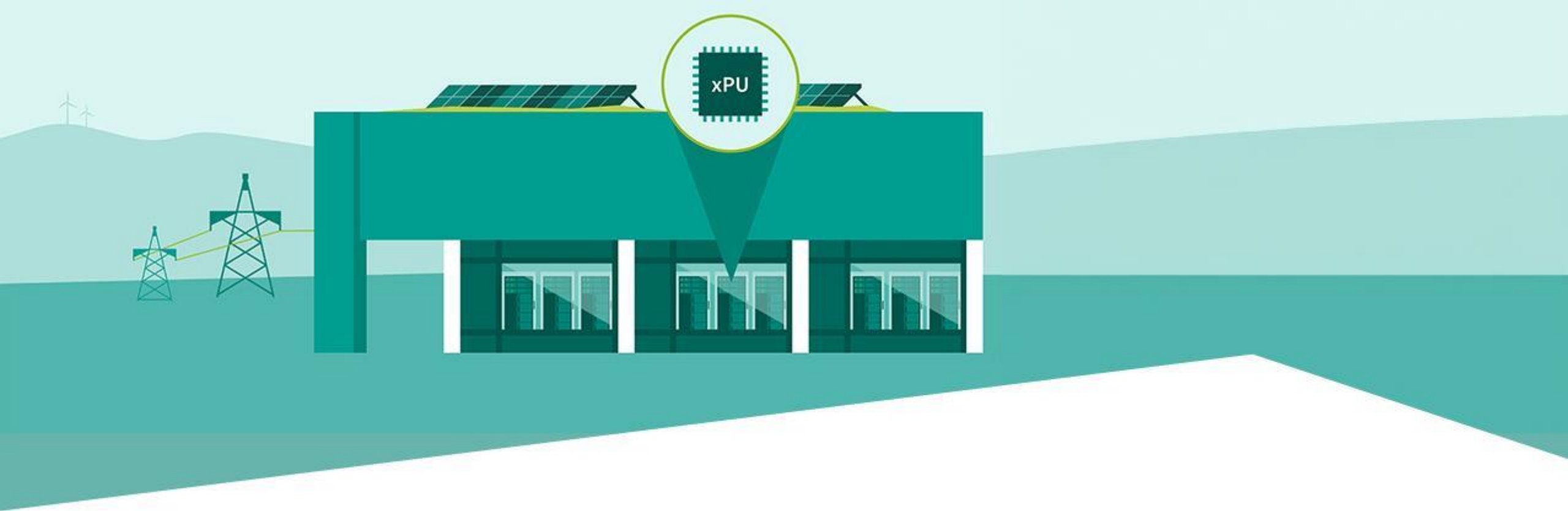




# 助力优化 AI 数据中心 PSU

Sam Abdel-Rahman (系统架构师)

Max Hsieh (应用市场经理)

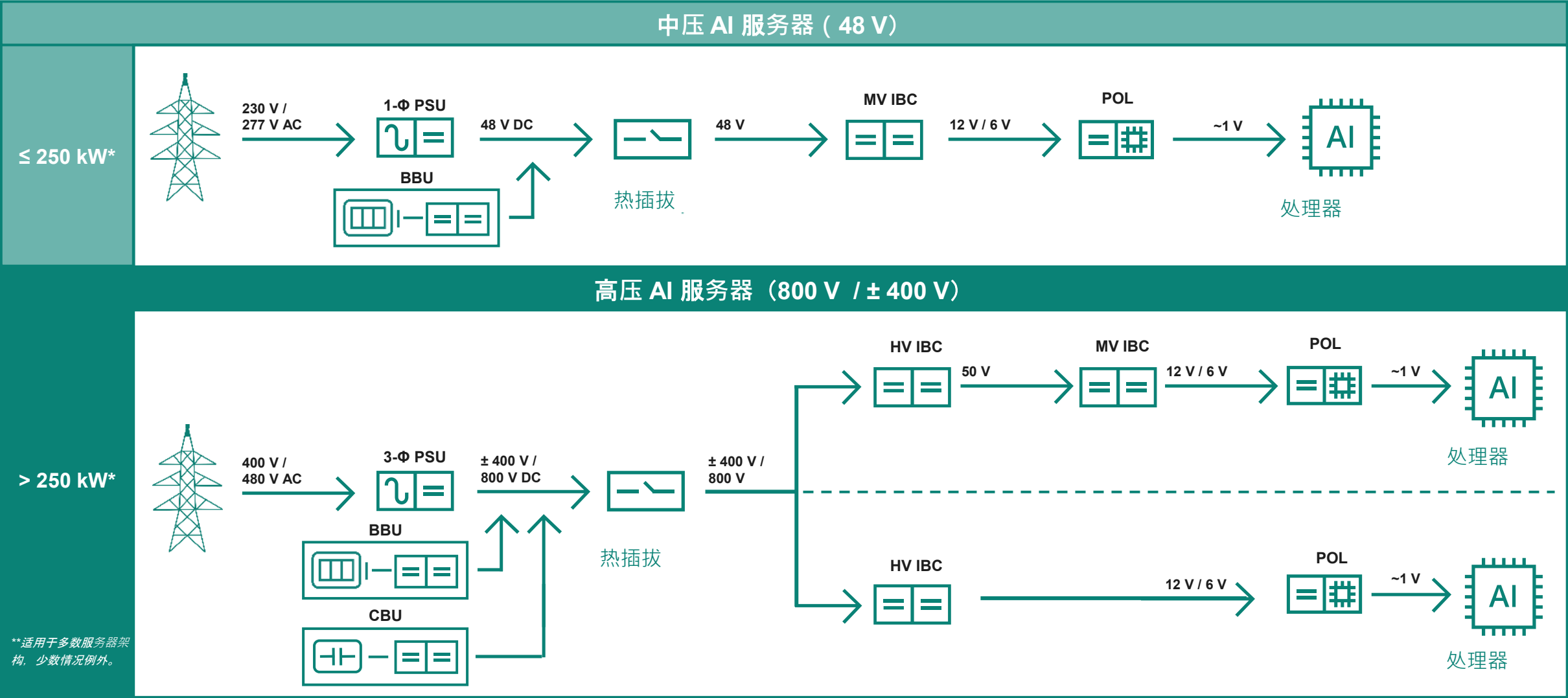


# AI 服务器机架和 PSU 的演进



# 系统架构概览

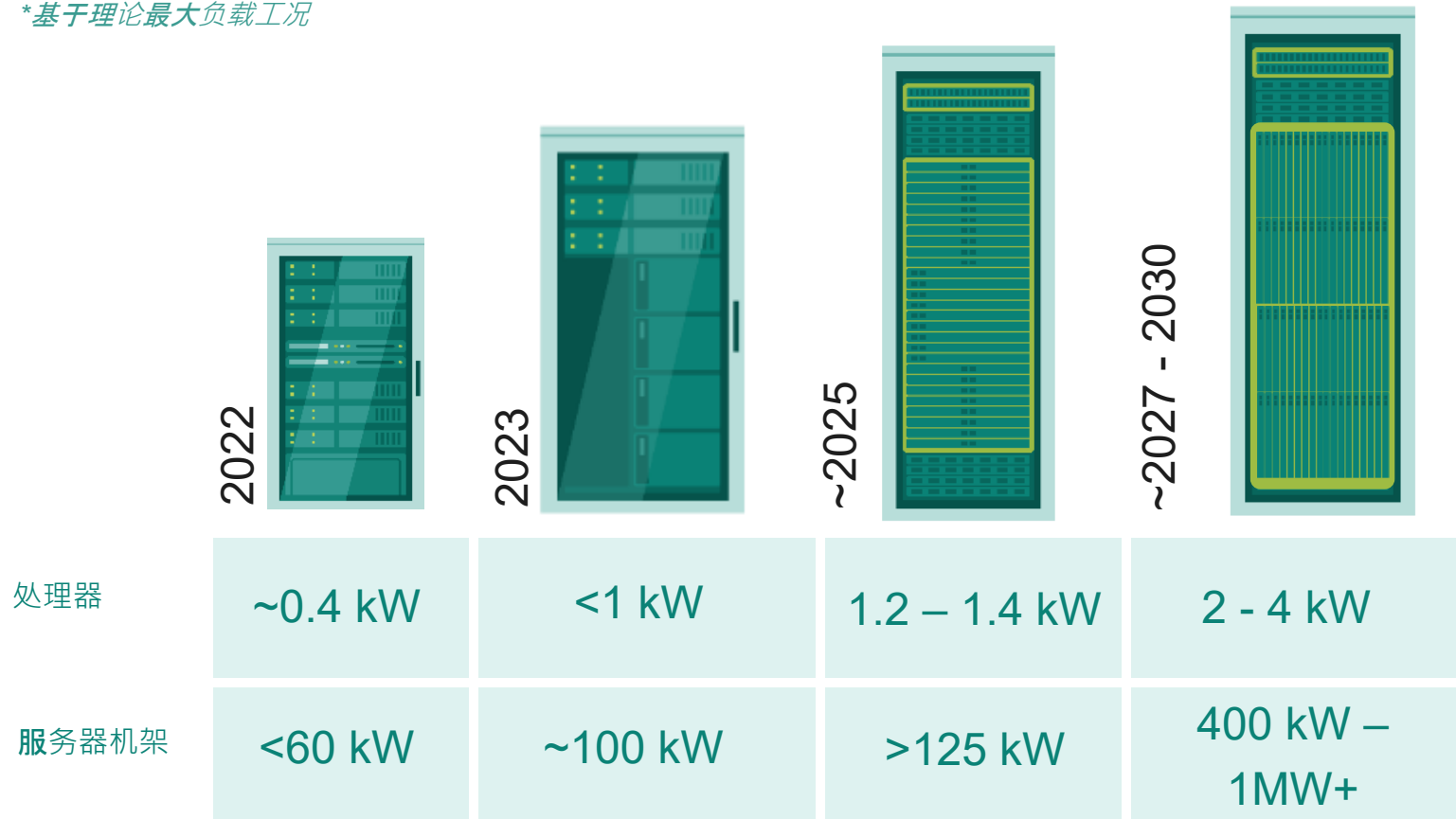
## AI 服务器的电源管理



# AI 服务器机架演进和不断攀升的功率需求

功耗\* / 机架功率密度发展趋势 ( 示例)

\*基于理论最大负载工况



资料来源：[tom's Hardware](#), [Ramboll](#), [The Register](#)

处理器功耗不断攀升



提升每瓦算力只是硬币的一面，高效用电则是另一面。



电源管理绝非事后考量，提升能效必须置于首位。

# AI 服务器应用趋势

## AI 服务器机架

- 单机架功率已达 120 kW 以上，正向 1 MW+ 迈进。
- 引入采用高压直流 PSU 的电源侧柜
- EDPP\* 要求 PSU 内部配置更大容量储能电容

## PSU 功率、密度、效率

- PSU 功率：12 kW（单相），18-30 kW（三相）；密度：>100 W/in<sup>3</sup>
- 新能效标准：80Plus Ruby 认证、中国国家标准

\*EDPP：电气数据峰值处理或电气设计功率峰值

# 趋势：效率

## 服务器和数据中心的能效新规

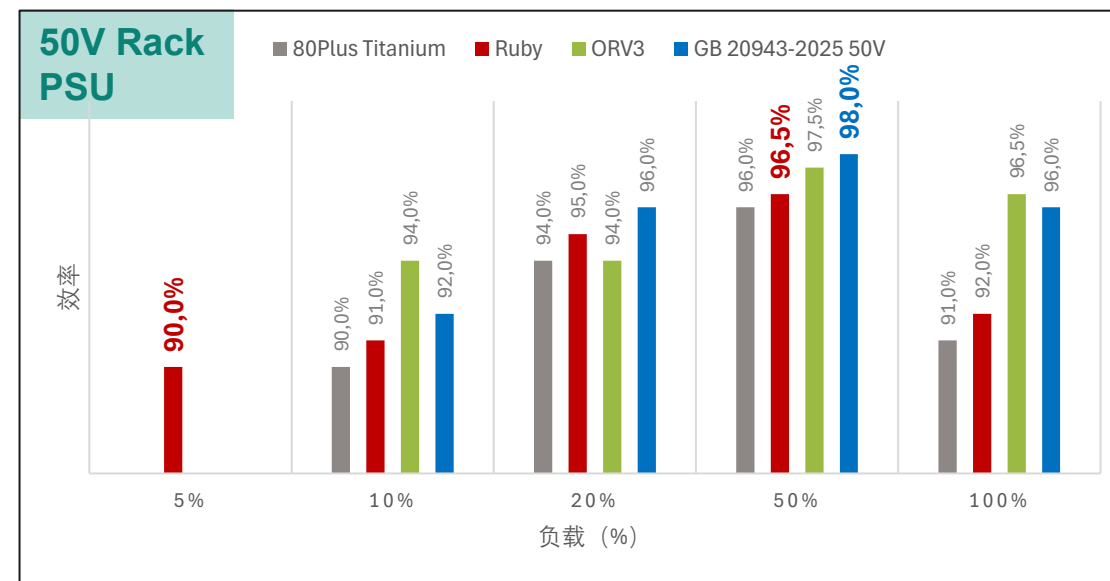


- 80 Plus Ruby 新能效标准
  - 峰值效率较 Titanium 更上一个台阶。
  - 轻载能效规范下探至5%负载。
- 中国新能效标准
  - 峰值效率和轻载效率较 Ruby 标准更为严苛。



为了满足更高的峰值效率和轻载效率要求：

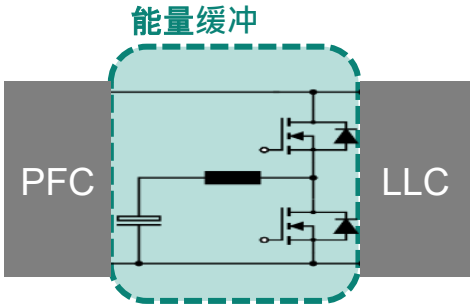
➔ 必须选择更高效的拓扑和器件技术（如多电平拓扑、SiC 和 GaN 功率器件）



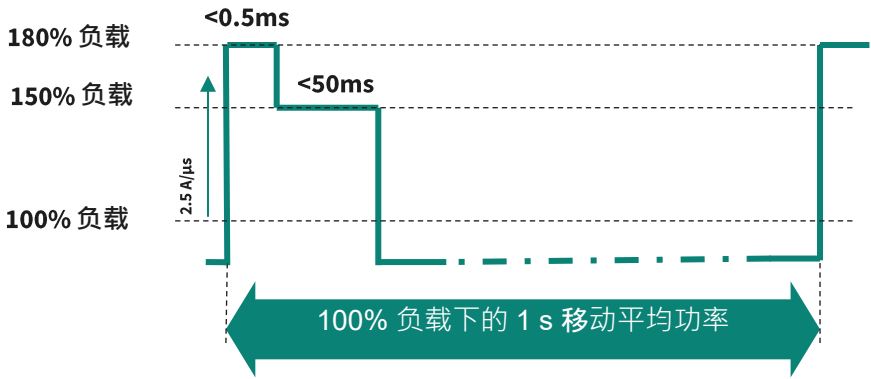
# 趋势：功率密度 能量缓冲 (EB)

## 能量缓冲： PSU 内部集成的高密度储能电路

- 能够更高效地利用所储能量：
  - 支撑保持时间能量
  - 平抑 AI 峰值负载，避免电网过载
- 控制再上电涌流
- 可集成在单相和三相 PSU 中



AI GPU 的峰值功率曲线示例



为应对 AI 峰值功率需求，电网友好型 PSU 必须具备  
高密度储能能力  
→ 能量缓冲可大幅减小电容体积

# 趋势：效率和功率密度

## 多电平 PFC 拓扑

1. PFC 电感有效频率为开关频率的2倍，电压摆幅降至一半

➔ PFC 电感体积可缩至1/4

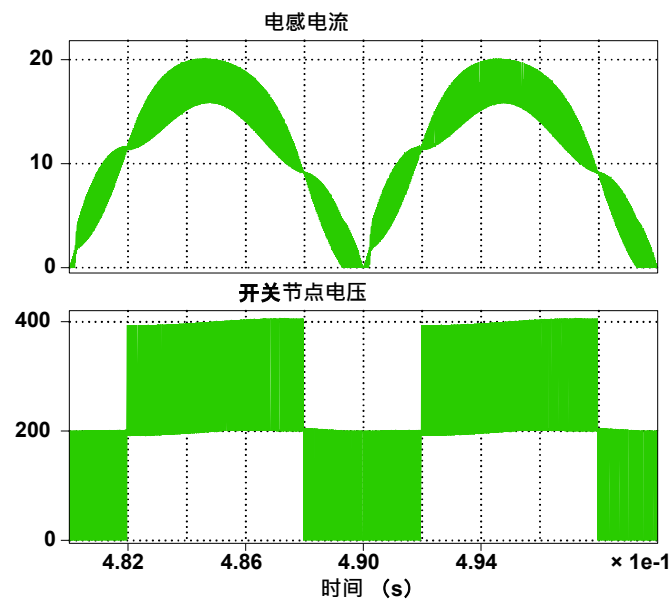
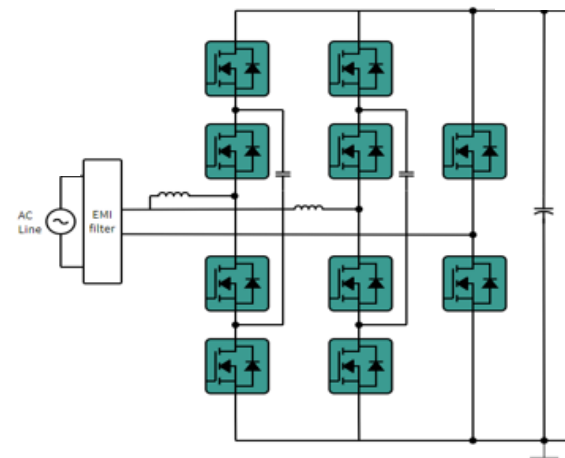
2. 开关管仅承受一半直流母线电压

➔ 开关损耗、电压变化率（ $dv/dt$ ）及电磁干扰（EMI）均更低

3. 可采用 400/440 V CoolSiC™ MOSFET，其开关优值（ $Q_{oss}$ 、 $Q_{gd}$ 、 $Q_{fr}$ ）更佳

➔ 效率和功率密度均提高

交错式三电平图腾柱 PFC 示例

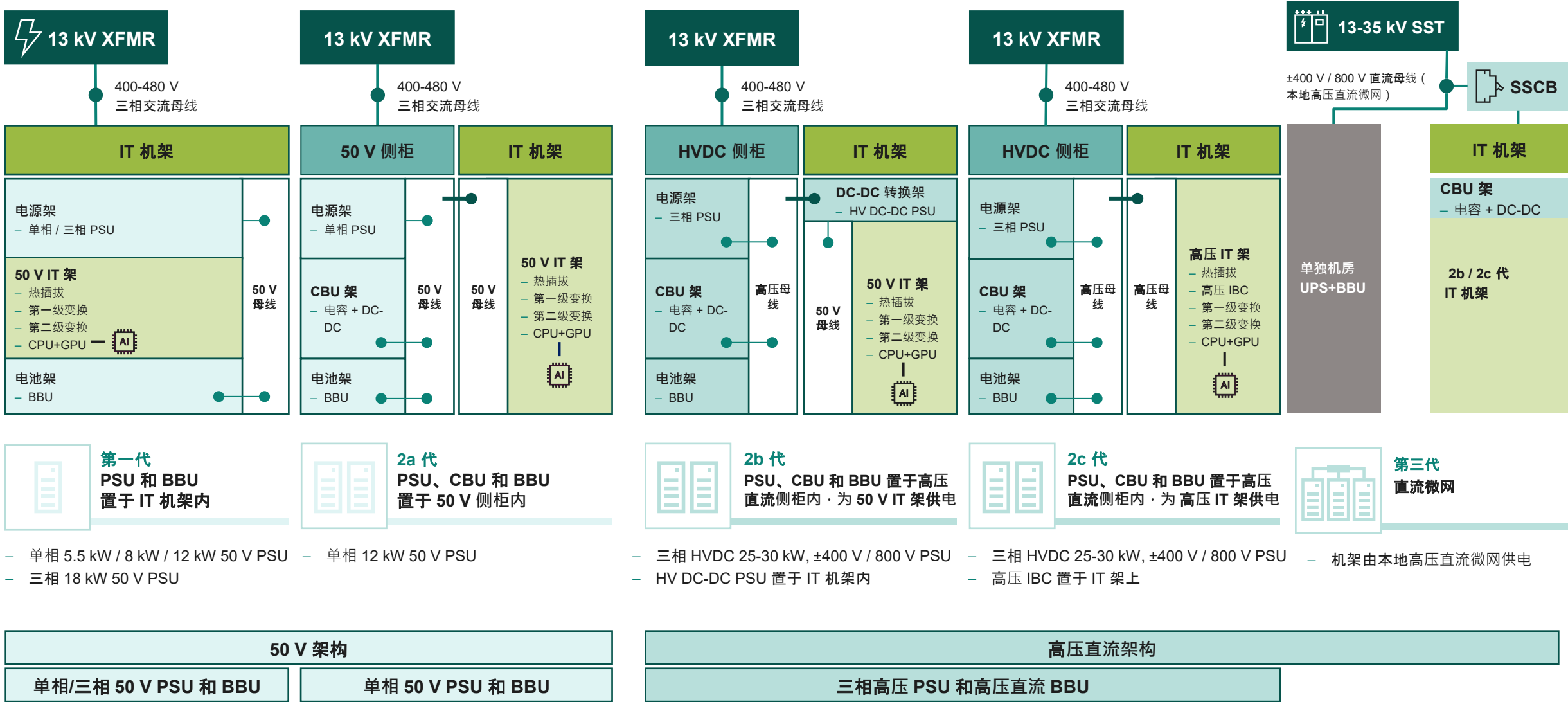


# 架构和拓扑



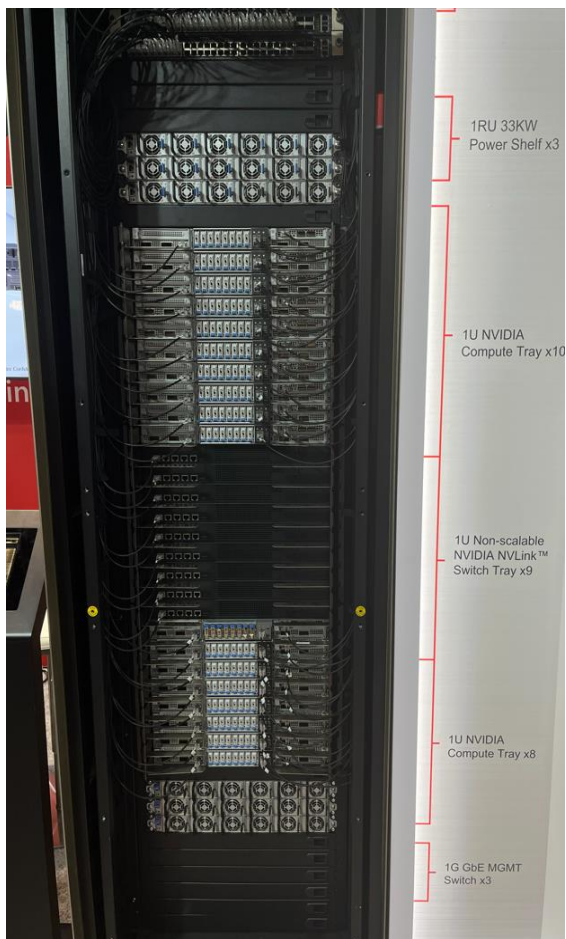
# AI服务器机架架构的演进

## 从一体式到电源侧柜再到混合微网



# 超大规模 AI 服务器机架示例

50 V NVL72 机架



50 V 宽机架 (ORW)



50 V 侧柜 (HPR V3)



+/- 400 V 侧柜



800 V 侧柜



资料来源：OCP 全球峰会，2025年10月。

# 单相机架 PSU

## 5.5-12 kW 50 Vout 230-277 Vac



| PFC |                 |                    |
|-----|-----------------|--------------------|
|     | 2-L PFC         | 3-L PFC            |
|     | <div>主流</div>   | <div>下一代</div>     |
| 快管  | 650 V CoolSiC™  | 440/650 V CoolSiC™ |
| 慢管  | 650 V CoolMOS™  |                    |
| 驱动器 | EiceDRIVER™ 1ED |                    |

|       |                    |                        |         |
|-------|--------------------|------------------------|---------|
| 辅助电源  | CoolSET™ QR/FF     | 用于栅极驱动器供电的<br>变压器驱动 IC | 2EP130R |
| 电流传感器 | TLI4971, TL4978/77 |                        |         |
| MCU   | PSoC™ C3 P5/P8     |                        |         |

| DC-DC        |                                 |          |
|--------------|---------------------------------|----------|
|              | LLC                             | 3-ph LLC |
|              | <div>主流</div>                   |          |
| 原边           | 650 V CoolSiC™ , 650 V CoolGaN™ |          |
| 原边驱动器        | EiceDRIVER™ 2EDR                |          |
| 同步整流 + Oring | 80 V OptiMOS™ , 80 V CoolGaN™   |          |
| 同步整流驱动器      | EiceDRIVER™ 1EDB, 2EDB          |          |



>>

✓ CoolSiC™ : 完美适配硬开关拓扑，导通电阻温度系数最低

✓ CoolGaN™ : 完美适配软开关拓扑，支持超高开关频率

# 三相机架 PSU

~18-30 kW 50/400/800 Vout 400-480 Vac



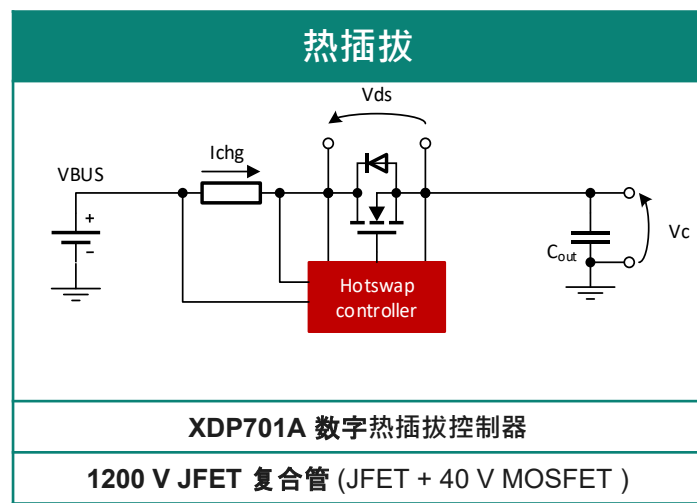
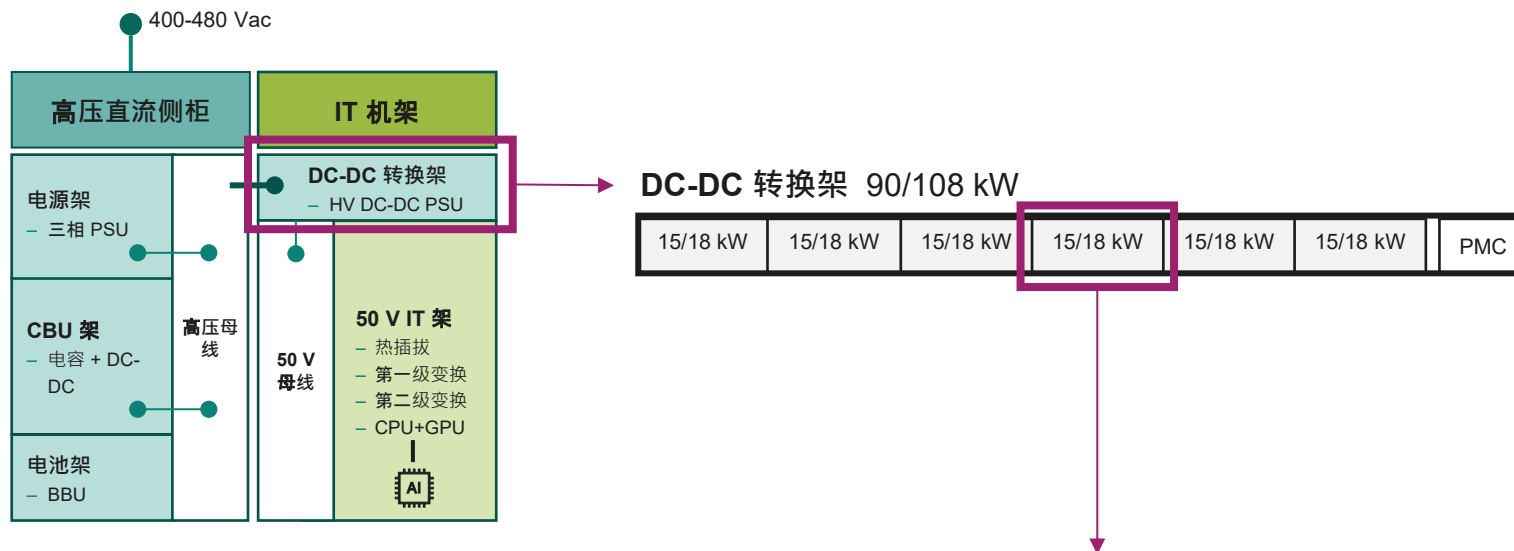
| PFC                          |                                      |                |                                  |
|------------------------------|--------------------------------------|----------------|----------------------------------|
| 维也纳或T型                       |                                      | 5-L ANPC       |                                  |
| <div>T 型</div> <div>主流</div> |                                      | <div>下一代</div> |                                  |
| 桥臂                           | 1.2 kV CoolSiC™ FET / 二极管            | 低频开关管          | 650 V CoolSiC™<br>650 V CoolMOS™ |
| 主开关管                         | 650 V CoolSiC™<br>650 V CoolGaN™ BDS | 高频开关管          | 650 V CoolSiC™                   |
| 驱动器                          | EiceDRIVER™ 1ED                      | 驱动器            | EiceDRIVER™ 1ED                  |

|       |                      |                    |         |
|-------|----------------------|--------------------|---------|
| 辅助电源  | CoolSET™ + 1.7kV SiC | 用于栅极驱动器供电的变压器驱动 IC | 2EP130R |
| 电流传感器 | TLI4971, TL4978/77   |                    |         |
| MCU   | PSoC™ C3 P8          |                    |         |

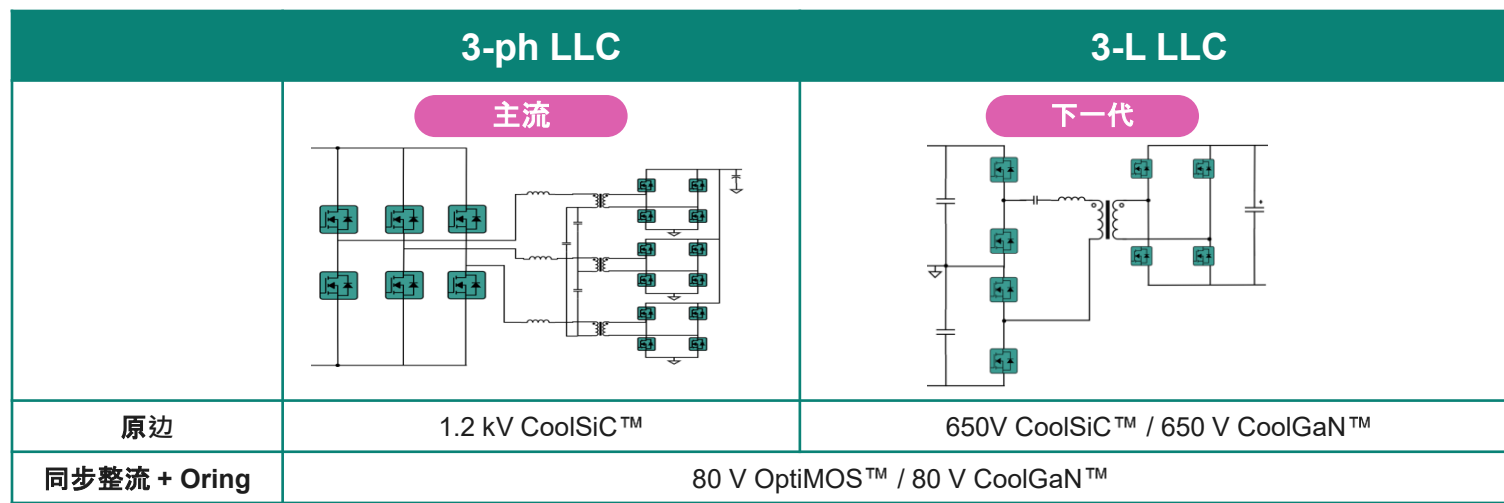
| DC-DC                  |       |                                                    |                                 |                |
|------------------------|-------|----------------------------------------------------|---------------------------------|----------------|
|                        |       | 交错式 LLC                                            | 级联 LLC                          | 3-L LLC        |
|                        |       | <div>主流</div>                                      |                                 | <div>下一代</div> |
| 原边                     |       | 1.2 kV CoolSiC™                                    | 650V CoolSiC™<br>650 V CoolGaN™ |                |
| 原边驱动器                  |       | EiceDRIVER™ 2EDR                                   |                                 |                |
| 同步<br>整流<br>+<br>Oring | 50 V  | 80 V OptiMOS™ , 80 V CoolGaN™                      |                                 |                |
|                        | 400 V | 650 V CoolSiC™ (SR+ORing) , 650 V CoolMOS™ (Oring) |                                 |                |
|                        | 800 V | 1.2 kV CoolSiC™                                    |                                 |                |
| 同步整流驱动器                |       | EiceDRIVER™ 1ED                                    |                                 |                |



# 800-50 V DC-DC PSU 架



+

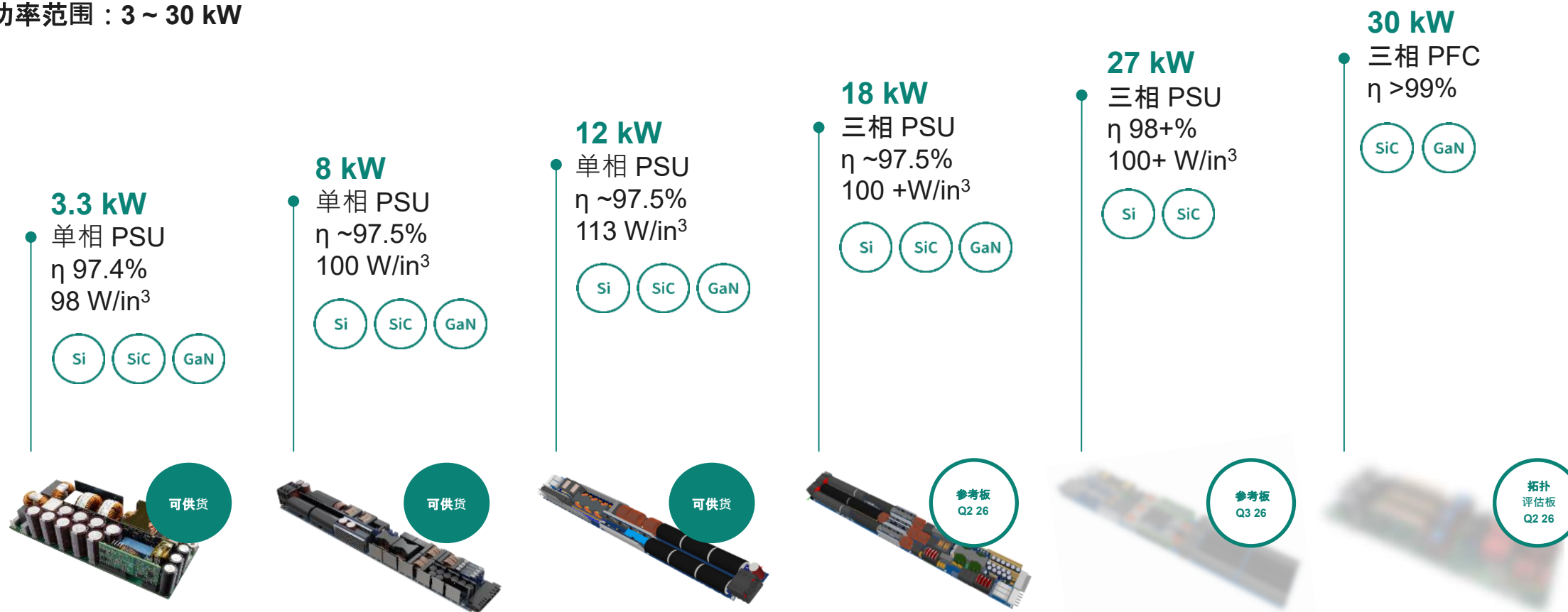


# 系统应用板



# 创新 PSU 系统解决方案：融汇系统专长与 IP，成就性能与效率业界标杆

功率范围：3 ~ 30 kW



持续攀升的功率需求驱动 PSU 架构向先进三相拓扑演进

单相 PSU

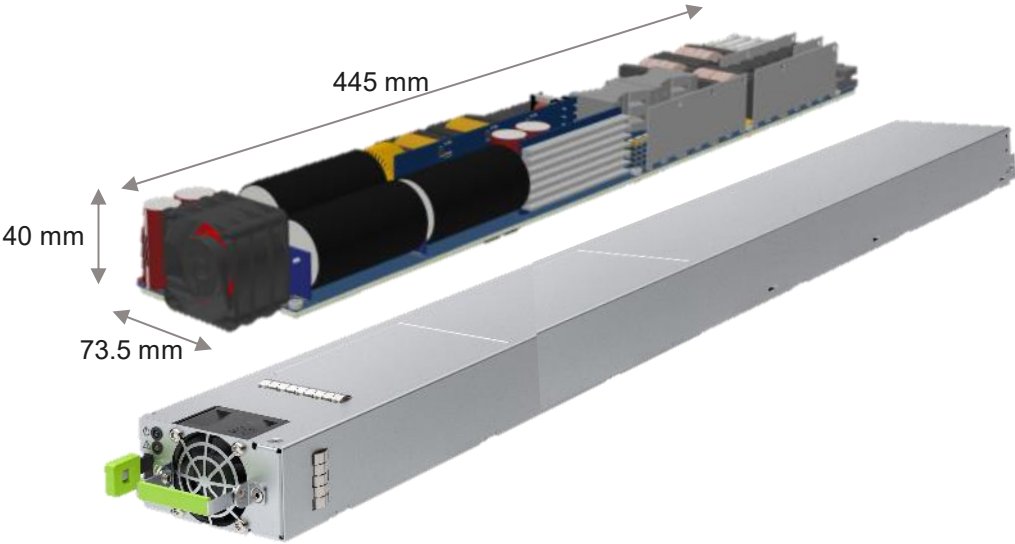
三相 PSU

# 8 kW PSU 参考板

## 融汇 CoolMOS™、CoolSiC™ 和 CoolGaN™ 器件



### REF\_8KW\_HFHD\_PSU



| 技术规格           |                                                     |
|----------------|-----------------------------------------------------|
| 目标应用           | AI、服务器                                              |
| 输入电压范围         | 180 V <sub>AC</sub> ~ 277 V <sub>AC</sub>           |
| 输出电压           | 50 V <sub>DC</sub> nominal                          |
| 输出电流           | 160 A                                               |
| 最大输出功率         | 8000 W                                              |
| 效率             | ~ 97.5%                                             |
| 功率因数（负载 > 10%） | PF > 0.98, 20%→80% load<br>iTHD < 10%, 20%→80% load |
| 环境温度           | 0°C ~ 40°C                                          |

| 了解更多  |                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 英飞凌器件 | 8x IGT65R035D2, 8x IMT65R040M2H, 4x IMT65R010M2H, 5x IPT60R016CM8, 2x IPT60R050G7, 2x IDL12G65C5, 64x IQE036N08LM6, 10x ISC018N08NM6, 6x 1EDB8275F, 3x 1EDN8511B, 3x 2EDB9259Y, BAT46WJ, BAT165, BSS138N, ICE2QR2280G, TLS4120D0EPV33, 4DIR1400H |
| 控制器   | XMC4200 (PFC), 第三方 MCU (LLC) Microchip                                                                                                                                                                                                           |

特性

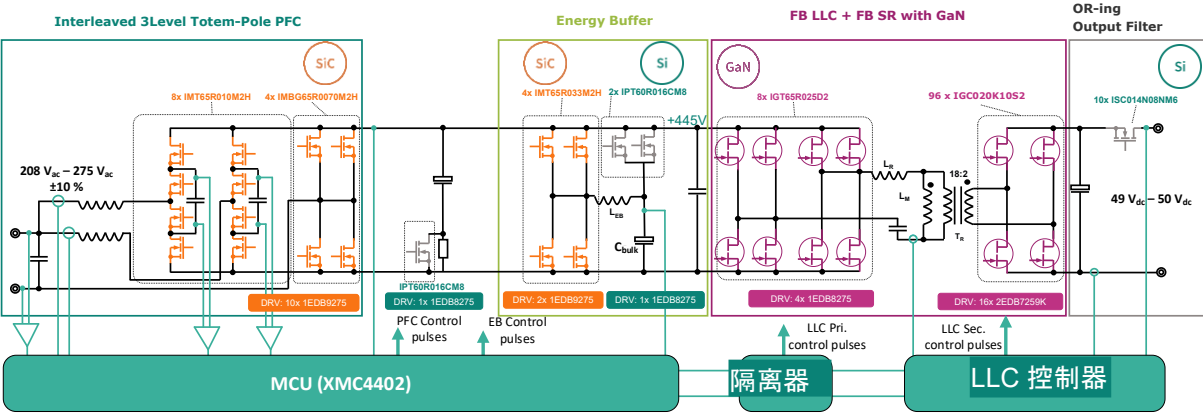
- 融汇 CoolMOS™ 8、CoolSiC™、CoolGaN™ 器件，实现最高效率和功率密度
- 新型集成平面磁性结构
- PFC 和 DC-DC 全数字控制
- 交错式图腾柱 PFC + 全桥 GaN LLC

优势

- 峰值效率 97.5%
- 功率密度 100W/in³（较 ORv3 标准体积 720x40x73.5mm 缩减 38%）
- 保持时间延长电路：100% 负载下维持 20 ms
- 基于 GaN 实现 400 kHz LLC 开关频率
- “3.3kW PSU 参考板的两倍”

# 12 kW 50 Vdc PSU 参考板

## 搭载 CoolSiC™、CoolGaN™ 及能量缓冲技术

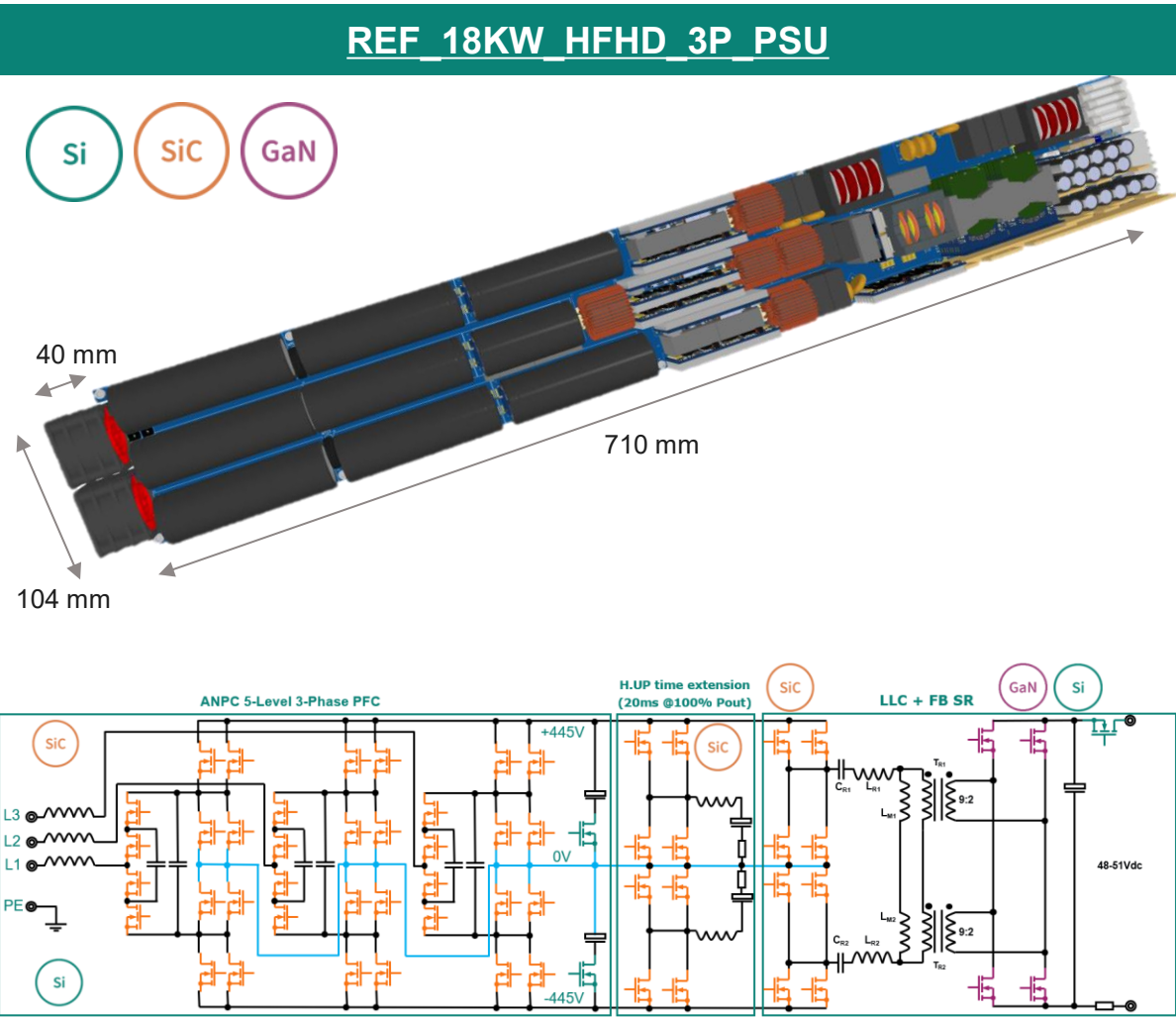


| 技术规格            |                                                 |
|-----------------|-------------------------------------------------|
| 输入电压范围          | 180 V <sub>AC</sub> - 305 V <sub>AC</sub> (单相)  |
| 输出电压            | 50 V <sub>DC</sub> (标称值)                        |
| 输出电流            | 240A                                            |
| 最大输出功率          | 12000 W                                         |
| 效率              | ~ 97.5% (含风扇)                                   |
| 功率因数 (负载 > 10%) | PF > 0.98, 20%→80% 负载<br>iTHD < 10%, 20%→80% 负载 |
| 环境温度            | -5°C ~ 45°C (OCP)                               |

| 了解更多         |                                                                      |
|--------------|----------------------------------------------------------------------|
| 英飞凌器件 (主要器件) | 三电平图腾柱 PFC<br>三电平图腾柱 PFC<br>保持时间延长电路<br>FB-LLC<br>FB-SR<br>ORing FET |
| 控制器          | XMCTM & 第三方 MCU                                                      |
| 供货情况         | 可供货                                                                  |

| 特性与优势 |                                                          |
|-------|----------------------------------------------------------|
| —     | 搭载 CoolSiC™、CoolGaN™、440 V SiC 及 80 V 低压开关器件，实现最高效率和功率密度 |
| —     | 功率密度 113 W/in <sup>3</sup>                               |
| —     | 效率 ~ 97.5% (含风扇)                                         |
| —     | 保持时间延长电路：100% 负载下维持 20 ms                                |
| —     | 400 kHz LLC 开关频率                                         |
| —     | 满足 GPU 厂商的 AI 负载瞬态响应要求                                   |

# 18 kW 50 Vdc 三相 PSU 参考板



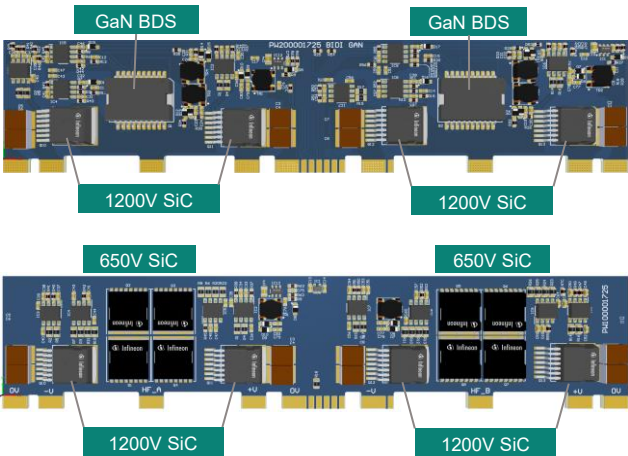
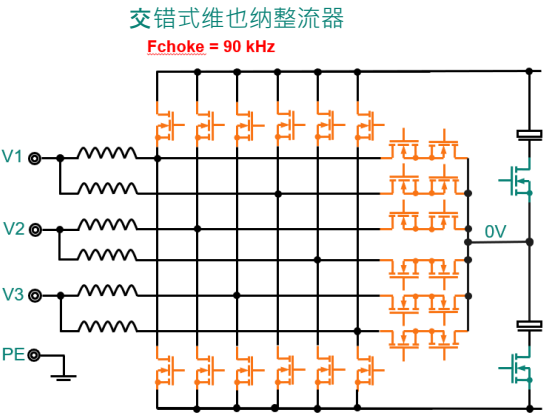
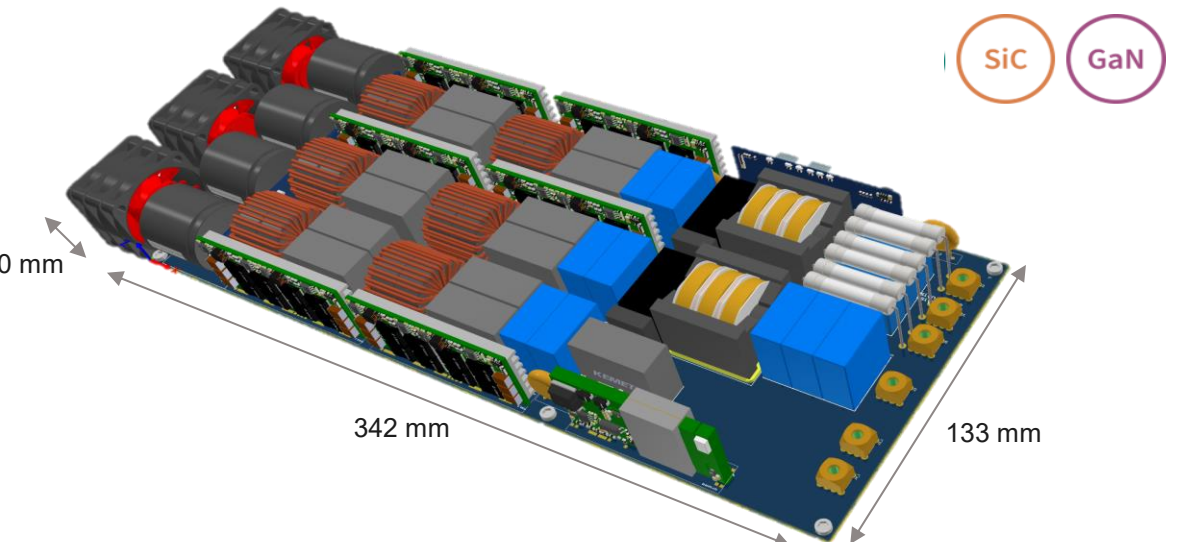
| 技术规格            |                                                 |
|-----------------|-------------------------------------------------|
| 目标应用            | AI、数据中心、服务器                                     |
| 输入电压范围          | 311 V <sub>AC</sub> ~ 528 V <sub>AC</sub> (三相)  |
| 输出电压            | 50 V <sub>DC</sub> (标称值)                        |
| 输出电流            | 336 A                                           |
| 最大输出功率          | 16500 W                                         |
| 效率              | ~ 97.5% (含风扇)                                   |
| 功率因数 (负载 > 10%) | PF > 0.98, 20%→80% 负载<br>iTHD < 10%, 20%→80% 负载 |
| 环境温度            | -5°C ~ 35°C (OCP)                               |

| 了解更多  |                             |        |               |
|-------|-----------------------------|--------|---------------|
| 英飞凌器件 | SiC 650 V                   | 三电平单元  | IMT65R010M2H  |
|       | GaN 100 V                   | 同步整流   | IGC020K10S2   |
|       | Si 80 V                     | OR-ing | ISC014N08NM06 |
|       | SiC 650 V                   | 保持能量缓冲 | IMT65R020M2H  |
|       | SiC 650 V                   | 电网同步开关 | IMT65R020M2H  |
|       | SiC 650 V                   | LLC 原边 | IMT65R020M2H  |
|       | Si 650 V                    | 浪涌抑制   | IPT65R018CM8  |
|       |                             |        |               |
| 控制器   | XMC™ (PFC) / PSOC™ C3 M8/P8 |        |               |

| 特性与优势                                            |  |
|--------------------------------------------------|--|
| — 融汇 CoolSiC™、CoolGaN™、CoolMOS™ 器件，实现最高效率和功率密度   |  |
| — 功率密度 100 W/in <sup>3</sup> (104 x 40 x 710 mm) |  |
| — 效率 ~ 97.5% (含风扇)                               |  |
| — 保持时间延长电路：100% 负载下维持 20 ms                      |  |
| — 350 kHz LLC 开关频率                               |  |
| — 满足 GPU 厂商的 AI 负载瞬态响应要求                         |  |

# 面向高压直流应用的 30kW 三相 PFC 评估板

EVAL\_30KW\_TTYPE\_PFC



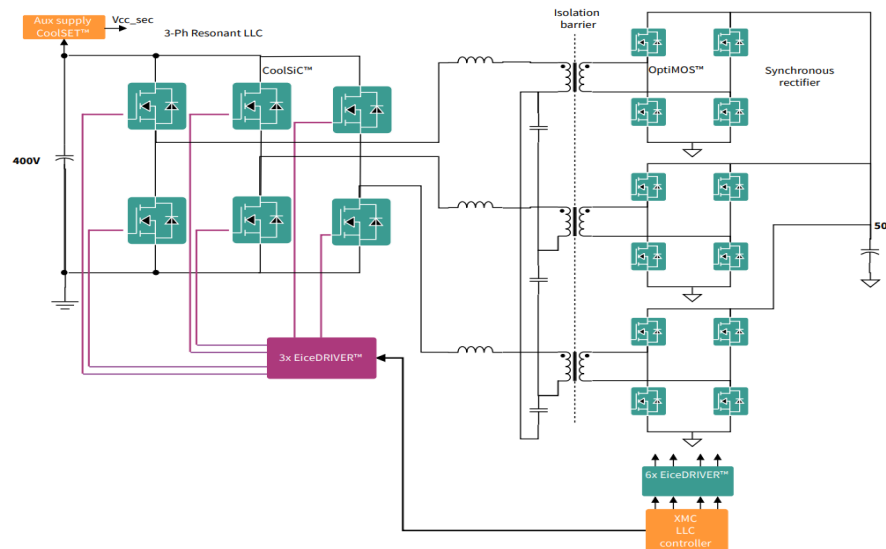
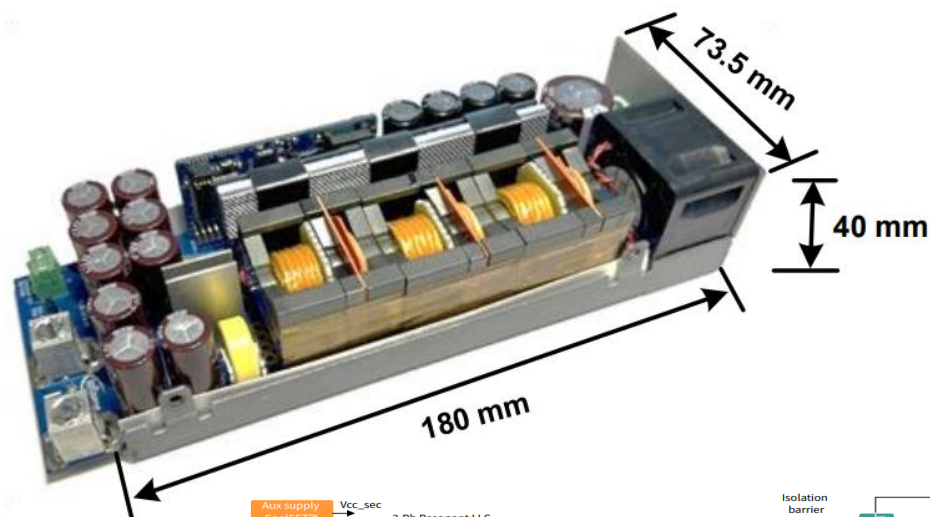
| 技术规格            |                                                   |
|-----------------|---------------------------------------------------|
| 目标应用            | AI、数据中心、服务器                                       |
| 输入电压范围          | 360 V <sub>AC</sub> ~ 528 V <sub>AC</sub> (三相线电压) |
| 输出电压            | 890 V <sub>DC</sub> (标称值)                         |
| 输出电流            | 33.33 A                                           |
| 最大输出功率          | 30 kW                                             |
| 效率              | > 99%                                             |
| 功率因数 (负载 > 10%) | PF > 0.98, 20%→80% 负载<br>iTHD < 10%, 20%→80% 负载   |
| 环境温度            | -5°C ~ 45°C (OCP)                                 |

| 了解更多  |                                                                                                                                                                  |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 英飞凌器件 | 200V 二极管开关：12 颗 IMBG120R026M2H<br>650 V 背对背开关：12 颗 IGO65R025B3<br>驱动芯片：12 颗 1EDB9275F + 12 颗 1EDB7275F<br>偏置电源：IMBF170R1K0M1、ICE5QSBG<br>电流检测：6 颗 TLE4977-R040W3 |
| 控制器   | PSOC™ C3 P8                                                                                                                                                      |
| 供货情况  | Q3 2026                                                                                                                                                          |

| 特性与优势                                                                                                                                                            |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>英飞凌首款该外形尺寸下的交错式 T 型 PFC</li> <li>专为 AI 服务器打造的 GaN BDS 推广平台</li> <li>搭载 PSoC C3 P8，适配优选拓扑</li> <li>评估板布局了便捷的测量点</li> </ul> |  |

# 5.5 kW 交错式三相 LLC 评估板

EVAL\_5K5W\_3PH\_LLC\_SIC2



## 技术规格

|        |                                |
|--------|--------------------------------|
| 输入电压范围 | 380 - 420 V <sub>DC</sub>      |
| 典型输出电压 | 50 V <sub>DC</sub>             |
| 最大输出功率 | 5500 W                         |
| 峰值效率   | 98.9 %                         |
| 尺寸     | 180 (L) × 73.5 (W) × 40 (H) mm |
| 功率密度   | 170 W/in <sup>3</sup>          |
| 谐振频率   | 200 kHz                        |

## 了解更多

|       |                                                                                                                                                                                                  |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 英飞凌器件 | 650 V CoolSiC™ Gen 2 MOSFET (IMLT65R050M2H)<br>80 V OptiMOS™ 6 MOSFET (ISC018N08NM6)<br>EiceDRIVER™ 栅极驱动器 IC (2EDR9259X, 2EDF5215F)<br>准谐振 CoolSET™ (ICE2QR2280G)<br>32 位微控制器 (XMC4400-F100x512) |
| 目标应用  | AI 服务器 / 数据中心 SMPS、电信整流器及其他工业 SMPS                                                                                                                                                               |

## 特性与优势

- 满足 OCP Open Rack V3 5.5 kW 规格的高输出功率
- 高效率 (98.9%) 与高功率密度
- 三相交错式 LLC 变换器
- 搭载 650V CoolSiC™ Gen 2 和 80V OptiMOS™ 6 power MOSFET 器件
- 采用 XMC4400 实现全数字控制

# 面向服务器 PSU 的英飞凌产品价值主张



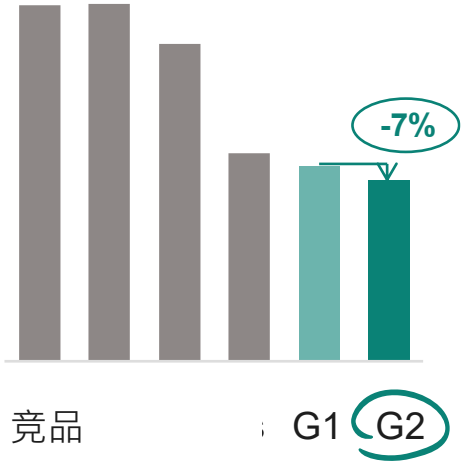
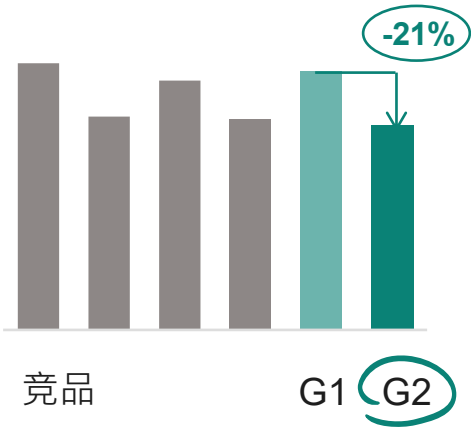
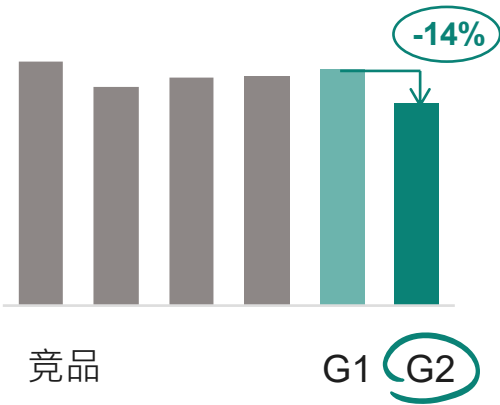
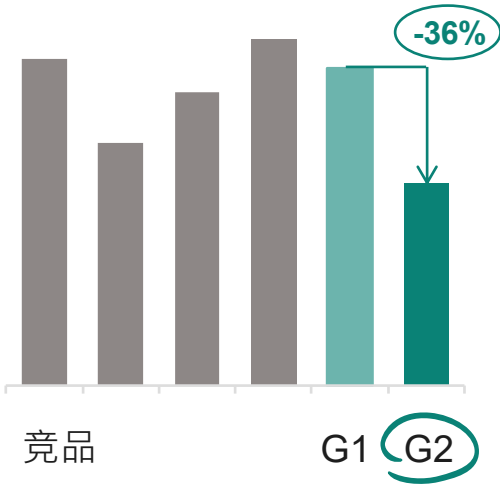
# CoolSiC™ G2 650 V 和 1200 V

## 开启性能新标杆



MOSFET 优值 (FOM) 对比：数值越低，能效越高

|                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>$R_{\text{DS(on)}} \times Q_{\text{GD}} \text{ (m}\Omega \cdot \mu\text{C)}$<br>@ 150°C, 800 V, 28 A: | <br>$R_{\text{DS(on)}} \times Q_{\text{OSS}} \text{ (m}\Omega \cdot \mu\text{C)}$<br>@ 150°C, 800 V: | <br>$R_{\text{DS(on)}} \times E_{\text{OSS}} \text{ (m}\Omega \cdot \mu\text{J)}$<br>@ 150°C, 800 V: | 经典 MOSFET 优值<br>(源于低压硅器件)<br>$R_{\text{DS}} \times Q_{\text{G}} \text{ (m}\Omega \cdot \mu\text{C)}$<br>@ 150°C: |
| 数值越低，硬开关拓扑性能越佳                                                                                                                                                                             | 数值越低，软开关拓扑性能越佳                                                                                                                                                                         | 数值越低，轻载效率越高                                                                                                                                                                             | 数值越低，栅极驱动损耗越小                                                                                                    |

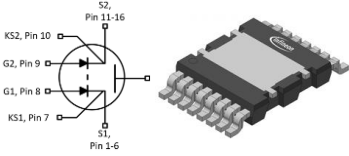
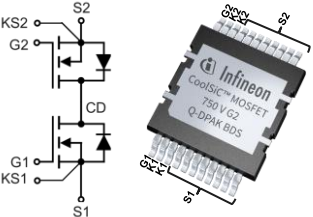
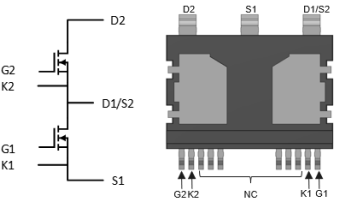
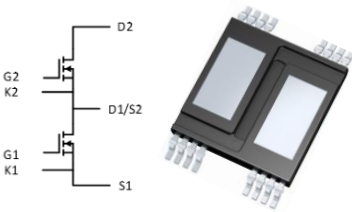
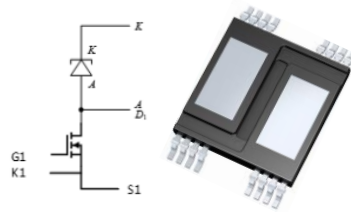
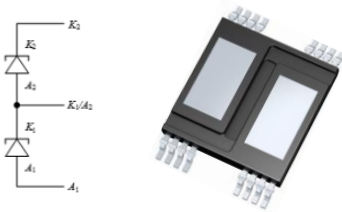


英飞凌产品：IMBG120R030M1H、IMBG120R026M2H。  
竞品 SiC MOSFET：参数取自 2024 年 1 月各官网数据手册中最新一代 1200 V SiC MOSFET (D2PAK 7 引脚封装)：C3M0032120J1、SCT4018KW7、NTBG030N120M3S、SCT025H120G3AG。  
 $Q_{\text{GD}}$  = 给定条件下  $C_{\text{RSS}}$  相关总电荷， $Q_{\text{OSS}}$  = 给定条件下  $C_{\text{OSS}}$  相关总电荷， $E_{\text{OSS}}$  = 给定条件下  $C_{\text{OSS}}$  相关总能量。

## 集成双开关，顶部冷却

成本优于两种替代方案，同时实现**超高功率密度**

免责声明  
日期或有变动  
产品组合仅为 MVP 概念示意

| 配置                     | BDS<br>共漏极<br>TOLT                                                                |  |                                                                                                                  |  |                                                                                    |  | BDS<br>共漏极<br>Q-DPAK TSC                                                            |  | 半桥<br>Hexa-DPAK TSC                                                                 |  | 半桥<br>Q-DPAK SL TSC                                                                                                |  | 升压<br>Q-DPAK SL TSC |  | 双二极管<br>Q-DPAK SL TSC |  |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------|--|-----------------------|--|
|                        | 650 V CoolGaN™ G5                                                                 |  | 750 V CoolSiC™ Gen2                                                                                              |  | 1200 V CoolSiC™ Gen2                                                               |  | 1200 V CoolSiC™ Gen2<br>搭配CoolSiC G5二极管                                             |  | 1200 V CoolSiC™ G5 二<br>极管                                                          |  |                                                                                                                    |  |                     |  |                       |  |
| 尺寸                     |  |  |                                 |  |  |  |  |  |  |  |                                 |  |                     |  |                       |  |
|                        | 15 x 10 x 2.3 mm<br>已发布                                                           |  | 15 x 21 x 2.3 mm<br> SOP : 26Q4 |  | 19.5 x 21 x 2.3 mm<br>按需供货                                                         |  | 15 x 21 x 2.3 mm<br>已发布                                                             |  | 15 x 21 x 2.3 mm<br>已发布                                                             |  | 15 x 21 x 2.3 mm<br> SOP : 26Q3 |  |                     |  |                       |  |
| $R_{DS(on)}$ typ @25°C | IGLT65R035B2                                                                      |  | IMDQ75B014M2H*                                                                                                   |  | IMSH75H011M2H*                                                                     |  | IMSQ120R012M2HH                                                                     |  | IMSQ120R017M2HB                                                                     |  | IDSQ50G120C5D                                                                                                      |  |                     |  |                       |  |
|                        | IGLT65R055B2                                                                      |  | IMDQ75B022M2H*                                                                                                   |  | IMSH75H016M2H*                                                                     |  | IMSQ120R026M2HH                                                                     |  | IMSQ120R026M2HB                                                                     |  | IDSQ40G120C5D                                                                                                      |  |                     |  |                       |  |
|                        |                                                                                   |  | IMDQ75B032M2H*                                                                                                   |  | IMSH75H020M2H*                                                                     |  | IMSQ120R040M2HH                                                                     |  | IMSQ120R040M2HB                                                                     |  | IDSQ30G120C5D                                                                                                      |  |                     |  |                       |  |
|                        |                                                                                   |  | IMDQ75R040M2H*                                                                                                   |  | IMSH75H025M2H*                                                                     |  | IMSQ120R053M2HH                                                                     |  | IMSQ120R053M2HB                                                                     |  | IDSQ20G120C5D                                                                                                      |  |                     |  |                       |  |
|                        |                                                                                   |  | IMDQ75R050M2H*                                                                                                   |  | IMSH75H033M2H*                                                                     |  | IMSQ120R078M2HH                                                                     |  |                                                                                     |  | IDSQ10G120C5D                                                                                                      |  |                     |  |                       |  |
|                        |                                                                                   |  | IMDQ75R066M2H*                                                                                                   |  | IMSH75H040M2H*                                                                     |  | IMSQ120R118M2HH                                                                     |  |                                                                                     |  |                                                                                                                    |  |                     |  |                       |  |
|                        | IGLT65R110B2                                                                      |  | *已启动样片供应                                                                                                         |  | IMSH75H050M2H*                                                                     |  | IMSQ120R181M2HH                                                                     |  |                                                                                     |  |                                                                                                                    |  |                     |  |                       |  |
|                        |                                                                                   |  |                                                                                                                  |  | IMSH75H060M2H*                                                                     |  | IMSQ120R234M2HH                                                                     |  |                                                                                     |  |                                                                                                                    |  |                     |  |                       |  |

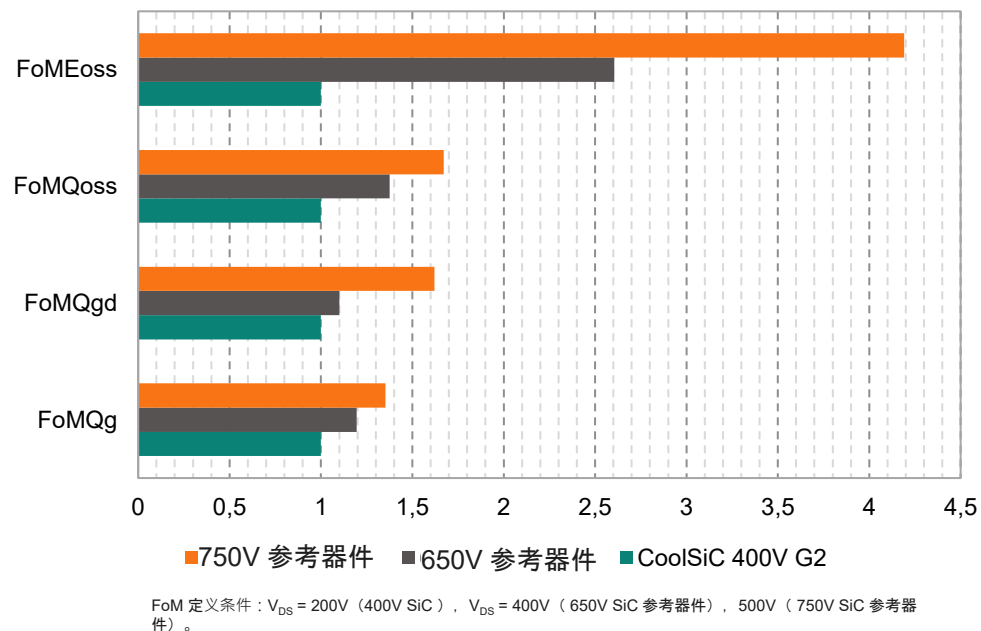


栅极驱动器 EiceDRIVER™ 2EDB/R + MCU AURIX™ TC3x / TC4x

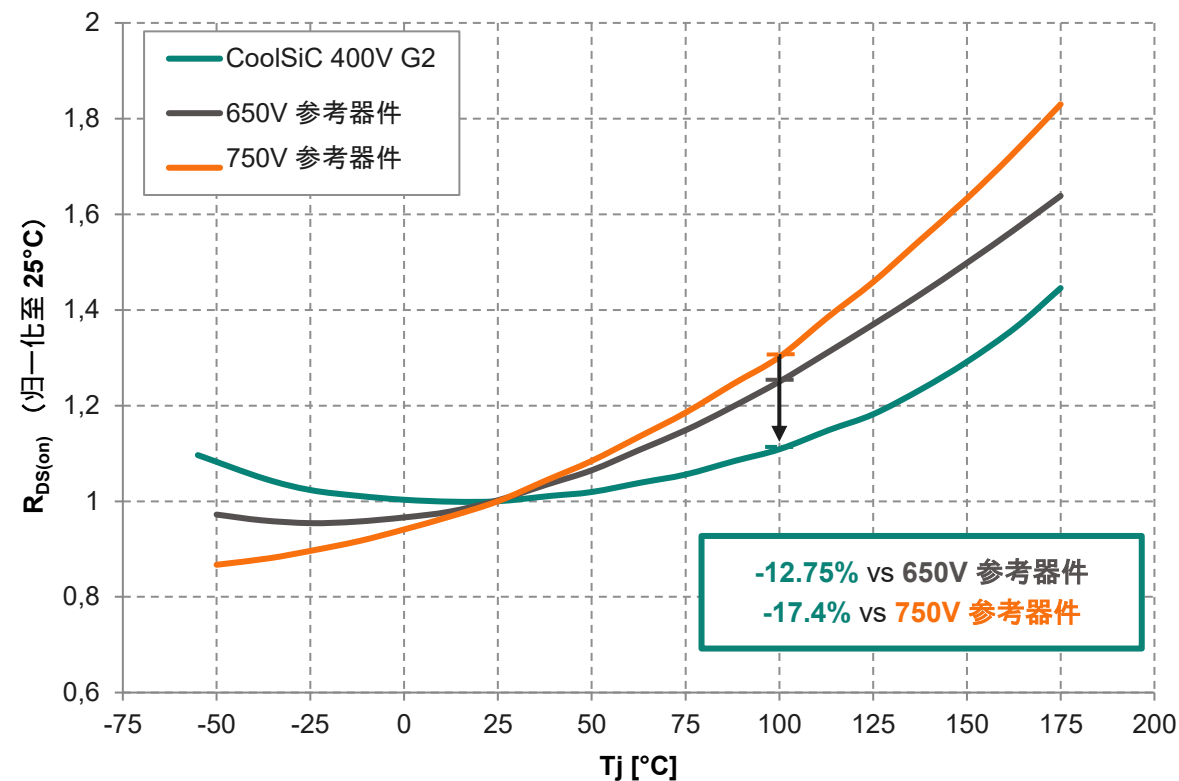


# CoolSiC™ 400 V

## 实现开关和导通损耗优化



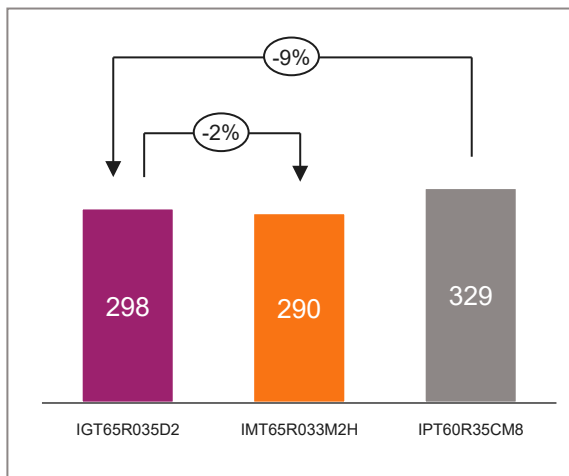
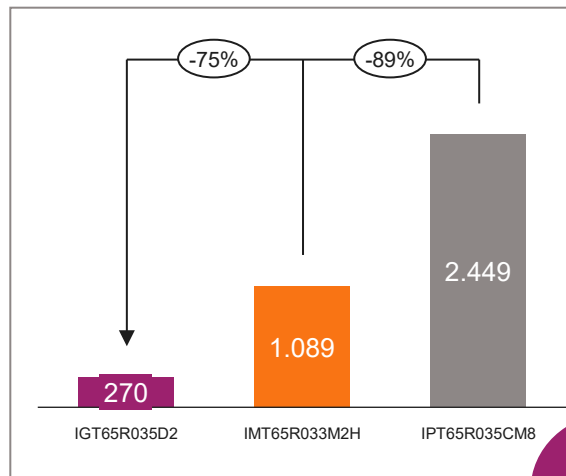
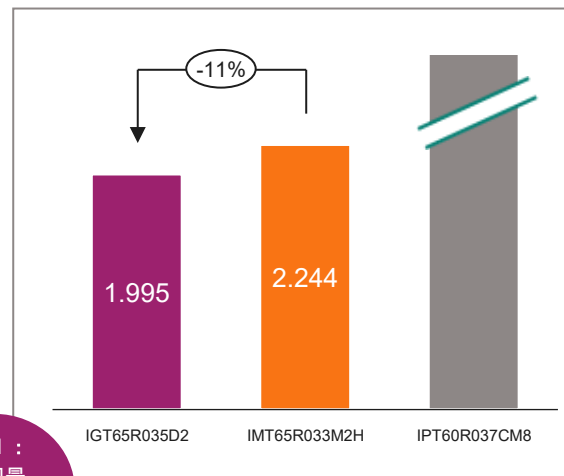
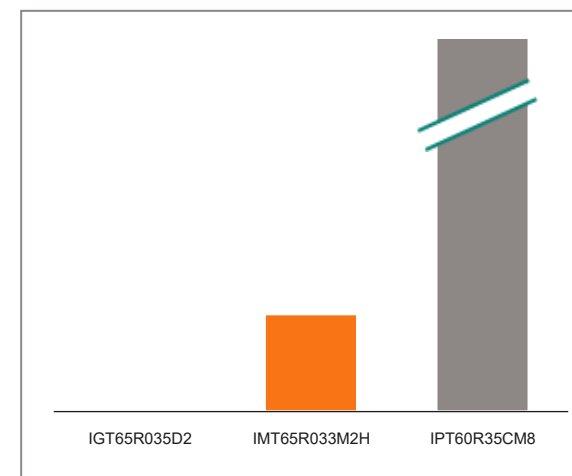
- 通过将 CoolSiC™ G2 的  $V_{BR(DSS)}$  优化至 400V，其优值较 650V 和 750V 参考器件实现显著提升。
- **CoolSiC™ 400 V G2** 精准匹配第一、二代 AI 服务器 PSU，完全覆盖三电平 PFC 中约 200V 至 320V 的阻断电压需求。



- **100°C时导通电阻仅比25°C时高出11%。**
- **平坦的导通电阻 - 结温特性曲线**，支持选用标称导通电阻更高的 MOSFET，兼顾更优成本与开关性能

## 业界顶级优值，高开关频率下仍保持极致能效

|              | 电压  | RDS(on)*Eoss | RDS(on)*Qg | RDS(on)*Qoss | RDS(on)*Qrr |
|--------------|-----|--------------|------------|--------------|-------------|
| CoolMOS™ CM8 | 600 | 100%         | 100%       | 100%         | 100%        |
| CoolGaN™ G5  | 650 | 91%          | 11%        | 11%          | 0%          |
| CoolSiC™ G2  | 650 | 88%          | 44%        | 13%          | 9%          |

 $E_{oss} \times R_{DS(on)}$  typ. [ $\mu J \times m\Omega$ ] $Q_g \times R_{DS(on)}$  typ. [ $nC \times m\Omega$ ] $Q_{oss} \times R_{DS(on)}$  typ. [ $nC \times m\Omega$ ] $Q_{rr} \times R_{DS(on)}$  typ. [ $nC \times m\Omega$ ]GaN :  
实现最  
高功率  
密度

- 助力硬开关拓扑（如经典升压 PFC、逆变器）实现最低开关损耗

- 降低驱动损耗，轻载工况下尤为显著
- 支持更高频率运行，实现更优效率

- 提升软开关性能（如 LLC），减少无源器件数量，实现更高功率密度。

- 适用于重复换流拓扑（如 CCM 图腾柱 PFC、双向开关）

CoolGaN™ 凭借优异 FOM，在快速开关中实现高效率

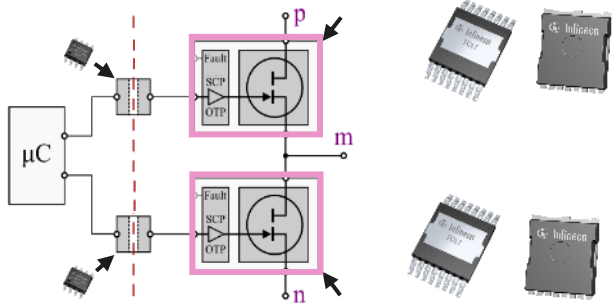
# 650 V CoolGaN™ Drive 单管 G5

## 集成功能，实现器件与系统的最优性能



### CoolGaN™ Drive 典型半桥配置

- 2 颗单通道 CoolGaN™ Drive
- 2 颗数字隔离器 (\*)



(\*) 图中所示配置为 2 颗 IPS 搭配 2 颗数字隔离器

### CoolGaN™ Drive – 核心特性

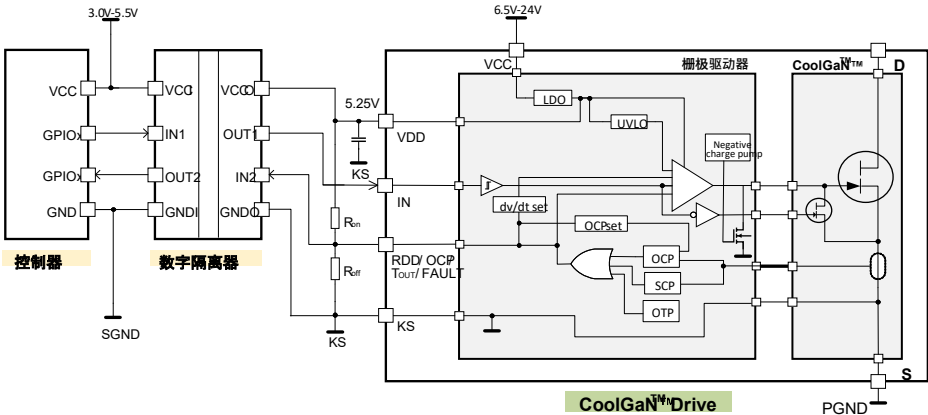
- 集成新一代栅极驱动器：
  - 通过外部电阻独立调节导通和关断  $dv/dt$
  - 温度输出
- 保护功能：
  - 短路及退饱和保护 (SCP 和 Desat)
  - 逐周期过流保护 (OCP)
  - 过温保护 (OTP)
  - 故障引脚向 MCU 报告 (SCP、OTP)
- 逻辑电平 PWM 信号输入
- 为信号隔离器副边供电的 LDO
- 外部信号隔离器 → 充分的设计灵活性

### 产品规划与时间表

| 650 V CoolGaN™ Drive |              |               |
|----------------------|--------------|---------------|
| $R_{DS(on, typ)}$    | TOLL         | TOLT          |
| [mΩ]                 |              |               |
| 55                   | IGI65N055A1T | IGI65N055A1LT |
| 45                   | IGI65N045A1T | IGI65N045A1LT |
| 35                   | IGI65N035A1T | IGI65N035A1LT |
| 25                   | IGI65N025A1T | IGI65N025A1LT |

| 时间表 |         |
|-----|---------|
| ES  | Q3 CY25 |
| QS  | Q4 CY25 |
| SOP | Q1 CY26 |

### CoolGaN™ Drive – 框图



凭借业界最优  $R_{DS(on)}/mm^2$ ，实现更低成本和最高功率密度

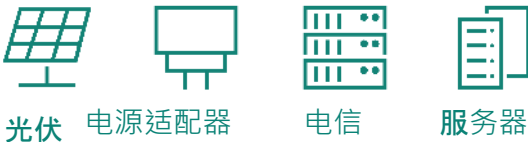
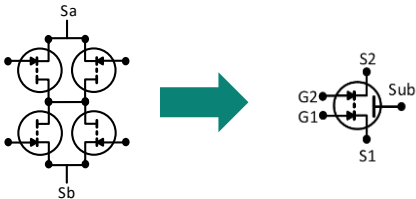
1 - 直接替代现有拓扑中的背靠背方案，或赋能全新高商业价值拓扑

2 - 兼具成本优势的设计，实现更高功率密度

3 - 更高的开关频率，推动无源器件小型化，实现更紧凑的外形尺寸

4 - 简化设计，加速上市

5 - 未来将集成隔离驱动器（CT-drive 等），进一步降低系统成本和设计复杂度



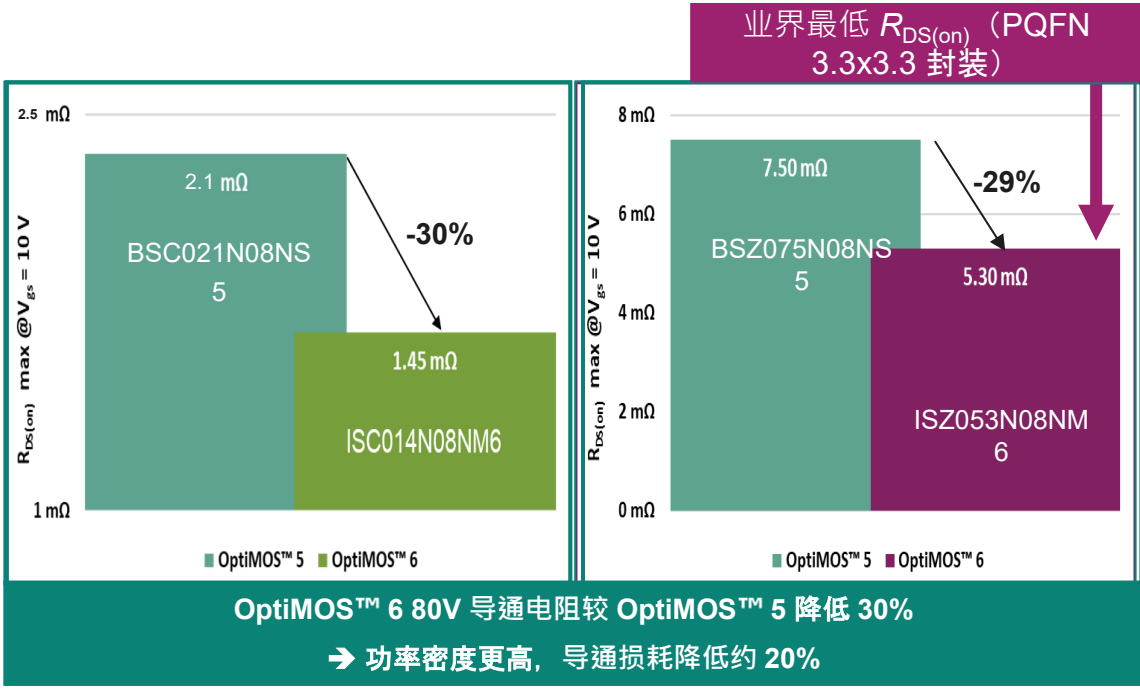
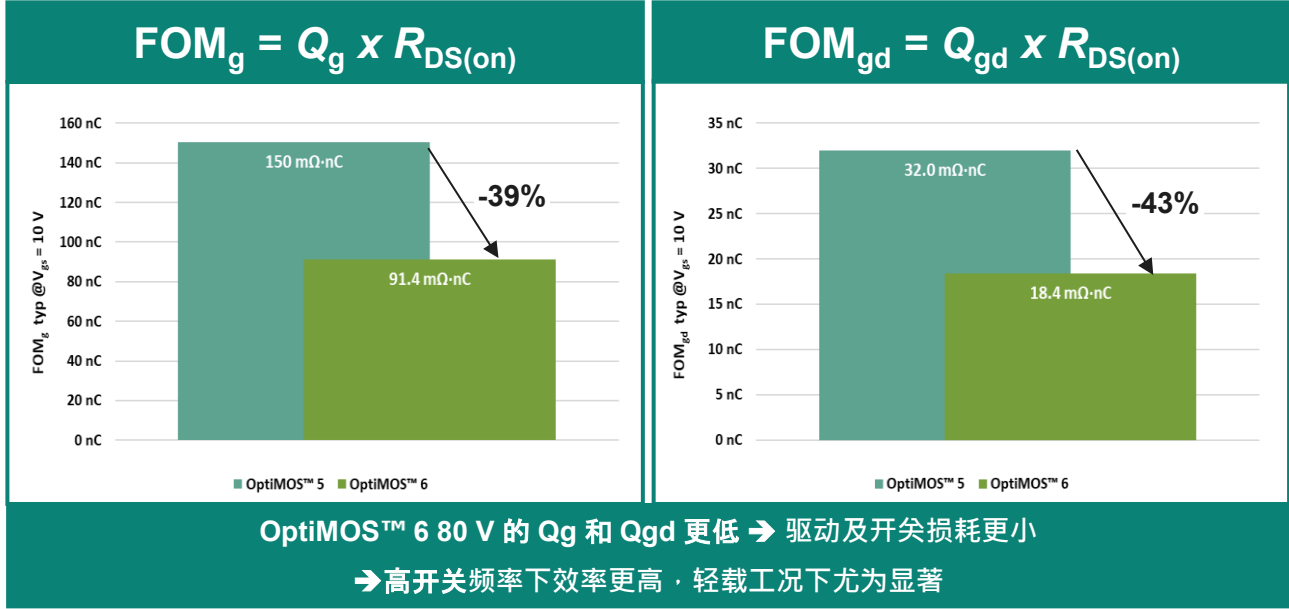
- 真正的常关型单片双向开关
- 以单器件替代四颗分立式开关器件，实现高性价比双向开关方案：
  - →节省 PCB 面积 + 精简 BOM
- 等效系统级  $R_{DS(on)}/mm^2$  最优，芯片面积利用率最大化

| 650 V CoolGaN™ BDS        |              |              |
|---------------------------|--------------|--------------|
| $R_{DS(on, typ)}$<br>[mΩ] | TOLT         | DSO          |
| s                         | IGLT65R110B2 |              |
| 55                        | IGLT65R055B2 |              |
| 35                        |              | IGOT65R035B3 |
| 25                        |              | IGOT65R025B3 |

| $R_{DS(on, typ)}$<br>[mΩ] | 封装   | 产品型号         | EES     | ES      | QS      | SOP     |
|---------------------------|------|--------------|---------|---------|---------|---------|
| 110                       | TOLT | IGLT65R110B2 | 可供货     | Q1 2025 | Q1 2025 | Q3 2025 |
| 55                        | TOLT | IGLT65R055B2 |         |         | 可供货     | Q2 2025 |
| 35                        | DSO  | IGOT65R035B3 | Q2 2025 | Q4 2025 | Q4 2025 | Q1 2026 |
| 25                        | DSO  | IGOT65R025B3 | Q1 2025 | Q2 2025 | Q3 2025 | Q4 2025 |

# OptiMOS™ 6 80 V

## 业界最佳 FOM与最低 $R_{DS(on)}$



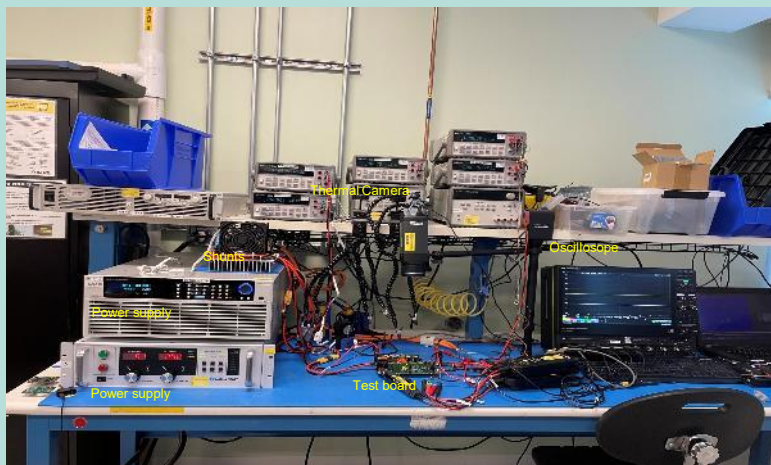
优值 (FOM) 综合表征一项技术在导通和开关两方面的性能。在给定技术平台下，优化  $R_{DS(on)}$  必然以牺牲栅极电荷 ( $Q_g$ 、 $Q_{gd}$  等) 为代价。  
 OptiMOS™ 6 80 V同步优化  $R_{DS(on)}$  与栅极电荷， $FOM_g$  与  $FOM_{gd}$  双双业界领先。

对于 SMPS 应用，更低的  $FOM_g$  和  $FOM_{gd}$ ，意味着更快的导通关断速度，随之带来更低的开关损耗和导通损耗，最终实现最高效率，并助力提升功率密度、优化成本。

$FOM_g$  和  $FOM_{gd}$  基于同级最优  $R_{DS(on)}$  器件，在  $V_{GS}=10\text{ V}$  条件下以典型值计算： $FOM_g=R_{DS(on),typ} \times Q_{g,typ}$

# OptiMOS™ 6 80 V

## 在 3 kW LLC 转换器 (400 V - 52 V) 中的性能优势



测试器件：

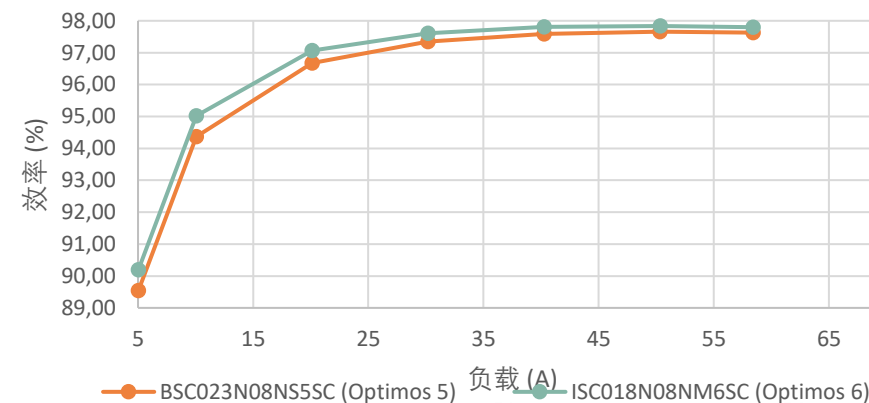
**ISC018N08NM6SC**

(OptiMOS™ 6、5×6 PQFN DSC 封装中  $R_{DS(on)}$  最低的型号)

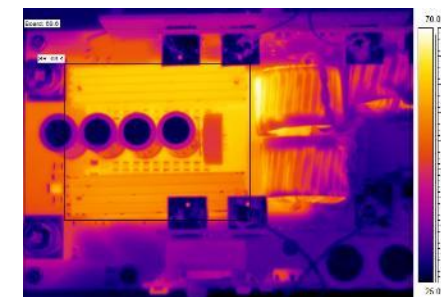
**BSC023N08NS5SC**

(OptiMOS™ 5、5×6 PQFN DSC 封装中  $R_{DS(on)}$  最低的型号)

### 效率和热性能



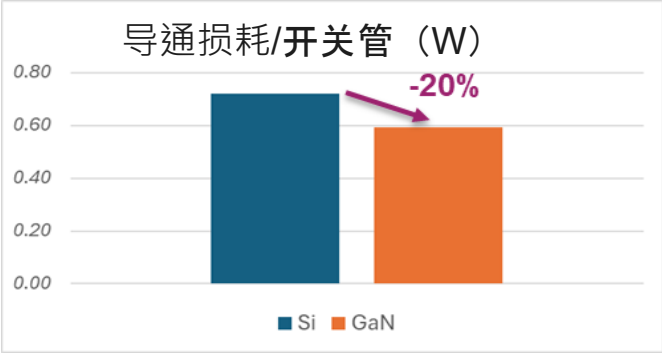
ISC018N08NM6SC (SFET8)



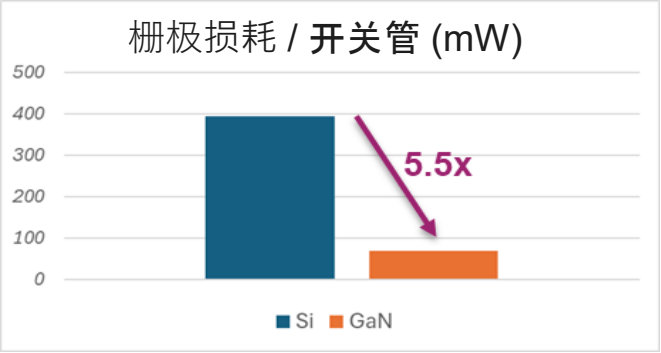
BSC023N08NS5SC (SFET5)

**OptiMOS™ 6 : 3 kW 下效率提升 0.17%，同步整流和板级热性能双双更优**

$R_{DS(on)}$  较硅器件降低 50% 以上  
→ 导通损耗减少 20%

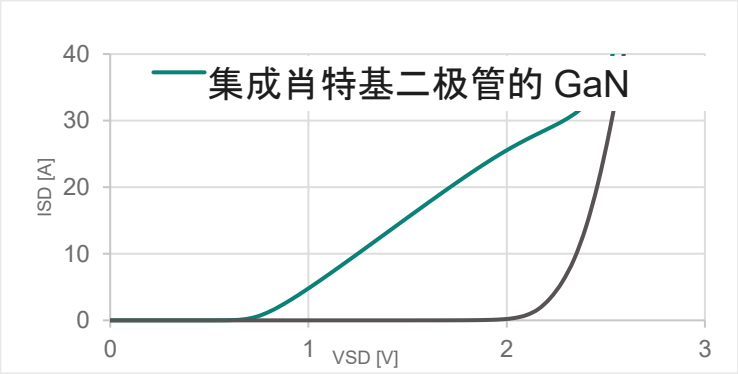


栅极电荷仅为硅器件的1/5.5 → 高开关频率  
下效率更高



集成单片 GaN 肖特基二极管

- 无 PN 结，因而无反向恢复
- 彻底解决 GaN 第三象限损耗问题



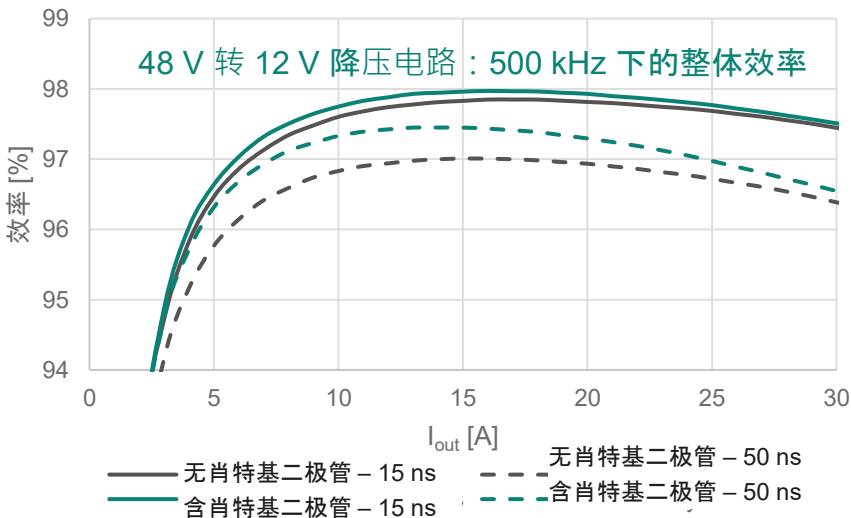
MV GaN 用于 LLC 变换器同步整流 → 实现更高效率与/或更高功率密度

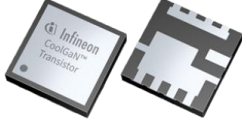
$R_{DS(on)}$  更低 → 简化热管理，减少并联 SR 数量

$Q_g$  更低 → 降低栅极驱动损耗，减少驱动器件用量

无反向恢复 → LLC 在高开关频率下效率更高

SR 反射电容更小，叠加至原边电容 → ZVS 所需环流减少 → 原边 RMS 电流降低



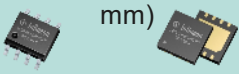
| 电压等级  | 订购代码        | Ron_typ | Ron_max | 封装                                                                                                        | EES*  | SOP   |
|-------|-------------|---------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|
| 40 V  | IGE01xK04S2 | 1,2     | 1,5     | <b>RQFN 3x3 SD</b><br> | Q4'25 | Q3'26 |
| 60 V  | IGE01xK06S2 | 1,6     | 2,0     |                                                                                                           | Q4'25 | Q3'26 |
| 80 V  | IGE02xK08S2 | 1,8     | 2,3     |                                                                                                           | Q3'25 | Q2'26 |
| 100 V | IGE02xK10S2 | 2,0     | 2,5     |                                                                                                           | Q4'25 | Q3'26 |
| 120 V | IGE03xK12S2 | 2,5     | 3,1     |                                                                                                           | Q4'25 | Q3'26 |
| 60 V  | IGD00xK06S2 | 0,7     | 0,9     | <b>RQFN 5x6 DD</b><br> | Q4'25 | Q3'26 |
| 60 V  | IGD05xK06S2 | 3,9     | 5,1     |                                                                                                           | Q4'25 | Q3'26 |
| 80 V  | IGD0xxK08S2 | 0,8     | 1,0     |                                                                                                           | Q3'25 | Q2'26 |
| 100 V | IGD02xK10S2 | 2,1     | 2,6     |                                                                                                           | Q3'25 | Q2'26 |
| 100 V | IGD01xK10S2 | 0,9     | 1,1     |                                                                                                           | Q3'25 | Q2'26 |
| 120 V | IGD01xK12S2 | 1,1     | 1,4     |                                                                                                           | Q4'25 | Q3'26 |
| 150 V | IGD03xK15S2 | 2,2     | 2,8     |                                                                                                           | Q4'25 | Q3'26 |
| 150 V | IGD01xK15S2 | 1,1     | 1,4     |                                                                                                           | Q4'25 | Q3'26 |
| 200 V | IGD02xK20S2 | 2,1     | 2,6     |                                                                                                           | Q4'25 | Q3'26 |
| 40 V  | IGC00xK04S2 | 0,8     | 1,0     |                                                                                                           | Q4'25 | Q3'26 |
| 60 V  | IGC01xK06S2 | 1,1     | 1,4     | <b>PQFN 3x5</b><br>  | Q4'25 | Q3'26 |
| 80 V  | IGC01xK08S2 | 1,2     | 1,5     |                                                                                                           | Q4'25 | Q3'26 |
| 100 V | IGC020K10S2 | 1,5     | 2,0     |                                                                                                           | 可供货   | Q2'26 |
| 120 V | IGC02xK12S2 | 1,7     | 2,1     |                                                                                                           | Q4'25 | Q3'26 |
| 150 V | IGC03xK15S2 | 2,2     | 2,8     |                                                                                                           | Q4'25 | Q3'26 |
| 200 V | IGC04xK20S2 | 3,1     | 3,9     |                                                                                                           | Q4'25 | Q3'26 |

# 栅极驱动器

## EiceDRIVER™ Compact : 双通道



专为优化保护而设计：集成死区时间控制、防直通保护及快速恢复能力

| 产品系列             | 产品型号                                | 典型峰值驱动电流  | VCC2-VEE2   | UVLO 阈值                                                  | 传播延迟 (精度)         | CMTI       | 其他关键特性                                                               | 封装                                                                                                                     |
|------------------|-------------------------------------|-----------|-------------|----------------------------------------------------------|-------------------|------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| X3 Compact gen 2 | 2ED314xMC12L                        | 6.5 A     | 32 V (35 V) | 9.3 / 8.5 V<br>12 / 11 V<br>13.6 / 12.5 V                | 40 ns (+/- 7 ns)  | > 200 V/ns | 死区时间控制 (DTC)<br>主动关断和短路钳位<br>认证：UL1577 & IEC 60747-17                | 14 引脚 DSO-300 mil<br>               |
| 2EDi Gen2        | 2EDF7258G<br>2EDF7268G              | 5A / 9 A  | 20 V (22 V) | 4.2 / 3.9 V                                              | 38ns (+9 / -5 ns) | >150 V/ns  | 可配置死区时间和防直通保护 (STP)<br>快速输出 UVLO 恢复时间 (2µs)                          | 4X4 SON<br>                         |
|                  | 2EDF5215F<br>2EDF5215G              | 5 A / 9 A | 20 V (22 V) | 7 / 6.4 V                                                | 38ns (+9 / -5 ns) | >100 V/ns  | 可配置死区时间和防直通保护 (STP)<br>快速输出 UVLO 恢复时间 (2µs)                          | DSO-8 (5x6 mm), VSON-8 (4x4 mm)<br> |
|                  | 2EDB7259K<br>2EDB8259K              |           |             | 4.2 / 3.9 V<br>8 / 7 V                                   | 38ns (+9 / -5 ns) | >150 V/ns  | 可配置死区时间和防直通保护 (STP)<br>快速输出 UVLO 恢复时间 (2µs)<br>认证：UL1577             | LGA (5x5 mm)<br>                    |
|                  | 2EDBx259Y<br>2EDB8259F              |           |             | 4.2 / 3.9 V<br>8 / 7 V<br>14.9 / 14.4 V                  | 38ns (+9 / -5 ns) | >150 V/ns  | 可配置死区时间和防直通保护 (STP)<br>快速输出 UVLO 恢复时间 (2µs)<br>认证：UL1577 和 CQC       | 14/16 引脚 DSO-150 mil<br>           |
|                  | 2EDR8259H<br>2EDRx259X<br>2EDRx258X |           |             | 4.2 / 3.9 V<br>8 / 7 V<br>12.2 / 11.5 V<br>14.9 / 14.4 V | 38ns (+9 / -5 ns) | >150 V/ns  | 可配置死区时间和防直通保护 (STP)<br>快速输出 UVLO 恢复时间 (2µs)<br>认证：UL1577、IEC、VDE、CQC | 14/16 引脚 DSO-300 mil<br>          |
| 2EDi Gen1        | 2EDF7275K                           | 4 A / 8 A | 20 V (22 V) | 4.2 / 3.9 V                                              | 37ns (+7 / -6 ns) | >150 V/ns  | 可配置 SLLDO<br>输入 UVLO 时快速安全关断 (250 ns)<br>功能                          | LGA (5x5 mm)<br>                  |

# 栅极驱动器

## EiceDRIVER™ Compact : 单通道



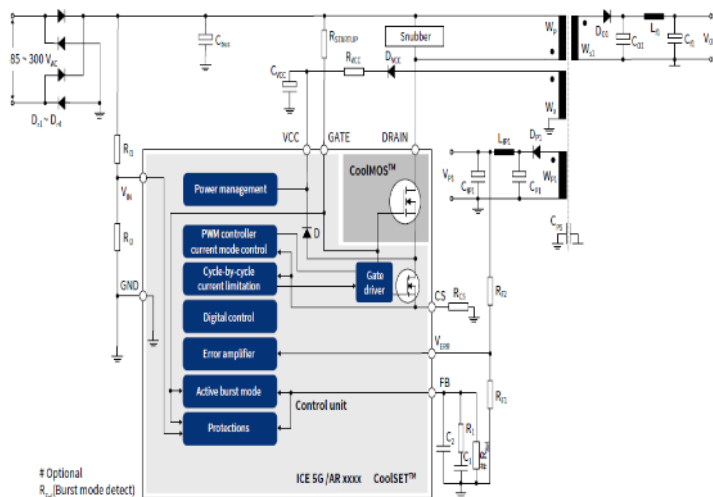
| 兼具米勒钳位选项、更低传播延迟及更高 CMTI             |                                              |                       |                |                                                              |                       |            |                                                                                  |                                                                                                           |
|-------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------|----------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 产品系列                                | 产品型号                                         | 典型峰值驱动电流              | VCC2-VEE2      | UVLO 阈值                                                      | 传播延迟 (精度)             | CMTI       | 其他关键特性                                                                           | 封装                                                                                                        |
| 光耦仿真器                               | 1ED301xMC12I                                 | 6.5 A                 | 32 V<br>(35 V) | 9.3 / 8.5 V<br>12 / 11 V<br>13.6 / 12.5 V                    | 40 ns<br>(+/- 17 ns)  | > 300 V/ns | 兼容工厂标准封装引脚<br>卓越的 FIT 失效率<br>更高 CMTI<br>更高输出驱动电流<br>增强隔离 (IEC 60747-17, UL 1577) | LDSO-6 300 mil<br>     |
| X3 Compact gen 2                    | 1ED314xMU12F<br>1ED314xMC12H*                | 6.5 A                 | 32 V<br>(35 V) | 9.3 / 8.5 V<br>12 / 11 V<br>13.6 / 12.5 V                    | 40 ns<br>(+/- 7 ns)   | 300 V/ns   | 分离输出，UVLO 参考 GND2<br>有源米勒钳位<br>改善信号质量<br>认证：UL 1577 & IEC 60747-17               | DSO-8, 150/300 mil<br> |
| X3 Compact gen 1                    | 1ED312xMU12F<br>1ED31xxMU12H<br>1ED31xxMC12H | 5.5 A<br>10 A<br>14 A | 35 V<br>(40 V) | 10 / 8 V<br>12.5 / 10.5 V<br>14.2 / 12 V                     | 90 ns<br>(+/- 7 ns)   | 200 V/ns   | 更高输出驱动电流<br>米勒钳位或分离输出<br>有源米勒钳位<br>增强隔离<br>认证：UL 1577 & VDE-11                   | DSO-8, 150/300 mil<br> |
| 2L-SRC Compact                      | 1ED32xxMC12H                                 | 10 A<br>18 A          | 35 V<br>(40 V) | 12.5 V / 10.4 V                                              | 110 ns<br>(+/- 15 ns) | 200 V/ns   | 两级压摆率控制<br>米勒钳位选项<br>灵活的栅极控制架构<br>增强隔离 (UL 1577 & VDE-11)                        | DSO-8, 300 mil<br>    |
| 1EDB                                | 1EDBx275F                                    | +5A/-9A               | 20 V<br>(22 V) | 4.2 / 3.9 V<br>8.0 / 7.0 V<br>12.2 / 11.5 V<br>14.9 / 14.4 V | 45ns<br>(+6 / -4 ns)  | >300 V/ns  | 分离输出<br>多种 UVLO 阈值可选<br>认证：UL 1577                                               | DSO-8, 150 mil<br>   |
| 兼顾爬电距离与紧凑设计：EiceDRIVER™ 以高性价比实现卓越性能 |                                              |                       |                |                                                              |                       |            |                                                                                  |                                                                                                           |

# CoolSET™ 辅助电源控制器

## 第五代固定频率控制器

### 系统/应用概览

### 产品描述



最新一代固定频率反激控制器 CoolSET™，以高集成度提供全面且强化的保护功能套件。

### 核心特性

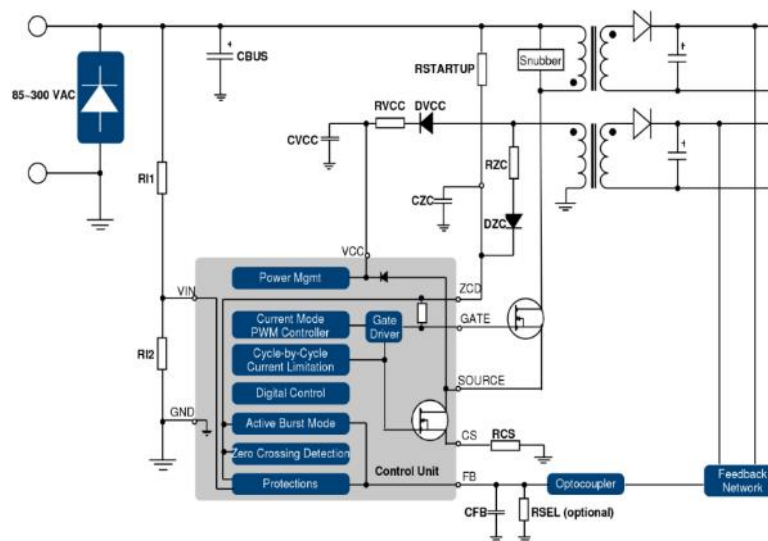
- 快速且稳健的启动
- 降频提升效率
- 提供 100 kHz 及 125 kHz 开关频率版本
- 支持隔离与非隔离反激拓扑
- 更多额外保护功能
- 自动重启模式
- 专为 P7 CoolMOS™ 优化的功率集成方案



## 第五代准谐振控制器

### 系统/应用概览

### 产品描述



最新一代准谐振反激控制器，以高集成度提供全面且强化的保护功能套件。

### 核心特性

- 快速且稳健的启动
- 提升效率
- 更多额外保护功能
- 自动重启模式
- 专为 P7 CoolMOS™ 优化的功率集成方案



# CoolSET™ 辅助电源控制器

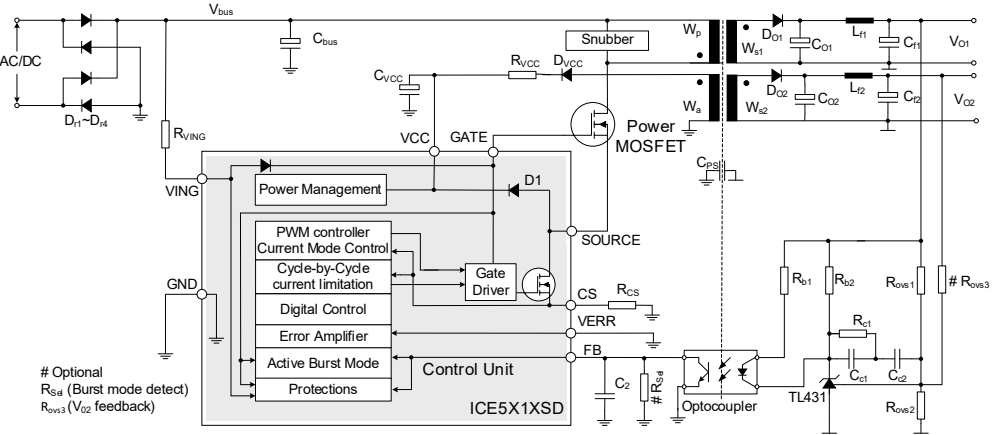
## > 100 W 独立 IC，驱动外部 1200/1700 V SiC



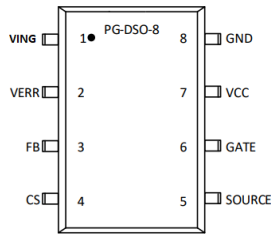
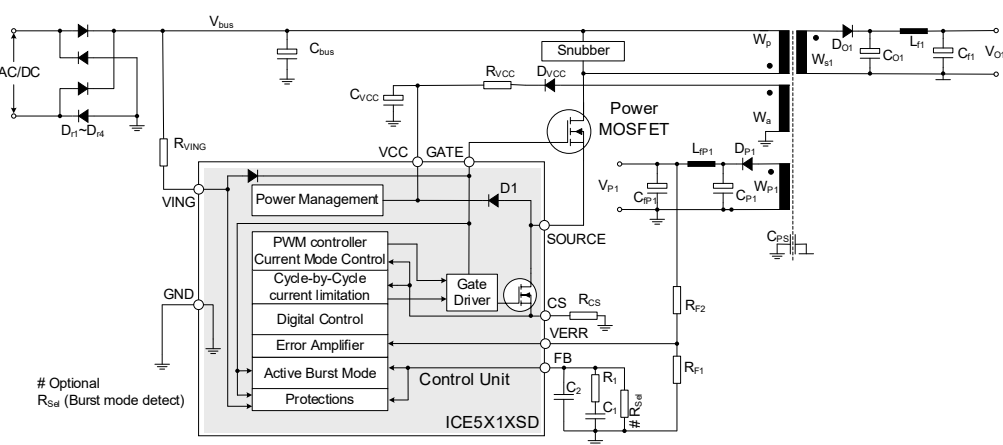
示意图

亮点聚焦

### 隔离拓扑



### 非隔离拓扑

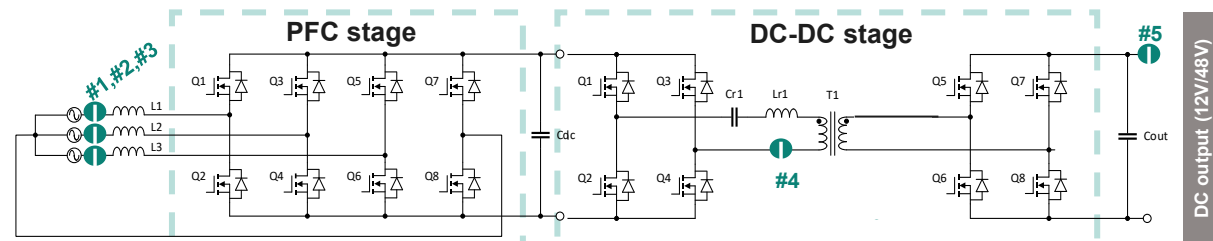
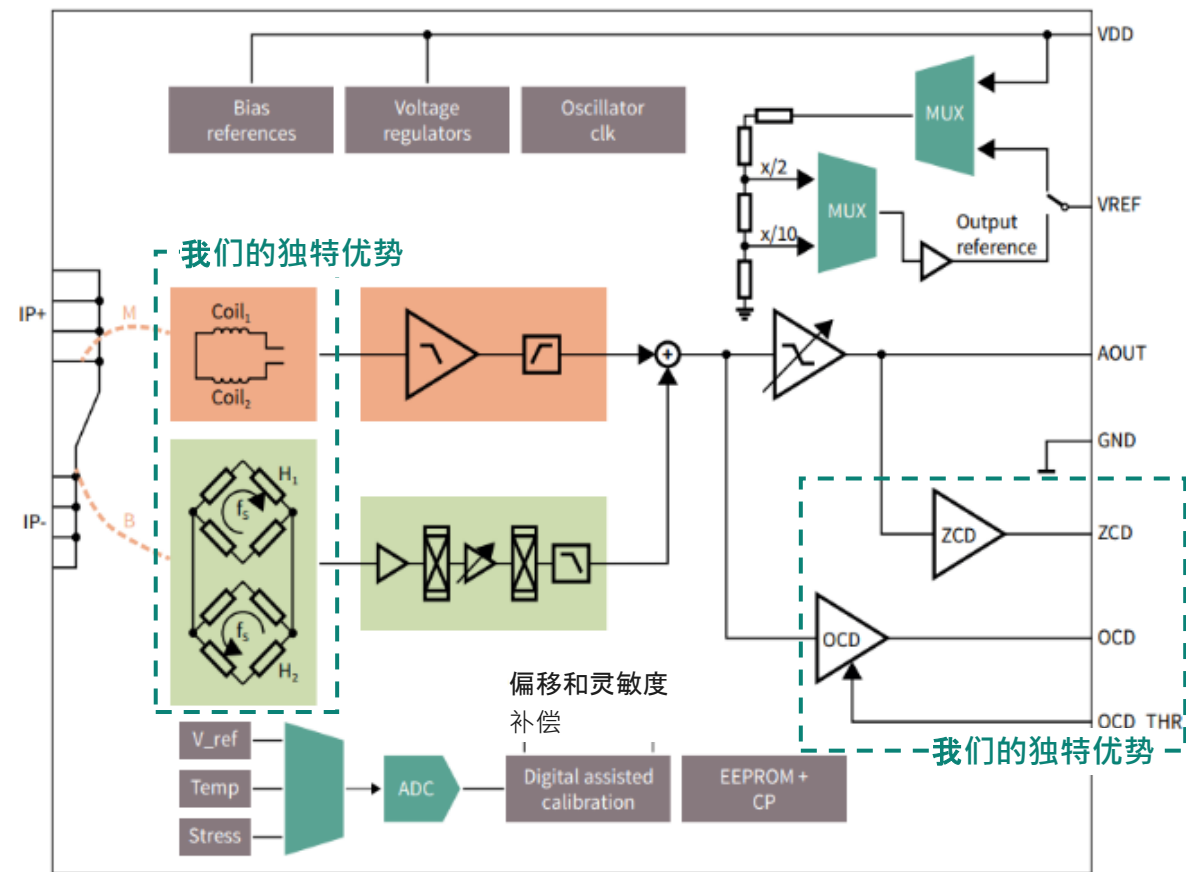


- 能够驱动外部 1200 V / 1700 V 耐雪崩型 CoolSiC™
- 通过 FB 引脚外部电阻  $R_{SEL}$  选择钳位输出电压 ( 10 V / 15 V / 18 V )
- 集成快速启动功能，以外部 MOSFET 击穿电压为限
- 固定频率工作 ( 65 kHz 和 100 kHz )，带频率抖动
- 输入过压保护 ( OVP ) 可调，超宽正常工况范围
- 全面保护功能，支持自动重启
- 通过斜率补偿支持 DCM 和 CCM 两种电流控制模式
- Eco 模式：随负载降低而降频
- 主动突发模式，实现低待机功耗
- 集成误差放大器，支持非隔离控制

| 最大输出功率 | 65 kHz    | 100 kHz   |
|--------|-----------|-----------|
| <75 W  | ICE501ASD | ICE501BSD |
| 100 W  | ICE511ASD | ICE511BSD |

# 电流传感器

TLE4978/7 基于霍尔与线圈技术，以 9 MHz 带宽与极高精度，覆盖 PFC 与 DC-DC 应用（下图中为 TLE4978）



## 精度、噪声和动态性能

- 超高精度：总误差  $\approx 1\%$ （含寿命和温度漂移）——得益于显著更优的偏移、全温域及全生命周期内更低的灵敏度误差、低噪声
- 动态性能：9 MHz 带宽，1 MHz 下相位延迟 20°，噪声 38 mArms

## CMTI（共模瞬态抗扰度）

- 霍尔和线圈元件内置屏蔽设计，240 V/ns 下扰动仅 100 mV（且仅持续数纳秒）——完美适配 SiC 平台

## 功能特性

- 拥有多数竞品不具备的额外功能，包括过零检测（ZCD）、过流检测（OCD）等。

# 目录

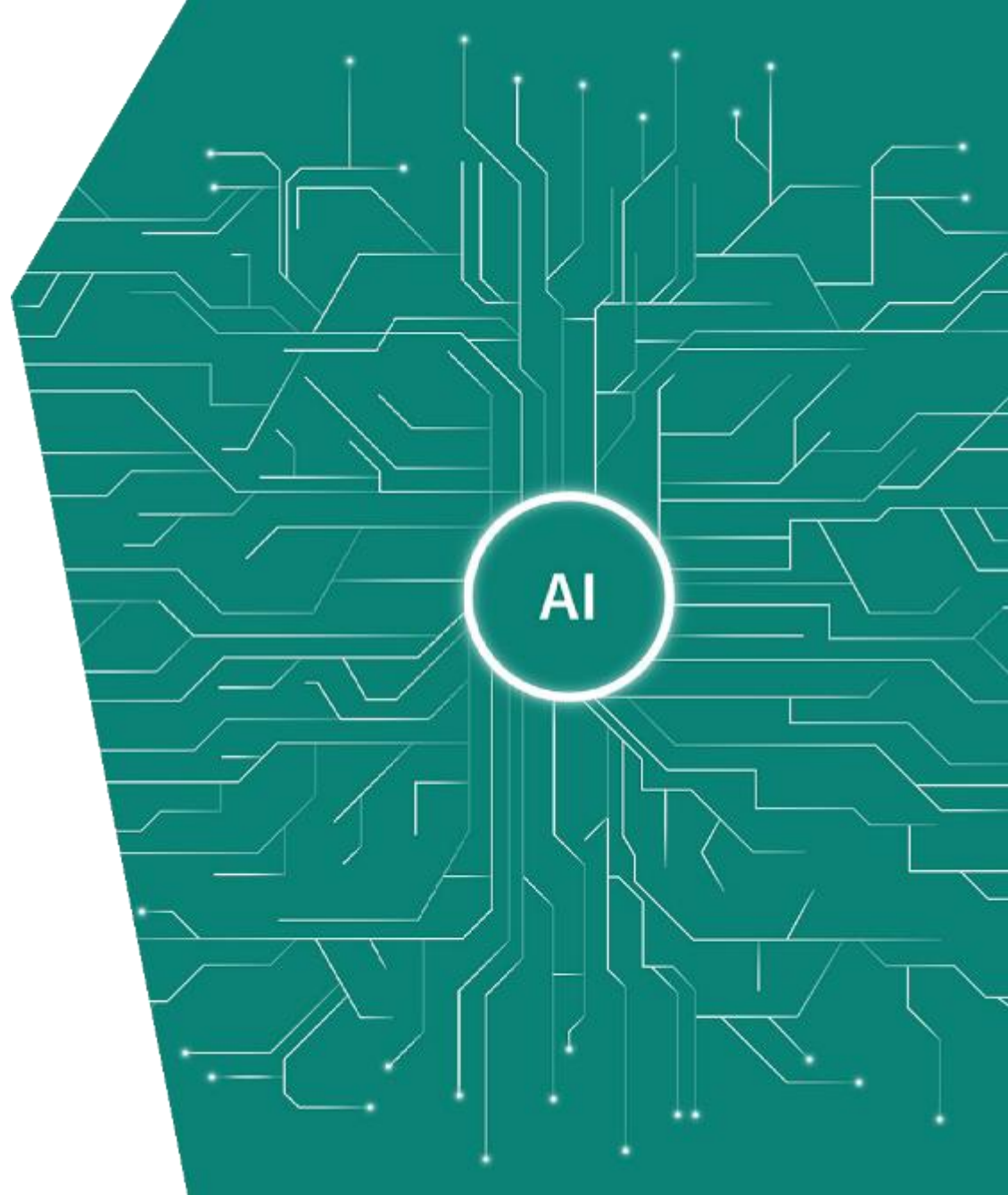
|   |                      |    |
|---|----------------------|----|
| 1 | AI 服务器机架和PSU的演进      | 38 |
| 2 | 架构和拓扑                | 10 |
| 3 | 系统应用板                | 16 |
| 4 | 面向服务器 PSU 的英飞凌产品价值主张 | 23 |
| 5 | 总结                   | 40 |

# 总结与资源



# 要点总结

- AI 服务器功率攀升，驱动全新机架架构演进
- 更高机架功率，驱动 PSU 向三相拓扑与高压直流输出演进
- 多电平拓扑和能量缓冲等新概念，成为应对新挑战的必然选择
- CoolSiC™ 和 CoolGaN™ 技术与产品组合，是高功率高密度 PSU 得以实现的基石。
- 一系列系统应用板已就绪或正研发，精准满足应用需求，加速客户设计落地



# 应用和产品配套支持资源



- [PSU 解决方案](#)
- [AI PSU 板级路线图](#)
- [CoolMOS™](#)
- [CoolSiC™](#)
- [CoolGaN™](#)
- [OptiMOS™](#)
- [栅极驱动器™](#)
- [CoolSET™](#)
- [电流传感器](#)
- [微控制器](#)



- [《AI 和数据中心产品选型指南》](#)
- [白皮书：《赋能AI未来》](#)
- [文章：《以功率脉动缓冲应对AI服务器PSU峰值功率需求而不干扰电网》](#)
- [白皮书：《电源和机架架构的演进：适配 AI 服务器需求》](#)



- [播客系列：《“英”领AI》](#)



- [开发者社区](#)



- [专为高效计算和网络而设计的电源IC](#)
- [为AI心脏注入强劲动力：从48 V供电链路到芯片内核的极致优化](#)
- [热插拔 + 电子保险丝：助力数据中心持续正常运行](#)
- [以高效BBU确保AI持续运行](#)
- [电源系统可靠性建模介绍](#)

