

机电类专业应用型人才培养特色教材

单片机原理与 应用实例

曹建树 等编著

▶ 教育部卓越工程师培养计划推荐教材

▶ “机电测控技术基础课程群北京市优秀教学团队”项目资助

购买本教材如需教学PPT请与出版社或作者联系

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

机电类专业应用型人才培养特色教材

教育部卓越工程师培养计划推荐教材

“机电测控技术基础课程群北京市优秀教学团队”项目资助

单片机原理与应用实例

曹建树 刘 强 罗 雨 俞建荣 李明利 编著



机械工业出版社

本书以掌握国内最为流行的 MCS-51 系列单片机系统应用技术为教学目标,以大量应用实例分析为主线,深入浅出地阐述了单片机系统结构、原理及应用技术。

全书共 11 章,前两章简明讲述单片机的基本特点与基本原理,包括单片机工作过程原理、存储器结构与地址分配、指令系统与寻址方式以及编程方法等。第 3~10 章结合大量实例着重讲述单片机的主要应用知识,包括程序设计的基本技术、中断技术、接口技术、A/D 与 D/A 转换技术等。第 11 章主要通过应用实例讲述小型直流电动机和步进电动机等的控制原理和应用电路。

本书注重实用,全部电路、代码公开,便于初学者研习和动手实践。本书中电路设计是在 proteus 软件中完成的,软件设计是在 Keil μ Vision4 完成的,初学者在没有硬件的情况下可以利用 proteus 和 Keil μ Vision4 两个软件建立自己的虚拟实验系统进行学习。

本书可作为高等院校单片机应用技术方面的教材和相关课程设计、主题实践的指导书,也可作为广大科技人员自学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理与应用实例/曹建树等编著. —北京:机械工业出版社, 2014.6

机电类专业应用型人才培养特色教材

ISBN 978-7-111-46831-8

I. ①单… II. ①曹… III. ①单片微型计算机—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 108110 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:吕德齐 责任编辑:吕德齐 版式设计:霍永明

责任校对:陈延翔 封面设计:陈 沛 责任印制:李 洋

三河市宏达印刷有限公司印刷

2014 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·30.25 印张·6 插页·816 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-46831-8

定价:59.00 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

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

从 书 序

为了适应我国制造业的迅速发展,培养大批素质高、工程能力与实践能力强的应用综合型人才,需要在本科教学中改变以往重视工程科学,轻视工程实践训练;注重理论知识的传授,轻视创新精神的培养;注重教材的系统性和完整性,缺乏工程应用背景等现象。本套教材的编著者结合近年来在机电测控类课程群建设以及 CDIO 教学改革方面的经验积累,专业课程授课教师在总结多年教学的基础上,本着“重基本理论、基本概念,突出实践能力和工程应用”的原则,力求编写一套富有特色、有利于应用型人才培养的机电测控类本科教材,以满足工程应用型人才培养的要求。本套教材突出以下特点:

1) 科学定位。本套教材主要面向工程应用、具有较好理论素养与实际结合能力、动手和实践能力强、复合型、复合型人才的培养,不同于培养研究型人才的教材,也不同于一般应用型本科的教材。

2) 简化理论知识的讲授,突出教学内容的实用性,强调对学生实践能力和技术应用能力的培养。

3) 采用循序渐进、由浅入深的编写模式,强调实践和实践属性,精练基础知识,突出实用技能,内容体系更加合理。

4) 注重现实社会发展和就业需求,以培养工程综合能力为目标,强化应用,有针对性地培养学生的实践能力。

5) 教材内容的设置有利于扩展学生的思维空间,培养学生的自主学习能力;着力于培养和提高学生的综合素质,使学生具有较强的创新能力,促进学生的个性发展。

本套教材由俞建荣、曹建树组织策划并主持编写。

本套教材得到北京市高等学校人才强教深化计划资助项目(PHR200907221)暨北京市机电测控技术基础课程群优秀教学团队的资助。

俞建荣 曹建树

前 言

本书基于培养高等工程应用技术人才的目标，在教育部“卓越工程师教育培养计划”试点改革与实践的基础上，得到“机电测控技术基础课程群北京市优秀教学团队”项目资助，精心编写而成。

单片机是现代控制系统的核心器件之一，随着微电子技术和超大规模集成电路技术的发展，单片机以其体积小、性价比高、功能强、可靠性高等独有的特点，在各个领域得到了广泛的应用。尽管大家知道掌握好单片机的意义很大，但许多人在学习过程中还会感到困难重重，不易入门，更不易实际应用，这是由于在学习单片机时必须过机器语言学习关，其难点是必须将硬件与软件结合起来考虑。譬如每用一条指令就要联想到在单片机硬件电路中相应的工作情况，做到用软件控制或掌握硬件工作的全过程，显然这是与以往学习电子电路或学习高级计算机语言的情况完全不同的。作者长期从事单片机控制系统的研究与教学工作，在十几年的教学实践中发展了以实践动手为主线的教学方法，撰写了与之配合的教程。

本书在编写思路上有以下特点：

1) 改变了传统教材文献资料式的编写形式，在简要讲述单片机基本知识的基础上，通过一系列实例分析与动手实践指导及扩展应用知识的介绍，使教学内容理论结合实际、深入浅出、便于理解，使学生达到一定的动手解决工程实践问题的能力。

2) 针对单片机新概念多、入门难的情况，加强了理论联系实践的训练力度，在程序设计、中断系统、接口技术等关键部分增加了应用实例的详细分析。用实例组织单元教学，单片机应用系统设计所需要的基本知识和能力穿插在各个实例中讲解。

3) 注重实用，主要表现在全部电路、代码公开，便于初学者研习和动手实践。

4) 内容充实，涉及面广，克服了传统 MCS-51 实验箱的局限，本书中每个实验独立、完整、灵活。

5) 经济适用，本书中的电路设计是在 proteus 软件中完成的，软件设计是在 Keil μ Vision4 完成的，初学者在没有硬件的情况下可以利用 proteus 和 Keil μ Vision4 两个软件建立自己的虚拟实验系统进行学习。

全书共 11 章，前两章简明讲述单片机的基本特点与基本原理，包括单片机工作过程原理、存储器结构与地址分配、指令系统与寻址方式以及编程方法等。第 3 章~第 10 章结合大量实例着重讲述单片机的主要应用知识，包括程序设计的基本技术、中断技术、接口技术、A/D 与 D/A 转换技术等。第 11 章通过应用实例讲述小型直流电动机和步进电动机等的控制原理和应用电路。

本书编写之前，作者阅读了大量相关的文献资料，其中包括丰富的网络资源，在此向这些作者们深表敬意。本书的部分电路设计和程序调试由夏云生、曾林春完成。

由于作者水平有限，书中难免有错误和疏漏之处，敬请读者批评指正。

作 者

目 录

丛书序

前言

第1章 单片机概述 1

1.1 单片机的概念 1

1.1.1 单片机的主要特点 1

1.1.2 名词解释 2

1.2 单片机的发展 4

1.2.1 单片机发展历史 4

1.2.2 单片机发展趋势 5

1.2.3 以单片机为核心的嵌入式系统的发展趋势 7

1.2.4 单片机应用的可靠性技术发展趋势 7

1.3 单片机系统的应用 8

1.4 典型单片机介绍 9

1.5 单片机开发系统 11

1.5.1 单片机开发系统的构成 11

1.5.2 单片机开发系统的功能 12

1.5.3 开放式单片机实验系统 12

1.5.4 “流水灯”实验 13

1.6 单片机的数制、码制与编码 15

1.6.1 数制 15

1.6.2 码制 18

1.6.3 二进制编码 19

本章小结 21

习题 21

第2章 MCS-51 系列单片机基本知识 23

2.1 MCS-51 系列单片机内部结构 23

2.1.1 中央处理单元 CPU 25

2.1.2 定时器/计数器 31

2.1.3 看门狗定时器 31

2.1.4 中断系统 32

2.1.5 I/O 接口 33

2.2 MCS-51 系列单片机的引脚功能 33

2.3 存储器结构与地址分配 36

2.3.1 存储器基础知识 36

2.3.2 MCS-51 系列单片机存储器结构 37

2.3.3 片内 RAM 的 128B 地址分配 37

2.3.4 特殊功能寄存器 (SFR) 39

2.3.5 片外 RAM、ROM 结构与地址分配 39

2.4 MCS-51 系列单片机工作方式 40

2.4.1 MCS-51 系列单片机时序 40

2.4.2 MCS-51 系列单片机的工作方式介绍 42

2.4.3 连续执行方式图解说明 44

2.5 MCS-51 系列单片机指令系统 46

2.5.1 基础知识 47

2.5.2 数据传送指令及要点分析 52

2.5.3 算术运算类指令及要点分析 59

2.5.4 逻辑操作与移位指令及要点分析 63

2.5.5 控制转移指令及其偏移量的计算 65

2.5.6 位操作指令 70

2.5.7 对指令的进一步说明 71

本章小结 72

习题 73

第3章 单片机仿真软件 75

3.1 Keil μ Vision4 软件的使用 75

3.1.1 Keil μ Vision4 工程文件的创建 76

3.1.2 Keil μ Vision 4 工程文件的编译 81

3.1.3 Keil μ Vision4 工程文件的仿真及其他设置 82

3.2 Proteus 仿真 87

3.2.1 Proteus 的主要功能模块及资源 88

3.2.2 Proteus ISIS 编辑环境 90

3.2.3 基本操作 94

3.2.4 设计实例 98

3.3 Keil 与 Proteus 联机调试 108

3.4 VSM 虚拟系统模型 110

本章小结 114

习题 114

第4章 汇编语言程序设计 115

4.1 基本知识 115

4.2 分支程序设计实例分析	119	6.1.5 中断系统应用实例分析	177
4.2.1 先分支后赋值程序设计	120	6.2 MCS-51 系列单片机内部定时器/ 计数器	183
4.2.2 先赋值后分支程序设计	122	6.2.1 概述	183
4.3 循环程序设计实例分析	123	6.2.2 MCS-51 系列单片机对内部 定时器/计数器的控制	184
4.3.1 题意分析	123	6.2.3 工作模式说明 (以 T1 为例说明, T0 同)	186
4.3.2 程序设计方案	124	6.2.4 工作方式说明	187
4.3.3 参考程序	124	6.2.5 MCS-51 系列单片机对内部 定时器/计数器的初始化	188
4.3.4 参考程序分析	126	6.2.6 定时/计数器应用实例及分析	194
4.3.5 参考程序整体分析	134	本章小结	197
本章小结	136	习题	198
习题	137	第 7 章 MCS-51 系列单片机接口 技术	200
第 5 章 C51 语言程序设计	139	7.1 MCS-51 系列单片机内部并行 I/O 接口及其应用	200
5.1 基本知识	139	7.1.1 并行 I/O 接口基本配置及其 特点	200
5.1.1 C51 程序结构	139	7.1.2 MCS-51 系列单片机 I/O 并行 接口应用	203
5.1.2 C51 程序的编辑和编译	144	7.1.3 MCS-51 系列单片机 I/O 并行 接口应用实例分析	205
5.2 C51 数据类型与运算	144	7.2 并行接口应用实例	206
5.2.1 C51 数据类型	144	7.2.1 单片机中断控制循环灯	206
5.2.2 C51 数据存储类型	145	7.2.2 查表控制广告灯	209
5.2.3 C51 定义 SFR	146	7.2.3 报警音的产生	211
5.2.4 C51 定义并行口	147	7.2.4 音乐播放	214
5.2.5 C51 定义位变量	147	7.2.5 74LS138 译码器控制的循环灯	219
5.2.6 C51 运算符、表达式及其规则	147	7.3 可编程并行接口芯片 8255A-5	221
5.3 C51 构造数据类型	148	7.3.1 内部结构与引脚功能接口特点	222
5.3.1 数组	149	7.3.2 控制字的确定与初始化编程	223
5.3.2 指针	151	7.3.3 工作方式与接口方法	225
5.4 C51 函数	152	7.3.4 AT89S51 单片机和 8255 的 接口	230
5.4.1 函数的定义和分类	152	7.4 串行接口	232
5.4.2 函数的调用	152	7.4.1 概述	232
5.4.3 中断服务函数	153	7.4.2 MCS-51 系列单片机的串行接口 及其通信功能	234
5.4.4 C51 的库函数	154	7.4.3 MCS-51 系列单片机的串行接口的 多机通信 (阅读资料)	241
5.5 C51 应用编程实例	155	7.4.4 MCS-51 系列单片机与 PC 的	
本章小结	158		
习题	158		
第 6 章 MCS-51 系列单片机中断 系统与定时器/计数器	160		
6.1 MCS-51 系列单片机中断系统	160		
6.1.1 中断的概念	160		
6.1.2 MCS-51 系列单片机中断系统 结构	161		
6.1.3 MCS-51 系列单片机中断系统的 初始化要求与中断处理过程	163		
6.1.4 MCS-51 系列单片机中断系统应用 实例	175		

串行接口通信	251	9.4.8 单键多功能按键识别	332
7.4.5 双机串行接口通信	254	9.4.9 4×4 行列键盘识别	335
7.4.6 74LS164 芯片串行接口驱动 8 个 小灯	256	本章小结	344
7.4.7 74LS164 串行驱动数码管	258	习题	345
7.5 其他常用接口	262	第 10 章 输入/输出通道接口技术	346
本章小结	263	10.1 前向输入通道接口技术	346
习题	265	10.1.1 概述	346
第 8 章 半导体存储器及其扩展	267	10.1.2 A/D 转换接口技术	348
8.1 概述	267	10.1.3 A/D 转换器 ADC0809 应用 实例——数字电压表	356
8.1.1 半导体存储器分类介绍	267	10.1.4 串行 12 位 AD TLC2543 的 使用	359
8.1.2 存储器的主要技术指标	271	10.2 后向输出通道接口技术	362
8.1.3 MCS-51 系列单片机外部存储器 扩展	272	10.2.1 概述	362
8.1.4 典型存储器芯片介绍	273	10.2.2 D/A 转换接口	363
8.2 片外存储器应用实例	276	10.2.3 D/A 转换接口应用实例	369
8.2.1 存储器扩展方法	276	本章小结	374
8.2.2 访问片外 ROM 的指令时序 分析	278	习题	375
8.2.3 访问片外 RAM 的指令时序 分析	280	第 11 章 单片机应用实例设计	376
本章小结	281	11.1 概述	376
习题	281	11.1.1 单片机应用系统的性能要求	376
第 9 章 人机交互通道配置及其接口 技术	283	11.1.2 单片机应用系统设计内容和 步骤	376
9.1 概述	283	11.2 电动机控制	382
9.2 显示及显示接口	283	11.2.1 小型直流电动机控制	382
9.2.1 发光二极管及其应用	283	11.2.2 PWM 信号控制直流电动机	386
9.2.2 LED 数码管及其应用	284	11.2.3 步进电动机的单片机控制	393
9.2.3 多位数码管显示	286	11.2.4 舵机的单片机控制	401
9.3 键盘及其接口技术	290	11.3 电子时钟的设计	407
9.3.1 键的状态输入及去抖动	290	11.4 数字温度计的设计	413
9.3.2 按键开关	291	11.5 虚拟波形发生器的设计	424
9.3.3 独立按键接口	291	11.6 室内智能清洁机器人控制系统的 设计	432
9.3.4 行列式键盘接口	293	11.6.1 控制系统总体方案设计	432
9.4 单片机人机交互接口实例	295	11.6.2 硬件系统设计	433
9.4.1 单个数码管显示	295	11.6.3 软件系统设计	441
9.4.2 动态数码管显示	298	附录	449
9.4.3 8×8 点阵显示	302	附录 A ASCII (美国信息交换标准码) 字符表	449
9.4.4 LCD 显示技术	308	附录 B MCS-51 系列单片机指令表	450
9.4.5 点阵型 LCD 显示技术	316	附录 C 51/52 单片机常用寄存器速查表	453
9.4.6 多路开关状态指示	325	附录 D 单片机常用芯片引脚图	457
9.4.7 单按键识别	328	附录 E 部分习题答案	466

第 1 章 单片机概述

单片机或单片微机是单片微型计算机的简称。在刚开始学习单片机时,首先想知道的问题常常是:什么是单片机?它有哪些特点?它有哪些难点?怎样才能学好它?等。本章就一些常识性问题和一些基本概念进行了说明,如:单片机结构简图画法、二进制与十六进制的转换、补码的定义与作用,十进制数的二进制码的定义与作用等。

1.1 单片机的概念

通常所说的微型计算机是指由中央处理器(CPU)、半导体存储器(RAM、ROM)、输入/输出(I/O)接口电路等各种大型集成电路芯片(LSI)组装在一块或者几块印制电路板而成的机器。这种机器就是微型电子计算机,简称微型计算机。其中,用一块印制电路板组装成的微机称为单板微机或单板机,如 20 世纪 80 年代在我国流行一时的 TP-801 微机就是一种典型的单板机;用几块印制电路板组装成的微机称为多板微机或多板机,如现在广泛使用的台式或笔记本式 PC 都是这种结构。这里顺便说一下,因为微机是用电子电路组成的,它的核心器件全是电子电路,或者说是数字电子电路,所以电子计算机有时候也叫数字计算机。

随着大型集成电路技术的不断进步,20 世纪 70 年代开发出了能在一个芯片上集成 CPU、RAM、ROM、I/O 接口等电子电路的超微型计算机,这种单个芯片式的微型计算机被命名为单片微型计算机,简称为单片微机或单片机。具体地说,单片机就是将 CPU、RAM、ROM、中断系统、定时器/计数器、I/O 接口等半导体集成电路集成在一块电路芯片上的微型计算机,一些单片机中除了上述部分外,还集成了其他部分如模拟量与数字量相互转换的 A/D、D/A 接口电路等。

1.1.1 单片机的主要特点

单片机的主要特点就是实现了微机电路结构的超小型化。

图 1-1 所示是常用的 MCS-51 系列单片机中 8051 型单片机芯片的照片。由图中可见,这种单片机芯片封装后的外形尺寸只有 5cm 长、1cm 宽,在这小块芯片中集成了 1 个 8 位的 CPU 电路、128B RAM,4 个 8 位 I/O 接口电路,1 个串行全双工异步接口以及有 5 个中断源的中断系统等电子电路,其电子集成度达到每片 2 万个以上晶体管,从而使微机电路达到了高度的集成化。单片机典型结构如图 1-2 所示。

这种超小型化的单片机,具有体积小、价格低和 RAM、ROM、I/O 接口等资源齐全的显著优点,特别适合作为机电一体化设备、智能化仪器仪表以及现代家用电器的控制核心,譬如微机控制的洗衣机、录像机等。由于单片机常常以嵌入的方式应用于被控系统,所以又被称为嵌入式微控制器,在单片机的电路和结构中有许多嵌入式应用的特点。

单片机还有以下特点:

(1) 可靠性好 芯片本身是按工业环境要求设计的,抗干扰性好。

(2) 易扩展 芯片内具有单片机正常运行所必需的部件,芯片外有许多供扩展用的三总线及串行、并行输入/输出引脚。

(3) 控制功能强 单片机具有较丰富的指令系统, 其逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微处理器。

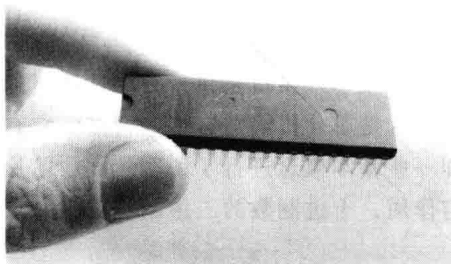
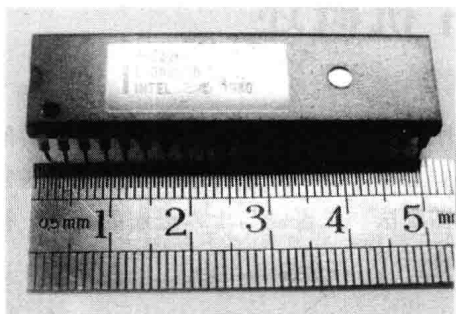


图 1-1 8051 型单片机芯片的照片

1.1.2 名词解释

前面讲到的各种单片机的电路组成基本一样, 都是由 CPU、RAM、ROM、I/O 接口等电子集成电路组成的。为了便于理解与记忆这些名词, 可以用如图 1-3 所示的简易画法来说明单片机各部分电路的特点、功能与连接关系。

1. 单片机的核心部件 CPU

CPU 是 Central Processing Unit 的缩写, 直译是中央处理器。在单片机中 CPU 也常称为 MPU, 这是 Microprocessor Unit 的缩写, 直译是微处理器。通常中央处理单元 CPU 集成在一块芯片上, 是整个单片机系统的核心, 具有运算能力和控制能力。需要说明的是, 单片机中的 CPU 只是单片机芯片中的一部分集成电路。

CPU 主要由运算器和控制器组成。其中运算器是执行算术运

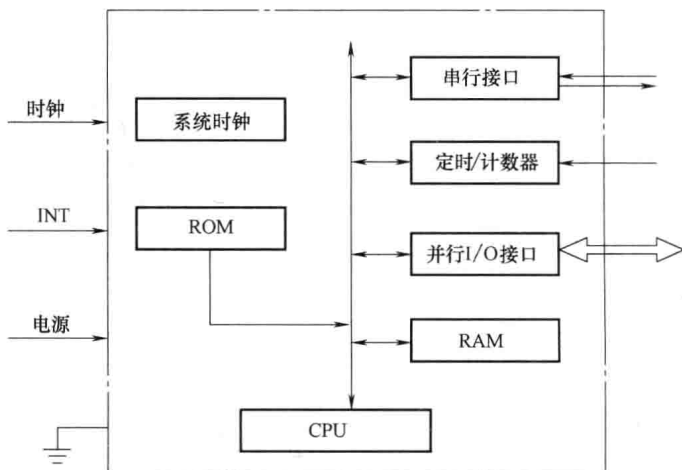


图 1-2 单片机典型结构图

算和逻辑运算的部件, 它的任务是对信息进行加工处理; 控制器负责从存储器中取出指令, 进行译码, 发出控制信号, 协调各部分正常工作。这里要记住的是, 所有计算机 CPU 处理的信息都是二进制数。这些二进制数通过数据总线 (DB) 由 ROM、RAM、I/O 接口电路送入 CPU。

2. 存储器 ROM 和 RAM

存储器是存放数据及程序的功能部件, 是单片机中非常重要的组成部分。在单片机系统中, 存储器按其所处的位置, 分为外部存储器和内部存储器。外部存储器简称外存, 主要是各种大容量的磁盘存储器、光盘存储器等。这类存储器的存储容量大, 但存取速度较慢。内部存储器简称内存, 主要是能与 CPU 直接进行数据交换的半导体存储器。这类存储器的存储容量比外存小, 但存取速度快。按访问方式可分为 ROM 和 RAM。

ROM 是 Read Only Memory 的英文缩写, 其直译是只读存储器。单片机系统中必须要有 ROM。

ROM 里存放不变的数,如固定的程序和
一些程序中用的常数。ROM 的工作特点
是在单片机工作过程中只能读,不能写,
也就是 CPU 只能从 ROM 中取出信息,
而不能在 ROM 中随机存放信息。ROM
中的内容一般只能在设计、开发时一次
性写入。ROM 的另一工作特点是在断电
后仍能保持数据,这样才能保证单片机
在断电后不会丢掉已有的程序。

RAM 是英文 Random Access Memory
的缩写,直译是随机访问的存储器,或
随机存取存储器,这种存储器在单片机

运行时,不仅可以从中读出数据,还可以写入数据。“访问”是计算机常用的术语,是指单片机的 CPU 对存储器进行读或写数据的操作过程。单片机中也必须有 RAM,用来在单片机运行时存放各种临时的数据信息,这些数据在开机时可以随时写入、修改与取用,关机后, RAM 中的数据信息就会全部消失。

这里再强调一下, ROM、RAM 中的二进制数信息都是为 CPU 服务的,通过数据总线 (DB) 送入 CPU,所以 ROM、RAM 都必须通过数据总线 (DB)、地址总线 (AB)、控制总线 (CB) 三总线与 CPU 连成一体。

3. I/O 接口电路

I/O 是 Input & Output 的英文缩写,其直译是输入/输出接口,就是单片机的对外输入/输出数据接口电路。“接口”是计算机常用的术语,也往往直译为“界面”。I/O 接口电路也是单片机中必须要有的电路,是单片机的 CPU 与外部电路或设备沟通时所必需的过渡电路,以实现外部设备与主机之间的连接和信息交换。另外,外部设备与 CPU 之间的逻辑电平、速度、时序、驱动能力等都有很大的差别,必须通过 I/O 接口电路解决它们之间的匹配问题。

这里要记住的是,计算机 CPU 只能处理二进制数,因而 CPU 通过 I/O 接口所能接受的外部输入信息必须是二进制数;CPU 向 I/O 接口输出到外部电路或设备的信息也只能是二进制数。当然,CPU 也是通过 DB 与 I/O 接口电路交换二进制数的,所以 I/O 接口也必须通过 DB、AB、CB 三总线与 CPU 连成一体。

4. 总线

总线是微型计算机各种电路器件或芯片间的通道,是用来相互传送数字信息的公共通道,它的英文词是 Bus,意思是总线在计算机中的作用就像是公共汽车,其上下的“乘客”则是各种电路器件间传送的信息。对于单片机而言,总线是单片机芯片中 CPU 与 ROM、RAM、I/O 接口等电路之间的内部连线,也称内部总线。

各个器件共同享用这些总线,所有器件的数据线全部接到公用的线上,即数据总线 (Data Bus, DB),当有两个器件同时送出数据时,需要通过控制线进行控制,使器件分时工作,任何时候只能有一个器件发送数据 (可以有多个器件同时接收),这些控制线被称为控制总线 (Control Bus, CB)。在单片机内部或者外部存储器及其他器件中有存储单元,这些存储单元要被分配地址才能访问,分配地址当然也是以电信号的形式给出的,这些传送地址电信号的线被称为地址总线 (Address Bus, AB)。

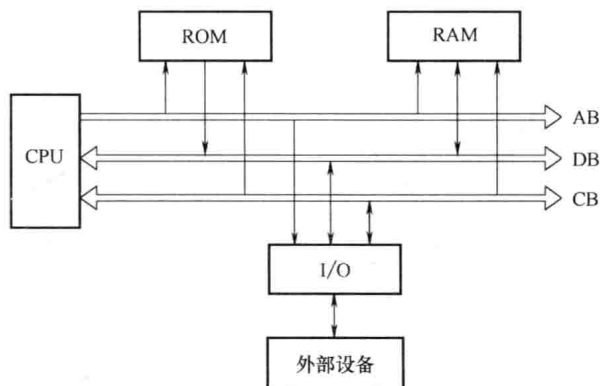


图 1-3 微型计算机组成示意图

1.2 单片机的发展

早期的单片机都是4位或8位的。其中最成功的是英特尔（Intel）公司的8031单片机，因为简单可靠且性能不错获得了很大的好评。此后在8031基础上发展出了MCS-51系列单片机。基于这一系列的单片机系统直到现在还在广泛使用。随着工业控制领域要求的提高，开始出现了16位单片机，但因为性价比不理想并未得到很广泛的应用。20世纪90年代后随着消费电子产品大发展，单片机技术得到了巨大提高。随着英特尔（Intel）公司i960系列，特别是后来的ARM系列的广泛应用，32位单片机迅速取代16位单片机的高端地位，并且进入主流市场。而传统的8位单片机的性能也得到了飞速提高，处理能力比20世纪80年代提高了数百倍。目前，高端的32位单片机主频已经超过300MHz，性能直追20世纪90年代中期的专用处理器，而普通的型号出厂价格跌落至1美元，最高端的型号也只有10美元。当代单片机系统已经不再只在裸机环境下开发和使用，大量专用的嵌入式操作系统被广泛应用在全系列的单片机上。作为掌上电脑和手机核心处理的高端单片机甚至可以直接使用专用的Windows和Linux操作系统。

1.2.1 单片机发展历史

自从1974年12月美国仙童（Fairchild）公司推出世界上第一台单片机F8以来，单片机以惊人的速度发展，从4位机、8位机发展到16位机、32位机，集成度越来越高，功能越来越强，应用范围越来越广。到目前为止，单片机的发展历史大约经过以下四个阶段：

第一阶段（1974~1976年）：单片机（4位）初级发展阶段。这种单片机的特点是价格便宜，控制功能强，片内含有多种I/O接口，如并行I/O接口、串行I/O接口、定时/计数器接口、中断功能接口等。根据不同用途，还配有许多专用接口，如打印机接口、键盘及显示器接口，可编程逻辑阵列（PLA）译码输出接口，有些甚至还包括A/D、D/A转换，声音合成等电路。丰富的I/O功能大大地增强了4位单片机的控制功能，从而使外部接口电路极为简单。这一时期生产的单片机的特点是制造工艺落后，集成度低。

第二阶段（1976~1978年）：低、中性能8位机阶段。典型产品是英特尔（Intel）公司制造的MCS-48系列单片机，片内集成了8位CPU、并行I/O接口、8位定时器/计数器、RAM和ROM等，以体积小、控制功能全，价格低，赢得了广泛的应用和好评，是单片机发展史上一个重要的阶段。但无串行口，中断系统比较简单，片内RAM和ROM容量较小且寻址范围不大于4KB。MCS-48系列单片机包括基本型8048、8748和8035；强化型8049、8749、8039和8050、8040；简化型8020、8021、8022；专用型8041、8741等。

第三阶段（1979~1982）：高性能8位单片机发展阶段。这一类单片机常有串行I/O接口，有多级中断处理，定时/计数器为16位，片内的RAM和ROM的容量相对增大，且寻址范围可达64KB，有的片内还带有A/D转换接口。在指令方面，普遍增设了乘、除和比较指令。代表性的产品有英特尔（Intel）公司的MCS-51系列、摩托罗拉（Motorola）公司的6801和齐格洛（Zilog）公司的Z8等。这类单片机性能价格比高，品种齐全，可以满足不同领域的需要，目前仍被广泛应用，是当今应用数量较多的单片机机种，其结构和性能还在不断地改进和发展。

第四阶段（1982年至今）：32位、16位单片机和高性能8位单片机阶段。16位单片机的典型产品是英特尔（Intel）公司的MCS-96系列单片机，主晶振为12MHz，片内RAM为232B，ROM为8KB，中断处理为8级，而且片内带有多通道10位A/D转换器和高速输入/输出（HSL/HSO）部件，其实时处理能力更强。近年来，32位单片机已进入实用阶段，32位单片机除了更

高的集成度外，其主晶振已达 20MHz，使 32 位单片机的数据处理速度比 16 位单片机增快许多，性能比 8 位、16 位单片机更加优越。这种单片机的特点是工艺先进，集成度高和内部功能强，运算速度快。

另外，单片机发展经历了 SCM、MCU、SOC 三大阶段。

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体系结构。“创新模式”获得成功，奠定了 SCM 与通用计算机完全不同的发展道路。在开创嵌入式系统独立发展道路上，英特尔（Intel）公司功不可没。

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。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、电子产品厂家。从这一角度来看，英特尔（Intel）逐渐淡出 MCU 的发展也有其客观原因。在发展 MCU 方面，最著名的厂家当数飞利浦（Philips）公司。飞利浦（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到了微控制器。因此当我们回顾嵌入式系统发展道路时，不要忘记英特尔（Intel）和飞利浦（Philips）的历史功绩。

SOC 即片上系统（System on Chip）阶段。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 化趋势。随着微电子技术、IC 设计、EDA 工具的发展，基于 SOC 的单片机应用系统设计会有较大的发展。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 单片机发展趋势

单片机最明显的优势就是可以嵌入到各种仪器、设备中，通常又称为嵌入式微控制器。单片机的技术进步反映在内部结构、功率消耗、外部电压以及制造工艺上。目前，用户对单片机的需要越来越多，要求也越来越高。总的说来，单片机的发展趋势将向大容量、高性能、外围电路内装化、高可靠性、多功能和低电压、低功耗等方面发展，下面分别就这几方面说明单片机的技术进步状况。

1. 内部结构的发展

单片机的集成度不断提高，有可能把众多的外围功能电路集成到片内。除了必须具备的 RAM、ROM、定时器/计数器、中断系统外，为适应检测、控制功能的要求，片内集成的部件还有 A/D 转换器、D/A 转换器、DMA 控制器、中断控制器、锁相环、频率合成器、字符发生器、声音发生器、阴极射线管（Cathode-Ray Tube, CRT）控制器、译码驱动器、串行通信接口、看门狗（Watchdog, WTD）电路、LCD 控制器等。有的单片机为了构成控制网络或形成局域网，内部含有局部网络控制模块（CAN）。例如，英飞凌（Infineon）公司的 C505C、C515C、C167CR、C167CS-32FM、81C90；摩托罗拉（Motorola）公司的 68HC08AZ 系列等。这类单片机容易构成网络。在控制系统较为复杂时，构成一个控制网络十分有用。

为降低单片机产品的成本，广泛采用掩膜、一次编程和多次编程单片机。过去成熟的单片机产品一般是掩膜型单片机，由于掩膜需要一定的生产周期，而一次编程型单片机价格不断下降，使得直接使用一次编程完成最终产品制造更为流行。近年来，一次编程型单片机需求大幅度上扬，为适应这种需求许多单片机都采用了在片编程技术。未编程的一次编程芯片先焊在印制板上，然后再对其进行编程，解决了批量写一次编程芯片时容易出现的芯片与写入器接触不好的问题。编程线与 I/O 线共用，不增加单片机的额外引脚。而多次编程向一次编程提出了挑战，一些

单片机厂商采用 Flash 存储器作为程序存储器（如 ATMEL 公司的单片机），可多次编程。

为了能在变频控制中方便使用单片机，形成最具经济效益的嵌入式控制系统。有的单片机内部设置了专门用于变频控制的脉宽调制控制电路，这些单片机有富士通（Fujitsu）公司的 MB89850 系列和 MB89860 系列；摩托罗拉（Motorola）公司的 MC68HC08MR16、MR24 等。在这些单片机中，脉宽调制电路有 6 个通道输出，可产生三相脉宽调制交流电压，内部含死区控制等功能。

现在有的单片机采用三核结构，这是一种建立在系统级芯片概念上的结构，由三个核组成：一个是微控制器和数字信号处理器（DSP），一个是数据和程序存储器，一个是外围专用集成电路（ASIC）。这种单片机的最大特点是把 DSP 和微控制器同时做在一个芯片上。虽然从结构定义上讲，DSP 是单片机的一种类型，但其作用主要反映在高速计算和特殊处理（如快速傅立叶变换等）上面。把它和传统单片机结合集成大幅提高了单片机的功能。这是目前单片机最大的进步之一。这种单片机最典型的有英飞凌（Infineon）公司的 TC10GP；日立（Hitachi）公司的 SH7410、SH7612 等。这些都是高档单片机，MCU 都是 32 位的，DSP 采用 16 或 32 位结构，工作频率一般在 60MHz 以上。

2. 在功耗、封装及电源电压方面的发展

低电压与低功耗是单片机技术发展的另一个特点。现在新的单片机的功耗越来越小，采用最新的集成电路制造技术，全静态设计使功耗不断下降。PIC 单片机、摩托罗拉（Motorola）的某些单片机在这方面具有很强的优势。

很多单片机都设置了多种工作方式，如等待、暂停、睡眠、空闲、节电等。飞利浦（Philips）公司的单片机 P87LPC762 是一个很典型的例子，在空闲时，其功耗为 1.5mA，而在节电方式中，其功耗只有 0.5mA。在功耗上，令人惊叹的是 TI 公司的单片机 MSP430 系列，它是一个 16 位的系列，超低功耗工作方式有 LPM1、LPM3、LPM4 三种。当电源为 3V 时，如果工作于 LMP1 方式，即使外围电路处于活动，由于 CPU 不活动，振荡器处于 1~4MHz，这时功耗只有 50 μ A；工作在 LPM3 方式时，振荡器处于 32kHz，这时功耗只有 1.3 μ A；工作在 LPM4 方式时，CPU、外围电路及振荡器都不活动，功耗只有 0.1 μ A。

现在单片机的封装水平已大大提高，随着贴片工艺的出现，单片机也大量采用了各种符合贴片工艺的封装方式，以减小体积。摩托罗拉（Microchip）公司推出的 8 个引脚的单片机特别引人注目，它含有 0.5~2KB 程序存储器，25~128B 数据存储器，6 个 I/O 接口以及一个定时器，有的还含 4 通道 A/D，完全可以满足一些低端系统的应用。

扩大电源电压范围以及在较低电压下仍然能工作是当前单片机发展的目标之一。目前，一般单片机都可以在 3.3~5.5V 的条件下工作。一些厂家，生产出可以在 2.2~6V 的条件下工作的单片机。这些单片机有富士通（Fujitsu）公司的 MB89191-89195、MB89121-125A、MB89130 系列等，该公司的 F2MC-8L 系列单片机绝大多数都满足 2.2~6V 的工作电压条件，TI 公司的 MSP430X11X 系列单片机的工作电压也是 2.2V 的。

3. 在工艺方面的发展

现在的单片机基本上采用 CMOS 技术，大多数单片机采用了 0.6 μ m 以上的光刻工艺，如摩托罗拉（Motorola）公司则已采用 0.35 μ m 甚至是 0.25 μ m 技术。这些技术的进步大幅度提高了单片机的内部密度和可靠性。

4. 可靠性方面的发展

为提高单片机系统的抗电磁干扰能力，使产品能适应恶劣的工作环境，满足电磁兼容性方面更高标准的要求，各单片机商家尽量采用低噪声与高可靠性技术，在单片机内部电路中采取了一

些新的技术措施,如增加了抗 EMI 电路、增强了 WDT 的性能等。

1.2.3 以单片机为核心的嵌入式系统的发展趋势

单片机的另外一个名称就是嵌入式微控制器,原因在于它可以嵌入到任何微型、小型仪器或设备中。目前,把单片机嵌入式系统和互联网连接已是一种趋势。这种技术适合于在互联网上存储及访问大量数据。为了使复杂的或简单的嵌入式设备,例如单片机控制的机床、单片机控制的门锁等,能切实可行地和互联网连接,就要求专门为嵌入式微控制器设备设计网络服务器,使嵌入式设备可以和互联网相连,并通过标准网络浏览器进行过程控制。

为了把以单片机为核心的嵌入式系统和互联网相连,已有多家公司在这方面进行了较多研究。较为典型的有 EmWare 公司和 TASKING 公司。EmWare 公司提出嵌入式系统入网的方案——EMIT (Embedded Micro Internetworking Technology) 技术。这个技术包括三个主要部分:即微型 Web 服务器 (em-Micro),微控制器网关 (emGateway) 和网络浏览器。其中,emMicro 是嵌入设备中的一个只占内存容量 1KB 的极小的网络服务器;emGateway 作为一个功能较强的用户或服务器,用于实现对多个嵌入式设备的管理,还有标准的互联网通信接入以及网络浏览器的支持;网络浏览器使用 emObjects 进行显示和嵌入式设备之间的数据传输。如果嵌入式设备的资源足够,则 emMicro 和 emGateway 可以同时装入嵌入式设备中,实现互联网的直接接入。否则,将要求 emGateway 和网络浏览器相互配合。EmWare 公司的 EMIT 软件技术使用标准的互联网协议对 8 位和 16 位嵌入式设备进行管理。

目前,单片机应用中提出了一个新的问题:如何使 8 位、16 位单片机控制的产品,即嵌入式产品或设备也能实现和互联网互联?

TASKING 公司正在为解决这个问题提供途径。该公司已把 emWare 的 EMIT 软件包和有关的软件配套集成,形成一个集成开发环境,向用户提供方便。嵌入互联网联盟 (ETI) 正在紧密合作,共同开发嵌入式互联网的解决方案。

1.2.4 单片机应用的可靠性技术发展趋势

在单片机系统应用中,可靠性是首先要考虑的因素。近年来,为了适应不断扩大的单片机应用范围和领域,单片机的生产厂家在设计上采用了各种提高可靠性的新技术,以提高单片机自身的可靠性。

1. EFT 技术

EFT (Electrical Fast Transient) 技术是一种抗干扰技术,它是指当振荡电路的正弦信号受到外界干扰时,其波形上会叠加各种毛刺信号,如果使用施密特电路对其整形,则毛刺会成为触发信号干扰正常的时钟,当交替使用施密特电路和 RC 滤波电路时,就可以消除这些毛刺,从而保证系统的时钟信号正常工作。这样,就提高了单片机工作的可靠性。摩托罗拉 (Motorola) 公司的 MC68HC08 系列单片机采用了这种技术。

2. 低噪声布线技术及驱动技术

在传统的单片机中,电源和接地在集成电路外壳的对称引脚上,一般是在左上、右下或右上、左下的两对称点上。这样,就使电源噪声穿过整块芯片,对单片机的内部电路造成干扰。现在,很多单片机都把接地和电源安排在两条相邻的引脚上。不仅降低了穿过整个芯片的电流,在印制电路板上还容易布置去耦电容,从而降低系统的噪声。

为了适应各种应用的需要,很多新的单片机的输出能力都有了很大提高,摩托罗拉 (Motorola) 公司的单片机 I/O 接口的灌拉电流可达 8mA 以上,而 Microchip 公司的单片机可达 25mA。其他公司的产品基本上可达 8~20mA 的水平。这些电流较大的驱动电路集成到芯片内部在工作

时带来了各种噪声,为了减小这种影响,现在单片机采用多个小功率管并联等效一个大功率管的方法,并在每个小功率管的输出端串接不同等效阻值的电阻,以降低电流变化率(di/dt),这就是“跳变沿软化技术”,从而消除大电流瞬变时产生的噪声。

3. 采用低频外时钟

高频外时钟是噪声源之一,不仅能对单片机应用系统产生干扰,还会对外界电路产生干扰,令电磁兼容性不能满足要求。对于要求可靠性较高的系统,低频外时钟有利于降低系统的噪声。在一些单片机中采用内部锁相环技术,在外部时钟频率较低时,也能产生较高的内部总线速度,从而既保证了速度又降低了噪声。摩托罗拉(Motorola)公司的MC68HC08系列及其16/32位单片机采用了这种技术以提高可靠性。

随着半导体工艺技术的发展及系统设计水平的提高,单片机还会不断产生新的变化和进步。

1.3 单片机系统的应用

单片机以其卓越的性能、很高的性能价格比,使其在许多领域都得到了广泛应用,几乎很难找到哪个领域没有单片机的踪迹。导弹的导航装置,飞机上各种仪表的控制,计算机的网络通信与数据传输,工业自动化过程的实时控制和数据处理,广泛使用的各种智能IC卡,民用豪华轿车的安全保障系统,录像机、摄像机、全自动洗衣机的控制,以及程控玩具、电子宠物等,这些都离不开单片机。利用它可开发便携式智能检测控制仪器,还可以把它应用于产品的内部,取代部分老式机械、电子零件或元器件,可使产品缩小体积、增强功能,实现不同程度的智能化。单片机的应用从根本上改变着传统的控制系统设计思想和设计方法。单片机的应用领域有以下几个方面。

1. 工业控制方面

由于单片机的I/O接口引脚多,位操作指令丰富,逻辑操作功能强,因此特别适用于工业控制。如各种测控系统、数据采集系统、工业机器人控制、机电一体化产品等。特别是用单片机构成分布式测控系统,它使单片机的应用进入了一个新水平。

2. 智能仪器仪表方面

单片机广泛地应用于各种仪器仪表中,使仪器仪表智能化程度提高,硬件结构简化,精度和准确度提高,体积减小,性能价格比提高。单片机在该领域的应用,不仅使传统的仪器仪表发生根本的变革,也给传统的仪器仪表行业的改造带来了曙光。

3. 计算机网络及通信技术方面

单片机中集成了通信接口,因而使其在计算机网络及通信设备中得以广泛应用,如英特尔(Intel)公司的8044,它由8051单片机及同步数据链路控制(SDLC)通信接口组合而成,用高性能的串行接口单元(SIU)代替传统的通用异步收发传输器(UART),其传送距离可达1200m,传送速率为2.4Mbit/s。

此外,单片机在小型背负式通信机、自动拨号无线电话网、串行自动呼叫应答设备、程控电话和无线电遥控等方面都有广泛的应用。

4. 民用方面

由于单片机价格低廉、体积小、逻辑判断及控制功能强,因此广泛地应用于生活的各个方面,如:洗衣机、电冰箱、电子玩具、立体声音响、家用防盗系统、录像机、VCD机等。

5. 军事领域

单片机广泛应用于导弹控制、鱼雷制导控制、智能武器装备、航天飞机导航系统等。

6. 计算机外部设备方面

打印机、键盘、磁盘驱动器、复印机等。

单片机系统以单片机为核心部件，可分为单机应用和多机应用。单机应用是指一个应用系统中只使用一个单片机，这是目前应用最多的方式；多机应用是单片机在高科技领域应用的主要模式。单片机的高可靠性、高控制功能及高运行速度的“三高”特点必然使得未来的高科技工程系统将采用单片机多机系统作为主要的发展方向。

1.4 典型单片机介绍（阅读资料）

单片机在近 40 年发展中已有 70 多个系列的近 500 多个机种相继诞生，下面对国际上比较有名、影响较大的公司的单片机产品进行介绍。

1. 摩托罗拉单片机

摩托罗拉是世界上最大的单片机生产厂商，品种全、选择余地大、新产品多。在 8 位机方面有 68HC05 和升级产品 68HC08，68HC05 有三十多个系列，二百多个品种，产量已超过 20 亿片。8 位增强型单片机 68HC11 也有三十多个品种，年产量在 1 亿片以上，升级产品有 68HC12。16 位机 68HC16 也有十多个品种。32 位单片机的 683 × × 系列也有几十个品种。近年来，以 PowerPC、Cold-fire、M. CORE 等为 CPU，将数字信号处理器（DSP）作为辅助模块集成的单片机也纷纷推出。

摩托罗拉单片机的特点之一是在同样速度下所用的时钟频率较英特尔类单片机低很多，因而使得高频噪声低，抗干扰能力强，更适合用于工业控制领域及恶劣的环境。

2. MCS-51 系列单片机

MCS-51 系列单片机最早是由英特尔（Intel）公司推出的，也是世界上用量最大的几种单片机之一。由于英特尔（Intel）公司在嵌入式应用方面将重点放在 286、386、奔腾等与 PC 类兼容的高档芯片的开发上，8051 类单片机主要由 Philips、SIMENS、AMD、FUJITSU、ATEML 等公司生产。这些公司都在保持与 8051 单片机兼容的基础上改善了 8051 许多特性，如时序特性、输入/输出（I/O）模-数变换器（ADC）、脉冲宽度调制（PWM）、“看门狗”（Watchdog）、内部集成电路总线（I²C Bus）和控制器局域网总线（CAN）等。提高了速度、降低了时钟频率，放宽了电源电压的动态范围，降低了产品价格。

MCS-51 系列单片机具体性能见表 1-1。其子系列包括如下型号。

51 子系列：8031、8051、8751 等。

52 子系列：8032、8052、8752 等。

C51 子系列：80C31、80C51、87C51 等。

C52 子系列：80C32、80C52、87C52 等。

MCS-96 系列单片机（16 位）：8096、8098、8798、80196 等。

其他厂家的单片机（与 MCS-51 基本兼容）：

Atmel 公司的 AT89 系列单片机 AT89C51/52、AT89C1051/2051、AT89S8252 等。

Philips 公司的 80C51 系列单片机。

表 1-1 MCS-51 系列单片机性能表

ROM 型	无 ROM 型	EPROM 型	片内 ROM	片内 RAM	16 位定时器	制造工艺
8051	8031	8751	4KB	128B	2	HMOS
8051AH	8031AH	8751H	4KB	128B	2	HMOS
8052AH	8032AH	8752BH	8KB	256B	3	HMOS
80C51BH	80C31BH	87C51	4KB	128B	2	CHMOS