



电源系统方案

胡俊

2025.02.19

总体需求

- 目标是解决高能物理实验中放置于前端探测器的电源需求。
- 主要难点：高辐照环境(5 Mrad)，高磁场环境(3 T)，小体积要求。
- 主要内容：研制控制器ASIC以及整体DCDC模块BaSha，完成系统功能测试以及抗辐照性能测试。

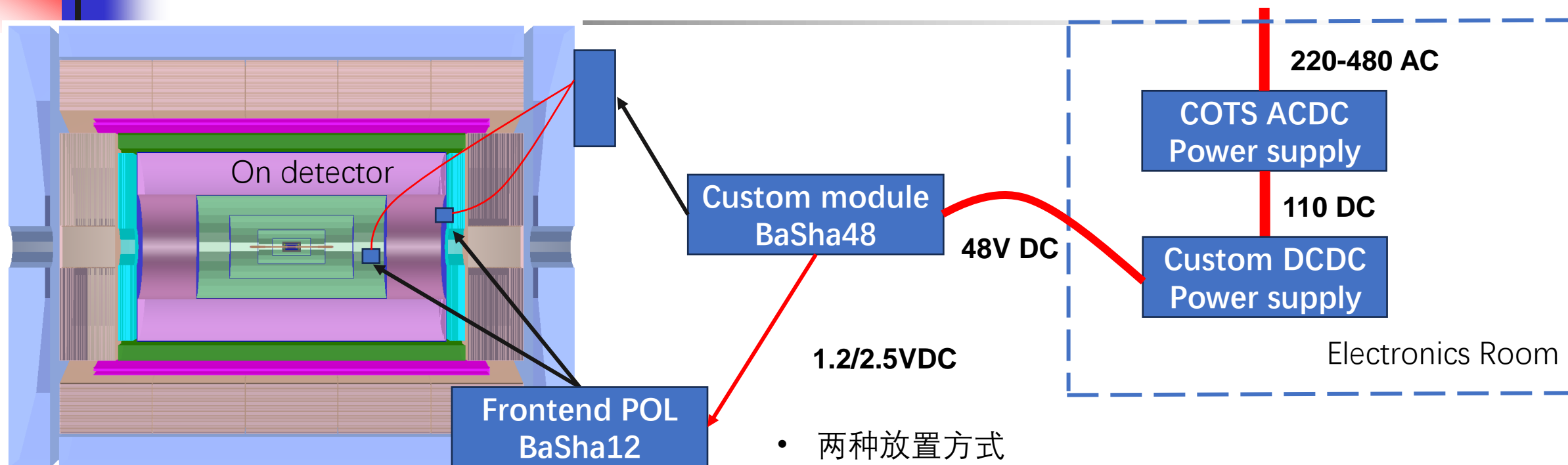
各系统电源需求汇总

	Vertex	Pix (ITKB)	Si Strip(ITKE)	OTK	TPC	ECAL	HCAL	Muon
Detector for readout	CMOS Sensor	HVMOS	Si Strip	Strip-LGAD	Pixel PAD	SiPM	SiPM	SiPM
Voltage@chip	1.2V@65nm	1.2V@55nm (HVMOS Pixel)	1.2V@130nm	1.2V@55nm	1.2V@65nm	1.2V@55nm	1.2V@55nm	1.2V@55nm
Power@chip	200mW/chip	<200mW/cm2 <0.8W/chip	336mW/chip	<20mW/ch <2.56W/chip	35mW/chip	15mW/ch	15mW/ch 160~320mW/ch ip	
chips@module	8~29@ladder 4~25@layer	14	9~22@ladder	22(barrel) 11- 23@sector(end cap)	1115	1000ch*2	480ch (barrel) 5832ch@sector (endcap)	
Power@module	25W	11.2W	7.4W	56.3W(barrel) 58.9W(endcap)	42	31W@module	9W@barrel 11W@endcap	2.6W@barrel 4.7W@endcap
Number of PW module	66	2204	192	3780 + 720	496	480 + 260	5536 + 3072	288+96

- 目前需求至少两种DCDC输出电压模块
 - 电压需求值集中在前端芯片的1.2V以及数字汇总芯片的2.5V。
- 尽可能通用设计

CEPC低压电源分配初步方案

谱仪大厅



- 两种放置方式
 - BaSha48放置在探测器外，输出12V通过短电缆连入探测器内BaSha12。
 - 两级级联均放置于探测器内，各探测器读出电子学前端汇总板。
 - 倾向此方案，大大降低安装难度，
 - 对模块体积提出要求



BaSha设计指标

BaSha48

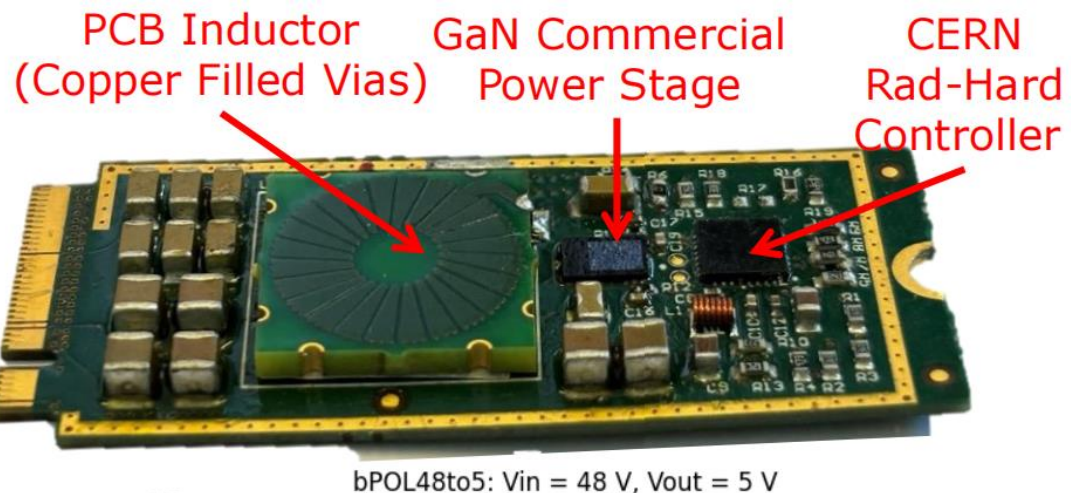
	额定值	实际范围
输入电压	48V	36V-48V
输出电压	12V	12V
输出电流	10Amax	
输出纹波	3mVpp	
效率	85%	80%-85%-80% (轻载-额定-重载)
尺寸	40mmX20mmX6.7mm	包括散热和屏蔽
抗总剂量	5 Mrad (Si)	
磁场	3T	

BaSha12

	额定值	实际范围
输入电压	12V	5V-12V
输出电压	1.2V	1.2V、2.5V
输出电流	10Amax	
输出纹波	3mVpp	
效率	85%	80%-85%-80% (轻载-额定-重载)
尺寸	30mmX20mmX6.7mm	包括散热和屏蔽
抗总剂量	5 Mrad (Si)	
磁场	3T	

- 通用要求:
 - 保护: 过压、过流、过温
 - 控制: enable, PowerGood
 - 开关频率控制: Fin

参考型号bPOL48



Volume optimized bPOL48 modules:

- bPOL48to12 (EPC2152): 48V to 12V with 6A out
- Dimensions: 24 x 55 x 4 mm

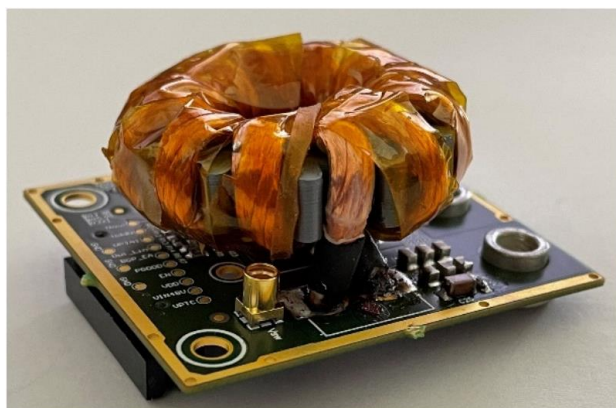
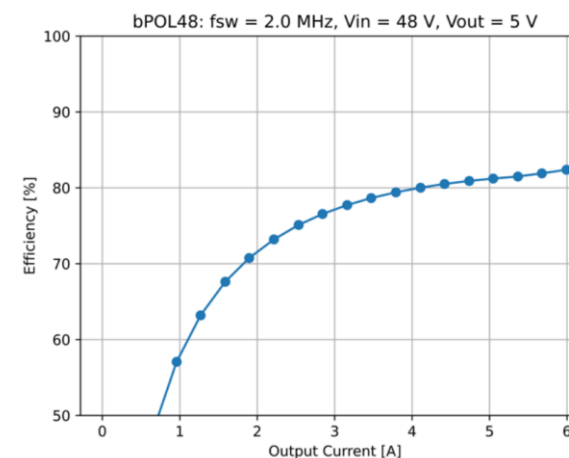


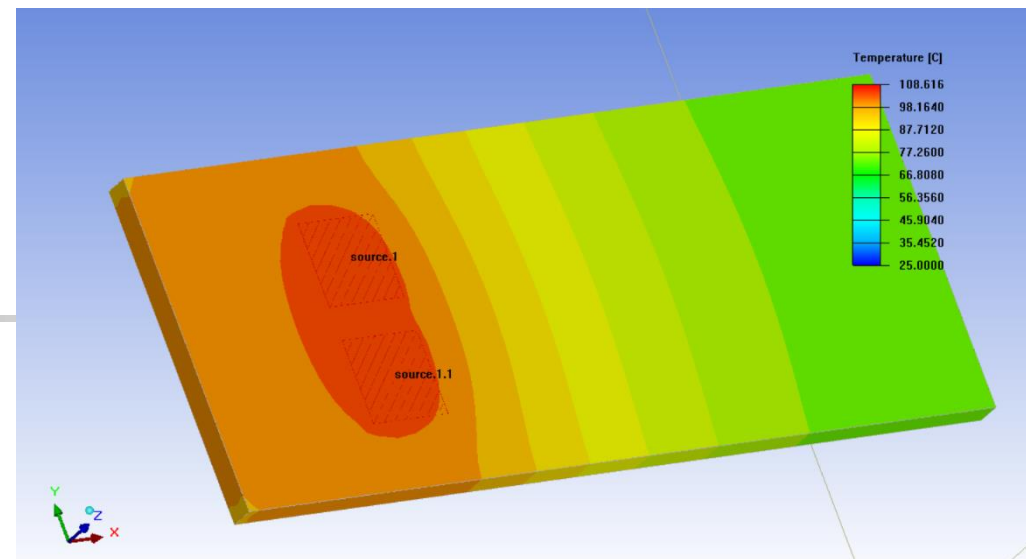
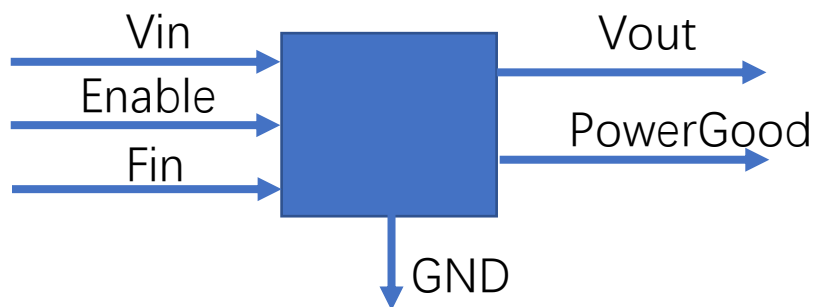
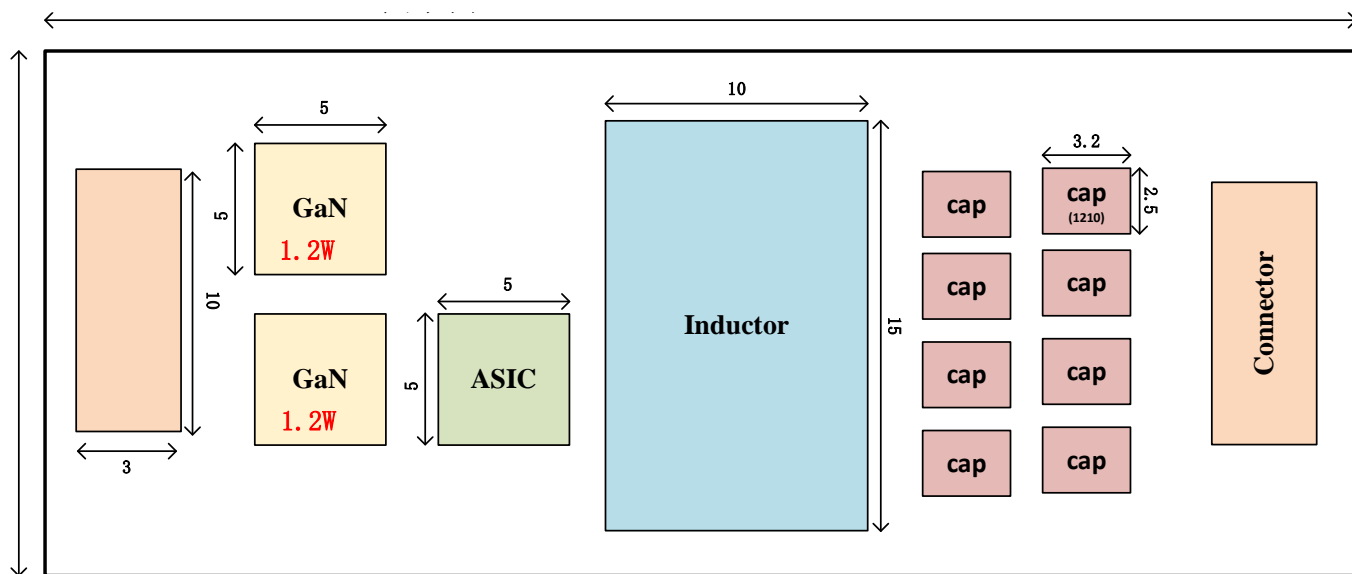
Figure 14: bPOL48V with air-core 220nH inductor.



Figure 17: bPOL48V using the FEASTMP inductor.



BaSha初步结构布局



- PCB: FR4 1mm, Cu厚2盎司,
- GaN开关管, 环氧树脂+Si, 厚度2mm
- ASIC芯片: 环氧树脂+Si, 厚度1mm
- CAP: 1210陶瓷电容, 高度2mm
- Connector: 铜+塑料, 高度5mm
- 空芯电感: 铜, 高度5mm
- 屏蔽框: 厚度0.25mm, 铝

GaN调研及测试

型号	耐压 (V)	导通电阻 (Ohms)	阈值电压 (V)
INN040FQ015A	40	1.5m	1.1
GAN3R2-100CBEAZ	100	3.2m	2.5
GAN3R9-150QBAZ	150	3.9m	2.1
GS61008T-MR	100	9.5m	1.1



图1 测试 PCB 固定到样品台上的实物照片 (左图中黄色箭头为束流方向)

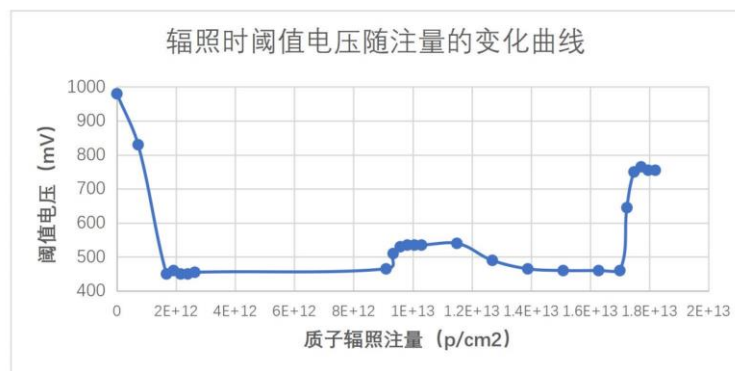


图6 辐照中阈值电压随辐照注量的变化曲线 (束流能量为 80MeV)

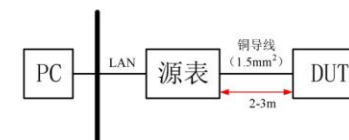
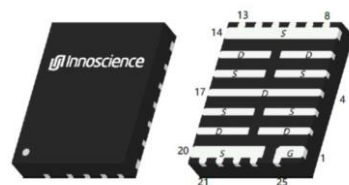


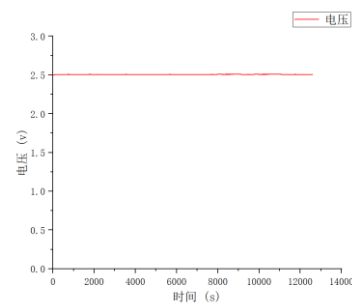
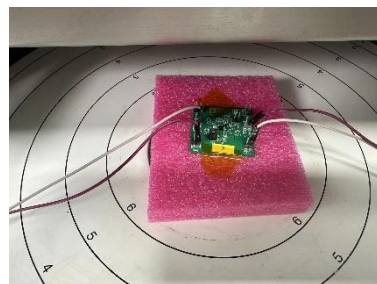
图2 在线辐照测试连接关系示意图

初步在线辐照摸底测试结果表明, 选用的商用 GaN 功率管受注量影响较小, 可以耐受 1.82×10^{13} 的注量。

抗辐照测试



- 总剂量测试：X光机/Co60源
- (单粒子翻转：重离子源)
- (位移损伤：中子源)



时间计划

- WP1: system level tests 中科院高能所团队 + ALL
 - Develop system specification 24.3 – 24.12
 - COTS test 24.3 – 24.12
 - Built demonstrator and test 26.1-26.12
- WP2: module design and test 中科大团队（金革，学生），源光
 - Component selection 24.3 – 25.4
 - PCB design and test 25.3-25.10
 - Thermal design 26.1-26.6
- WP3: ASIC design – radiation hardness controller 西北工业大学（王佳，学生）
 - Determination of scheme principle 24.10 - 24.12
 - Schematic and Layout Design 25.1 – 25.4
 - Tap out 25.4
 - Testing 25.10