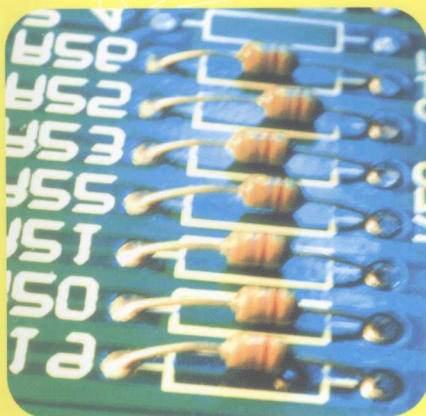




单片机原理与应用技术

吴家碚◎主编

单片机原理与 应用技术

图灵社区会员(CIP)数据

吴家碚 主 编

唐 健 沈静桥 副主编

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书包括单片机技术的基础知识、89C51 的硬件结构、输入/输出接口、存储器、中断、定时/计数器、串行接口、扩展和指令系统等。本书在体系上有新的尝试,它将指令的讲解融入到各章硬件的学习中,并在解决实际问题中边用边学。最后一章再对所有的指令归纳讲解,以使学习过程变得更为容易和有针对性。

本书以 89C51 为代表机型,对它的串行扩展总线方式、I²C 总线接口、闪速存储器的扩展等都做了阐述,以便使教学内容和当前的应用技术潮流相一致。

本书适合作为普通高等院校单片机原理及应用类课程的教材,也可供应用单片机技术的各类工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用技术/吴家碚主编. —北京:北京理工大学出版社,
2008.8

ISBN 978-7-5640-1510-7

I. 单… II. 吴… III. 单片微型计算机 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 104851 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米×960 毫米 1/16

印 张 / 12

字 数 / 250 千字

版 次 / 2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷 责任校对 / 陈玉梅

定 价 / 20.00 元 责任印制 / 李绍英

图书出现印装质量问题,本社负责调换

编委会

主 编 吴家碚

副 主 编 唐 健 沈静桥

编写人员 (按姓氏笔画为序)

冉会中 李启丙 吴家碚

沈静桥 莫 磊 唐 健

前 言

20年前,一位良师益友——电子科技大学的古天祥教授和我聊起了一个有趣的话题,他说:就51单片机教学而言,很难区分研究生、本科生教学内容的不同。原因很简单,因为单片机的芯片内部的复杂程度是一样的,不管是什么层次的学生,要达到学好、用活它的目的,需要掌握的东西都有那么多。

我很赞成古教授的意见,因为他说的问題是非常实际的。他也许是第一个提出在不同层次的学生中,学习、应用同样的微处理器时,应该怎么处理教学内容的区别的问题。这就使我们反复地思考:怎样才能将单片机课程的教学深入浅出?怎样使教材更有利于自学?怎样学起来更为有趣?从哪里切入教学效果最好?

带着这些问題,一批单片机课程的老师们经过共同的努力,终于编写了这本《单片机原理与应用技术》教材。本教材的主要特点如下所列。

① 教材的体系做了较大的改变。教材中将指令的讲解融入到各章硬件的学习中,并在解决实际问题中边用边学,最后在第8章将所有指令归纳讲解。这样就避免了指令学习的枯燥和学生的畏难情绪,达到锤钉剥笋、逐步深入的效果。

② 将接口的应用作为学生学习单片机的切入点,使学生知道在有了一定的数字电子技术的知识后,是很容易就能将单片机用起来的。教材针对初学者的理解困难,对接口内部与外部完整的电流路径做了详细的分析讲解,以使学主有一点钻透、举一反三的感悟。

③ 教材在内容选取上从以往的8031/8051芯片为主转变为89C51为主的典型单片机。这种89系列的不同容量的Flash ROM产品的芯片,在组成小系统时往往不需要扩展程序存储器,能为用户提供更多的I/O接口,这也和当前单片机应用的潮流相一致。

④ 教材注意了理论和实际相结合的原则,各章都有相应的提要、小结和习题。

本书可作为普通高等院校“单片机原理及应用”等相关课程的教材,适用的专业包括电子、电气、机电、数控类的专业以及其他近机类专业,也可作为相关专业的工程技术人员参考。

编者水平所限,书中难免存在疏漏之处,恳请读者不吝赐教,以利于以后修订。

编 者

目 录

第 1 章 单片机技术知识初步	(1)
1.1 单片机概念与应用技术的一般知识	(1)
1.1.1 什么是单片机	(1)
1.1.2 89C51 型单片机中有什么	(2)
1.1.3 单片机是如何工作的	(3)
1.1.4 学习单片机技术的重点知识	(3)
1.2 单片机的应用与发展过程	(4)
1.2.1 单片机的应用与特点	(4)
1.2.2 单片机的主要生产厂商及产品	(6)
1.3 计算机中常用数制与数的表示	(8)
1.3.1 数制	(8)
1.3.2 数制间的转换	(9)
1.3.3 数值数据在计算机中的表示	(10)
1.4 计算机中常用的编码	(11)
1.4.1 ASCII 编码	(11)
1.4.2 BCD 编码	(12)
本章小结	(13)
习题 1	(13)
第 2 章 89C51 的内部结构及其并行接口应用	(14)
2.1 89C51 的主要功能与内部结构	(14)
2.1.1 89C51 单片机的功能	(14)
2.1.2 89C51 的芯片内部结构	(14)
2.2 89C51 的引脚及其功能	(17)
2.3 89C51 应用系统的时序和复位电路	(20)
2.3.1 报警系统的电路构成原理	(20)

2.3.2	系统的时序电路工作原理	(21)
2.3.3	系统的复位电路与复位状态	(24)
2.4	89C51 的并行接口与接口应用的完整电路	(27)
2.4.1	P0 端口	(27)
2.4.2	P1 口的内部结构	(29)
2.4.3	P2 口的内部结构	(30)
2.4.4	P3 口的内部结构	(30)
2.4.5	报警应用系统 I/O 接口的完整电路	(31)
2.5	报警应用系统的软件程序	(33)
2.5.1	单片机应用系统的设计简介	(33)
2.5.2	报警应用系统的简化程序	(33)
	本章小结	(35)
	习题 2	(36)
第 3 章	89C51 的存储器	(37)
3.1	存储器和它的地址表示方法	(37)
3.2	89C51 的程序存储器	(39)
3.3	89C51 的数据存储器	(40)
3.4	特殊功能寄存器	(44)
3.5	存储器中的数据操作	(47)
	本章小结	(48)
	习题 3	(48)
第 4 章	89C51 的中断	(50)
4.1	什么是中断	(50)
4.2	从中断的处理看 89C51 的中断系统结构	(51)
4.2.1	计算机的中断处理	(51)
4.2.2	MCS-51 的中断系统	(52)
4.3	中断控制寄存器和它的英文标识	(57)
4.4	中断程序举例	(58)
4.4.1	中断的初始化内容	(58)
4.4.2	外中断应用举例	(59)
	本章小结	(60)

习题 4	(60)
第 5 章 89C51 的定时/计数器	(62)
5.1 89C51 的定时与计数	(62)
5.1.1 几个重要的概念	(62)
5.1.2 89C51 定时/计数器的方式控制字	(64)
5.1.3 89C51 定时/计数器的 4 种工作方式	(64)
5.1.4 定时器/计数器的定时/计数范围和预置初值的方法	(67)
5.2 用 89C51 的定时器控制交通灯	(68)
5.3 用 89C51 的计数器统计数量	(72)
本章小结	(74)
习题 5	(74)
第 6 章 89C51 的串行接口	(76)
6.1 串行通信的基本概念	(76)
6.1.1 串行通信基础	(76)
6.1.2 单工、半双工和全双工	(76)
6.1.3 同步通信和异步通信	(77)
6.2 89C51 串行接口结构与工作方式	(78)
6.2.1 89C51 串口结构概述	(78)
6.2.2 89C51 串行的工作方式	(81)
6.3 用 89C51 的串行接口进行双机通信	(86)
6.3.1 双机通信硬件电路	(86)
6.3.2 双机通信编程	(87)
6.3.3 多机通信概述	(92)
6.4 串行口的寄存器和它的英文标识	(93)
本章小结	(94)
习题 6	(95)
第 7 章 89C51 的扩展	(98)
7.1 串行扩展总线接口技术	(98)
7.1.1 89C51 UART 方式 0 串行扩展接口	(98)
7.1.2 I ² C 总线接口	(100)

7.2 单片机并行总线的扩展技术	(102)
7.2.1 89C51 系列单片机的外部扩展性能	(102)
7.2.2 89C51 系列单片机的驱动能力及扩展方法	(104)
7.3 扩展数据存储器	(108)
7.3.1 静态 RAM	(109)
7.3.2 闪存存储器	(110)
7.3.3 89C51 系列单片机应用系统中的地址译码	(114)
7.4 可编程接口芯片 8255A 及应用举例	(118)
7.4.1 可编程接口芯片 8255A 及接口电路	(118)
7.4.2 键盘接口电路	(125)
7.4.3 显示及显示器接口	(128)
7.4.4 可编程接口芯片 8255A 应用举例	(134)
本章小结	(139)
习题 7	(140)
第 8 章 汇编语言程序设计知识	(141)
8.1 汇编语言	(141)
8.1.1 指令与指令系统	(141)
8.1.2 机器语言与汇编语言	(141)
8.1.3 汇编语言指令格式	(142)
8.1.4 指令分类与常用符号	(143)
8.2 寻址方式	(144)
8.3 89C51 系列单片机指令系统	(147)
8.3.1 数据传送指令	(147)
8.3.2 算术运算指令	(152)
8.3.3 逻辑运算与移位指令	(156)
8.3.4 控制转移指令	(158)
8.3.5 位操作指令	(162)
8.4 伪指令	(163)
8.5 汇编程序设计举例	(165)
8.5.1 顺序程序设计	(165)
8.5.2 分支程序设计	(167)
8.5.3 循环程序设计	(168)

8.5.4 子程序设计	(172)
本章小结	(174)
习题 8	(175)
附录 89C51 系列单片机指令表	(177)
参考文献	(182)

第1章 单片机技术知识初步

单片机在各个行业、各个领域,以其独特的优势获得了十分广泛的应用。本章首先给出单片机的一个总的概念,说明它是什么,有哪些部件及功能,是如何工作的,以及学习单片机技术的重点知识。然后再对目前流行的常用单片机及其品种进行介绍,最后对计算机中常用的数制、编码进行介绍,以便为后面章节奠定基础。

1.1 单片机概念与应用技术的一般知识

1.1.1 什么是单片机

从物理外形结构看,单片机就是一片大规模的集成电路。那它为什么叫单片机呢?这个名称不仅是从外形,更是从功能的角度上对其进行的描述。自从1946年第一台数字电子计算机诞生后,计算机就一日千里地飞速发展。计算机中采用的逻辑元件从诞生时期的电子管,到20世纪60年代前后采用了晶体管,而在20世纪60年代后期则采用集成电路,到1971年后已采用了大规模集成电路。所谓大规模集成电路LSI(Large Scale Integration),就是在一个芯片上,集成制造了1 000个以上的晶体管的集成电路。LSI的发展几乎验证了有名的“摩尔定律”,及Intel公司的创始人之一——戈登·摩尔在1965年提出的半导体芯片集成化趋势的预测,其中心内容是半导体芯片上集成的晶体管和电阻数量将每年翻一番。1975年他又提出修正说,芯片上集成的晶体管数量将每两年翻一番。这40多年来,几乎一直是每18~24个月翻一番。目前最先进的集成电路已含约17亿个晶体管。尽管最新的研究表明,受到晶体管尺寸4~6 nm的极限限制,今后的40年摩尔定律将不再有效,但仍将有新的技术和新的材料出现。

随着集成电路集成度的提高,计算机的制造者开始将计算机中的各个部件分别用专门的集成芯片制造,即存储器、运算器、控制器各用一块或多块芯片来实现。后来的微型计算机又采用了将运算器和控制器用一块集成电路实现的方案,通常称这块芯片为中央处理器CPU(Central Processing Unit),也将针对微型计算机的中央处理器称为MPU(Micro Processing Unit),即微处理器。用CPU或MPU构成的计算机系统一般是由很多块集成电路组合在一起构成的,也称为多片计算机系统。

1976年9月,为了控制领域的需要,Intel公司推出了MCS-48系列单片机,其代表型号8048已经将一个计算机系统需要的运算器、控制器、存储器、输入/输出接口电路全部集成在一块芯片上。虽然这些输入/输出接口并不是针对个人计算机中的显示器或键盘装置而设计

的,但这样的一块芯片从电路功能上看已是一台完整的计算机。所以在单片机诞生初期,国内赋予它一个形象称谓——“单片微型计算机”(Single Chip Microcomputer),即 SCM。随着 SCM 在技术上、体系结构上不断扩展,特别是它广泛应用于控制领域的事实,国际上逐渐采用了 MCU(Micro Controller Unit)作为单片机最终的称谓,即微型控制器。MCU 这个名称是与国际接轨的,所以在国外的资料中,“MCU”这个缩写名词即相当于国内的“单片机”。而单片机这个名词在国内的使用也约定俗成,就是指这种具有存储器、运算器、控制器、输入/输出接口等电路,作为微型控制器使用的大规模集成电路芯片。

1.1.2 89C51 型单片机中有什么

89C51 单片机的功能框图如图 1-1 所示。它是 ATMELE、Philips 和 SST 等公司生产的与 80C51 兼容的低功耗、高性能的 8 位单片机。从图 1-1 中可以看出,它除了有计算机系统需要的 CPU 外,还有存储器——4 KB 的 Flash 只读程序存储器,以及包括寄存器在内共 256 KB 的数据存储器 RAM,4 个可编程的输入/输出(I/O)接口。为了计算机系统能自动有序地工作,芯片内提供了振荡器和时序电路。为了满足对定时/计数工作的需要,片内有两个 16 位的定时/计数器。为构成和其他系统的通信联系,片内还提供了可编程的全双工的串行通信接口。

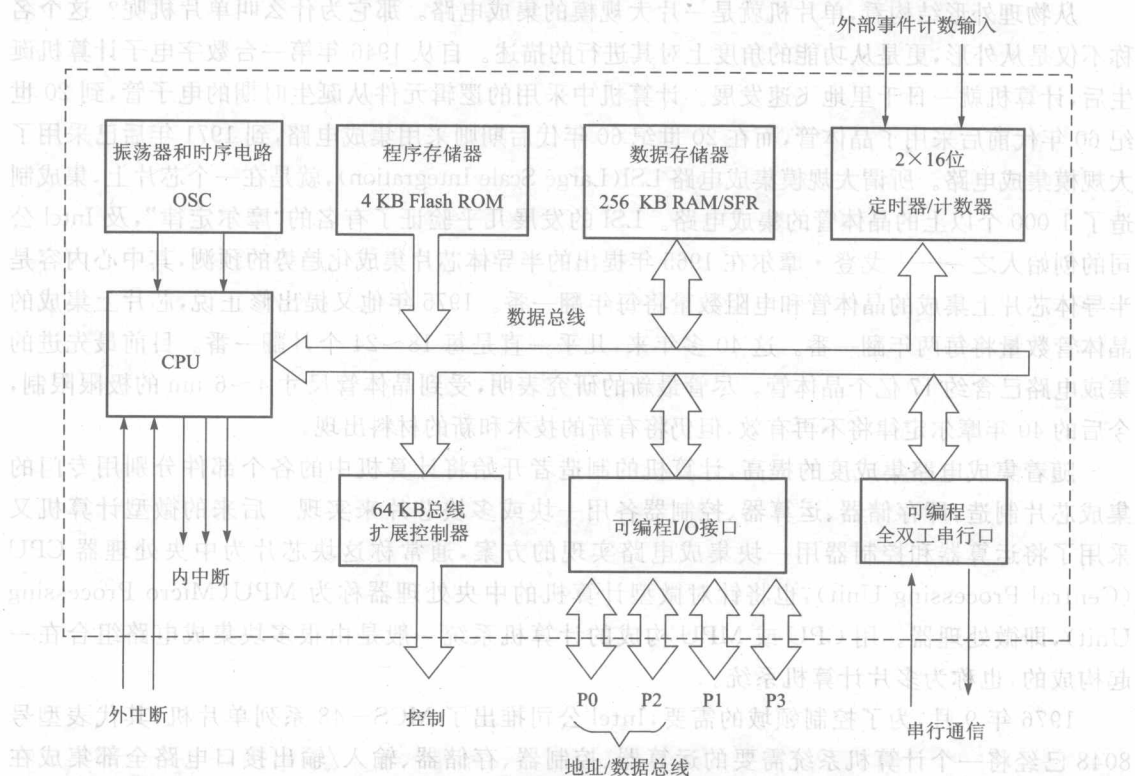


图 1-1 89C51 单片机功能结构框图

由此可见,单片机的结构特点是集成电路中实际上包含了一个非常完整的计算机系统所需的部件。尽管不同类型的单片机在硬件结构上有所不同,但不同点只在于增减了某些功能的部件(例如增加了 A/D、D/A 部件),或者某些部件的规模(例如存储器)、容量的大小不同,其结构特点基本是一致的。

1.1.3 单片机是如何工作的

认识到单片机的结构特点,就容易理解单片机是如何工作的。既然单片机最终能以一个计算机系统的形式实现应用目的,那么构成计算机系统的基本组成中除了硬件以外,必须有软件的支持。因此,一个实际能运行的单片机系统,其系统内部必须是带有软件程序的,这个程序一定是装在单片机系统的片内或片外的程序存储器中。

作为实际的单片机系统,在运行时一般还必须具有一定的外部工作条件。首先是电源条件,因为计算机工作过程也是内部大规模集成电路的处理数字信号的过程,必备的前提是具有工作电源,而且这个工作电源的电压高低必须与该芯片要求的电压范围相符合。其次是环境条件,单片机系统的实际工作环境温度范围应符合该集成电路工作温度范围的要求。例如,探月的人造卫星最低要经受零下 100 多摄氏度的考验。设计在探月卫星上工作的单片机系统,就不能选只能在常温下正常使用的集成电路的芯片。一般将微处理器的温度条件分为民用级($0^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$)、工业级($-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$)和军用级($-65^{\circ}\text{C}\sim 125^{\circ}\text{C}$)。环境条件还应包括抗干扰条件。由于单片机也是一个电子元件,在有较强的电磁干扰的情况下,必须考虑单片机系统工作的稳定性问题。例如程序跑飞,实际上常常就是被电磁波干扰的结果。

单片机应用系统的工作过程可以叙述如下。

① 系统满足工作的外部条件后,单片机内部的振荡器自激振荡,产生连续不断的时钟脉冲。

② 单片机内部的控制器按照时序信号的节拍控制所有部件协调一致地工作,并在该单片机系统规定的时序,取出系统的程序存储器中第一条需要执行的指令,分析该指令的操作并执行。

③ 在程序计数器的控制下继续取出程序存储器中的下一条指令,分析并执行该指令。

④ 重复步骤③的过程。由于程序的长度和执行程序的速度相比总是很有限的,这个重复的过程软件上的处理一般是进入该系统的某一段循环程序的执行过程,并持续到外部工作条件结束(例如电源切断)为止。

简单地讲,单片机系统的工作过程就是执行程序的过程,其工作原理就是冯·诺依曼原理。而一个单片机系统要能正常地工作,既有系统外部的条件,即电源和环境的条件,也有系统内部的工作条件,即这个系统中必须有完整的软件程序。它往往是一段重复执行的循环程序,而且该软件程序已经以二进制指令的形式存放在单片机系统的程序存储器中。

1.1.4 学习单片机技术的重点知识

根据上述单片机的工作过程,可以知道在学习单片机技术时,首先应重点关注下面的

知识。从硬件角度上,掌握所使用的单片机的内部具有哪些部件,这些部件主要有哪些功能和怎么使用。由于这些部件已经是其芯片内部存在的资源,不懂得使用内部资源而另外去增加系统的外部硬件显然就是一种浪费。再根据实际系统的需要,用单片机内部和少量的外部器件组成完成某个实际任务的硬件系统。

从软件角度上,掌握该种类型的单片机有哪几个类型的指令,这些指令代表哪些操作功能,如何用这些指令编制出和硬件相匹配的、能完成一个个局部功能任务的子程序,最后再如何组合成一个满足实际应用系统需要的、功能完善的主循环程序。

从调试角度看,由于用户编制的程序难免有错误,所以一般还需要能在一个单片机的开发装置上,或是仿真软件环境下调试应用程序。当调试工作完成以后,还要知道怎么将所编制的完整的程序放进实际的单片机应用系统的程序存储器中,这个过程叫做下载程序。

因此,单片机课程的学习,主要是围绕着这三个方面进行的。所要解决的主要问题就是硬件功能学习和使用、软件编程、调试程序与下载的问题。由于最后一个问题是与所使用的开发装置密切相关的,各个学校的开发装置不尽相同,本教材没有过多地涉及。当然,要成为一个熟练的单片机开发人员,还应有相关领域的专业知识,包括电子技术、传感器等方面的知识。

上述三方面知识的学习往往是交叉进行的。从大多数掌握了单片机实际应用知识的工程技术人员经验看,并不是等到所有的指令都学得滚瓜烂熟了才开始编写程序,而是在进行应用系统设计中,特别是在解决实际问题的过程中,边用边学,才会逐步加深对指令的理解。基于这种认识,本教材从第2章开始,在介绍单片机内部硬件的同时,陆续介绍针对这些硬件操作的指令或程序,最后在第8章,再集中地对各种指令、程序的编写进行系统的介绍,以实现由浅入深的效果。

1.2 单片机的应用与发展过程

1.2.1 单片机的应用与特点

单片机的应用若按照应用的学科领域分类,有以下几个主要的领域。

1. 自动控制领域

自动控制领域中大量需要对现场的信息进行采集、分析处理。由于单片机能在恶劣的环境下工作,又具有通信功能,所以自然成了自动控制中的主力军。用它们既可以组成灵活的单机控制,又可组成复杂的多机控制系统。

2. 智能仪器仪表

在仪器仪表中,单片机由于其体积小、重量轻、抗干扰能力强,以及低功耗的优势,也早已取代了大部分常规的数字电路或模拟电路,成了仪器仪表中的主要部件。目前大多数采用数字显示,具有记录、打印、存储功能的仪器仪表都采用了单片机。

3. 国防现代化

国防科学中单片机的应用非常普遍。在军事探测系统中的侦察机、雷达、激光器件、卫星等装置上都大量使用了单片机。在指挥控制系统中,采用单片机装置的车载系统则可提高机动型,在武器的制导系统中需要测距、跟踪、弹体姿态控制等复杂的工作,更需要采用单片机制导,以提高精度。

4. 信息通信技术

在各种数字通信设备中,都有大量的单片机应用。诸如路由器、交换机中都大量采用了数字处理器和单片机。甚至日常用到的手机,也采用了具有 MCU 能力的专用芯片。

5. 家用电器

单片机进入家用电器几乎和它步入其他领域一样迅速。从最初的洗衣机、电冰箱、空调、电视遥控器、收录机到今天的微波炉、电饭煲、电烤箱,豆浆机、电动洗脚盆。在目前国内大中型城市的中等生活水平的家庭中,使用数十个单片机装置的家庭已经很普遍。

6. 机电一体化设备

机电一体化设备中,单片机数控机床、钻床等各种机械加工设备中已经普及。在各种工程机械、化工机械、轻工机械、纺织机械的设备中,单片机也已得到广泛的应用。在近几年来迅速发展的机器人技术中,单片机也得到非常普遍的应用。

7. 计算机科学技术

计算机中大量采用了单片机技术,例如计算机的键盘内部装有一个单片机系统,在接收到击键的动作后,对所击打的键盘进行分析识别,然后将其转换成对应的 ASCII 编码并通过接口电路发送给主计算机。此外,计算机的光盘驱动器,以及许多接口的控制卡中都有单片机的实际应用。

8. 汽车电子设备

汽车是使用单片机最早的领域之一。一辆高档的汽车中,甚至有上百片单片机的应用,包括汽车的仪表、雨刮器、车窗控制、发动机点火控制、防盗控制等装置中,都无一例外地用到了单片机。特别是近年来,单片机的装置还以 CAN 总线的形式出现,使连接汽车控制系统时,接线非常方便,而且功能大大加强。

单片机之所以获得了如此广泛的应用,是和它自身的特点分不开的。它的电路结构形式是半导体大规模集成电路,这就带来了天生的优点。

① 体积小、质量轻。用单片机组成的系统往往比过去多个集成芯片组成的系统在质量上和体积上大为降低。

② 控制功能强。单片机最初是为工业控制设计的,其接口丰富而且操作方便。很多有针对“位”进行处理的位操作类指令。因此,它很适合工业控制的要求。

③ 抗干扰能力强。这主要是单片机内部采用总线结构,把各个芯片都集成在一块芯片上,减少了各个芯片之间的连线。加上本身体积小,容易采用屏蔽措施以对抗强磁场的干扰,

故特别适合在恶劣的环境下工作。

④ 具有 I²C(Inter-Integrated Circuit)总线以及具有 SPI(Serial Peripheral Interface)的单片机更容易实现串行通信控制的需要,而具有低功耗、低电压的单片机则便于生产便携式、无人值守类的产品。

⑤ 有很高的性能价格比。基本型的 8 位单片机价格在 1 美元左右,但其内部电路的复杂性仅是用一般中小规模集成电路、构成功能接近的系统所消耗的费用的一十分之一。

单片机的这些优点,使它在具体应用中,常常被装入到各种具体的智能产品之中,这种计算机系统也称为嵌入式系统(Embedded System)。也就是说,单片机成为其他系统的一个组成部分来使用。通常将单片机嵌入到某个具体的产品中后,单片机就成了对象体系中的智能指挥部件,所以单片机又称为嵌入式控制器 EMCU(Embedded Micro Controller Unit)。

1.2.2 单片机的主要生产厂商及产品

1. 单片机的主要生产厂商

最先推出单片机的是 1975 年美国德克萨斯仪器公司(TI)的 TMS-1000。但自从 1976 年 9 月 Intel 公司推出的 MCS-48 系列 8 位单片机后,短短几年时间全世界就有了几十个系列的上千品种的机型。几个最著名的主要生产厂商见表 1-1。

表 1-1 著名的单片机生产厂商

公 司	典型产品系列
Intel	MCS-48、MCS-51、MCS-96
Motorola	MC68 系列
Zilog	Z8 系列
Philips	与 Intel MCS 兼容的 51 系列
Atmel	与 Intel MCS 兼容的 51 系列
Microchip	PIC16C5X 系列

2. 几个主要单片机厂商的典型产品

(1) Intel 公司的系列单片机产品

在 Intel 公司的单片机的各个系列中,每一个系列的芯片按照程序存储器配置的方法都有片内掩膜 ROM、片内 EPROM 和外接 EPROM 三种方式。片内掩膜 ROM 型的芯片中的程序是由单片机的生产厂商直接将用户程序固化在芯片中的,这种使用方式特别适合已定型产品的大量生产。其他两种方式则适合初期研制阶段的使用。这里以 Intel MCS-51 系列部分单片机为例,其内部的区别见表 1-2。

表 1-2 MCS-51 系列部分单片机性能比较表

系列型号		程序存储器	RAM/B	I/O 口线数	定时器	中断源
8051	8031	无	128	32	2×16	5
	8051	4 KB ROM	128	32	2×16	5
	8751	4 KB EPROM	128	32	2×16	5
8052	8032	无	256	32	3×16	6
	8052	8 KB ROM	256	32	3×16	6
	8752	8 KB EPROM	256	32	3×16	6
80C51	80C31	无	128	32	2×16	5
	80C51	4 KB ROM	128	32	2×16	5
	87C51	4 KB EPROM	128	32	2×16	5

表 1-2 中无程序存储器的 MCU 在构成系统时,需要外接程序存储器。对 MCU 而言,外接芯片构成系统的工作称为扩展。也就是说,无程序存储器的单片机在应用时必须进行扩展。因为只有外接了程序存储器,才能构成一个完整的计算机系统。

(2) Motorola 公司系列单片机

Motorola 公司的单片机中通用型单片机的系列比较多,早期使用的是 MC68HC05 系列,后期典型的是 MC68HC11 系列。MC68HC11 系列中的 A1、A0 和 A8 仍属于 8 位的微控制器,片内带有 8 KB ROM、256 B RAM、512 B EEPROM、16 位 9 功能定时器、38 位 I/O 口线,两个串行口分别是同步串行外设接口 SPI 和异步串行通信接口 SCI,并带有 8 路 8 位 A/D 转换器、WTD 电路、18 个中断向量。

(3) Zilog 公司的系列单片机

Zilog 公司的 Z8 系列是一种 8 位的单片机。典型产品为 Z8601,该芯片具有 8 位 CPU、2 KB ROM、128 B RAM、2 个 8 位定时/计数器、32 位 I/O 口线、1 个异步串行通信口、6 个中断向量。主要产品有 Z8600/10、Z8601/11、Z86C06、Z86C21、Z86C40、Z86C93 等。

(4) Philips 公司系列单片机

Philips 公司获得 Intel 公司 51 内核的知识产权后,生产了与 MCS-51 兼容的 89C51 系列的单片机。一些型号的芯片还增加了 I²C 总线、A/D 转换器、定时监视器、CRT 控制器 (OSD)、“看门狗”(WTD)电路,以及电源监视和时钟监测等丰富的外围部件。有的产品增加了外部中断源,脉冲宽度调制功能的模块也集成到片内,所以品种十分丰富。主要产品有 P80C51、P80C52、P80C31、P80C32、P80C528、P80C552、P80C562、P80C751 等。其中内部带非易失存储器 Flash 的 51 兼容芯片,其序列定为 89 序列,如 P89C51、P89。