

地震数据采集系统

基础

苏振华 刘益成 赵汀 等编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

地震数据采集系统基础

苏振华 刘益成 赵 汀 余厚全 王建功
夏 颖 祝彩霞 秦明辉 商 杰 陆伟刚 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

前 言

地震勘探是石油物探中最成功的方法,统计表明世界上 80% 以上的油田都是通过地震勘探发现的。地震数据采集系统(也称为地震勘探仪器)则是地震勘探中最重要的设备。地震数据采集系统的作用是在野外采集人工地震波数据,即所谓地震资料,这种资料是地震勘探的基础,没有高质量的地震资料,地震勘探技术中的所有处理、分析、解释等其他努力都将是无本之木,因此研制高水平的地震数据采集系统是所有从事地震勘探人员及相应的仪器制造者共同追求的目标。

伴随着石油地震勘探的深入开展和科学技术的发展,半个多世纪以来,地震数据采集系统从最初的模拟光点记录地震仪,经历了模拟磁带记录地震仪、数字磁带记录地震仪、遥测地震仪、基于 $\Sigma-\Delta$ 技术的 24 位遥测地震仪,发展到目前基于 MEMS 传感器的大数字化的大型地震数据采集系统,无论是仪器的规模上,还是科技含量上都发生了根本性的变化。从仪器类型来说,也从单一的有线仪器发展到无线勘探仪器,和兼有有线与无线的仪器。近来又出现了所谓的节点式仪器,其采集的道数达到十万道以上,单次施工规模覆盖数十平方公里,仪器灵敏度高达 $1\mu\text{V}$,动态范围达到 120dB 以上。数据传输技术采用了先进的电缆和光纤传输技术、有线和无线局域网技术、无线通信和移动通信技术。总之,现代地震数据采集系统是一个以计算机为核心的集数据采集、处理与记录为一体的大型系统,吸收和应用了当代科学技术多个领域的最新成果,特别是计算机技术、电子技术、信号和信息处理技术、网络与通信技术、传感器技术、全球导航定位技术、机电控制技术等领域的新技术、新理论、新技术和新器件。

本书是关于地震数据采集系统基础的书籍,对地震数据采集系统各个部分进行了全面论述。全书分为 10 章,第 1~4 章作为计算机与电子信息方面的基础知识,分别就现代地震数据采集系统所涉及的计算机技术(包括嵌入式系统)、信号处理技术、通信与网络技术和 GPS 技术等进行了介绍。第 5 章从地震勘探的基本原理出发,说明了地震勘探数据采集的过程及对地震勘探仪器的要求。第 6 章论述了产生人工地震的几种震源和用于感测地震信号的地震检波器,重点介绍了炸药震源和可控震源,分别介绍了几种常用的模拟检波器和新型的数字检波器。第 7~8 章详细论述了组成地震数据采集系统的主机系统和地面电子系统,包括仪器的系统结构、主机的功能与配置、采集站、交叉站、供电系统的功能、组成与性能指标等,重点论述了各主要部件的体系结构和信号流程。第 9 章为地震仪器的测试方法与现场质量控制系统,重点介绍了采集站与数字检波器的测试方法和在采集过程中实时质量监测方法。第 10 章简要介绍了可控震源地震数据采集中所采用的一些先进的技术和高效率施工方法。

作为基础性书籍,本书重点对仪器的功能、性能指标、组成原理、数据和命令的流程等进行了较详细的分析与介绍,目的在于使读者对地震仪器总体的体系结构与各部分的功能有清晰的了解。由于各种仪器的设计理念与侧重点不同,所采用的电路、器件,特别是作为诸如大线控制接口部件、采集站、交叉站、电源站等各部件核心的嵌入式控制器选用的不同,自然实现各种功能的软件也不相同,因此本书对仪器各部件实现的细节,特别是软件没有深入讨论。从仪器类型来说也仅限于有线仪器,随着无线电技术与无线局域网技术的发展,无线仪器将是今后发展的一个重要方向,限于篇幅本书也没有涉及。此外,对仪器的辅助设备如排列助手、电缆

测试以及维修设备也没有提及。但作者相信,只要读者具备了本书所介绍的有关地震勘探仪器的基础,再结合各种具体仪器的说明书或操作手册,就不难掌握各种仪器的使用、维护乃至设计。

本书可作为高等院校地球物理勘探、测控技术与仪器等相关专业的教材或教学参考书,以及石油物探人员的培训教材;也可供从事数据采集与处理系统特别是地震数据采集系统和其他类型地球物理仪器研制、使用以及维护的科技人员参考。

本书在编写过程中参阅了大量计算机、电子信息、通信、GPS、地震勘探等方面的书籍与资料以及各种地震勘探仪器的说明书,在此对有关作者表示感谢。在编写过程中,得到了中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司有关单位和领导、专家的帮助,作者深表谢意。

由于地震数据采集系统涉及多学科和多方面的知识,限于作者水平,缺点与错误在所难免,欢迎读者提出宝贵意见。

目 录

第1章 计算机技术基础	1
1.1 服务器	1
1.1.1 服务器和普通PC的区别	1
1.1.2 服务器分类	2
1.1.3 服务器的性能	3
1.1.4 服务器在地震仪器中的应用	4
1.2 总线接口技术	4
1.2.1 VME总线	5
1.2.2 SCSI总线	6
1.3 存储设备	8
1.3.1 磁记录原理	8
1.3.2 数字磁带机	11
1.3.3 磁盘阵列简介	18
1.3.4 网络存储技术	20
1.4 嵌入式系统与可编程逻辑器件	22
1.4.1 嵌入式系统的概念	23
1.4.2 嵌入式系统硬件	23
1.4.3 嵌入式操作系统	26
1.4.4 应用软件	28
1.4.5 可编程逻辑器件简介	29
第2章 信号处理基础	32
2.1 信号的基本概念	32
2.1.1 基本概念	32
2.1.2 信号的基本属性	34
2.2 模拟信号的数字处理	36
2.2.1 信号处理的基本概念	36
2.2.2 抽样与抽样定理	37
2.2.3 A/D转换器的基本结构	39
2.2.4 抽样信号的恢复与D/A转换器	39
2.3 离散时间信号与系统	41
2.3.1 离散时间信号	41
2.3.2 离散时间系统	43
2.3.3 离散时间系统时域分析	44
2.3.4 系统的因果性与稳定性	45
2.4 离散时间信号与系统的频域分析	45
2.4.1 序列的Z变换	46
2.4.2 序列的傅里叶变换	47

2.4.3	离散时间系统频域分析	50
2.5	离散傅里叶变换及其快速算法	51
2.5.1	有限长序列的离散傅里叶变换	51
2.5.2	DFT 的一些性质	52
2.5.3	DFT 的快速算法——FFT	53
2.5.4	DFT 与 FFT 在频谱分析中的应用	54
2.6	数字滤波器概述	57
2.6.1	数字滤波类型与指标	57
2.6.2	FIR 线性相位数字滤波器	59
2.6.3	最小相位数字滤波器	60
2.6.4	梳状滤波器	61
2.7	PCM A/D 转换器	62
2.7.1	量化与量化噪声	63
2.7.2	PCM A/D 转换器的实现方法	65
2.8	Σ - Δ A/D 和 Σ - Δ D/A 转换器	66
2.8.1	Σ - Δ A/D 转换器的结构	66
2.8.2	Σ - Δ 调制器的基本概念	67
2.8.3	一阶 Σ - Δ 调制器的传输特性及量化信噪比	70
2.8.4	高阶 Σ - Δ 调制器	72
2.8.5	数字抽取滤波器	73
2.8.6	Σ - Δ D/A 转换器	76
第 3 章	数据通信技术基础知识	80
3.1	数据通信基本概念	80
3.1.1	数据通信系统基本结构	80
3.1.2	数据通信的技术指标	81
3.2	传输介质	83
3.2.1	有线传输介质	83
3.2.2	无线传输介质	91
3.3	数据传输的基本方式	92
3.4	基带传输与频带传输	96
3.4.1	基带传输	96
3.4.2	频带传输	97
3.5	多路复用技术	101
3.6	差错控制技术	103
3.7	通信接口标准	105
3.7.1	RS-232C 接口	106
3.7.2	RS-422 与 RS-485 串行接口标准	108
3.7.3	低电压差分信号传输(LVDS)	111
3.8	局域网(LAN)与协议	113
3.8.1	网络体系结构与 OSI/RM 参考模型	113
3.8.2	TCP/IP 协议簇简介	116
3.8.3	局域网	117
3.9	无线传输技术	118

3.10 数据传输协议在地震仪器中的应用	120
第4章 GPS的基本原理	125
4.1 GPS的组成	125
4.2 GPS全球定位系统定位技术	128
4.3 DGPS原理与RTK技术	130
4.4 GPS定位在地震仪器中的应用	132
第5章 地震勘探基础	136
5.1 概述	136
5.2 地震波及其传播特征	137
5.2.1 地震波的基本概念	137
5.2.2 地震波的特征	138
5.2.3 地震波的传播规律	143
5.3 反射波地震勘探	147
5.3.1 反射波地震勘探的概念	147
5.3.2 反射波时距曲线	149
5.3.3 反射波地震勘探的褶积模型	152
5.4 地震勘探野外数据采集施工方法	156
5.4.1 野外数据采集预备工作	156
5.4.2 野外生产施工流程	160
5.5 地震勘探对地震数据采集系统的要求	161
第6章 人工震源与地震检波器	166
6.1 炸药震源	166
6.1.1 地震波的炸药震源激发	166
6.1.2 爆炸能量与岩石介质的耦合关系	167
6.1.3 遥控爆炸方式	169
6.2 可控震源	169
6.2.1 可控震源地震勘探原理与工作方式	170
6.2.2 可控震源的基本组成	173
6.2.3 可控震源的施工方法	177
6.3 气枪震源	180
6.4 电磁感应式地震检波器	183
6.4.1 电动式检波器	184
6.4.2 涡流检波器	189
6.4.3 电磁感应滤波器主要性能参数与测试	191
6.5 压电式检波器	193
6.6 检波器组合	197
6.7 数字地震检波器	200
第7章 地震数据采集系统的主机系统	208
7.1 概述	208
7.1.1 地震勘探仪器的发展概况	208
7.1.2 地震勘探仪器的主要技术指标	209
7.1.3 地震勘探仪器的组成	211

7.2 主机系统的组成	213
7.2.1 主机系统的功能	213
7.2.2 主机硬件系统构成	214
7.2.3 主机系统软件	216
7.2.4 主机系统示例——Sercel 428XL 主机系统简介	217
7.3 大线控制接口部件	222
7.3.1 大线控制接口部件功能与组成	222
7.3.2 428XL 仪器大线控制接口简介	223
7.4 源同步控制器	227
7.4.1 遥爆系统工作原理	227
7.4.2 信号交换	229
7.4.3 SHOT PRO 与各种地震仪器的信号连接	229
7.5 实时相关叠加器	232
7.6 地震数据的记录与回放	239
7.6.1 磁带机记录格式	239
7.6.2 回放显示	250
7.7 陆地勘探记录文件的 SPS 标准格式	252
7.8 扩展系统	256
7.8.1 远程支持系统	256
7.8.2 地理信息系统	257
7.8.3 车辆跟踪系统(VTS)	259
第8章 地面电子系统	261
8.1 地面电子设备的组成与数据流	261
8.2 传输电缆	262
8.3 地震数据采集站	264
8.3.1 基于 Σ - Δ A/D 型采集站的特点	265
8.3.2 现代地震数据采集站的结构、功能与指标	267
8.3.3 地震数据采集站采集模块	268
8.3.4 采集站控制模块	276
8.3.5 采集站与大线接口(数据传输接口)	278
8.3.6 采集站电源与时钟电路简介	279
8.3.7 Sercel 400 系列采集站(FDU)示例	280
8.4 交叉站	282
8.4.1 交叉站的接口与功能	282
8.4.2 交叉站组成	286
8.4.3 428XL 交叉站(LAUX428)示例	287
8.5 电源站	290
8.5.1 电源站的接口与功能	290
8.5.2 电源站的组成	292
8.5.3 System4 仪器电源站简介	293
8.6 野外供电电瓶	295
8.7 机壳设计与防雷电	300

第 9 章 仪器测试与质量控制系统	301
9.1 仪器测试	301
9.1.1 概述	301
9.1.2 采集站测试	302
9.1.3 数字地震检波器测试	308
9.1.4 极性敲击测试	315
9.1.5 仪器同步功能测试	315
9.2 实时质量监控系统简介	318
9.2.1 质量监控系统组成	319
9.2.2 几种仪器的 QC 系统简介	319
9.3 地震记录的评价	323
第 10 章 可控震源高效采集技术	328
10.1 可控震源的源驱动技术	328
10.1.1 施工方法	328
10.1.2 实施方案	329
10.1.3 源驱动技术的特点	332
10.2 滑动扫描技术	334
10.2.1 滑动扫描原理	334
10.2.2 实施方案	336
10.2.3 滑动扫描施工注意事项	339
10.3 高保真采集技术	340
10.3.1 基本方法	340
10.3.2 实施方案	341
10.4 DSSS 采集技术	347
10.4.1 技术概述	347
10.4.2 实施方案	348
10.5 ISS 采集技术	352
10.5.1 技术概述	352
10.5.2 实施方案	353
参考文献	357

第 1 章 计算机技术基础

现代地震勘探仪器是以计算机为核心的集地震数据采集、传输、处理与记录为一体的大型电子系统。系统中既包含以系统管理和实时数据处理为主的主机服务器,也包含在地面电子系统作为现场控制的各种单片机和嵌入式处理器。本章将介绍在地震勘探仪器中所涉及的计算机基础知识,包括服务器、计算机接口总线、存储器技术和嵌入式处理器等内容。

1.1 服务器

在大型地震勘探仪器中大都采用服务器(server)作为主机,用来进行人机交互、系统管理、数据处理、数据存储、质量控制等,有关在地震仪器中的具体功能将在后面详细说明,这里先介绍服务器的基本概念。

从广义上讲,服务器是指网络中一种运行管理软件以控制对网络或网络资源(磁盘驱动器、打印机等)进行访问,并能对网络中其他机器提供某些服务和资源的计算机系统。从狭义上讲,服务器是专指某些高性能计算机,它侦听网络上的其他计算机(客户机)提交的服务请求,并提供相应的服务。为此,服务器必须具有承担服务并且保障服务的能力。服务器作为网络的节点,对网络上的其他终端设备进行“组织”和“领导”,网络上绝大部分信息和数据的存储、处理都由服务器负责,是网络的指挥中心。

1.1.1 服务器和普通 PC 的区别

服务器的硬件构成与微机基本相似,有 CPU 处理器、磁盘系统、内存、系统总线(如 IDE、PCI)、网络接口与外部接口等硬件。不同之处在于服务器的硬件通常是针对具体的网络应用特别制定的,一般使用 SCSI 硬盘,支持多 CPU,可靠性高。在操作系统方面,服务器运行专用于服务器的网络操作系统如 UNIX、Linux,而 PC 一般用 Windows 操作系统。

从本质上讲,服务器与个人计算机的功能相类似,都是帮助人类处理信息的工具,只是二者的定位不同。PC 是个人计算机(Personal Computer),是为满足个人的多功能需要而设计的,而服务器是为满足众多用户同时在其上处理数据而设计的。服务器可以用来搭建网页服务(平常上网所看到的网页页面的数据就是存储在服务器上供人访问的)、邮件服务(上网发的所有电子邮件都需要经过服务器的处理、发送与接收)、文件共享和打印共享服务、数据库服务等。而这所有的应用都有一个共同的特点,它们面向的都不是一个人,而是众多的人,同时处理的是众多的数据。这种面向公众的服务必须在网络环境下才有可能,所以服务器与网络是密不可分的,只有在网络环境下它才有存在的价值。而个人计算机完全可以在单机的情况下完成个人的数据处理任务。

PC 与服务器另一最大的差异就在于多用户多任务环境下的可靠性上,服务器是面向 24×7 运行设计并制造的,也就是每周 7 天、每天 24 小时不间断地运行,这正是服务器最大的含金量所在。把 PC 当服务器的用户一定都曾经经历过突然死机、意外的网络中断、不时的丢失存储数据等事件,这都是因为 PC 的设计制造从来没有保证过多用户多任务环境下的可靠性,而一旦

发生严重故障,其所带来的经济损失将是难以预料的。总之,服务器与 PC 在处理能力、稳定性、可靠性、安全性、可扩展性、可管理性等方面存在很大差异。服务器的高性能主要体现在高速度的运算能力、长时间的可靠运行、强大的外部数据吞吐能力及操作系统与专用的软件等方面。

1.1.2 服务器分类

1. 按照用途分类

按照使用的用途,服务器又可以分为通用型服务器和专用型(或称“功能型”)服务器。通用型服务器是没有为某种特殊服务专门设计的可以提供各种服务功能的服务器,当前大多数服务器是通用型服务器。专用型(或称“功能型”)服务器是专门为某一种或某几种功能专门设计的服务器,在某些方面与通用型服务器有所不同。例如,按存储信息的内容可分为文件服务器、数据库服务器和应用程序服务器,像用来存放光盘镜像的光盘镜像服务器,就需要配备大容量、高速的硬盘及光盘镜像软件。

2. 按照 CPU 体系架构分类

按照 CPU 体系架构来区分,服务器主要分为两类:非 x86 服务器和 x86 服务器。

非 x86 服务器:包括大型机、小型机和 UNIX 服务器,它们使用 RISC(Reduced Instruction Set Computing,精简指令集)或 EPIC(并行指令代码)处理器,并且主要采用 UNIX 和其他专用操作系统的服务器。精简指令集处理器主要有 IBM 公司的 POWER 和 PowerPC 处理器、SUN 与富士通公司合作研发的 SPARC 处理器、HP 与 Intel 公司合作研发的安腾 EPIC 处理器等。这种服务器价格昂贵,体系封闭,但是稳定性好,性能强,主要用在金融、电信等大型企业的核心系统中。

x86 服务器:又称 CISC(Complex Instruction Set Computer,复杂指令集)架构服务器,即通常所讲的 PC 服务器。它是基于 PC 的体系结构,使用 Intel 或其他兼容 x86 指令集的处理器芯片和 Windows 操作系统的服务器,如 IBM 的 System x 系列服务器、HP 的 ProLiant 系列服务器等。这类服务器的价格便宜、兼容性好、稳定性差、不安全,主要用在中小企业和非关键业务中。从当前的网络发展状况看,以“小、巧、稳”为特点的 x86 架构的 PC 服务器得到了更为广泛的应用。

此外,近年来又出现了一种 64 位的 VLIM(Very Long Instruction Word,超长指令集架构)指令系统的 CPU。

3. 按服务器的机架外观结构分类

为了适应各种工作环境,服务器在外形设计上也有各种形式,分为机架式服务器、刀片式服务器和机柜式服务器。

机架式服务器的外形看起来不像计算机,而像交换机,有 1U(1U=1.75 英寸=4.45cm)、2U、4U 等规格。机架式服务器安装在标准的 19 英寸机柜里面。这种结构的服务器多为功能型服务器,如信息服务企业(如 ISP/ICP/ISV/IDC),选择服务器时首先要考虑服务器的体积、功耗、发热量等参数,因为信息服务企业通常使用大型专用机房统一部署和管理大量的服务器资源,机房通常设有严密的保安措施、良好的冷却系统、多重备份的供电系统,其机房的造价相当昂贵。如何在有限的空间内部署更多的服务器直接关系到企业的服务成本,通常选用机械尺寸符合 19 英寸工业标准的机架式服务器。

刀片服务器(准确地说,应称为刀片式服务器)是指在标准高度的机架式机箱内可插装多个卡式的服务器单元,实现高可用和高密度。每块“刀片”实际上就是一块系统主板。它们可

以通过“板载”硬盘启动自己的操作系统,如 Windows NT/2000、Linux 等,类似于一个个独立的服务器,在这种模式下,每块母板运行自己的系统,服务于指定的不同用户群,相互之间没有关联。不过,管理员可以使用系统软件将这些母板集成一个服务器集群。在集群模式下,所有的母板可以连接起来提供高速的网络环境,并同时共享资源,为相同的用户群服务。在集群中插入新的“刀片”,就可以提高整体性能。而由于每块“刀片”都是热插拔的,所以,系统可以轻松地替换,并且将维护时间降到最少。由于可以方便地在机架式机箱内插装,这种类型服务器在地震仪器中得到了广泛应用。

在一些高档企业服务器中,由于内部结构复杂,内部设备较多,有的还具有许多不同的设备单元或几个服务器都放在一个机柜中,这种服务器就是机柜式服务器。对于证券、银行、邮电等重要企业,则应采用具有完备的故障自修复能力的系统,关键部件应采用冗余措施,对于关键业务使用的服务器也可以采用双机热备份高可用系统或者是高性能计算机,这样的系统可用性就可以得到很好的保证。

1.1.3 服务器的性能

这里讲的是有关服务器一般性的性能要求,而不是特定的技术指标。对于一台服务器来讲,服务器的性能设计目标是如何平衡各部分的性能,使整个系统的性能达到最优。如果一台服务器有每秒处理 1000 个服务请求的能力,但网卡只能接收 200 个请求,而硬盘只能负担 150 个,而各种总线的负载能力仅能承担 100 个请求的话,那么这台服务器的处理能力只能是 100 个请求/秒,有超过 80% 的处理器计算能力浪费了。所以设计一个好服务器的最终目的就是通过平衡各方面的性能,使得各部分配合得当,并能够充分发挥能力。一般可以从以下几个方面来衡量服务器是否达到了其设计目的:可靠性(Reliability, R);可用性(Availability, A);可扩展性(Scalability, S);易用性(Usability, U);可管理性(Manageability, M),即服务器的 RASUM 衡量标准。

由于服务器在网络中提供服务,因此服务的质量对承担多种应用的网络计算环境是非常重要的,承担这个服务的计算机硬件必须有能力和保障服务质量。这个服务首先要有一定的容量,能响应单位时间内合理数量的服务器请求,同时这个服务对单个服务请求的响应时间要尽量快,并且这个服务要在要求的时间范围内一直存在。为达到上面的要求,作为服务器硬件必须具备如下的特点:性能,使服务器能够在单位时间内处理相当数量的服务器请求并保证每个服务的响应时间;可靠性,使得服务器能够不停机;可扩展性,使服务器能够随着用户数量的增加不断提升性能。因此,不能将普通的 PC 作为服务器来使用,因为 PC 远远达不到上面的要求。这样在服务器的概念上又加上一点,就是服务器必须具有承担服务并保障服务质量的能力。这也是区别低价位服务器和 PC 的主要方面。

服务器内存性能和品质也是考核服务器产品的一个重要方面。服务器运行着企业的关键业务,一次内存错误导致的死机将使数据永久丢失。服务器内存与普通 PC 的内存存在外观和结构上没有什么实质性的区别,它主要是在内存中引入了一些新的技术。当今常用的服务器内存主要有 SDRAM 和 DDR 两类,还有一种 RAMBUS 内存,这是一种高性能、芯片对芯片接口技术的新一代存储产品。有些也采用 DDR2 内存,从技术层面来说与普通内存的主要区别就是采用了 ECC(Error Checking and Correcting)技术,广泛应用于各种领域的计算机指令中。ECC 和奇偶校验(Parity)类似。然而,在那些 Parity 只能检测到错误的地方,ECC 实际上可以纠正绝大多数错误。经过内存的纠错,计算机的操作指令才可以继续执行,这在无形中

也就保证了服务器系统的稳定可靠。但 ECC 技术只能纠正单比特的内存错误,当有多比特错误发生时,ECC 内存会生成一个不可屏蔽(Non-Maskable Interrupt)的中断(NMI),系统将会自动中止运行。

为了提高服务器的性能和产品的竞争力,各服务器厂商都在以更低的价格来实现更高的性能,广泛采用多 CPU 和多核处理器(如四核处理器、八核处理器)的并行处理方案,改善服务器各关键部件的可靠性,并致力于软件研究,以求充分发挥其最大性能。

1.1.4 服务器在地震仪器中的应用

目前,地震仪器广泛采用服务器作为主机,是地震仪器的核心。服务器负责管理地震数据采集的全过程,包括控制和管理野外地面设备、启动源同步数据采集、执行地震数据或测试数据采集、回收数据并进行校验,把采集的地震数据存储在内存在。负责数据处理,包括把存储在内存中的采集数据进行格式的编排和转换、叠加和相关、噪声控制等运算,处理生成 SEG-D 或 SEG-Y 文件并保存到存储设备中。此外,它还负责采集时的实时监控,包括实时的图形显示与绘制、质量监控体系中的数据处理等。地震数据采集系统对服务器的主要要求是:

① 采用多 CPU 和多核高速处理器,具有很强的浮点运算能力,能支持海量地震数据的各种实时运算,特别是实时相关叠加处理,并具有良好的图形性能;

② 有足够的内存,为服务器的各种管理、运算、显示提供内存保证;

③ 具有两个以上的网络接口和串口;

④ 高输入/输出带宽,支持多种外设接口或总线适配器;

⑤ 支持多种操作系统,例如 Windows、Linux 和 UNIX 等,升级容易。

随着计算机技术的发展,多核多 CPU 服务器的出现,以上要求都不难满足。以下是 Ser-cel 428 地震仪器所使用的服务器及其配置。

Sercel 428 可采用 Blade2500 系列服务器作为主机。该服务器使用 Ultra SPARC III 系列单/双处理器,采用超标量处理器技术和多重处理技术,具有高性能的内存交换模组、高带宽的输入/输出接口及良好的图形性能。Blade2500 可以根据需要进行升级或者添置附属设备。Blade2500 可以安装一个或两个主频高达 1.28GHz 的处理器,这种处理器具有 1MB 的二级缓存。根据数据量和应用程序的不同,可以在 8 个 DIMM 插槽内安装最多 8GB 的 3.3V 工作电压的 PC2100 SDRAM 内存。该系列的工作站主板上带有 6 个 PCI 2.2 插槽,其中 3 个 64 位的 PCI 插槽的工作频率为 66MHz。利用 PCI 插槽可以安装多个显示卡,利用常规的 XVR-100 显示卡可以构建 4 屏显示系统,目前系统能够支持的显卡有 Creator 3D、Elite 3D m3 和 Elite 3D m6、XVR-100、XVR-600 等。两个 SCSI 通道的内部硬盘接口连接两个 3.5 英寸万转硬盘,此外,还可以给 Blade2500 工作站提供 5.25 英寸光驱和 LVD 的 SCSI 接口磁带机。该系列工作站的集成度很高,在主板上集成了 10/100/1000Mbps 自适应网卡、4 个 1.1 规范的 USB 接口、1 个 IEEE1394 接口、25 针的并行接口和 2 个 RS-232C/RS-423 标准的串行接口。有关地震数据采集系统中服务器的选用更详细的内容见 7.2 节。

1.2 总线接口技术

总线技术是计算机的核心技术之一,随着计算机技术的发展出现了各种不同类型的总线以满足不同应用的要求。例如,PC 的内部总线,从早期的 ISA 总线、EISA 总线到 PCI 等。限

于篇幅,本书不讨论计算机的内部总线,仅介绍地震仪器中经常使用的两种外部扩展总线:VME 总线和 SCSI 总线。

1.2.1 VME 总线

1. VME 的特点

VME(Versa Module Eurocard)总线是一种通用的计算机总线,结合了 Motorola 公司 Versa 总线的电气标准和在欧洲建立的 Eurocard 标准的机械形状因子,是一种开放式架构。它定义了一个在紧密耦合(closely coupled)硬件构架中可进行互连数据处理、数据存储和连接外围控制器件的系统。VME 的数据传输机制是异步的,有多个总线周期,地址宽度是 16、24、32、40 或 64 位,数据线路的宽度是 8、16、24、32、64 位,系统可以动态地对它们进行选择。它的数据传输方式为异步方式,因此只受制于信号交换协议,而不依赖于系统时钟;其数据传输速率为 0~500Mbps。此外,还有 Unaligned Data 传输能力、误差纠正能力和自我诊断能力,用户可以定义 I/O 端口;可配有 21 个插卡插槽和多个背板。经过多年的改造升级,VME 系统已经发展得非常完善,围绕其开发的产品遍及了工业控制、军用系统、航空航天、交通运输和医疗等领域,在地震仪器的主机系统中也得到广泛应用。例如,I/O Image 仪器中央控制单元就是基于 VME 总线支持的多处理器系统,在 I/O Image 的中央控制单元上最多可以容纳 15 块插件。

2. VME 结构

VME 是两种标准的结合,因此 VME 系统可被看作是两个部分。一部分是它的机械构架,此部分决定着 VME 总线的系统背板、前置面板和嵌入板的尺寸大小;而另一部分则是功能构架,它定义了系统的运行流程。

(1) VME 的机械结构

VME 机械构架中的主要部分为背板,它是一个印制电路板。它的大小有 3 种型号:3U(160mm×100mm)、6U(160mm×233mm)和 9U(367mm×400mm)。根据 VME64x 标准,VME 系统中有 3 种连接器,它们分别是 P0/J0、P1/J1 和 P2/J2,“P”和“J”分别代表了 PLUG 和 JACK 连接器。P1/J1 和 P2/J2 连接器有 96 个引脚,排列成 3 排,每排 32 引脚;P0/J0 连接器则有 95 个引脚。3U 型背板只具有 P1/J1 或 P2/J2 连接器,而 6U 型背板则同时具有 J1 和 J2 连接器。

(2) VME 的功能结构

如图 1-2-1 所示,VME 的功能构架可以说是由信号线、背板接口逻辑和功能模块所组成的。背板接口逻辑的性能由背板上的一些特性所决定,如信号线阻抗、传播时间、终端数值等。它和信号线是系统各部分之间连接的纽带。功能模块则是执行具体任务的电路集合。其中,主要的模块称为主设备(master),其决定着数据传输的顺序;根据主设备数据传输情况而动作的模块称为从设备(slave),负责监控数据传输目标地址的模块被称为定位监控设备。此外,还有发出中断请求和处理中断请求的模块,判定和处理其他模块请求的仲裁模块,以及发出时钟信号的模块和监控系统电源工作情况的模块。

这些模块各有分工,在内部总线的支持下相互配合以保证系统正常工作。VME 系统的内部总线分为 4 大类:数据传输总线、数据传输仲裁总线、优先权中断总线和通用总线。

数据传输总线是一个高速异步平行数据传输总线,能传输数据和地址信号。主设备、从设备、中断模块和中断处理模块通过其两两进行交换数据。总线时钟(bus timer)和 JACK 菊花链驱动器也通过数据传输总线参与数据处理工作。

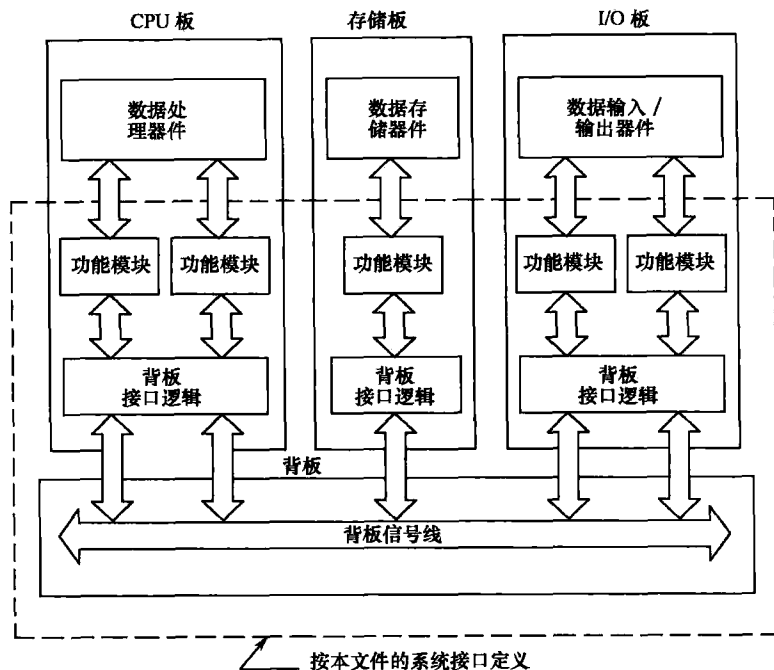


图 1-2-1 VME 功能构架

数据传输仲裁总线是为确保在特定的时间内只有一个模块占用数据传输总线而设定的。工作在其上的请求模块和仲裁模块将负载协调各模块发出的指令。仲裁模块处于背板的第一个插槽内,决定哪个主设备将优先使用总线资源。具体的判定方法包括优先权算法、round-robin 算法和其他排序算法。

优先权中断总线是处理各模块中断请求的总线。各种中断请求在 VME 中被分成了 7 个等级,根据等级的高低,它们依次对信号线进行中断工作。

最后一个总线是通用总线。所谓通用总线就是负责系统的一些基本工作,包括对时钟的控制、初始化、错误检测等。它由两条时钟线、一个系统复位线、一个系统失效线、一个 AC 失效线和一个串行数据线构成。

各模块是以平行结构分布的,所有的数据和指令通过系统底层的 4 类总线进行传输,信号的模式是 TTL 电平信号。

VME 技术的优势在于多年的技术积累,目前 VME 总线系列有 VME64、VME64 extension、VME320 等,其完备的规范和得力的技术支持能满足大部分客户的具体要求。此外,它的模块性也是一个非常大的优势,因为对于很多的嵌入式系统来说,加入额外的 I/O 是常有的事,而 VME 能很好地满足这一需求。VME 提供了 21 个扩充插槽,而且新加入的模块并不影响系统的整体性能。随着计算机技术的发展,对系统的带宽要求越来越高,如何进一步扩展 VME 的带宽是对 VME 的一个挑战。VME 总线在 Sercel 和 ION 的仪器中都有广泛应用。

1.2.2 SCSI 总线

SCSI(Small Computer System Interface,小型计算机系统接口)是一种 ANSI 标准,原意是小型计算机系统接口,但实际上,它已超出了“小型”的范围,是 Apple Mac 计算机、PC 及众

多 UNIX 系统用来连接外围设备的一种并行接口标准。与标准串行和并行接口相比,SCSI 接口是一种快速总线,能够提供更快的数据传输率,可以同时将大量外部设备连接到计算机,这些设备包括硬盘驱动器、扫描仪、CD-ROM/RW 驱动器、打印机和磁带机。本节将介绍 SCSI 基础知识,提供有关 SCSI 类型和规范的相关信息。

1. SCSI 基础知识

SCSI 是在一种老式专有总线接口(称为施加特联合系统接口,SASI)的基础上发展而来的。SASI 最初是由 Shugart Associates 和 NCR Corporation 在 1981 年合作开发的。1986 年,美国国家标准协会(ANSI)批准了 SASI 的修正版 SCSI。SCSI 使用一个控制器,向支持 SCSI 的设备(如硬盘驱动器和打印机)传输数据,同时接收来自这些设备的数据,并为其提供电源。SCSI 具有许多优点,它的速度相当快,最高可达 320Mbps;适应性广,可在大多数计算机系统中使用;可靠性高,问世 30 多年来,经过充分测试和广泛应用,享有性能可靠的美誉。与串行 ATA 和 FireWire 一样,可以在一条总线上连接多个设备。SCSI 存在的主要问题是它对 BIOS(基本输入/输出系统)的支持比较有限,必须针对每台计算机进行配置,此外也没有通用的 SCSI 软件接口。最后,不同的 SCSI 类型具有不同的速度、总线宽度和连接器。

2. SCSI 类型

SCSI 有 3 个基本规范。

SCSI-1:SCSI-1 是在 1986 年开发的原始规范,现已不再使用。它规定总线宽度为 8 位,时钟速度为 5MHz。

SCSI-2:1994 年采用,此规范包括通用指令集(CCS)——支持任何 SCSI 设备所必需的 18 个命令。在此规范中,可以选择将时钟速度提高一倍,达到 10MHz (Fast),将总线宽度增加为原来的 2 倍,即 16 位,将设备数增加为 15 个(Wide),或者同时实现上述两种升级(Fast/Wide)。SCSI-2 还增加了命令队列,允许设备存储命令,并从主机排列命令优先级。

SCSI-3:此规范于 1995 年正式出台,包括一系列较小范围的标准。涉及 SCSI 并行接口(SPI)的一组标准在 SCSI-3 中得到了继续发展,SPI 是 SCSI 设备之间的通信方式。大多数 SCSI-3 规范都以 Ultra 开头,如 Ultra for SPI 规范、Ultra2 for SPI-2 规范和 Ultra3 for SPI-3 规范。名称中的 Fast 和 Wide 的含义与 SCSI-2 中的一样。SCSI-3 是当前正在使用的标准。

双倍总线速度、双倍时钟速度和 SCSI-3 规范的不同组合,产生了许多不同的 SCSI 规范。表 1-2-1 对几种不同规范进行了比较。很多较慢的规范已不再使用,在此列出仅用于比较。

表 1-2-1 几种不同的 SCSI 规范比较表

名称	规范	设备数量	总线宽度	总线速度	传输速率
异步 SCSI	SCSI-1	8	8 位	5MHz	4Mbps
同步 SCSI	SCSI-1	8	8 位	5MHz	5Mbps
Wide	SCSI-2	16	16 位	5MHz	10Mbps
Fast	SCSI-2	8	8 位	10MHz	10Mbps
Fast/Wide	SCSI-2	16	16 位	10MHz	20Mbps
Ultra	SCSI-3SPI	8	8 位	20MHz	20Mbps
Ultra/Wide	SCSI-3SPI	8	16 位	20MHz	40Mbps
Ultra2	SCSI-3SPI-2	8	8 位	40MHz	40Mbps
Ultra2/Wide	SCSI-3SPI-2	16	16 位	40MHz	80Mbps
Ultra3	SCSI-3SPI-3	16	16 位	40MHz	160Mbps
Ultra320	SCSI-3SPI-4	16	16 位	80MHz	320Mbps

除了总线速度提高之外,Ultra320 SCSI 还使用打包数据传输,从而提高其效率。Ultra2 也是最后一种具有“窄”(8 位)总线宽度的规范。所有这些 SCSI 类型都是并行的,数据通过总线同时传输,而不是一次传输一种数据。

最新的 SCSI 类型称为串行连接 SCSI(standard Serial Attached SCSI,SAS),这种连接使用 SCSI 命令,但以串行方式传输数据。与并行方式相比,串行方式提供更快速的通信传输速率及更简易的配置。SAS 使用点对点(point-to-point)串行连接,以 3.0 千兆位每秒的速度传输数据,每个 SAS 端口可以支持多达 128 个设备或扩展设备。此外,Serial Attached SCSI 支持与串行 ATA 设备相兼容,且两者可以使用相类似的电缆。SAS 是点对点连接,并允许多个端口集中于单个控制器,可以建立在主板(mother board)上。所有 SCSI 规范都使用控制器和电缆与设备相连。

3. SCSI 的控制器、设备和电缆

SCSI 控制器在 SCSI 总线上的所有其他设备和计算机之间进行协调。SCSI 控制器也称为主机适配器,控制器既可以是插入可用插槽的卡,也可以内置在主板上。SCSI BIOS 也在控制器上。它是一个小型 ROM 或闪存芯片,包含访问和控制总线上的设备所需的软件。每个 SCSI 设备都必须具有唯一的标识符(ID)才能正常工作。例如,如果总线能够支持 16 个设备,通过硬件或软件设置指定的设备 ID 的范围为 0~15。SCSI 控制器本身必须使用其中一个 ID,通常是最高的那一个,而将其他 ID 留给总线上的其他 15 个设备使用。

内部设备通过 SCSI 带状电缆连接到 SCSI 控制器。外部 SCSI 设备使用一条粗的圆形电缆,以菊花链(daisy-chaining)形式连接到控制器(串行连接 SCSI 设备使用 SATA 电缆)。在菊花链中,每个设备都依次连接到下一个设备。因此,外部 SCSI 设备通常具有两个 SCSI 连接器,分别连接前后两个设备。

此外,如果 SCSI 总线保持开放状态,沿总线发送的电信号会反射回来,从而干扰设备和 SCSI 控制器之间的通信。解决方法是终结总线,用电阻电路闭合每一端。如果总线同时支持内部和外部设备,则必须终结每个系列的最后一个设备。

1.3 存储设备

存储设备是计算机用来存储数据和信息的设备,包括 RAM、ROM、U 盘、硬盘以及具有海量存储能力的磁带机和阵列磁盘,种类繁多。按照存储介质和存储技术划分,主要有磁盘、磁带和光盘这 3 大类。只读存储的光盘单位容量成本最低,但由于可使用性不强,所以其应用范围远没有磁带和磁盘广泛,总体来说磁带的单位成本适中,磁盘的成本最高但其存取性能最好。由于光盘在地震仪器中很少使用,这里仅对地震仪器中广泛使用的磁带机进行较详细的说明,同时对近年来在地震仪中使用日益广泛的阵列磁盘和网络硬盘予以介绍。

1.3.1 磁记录原理

1. 磁表面存储原理

磁带和硬磁盘都属于磁表面存储介质。磁记录技术发明于 19 世纪末,早期是用矫顽力很强的碳钢丝或钢带作为记录介质进行录音的。这是模拟磁记录,被记录的信号是连续的模拟信号,这种记录要求波形失真小,信噪比大。1947 年磁记录开始用来记录数字信息,并随着计算机技术的发展而得到迅速发展。数字磁记录所记录的是脉冲信号,记录介质上留下来的是