

中国科学院高能物理研究所

Institute of High Energy Physics, CAS

20Gbps PAM4数据传输ASIC设计

中国科学院高能物理研究所

报告人：张国锐

导师：严雄波

指导老师：李筱婷、叶竞波、李怀申

日期：2026-8-27

目录

CONTENTS

01

研究背景

02

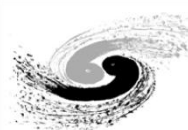
研究计划

03

研究进展

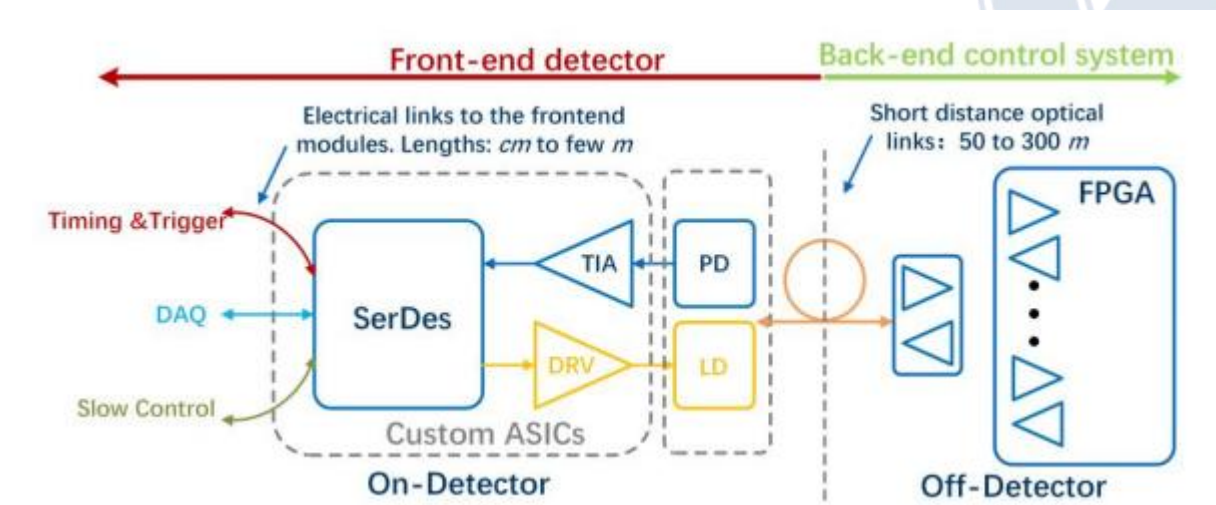
04

总结



中国科学院高能物理研究所
Institute of High Energy Physics, CAS

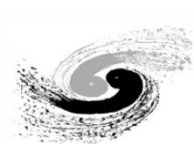
- 典型的高能物理实验光通信系统包括探测器前端和后端两部分。
- 前端的TX芯片包含SerDes电路和Driver电路两部分，前者负责将接收的并行信号转换为高速的串行信号，后者则负责将信号驱动至后端。
- 随着高能物理实验中探测器输出的数据量越来越大，拥有两倍比特速率的PAM4信号展现出其优势。同时均衡技术可以更加有效的为信号在信道中受到的高频损耗进行补偿，保证信号的完整性。



芯片	工艺	速率	信号类型
GBTX	130nm	5Gbps	NRZ
IpGBT	65nm	10.24Gbps	NRZ
GBS20	65nm	20.48Gbps	PAM4
高能所	55nm	11Gbps	NRZ

典型的高能物理实验中的光通信系统

高能物理实验数据传输芯片比较

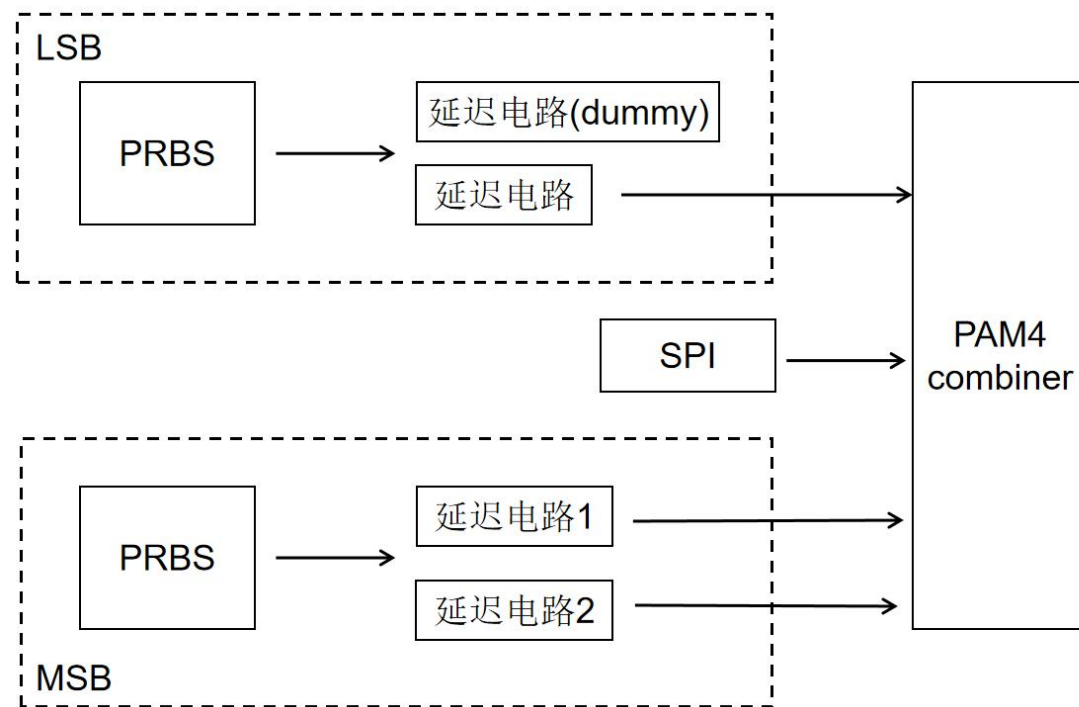


➤ 研发背景

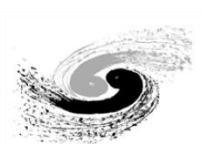
- 28nm工艺研发成本高，但55nm工艺下10Gbps的NRZ码型数据输出已接近带宽上限。
- PAM4通过电平调制，在同一模拟带宽下，可以提升单通道数据率，降低探测器数据传输通道数。

➤ 芯片研发计划

- CML结构PAM4 TX芯片(P4TXc)。
- 电学测试板设计及电学测试。
- 光学测试板设计及光学测试。



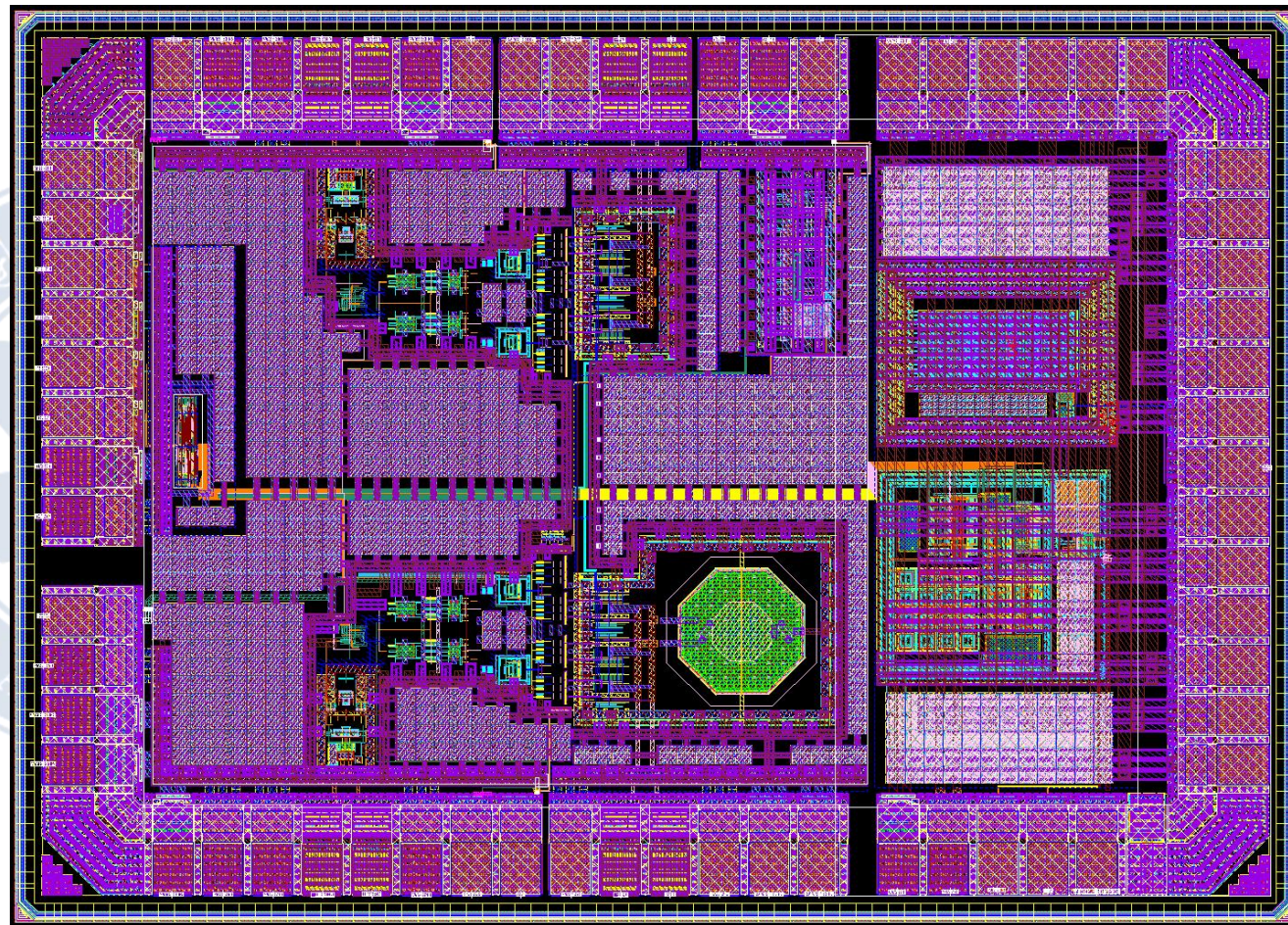
P4TXc芯片电路结构图



研发进展

➤ 芯片结构

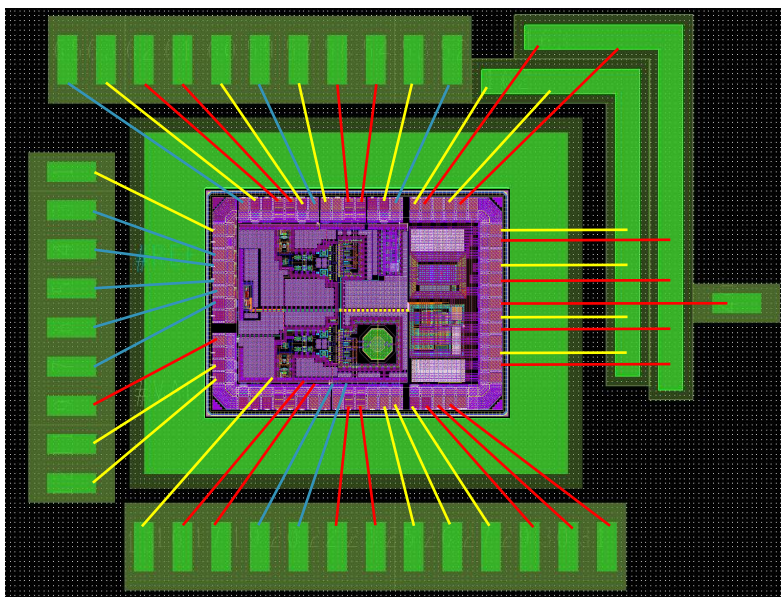
- 芯片内部集成有含有电感和不含电感的两路通道，用于比较电感对带宽的影响
- 芯片压控延迟单元的控制电压由内置的10位DAC电路提供，可实现从0V到1.2V的电压调节
- 芯片内部所有的控制位均有数字电路SPI提供



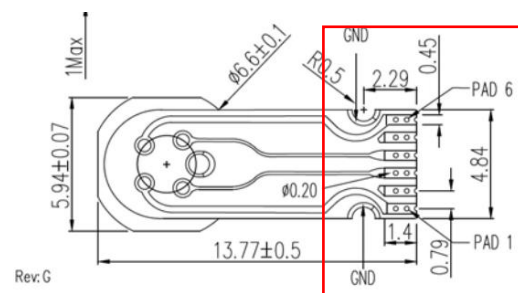
P4TXc 芯片版图

芯片打线图

- 主要的输入输出信号
电源信号
数字信号和直流电压信号



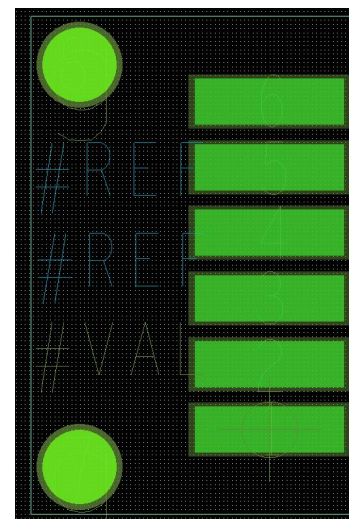
芯片打线图



Pinout:

Pin Number	TTF-1F59-327	TTF-1F59-427
	Function	Function
1	PD Cathode	PD Cathode
2	Case/Gnd	Case/Gnd
3	VCSEL Cathode	VCSEL Anode
4	VCSEL Anode	VCSEL Cathode
5	Case/Gnd	Case/Gnd
6	PD Anode	PD Anode

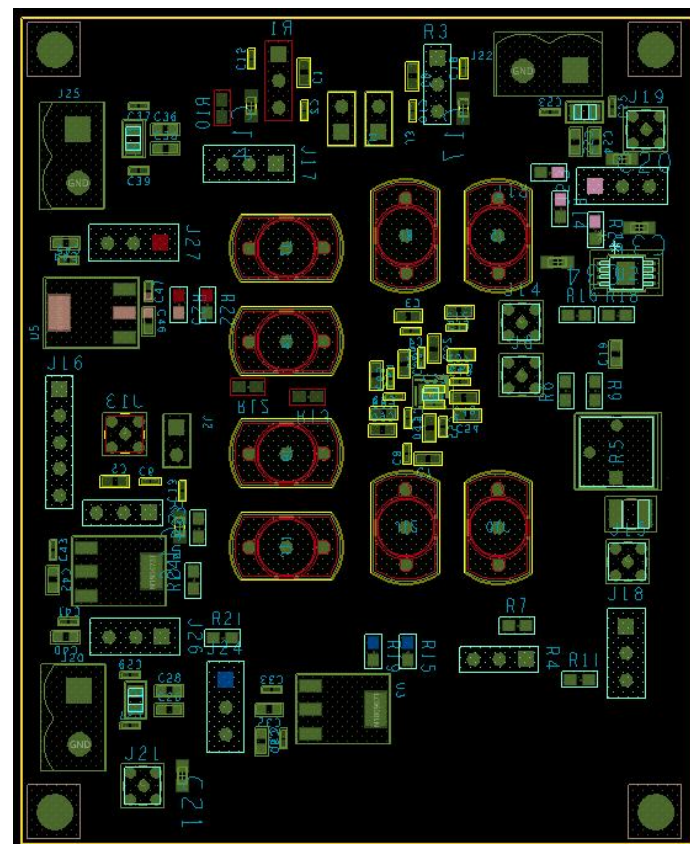
TOSA结构示意图及引脚说明



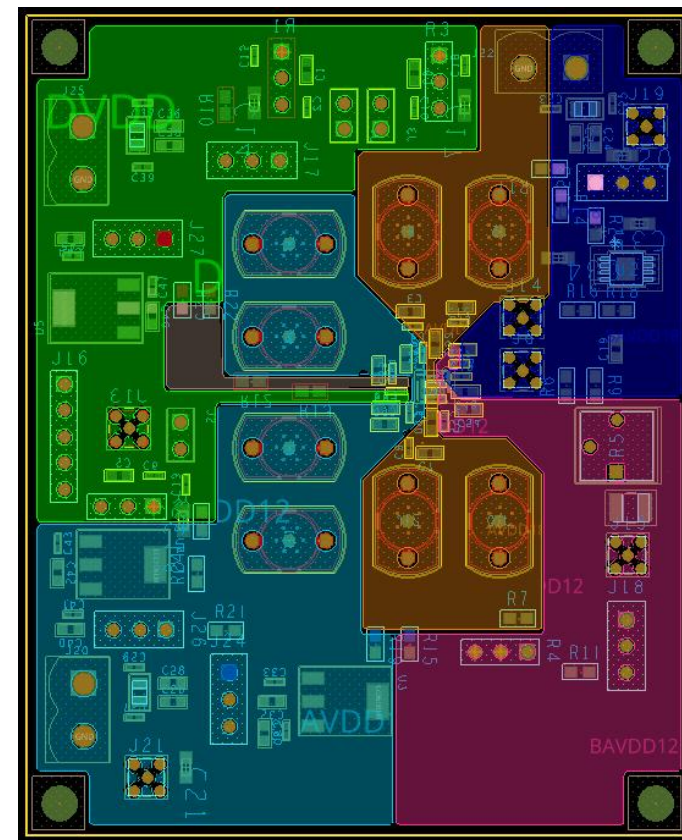
TOSA封装

P4TXc电学测试板设计

3120mil(79.2mm)

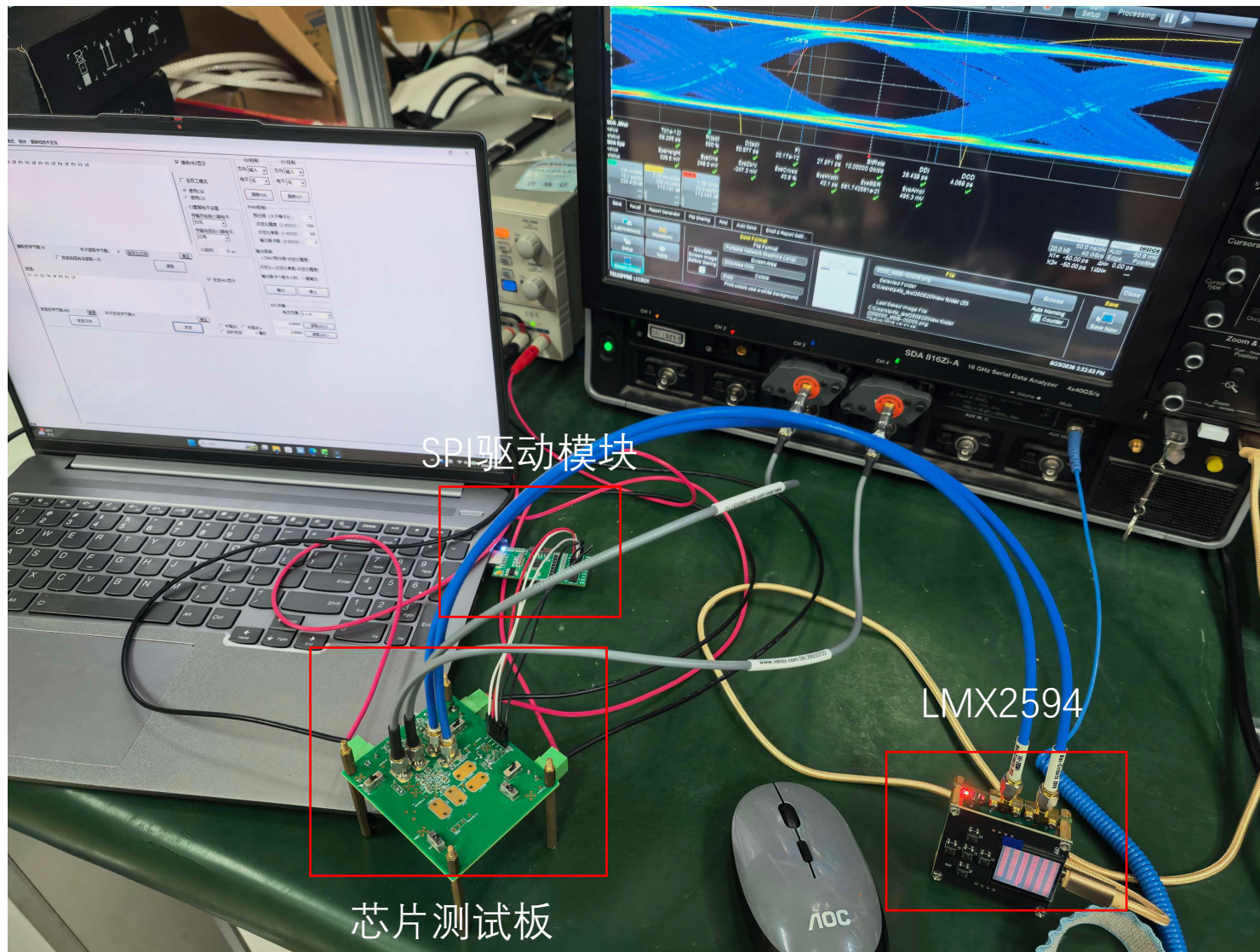


2532mil(64.3mm)



电源层电源分割

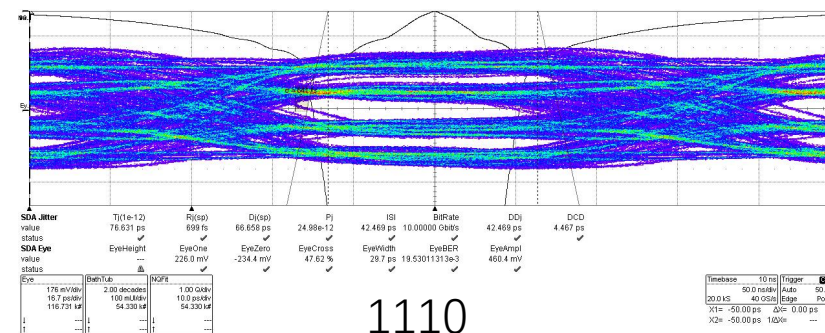
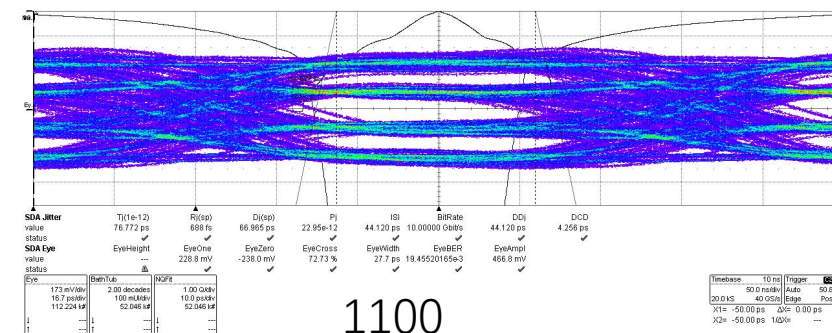
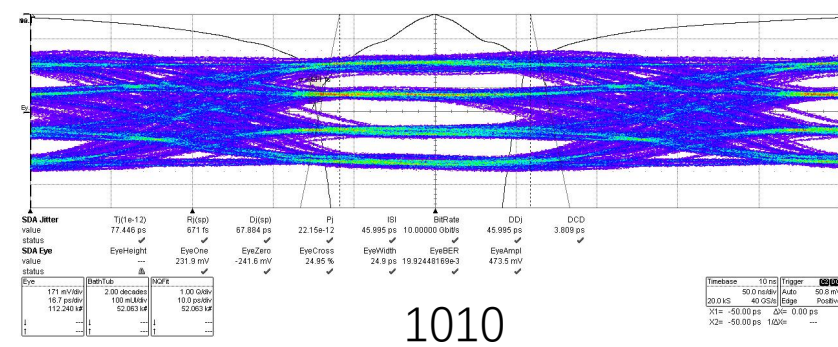
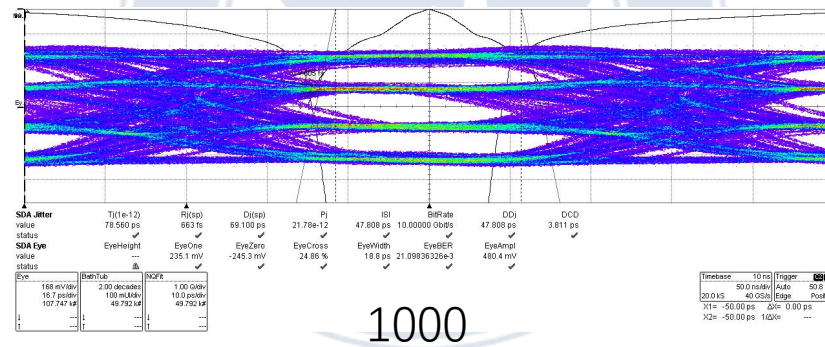
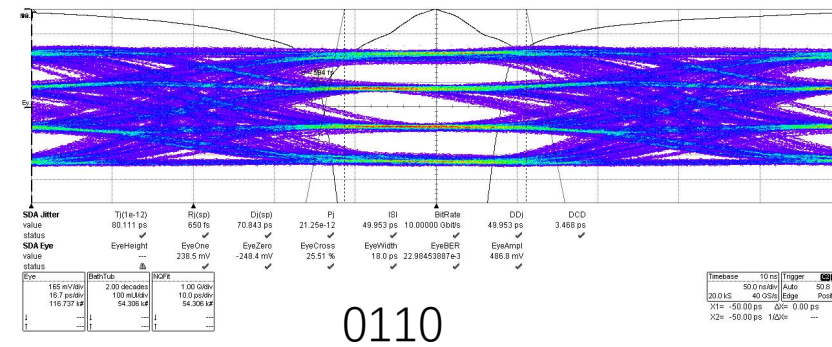
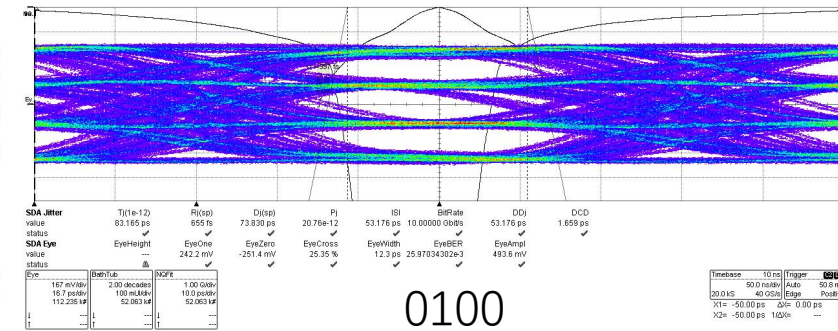
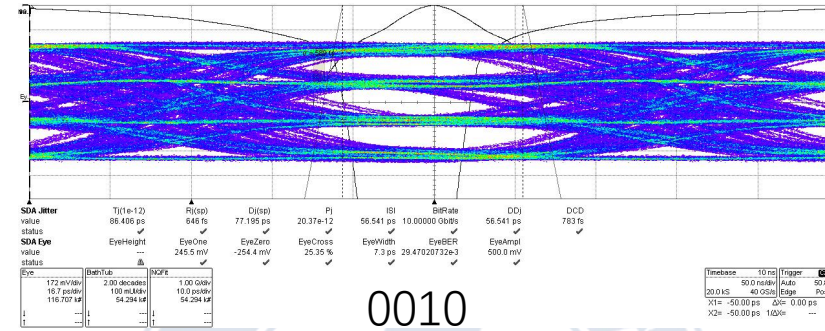
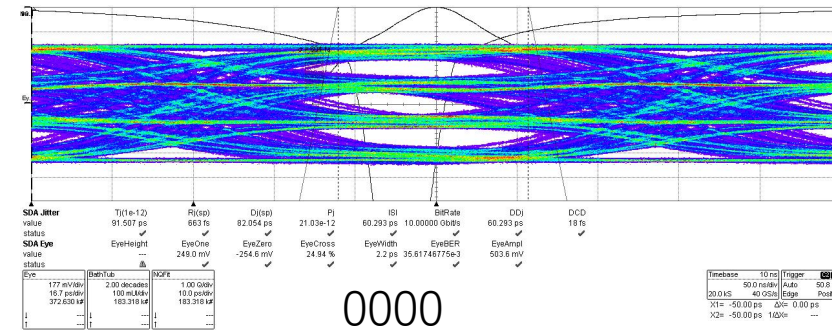
测试环境



P4TXc芯片测试平台

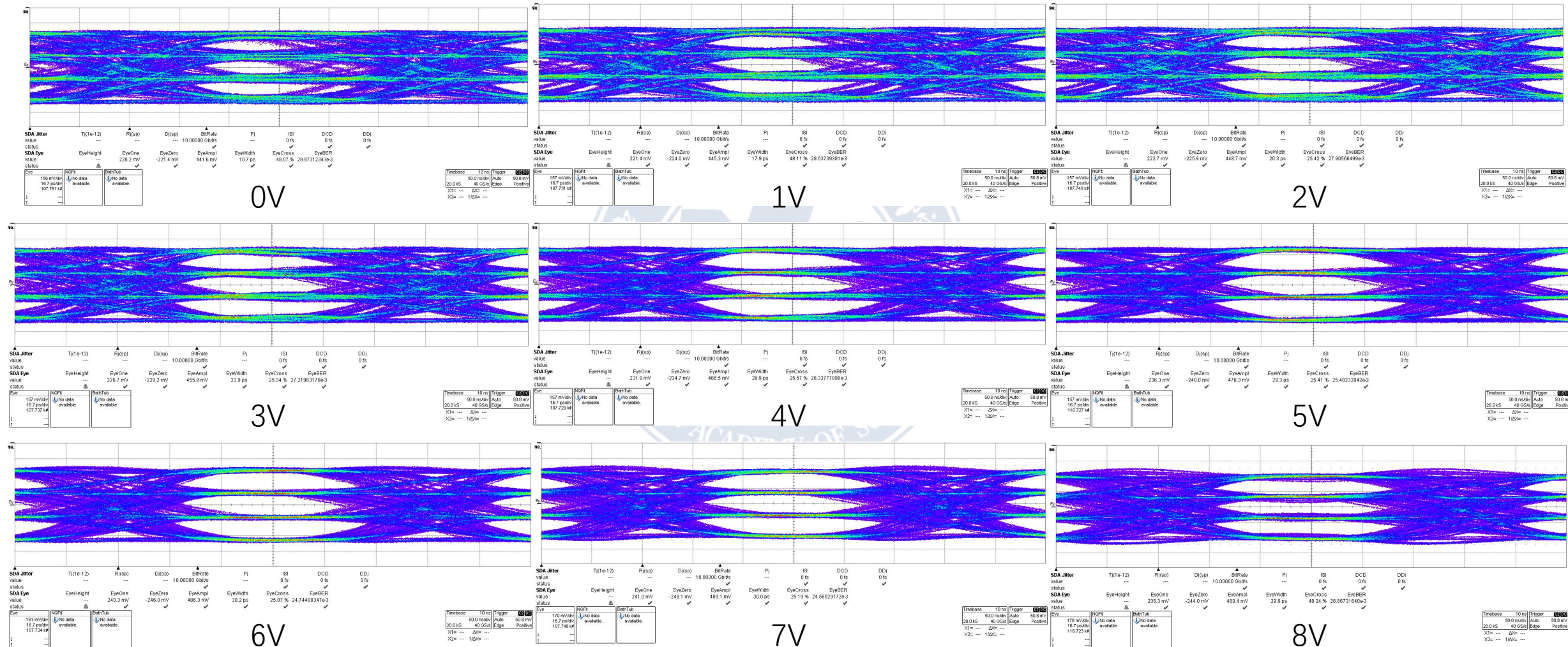
- 输入信号有时钟模块LMX2594提供，时钟频率5GHz(输出PAM4信号20Gbps)
- 配置信号由SPI驱动模块提供

测试结果

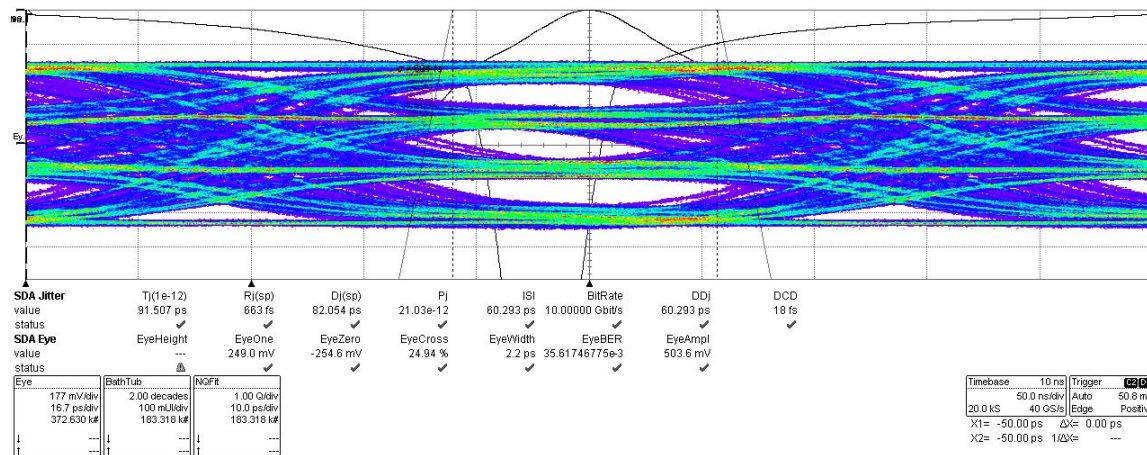


延迟单元控制电压: 1.187V

测试结果

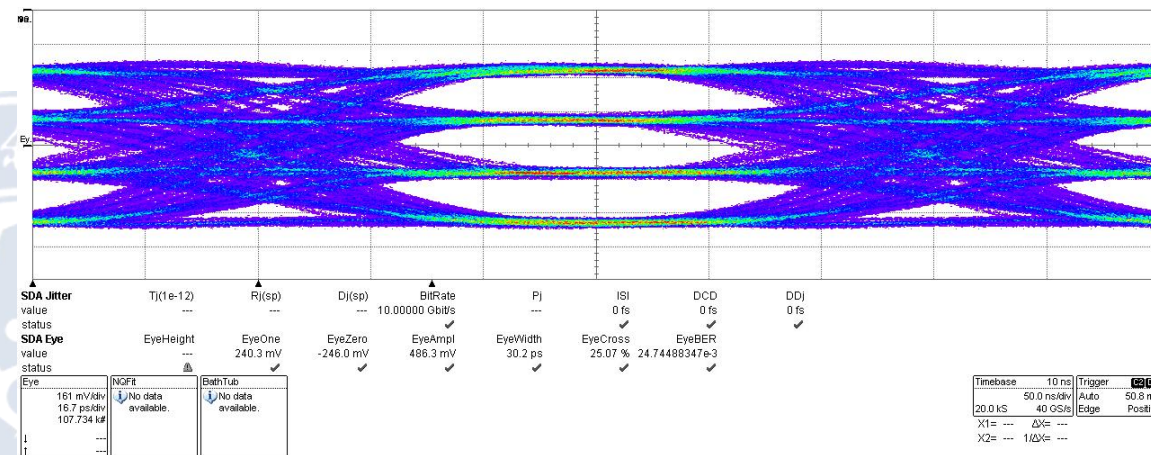


测试结果



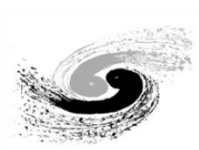
输出未均衡20Gbps眼图

均衡条件：Vc电压600mv
均衡档位7档



输出均衡后20Gbps眼图

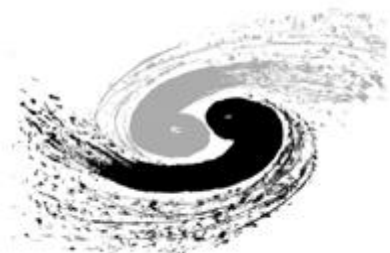
均衡后眼图：单个眼高约193mv
抖动约50ps



➤ 后续计划:

- 完成P4TXc芯片光学测试板设计及投板生产
- 完成P4TXc芯片的光学测试工作





中国科学院高能物理研究所
Institute of High Energy Physics, CAS

请各位老师指正