

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

卓越工程能力培养与工程教育专业认证系列规划教材（电气工程及其自动化、自动化专业）

单片机原理及应用

范立南 李荃高 武刚 等编著

Principle and Application
of Single Chip Microcomputer



国家重点出版物出版规划项目

卓越工程能力培养与工程教育专业认证系列规划教材
(电气工程及其自动化、自动化专业)

单片机原理及应用

范立南 李荃高 武 刚 等编著



机械工业出版社

本书以 51 系列单片机为核心,介绍单片机的原理及应用。内容包括单片机概述,单片机的硬件结构和原理,51 单片机指令系统与汇编语言程序设计,单片机的 C51 程序设计,51 单片机的定时器/计数器、串行接口、中断系统,系统扩展技术与 I/O 接口技术,以及单片机系统的设计与应用实例。本书参考了各种系列单片机的最新资料,收录了作者在单片机开发应用方面的最新成果,给出了大量的实验与实训实例。

全书具有较强的系统性、先进性和实用性。内容选材精练,论述简明,每章均配有丰富的习题。本书可作为高等院校电气工程及其自动化、自动化、电子信息工程、测控技术与仪器等专业的单片机课程教材,也可作为工程技术人员在单片机应用技术方面的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理及应用/范立南等编著. —北京:机械工业出版社, 2019. 6
“十三五”国家重点出版物出版规划项目
ISBN 978-7-111-62546-9

I. ①单… II. ①范… III. ①单片微型计算机 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 072564 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:王雅新 责任编辑:王雅新 张珂玲

责任校对:张晓蓉 封面设计:鞠 杨

责任印制:李 昂

北京云浩印刷有限责任公司印刷

2019 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·19.25 印张·476 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-62546-9

定价:49.80 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

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

卓越工程能力培养与工程教育专业认证系列规划教材

(电气工程及其自动化、自动化专业)

编审委员会

主任委员

郑南宁 中国工程院 院士, 西安交通大学 教授, 中国工程教育专业认证协会电子信息与电气工程类专业认证分委员会 主任委员

副主任委员

汪樾生 中国工程院 院士, 浙江大学 教授

胡敏强 东南大学 教授, 教育部高等学校电气类专业教学指导委员会 主任委员

周东华 清华大学 教授, 教育部高等学校自动化类专业教学指导委员会 主任委员

赵光宙 浙江大学 教授, 中国机械工业教育协会自动化学科教学委员会 主任委员

章 兢 湖南大学 教授, 中国工程教育专业认证协会电子信息与电气工程类专业认证分委员会 副主任委员

刘进军 西安交通大学 教授, 教育部高等学校电气类专业教学指导委员会 副主任委员

戈宝军 哈尔滨理工大学 教授, 教育部高等学校电气类专业教学指导委员会 副主任委员

吴晓蓓 南京理工大学 教授, 教育部高等学校自动化类专业教学指导委员会 副主任委员

刘 丁 西安理工大学 教授, 教育部高等学校自动化类专业教学指导委员会 副主任委员

廖瑞金 重庆大学 教授, 教育部高等学校电气类专业教学指导委员会 副主任委员

尹项根 华中科技大学 教授, 教育部高等学校电气类专业教学指导委员会 副主任委员

李少远 上海交通大学 教授, 教育部高等学校自动化类专业教学指导委员会 副主任委员

林 松 机械工业出版社 编审 副社长

委员 (按姓氏笔画排序)

于海生	青岛大学 教授	王 平	重庆邮电大学 教授
王 超	天津大学 教授	王再英	西安科技大学 教授
王志华	中国电工技术学会 教授级高级工程师	王明彦	哈尔滨工业大学 教授
王美玲	北京理工大学 教授	王保家	机械工业出版社 编审
艾 欣	华北电力大学 教授	韦 钢	上海电力学院 教授
吴在军	东南大学 教授	李 炜	兰州理工大学 教授
吴美平	国防科技大学 教授	吴成东	东北大学 教授
汪贵平	长安大学 教授	谷 宇	北京科技大学 教授
张 涛	清华大学 教授	宋建成	太原理工大学 教授
张恒旭	山东大学 教授	张卫平	北方工业大学 教授
黄云志	合肥工业大学 教授	张晓华	大连理工大学 教授
穆 钢	东北电力大学 教授	蔡述庭	广东工业大学 教授
		鞠 平	河海大学 教授

序

工程教育在我国高等教育中占有重要地位，高素质工程科技人才是支撑产业转型升级、实施国家重大发展战略的重要保障。当前，世界范围内新一轮科技革命和产业变革加速进行，以新技术、新业态、新产业、新模式为特点的新经济蓬勃发展，迫切需要培养、造就一大批多样化、创新型卓越工程科技人才。目前，我国高等工程教育规模世界第一。我国工科本科在校生约占我国本科在校生总数的 1/3，近年来我国每年工科本科毕业生占世界总数的 1/3 以上。如何保证和提高高等工程教育质量，如何适应国家战略需求和企业需要，一直受到教育界、工程界和社会各方面的关注。多年以来，我国一直致力于提高高等教育的质量，组织并实施了多项重大工程，包括卓越工程师教育培养计划（以下简称卓越计划）、工程教育专业认证和新工科建设等。

卓越计划的主要任务是探索建立高校与行业企业联合培养人才的新机制，创新工程教育人才培养模式，建设高水平工程教育教师队伍，扩大工程教育的对外开放。计划实施以来，各相关部门建立了协同育人机制。卓越计划要求试点专业要大力改革课程体系和教学形式，依据卓越计划培养标准，遵循工程的集成与创新特征，以强化工程实践能力、工程设计能力与工程创新能力为核心，重构课程体系和教学内容；加强跨专业、跨学科的复合型人才培养；着力推动基于问题的学习、基于项目的学习、基于案例的学习等多种研究性学习方法，加强学生创新能力训练，“真刀真枪”做毕业设计。卓越计划实施以来，培养了一批获得行业认可、具备很好的国际视野和创新能力、适应经济社会发展需要的各类型高质量人才，教育培养模式改革创新取得突破，教师队伍建设初见成效，为卓越计划的后续实施和最终目标的达成奠定了坚实基础。各高校以卓越计划为突破口，逐渐形成各具特色的人才培养模式。

2016 年 6 月 2 日，我国正式成为工程教育“华盛顿协议”第 18 个成员国，这标志着我国工程教育真正融入世界工程教育，人才培养质量开始与其他成员国达到了实质等效，同时，也为以后我国参加国际工程师认证奠定了基础，为我国工程师走向世界创造了条件。专业认证把以学生为中心、以产出为导向和持续改进作为三大基本理念，与传统的 content 驱动、重视投入的教育形成了鲜明对比，是一种教育范式的革新。通过专业认证，把先进的教育理念引入了我国工程教育，有力地推动了我国工程教育专业教学改革，逐步引导我国高等工程教育实现从课程导向向产出导向转变、从以教师为中心向以学生为中心转变、从质量监控向持续改进转变。

在实施卓越计划和开展工程教育专业认证的过程中，许多高校的电气工程及其自动化、自动化专业结合自身的办学特色，引入先进的教育理念，在专业建设、人才培养模式、教学内容、教学方法、课程建设等方面积极开展教学改革，取得了较好的效果，建设了一大批优质课程。为了将这些优秀的教学改革经验和教学内容推广给广大高校，中国工程教育专业认证协会电子信息与电气工程类专业认证分委员会、教育部高等学校电气类专业教学指导委员会、教育部高等学校自动化类专业教学指导委员会、中国机械工业教育协会自动化学科教学委员

会、中国机械工业教育协会电气工程及其自动化学科教学委员会联合组织规划了“卓越工程能力培养与工程教育专业认证系列规划教材（电气工程及其自动化、自动化专业）”。本套教材通过国家新闻出版广电总局的评审，入选了“十三五”国家重点图书。本套教材密切联系行业 and 市场需求，以学生工程能力培养为主线，以教育培养优秀工程师为目标，突出学生工程理念、工程思维和工程能力的培养。本套教材在广泛吸纳相关学校在“卓越工程师教育培养计划”实施和工程教育专业认证过程中的经验和成果的基础上，针对目前同类教材存在的内容滞后、与工程脱节等问题，紧密结合工程应用和行业企业需求，突出实际工程案例，强化学生工程能力的教育培养，积极进行教材内容、结构、体系和展现形式的改革。

经过全体教材编审委员会委员和编者的努力，本套教材陆续跟读者见面了。由于时间紧迫，各校相关专业教学改革推进的程度不同，本套教材还存在许多问题。希望各位老师对本套教材多提宝贵意见，以使教材内容不断完善提高。也希望通过本套教材在高校的推广使用，促进我国高等工程教育教学质量的提高，为实现高等教育的内涵式发展贡献一份力量。

卓越工程能力培养与工程教育专业认证系列规划教材
(电气工程及其自动化、自动化专业)
编审委员会

前 言

随着电子技术的发展，特别是大规模集成电路的产生及应用，给我们的生活、工作和学习带来了翻天覆地的变化。在人们使用这些具有智能性的电子产品时，有没有想过消费类电子产品中的空调机、电视机、微波炉、手机、IC卡、汽车电子设备等，智能仪表中的数字示波器、数字信号源、自动提款机等，军事应用中的飞机、坦克、导弹、航天器、智能武器等，它们是如何实现智能操作的？其实说到底，服务于现代化生活的神秘之物，正是单片机！当然，单片机的应用远不止这些，可以说单片机的应用随处可见。

现如今，ARM、DSP、嵌入式等具有更高性能的嵌入式芯片已进入了实用阶段，那么是不是现在学习51单片机就没有用武之地了？其实不然。在大部分工控或测控设备中，51单片机已经足够满足控制要求，加之物美价廉，因此，学习51单片机是控制行业从业者的不错选择。尤其是对刚接触可编程序控制器的新入行人员来说，51单片机可以作为学习更高端芯片的入门教程。

如何学习这门课程呢？

首先，大概了解单片机的结构，本书的第2章主要讲述了单片机的内部结构以及资源。对单片机内部结构有了初步了解之后，就可以进行简单的实例练习和实验操作，从而加深对单片机的认识。

其次，要做大量的实例练习和实验。对于单片机来说，不仅要掌握其硬件结构，也要重视软件编程技巧。在编程时，要注意程序与硬件是如何结合的。本书通过一个个实验和验证，使读者在实践中理解硬件的结构，在软与硬浑然一体的结构中深刻体会单片机知识的内涵。通过硬件知识的学习，了解如何运用编程来控制硬件；通过软件编程的学习，又可以更进一步地学习到单片机硬件的工作机制和原理。

再次，要多结合外围电路，如流水灯、数码管、独立键盘、矩阵键盘、A/D转换器或D/A转换器、液晶、蜂鸣器、太阳能、漂移车、热风幕控制板以及单项用电器监测等进行练习，因为这样可以直观地看到程序运行的结果。

最后，要结合自己的实际情况，开发一个完全具有个人风格、功能完善的电子产品。对于在校学生，有条件的学生可以组成团队参加全国大学生电子设计竞赛，沉下心好好地在电子领域小试身手。

读者也不必为软件、硬件基础知识不扎实而烦恼，单片机中用到的编程并不难，可以说主要是配置一些寄存器，不涉及太复杂的算法和语法，电子元器件也以简单应用居多。本书接下来的几章主要介绍硬件和软件基础知识，这些对于单片机开发者来说基本够用了。另外，读者在做单片机实验的过程中要慢慢地积累知识和经验，一步步地巩固相关的基础知识，在实践中有针对性地学习与训练。读者还可以充分利用网络技术，从许多关于单片机的网站上了解单片机的发展动向和新的知识，遇到疑难问题也可在网上寻找解决办法，这样才会使学习事半功倍。

本书以51系列单片机为核心，介绍单片机的原理及应用。全书共分9章。第1章介绍

单片机的概念、组成和特点,单片机的发展概况以及单片机的应用领域;第2章主要阐述51系列单片机的内部结构、引脚功能,包括存储器结构、并行I/O接口、复位电路和时序;第3章介绍51系列单片机的指令系统和汇编语言程序设计,包括指令格式、寻址方式、数据传送指令、算术运算指令、逻辑运算指令、控制转移指令、位操作指令等,从应用角度出发,讨论各种常用汇编程序的设计方法,并介绍一些实用的子程序;第4章讲述C51程序设计基础、基本结构和语句、构造数据类型以及函数,并对Keil C51集成环境的使用做了详细的阐述,结合相应的实例让读者理解C51的编程方法,第5、6、7章分别阐述51系列单片机的定时器/计数器、串行通信口和中断系统等;第8章介绍单片机的接口技术和扩展技术,包括存储器、I/O接口扩展、A/D转换器、D/A转换器扩展及其他常用芯片的扩展;第9章介绍单片机应用系统的设计,阐述开发流程,并给出具体的应用实例。

为便于教学,每章开始都给出了本章的教学提示、学习目标以及知识结构,每章的中间给出了大量的实验与实训实例,每章后面都配有各种类型的习题。本书的整体编排及每章的结构安排,更加符合教学的需求。

本书由范立南、李荃高、武刚、范志彬、李雪飞编著。其中,第1章由范立南编写;第2章由范志彬、李雪飞编写;第3章由范志彬、李荃高编写;第4、6章由武刚编写;第5章由武刚、李雪飞编写;第7、8、9章由李荃高编写。全书由范立南统稿。

本书结合编者多年来在教学第一线教授学生过程中的理论实践以及开发工程实例,体现出了编者对单片机应用的科研总结。同时,本书参考了各种系列单片机的最新资料,吸收了单片机开发应用的最新成果,编者在此对这些参考文献的作者表示感谢。

本书可作为高等院校电气工程及其自动化、自动化、电子信息工程、测控技术与仪器等专业的单片机课程教材,也可作为从事单片机应用开发人员的参考书。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中的疏漏与错误之处在所难免,恳请广大读者指正。

编 者

目 录

序

前言

第 1 章 单片机概述	1
1.1 什么是单片机	2
1.2 单片机的组成	3
1.3 单片机的特点	4
1.4 单片机的发展过程与趋势	5
1.4.1 单片机的发展过程	6
1.4.2 单片机的发展趋势	6
1.5 单片机的应用领域	8
本章小结	9
习题	10
第 2 章 51 系列单片机的硬件结构和原理	11
2.1 51 系列单片机的基本结构	11
2.1.1 51 系列单片机的内部总体结构	13
2.1.2 51 系列单片机的片内资源	13
2.2 51 系列单片机的引脚功能	15
2.2.1 51 系列单片机的引脚图与封装方式	15
2.2.2 51 系列单片机的引脚说明	15
2.2.3 51 系列单片机的引脚应用特性	18
2.3 51 系列单片机的存储器结构	19
2.3.1 程序存储器	19
2.3.2 数据存储器	20
2.3.3 特殊功能寄存器	22
2.4 51 系列单片机的并行 I/O 接口	25
2.4.1 P0 口	26
2.4.2 P1 口	27
2.4.3 P2 口	27
2.4.4 P3 口	28
2.4.5 I/O 端口的操作	28
2.5 时钟电路与 CPU 时序	30

2.5.1 时钟电路	30
2.5.2 CPU 时序	30
2.5.3 典型指令的取指和执行时序	31
2.5.4 访问外部 ROM 的操作时序	32
2.5.5 访问外部 RAM 的操作时序	33
2.6 51 系列单片机的复位状态与复位电路	34
2.6.1 复位状态	34
2.6.2 复位电路	35
2.7 51 系列单片机的低功耗运行方式	36
2.7.1 方式设定	36
2.7.2 空闲工作方式	37
2.7.3 掉电保护方式	37
2.8 实验与实训	38
2.8.1 汽车转向灯控制器的设计	38
2.8.2 音频驱动实验	40
本章小结	42
习题	42
第 3 章 51 系列单片机的指令系统和汇编语言程序设计	45
3.1 51 系列单片机的指令格式及标识	46
3.1.1 指令格式	46
3.1.2 指令中常用的符号	47
3.1.3 伪指令	47
3.2 51 系列单片机指令的寻址方式	49
3.2.1 直接寻址	50
3.2.2 立即寻址	50
3.2.3 寄存器寻址	50
3.2.4 寄存器间接寻址	50
3.2.5 基址+变址寻址	51
3.2.6 相对寻址	51
3.2.7 位寻址	51
3.3 51 系列单片机的指令系统	51
3.3.1 数据传送类指令	52
3.3.2 算术运算类指令	56
3.3.3 逻辑运算及移位类指令	58
3.3.4 控制转移类指令	59
3.3.5 位操作类指令	63
3.4 汇编语言程序设计	65
3.4.1 程序设计方法	65

3.4.2	顺序程序设计	66
3.4.3	分支程序设计	68
3.4.4	循环程序设计	69
3.4.5	查表程序设计	70
3.4.6	子程序设计	72
3.5	实验与实训	73
3.5.1	数据传送指令训练	73
3.5.2	多字节十进制加法	77
3.5.3	拆字程序	78
3.5.4	二进制转BCD码	79
3.5.5	延时程序的设计	80
	本章小结	81
	习题	81
第4章	C51程序设计	87
4.1	C51程序设计基础	88
4.1.1	C51语言中的数据类型	88
4.1.2	C51语言中的常量和变量	90
4.1.3	C51语言中的运算符	93
4.1.4	C51的存储模式与绝对地址访问	94
4.2	C51程序的基本结构	96
4.2.1	顺序结构	96
4.2.2	分支结构	96
4.2.3	循环结构	98
4.3	硬件资源的C51访问	101
4.4	Keil C51集成环境的使用	103
4.4.1	Keil μ Vision4运行环境介绍	103
4.4.2	Keil μ Vision4集成开发环境的单片机开发流程	106
4.5	编程举例	110
4.5.1	用C语言实现输入输出编程	110
4.5.2	用C语言实现逻辑运算	110
4.5.3	用C语言实现数据转换	110
4.5.4	用C语言实现公式的编辑	111
4.6	实验与实训	112
4.6.1	简单矩阵运算	112
4.6.2	数据排序	114
4.6.3	延时程序的设计	115
	本章小结	115
	习题	116

第 5 章 51 系列单片机的定时器/计数器	120
5.1 51 系列单片机定时器/计数器的结构及工作原理	120
5.1.1 定时器/计数器的结构	121
5.1.2 定时器/计数器的工作原理	121
5.2 51 系列单片机定时器/计数器的控制寄存器	122
5.2.1 控制寄存器 (TCON)	122
5.2.2 方式选择寄存器 (TMOD)	122
5.3 51 系列单片机定时器/计数器的工作方式	123
5.3.1 工作方式 0	123
5.3.2 工作方式 1	124
5.3.3 工作方式 2	124
5.3.4 工作方式 3	125
5.4 51 系列单片机定时器/计数器的应用举例	125
5.4.1 计数初值的计算	125
5.4.2 定时器/计数器的初始化	126
5.4.3 应用举例	127
5.5 实验与实训	130
5.5.1 用 C 语言实现定时器/计数器的编程	130
5.5.2 用定时器/计数器实现软件“看门狗”的原理	131
5.5.3 单片机 LED 亮度控制系统设计	134
本章小结	138
习题	138
第 6 章 51 系列单片机的串行接口	140
6.1 串行通信基础	141
6.1.1 通信方式	141
6.1.2 串行通信方式	141
6.1.3 波特率	143
6.2 串行接口的工作原理	143
6.2.1 串行接口的结构	143
6.2.2 串行接口的控制	144
6.2.3 串行接口的 4 种工作方式	146
6.2.4 波特率设计	150
6.3 串行接口应用举例	151
6.3.1 方式 0 应用	151
6.3.2 方式 1 应用	153
6.3.3 方式 2 和方式 3 的应用	155
6.3.4 串行通信接口	157

6.4 实验与实训	163
6.4.1 用串行接口实现点亮 LED	163
6.4.2 74LS164 串转并实验	164
6.4.3 74LS165 并转串实验	165
6.4.4 单片机间的多机通信	167
本章小结	172
习题	173
第7章 51 系列单片机的中断系统	175
7.1 中断的概念	175
7.2 中断系统结构	176
7.3 中断的相关寄存器	177
7.4 中断响应过程及外部中断	180
7.5 利用中断技术实现单相电动机调速的实例	182
7.6 实验与实训	184
7.6.1 多中断源的连接	184
7.6.2 游乐设备控制板外部中断的应用	186
本章小结	189
习题	190
第8章 单片机的接口技术与扩展技术	192
8.1 单片机的最小系统	193
8.1.1 8031 单片机的最小系统	193
8.1.2 芯片上具有程序存储器的单片机最小系统	194
8.2 I ² C 总线 EEPROM 芯片扩展	194
8.2.1 器件引脚	194
8.2.2 I ² C 总线协议简述	195
8.2.3 写数据操作	197
8.2.4 读取操作	198
8.2.5 编程	199
8.3 单片机 I/O 接口的扩展	206
8.3.1 芯片引脚及功能	206
8.3.2 74LS595 与单片机的接口及编程	206
8.4 键盘及数码管显示技术	208
8.4.1 键盘	208
8.4.2 数码管显示单元	213
8.4.3 TM1637 的应用	217
8.5 图形点阵液晶显示屏的使用	223
8.5.1 CM12864-2 液晶屏介绍	223

8.5.2 显示控制命令	225
8.5.3 CM12864-2 应用实例	225
8.6 时钟芯片的扩展	233
8.6.1 DS1302 芯片概述	234
8.6.2 芯片各功能详解	234
8.6.3 DS1302 应用实例	237
8.7 串行 A/D 转换器的扩展	240
8.7.1 芯片简介	240
8.7.2 引脚排列与引脚功能	241
8.7.3 TM7705 的芯片内寄存器	241
8.7.4 TM7705 内部基准	244
8.7.5 TM7705 的数字接口	244
8.8 串行接口的 D/A 转换器扩展	247
8.8.1 4~20mA 电路原理图	248
8.8.2 D/A 转换器 MCP4821	249
8.8.3 MCP4821 驱动程序	251
8.9 实验与实训	252
本章小结	256
习题	257
第9章 单片机应用系统设计	259
9.1 单片机系统的开发流程	259
9.2 太阳能路灯控制板的设计	261
9.2.1 需求分析	261
9.2.2 硬件设计	261
9.2.3 软件设计	263
9.3 指纹锁数据采集与传输的设计	270
9.3.1 需求分析	270
9.3.2 硬件设计	270
9.3.3 软件设计	271
本章小结	290
习题	291
参考文献	293

第 1 章

单片机概述

教学提示

单片机是在一块芯片上集成了中央处理单元（CPU）、只读存储器（ROM）、随机存储器（RAM）和各种输入/输出接口（定时器/计数器、并行 I/O 接口、串行 I/O 接口以及 A/D、D/A 转换接口等）的微型计算机。它具有集成度高、体积小、功能强、使用灵活、价格低廉、稳定可靠及环境适应能力强等优点，在家用电器、智能化仪器、数控机床、数据处理、自动检测、通信、智能机器人、工业控制，以及军事、国防、航空航天等领域发挥着十分重要的作用。

学习目标

- 掌握单片机的有关概念和特点。
- 了解单片机的现状及发展趋势。
- 理解单片机的组成。
- 了解单片机的应用领域。

知识结构

本章介绍的知识结构如图 1.1 所示。

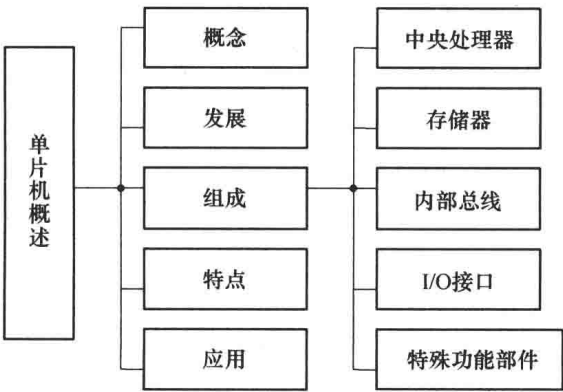


图 1.1 本章知识结构

1.1 什么是单片机

微型计算机的出现给人类生活带来了根本性的变化,使现代科学研究产生了质的飞跃。单片微型计算机自 20 世纪 70 年代问世以来,已广泛应用在工业自动化、自动控制与检测、智能仪器仪表、机电一体化设备、汽车电子及家用电器等方面。

单片微型计算机 (Single Chip Microcomputer) 简称单片机,即把组成微型计算机的各个功能部件,如中央处理器 (CPU)、随机存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、I/O 接口电路、定时器/计数器以及串行通信接口等集成在一块芯片中,构成一个完整的微型计算机。

由于单片机主要面对的是测控对象,突出的是控制功能,所以从功能和形态上来说,都是应测控领域应用的要求而诞生的。随着单片机技术的不断发展,芯片内集成了许多面对测控对象的接口电路,如 ADC、DAC、高速 I/O 接口、脉冲宽度调制器 (Pulse Width Modulator, PWM)、监视定时器 (Watch Dog Timer, WDT) 等。这些对外电路及外设接口已经突破了微型计算机传统的体系结构,所以单片机也称微控制器 (Micro Controller)。

1. 单片机与微处理器

随着大规模与超大规模集成电路技术的快速发展,微型计算机技术形成了两大分支:微处理器 (Micro Processor Unit, MPU) 和微控制器 (Micro Controller Unit, MCU)。

MPU 是微型计算机的核心部件,它的性质决定了微型计算机的性能。通用型的计算机已从早期的数值计算、数据处理阶段发展到当今的人工智能阶段,它不仅可以处理文字、字符、图形、图像等信息,而且还可以处理音频、视频等信息,并向多媒体、人工智能、虚拟现实、网络通信等方向发展。它的存储容量和运算速度正在以惊人的速度发展,高性能的 32 位、64 位微型计算机系统正向大、中型计算机迈进。

MCU 主要用于控制领域。由它构成的检测控制系统应该具有实时的、快速的外部响应功能,能迅速采集到大量数据,可以通过正确的逻辑推理和判断实现对被控对象参数的调整与控制。单片机的发展直接利用了 MPU 的成果,也发展了 16 位、32 位、64 位的机型。但它的发展方向是高性能、高可靠性、低功耗、低电压、低噪声和低成本。单片机的发展主要表现在其接口和性能不断满足多种多样检测对象的要求上,尤其突出表现在它的控制功能上,能够构成各种专用的控制器和多机控制系统。

2. 单片机与嵌入式系统

面向检测控制对象,嵌入到应用系统中的计算机系统称为嵌入式系统。实时性是嵌入式系统的主要特征,嵌入式系统对系统的物理尺寸、可靠性、重启动和故障恢复方面也有特殊的要求。由于对被嵌入对象的体系结构、应用环境等有特殊的要求,因此嵌入式计算机系统比通用计算机系统在设计上更为复杂,涉及面也更为广泛。从形式上可将嵌入式系统分为系统级、板级和芯片级。

系统级嵌入式系统为各种类型的工控机,包括进行了机械加固和电气加固的通用计算机系统,各种以总线方式工作的工控机和各种模块组成的工控机。它们大都有丰富的通用计算机软件及周边外设的支持,有很强的数据处理能力,应用软件的开发也很方便。但由于其体积庞大,适合于具有较大空间的嵌入式应用环境,如大型实验装置、船舶、分布式测控系统等。

板级嵌入式系统则有各种类型的带 CPU 的主板及原始设备制造商（Original Equipment Manufacturer, OEM）的产品。与系统级相比，板级嵌入式系统体积较小，适合于具有较小空间的嵌入式应用环境。

芯片级嵌入式系统则以单片机最为经典。单片机嵌入对象的环境、结构体系中作为其中一个智能化的控制单元，是最典型的嵌入式计算机系统。它有唯一的专门为嵌入式应用而设计的体系结构和指令系统，并且它具有的芯片级的体积和在现场运行环境下的高可靠性，使其最能满足各种中、小型对象的嵌入式应用要求。

1.2 单片机的组成

单片机在结构上是组成计算机的基本部件集成在一块芯片上，构成功能独特的、完整的单片微型计算机。图 1.2 为单片机的典型结构框图。

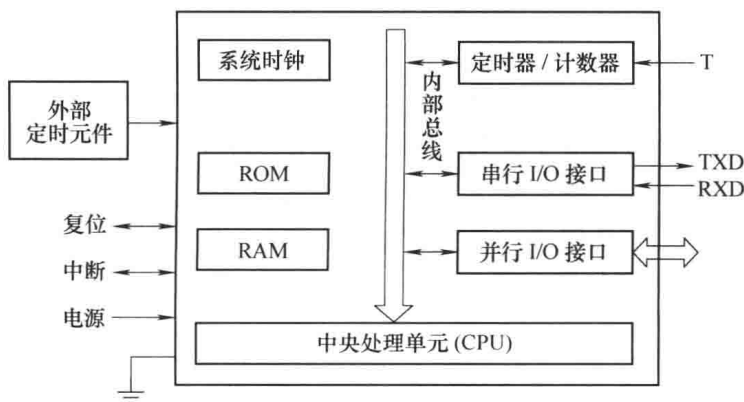


图 1.2 单片机典型结构框图

1. 中央处理单元

中央处理单元（CPU）是单片机的核心部件，它由运算器、控制器和中断部件等组成，另外增设了面向控制的处理功能，如位处理、查表、多种跳转、乘除法运算、状态检测及中断处理等，增强了实时性。数据处理和系统的操作控制都是由 CPU 完成的，单片机最主要的功能技术指标也是由它决定的。

根据 CPU 的字长（即数据运算和传送数据的位数），单片机可分为 4 位、8 位、16 位、32 位和 64 位等。此外，不同的单片机 CPU 的运算速度、数据处理能力、中断和实时控制功能等方面差别很大，这些也是衡量 CPU 功能强弱的主要技术指标。

2. 存储器

在单片机内部，ROM 和 RAM 是分开制造的。通常，ROM 容量较大，RAM 的容量较小，这是由单片机用于控制的特点决定的。单片机的存储空间有两种基本结构：一种是普林斯顿（Princeton）结构，将程序和数据合用一个存储器空间，即 ROM 和 RAM 在同一个空间里分配不同的地址。CPU 访问存储器时，一个地址对应唯一的一个存储单元，可以是 ROM，也可以是 RAM，使用同类的访问指令。另一种是将程序存储器和数据存储器截然分开、分别寻址的结构，称为哈佛（Harvard）结构，CPU 用不同的指令访问不同的存储器空间。由于