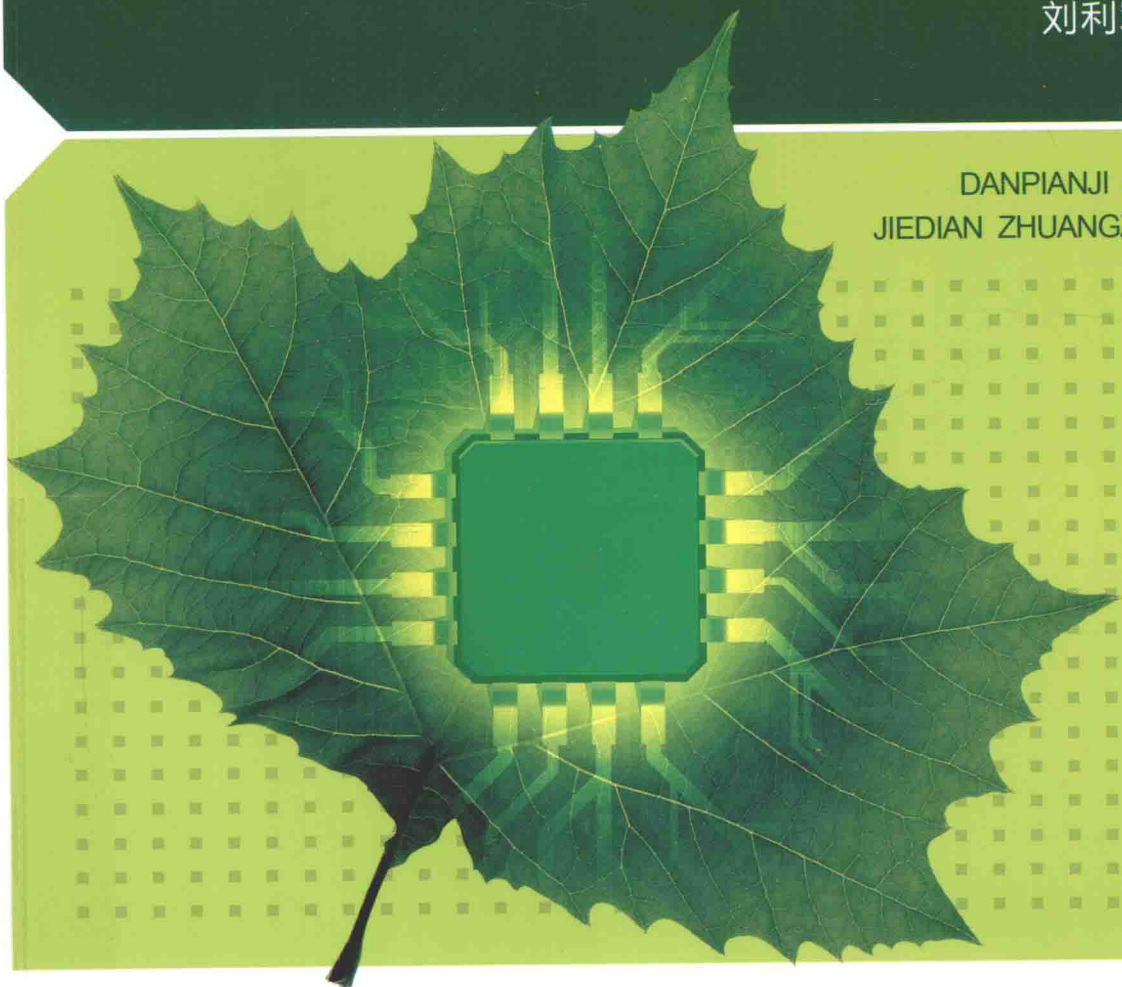


单片机技术与 节电装置设计

刘利军 编著

DANPIANJI JISHU YU
JIEDIAN ZHUANGZHI SHEJI



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

单片机技术与 节电装置设计

DANPIANJI JISHU YU
JIEDIAN ZHUANGZHI SHEJI

刘利军 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书是在《节电技术及其工程应用》《电气控制与节电系统设计》节电技术知识丛书的基础上,利用更加先进的技术知识,将单片机技术和节电控制技术有机整合编写而成,进一步拓宽了节电技术知识,使从事节电工作的工程技术人员或节电产品研发设计人员在学习和掌握了单片机技术的同时,能够解决节电产品的一些实际问题,将知识转化为生产力。本书内容丰富,理论结合实际,通俗易懂,条理清晰,可读性和实用性强。

全书包括单片机概述,51单片机系统结构和基本原理,51单片机汇编语言程序设计基础,C语言及C51程序设计,51单片机的中断、定时与串行通信,51单片机系统扩展,51单片机的模拟与数字接口技术,变频器节电运行参数显示调节装置的设计,路灯时段控制节电装置的设计,交流电动机测流节电控制装置的设计,基站机房节电及换风节能控制装置的设计共11章。

本书可供从事节电、自动控制、电力电子等专业的工程技术人员、电子产品研发设计人员学习使用,也可作为大学本、专科单片机课程教材以及职业学院、技师学院等相关专业学生的教学用书或者参考书,也可作为拟就业人员、中高级电工和技师的学习与培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

单片机技术与节电装置设计/刘利军编著. —北京:中国电力出版社,2016.7

ISBN 978-7-5123-9096-6

I. ①单… II. ①刘… III. ①单片微型计算机-应用-技节能-电力装置 IV. ①TM7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 055428 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2016 年 7 月第一版 2016 年 7 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 33.75 印张 871 千字

印数 0001—2000 册 定价 98.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

随着信息科学和微电子控制技术的深入发展,现代的计算机技术出现了通用计算机系统和嵌入式计算机系统两大分支,单片机是嵌入式系统中的典型代表。单片机最本质的功能特性是控制。它将典型的计算机功能资源制作于一片集成电路之中,然后嵌入到各类具体设备内部,如可广泛地嵌入到家用电器、机器人、工业控制单元、仪器仪表、汽车电子系统、金融电子系统、节电节能系统、通信系统等产品中,形成了可以实现人类智能的普遍意义上的控制器件,因此也称为微型控制器(MCU)。在众多的单片机中,MCS-51系列(简称51系列或51)机型的出现是MCU产业发展中的里程碑。它历经30多年的发展,从最早的4位机到8位机,一直发展到现在的32位机,其应用已渗透到科研、商业、国防、工农业生产、医疗卫生、生活等各个领域,已经形成了一个品种多、功能全、性价比高、用户群庞大的系列产品,成了事实上8位单片机的技术标准,也成了国内高校最为流行的单片机教学机型之一。51单片机具有广泛的适用性,只要学会51单片机的操作,便可很容易的掌握其他门类的单片机。

单片机在节电产品上的应用也不例外,它是从事节电工作的工程技术人员或节电产品研发设计人员必须掌握的基本专业基础知识和技能。为增强国家科技实力,促进我国的“十三五”节能减排工作任务的顺利完成,不但要有前瞻的科学研究,还要有成熟和精湛的实用技术,科技创新无处不在。因此,本书致力于培养基础知识扎实且掌握实际运用技能的单片机应用型人才和节能创新型人才。

本书以简单易学的51单片机为对象机型,从实用出发,深入浅出、内容丰富、图文并茂、通俗易懂,系统地介绍了单片机的基本工作原理、硬件功能与汇编语言、C语言程序设计、VB程序设计,使读者快速认识单片机。通过学习本书介绍的几种典型节电装置的软硬件设计,可使读者进一步获取大量单片机应用知识的同时,充分利用单片机技术增加电子产品以及节电产品的研发能力。单片机技术是实践性很强的技术,实践是学好单片机技术的最佳方式,所以建议读者要多看、多分析电路图,多读程序,多编程序,多动手,多练习,只有这样才能真正掌握单片机的技术。

本书共分为11章,前7章介绍了51单片机的基本入门知识,后4章详细介绍了电力电子类节电装置的原理及其软硬件的设计,读者可在此基础上举一反三设计出更多更好的电子产品或节电产品。主要内容有:

第1章是单片机概述。通过本章的学习,读者可以较全面地了解单片机的概念、发展、应用、研发流程、主要品种及系列以及基础知识数制与编码。

第2章简述了51单片机系统结构和基本原理。本章是51单片机的基础,通过学习,读者可以了解和掌握51单片机的结构、引脚、存储器、寄存器、I/O端口、时钟、复位电路等方面的基础知识。

第3章介绍51单片机汇编语言程序设计基础。通过本章的学习,了解汇编语言的指令格式、符号标识、伪指令、寻址方式、指令系统、程序的设计及程序的基本结构等内容。学完该章后,可以读懂和设计51单片机的汇编程序。

第4章介绍C语言及C51程序设计。主要介绍了C语言基础、构造数据类型、函数与

C51 程序的结构与设计等。学完该章后，读者可以编写 51 单片机 C 程序。

第 5 章介绍 51 单片机的中断、定时与串行通信。本章首先介绍了中断的概念，并以 51 单片机的中断系统为例介绍了中断的处理过程及应用。之后介绍了单片机系统中一个重要的部件：定时/计数器。最后介绍了单片机串行通信的基本知识及单片机串行口的结构、特点、工作方式，并简单介绍了单片机双机、多机通信技术以及 PC 机与单片机的通信实例。通过本章的学习，使读者掌握和了解 51 单片机中的这些重要技术。

第 6 章介绍 51 单片机系统扩展。通过本章的学习，了解 51 单片机的外部程序存储器 (ROM)、外部数据存储器 (RAM)、并行 I/O 接口的扩展技术以及常用的串行存储器。在本章的应用举例中给出了一个实用的电子密码锁产品的硬件和软件的设计实例，供大家学习参考。

第 7 章介绍 51 单片机的模拟与数字接口技术，着重介绍了在设计电子产品以及节电产品时，常用到的一些模拟与数字接口技术。详细讨论了模拟量输出电路以及光耦隔离输入技术和功率输出接口技术。

第 8~11 章介绍节电装置的设计。在这 4 章中，每章的开始首先进行了相关器件的介绍，如键盘、LED 显示器、LCD 液晶显示器、DS1302 时钟芯片、8 位串行 A/D 转换器 ADC0832、12 位串行 A/D 转换器 TLC25443、单总线数字温度传感器 DS18B20 等。在第 9 章中还介绍了 Keil 开发工具的使用及 ISP 技术，在第 10 章中还介绍了新型 51 单片机 AT89S、STC89C 系列的内部“看门狗”电路及程序，在第 11 章中还介绍了 PC 机与单片机串行通信技术，以及 PC 机程序常用的编程软件 Visual Basic 6.0 (简称 VB6.0) 的使用。通过前面一系列单片机技术知识的学习，在此基础上利用单片机技术，在这 4 章中每章的最后，系统介绍了几种不同类型节电装置的软硬件设计，主要有设计功能要求、硬件电路设计、单片机软件源程序设计以及 PC 机 VB 源程序设计等设计内容。

本书在编写过程中，山东省节能办公室郑晓光主任给予了深切关心和支持帮助，还得到了山东瑞斯高创股份有限公司刘黎明董事长的大力支持，车伟、刘猛等为全书的图、表绘制、排版付出了辛勤的劳动，刘筠在教学的百忙之中也帮助整理了书中的部分文字，在此谨向他们表示衷心的感谢！

本书参考了 Atmel、Silicon Laboratories、Keil 公司的数据手册与应用注释、广州周立功单片机发展有限公司的网站、众多 51 内核单片机等网站提供的资料，以及相关单片机的参考文献，在此谨向网站资料作者及参考书作者深表诚挚的谢意。

由于学识水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2016 年 1 月

前言

第 1 章 单片机概述	1
1.1 基础知识	1
1.1.1 单片机的概念	1
1.1.2 单片机的发展	2
1.1.3 单片机的应用	4
1.1.4 单片机应用系统研发流程	7
1.1.5 单片机主要品种及系列	11
1.2 数制与编码	16
1.2.1 数制	16
1.2.2 数制的转换	17
1.2.3 常用编码	18
第 2 章 51 单片机系统结构和基本原理	21
2.1 基本结构和引脚功能	21
2.1.1 基本结构	21
2.1.2 引脚定义及功能	22
2.2 存储器和寄存器	26
2.2.1 程序存储器	26
2.2.2 数据存储器	27
2.3 I/O 端口	32
2.3.1 并行端口功能	32
2.3.2 负载能力	34
2.3.3 端口的使用	34
2.4 单片机工作条件	35
2.4.1 电源	35
2.4.2 时钟	35
2.4.3 复位电路和复位状态	37
第 3 章 51 单片机汇编语言程序设计基础	39
3.1 指令格式及分类	40
3.1.1 汇编语言指令格式	40
3.1.2 指令格式的分类	41
3.2 指令符号标识及伪指令	42
3.2.1 指令符号标识	42

3.2.2	伪指令	44
3.3	寻址方式	47
3.3.1	立即寻址	47
3.3.2	直接寻址	48
3.3.3	寄存器寻址	48
3.3.4	寄存器间接寻址	48
3.3.5	变址寻址	49
3.3.6	相对寻址	49
3.3.7	位寻址	50
3.4	指令系统	51
3.4.1	数据传送指令	51
3.4.2	算术运算指令	56
3.4.3	逻辑运算和移位指令	59
3.4.4	控制转移指令	62
3.4.5	位操作指令	67
3.5	汇编语言源程序的设计	68
3.5.1	汇编语言源程序的设计步骤	68
3.5.2	设计特点	70
3.5.3	汇编语言源程序的编辑与汇编	70
3.6	程序的基本结构及设计	71
3.6.1	顺序结构程序设计	72
3.6.2	分支结构程序设计	72
3.6.3	循环结构程序设计	73
3.6.4	查表程序设计	77
3.6.5	子程序设计	79
3.6.6	其他常见程序	83

第 4 章 C 语言及 C51 程序设计 94

4.1	C 语言概述	94
4.1.1	C 语言的发展过程	94
4.1.2	C 语言及 C51 语言的特点	94
4.1.3	C 源程序的结构特点及编译	95
4.1.4	C51 程序与汇编程序的差异	96
4.1.5	C 语言的字符集	98
4.1.6	C 语言词汇	98
4.2	数据类型、运算符与表达式	101
4.2.1	C 语言及 C51 的数据类型	101
4.2.2	算术运算符和算术表达式	119
4.2.3	关系运算符和表达式	122
4.2.4	逻辑运算符和表达式	124
4.2.5	其他运算符	126

4.3	C 程序基本结构及分支与循环控制	127
4.3.1	C 程序的基本结构及 if 语句	127
4.3.2	条件运算符和条件表达式	133
4.3.3	switch 语句	134
4.3.4	循环控制	137
4.4	编译预处理	145
4.4.1	宏定义	146
4.4.2	文件包含	149
4.4.3	条件编译	150
4.4.4	用 typedef 重定义数据类型	152
4.5	数组与函数	152
4.5.1	一维数组的定义和引用	152
4.5.2	二维数组的定义和引用	156
4.5.3	字符数组	158
4.5.4	函数	160
4.5.5	局部变量和全局变量	172
4.5.6	变量的存储种类	174
4.6	指针	175
4.6.1	指针的基本概念	176
4.6.2	指针变量和指针运算符	177
4.6.3	指针与函数参数	181
4.6.4	指针、数组和字符串指针	182
4.6.5	指针数组	185
4.6.6	多级指针	186
4.6.7	返回指针的函数	188
4.6.8	函数指针	188
4.6.9	C51 中的指针	188
4.6.10	绝对地址的访问	190
4.7	结构体、共同体和枚举	191
4.7.1	定义结构体和结构体变量	191
4.7.2	结构数组	193
4.7.3	结构与函数	193
4.7.4	结构的初始化	195
4.7.5	共同体 (union)	195
4.7.6	枚举	197
4.8	单片机 C51 程序的结构形式	198
4.8.1	程序的模块化设计	198
4.8.2	一般单源文件单片机程序结构	198
4.8.3	多源文件的单片机程序结构	201

第 5 章 51 单片机的中断、定时与串行通信 204

5.1	51 单片机的中断系统	204
5.1.1	中断的概念及中断源	204
5.1.2	中断系统的一般功能	205
5.1.3	中断系统结构及控制	206
5.1.4	中断处理过程	211
5.1.5	中断应用程序举例	212
5.1.6	扩展外部中断源	214
5.1.7	C51 中断函数的写法	216
5.2	51 单片机的定时/计数器	218
5.2.1	定时/计数器的功能概述	218
5.2.2	定时/计数器的组成结构	219
5.2.3	定时/计数器的工作方式	222
5.2.4	定时/计数器的应用	224
5.3	51 单片机的串行通信	230
5.3.1	串行通信的基本知识	230
5.3.2	串行口及其通信功能	235
5.3.3	串行口控制寄存器	236
5.3.4	串行口的工作方式	238
5.3.5	串行口的应用	242
5.3.6	C51 串口通信的写法及应用	247
5.3.7	串行通信接口	249
5.3.8	PC 机与单片机的通信	253

第 6 章 51 单片机系统扩展 266

6.1	51 单片机系统扩展总线及存储器的类型	266
6.1.1	最小应用系统及外部扩展性能	266
6.1.2	半导体存储器的类型	268
6.2	程序存储器的扩展	271
6.2.1	访问片外程序存储器的操作过程	271
6.2.2	EPROM 的扩展	271
6.2.3	E ² PROM 的扩展	273
6.2.4	超大容量并行程序存储器扩展	274
6.3	数据存储器的扩展	274
6.3.1	访问片外数据存储器的操作过程	275
6.3.2	RAM 的扩展	275
6.3.3	快闪存储器的扩展	277
6.4	并行 I/O 接口扩展	279
6.4.1	并行 I/O 接口的简单扩展	280
6.4.2	可编程并行 I/O 接口扩展	280

6.5	常用的串行存储器扩展	288
6.5.1	24C××系列串行存储器	288
6.5.2	93C××系列串行存储器	314

第7章 51单片机的模拟与数字接口技术 323

7.1	模拟量接口技术	323
7.1.1	单电源运放工作原理	323
7.1.2	测量模拟电压与电流的接口电路	329
7.1.3	温度测量接口技术	333
7.1.4	应力测量接口技术	339
7.2	模拟量输出电路	341
7.2.1	电压电流转换电路举例一	342
7.2.2	电压电流转换电路举例二	342
7.3	光耦隔离输入接口技术	343
7.3.1	常用光耦器件简介	343
7.3.2	单片机与光耦隔离输入电路	343
7.4	功率输出接口技术	343
7.4.1	继电器驱动电路	343
7.4.2	提高单片机驱动能力	345
7.4.3	光耦直接输出电路	345
7.4.4	单片机驱动双向晶闸管电路	346

第8章 变频器节电运行参数显示调节装置的设计 349

8.1	相关器件介绍	349
8.1.1	键盘接口	349
8.1.2	显示器及其接口	354
8.2	显示调节装置硬件系统的设计	360
8.2.1	15只LED数码管的驱动方式	362
8.2.2	串行发送和接收	362
8.2.3	按键输入电路	362
8.3	软件设计与各个功能的协调实现	363
8.3.1	键盘扫描程序的结构与编程	363
8.3.2	动态显示程序的结构与编程	369
8.3.3	串行通信子程序	372

第9章 路灯时段控制节电装置的设计 378

9.1	相关器件介绍	378
9.1.1	LCD液晶显示	378
9.1.2	DS1302时钟芯片	394
9.2	Keil开发工具及ISP技术简介	401
9.2.1	Keil软件介绍	401

9.2.2	Keil 软件的应用	404
9.2.3	ISP 技术简介	410
9.3	路灯节电装置系统的硬件设计	412
9.3.1	主电路及驱动电路	412
9.3.2	单片机控制电路	414
9.4	系统的软件设计	416
9.4.1	程序流程图	416
9.4.2	源程序	416

第 10 章 交流电动机测流节电控制装置的设计 423

10.1	相关器件介绍	423
10.1.1	模/数转换 (ADC) 电路简介	423
10.1.2	8 位串行 A/D 转换器 ADC0832 简介	425
10.1.3	12 位串行 A/D 转换器 TLC2543 简介	427
10.1.4	AT89S、STC89C 系列单片机内部“看门狗”简介	429
10.2	采用 Δ -Y 自动转换方式的节电控制装置	434
10.2.1	相关基础知识	434
10.2.2	系统硬件电路设计	435
10.2.3	系统的软件设计	438
10.3	采用串接电抗器转换方式的节电控制装置	443
10.3.1	系统硬件电路设计	443
10.3.2	系统的软件设计	447

第 11 章 基站机房节电及换风节能控制装置的设计 455

11.1	相关器件及单片机的通信技术介绍	457
11.1.1	单总线数字温度传感器 DS18B20 简介	457
11.1.2	PC 机与单片机的通信技术知识	465
11.2	简易型通信基站机房换风节能控制装置的软硬件设计	476
11.2.1	实现设计的功能要求	476
11.2.2	硬件电路的设计	477
11.2.3	软件程序的设计	478
11.3	通信基站机房节电及换风节能控制装置电路的软硬件设计	485
11.3.1	系统功能设计要求	485
11.3.2	系统硬件电路设计	486
11.3.3	下位机系统软件的设计	490
11.3.4	上位机系统软件的设计	516
11.3.5	VB 程序的调试及生成 VB 独立文件	526

参考文献	529
------------	-----

单片机概述

1.1 基础知识

1.1.1 单片机的概念

1. 单片机的基本概念

电子计算机自 1946 年诞生以来,已经历了四代的发展。第四代微型计算机是大规模集成电路的产物,而单片机属于第四代微型计算机的一个重要分支。单片机的应用导致了控制领域的一场革命,使微控制技术(软件控制)逐步取代传统的硬件控制。

单片微型计算机是把中央处理器或称微处理器(Central Processing Unit, CPU)、一定容量的随机存取存储器(Random Access Memory, RAM)、只读存储器(Read Only Memory, ROM)、定时/计数器以及输入/输出(Input/Output, I/O)接口电路等部件集成在一块大规模集芯片上,其具有一台电子计算机的全部功能,这样的集成电路芯片简称单片机(Single Chip Microcomputer)。由于它们常用于控制装置,因此这类芯片也被称为微控制器(Micro-Controllers Unit, MCU)。

一个最基本的单片机(微型计算机)通常由运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备 5 部分组成。其中,由运算器、控制器、中断系统、寄存器组等构成中央处理器(CPU),成为单片机的核心部分,使用自己的指令系统,编制用户应用程序,实现运算和控制。单片机内部程序存储器 ROM 和数据存储器 RAM 是各自独立的,用于存放程序和数据,这是有别于其他计算机的一大特点。I/O 接口用于与外部设备连接,进行数据采集和传送数据计算、加工的结果。单片机除了具备一般微型计算机的功能外,为了增强实时控制能力,绝大部分单片机的芯片还集成有定时/计数器, A/D、D/A 转换器等功能部件。MCS-51 单片机的基本结构如图 1-1 所示。

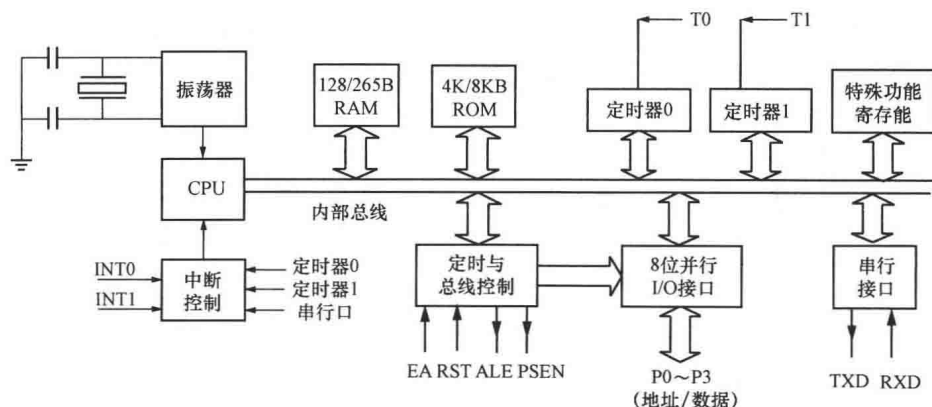


图 1-1 MCS-51 单片机的基本结构

单片机体积小,质量轻,抗干扰能力强,对环境要求不高,价格低廉,可靠性高,灵活性好,开发也较容易,这样即使是非电子计算机专业人员,通过学习一些专业基础知识,以后也能依靠自己的技术力量开发所希望的单片机应用系统,并可获得较高的经济效益,因此,在我国单片机现在已经广泛地应用于各行各业中。

2. 单片机的特点

一块单片机芯片就是一台计算机。由于单片机这种特殊的结构形式,使其具有很多显著的优点和特点,因而广泛应用于各个领域。

(1) 优异的性能价格比。单片机把所需要的存储器、各种功能的 I/O 接口都集中在一块芯片内,特别是 1992 年以后,为了提高速度和执行效率,世界上许多公司采用了 RISC 流水线和 DSP 的设计技术,使单片机的性能明显优于同类型微处理器。片内 ROM 的容量发展到 32KB,片内 RAM 可达 2KB,单片机的寻址能力可达 1MB 以上。世界各大生产单片机公司在提高单片机性能的同时,进一步降低价格,不断提高单片机的性能价格比。

(2) 控制功能强。单片机主要用于控制,要求以其构成的系统有实时、快速响应,能迅速采集到大量数据,做出逻辑判断与推理后实现对被控对象的参数调整与控制。因此单片机的指令系统中均有极丰富的 I/O 接口逻辑操作、位处理及转移等指令。单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的其他类型的微计算机系统。

(3) 集成度高、有很高的可靠性。单片机把各功能部件集成在一块芯片上,内部采用总线结构,减少了各芯片之间的连线,大大提高了单片机的可靠性和抗干扰能力。另外,由于其体积小,在强磁场环境中易采取屏蔽措施,适合工作在恶劣环境下。

(4) 低电压、低功耗。单片机大量应用于便携式产品和家用电器产品中,其低电压、低功耗的特性尤为重要。目前,单片机的功耗已经从毫安级降到微安级,甚至降到 $1\mu\text{A}$ 以下,电压在 1.5~6.0V 均能正常工作。

1.1.2 单片机的发展

自从 1974 年美国仙童 (Fairchild) 公司的第一台单片微型计算机问世以来,单片机的发展特别迅速,各种新、高性能单片机不断推陈出新冲向市场。迄今为止,单片机的发展大致可分为四个阶段。它的产生和发展与微处理器的产生和发展基本同步。

第一阶段 (1971~1974 年): 1971 年 11 月美国 Intel 公司设计成了集成度为 2000 只晶体管/片的 4 位微处理器 Intel4004,其配有随机存取存储器 RAM、只读存储器 ROM 和移位寄存器等芯片,构成了第一台 MCS-4 微型计算机。随后又研制成了 8 位微处理器 Intel 8008,在此期间美国仙童公司还研制成了 8 位微处理器 F8。这些微处理器虽说还不是单片机,但从此拉开了研制单片机的序幕。

第二阶段 (1974~1978 年): 初级单片机阶段,从 4 位逻辑控制器件发展到 8 位,使用 NMOS 工艺 (速度低,功耗大,集成度低)。以 Intel 公司的 MCS-48 为代表,这个阶段的单片机内集成有 8 位 CPU、并行 I/O 接口、8 位定时/计数器,寻址范围不大于 4K,且无串行口。

第三阶段 (1978~1982 年): 高性能单片机阶段,CMOS 工艺逐渐被高速低功耗的 HMOS 工艺代替。在这一阶段推出的单片机普遍带有串行 I/O 接口,有多级中断处理系统、16 位定时/计数器。片内 RAM、ROM 容量加大,且寻址范围可达 64KB,有的片内还带有 A/D 转换接口。这类单片机有 Intel 公司的 MCS51、Motorola 公司的 6801 和 Zilog 公司的 Z8 等。由于这类单片机应用领域极其广泛,目前生产公司仍在大力改进器件的结构与性能。

第四阶段（1982年至今）：8位单片机巩固发展及16位单片机推出阶段，此阶段主要特征是一方面发展16位单片机及专用单片机；另一方面同时不断完善高档8位单片机，改善其结构，以满足不同的用户需要。近10年以来，MCU的发展出现了以下新的特点：

- (1) 在技术上，由可扩展总线型向纯单片型发展，即只能工作在单片方式。
- (2) MCU的扩展方式从并行总线型发展出各种串行总线。
- (3) 将多个CPU集成到一个MCU中。
- (4) 在降低功耗，提高可靠性方面，MCU工作电压已降至3.3V（有些芯片已降至1.5V）。

(5) 第四阶段的一个重要特征是FLASH的使用使MCU技术真正进入了第四代。

与通用微处理器不同，单片机的应用主要面向工业控制。单片机的发展是为了满足被控制对象的要求，构成各种专用控制器与多机控制系统。因此，单片机中的8位机仍是当前市场的主流，由于单片机在多媒体、汽车、节能、航空航天、高级机器人及军事装备等方面应用的需要，16/32位单片机的应用得到发展。应注意，在单片机工程应用过程中，不应刻意追求其位数的多少，而应注重其实用性，充分发挥其内在资源的功能。

随着集成技术的发展和广泛应用的迫切需要，单片机的发展特别迅速，其发展趋势具有以下特点。

1. 技术高新化

由16位向32位系列发展，CPU功能不断增强，运算速度和精度不断提高，采用新颖AISC结构，扩展内部资源，增强内部资源功能。目前，单片机内部存储器容量大大增加，ROM从4KB达到了32KB，RAM从128B达到了2KB，EPROM从512B达到了2KB，寻址空间可达1MB以上。另设有多组并行I/O接口、多路串行通信口、多功能定时系统、多路A/D转换、实时中断及多种监测系统、DMA通道电路等。单片机控制系统外加硬件电路，减小了控制系统的体积，提高了系统的可靠性。

2. 低功耗、宽电压、高速度、高可靠性

单片机多数采用金属栅氧化物（CMOS）半导体工艺生产，CMOS芯片除了低功耗特性之外，还具有功耗的可控性。CMOS电路的特点是低功耗、高密度、低速度、低价格。采用双极型半导体工艺的TTL电路速度快，但功耗和芯片面积较大。随着技术和工艺水平的提高，又出现了HMOS（高密度、高速度MOS）和CHMOS工艺。目前生产的CHMOS电路已达到LSTTL的速度，其传输延迟时间小于2ns，它的综合优势已优于TTL电路。因此，在单片机领域CMOS正在逐渐取代TTL电路。几乎所有的单片机都有WAIT、STOP等省电运行方式。其允许使用的电压范围越来越宽，一般为3~6V。8051F9××单片机的最低电压可为0.9V，Atmel公司最新发布的0.7V TinyAVR甚至可以用一个纽扣电池供电。主频率在12、24、33MHz以上，且可在很宽的频率范围内运行。普遍在片内集成多种监视设施，以防止程序受干扰而跑飞或死机。为防止重要数据丢失而在片内增设电可擦EPROM存储器。其工作环境为-40~85℃。

3. 品种多样化

为了能满足各种不同应用的需要，目前单片机的集成度不断提高，除了一般必须具有的CPU、ROM、RAM、定时/计数器等以外，片内集成的部件还有模/数转换器、人机界面、通信接口、I²C、SPI、CAN、USB总线等。人机界面技术开始只在高端单片机产品中，现在已经延伸到中低端单片机上了，这就是工业产品的消费化趋势。AVR、PIC单片机都支持LCD、

触摸传感功能。Atmel 公司的 Qtouch 技术与 Pico-Power MCU 和触摸软件库形成低成本方案。随着互联网的广泛应用,各种有线和无线通信方式与单片机结合的越来越紧密。CAN、USB、Ethernet 已经成为 32 位单片机的基本组成部分。无线技术在工业和消费电子产品中的应用越来越多。如 TI 公司的 CC2430,其又称为无线单片机,它是一种集成了单片机和无线收发模块的 SoC。

4. 语言高级化

随着单片机更广泛深入地开发应用,存储器和寻址空间的扩大,高级 C 语言面向对象的进步,以及广大编程人员对 C 语言的普遍熟悉,加上汇编语言设计复杂程序的固有缺点等原因,使得 C 语言开发单片机应用软件将成为必然。目前,较高档的 8051 内核单片机系列都将配置 C 语言资源,较高档的开发系统均已具备 C 语言应用开发功能。

1.1.3 单片机的应用

单片机与其控制对象结合,构成的电子系统常称为嵌入式系统。嵌入式系统中单片机的运行控制算法,使被控制对象智能化。目前,单片机已渗透到我们工作、生活的各个领域,几乎很难找到哪个领域没有使用单片机。如导弹的飞行控制装置用的就是单片机,网络数据传输通信、办公自动化、工业自动化控制、节电控制系统、仪器仪表、太阳能空调、智能 IC 卡系统、汽车与节能及各类家用电器的控制均离不开单片机。单片机的特点是体积小,再增加一些外围电路即可成为一个完整的应用系统。

单片机应用系统可以采集数字信号或通过 A/D 转换器采集模拟信号,将采集到的信号送入单片机进行信号处理,具有对数据、命令进行存储、运算、逻辑判断及自动化操作等功能,并将处理后的控制信号通过数字信号接口输出或者通过 D/A 转换器输出模拟信号,可以通过网络接口实现单片机与单片机或者单片机与 PC 的通信,还可以采用一些先进的控制理论和控制方法,具备良好的人机交互接口。与传统测控系统相比,单片机应用系统在测量过程自动化、测量数据处理及功能多样化方面具有更大的优势,还具有结构简洁、精度高、操作简单、扩展性强等优点,更容易实现高精度、高性能、高可靠性、多功能的目的。

单片机主要应用于控制系统中,对各行各业技术改造和产品更新换代起到了重要的推动作用。单片机应用的意义绝不仅限于它的广阔范围以及所带来的经济效益,更重要的意义在于从根本上改变着传统的控制系统设计思想和设计方法。这种以软件取代硬件的控制技术,称为微控制技术。随着单片机技术的发展和应用普及,微控制技术在智能化方面早已不是硬件控制所能比拟的,它带来了一场对控制技术的革命。因此,了解单片机,掌握单片机应用技术,具有划时代的意义。

1. 单片机应用系统的硬件电路及软件组成

(1) 硬件电路的组成。硬件电路包括单片机及其接口电路、模拟量输入通道、开关量输入通道、模拟量输出通道、开关量输出通道、数据通信接口电路、人机通道(如键盘、显示器接口电路等),以及其他外围设备(如打印机等)接口电路。单片机应用系统组成如图 1-2 所示。

1) 单片机及其接口电路。单片机及其接口电路包括单片机、程序存储器、数据存储器、输入/输出接口电路及扩展电路,功能是进行必要的数值计算、逻辑判断、数据处理等。

2) 输入/输出通道。输入/输出通道是单片机和被测量监控对象之间设置的信号传递和变换的连接通道。它包括模拟量输入通道、开关量(数字量)输入通道、模拟量输出通道、开关量(数字量)输出通道等。输入/输出通道的作用是将被测量监控对象的信号变换成单片机可以接收和识别的代码,将单片机输出的控制命令和数据经变换后作为执行机构或电气开关的控

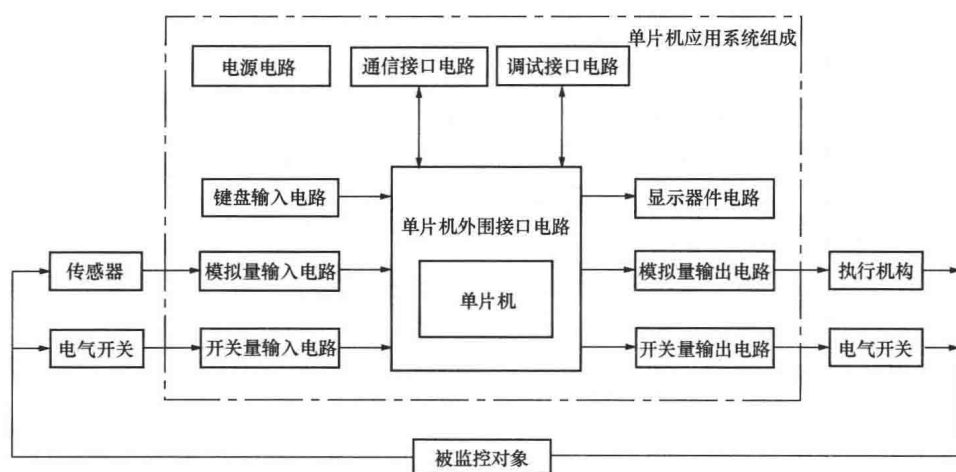


图 1-2 单片机应用系统组成

制信号，从而控制被测量监控对象进行期望的动作。

在单片机应用系统中，需要处理一些基本的开关量（数字量）输入/输出信号，如开关的闭合与断开、继电器的接通与断开、指示灯的点亮与熄灭、阀门的开启与关闭等，这些信号都是以二进制的“0”和“1”出现的。单片机应用系统中对应的二进制位的变化表征了相应器件的特性。开关量（数字量）输入/输出通道就是要实现外部的开关量信号和单片机的联系，包括输入信号处理及输出功率放大电路。

模拟量输入/输出通道由数据处理电路、A/D 转换器、D/A 转换器等构成，用来输入/输出模拟量信号。其中，模拟量输入通道的任务是把传感器，如压力变送器、温度传感器、液位传感器、流量传感器等监测到的模拟信号转变为二进制数字信号，送给单片机处理。模拟量输出通道的任务是把单片机输出的数字量信号转换成模拟电压或者电流信号，驱动相应的执行机构动作，达到控制的目的。

3) 通信接口。通信接口用来实现单片机与外界其他计算机或智能外设交换数据。

4) 人机通道。人机通道是人和单片机应用系统之间建立联系、交流信息的输入/输出通路，包括人机接口和人机交互设备两层含义。人机接口是单片机和人机交互设备之间实现信息传输的控制电路。人机交互设备是单片机应用系统中最基本的设备之一，是人和单片机应用系统之间建立联系、交换信息的外部设备，常见的人机交互设备可分为输入设备和输出设备两类。其中，输入设备是人向单片机应用系统输入信息，如输入键盘、开关按钮等；输出设备是单片机应用系统直接向人提供系统运行结果，如显示装置、打印机等。通过单片机应用系统的人机通道，向单片机应用系统输入命令和数据，了解单片机应用系统运行的状态和显示相关的工作参数。

单片机应用系统的工作过程大致如下：输入信号经过开关量输入通道电路或模拟量输入通道电路进行变换、放大、整形、补偿等处理。对于模拟量信号，需经 A/D 转换器转换成数字信号，再通过接口送入单片机。由单片机对输入数据进行加工处理、计算分析等一系列工作，通过接口送至显示器或打印机，也可输出开关量信号或经模拟量通道的 D/A 转换器转换成模拟量信号，还可通过串行口（如 RS-232C 等）实现数据通信，完成更复杂的测量、控制任务。

(2) 软件组成。硬件只是为单片机应用系统提供底层物质基础，要想使单片机应用系统正常工作必须提供或研制、开发相应的软件，单片机应用系统软件可以分为系统软件、支持软件

和应用软件。

系统软件包括实时操作系统、引导程序等。支持软件包括汇编语言、编译程序、高级语言等。应用软件是系统设计人员针对某个测控系统而编制的控制和管理程序。单片机应用系统的应用软件包括监控程序、中断服务程序以及实现各种算法的功能模块。监控程序是单片机应用系统软件的中心环节，它接收和分析各种命令，并管理和协调整个程序的执行；中断服务程序是在人机接口或其他外围设备提出中断申请，并为单片机响应后直接转去执行，以便及时完成实时处理任务；功能模块用来实现仪表的数据处理和控制在功能，包括各种测量算法（如数字滤波、标度变换、非线性修正等）和控制算法（如 PID 控制、前馈控制、模糊控制等）。

只有软件和硬件相互配合，才能发挥单片机的优势，研制出具有更高性能的单片机应用系统。

2. 单片机的应用形式

单片机应用系统各种各样，按使用单片机芯片数量的多少可分为单机应用和多机应用。

(1) 单机应用。在一个应用系统中，只用一片单片机（MCU），这是目前应用最多的方式。

1) 在智能仪表中的应用。用单片机改造原有的测量、控制仪表，可提高其测量速度和精度，加强其控制功能，简化其硬件结构，使其便于使用、维修和改进。由单片机构成的智能仪表集测量、处理、控制功能于一体，赋予测量仪表以新的面貌。

2) 在机电一体化中的应用。机电一体化是机械工业发展的方向。机电一体化产品是指集机械技术、微电子技术、计算机技术于一体，具有智能化特征的机电产品。单片机作为机电产品中的控制器，由于具有体积小、质量轻、可靠性高、功能强、安装方便等优点，大大优化了机电产品的功能，提高了产品的自动化、智能化程度。

3) 在实时控制中的应用。单片机广泛应用于各种实时控制系统中，如工业过程控制、过程监测、航空航天、尖端武器、机器人系统等各种实时控制系统，它们都用单片机作为控制器。用单片机实时进行数据处理和控制，使系统保持最佳工作状态，提高系统的工作效率和产品质量。

4) 在节电控制中的应用。电力是国民经济发展的基础资源，降低能源消耗是我国的基本国策。用单片机可实现对各种设施的节电控制及节电改造，如路灯的分时段节电控制、电动机调速节电控制、通信基站的新风节能控制、电磁调压综合节电控制等。

5) 在太阳能方面中的应用。聚光式太阳能空调系统中的追日控制、光伏发电系统中的逆变控制、太阳能充/放电控制、太阳能路灯控制等。

6) 在家用电器中的应用。目前国内外各种家用电器已普遍采用单片机代替传统的控制电路，如洗衣机、电冰箱、空调器、微波炉、音响设备、电风扇及许多高级电子玩具都配上了单片机，单片机在家用电器中的应用前景十分广阔。

(2) 多机应用。

1) 功能集散系统。多功能集散系统是为了满足工程系统多种外围功能要求而设置的多机系统。例如，一个加工中心的计算机系统除了完成机床加工运行控制外，还要控制对刀系统、坐标系统指示、刀库管理、状态监视、伺服驱动等机构。

2) 并行多机控制系统。为解决工程应用系统的快速性问题，常使用多片单片机构成大型实时工程应用系统。这些系统有快速并行数据采集、处理系统和实时图像处理系统等。

3) 局部网络系统。单片机网络系统的出现，使单片机应用进入了一个新的水平。目前单