

**ELECTRONIC  
ENGINEER**

XIDIAN UNIVERSITY PRESS

**The Principle and Application Technology  
of IEEE-1394 (Fire Wire) System**

**IEEE-1394 (Fire Wire)  
系统原理与应用技术**

李世平 戴凡 汪旭东 编

*Specially Designed  
for Engineers and Technicians of Electronics*



西安电子科技大学出版社

<http://www.xduph.com>

# IEEE-1394(Fire Wire) 系统原理与应用技术

The Principle and Application Technology  
of IEEE-1394 (Fire Wire) System

李世平 戴 凡 汪旭东 编

西安电子科技大学出版社

2004

## 内 容 简 介

本书全面介绍了 IEEE-1394 总线的系统体系结构、工作原理及应用技术。全书共分九章，内容主要包括：IEEE-1394 总线概述、总线通信、协议规范、总线配置及管理、总线开放式接口、总线实现技术和应用。

本书内容丰富、新颖，论述突出理论性和实用性。本书适合用于高等院校计算机应用技术、测控技术、仪器科学与技术专业的师生，也可为工程技术人员、科研人员进行相关内容学习及研究时提供参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

IEEE-1394(Fire Wire)系统原理与应用技术 / 李世平等编.

—西安: 西安电子科技大学出版社, 2004.11

ISBN 7-5606-1452-3

. I... . 李... 戴... 汪... . 总线—技术 . TP336

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 098979 号

责任编辑 杨宗周

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com>

E-mail: [xdupfxb@pub.xaonline.com](mailto:xdupfxb@pub.xaonline.com)

经 销 新华书店

印 刷 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2004 年 11 月第 1 版 2004 年 11 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米 × 1092 毫米 1/16 印 张 14.375

字 数 336 千字

印 数 1 ~ 4000 册

定 价 22.00 元

ISBN 7-5606-1452-3/TN · 0285

**XDUP 1723001-1**

\*\*\*如有印装问题可调换\*\*\*

本社图书封面为激光防伪覆膜，谨防盗版。

# 前 言

计算机技术的飞速发展，迫切需要寻求高速度、高性能、易于使用的数据输入/输出标准，这种标准不仅仅用于计算机，同时也可用于其他电子领域。面对如此巨大的潜在市场，计算机行业和电子行业开始携手建立新的标准，Fire Wire(IEEE-1394)总线标准就是在这种前提下诞生的。IEEE-1394 总线不仅用于个人计算机，同时也被用于专业计算机、消费类电子产品以及测试仪器。它将占据大部分的数据输入/输出领域，并将成为下一代计算机的总线标准。

本书是为已初步掌握了计算机网络和总线知识，并希望或正在从事计算机高速数据传输总线应用和系统开发研究的工程技术人员，高等院校有关专业的师生编写的。编写本书的目的是系统介绍 IEEE-1394 总线通信、总线拓扑、协议原理、组建方法和系统的实现及应用技术，并介绍有关这方面的发展情况和最新研究成果。

全书共分九章，第一章 IEEE-1394 概论，第二章 IEEE-1394 接口标准规范，第三章 IEEE-1394 串行总线通信，第四章 IEEE-1394 总线的协议规范，第五章 IEEE-1394 总线的配置，第六章 IEEE-1394 总线及电源管理，第七章 IEEE-1394 开放式控制器接口简介，第八章 IEEE-1394 总线实现技术，第九章 IEEE-1394 总线应用。

本书在编写中，以 IEEE-1394 总线标准规范为基础，综合了近年来在该总线技术上的研究成果。书中涉及的内容，不仅重点阐述了 IEEE-1394 总线系统组成及工作原理的基本知识，而且，尽量反映了该总线在各领域内的最新应用技术及使用产品概况。

本书可作为高等院校计算机应用技术、测控技术、仪器科学与技术等专业师生的参考用书，也可供工程技术人员、科研人员进行相关内容学习及研究时参考。

西安电子科技大学出版社的杨宗周老师对本书的出版给予了热情的支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，引用了书中参考文献的部分内容和互联网中的相关内容，在此向这些作者表示感谢。

由于作者水平有限，对 IEEE-1394 总线的协议在认识和理解上可能存在着一一定的偏差，加之时间仓促，书中难免存在错误与不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者  
2004 年 8 月

# 目 录

第一章 IEEE-1394 概论 .....	1
1.1 引言 .....	1
1.1.1 同并行总线的比较 .....	1
1.1.2 同 USB 总线的比较 .....	2
1.1.3 主要标准规范 .....	3
1.2 IEEE-1394 体系结构简述 .....	3
1.2.1 IEEE-1394 拓扑结构 .....	3
1.2.2 ISO/IEC13213 规范(CSR 体系结构) .....	5
1.3 IEEE-1394 的主要特点及其发展前景 .....	9
1.3.1 技术特点 .....	9
1.3.2 IEEE-1394 的发展趋势 .....	10
第二章 IEEE-1394 接口标准规范 .....	12
2.1 IEEE-1394 线缆及连接器 .....	12
2.1.1 连接器 .....	12
2.1.2 IEEE-1394 的线缆 .....	14
2.2 IEEE-1394 总线的电气接口 .....	16
2.2.1 IEEE-1394 总线信号环境下的信号功用 .....	16
2.2.2 IEEE-1394 信号环境下的功能作用 .....	17
第三章 IEEE-1394 串行总线通信 .....	40
3.1 传输类型 .....	41
3.2 IEEE-1394 协议层 .....	42
3.3 总线传输过程实例 .....	51
第四章 IEEE-1394 总线的协议规范 .....	54
4.1 IEEE-1394 数据传输及其控制 .....	54
4.1.1 异步事务及服务 .....	54
4.1.2 等时事务及服务 .....	60
4.2 总线仲裁 .....	62
4.3 IEEE-1394 串行总线的的数据标准 .....	69
4.3.1 异步数据包 .....	69
4.3.2 等时数据包 .....	84
4.3.3 物理层数据包 .....	86

4.3.4	链路层与物理层间的接口.....	91
4.3.5	数据重传.....	101
<b>第五章</b>	<b>IEEE-1394 总线的配置.....</b>	<b>105</b>
5.1	总线配置概述.....	105
5.2	总线复位(初始化).....	108
5.3	树标识.....	112
5.4	自标识.....	116
<b>第六章</b>	<b>IEEE-1394 总线及电源管理.....</b>	<b>129</b>
6.1	IEEE-1394 总线管理.....	129
6.1.1	循环控制器.....	129
6.1.2	等时资源管理器.....	130
6.1.3	总线管理.....	132
6.1.4	总线管理服务.....	135
6.2	电源管理.....	137
6.2.1	电源管理介绍.....	138
6.2.2	线缆电源分配.....	138
6.2.3	挂起/恢复.....	144
6.2.4	电源状态管理.....	149
<b>第七章</b>	<b>IEEE-1394 开放式控制器接口简介.....</b>	<b>153</b>
7.1	硬件描述.....	153
7.1.1	主机总线接口.....	153
7.1.2	DMA.....	153
7.1.3	GUID 接口(Global Unique ID Interface).....	162
7.1.4	FIFOs.....	163
7.1.5	链接.....	163
7.2	软件接口概述.....	164
7.2.1	寄存器.....	165
7.2.2	DMA 操作.....	165
7.2.3	中断.....	165
7.3	IEEE-1394 OHCI 节点偏移量(地址)寻址.....	165
7.4	系统需求.....	167
7.5	数据队列.....	167
<b>第八章</b>	<b>IEEE-1394 总线实现技术.....</b>	<b>168</b>
8.1	IEEE-1394 的基本组成及功用.....	168
8.1.1	IEEE-1394 的连接方式.....	168
8.1.2	IEEE-1394 的传送方式.....	169
8.1.3	IEEE-1394 的构架.....	169

8.2 IEEE-1394 总线的相关硬件产品.....	172
8.2.1 物理层控制器产品.....	172
8.2.2 链路层控制器产品.....	175
8.2.3 整合型产品.....	181
8.3 PCI 与 IEEE-1394 的连接.....	182
8.4 PC 操作系统的支持.....	183
8.5 IEEE-1394 产品的使用技术.....	184
8.5.1 TSB12LV22/OHCI-Lynx.....	185
8.5.2 TSB41LV03.....	186
8.5.3 TSB12LV31-GPLynx/ TSB21LV03A.....	188
8.5.4 TSB43AB21.....	190
<b>第九章 IEEE-1394 总线应用.....</b>	<b>193</b>
9.1 IEEE-1394 在工控领域中的应用.....	193
9.1.1 数据采集系统.....	193
9.1.2 在自动测试系统中的应用.....	196
9.1.3 IEEE-1394 在现场总线中的应用.....	202
9.2 IEEE-1394 在大容量数据传输中的应用.....	204
9.2.1 IEEE-1394 协议在外设端接口中的应用.....	205
9.2.2 图像传输中的应用.....	207
9.2.3 数字机顶盒中的 IEEE-1394 设计.....	209
9.3 IEEE-1394 在局域网中的应用.....	214
9.3.1 利用个人电脑组建局域网.....	214
9.3.2 IEEE-1394 技术在 VOD(视频点播)中的应用.....	217
9.4 应用中需要注意的问题.....	220
<b>参考文献.....</b>	<b>221</b>

# 第一章 IEEE-1394 概论

## 1.1 引言

IEEE-1394 最先是由 Apple 公司提出的，其目的是为了简化计算机的外部连线，并且为实时数据传输提供一个高速接口。Apple 公司将其命名为 FireWire(火线)技术，Sony 公司称之为 i.Link，Texas Instruments 公司则称之为 Lynx。尽管各自厂商注册的商标名称不同，但实质指的都是一种高性能计算机及其外设串行接口标准，即 IEEE-1394。IEEE-1394 针对多种外设提供统一的接口，同 USB 一样成为新一代的计算机外设接口标准，已应用于计算机系统及设备中。IEEE-1394 决不仅仅是一项只能在某些领域使用的新技术，它有着广泛的市场空间，甚至有可能取代目前的 PCI 总线。现在，我们已经习惯把 ISA 总线视为一种淘汰技术，也许不久的将来，PCI 就有可能重蹈 ISA 之路，让位于未来的总线标准 IEEE-1394。

虽然 IEEE-1394 技术从问世到现在已经有十几年的时间，但仍然没有在 PC 市场上占据显著位置，这主要是因为对于是否改变接口技术目前存在着很大的阻力。众所周知，IDE 是计算机硬盘所普遍支持的接口技术，使用起来非常方便，而且在过去的几年中不断得到改进，正逐步向 ATA/66 和 ATA/100 过渡。不过，目前硬盘已经成为整个计算机系统性能的瓶颈，随着 CPU 和内存速度的不断提升，硬盘的速度已经越来越让人无法接受。人们纷纷期望 IEEE-1394 成为新一代的硬盘接口标准。

由于对高速率通信设备需求的增长，IEEE-1394 设备的应用将会越来越广，各种操作系统也开始提供 IEEE-1394 设备的 API 函数和驱动支持。微软公司早在 Windows 98SE 中就正式支持 IEEE-1394 接口，并逐步提供了一系列 Windows 环境和 NT 环境下的驱动程序开发工具和 API 函数，方便了 IEEE-1394 的开发，加速了 IEEE-1394 设备的普及使用。

### 1.1.1 同并行总线的比较

人们可能会认为像 IDE 或 PCI 这样的并行总线似乎更加可取，因为更多的导线将提供更大的带宽。从表面看，采用并行方式，似乎还能达到更高的传输速度。例如，包含了 8 根线芯的一条并行电缆，相比一条串行电缆，是不是速度能达到后者的 8 倍呢？理论上是这样的，但实际使用时还要考虑到其他许多因素。串行总线建立的是一个简单的“点到点”连接，随着技术的进步，传输能力可以非常方便地加以扩展。串行电缆及其接头易于制造，成本低廉。在并行电缆的多股线芯之间，电子干扰比较严重。速度较高的时候，线芯之间的同步也是一个问题。总线的问题则更加复杂。

并行端口相对于串行总线来说需要更多的软件控制，而且系统开销也很大，因此，并行接口不一定能够提供更快的传输速率。此外，价格也是一方面的因素，更多的控制软件

和连接导线都会增加技术的实现成本，而且并行导线容易产生信号干扰，解决这一问题同样也需要增加费用。相对于并行总线，串行总线的另外一个优势就是节省空间，如在寸土似金的便携机内部，每一点空间都非常宝贵，串行总线体积小，使用方便，也更加适用。

ATA/33 可以提供 264 Mb/s 的传输速率，ATA/66 可以提供 528 Mb/s 的传输速率，相对于目前可提供速度为 400 Mb/s 的 IEEE-1394 来说，PCI 似乎并不处于劣势。对此，目前业界主要有两种观点。支持 PCI 的一方认为作为一种成熟的技术，PCI 使用非常方便，而且即将出台的 PCI/64 新标准可以提供高达 2128 Mb/s 的传输速率，IEEE-1394 即使能够达到 1.6 Gb/s 的速度也不免相形见绌。另外一方则对 IEEE-1394 持乐观态度，认为 IEEE-1394 与 PCI 不同，既可以作为内部总线，也可以作为外部总线，而且 IEEE-1394 支持热插拔，允许设备之间直接进行通信，占用的系统资源更少。

IEEE-1394 串行总线一次最多允许 63 个 IEEE-1394 设备接入一个总线段。每个设备相距可远至 4.5 m，如加装转发器，还可相距更远。目前，人们正在进行将这个距离延伸至 25 m 的尝试。通过网桥，总共允许 1000 个以上的总线段互联，所以留下了相当大的扩展潜力。任何时候，都可在总线上增加或拆卸 IEEE-1394 设备，即使总线正处于全速运行的状态。总线配置发生改变后，节点地址也会自动重新分配。正是由于具有这种“即插即用”特性，因此在重新配置总线的时候，不需要进行地址切换，也不需要用户进行任何形式的介入。

PCI 总线标准仍然会在今后较长的一段时间内继续使用，但是随着 PC 计算机朝着更加大众化方向的发展以及各种新式外设的出现，IEEE-1394 将会为人们带来更多的方便。

### 1.1.2 同 USB 总线的比较

IEEE-1394 和 USB 使用的都是串联接口，而且都支持热插拔，所以人们很容易将两者进行对比。其实，这两种技术之间还是存在着非常显著的区别，我们不能将其视为简单的竞争关系，它们都有各自的适用领域。USB 支持的最大数据吞吐量为 12 Mb/s，而绝大多数应用的实际速度只能达到 1.5 Mb/s。USB 是面向中低速外设的串行总线，它需要主机 CPU 对数据传输进行控制，并且只支持异步传输模式。虽然理论上 USB 可以实现 127 个设备的串联连接，但在实际应用中并不能做到。USB 标准规定可以以菊花链的形式将外部设备连接在一起，这就要求所有产品都应该有两个 USB 接口，但现在销售的许多 USB 外设都不能做到这一点。另外，尽管 USB 本身可以提供 500 mA 的电流，但一旦碰到高电耗的设备，就会导致供电不足，不能正常使用。

与 USB 不同，一般来说，IEEE-1394 是一种高速串行总线，是面向高速外设的，可提供比 USB1.1 高 30 倍的带宽，这样就解决了多媒体数据传输中的速率问题。IEEE-1394 采用高性能的数字数据传输接口，允许每台设备的传输速度可以达到 400 Mb/s(目前已提升到 800 Mb/s、1.6 Gb/s，甚至 3.2 Gb/s)，不需要任何主机进行控制，可以同时支持同步和异步传输模式。IEEE-1394 最大内部电源为 1.25 A/12 V，可以支持高电耗的设备。IEEE-1394 与 USB 的最大差异是：支持 IEEE-1394 的设备可相互连接传输，而无需经过电脑。另外，除了做数据传输外，火线还可当作电源线，为移动装置提供充电功能。

因此，我们可以看出 USB 的应用范围是那些对数据带宽要求相对较低的产品，例如鼠标和打印机等；而 IEEE-1394 则更适合于那些数据传输量更大的设备，如视频设备或计算机硬盘等。

IEEE-1394 接口除了可以连接 DV(Digital Video)、扫描仪、活动硬盘外,还有一个鲜为人知的功能,那就是电脑连网。我们只需要一根普通的 6 对 6 口的 1394 数据线,即可将插在不同机器的两块 1394 卡连接起来组成一个简单的局域网。依靠它玩连机游戏或共享 Internet 绝非难事,并且拥有 400 Mb/s 的高传输速率,对 3D STUDIO MAX 的网络集群动画渲染生成极有优势,在高速网络游戏对战的时候也具有无可比拟的优势,这也是 USB 总线无法具备的。

### 1.1.3 主要标准规范

#### 1. IEEE-1394-1995

IEEE 于 1995 年发布了 IEEE-1394 规范,因而命名为 IEEE-1394-1995。本规范通常被称为“微型计算机总线的信息技术—微处理器系统—控制及状态寄存器(CSR)体系结构”,它定义了一组能被多种总线实现的核心特征集。IEEE-1394 定义了对 CSR 体系结构的关于串行总线的扩展。IEEE-1394-1995 支持底板环境和线缆环境。

#### 2. IEEE-1394a

对 1995 的不同理解导致了互操作问题,为阐明这一规范,IEEE 发展了称为 1394a 的附加规范,此规范新增了更多特点并做出了用于提高性能和可用性的改进。

#### 3. IEEE-1394b

业界已开发成功称为“b”版本的更高速度的 1394 串行总线,此规范将定义用于以每秒传输 Gb 的速度来运行串行总线的扩展串行总线,同时向后兼容 1394-1995 和 1394a。为提高串行总线的速度,曾提出了另一种方案,称为 1394.2 版,这种方案不能兼容早期的 1394 版本,因而遭到各方的反对。

## 1.2 IEEE-1394 体系结构简述

### 1.2.1 IEEE-1394 拓扑结构

IEEE-1394 串行总线的拓扑结构可分为两种环境,底板环境和线缆环境。不同环境间总线的连接需要总线桥。线缆环境下的物理拓扑结构是无环网络结构,由电缆连接各节点的端口且呈分支扩展,形成树状或菊花状的网络拓扑。每个端口由收发器和一些简单的逻辑单元组成,线缆和端口的作用就是总线中继器(转发器),在 1394 网络节点间形成一条逻辑总线。

底板环境中物理拓扑是一种多点接入(multidrop)的总线,在总线上分布着多个连接器,允许各节点直接接入,通过总线仲裁使各节点享用总线。1394 串行总线可以和一组标准并行总线并存于设备的底板上。总线通过 IEEE-1394 总线标准中为串行通信保留的两根信号线,可以从底板环境扩展到线缆环境。本书中我们主要介绍线缆环境下的网络拓扑结构。

使用 IEEE-1394 总线组成的各种拓扑网络,最多可以连接 63 个设备,各节点之间距离通常允许为 4.5 m,若加入光电信号变换器,采用塑料光缆连接距离可达到 50~100 m。IEEE-1394 网络拓扑结构可以是除环形以外的树形、星形、菊花链或其混合方式,所构成的网络是对等网络,即网络节点不分主从。图 1-1 示例了一个将 IEEE-1394 串行总线接入计算

机 PCI 总线的典型的 PCI 到 1394 的桥(开放主控制器接口, 即 OHCI), 为计算机到 1394 串行总线提供了接口。串行总线允许连接高速外部设备。如果不应用串行总线, 则要求一种更昂贵的总线方案, 如 PCI 或 SCSI。如图 1-1 所示, 串行总线可连接并支持多种外部设备。

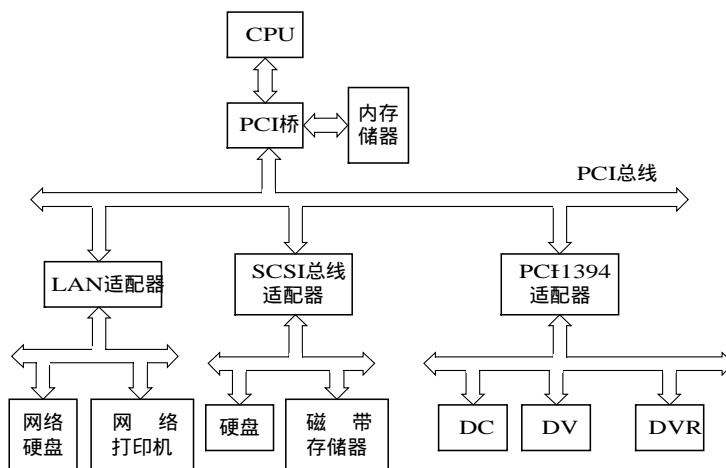


图 1-1 由接入 PCI 总线的 IEEE-1394 总线构成的 PC 系统

### 1. 多端口节点和中继器

IEEE-1394 网络节点可能有一个或更多的端口。只有一个端口的节点是串行总线某分支的结束点, 而有两个或更多端口的节点允许总线延续下去, 如图 1-2 所示。多端口节点允许扩展总线拓扑结构。注意总线电缆连接是点到点的, 也就是说, 当一个多端口节点接收数据包时, 数据包会被检测、接收, 并且按中继器本地时钟重新等时化, 然后经过其他节点端口再次传输。

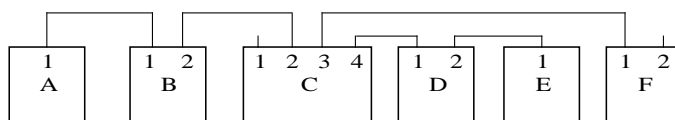


图 1-2 IEEE-1394 通过附加端口扩展总线

### 2. 配置

当新设备加入或者移出 IEEE-1394 网络时, 配置会动态地自动执行。配置过程中不需要计算机系统的干涉。

### 3. 点到点的传输

与其他支持外部设备的串行总线(例如, 通用 RS-232C 串行总线)不同, Fire Wire 支持点到点通信传输, 这样, 1394 网络节点在传输数据时并不需要主系统的干涉。这将启用设备间的高速输入/输出, 同时也不会影响到计算机系统的性能, 例如, 当两者都位于同一根串行总线或位于通过桥相连的总线上时, 摄像机(节点)可与盒式录像机(节点)建立一次传输。

### 4. DeviceBay(设备插架)

DeviceBay 为将串行总线设备接入计算机桌面系统提供一种标准机制, DeviceBay 是

为 PC 专门设计的并允许将串行总线设备(包括 1394 和通用串行总线 USB 设备)加入对接设备。此对接设备被综合进计算机系统,而不要求总线线缆环境,这是为那些不需要将系统断电并载入驱动程序而加入桌面系统的设备,如硬盘驱动器、DVD 驱动器或调制解调器而设计的。

## 1.2.2 ISO/IEC13213 规范(CSR 体系结构)

ISO/IEC13213(ANSI/IEEE1212)规范名称是“微型计算机总线信息技术 - 微处理机系统 - 控制和状态寄存器(CSR)体系结构”,该规范定义了能被多种总线(包括 IEEE-1394 总线)实现的一种通用核心特征集。ISO/IEC13213 规范的主要目标在于:

- (1) 减少用来支持特定总线标准的自定义软件数量。
- (2) 简化并提高以不同底板为基础的总线节点间的互操作性。
- (3) 支持不同总线类型之间的桥连接。
- (4) 提高多总线实现时的软件透明性。

IEEE-1394(FireWire)、IEEE-89b(Futurebus)和 IEEE-1596(规模内置接口)的工作组协助定义并采用了 ISO/IEC13213 规范。本规范定义了以下特征:

- (1) 节点体系结构。
- (2) 地址空间。
- (3) 通用操作类型。
- (4) 控制和状态寄存器(CSRs)。
- (5) 配置 ROM 格式和内容。
- (6) 向所有节点和节点内元件广播消息的机制。
- (7) 向所有节点广播中断。

ISO/IEC13213 规范同时也支持总线扩展和 IEEE-1394 串行总线规范定义的特征。

为简化术语,在本书中 ISO/IEC13213 规范被称为 CSR 体系结构。下面我们介绍 IEEE-1394 规范的特定 ISO/IEC13213 特征。

### 1. 节点体系结构

IEEE-1394 串行总线的体系结构是按照节点来定义的,一个节点就是一个寻址实体。连入总线设备的物理和逻辑链路由以下特定术语表示:

- (1) 模块:代表连接入总线的物理设备,它包含有一个或多个节点。
- (2) 节点:代表模块内的一个逻辑实体。节点对于初始化软件可见,并且包含有映射至初始节点地址空间的 CSRs 和 ROM 条目。在系统初始化后,将不再需要大多数节点的 CSRs 和 ROM 条目。某些节点寄存器由节点内元件共享。
- (3) 元件:代表组成节点的一种子功能组件,按照功能需要,一个节点可由一个或数个元件构成。可以标识处理内存或 I/O 功能特征。节点的元件通常是独立操作并由其自己的软件驱动程序所控制。由某元件定义的寄存器会映射至节点地址空间内,并且被特定元件的软件驱动程序访问。

图 1-3 示例了模块节点和元件结构,显示了三者之间的关系,图中节点结构中,反映了在节点内可实现的元件。节点内的元件数目是设计时确定的,例如,一个模块可能是由音

频、视频和独立控制的节点构成的录像机。每一个节点可以定义一种元件结构，此结构指定传输数据所需的高级协议。

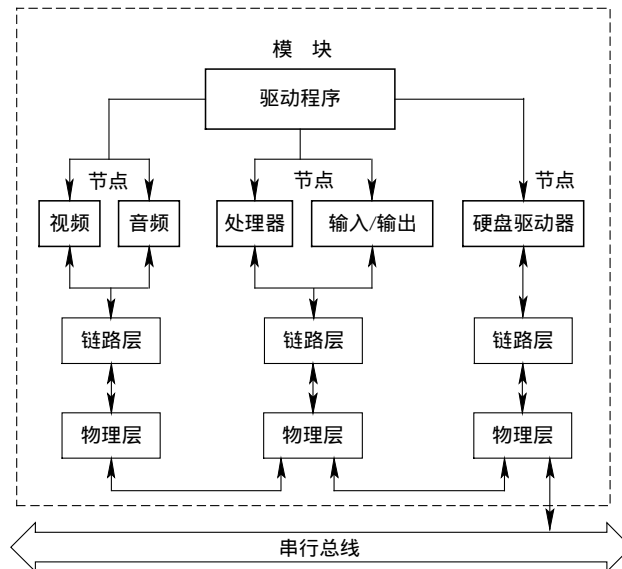


图 1-3 模块、节点和元件结构

## 2. 地址空间

CSR 体系结构定义了 32 位和 64 位的解址模式，IEEE-1394 规范仅支持 64 位固定解址模式。在这种模式下，64 KB 节点将被分配并得到相等的地址空间，串行总线规范进一步给 1024 条总线分配 64 KB 节点。图 1-4 示例了 CSR 定义的并由 IEEE-1394 规范扩展的 64 位地址空间 (16Eb)。注意高地址空间的前 10 位(0~9)定义目标总线(1024 中的一条)，位 10~15 标识所选总线上的目标节点，而 48 个最后有效的位(16~63)为每个节点定义了内存地址空间。节点内存空间分为三种：

(1) 初始内存空间。

(2) 私有空间。

(3) 初始寄存器空间：CSR 体系结构寄存器空间；串行总线空间；ROM(最先 1 KB)；初始元件空间。

初始寄存器空间提供用于串行总线配置和管理的标准位置，而私有空间为节点的本地使用而留用。图 1-5 示例了 1394 实

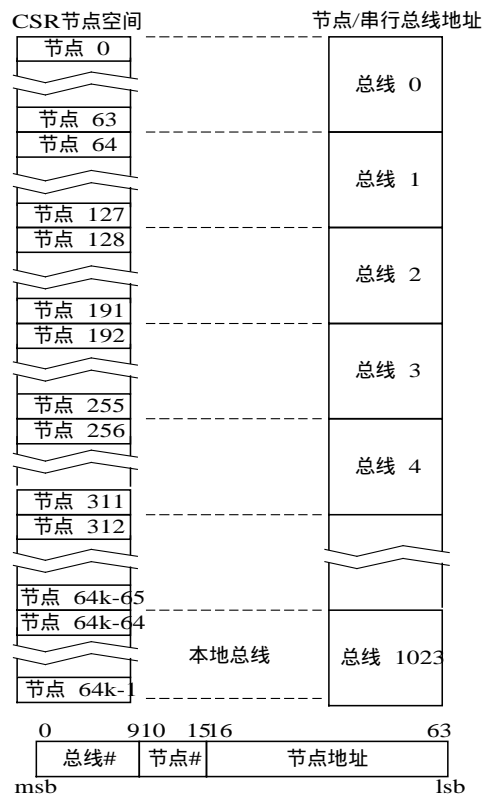


图 1-4 IEEE-1394 扩展的 CSR 地址空间

现的总 64 位地址空间定义。

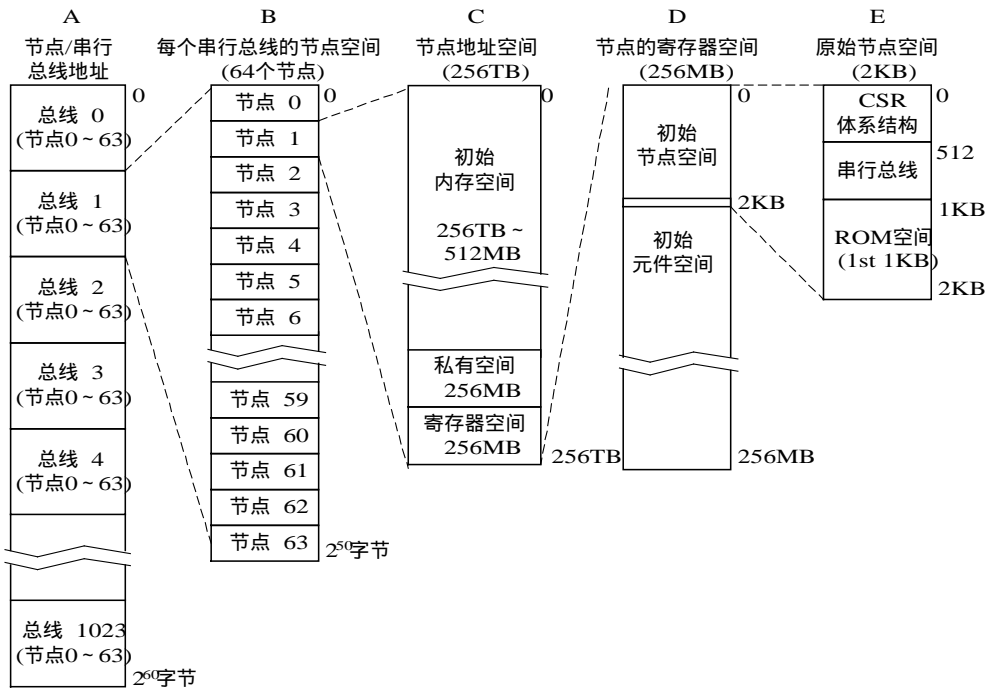


图 1-5 串行总线地址空间

### 3. 传送和操作

任一节点按其应用性质来确定它在网络中进行数据传输的类型。一些应用可能有保证数据传送正确性(异步)的要求，而对另一些应用而言，传输速率是至关重要的(等时)。IEEE-1394 串行总线支持异步和等时数据传输协议。

串行总线必须在总线上的多处节点间共享总线带宽。为实现总线带宽共享，通常串行总线执行某一传输时会进行一系列的操作。等时传输要求传输有恒定的速率，而异步传输则是不定期执行。

#### 1) 异步传输

某些串行总线的应用要求数据可靠地传输，数据传输必须准确无误，否则数据传输的完整性会遭到损坏，更可能造成整个系统的崩溃。串行总线可以验证数据是否通过总线准确传送，同时也能向使用者确认应用程序是否准确接收到传输，如果数据没有准确接收到，则会向传送的初始者报告错误，然后重试此传输。

CSR 体系结构定义了用于串行总线异步传送的三种基本操作类型：

- (1) 读取。
- (2) 写入。
- (3) 锁定。

由于需要确认数据传送，因此异步操作要求一种更复杂的总线协议。异步总线传输时，发送请求节点经初始化后，向接收节点发送信息，而响应节点必须接收该信息。这样，每个传输由两个操作组成：

- (1) 请求操作：从请求节点向响应节点传输地址、命令和数据(写入和锁定操作)。
- (2) 响应操作：向请求节点返回完成状态(写入操作)，或者在读入和锁定操作中返回数据。

在图 1-6 中示例了串行总线的传输模型，IEEE-1394 规范加入了附加协议层，它要求读取操作分解为两个独立操作。写入操作，由协议层速度决定，可以作为统一或分解操作执行。锁定操作是一种允许不需要发送一个总线锁定信号的读取 - 修改 - 写入操作的机制。然而，请求节点利用锁定操作来通知响应节点执行一个操作，响应节点则负责执行测试和设置操作。

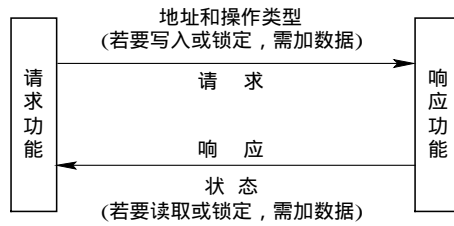


图 1-6 由请求和响应操作组成的传输模型

规范也定义了由响应节点向请求节点返回的错误代码，目前定义了 4 种标准代码：

- (1) 类型错误。
- (2) 地址错误。
- (3) 冲突错误。
- (4) 响应错误。

规范并没有定义错误检测机制和关于实现这些状态代码的详细内容。关于 IEEE-1394 实现错误处理的详细内容将在后续章节中讨论。

## 2) 等时传输

等时传输是指通过总线时以不变的速率传输，并不要求确认的数据传输，例如，通过串行总线，音乐 CD 传送给扬声器的音频数据必须以恒定速率传送，音频数据再由扬声器重放声音，这种数据的传输是不需要对音频数据进行确认的。

由于等时传输无需确认的特点，所以相连的总线传输十分简单，等时传输每隔 125 μs 向目标设备发送数据，并且不从接收节点接收任何类型的回执，因而定义了一种等时操作类型。

图 1-7 示例了用于等时传输的通信模型，该模型不会返回响应。我们可以认为，请求功能是等时交谈者，而响应功能称为等时听众。

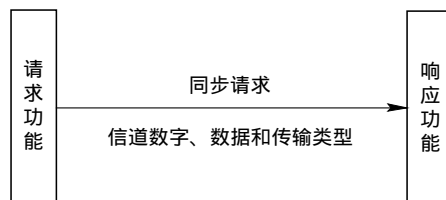


图 1-7 等时传输操作组成

#### 4. 控制和状态寄存器(CSR)

IEEE-1394 总线节点必须实现由 CSR 体系结构定义的一组核心控制和状态寄存器，除了核心寄存器，CSR 体系结构规定了由 IEEE-1394 规范定义的寄存器总线确定的空间。这些寄存器提供了一种允许简单的软件和 IEEE-1394 间互操作性实现的标准定义。同时这些寄存器允许在实现 CSR 体系结构的不同总线类型间进行桥连接。CSR 定义也支持以下功能：

- (1) 操作系统执行的电源失败恢复。
- (2) 错误登录。
- (3) 由软件初始化总线传输的容错重传。
- (4) 对系统软件透明的自动配置。

#### 5. 配置 ROM

CSR 体系结构也定义了一套标准，在节点初始化期间用于提供配置信息 ROM 条目集。共定义了两种 ROM 格式：

- (1) 最小：包含一个 24 位的生产厂商标识。
- (2) 一般：包含生产厂商标识、总线信息块，根目录包含信息条目或指向另一个目录和页的指针(包含信息条目)。

ROM 数据结构提供了将 I/O 软件驱动程序，诊断软件和一个特定模块，节点和元件相连而得到的信息；ROM 同时也定义软件正确访问设备的附加参数和同总线管理操作相关的节点能力。

#### 6. 消息广播

CSR 体系结构定义了一种定节点通过总线向多端口目标节点广播消息的可选广播机制。所有消息广播通过节点 63 解址来完成，当节点确认带有节点 63 的传输时，它们会认出其已被作为目标节点，因而所有类型的广播传输禁止接收节点返回响应，否则，多端口节点会同时驱动总线，从而造成总线上的竞争。

#### 7. 中断广播

串行总线也支持向节点内的元件或串行总线上的其他节点中断广播信息。

#### 8. 自动配置

当系统初始化加电和节点加入或移除 IEEE-1394 网络时，自动进行配置，不像接入 PC 的大多数总线那样，串行总线不依赖于一个处理器(唯一处理器)来执行配置代码。相反，串行总线所有节点都参与串行总线的配置进程，配置会使某节点负责执行 IEEE-1394 总线的管理功能。

## 1.3 IEEE-1394 的主要特点及其发展前景

### 1.3.1 技术特点

- (1) 数字型接口：不必将数字信号转换成模拟信号，造成无谓的损失。
- (2) 小巧的物理设计：纤细的串行电缆可取代体积较大、成本较高的接口。

(3) 易于使用：不必配置终端电阻、设备 ID 或者复杂的安装过程，任何人都可方便地使用。

(4) 热插拔：用户在任何时候对 IEEE-1394 网络添加或移除设备，即使不关机，也不会干扰整个总线的通信。

(5) 价格低廉：有效降低消费类产品的成本。

(6) 易于扩展：在同一条总线中，100，200 和 400 Mb/s 的设备可以共享。

(7) 配置灵活：支持像 SCSI 那样的菊花链，实现真正的对等通信。

(8) 速度极快：高品质多媒体数据可实现“准实时”传输。

(9) 支持点对点传输：串行总线设备能自主执行操作，而不需要主机 CPU 的干预。

(10) 可扩展总线：可以将新的串行设备接入总线节点提供的端口，从而扩展串行总线。

(11) 即插即用：每次加入或删除 IEEE-1394 网络设备时，总线节点会自动配置，并且配置时不需要主机系统的干预。

(12) 巨大的映射至内存的地址空间：每个节点拥有 256 TB 字节的地址空间。

一般来说，IEEE-1394 具有以下特点：价格较低，占用空间小，速度快，开放式标准，支持热插拔，可扩展的数据传输速率，拓扑结构灵活多样，完全数字兼容，可建立对等网络，同时支持同步和异步两种数据传输模式。

### 1.3.2 IEEE-1394 的发展趋势

随着 PC 行业与通信和其他媒体之间的合作逐步深入，人们越来越需要一个统一的接口标准。IEEE-1394 可以满足各方的需要，而且成本低，易于实现。对 1394 来说，最令人鼓舞的趋势就是更多的 PC 机正在配置 1394。Sony、Compaq、Gateway、DELL、NEC、HP、IBM 以及 Apple 公司都有带 1394 总线的产品。还有许多提供 1394-PCI 主机总线适配器卡的厂商，这种卡可用于没有 1394 配置的 PC 机中。IEEE-1394 的首要目标是影像等消费类电子设备，如数码 CAMCORDERS，数码 VCERS，DVD 和数码电视等。在影像消费电子设备产业中，IEEE-1394 已成为一种事实上的连接标准。因此，如果一台 PC 机需要连接到这类设备上，它的连接方式就是 IEEE-1394。

1394 同业公会已经推出了 IEEE-1394 标准的升级方案。IEEE-1394 多媒体联网技术将获得高达 1.6 Gb/s 的速度提升。新的 1394b 规范至少能将速度从目前的最高 400 Mb/s 提升 1 倍，而且通过增加物理连接长度能使网络更灵活。新规范的架构支持 3.2 Gb/s 的未来速度，但初期允许网络以最低 800 Mb/s、最高 1.6 Gb/s 的速度传输数据。新规范允许同当前的 1394 标准向后兼容。

1394b 不仅在速度上是以前的两倍，而且在传输距离上也更长了。1394b 支持不同类型的电缆，每种都提供了不同的速度/距离的传输性能。1394b 集线器甚至可把 1394a 的设备连接到 100 m 距离远，因为新的集线器及它们的连接电缆都用的是 1394a 设备，所以计算机和远程设备都不需要工作在 1394b 下。如果不用集线器，仅靠 1394b 本身的端口连接，也可以达到很长的距离。

1394b 的高速度及远距离传输能力得益于以下两个很重要的改进。