

高等职业教育人才培养创新教材出版工程

单片机

原理与接口技术

主编 曾一江



科学出版社
www.sciencep.com

高等职业教育人才培养创新教材出版工程

单片机原理与接口技术

主 编 曾一江

副主编 刘 虹 李寿强

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书包括微机原理基础知识、MCS-51 单片机指令系统、汇编语言程序设计、单片机并行和串行总线扩展技术、常用外围驱动电路、单片机开发系统的开发调试方法以及软、硬件调试技术等方面的内容,力争用较短的篇幅,给读者比较完整的单片机应用系统设计基础知识。

本书例题、习题丰富,并附有相应的实验指导书,可作为电子、电气、机械等非计算机专业高职高专、大专院校、成人高教教材和自学读本,也可作为从事测试、智能仪器、自动控制及单片机应用的人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单片微机原理与接口技术/曾…江主编.—北京:科学出版社,2006
(高等职业教育人才培养创新教材出版工程)
ISBN 7-03-016799-6

I. 单… II. 曾… III. ①单片微型计算机-基础理论-高等学校:技术学校-教材②单片微型计算机-接口-高等学校:技术学校-教材 IV .TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 004609 号

责任编辑:胡华强 刘 韩/责任校对:钟 洋
责任印制:张克忠/封面设计:耕者工作设计室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年2月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2006年2月第一次印刷 印张:23 1/2

印数:1—4 000 字数:458 000

定价:30.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

高等职业教育人才培养创新教材出版工程

四川编委会

主任委员

陈传伟 成都电子机械高等专科学校副校长

副主任委员

汪令江 成都大学教务处长

李学锋 成都航空职业技术学院教务处长

季 辉 成都电子机械高等专科学校教务处长

林 鹏 科学出版社副总编辑

委 员

黄小平 成都纺织高等专科学校教务处长

凤 勇 四川交通职业技术学院教务处长

丁建生 四川工程职业技术学院教务处长

郑学全 绵阳职业技术学院教务处长

彭 涛 泸州职业技术学院教务处长

秦庆礼 四川航天职业技术学院学术委员会主任

谢 靖 内江职业技术学院教务处副处长

胡华强 科学出版社高等教育分社社长

出版说明

为进一步适应我国高等职业教育需求的迅猛发展,推动学校向“以就业为导向”的现代高等职业教育新模式转变,促进学校办学特色的凝炼,高等职业教育人才培养创新教材出版工程四川编委会本着平等、自愿、协商的原则,开展高等院校间的高等职业教育教材建设协作,并与科学出版社合作,积极策划、组织、出版各类教材。

在教材建设中,编委会倡导以专业建设为龙头的教材选题方针,在对专业建设和课程体系进行梳理并达成较为一致的意见后,进行教材选题规划,提出指导性意见。根据新时代对高技能人才的需求,专门针对现代高等职业教育“以就业为导向”的培养模式,反映知识更新和科技发展的最新动态,将新知识、新技术、新工艺、新案例及时反映到教材中来,体现教学改革最新理念和职业岗位新要求,思路创新,内容新颖,突出实用,成系配套。

教材选题的类型主要是理论课教材、实训教材、实验指导书,有能力进行教学素材和多媒体课件立体化配套的优先考虑;能反映教学改革最新思路的教材优先考虑;国家、省级精品课程教材优先考虑。

这批教材的书稿主要是从通过教学实践、师生反应较好的讲义中经院校推荐,由编委会择优遴选产生的。为保证教材的出版和提高教材的质量,作者、编委会和出版社作出了不懈的努力。

限于水平和经验,这批教材的编审、出版工作可能仍有不足之处,希望使用教材的学校及师生积极提出批评和建议,共同为提高我国高等职业教育教学、教材质量而努力。

高等职业教育人才培养创新教材出版工程

四川编委会

2004年10月20日

前 言

目前,单片机作为微计算机的一个很重要的分支,应用非常广泛,发展迅速,由于其具有集成度高,处理能力强,可靠性高,价格低廉,体积小等特点,已被广泛地应用于工业控制、智能仪表、电子通信、机电一体化等各方面。对于电子、电气以及非电专业的高职高专学生——未来的工程技术人员来说,了解和掌握单片机的应用是非常必要的。

本书是专门针对高职高专非计算机专业的学生编写的教材,它包括了微机原理、汇编语言程序设计、单片机接口技术等方面的基础知识,并附有配套的实验指导书,通过本书进行学习与实践能较快地掌握单片机的原理及应用。

本书的编写宗旨是:精选理论内容,大量增加实用技术,从使用者的角度出发,以目前较为典型的 MCS-51 单片机为主要机型,通过 13 章的内容较全面、系统地讲解了单片微型计算机的原理、内部资源应用、接口技术以及程序设计方面的知识。为适应现代技术的发展,增加了目前单片机系统中应用广泛的串行总线和串行接口扩展技术,介绍了用 MCS-51 单片机模拟实现 SPI、I²C 串行接口的原理和实例。为培养学生职业实践的能力,强化了单片机接口技术及应用方面的内容,增加了实际工程中常用的抗干扰技术、外围驱动电路、单片机仿真开发系统的应用等内容。本书力求做到理论精简,突出实用性。为突出高等职业教育以学生为本位的教育培训理念,每章讲述新知识前先提出学习目标,使学生明确本章的学习目标、知识重点,章节后面附有重点内容的归纳——小结、习题与思考,便于学生复习掌握新知识。

本书第一、二章由刘虹编写,第三—五、七、八、十章由曾一江编写,第六、十一章由周娟编写,第九、十二、十三章由李寿强编写,附录 A 由曾一江和陈宇锋共同编写。全书由宋兴华审稿。

由于编者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2005 年 7 月 20 日

目 录

前言

第一章 计算机基础知识	1
1.1 概述	1
1.1.1 计算机的发展及应用概况	1
1.1.2 微处理器、微机和单片机的概念	1
1.1.3 单片微型计算机的发展	2
1.1.4 单片机与嵌入式系统	2
1.1.5 单片机应用	3
1.2 计算机的数制和码制	4
1.2.1 二进制、十六进制和十进制之间的相互转换	4
1.2.2 二进制编码	7
1.2.3 带符号数的定点表示法	9
1.3 模型计算机	17
1.3.1 计算机的基本组成及工作过程	17
1.3.2 微计算机的组成	18
1.3.3 微计算机的工作过程	22
习题与思考	25
第二章 单片机的结构及原理	27
2.1 单片机系列简介	27
2.2 单片机的内部结构	29
2.2.1 单片机的基本结构组成	29
2.2.2 MCS-51 单片机的存储器	30
2.2.3 MCS-51 单片机输入/输出端口	36
2.3 MCS-51 单片机的引脚功能及片外总线结构	37
2.3.1 引脚功能	37
2.3.2 片外三总线结构	41
2.3.3 单片机的时序	42
习题与思考	45
第三章 MCS-51 指令系统	47
3.1 指令格式和寻址方式	47
3.1.1 指令格式	47
3.1.2 寻址方式	48
3.1.3 指令符号意义说明	52

3.2 MCS-51 的指令系统	53
3.2.1 数据传送类指令	53
3.2.2 算术运算指令	59
3.2.3 逻辑运算类指令	63
3.2.4 控制转移类指令	66
3.2.5 位操作指令	73
习题与思考	79
第四章 汇编语言程序设计	84
4.1 概述	84
4.1.1 程序设计语言简介	84
4.1.2 汇编语言和高级语言的比较	84
4.1.3 伪指令	85
4.2 汇编语言程序设计	86
4.2.1 顺序结构程序	87
4.2.2 分支程序	88
4.2.3 循环程序	91
4.2.4 子程序	96
4.3 MCS-51 汇编语言实用子程序	98
4.3.1 代码转换程序	99
4.3.2 运算类程序	101
习题与思考	113
第五章 输入/输出及中断	115
5.1 概述	115
5.2 输入输出传送方式	116
5.2.1 无条件传送方式	117
5.2.2 查询方式	117
5.2.3 中断方式	118
5.2.4 存储器直接存取方式	119
5.3 中断的基本概念	120
5.3.1 中断技术的必要性	120
5.3.2 中断系统的功能	120
5.4 MCS-51 单片机的中断系统	123
5.4.1 中断源	123
5.4.2 中断请求标志	123
5.4.3 中断控制	125
5.4.4 中断响应条件及响应过程	126
5.4.5 中断方式编程	127

5.5 中断方式举例	128
习题与思考	132
第六章 MCS-51 单片机内部定时计数器	134
6.1 定时器的结构与工作原理	134
6.2 计数/定时器的工作方式选择及控制	135
6.2.1 工作方式寄存器 TMOD	135
6.2.2 控制寄存器 TCON	136
6.3 计数/定时器工作模式及应用	136
6.3.1 模式 0	137
6.3.2 模式 1	139
6.3.3 模式 2	141
6.3.4 模式 3	143
习题与思考	146
第七章 串行接口通信	147
7.1 串行通信的基础知识	147
7.1.1 并行通信和串行通信	147
7.1.2 串口通信的数据传送方向	147
7.1.3 同步通信和异步通信	147
7.2 单片机的串口工作原理	149
7.2.1 串口结构	149
7.2.2 串口的工作寄存器	150
7.3 串口工作方式	151
7.3.1 工作方式 0	151
7.3.2 工作方式 1	154
7.3.3 工作方式 2 和方式 3	155
7.4 串口通信举例	157
7.4.1 中断方式的双机通信	157
7.4.2 查询方式的双机通信	159
7.5 多机通信	163
7.5.1 多机通信原理	164
7.5.2 多机通信实例	165
7.6 RS-232C 串行接口标准及其与单片机的接口	173
习题与思考	176
第八章 存储器及存储器扩展	177
8.1 概述	177
8.1.1 半导体存储器分类	177
8.1.2 半导体存储器的主要性能指标	178

8.1.3 半导体存储器基本结构	178
8.2 随机读写存储器 RAM	179
8.2.1 静态 RAM	179
8.2.2 动态 RAM 芯片	180
8.3 只读存储器 ROM	180
8.3.1 紫外线可擦除的 EPROM	180
8.3.2 电可擦除的 EEPROM	181
8.4 单片机存储器扩展	183
8.4.1 存储器的选择	183
8.4.2 单片机并行系统总线及地址分配	183
8.4.3 程序存储器扩展	186
8.4.4 数据存储器扩展	190
8.4.5 单片机系统扩展	191
习题与思考	193
第九章 MCS-51 单片机系统扩展	195
9.1 并行总线扩展技术	195
9.1.1 简单的 I/O 口扩展	195
9.1.2 8155 可编程 I/O 接口芯片扩展	197
9.2 串行总线扩展	204
9.2.1 I ² C 总线串行扩展	204
9.2.2 SPI 接口的扩展	220
习题与思考	231
第十章 键盘、显示器接口技术	232
10.1 LED 显示接口技术	232
10.1.1 七段 LED 显示器简介	232
10.1.2 LED 显示接口	233
10.2 键盘接口	239
10.2.1 按键及去抖动	239
10.2.2 非编码键盘的工作原理	239
10.2.3 典型显示/键盘接口电路	245
习题与思考	246
第十一章 A/D、D/A 转换器	248
11.1 A/D 转换器	248
11.1.1 A/D 转换器的种类	248
11.1.2 A/D 转换器的主要性能指标	249
11.1.3 ADC0809 芯片	249
11.2 D/A 转换器	253

11.2.1 D/A 转换器的主要性能指标	253
11.2.2 DAC0832 芯片	254
习题与思考	261
第十二章 外围驱动及电气隔离技术	262
12.1 常用报警接口	262
12.1.1 闪光报警接口	262
12.1.2 单音频报警接口	263
12.1.3 语音报警电路接口	264
12.2 常用外围驱动器及其应用	264
12.2.1 常用的驱动器	265
12.2.2 应用举例	266
12.3 电气隔离技术	267
12.3.1 继电器输出隔离	267
12.3.2 光电隔离	269
习题与思考	273
第十三章 单片机应用系统设计及实例	274
13.1 概述	274
13.2 应用系统设计方法	274
13.2.1 总体设计	274
13.2.2 硬件设计	275
13.2.3 软件设计	279
13.2.4 单片机开发系统和开发方法	281
13.2.5 仿真调试	282
13.3 应用实例一:定长控制系统	283
13.3.1 油毡卷长控制器的工作原理	283
13.3.2 油毡卷长控制器硬件配置	286
13.3.3 油毡卷长控制器软件设计	286
13.4 应用实例二:电子钟	297
13.4.1 系统硬件设计	297
13.4.2 系统软件设计	301
习题与思考	312
主要参考文献	314
附录 A 实验指导书	315
A1 单片机仿真实验系统简介	315
A1.1 WAVE 仿真软件	315
A1.2 WAVE 仿真器	316
A1.3 TDS-TS 单片机实验板	317

A2 实验	318
A2.1 简单程序	318
A2.2 循环程序实验	323
A2.3 自编程序实验	327
A2.4 基本输入/输出、中断实验	330
A2.5 定时器实验	335
A2.6 串口通信接口实验	337
A2.7 显示接口实验	340
A2.8 A/D 0809 实验	344
A2.9 键盘接口实验	347
附录 B ASCII 表	353
附录 C MCS-51 指令系统	354
附录 D 实验板布局图	360

第一章 计算机基础知识

【学习目标】

- (1) 了解：计算机的基本结构及工作原理。
- (2) 理解：十进制、二进制、十六进制及 BCD 码间的相互转换。
- (3) 掌握：原码、反码、补码的基本概念及它们在微机中的应用。

1.1 概 述

1.1.1 计算机的发展及应用概况

计算机是人类有史以来最伟大的发明之一，人类经过几个世纪的努力，把计算机从中国古老的算盘发展到当代的计算机。当代计算机并非仅用于计算，它更广泛地应用到社会生活的各个领域，从宇宙飞船到人造卫星，从天气预报到地震预报，从办公自动化到生产过程自动化，都离不开计算机的应用，计算机已成为促进现代文明进步，推动人类发展的“智能工具”。

世界上第一台电子计算机是以 1946 年诞生的全真空管化电子数字积分器与计算器 (ENIAC) 为标志的，它是美国设计师埃克特 (P.Eckert) 和莫克利 (W.Mauchly) 在宾夕法尼亚大学制造成功的。

随着晶体管的发明，1958 年 IBM 公司宣布制成并投入商业化生产的全晶体管化的计算机，开始了以晶体管为逻辑元件的第二代计算机的发展时期。

集成电路的问世，又很快被应用于计算机的制造。以集成电路取代分立元件，开始了第三代计算机的发展历程。这个阶段是以 1964 年 IBM 公司宣布 IBM360 系列计算机问世为起点的。

进入 20 世纪 70 年代，微电子技术取得了巨大成就，大规模集成电路和微处理器应运而生。它们给计算机发展注入新的活力，计算机开始了大规模集成电路的时代——第四代计算机。大规模集成电路微处理器是以 1971 年美国 Intel 公司的青年科学家霍夫 (M.E.Hoff) 发明第一块微处理器 4004 为标志的。

1.1.2 微处理器、微机和单片机的概念

微处理器即是通常所说的 CPU，它本身不是计算机，是小型计算机或微型计算机的控制和处理部分。微处理器自 1971 年问世以来，随着大规模集成电路的发展，在短短的近 20 年里得到了突飞猛进的发展，微处理器的集成度不断提

高,性能不断增强,纵观其发展,它经历了从4位微处理器、8位微处理器、16位微处理器、到32位、64位微处理器的发展。

微机是具有完整运算及控制功能的计算机。它除了包括微处理器外,还包括存储器、接口电路及输入/输出设备等。目前,以微处理器为基础的微计算机系统正向着高集成度、高性能、高速度的第五代计算机方向发展。

单片微型计算机(single chip microcomputer)简称单片机,它是为各类专用控制器而设计的通用或专用微型计算机系统,高密度集成了普通微机的微处理器、一定容量的RAM和ROM以及输入/输出接口,定时器等电路于一块芯片上构成的。

1.1.3 单片微型计算机的发展

自从1971年微处理器研制成功后,不久就出现了单片微型计算机。特别是1976年Intel公司推出的MCS-48系列8位单片机,以其体积小、功能全、价格低等特点赢得了广泛的应用。MCS-48为单片机的发展奠定了基础,成为单片机发展过程中的一个重要阶段。

在MCS-48成功的激励下,许多半导体公司和计算机公司竞相研制和开发自己的单片机系列。其中包括Motorola、Zilog、Philips、Atmel等公司的产品。

尽管目前单片机品种繁多,但其中最具典型性的当数Intel公司的MCS-51系列。MCS-51是在MCS-48的基础上于80年代发展起来的,虽然它仍然是8位单片机,但其功能较MCS-48有很大的增强。此外,它还具有品种全、兼容性强、软硬件资源丰富的特点,因此应用较为广泛,成为继MCS-48之后最重要的单片机品种。直到现在,MCS-51仍不失为一种单片机的主流芯片。

在8位单片机之后,16位的单片机也有很大的发展。例如,1983年Intel公司的MCS-96系列单片机就是其中的典型代表。与MCS-51相比,MCS-96不但字长增加了一倍,而且还具有4路或8路的10位的A/D转换功能。此外,在其他性能方面也有一定的提高。

1.1.4 单片机与嵌入式系统

嵌入式计算机系统是以应用为中心、以计算机技术为基础,软、硬件可裁剪,适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等严格要求的专用计算机系统。其最初应用是基于单片机的。20世纪70年代单片机的出现,使得汽车、家电、工业机器人、通信装置以及成千上万种产品可以通过内嵌电子装置来获得更佳的使用性能,这些装置基本具备了嵌入式的应用特点,还谈不上“系统”的概念。

后来,嵌入式系统的程序员开始用商业级的操作系统编写嵌入式应用软件,这使得开发人员可以进一步缩短开发周期,降低开发成本并提高开发效率。1981

年, Ready System 开发出世界上第一个商业嵌入式实时内核, 这个实时内核包含了许多传统操作系统的特征, 包括任务管理、任务间通信、同步与相互排斥、中断支持、内存管理等功能。此后一些公司也纷纷推出了自己的嵌入式操作系统, 这些嵌入式操作系统都具有嵌入式的典型特点: 它们均采用占先式的调度, 响应时间短, 任务执行的时间可以确定; 系统内核很小, 具有可裁剪性、可扩充性和可移植性, 可以移植到各种处理器上, 较强的实时性和可靠性, 适合嵌入式应用。如今, 实时内核逐渐发展为实时多任务操作系统, 并作为一种软件平台逐步成为目前国际嵌入式系统的主流。

嵌入式系统由软件和硬件两大部分组成。从硬件方面来讲, 嵌入式系统的核心部件是嵌入式处理器。据不完全统计, 全世界嵌入式处理器的品种数量已经超过 1000 多种, 其中 8051 体系占大多数。嵌入式系统的软件一般由嵌入式操作系统和应用软件组成。操作系统是连接计算机硬件与应用程序的系统程序。操作系统有两个基本功能: 使计算机硬件便于使用, 高效组织和正确使用计算机资源。

如今, 嵌入式系统主要应用在工业控制、交通管理、信息家电、家庭智能管理系统, POS 网络及电子商务、环境监测、机器人等领域。

1.1.5 单片机应用

单片机具有以下特点:

(1) 小巧灵活、成本低, 易于产品化。它能方便地组装成各种智能化的控制设备及各种智能仪器仪表。

(2) 面向控制, 能针对性地解决从简单到复杂的各类控制任务, 因而能获得最佳的性能价格比。

(3) 抗干扰能力强, 适应温度范围宽, 在各种恶劣的环境条件下都能可靠地工作, 这是其他机种无法比拟的。

(4) 可以很方便地实现多机和分布控制。使整个控制系统的效率和可靠性大为提高。

单片机具有体积小、功耗低、价格便宜等优点, 近年来还开发了一些以单片机母片为核 (如 80C51), 在片中嵌入更多功能的专用型单片机 (或者叫专用控制器), 因此单片机在计算机控制领域中应用越来越广泛。

在国内, 尽管开发与应用单片机的时间并不长, 但已收到了明显的成效。目前单片机已成功地应用在智能仪表、机电设备、过程控制、数据处理、自动检测、专用设备的智能化和家用电器等各个方面。

单片机的应用意义不仅限于它的广阔范围及所带来的巨大的经济效益。更重要的意义还在于单片机的应用正从根本上改变着传统的控制系统设计思想和设计方法。从前必须由模拟电路或数字电路实现的大部分功能, 现在已能使用单片机

通过软件的方法实现。这种以软件取代硬件并提高系统性能的控制技术，称之为微控制技术。微控制技术标志着一种全新概念的出现，是对传统控制技术的一次革命。随着单片机应用的推广和普及，微控制技术必将不断发展，日益完善。

本书以应用最为广泛的 MCS-51 单片机作为对象，研究计算机的工作原理、结构及在工业控制中的应用。通过理论学习及相配套的实验、课程设计、实验专周等，了解计算机的工作原理，熟悉 MCS-51 指令系统，掌握单片机的接口及扩展技术，培养同学硬件选择，编写程序，调试程序的能力。

1.2 计算机的数制和码制

本节主要介绍计算机中有关数值运算的基础知识，如进位计数制、不同进制之间的转换、数与字符的编码方法以及数的符号与小数点的表示方法等。

1.2.1 二进制、十六进制和十进制之间的相互转换

在日常生活中，人们采用各种进位计数制。例如，十进制，十二进制（1年 = 12个月）、六十进制（1min = 60s）等。其中最为熟悉和常用的是十进制，然而在计算机中通常不采用十进制，而是采用二进制。这是因为二进制数容易实现，而且运算简单、可靠。

考虑到这部分内容有些已在先修课中学过，因此，我们主要通过对比与举例的方法来进行介绍。

1. 二进制数

我们知道一个十进制数有下列两个特点：

- (1) 它有 10 个不同的数字符号，即 0, 1, 2, …, 9。
- (2) 低位向高位的进位是逢十进一。

因此，同一个数字符号在不同的位置（或数位）所代表的数值不同。如 353.3 中的三个 3 分别代表不同的数值 300、3、0.3，这个数可以写成

$$353.3 = 3 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 3 \times 10^0 + 3 \times 10^{-1}$$

通常称上式中的 10 为十进制的基数，基数就是所用数字符号（或数码）的个数，而称 10^2 , 10^1 , 10^0 , 10^{-1} … 为各数位的位值（或权）。

二进制数与十进制数类似，它也有两个主要特点：

- (1) 它有且只有两个不同的数字符号，即 0 和 1。
- (2) 低位向高位的进位是逢二进一。

同一符号在不同的位置所代表的数值不同。

【例 1-1】 $(101.1)_2 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} = (4 + 1 + 0.5)_{10} = (5.5)_{10}$ ，亦即二进制基数为 2 的进制计数法，其各位上的数值（权值）分别为

$2^n, \dots, 2^1, 2^0, \dots, 2^{-m}$ 。

将十进制整数部分和小数部分分别采用“除2取余法”及“乘2取整法”，可以将一个十进制数转换为二进制数。即只需将十进制数除以2，并记下余数，把所得的商再除以2，并记下余数，然后再把所得的商除以2并记下余数，如此不断进行下去，直到所得的商为0为止，然后收集余数，即为二进制数，见例1-2。

【例1-2】 将115转换成二进制数。

2	115	
2	57	余数 $K_0 = 1$ (最低数位)
2	28	余数 $K_1 = 1$
2	14	余数 $K_2 = 0$
2	7	余数 $K_3 = 0$
2	3	余数 $K_4 = 1$
2	1	余数 $K_5 = 1$
	0	余数 $K_6 = 1$ (最高数位)

所以

$$(115)_{10} = K_6 K_5 K_4 K_3 K_2 K_1 K_0 = (1110011)_2$$

一个十进制小数要转换成二进制小数，只需将它一次又一次地乘以2，取其整数，这个过程重复进行，直到小数为0为止或达到转换要求的精度为止，即为二进制的小数见例1-3。

【例1-3】 将0.625转换成二进制数。

	0.625	
×	2	
	1.25	整数 $K_{-1} = 1$ (最高数位)
	0.25	
×	2	
	0.5	整数 $K_{-2} = 0$
×	2	
	1.0	整数 $K_{-3} = 1$ (最低数位)

所以

$$(0.625)_{10} = 0.K_{-1}K_{-2}K_{-3} = (0.101)_2$$

2. 十六进制数

使用二进制数当数字较大时，书写阅读很容易出错，记忆又困难。因此，通常采用八进制或十六进制来作为二进制的缩写。在微计算机中，目前通常采用字长为8位，这恰巧可用2位十六进制表示，因此十六进制应用十分普遍，它已成