

微控制器 技术与应用

◆ 主 编 魏晓艳



微控制器技术与应用

主 编 魏晓艳
副主编 张 鹏 李 想
参 编 程 岚
主 审 刘敏涵

内 容 提 要

《微控制器技术与应用》课程是应用电子技术专业的一门专业综合学习领域课程,采用“职业情景、项目导向”的基于工作过程的项目教学模式。项目实战部分的学习情景教学大多为教师的横向科研项目压缩或企业仿真项目,项目提高部分的学习情景教学使用企业真实项目进行授课。在基于工作过程的微控制器技术与应用项目教学中,学生通过对学习情景、分解任务的实践和学习,交互递进为分角色轮岗的综合岗位训练。教学过程注重对学生的引导学习,培养学生硬件设计、软件编程调试和软、硬结合调测的职业能力;依托“做教学”一体化教室实现了“做中学、做中教”一体化教学,一体化教室在教学之外时间全开放,为学生自主学习提供了场所。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

微控制器技术与应用/魏晓艳主编. —北京:北京理工大学出版社, 2013. 4
ISBN 978 - 7 - 5640 - 7587 - 3

I. ①微… II. ①魏… III. ①微控制器 - 高等学校 - 教材 IV. ①TP332. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 065170 号



出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京高岭印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 13

字 数 / 285 千字

版 次 / 2013 年 4 月第 1 版 2013 年 4 月第 1 次印刷

定 价 / 39.80 元

责任编辑 / 赵 岩

文案编辑 / 赵 岩

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 吴皓云

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前 言

随着电子、计算机、机电、自动控制等行业的发展，对智能产品需求量越来越大，涉及的领域也越来越广。本书为国家骨干院校建设成果教材，是根据高等教育人才培养目标和应用电子技术发展对工程技术应用型人才的实际要求，吸收了近几年职业教学改革最新成果，根据高等技术应用型人才培养的特点，结合校企合作，按照教学做一体化情景教学精心组织与编写教学任务，组织了有多年从事电子技术、计算机技术生产实践和教学经验的教师，编写了这本《微控制器技术与应用》教材。

本教材共分 8 个学习情景，即微控制器系统、微控制器应用系统开发平台、微控制器汇编指令系统、微控制器 C51 语言程序设计、模拟广告流水灯的设计与调试、键控记分器的制作与调试、两种经典传感器测速系统的设计、带时间显示的十字路口交通灯控制。教学参考学时为 128 ~ 160 学时。本教材主要针对电子类、机电类专业的教学，要求掌握基本的知识和技能，前四个学习情景理论、实践交互进行，后四个学习情景偏重实践和实用。

本教材由魏晓艳任主编，负责全书大纲的拟定和统稿工作，由张鹏、李想任副主编，参加编写的人员还有程岚。其中学习情景一、二、四、八由魏晓艳老师编写，学习情景三、五由张鹏老师编写，学习情景六、七由李想老师编写，附录由程岚老师编写，全书的审稿工作由刘敏涵教授完成。

在此次教材的编写过程中，还得到了陕西艾特隆技术有限公司高级工程师王迎利、电子信息分院王兴君院长、教务处全卫强处长的大力支持。同时，编者参考大量文献资料，在此对王迎利高级工程师、大力支持本教材的领导及参考文献的作者表示衷心感谢。限于编者的水平，书中难免有不足之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

学习情景一 微控制器系统	1
1.1 任务1 MCS-51 系列微控制器内部结构与引脚功能	1
1.1.1 任务内容	1
1.1.2 任务实施	2
1.1.3 任务扩展	5
1.2 任务2 数制	5
1.2.1 任务内容	6
1.2.2 任务实施	7
1.2.3 任务扩展	9
1.3 任务3 微处理器存储结构	10
1.3.1 任务内容	10
1.3.2 任务实施	11
1.3.3 任务扩展	12
1.4 任务4 微控制器的 I/O 口	14
1.4.1 任务内容	14
1.4.2 任务实施	15
1.4.3 任务扩展	16
1.5 任务5 微控制器的最小系统	17
1.5.1 任务内容	17
1.5.2 任务实施	18
1.5.3 任务扩展	19
1.6 情景评价	20
1.7 情景总结	20
学习情景二 微控制器应用系统开发平台	22
2.1 任务1 Keil C51 软件编译开发工具	22
2.1.1 任务内容	22
2.1.2 任务实施	27
2.1.3 任务扩展	38
2.2 任务2 系统仿真开发工具 Proteus ISIS	39
2.2.1 任务内容	40

2.2.2 任务实施	44
2.2.3 任务扩展	52
2.3 任务3 简单的系统联调仿真实现	52
2.3.1 任务内容	53
2.3.2 任务实施	53
2.3.3 任务扩展	56
2.4 情景评价	56
2.5 情景总结	56
学习情景三 微控制器汇编指令系统	58
3.1 任务1 微控制器汇编语言初步	58
3.1.1 任务内容	58
3.1.2 任务实施	59
3.1.3 任务扩展	60
3.2 任务2 寻址方式	60
3.2.1 任务内容	61
3.2.2 任务实施	61
3.2.3 任务扩展	66
3.3 任务3 数据传送类指令	66
3.3.1 任务内容	67
3.3.2 任务实施	67
3.3.3 任务扩展	70
3.4 任务4 算术运算类指令	71
3.4.1 任务内容	71
3.4.2 任务实施	71
3.4.3 任务扩展	73
3.5 任务5 控制转移类指令	74
3.5.1 任务内容	74
3.5.2 任务实施	75
3.5.3 任务扩展	76
3.6 任务6 汇编语言程序设计	77
3.6.1 任务内容	78
3.6.2 任务实施	78
3.6.3 任务扩展	81
3.7 任务7 简单汇编软硬结合应用	81
3.7.1 任务内容	82
3.7.2 任务实施	82
3.7.3 任务扩展	83

3.8 情景评价	83
3.9 情景总结	84
学习情景四 微控制器 C51 语言程序设计	85
4.1 任务1 C51 语言基础应用	85
4.1.1 任务内容	85
4.1.2 任务实施	86
4.1.3 任务扩展	89
4.2 任务2 语句与流程控制	90
4.2.1 任务内容	90
4.2.2 任务实施	90
4.2.3 任务扩展	95
4.3 任务3 函数及应用	96
4.3.1 任务内容	96
4.3.2 任务实施	97
4.3.3 任务扩展	98
4.4 任务4 简单十字路口交通信号灯的控制	98
4.4.1 任务内容	99
4.4.2 任务实施	99
4.4.3 任务扩展	101
4.5 情景评价	101
4.6 情景总结	101
学习情景五 模拟广告流水灯的设计与调试	103
5.1 任务1 单 LED 发光控制	103
5.1.1 任务内容	103
5.1.2 任务实施	104
5.1.3 任务扩展	106
5.2 任务2 单 LED 闪烁	107
5.2.1 任务内容	107
5.2.2 任务实施	107
5.2.3 任务扩展	110
5.3 任务3 单 LED 发光亮度控制	110
5.3.1 任务内容	111
5.3.2 任务实施	111
5.3.3 任务扩展	114
5.4 任务4 单 LED 流水闪烁	115
5.4.1 任务内容	116
5.4.2 任务实施	116

5.4.3 任务扩展	118
5.5 任务5 可控模拟广告流水灯	118
5.5.1 任务内容	119
5.5.2 任务实施	119
5.5.3 任务扩展	122
5.6 情景评价	123
5.7 情景总结	124
学习情景六 键控记分器的制作与调试	125
6.1 任务1 实用键控开关灯的制作与调试	125
6.1.1 任务内容	126
6.1.2 任务实施	126
6.1.3 任务扩展	128
6.2 任务2 静态显示数码管显示器	131
6.2.1 任务内容	131
6.2.2 任务实施	131
6.2.3 任务扩展	136
6.3 任务3 动态显示数码管显示器	136
6.3.1 任务内容	137
6.3.2 任务实施	137
6.3.3 任务扩展	138
6.4 任务4 记分器的制作与调试	139
6.4.1 任务内容	139
6.4.2 任务实施	140
6.4.3 任务扩展	142
6.5 情景评价	142
6.6 情景总结	143
学习情景七 两种经典传感器测速系统的设计	144
7.1 任务1 光电开关转速测量系统	144
7.1.1 任务内容	145
7.1.2 任务实施	145
7.1.3 任务扩展	151
7.2 任务2 霍尔元件测速系统	152
7.2.1 任务内容	153
7.2.2 任务实施	153
7.2.3 任务扩展	161
7.3 情景评价	162
7.4 情景总结	162

学习情景八 带时间显示的十字路口交通灯控制	163
8.1 任务1 中断系统	163
8.1.1 任务内容	164
8.1.2 任务实施	164
8.1.3 任务扩展	169
8.2 任务2 外部中断应用	169
8.2.1 任务内容	170
8.2.2 任务实施	170
8.2.3 任务扩展	172
8.3 任务3 定时器/计数器中断应用	173
8.3.1 任务内容	174
8.3.2 任务实施	176
8.3.3 任务扩展	177
8.4 任务4 带时间显示的交通灯控制	178
8.4.1 任务内容	178
8.4.2 任务实施	179
8.4.3 任务扩展	187
8.5 情景评价	188
8.6 情景总结	188
附录1 ASCII 码表	189
附录2 Proteus 元件库标识	191

学习情景一 微控制器系统

本情景教学内容：进行微控制器系统软硬件结合应用开发，对微控制器系统的硬件原理掌握非常重要。本情景由5个学习任务组成，即 MCS-51 系列微控制器内部结构与引脚功能、数制、微控制器存储结构、微控制器的 I/O 口及微控制器的最小系统。本情景教学要求：通过对5个任务的学习，了解并理解微控制器内部结构原理，掌握微控制器引脚功能，掌握数制应用，掌握微处理器存储结构原理，掌握微控制器的 I/O 口结构。熟悉并理解微控制器最小系统。

1.1 任务1 MCS-51 系列微控制器内部结构与引脚功能

任务描述

AT89 系列微控制器的各种型号均是以 8031 为核心电路发展起来的，具有 51 系列微控制器的基本结构与软件特征。AT89C51 是 AT89 系列微控制器的主流产品，以下均简称 89C51。熟悉 MCS-51 系列微控制器内部结构与引脚功能。

任务要求

学习 MCS-51 系列微控制器内部结构与引脚功能。

知识目标

- (1) 熟练掌握微控制器内部结构。
- (2) 熟练掌握 89C51 的引脚功能。

能力目标

- (1) 具备熟悉微控制器内部结构的能力。
- (2) 具备掌握 89C51 引脚功能的能力。
- (3) 具备熟悉、理解微控制器系统应用的能力。

1.1.1 任务内容

通过了解和学习微型计算机的基本结构，89C51 微控制器的内部结构、引脚功能，全面熟悉微控制器的内部结构与引脚功能。

1.1.2 任务实施

1. 微型计算机的基本结构

微型计算机（Microcomputer）是以微处理器（CPU）为核心，加上内存储器 ROM 和 RAM、I/O 接口电路以及系统总线组成，如图 1.1 所示。

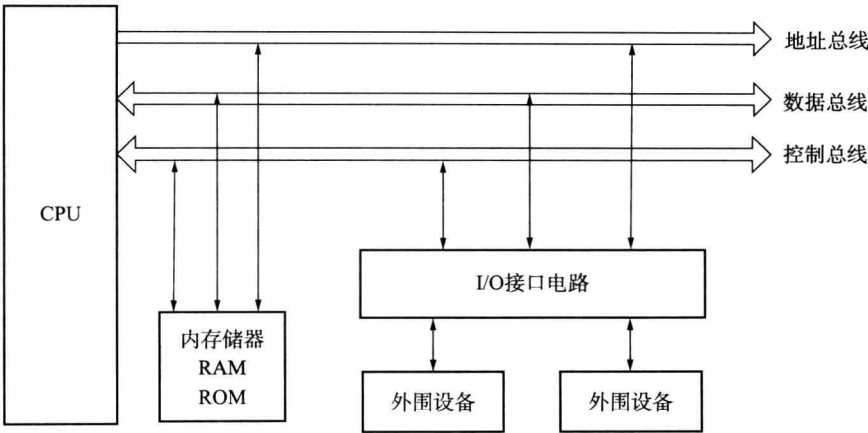


图 1.1 微型计算机基本结构框图

(1) 微处理器

微处理器是微型计算机的“核心”，是系统的运算中心和控制中心。不同型号之间性能上的差别首先表现在微处理器的不同，每种微处理器有其特有的指令系统。但所有微处理器的结构基本一致，主要包括运算器、控制器、寄存器组几个部分。

运算器主要用于算术和逻辑运算。

控制器由指令寄存器、指令译码器和微操作控制电路组成。它将指令从存储器调入指令寄存器中，通过指令译码器译码后，由微操作控制电路按照译码后的控制命令发出一系列的控制信息，使微型计算机的各个部件协调动作，完成程序指定的工作。

CPU 内部的寄存器主要用来暂存参与运算的操作数、中间结果和运算结果，同时记录程序运行中的某些状态等。因此，寄存器可以分为两大类：专用寄存器和通用寄存器。专用寄存器有累加器 ACC、标志寄存器 PSW、程序计数器 PC 等，其中累加器 ACC 用于参与程序的各种运算；标志寄存器 PSW 反映程序运行过程中的各种状态，如是否产生进位，是否超出了运算范围等；程序计数器 PC 用于控制程序执行的顺序。

(2) 三总线

总线是微处理器、内存储器和 I/O 接口电路之间相互交换信息的公共通道。微型机的总线由数据总线（Data Bus）、地址总线（Address Bus）和控制总线（Control Bus）三总线构成。数据总线（DB）的功能是完成微处理器与内存、I/O 接口电路之间的数据传送，通过数据总线可以实现数据的双向传送；地址总线（AB）是微处理器向内存和 I/O 接口电路传送地址信息的通路，是单向传送方式；控制总线（CB）是微处理器向内存和 I/O 接口电路发出的命令信息或由外界向微处理器传送状态的信息通路。

(3) 存储器

微型计算机内部的存储器，都是半导体存储器，其中只读存储器可以是 ROM、PROM、EPROM、E²PROM 等类型，主要用于存放各种程序，如汇编程序、编译程序、标准子程序以及各种常用数据表格；读/写存储器包括各种形式的 RAM，用于存放用户程序、数据及部分系统信息。

(4) I/O 接口电路

微型计算机与 I/O 设备之间不能直接交换信息，必须通过 I/O 接口电路作为它们之间联系的桥梁。I/O 接口电路通过各种符合标准的总线传递外围设备与 CPU 之间的信息，并对信息做一些必要的处理。

(5) 外围设备

常见的外围设备包括打印机、显示器、键盘、鼠标、绘图仪、外存储器（如磁盘、光盘、磁带等）以及一些互联网装置等。

2. 89C51 微控制器的内部结构

89C51 微控制器的内部结构如图 1.2 所示，其基本组成部分包括：

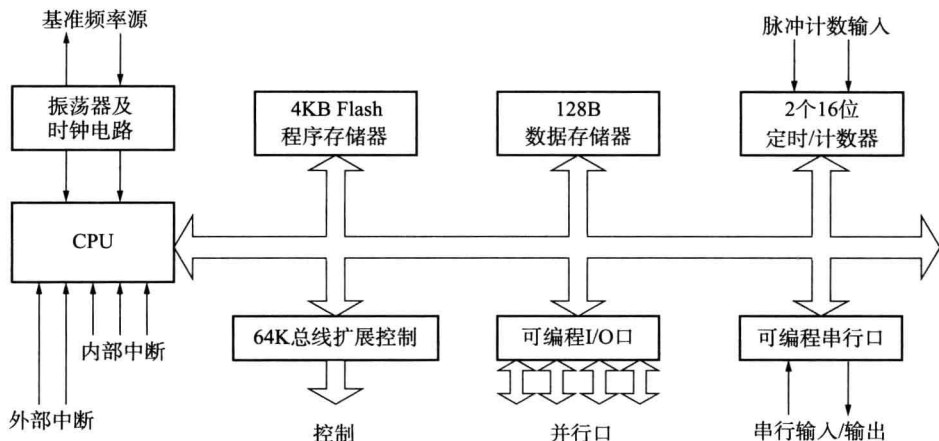


图 1.2 89C51 微控制器的基本结构图

- ①适于控制应用的 8 位 CPU。
- ②一个片内振荡器及时钟电路，最高工作频率可达 24MHz。
- ③4KB Flash 程序存储器。
- ④128B 数据存储器。
- ⑤可寻址 64K 外部数据存储器空间及 64K 程序存储器空间的控制电路。
- ⑥32 根双向可按位寻址的 I/O 口线。
- ⑦1 个全双工串行口。
- ⑧2 个 16 位定时/计数器。
- ⑨5 个中断源，具有两个优先级。

若程序存储器带有 4KB ROM/EPROM，即为 8051/8751；若 RAM/EPROM 容量为 256B/8KB，则为 52 子系列。

下面分别介绍 89C51 微控制器内部各部分的主要功能：

(1) 微处理器（CPU）

89C51 微控制器的微处理器（CPU）与一般的微型计算机类似，也是由运算器和控制器组成。运算器可以对半字节（4 位）、单字节等数据进行算术运算和逻辑运算，并将结果送至状态寄存器。运算器中还包括一个专门用于位数据操作的布尔处理器。控制器包括程序计数器 PC、指令寄存器、指令译码器、振荡器、时钟电路及控制电路等部件，它可以根据不同指令产生的操作时序来控制微控制器各部分工作。

(2) 存储器

微控制器的存储器分两种：一种用于存放已编写好的程序及数据表格，称为程序存储器，常用 ROM、EPROM、E²PROM 等类型，89C51 中采用的就是 Flash E²PROM，其存储容量为 4KB。另一种用于存放输入、输出数据，中间运算结果，称为数据存储器，常用 RAM 类型，89C51 中的数据存储器较小，存储容量仅 128B。若存储器空间不够用，可以外部扩展。

(3) 输入/输出（I/O）口

89C51 的输入/输出接口包括四个 8 位并行口及 1 个全双工的串行口。4 个并行口既可作为 I/O 端口使用，又可作为外部扩展电路时的数据总线、地址总线及控制总线。内部的串行口是一个可编程全双工串行通信接口，具有通用异步接收器/发送器（UART）的全部功能，可以同时进行数据的接收和发送，还可以作为一个同步移位寄存器使用。

(4) 其他内部资源

89C51 内部还有 2 个 16 位定时/计数器及中断系统。定时/计数器可以通过对系统时钟计数实现定时，也可用于对外部事件的脉冲进行计数。中断系统可以对 5 个中断源进行中断允许及优先级的控制。5 个中断源中有 2 个为外部中断，由微控制器的外围引脚引入；3 个为内部中断，分别由 2 个定时/计数器及串行口产生。

3. 89C51 微控制器的引脚功能

89C51 微控制器的封装共分为 PDIP、PLCC 及 PQFP 三种形式，常用为 PDIP 封装形式。其引脚如图 1.3 所示。

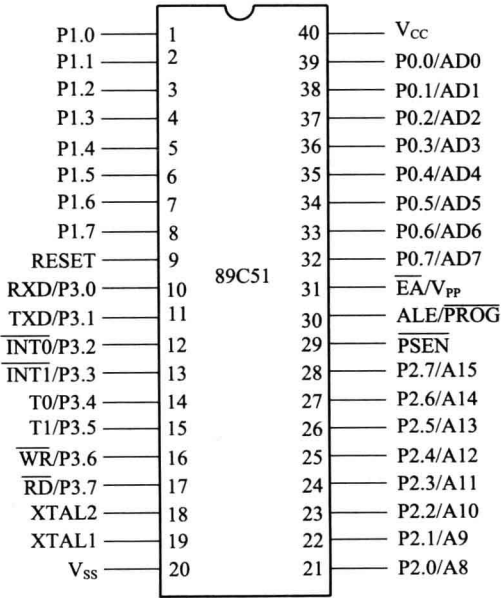


图 1.3 89C51 微控制器的引脚图

89C51 共 40 个引脚，大致可分为四类：电源引脚、时钟电路引脚、I/O 引脚和控制线引脚。

(1) 电源引脚

V_{CC} ：电源端，+5V。

V_{SS} ：接地端（GND）。

(2) 时钟电路引脚

XTAL1：外接晶振输入端。

XTAL2：外接晶振输出端。

(3) I/O 引脚

P0.0 ~ P0.7/AD0 ~ AD7：一组 8 位漏极开路型双向 I/O 口，也是地址/数据总线复用口。作输入/输出用口时，必须外接上拉电阻，它可驱动 8 个 TTL 门电路。当访问片外存储器时，用作地址/数据分时复用口线。

P1.0 ~ P1.7：一组内部带上拉电阻的 8 位准双向 I/O 口，可驱动 4 个 TTL 门电路。

P2.0 ~ P2.7/A8 ~ A15：一组内部带上拉电阻的 8 位准双向 I/O 口，可驱动 4 个 TTL 门电路。当访问片外存储器时，用作高 8 位地址总线。

P3.0 ~ P3.7：一组内部带上拉电阻的 8 位准双向 I/O 口。

出于芯片引脚数的限制，P3 端口每个引脚具有第二功能。

(4) 控制线引脚

RESET/VPD：复位端/备用电源输入端。当 RESET 端出现持续两个机器周期以上的高电平时，可实现复位操作。VPD 端可外接备用电源，以便在 V_{CC} 掉电时向 RAM 供电。

1.1.3 任务扩展

控制线引脚中的其他引脚功能介绍。

$\overline{EA}/V_{PP}$ ：片外程序存储器选择端/Flash 存储器编程电源。若要访问外部程序存储器则端必须保持低电平。 V_{PP} 端用于 Flash 存储器编程时的编程允许电源 +12V 输入端。

ALE/ $\overline{PROG}$ ：地址锁存允许端/编程脉冲输入端。当访问外部程序存储器或数据存储器时，ALE 输出脉冲用于锁存 P0 口分时送出的低 8 位地址（下降沿有效）。不访问外部存储器时，该端以时钟频率的 1/6 输出固定的正脉冲信号，可用作外部时钟。对内部 Flash 存储器编程期间，该引脚用于输入编程脉冲。

$\overline{PSEN}$ ：读片外程序存储器选通信号输出端。当 89C51 从外部程序存储器取指令时，该脚有效（上升沿）。每个机器周期 $\overline{PSEN}$ 均产生两次有效输出信号。

1.2 任务2 数制

任务描述

学习十进制数、二进制数、八进制数、十六进制数的定义和转换方法。通过探索带符号数的表示，培养学生归纳能力；通过二进制与十六进制学习，促进学生拓展新知

识的思路。

任务要求

学习数制表示、数制转换。

知识目标

- (1) 熟练掌握二进制与十六进制、十进制的转换方法。
- (2) 熟练掌握信息数据表示。
- (3) 掌握带符号数的表示。

能力目标

- (1) 具备熟练掌握数制转换的能力。
- (2) 具备掌握信息数据表示的能力。
- (3) 具备理解、数制应用的能力。

1.2.1 任务内容

1. 数值定义

十进制定义：数码 0~9，基数 10，权 10^n ，“逢十进一”。

二进制定义：数码 0 和 1，只使用 0 和 1 两种数字的计数法，叫做二进制计数法。“逢二进一”，基数 2，权 2^n 。

十六进制定义：数码 0~9，A，B，C，D，E，F，“逢十六进一”，基数 16，权 16^n 。

八进制定义：数码 0~7，基数 8，权 8^n ，“逢八进一”。

各进制数具体如表 1-1 所示。

表 1-1 十进制、二进制、十六进制

序号	十进制	二进制	十六进制	序号	十进制	二进制	十六进制
1	0	0	0	9	8		8
2	1	1	1	10	9		9
3	2		2	11			A
4	3		3	12			B
5	4		4	13			C
6	5		5	14			D
7	6		6	15			E
8	7		7	16			F

2. 二进制数、十六进制数、十进制数、八进制数的转换

二进制数、十六进制数、十进制数、八进制数的转换如表 1-2 所示。

表 1-2 数制转换表

十进制	二进制	八进制	十六进制	八→二 (1 位分 3 位)	十六→二 (1 位分 4 位)
0	0	0	0	000	0000
1	1	1	1	001	0001
2	10	2	2	010	0010
3	11	3	3	011	0011
4	100	4	4	100	0100
5	101	5	5	101	0101
6	110	6	6	110	0110
7	111	7	7	111	0111
8	1000		8		1000
9	1001		9		1001
10	1010		A		1010
11	1011		B		1011
12	1100		C		1100
13	1101		D		1101
14	1110		E		1110
15	1111		F		1111

1.2.2 任务实施

1. 十六进制数转化为二进制数和十进制数

四位二进制数，所表示的最大数值为 15，共有十六个数位，依次用 0~9，A，B，C，D，E，F 来表示，这种数就是十六进制数。下面就以一个例题来说明。

例 1.1 $(C3F)_{16} = (?)_2$

$$\begin{array}{cccc}
 0 & C & 3 & F \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 0 & 1100 & 0011 & 1111 \\
 (0C3F)_{16} = (1100 \ 0011 \ 1111)_2 \\
 (C3F)_{16} = 12 \times 16^2 + 3 \times 16 + 15 \\
 = 3072 + 48 + 15 \\
 = (3135)_{10}
 \end{array}$$

练习 1: $(A59E.46D)_{16} = (1010 \ 0101 \ 1001 \ 1110.0100 \ 0110 \ 1101)_2$

练习 2: $(1 \ 1010 \ 1111)_2 = (1AF)_{16}$

2. 十进制数转化为二进制数、八进制数和十六进制数

把一个十进制数 2013 分别转换为二进制数、八进制数和十六进制数。通过例题来学习转化过程。

例 1.2 $(2013)_{10} = (?)_2$

转换过程如下图所示。

	2013		取余
2	1006	-----	1
2	503	-----	0
2	251	-----	1
2	125	-----	1
2	62	-----	1
2	31	-----	0
2	15	-----	1
2	7	-----	1
2	3	-----	1
2	1	-----	1
0		-----	1

转换结果： $(2013)_{10} = (11111011101)_2$

例 1.3 $(2013)_{10} = (?)_8$

转换过程如下图所示。

	2013		取余
8	251	-----	5
8	31	-----	3
8	3	-----	7
0		-----	3

转换结果： $(2013)_{10} = (3735)_8$

例 1.4 $(2013)_{10} = (?)_{16}$

转换过程如下图所示。

	2013		取余
16	125	-----	D
16	7	-----	D
0		-----	7