

BriPower EXDA 数模扩展接口配置与应用指南： 实现极速线性信号放大与深度客制化

战略概述：将 ZGX 电源转化为高性能线性信号放大器

在现代电力电子的科研与工业测试中，实时性与四象限运行能力是模拟复杂电网动态的关键。BriPower EXDA (Analog & Digital IO Extension Box) 数模扩展接口模块不仅是 ZGX 系列电源的硬件延伸，更是将其转型为具备 PHIL (电力硬件在环) 能力的“大功率线性信号放大器”的战略核心。



图1 EXDA 前面板



图2 EXDA 后面板

依托 ZGX 系列电源原生的四象限运行 (4-Quadrant Operation) 特性与 10kHz 小信号带宽，EXDA 模块允许系统在全功率范围内实现能量的双向流动 (源与负载模式无缝切换)。这种转变使得 ZGX 能够以极高的保真度跟踪外部模拟控制信号，模拟微电网瞬态、电机驱动器的复杂谐波环境以及快速电压跌落。对于系统架构师而言，这意味着原本的静态电源已进化为一套高带宽、低延迟的功率仿真平台。

• 硬件集成与系统互连架构

为确保在严苛的工业电磁环境下维持信号完整性，EXDA 采用了物理隔离与独立供电的架构设计。

- **模拟量输入 (AI)：** 8 路 SMA 接口，支持高速功率指令输入。
- **模拟量输出 (AO)：** 4 路 SMA 接口，用于高精度实时回读。
- **数字量输入/输出 (DI/DO)：** 各 4 路，支持 0-5V 电平的逻辑集成。
- **通讯中心：** 3 个 LAN 接口 (支持多机同步网络) 与 2 个 COM 接口 (COM1 专用于主机链路)。

• 物理连接规范与隔离优势

EXDA 扩展盒需采用独立的单相 220V AC 供电，并通过专用光纤链路与 ZGX 主机互连。光纤传输不仅消除了地环路电流，还提供了极高的共模干扰抑制能力。

• 交付保障

BriPower 随设备完整提供专用的光纤连接线及 1m 同轴输入线缆，用户无需额外采购即可实现标准集成。

备注：禁止热插拔！为确保控制环路的稳定性并防止感应电动势损坏被测设备或 SMA 接口电路，所有光纤与同轴线缆的物理连接必须在系统完全断电的状态下进行。

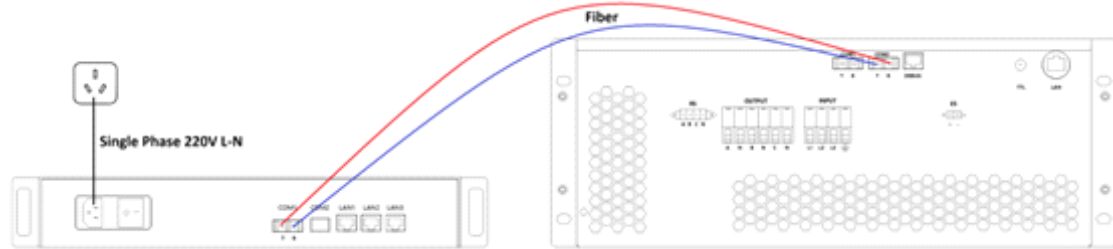


图 3 ZGX 的输入与接线

模拟量输入 (AI) 优化：固定增益比例与相序映射逻辑

EXDA 的 8 路模拟输入通道采用固定增益设计理念。传统系统按满量程百分比对信号进行映射，而 EXDA 采用固化转换系数。这可确保 1V 输入始终对应确定的电压或电流物理量，与所选功率量程无关，从而简化外部控制模型的开发工作。



图 4 模拟输入接口

• **映射关系与性能指标**

三相系统的输入映射关系为强制规定：AI1、AI2、AI3 分别对应A 相、B 相、C 相。系统支持峰 值 $\pm 10V$ 信号输入，采样频率为 500kHz。

控制参数	固定控制比例	物理意义解释
电压输出控制	66.5 V/V	外部每输入 1V 信号， ZGX对应输出 66.5V 物理电压。
电流输出控制	10 A/V	外部每输入 1V 信号， ZGX对应输出 10A 物理电流。

重要提示 — $\pm 10V$ 并非有效控制范围:

$\pm 10V$ 仅为 SMA 接口硬件的最大承受电压，并非实际可用的控制范围。由于 EXDA 采用固定增益转换， $\pm 10V$ 的输入信号对应的输出将超过 ZGX 的额定能力（例如 $10V \times 66.5 \text{ V/V} = 665V$ ，超出 636V 的峰值电压量程），将触发过压或过流保护故障。

因此，用户必须始终根据实际输出计算来确定有效的模拟量输入范围（目标输出值 $\div$ 固定增益），而不能默认整个 $\pm 10V$ 窗口均可使用。各型号的具体计算方法请参考下方的保护示例。

- **电压保护示例：**对于峰值为 450V（636V 峰值）的 ZGX 单元（相电压 L-N），对应的模拟阈值为 9.5V。如果输入模拟信号超过 9.5V，电源将报告过压故障。

计算： $636V / 66.5 \text{ (V/V)} \approx 9.5V$ 。

- **电流保护示例：**对于额定电流为 30A/相 且峰值电流能力为 90A 的 ZGX15 型号，任意波形的最大允许模拟输入为 9V。超过此值将触发限流保护。

计算： $90A / 10 \text{ (A/V)} = 9V$ 。

• 并联运行注意事项

在多台 ZGX 单元并联的配置中，EXDA 直接控制 ZGX 主机。固定增益比率适用于主机单元的输出。因此，系统总输出电流将是主机单元输出乘以并联单元数后的总和。用户必须根据主机分担的总电流部分来计算模拟输入，以避免在单个单元上触发保护。

• 高压模式（反相输出）

EXDA + ZGX 的组合是真正的线性放大系统，输入模拟量信号的幅值与相位会被完整复现到 ZGX 输出端。因此，ZGX 高压模式可直接通过模拟量输入实现：只需将两路输入通道（如 AI1 与 AI2）的相角差设定为 180 度，对应输出相即为反相输出，输出电压范围翻倍。交流模式下，基于 450V L-N 标准量程可输出 900V L-N；当频率设为 0（直流模式）时，基于 636V 量程可输出 1272V 直流电压。注意固定增益（66.5 V/V）仍适用于每一相，用户需确保每相模拟量输入不会触发过压保护。

• 功率硬件在环（PHIL）动态性能

该系统的功率硬件在环（PHIL）性能以 20 μ s 端到端延迟与 10kHz 小信号带宽为核心支撑。这使得 ZGX-EXDA 生态系统能够以工业级保真度复现高频暂态过程与复杂谐波畸变，让电源可根据外部仿真器指令实时复现电压或电流波形。

模拟量输出 (AO)：高保真回读与监控集成

EXDA 提供的 4 路 SMA 模拟量输出接口是实现闭环控制与动态监测的关键手段。这些接口已实现与 ZGX 输出功率端的物理隔离，确保了监测设备（如示波器、DAQ）的安全。



图 5 模拟输出接口

- **监控比例与配置约束**

电压监视比例：0.0149 V/V（即 ZGX 输出 1V，AO 回读 0.0149V）。

电流监视比例：0.1 V/A（即 ZGX 输出 1A，AO 回读 0.1V）。

- **选型约束说明**

该系统的功率硬件在环（PHIL）性能以 20μs 端到端延迟与10kHz 小信号带宽为核心支撑。这使得 ZGX-EXDA 生态系统能够以工业级保真度复现高频暂态过程与复杂谐波畸变，让电源可根据外部仿真器指令实时复现电压或电流波形。

- **集成建议**

示波器实时观测：利用自带的1m同轴电缆，得益于SMA接口的带锁紧机构设计，可在大电流测试环境中提供防脱落、低噪声的波形回读。

数据采集系统 (DAQ)：500kHz的回读采样率完全能够捕捉 ZGX 输出中的高阶谐波成分（支持高达 100 次谐波生成后的精准回读）。

开放式数字与通讯集成：定义“私人订制”电源系统

EXDA 的扩展性远超标准的 I/O 模块，它通过开放式固件接口支持深度客制化应用。

用户定义数字I/O：4 DI/4 DO 采用 0-5V 电平逻辑。通过客制化固件，用户可将其定义为外部紧急停机信号、基于 PLC 的状态握手协议，或特定测试工况下的触发输出。

RMS 实时模拟量控制：这是 BriPower 提供的一项高级客制化功能。与传统的实时波形控制不同，该功能允许用户通过模拟电压控制输出的有效值（RMS），适用于长期的稳定性测试或对波形瞬态不敏感但需精准控制幅值的应用场景。

通讯中心潜力：预留的 LAN 和 COM 接口可用于开发专用的 Modbus/SCPI 扩展协议，甚至支持基于特定 UDP 报文的高速集群控制。

技术规格

参数	规格
ADC/DAC 分辨率	16-bit
采样率	1 MSPS
小信号带宽	10kHz
端到端延迟	~20μs (PHIL 模式)
模拟信号范围	峰值 ±10V
数字输入/输出范围	0-5V
接口类型	带锁紧机构的 SMA 母头
隔离方式	与 ZGX 输出端及机壳地完全隔离
辅助电源	独立 220V 交流 (单相)
外形尺寸	440 * 670 * 178 mm (W * D * H)
工作温度	0°C ~40°C

通过将 ZGX 系列强大的四象限功率能力与 EXDA 的高速信号调理 (16-bit, 1 MSPS) 相结合, BriPower 为电力电子研究的最前沿提供了工业级解决方案。