

# 基于 IXP425 的通讯服务器硬件设计

陶维青<sup>1</sup>, 张全<sup>1</sup>, 林航<sup>2</sup>, 吴旻<sup>2</sup>

(1. 合肥工业大学电气与自动化工程学院, 安徽 合肥 230009; 2. 安徽继远电网公司, 安徽 合肥 230088)

**摘要:** 随着电力自动化的发展, 传统的变电站通讯服务器已经暴露出了其体积大, 成本高, 功耗大, 可靠性低, 网络处理速度慢等缺点。本文介绍了基于 Intel 公司新一代网络处理器 IXP425 的通讯服务器硬件实现, 阐述了其各个模块的功能, 硬件设计以及接口电路。

**关键词:** 通讯服务器; IXP425; PCI 总线; 扩展总线; ST16C554

## Hardware design of communication server based on IXP425

TAO Wei-qing<sup>1</sup>, ZHANG Quan<sup>1</sup>, LIN Hang<sup>2</sup>, WU Min<sup>2</sup>

(1. School of Electricity and Automation, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;

2. Anhui Jiyuan Company, Hefei 230088, China)

**Abstract:** With the development of electric power automation, the traditional communication server has been exposed the shortcomings of its big volume, high cost, high power consumption, low reliability and slow network processing speed. This paper introduces the hardware of the communication server based on the Intel new-generation network processor IXP425 and explains the functions, hardware designs and interface circuits of its various modules.

**Key words:** communication server; IXP425; PCI Bus; expansion bus; ST16C554

中图分类号: TM73; TM76

文献标识码: B

文章编号: 1674-3415(2008)22-0072-05

## 0 引言

电力调度自动化系统中, 通讯服务器负责收集变电站内部各继电保护、测量装置的运行信息, 上传到远方调度中心, 同时下发调度命令到保护测量装置<sup>[1]</sup>。由于电力系统通信规约不统一、通信介质复杂多样的现状, 通讯服务器的功能主要表现为规约转换、数据转发和子网划分<sup>[2]</sup>。

通讯服务器对整个电网的运行状况进行监控, 保障系统正常运行, 在电力通讯中发挥着重要的作用。随着变电站内部设备的增多、通信量的增大, 以及数字化变电站对系统实时性和稳定性的要求<sup>[3]</sup>, 传统的基于 PC 机或普通单片机(例如 PC104, ATMEL 等)的通讯服务器不仅在成本, 功耗, 体积和可靠性上有缺陷, 而且很难满足通信过程中对数据包收发数量和速度的要求, 经过调查和反复比较, 决定使用 Intel 公司的网络处理器 IXP425 来实现新一代通讯服务器。

## 1 IXP425 的介绍

IXP425 网络处理器使用 Intel XScale 架构, 与

ARMV5TE 指令集兼容, 七级/八级的超级流水线大幅提升了高速有效的核心性能; 32-entry 指令存储管理单元提供逻辑/物理地址转换, 存储权限, I-Cache 功能; 32 KB 的指令缓存能够容纳整个程序, 避免因存储器存取造成的处理器内核停顿<sup>[4]</sup>。其低功耗的特性使得基于它的硬件设计无需采用大片的散热器等辅助器件, 从而达到降低成本, 减小体积, 提高可靠性的目的。而其在网络处理方面的强大功能则要归功于它的网络处理引擎(NPE)。

NPE 是用于网络分组处理的专用处理器模块, 负责为普通的数据分组提供快速通道, 这些 NPE 单元具有硬件多线程的特点, 并且能对 MII, CRC 校验, AAL2, AES, DES, SHA-1, MD5 等处理器密集的操作提供硬件加速功能。所有指令代码均存储在 NPE 内部的专用指令存储器及数据存储器中<sup>[5]</sup>。上面分析可以看出 NPE 能够使得其他处理器难以高效完成的功能通过硬件多线程来实现, 从而使该设计实现了高速处理网络分组的目的。正是由于 IXP425 有着强大的网络处理速度, 使得它被广泛的应用于接入路由器<sup>[6]</sup>, 安全网关<sup>[7]</sup>当中。

## 2 硬件设计

### 2.1 硬件设计综述

通讯服务器通过多个串口或网口从变电站保护设备、测控单元等收集数据, 并按电力标准规约 (101、CDT 等) 上传到主站, 这个过程中需要通讯服务器具有多个串口和网口, 该设计总体结构如图 1, 提供 18 个串口, 4 个网口, 两个 CAN 总线接口, 128M 的 SDRAM, 32 M 的 Flash。IXP425 自带的两个串口中, COM0 作为控制台, 和上位机通信和调试程序; COM1 作为人机界面的接口, 连接不同的人机界面。时钟芯片为 RTC8025, 采用仿 I<sup>2</sup>C 总线的接法。内部三个总线中, SDRAM 控制器上连

接四片 Hynix 公司的 HY57V561620BT, 每片 32 M, 用作程序的调试空间。PCI 总线上连接两片网卡芯片 82559ER, 扩展两个网口。扩展总线上连接两片 Flash 芯片 Intel E28F128J3A, 每片为 8M\*16 位, 存放 BootLoader, 操作系统以及应用程序; 四片串口扩展芯片 ST16C554, 扩展 16 个串口; 两片 CAN 总线接口芯片 SJA1000, 扩展两个 CAN 总线接口, 以便接更多的测控单元。

本设计分为基本模块和扩展模块, 基本模块中包括晶振复位模块, CPU 核心模块, 而扩展模块中有 PCI 总线模块, 扩展总线模块和 NPE 模块。论文将重点介绍扩展模块的设计。

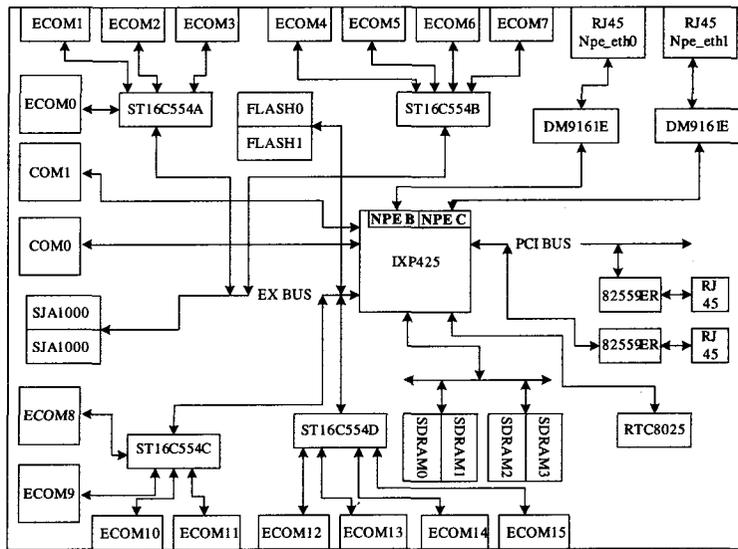


图 1 硬件框图

Fig.1 Hardware diagram

### 2.2 基本模块设计

#### 2.2.1 晶振复位模块

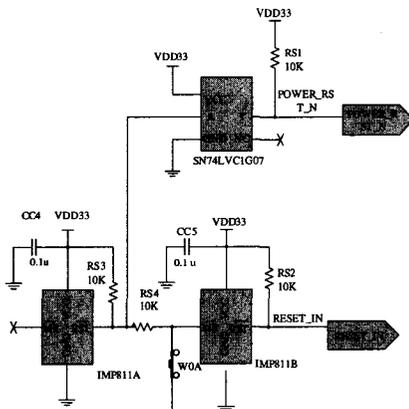


图 2 复位电路图

Fig.2 Reset circuit diagram

复位电路如图 2 所示, IMP811A 在上电后 140 ms 释放复位信号, 经 SN74LVC1G07 缓冲器电平转换后输出给 POWER\_RST\_IN, 复位 CPU。IMP811B 的复位输入端与 IMP811A 的复位输出相连, 当 IMP811A 释放复位信号后 140 ms 触发 RESET\_IN, 复位周围外设, 从而确保了可靠的复位时序。同时还提供了一个手动的复位信号输入端, 可以手动地复位外设。

晶振电路用来向整个系统提供工作时钟, IXP425 需要外界提供 33 MHz 的时钟, 内部锁相倍频后获取相应的工作频率, 本设计选用普通的 33MHz 无源晶振。

#### 2.2.2 CPU 核心模块

CPU 核心模块包括 CPU, SDRAM 和 FLASH 存储器。

SDRAM 不具有掉电保持数据的特性,但其存储速度大大高于 Flash,因此它在系统中主要用作程序运行空间,数据及堆栈区。IXP425 提供 PC133 总线的 SDRAM 控制器,支持两个 Bank, 8~256 M 的 SDRAM 容量。本系统采用四块 32 M 的 SDRAM。芯片为 Hynix 公司的 HY57V561620BT<sup>[8]</sup>。

考虑到移植操作系统内核大小,同时网络处理的实际应用中可能会用到相当多的应用软件,所需存储空间较大,因此选取两片 8M\*16 位的 Flash 芯片 Intel E28F128J3A。具体的电路图在此省略。

### 2.3 扩展模块设计

#### 2.3.1 PCI 总线

##### 2.3.1.1 PCI 总线和网络芯片 82559ER 的介绍

IXP425 支持 32 位 33/66 MHz 的 PCI 控制器,可以选择 host 和 option 两种模式。该通讯服务器设计为 host 模式,使用 IXP425 内置的 PCI Arbiter,提供了两个 PCI 设备:两片 Intel 82559ER 网卡,工作在 33 MHz 的 CLOCK 下。

82559ER 是 Intel 公司第二代 10BASE-T/100BASE-TX 集成网卡家族中的一员,包含了网卡的 MAC 单元和 PHY 单元,其本身是就是一个 32 位的 PCI 控制器,提高了总线的集散控制能力,这使得 82559 与 PCI 总线之间能够高速率地传输数据<sup>[9]</sup>。可以说 82559ER 是在 PCI 总线上扩展网口最理想的芯片之一。

##### 2.3.1.2 具体连接

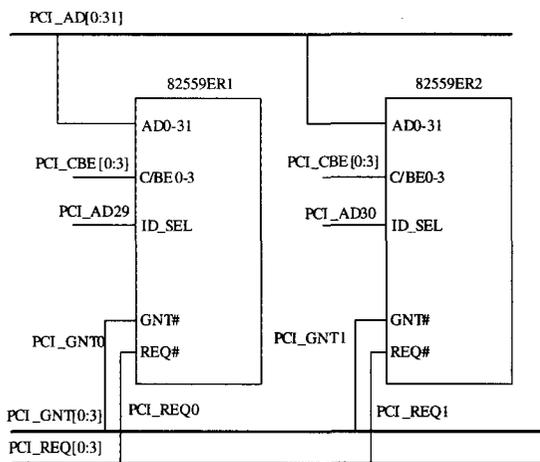


图 3 82559ER 与 PCI 总线连接图

Fig.3 Circuit diagram about 82559ER with PCI bus

两片 82559ER 的片选引脚 IDSEL 分别使用 PCI\_AD29 和 PCI\_AD30;总线的命令和字节使能信号复用在同一个 PCI 引脚 C/BE[0:3]上,在命令阶段,定义总线命令,在字节阶段用做字节使能信号;

REQ#和 GNT#分别为请求信号和批准信号,请求信号提示总线控制器 82559 需要使用总线,批准信号由总线控制器发出并提示 82559 总线已经准备好,每个 PCI 设备都要有一个单独的请求信号和批准信号。两片 82559 分别使用了 PCI\_REQ0, PCI\_REQ1 和 PCI\_GNT0, PCI\_GNT1。

#### 2.3.2 扩展总线

##### 2.3.2.1 扩展总线介绍

扩展总线提供了从南 AHB 到外部 Flash,主端接口 (HPI), SRAM 和其他设备的接口。它包含一个 24 位的地址总线和一个 16 位的数据总线。在 CPU 的存储器映射表中占据 256 MB 的空间,8 个片选支持连接 8 个独立的外设,每个片选的地址空间为 16 MB,其中片选 0 默认控制一个 Flash 设备。扩展总线的最大时钟频率为 66.66 MHz,这使得它可以支持多种外设的连接。

##### 2.3.2.2 扩展总线的地址映射

表 1 IXP425 的地址映射

Tab.1 Address map of IXP425

起始地址	终止地址	大小	用途
0000_0000	0FFF_FFFF	256 Mbyte	扩展总线
0000_0000	3FFF_FFFF	1 Gbyte	SDRAM
4000_0000	47FF_FFFF	128 Mbyte	(保留)
4800_0000	4FFF_FFFF	128 Mbyte	PCI
5000_0000	5FFF_FFFF	256 Mbyte	扩展总线
6000_0000	63FF_FFFF	64 Mbyte	队列管理器

如表1所示,IXP425的扩展总线占用两处256 M字节的地址空间,分别为: 0x00000000~0x0FFFFFFF和0x50000000 ~ 0x5FFFFFFF。其中0x00000000 ~ 0x0FFFFFFF这段空间与SDRAM的空间0x00000000 ~ 0x3FFFFFFF重叠,可以由寄存器 EXP\_CNFG0 (0xC4000020) 的最高位 (BIT 31) 决定该段被扩展总线或SDRAM使用: 当该位置1时,扩展总线占用低256 M字节的地址空间;当该位置0时,SDRAM占用低256 M字节空间地址,此时扩展总线的地址从0x50000000 ~ 0x5FFFFFFF。上电复位时,EXP\_CNFG0的BIT31位复位值为1,因此扩展总线占用低256 M字节空间。这样设计的目的是为了便于内核加载程序BootLoader的启动。ARM处理器在复位后其PC指针都是指向地址0x00000000的,而BootLoader就是放在与IXP425通过扩展总线连接的0设备FLASH的开始处,所以上电后首先执行的是BootLoader程序<sup>[10]</sup>。当执行完BootLoader,再将EXP\_CNFG0的BIT31位置0,此时扩展总线占用的地址空间为0x50000000 ~

0x5FFFFFFF。

### 2.3.2.3 扩展总线外设片选介绍

如硬件设计综述中介绍, 8 个扩展总线的外设具体的片选分配如表 2 所示。

表 2 扩展总线片选分配

Tab.2 The CS allocate of expansion bus

片选信号	外设
CS_N0	Flash0
CS_N1	Flash1
CS_N2	16C554A, 16C554B
CS_N3	16C554C, 16C554D
CS_N4	SJA1000A
CS_N5	SJA1000B
CS_N6	保留
CS_N7	保留

CS\_N0 ~ CS\_N7 分别对应于与扩展总线相连的不同外设, 它们的地址为扩展总线基地址 Base 加上特定的偏移量。每个设备最多可占用 16 MB 的地址空间, 总共占用 128 MB。下面以串口扩展芯片 ST16C554 为例来说明外设与扩展总线的连接。

#### 2.3.2.4 ST16C554 与扩展总线的连接

两片 16C554 共用一片译码器 74HC138 EX\_ADDR21, EX\_ADDR22, EX\_ADDR23 为输入, 译出串口选择信号 CsA~CsD, 片选信号接入每片译码器的 G2A 和 G2B 中。有数据要发到串口时, 先通过片选选择译码器, 然后再确定串口号<sup>[11]</sup>。4 片 16C554 的中断信号通过一个或门接入 IXP425 具有中断功能的 GPIO 口和锁存器 74HC373 的片选引脚。当串口有中断发生时, 或门输出高电平, 触发 74HC373 锁存 16 个中断状态。IXP425 产生中断, 并且通过 4 个 GPIO 口经编码器后读取 74HC373 锁存的值, 判断产生中断的子串口, 从而进行相应的处理<sup>[12]</sup>。

### 2.3.3 NPE 和 MII 接口

由 IXP425 的结构图可以看到, IXP425 网络处理器带有两个以太网 NPE, 工作频率 133 MHz, 每个 NPE 各集成一个以太网 MAC, 提供标准的 MII 接口, 用来对以太网 PHY 芯片进行通信、控制以及配置。因此只需为 NPE 外扩相应的网络芯片即可实现以太网接口, 本系统选择了 Davicom 公司的 PHY 芯片 DM9161, 它可以充分利用 IXP425 的 NPE 资源, 适合通讯服务器的应用环境。按照 IXP425 的 MII 口和 DM9161 的原理图接线即可。

## 3 相关软件设计

硬件平台设计完成后便可以进行相关软件的设计。该系统采用 Linux2.6 内核, Bootloader 程序为

德国 DENX 小组开发的 U-Boot。植入操作系统后, 编写适合该平台的各种驱动程序, 并嵌入内核中。系统上电时, 由 Bootloader 引导进入 Linux 操作系统, 执行应用软件, 该应用软件采用基于 Linux 的多线程技术, 包括复位模块, 串口模块, 网络模块等等, 限于篇幅在此不不过多介绍。

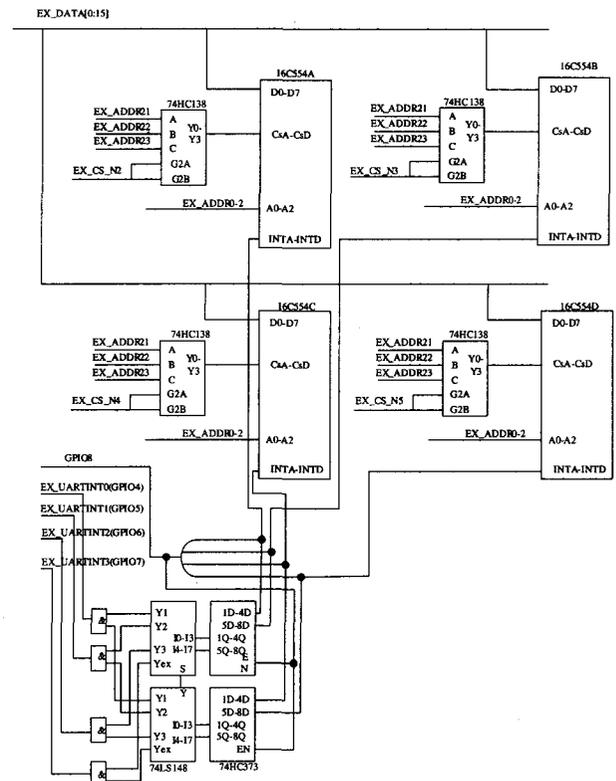


图 4 ST16C554 与扩展总线连接图

Fig.4 Circuit diagram about ST16C554 and expansion bus

## 4 结束语

本文是在对国内外通讯服务器发展情况以及多种适合网络处理的 CPU 进行研究后, 选择了 Intel 公司新一代的网络处理器 IXP425, 设计了较为完整的通讯服务器硬件系统。该硬件平台提供多个串口和网口的连接, 稍做改动后还可以用作网关单元和电能采集终端单元。目前基于该硬件设计的通讯服务器已经被做成产品, 并运行了 Linux 系统, 经实验有着较低的功耗, 良好的通信速度和稳定性。

### 参考文献

- [1] 郑建勇, 吴在军, 胡敏强, 等. 一种能实现异种网络互联的通信控制器[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(12): 55 - 58.  
ZHENG Jian-yong, WU Zai-jun, HU Min-qiang, et al. A Communication Controller for Heterogeneous Network Interconnection[J]. Automation of Electric Power

- Systems, 2003, 27(12): 55-58.
- [2] 吴在军, 胡敏强. 基于IEC 61850 标准的变电站自动化系统研究[J]. 电网技术, 2003, 27(10): 61-65.  
WU Zai-jun, HU Min-qiang. Research on a Substation Automation System Based on IEC61850[J]. Power System Technology, 2003, 27(10): 61-65.
- [3] 孙司正, 王晋, 盛本云, 等. 数字化变电站自动化系统方案探讨[J]. 继电器, 2007, 35(22): 72-74.  
SUN Si-zheng, WANG Jin, SHENG Ben-yun, et al. Discussion on the Digital Schemes of Substation Automation System[J]. Relay, 2007, 35(22): 72-74.
- [4] Intel IXP42X Product Line of Network Processors and IXC1100 Control Plane Processor Datasheet 2007-01 www.intel.com[EB/OL].
- [5] 季博. 基于IXP425网络处理器的VPN安全网关构建[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.  
JI Bo. The Construction of VPN Security Gateway Based on IXP425 Net Processor[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2006.
- [6] 朱俊达. 基于IXP425网络处理器的接入路由器[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.  
ZHU Jun-da. The Access Router Based on IXP425 Net Processor [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2006.
- [7] 朱江. 基于IXP425及IPSec的嵌入式Linux安全网关构建[D]. 南京: 南京大学, 2006.  
ZHU Jiang. The Construction of Security Gateway Based on IXP425 net Processor and IPSec[D]. Nanjing: Nanjing University, 2006.
- [8] HY57V561620B(L/S)T 4 Banks x 4M x 16Bit Synchronous DRAM Datasheet 2003-01 www.21icsearch.com.cn[EB/OL].
- [9] 82559ER Fast Ethernet PCI Controller Datasheet 2005-01 www.intel.com[EB/OL].
- [10] 周佳. 基于IXP425的嵌入式USB主机设计[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2007.  
ZHOU Jia. The Design of Embedded USB Host Based on IXP425[D]. Heifei: Heifei University of Technology, 2007.
- [11] ST16C554/554D ST68C554 Datasheet, 2001 www.exar.com[EB/OL].
- [12] 胡勇, 丁万山. 多串口扩展解决方案[J]. 计算机应用, 2005, (5): 63-66.  
HU Yong, DING Wan-shan. The Resolve of Mutli-serial Ports Expansion[J]. Computer Application, 2005, (5): 63-66.

收稿日期: 2008-01-28; 修回日期: 2008-02-27

作者简介:

陶维青 (1964-), 男, 副教授, 长期从事电力系统及其自动化方面的研究;

张全 (1984-), 男, 研究生, 研究方向为嵌入式系统和计算机控制; E-mail: gorilla0123@tom.com

林航 (1975-), 男, 从事电力系统及其自动化方面的研究。

(上接第 56 页 continued from page 56)

## 参考文献

- [1] 戴志辉, 陈卫, 尹项根. 补偿电压突变方向判别元件健全相动作特性研究[J]. 继电器, 2006, 34(16).  
DAI Zhi-hui, CHEN Wei, YIN Xiang-gen. Study on Sound Phase Operating Characteristic of Directional Protective Relaying Based on Fault Component Compensating Voltage[J]. Relay, 2006, 34(16).
- [2] 许正亚. 输电线路新型距离保护[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2002.  
XU Zheng-ya. New Type Distance Protection of Power Line[M]. Beijing: China Water Power Press, 2002.
- [3] 林湘宁, 刘沛, 等. 面向继电保护的全过程系统振荡仿真[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(22): 56-59.  
LIN Xiang-ning, LIU Pei, et al. Oscillation Simulation for Relay Protection Research[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(22): 56-59.
- [4] 孔繁鹏, 葛耀中. 一种用于测试保护的振荡模型[J]. 电力系统自动化, 1995, 19(8): 38-42.  
KONG Fan-peng, GE Yao-zhong. A Power Swing Model for Testing Protection Equipment[J]. Automation of Electric Power Systems, 1995, 19(8): 38-42.
- [5] 章启明, 乐全明, 费铭薇, 等. 超高压电网全过程振荡仿真新模型研究[J]. 继电器, 2006, 34(9): 13-15.  
ZHANG Qi-ming, YUE Quan-ming, FEI Ming-wei, et al. Research of Complete Power Network Oscillation Simulation Model[J]. Relay, 2006, 34(9): 13-15.

收稿日期: 2008-01-17; 修回日期: 2008-02-23

作者简介:

林添顺 (1973-), 男, 工学硕士, 工程师, 从事电力系统运行与控制研究、电力工程管理工作; E-mail: lintianshunrelay@163.com