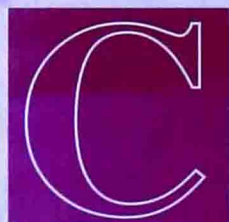


21世纪高等学校计算机**专业**实用规划教材

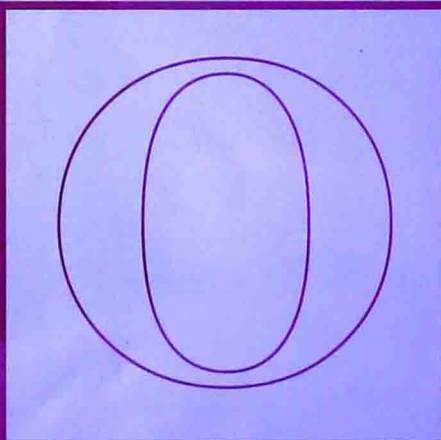
计算机组成原理

(第二版)



肖铁军 主编

丁 伟 邹婷婷 杨旭东 马学文 副主编



清华大学出版社



21 世纪高等学校计算机**专业**实用规划教材

计算机组成原理

(第二版)

肖铁军 主编

丁 伟 邹婷婷 杨旭东 马学文 副主编

清华大学出版社

内 容 简 介

本书系统介绍计算机的基本组成、基本原理和基本分析方法,全书共分9章,包括计算机系统概述、信息表示、逻辑电路基础、运算方法与运算器、存储器、指令系统及汇编语言程序设计、控制器与中央处理器、存储体系及输入输出系统,阐述计算机从部件到整机的组织结构和工作原理。

本书内容深入浅出,循序渐进,每章均附有习题,可作为高等院校计算机专业教材,也可作为相关科技人员的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

计算机组成原理/肖铁军主编.--2版.--北京:清华大学出版社,2015

21世纪高等学校计算机专业实用规划教材

ISBN 978-7-302-39401-3

I. ①计… II. ①肖… III. ①计算机组成原理—高等学校—教材 IV. ①TP301

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第031473号

责任编辑:黄 芝 薛 阳

封面设计:傅瑞学

责任校对:焦丽丽

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:20 字 数:484千字

版 次:2010年6月第1版 2015年4月第2版 印 次:2015年4月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:39.00元

第二版前言

本教材第一版出版后不少老师和读者发来电子邮件,提出了许多宝贵的意见和建议。为了使教材能够更好地适应不同学校、专业的教学计划,反映计算机技术的发展,第二版对教材内容做了一些补充、修改和调整。第二版还配套了实践教程,便于结合理论课开展实践教学,倡导“从设计的角度理解计算机的组成和工作原理”的教学理念。

近年有些学校尝试教学改革,将硬件相关基础课程打通为一门《计算机组成原理》或《计算机硬件基础》,为此本书第二版增加了“信息表示”和“逻辑电路基础”两章,其中信息表示一章除了介绍进位记数制、定点数和浮点数的表示等内容外,还增加了如何理解 C 语言数据类型的内容;“逻辑电路基础”一章除了逻辑代数基础知识外,着重从应用的角度介绍计算机中常用的基本逻辑模块的功能。考虑到有的专业没有单独开设汇编语言课程,“指令系统”这一章补充了汇编语言程序设计的基础知识。存储器与存储体系分为两章,“存储器”一章增加了相变存储器等新型非易失性存储器;“存储体系”一章重点对高速缓存做了修改。“控制器和中央处理器”一章介绍的模型机升级为 JUC-II,该模型机已经在 FPGA 上实现,配套实践教程设计了相应的实验和课程设计项目,这一章安排在“存储体系”之前,有利于更早地建立整机的概念,更好地理解高速缓存、虚拟存储与 CPU 的关系。将第一版的“输入输出系统”和“系统总线”两章合并为一章,删除了教学中一般较少涉及的输入输出设备内部结构原理以及 I/O 通道等内容,重新组织了内容。

本书第二版主要由肖铁军、丁伟、邹婷婷、杨旭东、马学文共同编写,刘芳参加了第 9 章的部分编写工作。欢迎读者一如既往地对本书提出意见和建议,电子邮件: tj.xiao@126.com。

编 者

2015 年 1 月

第一版前言

本书适用于高等院校计算机类各专业及相关专业的本科生。“计算机组成原理”作为计算机专业的一门重要的核心专业基础课程,主要讨论计算机从部件到整机的组织结构和工作原理,在课程体系中起着承上启下的作用。

本教材讲述的是一般性原理,并不针对任何具体的商业机型,而是综合了国内外计算机类型中较为成熟的先进技术,兼顾计算机发展的新技术、新成果,力求做到深入浅出。为了避免一般性的抽象原理不便于分析理解,本教材既从面上反映不同的典型结构,也有深入的分析,点面结合;通过一个模型机的实例将相关章节联系起来,最终形成一个整机的概念,系统性较强。本教材设计的JU-C1教学微处理器已经在FPGA上设计实现,可用于配套的实践教学。

本书共分7章,授课学时为70~90学时,在教学中可根据具体情况对教材内容取舍。

第1章计算机系统概论首先透过计算机的发展历程探究计算机技术飞速发展的动力所在,然后介绍了冯·诺依曼结构计算机的基本组成,使读者建立整体概念,了解计算机各部件之间的关系,有利于后续的学习。

第2章讨论运算方法和运算器,包括数制与编码的基础知识,数据的表示方法和校验方法,定点数和浮点数的四则运算及溢出判断方法,运算器的组织结构及数据加工流程。

第3章介绍存储器和存储体系。存储器以“存储位元—存储器芯片—主存储器”为主线,讲述相关的半导体存储器原理和主存储器的构成;存储体系以“高速缓存—主存—虚拟存储”为层次,讨论如何解决速度与容量的矛盾。

第4章是指令系统,讲述指令系统的一般设计原则和寻址技术,最后以JU-C1教学模型机为例,介绍了它的指令系统。

第5章是很关键的一章,通过这一章的学习将建立起计算机主机的概念,并通过指令执行流程,理解计算机的工作原理。在讲述了控制器的基本原理之后,以JU-C1教学模型机为例,具体讲解了微程序控制器设计方法。这一章的最后还介绍了指令流水线。

第6章和第7章讲解输入输出系统和系统总线。包括常用外部设备、辅助存储器,主机与外设的数据传送方式,总线仲裁等内容。

本书由计算机组成原理课程组的六位老师合作编写,第1章和第5章由肖铁军编写,第2章由邹婷婷编写,第3章主要由杨旭东编写,第4章由丁伟编写,第6章由袁晓云编写,马学文编写了第7章以及第3章的一部分。研究生于洋参加了JU-C1教学模型机的FPGA

设计验证工作。由于作者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。电子邮箱: tj. xiao@126. com。

编 者

2010 年 3 月

于江苏大学

目 录

第 1 章 计算机系统概述	1
1.1 计算机的发展历程	1
1.2 计算机硬件的基本组成	2
1.2.1 存储器	2
1.2.2 运算器	3
1.2.3 控制器	4
1.2.4 输入输出设备	4
1.2.5 总线	4
1.3 程序设计语言和计算机的层次结构	6
1.4 计算机的主要性能指标	7
1.4.1 机器字长	7
1.4.2 运行速度	7
习题	8
第 2 章 信息表示	10
2.1 进位记数制及其相互转换	10
2.1.1 进位记数制	10
2.1.2 数制转换	11
2.2 数值数据的表示	12
2.2.1 定点数的表示	12
2.2.2 浮点数的表示	16
2.2.3 C 语言中定点数和浮点数的表示	20
2.2.4 十进制数的二进制编码	22
2.3 非数值数据的表示	24
2.3.1 逻辑类型数据表示	24
2.3.2 字符编码	24
2.3.3 汉字编码	25
2.4 可靠性编码	27
2.4.1 格雷码	27
2.4.2 奇偶校验码	27

2.4.3	汉明校验码	28
2.4.4	循环冗余校验码	29
习题		30
第3章	逻辑电路基础	32
3.1	逻辑代数基础.....	32
3.1.1	逻辑常量、逻辑变量.....	32
3.1.2	逻辑代数的基本运算	32
3.1.3	基本逻辑公式、定理和规则.....	33
3.1.4	逻辑函数	34
3.1.5	逻辑函数化简	37
3.2	逻辑电路.....	39
3.2.1	逻辑门电路	39
3.2.2	门电路的实现	40
3.2.3	集成电路	43
3.2.4	可编程逻辑电路	43
3.2.5	逻辑电路的设计模式	46
3.3	计算机中常用的组合逻辑电路.....	46
3.3.1	加法器	46
3.3.2	译码器	50
3.3.3	多路选择器	52
3.3.4	三态门	52
3.4	计算机中常用的时序逻辑电路.....	53
3.4.1	基本 R-S 触发器和 D 触发器	53
3.4.2	锁存器	54
3.4.3	数据寄存器	54
3.4.4	移位寄存器	55
3.4.5	计数器	56
习题		57
第4章	运算方法与运算器	58
4.1	定点数加减法运算.....	58
4.1.1	原码加减运算方法	58
4.1.2	补码加减运算方法	58
4.1.3	补码加减运算的逻辑实现	60
4.1.4	移码加减运算	61
4.2	定点数移位运算.....	62
4.2.1	逻辑移位	63
4.2.2	算术移位	63

4.2.3	循环移位	64
4.3	定点乘法运算	64
4.3.1	原码乘法运算	65
4.3.2	补码乘法运算	68
4.3.3	阵列乘法器	72
4.4	定点除法运算	73
4.4.1	原码除法运算	74
4.4.2	补码除法运算	78
4.4.3	阵列除法器	80
4.5	浮点数的四则运算	81
4.5.1	浮点加减运算	82
4.5.2	浮点乘除运算	84
4.6	运算器的组织	85
4.6.1	定点运算器的组成与结构	86
4.6.2	定点运算器实例	88
4.6.3	浮点运算器的组成与结构	91
习题		92
第5章	存储器	94
5.1	存储器概述	94
5.1.1	存储器的分类	94
5.1.2	存储器的性能指标	95
5.2	半导体随机存取存储器	96
5.2.1	静态随机存取存储位元	96
5.2.2	动态随机存取存储位元	97
5.2.3	半导体随机存取存储芯片	100
5.2.4	DRAM 的发展	106
5.3	非易失性半导体存储器	110
5.3.1	掩膜型只读存储器	110
5.3.2	一次可编程只读存储器	110
5.3.3	可擦除可编程只读存储器	111
5.3.4	电可擦除可编程只读存储器	112
5.3.5	Flash 存储器	113
5.3.6	铁电存储器	115
5.3.7	磁性随机存储器	116
5.3.8	相变存储器	117
5.4	主存储器的组织	118
5.4.1	CPU 与主存储器的连接	118
5.4.2	主存储器容量的扩充	118

5.4.3	主存储器的编址方式	122
5.4.4	哈佛结构	123
5.5	辅助存储器	124
5.5.1	磁记录原理及记录方式	124
5.5.2	磁盘存储器	127
5.5.3	磁带存储器	133
5.5.4	光盘存储器	134
	习题	138
第6章	指令系统及汇编语言程序设计	140
6.1	指令系统的基本概念	140
6.1.1	指令和指令系统	140
6.1.2	指令的格式	141
6.1.3	指令的类型	146
6.2	寻址方式	149
6.3	RISC 技术	154
6.3.1	RISC 的产生及发展	154
6.3.2	RISC 的主要特征	155
6.3.3	RISC 与 CISC 的比较	156
6.4	指令系统举例	158
6.4.1	Intel 8086 指令系统	158
6.4.2	RISC II 指令系统	159
6.4.3	PowerPC 指令系统	160
6.5	汇编语言程序设计	162
6.5.1	基本概念	162
6.5.2	JUC-II 模型机的功能结构	163
6.5.3	JUC-II 模型机的指令系统	164
6.5.4	JUC-II 模型机的汇编语言	167
6.5.5	顺序结构程序设计	170
6.5.6	分支程序设计	171
6.5.7	循环程序设计	176
6.5.8	堆栈及子程序	178
6.5.9	汇编语言程序设计举例	181
	习题	183
第7章	控制器和中央处理器	186
7.1	控制器概述	186
7.1.1	控制器基本组成	186
7.1.2	控制器的工作过程	187

7.1.3 控制器的实现方式..... 188

7.2 CPU 数据通路 188

7.2.1 Intel 8080 的数据通路 188

7.2.2 VAX-11/780 的数据通路 190

7.2.3 模型机 CPU 的数据通路 192

7.3 指令执行流程 196

7.3.1 取指令阶段..... 196

7.3.2 取操作数阶段..... 196

7.3.3 执行阶段..... 196

7.3.4 指令执行的微操作序列举例..... 198

7.4 硬布线控制器 202

7.4.1 同步控制和异步控制..... 202

7.4.2 多级时序系统..... 203

7.4.3 硬布线控制器的设计..... 206

7.5 微程序控制器 209

7.5.1 微程序控制基本原理..... 209

7.5.2 微指令编码方式..... 212

7.5.3 后继微指令地址的形成..... 214

7.5.4 微程序控制的时序..... 216

7.6 微程序控制器设计实例 217

7.6.1 微指令编码设计..... 217

7.6.2 微地址形成..... 218

7.6.3 取指令的微程序设计..... 221

7.6.4 取操作数的微程序设计..... 221

7.6.5 执行阶段的微程序设计举例..... 222

7.7 流水线技术 225

7.7.1 流水线的基本原理..... 225

7.7.2 流水线的性能指标..... 226

7.7.3 流水线的分类..... 228

7.7.4 指令流水线的相关与冲突..... 229

7.7.5 流水线的指令调度..... 231

7.7.6 超标量与超流水线..... 232

习题..... 233

第 8 章 存储体系..... 238

8.1 并行存储器 238

8.1.1 双端口存储器..... 238

8.1.2	多模块交叉存储器	239
8.1.3	相联存储器	240
8.2	高速缓冲存储器	241
8.2.1	cache 的基本原理	242
8.2.2	地址映像	242
8.2.3	替换算法	245
8.2.4	cache 的读写策略	248
8.2.5	cache 的多层次结构	249
8.3	虚拟存储器	250
8.3.1	虚拟存储器的基本概念	251
8.3.2	页式虚拟存储器	251
8.3.3	段式虚拟存储器	253
8.3.4	段页式虚拟存储器	254
8.3.5	快速地址变换	254
8.4	存储体系的层次结构	255
	习题	256

第9章 输入输出系统 259

9.1	输入输出系统概述	259
9.1.1	输入输出系统的组成	259
9.1.2	输入输出设备	259
9.1.3	输入输出接口	260
9.1.4	输入输出接口与主机的信息传送控制方式	263
9.2	程序查询方式	265
9.2.1	程序查询传送工作流程	265
9.2.2	查询输入接口	266
9.2.3	查询输出接口	267
9.3	程序中断方式	268
9.3.1	中断概述	268
9.3.2	中断请求的表示与控制	270
9.3.3	中断响应	272
9.3.4	中断服务和中断返回	277
9.3.5	中断嵌套	278
9.3.6	中断优先级的动态分配	280
9.4	直接存储器存取方式	281
9.4.1	DMA 概述	282
9.4.2	DMA 控制器	282

9.4.3 DMA 传送方式 284

9.4.4 DMA 传送过程 285

9.5 总线 287

9.5.1 总线的特性和性能指标..... 287

9.5.2 总线仲裁..... 289

9.5.3 总线操作和定时..... 292

9.5.4 典型总线标准..... 296

习题..... 303

计算机是一种具有快速运算能力、逻辑判断功能、存储功能的电子设备,是不需要人工干预的信息处理自动机。

在早期,计算机主要用于科学计算。现在,计算机已广泛应用于各行各业和社会生活,其主要功能已不是单纯的科学计算,而是信息处理。所以,计算机也被称为“电脑”,它解放了人的脑力劳动,是人脑的延伸和增强。

1.1 计算机的发展历程

数字电子计算机的研制始于 20 世纪 30 年代末、40 年代初,关于 ABC(Atanasoff-Berry Computer)和 ENIAC(Electrical Numerical Integrator And Calculator)谁是第一台数字电子计算机一直存在争议。影响较大、功能最强的是 ENIAC。ENIAC 于 1946 年 2 月在美国的宾夕法尼亚大学宣布研制成功,ENIAC 使用了 17 468 个真空电子管,占地 167 平方米,重 30 吨,耗电 160 千瓦;运算速度是每秒 5000 次加法,357 次乘法或 38 次除法。这样一个笨重的庞然大物其性能不抵今天的一个掌上电脑,但在当时已经显示了它的巨大威力,运算速度是当时其他计算装置的 1000 倍,是手工计算的 20 万倍。ENIAC 的问世是一个里程碑。著名数学家约翰·冯·诺依曼(John von Neumann)在一个偶然的的机会得知正在研制 ENIAC,并参加了中后期的研制工作。他分析了 ENIAC 有一个很大的弱点,即没有真正的存储器,暂存器只能存储 20 个 10 位的十进制数,它的“程序”是用线路连接的方式实现的,更改计算程序极为不便;但是在 ENIAC 上完成改进已经不可能。1945 年 6 月,冯·诺依曼提出了关于离散变量自动电子计算机(Electronic Discrete Variable Automatic Computer,EDVAC)的报告草案,后来又提出了更为完善的报告《电子计算装置逻辑结构初探》,报告中提出的设计思想对后来的计算机研制产生了巨大的影响,概括下来主要是以下三点:

第一,采用二进制。相对于十进制,二进制对电子元件的要求更低,只要有两个可以相互转换的稳定状态就可以,抗干扰能力更强,运算规律简单,有利于简化逻辑线路。

第二,程序存储(stored-program)。把程序(包括指令和数据)存放在存储器中,根据指令控制计算机的执行,这一思想标志着自动运算的开始。

第三,计算机系统由运算器、存储器、控制器、输入设备、输出设备五大部件组成。

上述设计思想被称为“冯·诺依曼结构”,并沿用至今。在冯·诺依曼提出 EDVAC 设计的随后几年中,英国和美国分别研制了商业数字电子计算机 EDSAC 和 UNIVAC。至此,数字电子计算机发展的萌芽时期遂告结束,开始了依据程序存储器、程序控制思想的现

代计算机发展之路。

第一代电子计算机称为电子管计算机(1946—1957)。逻辑元件采用真空电子管,主存储器采用延迟线、磁芯,运算速度在几次/秒。软件编程采用机器语言和汇编语言,应用以科学计算为主。

第二代电子计算机称为晶体管计算机(1958—1964)。逻辑元件采用晶体管,主存储器采用磁芯,运算速度在几十万次/秒,软件编程采用高级语言,开始出现操作系统,应用领域除科学计算外,扩展到数据处理。

第三代电子计算机称为集成电路计算机(1964—1972)。逻辑元件和主存储器均采用集成电路,运算速度在几百万次/秒,机型多样化、系列化,软件中的操作系统开始普及,软件工程兴起,应用领域迅速发展,包括商业、科技、工程等领域。

第四代电子计算机称为大规模集成电路计算机(1972年以后)。逻辑元件和主存储器均采用大规模和超大规模集成电路,多处理机系统已经显现优势,计算机系统已向网络化发展,应用领域更加广泛并逐渐改变着人类的生活方式。

从上面的发展历程可以看出,计算机的发展与电子技术、微电子技术的发展息息相关。计算机技术的发展速度远远超过了历史上任何一项技术的发展速度。如今超大规模集成电路仍然在不停向前发展,计算机技术也在迅速地发展,只是不再按照规模去命名第几代。

1.2 计算机硬件的基本组成

按照冯·诺依曼结构,计算机硬件系统由五大部件组成,这五大部件之间的关系如图 1.1 所示。

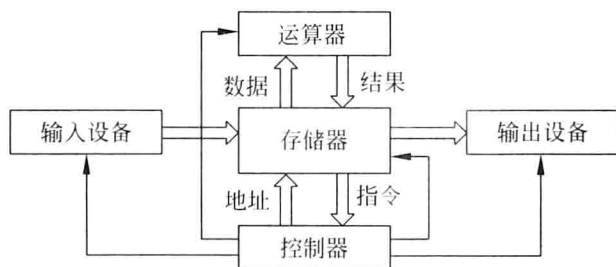


图 1.1 计算机系统的基本组成

计算机的五大部件可以归结为主机和外部设备两大部分,运算器、控制器和存储器三个部件构成计算机主机,再把输入输出设备包括进来,构成计算机系统。通常将运算器和控制器合称为中央处理器(Central Processing Unit, CPU),简称处理器(processor);当大规模集成电路发展起来以后,CPU 被集成在一块芯片上,从物理形态上是一个整体,逻辑上仍然分为运算器和控制器。

1.2.1 存储器

存储器(Memory)是信息中心,它存储程序和数据两类信息。程序是控制信息处理过程的依据,数据则是信息处理的对象。存储器的基本结构如图 1.2 所示。

存储体由若干个存储单元组成,给每个单元赋予一个唯一的编号,称为地址,如图 1.3 所示。一个单元存放若干位二进制信息,称为一个字(Word);每个单元所能存放的二进制信息的位数称为存储器的字长,常见的存储器字长有 8 位、16 位、32 位、64 位等。所有单元所能存放的二进制信息的位数称为存储器的存储容量。

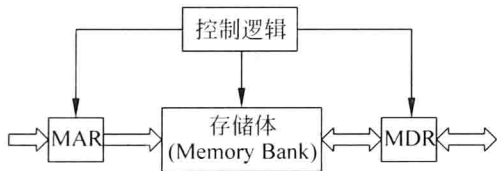


图 1.2 存储器的基本结构

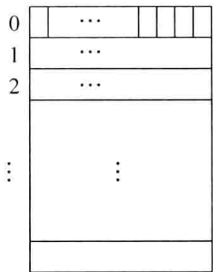


图 1.3 存储器的存储单元示意图

向存储器中存入一个数据称为写入,取出一个数据称为读出。读或写统称为访问(Access)。对存储器的访问是按地址进行的,也就是说,必须给出要访问单元的地址,然后才能写入或读出,一次访问一个地址单元。和日常生活中“存取”的概念有所不同的是,取出之后,该单元的信息并不会丢失,只是取出了一份副本;写入之后,该单元的内容被覆盖,原来存放的信息就不存在了。

地址寄存器(Memory Address Register, MAR)用来暂存要访问的存储单元地址,在整个读写期间, MAR 中的地址必须保持不变。数据寄存器(Memory Data Register, MDR)在读写期间用作数据缓冲,因为 CPU 的操作与存储器的存取速度差异很大,因此需要用一个缓冲寄存器存放读出和写入的信息。

控制逻辑主要用于给出读写时序的控制信号。读出时, CPU 把要读出的存储单元的地址送给 MAR,在控制逻辑的控制下,把被选中的存储单元的内容送到 MBR 供 CPU 读出。写入时, CPU 把要写入的存储单元的地址送给 MAR,同时把要写入的数据送给 MDR,然后在控制逻辑的控制下,将 MBR 的内容写入 MAR 指定的存储单元去。

1.2.2 运算器

运算器是计算机的信息加工处理部件,它的基本功能是完成算术运算和逻辑运算以及移位操作。由于任何数学运算最终都可以转化为加法和移位这两种最基本的运算,所以运算器的基本算术运算是整数加法运算;而任何逻辑运算都可以用与、或、非实现,所以运算器的基本逻辑运算是与、或、非运算。

运算器的基本结构如图 1.4 所示,其核心是算术逻辑单元(Arithmetic Logic Unit, ALU),通常也用 ALU 代表运算器。此外还包括一些数据暂存器和通用寄存器组(General Register Set, GRS),用来暂存操作数以及运算结果。由于运算器内部寄存器的访问速度比主存储器快很多,用寄存器暂存运算的中间结果能大大提高运算速度。

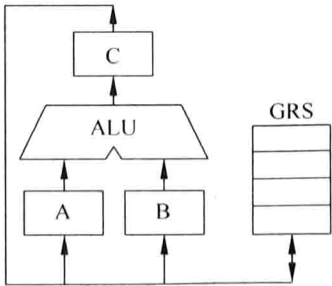


图 1.4 运算器的基本结构

运算器进行一次整数加法运算所能处理的二进制数据的

位数就称为**运算器的字长**,运算器数据通路的宽度以及寄存器的字长通常与 ALU 的字长是一致的。

1.2.3 控制器

控制器(Control Unit)的作用是控制计算机各个部件协调地工作。它控制计算机按照预先确定的算法和操作步骤(即程序),自动、有序地执行所指定的操作。控制器的主要部件如图 1.5 所示。

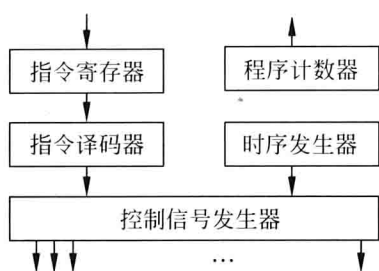


图 1.5 控制器的基本结构

根据冯·诺依曼的程序存储、程序控制原理,计算机的工作就是执行程序,而程序是由一系列指令构成的,所以计算机的工作过程就是不断执行指令的过程。指令是存放在存储器中的,要从存储器中取出指令,首先要给出存放指令的存储单元的地址,控制器中的程序计数器(Program Counter, PC)用来指明指令的地址。控制器中的指令寄存器(Instruction Register, IR)存放从主存储器中取到的指令,它将指令代码送给指令译码器(Instruction Decoder, ID)对指令的功能进行分析,并据此产生完成该指令所需的控制信号。

一般情况下程序是顺序执行的,每当取出一条指令后,程序计数器(PC)要自增以指向下一条指令的地址,所以程序计数器(PC)中存放的始终是将要执行的指令的地址。此外,在计算机复位时,程序计数器应有一个初始值,指向第一条指令的地址。

不仅指令序列的执行是有序的,一条指令的执行过程也是分步骤有序完成的。控制信号的发出,需要有一定的先后顺序,时序发生器为操作控制提供定时依据。

最后一个很重要的部件就是控制信号发生器,它是控制器中最复杂的逻辑部件,有硬布线和微程序两种实现方法。指令译码器产生的输出与时序部件产生的定时信号组合后,向运算器、存储器、输入输出设备发出各种操作控制信号。

1.2.4 输入输出设备

输入输出设备是计算机与用户之间相互联系的部件,其重要功能是实现人-机对话、数据输入输出以及各种形式的数据变换等。

输入设备(Input Device)的作用是把程序以及用户需要处理的数据、文字、图形、声音等信息转换为计算机所能接受的编码形式存入计算机的主存储器内,典型的输入设备有键盘、鼠标、扫描仪等。

输出设备(Output Device)的作用是把处理的结果以用户需要的形式(如屏幕显示、打印、声音等)输出。典型的输出设备有显示器、打印机等。

输入输出设备也称为外部设备或外围设备(Peripheral Device),简称外设。输入输出设备种类繁多,很难用一种结构形式加以描述,它们在工作速度和数据格式等方面与主机的差别较大,一般不能直接与主机相连,而是要通过接口(Interface)电路与主机相连。

1.2.5 总线

上面介绍了计算机各个主要部件的功能和结构,接下来的问题就是如何将它们连成一