



普通高等教育“十三五”创新型规划教材
理论+实践+数字资源一体化规划教材



紧扣教学大纲，突出重点
强化应用能力，迁移拓展
支持教学做考，立体资源

JISUANJI ZUCHENG YUANLI

计算机 组成原理

主编 ■ 魏胜利 曹 领



电子科技大学出版社



普通高等教育“十三五”创新型规划教材
理论+实践+数字资源一体化规划教材



JISUANJI ZUCHENG YUANLI

常州大学图书馆
藏书章

计算机 组成原理

主 审 孔 娟
主 编 魏胜利 曹 领
副主编 孔 娟 张 阳 周 华 孙国良



电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机组成原理 / 魏胜利, 曹领主编. — 成都 :
电子科技大学出版社, 2016.7

ISBN 978-7-5647-3584-5

I. ①计… II. ①魏… ②曹… III. ①计算机组成原
理 IV. ①TP301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 089727 号

计算机组成原理

主 编 魏胜利 曹 领

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编:610051)

策划编辑: 杜 倩

责任编辑: 李述娜

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 天津市蓟县宏图印务有限公司

成品尺寸: 203mm×260mm 印张 16 字数 410 千字

版 次: 2016 年 7 月第一版

印 次: 2016 年 7 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-5647-3584-5

定 价: 35.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 本社发行部电话:028-83202463;本社邮购电话:028-83201495。

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。

前言

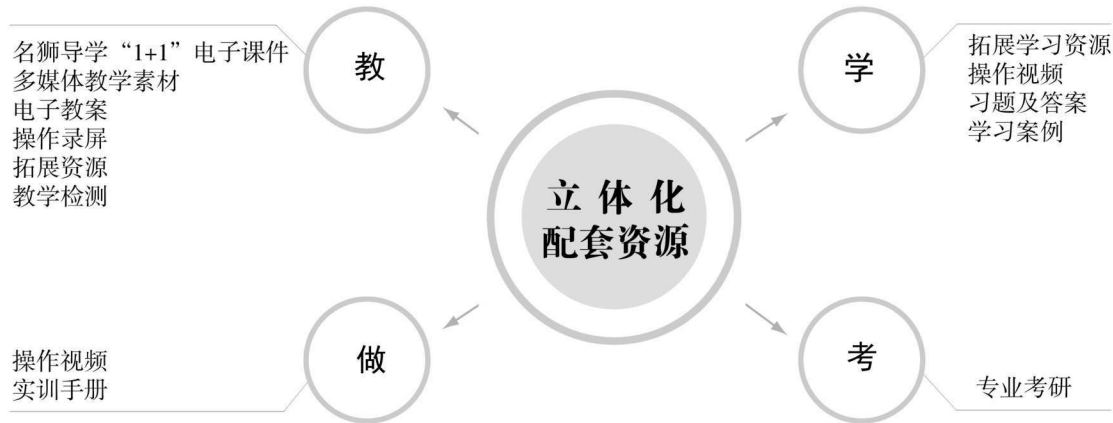
PREFACE

应用型本科教育的发展是高等教育进入大众化阶段的必然趋势,已成为我国高等教育的重要组成部分。《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》明确指出,提高质量是高等教育发展的核心任务,是建设高等教育强国的基本要求;突出强调高等学校要全面提高教育质量,创新人才培养模式,提升科学研究水平,增强社会服务能力,优化结构,办出特色。在应用型本科教学与教材建设中,必须考虑教学内容和结构符合专业培养方向的需求,既要适应现实,又要适应未来专业和学科发展的需求,要在教学中及时反映科学理论和技术的新发展,及时补充生产、服务和一线管理所需的新知识、新工艺、新技术和新方法,使学生的知识层次与科学技术发展水平趋于同步。因此,在教材改革逐步深化的今天,及时编写出一套专业适用性强、重点突出、案例教学、适用于应用型本科人才培养的教材已经势在必行。

计算机组成原理作为计算机专业的专业核心课程,在计算机相关专业中起着承前继后的关键作用,编写适合学生及专业特点的教材非常重要。目前,国内已经有了优秀的《计算机组成原理》教材。但这些教材要么是传统的针对本科学生的,要么是针对高职高专的,还没有专门针对应用型本科的合适的教材,因此我们在已有的优秀教材的基础上编写了适合应用型本科计算机专业的《计算机组成原理》教材。该教材既不像传统本科教材那样具有较高的理论深度和广度,也不像高职高专那样大幅削减理论内容,代之以更多的实践内容。我们力求在理论和实践中找到合适的比例,使之更加符合应用型本科的需求。在兼顾理论和实践的同时,我们创新写作方法,以计算机的基本组成为基本内容,以理解计算机工作过程和指令数据流动过程为主线主导编写思路,配以计算机模拟软件来模拟计算机的基本组成及指令和数据的流动过程,让学生能直观地看到计算机的工作过程,帮助他们对计算机工作原理的理解。同时增加了一些计算机技术和工艺最新的发展趋势,使学生既能兼顾基础知识,又能对最新的发展有所了解。

《计算机组成原理》是在学生学习过《数字逻辑》开设的课程的基础上,为学生下一步学习《计算机体系结构》《程序设计》《操作系统》《数据结构与算法》等课程提供必要的基础。《计算机组成原理》主要包括计算机的基本组成和结构、指令系统、计算机工作的原理、存储器系统、I/O 系统、中断系统等。

丛书立体化配套资源



全书一共分 8 章,第 1 章讲解计算机的基本硬件组成;第 2 章以一个模拟计算机来分析计算机工作的过程,介绍了计算机硬件性能指标;第 3 章讲解数据、字符、汉字、图形在计算机中的表示方法及常见的校验方法;第 4 章讲解存储器系统;第 5 章讲解 I/O 系统;第 6 章讲解指令系统;第 7 章讲解 CPU 的功能和结构;第 8 章讲解控制器的工作原理及设计方法。其中第 1 章和第 2 章由安阳工学院魏胜利编写,第 3 章由安阳工学院张阳、南阳师范学院孙国良编写,第 4 章和第 5 章由安阳工学院曹领编写,第 6 章由安阳工学院孔娟编写,第 7 章和第 8 章由中州大学周华编写。全书由魏胜利统稿,由孔娟审稿。

在编写该教材时,我们遵循以五个基本组成部分、一条主线的方式进行。即计算机由运算器、控制器、存储器、输入系统、输出系统五个部分组成,一条主线是指以计算机工作过程的指令流和数据流为主线,把计算机作为一个有机的整体,软件、硬件共同协调配合来完成工作,突出各个部件的作用,适当淡化原理。

作者常年使用唐朔飞老师的《计算机组成原理》和王诚老师的《计算机组成原理与体系结构》作为教材,收获良多,在编写本书的过程中也有所借鉴,在这里表示由衷的感谢,同时感谢安阳工学院计算机科学与信息工程学院领导及相关老师的大力协助和支持。

编 者

目录 CONTENTS

第 1 章 计算机的基本组成	1
1.1 计算机系统简介	2
1.2 硬件介绍	3
1.3 计算机的总线	6
1.4 微型计算机整机系统	15
第 2 章 计算机的工作过程	21
2.1 冯·诺依曼关于计算机的构想	22
2.2 模拟计算机系统	23
2.3 使用计算机解决实际问题的过程	27
2.4 利用计算机解决问题举例	27
2.5 计算机硬件性能指标	32
第 3 章 数据在计算机中的表示和运算	38
3.1 概述	39
3.2 数值型数据的表示	40
3.3 数值型数据的运算	57
3.4 字符的表示	75
3.5 其他常用数据信息编码	83
3.6 数据校验	85
第 4 章 存储器与存储系统	101
4.1 存储器概述	102
4.2 主存储器	105

4.3	存储系统的层次结构	117
4.4	主存储器与 CPU 的连接	120
4.5	高速缓冲存储器	124
4.6	并行存储器	132
4.7	虚拟存储器与辅助存储器	135
第 5 章	I/O 系统	143
5.1	I/O 系统概述	144
5.2	I/O 接口	151
5.3	程序查询方式	154
5.4	程序中断方式	158
5.5	DMA 方式	164
第 6 章	指令系统	171
6.1	指令系统概述	172
6.2	指令的格式	174
6.3	指令的寻址方式	177
6.4	指令的类型与功能	184
6.5	典型指令格式实例	186
6.6	RISC 计算机系统	189
第 7 章	CPU 的结构与功能	195
7.1	CPU 的功能与组成	196
7.2	时序系统与控制方式	203
7.3	中断系统	209
7.4	流水线技术	219
第 8 章	控制器	228
8.1	控制器的功能	229
8.2	控制器的组成	229
8.3	组合逻辑控制器	233
8.4	微程序控制器	237
8.5	组合逻辑控制器与微程序控制器的比较	244
参考文献		249

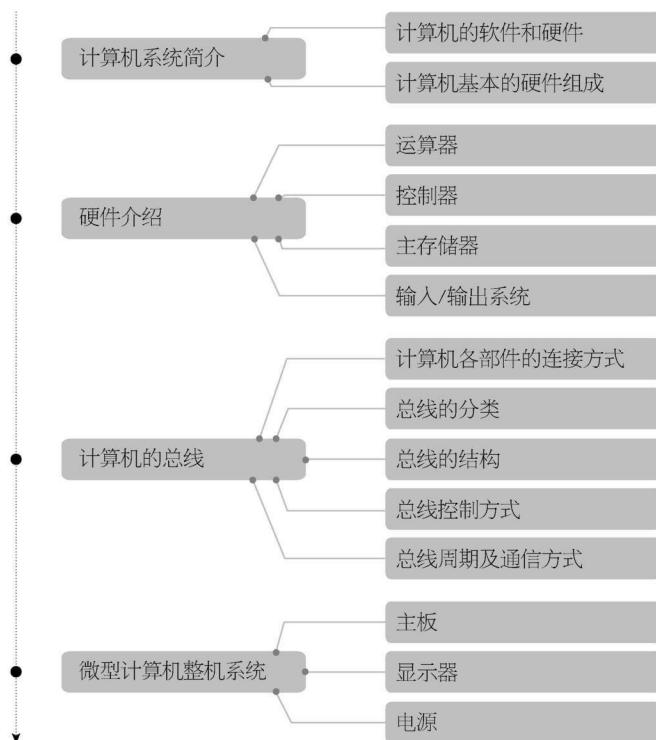
第 1 章 计算机的基本组成

【知识目标】

- 1.了解计算机的层次结构
- 2.掌握计算机基本的硬件构成
- 3.掌握计算机硬件的连接方式
- 4.掌握计算机的系统总线

【能力目标】

- 1.正确理解计算机硬件和软件的相互关系
- 2.分析计算机硬件不同的连接的特点
- 3.能够采用总线的方式实现硬件的连接
- 4.对现代计算机的构成有初步的认识
- 5.能够进行简单的分析和计算



本章主要介绍计算机系统的层次结构、计算机的硬件构成、硬件的连接方式、总线等内容,最后给出了一个现代计算机系统的构成情况。

1.1 计算机系统简介

1.1.1 计算机的软件和硬件

大家都觉得计算机很神奇,能完成很多包括复杂运算在内的功能。计算机的这些功能都是由计算机的硬件和软件相互配合完成的。同学们在大学一年级的時候都会学习《计算机导论》这门课程,在这门课程中大家也会了解到计算机由“硬件”和“软件”两大部分构成。

所谓“硬件”,是指计算机上看得见摸得着的实体部分,包括各类的电子器件,各类光、电、机等设备的实物。例如,CPU(Central Processing Unit,中央处理器)、存储器、主板、各种外设等。

所谓“软件”,就是各类的程序。现在可以在网上下载软件,然后安装运行。它们虽然看不见摸不着,但却是真实存在的,可以保存在U盘、移动硬盘、SD卡等设备中。在计算机中,它们不运行的时候通常保存在计算机的硬盘或者闪存中,运行的时候则被调入到计算机的主存(运行内存)中。程序一般可以使用一些字符编辑软件按照一些语言的语法要求进行编写,经过调试,最后编译成可执行的程序,以二进制的形式保存起来。

“软件”必须在相应的硬件上才能运行,而硬件要发挥功能则必须有相应的软件来实现。学习计算机组成原理,则必须了解计算机的硬件和软件是如何相互配合完成一定的功能的。计算机性能的发挥,不仅依赖于计算机的硬件,还依赖于计算机的软件。现在软件的地位和作用越来越重要,是评价计算机系统性能好坏的重要标准。以手机为例,国内小米等品牌的手机都在硬件配置上进行比拼,而苹果手机的硬件配置相对来说并不出彩,但苹果手机的用户体验却是一流的,这很大程度上得益于苹果手机完善的软件系统。

计算机软件可以分为系统软件和应用软件两大类。系统软件主要用来对计算机系统进行管理,方便用户使用,充分发挥计算机的性能。常见的系统软件包括操作系统、服务程序、数据库管理程序、各种语言处理程序、网络管理软件等。应用软件则是为了完成某种特定的需求而设计的,比如字处理软件 word、通信软件 QQ、财务处理软件等。随着计算机的应用越来越广泛,各种应用软件五花八门,数量众多。需要说明的是,不是所有的计算机系统都能区分出来系统软件和应用软件。例如某些嵌入式系统,在这些系统中可能运行了一些特定功能的软件,这些软件已经“固化”到系统里面,一般不能卸载。在这些系统中可能并没有操作系统这样的系统软件。

1.1.2 计算机基本的硬件组成

计算机的硬件也很多,不同的计算机系统硬件配置也各不相同,因此我们这里只讲能够构成一个计算机系统的基本的硬件组成。比如汽车种类繁多,有各种各样的配置,但它们一般都有一些基本的组成部分,包括发动机、变速箱、底盘等。因此,一个计算机的基本硬件组成概括为五部分,分别是:运算器、控制器、存储器、输入系统、输出系统。计算机的硬件构成框图如图 1-1 所示。输入/输出系统包括外设(外部设备)及其相关接口(这里没有画出,只画出了外设)。这些部件用连接线(一般是总线)连接起来构成一个计算机系统。

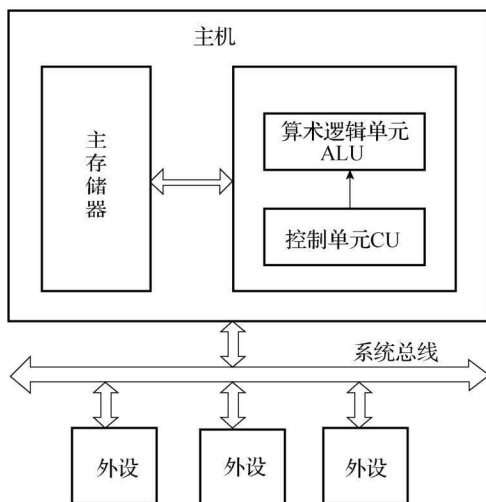


图 1-1 计算机整体硬件结构图

1.2 硬件介绍

1.2.1 运算器

运算器一般由一个算术逻辑单元(Algorithm and Logic Unit, ALU)、若干个寄存器、一些状态标记和移位控制电路组成。算术逻辑单元进行算术运算或者逻辑运算,寄存器用来暂存数据或者运算的中间结果。不同计算机系统的运算器包括的寄存器数量和作用也不完全相同:有的计算机系统设置了一些通用的寄存器,如 8086 系列计算机设置了 4 个通用寄存器和一些具有特殊功能的专用寄存器,而有的计算机系统中专门设置一个累加器(ACC),累加器中的数据作为 ALU 的一个输入,运算的结果通常也保存在累加器中。现代计算机倾向于在运算器中设置更多的寄存器,这样做有利于提高计算机的性能,因为访问寄存器的速度要远远快于访问存储器的速度。一个包含累加器 ACC 和一个通用寄存器 X 以及一个乘商寄存器 MQ 的运算器的结构如图 1-2 所示。

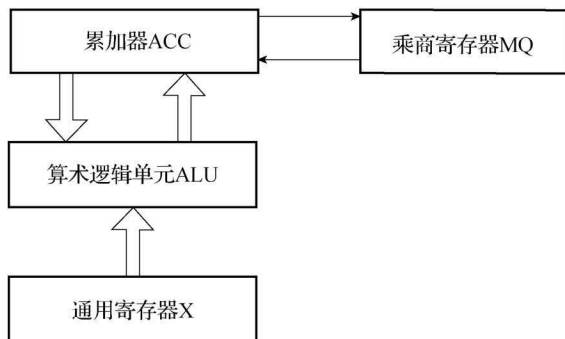


图 1-2 运算器的构成

1.2.2 控制器

控制器是计算机中最核心的部件,也是最复杂、最难设计和制造的部分。现代计算机一般把运算

器和控制器集成在一个芯片上,称为中央处理器(CPU,Central Processing Unit)。人们一般把 CPU 比作人的大脑,那么控制器就可以比作人的神经中枢。控制器控制和指挥计算机的各个部件自动地、协调地工作。计算机看起来能完成各种复杂的工作,其实质上是不断地从存储器中取出指令、分析指令、然后执行指令的过程。这个过程是在控制器发出的控制信号的控制下自动完成的。

控制器一般由程序计数器(PC, Program Counter)、指令寄存器(IR, Instruction Register)和控制单元组成。PC 里面存放的是将要执行的指令的地址,计算机根据这个地址将指令从存储器取出来进行分析和执行。PC 是很重要的寄存器,它决定了指令执行的顺序,也决定了程序的执行顺序。PC 具有自动加 1 的功能,因而可以自动形成下一条指令的地址,保证指令按顺序执行,如果遇到程序要跳到别的地方去执行,需要将该条指令的地址赋给 PC。IR 的作用是存放当前已经从存储器取出的指令。指令在计算机中以二进制的形式存储于存储器中,是一个二进制串。二进制串的长度称为指令的字长。这个二进制串通常包括两部分内容,一部分称为操作码,一部分称为操作数地址,这样的形式称为指令的格式,如图 1-3 所示。操作码指明这条指令做什么操作,如是加操作还是移位操作等。操作数地址则指明参与操作的数或者这个数存储的地址。当把指令从存储器中取出放入 IR 后,IR 中指令的操作码部分作为控制单元的输入送至控制单元,控制单元对指令进行分析,继而发出相应的控制命令,保证指令的正常执行。IR 中指令的操作数或者操作数地址则会送去相应的部件进行下一步的操作。

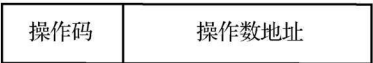


图 1-3 指令的格式

控制单元(CU, Control Unit)的作用是分析当前指令所需完成的操作,发出各种控制信号来控制 and 协调各个部件协调工作,共同完成任务。控制单元的输入除了指令的操作码之外,还有 CPU 标志、时钟信号以及其他部件和总线反馈过来的状态标志信号,它输出的控制信号发送到 CPU 及总线和其他部件。一个控制单元的外特性如图 1-4 所示。

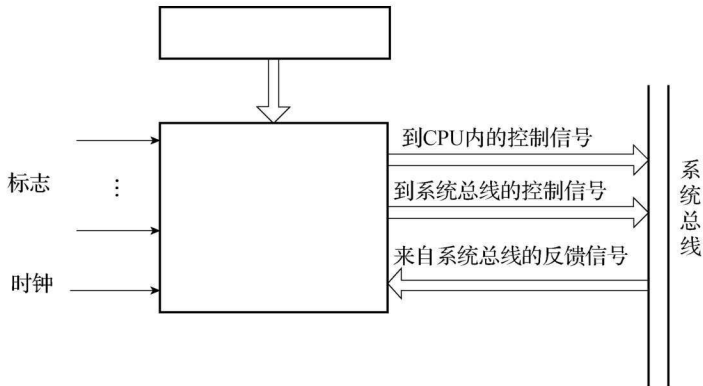


图 1-4 控制单元的外特性

1.2.3 主存储器

存储器的作用是存放将要执行的程序以及程序运行时所使用的数据。存储器的概念比较宽泛,因为在计算机中只要能存储二进制信息的都可以叫作存储器,如主存储器、高速缓存、硬盘、闪存等。但是,这里如果不特别声明的话,存储器一般指主存储器或者运行存储器。因为按照冯·诺依曼设想,计算机由五部分组成,就是前面说的五大部分,其中的存储器就是指主存储器。硬盘对计算机并不是必

需的,高速缓存也不是必需的。硬盘从结构上,可以把它作为外设来看待。

主存储器一般由存储体、存储器地址寄存器(Memory Address Register, MAR)、地址译码电路、驱动电路、读写控制电路等组成,有的可能还会有存储器数据寄存器(Memory Data Register, MDR)。存储器的构成如图 1-5 所示。

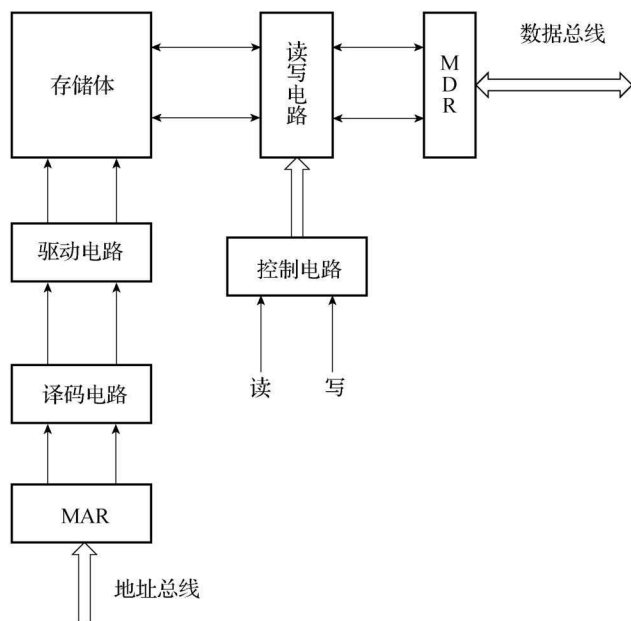


图 1-5 存储器的构成

存储体用来存储程序和数据。存储体包含许多存储单元,每个存储单元包含若干个存储元,可能是 8 个、16 个、32 个或者 64 个。每个存储元存放一个二进制位“0”或者“1”,所以一个存储单元可以存储若干个二进制位,也就是一个二进制串,这个二进制串可能代表指令、地址或者数据。二进制串的位数也称为存储字长,存储字长可能是 8 个、16 个、32 个或者 64 个。每个存储单元都有一个地址,可以通过该地址找到这个存储单元,从而可以从这个存储单元读取(读)存储单元的内容或者向这个存储单元存入(写)一个二进制串。

MAR 用来存储存储单元的地址。凡是要访问(读或者写)存储器的一个存储单元,就需要将该存储单元的地址赋给 MAR,由 MAR 驱动译码电路及驱动电路,打开该存储单元的进出通道,这样就可以实现对这个存储单元的读写。

地址译码电路本质上是一个译码器。译码器是一个组合逻辑电路,这个大家在数字电子技术课程中学过。地址译码器接收 MAR 作为它的输入,根据输入的不同,译码器的输出就有唯一一个输出端的电平不同于其他输出端的电平,从而可以使用这个唯一不同的电平打开(选通)该地址对应的存储单元。驱动电路的作用就在于对译码器输出的信号进行放大。

读写控制电路用来控制是从存储器中读出还是向存储器写入,它可以和译码电路的输出构成一个双向的三态门来实现读写控制。MDR 用来暂存从存储器读出或者向存储器写入的信息。这个 MDR 和存储器的每个存储单元连通,当某一个存储单元的通道被打开(选通),即可实现把 MDR 的信息写入该存储单元(写有效)或者从该存储单元把信息传输到 MDR(读有效),这个 MDR 和外部的数据总线相连。不是每个计算机系统的存储器都会设置 MDR,如果该计算机系统存在其他的暂存数据的部件,可以不设置该寄存器。

1.2.4 输入/输出(I/O, Input/Output)系统

一般把 CPU 和主存储器合称为主机。除了 CPU 和存储器之间要相互通信,此外,它们还要和外部设备进行通信。这些外部设备统称为外设,如键盘、鼠标、硬盘、打印机等。外设和主机通过总线的连接方式如图 1-6 所示。这里需要特别说明的是硬盘,硬盘从功能上来说存储信息的,但从计算机的结构上来讲,它属于外设。这些外设通过 I/O 接口与主机交换信息。由于外设种类繁多,工作原理各异,因此在这门课程中 I/O 系统重点讲解的是 I/O 接口而不是具体的外设。

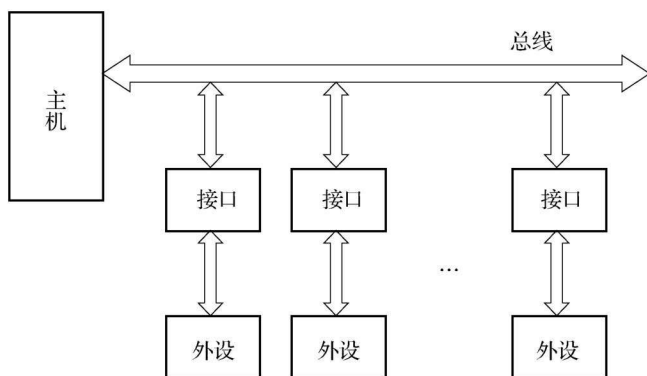


图 1-6 主机和外设连接

1.3 计算机的总线

1.3.1 计算机各部件的连接方式

计算机的各个部件需要连接成一个整体才能有效地工作,这些部件之间的连接有两种不同的方式。早期的计算机采用的是分散连接,即各个部件之间两两互连。由于分散连接方式会造成连线复杂、工作不稳定,影响计算机效率、不利于增删设备等问题,现在已不被采用。现代的计算机普遍采用总线的连接方式,就是各个部件通过一些公共的通道连接。

总线是各个部件连接的传输线,通过这些线实现信息(数据、指令、地址、控制信号等)的传递。由于一条总线上可能连接了多个设备,因此在某一时刻,只能有一个部件向总线发送信息,而多个部件可以同时从总线接收信息。当有多个部件同时申请使用总线,向总线传送信息时,需要根据一定的策略或者它们的优先级确定哪一个部件先使用总线。采用总线连接的计算机结构如图 1-1 和图 1-6 所示。

1.3.2 总线的分类

按照不同的分类方法,总线可以分为不同的类型。

1. 并行总线和串行总线

总线是一组线,有些线用于传输地址,有些用于传输控制信号,有些用于传输数据。按照总线的传输方式可以将总线分为并行总线和串行总线。

(1)所谓并行总线,是指通过该总线可以同时传输多个二进制位数据。这也就意味着并行总线传

输数据的线是多条,通过这些数据线可以同时传输多个二进制位。能够同时传输的数据位数,即传输数据线的条数称为总线的宽度。总线宽度有8位、16位、32位、64位等。

(2)所谓串行总线是指通过总线在某一时刻只能传输一个二进制位的数据。串行总线用于传输的数据线只有一条或者两条,一条数据线在某一时刻只能实现单方向的一位数据的传输。因此串行总线又可分为单工数据线、半双工数据线或者全双工数据线。单工数据线是指串行总线只有一条数据线,只允许向一个方向传输数据。半双工数据线也是一条数据线,可以允许双向的数据传送,但某个特定时刻只允许向一个方向传送数据。全双工的串行总线有两条数据线,因此允许向两个方向同时传送一位数据。

2. 片内总线、系统总线、通信总线

根据总线所处的位置或者连接部件的不同,可以将总线分为片内总线、系统总线和通信总线。

(1)片内总线是指一个芯片内部的总线,如CPU内部各个部件连接的总线。CPU内部各个寄存器之间、寄存器与ALU之间的总线都属于片内总线。由于片内总线封装在芯片的内部,因此本书不做讨论。

(2)系统总线是指CPU、主存储器、各个I/O接口等之间连接的总线。在很多计算机系统中,这些部件都是插在一个电路板(Printed Circuit Board,PCB)上,因此这些部件之间的连线一般用敷铜的形式制作在电路板上,所以这些总线又称为板级总线。例如拆开家用计算机的机箱,就会看到计算机的主板,CPU、内存条、显卡、网卡等都插接或者焊接在主板上。

系统总线里面各种连线承担的作用不同,它们传输的信息也不同,有的传送地址,有的传送数据,有的传送控制信号。根据它们传输的信息的不同,可以把它们分成数据总线、地址总线和控制总线。

①数据总线,用来传输数据。在系统总线中基本都是并行总线,一般承担双向数据传输的任务。其数据总线的条数称为总线的宽度,总线的宽度一般与计算机字长有关,一般为8位、16位、32位或者64位。总线的宽度越大,一次传输的二进制的位数也就越多,传输能力更强。

②地址总线,用来传输存储器的存储单元的地址或者I/O接口的地址。地址总线把地址传输到存储器或者I/O接口后,经过译码电路或者地址选择电路选中一个存储单元或者一个外设,然后在控制信号的控制下进行数据的传输。地址一般由CPU通过地址总线发送到存储器或者I/O接口,因此地址总线是单向传输。地址总线的位数(即有多少条地址线)与存储器存储单元的个数或者I/O接口中端口的个数有关。它们之间一般存在 2^n 的关系。如地址线为20条,则对应的存储单元的个数为 2^{20} 个。

③控制总线,用来传输控制信号,它是多条控制线的总称。控制总线有两种类型,一是由CPU发出控制命令到存储器或者外设,控制这些部件的操作,另外一种是由存储器或者外设发送到CPU,传输存储器或者外设的状态。

(3)通信总线,是指计算机系统与计算机系统或者其他系统之间的通信。这些通信种类繁多,速度快慢不一,协议差别巨大。

1.3.3 总线结构

通过系统总线将CPU、主存储器和外设连接起来有多种结构形式,称为总线结构。总线结构多种多样,大致上可以分为两种类型:单总线结构和多总线结构。

1. 单总线结构

单总线结构就是将 CPU、主存储器和 I/O 设备(通过 I/O 接口)连接在一组总线上,其结构形式如图 1-7 所示。每一种总线结构都和功能特点相适应,单总线结构所有的部件都挂在这一条总线上,这种总线形式结构简单,但所有部件共同使用这一条总线传输信息,容易发生总线的竞争,形成计算机系统的瓶颈。这种结构一般用于功能简单的小型计算机系统。

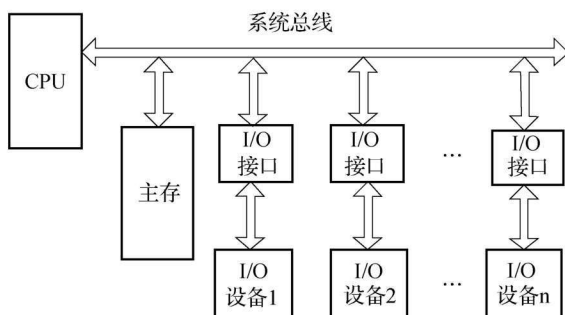


图 1-7 单总线系统

现在人们对计算机的性能提出的要求越来越高,计算机系统的外设种类和数量越来越多,单总线结构不能满足要求,所以就出现了多总线结构。

2. 多总线结构

多总线结构就是计算机系统中有两条或者更多的总线,而不是只有一条总线。多总线结构的形式会更加多样,每种总线结构都会有自己的特点和应用优势,但也会存在相应的缺陷,图 1-8 是一个双总线结构。大家可以自行分析这种总线结构的特点、优势和不足。

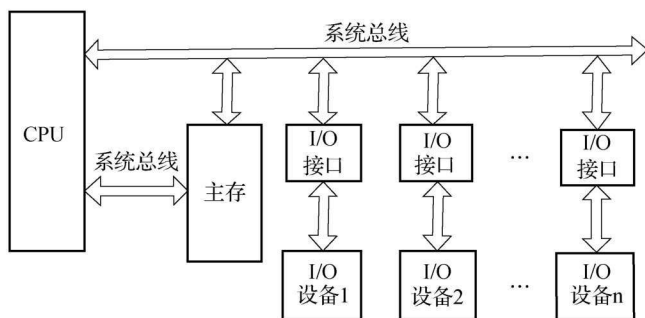


图 1-8 双总线系统

图 1-9 是一个三总线结构。在这种结构中 CPU 和主存存在一条总线, I/O 接口和 CPU 之间存在一条总线, 存储器和 I/O 接口之间存在一条 DMA (Direct Memory Access, 直接存储器访问) 总线。DMA 方式允许在存储器和 I/O 接口之间不通过 CPU 直接传输数据, 从而可以解放 CPU, 使 CPU 在 DMA 传输的同时可以同时处理其他任务。关于 DMA 传输在 I/O 系统专门会有讲解。这种总线结构允许各个总线同时传输数据, 从而提高计算机的性能。但要注意的是如果两条总线同时访问同一个设备, 而该设备没有多体并行的能力, 也会存在设备的竞争, 从而会对计算机性能的发挥产生影响。如 CPU 和某个 I/O 接口同时要访问存储器, 而存储器只是一个单体存储器, 只能同时允许一个设备访问, 那么主存就不能同时为 CPU 和 I/O 接口服务。此时可以采用其他方法, 比如周期窃取的方式来解决这个问题。

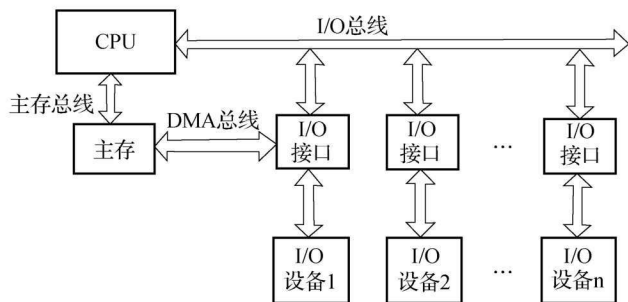


图 1-9 三总线系统

1.3.4 总线控制方式

总线上挂着多个部件,当出现总线竞争,也就是多个部件同时申请使用总线时,该如何保证总线的正常通信,称为总线的控制方式。通过总线传输的通信的双方必须配合好才能完成通信,通常双方要遵循一定的通信协议来保证有效地通信,这称为通信方式。显然,各不相同的通信协议不利于总线推广,所以在一些机构的参与下出现了多个标准的通信协议或者总线标准。关于总线标准大家可以参考 <http://baike.haosou.com/doc/5411512-5649620.html>。

总线上通信的双方通常一个为主设备,一个为从设备,好比打电话,一方打电话一方接电话。主设备对总线有控制权,从设备只能响应从主设备发来的总线命令。总线上信息的传送是由主设备启动的,如某个主设备欲与另一个设备(从设备)进行通信时,首先由主设备发出总线请求信号,若多个主设备同时要使用总线时,就由总线控制器的判优、仲裁逻辑按一定的优先等级顺序,确定哪个主设备能使用总线,只有获得总线使用权的主设备才能开始传送数据。总线的控制方式通常有三种,分别是串行链接方式、定时查询方式和独立请求方式。

1. 串行链接方式

在串行链接方式下,总线使用权的分配通过 3 根控制线来实现:总线允许、总线请求和总线忙信号线,如图 1-10 所示。所有的功能部件经过一条公共的总线请求信号线向总线控制器发出要求使用总线的请求,控制器收到总线申请后,首先检查总线忙信号线,只有当总线处于空闲状态时,总线控制器才响应发给它的总线申请。如果总线空闲,总线控制器送出总线允许的回答信号,该信号串行地通过每个部件。未发出总线请求的部件在接收到总线允许信号时将其传送给下一个功能部件;发出请求的部件在收到总线可用信号后就停止传送该信号,此时,它就获取了总线使用权,它之后如果还有部件发出了总线申请,也无法获取总线允许。获得总线使用权的部件建立总线忙信号,并去除总线请求信号,开始总线操作。在数据传送期间,总线忙信号一直维持,表示总线现在被占用。完成数据传送后,部件撤销总线忙信号。此后若有总线请求,则再次开始总线分配过程。

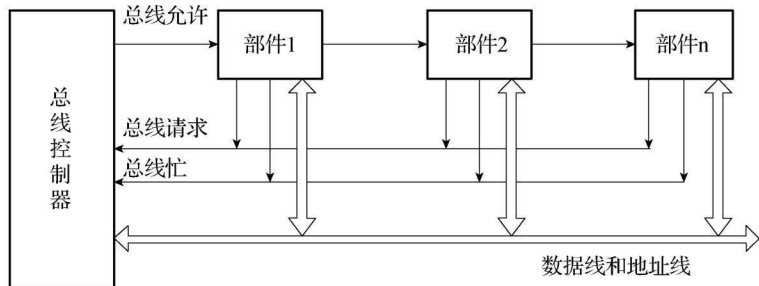


图 1-10 串行链接方式

可见,这种方式使用总线的优先次序完全由总线所接部件的物理位置来决定,离总线控制器越近的部件其总线使用权的优先级别越高,越远的部件优先级别越低。

串行链接方式的主要优点是总线裁决算法简单,用于控制总线分配的线数很少,与挂接在总线上的部件的数量无关,易于扩充设备。但这种方式由于优先级是固定的,灵活性较差,不能由软件改变优先级,如果级别高的部件频繁使用总线时,优先级低的部件可能很久得不到响应。由于总线可用信号串行地通过各个部件,这限制了总线分配的速度;在总线可用信号传输的过程中,如果第1个部件发生故障,在其后的所有部件将永远得不到总线的使用权,即对硬件的失效很敏感。在总线上增加、去除或移动部件也要受总线长度的限制。

2. 定时查询方式

图 1-11 为采用定时查询方式的集中式总线控制方式。定时查询方式的原理是在总线控制器中设置一个查询计数器。由控制器轮流地对各部件进行测试,看其是否发出总线请求。当总线控制器收到申请总线的信号后,计数器开始计数,如果申请部件编号与计数器输出一致,则计数器停止计数,该部件可以获得总线使用权,并建立总线忙信号,然后开始总线操作。使用完毕后,撤销总线忙信号,释放总线,若此时还有总线请求信号,控制器继续进行轮流查询,开始下一个总线分配过程。

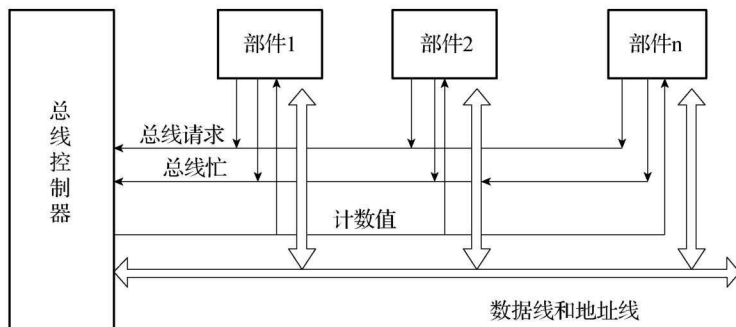


图 1-11 定时查询方式

计数器的值可以每次从“0”开始计数,这时部件的优先级类似于串行链接方式;如果计数器的值每次从上次的中止点开始计数,则是一种循环优先级,每个部件获得总线使用权的机会均相等;计数器的值还可以通过程序的方法来改变,在每次总线分配前赋予计数器一个起始值,同样,部件号也可以由程序指定,这样部件的优先级有较灵活的变化。

查询方式是用计数查询线代替了串行链接方式的总线可用信号线,这样不会因某一部件的故障而影响其他部件获得总线的使用权,可靠性较高。但查询线的数目限制了总线上可挂接的部件数目,扩充性较差,而且控制较为复杂,总线的分配速度取决于计数信号的频率和部件数,速度仍然不会很高。

3. 独立请求方式

每个部件都有各自的一对总线请求线和总线允许线,各部件可以独立地向控制器发出总线请求,总线忙信号线是所有部件公用的,如图 1-12 所示。当部件要申请使用总线时,传送总线请求信号到总线控制器,如果总线空闲,总线控制器按照某种算法对同时送来的请求进行裁决,确定响应哪个部件发来的总线请求,然后返回这个部件相应的总线允许信号。部件得到总线允许信号后,获得总线使用权,撤销自己的总线申请信号,建立总线忙信号,这次的总线分配结束。直至该部件传输完数据前,该部件一直拥有总线使用权。传输完毕后撤销总线忙信号,释放总线,总线控制部件可以接受新的申请信号,开始下一次总线分配。