



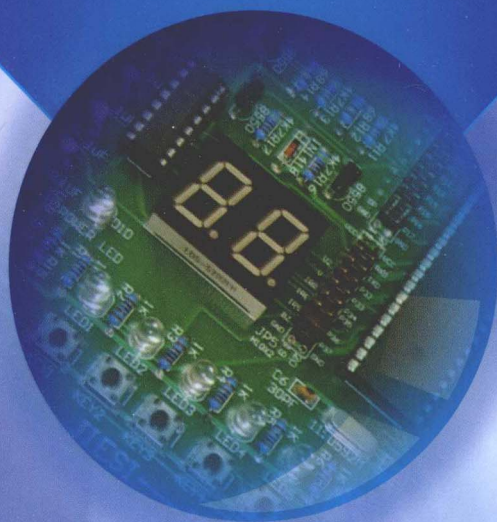
高职高专“十一五”规划教材

DANPIANJI JISHU YU YINGYONG

单片机 技术与应用



张文灼 主编
陶砂 秦蓉 主审



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

单片机技术与应用

张文灼 主 编

刁金霞 胡 丹 姜 颖

李海涛 刘秋成 刘 杰

副主编

陶 砂 秦 蓉 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

全书共分 10 章, 以 MCS—51 系列单片机的 AT89C51 为例, 通俗易懂地介绍了单片机入门基础、MCS—51 的硬件结构、MCS—51 单片机指令系统、MCS—51 单片机汇编程序设计、定时/计时器与中断系统、单片机串行通信技术、单片机系统扩展、接口应用技术、C51 语言程序设计入门以及单片机应用系统设计的开发等内容。

本书是作者长期从事单片机教学的结晶, 内容精炼, 深入浅出, 条理清楚, 图文并茂, 在正文关键处特别设置了“便签式”的说明或小提示, 融抽象理论于大量的典型实例中, 简单易懂, 易教易学; 全书以 16 个浅显易懂的“任务”为主线贯穿全书, 任务实施步骤完整详细, 易于操作, 任何学校甚至自学读者都有条件完成, 编排上体现了“教、学、做”一体化; 书末附有习题答案, 便于学生自测与课程考核。

本书适合高职高专机电、数控、模具、汽车、自动化类、计算机类及其他相关专业的学生使用, 也可作为应用型本科、中职、自学考试、成人教育教材和相关专业上岗人员的技术培训教材, 还可作为电子爱好者初学单片机的入门参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机技术与应用 / 张文灼主编. —北京: 化学工业出版社, 2010.6

高职高专“十一五”规划教材

ISBN 978-7-122-08296-1

I. 单… II. 张… III. 单片微型计算机-高等学校: 技术学校-教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 071338 号

责任编辑: 王听讲

装帧设计: 韩 飞

责任校对: 吴 静

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延凤印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 16 字数 416 千字 2010 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 30.00 元

版权所有 违者必究

前 言

近年来,单片机在机电一体化、工业控制、数据采集、智能仪表、家电等领域得到了广泛的应用,极大地提高了这些领域的技术水平和自动化程度。单片机的开发应用已成为高科技和工程领域相关专业技术人员必须掌握的技术,各高等院校相关专业也都将单片机课程列为教学的重要部分。

近年来教育部启动的国家示范性高职院校建设正在进行,改革力度之大是前所未有的,所以单片机教材急需有一个好的思路来编写。本书是作者长期从事单片机教学的结晶,是作者结合国家当前的高职高专教育教学改革、示范院校建设理念组织编写的。

本书的主要特色体现在以下几个方面:

(1)专门针对高等职业教育特点编排——内容精炼,深入浅出,知识条目化、浅显化,图文并茂,在正文关键处特别设置了“便签式”的说明或小提示,融抽象理论于大量的典型但又简单易懂的实例中;

(2)采用“项目引领,任务驱动”方式编写——以16个浅显易懂的“任务”为主线贯穿全书,任务实施步骤完整详细,易于操作,任何学校甚至自学的读者都有条件完成,编排上体现了“教、学、做”一体化;

(3)便于学习和备课、授课——备有PPT教学课件、Word教案、习题答案,也便于学生自测与课程考核。

全书共分10章,以MCS—51系列单片机的AT89C51为例,通俗易懂地介绍了单片机入门基础、MCS—51的硬件结构、MCS—51单片机指令系统、MCS—51单片机汇编程序设计、定时/计时器与中断系统、单片机串行通信技术、单片机系统扩展、接口应用技术、C51语言程序设计入门以及单片机应用系统设计开发等内容。

本书由河北工业职业技术学院张文灼任主编;廊坊职业技术学院刁金霞,中国工程物理研究院工学院胡丹,天津机电职业技术学院姜颖,潍坊职业学院李海涛,河北工业职业技术学院刘秋成、刘杰任副主编。参加编写的还有:中国工程物理研究院工学院冯黎,廊坊职业技术学院邹志慧、杨兵,沈阳职业技术学院汽车分院朱军,山西工程职业技术学院弓宇,北京电子科技职业学院李勇,河北交通职业技术学院周芸,石家庄信息工程职业学院樊志强、杨梅,石家庄科技信息职业学院梁月肖;张文灼负责全书的编写大纲的总体策划,并对全书统一修改、定稿。

北京电子科技职业学院陶砂与河北交通职业技术学院秦蓉任主审,他们对全书进行了认真细致的审阅,提出了许多宝贵意见和建议,四川电力职业技术学院谢沁岑也对本书提出了不少建议,在此谨表谢意。

我们将为使用本书的教师免费提供电子教案,需要者可以到化学工业出版社教学资源网站<http://www.cipedu.com.cn>免费下载使用。

单片机技术日新月异,教学改革不断深化,加之编者视野范围与专业水平有限,书中难免出现疏漏和不妥之处,敬请广大同行和读者批评指正,不胜感激,如有意见与建议请发至zhuowenzhang@126.com。

编 者
2010年4月

目 录

第 1 章 单片机的入门基础	1
1.1 单片机的基本概念	1
1.1.1 何为单片机	1
1.1.2 单片机的特点	2
1.1.3 单片机与个人计算机 CPU 的区别	2
1.2 单片机的应用与发展	2
1.2.1 单片机的主要应用领域	2
1.2.2 单片机的发展概况	3
1.2.3 单片机的发展趋势	4
1.3 任务 1 观察单片机的外观	5
1.4 单片机的组成与工作过程	5
1.4.1 CPU	6
1.4.2 系统总线	6
1.4.3 存储器	7
1.4.4 I/O 接口	9
1.4.5 定时/计数器	9
1.4.6 单片机的工作过程	9
1.5 单片机的分类	10
1.6 MCS—51 系列单片机	10
1.6.1 51 子系列和 52 子系列	10
1.6.2 MCS—51 系列单片机的派生产品	11
1.6.3 89 系列单片机	11
1.7 单片机应用系统的开发方法	13
1.7.1 单片机的开发装置(仿真机)	13
1.7.2 如何对单片机进行开发	13
1.7.3 单片机编程软件简介	15
1.8 任务 2 认识单片机编程软件	15
1.9 任务 3 简单闪烁灯控制——单片机开发流程练习	19
1.10 单片机中数的表示与编码	22
1.10.1 常用数制	22
1.10.2 数制互转	23
1.10.3 单片机内部数据的表示	25
本章小结	28
思考与练习	28
第 2 章 MCS—51 单片机的硬件结构	30
2.1 MCS—51 单片机的内部组成及外部引脚	30
2.1.1 89C51 单片机的内部组成	30
2.1.2 89C51 单片机的外部引脚	31
2.2 单片机的时钟和复位电路	33
2.2.1 时钟电路及连接	33
2.2.2 复位电路及连接	34
2.3 任务 4 构建单片机最小应用系统	35
2.4 89C51 单片机的并行 I/O 接口	36
2.4.1 并行 I/O 接口的结构	36
2.4.2 并行 I/O 接口的功能	37
2.4.3 I/O 接口的操作	38
2.4.4 接口的负载能力	39
2.5 任务 5 模拟开关灯——接口的 I/O 应用	39
2.6 89C51 单片机的存储器结构	41
2.6.1 程序存储器 ROM	41
2.6.2 数据存储器 RAM	42
2.7 89C51 单片机的工作方式	46
本章小结	47
思考与练习	47
第 3 章 MCS—51 单片机指令系统	49
3.1 单片机的编程语言及寻址方式	49
3.1.1 单片机的程序设计语言	49
3.1.2 汇编语言的指令格式	50
3.1.3 MCS—51 单片机的指令系统	51
3.1.4 指令讲解中的约定说明符	51
3.1.5 单片机指令的寻址方式	52
3.2 数据传送与交换类指令	54
3.2.1 内部 RAM 间的数据传送指令	54
3.2.2 堆栈操作指令	56
3.2.3 累加器 A 与外部 RAM 间的传送指令	57
3.2.4 读 ROM 数据的指令(查表指令)	58
3.2.5 数据交换指令	59

3.3	算术运算类指令	60	5.2.2	定时/计数器的应用	100
3.4	逻辑运算类指令	63	5.3	中断系统	101
3.5	控制转移类指令	65	5.3.1	中断及中断处理过程	101
3.5.1	无条件转移指令	65	5.3.2	89C51 单片机的中断系统	102
3.5.2	条件转移指令	66	5.3.3	89C51 单片机的中断控制	104
3.6	子程序的调用和返回指令	67	5.3.4	中断的响应与处理	107
3.7	位操作指令	69	5.4	中断技术的简单应用	108
3.8	伪指令及使用	71	5.4.1	主程序的编写方法	108
3.9	任务 6 “流水”广告彩灯的控制	73	5.4.2	中断服务程序实例	108
3.10	任务 7 模拟简单的盗贼报警系统	76	5.5	任务 9 制作音乐演奏器——定时/计数器与中断的综合应用	111
	本章小结	77		本章小结	113
	思考与练习	77		思考与练习	114
第 4 章	MCS—51 单片机汇编程序设计	81	第 6 章	单片机的串行通信技术	116
4.1	汇编程序的结构及设计流程	81	6.1	串行通信的基础概念	116
4.1.1	汇编程序的程序结构	81	6.1.1	串、并行通信及比较	116
4.1.2	汇编程序的设计流程	82	6.1.2	异步串行通信	116
4.2	简单顺序结构程序设计	82	6.1.3	同步串行通信	117
4.3	循环程序设计	83	6.1.4	波特率	118
4.3.1	循环结构的组成	83	6.1.5	串行通信数据的校验	118
4.3.2	循环程序设计	84	6.2	串行通信的传输及接口标准	119
4.4	子程序设计	86	6.2.1	串行通信的数据传输方式	119
4.5	分支程序	88	6.2.2	异步通信的电路接口	119
4.5.1	分支程序的转移条件	88	6.3	89C51 单片机串行接口的结构及设置	123
4.5.2	单分支结构	88	6.4	89C51 单片机串行接口的工作方式及应用	125
4.5.3	多分支结构(散转程序)	89	6.4.1	方式 0	125
4.6	任务 8 多状态闪烁灯控制——多分支程序应用	90	6.4.2	方式 1	127
4.7	编程技巧简述	92	6.4.3	方式 2	128
	本章小结	93	6.4.4	方式 3	128
	思考与练习	93	6.4.5	89C51 单片机串行接口的波特率设定	128
第 5 章	单片机的定时/计数器与中断系统	94	6.5	任务 10 89C51 单片机双机通信	130
5.1	89C51 单片机的定时/计数器	94		本章小结	131
5.1.1	单片机控制中的定时方法	94		思考与练习	132
5.1.2	89C51 单片机的定时/计数器基本结构	94	第 7 章	单片机的系统扩展技术	133
5.1.3	定时/计数器的工作机制	95	7.1	89C51 单片机的片外总线结构	133
5.1.4	定时/计数器的控制	96	7.1.1	89C51 单片机的片外总线结构	133
5.1.5	定时/计数器的工作方式	97	7.1.2	片外扩展设备的访问	134
5.2	定时/计数器的程序设计	99	7.2	系统扩展中的地址锁存与译码技术	134
5.2.1	定时/计数器的初始化编程	99	7.2.1	地址的锁存	134
			7.2.2	外扩芯片方法及其地址	

范围的确定	135	8.7.3 串行 A/D 转换器 MAX187	185
7.3 外部扩展程序存储器	137	8.8 任务 15 制作半自动简易电压表—— ADC0809 的 A/D 转换应用	187
7.3.1 程序存储器常用芯片	137	8.9 高压、大电流设备的单片机控制	188
7.3.2 线选法扩展 EPROM 典型电路	138	8.9.1 光电隔离及光耦合器接口	188
7.3.3 译码法扩展 EPROM 典型电路	139	8.9.2 继电器接口	189
7.4 外部扩展数据存储器	140	本章小结	190
7.4.1 数据存储器扩展的典型芯片	140	思考与练习	191
7.4.2 线选法扩展 1 片 6116	140	第 9 章 单片机 C51 程序设计基础	192
7.4.3 多片数据存储器的扩展	141	9.1 C51 语言及其基本构成	192
7.5 通过并行接口扩展 I/O 接口	142	9.1.1 C51 语言	192
7.5.1 外扩并行 I/O 接口的编址及访问	142	9.1.2 C51 程序的基本构成	192
7.5.2 扩展简单的并行 I/O 接口	142	9.2 C51 的数据结构	193
7.5.3 用 8255A 扩展并行 I/O 接口	143	9.2.1 C51 的数据类型	193
7.5.4 用 8155/8156 扩展并行 I/O 接口	147	9.2.2 C51 的常量与变量	194
7.6 通过串行接口扩展 I/O 接口	153	9.2.3 宏定义	195
7.7 任务 11 8 键控制 8 灯亮灭—— 8255A 并行 I/O 接口的应用	153	9.2.4 C51 数据的存储类型与 MCS—51 单片机的存储器结构	196
本章小结	154	9.2.5 C51 定义 sfr 字节和位单元	197
思考与练习	155	9.2.6 C51 定义并行接口	197
第 8 章 单片机的接口应用技术	156	9.3 C51 运算符、表达式及其规则	198
8.1 按键及其接口电路	156	9.3.1 算术运算符及其表达式	198
8.1.1 按键及按键去抖动	156	9.3.2 关系运算符、表达式	198
8.1.2 独立式按键	157	9.3.3 逻辑运算符	198
8.1.3 矩阵键盘	158	9.3.4 C51 位操作符及其表达式	198
8.1.4 拨盘开关及其接口	162	9.3.5 自增减及复合运算符	198
8.2 显示接口技术	163	9.4 C51 函数的分类、定义及调用	199
8.2.1 LED 数码管显示器	163	9.4.1 函数的分类	199
8.2.2 LED 点阵大屏幕显示器	165	9.4.2 函数的定义	199
8.2.3 LCD 液晶显示接口基础	169	9.4.3 函数的参数值和函数值	199
8.3 任务 12 动态显示 6 位 LED 字符	172	9.4.4 函数的调用	201
8.4 任务 13 设计 8×8 点阵“心形” 图形显示屏	174	9.5 C51 中特殊函数的使用	202
8.5 D/A 转换接口	176	9.5.1 中断服务函数的定义	202
8.5.1 D/A 转换的基本知识	176	9.5.2 嵌套调用	202
8.5.2 8 位 D/A 转换器 DAC0832	177	9.5.3 递归调用	202
8.5.3 串行 D/A 转换器 MAX538	179	9.6 C51 与汇编语言的混合编程	203
8.6 任务 14 灯循环渐变控制—— DAC0832 的 D/A 转换应用	181	9.6.1 在 C51 中内嵌汇编语句	203
8.7 A/D 转换接口	182	9.6.2 在 C51 中调用独立的汇编程序	204
8.7.1 8 位 A/D 转换器芯片 ADC0809	182	9.6.3 SRC 控制	207
8.7.2 ADC0809 与 89C51 单片机的 连接应用	184	9.7 C51 编程实例	208
		9.8 任务 16 一键多功能的按键识别 技术——C51 的应用	211

本章小结	214	10.4.4 软件编程设计	227
思考与练习	214	10.4.5 设计小结	231
第 10 章 单片机应用系统的设计与开发	215	10.5 水塔水位的单片机自动控制	232
10.1 单片机应用系统的基本要求	215	10.5.1 系统设计要求	232
10.2 单片机应用系统的设计流程简述	216	10.5.2 系统硬件设计	232
10.2.1 总体设计	216	10.5.3 系统软件设计	233
10.2.2 系统硬件设计	216	10.5.4 系统设计小结	234
10.2.3 可靠性设计	217	10.6 单片机在数控设备改造中的应用 (选学)	235
10.2.4 资源分配	218	本章小结	237
10.2.5 软件设计	219	思考与练习	237
10.2.6 软件仿真	220	附录	238
10.3 水温控制器的设计	220	附录 1 部分参考答案	238
10.3.1 系统设计要求	220	附录 2 ASCII 表(美国标准信息交换码)	238
10.3.2 系统方案设计	221	附录 3 MCS—51 系列单片机按字母顺序 指令表	239
10.3.3 硬件电路设计	221	附录 4 MCS—51 系列单片机分类指令 速查表	242
10.3.4 软件编程设计	222	附录 5 MCS—51 系列单片机指令快速 记忆法	245
10.3.5 设计小结	226	附录 6 对学习单片机技术的几点建议	247
10.4 基于 89C51 单片机的 IC 卡 读写器设计	226	参考文献	248
10.4.1 IC 卡概述	226		
10.4.2 硬件的选择与特性	227		
10.4.3 硬件电路设计	227		

第 1 章 单片机的入门基础



本章导语

单片机属于微型计算机的一个独特分支,但又不同于微型计算机及其 CPU。目前世界年产各类单片机超过 100 亿片,我国年需求量高达十几亿片。在当今的工作和生活中,有越来越多的单片机在为我们服务,而我们却意识不到它的存在。如当遥控操纵电视或 DVD 机享受其多彩的画面时,是单片机在接受我们的遥控指令;当我们在享受全自动洗衣机的先进功能时,是单片机在替我们控制洗衣机的运作;单片机在手机等现代通信设备、工业生产中亦发挥着重要的作用,总之,处处都有单片机的身影。因为单片机体积微小,只是一小块集成电路,被嵌入到了各产品之中,所以我们没有意识到单片机的存在,但单片机却是现代电子系统中最重要的智能化计算机。



能力目标

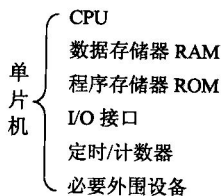
- 理解单片机的组成、特点、发展及应用;
- 能够辨认 MCS—51 系列单片机的常用产品;
- 理解单片机系统的开发过程;
- 掌握不同数制之间的转换和有符号数的表示。

1.1 单片机的基本概念

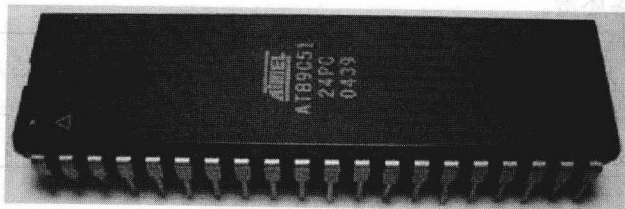
1.1.1 何为单片机

单片机是微型计算机的一个重要分支,是将计算机的中央处理器(CPU)、数据存储器(RAM)、程序存储器(ROM)、定时器/计数器和多种输入/输出(I/O)接口等部件靠总线(Bus)连接在一起,集成在一块芯片上,形成的芯片级计算机。因此早期称其为单片微型计算机 SCM (Single Chip Microcomputer),简称单片机。

单片机体积非常小巧,其构成情况及典型外形如图 1-1 所示。



(a) 单片机的构成



(b) AT89C51 单片机实物

图 1-1 单片机的构成及实物

随着技术与应用的发展,现今的单片机集成了许多面向测控对象的接口电路,芯片着力扩展了各种控制功能,已经突破了微型计算机的传统内容,SCM 已不能准确表达其内涵,如

今国际上大都采用微控制器 MCU (Micro Controller Unit) 来代替, 但在国内, “单片机”一词已约定俗成, 也可继续沿用。

1.1.2 单片机的特点

1. 体积小巧

单片机采用了集成度很高, 体积非常小巧, 可非常方便地嵌入到各种应用场合。如 PIC12C508 型单片机只有一粒纽扣大小, 仅有 8 根引脚。

2. 可靠性高、控制功能强、易于扩展

单片机的芯片本身是按工业测控环境要求设计的, 内部布线很短, 抗工业干扰能力明显优于通用 CPU, 程序指令、常数及表格数据等固化在 ROM 中不易破坏。单片机的指令系统非常适用于专门的控制功能。单片机片内具有计算机正常运行所必需的部件, 芯片外部有许多供扩展用的三总线及并行、串行 I/O 引脚, 很容易构成各种规模的计算机应用系统。

3. 低电压、低功耗

单片机广泛应用于便携式产品和家电消费类产品, 对于此类产品低电压、低功耗尤为重要。许多单片机可在 2.2V 电压以下工作, 目前 0.8V 供电的已问世, 工作电流为 μA 级, 一粒纽扣电池就可使单片机长期运行。

4. 价格极其低廉

单片机广泛使用, 销量极大, 各大公司商业竞争激烈, 价格从几元、几十到几百元人民币不等。

1.1.3 单片机与个人计算机 CPU 的区别

二者结构基本相同, 单片机能实现的控制个人计算机 (PC) 的 CPU 也能实现, 但二者从性能到应用上都有巨大的差别。

1. 计算机的 CPU

计算机的 CPU 以发展超强运算速度与强大数据处理能力为己任, 如 Intel 公司的“酷睿 2”微处理器, 早已能将 4 片高达 3.2GHz 时钟频率的可协同并行运行的 CPU 核心模块集成在一片芯片内; 计算机的 CPU 价格高, 体积较大, 功耗也很高。

2. 单片机

单片机的硬件配置和运算速度远比不上计算机的 CPU, 如 89C51 单片机常用的晶振频率有 6MHz、12MHz 和 24MHz 等。单片机内部程序空间也较小, 一般在几 KB 到几十 KB。但单片机具有高可靠性、抗干扰、低功耗、低电压、低噪声, 而且价格极为低廉, 一片 AT89C51 单片机才几元钱, 而计算机的主流 CPU 要几百、上千甚至几千元, 很多时候比单片机控制的整个设备还贵。

提示

单片机在没有被使用者开发前, 只是一片集成电路芯片, 只要写入不同的程序, 同一片单片机便能够完成不同的工作, 而且价格还非常便宜。正是因为单片机的这些特点, 使单片机成为开发嵌入式应用系统和小型智能化产品的首选。

1.2 单片机的应用与发展

1.2.1 单片机的主要应用领域

单片机系统能够取代以前利用复杂的数字组合及模拟电路构成的控制系统, 并实现智能

化,有人形容:“凡是能想到的地方,单片机都可用得上,有电器的地方就有单片机。”

1. 办公自动化领域

现代办公室中所使用的大量通信、信息产品多数都采用了单片机,如通用计算机系统键盘译码、磁盘驱动、打印机、绘图仪、复印机、电话、传真机及考勤机等。

2. 日常生活及家电领域

目前各种家电已普遍采用单片机控制,如洗衣机、电冰箱、空调、微波炉、电饭煲及其他视频音像设备的控制器。各类信号指示、各类充电设备、手机通信、电子玩具等也采用单片机控制。

3. 商业营销领域

广泛使用的电子秤(图1-2)、收款机、条码阅读器、仓储安全监测系统、商场保安系统、空气调节系统、冷冻保鲜系统等。视听大屏幕显示、信用卡刷卡系统、智能楼宇、防盗系统等也广泛采用单片机控制。

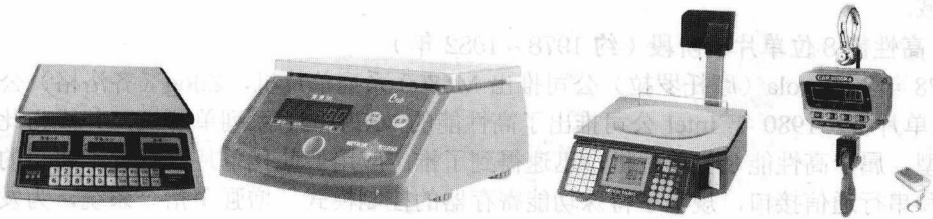


图 1-2 不同样式的电子秤

4. 工业自动化控制

在通用工控中,单片机可用于各种机床控制、电机控制、工业机器人、各种生产线、各种过程控制、各种检测系统等;在军事工业中,单片机可用于导弹控制、鱼雷制导控制、智能武器装置、航天导航系统等。

5. 智能仪器仪表

智能仪器仪表是单片机应用最多、最活跃的领域之一。在各类仪器仪表中引入单片机,使其智能化,提高测试的自动化程度和精度,简化仪器仪表的硬件结构,提高其性价比,同时便于使用、维修和改进。结合不同类型的传感器可实现诸如电压、频率、湿度、温度等诸多物理量的测量。

6. 集成智能传感器的测控系统

单片机与传感器相结合可以构成新一代的智能传感器,其将传感器初级变换后的电量作进一步的变换、处理,输出能满足远距离传送、能与微型计算机接口的数字信号,如压力传感器与单片机集成在一起的微小型压力传感器可随钻机送至井下,以报告井底的压力状况。

7. 汽车电子与航空航天电子系统

在汽车工业中,单片机可用于点火控制、变速器控制、防滑制动、排气控制、自动驾取系统等;航空航天中用于集中显示系统、动力监测控制系统、通信系统以及运行监视器(黑匣子)等。

1.2.2 单片机的发展概况

单片机诞生之前,为满足工控对象的嵌入式应用要求,只能将通用计算机进行机械加固、电气加固后嵌入到对象体系(如舰船、航天器等)中构成控制系统等。通用计算机的体积大且成本高,无法嵌入到大多数对象体系(如家用电器、汽车、机器人、仪器仪表等)中。因

此,在通用微型计算机基础上发展了单片机,如今单片机已成为现代微型计算机的一个独特而又重要的应用分支。单片机发展大体可分为五阶段。

1. 单片机产生与探索阶段(约 1974~1976 年)

此阶段的单片机采用双片形式,且功能简单。1971 年美国 Intel 公司生产了 4 位单片机 4004,其结构简单、功能单一、控制能力弱;1974 年美国 Fairchild(仙童)公司研制出第一台 8 位单片机 F8,只有 8 位 CPU、64B 的 RAM 和 2 个并行口,需加装一块 3851 芯片(含 1KB ROM、定时器/计数器和 2 个并行 I/O 口)才能完成控制功能。之后各公司竞相推出自己的单片机。

2. 低性能 8 位单片机阶段(约 1976~1978 年)

1976 年 9 月 Intel 公司推出了 MCS—48 系列单片机,使这一时期成为单片机发展进程中的一个重要阶段。此可谓是第一代单片机。MCS—48 系列单片机为此时期的代表,一片芯片内包含了一个 8 位的 CPU、定时/计数器、并行 I/O 接口、ROM 和 RAM 等,主要用于工业控制领域。

3. 高性能 8 位单片机阶段(约 1978~1982 年)

1978 年 Motorola(摩托罗拉)公司推出 M6800 系列单片机,Zilog(齐洛格)公司推出 Z8 系列单片机。1980 年 Intel 公司推出了高性能的 MCS—51 系列单片机,并成为此时期的代表机型,属于高性能 8 位单片机,迅速得到了推广应用。此代单片机配置了完美的外部并行总线和串行通信接口,规范了特殊功能寄存器的控制模式,增强了指令系统,为发展具有良好兼容性的新一代单片机奠定了良好的基础。

4. 8 位单片机增强及 16 位单片机推出阶段(约 1982~1990 年)

8 位机以 MCS—51 系列单片机为代表,同时 16 位单片机也有很大发展,如 Intel 公司的 MCS—96 系列单片机。

5. 各类单片机百花齐放阶段(约 1990~今)

此阶段单片机已成为工业控制领域中普遍采用的智能化控制工具。目前单片机正朝着多品种、高速、强运算能力、大寻址范围以及小型廉价的方向发展;现今产品众多,一定时期内将不存在某个单片机一统天下的垄断局面,各单片机公司走的是依存互补,相辅相成、共同发展的道路;此外,32 位单片机在复杂控制领域也已进入实用阶段。

为满足不同的要求,此阶段出现了高速、大寻址范围、强运算能力和多机通信能力的通用单片机,还有小型廉价型、外围系统集成的专用型单片机,以及形形色色各具特色的现代单片机。可以说,单片机的发展进入了百花齐放的时代,为用户的选择提供了足够的空间。

1.2.3 单片机的发展趋势

目前,单片机正朝着高性能、低功耗、多品种方向发展,主要体现在如下几方面。

1. 制作工艺 CHMOS 化

出于对低功耗的普遍要求,目前各大厂商推出的各类单片机都采用了 CHMOS 工艺。CHMOS 工艺是 CMOS(互补金属氧化物)和 HMOS(高密度、高速度 MOS)工艺的结合,同时具备了高速和低功耗的特点。例如 8051 单片机的功耗为 630mW,而 80C51 单片机的功耗只有 120mW。在便携式、手提式或野外作业仪器设备上低功耗是非常有意义的。

2. 尽量实现单片化

以往,用户通常根据应用的需要在单片机外围扩展功能芯片。随着集成电路技术的快速发展和“以人为本”思想在单片机设计上的充分体现,很多单片机厂商充分考虑到用户的需求,将一些常用的功能部件,如 A/D(模/数转换器)、D/A(数/模转换器)、PWM(脉冲产

生器)以及LCD(液晶)驱动器等集成到芯片,尽量做到单片化;同时,用户还可以提出要求,由厂家量身定做或自行设计。

3. 主流与多品种共存

现在虽然单片机品种繁多,各具特色,但仍以80C51为核心的单片机占主流,兼容其结构和指令系统的有Philips(飞利浦)、Atmel(爱特梅尔)、Winbond(华邦)等公司生产的系列单片机。所以C8051为核心的单片机占据了半壁江山。而Microchip(微芯)公司的PIC精简指令集(RISC)也有着强劲的发展势头,Holtek(合泰)公司近年的单片机产量与日俱增,占据一定的市场份额。此外还有Motorola公司的产品,日本几大公司的专用单片机。在一定的时期内,这种情形将得以延续,将不存在某个单片机一统天下的垄断局面,走的是依存互补,相辅相成、共同发展的道路。

1.3 任务1 观察单片机的外观

1. 任务目标

对各类单片机外观形成感性认识,理解单片机与计算机的区别。

2. 任务完成步骤

☞ 步骤1: 观察单片机外观

仔细观察如图1-3所示的各类型单片机外观,学习单片机引脚序号的编排规则,规则为将型号标识面对自己,然后将缺口或凹坑的一端向上,从最左上角开始的引脚为1号,其余引脚序号“一条龙”顺次数下来即可。

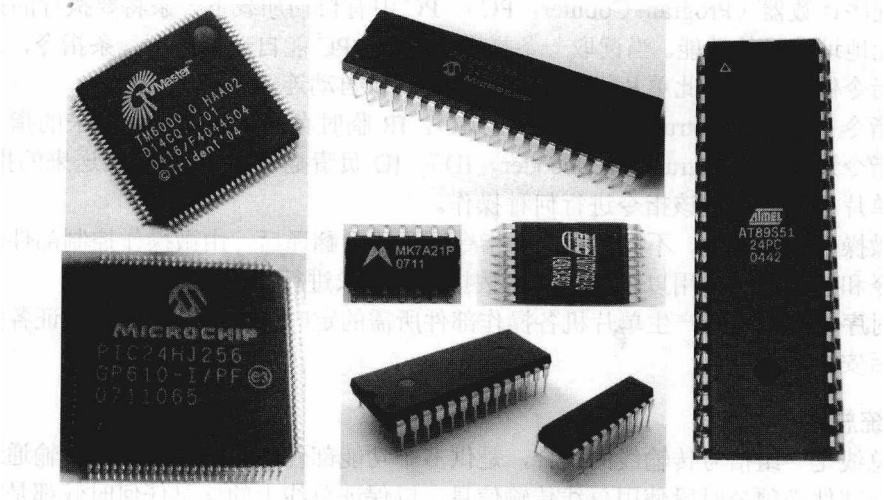


图1-3 各类型、厂家的单片机实物图

☞ 步骤2: 理解单片机与计算机及其CPU的区别

结合本章前面知识,理解单片机与计算机及其CPU的区别。

1.4 单片机的组成与工作过程

单片机的结构特征是将组成计算机的基本部件集成在一块晶体芯片上,如图1-4所示为单片机的典型结构框图。

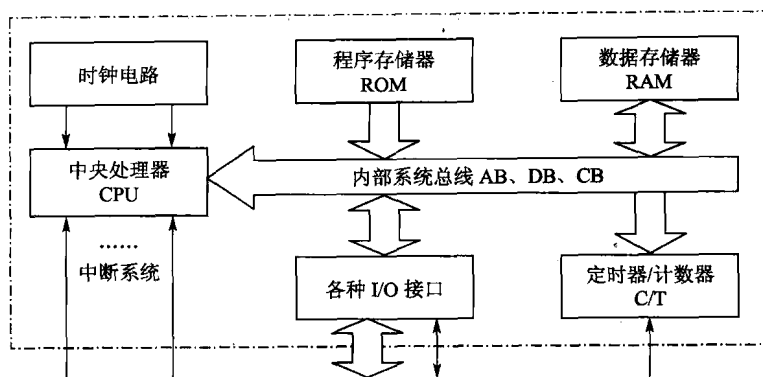


图 1-4 单片机的典型结构框图

1.4.1 CPU

1. 运算器

运算器完成指令要求的计算工作。在计算机中数的计算有两种：一种是算术运算，即加、减、乘、除四则运算；另一种是逻辑运算，如“与”、“或”、“非”、“异或”等。参加运算的数据在运算器中存放的地方是寄存器，不同类型的单片机中寄存器的数量和具体功能不同。

2. 控制器

控制器负责从程序存储器中取出指令，并逐条地分析指令和执行指令。控制器包括程序计数器、指令寄存器、指令译码器、时序控制电路和微操作控制部件。

(1) 程序计数器 (Program Counter, PC)。PC 中有自动加载下一条将要执行的指令所在存储器单元地址编号的功能。当读取一条指令执行后，PC 能自动指向下一条指令，为读取执行下一条指令做准备，因此单片机工作时，程序可以自动连续执行。

(2) 指令寄存器 (Instruction Register, IR)。IR 临时存放从存储器中取来的指令。

(3) 指令译码器 (Instruction Decoder, ID)。ID 负责翻译指令，从 IR 送来的指令经 ID 译码后，单片机即可知道该指令进行何种操作。

(4) 微操作控制部件。不同的指令在指令译码器中翻译后，由微操作控制部件产生相应的控制命令和控制信号，用以控制单片机按指令的要求进行相应的操作。

(5) 时序控制电路。产生单片机各操作部件所需的定时脉冲信号，严格保证各操作动作的时间先后安排。

1.4.2 系统总线

系统总线是一组信号传输线的集合，是供多个功能部件共享的公共信息传输通道。共享总线的各个部件必须分时段使用总线传输信息，以保证总线上的信息任何时候都是唯一的。

系统总线包括数据总线 (Data Bus, DB)、地址总线 (Address Bus, AB) 和控制总线 (Control Bus, CB)。单片机通过系统总线将 CPU、存储器、I/O 接口等相对独立的部件连接起来。

1. 数据总线

DB 为双向通信总线，用于实现 CPU、存储器和 I/O 接口间的数据交换，数据可以是数值数据，也可以是指挥计算机工作的程序和相关数据。DB 信号线的根数很规范，一般有 8、16、32 和 64 根等。

2. 地址总线

AB 传输 CPU 发出的地址信号的单向通信总线，用于向存储器或 I/O 接口提供地址码，

以选择相应的存储器或 I/O 接口。地址总线的根数称为地址总线宽度，地址总线宽度决定了 CPU 的寻址范围，即 CPU 所能寻找的存储单元或 I/O 接口的数目。如某微型计算机有 16 根地址线，那么其最多可以寻找到 2^{16} 个存储单元或 I/O 接口。地址总线宽度很规范，一般有 8、16、20、24、32、36 根等。

3. 控制总线

其传输的是保证微型计算机各部件同步和协调工作的控制信号，其为单向通信总线，其中有的传输从 CPU 发出的信息，如读、写等信号，有的是其他部件发给 CPU 的信息，如复位、中断请求等信号。控制总线的根数因机型的不同而不同，不像数据总线和地址总线那样规范。

1.4.3 存储器

单片机的存储器按用途可分为程序存储器和数据存储器，多数单片机还可以配置外部扩充存储器。

1. 程序存储器

程序存储器用来存放单片机的应用程序及运行中的常数数据，单片机应用系统一经开发完毕，其软件也就定型了，运行中程序存储器的信息不再更改。半导体只读存储器 (Read Only Memory, ROM) 所存储的信息正常情况下只能读取而不能改写，断电后信息不会丢失，所以常用作单片机的程序存储器。ROM 根据写入或擦除方式的不同可分为以下几种类型。

(1) 掩膜 ROM。由厂家在芯片封装时，将应用程序通过掩膜工艺写入，写入后不能修改。适合于程序已定型、大批量使用的单片机，具有工作可靠和成本低等优点。

(2) 可编程只读存储器 (Programmable ROM, PROM)。用户可通过专用的写入器将应用程序写入单片机中，但只能写入一次，且写入的信息不能修改。

(3) 紫外线擦除可编程只读存储器 (Erasable Programmable ROM, EPROM)。可根据需要对 EPROM 进行多次写入和擦除，当用户需要更改数据时，先将芯片放在专用的擦除器中，在紫外线的照射下使原存信息擦除，然后再重新写入，现今已较少使用。

(4) 电擦除可编程只读存储器 (Electrically EPROM, EEPROM 或 E^2 PROM)。 E^2 PROM 采用电的方法擦除信息，不必用紫外线照射，除了能整片擦除以外，还能实现字节擦除，并且擦除和写入操作可以在单片机内进行，不需附加设备，数据保存达 10 年以上，可擦写 1 万次以上。 E^2 PROM 比 EPROM 的性能更优越，近年的单片机主要应用此种存储器。

(5) 闪速存储器 (Flash Memory)。闪速存储器简称闪存，编程与擦除完全用电实现，数据不易挥发，可保存 10 年，是目前大力发展的一种 ROM，大有取代 E^2 PROM 型产品的趋势。其擦除、写入速度比 E^2 PROM 快很多，允许擦写达 10 万次，存储容量可达几十 GB。

2. 数据存储器

数据存储器用于暂存运行期间的数据、现场采集的原始数据、中间结果、运算结果、缓冲和标志位等临时数据。

因为需要经常进行读写操作，所以单片机通常采用随机存取存储器 (Random Access Memory, RAM) 作为数据存储器。RAM 正常使用时，不仅能读取存放在存储单元中的数据，还能随时写入新的数据，断电后 RAM 中的信息全部丢失，属易失性存储器。CPU 读取 RAM 中的数据后，存储器内的原数据不变；而新数据写入后，原数据则被新数据代替。

3. 信息存储的相关概念

(1) 位 (bit, 简记 b)。位是计算机所能表示的最基本最小的数据单元，可表达一个二进制数据“1”或“0”。位信息是由存储器中具有记忆功能的电路 (如触发器) 实现的。

(2) 字节 (Byte, 简记 B)。1B=8b, 字节是一个数据单位, 最低位称为第 0 位 (位 0), 最高位称为第 7 位 (位 7)。通常存储器的一个存储单元的容量为一个字节, 在微型计算机中信息大多是以字节形式存放的。信息以单、双字节形式在存储器中的存储如图 1-5 所示。

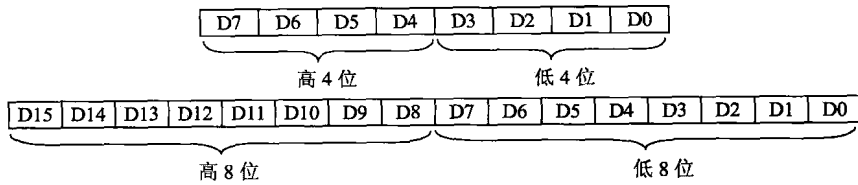


图 1-5 单、双字节形式在存储器中的存储

(3) 存储单元。存储器是由大量寄存器组成的, 其中每一个寄存器称为一个存储单元, 而存储单元由若干位组成。一个存储单元一般为 4b 或 8b, 每一个位可以存储一位二进制数据。

(4) 存储器容量。指在一块芯片中所能存储的二进制信息位数, 容量单位有 b、B 以及大单位的 KB、MB 和 GB。换算关系如下:

$$1\text{B} = 8\text{b}$$

$$1\text{KB} = 2^{10}\text{B} = 1024\text{B}$$

$$1\text{MB} = 2^{10}\text{KB} = 1024\text{KB}$$

$$1\text{GB} = 2^{10}\text{MB} = 1024\text{MB}$$

$$1\text{TB} = 2^{10}\text{GB} = 1024\text{GB}$$

4. 存储器的地址编码

在存储器中有很多存储单元, 为使进行存入和取出操作时不发生混淆, 必须给每个存储单元分配一个唯一的固定编号, 称为存储单元的地址码, 地址码由十六进制数表示, 单片机通过地址编码访问存储单元。

存储器芯片包括数据总线、地址总线及必要的控制信号线。数据总线一般与存储单元的二进制数据位数相同, 如果存储单元为 8b, 则数据总线为 8 位总线。典型的存储器结构如图 1-6 所示。

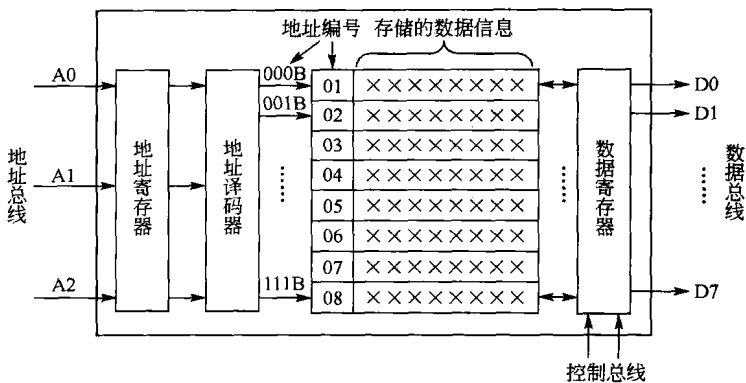


图 1-6 典型的存储器结构

因为存储单元的数量很多, 为了减少存储器向外引出的地址线, 在存储器内部都带有译码器。根据二进制编码译码的原理, n 根地址线可以区别 2^n 个地址编号。

例如,对于16位地址线的单片机系统来说,所能访问的最大地址空间为 2^{16} 个存储单元,如每个单元可存储1B数据,那么可访问64KB数据。64KB存储空间的地址范围为0000H~FFFFH,第0个字节的地址为0000H,第1个字节的地址为0001H,……,第65535个字节的地址为FFFFH。

5. 存储器的操作

对存储器的操作主要有两个:读(取)和写(存)。对存储器某存储单元访问的工作过程如下。

(1) CPU向存储器地址总线发送某存储单元的地址码。

(2) 某存储单元被选中,处于待命状态。

(3) CPU向存储器发送读或写的控制信号,确定读写性质。

(4) 如果计划向存储单元写数据,则CPU将要写入的信息发送到数据总线上,被选中的存储单元从数据总线接收信息;如果CPU计划读取信息,则存储单元自动将其内部信息传输到数据总线等待CPU读取。

1.4.4 I/O接口

I/O接口是CPU与外界之间交换信息的数据通道。

1. 并行I/O接口

单片机通过并行I/O接口允许CPU与片外交换信息时一次传递多位二进制数据,一般为8根I/O线为一组,同时传输8个二进制位(0或1)。

2. 串行I/O接口

串行I/O接口一次只传递一位二进制信息,速度较慢,但其最大优点是通信线路少,只需1~2根传输线。单片机往往用串行I/O接口和某些远程设备进行通信(大于30m时),或者和一些特殊功能的器件相连接。

1.4.5 定时/计数器

定时/计数器在实际中的应用非常广泛,单片机往往需要精确地定时或对外部事件进行计数,因而在其内部设置了定时/计数器电路。如测试电机的转速,首先定时1s,然后记录这1s内电机的转数,前者靠的是定时器,后者靠的是计数器。定时/计数器一旦被CPU启动,即可实现定时/计数的自动处理,实现与CPU并行工作,二者互不干预,大大提高了CPU的运行效率。

1.4.6 单片机的工作过程

单片机中的程序一般都事先通过写入器固化在片内或片外程序存储器中,因而一开机即可执行指令。单片机执行程序的过程是逐条执行指令的过程,每条指令都可分为三个阶段进行。

1. 取指令

根据程序计数器(PC)中的值从程序存储器(ROM)对应单元中读出现行指令,送到指令寄存器。

2. 分析指令

将指令寄存器中的指令操作码取出后进行译码,分析其指令性质,如执行指令需要读取相关操作数,则寻找操作数地址。

3. 执行指令

按照分析指令的预期结果完成指令功能,后续指令逐条地重复上述操作过程,直至遇到停机指令或循环等待指令。