



普通高校“十二五”规划教材

51系列单片机原理及应用

51

51

51

楼然苗 胡佳文 李光飞 编著
刘玉良 李韵磊 叶继英



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



普通高校“十二五”规划教材

51 系列单片机原理及应用

楼然苗 胡佳文 李光飞 编著
刘玉良 李韵磊 叶继英

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书包含3部分内容:第1部分介绍51系列单片机的硬件资源、汇编指令与C语言编程基础;第2部分介绍单片机课程实验;第3部分介绍单片机设计应用实例,给出了完整的汇编与C语言源程序及注释。

本书针对课程教学特点,强调实践与创新,书中10个课程实验及3个设计应用实例给出了汇编和C语言两种程序,为教师教学和学生自学提供了方便;第2部分的课程实验内容,使得课堂教材与实验指导书合二为一。

本书适合作为高等院校单片机原理及应用类课程教材,也可作为电子技术人员设计参考用书。与本书同期配套出版的还有《51系列单片机课程设计指导》教材,欢迎选用。

图书在版编目(CIP)数据

51系列单片机原理及应用 / 楼然苗等编著. -- 北京 :
北京航空航天大学出版社, 2014.10

ISBN 978-7-5124-1592-8

I. ①5… II. ①楼… III. ①单片微型计算机—C语言
—程序设计 IV. ①TP368.1②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 221721 号

版权所有,侵权必究。

51 系列单片机原理及应用

楼然苗 胡佳文 李光飞 编著
刘玉良 李韵磊 叶继英
责任编辑 杨 昕

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316524

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:21.75 字数:464 千字

2014 年 10 月第 1 版 2014 年 10 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-1592-8 定价:49.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

前 言

本教材可选择汇编或 C 语言进行单片机编程教学,内容强调学生实际开发程序能力的培养,提供完整的汇编及 C 语言源程序文档、实验电路图、实验电路板 PCB 制作图,集课堂教学教材与实验指导于一体,方便学校教师、学生选用。

全书内容分为 3 个部分。第 1 部分介绍 51 系列单片机的硬件资源、汇编与 C 语言编程基础;第 2 部分介绍单片机课程实验;第 3 部分介绍单片机汇编与 C 语言程序设计应用实例,给出了完整的汇编与 C 语言源程序。

各部分安排如下。

第 1 部分:51 系列单片机原理。

第 1 章:绪论。了解单片机的发展史,理解单片机的应用模式,熟悉单片机的应用开发过程。

第 2 章:单片机基本结构与工作原理。理解内部结构及引脚功能,掌握 RAM 中 SFR 和数据区地址划分,掌握 ROM 中程序复位及中断入口地址,掌握 4 个输入/输出的特点,掌握所有 SFR 的意义及特点。

第 3 章:单片机的汇编指令系统。了解什么是寻址方式和指令系统,掌握 51 系列的寻址方式和指令格式,掌握 111 条指令的使用方法。

第 4 章:单片机汇编语言程序设计基础。了解程序设计的一般规律,掌握不同程序结构的单片机汇编程序设计的基本方法,程序举例。

第 5 章:单片机 C 语言程序设计。掌握单片机 C 语言程序设计的一般格式、C 程序的数据类型、运算符和表达式及一般语法结构。

第 6 章:单片机基本单元结构与操作原理。掌握定时器和中断的基本结构及汇编与 C 语言编程方法,理解串行口的基本结构及汇编与 C 语言编程方法。

第 2 部分:51 系列单片机实验。

第 7 章:实验 1 LED 小灯实验。

第 8 章：实验 2 定时器/计数器实验。

第 9 章：实验 3 定时器中断实验。

第 10 章：实验 4 串行口通信实验。

第 11 章：实验 5 按键接口实验。

第 12 章：实验 6 八位共阳 LED 数码管实验。

第 13 章：实验 7 LCD 液晶显示器实验。

第 14 章：实验 8 时钟电路的设计制作。

第 15 章：实验 9 DS1302 实时时钟设计。

第 16 章：实验 10 数字温度计设计。

第 3 部分：51 系列单片机设计应用实例。

第 17 章：实例 1 8×8 点阵 LED 字符显示器的设计。

第 18 章：实例 2 8 路输入模拟信号数值显示器的设计。

第 19 章：实例 3 15 路电器遥控器的设计。

附录 A：网络资源内容说明(下载地址：www.buaapress.com.cn 下载专区)。

附录 B：“单片机原理及应用”课程的教学大纲(参考)。

附录 C：“单片机原理及应用实验”课程的教学大纲(参考)。

附录 D：“单片机原理及应用实验”课程的实验报告(式样参考)。

本书在出版、编辑过程中得到了北京航空航天大学出版社的大力支持,在此表示衷心的感谢。同时对编写中参考的多部著作的作者表示深深的谢意。

更多教学资源请访问浙江海洋学院精品课程网站(<http://61.153.216.116/jpkc/jpkc/dpj/>)及浙江海洋学院慕课网(<http://mooc.chaoxing.com/course/541906.html>)。

作 者

2014 年 5 月

于浙江海洋学院

目 录

第 1 部分 51 系列单片机原理

第 1 章 绪 论	3
1.1 嵌入式系统	3
1.1.1 现代计算机的技术发展史	3
1.1.2 嵌入式系统的定义与特点	4
1.2 单片机的技术发展历史	5
1.2.1 单片机发展的三大阶段	6
1.2.2 单片机的发展方向	6
1.2.3 常用单片机	7
1.2.4 单片机的应用领域	8
1.3 单片机的应用模式	8
1.3.1 单片机应用系统的结构	8
1.3.2 单片机的种类	9
1.3.3 单片机的供应类型	9
1.3.4 单片机的应用模式	9
1.4 单片机的应用开发过程	10
1.5 数制与编码	11
1.5.1 数制的表示	11
1.5.2 常用的信息编码	14
1.5.3 常用的数据码制	15
思考与练习	16
第 2 章 单片机基本结构与工作原理	17
2.1 单片机的基本结构	17
2.2 单片机内部资源的配置	18
2.3 单片机的外部特性	19
2.3.1 单片机的引脚分配及功能描述	19
2.3.2 单片机的引脚功能分类	20
2.3.3 单片机的引脚应用特性	21
2.4 单片机的 SFR 运行管理模式	21
2.4.1 80C51 中的 SFR	21

2.4.2 SFR 的寻址方式	24
2.4.3 SFR 的复位状态	24
2.5 单片机的 I/O 端口及应用特性	25
2.5.1 I/O 端口电气结构	25
2.5.2 I/O 端口应用特性	25
2.6 80C51 单片机存储器系统及操作方式	26
2.6.1 80C51 存储器的结构	26
2.6.2 程序存储器及其操作	26
2.6.3 数据存储器结构及应用特性	27
思考与练习	28
第 3 章 单片机的汇编指令系统	29
3.1 单片机指令系统基础	29
3.1.1 汇编指令格式	29
3.1.2 指令代码格式	29
3.1.3 汇编指令中的符号约定	30
3.1.4 指令系统的寻址方式	30
3.2 指令系统的分类与速解	32
3.2.1 指令的分类图解	32
3.2.2 指令系统速解表	35
3.3 指令的应用实例	40
思考与练习	42
第 4 章 单片机汇编语言程序设计基础	43
4.1 汇编语言程序设计的一般格式	43
4.1.1 单片机汇编语言程序设计的基本步骤	43
4.1.2 汇编语言程序的设计方法	44
4.1.3 常用的伪指令	44
4.2 简单结构程序	45
4.3 分支结构程序	46
4.4 循环结构程序	46
4.5 子程序结构程序	47
4.6 查表程序	47
4.7 查键程序	47
4.8 显示程序	52
4.9 小灯控制程序实例	53
思考与练习	57

第 5 章 单片机 C 语言程序设计	58
5.1 单片机 C 程序设计的一般格式	58
5.1.1 单片机 C 语言编程的步骤	58
5.1.2 单片机 C 程序的几个基本概念	58
5.1.3 单片机 C 程序的基本结构	60
5.2 单片机 C 程序的数据类型	61
5.2.1 常量和符号常量	61
5.2.2 变 量	62
5.3 单片机 C 程序的运算符和表达式	63
5.4 单片机 C 程序的一般语法结构	65
5.4.1 顺序结构	65
5.4.2 分支结构	65
5.4.3 循环结构	67
5.5 51 系列单片机的 C 程序设计	68
5.6 KEIL μ VISION2 软件使用起步	70
思考与练习	76
第 6 章 单片机基本单元结构与操作原理	77
6.1 定时器/计数器的基本结构与操作方式	77
6.1.1 定时器/计数器的基本组成	77
6.1.2 定时器/计数器的 SFR	77
6.1.3 定时器/计数器的工作方式	79
6.1.4 定时器/计数器的编程和使用	81
6.1.5 定时器/计数器的应用实例	83
6.2 中断系统的基本原理与操作方式	85
6.2.1 中断系统的基本组成	86
6.2.2 中断系统中的 SFR	86
6.2.3 中断响应的自主操作过程	88
6.2.4 应用实例	88
6.3 串行口的基本结构与操作方式	92
6.3.1 串行口的基本组成	92
6.3.2 串行口的特殊功能寄存器	93
6.3.3 串行口的工作方式	94
6.3.4 应用实例	95
思考与练习	99

第 2 部分 51 系列单片机实验

第 7 章 实验 1 LED 小灯实验	103
7.1 实验内容与要求	103
7.2 参考汇编程序	104
7.3 参考 C 程序	110
第 8 章 实验 2 定时器/计数器实验	115
8.1 实验内容与要求	115
8.2 参考汇编程序	116
8.3 参考 C 程序	121
第 9 章 实验 3 定时器中断实验	125
9.1 实验内容与要求	125
9.2 参考汇编程序	126
9.3 参考 C 程序	129
第 10 章 实验 4 串行口通信实验	132
10.1 实验内容与要求	132
10.2 参考汇编程序	134
10.3 参考 C 程序	138
第 11 章 实验 5 按键接口实验	142
11.1 实验内容与要求	142
11.2 参考汇编程序	144
11.3 参考 C 程序	152
第 12 章 实验 6 八位共阳 LED 数码管实验	156
12.1 实验内容与要求	156
12.2 参考汇编程序	157
12.3 参考 C 程序	164
第 13 章 实验 7 LCD 液晶显示器实验	169
13.1 实验内容与要求	169
13.2 参考 C 程序	170
第 14 章 实验 8 时钟电路的设计制作	203
14.1 实验内容与要求	203
14.2 参考资料	204
14.2.1 系统功能	204
14.2.2 设计方案	204
14.2.3 系统硬件仿真电路	204
14.2.4 程序设计	204

14.2.5 软件调试与运行结果·····	208
14.2.6 汇编源程序清单·····	208
14.2.7 C 程序清单·····	233
第 15 章 实验 9 DS1302 实时时钟设计 ·····	238
15.1 实验内容与要求·····	238
15.2 参考资料·····	239
15.2.1 系统功能·····	239
15.2.2 设计方案·····	239
15.2.3 系统硬件仿真电路·····	239
15.2.4 程序设计·····	239
15.2.5 软件调试与运行结果·····	240
15.2.6 汇编源程序清单·····	241
15.2.7 C 程序清单·····	251
第 16 章 实验 10 数字温度计设计 ·····	258
16.1 实验内容与要求·····	258
16.2 参考资料·····	259
16.2.1 系统功能·····	259
16.2.2 设计方案·····	259
16.2.3 系统硬件仿真电路·····	259
16.2.4 程序设计·····	259
16.2.5 软件调试与运行结果·····	264
16.2.6 汇编源程序清单·····	264
16.2.7 C 程序清单·····	274
 第 3 部分 51 系列单片机设计应用实例	
第 17 章 实例 1 8×8 点阵 LED 字符显示器的设计 ·····	283
17.1 系统硬件的设计·····	283
17.2 系统主要程序的设计·····	284
17.3 汇编程序清单·····	285
17.4 C 程序清单·····	290
第 18 章 实例 2 8 路输入模拟信号数值显示器的设计 ·····	293
18.1 系统硬件电路的设计·····	293
18.2 系统主要程序的设计·····	294
18.3 汇编程序清单·····	295
18.4 C 程序清单·····	299

第 19 章 实例 3 15 路电器遥控器的设计	302
19.1 系统硬件电路的设计	302
19.2 系统的功能实现方法	303
19.3 遥控发射及接收控制程序流程图	304
19.4 汇编程序清单	306
19.5 C 程序清单	320
附录 A 网络资源内容说明	327
附录 B “单片机原理及应用”课程的教学大纲(参考)	329
附录 C “单片机原理及应用实验”课程的教学大纲(参考)	333
附录 D “单片机原理及应用实验”课程的实验报告(式样参考)	337
参考文献	338

第 1 部分

51 系列单片机原理

第 1 章 绪 论

1.1 嵌入式系统

1.1.1 现代计算机的技术发展史

1. 始于微型机的嵌入式应用时代

电子数字计算机诞生于 1946 年 2 月 15 日,在其后漫长的历史进程中,计算机始终是在特殊的机房中运行,通常用来实现数值计算,直到 20 世纪 70 年代微处理器的出现,计算机才出现了历史性的变化。以微处理器为核心的微型计算机以其小型、低价、高可靠性等特点,迅速走出机房。基于高速数值解算能力的微型机表现出的智能化水平,引起了控制专业设计应用人员的兴趣,他们考虑将微型机嵌入到一个对象体系中,实现对象体系的智能化控制。早先,设计人员将微型计算机经电气加固、机械加固,并配置各种外围接口电路,安装到大型机械加工系统中。这样,计算机便失去了原来的形态与通用的计算机功能。为了区别于原有的通用计算机系统,人们把面向工控领域对象,嵌入到工控应用系统中,实现嵌入式应用的计算机称为嵌入式计算机系统,简称嵌入式系统。因此,嵌入式系统诞生于微型机时代,其嵌入性本质是将一个计算机嵌入到一个对象体系中去。

2. 现代计算机技术发展的两大分支

由于嵌入式计算机系统要嵌入到对象体系中,实现的是对象的智能化控制,因此,它有着与通用计算机系统完全不同的技术要求与技术发展方向。通用计算机系统的技术要求是高速、海量的数值计算,技术发展方向是总线速度的无限提升,存储容量的无限扩大。而嵌入式计算机系统的技术要求则是对象的智能化控制能力,技术发展方向是与对象系统密切相关的嵌入性能、控制能力及控制的可靠性。

早期,人们勉为其难地将通用计算机系统进行改装,在大型设备中实现嵌入式应用。然而,对于众多的对象系统(如家用电器、仪器仪表和工控单元等),无法嵌入通用计算机系统,况且嵌入式系统与通用计算机系统的技术发展方向完全不同,因此,必须独立地发展通用计算机系统与嵌入式计算机系统,这就形成了现代计算机技术发展的两大分支。如果说微型机的出现使计算机进入到现代计算机发展阶段,那么嵌入式计算机系统的诞生则标志着计算机进入了通用计算机系统与嵌入式计算机系统两大分支平行发展的时代,从而使计算机技术在 20 世纪末进入高速发展时期。

3. 计算机技术两大分支发展的意义

通用计算机系统与嵌入式计算机系统的专业化分工发展,导致 20 世纪末、21 世纪初,计算机技术的飞速发展。计算机专业领域集中精力发展通用计算机系统的软、硬件技术,不必兼顾嵌入式应用要求,通用微处理器迅速从 286、386、486 到奔腾系列;操作系统则迅速扩张计算机基于高速海量的数据文件处理能力,使通用计算机系统进入到尽善尽美阶段。

嵌入式计算机系统则走上了一条完全不同的道路,这条独立发展的道路就是单芯片化道路。它动员了原有的传统电子系统领域的厂家与专业人士,接过起源于计算机领域的嵌入式系统,承担起发展与普及嵌入式系统的历史任务,迅速地将传统的电子系统发展到智能化的现代电子系统时代。

现代计算机技术发展的两大分支,不仅形成了计算机发展的专业化分工,而且将发展计算机技术的任务扩展到传统的电子系统领域,使计算机成为进入人类社会全面智能化时代的有力工具。

1.1.2 嵌入式系统的定义与特点

如果了解了嵌入式(计算机)系统的由来与发展,那么对嵌入式系统就不会产生过多的误解,而能历史地、本质地、普遍适用地定义嵌入式系统。

1. 嵌入式系统的定义

按照历史性、本质性、普遍性要求,嵌入式系统可定义为“嵌入到对象体系中的专用计算机系统”。“嵌入性”、“专用性”和“计算机系统”是嵌入式系统的 3 个基本要素,“对象体系”则是指嵌入式系统所嵌入的主体系统。

2. 嵌入式系统的特点

嵌入式系统的特点与定义不同,它是由定义中的 3 个基本要素衍生出来的。不同的嵌入式系统其特点会有所差异。与“嵌入性”相关的特点:由于是嵌入到对象体系中,必须满足对象系统的环境要求,如物理环境(小型)、电气环境(可靠)、成本(价廉)等要求。与“专用性”相关的特点:软、硬件的裁剪性,满足对象要求的最小软、硬件配置等。与“计算机系统”相关的特点:嵌入式系统必须是能满足对象系统控制要求的计算机系统。与“嵌入性”和“专用性”这两个特点相呼应,所采用的计算机必须配置有与对象系统相适应的接口电路。具体来说可总结为以下 4 点:

- ① 面对控制对象,例如传感信号输入、人机交互操作和伺服驱动等。
- ② 嵌入到工控应用系统中的结构形态。
- ③ 能在工业现场环境中可靠运行的品质。
- ④ 突出控制功能,例如对外部信息的捕捉,对控制对象的实时控制,有突出控制功能的指令系统(I/O 控制、位操作、转移指令等)。

另外,在理解嵌入式系统定义时,不要与嵌入式设备相混淆。嵌入式设备是指内部有嵌入式系统的产品、设备,例如内含单片机的家用电器、仪器仪表、工控单元、机

器人、手机和PDA等。

3. 嵌入式系统的种类

按照上述嵌入式系统的定义,只要满足定义中3个基本要素的计算机系统,都可称为嵌入式系统。嵌入式系统按形态可分为设备级(工控机)、板级(单板、模块)和芯片级(MPU、MCU、SoC)。

(1) 工控机

工控机是将通用计算机进行机械加固、电气加固改造后构成的,其特点是软件丰富,体积大。

(2) 通用 CPU 模块

通用 CPU(Central Processing Unit,中央处理器)模块是由通用 CPU 构成的各种形式的主机板系统,一般用在大量数据处理的场合,体积较小。

(3) 嵌入式微处理器

嵌入式微处理器是在通用微处理器(Micro Processor Unit,简称 MPU)的基核上,增添一些外围单元和接口构成单芯片形态的计算机系统,如 80386EX,它将定时器/计数器、DMA、中断系统、串行口、并行口和看门狗(WDT)等集成在一个芯片上。

(4) 单片机

单片机也称微控制器(Micro Controller Unit,简称 MCU)。它有唯一的专门为嵌入式应用系统设计的体系结构与指令系统,最能满足嵌入式应用要求。单片机是完全按嵌入式系统要求设计的单芯片形态应用系统,最能满足面对控制对象、应用系统的嵌入,现场的可靠运行及非凡的控制品质等要求,是发展最快、品种最多、数量最大的嵌入式系统。

有些人把嵌入式处理器当作嵌入式系统,但由于嵌入式系统是一个嵌入式计算机系统,因此,只有将嵌入式处理器构成一个计算机系统,并作为嵌入式应用时,这样的计算机系统才可称作嵌入式系统。

4. 嵌入式系统的发展

嵌入式系统与对象系统密切相关,其主要技术发展方向是满足嵌入式应用要求,不断扩展对象系统要求的外围电路,如 ADC(Analog-to-Digital Converter,模/数转换)、DAC(Digital-to-Analog Converter,数/模转换)、PWM(Pulse Width Modulation,脉宽调制)、日历时钟、电源监测和程序运行监测电路等,形成满足对象系统要求的应用系统。嵌入式系统作为一个专用计算机系统,要不断向计算机应用系统发展。因此,可以把定义中的专用计算机系统扩展成满足对象系统要求的计算机应用系统。

1.2 单片机的技术发展历史

嵌入式系统虽然起源于微型计算机时代,然而,微型计算机的体积、价位、可靠性

都无法满足广大对象系统的嵌入式应用要求,因此,嵌入式系统必须走独立发展道路。这条道路就是芯片化道路。将计算机做在一个芯片上,从而开创了嵌入式系统独立发展的单片机时代。

在探索单片机的发展道路时,有过两种模式:一种是将通用计算机直接芯片化的模式,它将通用计算机系统的基本单元进行裁剪后,集成在一个芯片上,构成单片微型计算机;另一种是完全按嵌入式应用要求设计的,满足嵌入式应用要求的体系结构、微处理器、指令系统、总线方式、管理模式等。Intel 公司的 MCS-48、MCS-51 就是按照第 2 种模式发展起来的单片形态的嵌入式系统(单片微型计算机)。MCS-51 是在 MCS-48 探索基础上,进行全面、完善发展的嵌入式系统。MCS-51 的体系结构已成为单片嵌入式系统的典型结构体系。

1.2.1 单片机发展的三大阶段

单片机诞生后,经历了 SCM、MCU、SoC 三大阶段。

① SCM 即单片微型计算机(Single Chip Microcomputer)阶段,主要是寻求最佳的单片形态嵌入式系统的最佳体系结构。其代表芯片有通用 CPU 68XX 系列和专用 CPU MCS-48 系列。在开创嵌入式系统独立发展道路上,Intel 公司功不可没。

② MCU 即微控制器(Micro Controller Unit)阶段,主要的技术发展方向是:不断扩展满足嵌入式应用时对象系统要求的各种外围电路与接口电路,突显其对象的智能化控制能力。其代表产品以 8051 系列为代表,如 8031、8032、8751、89C51、89C52 等。它所涉及的领域都与对象系统相关,因此,发展 MCU 的重任不可避免地落在电气、电子技术厂家。从这一角度来看,Intel 逐渐淡出 MCU 的发展也有其客观因素。在发展 MCU 方面,最著名的厂家当数 Philips 公司。Philips 公司以其在嵌入式应用方面的巨大优势,将 MCS-51 从单片微型计算机迅速发展 to 微控制器。

③ 单片机是嵌入式系统的独立发展之路。向 MCU 阶段发展的重要因素,就是寻求应用系统在芯片上的最大化解决。因此,专用单片机的发展自然形成了 SoC (System on Chip,片上系统)化趋势。随着微电子技术、IC(Integrated Circuit,集成电路)设计、EDA(Electronic Design Automation,电子设计自动化)工具的发展,基于 SoC 的单片机应用系统设计将会有较大的发展。因此,对单片机的理解可以从单片微型计算机、单片微控制器延伸到单片应用系统。

1.2.2 单片机的发展方向

未来单片机技术的发展趋势可归结为以下 10 个方面:

① 主流型机发展趋势。8 位单片机为主流,再加上少量 32 位机,而 16 位机可能被淘汰。

② 全盘 CMOS 化趋势。指在 HCMOS 基础上的 CMOS 化,CMOS 速度慢、功耗低,而 HCMOS 具有本质低功耗及低功耗管理技术等特点。