

21 世纪高等学校计算机学科系列教材

微型计算机接口技术

聂丽文 柴实生 相 洁 编著



A0965393

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

随着计算机技术的发展,接口技术和接口标准也不断得到发展和完善。本书旨在全面、系统地介绍计算机接口技术,以及接口技术的分析、设计方法,本书内容分为3部分:硬件类接口;设备驱动类接口及软件系统中的接口技术。共6章:第1章接口基础;第2章芯片级接口;第3章总线;第4章总线接口卡;第5章接口软件;第6章软件接口技术。

本书适合作为大学院校计算机专业及相关专业的教科书,也可供计算机维护人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

微型计算机接口技术/聂丽文编著. —北京:电子工业出版社,2002.5

21世纪高等学校计算机学科系列教材

ISBN 7-5053-7160-6

I. 微... II. 聂... III. 微型计算机-接口-高等学校-教材 IV. TP360.47

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第031339号

责任编辑:吕 迈 张云怡 特约编辑:王莅辉

印 刷:北京牛山世兴印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:17.5 字数:448千字

版 次:2002年5月第1版 2002年5月第1次印刷

印 数:6000册 定价:22元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。

联系电话:(010) 68279077

序 言

这套教材是面向 21 世纪计算机学科系列教材。为什么要组织这套教材? 根据什么编写这套教材? 这些都在这篇序言中要回答的问题。

计算机学科是一个飞速发展的学科,尤其是近十年来,计算机向高度集成化、网络化和多媒体化发展的速度一日千里。但是,从另一个方面来看,目前高等学校的计算机教育,特别是教材建设,远远落后于现实的需要。现在的教材主要是根据《教学计划 1993》的要求组织编写的。这个教学计划,在制定过程中主要参照了美国 IEEE 和 ACM 的《教学计划 1991》。

10 年来,计算机学科已有了长足发展,这就要求高等学校计算机教育必须跟上形势发展的需要,在课程建设和教材建设上做出相应调整,以适应面向 21 世纪计算机教育的要求。这是组织这套教材的初衷。

为了组织好这套教材,全国高等学校计算机教育研究会课程与教材建设委员会在天津召开了“全国高等学校计算机学科课程与教材建设研讨会”,在北京召开了“教材编写大纲研讨会”。在这两次会议上,代表们深入地研讨了全国高校计算机专业教学指导委员会和中国计算机学会教育委员会制定的《计算机学科教学计划 2000》以及美国 IEEE 和 ACM 的《计算机学科教学计划 2001》,这是这套教材参照的主要依据。

IEEE 和 ACM 的《计算机学科教学计划 2001》是在总结了从《计算机学科教学计划 1991》到现在,计算机学科十年来发展的主要成果的基础上诞生的。它认为面向 21 世纪计算机学科应包括 14 个主科目:算法与分析(AL)、体系结构(AR)、离散结构(DS)、计算科学(CN)、图形学、可视化、多媒体(GR)、网络计算(NC)、人机交互(HC)、信息管理(IM)、智能系统(IS)、操作系统(OS)、程序设计基础(PF)、程序设计语言(PL)、软件工程(SE)、社会、道德、法律和专业问题(SP)。其中除 CN 和 GR 为非核心主科目外,其他 12 项均为核心主科目。

将 2001 教学计划与 1991 教学计划比较可看出:

(1) 在 1991 年计划中,离散结构只作为数学基础提出,而在 2001 计划中,则作为核心主科目提出,显然,提高了它在计算机学科中的地位。

(2) 在 1991 计划中,未提及网络计算,而在 2001 计划中,则作为核心主科目提出,以适应网络技术飞速发展的需求。

(3) 图形学、可视化与多媒体也是为适应发展要求新增加的内容。

除此之外,2001 计划在下述 5 个方面做调整:

将程序设计语言引论调整为程序设计基础,将人-机通信调整为人机交互,将人工智能与机器人学调整为智能系统,将数据库与信息检索调整为信息管理,将数值与符号计算调整为计算科学。

显然,这些变化使 2001 计划更具有科学性,也更好地适应了学科发展的需要。

在组织这套教材的过程中,充分考虑了这些变化和调整,在软件和硬件的课程体系、界面划分方面均做了相应的调整,使整套教材更具有科学性和实用性。

另外,还要说明一点,教材建设既要满足必修课的要求,又要满足限选课和任选课的要求。因此,教材应按系列组织,反映整个计算机学科的要求,采用大拼盘结构,以适应各校不同的具体教学计划,使学校可根据自己的需求进行选择。

这套教材包括:《微机应用基础》、《离散数学》、《电路与电子技术》、《电路与电子技术习题与实验指南》、《数字逻辑与数字系统》、《计算机组成原理》、《微型计算机接口技术》、《计算机体系结构》、《计算机网络》、《计算机网络实验教程》、《通信原理》、《计算机网络管理》、《网络信息系统集成》、《多媒体技术》、《计算机图形学》、《计算机维护技术》、《数据结构》、《计算机算法设计与分析》、《计算机数值分析》、《汇编语言程序设计》、《Pascal 语言程序设计》、《VB 程序设计》、《C 语言程序设计》、《C++ 语言程序设计》、《Java 语言程序设计》、《操作系统原理》、《UNIX 操作系统原理与应用》、《Linux 操作系统》、《软件工程》、《数据库系统原理》、《编译原理》、《编译方法》、《人工智能》、《计算机信息安全》、《计算机图像处理》、《人机交互》、《计算机伦理学》。对于 IEEE 和 ACM 的《计算机学科教学计划 2001》中提出的 14 个主科目,这套系列教材均涵盖,能够满足不同层次院校、不同教学计划的要求。

这套系列教材由全国高等学校计算机教育研究会课程与教材建设委员会主任李大友教授精心策划和组织。编者均为具有丰富教学实践经验的专家和教授。所编教材体系结构严谨、层次清晰、概念准确、论理充分、理论联系实际、深入浅出、通俗易懂。

教材组织过程中,得到了哈尔滨工业大学蒋宗礼教授,西安交通大学董渭清副教授,武汉大学张焕国教授,吉林大学张长海教授,福州大学王晓东教授,太原理工大学余雪丽教授等的大力支持和帮助,在此一并表示衷心感谢。

李大友
2000 年 6 月

前 言

接口技术,从广义的概念,是指具有独立功能的单元或部件之间的相互联接技术。这种技术的目的,是通过连接的手段,使具有不同功能的单元组成一个系统,例如将汽油机、变速器连接成汽车的发动机。

接口技术并不关心单元内部的构造原理以及技术细节,而仅关心单元的功能和连接部分的界面。它考察单元的功能,研究并实现单元之间的连接要求与连接设施,最终完成单元之间的相互连接。

在计算机科学与技术飞速发展的今天,计算机接口技术的应用具有特别重要的意义。今天计算机应用的无所不包,是由于计算机硬件与软件系统,无论从类型、数量、功能的强大与完备性等各个方面,都发展到了一个前所未有的阶段,而空前的复杂性则是这个阶段的共同特征。

今天,硬件芯片的集成度已从早期的数十、数百门的规模,发展到了几百万甚至千万门;软件已从几千字节、几十千字节发展到了几十兆字节甚至数百兆字节的规模,并且仍在继续发展中。

这种空前的复杂性,导致了专业化的分工与合作的发展。即便是对于最大众化、最普通的个人计算机,发展到了今天,毫不夸张地说,无论是硬件还是软件,在这个世界上已没有一个人能完全了解它的全部原理了;它是集成了多种软、硬件模块与组件,将它们以各类接口技术搭接的结果。不仅如此,在现代,无论是哪一类计算机软硬件系统的构成,大都依赖于将各种高度专业化、集成化的硬件、软件功能模块,通过接口技术互联起来,构成所需目标系统的方法来实现。所以,计算机接口技术是随着计算机技术的日益发展而发展、完善起来的。今天,它已经以单元化、集成化、智能化为特征,成为一门体系独立的学科技术。

系统搭接的基本单位是独立功能单元。对独立功能单元而言,接口既是单元的惟一可见部分,也是单元对外界惟一的交互点和连接点。接口既要保证模块间相互连接灵活、容易和可靠,又要保证组成系统的可升级性和稳定性,即向下的兼容性,所有这些性能都必须靠规定统一的接口标准来保证。

如果有了统一的接口标准,通过接口互联时,就只需要考虑互联双方彼此的性能要求而无须顾及其他条件了。标准化的接口技术不但简化了系统的构成与扩充,而且使系统具有了相对长的生命力,因为只有通过良好设计的接口,系统才可能在保持兼容性的前提下不断升级。

接口的标准是随着计算机技术的发展而建立和完善的。由于计算机的体系结构从纯硬件的裸机到操作系统、应用软件等,分成为若干个层次,因此,按照接口所在的不同层次,也就有了位于各个层次的独立功能单元与接口技术。本书的目的,是通过全面、系统的介绍计算机接口的知识,帮助读者掌握接口的分析、设计和应用技术。并从以下几部分展开叙述:

第一部分 硬件类接口

硬件类接口所介绍的是硬件级的连接技术。硬件级接口分为芯片级和板卡级两个接口层次。其中,芯片级接口作为最基本的接口技术,将重点介绍硬件芯片接口的分析、设计和常见的典型使用方式,使读者在了解一些常用硬件芯片功能的基础上,掌握通过芯片接口的连接组

成最基本的简单系统的技术。

板卡级接口是由一些芯片互联、组装在印刷电路板上,以板卡形式,装在系统 I/O 总线插槽上的独立功能单元。板卡可以是某种专用设备 (A/D、D/A 卡,调制解调器卡等),也可以是某类设备的专用接口 (如:并行、串行卡)或设备的适配器 (显示控制卡)。板卡用于搭接或扩充基本计算机系统,它们与计算机系统相连的一方通常是某类计算机系统的总线,因此,板卡与计算机总线标准有密切的关系。板卡级接口技术对于了解、掌握、扩充计算机系统是非常重要的。对于板卡级接口,要从了解、掌握主要的计算机系统总线的标准与互联技术入手,在分析典型板卡的基础上,掌握板卡级接口的构成原理及设计与应用。

目前现场总线被广泛应用于工业分布式控制和监测系统中,因此,这一部分也对现场总线的标准、接口及典型应用进行了介绍。

第二部分 设备驱动类接口

设备驱动类接口位于纯硬件层之上的设备驱动层,为操作系统或应用进程提供硬件设备的调用。设备驱动类接口的软件部分是对硬件的直接驱动,它们和硬件一起实现外围设备的独立功能。因此,这部分程序的结构和运行形式,实际上决定了外围设备功能的调用方式和工作过程。

设备驱动类接口向上层调用者(操作系统或用户)隐藏了各种不同硬件设备的技术细节,使用了统一的调用界面和调用方法,因而大大简化了它们对于设备的使用。由于设备驱动类接口和操作系统有密切的关系,所以将重点介绍常见操作系统 DOS 和 Windows 中的设备驱动接口的原理与调用方法,并将通过一些典型实例的介绍,帮助读者较详细地了解、掌握其中的主要内容。

第三部分 软件系统中的接口技术

多年来,软件的编制一直是计算机发展和应用中的瓶颈。提高软件编制的效率及软件模块的重复使用率,是改变这种被动局面的有效方法。目前,面向对象的编程方法已被广泛地应用,在 Windows 系统中,就是采用了面向对象的编程概念。除系统提供大量应用编程接口 API 函数,为应用程序提供了丰富而强大的编程支持外,还为了简化 API 编程的复杂性,将 API 函数与复杂的系统数据结构一起封装在 MFC 类库中,使 Windows 具有可以在等面向对象的高级语言中直接使用 C++ 类一级的接口。在本书第 6 章中对 Windows 的 MFC 类接口与 API 接口进行了较为详细的介绍。

近年来,在面向对象编程方法的基础上,又发展了将类的对象预先封装成为具有独立功能的组件,通过组件接口,将各种组件搭接成为应用软件系统的技术。

对象组件被分类存储在组件库中,以备用户随时将它们组装、搭接成所需的应用软件系统。这种将硬件接口技术的原理发展应用于软件系统的结果,极大地改变了软件编制的被动局面,已成为软件编制和生产中非常重要的方式,并在 Internet 网络和分布式控制与处理中发挥着重要的作用。因此在第 6 章中还将介绍 COM 组件的构成原理、接口标准及调用方法。

本书的第 3 章、第 4 章由聂丽文编写,第 2 章和第 5 章的第 2 节由相洁编写,第 1 章、第 6 章、第 5 章的其他内容由柴实生编写。

当前计算机技术的发展与技术更新非常快,本书的内容编排是为适应这种形式而进行的大胆尝试。然而,由于新补充和附加的内容牵涉面广,内容较多,一定会有许多遗漏及不足之处。在此,真诚地希望读者批评指正,以便能在以后的版本中得到弥补。

目 录

第 1 章 接口基础	1
1.1 计算机系统与接口概述	1
1.1.1 计算机的硬件和软件	1
1.1.2 计算机系统的层次结构	1
1.1.3 计算机系统的组成与扩充	2
1.2 芯片级接口	3
1.2.1 芯片与系统	3
1.2.2 芯片的接口特性	4
1.2.3 芯片的连接	4
1.3 接口与总线	5
1.3.1 计算机总线的分类	5
1.3.2 硬件的总线接口	6
1.4 接口的分类与层次	7
1.5 软件的接口化设计	9
1.6 计算机接口技术的发展	10
第 2 章 芯片级接口	12
2.1 概述	12
2.1.1 芯片接口的概念及分类	12
2.1.2 芯片接口的功能及组成	13
2.1.3 芯片接口的地址分配与译码	13
2.1.4 芯片接口的 I/O 读写	14
2.1.5 芯片接口的描述	15
2.2 CPU 与外设的数据传送控制	16
2.2.1 直接程序控制方式	16
2.2.2 中断控制方式	20
2.2.3 DMA 控制方式	32
2.2.4 I/O 处理机方式	43
2.3 简单的 I/O 接口	43
2.3.1 常见简单外设	43
2.3.2 简单 I/O 接口的实现	45
2.4 并行通信及并行接口	47
2.4.1 可编程并行接口芯片 (PPI)	47
2.4.2 应用实例	53
2.5 串行通信及串行接口	61
2.5.1 串行通信的基本概念	61
2.5.2 可编程串行接口芯片	63
2.5.3 应用实例	70
2.6 A/D 与 D/A 转换接口	71
2.6.1 概述	71
2.6.2 D/A 转换器及应用	72

2.6.3 A/D 转换器及应用	78
2.7 常见 CPU 的外围芯片	87
2.7.1 时钟与复位芯片	87
2.7.2 总线控制芯片	88
2.7.3 总线仲裁芯片	91
2.7.4 可编程定时/计数芯片	92
2.8 Pentium 系列芯片组	100
2.8.1 Pentium 系列机的体系结构	100
2.8.2 440、820 芯片组简介	101
小结	105
习题 2	105
第 3 章 总线	107
3.1 总线的有关概念	107
3.1.1 总线的分类	107
3.1.2 总线的操作	109
3.1.3 总线的信号类型	110
3.1.4 总线的时序	111
3.1.5 总线的性能指标	112
3.1.6 总线的争用与仲裁	113
3.1.7 标准的总线	115
3.2 系统总线	115
3.2.1 XT 总线和 ISA 总线	115
3.2.2 EISA 总线	119
3.3 局部总线	122
3.3.1 VESA 总线 (VL 总线)	122
3.3.2 PCI 总线	123
3.4 设备总线	128
3.4.1 RS-232-C 标准	129
3.4.2 RS-499 和 RS-423/RS-422 总线	133
3.4.3 RS-485 总线	135
3.4.4 USB 总线	137
3.4.5 I ² C 总线	147
3.4.6 SCSI 接口总线	157
3.5 现场总线	162
3.5.1 概述	162
3.5.2 CAN 总线	163
小结	169
习题 3	169
第 4 章 总线接口卡	171
4.1 概述	171
4.2 接口类板卡	172
4.2.1 软驱适配器及其接口	172
4.2.2 硬盘适配器及其接口	176
4.2.3 打印机适配器及其接口	178
4.2.4 串行端口适配器及其接口	182
4.2.5 光盘存储器及其驱动器接口	185

4.2.6 显示适配器接口	188
4.3 设备类板卡	198
4.3.1 调制解调卡	198
4.3.2 声卡	202
4.3.3 网卡	205
小结	207
习题 4	207
第 5 章 接口软件	209
5.1 接口软件概述	209
5.1.1 驱动软件的功能	210
5.1.2 接口的数据区	212
5.1.3 驱动软件的运行方式	212
5.1.4 驱动软件的层次接口	214
5.2 DOS 系统的接口软件及实例	215
5.2.1 裸机层软件接口及实现	216
5.2.2 BIOS 级软件接口及实现	217
5.2.3 DOS 操作系统功能级软件接口及实例	220
5.3 Windows 操作系统下的接口软件	223
5.3.1 Windows 操作系统的体系结构	224
5.3.2 Windows 9X 系统的内核进程实现方式	225
5.3.3 Windows NT 系统的内核进程	225
5.3.4 Windows NT 的设备驱动调用过程	226
5.3.5 设备驱动程序的接口模型	227
5.3.6 Windows 的用户层进程	229
5.3.7 Windows 用户层的外设功能调用	231
5.3.8 Windows 的用户系统调用实例	232
小结	238
习题 5	238
第 6 章 软件接口技术	239
6.1 软件编程技术的发展	239
6.2 Windows 应用软件的结构和运行方式	240
6.3 Windows API 接口的功能	245
6.4 Windows API 函数的结构与运行模式	247
6.5 Windows API 编程实例	248
6.6 组件编程技术	256
6.6.1 COM 对象与接口	257
6.6.2 COM 组件接口的定义和标识	258
6.7 IUnknown 接口的定义	260
6.7.1 接口查询	261
6.7.2 引用计数	262
6.8 COM 组件的实现	262
小结	268
习题 6	269
参考文献	270

第1章 接口基础

1.1 计算机系统与接口概述

经过近半个世纪的发展,计算机的应用已经遍及所有的领域。随着应用越来越广泛、越来越复杂,对计算机系统可塑性的要求也越来越高,因此,可以灵活地组成计算机系统的接口技术被广泛地应用。现代计算机系统的硬件、软件的构成,都依赖于将各种高度专业化、集成化的硬件、软件模块,通过各种标准接口互联的方法来实现,计算机接口技术已成为现代计算机结构与工程的重要技术。

1.1.1 计算机的硬件和软件

计算机系统是由硬件和软件两部分组成的。计算机的硬件是组成计算机的物理实体,主要由各种半导体集成电路芯片和输入输出设备组成;计算机的软件部分控制着计算机,它由程序和各种数据信息组成。

构成计算机硬件的基础是半导体集成电路,尤其是超大规模半导体集成电路。随着半导体集成技术的发展,原来由大量中、小规模集成电路芯片互联才能组成的硬件部件,现在可以集成在一片超大规模集成电路芯片内。芯片的高度集成化不但减少了芯片的使用数量,使系统的体积和功耗大为减小,而且极大地提高了系统的性能和可靠性。

计算机的软件控制着计算机,所以有面向不同应用的众多的软件系统。其中最主要的是为用户提供应用环境的操作系统软件,如 DOS、Windows;以及为应用软件的开发提供的各种开发工具软件,如宏汇编、C/C++、Pascal 等各种高级语言的编译程序、数据库编译器等。无数面向具体应用的用户程序,都是在这些软件的支持下被开发出来的。

目前绝大多数的软件以文件形式被存放在磁盘等外部存储器中,使用时再将它们装入计算机的存储器中运行。

1.1.2 计算机系统的层次结构

计算机作为一种工具,是一种复杂的软、硬件结合的系统。为了能有效地组织计算机的各个部分,便于系统的构成,按照硬件和软件的组织结构,可将计算机系统分为若干个相互独立的功能层次,如图 1 所示

计算机的纯硬件部分在最底层,又称为裸机。裸机主要是由 CPU、存储器和输入输出设备等组成的,其功能是在程序的控制下自动完成计算机的物理操作。裸机是构成计算机的物理基础,也是计算机可见的实体。

紧靠裸机层之上的是硬件的驱动软件,这些驱动软件直接控制着底层硬件的运行。由于不同的硬件需要不同的驱动软件,所以往往将它们固化在只读存储器 ROM 中,与被控制的硬件部分放在一起。驱动软件的存在,使得上层软件只要调用驱动软件就可以实现对硬件的功

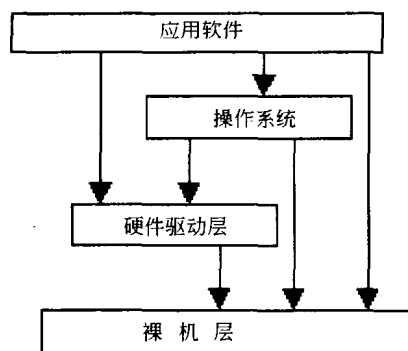


图 1.1 计算机系统的层次

能调用,从而简化了调用的复杂度。用户对硬件的功能调用不必了解其原理,也不必考虑硬件的变化对功能的实现可能造成的影响。

位于驱动软件层之上的是被称为操作系统的功能管理程序。操作系统是计算机所有软、硬件资源的控制者,决定着计算机中各种资源的使用和分配。操作系统为用户提供了一个计算机应用的环境,用户就是通过操作系统提供的各种功能操纵计算机的。操作系统还起着为用户程序使用计算机的各种资源,提供基本服务的作用。正是利用了操作系统提供的各种软、硬件资源的服务,才使用户程序得以通过对计算机各种资源的操纵,实现用户应用程序的运行。

位于操作系统之外的是应用程序。众多的应用程序通过操作系统提供的服务,完成对计算机各个方面应用的具体需求。

1.1.3 计算机系统的组成与扩充

计算机应用的广泛性,导致了对计算机系统需求的多样性。这种多样性,可按机器的规模分为巨型机、大型机、小型机、工作站、微型机、个人数字助理 PDA 等级别,也可按用途分为科学计算、并行处理、分布式控制、网络服务器等类别。

由于应用对象的需求不同,即使是对于同一级别、同一类别的计算机,其功能要求、设备配置、规模大小等各个方面也不相同。例如用于工业控制方面的计算机系统与商用、民用的计算机系统,从外围设备的配置和对系统运行的要求来看,就有很大的不同。对于大多数商用或民用系统,与计算机交互的是人,信息管理和办公自动化是几乎所有的系统都必须具备的基本功能。因此,键盘和显示器、鼠标、打印机等是必备的硬件,办公自动化软件包、数据库管理软件包和网络软件是必不可少的,且要求系统能提供良好的、易操纵的用户界面。

用于工业控制的计算机系统,与计算机进行交互的多数是工业现场的设备。由于计算机能接收和处理的对象是离散的数字量,而设备运行和控制的信息大多都是连续的模拟量,因此,能够完成模拟量与数字量之间转换的 A/D、D/A 转换器,就成了大多数工业控制计算机系统所必需的设备。此外,开关量输入输出等对工业现场进行各种检测和控制的设备,也是商用或民用系统没有的。

工业控制系统的软件,主要用于高可靠性的实时控制,要求有对控制信息进行分类、综合、管理的功能,如工业控制的组态软件。

要求一个计算机系统能够满足所有类型的应用需求是不现实的。因为这对于每一类使用者都存在着浪费,使系统得不到最佳的性能价格比。为此,可以将计算机系统分为两个部分:一部分是组成任何系统都必须具有基本公共部分,如硬件的 CPU、存储器与键盘等通用的外围设备;软件的基本操作系统模块及一些通用的应用程序,另一些则是在基本系统的基础上,通过对可扩充的硬件和软件,达到不同应用目标的不同要求。

因此,在组成基本系统的基础上,通过对硬件和软件的扩充,使计算机的应用不断深入和扩展,是现代计算机技术发展的重要内容。例如:视频、动画、声音等多媒体在计算机中的应用,计算机互联网的飞速发展,都是导致计算机系统的不断扩充和性能改进的重要因素。

现代计算机许多组成部分都被设计成是可以选择的。在需要时,它们可以像零件或部件那样,按照功能的需要被灵活地组装在一起。显然,这种组装的实现,必须在发展计算机部件功能专门化的同时,精心定义部件间连接的接口和接口间互联的规范。

首先组成计算机主机的硬件除了任何计算机都必须有的 CPU、存储器等芯片外,还发展了多种具有专用功能的计算机外围芯片,如中断控制器、DMA 控制器、总线控制器等,这些芯片都具有精心设计好的接口,可以通过方便的相互联接,组装成适合不同要求的计算机主机系统。

其次对于计算机系统外围设备的灵活性要求,是通过将各类外围设备与计算机的连接,以各类总线作为互联接口的规范实现的。为此,计算机中设置了多种总线系统,以使符合不同总线标准的外围设备,可以通过这些总线与计算机连接。

最后在软件方面,对于不同的计算机系统,首先表现在操作系统的服务对象不同上。操作系统是在实现了对于程序的装入运行、内存的分配管理、外围设备的驱动管理等公用系统功能的前提下,通过扩充适当的专用功能模块,使操作系统能够面向多种应用服务。

例如,对于民用和商业性计算机,由于交互的对象是人,所以对于用户界面的设计在程序总量中占据了非常大的部分。对于多数应用程序,用户界面部分往往要占到程序总量的百分之四十,甚至更多,因此,如何帮助用户尽可能方便地完成用户界面的程序设计,就变得非常重要。操作系统必须拥有大量的功能模块,才能提供多方面的服务。如: Windows 操作系统就为用户提供了大量的图形操作界面的系统调用服务。如窗口的建立、绘制、管理、交互等。

而工业控制系统的计算机系统,最需要的是对于控制过程中的变化能够及时地做出反应,所以,操作系统首先需具有能够根据控制过程中的发生的事件,触发相应处理过程的功能模块。其次,为适应系统的可靠性要求,还必须对于过程的监视、异常情况的处理与恢复等必要的功能模块。

由此可以知道,这两类系统中所包含的操作系统模块是不相同的。

此外,由于软件的扩充、升级、移植要比硬件方便,因此,对于系统应用范围的扩大,使用方式的改进和使用效率的提高,就成为对软件不断补充和升级的重要需求。对于软件来说,保证升级后的软件能够兼容原来软件的功能是非常重要的,特别是对于操作系统类的软件更是如此,它是原有软件和升级后的软件能够同时共存的条件。目前这种升级是通过功能模块的接口进行的。模块内的原有功能与接口不变,在新增加功能的同时也增加新的接口。老软件用老接口,新软件则可用新增的接口。

这部分的内容参见第 7 章的相关内容。

1.2 芯片级接口

半导体芯片是组成计算机硬件的最基本的单元,所以芯片间的连接是接口连接的基础。

利用芯片之间的互联实现芯片间硬件功能的直接组合,是芯片级互联的主要目的,芯片之间的互联只与硬件有关,与软件无关。

1.2.1 芯片与系统

在计算机系统中,系统是由多种功能芯片组合而成的。功能芯片可以分为两类:一类是

组成基本系统所必须的,另一类则用于对基本系统功能的扩充。例如,在使用 Intel 系列 CPU 的计算机中,CPU 需要一些外围芯片的功能支持,才能组成基本的计算机系统:需要与总线控制器芯片(8288 等)连结,才能形成系统的各种总线信号;需要与中断控制芯片(8259 等)相连,才能实现向量式的中断控制;需要与 DMA 芯片(8237 等)相连,才能使系统具有直接存储器传送功能等。

另一类芯片用于扩充基本系统的功能。例如:串行接口芯片 8250 使系统增加了异步通信接口 COM,使系统具有了异步传送信息的能力;并行接口芯片的使用,则可以使计算机与打印机等使用并行接口的设备相连等等。

由于计算机系统构成的多样性,这两类芯片的分界并不是固定的。例如:在一种系统中,并行口芯片用于对基本系统的扩充,而在另一种系统中,并行口芯片就可能是系统的基本组成部分之一,例如:基本系统的数字输出部分往往使用并行接口芯片来实现。

1.2.2 芯片的接口特性

半导体芯片的引脚,就是芯片内部功能的外部接口。所以,芯片的硬件接口是由芯片引脚的特性定义的。它包含以下几个方面:

(1) 芯片每个引脚的功能定义

由于芯片的引脚就是芯片的接口,所以,芯片的每一个引脚信号的变化,都表示了芯片内部功能的某个状态和控制。必须完全了解每一个引脚的性质:是输入还是输出,用途是什么,表示什么,如何表示等等。这些是芯片连接的基础。

(2) 芯片引脚的电气表示规定

指芯片引脚采用的物理电信号的类型和表示方法。例如:是电压信号还是电流信号,采用什么样的值来表示逻辑的“1”和“0”等。

对于不同类型的芯片,引脚信号的电气表示形式也不相同。例如,CMOS 工艺的芯片,逻辑信号的电压值是 3~18V,但采用 TTL 工艺的芯片,逻辑信号的电压值是 5V。

对于逻辑的“1”,有的芯片用高电压表示,称为正逻辑表示;而有的则用低电压来表示“1”,称为负逻辑表示。

(3) 芯片功能的完成所需要的定时和次序关系

除了最简单的组合逻辑芯片,计算机所使用的芯片绝大多数都包含时序逻辑部分,甚至是许多很复杂的时序逻辑的组合。这一类芯片功能的完成,通常都需要一个规定的先后控制序列或者控制的时机。只有满足这种时序方面的要求,芯片才能正确工作。例如:寄存器的时钟与数据输入、锁存、输出允许之间的关系。

1.2.3 芯片的连接

芯片的接口连接,包含两方面:第一是芯片功能的组合,第二要使芯片间的连接完全匹配。也就是在满足功能要求的前提下,芯片彼此的连接要完全符合上述三个方面所定义的全部要求。

这个设计过程分为两步:首先是根据系统总体功能的需要,对芯片进行考察和选择,看所需要的功能是否可以通过所选芯片的组合达到,其次是考察芯片的各项连接条件,看彼此间是否可以完全匹配。如果不能完全匹配,通过什么样的措施可以实现匹配,以及这些措施所花费

的代价与选择其他的芯片相比是否合算等。

只有在所有的连接条件都被满足时,才能使芯片互相连接,将它们的功能组合在一起,达到系统设计的要求。

比如,对于 CMOS 芯片与 TTL 芯片的连接,由于两类芯片的电信号类型不一致,就必须要有电平的转换匹配电路,才能使这两类芯片互联。

关于芯片级接口互联的详细介绍,见第 2 章。

1.3 接口与总线

计算机系统的总线,是中央处理器 CPU 与计算机的其他部分:存储器、输入输出系统连接的共用接口。因此,总线的性能和它的连接能力,对系统的性能和规模起着举足轻重的作用。而总线的标准,意味着众多的外围设备与计算机连接必须遵循的接口规则,对于计算机系统的组成有十分重大的意义。

此外,CPU 只有通过总线才能实现与外围设备的连接,才能对外围设备实现编程控制,因此,在计算机的接口中,总线接口与无需编程的芯片接口有着本质的不同:前者是作为外围设备的连接方式,而后者不是。也就是说,只要是与总线连接,则不管连接对象的实际用途是什么,对 CPU 来说,是把它当做一个外围设备来对待的。这一点对于许多可编程控制的芯片有重要的意义。例如:可编程中断控制器 8259 芯片,在系统中用于对中断的控制,但在对它的编程控制中,该芯片却是一个外设芯片:有外设的地址、有功能寄存器,与其他外设的使用方式没有任何不同,只不过这类芯片既有芯片间的接口连接(与 CPU 及其他芯片控制信号的连接),又有与总线的连接。

1.3.1 计算机总线的分类

计算机的总线,可以分为 CPU 总线与系统总线两类。

CPU 总线用在很简单的计算机系统中,这种总线就是以 CPU 的总线引脚信号作为总线的基本信号,将它们加以适当的驱动和整形生成的。由于 CPU 的引脚信号因 CPU 而异,没有标准可言,所以这种总线也没有标准。

系统总线用在性能较为完备的计算机系统中。经过多年来的发展,已经有了许多种系统总线的标准,例如个人计算机所使用的 ISA、EISA、PCI 等标准。所谓总线的标准,包括:

(1) 机械标准:指总线接插件的机械规范。总线插座的形状、大小、尺寸、插脚的数量与形状等等。

(2) 电气标准:插脚的物理电信号的表示方法、数值。

(3) 功能标准:总线插脚的排列顺序,功能定义与表示。

(4) 周期与时序标准:总线控制信号的周期与信号间的相关时序。

历史上,每种新总线标准的出现,都会对计算机系统的发展起到巨大的推动作用。

今天的系统总线,可分为内部总线与外部总线两类。

内部总线按照系统的需要,可以是单级的或多级的。在单级系统中只有一种总线,存储器和所有的外设都挂在同一种总线上。由于外围设备多种多样,速度有高有低,为兼顾这种快慢不等的状况,总线的速度和效率就不可能高。传统的 ISA 总线就是这样的。

随着 CPU 和系统性能的整体提高,内部总线根据需要,被分成了若干个等级。首先,速度最快的前端总线提供与 CPU 直接连接的接口。因此,前端总线与存储器及一些超高速的外围设备,如显示适配器等相连,以充分发挥系统的高速性能。

其次,次高速的接口以 PCI 总线为代表,与磁盘驱动器等高速外设相连,提供磁盘等设备的快速访问。

再次,以 ISA 总线为代表,提供系统与一般速度或慢速外围设备的连接接口。

这就是现代个人计算机内部总线的结构方式。系统总线按照这样的方式设置和工作,无疑是现代个人计算机系统性能被大幅度提高的主要因素之一。

与内部多级总线的出现相仿,由于计算机应用的日益广泛深入,所需要的外围设备的数量和种类也越来越多。为了方便这些外部设备的连接应用,现代计算机广泛地使用了外部总线。

外部总线用于扩充计算机系统对外围设备的连接能力,以方便系统可以访问多个种类的多台外围设备。如 USB (通用串行总线) 总线,就可通过多种速率,与多种类型的多台外围设备互相连接。如:打印机、扫描仪、键盘、鼠标、及多媒体设备等等。

最后,在现代工业控制系统中,广泛使用了一种被称为现场总线的设备接口。这类总线类似于网络的连接,提供了在一定的范围内,与现场传感器、控制器等构成分布式工业控制系统的方式。如: I2C 总线, CAN 总线等。

然而,无论设备是与哪一种类型的总线相连接,它们都需要接受程序的控制才能工作。也就是说,通过 CPU 对接口软件或驱动软件的执行,才能在 CPU 指令的控制下,完成自己设备的服务功能。

1.3.2 硬件的总线接口

作为与计算机系统的公用连接接口,总线有着各种各样的标准,以及各种各样通过这些总线与计算机连接的设备。由于系统总线的形式是插槽,所以,可与总线直接相连的设备,是可以直接插入总线插槽的板卡。如:网络卡、调制/解调器卡、显示卡、声音卡等。

还有一类不是设备的板卡,它们提供外围设备接口与总线接口之间的转换,使那些不能直接与总线相连的设备,可以通过这类板卡形式的转接接口,与计算机系统相连。这类板卡称为接口板卡或接口卡。打印机接口卡、磁盘接口卡等,都是这类接口板卡的代表。

计算机的外围设备必须在控制程序或操作系统的管理下,才能按照用户希望的模式工作,为用户提供各种类型的服务。因此,外围设备接口既包含硬件也包含软件。接口的硬件部分连接着外设的实体;接口的软件部分就是设备的驱动程序,它控制着设备的工作模式和行为。由于设备的驱动程序与具体的硬件设备是直接相关的。因此,每种设备都必须配备与自己相关的驱动程序。通常情况下,设备更换了,驱动程序也必须更换。

多数板卡的一个重要特征,是设备驱动程序就在板卡上。这个程序通常被放在板卡的只读存储器 ROM 芯片中。因此,当板卡被更换的时候,驱动程序也自然被更换,非常方便。使用者根本不必考虑由于板卡的更换使驱动程序与硬件不匹配的问题。

板卡既然是与计算机的总线相连,板卡的分类就不仅与设备功能有关,而且和总线的类型有关。或者说,对于同一类型的板卡往往会有多种总线的产品。因此,对于板卡接口,显然需要从了解总线接口入手。只有在深入了解了总线的地址选择与控制、读、写控制、数据驱动、工

作周期等特征后,才能理解总线与板卡接口的连接,并通过编程对板卡实现控制。

关于板卡接口与总线的详细介绍,见第3章。

对于外部总线和现场总线,它们采用的接口标准与内部总线有很大的不同。其一是它们大多采用串行传送的方式,其二是都包含完整的数据帧传送协议,甚至多层协议(USB、CAN总线)。因此,与其说它们是总线标准,还不如说更像是某类网络协议的标准。而且事实也确实如此(CAN总线等)。对于这类接口来说,连接的实现如同网络传送,取决于连接的双方对传送协议的实施过程。

关于外部总线和现场总线接口的介绍,详见第4章。

1.4 接口的分类与层次

计算机接口可以分为纯硬件类、纯软件类与软硬件结合类。

芯片间的连接是纯硬件类接口,比较简单,无需软件的参与便可以工作。纯软件的接口是近代软件编程的一种方法,是以软件模块的接口标准化为基础,通过软件模块间接口的连接,构成软件系统。

作为计算机外围设备的接口,是由硬件和软件两部分组成的。接口的硬件部分一端连接着设备的实体,另一端则与计算机的总线接口相连。接口的软件部分控制着设备的行为,因此,这部分软件又称为设备的驱动程序。

由于计算机系统的复杂性,造成了系统的分层结构。那么,在系统的各个不同功能层次是否都需要定义和使用接口?

由计算机系统的分层结构可知,接口的层次越靠近硬件,对于硬件的驱动就越直接、速度就越快。但直接面向硬件内部功能的驱动软件,必须完全了解硬件内部的组织和结构,并能够通过硬件的接口,如寄存器端口的编程,实现对硬件功能的驱动。这实际上等于要求用户用机器语言或汇编语言来自行编写驱动软件。显然,只有对于很简单的系统,或者是用户具有高级编程经验,才有可能使用这样的接口。一般的用户对于这样的接口是难于掌握的。

系统的层次越靠近上层,系统的功能就越简单化和宏观化。系统的分层屏蔽了底层软、硬件的实现细节,使底层软、硬件的变化不影响高层。所以,用户如果使用了高层接口,就既不必考虑底层软、硬件的实现细节,也不必顾忌它们的变化会造成的影响。所以,使用高层接口,既简单又方便可靠。

然而,系统的分层越靠近上层,功能要求距离硬件能够实现的具体方法就越远,所以需要分解、细化的程序,将功能要求变为一系列可实际进行的硬件操作后才能实现。因此,它虽然简单可靠,但是速度要比直接调用底层接口慢得多。

对于有的应用来说,如果系统提供的功能调用不能满足高速度,或者有某些特别的应用要求,那就只有调用底层接口,甚至自行编写驱动软件来解决。

由于调用高层接口既简单又方便,虽然速度较慢,但如果能够满足用户的需求,调用高层接口应该是最理想的。因此,为了能够适应不同的应用要求,计算机系统往往会在不同的系统服务层次上,设置分层次的调用接口。

在有操作系统存在的计算机系统中,由于设备是操作系统的资源和管理对象,设备接口的

层次与调用方式将取决于操作系统的管理性质。

在单用户操作系统中,由于用户对资源的使用是独占的,所以用户可以跨越操作系统的管理层次对设备进行直接驱动。

但在多任务或者多用户的操作系统中,资源的使用是共享的,任何用户或者任务都不能随心所欲地对设备进行单独控制,而必须服从操作系统的统一分配管理。所以,通常情况下,用户不能跨越操作系统的管理层次对设备进行操作。

在计算机系统中,包含驱动软件的接口可分为如下几个层次。

1. 芯片级驱动接口

芯片是组成计算机硬件的最基本单元。芯片级驱动接口,就是对与计算机总线连接的外围芯片编写芯片硬件的驱动程序。这种驱动程序是所有其他驱动程序的基础,它是要通过对芯片内部功能寄存器的编程,实现对芯片基本功能的调用。为了能够编写芯片级驱动程序,就必须了解芯片内部功能的实现方式,了解每个功能寄存器的作用和使用方法,了解功能实现所需要的操作过程和时序。

芯片的功能调用与每个芯片紧密相关,而且芯片内部的功能往往是分散的,与设备总体功能的关系很不明确,难于掌握。特别是当设备的硬件是由多个芯片组成的时候,更是如此。

但是,由于这种使用方式的基础性,故在接口技术的学习中占有非常重要的地位,也是学习必须掌握的重点之一。有关这部分的详细介绍,请看第2章。

2. 底层设备驱动接口

将芯片级驱动接口程序的基本功能进行分类和组合,并将接口的调用形式规范和统一,使得能够为用户提供较为方便的硬件驱动服务,就是底层设备驱动接口。底层设备驱动接口的典型,是PC计算机中的BIOS,即基本输入输出系统。BIOS位于系统主机和板卡中的只读存储器中,是系统中底层设备驱动程序的集合。BIOS中所有的设备驱动程序,都采用了统一的接口调用方式,能为用户提供高效率的设备服务。

3. 操作系统级驱动接口

对底层设备驱动接口的调用,虽然较芯片级驱动接口的调用已大为简化,但对于提供真正符合用户使用习惯的功能,仍有很大的距离。例如,键盘是输入设备,显示输出是输出设备,但输入的字符要求同时在输出设备上显示出来,却是最基本、最常见的使用方式。这就要求系统能够通过对这两类不同设备的协同调用,自动符合用户的这种使用习惯,否则,用户就必须在自己的程序中,通过对这两类设备的底层设备驱动接口的轮流调用来实现,显然是很不方便的。再如,文件操作是系统最常见的操作之一。但文件是一个逻辑概念,它为相关信息的集合提供了按名字进行管理的手段。这种管理的实现,需要进行一系列逻辑概念与物理概念的映射,以及对文件、目录、逻辑块、物理块等结构和组织的解释与操作。虽然文件最终是存储在磁盘上的,因此文件的操作离不开对磁盘的读写,但它却绝不是仅仅靠磁盘的读写操作就可以完成的。相比之下,文件系统逻辑概念的建立与管理更为重要,其实现也要复杂得多。

计算机的操作系统为上述这一类的使用要求提供了解决的手段。操作系统是计算机软件