

第 3 章

计算机硬件系统

本章教学要求

通过本章教学使学生了解计算机硬件系统的组成,主要包括系统单元、内存、系统总线、扩展卡以及常用的输入输出设备和辅助存储器等。重点是让学生掌握冯·诺依曼体系结构,并能学会在实际生活中正确选购计算机系统的方法。本章教学可以通过教师讲授、实物展示和现场操作的方法,强化对相关知识的理解。

3.1 计算机系统

本节以微型计算机为例,介绍计算机硬件系统的体系结构和工作原理。

3.1.1 冯·诺依曼体系结构

1. 本节要点

- (1) 计算机的体系结构。
- (2) 冯·诺依曼体系结构。

2. 内容解读

1) 计算机的体系结构

构成系统主要部件的总体布局、部件的主要性能及这些部件之间的连接方式。

2) 冯·诺依曼体系结构

冯·诺依曼等人在 1946 年提出的一个完整的现代计算机雏形,即计算机由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五大部分组成。冯·诺依曼体系结构的要点:数据和程序以二进制代码形式不加区别地存放在存储器中,存放的位置由地址确定。控制器是根据存放在存储器中的指令序列(程序)进行工作的,并由一个程序计数器控制指令的执行。控制器具有判断能力,能以计算结果为基础,选择不同的工作流程。

计算机的五大部分中,控制器和运算器是其核心部分,称为中央处理单元(center process

unit,CPU),各部分之间通过相应的信号线进行相互联系。冯·诺依曼结构规定控制器是根据存放在存储器中的程序来工作的,为了使计算机能进行正常工作,程序必须预先存放在存储器中。因此,这种结构的计算机是按存储程序原理进行工作的。

人们在新一代计算机系统的设计过程中试图打破这种结构,但直到现在冯·诺依曼的体系结构还在被沿用。

3.1.2 计算机体系结构的发展

1. 本节要点

计算机体系结构的改进。

2. 内容解读

为改变计算机性能而对计算机体系结构的改进:

- 从基于串行的算法改变为适应并行的算法的计算机体系结构。
- 面向高级语言计算机和直接执行高级语言的计算机。
- 硬件系统与操作系统和数据库管理系统软件相适应的计算机。
- 从传统的指令驱动型改变为数据驱动型和需求驱动型的计算机。
- 各种适应特定应用的专用计算机,例如快速傅立叶变换计算机、过程控制计算机。
- 高可靠性的容错计算机。
- 处理非数值化信息的计算机,例如自然语言、声音、图形与图像处理等。

3.1.3 计算机体系结构的评价标准

1. 本节要点

计算机体系结构的评价标准:

- (1) 时钟频率。
- (2) 指令执行速度。
- (3) 等效指令速度。
- (4) 数据处理速率。
- (5) 核心程序法。

2. 内容解读

1) 时钟频率

时钟频率是提供计算机定时信号的一个源,这个源产生不同频率的基准信号,用来同步CPU的每一步操作,通常简称为频率。CPU的主频是其核心内部的工作频率(核心时钟频率),它是评定CPU性能的重要指标。用于同类处理机之间频率的比较,来区分计算机运算速度快慢。

2) 指令执行速度

指令执行速度(millions instructions per second,MIPS),它表示每秒百万条指令数。

3) 等效指令速度

用单位指令的 MIPS 值来表征机器的运算速度的局限性日益暴露,因此出现了改进的办法,称为吉普森(Gibson)混合法或等效指令速度法。等效指令速度法统计各类指令在程序中所占比例,并进行折算。

4) 数据处理速率

数据处理速率英文全称为 processing data rate,简记为 PDR。

$PDR=L/R; L=0.85G+0.15H+0.4J+0.15K; R=0.85M+0.09N+0.06P$; 其中:

G 是每条定点指令的位数;

M 是平均定点加法时间;

H 是每条浮点指令的位数;

N 是平均浮点加法时间;

J 是定点操作数的位数;

P 是平均浮点乘法时间;

K 是浮点操作数的位数。

PDR 主要用来对 CPU 和主存储器的速度进行度量,它没有涉及 cache 和多功能等。因此,PDR 不能度量机器的整体速度。

5) 核心程序法

把应用程序中用得最频繁的那部分核心程序作为评价计算机性能的标准程序,称为基准程序 benchmark。

以上性能指标罗列了评价计算机的若干因素,可作为学生阅读内容,教师可鼓励有兴趣的学生作进一步的深入探讨。

3.1.4 微型计算机的硬件结构

1. 本节要点

- (1) 微型计算机硬件的系统结构。
- (2) 微型计算机内部的连接方式。

2. 内容解读

1) 微型计算机硬件的系统结构

微型计算机的硬件结构与冯·诺依曼结构一致,区别是 CPU 被集成在一片大规模或超大规模集成电路上,称为微处理器(micro process unit,MPU)。

2) 微型计算机内部的连接方式

微型计算机内部的连接采用总线结构,即各个部分通过一组公共的信号线联系起来,这组信号线称为系统总线。采用总线结构形式具有系统结构简单、扩展或更新容易、可靠性高等优点。

3.2 系统单元

本节将通过对微型计算机系统的介绍,了解应用程序是怎样执行的。同时,通过对速度、容量和灵活性等三个指标的描述,使读者掌握判断微型计算机性能的方法。

3.2.1 系统主板与时钟频率

1. 本节要点

- (1) 系统主板。
- (2) 时钟频率。

2. 内容解读

1) 系统主板

主板又称为底板或母板(motherboard),它是整个计算机系统的通信网(communications Web)。系统单元的每个元器件直接连接到系统主板,它们通过系统主板进行数据的交换。

2) 时钟频率

系统时钟用于控制计算机操作的速度,这个速度用兆赫(MHz)表示。一兆赫等于每秒一百万周期,时钟周期速度越快,则计算机处理信息的速度就越快。

随着计算机技术的不断发展,计算机的速度越来越快,目前一般的微型计算机的主频可达到 4GHz。

3.2.2 电子数据与指令

1. 本节要点

- (1) ASCII 码。
- (2) EBCDIC 码。
- (3) Unicode 码。

2. 内容解读

1) ASCII 码

ASCII(American Standard Code for Information Interchange)码是微型计算机中使用最广泛的二进制编码,它使用一个字节中的 7 位分别表示 0~9、a~z、A~Z 以及标点符号,用 8 位表示特殊字符。

2) EBCDIC 码

EBCDIC(Extended Binary Coded Decimal Interchange Code)码是由 IBM 公司开发,使用 8 位二进制表示数字和字母等。该编码方式主要用于大型机系统。

3) Unicode 码

Unicode 码是一种 16 位的编码,它用于支持像中文、日文等国际语言。这些语言的特征是基本字符太多,以至于 8 位编码 ASCII 和 EBCDIC 无法表示。Unicode 码由 Unicode 公司开发,在计算机系统中出现的数据和指令都以二进制码形式出现。

3.2.3 微处理器

1. 本节要点

- (1) 控制单元。
- (2) 寄存器。
- (3) 算术/逻辑单元。
- (4) 微处理器芯片。

2. 内容解读

1) 控制单元

控制单元是协调和控制出现在中央处理器单元中的所有操作。当计算机执行存放在内存中的用户程序时,控制单元按照它们的执行顺序获取指令、解释这些指令、输出信号或命令来指挥系统的其他单元执行它们。为了完成这一工作,控制单元必须与算术/逻辑单元和内存进行通信。

2) 寄存器

寄存器是执行存储式指令、由计算机多次使用的暂时存储位置,一般包含在中央处理器单元中,并且由控制单元控制。寄存器的硬件组成相似于内存的单元,只是其速度更快以及使用方式不同。

3) 算术/逻辑单元

算术/逻辑单元(arithmetic-logic unit,ALU)是完成算术和逻辑两种类型的操作部件。

4) 微处理器芯片

微处理器用一片或少数几片大规模集成电路组成的中央处理器。这些电路执行控制部件和算术逻辑部件的功能。微处理器与传统的中央处理器相比,具有体积小,重量轻和容易模块化等优点。微处理器的基本组成部分有寄存器堆、运算器、时序控制电路,以及数据和地址总线。在微型计算机中通常采用以下不同类型的微处理器芯片:

- CISC 芯片:复杂指令集计算机(complex instruction set computer,CISC)是最常用的微处理器芯片。CISC 的指令系统一般多达几百条指令,这种技术由 Intel 公司推广普及,并且是该公司主流微处理器的基础,它是最广泛使用的芯片。Intel 公司的 Pentium III 和 Pentium 4 就是使用 CISC 芯片,其他的 CISC 芯片制造商还有 AMD 和 Cyrix。
- RISC 芯片:简化指令集计算机(reduced instruction set computer,RISC)使用较少的指令,这种设计比起 CISC 具有简单和价格低的优点。Motorola、IBM 和 Apple 公司共同开发的 PowerPC 芯片就是利用了 RISC 技术。其他的 RISC 芯片还有 DEC 公司的 Alpha 芯片和 Silicon Graph 的 MIPS 芯片。这些芯片主要用于功能强大的微型计算机中。
- 专用芯片:除了 RISC 和 CISC 芯片外,目前市场上还有一些专用微处理器的芯片。

例如,用于智能卡(smart cards)的微型内置式微处理器。智能卡的形状与信用卡相似,它们用于保存健康保险信息、驾驶证信息等。

3.2.4 主存储器

1. 本节要点

主存储器及存储器的性能指标:

- (1) 随机存储器。
- (2) 动态 RAM 和静态 RAM。
- (3) 只读存储器。
- (4) 互补金属氧化物半导体。
- (5) 磁阻随机存储器。
- (6) 存储器的性能指标。

2. 内容解读

1) 随机存储器

保存 CPU 正在执行的程序和数据,它是暂时或易失的存储区域。

2) 动态 RAM 和静态 RAM

基本的动态 RAM(dynamic RAM, DRAM)元件是由一只单一的 CMOS 晶体管组成的,通过存储电容器来驱动。通过充满或者放掉电容器中的电荷来存储数据。

静态的随机存取存储器(static RAM, SRAM)。可以无限期地保持自己的形态,直到用电源改变为止。

3) 只读存储器

只是读出已存入的信息,而不能改变或写入新的信息。这类存储器称为只读存储器。当电源断开后,其内容是不会丢失的,因此它又称为非易失的存储媒体。

4) 互补金属氧化物半导体

互补金属氧化物半导体(CMOS 芯片)提供了计算机系统的灵活性和可扩展性。它与 RAM 的区别在于,CMOS 芯片通过电池提供电源,当关机时其存储的信息不会丢失;而它与 ROM 的区别在于,它的内容随着计算机系统配置的改变或用户的设置而发生变化。在微型计算机中,一般被用来存储计算机系统每次开机时所需的重要信息。

5) 磁阻随机存取存储器

磁阻随机存取存储器(magnetic RAM, MRAM)是一种非挥发性的磁性随机存储器,关掉电源后,仍可以保持记忆完整,功能与 Flash 雷同。

6) 存储器的性能指标

存储器的性能指标主要有两点,一是存取速度,二是存储容量。

3.3 输入输出系统

现代计算机系统的外围设备种类繁多,各类设备都有着各自不同的组织结构和工作原理,与 CPU 的连接方式也各有所异。计算机系统的输入输出系统的基本功能有两个:其一是为数据传输操作选择输入输出设备;其二是在选定的输入输出设备和 CPU(或主存)之间交换数据。

3.3.1 输入输出原理

1. 本节要点

常用的输入输出方式:

- (1) 程序控制输入输出方式。
- (2) 中断输入输出方式。
- (3) 直接存储器访问方式。

2. 内容解读

对于工作速度、工作方式和性质不同的外围设备,需要采用不同的输入输出方式。

1) 程序控制输入输出方式

程序控制输入输出方式又称为应答输入输出方式、查询输入输出方式、条件驱动输入输出方式等,当一个 CPU 需要管理多台外围设备,而且这些外围设备又要并行工作时,CPU 可以采用轮流循环测试方式,分时为多台外围设备服务。

2) 中断输入输出方式

当输入设备已经把数据准备就绪,或者输出设备已经空闲时,要主动向 CPU 发出服务请求。在 CPU 方面,每当执行完成一条指令后都要测试有没有外围设备的中断服务请求。如果发现有外围设备的中断服务请求,则要暂时停止当前正在执行的程序,保护现场后先去为外围设备服务,等服务完成后恢复现场再继续执行原来的程序。

3) 直接存储器访问方式

直接存储器服务方式在外围设备与主存储器之间建立直接数据通路,它主要用来连接高速外围设备,如磁盘和磁带存储器等。

以上知识可作为学生阅读内容,教师可鼓励有兴趣的学生作进一步的深入探讨。

3.3.2 扩展槽和适配卡

1. 本节要点

- (1) 扩展槽。
- (2) 适配卡。

2. 内容解读

1) 扩展槽

扩展插槽是主板上用于固定扩展卡并将其连接到系统总线上的插槽,也称扩展槽、扩充插槽。扩展槽是一种添加或增强计算机特性及功能的方法。

2) 适配卡

一种扩充卡,可以插入主机板上的扩展槽。通过总线与外围设备之间提供接口,适配卡可以为系统添加某些特定功能。

3.3.3 系统总线

1. 本节要点

- (1) 总线的概念。
- (2) 总线的种类。
- (3) 总线的功能。
- (4) 系统总线标准。

2. 内容解读

1) 总线的概念

总线(bus line、data bus 或 bus)是 CPU 与外围设备之间传输信息的一组信号线,也是 CPU 与外部硬件接口的核心。

2) 总线的种类

总线由数据总线、地址总线和控制总线,此外还有电源线和接地线。一般 PC 系统的总线分为如下 4 层:

片内总线:是 CPU 内部各功能单元的连线,延伸到 CPU 外,又称 CPU 总线。

片总线:是 PC 主板上以 CPU 为核心与各部件间的直接连线。

系统总线:是主板上适配卡与适配卡之间连接的总线。

外总线:是 PC 与 PC 之间通信的数据线。

3) 总线的性能

评价总线的性能主要有以下三个方面:

总线时钟频率:即总线的工作频率,其度量单位用 MHz 表示,它是影响总线传输速率的重要因素之一。

总线宽度:即数据总线的位数,其度量单位用位(bit,b)表示,总线宽度有 8 位、16 位、32 位和 64 位等。

总线传输速率:即在总线上每秒钟传输的最大字节数,其度量单位用 MB/s 表示。这里,总线传输速率=总线时钟频率×总线宽度/8。

4) 系统总线的标准

工业标准体系:工业标准体系(industry standard architecture,ISA)是 IBM 开发的用

于个人计算机的总线标准。

外围部件互连：外围部件互连(peripheral component interconnect, PCI)最早是为了满足图像用户接口的视频要求设计的。

加速图像端口：加速图像端口(accelerated graphics port, AGP)是一种最新的总线类型,它比 PCI 总线的速度快 2 倍以上。目前多数计算机系统使用 PCI 作为通用总线,AGP 总线专门用于加速图像显示。

随着计算机技术的发展,CPU 的速度和外部设备的处理速度不断提高,总线的性能将影响到计算机系统整体性能的提升,目前为提高总线传输速率的研究也成为热点。

3.3.4 端口和连接电缆

1. 本节要点

- (1) 端口。
- (2) 连接电缆。

2. 内容解读

1) 端口

端口(port)是系统单元和外部设备的连接槽,是计算机与外界通信交流的出口。常用的端口主要包括串行口、并行口、增强并行口、加速图形端口、通用串行总线口、“火线”口。

2) 连接电缆

连接电缆是端口与输入输出设备之间的连接线,是总线的延伸。

3.4 输入设备

本节介绍常用的输入设备,包括键盘、鼠标、数码相机以及扫描仪等。

3.4.1 键盘输入

1. 本节要点

- (1) 键盘。
- (2) 终端。

2. 内容解读

1) 键盘

键盘是最常见的计算机输入设备,它广泛应用于微型计算机和各种终端设备上。计算机操作者通过键盘向计算机输入各种指令、数据,指挥计算机的工作。

键盘字母排列顺序是按照字母使用频率的高低来排序的。有心的读者也许会感到奇怪:为什么要把 26 个字母作这种无规则的排列呢?既难记忆又难熟练。据说其原因是这样的:在 19 世纪 70 年代,肖尔斯公司是当时最大的专门生产打字机的厂家。由于当时机

械工艺不够完善,使得字键在击打之后的弹回速度较慢,一旦打字员击键速度太快,就容易发生两个字键绞在一起的现象,必须用手很小心地把它们分开,从而严重影响了打字速度。为此,公司时常收到客户的投诉。为了解决这个问题,设计师和工程师伤透了脑筋。后来,有一位聪明的工程师提议:打字机绞键的原因,一方面是字键弹回速度慢,另一方面也是打字员速度太快了。既然我们无法提高弹回速度,为什么不想办法降低打字速度呢?这无疑是一条新思路。降低打字员的速度有许多方法,最简单的方法就是打乱 26 个字母的排列顺序,把较常用的字母摆在笨拙的手指下,比如,字母 O、S、A 是使用频率很高的,却放在最笨拙的右手无名指、左手无名指和左手小指来击打。使用频率较低的 V、J、U 等字母却由最灵活的食指负责。结果,这种“QWERTY”式组合的键盘诞生了,并且逐渐定型。后来,由于材料工艺的发展,字键弹回速度远大于打字员击键速度,但键盘字母顺序却无法改动。至今出现过许多种更合理的字母顺序设计方案,但都无法推广,可知社会的习惯势力是多么强大。

2) 终端

终端是一种连接大型计算机或计算机网络上的主机和服务器的输入输出设备。终端通常能完成信息交换、数据收集、查询和事务处理、远程作业处理、图形显示和设计等功能。终端的这些特征使得它适合于各种应用。

早期常见的终端有哑终端、智能型终端、Internet 终端等。

3.4.2 定点输入设备

1. 本节要点

- (1) 鼠标。
- (2) 游戏杆。
- (3) 触摸屏。
- (4) 光笔。
- (5) 数字转换器。
- (6) 数码相机。
- (7) 数字摄像机。

2. 内容解读

1) 鼠标

鼠标(mouse)显示系统纵横位置指示器,因形似老鼠而得名“鼠标”(我国港台地区称为滑鼠)。“鼠标”的标准称呼应该是“鼠标器”。鼠标的使用是为了使计算机的操作更加简便,来代替键盘那烦琐的指令。

2) 游戏杆

游戏杆(joystick)主要用于计算机动感游戏的操纵。游戏杆设计为飞行模拟类游戏使用,绝大多数是直接采用飞机飞行控制杆作为原型去设计的,可以说具有很强的仿真度,游戏摇杆利用前后左右拨动摇杆去进行方向上的调整,直接影响着飞行游戏中的飞行状态,摇