

福建省高校计算机等级考试规划教材(三级)

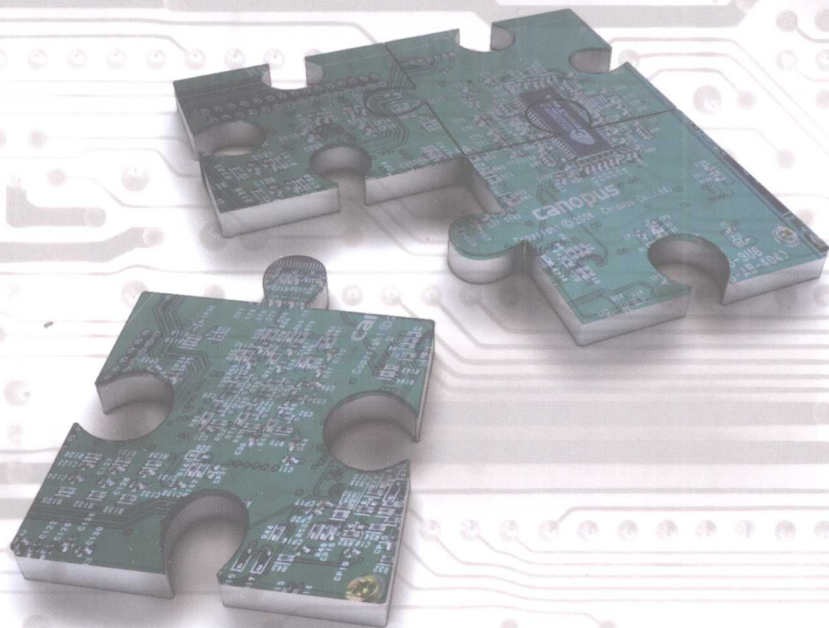
MCS-51 微机原理与接口技术

Foundation and Application of MCS-51 Microcomputer

福建省高校计算机等级考试三级(偏硬)考试指导书·第二分册

福建省高校计算机教材编写委员会 组织编写

吴锤红 编著



厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

福建省高校计算机等级考试规划教材

MCS-51 微机原理 与接口技术

——福建省高校计算机等级考试三级(偏硬)

考试指导书·第二分册

吴锤红 编著

厦门大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

MCS-51 微机原理与接口技术:福建省高校计算机等级考试三级(偏硬)考试指导书·第二分册/吴锤红编著. —厦门:厦门大学出版社,2009.5

福建省高校计算机等级考试规划教材

ISBN 978-7-5615-3101-3

I. M… II. 吴… III. ①单片微型计算机-理论-高等学校-教材②单片微型计算机-接口-高等学校-教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 070136 号

厦门大学出版社出版发行

(地址:厦门市软件园二期望海路 39 号 邮编:361008)

<http://www.xmupress.com>

xmup@public.xm.fj.cn

厦门金凯龙印刷有限公司印刷

2009 年 5 月第 1 版 2009 年 5 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:12

字数:313 千字 印数:1~2000 册

定价:18.00 元

本书如有印装质量问题请直接寄承印厂调换

前 言

计算机应用中有一类称为“计算机(偏硬)”的应用,这类应用的特点是:将计算机作为智能处理核心,针对应用对象的信息处理需要,构造精简的专用的计算机硬件和编制针对性很强的专用软件。这类应用的可靠性要求极高,成本价格敏感,外形尺寸千变万化,一般不能将通用的计算机,如 PC 微机,搬到设备中,往往需要根据应用量体裁衣,设计、制作专用的计算机硬件系统,并且根据应用需要编写精练的专用程序。

福建省计算机等级考试委员会专门设置了“计算机三级(偏硬)等级考试”,所考核和要求的知识构成紧密围绕计算机的这类应用。这个考试的宗旨是为了鼓励和促进大学生注意自己在本领域内的知识与能力的培养,引导大学相关计算机应用教学课程的改革与发展。将众多的信息领域相关知识划分为“计算机(偏硬)”与“计算机(偏软)”,前者包含必要的电子器件知识、典型微型计算机系统组成及工作原理、汇编语言与高级语言编程、计算机应用系统扩展和接口设计;后者包含数据结构、计算方法、数据库理论、操作系统、软件工程与程序设计等知识。这种分类仅是为了便于学习和设置考试。

本书按照福建省计算机等级考试委员会的规划编写,是“计算机三级(偏硬)等级考试”系列指导书中“MCS-51 单片机系统与应用”分册。本书包括计算机的数制、码制,单片机的硬件与指令系统、系统扩展原理与方法、软件系统、串行通信、定时计数器与 A/D、D/A 转换应用等内容,比较全面地介绍了 MCS-51 计算机应用的各种知识,内容紧密配合教学,覆盖面与深度符合大学生学习要求。

作者在单片机教学工作中耕耘了 20 多年,承担了数十项单片机应用的成功研发,负责福建省计算机等级考试与命题工作 15 年,积累了丰富的单片机教学、研发与等级考试工作的经验与教训,这些都在本书的组织、编排和描述上有所体现。本书强调学以致用,避免应试教学,试图用浅显易懂的语言将 MCS-51 单片机的各种基础与应用知识传递给学习者,对当前 MCS-51 教学中的许多易错的概念和方法进行了分析、纠正和强调。本书在单片机指令系统、监控程序的结构

与子程序的设计、汇编语言源程序的规范编程以及三总线扩展等许多方面都有鲜明的特色,使得本书不仅适用于大学生学习、系统复习与备考之用,也可以作为自学的参考书或相关课程的教科书,对承担该课程的教师亦有裨益和参考价值。

作者

2009-2-20

目 录

前言

第一篇 计算机软硬件知识入门导引

第 1 章 计算机(偏硬)应用领域、知识构成与学习导引	1
1.1 计算机(偏硬)应用领域	1
1.2 计算机(偏硬)知识构成	2
1.3 计算机(偏硬)应用的典型过程	3
1.4 计算机(偏硬)学习引导	4
第 2 章 计算机的数制与码制	5
2.1 数制:数字计算机使用的数	5
2.1.1 十进制数(Decimal)规律	5
2.1.2 二进制数(Binary)规律	7
2.1.3 十六进制数(Hexadecimal)规律	7
2.1.4 计算机中原始形态的数	9
2.1.5 计算机中数的组织形态	9
2.1.6 计算机中数的计量单位	10
2.2 码制:计算机中的信息表示、二进制信息编码	10
2.2.1 数值代码	11
2.2.2 指令代码	18
2.2.3 字符与其他信息编码	19

第二篇 微计算机指令与编程基础

第 3 章 MCS-51 系列单片微计算机	22
3.1 概述	22
3.2 MCS-51 单片机结构	24
3.2.1 单片机的基本结构	24
3.2.2 单片机最小硬件系统	27
3.3 MCS-51 单片机的内部功能模块	33
3.3.1 MCS-51 单片机中包含的模块	33
3.3.2 MCS-51 单片机的节电功能	33
3.4 MCS-51 单片机的寄存器与存储器	34

3.4.1	MCS-51 的存储结构	34
3.4.2	MCS-51 系统中的重要通用寄存器	39
3.4.3	堆栈概念与操作	40
3.4.4	MCS-51 系统中相同地址对应不同存储区的问题	41
3.5	MCS-51 单片机指令系统	42
3.5.1	概述	42
3.5.2	寻址方式	43
3.5.3	指令系统	48
3.6	MCS-51 单片机汇编语言程序设计基础	64
3.6.1	汇编语言源程序格式	64
3.6.2	常用伪指令	65
3.6.3	汇编语言程序设计	68

第三篇 计算机系统扩展与接口应用

第4章	MCS-51 微机系统扩展基础与存储器扩展	87
4.1	MCS-51 微机系统总线概念、结构与扩展基础	87
4.1.1	三态在总线中的作用	87
4.1.2	时序图	88
4.1.3	IC 的片选	88
4.1.4	计算机的三总线	89
4.1.5	地址锁存器	90
4.1.6	MCS-51 的三总线	91
4.1.7	基于 MCS-51 的三总线扩展基本结构	91
4.2	程序存储器的扩展	92
4.2.1	MCS-51 读取外部程序存储器的时序	93
4.2.2	典型的外部程序存储器	93
4.2.3	MCS-51 扩展外部程序存储器的接口电路	95
4.3	多片程序存储器的扩展、编址技术与地址空间分析	96
4.3.1	多片程序存储器的扩展	96
4.3.2	地址空间分析	96
4.3.3	编址技术:线选法与译码法	98
4.4	外部数据存储器的扩展	100
4.4.1	外部数据存储器扩展意义	100
4.4.2	外部数据存储器扩展	100
4.4.3	外部程序空间与外部数据空间的合并	100
4.4.4	扩展的外部数据存储器检测的软件	101
第5章	MCS-51 系列单片机 I/O 接口	102

5.1 I/O 信息的特点	102
5.2 I/O 接口的功能	102
5.3 I/O 选通—应答机制	103
5.4 MCS-51 单片机片内的并行输入/输出端口的使用	104
5.4.1 内部端口与外部扩展端口的优缺点比较	104
5.4.2 内部端口的分配	105
5.4.3 不同电压 I/O 器件的驱动	105
5.4.4 端口编程应用	105
5.5 扩展外部 I/O 端口	107
5.5.1 扩展外部 I/O 端口的指令、控制信号与分类	107
5.5.2 扩展端口输出位控方式编程	107
5.6 非智能 IC 扩展的 I/O 端口	108
5.6.1 I/O 端口的分类	108
5.6.2 采用非智能化 IC 扩展无选通的输出 I/O 端口	108
5.6.3 采用非智能化 IC 扩展无选通的输入 I/O 端口	109
5.6.4 采用非智能化 IC 扩展选通输出 I/O 端口	110
5.6.5 采用非智能化 IC 扩展选通输入 I/O 端口	112
5.7 智能 IC 扩展的 I/O 端口	113
5.7.1 智能 IC 的优点	113
5.7.2 用 8255A 扩展 I/O 端口	113
5.7.3 用 8155 扩展 I/O 端口	122
第 6 章 MCS-51 单片机中断系统及其应用	128
6.1 中断概念	128
6.1.1 中断方式的优越性	128
6.1.2 引起中断的非指令逻辑	128
6.1.3 中断子程序的特殊性	129
6.1.4 中断的其他特殊性	129
6.2 中断过程	129
6.3 中断调用的响应条件	130
6.4 中断响应时间	130
6.5 外部中断的触发方式	131
6.6 中断请求的撤销	131
6.7 中断入口	131
6.8 与中断有关的 SFR	131
6.9 指令引起中断	132
6.10 中断程序设计	132
6.10.1 中断初始化	132

6.10.2 中断子程序设计要点·····	132
6.10.3 中断的典型应用·····	133
第7章 MCS-51 单片机的定时计数器及其应用 ·····	135
7.1 MCS-51 单片机的定时计数器·····	135
7.2 定时计数器(CTC)的概念·····	135
7.2.1 计数单元·····	135
7.2.2 工作方式与计数源·····	136
7.2.3 CTC 的溢出及其作用·····	136
7.2.4 计数器初值的计算与重载·····	136
7.2.5 CTC 的启动与停止控制·····	136
7.2.6 定时计数器使用的外部引脚与 SFR·····	137
7.3 定时计数器程序设计·····	138
7.4 定时计数器典型应用·····	139
第8章 MCS-51 单片机的串行接口及其应用 ·····	142
8.1 串口·····	142
8.2 串行传输的概念·····	142
8.2.1 位信息表示成相应的物理量·····	142
8.2.2 位的传输与识别·····	142
8.2.3 数据的识别与分离·····	143
8.2.4 数据传输正确性判断·····	143
8.2.5 同步串行与异步串行·····	143
8.2.6 单工、半双工与双工·····	143
8.2.7 调制与解调·····	143
8.2.8 异步串行数据帧·····	144
8.2.9 通信协议·····	144
8.2.10 波特率·····	144
8.2.11 校验位·····	144
8.3 串行传输的硬件接口·····	145
8.3.1 RS-232C 规范简介·····	145
8.3.2 RS-232C 接口电路·····	146
8.4 MCS-51 中的串行端口·····	146
8.4.1 串口收发缓冲器·····	147
8.4.2 串口设置寄存器 SCON·····	147
8.4.3 串口工作方式·····	147
8.5 串口程序设计·····	148
第9章 MCS-51 的监控程序与人机交互接口技术 ·····	151
9.1 监控程序概念、结构与编程要点·····	151

9.1.1 监控程序概念、结构与编程要点·····	151
9.1.2 监控程序结构与编程要点·····	152
9.2 显示接口·····	154
9.2.1 与显示接口有关的概念·····	154
9.2.2 LED 数码管硬件知识·····	155
9.2.3 数码管的驱动与译码·····	156
9.2.4 一个数码管的静态驱动电路与子程序·····	157
9.2.5 多个数码管的驱动电路与显示子程序·····	158
9.3 MCS-51 单片机键盘接口·····	161
9.3.1 与键盘接口有关的概念·····	161
9.3.2 键盘接口的硬件·····	163
9.3.3 读键子程序设计·····	164
9.3.4 主循环中用键值控制的散转·····	166
第 10 章 D/A 与 A/D 转换接口与应用·····	168
10.1 计算机数字端口能直接处理的信息·····	168
10.2 模拟量与数字量转换过程中涉及的一些重要概念·····	169
10.2.1 与转换器精度有关的指标·····	169
10.2.2 转换器的其他主要指标·····	169
10.2.3 标定·····	170
10.3 D/A 转换原理与 D/A 转换器·····	170
10.4 典型 D/A 芯片接口与应用·····	172
10.4.1 DAC0832·····	172
10.4.2 MCS-51 单片机与 DAC0832 的接口·····	173
10.5 A/D 转换原理与技术参数·····	175
10.6 典型 A/D 芯片接口与应用·····	176
10.6.1 典型 A/D 转换器芯片 ADC0809·····	176
10.6.2 MCS-51 单片机与 ADC0809 的接口·····	178
10.6.3 A/D 转换应用举例·····	179

第一篇

计算机软硬件知识入门导引

第1章 计算机(偏硬)应用领域、知识构成与学习导引

计算机作为人类思维、感觉等器官功能扩展的高级工具,已经深入到人类生活、工作与环境之中,极大地提高了人类生活的品质。严格来说,通俗称之为计算机的,是由微处理器(MPU)加上其他硬件,配上软件构成的复杂系统。它的核心——微处理器,是能自动取出和直接执行人类安排的指令的高科技产物。这类应用构成了计算机应用中的另一大类,与人们平时看到的桌面PC微机、笔记本电脑不同,是将其自身作为各种仪器、机器、设施、玩具与武器等其他设备的智能核心,负责这些设备信息的输入、处理、存储、传送和输出等功能。这类微处理器的应用在计算机应用中占据了极大的部分,也是微处理器发展中最为活跃的部分之一。这类应用的最高阶段是直接辅助大脑。一旦解决了微处理器与动物神经元的接口,掌握了思维的机制,微处理器将可以嵌入人类的大脑和小脑,极大地提高人类精确记忆和高速运算的能力,提高人类学习知识的速度。

许多人以为自己设计、组装计算机,编写核心程序只是极少数顶尖专家才能做到的事。其实,掌握了相关的知识并经过实践锻炼,通过设计电原理图和印刷电路板(PCB),购买包含微处理器的各种集成电路,焊接电路板,编写相应的程序,就可以自己构造这类专用的计算机,将它嵌入到各种其他应用中,代行人类的智能,产生很好的社会效益与经济效益。这是目前大学教育的目标之一,成为许多有志学子的追求目标。

在进一步系统地深入学习计算机(偏硬)的各种知识之前,先了解计算机的这类应用领域,及所需要掌握的知识以及学习和实践的方法,可以建立学习信心,培养学习兴趣,更加自觉地把握学习过程。

1.1 计算机(偏硬)应用领域

本领域应用的范围极其广泛。原则上,任何能将输入信息转为计算机数字信息,处理的模型为人类已经掌握的具有确定数理关系的,输出的信息能表达为可实现的动作的,都可以应用本领域的技术。

除了少数信息,如味觉、嗅觉、感觉等,还因为机理的不明确或传感器的研制困难而无法加以完全解决外,目前绝大多数的输入信息都可以转为适宜于计算机处理的数字信息。

处理模型是联系输入与输出关系的理论基础,处理模型应当有确定的数学与逻辑关系,应当能通过人类的思维和经验加以确定,还要能经过有限的步骤通过程序加以实现。

输出的信息除了限于能量的局限、机械机构的局限、强度刚度的局限或表达手段的局限外,许多计算机的输出都能通过电—机、电—液、电—光、电—化和电—声等转化成为反作用于物理世界改变客观对象的手段。

这类应用产生了无数的“智能的”或所谓“带电脑”的设备。例如:

看看我们的身体或环顾我们的四周,到处都可以看到微处理器应用的产品:计算器,移动电话,石英电子手表,电子日历,电视机,数字收音机,带电脑的电冰箱、洗衣机、空调机……;在工业测试和控制领域,在军事武器领域,在医疗和保健领域,在智能玩具休闲领域……;琳琅满目,不胜枚举。

笔者采用微处理器,研制过很多应用系统,如微机混凝土配料机控制器、激光雕刻机微机控制系统、直热式热水器微机控制器、自来水泵站控制系统、小型发电机组自动控制器、生产动态显示屏系统、吊车超重记录与报警器等,都获得了成功。

已经有商业化的采用微处理器的自动血压测试仪,可以自动对手腕加压,测试出人体血压的舒张压和收缩压;但早就有人研制的“人体脉象自动测试仪”,因为脉象的客观性尚未得到完全确认,因而迟迟无法面世。

已有采用微处理器的自动吸尘器,可以自动选择环境路径和判断灰尘程度,自动寻找电源,在无人控制下自动清洁环境地板;但早就传闻的“自动寻敌制导子弹”,因为携带能量的限制与高速飞行的可控性尚未很好实现,因而迟迟无法上战场。

随着电子技术、传感器技术、执行部件技术和信息技术的发展,微处理器的各种新颖的应用将更上一层楼。

当我们准备开发本领域的某项应用时,通过网络和各种媒体了解已有的应用范例是非常有用的。借鉴前人成功的经验和失败的教训,站在巨人的肩上,将会事半功倍。

1.2 计算机(偏硬)知识构成

人类是能研发和使用工具的高等动物。工具是人类某种器官或能力的扩展。从简单工具、机械工具、动力机器,电作为能量传递媒介的引入,电作为信息传递媒介的引入,直到人类思维和感觉等器官功能扩展的计算机的研发,每个阶段都成为里程碑,标志着人类文明进步的飞跃。值得注意的是,每一代新的工具都是在旧时代工具的基础上提升了新的性能,而不是取代了旧的工具成为新的独立的工具。例如,燃烧汽油的动力摩托车的机械结构就承袭了人力驱动的自行车;现代的汽车则集计算机技术、电气与电子技术、动力技术和传统机械技术为一体。学习计算机技术的人,绝对不要以为计算机专业是“天之骄子”,就可以忽视对电气与电子技术、动力技术、传统机械技术和与应用相关专业知识的了解。现代分工和专业细化允许专才有有用武之地,允许人们仅对某些专业领域有深入了解,而不必对各相关领域都有深入了解,但

对相关领域的基本了解还是非常有帮助的。

试图掌握计算机(偏硬)领域知识的学生,应当比较深入地学习和了解:

- 计算机中表达信息的特有的方式与方法;
- 计算机硬件构成中的 CPU 和常用的基本电子器件知识;
- 设计计算机硬件电路的方法与计算机辅助设计软件的使用;
- 计算机硬件制作、测试与调试的技巧;
- 用于向微处理器下达人类思路的指令与软件;
- 计算机输入、存储、处理、传送和输出信息的器件与方法;
- 构成复杂计算机硬件系统扩展的方法;
- 便于计算机实现的数据结构与程序方法;
- 程序测试、排错、调试、优化的方法与技巧。

此外,学生还应当通晓:

- 自然界中各种信息输入过程中的采集、转换、甄别、过滤和处理方法;
- 过程控制中的自动控制原理,控制中常用的器件,参数设置与取值范围以及程序方法;
- 各种应用领域中相关专业的基本知识等。

这些知识,有些是在大学相关专业课程中讲授的,有些是学生需要通过实践和锻炼来获得的,更多的是要通过将所学知识应用到具体工程实践中来不断体会和掌握的。本书从入门引导的角度,有重点地介绍其中与单片机开发有关的软、硬件部分。

1.3 计算机(偏硬)应用的典型过程

在开始学习具体专业知识之前,知晓本专业应用的过程,有助于培养学习的自主性,把握学习的自觉性。

计算机(偏硬)应用的典型过程开始于自主提出或者承接了一项计算机应用的开发任务,之后往往需要经历以下过程,才能最后完成任务:

任务分析→方案确定→硬件设计与制作→软件设计与测试→硬、软件联调→必要时修改方案→直至完成任务。

1. 任务分析

熟悉、分析应用任务,必要时还要补学有关专业的知识。认真列出输入和输出的信息,以及类型、性质、时序、精度要求、能量要求、人机互动方式,有关方法和理论等。

2. 方案确定

考虑实现目标的种种方案,找出可行的、最可靠的和最优的方案。方案的优劣将最终导致是否返工走弯路,花费的时间、材料与人力,以及最终成品的质量。

3. 硬件设计与制作

将硬件部分分解成模块,建立各个模块的关系,选择实现模块的合适器件,使用计算机辅助电子设计/绘图软件绘制电原理图和印刷电路板图,交给专业工厂或自己制作出电路板,焊接元件,使用仪器、仪表配合编写针对的器件测试小程序对制作的硬件系统进行测试,直至硬

件部分设计基本完成。

4. 软件设计与测试

根据应用的方法或理论,转换为适合计算机处理的方法和程序逻辑,分解为功能相对独立的模块,建立模块间的联系和运行的时序与逻辑。编制各模块程序,在仿真条件下或真实的硬件上测试、排错、优化。

5. 硬、软件联调

在实际制作的硬件上,在系统工作的环境中或模拟输入条件下,对硬件和软件联合调试、测试,进行人机互动的体验和可靠性检验,并经历实际应用与用户的严格考验,必要时重新调整硬、软件方案,直至最终成功。

1.4 计算机(偏硬)学习引导

目的明确,积极性高涨的学习者,还需要注意学习方法,以便取得更好的学习效果:

1. 注意本知识体系中的重点和难点。
2. 注意思索,多做习题,动手操作和认真积累。
3. 利用互联网的讨论组,助人助己,共同提高。
4. 以一个简单的典型设计入手,系统地完成硬件、软件设计制作的整个过程。

第2章 计算机的数制与码制

计算机是处理信息的高级工具。要处理信息,就必须能表达信息。计算机表示信息的方式必须要适应计算机硬件。经过信息学家和众多计算机硬件研制者的研究,确定了当今计算机硬件和软件的模式,发现了最适宜计算机硬件的信息表示方式为“数字(Digital)”的信息表示方式。

“数字”的信息表示方式就是将信息用“两极化”或“二值化”的方式来表示和处理。电子计算机中,将导线上的电压两极化为“高电平”与“低电平”,分别用二进制数的“1”与“0”代表,舍弃了具体的电压值。例如,将导线上0到+5伏的电压,凡大于某电压值 V_h (h 表示high)的归结为“高电平”,低于某电压值 V_l (l 表示low)的归结为“低电平”,3.5伏、4.0伏都视为相同的“高电平”;0.5伏、0.1伏也没有差别,都视为相同的“低电平”。这样的表示方式可以提高信息传递的可靠性,并且易于使用高速开关电路实现信息的处理,有极大的优越性,形成了当今所谓的“数字时代”。“数字电视”与“数字电话”的画质与音质都远优于早期的电视与电话,已经成为当今的主流,就是信息数字化优越性的范例。

自然界的信息一般都是“模拟(Analogue)”性质的,也就是在两极端值之间存在无限多的有意义的各种数值。人类为了信息处理的方便,已经先于信息学家将其二值化,如“男”与“女”、“白天”与“黑夜”、“好”与“坏”等。“数字化”的信息表示方式也有一些需要额外处理的问题,如与人交互时,需要进行二进制与十进制数之间的转换;处理自然界的输入与输出时,需要“模拟/数字(A/D)”和“数字/模拟(D/A)”的转换等,这些都可以通过计算机的硬件和软件加以实现。“数字化”的信息表示方式还特别适宜计算机中的程序实现,通过大量的简单处理指令的执行,就可以实现任意复杂的功能。

学习计算机,必须学习二进制数与十六进制数知识(数制),还要学习各种信息用计算机中的数来表示的知识(码制)。数制与码制是计算机的重要基础知识。

2.1 数制:数字计算机使用的数

计算机中的信息是用二进制数表示的,为了简化二进制数,人们还引进了八进制数与十六进制数。在微型计算机上较少用到八进制数,因此不作介绍。

引入二进制数与十六进制数,可以通过观察十进制数的规律来概括与推广。

2.1.1 十进制数(Decimal)规律

- 10是十进制数的基数;
- 10个基本数字,由单个字符表示:0,1,⋯,9,最小的为0,最大的为基数 $10-1$;

理解由多位基本数字组成的数字时,采用的规律为:将各位数字所表示的值乘上所处位置的“权重”,再求和。例如:

$$123.4 = 1 * 100 + 2 * 10 + 3 * 1 + 4 * 0.1 = 1 * 10^2 + 2 * 10^1 + 3 * 10^0 + 4 * 10^{-1}$$

用更加简洁的公式可以表示为:

$$D = \sum D_j * 10^j$$

这里, $\sum$ 为求累加和; D_j 为处于 j 位置的单个数字, j 为数字 D_j 所处的位置序号,从小数点开始,往左 j 依次为 $0, 1, 2, \dots$,往右 j 依次为 $-1, -2, \dots$; 10^j 称为“权重”,表示某位数字的放大倍数。小数点在“约定的位置”上,用“.”标记出来。

为了牢记各个位置的权重,小学老师会强制要求学生必须将权重念读出来,因此,123就念为:“1百,2拾,3”。不过这种念读权重的读数方式会碰到许多尴尬的情况:个位就不念权,小数无法念读权重,很大的数也难以快速读出权重;人们在说到公元纪年时,如1953年,一般都不念读权重;对电话号码,也从不念读权重。随着时代的进步,越来越多数字都不再读出权重了。

数学运算规律有:加法运算:逢十进一;减法运算:借一当十;以及交换率、结合律等其他公式与规律。

从熟悉的十进制数规律可归纳出:

N进制数规律:

- N (N 为自然数, $N > 1$) 是 N 进制数的基数;
- 有 N 个基本数字,由单个字符表示: $0, N-1$,最小的为 0 ,最大的为 $N-1$;

理解各种进制数中由多位基本数字组成的数字时,需要将其转化为十进制数,采用的规律为:将各位数字所表示的值乘上所处位置的“权重”,再求和。

用简洁的公式可以表示为:

$$D = \sum D_j * N^j$$

这里, $\sum$ 为求累加和; D_j 为处于 j 位置的单个数字, j 为数字 D_j 所处的位置序号,从小数点开始,往左 j 依次为 $0, 1, 2, \dots$,往右 j 依次为 $-1, -2, \dots$; N^j 称为“权重”,表示某位数字的放大倍数。

手工将十进制数转换为各种进制数的口诀为:

整数小数分开算,整数除(以) N 取余数,小数乘 N 取整数,“点”的两边依次排。

口诀表示:

要将一个十进制数转化为 N 进制数,整数与小数部分必须分别计算。

整数部分采用整除法,每次都除以数制基数 N ,得到整数的商与余数。余数部分按照计算得出的顺序往小数点的左方依次排列;商继续进行以上操作,直到商变为 0 为止。

小数部分采用乘法,每次都乘以 N ,得到积的整数与余数。整数部分取出,按照计算得出的顺序往小数点的右方排列;小数部分继续进行以上操作,直到得到的小数部分为 0 或转化后的小数部分位数足够或出现循环节为止。一般情况下,不同进制数的小数部分之间的转化得到的是一个无限循环小数。具体例子在介绍完十六进制数后给出。

在计算机实际应用中可以使用计算器或工具软件进行不同进制数之间转换的计算。

在其他进制数中,都不念读权重,只念数字本身。

数学运算规律有:

加法运算:逢 N 进一;减法运算:借一当 N;

交换率、结合律等其他公式与规律都适用。

一个数字,用不同的进制数表示其大小时,并没有改变其数值和运算关系。

2.1.2 二进制数(Binary)规律

二进制数是最简单的进制数,仅由“0”和“1”两个数字组成。为了与英文的“E”相区别,“1”一般读为“幺(拼音为 yāo)”。

一个二进制数表示的信息称为一个“位(Bit)”,是信息的最小单位。

为了表示二进制数,可以在数的右端(后缀)加上“B”,在一些计算机语言中也有在左方(前缀)用%加以标记的。如:11010011B,%11010011。

逻辑值的“真”或“假”可以用二进制数的 1 或 0 表示,这使得二进制数具有逻辑运算,这是二进制数独有的运算。逻辑运算与算术运算是数学大厦的基础,可以构成所有运算。计算机中的逻辑运算,不论数字的形式如何,都是二进制形式下的运算,进行逻辑运算时,都必须先转换为二进制数,再进行逻辑运算。

常用的逻辑运算有“取反”、“或”、“与”和“异或”等:

取反(Invert):表示“向其对立面的转化”,0 取反=1,1 取反=0。

或(Or):表示“条件之一成立,结果就成立”,可以用于对多位计算机单元中的数的某一位进行置 1 操作。运算口诀为:“有 1 则 1,全 0 才 0”,即: $0 \text{ or } 0 = 0$, $0 \text{ or } 1 = 1$, $1 \text{ or } 0 = 1$, $1 \text{ or } 1 = 1$ 。

与(And):表示“条件全部成立,结果才成立”,可以用于对多位计算机单元中的数的某一位进行清 0 操作。运算口诀为:“有 0 则 0,全 1 才 1”,即: $0 \text{ and } 0 = 0$, $0 \text{ and } 1 = 0$, $1 \text{ and } 0 = 0$, $1 \text{ and } 1 = 1$ 。

异或(XOr):表示“结果由两个输入是否相同来决定”,对 0 异或等于或运算,对 1 异或等于取反运算,它可以用于对多位计算机单元中的数的某一位进行取反操作。运算口诀为:“相同为 0,不同为 1”,即: $0 \text{ xor } 0 = 0$, $0 \text{ xor } 1 = 1$, $1 \text{ xor } 0 = 1$, $1 \text{ xor } 1 = 0$ 。

二进制数表示一个数时往往变得很长,不便于书写和记忆,于是引入十六进制数来简化表示二进制数。

2.1.3 十六进制数(Hexadecimal)规律

十六进制数由 0,1,...,9,“10”,“11”,“12”,“13”,“14”,“15”这 16 个数字组成。为了用一个字符来表示超过 9 的数字,引入英文的 A=“10”,B=“11”,C=“12”,D=“13”,E=“14”与 F=“15”。这 5 个英文字母(大小写不限),在十六进制数中不表示符号,仅表示数字。与二进制数相同,为了与英文的“E”相区别,“1”一般读为“幺(拼音为 yāo)”。

为了表示十六进制数,可以在数的右端(后缀)加上“H”,在一些计算机语言中也有在左方(前缀)用\$或0x加以标记的,如0A6H,\$A6,0xA6等。

在计算机的源程序中,当表示数字的 A,...,F 出现在最左方时,为了与计算机语言中的变量和符号相区别,需要在它们之前加 0。这个“0”并不是数字的一部分,仅仅标记其后跟随的