KΩ) , 电阻精度: ±1%	备注
0xB4	120~140	270~300	单个电源模块地址, 不支持并机均流
0xB2	180~210	270~300	
0xB0	270~300	270~300	

### 说明

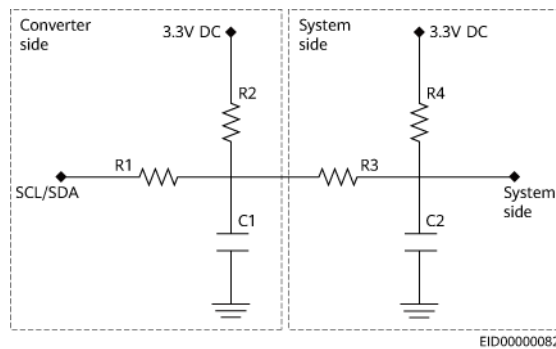
若ADDR0、ADDR1和GND之间不焊接电阻，电源模块的默认地址为0XB0且不支持并机均流功能。

## 8.1.2 SCL/SDA

电源模块与上位机之间的双向通信采用10kΩ电阻从外部上拉到3.3V DC，并通过33Ω电阻和10pF电容滤波。

并机场景PMBus通讯，需保证PMBus总线的对地电容需小于66pF，系统侧上拉电阻在2kΩ~10kΩ之间，满足PMBus设计规范。

图 8-2 SCL 与 SDA 连接图



位号	名称	参数
R1、R3	贴片电阻器	0.0625W~100Ω~1%
R2、R4	贴片电阻	0.0625W~10000Ω~1%
C1、C2	贴片陶瓷电容	50V~0.1nF~5%

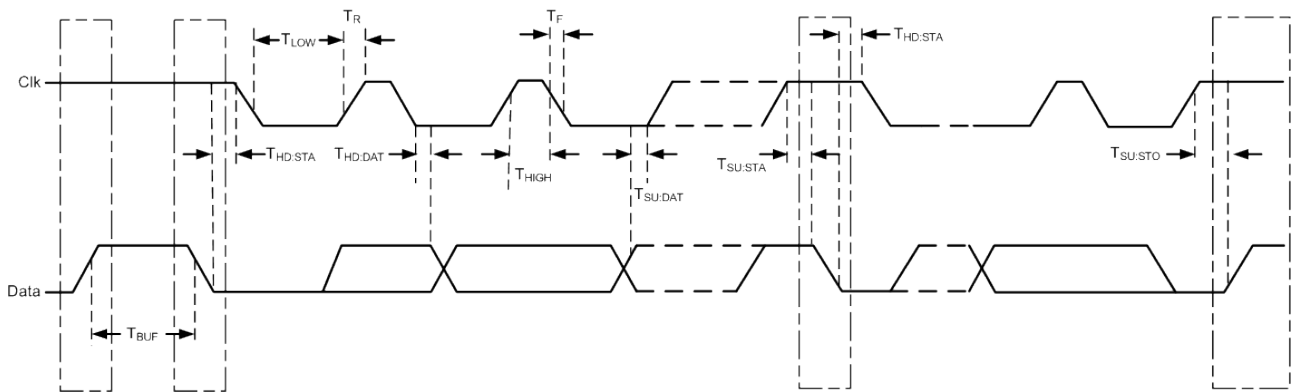
参数	最小值	最大值	单位
逻辑低电平	-0.3	0.8	V DC
逻辑高电平	2.4	3.6	V DC

参数	最小值	最大值	单位
空闲数据间隔时间	10	-	ms

### 8.1.3 数据传输方式

电源模块支持的最大时钟频率为100kHz。

图 8-3 PMBus 时序



时序	描述	最小值	最大值	单位
$T_{BUF}$	停止和启动条件之间的总线空闲时间	4.7	-	$\mu$ s
$T_{HD:STA}$	(重复) 起始条件的保持时间。在这个周期后, 产生第一个时钟脉冲。	4	-	$\mu$ s
$T_{SU:STA}$	重复起始条件的建立时间	4.7	-	$\mu$ s
$T_{SU:STO}$	停止条件的建立时间	4	-	$\mu$ s
$T_{HD:DAT}$	数据保持时间	300	-	ns
$T_{SU:DAT}$	数据建立时间	250	-	ns
$T_{LOW}$	SCL 时钟的低电平周期	4.7	-	$\mu$ s
$T_{LOW:SEXT}$	累积时钟低电平扩展时间 (从设备)	-	25	ms
$T_{LOW:MEXT}$	累积时钟低电平扩展时间 (主设备)	-	10	ms
$T_{HIGH}$	SCL 时钟的高电平周期	4	50	$\mu$ s
$T_{F}$	SDA 和 SCL 信号的下降时间	-	300	ns
$T_{R}$	SDA 和 SCL 信号的上升时间	-	1000	ns

## 8.2 网络层协议

### 8.2.1 从设备寻址方式

电源模块作为从设备时，电源模块地址由硬件识别，静态分配。主设备根据硬件确定的从设备地址单独访问从设备。

### 8.2.2 数据校验

为了保证通信过程中数据的完整性和准确性，电源模块采用CRC8校验和机制。

每次通信发送的最后一个字节是通信数据的CRC校验和。例如，电源模块返回数据的最后一个字节是校验和。

使用的生成多项式为：CRC8。

### 8.2.3 数据传输

电源模块遵循标准的PMBus通信数据格式。每种PMBus通信数据格式的数据都携带CRC校验和。

## 8.3 应用层协议

### 8.3.1 数据格式

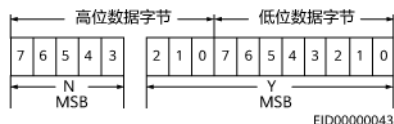
#### Linear 11 数据格式

##### 说明

一般除输出电压外，其他数值的接收和发送均采用LINEAR-11数据格式，输出电流、输入电压、功率、温度等。具体以通信命令集中的定义为准。

Linear 11数据格式是一个双字节数据，其中11位二进制有符号尾数补码，高5位是二进制有符号指数（补码）。如图 Linear 11数据格式所示。

图 8-4 Linear 11 数据格式



N、Y和X（实际值）之间的关系由以下等式所示：

$$X=Y \times 2^N$$

- X：真正的数值。
- Y：低11位，二进制有符号整型（补码）。
- N：高5位，二进制有符号整型（补码）。

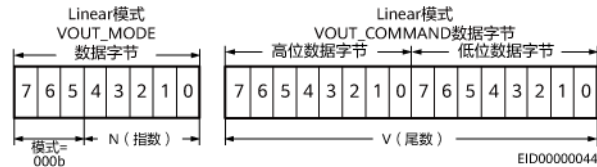
## VOUT 数据格式

### 说明

- 用于VOUT类命令时（即与实际输出电压相关的命令）采用LINEAR16格式。
- LINEAR16格式需要VOUT\_MODE寄存器配合使用。

输出电压相关的命令有VOUT\_COMMAND、READ\_VOUT等。采用LINEAR-16格式，无符号整型，如[图 VOUT数据格式](#)所示。

图 8-5 VOUT 数据格式



输出电压计算公式：

$$\text{Voltage} = V \times 2^N$$

- Voltage: 输出电压值。
- V: 16位无符号整数。
- N: 5位二进制有符号整型（补码）。

### 8.3.2 通信命令

命令代码	命令名称	类型	数据格式	描述
0x00h	PAGE	Read/Write Byte	HEX	选择单一物理地址器件的多路输出模块中的一路
0x03h	CLEAR_FAULTS	Write Byte	HEX	清除故障状态
0x20h	VOUT_MODE	Read Byte	HEX	确定PMBUS命令使用的数据类型及参数
0x21h	VOUT_COMMAND	Read/Write Word	Linear 16 (-9)	输出指定电压
0x78h	STATUS_BYTE	Read Byte	HEX	状态信息字节
0x79h	STATUS_WORD	Read Word	HEX	状态信息
0x7Ah	STATUS_VOUT	Read Byte	HEX	输出电压状态信息
0x7Bh	STATUS_IOUT	Read Byte	HEX	输出电流状态信息
0x7Ch	STATUS_INPUT	Read Byte	HEX	输入状态信息
0x7Dh	STATUS_TEMPERATURE	Read Byte	HEX	温度状态信息
0x88h	READ_VIN	Read Word	Linear 11	读取输入电压

命令代码	命令名称	类型	数据格式	描述
0x8Bh	READ_VOUT	Read Word	Linear 16 (-9)	读取输出电压
0x8Ch	READ_IOUT	Read Word	Linear 11	读取输出电流
0x8Dh	READ_TEMPERATURE_1	Read Word	Linear 11	读取温度1 (SR温度)
0x8Eh	READ_TEMPERATURE_2	Read Word	Linear 11	读取温度2 (主变绕组温度)
0x96h	READ_POUT	Read Word	Linear 11	读取输出功率
0x98h	PMBUS_REVISION	Read Byte	HEX	PMBUS版本号
0xEAh	BBOX_RECORD_FRAME_INDEX	Read/Write Word	HEX	黑匣子 (老化) 记录帧序号
0xEBh	BBOX_RECORD_FRAME_DATA	Read Block	HEX (32)	黑匣子 (老化) 记录帧内容
0xECh	SYS_TIME	Read/Write Block	HEX (4)	系统时间
0xF3h	SOFTWARE_VERSION	Read Word	HEX (0)	软件版本号 (DCDC)

### 8.3.3 命令描述

#### STATUS\_WORD (0x79)

位地址	命令名称	描述
15	VOUT_FAULT	输出电压故障
14	IOUT_FAULT	输出电流/功率故障
13	VIN_FAULT	输入故障
12	MFR_FAULT	自定义故障
11	预留	-
10	预留	-
9	预留	-
8	预留	-
7	预留	-
6	预留	-
5	VOUT_OVP	输出过压故障

位地址	命令名称	描述
4	IOUT_OCP	输出过流故障
3	VIN_UVP	输入欠压故障
2	TEMP_FAULT	温度故障
1	CML_FAULT	通信、逻辑或内存故障
0	预留	-

### STATUS\_VOUT (0x7A)

位地址	命令名称	描述
7	OV_FAULT	输出过压故障
6	预留	-
5	预留	-
4	UV_FAULT	输出欠压故障
3	预留	-
2	预留	-
1	预留	-
0	预留	-

### STATUS\_IOUT (0x7B)

位地址	命令名称	描述
7	OC_FAULT	输出过流故障
6	预留	-
5	预留	-
4	预留	-
3	预留	-
2	预留	-
1	预留	-
0	预留	-

### STATUS\_INPUT (0x7C)

位地址	命令名称	描述
7	OV_FAULT	输入过压故障
6	预留	-
5	预留	-
4	UV_FAULT	输入欠压故障
3	预留	-
2	预留	-
1	预留	-
0	预留	-

### STATUS\_TEMPERATURE (0x7D)

位地址	命令名称	描述
7	OT_FAULT	过温故障
6	预留	-
5	预留	-
4	预留	-
3	预留	-
2	预留	-
1	预留	-
0	预留	-

## 8.3.4 检测精度

电源模块可通过PMBus命令上报输出电压、输出电流和模块内部热点温度。

项目	最小值	典型值	最大值	单位	说明
输出电压检测精度	-2	-	2	%	-
输出电流检测精度	-3	-	3	A	$I_{out} \geq 10\%$ 负载

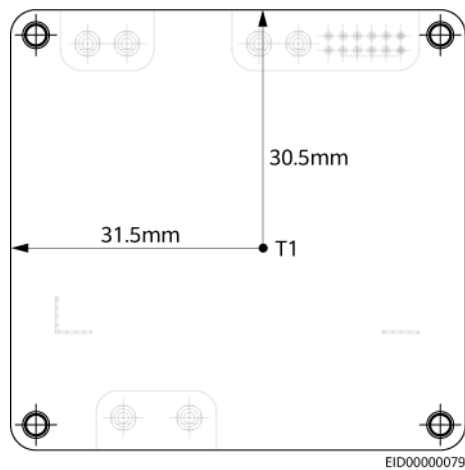


# 9 散热要求

## 基板温度定义

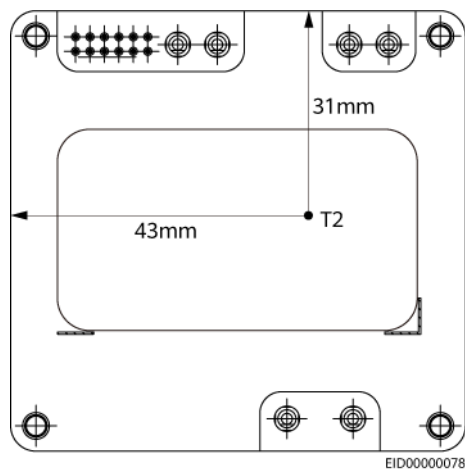
- 电源模块非引脚侧基板温度，使用时需确保 $T1 \leq$ 规格定义的最高基板温度。

图 9-1 非引脚侧基板温度



- 电源模块双面散热场景，引脚侧基板温度，使用时需确保 $T2 \leq T1 + 5^\circ\text{C}$ 。

图 9-2 引脚侧基板温度

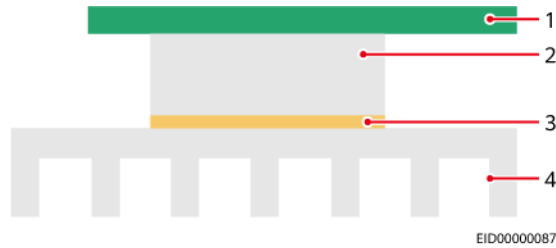


## 散热方式

电源模块使用液冷散热、自然散热或风冷散热。

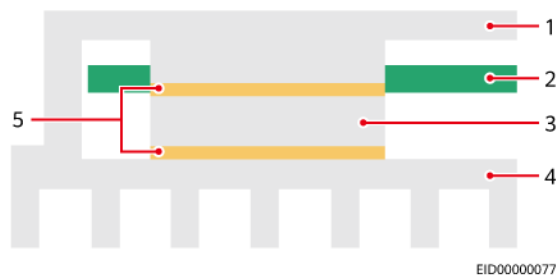
电源模块所需散热器根据不同的使用场景而定，保证电源模块的基板温度满足要求。如液冷散热场景，通过液冷板控制电源模块的基板温度，无需额外增加散热器；如风冷场景与自然散热场景，皆需要在电源模块散热面安装散热器以确保电源模块基板温度满足要求，自然散热场景所需的散热器面积大于风冷散热场景。

图 9-3 单面散热结构



- (1) 电源系统板      (2) 电源模块      (3) 导热硅脂、导热凝胶或导热垫等      (4) 电源模块非引脚侧散热器或液冷板

图 9-4 双面散热结构



- (1) 电源模块引脚侧散热器或液冷板      (2) 电源系统板      (3) 电源模块  
(4) 电源模块非引脚侧散热器或液冷板      (5) 导热硅脂、导热凝胶或导热垫等

### 说明

- 推荐使用GB9074.4-088 M3十字槽盘头螺钉和弹簧垫圈及平垫圈组合螺钉（螺钉需增加螺纹胶，力矩：5.5N.m），螺钉长度根据实际应用环境确定。
- 请根据散热器底板厚度选择合适长度的螺钉，螺钉打入电源模块基板深度建议在2.5mm~8.0mm区间，若螺钉打入电源模块基板深度不在区间内，可能导致电源模块损坏。
- 在进行散热设计时请参考[特性曲线](#)，确保电源模块使用时其工作温度不超过降额曲线给出的最高工作温度。
- 散热基板与电源模块接触面需涂覆一层导热硅脂，导热硅脂涂覆过多将影响电源模块的散热效果，建议涂覆厚度不超过0.1mm；也可采用导热凝胶或导热垫等。

# 10 二次组装

电源模块支持标准波峰焊和手工焊。

- 波峰焊：电源模块引脚在最高温度260℃下焊接时间少于7秒。
- 手工焊：烙铁温度应保持在350℃~420℃，且在电源模块引脚上施加时间少于10秒。

## 📖 说明

- 若长时间在电源模块的引脚上作业，可能导致电源模块内部损坏。
- 若电源模块上有残留的锡渣，可以使用异丙醇（IPA）溶剂或其他合适的溶剂清洗电源模块。

类型	要求	备注
封装类型	DIP封装	-
锡膏类型	使用干净且无铅的锡膏焊接电源模块。电源模块表面必须清洁干燥。否则，电源模块的组装、测试或可靠性将受到负面影响。	-
焊接要求	满足JEDEC要求	-
返修要求	<ul style="list-style-type: none"><li>• 使用锡炉维修</li><li>• 参照DIP器件维修标准</li><li>• 电源模块返修，锡渣未污染电源模块</li></ul>	不推荐采用热风枪/电烙铁等返修方式（由于输出引脚散热较快不容易将锡融化，并且引脚众多无法同时拆卸）。

# 11 存储要求

---

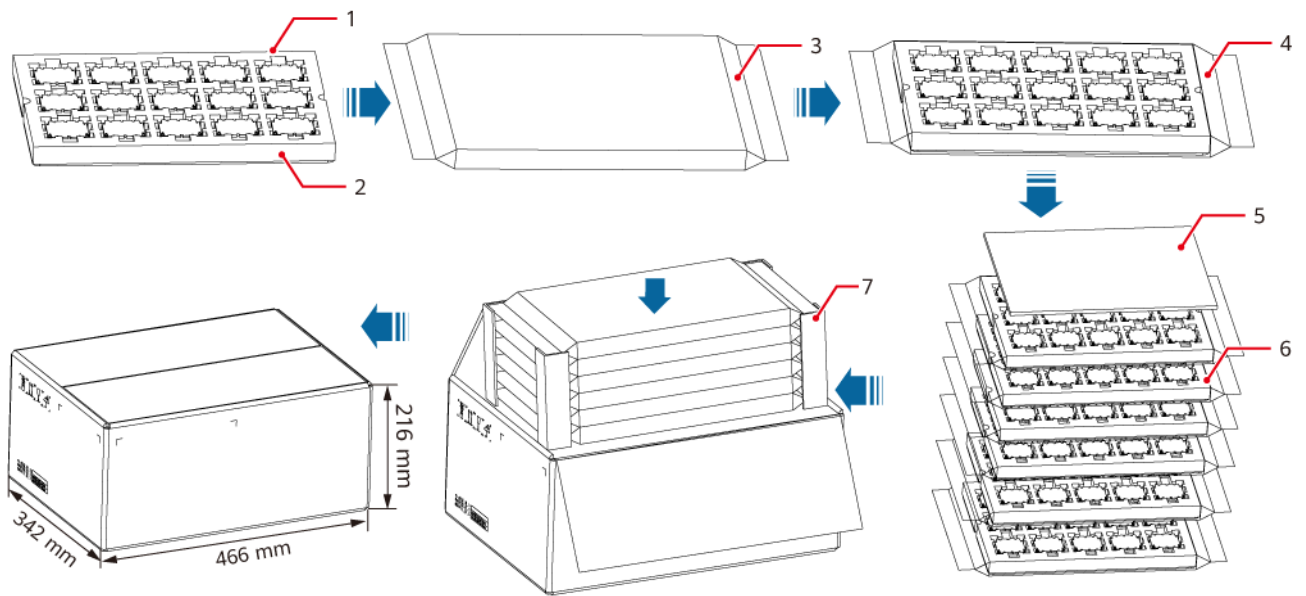
1. 根据 IPC J-STD-020/033中规定的MSL1的要求存储和运输电源模块。
2. 电源模块在包装未拆封时，存储期为1年，拆封后为半年。

# 12 产品包装

## 说明

产品数量：90pcs/箱。

图 12-1 产品包装示意图



- (1) 电源模块 (15pcs/层)    (2) EPE泡棉托盘    (3) PE防静电袋    (4) PE防静电袋抽取真空  
(5) EPE泡棉垫    (6) 电源模块层 (6层/箱)    (7) 护棱 (4pcs/箱)    -



项目	端口	标准
传导干扰 (CE)	直流输入	EN 55032, Class B
辐射干扰 (RE)	直流输入	EN 55032, Class B
静电放电 (ESD)	-	IEC 61000-4-2, Level 3, 判据A 接触放电: $\pm 6\text{kV}$ ; 空气放电: $\pm 8\text{kV}$
传导抗扰 (CS)	直流输入	IEC 61000-4-6, Level 3, 判据A, 10V
辐射抗扰 (RS)	-	IEC 61000-4-3, Level 3, 判据A, 10V/m
电快速脉冲群 (EFT)	直流输入	IEC 61000-4-4, Level 3, 判据B, 2kV
浪涌 (Surge)	直流输入	IEC 61000-4-5, 判据B 差模: $\pm 2\text{kV}/2\Omega$ (1.2/50 $\mu\text{s}$ ); 共模: $\pm 2\text{kV}/12\Omega$ (1.2/50 $\mu\text{s}$ )

#### 说明

电源模块需要配合电源系统测试，以通过EMC标准。

# B 可靠性

## 平均无故障时间 ( MTBF )

项目	最小值	典型值	最大值	单位	说明
平均无故障时间 ( MTBF )	-	1.0	-	百万小时	参考Telcordia SR-332 Issue 1 Case 3; 80%负 载, $V_{in}=378V$ DC; $T_C=25^{\circ}C$

## 可靠性测试

项目	标准
高加速寿命测试	IPC-9592B 5.2.3
不带电温循测试	IPC-9592B 5.2.6
湿热测试偏置	IPC-9592B 5.2.4
高温测试偏置	IPC-9592B 5.2.5
带电温循测试	IPC-9592B 5.2.7