



教育部高等职业教育示范专业规划教材

单片机应用技术

刁金霞 邹志慧 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



赠电子课件、章后习题解答和模拟试卷等

教育部高等职业教育示范专业规划教材

单片机应用技术

主 编 刁金霞 邹志慧

副主编 陈秀娟

参 编 李会新 徐闽燕 尹明 冯超

主 审 张平川



机械工业出版社

本书系统地介绍了 MCS-51 系列单片机的原理与应用技术。全书共 11 章, 主要包括单片机入门与基础知识、MCS-51 单片机的硬件组成与工作原理、MCS-51 单片机的指令系统、并行 I/O 口的基本应用、单片机的中断系统、单片机的定时/计数器、单片机的串行通信、存储器的扩展应用、并行 I/O 口的扩展及应用、A-D、D-A 转换器的扩展应用、单片机的应用系统等。

本书采用 PROTEUS 软件和 Keil 软件为开发平台, 由简入繁、循序渐进地进行原理和设计方法的介绍, 介绍了汇编语言编程方法与技巧, 同时加入对应的 C 语言程序以方便学习和参考, 在每个项目中均给出项目设计分析、原理图、元器件列表和程序设计等内容, 同时还加入相关经验、技巧及注意事项, 具有很强的实用性和指导性。

本书既可作为高职高专电子信息、自动化、机电一体化、生产过程自动化、计算机等专业的教材, 也可作为学生自学和从事单片机工作的工程技术人员的参考资料。

为方便教学, 本书配有免费电子课件、章后习题解答、模拟试卷等, 凡选用本书作为授课教材的学校, 均可来电索取。咨询电话: 010 - 88379375; Email: cmpgaozhi@sina.com。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机应用技术/刁金霞, 邹志慧主编. —北京: 机械工业出版社, 2012. 6

教育部高等职业教育示范专业规划教材

ISBN 978 - 7 - 111 - 37769 - 6

I. ①单… II. ①刁…②邹… III. ①单片微型计算机 - 高等职业教育 - 教材 IV. ① TP368. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 047178 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 于 宁 责任编辑: 于 宁 曹雪伟

版式设计: 霍永明 责任校对: 胡艳萍

封面设计: 鞠 杨 责任印制: 杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2012 年 6 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·14.5 印张·356 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 37769 - 6

定价: 28.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书以项目设计过程为主线,逐步介绍单片机的原理和使用技巧,易于入门操作;编写层次分明,语言简练。本书是结合我国当前高职高专教育改革推行示范院校的理念而编写的,既可作为高职高专院校电类、机电类及电子类等相关专业的教材,也可以作为工程技术人员的参考资料。

本书编写人员都是长期从事单片机教学与科研的教师和工程技术人员,具有丰富的教学、科研经验。

本书主要特点如下:

知识系统性强。本书系统地介绍了 MCS-51 系列单片机原理及应用技术。本书以项目设计过程为例介绍单片机的开发过程,为培养学生的实践应用能力,针对专业技术性应用人才岗位所需能力和知识来编写。

内容实用性强。书中加入了大量的实践经验与技巧,以达到教学目标为目的,不进行海量知识的填充。具体项目实例来自实际中的应用,介绍了项目实际设计时的设计步骤和思路,除了汇编语言程序,同时给出 C 语言的解决方案。书中加入了常用单片机开发软件 Keil 软件和 PROTEUS 软件的使用说明,并且书中所有的程序都在 Keil 软件中进行了编译调试。

体现知识与能力的层次性。每章设定本章任务与教学目标,在每章最后都配有小结、自我检测与习题,便于自学和教学。

附录资料丰富。在附录中给出了指令表、ASCII 码表、常用集成芯片引脚图、常用专业英语词汇以供读者参考。

本书电路原理图中的元器件符号是 PROTEUS 软件元器件库中的标准符号,与国家标准不符,特提请读者注意。

本书由刁金霞、邹志慧任主编,陈秀娟任副主编。第 1、2、4 章和附录部分由刁金霞编写,第 3、8 章由邹志慧编写,第 5 章由徐闽燕编写,第 6 章由尹明编写,第 7 章由李会新编写,第 9、11 章由陈秀娟编写,第 10 章由冯超编写。全书由刁金霞统稿。本书由张平川任主审,他提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心感谢。在编写过程中编者参考了许多文献资料,在此向各文献资料的作者表示感谢。

由于编者水平所限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

如有疑问和建议,请联系编者 E-mail: diaojinxia@163.com。

编 者

目 录

前言

第1章 单片机入门与基础知识 1

1.1 初识单片机 1

1.1.1 单片机概述 2

1.1.2 单片机应用系统的设计开发 步骤 4

1.1.3 简单单片机应用系统项目举例 ——灯光闪烁 4

1.1.4 单片机的特点和应用领域 6

1.1.5 单片机系列产品介绍 6

1.2 数制表示与编码 7

1.2.1 二进制、十进制与十六进制 7

1.2.2 数制的转换 8

1.2.3 原码、反码与补码——有符号 数的表示 9

1.2.4 计算机中常用的编码 10

本章小结 11

自我检测与习题 11

第2章 MCS-51 单片机的硬件组成 与工作原理 12

2.1 MCS-51 单片机的概况与 引脚功能 12

2.1.1 MCS-51 单片机的概况 12

2.1.2 MCS-51 单片机的引脚定义 及功能 13

2.2 单片机的内部结构组成 14

2.3 存储器的结构 16

2.3.1 存储器的结构及地址分配 16

2.3.2 内部数据存储器及特殊功 能寄存器 16

2.4 并行 I/O 口的结构与操作 20

2.4.1 P0 口的结构 20

2.4.2 P1 口的结构 21

2.4.3 P2 口的结构 22

2.4.4 P3 口的结构 22

2.5 单片机的外围电路 24

2.5.1 时钟电路和时序 24

2.5.2 复位电路 26

2.6 单片机的工作方式 27

本章小结 28

自我检测与习题 29

第3章 MCS-51 单片机的指令 系统 30

3.1 单片机指令系统的概述与 Keil 软件的基本应用 30

3.1.1 指令概述 30

3.1.2 单片机汇编指令格式及 常用符号 31

3.1.3 指令分类 32

3.1.4 指令执行时间与机器码的 查表计算 33

3.2 寻址方式 33

3.2.1 立即寻址 33

3.2.2 直接寻址 33

3.2.3 寄存器寻址 34

3.2.4 寄存器间接寻址 34

3.2.5 变址寻址 34

3.2.6 相对寻址 35

3.2.7 位寻址 35

3.3 指令系统 36

3.3.1 数据传送类指令 36

3.3.2 算术运算类指令 37

3.3.3 逻辑运算类指令 38

3.3.4 控制转移类指令 39

3.3.5 位操作指令 42

3.4 伪指令 44

3.5 Keil 编程调试软件的基本应用 46

3.5.1 Keil 工程文件的创建、设置 与生成目标文件 46

3.5.2 Keil 的调试命令、在线汇编 与断点设置 51

3.6 PROTEUS 软件简介与基本 应用 54

3.6.1 PROTEUS 软件简介 54

3.6.2	PROTEUS 软件应用举例	54	6.1.2	定时/计数器的寄存器控制	89
3.6.3	PROTEUS 与 Keil 软件联合 调试	58	6.1.3	定时/计数器的工作方式与 控制功能	91
	本章小结	59	6.2	定时/计数器初始值的计算	93
	自我检测与习题	59	6.3	定时/计数器控制项目实例 1 ——方波脉冲的产生	94
第 4 章	并行 I/O 口的基本应用	62	6.3.1	方案一: T/C0 工作在方式 0 下产生方波	94
4.1	单片机程序设计的基础 知识	62	6.3.2	方案二: T/C1 工作在方式 1 下产生方波	95
4.1.1	单片机程序设计的基本步骤 和方法	62	6.4	定时/计数器控制项目实例 2 ——计数器控制引脚状态	97
4.1.2	单片机程序的结构分类	63		本章小结	99
4.2	并行 I/O 口基本应用项目实例 ——流水灯花样控制	64		自我检测与习题	99
4.2.1	硬件需求分析与硬件电路 的确定	64	第 7 章	单片机的串行通信	100
4.2.2	软件需求分析及解决方案	65	7.1	基本概念	100
4.2.3	程序调试与下载运行	69	7.1.1	并行通信和串行通信	100
	本章小结	70	7.1.2	串行通信的基本方式	101
	自我检测与习题	70	7.1.3	波特率	102
第 5 章	单片机的中断系统	72	7.2	单片机串行接口的工作 原理及工作方式	102
5.1	中断系统	73	7.2.1	串行接口的结构及工作原理	102
5.1.1	中断系统的功能和组成结构	73	7.2.2	串行接口的控制寄存器	103
5.1.2	中断响应过程	75	7.2.3	串行接口的工作方式	105
5.1.3	中断的控制	76	7.2.4	串行接口的波特率设定	106
5.2	外部中断应用项目实例 1—— 单个外部中断	78	7.3	串行接口通信项目实例 1 ——双机通信	107
5.2.1	硬件需求分析与硬件电路 的确定	79	7.3.1	通信双方的约定	107
5.2.2	软件需求分析及解决方案	79	7.3.2	双机通信的波特率设定	108
5.2.3	程序调试与下载运行	82	7.4	串行接口通信项目实例 2 ——多机通信	112
5.3	外部中断应用项目实例 2—— 多级外部中断的扩展应用	82	7.4.1	多机通信原理	113
5.3.1	硬件需求分析与硬件电路 的确定	83	7.4.2	多机通信的软件协议	113
5.3.2	软件需求分析及解决方案	84	7.4.3	主机程序清单	114
5.3.3	程序调试与下载运行	86	7.4.4	从机程序清单	115
	本章小结	86		本章小结	123
	自我检测与习题	87		自我检测与习题	124
第 6 章	单片机的定时/计数器	88	第 8 章	存储器的扩展应用	125
6.1	单片机的定时/计数器工 作原理	88	8.1	存储器的扩展	125
6.1.1	定时/计数器的基本结构	88	8.1.1	I/O 接口电路的功能与通信	125
			8.1.2	I/O 接口的编址	126
			8.1.3	扩展外部存储器芯片的编址 方式	126

8.1.4 存储器扩展的概况	127	和 LED 显示	165
8.2 存储器扩展项目实例 1—— 并口扩展程序存储器	127	9.5.1 硬件需求分析与硬件电路 的确定	165
8.2.1 硬件需求分析与硬件电路 的确定	128	9.5.2 软件需求分析及解决方案	166
8.2.2 软件需求分析及解决方案	130	9.5.3 程序调试与下载运行	167
8.2.3 程序调试与下载运行	131	9.6 显示与键盘扩展项目实例 2 ——用 8155 扩展 I/O 接口 接微型打印机	167
8.3 存储器扩展项目实例 2—— 并口扩展数据存储	131	9.6.1 硬件需求分析及硬件电路 的确定	167
8.3.1 硬件需求分析与硬件电路 的确定	132	9.6.2 软件需求分析及解决方案	168
8.3.2 软件需求分析及解决方案	134	9.6.3 程序调试与下载运行	171
8.3.3 程序调试与下载运行	136	9.7 扩展并行口项目实例—— 用串行口扩展并行 I/O 口	171
8.4 I ² C 总线	136	9.7.1 硬件需求分析及硬件电路 的确定	171
8.5 存储器扩展项目实例 3—— 串行扩展总线 (I ² C) 扩展 E ² PROM	143	9.7.2 软件需求分析及解决方案	172
8.5.1 硬件需求分析与硬件电路 的确定	143	9.7.3 程序调试与下载运行	174
8.5.2 软件需求分析及解决方案	144	本章小结	175
8.5.3 程序调试与下载运行	146	自我检测与习题	175
本章小结	146	第 10 章 A-D、D-A 转换器的 扩展应用	176
自我检测与习题	147	10.1 A-D 转换器的工作原理 与应用	176
第 9 章 并行 I/O 口的扩展及应用	148	10.1.1 概述	176
9.1 概述	148	10.1.2 实时控制系统的组成	177
9.1.1 I/O 口扩展方法	149	10.1.3 A-D 转换器简介	177
9.1.2 I/O 口扩展的几个注意事项	149	10.2 A-D 转换器扩展应用项目实例 1 ——8 位 ADC0809 应用于 温度巡检系统	178
9.1.3 I/O 口扩展的常用芯片	149	10.2.1 硬件需求分析与硬件电路 的确定	178
9.2 并行 I/O 口扩展项目实例 1—— 简单并行 I/O 口的扩展	149	10.2.2 软件需求分析及解决方案	181
9.2.1 硬件需求分析与硬件电路 的确定	149	10.3 A-D 转换器扩展应用项目实例 2 ——串行 ADC MAX187 的基本应用	187
9.2.2 软件分析及编程	151	10.3.1 硬件需求分析与硬件电路 的确定	188
9.3 并行 I/O 口扩展项目实例 2 ——并行 I/O 口的一般 扩展	152	10.3.2 软件需求分析及解决方案	190
9.3.1 可编程接口芯片 8255A	152	10.4 D-A 转换器的工作原理 与应用	191
9.3.2 可编程 I/O 接口芯片 8155	156	10.5 D-A 转换器扩展项目实例—— DAC0832 应用于低频信号	
9.4 显示与键盘的扩展概述	160		
9.4.1 显示器的基本显示原理	160		
9.4.2 键盘的分类及其原理	163		
9.5 显示与键盘的扩展项目实例 1 ——用 8255A 扩展键盘			

发生器	194	要求	204
10.5.1 硬件需求分析与硬件电路 的确定	194	11.3.2 水位控制系统的硬件设计	205
10.5.2 软件需求分析及解决方案	196	11.3.3 系统的软件设计	206
10.5.3 程序调试与下载运行	198	11.4 单片机应用项目实例 2—— 数据采集系统	208
本章小结	199	11.4.1 系统的硬件设计	208
自我检测与习题	199	11.4.2 软件需求分析及解决方案	210
第 11 章 单片机的应用系统	200	11.4.3 程序的调试与运行	213
11.1 单片机系统的可靠性设计	200	本章小结	213
11.1.1 单片机系统的可靠性及可靠 性设计的重要性	200	自我检测与习题	214
11.1.2 可靠性设计	201	附录	215
11.2 抗干扰设计	202	附录 A MCS-51 系列单片机 指令表	215
11.2.1 干扰及干扰的传播	202	附录 B ASCII 码表	218
11.2.2 单片机系统的抗干扰设计	203	附录 C 常用集成芯片引脚图	219
11.3 单片机应用项目实例 1—— 水塔水位控制系统	204	附录 D 常用专业英语词汇	220
11.3.1 水塔水位控制系统的控制		参考文献	223

第 1 章

单片机入门与基础知识

本章任务与教学目标

- 1) 熟悉单片机相关的基本概念、系列产品及应用。
- 2) 掌握单片机最小系统的组成结构。
- 3) 掌握数制的转换、常见的几种编码及补码的生成。

本章重点与难点

重点：单片机的含义、单片机的最小系统和数制转换。

难点：单片机的分类、补码的含义与转换。

引言

单片机应用在日常生活的各个方面，下面我们来看看这个奇妙的单片机世界吧。

1.1 初识单片机

单片机 (Single-chip Microcomputer) 是单一芯片的微型计算机。常见外形封装如图 1-1 所示。

单片机内部集成了微处理器 (CPU)、程序存储器 (ROM)、数据存储器 (RAM)、输入/输出 (I/O) 接口电路等功能部件，主要应用于自动控制领域，一般不要求单片机有很高的运算速度，但对控制能力要求较高，因此单片机内部都集成了定时/计数器。

单片机又称为 MCU (Microcontroller Unit)。单片机属于微型处理芯片，在控制系统中处于核心地位，在使用时必须配置相关外围电路才能实现具体的控制功能，因此单片机在使用时都是以单片机应用系统的形式进行的。图 1-2 所示为单片机最小系统原理图，展示出单片

机在实际应用中的最少外围配置电路。

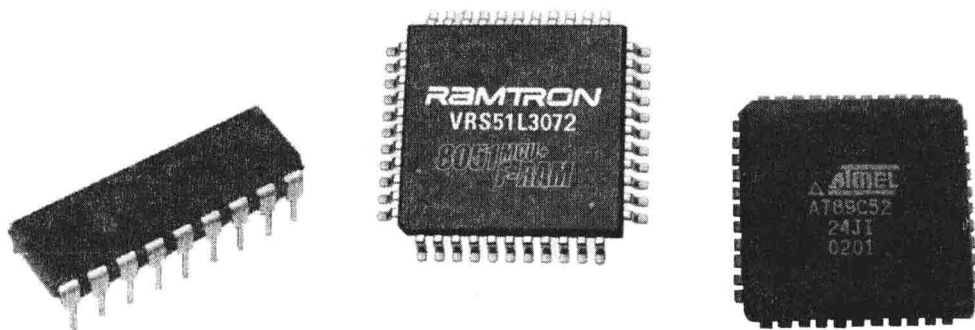


图 1-1 单片机外形封装

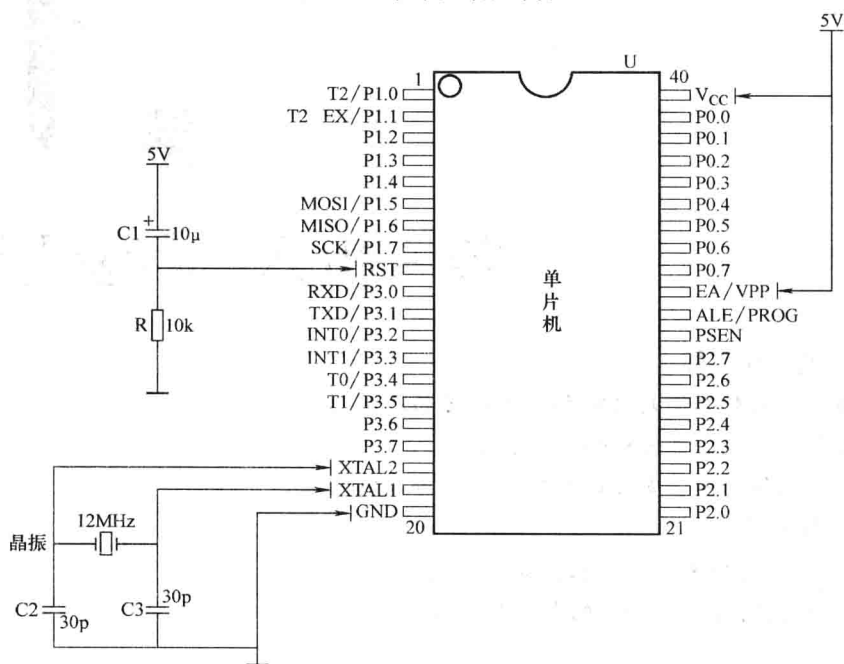


图 1-2 单片机最小系统原理图

1.1.1 单片机概述

1971 年 1 月，美国英特尔（Intel）公司采用大规模集成电路技术将运算器、控制器和实现运算控制的逻辑电路集成在一片芯片上，称之为微处理器（MPU）。微处理器和存储器、输入/输出接口便构成了微型计算机（Microcomputer）。以微型计算机为主体，再配置系统软件和输入/输出设备就构成了完整的微型计算机系统。

微型计算机的组成框图如图 1-3 所示。

1971 年微处理器推出后不久就出现了单芯片的微型计算机（简称单片机）。由于单片机可以嵌入到任何微型或小型仪器或设备中，作为核心部件发挥其核心控制功能，单片机又称为嵌入式微处理器（Embedded Microcontroller）。目前，单片机正向大容量、高性能、外围电路内装化发展。

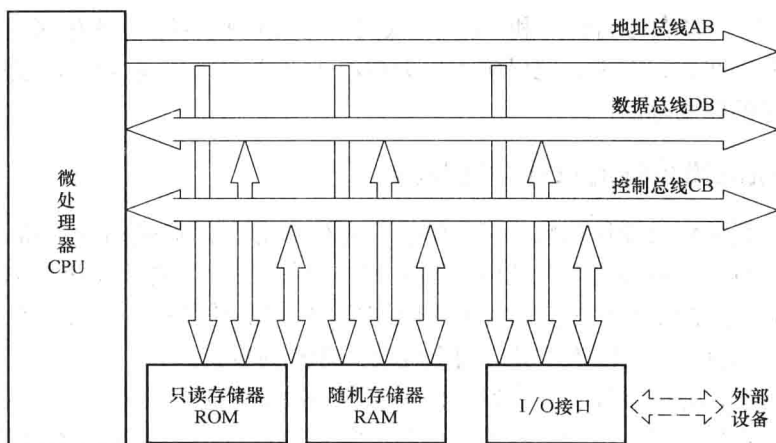


图 1-3 微型计算机的组成框图

1. 单片机的发展阶段

1) 初级阶段：20 世纪 70 年代中期到 1978 年。这一阶段的单片机存储器容量小，寻址范围小于 4KB，无串行接口，指令系统功能不强。代表性芯片是 Intel 公司的 MCS-48 系列单片机，具有 8 位 CPU、1KB ROM、64B RAM、27 根 I/O 线和 1 个 8 位定时/计数器。

2) 中级（成熟）阶段：1978 ~ 1982 年。单片机的结构体系日趋完善，指令系统逐步完善，具有位处理功能，性能大大提高，面向控制的特点进一步突出，应用范围进一步扩大。代表芯片是 Intel 公司的 MCS-51、Motorola 公司的 6801 和 Zilog 公司的 Z8 等系列单片机。1980 年 Intel 公司推出的 MCS-51 系列单片机具有 8 位 CPU、4KB ROM、128B RAM、4 个 8 位并行口、1 个全双工串行口、2 个 16 位定时/计数器，寻址范围达到 64KB。目前，MCS-51 已成为公认的单片机经典系列。另外有些芯片还扩展了 A-D 转换接口。因此，本书以 MCS-51 系列中的 8051 单片机为例进行介绍。

3) 高级（发展）阶段：1982 年至今，8 位机的改良机、16 位机和 32 位机相继出现并共同发展。片内测控电路继续增强，适用于复杂的自动测控系统及设备，更加“微控制器”化。1982 年，Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机内部集成了 16 位 CPU、8KB ROM、232B RAM、5 个 8 位并行口、1 个全双工串行口、2 个 16 位定时/计数器、8 路 10 位 ADC（模-数转换器）、1 路 PWM（脉冲宽度调制）输出及高速 I/O 部件，寻址范围达到 64KB。

2. 单片机技术的发展方向

随着计算机巨型化、单片化、网络化发展，单片机生产厂家也在不断地完善单片机的功能，主要体现在以下几个方面：

1) 内部集成越来越多的功能部件，如定时器、比较器、A-D 和 D-A 转换器、Watchdog（看门狗）电路等。因此，单片机的功能越来越强大，减少了外部电路，降低了单片机控制系统的复杂度和体积。

2) 功耗和电源电压进一步降低，电池供电的单片机不再需要外接稳压电路。许多单片机具有多种工作方式：等待、暂停、睡眠、空闲和节电等。有的单片机电源供电为 3V。0.9V 供电的单片机已经上市，几乎所有的单片机都有等待、暂停等节电运行方式。

3) CMOS 工艺代替 NMOS 工艺，使单片机功耗大幅下降，在抗电磁干扰方面各厂家都采用了新的技术，如内部增加抗 EMI（电磁干扰）电路、增强 Watchdog 功能，提高了抗干扰能力。

4) 采用 MTP (多次可编程) 和 Flash (快闪) 存储器代替掩膜型存储器, 大大提高了存储性能。另外有些公司实现了把以单片机为核心的嵌入式系统与 Internet 进行连接, 进一步扩大了单片机的应用范围。

1.1.2 单片机应用系统的设计开发步骤

单片机应用系统包括硬件和软件两大部分: 硬件部分包括扩展的存储器、键盘、显示、前向通道 (指各种输入设备与单片机的传输通道)、后向通道 (指单片机输出到执行单元的通道)、控制接口电路以及相关芯片的外围电路等; 软件的功能就是指挥单片机按预定的功能要求进行操作的程序。进行单片机应用系统设计开发的步骤如下。

首先, 进行系统总体设计, 总体设计的合理与否决定着系统的成败。对系统要求达到的功能和性能进行合理分析, 进行系统单片机与关键芯片的选型。系统基本结构的确定和软硬件功能的划分也是系统总体设计的重要组成部分。

其次, 系统硬件设计, 主要考虑硬件需求分析及元器件 (包括程序存储器、数据存储器、I/O 接口、总线驱动器和抗干扰电路等相关元器件) 的确定、硬件电路原理图及印制电路板的设计、硬件电路元器件的购置等, 最后进行焊接、硬件调试。

再次, 系统软件设计, 主要包括系统定义 (I/O 接口的功能定义, 存储器合理分配空间, 输入/输出量的定义)、软件结构设计 (容错设计, 错误解决方案)、建立数学模型、绘制流程图、编程、程序调试 (一般要修改程序调试多次才能通过)、程序固化到单片机内部等几个过程。

最后, 进行系统总体调试。在硬件调试 (静态调试和动态调试) 和软件调试基础上进行系统联调, 通过后再进行现场调试。

● 说明

将程序下载到单片机应用系统的程序存储器中, 目标系统就可以独立运行了。当目标样机独立运行一段时间并进行老化后, 没有故障产生, 这才可以认定整个系统开发成功, 能够进行验收了。

1.1.3 简单单片机应用系统项目举例——灯光闪烁

系统要求: 系统运行开关打开后实现灯光每秒闪烁一次。

设计实现:

(1) 系统分析并选择芯片 由于系统功能要求简单, 所以很容易实现, 程序设计也很少。因此选择带 128B RAM 和 4KB ROM 的 80C51 芯片足够了。

(2) 硬件电路的设计 在 PROTEUS 软件中绘制的灯光闪烁电路原理图如图 1-4 所示。

(3) 软件程序设计 灯光闪烁程序流程图如图 1-5 所示。

汇编语言程序如下:

```
ORG 0000H
AJMP MAIN
ORG 0030H
MAIN: SETB P0.0; 灯亮
LOOP: CPL P0.0
LCALL DEALY; 调用延时 1s 子程序
```

```

    AJMP  LOOP; 循环
    NOP
DEALY: MOV  R1, #10; 延时 1s 子程序
LOOP1: MOV  R2, #200
LOOP2: MOV  R3, #250
        DJNZ R3, $
        DJNZ R2, LOOP2
        DJNZ R1, LOOP1
    RET
    END; 结束
程序通过调试、编译，最后生成 1. HEX 文件。

```

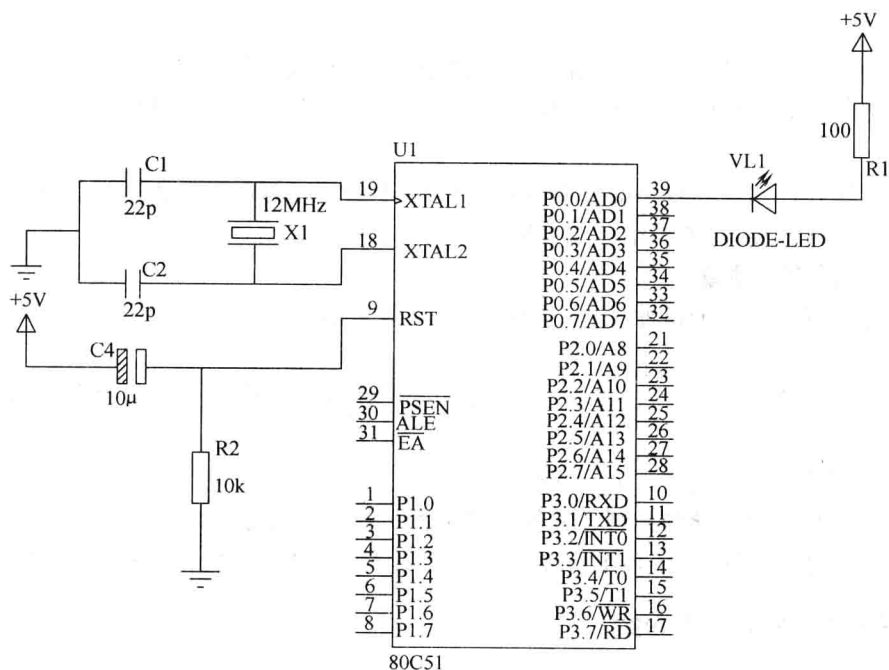


图 1-4 灯光闪烁电路原理图

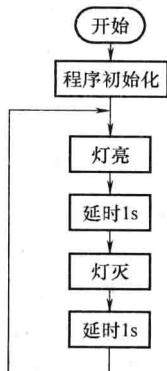


图 1-5 灯光闪烁程序流程图

(4) 系统调试验收 将 1. HEX 文件通过编程器下载到单片机内部, 上电运行, 满足要求则通过系统调试和验收, 否则还需分别检查硬件和软件故障, 排除故障后重新进行系统调试验收。

1.1.4 单片机的特点和应用领域

1. 单片机的特点

1) 体积小、功耗低、成本低。这是单片机迅速普及和发展的主要原因。功耗低, 使后期投入成本大大降低。

2) 可靠性高, 温度范围宽。可以对 I/O 接口直接操作, 由位处理能力实现实时控制。单片机是基于工业测控应用环境设计的, CPU、存储器及 I/O 接口集成在同一芯片内, 数据传送时受干扰较小, 因此, 抗干扰能力优于一般普通 CPU, 能够适应各种恶劣的环境。

3) 易扩展, 很容易构成各种规模的应用系统, 控制功能强。

4) 系统内只有用户设计调试过的应用程序, 没有监控或系统管理程序, 因此系统运行实时性好。

5) 较低的处理速度和较小的存储容量。单片机是小而全的微型计算机系统, 以降低运算速度和存储容量来换取体积小、成本低等特点。

2. 单片机的应用领域

1) 测控领域: 多用于各种工业控制系统、数据采集系统、分布式测控系统和机电一体化产品中。

2) 智能仪器仪表: 单片机应用于仪器仪表中, 使其具有智能化、数字化、多功能化等特点。

3) 民用产品: 家用电器、电子娱乐产品等。

4) 军用产品: 用于导弹控制、智能武器装备、航空航天导航系统等。

总之, 单片机广泛应用于各个行业, 在日常生活和工作中处处都有单片机的身影。

1.1.5 单片机系列产品介绍

1. MCS-51 单片机

最早由 Intel 公司推出, 此后, 多家公司购买了 8051 单片机的内核, 因此以 8051 单片机为内核的 MCS-51 系列单片机在世界上产量最大, 应用也最广泛。8051 单片机已成为事实上的标准 MCU 芯片。

2. ATMEL 公司单片机

(1) AVR 单片机 AVR 单片机内部有 Flash 存储器, 采用增强的 RISC (Reduced Instruction Set Computer, 精简指令系统计算机) 结构, 使其具有高速处理能力, AVR 单片机工作电压为 2.7 ~ 6.0V, 可以实现耗电最优化。AVR 单片机广泛应用于计算机外部设备、工业实时控制、仪器仪表、通信设备、家用电器和宇航设备等领域。

(2) AT89 系列单片机 AT89 系列单片机与 MCS-51 系列单片机兼容。片内程序存储器为可重复编程的 Flash 存储器, 整体擦除时间仅为 10ms 左右, 可写入/擦除 1000 次以上, 数据可保存 10 年以上; 具有用 12V 电压的在线编程或 VCC 电压的在线编程两种可选编程模

式;工作电压为2.7~6V,工作频率范围为0Hz~24MHz,频率范围宽,便于系统功耗控制;三层可编程的程序存储器上锁加密,使程序和系统更加难以仿制。

3. Motorola 单片机

Motorola 是世界上最大的单片机厂商,4位、8位、16位、32位单片机都能生产,其中典型的单片机有:8位机M6805、M68HC05系列,8位增强型M68HC11、M68HC12,16位机M68HC16,32位机M683××。在同样的速度下所用时钟频率比Intel公司的单片机低得多,因此高频噪声低,抗干扰能力强,更适合于工控领域及恶劣的环境。

4. MicroChip 单片机

MicroChip(微芯)单片机主要产品有PIC16C系列和17C系列8位单片机,采用RISC结构,同时采用Harvard(哈佛)双总线结构,运行速度快,工作电压低,功耗低,具有较大的输入/输出直接驱动能力,价格低,适用于用量大、档次低、价格敏感的产品,在办公自动化设备、消费电子产品、通信设备、智能仪器仪表、汽车电子、金融电子以及工业控制领域都有广泛的应用。

5. EPSON 单片机

EPSON单片机具有低电压、低功耗和内置LCD(液晶显示器)驱动器等特点,尤其是LCD驱动器做得很好,广泛应用于工业控制、医疗设备、家用电器、仪器仪表、通信设备和手持式消费类产品等领域。

6. LG公司的GMS90系列单片机

GMS90系列单片机与51系列单片机兼容,具有高达40MHz的时钟频率,可应用于多功能电话、智能传感器、电表、工业控制、防盗报警装置、各种计费器、各种IC卡装置和计算机外部设备等。

7. 华邦单片机

华邦公司生产的W77、W78系列8位单片机与8051单片机兼容,工作频率最高可达40MHz。W741系列的4位单片机具有LCD驱动和在线烧录功能,保密性高,并具有低操作电压(1.2~1.8V)。

8. COP8 单片机

COP8单片机是NS(美国国家半导体公司)的产品,其内部集成了16位A-D转换器,这是不多见的,看门狗电路和STOP工作方式在唤醒方式上都有独到之处。另外,它的程序加密也做得比较好。

1.2 数制表示与编码

1.2.1 二进制、十进制与十六进制

数制是计数的规则(也称为计数制)。人们在生活中最常见的是十进制,在计算机中运算常用的是二进制、十六进制。

1. 十进制

十进制由0、1、2、3、4、5、6、7、8、9十个数字组合表示数据。十进制数在计算机中表示时用D做后缀(常省略)。

计数规则：逢十进一。

2. 二进制

二进制由 0、1 两个数字组合表示数据，用 B 做后缀，例如：01100011B。

8 位二进制数表示一个字节，数据一般为字节的整数倍，称为单字节数据、双字节数据、三字节数据等。

计数规则：逢二进一。

3. 十六进制

十六进制由 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F 十六个数字组合表示数据，用 H 做后缀。

计数规则：逢十六进一。

1.2.2 数制的转换

1. 十进制转换为二进制：除 2 取余法

将十进制数作为被除数除以 2，商再次除以 2，直到商 0 为止，最后将余数倒序排列即可。

例 1-1 $20 = 10100B$ ，运算过程如下：

除数	被除数/商	余数
2	20	
2	10	0
2	5	0
2	2	1
2	1	0
	0	1

2. 二进制转换为十进制：位权求和法

在二进制数中，第 0 位的位权为 2^0 ，第 1 位的位权为 2^1 ，……，第 n 位的位权为 2^n 。一个 n 位二进制数对应的十进制数为

$$\text{十进制数} = \sum \text{第 } i \text{ 位值} \times \text{第 } i \text{ 位的位权} (i=0, 1, 2, 3, \dots, n)$$

例 1-2 $10010011B = 1 \times 2^0 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^5 + 0 \times 2^6 + 1 \times 2^7 = 147$

第 7 位 第 0 位

例 1-3 $1100.01B = 1 \times 2^{-2} + 0 \times 2^{-1} + 0 \times 2^0 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^3 = 12.25$

第 -1 位 第 -2 位

3. 二进制转换为十六进制：四位二进制对应一位十六进制

十进制—二进制—十六进制的对应关系见表 1-1。

例 1-4 $122 = 01111010B = 7AH$

表 1-1 十进制—二进制—十六进制的对应关系表

十进制	二进制 B	十六进制 H	十进制	二进制 B	十六进制 H
0	0000	0	8	1000	8
1	0001	1	9	1001	9
2	0010	2	10	1010	A
3	0011	3	11	1011	B
4	0100	4	12	1100	C
5	0101	5	13	1101	D
6	0110	6	14	1110	E
7	0111	7	15	1111	F

1.2.3 原码、反码与补码——有符号数的表示

数在计算机内部的表示形式称为机器数，而这个数本身（绝对值）称为真值。机器数有三种表示方法：原码、反码和补码。在 8 位二进制数中最高位即 D7 位为符号位，其他 7 位为数值位，如图 1-6 所示。

符号位为“0”表示正数，为“1”则表示负数。

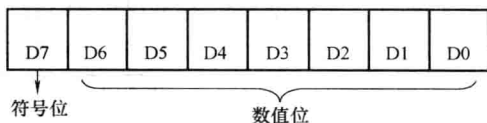


图 1-6 计算机中有符号数的符号位置图

1. 原码

最高位为符号位，数值为真值的机器数称为原码。

- 1) 正数的原码与原数相同。
- 2) 负数的原码为符号位置 1，而数值位不变。
- 3) 0 的原码表示有两种：+0 和 -0。

[+0]原 = 00000000B [-0]原 = 10000000B

8 位二进制原码表示的数的范围为 -127 ~ +127。

例 1-5 +21 的原码为 00010101B (15H)，-21 的原码为 10010101B (95H)。

2. 反码

- 1) 正数的反码与原码相同。
- 2) 负数的反码为符号位“1”不变，数值位按位求反。
- 3) 0 的反码也有两种表示：+0 和 -0。

[+0]反 = 00000000B [-0]反 = 11111111B

8 位二进制反码表示的数的范围为 -127 ~ +127。

例 1-6 +21 的反码为 00010101B (15H)，-21 的反码为 11101010B (EAH)。

3. 补码

计算机中，带符号数都采用补码进行运算，并将减法转换为加法，符号位也参与运算。

- 1) 正数的补码与其原码相同。
- 2) 负数的补码为符号位不变、数值位按位求反再末位加 1（即反码末位加 1）。
- 3) 0 的补码表示只有一种：[+0]补 = [-0]补 = 00000000B。

8 位二进制补码表示的数的范围为 -128 ~ +127。