

基于FPGA的千兆网的研究

赵京周，龚文煊，郭芳，王春杰，刘振安

核探测与核电子学国家重点实验室
高能所触发组

2015/4/11

摘要



- # 背景介绍
- # 研究目标
- # 设计方案
- # 测试方案及结果
- # 总结

背景介绍



- ✦ 在高能物理中，探测器路数增多，前端电子学信号采样和数字化速率已达到Gb/s量级；传统基于VME机箱总线的读出方式已经不能满足现代实验的需求。
- ✦ 在现代核电子学技术中，FPGA因其数据处理能力强、资源容量大、开发周期短、应用成本低，成为核心的数据处理器件，并被广泛应用。
- ✦ FPGA内提供了内嵌式网络通信内核。大量高速数据可以经过FPGA的实时快速的逻辑处理后，通过内嵌的处理器和网络通信功能进行数据发送。这为解决数据输出提供了一种可能性。

研究目标



- ✦ 本课题基于FPGA内嵌的PowerPC处理器，以及MAC控制器，研究探讨新型的数据读出架构下，基于以太网协议的数据可靠传输的实现。
- ✦ 设计一块数据传输板，在传输板上搭建嵌入式系统平台，来实现千兆网的数据传输，构成未来新型数据获取系统的基础。

研究目标



数据传输板的功能

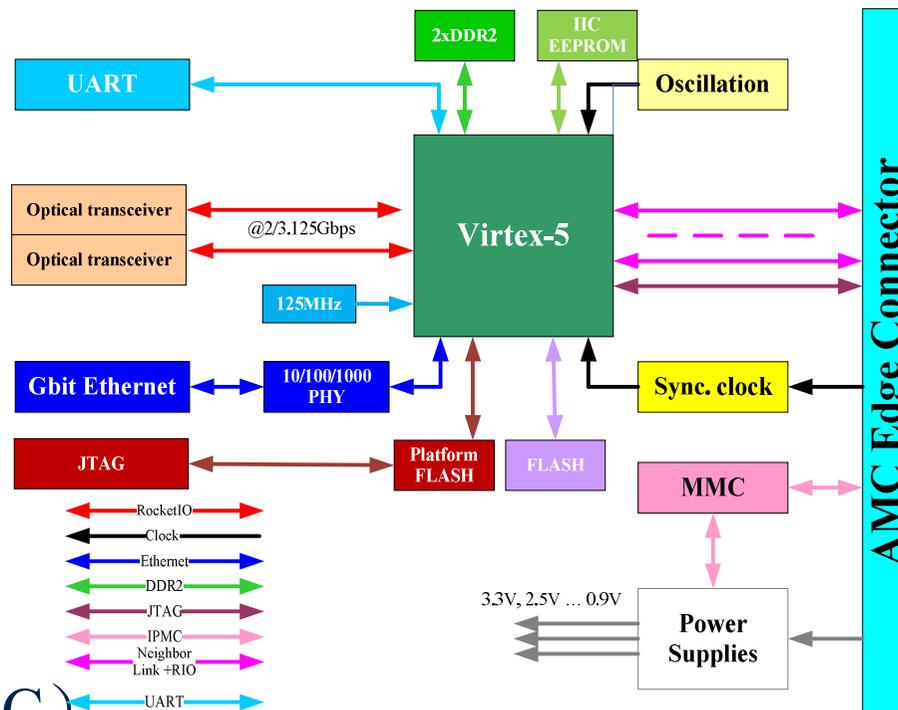
- 基于xTCA新标准；
- 支持新型的基于RocketIO硬核的千兆网网络收发器；
- 支持常规PHY芯片连接的RJ45网络接口，10M/100M/1000M网速标准自适应；
- 运行Linux实时操作系统；

设计方案



■ 数据传输板功能

- 2个SFP接口
- 1 RJ45接口网卡
- Virtex-5 FX70T FPGA
- DDR2 (256MB-2GB)
- 2xFlash(2x32MB)
- 1x Platform Flash
- 1 个串口测试口 (UART)
- 智能管理平台 (IPMC/MMC)



设计方案-PHY连接方式



✦ RGMII

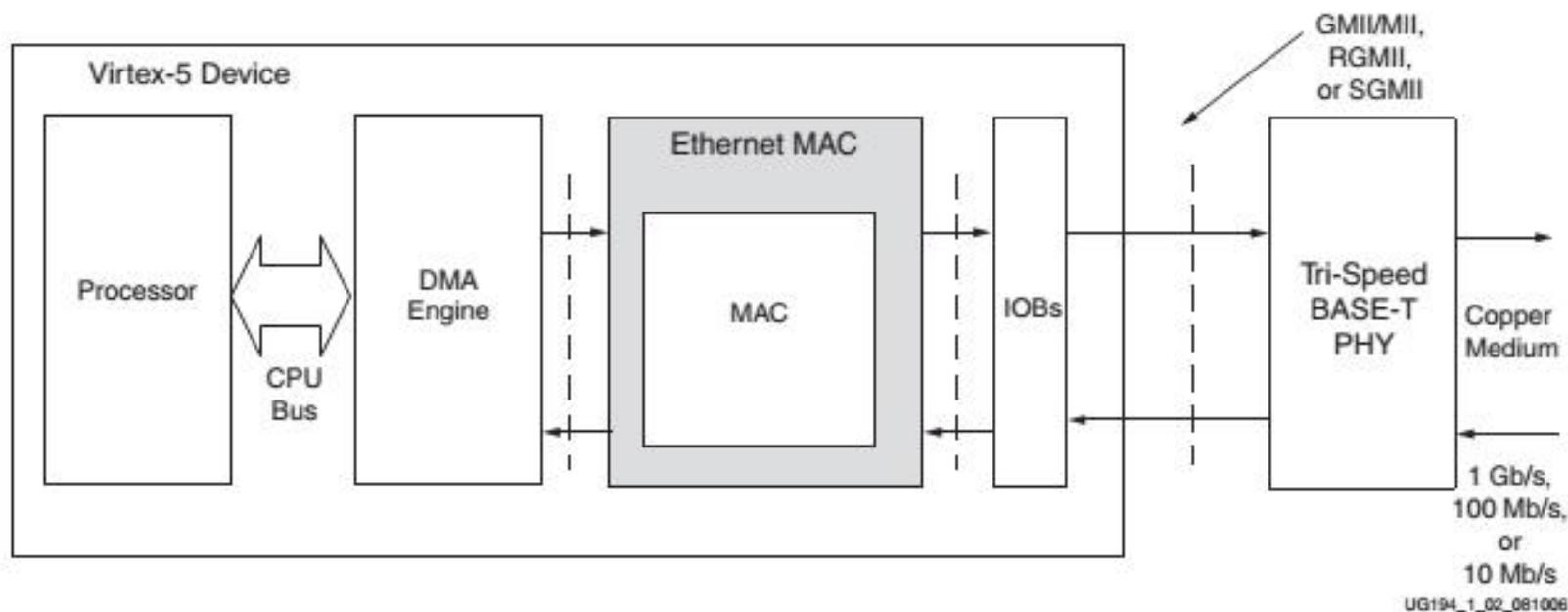


Figure 1-2: Typical Application: Ethernet Communications Port for Embedded Processor

SFP网口连接方式



■ SGMII without clock

- Transceiver MGTREFCLK用高精度125MHz晶振。

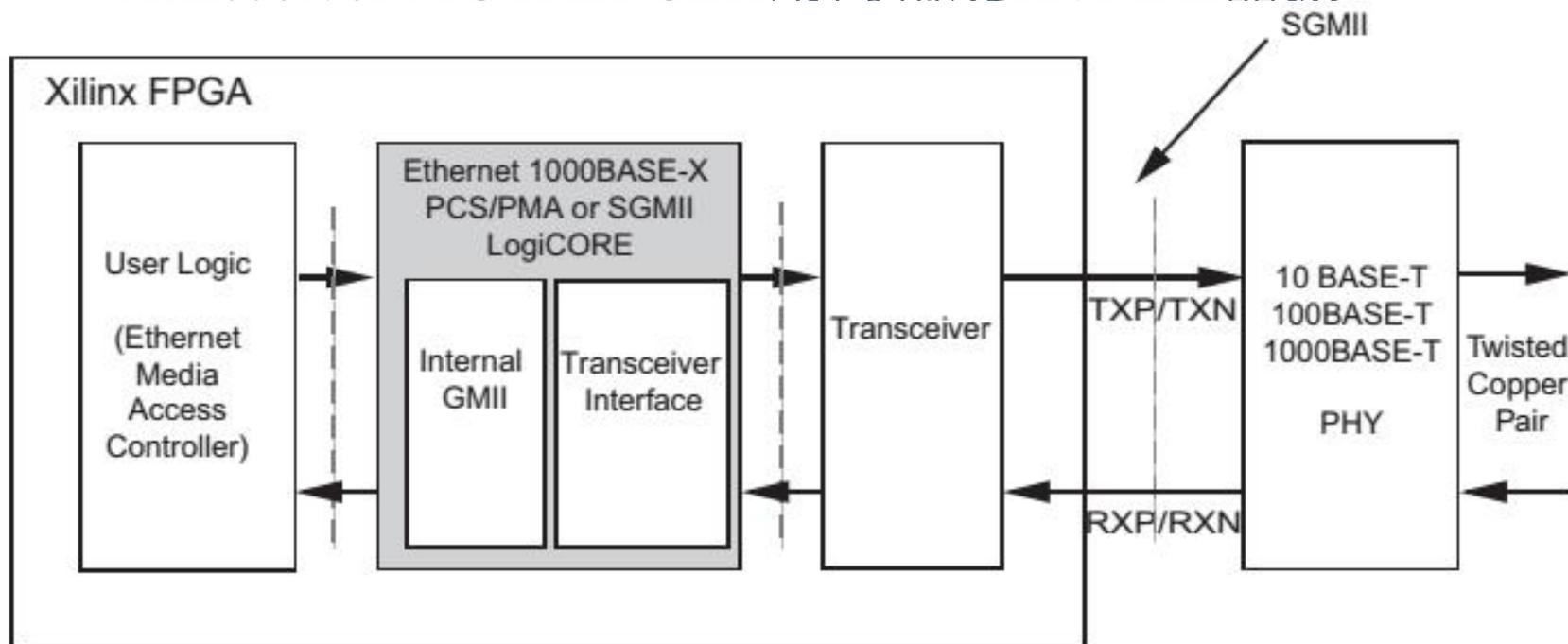


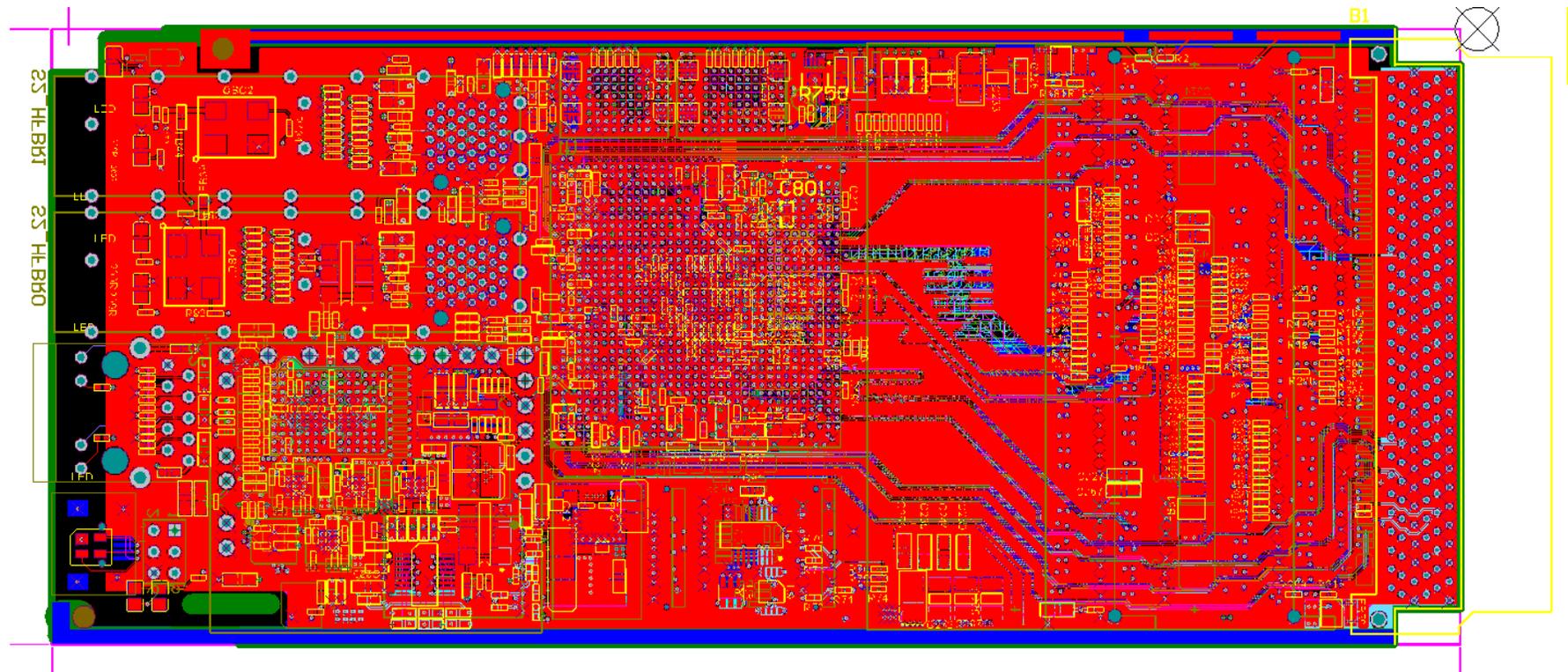
Figure 2: Typical Application for GMII to SGMII Bridge Mode

数据传输板

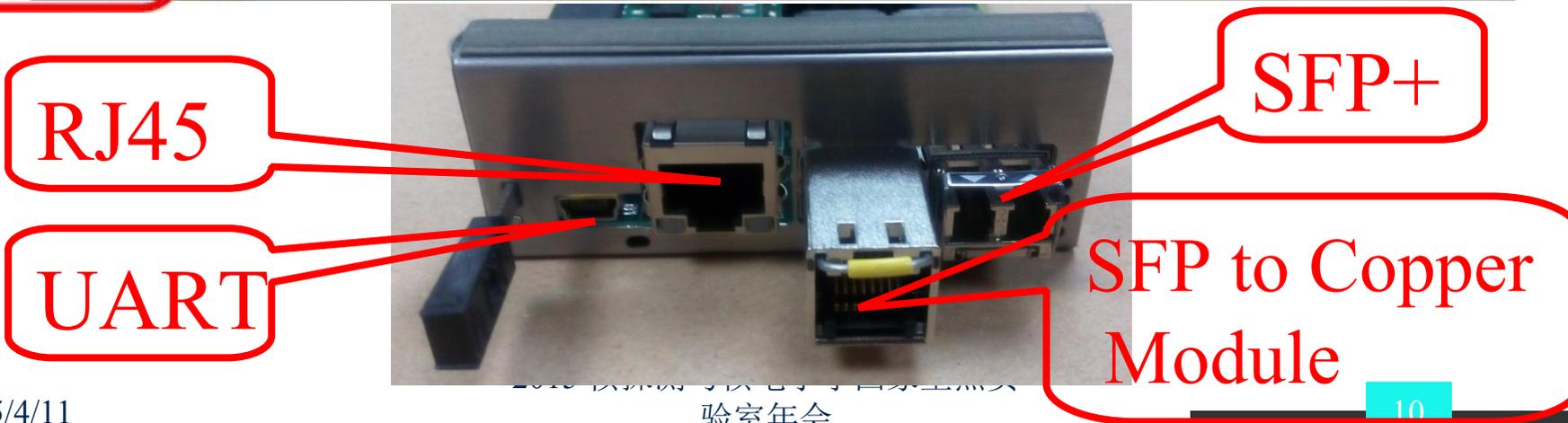


■ 数据传输板PCB layout

■ 16 layers



数据传输板



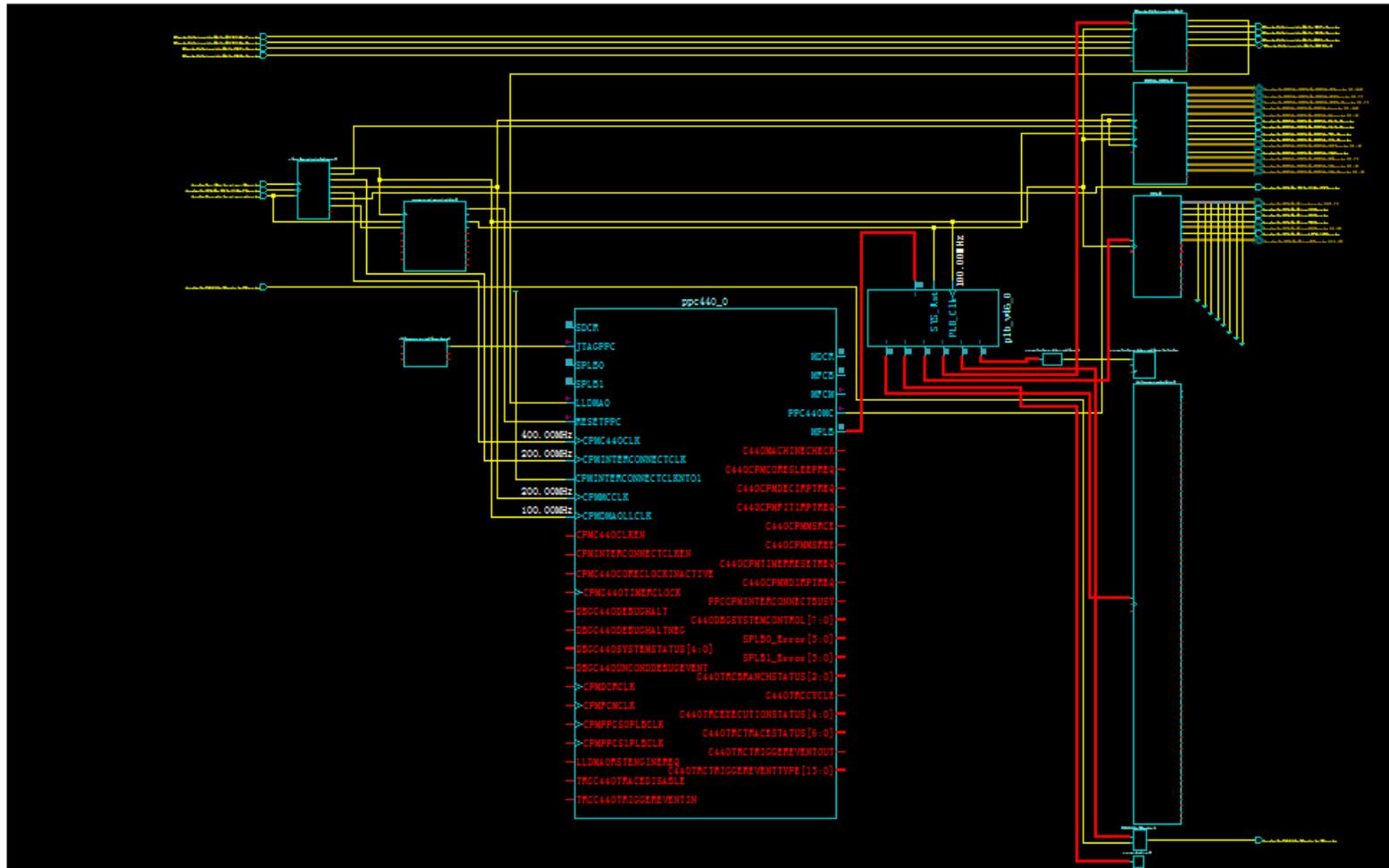
SFP to Copper Module



- 该收发器是一种紧凑型的RJ45接口的收发器，
- 速率支持到1.25Gbps，双向收发，
- 支持10/100/1000自适应网络，具有SGMII接口；在封装上具有SFP可插拔结构。
- 该收发器和FPGA中的RocketIO模块配合可以实现千兆网的硬件结构。



嵌入式操作系统



嵌入式操作系统



PowerPC主频

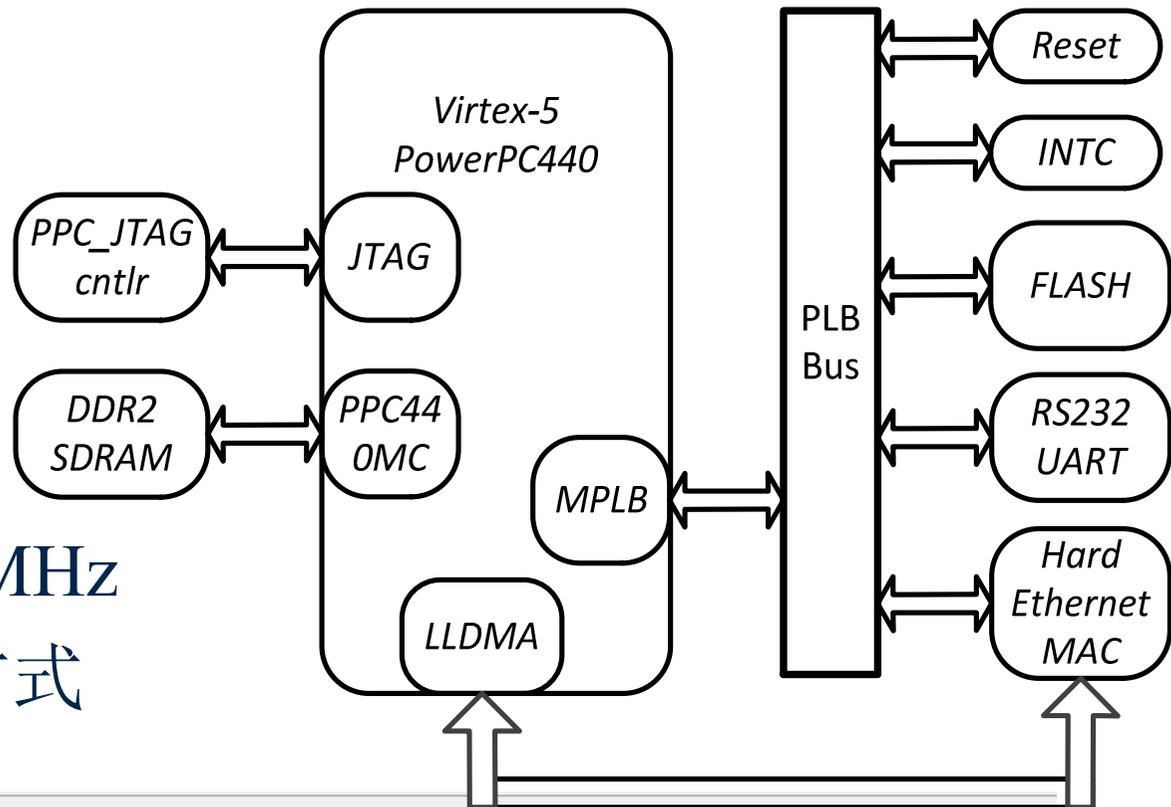
400MHz

PLB总线:

100MHz

DDR2读写: 200MHz

Ethernet: DMA方式



Instance	Base Name	Base Address	High Address	Size	Bus Interface(s)	Bus Name	Lock
ppc440_0's Address Map							
DDR2_SDRAM	C_MEM_BASE...	0x00000000	0x0FFFFFFF	256M	PPC440MC	ppc440_0_PPC...	
xps_intc_0	C_BASEADDR	0x81800000	0x8180FFFF	64K	SPLB	plb_v46_0	
SRAM	C_MEMO_BAS...	0x81900000	0x819FFFFF	1M	SPLB	plb_v46_0	
RS232_Uart_1	C_BASEADDR	0x84000000	0x8400FFFF	64K	SPLB	plb_v46_0	
debug_module_0	C_BASEADDR	0x84400000	0x8440FFFF	64K	SPLB	plb_v46_0	
Hard_Ethernet_MAC	C_BASEADDR	0x87000000	0x8707FFFF	512K	SPLB	plb_v46_0	
xps_bram_if_cntlr_1	C_BASEADDR	0xFFFF0000	0xFFFFFFFF	64K	SPLB	plb_v46_0	

xFP板指标测试



- # PowerPC 400MHz : 正常工作
- # DDR2 200MHz读写时钟: 读写正常
- # SFP口3.125Gbps : 12小时测试无误码
- # 千兆网口自协商速率 1000

```
auto-negotiated link speed: 1000
```



```
D:\Xilinx\14.7\ISE_DS\ISE\bin\nt64\xtclsh.exe
(i) Processor's STDOUT is redirected to the MDM
(ii) Processor's STDIN is redirected to the MDM.
Then, text input from this console will be sent to the MDM's UART port.
NOTE: this is a line-buffered console and you have to press "Enter"
to send a string of characters to the MDM.

-----lwIP TCP echo server -----
TCP packets sent to port 6001 will be echoed back
Board IP: 10.10.20.59
Netmask : 255.255.255.0
Gateway : 10.20.1
auto-negotiated link speed: 1000
TCP echo server started @ port 7
```

网速测试



测试环境

■ PC端：

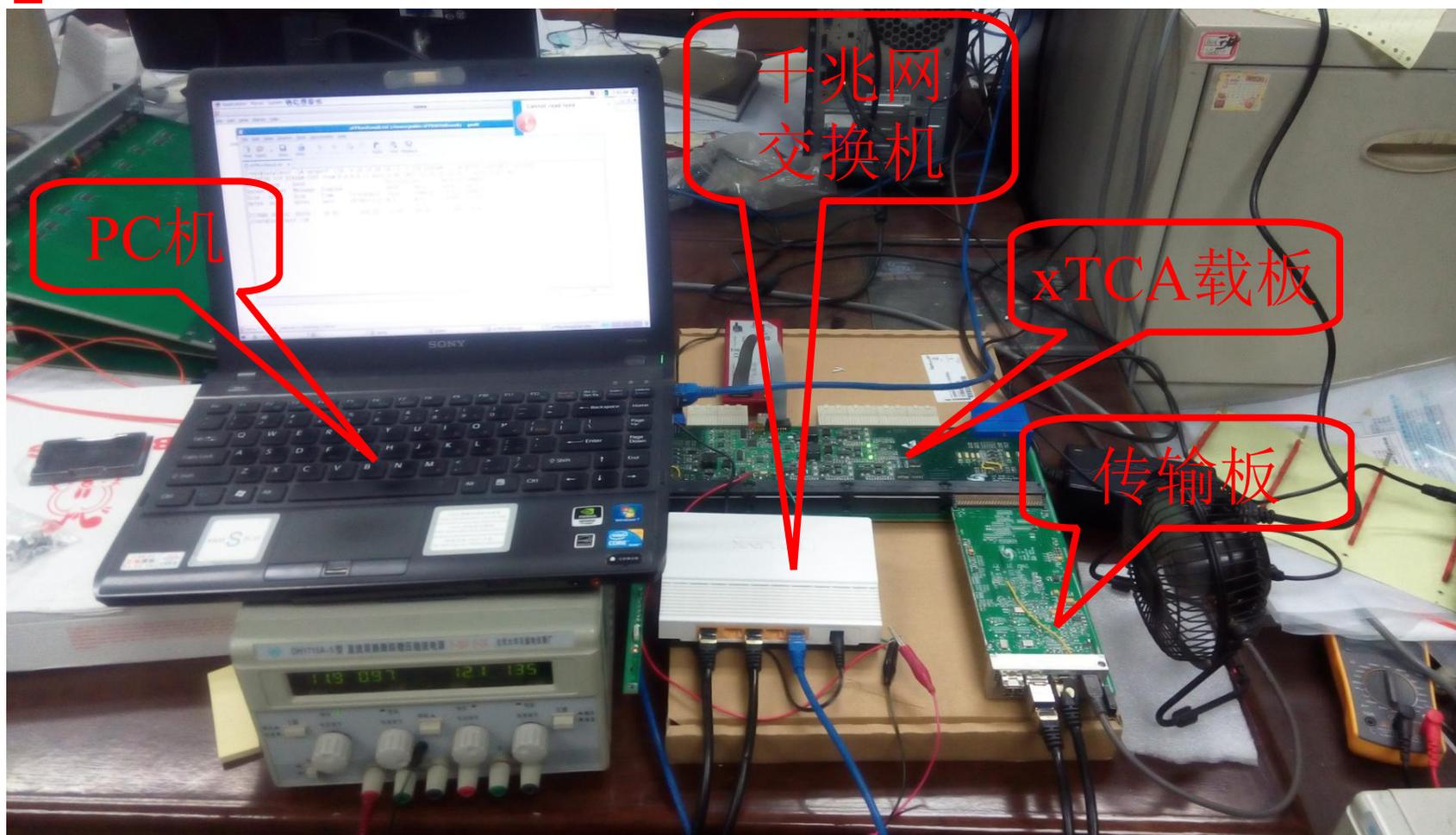
- VPCS12S7C笔记本，I7处理器 2.67G双核
- Linux 内核：2.6.18-308 i686 i686 i386 GUN/Linux
- 内存：6GB
- 网卡：AR8131 PCI-E千兆网卡

■ 传输板端：

- Virtex-5 FX70T-2 FPGA
- Linux 内核：Linux 2.6.33 CST 2011 ppc ppc ppc GNU/Linux
- 内存：512MHz
- PPC440，主频400MHz

■ 测试软件：netperf

网速测试



网速测试 (TCP/IP)



测试结果

xFP板发送: 301Mbps

```
-bash-3.2# netperf -H 10.10.20.22 C -t TCP_STREAM -- -m 65535 -s253952 -S253952
MIGRATED TCP STREAM TEST from 0.0.0.0 () port 0 AF_INET to 10.10.20.22 () port 0 AF_INET
Recv  Send  Send
Socket Socket Message Elapsed
Size Size Size Time Throughput
bytes bytes bytes secs. 10^6bits/sec

262142 217088 65535 10.01 301.13
-bash-3.2#
```

xFP板接收: 204Mbps

```
[root@localhost ~]# netperf -l10 -H 10.10.20.59 -C -t TCP_STREAM -- -m 65535 -s253952 -S253952
MIGRATED TCP STREAM TEST from 0.0.0.0 () port 0 AF_INET to 10.10.20.59 () port 0 AF_INET
Recv  Send  Send
Socket Socket Message Elapsed Utilization Service Demand
Size Size Size Time Throughput local remote local remote
bytes bytes bytes secs. 10^6bits/s % U % S us/KB us/KB

217088 262142 65535 10.01 204.50 -1.00 99.40 -1.000 39.822
[root@localhost ~]#
```

总结



- 数据传输板采用嵌入式PowerPC及MAC硬核实现了千兆网硬件平台。
- 数据传输板各项性能测试指标满足设计要求。
- TCP/IP 可靠数据传输速率301Mbps。



谢谢重点实验室的经费支持！

