

DANPIANJI YUANLI
YU YINGYONG XIANGMUHUA JIAOCHENG

单片机原理

| 与 | 应 | 用 | 项 | 目 | 化 | 教 | 程 |

夏学文 王雪飞 / 主编



电子科技大学出版社

DANPIANJI YUANLI
YU YINGYONG XIANGMUHUA JIAOCHENG

单片机原理

与|应|用|项|目|化|教|程

夏学文 王雪飞 / 主编

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理与应用项目化教程 / 夏学文, 王雪飞主编.
— 成都: 电子科技大学出版社, 2017.6
ISBN 978-7-5647-4618-6

I. ①单… II. 夏… ②王… III. ①单片微型计算机—教材 IV. ① TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 136642 号

单片机原理与应用项目化教程

夏学文 王雪飞 主编

策划编辑 罗 雅

责任编辑 唐祖琴

出版发行 电子科技大学出版社

成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051

主 页 www.uestcp.com.cn

服务电话 028-83203399

邮购电话 028-83201495

印 刷 成都市火炬印务有限公司

成品尺寸 185mm×260mm

印 张 12

字 数 308 千字

版 次 2017 年 6 月第一版

印 次 2017 年 6 月第一次印刷

书 号 ISBN 978-7-5647-4618-6

定 价 42.00 元

版权所有 侵权必究

前 言

单片机作为计算机的一个重要分支,具有普通计算机所不具备的一系列优点。其体积小、功能强、可靠性高、价格低、性能稳定,被广泛应用于智能仪器仪表、自动控制、通信系统、家用电器和计算机外围设备等。此外,单片机嵌入式系统还在农业、化工、军事、航空航天等领域得到广泛应用。因此,单片机的学习、开发与应用将造就一批计算机应用与智能化控制的工程技术人员。了解单片机的知识并掌握其应用技术具有重要的意义。

目前,单片机的使用领域已十分广泛,如智能仪表、实时工控、通信设备、导航系统、家用电器等。各种产品一旦用上了单片机,就能起到使产品升级换代的功效,常在产品名称前冠以形容词——“智能型”,如智能型洗衣机等。其中,Atmel公司的51内核系列单片机与Intel公司的MCS-51单片机在结构体系、指令系统方面完全兼容,而且MCS-51系列8位单片机教学内容稳定,实验设备成熟。因此,本书以基于51内核的AT89C51单片机为主,介绍单片机应用中所需的基础知识和基本技能。通过具体实例,理论联系实际,充分体现了高等教育的应用特色和能力本位,突出人才应用能力的创新素质的培养,内容丰富,实用性强。

本书可作为高等学校工业自动化、计算机应用技术、电子信息工程技术、机电一体化、数控应用技术等相关专业的教材和短期培训的教材,也可作为广大工程技术人员的学习参考用书。

在本书的编写过程中参考了相关专家、学者的著作及网上资料,借鉴和吸收了其他同行的研究成果,在此一并致谢。

由于水平有限,错误之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 单片机基础知识	1
第一节 单片机概述	1
第二节 MCS-51 系列单片机及其主要类型	7
第三节 单片机的开发与学习	9
第四节 存储器基础知识	12
第二章 单片机的组成	15
第一节 80C51 的内部结构和引脚功能	15
第二节 MCS-51 存储器的结构	20
第三节 并行 I/O 端口	28
第四节 时钟和时序	34
第五节 复位和低功耗工作方式	38
第三章 MCS-51 单片机的指令系统	42
第一节 MCS-51 指令系统的分类与一般说明	42
第二节 MCS-51 系统的寻址方式	44
第三节 MCS-51 单片机的助记符语言	50
第四节 MCS-51 单片机的指令系统	50
第四章 汇编语言程序设计	70
第一节 概 述	70
第二节 汇编语言程序的基本结构	72
第三节 汇编语言格式	84
第四节 伪 指 令	85
第五节 汇编语言的语法结构	87
第五章 中断系统和定时器/计数器	90
第一节 MCS-51 中断系统	90

第二节 MCS-51 单片机的定时/计数器	102
第六章 MCS-51 单片机 I/O 接口的简单应用设计	109
第一节 常用的串行总线	109
第二节 串行单总线技术	113
第三节 I/O 接口的功能和内部结构	120
第四节 典型外围接口技术	125
第七章 MCS-51 单片机系统扩展技术	137
第一节 扩展技术概述	137
第二节 存储器扩展	138
第三节 程序存储器扩展	145
第三节 数字 I/O 扩展	152
第四节 系统监控芯片的接口扩展	160
第五节 外部中断源的扩展	161
第八章 单片机应用系统设计	163
第一节 单片机应用系统设计的基本要求和一般方法	163
第二节 基于单片机测控系统的基本结构	166
第三节 单片机应用系统的开发与调试	167
第四节 单片机应用系统的低功耗技术	170
第五节 单片机应用系统的抗干扰技术	171
参考文献	186

第一章 单片机基础知识

第一节 单片机概述

1946 年第一台电子计算机诞生,依靠微电子技术和半导体技术的进步,它所采用的电子元器件已经历了从电子管—晶体管—集成电路—大规模集成电路,使得计算机体积更小,功能更强。特别是近 20 年时间里,随着大规模、超大规模集成电路的广泛应用,计算机在存储容量、运算速度和可靠性等各方面都得到了很大的提高。随着光电子元件、超导电子元件、生物电子元件的应用,计算机在某种程度上,正朝着具有模仿人的学习、记忆、联想和推理等功能的方向发展。

计算机系统已明显地朝 4 个方向发展:巨型化、微型化、网络化、智能化。以解决复杂系统计算和高速数据处理的仍然是巨型机在起作用,所以,目前巨型机正朝高速处理能力的方向努力。微型化就是使计算机体积更小、功能更强,个人计算机(电脑或 PC 机)和单片机就是微型化的产物。个人计算机以满足海量数据的高速运算为目的,其数据宽度不断提高,从 8 位、16 位到 32 位、64 位。单片机是嵌入式微处理器或嵌入式微控制器,最明显的优势,就是可以嵌入各种仪器、设备中,广泛应用于工业控制系统、智能仪表、智能通信产品、智能家用电器、智能终端设备等许多领域内。

一、什么是单片机

单片机是一种集成电路芯片,是采用超大规模集成电路技术把具有数据处理能力的中央处理器 CPU、随机存储器 RAM、只读存储器 ROM、多种 I/O 口和中断系统、定时器/计时器等功能(可能还包括显示驱动电路、脉宽调制电路、模拟多路转换器、A/D 转换器等电路)集成到一块硅片上构成的一个小而完善的微型计算机系统。

单片机与个人计算机(PC 机)的区别是个人计算机(PC 机)是由主机、键盘、显示器等组成;而单片机只是一片集成电路即一个芯片。

单片机主要应用于控制领域,用以实现各种测试及控制功能,为了强调其控制属性,也可以把单片机叫作微控制器(MCU—Micro Controller Unit)。在国际上,微控制器的叫法更通用一些,而在我国比较习惯于“单片机”一词。

二、单片机的特点

单片机自问世以来以其体积小、功能齐全、稳定可靠、可扩展等优势应用在各行各业当中,它与微处理器是不同的。微处理器向着高速运算、越来越强的数据分析与处理能力、大规模容量存储等方向发展,以提高通用计算机的性能。其接口界面也是为了满足外设和网

络接口而设计的;单片机则是从工业测控对象、环境、接口特点出发,向着增强控制功能、提高工业环境下的可靠性、灵活方便地构成应用计算机系统的界面接口的方向发展。因此,单片机有以下几个特点。

(1)品种多样,型号繁多。世界上各大芯片制造公司都推出了自己的单片机,从8位、16位到32位,数不胜数,应有尽有,有与主流C₈₀₅₁系列兼容的,也有不兼容的,但它们各具特色,有些单片机已经采用精简指令集RISC技术,为单片机的应用提供广阔的天地。

(2)有较高的性价比。目前,国内市场上销售的单片机的价格大约在7元左右,利用这样的单片机再加上外围扩展的元件,就可以构成功能相当齐全的智能自动化控制系统。

(3)提高性能,扩大容量。目前集成度已达到二百多万个晶体管,总线工作速度已达数十微秒,工作频率达到30MHz,甚至40MHz。指令执行周期减到数十微秒。存储器容量RAM发展到1KB,2KB。ROM发展到32KB,64KB。

(4)控制功能增加,向外接口延伸。把原属外围芯片的功能集成到本芯片内,在一块含有CPU的单片机芯片上,除了嵌入RAM,ROM。存储器和I/O接口之外,还集成了A/D, PWM, UART, Timer/Counter, DMA, Watchdog, Serial Port, Sensor, Driver, 还有显示驱动、键盘控制、函数发生器、比较器等,构成一个完整的功能非常强的计算机应用系统。

(5)功耗低。供电电压由5V降到3V,2V甚至1V左右。工作电流由mA级降到 μ A级。在生产工艺上以CMOS代替NMOS,并向HCMOS过渡。

(6)可靠性好,适应温度范围宽。单片机芯片本身是按工业测控环境要求设计的,能适应各种恶劣的环境,这是其他机种无法比拟的。

(7)应用软件配套。它提供了软件库,包括标准应用软件,示范设计方法,使用户开发单片机应用系统时更快速、方便,使有可能做到用一周时间开发一个新的应用产品。

(8)系统扩展与配置。它有供扩展外部电路用的三总线结构DB,AB,CB,以方便构成各种应用系统。根据单片机网络系统、多机系统的特点专门开发出单片机串行总线。此外,还特别配置有传感器/人机对话、网络多通道等接口,以便构成网络和多机系统。

鉴于上述的8大特点,使得单片机得到了非常广泛的应用,包括单机应用和多机应用。各种产品一旦用上单片机,就能起到产品升级换代的功效,在产品名称前面加上“智能型”这一形容词。

单片机单机应用在智能化家用电器、智能化仪器仪表、智能化工业测控系统、通信产品、汽车电子产品、航空航天系统及军事国防等各行各业中。

单片机多机应用系统可分为功能弥散系统、并行多机处理系统以及局部网络系统等。

三、单片机的分类

单片机可以按以下几种情况进行分类。

(一)按用途分可分为通用型和专用型

所谓通用和专用是指单片机的应用范围,如MCS-51系列的80C51单片机,属于通用型,它不是专门给某个产品设计的,可以应用到任何自动控制的系统中去。通用型单片机的用途很广泛,使用不同的接口电路及编制不同的应用程序就可完成不同的功能。小到家用电器仪器仪表,大到机器设备和整套生产线都可用单片机来实现自动化控制。

专用型单片机是指用途比较专一,出厂时程序已经一次性固化好,不能再修改的单片机。例如,电子表里的单片机就是其中的一种,其生产成本很低。

(二)按总线结构可分为总线型和非总线型

总线型单片机是指单片机设有并行总线,例如,89C51单片机就是总线结构,在其内部设有数据总线、地址总线、控制总线。通过这些总线扩展并行外围器件。而非总线型单片机是指单片机通过串行口与外围器件连接,或直接把外围器件、外设接口集成在片内。例如,20引脚的89C2051单片机,就是一种非总线型的,其外部引脚与89C51相比减少了一半,这样可以降低成本。

(三)按指令结构可分为CISC单片机和精简指令RISC单片机

我们所熟悉的Intel系列CPU就是CISC的CPU典型代表。CISC就是“复杂指令系统计算机”的意思。随着大规模集成电路技术的发展,单片机的硬件成本不断下降,软件成本不断提高,使得指令系统增加了更多更复杂的指令,以提高操作系统的效率。另外,同一系列的新型机对其指令系统只能扩充而不能减去旧型机的任意一条,以达到程序兼容。这样一来,指令系统越来越复杂,有的单片机指令甚至达到数百条。人们就称这种单片机为CISC(Complex Instruction Set Computer)。如Intel公司的8086,80286,80386微处理器等。日益庞大的指令系统不仅使单片机研制周期变长,而且还有难以调试、难以维护等一些自身无法克服的缺点。

RISC是英文Reduced Instruction Set Computer的缩写,汉语意思为“精简指令系统计算机”。精简指令集RISC指令全部使用单字节指令,除了涉及PC值改变的指令外(如跳转指令等),其余都是单周期指令。这样可以提高软件的运行速度。例如,PIC系列单片机都是采用RISC指令。

(四)按内部程序存储器类型可分为OTPROM型/EPROM/EEPROM型/FLASH ROM型

单片机内部设有一定容量的程序存储器来存放软件指令,如容量不够可以进行外部扩展。片内的程序存储器的种类有以下几种:Mask ROM,OTPROM,EPROM,EEPROM和Flash ROM。其中Mask ROM和OTPROM只适用于成熟产品的大批量生产。而带可擦写的EPROM或Flash ROM的单片机适用于在开发阶段的初期产品或中小批量生产的产品。EPROM由于需要紫外线擦除,给用户带来了不便,采用电改写的EEPROM后,不需要紫外线擦抹,只需重新写入。特别是在常压5V下读写的EEPROM,即有静态RAM读写操作简便又有数据不会丢失的优点。因此,有的单片机将它作为片内RAM使用,甚至有的单片机将EEPROM用作片内通用寄存器。

(五)按兼容特性可分为不兼容型和兼容型两种

不兼容型单片机指令系统是为了使之具有较强的控制能力和控制效率而根据设计的需要重新设计的。如Intel公司的MCS-48,MCS-51,MCS-96系列单片机之间就不兼容。兼容型单片机的指令系统与原单片机系统基本相同,兼容型单片机在原来的通用型微处理器(CPU)的基础上扩展存储器、I/O接口等部件而成。PHILIPS公司的80C51及其派生产品、ATEML公司的AT89系列快闪存储型单片机等均与Intel公司的MCS-51单片机完全兼容,因其更为强大、更灵活的硬件功能而后来者居上。尤其是ATEML公司的AT89系列取代MCS-51单片机中的EPROM型产品的趋势更是显而易见。

四、单片机的发展历史

单片机自 1971 年诞生以来,其发展历史大致可分为以下 4 个阶段。

(一) 第一阶段(1971—1978 年)单片机探索阶段

这个阶段的单片机主要以 Intel 公司的 MCS-48 为代表,属于无串行口的低档 8 位单片机。MCS-48 的推出是在工业领域的探索,参与这一探索的公司还有 Motorola, Zilog 等,都取得了满意的效果。这就是 SCM 的诞生年代,“单片机”一词即由此而来。

(二) 第二阶段(1978—1982 年)单片机完善阶段

以 Intel 公司的 MCS-51, Motorola 公司 68HC05 为代表,属于 8 位单片机的高性能发展阶段,这个阶段的单片机均带有串行通信口,具有多级中断处理系统,定时器/计数器为 16 位,片内的 ROM, RAM 容量相对增大,增加了 A/D 转换功能。由于它的功能强大,具有很高的性价比,因而在我国得到广泛的应用。

(三) 第三阶段(1982—1990 年)8 位单片机向 16 位单片机过渡阶段

此阶段, Intel 公司推出了 16 位的 MCS-96 系列单片机,主振为 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/输出部件(HIS/HSO),实时处理能力很强。

(四) 第四阶段(1990 年至今)微控制器全面发展阶段

20 世纪 90 年代以后,单片机获得了飞速发展。各大电气、半导体制造商纷纷推出自己开发的产品,美国 Microchip 公司发布了一种完全不兼容 MCS-51 的新一代 PIC 系列单片机,引起业界的关注。随后更多的单片机蜂拥而至, MOTOROLA、Intel、ATMEL、TI、三菱、日立、飞利浦、LG 等公司相继开发了一大批性能优越的单片机产品。近年来,又有很多新型的高集成度的单片机产品涌现出来,出现了产品丰富多彩的局面。

尽管目前单片机的种类很多,但是在我国使用最多的是 Intel 公司的 MCS-51 单片机系列。MCS-51 系列是在 MCS-48 系列基础上于 20 世纪 80 年代初发展起来的,虽然它仍然是 8 位机,但因其具有微小的体积、低廉的成本、强大的功能等特点,还具有品种全、兼容性强及软、硬件资料丰富等优点,因此其在控制系统中得以广泛的应用,成为比 MCS-48 更重要的单片机系列品种,直到现在 MCS-51 系列仍为单片机应用的主流产品。

五、单片机的发展趋势

近年来单片机的发展趋势正朝着大容量高性能化、小容量低价格化、外围电路内装化、多品种化以及 I/O 接口功能的增强、功耗降低等方向发展。

(一) CPU 的发展

单片机内部 CPU 功能的增强集中体现在数据处理速度和精度的提高以及 I/O 处理能力的提高。通过其他 CPU 改进技术,如采用双 CPU 结构、增加数据总线宽度、采用流水线结构,来加快运算速度,提高处理能力等。

(二) 单片机大容量化

现在单片机片内存储器容量日益扩大。早期单片机片内 ROM 为 1~8KB,片内 RAM 为 64~256B,现在片内 ROM 可达 64KB,片内 RAM 可达 4KB,并具有掉电保护功能, I/O 接口

也无须外加扩展芯片。许多高性能的单片机不但扩大了内部存储器容量,而且扩大了 CPU 的寻址范围,提高了系统的扩展功能。随着单片机程序空间的扩大,单片机的空余空间可以嵌入实时操作系统 RTOS 等软件。这些将大大提高产品的开发效率和单片机的性能。

(三) 单片机内部的资源增多

现在很多单片机内部集成了一些常用的:I/O 接口电路(包括并行接口和串行接口、多路 A/D 转换器、定时器/计数器、定时输出和捕捉输入、系统故障监视器、DMA 通道、PWM、LED 和 LCD 驱动器,以及 D/A 输出电路等),大大减少了单片机的外接电路,从而减小了控制系统的体积,提高了工作的可靠性。

(四) 引脚的多功能化、发展串行总线

随着单片机内部资源的增多,所需的引脚也相应增加,为了减少引脚数量,单片机中普遍使用多功能引脚,即一个引脚具有几种功能供用户选择。单片机的扩展方式从并行总线发展出各种串行总线,并被工业界接受,形成一些工业标准,如 IIC(Inter Integrated Circuit)总线、CAN(Controller Area Network)总线、LISB(Universal Serial Bus)总线接口等。它们采用 3 条数据总线代替现行的 8 位数据总线,从而减少了单片机的引脚总数,降低了成本。

(五) 单片机低廉化、超微型化

为了适应各个领域的应用需要,单片机正在向多层次、多品种的纵深方向发展。价格低廉的 4 位、8 位机也是单片机的发展方向之一,其用途是把以往用数字逻辑电路组成的控制电路单片机化。同时,专用型的单片机将得到大力发展,专业单片机能最大限度地简化系统结构,提高可靠性,提高资源利用率,大批量使用,最能体现经济效益。

单片机的内部一般采用模块式结构,在内核 CPU 不变的情况下,根据应用目标的不同,增减一定的模块和引脚就可以得到一个新的产品,于是便出现了一种超微型化的单片机。这类单片机的体积小,价格低廉,特别适用于家用电器、玩具等领域的应用。

(六) 低功耗

目前,单片机普遍采用 CMOS 制造工艺,非 CMOS 工艺的单片机逐步被淘汰,同时增加了软件激发的空闲(等待)方式和掉电(停机)方式,极大地降低了单片机的功耗。低功耗的单片机能用电池供电,对于野外作业等领域的应用具有特殊意义。低功耗的技术措施可提高可靠性,降低工作电压,使抗噪声和抗干扰等各种性能全面提高。

(七) 单片机开发方式大为进步

现在单片机应用系统的开发方式走出了以功能实现为目标的初级阶段,进入全面解决系统可靠性的综合开发阶段,即从器件选择、硬件结构设计、电路板图设计、软件设计等各方面综合解决系统的可靠性。

另外,由于单片机片内 Flash ROM 的使用,替代了过去的片内掩膜 ROM,使得开发单片机应用不再需要仿真器。如今单片机的片内 Flash ROM 都可以在线编程,即在线写入、擦除、下载程序。Flash ROM 的写入、擦除次数可达 10 万次以上,故开发过程中可不必顾及寿命问题。在目标板的单片机中直接运行应用程序,是在真实的硬件环境下运行,比在使用仿真器的单片机上运行效果要真实得多。

(八) 多机与网络系统的支持技术日益成熟

近年来推出的网络系统总线体现了单片机现场控制网络总线的特点,它与芯片间串行

总线相配合,能灵活方便地构成各种规模的多机系统和网络系统。

六、单片机系统的一般组成

完整的单片机系统由两大部分组成:硬件部分和软件部分。

硬件系统是指构成单片机系统的物理实体和装置,单片机芯片包含微处理器 CPU、存储器、输入/输出及其他功能部件。例如,定时器/计数器、中断系统、A/D 转换、D/A 转换、串行口/并行接口等。它们都是通过地址总线、数据总线和控制总线连接起来的。单片机的内部结构示意图如图 1-1 所示。

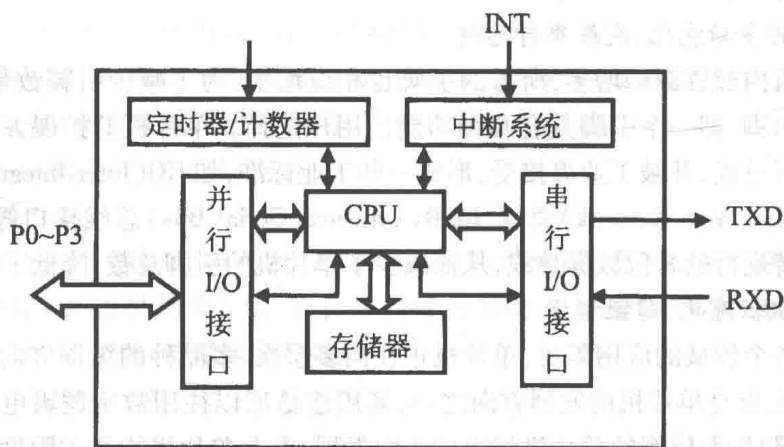


图 1-1 单片机的内部结构示意图

软件系统是指单片机系统所使用的各种程序的总体。软件的主体驻留在存储器中,人们通过它对整机进行控制并与单片机系统进行信息交换,单片机则按照人的意图完成预定的任务。

硬件系统和软件系统共同构成实用的单片机系统,两者相辅相成,缺一不可。

七、单片机应用系统

通常单片机是指芯片本身是由芯片制造商生产的。而单片机应用系统则是在单片机芯片的基础上扩展其他芯片或电路构成的具有应用功能的计算机系统。

单片机应用系统是以单片机为核心,配以输入、输出、显示、控制等外围电路和软件,能实现一种或多种控制功能的实用系统。本书的实训电路板就是一个单片机的应用系统,它除了有单片机芯片以外,还有许多的外围电路,再配以后续章节的一系列实训程序,可以完成很多功能。所以说,单片机应用系统是由硬件和软件组成,硬件是应用系统的基础,软件是在硬件的基础上对其资源进行合理调配和使用,从而完成应用系统所要求的任务,二者相互依赖,缺一不可,单片机应用系统的组成如图 1-2 所示。

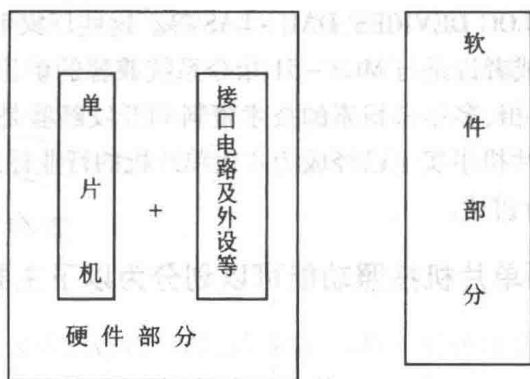


图 1-2 单片机应用系统的组成

八、单片机的应用领域

单片机在日常生活和工作中无处不在、无处不有：家用电器中的电子表、洗衣机、电饭煲、豆浆机、电子秤；住宅小区的监控系统、电梯智能化控制系统；汽车电子设备中的 ABS、GPS、ESP、TPMS；医用设备中的呼吸机、各种分析仪、监护仪、病床呼叫系统；公交汽车、地铁站的 IC 卡读卡机、滚动显示车次和时间的 LED 点阵显示屏；计算机的外围设备，如键盘、鼠标、光驱、打印机、复印件、传真机、调制解调器；计算机网络的通信设备；智能化仪表中的万用表、示波器、逻辑分析仪；工厂流水线的智能化管理系统，成套设备中关键工作点的分布式监控系统；导弹的导航装置，飞机上的各种仪表等。有资料表明，2007 年全球单片机的产值达到 151 亿美元，我国单片机的销售额达到 400 亿元人民币，我国每年单片机的需求量达 50 亿~60 亿片，是全球单片机的最大市场。可以说单片机已经渗透我们生活的各个领域。

九、单片机与嵌入式系统

所谓嵌入式系统，就是嵌入对象体系中的专用计算机系统。“嵌入性”“专用性”与“计算机系统”是嵌入式系统的三个基本要素。对象体系则是指嵌入式系统所嵌入的宿主系统。按照上述嵌入式系统的定义，只要满足定义中三要素的计算机系统，都可称为嵌入式系统。嵌入式系统按形态可分为设备级（工控机）、板级（单板、模块）、芯片级（MCU、SOC）。单片机是嵌入式系统使用的一种核心元件。

嵌入式系统是现代计算机的两大分支之一，另一大分支是通用计算机，通用计算机的代表性产品是台式计算机。这两大计算机分支的发展方向不同：通用计算机的发展方向是总线速度的无限提升，存储容量的无限扩大，嵌入式系统的发展方向是体积更小、控制能力与控制的可靠性更高。

第二节 MCS-51 系列单片机及其主要类型

MCS-51 系列单片机指的是 Intel 公司生产的一个系列的单片机的总称。20 世纪 80 年代中期以后，由于 Intel 公司将重点放在高档微处理器芯片的开发上，所以将其 MCS-51 系列中的 80C51 内核使用权以专利互换或出售的形式转让给了全世界许多著名 IC 设计厂商，

如 AMTEL、PHILIPS、ANALOG DEVICES、DAL - LAS 等。这些厂家生产的单片机是 MCS - 51 系列单片机的兼容产品,或者说是与 MCS - 51 指令系统兼容的单片机。MCS - 51 系列单片机是商业化的单片机的鼻祖,多年来积累的技术资料和开发经验是其他系列单片机所不能比拟的,MCS - 51 系列单片机事实上已经成为 8 位单片机的行业标准。所以,本书以 MCS - 51 系列单片机为对象进行讲述。

一、MCS - 51 系列单片机按照功能可以划分为以下主要类型

(一)基本型

基本型主要包括 8031、8051 和 8751 等通用产品,其基本特性如下:

- (1) 8 位 CPU;
- (2) 4KB 片内程序存储器(ROM);
- (3) 128B 的片内数据存储器(RAM);
- (4) 32 条并行 I/O 口线;
- (5) 21 个专用寄存器;
- (6) 2 个可编程定时/计数器;
- (7) 5 个中断源,2 个优先级;
- (8) 一个全双工串行通信口;
- (9) 外部数据存储器寻址空间为 64KB;
- (10) 外部程序存储器寻址空间为 64KB;
- (11) 逻辑操作位寻址功能;
- (12) 一个片内时钟振荡器和时钟电路;
- (13) 单一 +5V 电源供电。

(二)增强型

增强型有 8052、8032、8752、89C52、89S52 等。这些单片机内部的 ROM、RAM 容量比基本型增大了一倍,同时定时器增为 3 个。87C54 内部 ROM 为 16KB,87C58 增加到 32KB。另外,诸如中断源、A/D、SPI、IIC 接口等也越来越多地集成到了 MCS - 51 单片机中。

(三)低功耗型

低功耗型有 80C5X、80C3X、87C5X、89C5X 等。型号中的“C”字样的单片机采用 CHMOS 工艺,特点是低功耗。

(四)ISP 型

ISP(In System Programming),在线编程,是 Lattice 半导体公司首先提出来的一种让我们能在产品设计、制造过程中的每个环节,甚至在产品卖给最终用户以后,具有对其器件、电路板或整个电子系统的逻辑和功能随时进行重组或重新编程的技术。具有代表性的产品有 ATMEI 公司的 AT89S51、AT89S52 等 S 系列的产品。

(五)IAP 型

IAP(In Application Program),即在应用中可编程。就是在系统运行的过程中动态编程,这种编程是对程序执行代码的动态修改,而且无须借助于任何外部力量,也无须进行任何机械操作。这一点有别于 ISP。一般来说,ISP 在进行加载程序以前,需要设置某些功能引脚,

迫使 IC 转入自举状态。而 IAP 则不需要做硬件上的任何动作,只要有合法的数据来源。数据源既可以是内部程序运行的结果,也可以来自 UART、I/O 口或者总线。IAP 不仅提供现场或者远程软件修改升级,也可以把它理解成 idate、pdate 或者 xdate,替代 12C 之类的外部 E2PROM,存储并加密数据。典型芯片如 SST 公司开发的 C51 系列单片机:SST89C54/58。

二、单片机的主要类型

(一) Motorola 单片机

Motorola 是世界上最大的单片机厂商,品种全、其特点是选择余地大、新产品多。在 8 位机方面有 68HC05 和升级产品 68HC08。68HC05 有 30 多个系列,200 多个品种,产量已超过 20 亿片。16 位机 68HC16 也有十多个品种。32 位单片机的 683xx 系列也有几十个品种。Motorola 单片机特点之一是在同样速度下所用的时钟频率较 Intel 类单片机低得多,因而使得高频噪声低、抗干扰能力强,更适用于工业控制领域及恶劣的环境。

(二) Microchip 单片机

由美国 Microchip 公司推出的 PIC 单片机系列产品,已有三种系列多种型号的产品问世,从计算机的外围设备、家电控制、电信通信、智能仪器、汽车电子到金融电子的各个领域都得到广泛的应用。它的主要产品是 16C 系列 8 位单片机,CPU 采用 RISC 结构,仅 33 条指令,其高速度、低电压、低功耗、大电流 LCD 驱动能力和低价位 OTP 技术等都体现出单片机产业的发展新趋势。且以低价位著称,一般单片机价格都在一美元以下。Microchip 单片机没有掩膜产品,大都是 OTP(一次性可编程)器件,近年已推出 Flash 型单片机。Microchip 强调节约成本的最优化设计、使用量大、档次低、价格敏感的产品。

(三) AVR 单片机

AVR 单片机是 1997 年由 Atmel 公司研发出的增强型内置 Flash 的精简指令集高速 8 位单片机。AVR 单片机具有这样一些特点,例如,运行速度快;芯片内部的 Flash、EEPROM、SRAM 容量较大并且全部支持在线编程编写(ISP);上电自动复位;每个 I/O 口都可以以推挽驱动的方式输出高、低电平,驱动能力强;内部资源丰富等。目前,支持 AVR 单片机编译器的语言主要有汇编语言、C 语言、BASIC 语言等。

第三节 单片机的开发与学习

一、单片机应用系统的构建

下面以一个家用多功能定时器的设计为例,介绍单片机系统的构建方法。

(一) 家用多功能定时器的设计要求

下面是一个带语音提示的家用电多功能定时器的主要功能和技术要求:

(1) 能够预置并存储 16 个定时时间;

(2) 定时时间 1 s ~ 24 h,定时误差小于 10 ms;

(3) 用数码管显示预置时间及剩余时间的时、分、秒;

(4) 具有语音和数码显示两种时间到的提示方式;

- (5)用按键预置定时时间;
- (6)有“时间到”开关量输出功能。

(二)系统框图及系统工作流程

1. 系统框图

如果用传统的电路实现该多功能定时器,则需要时基电路、定时计数器、显示及其控制电路、键盘扫描电路、语音控制电路、存储器及控制电路,以及输出控制电路等等,整个系统会比较复杂。用单片机来设计则电路就简单多了。该定时器所需的时基电路、定时计数器、显示控制电路、键盘扫描电路、语音控制电路、存储器及控制电路、输出控制电路,全部可以用一片单片机取代。如图 1-3 所示为用单片机实现的带语音提示功能的家用多功能定时器系统框图。从该框图看,除了单片机外,只需要加显示器、键盘、语音芯片及驱动电路等就可以了。该电路非常简单,用单片机实现的带语音提醒的家用多功能定时器其实并不简单,因为还要考虑如何使该系统按预定的工作流程工作。

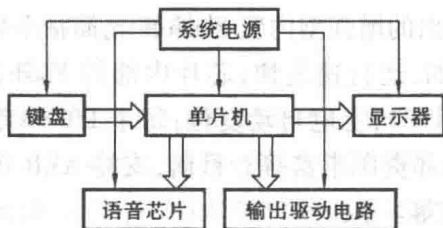


图 1-3 家用多功能定时器系统框图

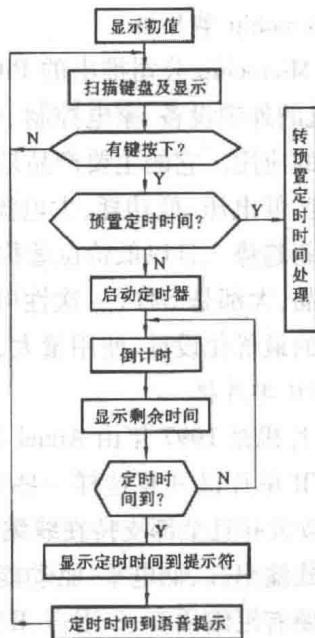


图 1-4 家用定时器工作流程

2. 系统工作流程

根据系统的设计要求,可得其主要工作流程如图 1-4 所示。关于预置定时时间的工作流程,此处不做进一步介绍。在这个系统中,所有的工作都是受单片机控制的。那么,单片机又是怎样使得系统能够按照如图 1-4 所示的工作流程去工作的呢?

实际上,尽管单片机内部集成有诸如 ADC、DAC、I/O 接口、定时计数器、电压比较器、EEPROM 存储器、PWM、DMA 等众多的电路,以及各类通信总线,但是如果在它的程序存储器里没有程序,则各功能部件将根本不能运作,更不要说协调一致地按规定流程去工作了,即没有程序的单片机无任何功能。

具体到单片机控制的家用多功能定时器,除了在进行硬件设计时要弄清系统对硬件资源的要求,如内部资源能够满足其要求的单片机等外,还要编制一个应用程序:先将单片机内部的相关资源,如定时计数器、I/O 接口等进行整合(此过程称为初始化);再用一条条按

系统工作流程要求顺序排列组合的语句(即单片机能够识别的命令)控制各个功能部件去执行相关的操作,如从接有按键的 I/O 接口读取按键信息,根据按键的情况,或向接有显示器的 I/O 接口输送显示数据,或启动片内的定时计数器工作……可见,正确地编写程序,是确保应用系统按工作流程工作的至关重要的一环。

二、单片机产品的设计过程

如图 1-5 所示为单片机系统设计的流程。初学者对单片机系统设计中需涉及的软件及硬件功能分配、硬件电路设计、软件设计、软件调试、软件与硬件联调、开发工具、程序固化等,都应非常熟悉。

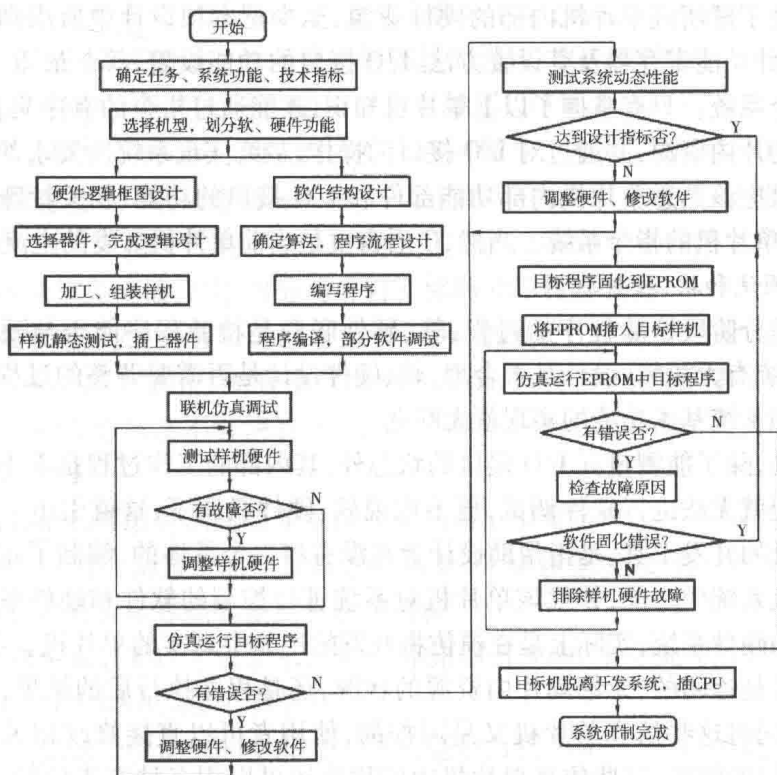


图 1-5 单片机系统设计流程

(一) 软件及硬件功能分配

在单片机系统中,实现系统功能的方式有用软件实现和用硬件实现两种。在明确了系统的要求以后,必须对软件和硬件进行功能分配。通常,对速度要求较高的功能多用硬件实现,而对速度要求不高的则尽量用软件实现。此外,软、硬件各自实现哪些功能还与系统对成本的要求、开发工具的支持情况,以及设计者本人对单片机的资源配备情况的熟悉程度有关。

具体到上述家用多功能定时器,由于其本身对速度的要求很低,且属于家用型产品,应当尽量降低造价,应按凡是用软件能够实现的功能,就不用硬件来实现的原则进行功能分配。

进行软、硬件功能分配时,要求熟悉各种单片机的片内资源。