



教育部高等职业教育示范专业规划教材
(电气工程及其自动化类专业)

单片机系统设计 与制作

倪志莲 主编



 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS

赠电子课件、模拟
试卷及习题解答等

教育部高等职业教育示范专业规划教材
(电气工程及自动化类专业)

单片机系统设计与制作

主 编 倪志莲
副主编 彭雪峰 孙旭日
参 编 周新妹 游 芳 宋耀华



机械工业出版社

本书以 AT89S51 单片机为例,通过流水灯的设计与制作、秒表的设计与制作、密码锁的设计与制作、音乐播放器的设计与制作、双机通信系统的设计与制作、数字电压表的设计与制作、低频信号发生器的设计与制作、数字温度计的设计与制作 8 个任务贯穿了单片机最小系统、内部资源及外部扩展等核心知识点。每章包含一个相对独立的知识点,并将设计、制作及调试的工作过程与相关知识点融合,充分展示了“教、学、做一体化”的教学理念。本书注重单片机开发过程中的技能训练,所有任务均提供了硬件电路图和元器件清单,所有程序均采用汇编语言与 C51 语言对照的方式来编写,方便读者自学。

本书可作为高职高专院校电气工程及自动化类、电子类、通信类及计算机类专业的教材,也可作为从事单片机开发的工程技术人员的培训教材,还可供电子设计爱好者初学单片机时参考。

为方便教学,本书配有免费电子课件、习题解答、模拟试卷、教学开发板的 PCB 图及元器件清单等,凡选用本书作为教材的学校,均可来电索取。咨询电话:010-88379758;电子邮箱:wangzongf@163.com。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机系统设计与制作/倪志莲主编. —北京:机械工业出版社,2012.8
教育部高等职业教育示范专业规划教材(电气工程及自动化类专业)
ISBN 978-7-111-39247-7

I. ①单… II. ①倪… III. ①单片微型计算机—系统设计—高等职业教育—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 170869 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:王宗锋 责任编辑:王宗锋 苑文环

版式设计:霍永明 责任校对:张 媛

封面设计:鞠 杨 责任印制:乔 宇

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2012 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·18.25 印张·451 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-39247-7

定价:35.00 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

前 言

自 20 世纪 70 年代以来,单片机在工业测控、仪器仪表、航空航天及家用电器等领域的应用越来越广泛,其功能也越来越完善。由单片机及各种微处理器、DSP 所构成的嵌入式系统设计已成为电子技术产业发展的一项重要内容。

随着高职高专课程教学思想的变革,传统的单片机教学“重理论,轻实践,教、学、做分离”的模式已不能适应当前高技能人才培养的要求。为了配合“教、学、做一体化”课程教学模式改革的需求,共享单片机课程改革的丰富成果,特编写了本教材。

本书按照“由浅入深、由易到难”的原则,将各部分知识分解成一个个知识点,采用了“任务驱动”的教学模式,每一章为一个教学单元,包含一个完整的工作任务,将完成这个工作任务所需的理论知识包含在其中,每个工作任务按设计、制作及调试的工作过程编写,并附有完整的硬件电路图、元器件清单及参考程序等。为了充分调动学生的学习积极性,提高学生的学习兴趣,在每个任务的最后都设计有“改进与提高”环节,使学生可以在完成基本教学任务的同时,有进一步发挥的空间,满足了不同层次学生学习的需要。通过本书的学习,可以使學生领悟知识,掌握技能,理解思路,学会应用,真正体现了高职高专教育“教、学、做一体化”的教学理念。

本书内容丰富实用,包含单片机最小系统、数码管显示电路及应用、键盘电路及应用、中断与定时/计数器的应用、串行通信的应用、A-D 转换器的应用、D-A 转换器的应用及串行总线扩展技术的应用等 8 章,依次包含了流水灯的设计与制作、秒表的设计与制作、密码锁的设计与制作、音乐播放器的设计与制作、双机通信系统的设计与制作、数字电压表的设计与制作、低频信号发生器的设计与制作、数字温度计的设计与制作共 8 个任务。这 8 个任务既相互独立,又相互关联。通过 8 个任务的学习,可以使學生较为全面地掌握单片机的基础知识及各项技能。

本书中的程序采用汇编语言和 C51 语言对照编写,既可满足传统单片机以汇编语言为主的教学方式,也可满足以 C51 语言为主的教学方式。其中,C51 语言以“必需、够用”为原则,以单片机开发中常用的 C51 语言编程知识为主线讲解。

本书所有任务的制作无须指定厂家硬件设备支持,均可自行购买电路板及元器件独立完成。为方便读者制作,本书提供了硬件教学开发板的 PCB 图及元器件清单,可免费索取。

由于软件原因,本书中部分元器件符号采用的是非国标符号,具体对应关系请参考有关资料,特提醒读者注意。

本书由倪志莲任主编并统稿,彭雪峰、孙旭日任副主编,参加编写的还有周新妹、游芳和宋耀华。其中,倪志莲编写绪论及第 8 章;彭雪峰编写第 1 章和第 2 章;孙旭日编写第 4 章和第 5 章;宋耀华编写第 3 章;周新妹编写第 6 章;游芳编写第 7 章和附录。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

绪论	1
0.1 单片机概述	1
0.1.1 嵌入式系统与单片机	1
0.1.2 单片机的发展趋势	2
0.1.3 单片机的主要产品	3
0.1.4 单片机的应用领域	8
0.2 单片机系统设计与制作的工作过程	9
0.2.1 典型的单片机系统设计与制作 工作流程	9
0.2.2 应用系统硬件的设计方法	10
0.2.3 应用系统软件的设计方法	11
0.2.4 应用系统的调试方法	12
第1章 单片机最小系统	14
1.1 AT89S51 单片机的结构及工作过程	14
1.1.1 AT89S51 单片机的封装及引脚	14
1.1.2 单片机的内部结构及主要功能	16
1.1.3 单片机的工作过程	18
1.2 AT89S51 单片机的存储结构	19
1.2.1 程序存储器	19
1.2.2 数据存储器	20
1.3 单片机最小系统的构成	24
1.3.1 时钟电路	24
1.3.2 复位电路	25
1.4 单片机汇编语言基础	25
1.4.1 AT89S51 单片机的指令系统简 介	27
1.4.2 伪指令 ORG 和 END	28
1.4.3 通用数据传送指令 MOV	29
1.4.4 常用程序控制指令——跳转及 调用返回指令	31
1.4.5 移位指令	34
1.4.6 位清零与置位指令	35
1.5 单片机的 C 语言——C51 基础	35
1.5.1 C51 程序简介	35
1.5.2 C51 中的基本数据类型	37
1.5.3 C51 的变量定义	39

1.6 单片机 I/O 口的输出驱动控制	40
1.7 流水灯的设计与制作	43
1.7.1 工作任务	43
1.7.2 流水灯硬件制作	43
1.7.3 流水灯的软件设计	46
1.7.4 流水灯的系统调试	48
1.7.5 改进与提高	58
习题	59
第2章 数码管显示电路及应用	60
2.1 LED 数码管简介	60
2.1.1 LED 数码管的类型	60
2.1.2 LED 数码管的字形码	61
2.2 LED 数码管的显示方式	61
2.2.1 静态显示	62
2.2.2 动态显示	62
2.3 汇编语言进阶	63
2.3.1 算术及逻辑运算指令	63
2.3.2 数据交换指令	67
2.3.3 定义数据空间伪指令 DB、DW、 DS 与查表指令 MOVC	68
2.4 C51 的运算符、表达式及常用语句	71
2.4.1 C51 的运算符和表达式	71
2.4.2 C51 的常用控制语句——选择语 句和循环语句	73
2.5 LED 数码管显示程序设计	77
2.5.1 数码管动态显示汇编程序设计	78
2.5.2 数组与数码管动态显示的 C51 程序设计	79
2.6 点阵与液晶显示器	81
2.6.1 8×8 点阵屏	81
2.6.2 LCD1602 液晶显示器	85
2.7 秒表的设计与制作	91
2.7.1 工作任务	91
2.7.2 秒表硬件电路的设计与制作	92
2.7.3 秒表的软件设计	93
2.7.4 秒表的系统调试	97
2.7.5 改进与提高	98

习题	98	5.1 串行通信基础	159
第3章 键盘电路及应用	100	5.1.1 串行通信的基本概念	159
3.1 键盘及分类	100	5.1.2 串行通信的总线标准	162
3.1.1 按键简介	100	5.2 AT89S51 单片机的串行口	165
3.1.2 键盘的类型	100	5.2.1 串行口的结构及相关寄存器	165
3.1.3 键盘的消抖	101	5.2.2 串行口的工作方式	166
3.2 键盘汇编程序设计	102	5.3 串行通信的程序设计	171
3.2.1 赋值伪指令 EQU 和 DATA	102	5.3.1 串行口的初始化编程	171
3.2.2 位条件转移指令	102	5.3.2 发送和接收程序设计	172
3.2.3 堆栈指令	103	5.4 双机通信系统的设计与制作	182
3.2.4 键盘的汇编语言设计实例	104	5.4.1 工作任务	182
3.3 键盘的 C51 程序设计	107	5.4.2 双机通信系统硬件制作	182
3.3.1 switch/case 语句	107	5.4.3 双机通信系统软件设计	184
3.3.2 键盘的 C51 程序设计实例	108	5.4.4 双机通信系统调试	187
3.4 密码锁的设计与制作	112	5.4.5 改进与提高	188
3.4.1 工作任务	112	习题	188
3.4.2 密码锁的硬件制作	112	第6章 A-D 转换器的应用	190
3.4.3 密码锁的软件设计	114	6.1 A-D 转换的基本知识	190
3.4.4 密码锁的系统调试	126	6.1.1 A-D 转换的过程	190
3.4.5 改进与提高	129	6.1.2 A-D 转换器的主要技术指标	191
习题	129	6.2 8 位 A-D 转换器 ADC0809	192
第4章 中断与定时/计数器的应用	130	6.3 单片机与 A-D 转换器接口电路	193
4.1 AT89S51 单片机的中断系统	130	6.3.1 单片机的总线结构	193
4.1.1 中断的基本概念	130	6.3.2 单片机与 A-D 转换器的接 口	196
4.1.2 中断源与中断请求标志	131	6.4 单片机与 A-D 转换器接口程序 设计	197
4.1.3 中断控制	133	6.4.1 MOVX 指令与 A-D 转换器 接口的汇编语言程序设计	197
4.1.4 中断响应	135	6.4.2 指针与 A-D 转换器接口的 C51 程序设计	198
4.1.5 中断程序设计	136	6.5 数字电压表的设计与制作	200
4.2 AT89S51 单片机的定时/计数器	140	6.5.1 工作任务	200
4.2.1 定时/计数器的结构	140	6.5.2 数字电压表的硬件制作	200
4.2.2 定时/计数器的控制	140	6.5.3 数字电压表的软件设计	202
4.2.3 定时/计数器的工作方式	142	6.5.4 数字电压表的系统调试	208
4.2.4 定时/计数器初值的计算	142	6.5.5 改进与提高	209
4.2.5 定时/计数器的程序设计	143	习题	209
4.3 音乐播放器的设计与制作	150	第7章 D-A 转换器的应用	211
4.3.1 工作任务	150	7.1 D-A 转换的基本知识	211
4.3.2 音乐播放器的硬件制作	151	7.1.1 D-A 转换的工作原理	211
4.3.3 音乐播放器的软件设计	152	7.1.2 D-A 转换器的性能指标	212
4.3.4 音乐播放器的系统调试	156	7.2 8 位 D-A 转换器 DAC0832	212
4.3.5 改进与提高	157		
习题	157		
第5章 串行通信的应用	159		

7.2.1 DAC0832 的内部结构及引脚	212	8.2.1 SPI 总线概述	241
7.2.2 DAC0832 的工作方式	213	8.2.2 串行 A-D 转换器 TLC549	242
7.2.3 DAC0832 的输出方式	213	8.2.3 串行 D-A 转换器 TLC5615	248
7.3 单片机与 D-A 转换器接口电路及 程序设计	214	8.3 单总线的应用	252
7.3.1 单缓冲工作方式	214	8.3.1 单总线简介	252
7.3.2 双缓冲工作方式	215	8.3.2 DS18B20 的引脚及硬件连接	253
7.4 低频信号发生器的设计与制作	216	8.3.3 DS18B20 的工作原理及使用 方法	254
7.4.1 工作任务	216	8.4 数字温度计的设计与制作	259
7.4.2 低频信号发生器的硬件制作	217	8.4.1 工作任务	259
7.4.3 低频信号发生器的软件设计	218	8.4.2 数字温度计的硬件制作	259
7.4.4 低频信号发生器的系统调试	226	8.4.3 数字温度计的软件设计	261
7.4.5 改进与提高	228	8.4.4 数字温度计的系统调试	275
习题	228	8.4.5 改进与提高	276
第 8 章 串行总线扩展技术的应用	230	习题	276
8.1 I ² C 总线的应用	230	附录	277
8.1.1 I ² C 总线概述	230	附录 A ASCII 码表	277
8.1.2 AT24CXX 系列存储器的使用	231	附录 B MCS-51 系列单片机指令表	278
8.1.3 AT24CXX 系列存储器的接口 电路与编程	234	附录 C C51 关键字	281
8.2 SPI 总线的应用	241	附录 D 常用芯片引脚	283
		参考文献	285

绪 论

0.1 单片机概述

0.1.1 嵌入式系统与单片机

自 1946 年计算机诞生以来,它始终是用于实现数值计算的大型设备。直到 20 世纪 70 年代,微处理器的出现才使得计算机技术的发展有了历史性的变化。人们以应用为中心,将微型机嵌入到一个应用对象体系中,以实现应用对象智能化控制的要求。这样的计算机有别于通用的计算机系统,它失去了通用计算机的标准形态和功能。这种以应用为中心,以计算机技术为基础,软硬件可裁剪,针对具体应用系统,对功能、可靠性、成本、体积及功耗都有严格要求的专用计算机系统,被称为嵌入式系统。

由于嵌入式计算机系统要嵌入到应用对象体系中,实现的是应用对象的智能化控制,因此它有着与通用计算机系统完全不同的技术要求与技术发展方向。通用计算机的微处理器迅速从 286、386、486 发展到奔腾系列,操作系统则迅速扩展计算机基于高速海量的数据文件处理能力,使通用计算机系统进入到逐步完善阶段。而嵌入式计算机系统则走上了芯片化道路,它完全按照嵌入式应用要求设计全新的体系结构、微处理器、指令系统、总线方式及管理模式,将计算机做在一个芯片上,这就是嵌入式系统独立发展的单片机时代。随着微电子工艺水平的提高,其后发展的产品——DSP 迅速提升了嵌入式系统的技术水平,使嵌入式系统无处不在。

如今,嵌入式系统几乎包括了生活中的所有电器及设备,如掌上 PDA、移动计算设备、电视机顶盒、手机、数字电视、多媒体、汽车、微波炉、数字相机、家庭自动化系统、电梯、空调、安全系统、自动售货机、蜂窝式电话、工业自动化仪表与医疗仪器等。

简单地说,一个嵌入式系统就是一个硬件和软件的集合体。硬件包括嵌入式处理器、存储器及外设器件、输入/输出端口及图形控制器等,软件部件包括操作系统软件和应用程序。

嵌入式系统的核心就是嵌入式处理器。嵌入式处理器对实时和多任务有很强的支持能力、对存储区有很强的保护功能、具有可扩展的处理器结构及低功耗等特点。据不完全统计,目前全世界嵌入式处理器的品种总量已经超过 1000 种,流行的体系结构有 30 多个系列。其中,8051 系列占多半,生产这种单片机的半导体厂家有 20 多个,共 350 多种衍生产品,仅 Philips 就有近 100 种。目前,几乎每个半导体制造商都生产嵌入式处理器。

嵌入式处理器可分成下面几类。

(1) 嵌入式微处理器 (Embedded Microprocessor Unit, EMPU) 嵌入式微处理器采用增强型通用微处理器,对工作温度、电磁兼容性 & 可靠性方面的要求较高,在功能方面与标准的微处理器基本上是一样的。嵌入式微处理器组成的系统是将嵌入式微处理器及其存储器、

总线、外设等安装在一块电路主板上，具有体积小、重量轻、成本低及可靠性高的优点，但系统的技术保密性较差。目前主要有 Am186/88、386EX、SC-400、Power PC、68000、MIPS 及 ARM 系列等。

(2) 嵌入式微控制器 (Micro Controller Unit, MCU) 嵌入式微控制器又称单片机，它是将整个计算机系统集成到一块芯片中。嵌入式微控制器一般以某种微处理器内核为核心，根据某些典型的应用，在芯片内部集成了 ROM/EPROM、RAM、总线、总线逻辑、定时/计数器、看门狗、I/O 口、串行口、脉宽调制输出、A-D 转换器、D-A 转换器、FLASH RAM 及 E²PROM 等各种必要的功能部件和外设。为适应不同的应用需求，对功能的设置和外设的配置进行必要的修改和裁减定制。和嵌入式微处理器相比，嵌入式微控制器使应用系统的体积大大减小，功耗和成本大幅下降，可靠性大大提高。这使得嵌入式微控制器成为嵌入式系统应用的主流。目前，MCU 约占嵌入式系统市场份额的 70%，最典型的就是 MCS-51、96 系列产品，Motorola MC68 系列产品和 Microchip 公司的 PIC 系列产品。

(3) 嵌入式 DSP 处理器 (Embedded Digital Signal Processor, EDSP) 由于实际应用中对数字信号进行处理的要求，使 DSP 算法被大量应用于嵌入式系统。DSP 的应用从在通用单片机中以普通指令实现 DSP 功能过渡到采用嵌入式 DSP 处理器。嵌入式 DSP 处理器在系统结构和指令等方面进行了特殊设计，使之更适合用于运算量较大，特别是向量运算、指针线性寻址等较多的场合。嵌入式 DSP 处理器比较有代表性的产品是 TI 公司的 TMS320 系列和 Motorola 公司的 DSP56000 系列。

(4) 嵌入式片上系统 (System on Chip, SoC) 随着 EDA 的推广和 VLSI 设计的普及化，以及半导体工艺的迅速发展，用户可以在一块硅片上实现一个复杂的系统，这就产生了 SoC 技术。除了某些无法集成的器件以外，整个嵌入式系统大部分均可集成到一块或几块芯片中，这使得应用系统电路板变得很简单，对于减小整个应用系统体积和功耗及提高可靠性非常有利。嵌入式片上系统可以分为通用和专用两类。通用系列包括 Infineon (Siemens) 公司的 TriCore，Motorola 公司的 M-Core 及 Echelon 公司和 Motorola 公司联合研制的 Neuron 芯片等。专用嵌入式片上系统代表性的产品是 Philips 公司的 Smart XA。

0.1.2 单片机的发展趋势

单片机的应用面极广，发展速度很快，其发展大致经历了三个历史阶段。

1) 1974 ~ 1978 年，为单片机芯片化阶段。第一代单片机始于 1974 年，以 Intel 公司的 MCS-48 系列为代表，其特点是专门的结构设计。单片机在片内集成了 8 位 CPU、并行 I/O 端口、8 位定时/计数器、RAM 及 ROM 等，其特点是资源少、无软件，只能保证基本的控制功能。

2) 1978 ~ 1983 年，为单片机完善阶段。以 Intel 公司的 MCS-51 系列为代表，其技术特点是具有完善的总线结构，包括 8 位数据总线、16 位地址总线及相应的控制总线组成的三总线结构及串行总线；具有强大的指令系统，其中大量的位操作指令与片内位地址空间构成了单片机独有的布尔操作系统，建立了计算机外围功能电路的 SFR 集中管理模式；具有多级中断处理、16 位定时/计数器及较大的片内 RAM 和 ROM 容量，有的单片机内部还带有 A-D 转换接口。这一代单片机真正开创了单片机作为微控制器的发展道路。

3) 1983 年至今，为单片机向微控制器过渡阶段。在这一时期，一方面不断完善高档 8

位单片机,另一方面发展 16 位单片机及专用单片机;将许多测控系统中所使用的电路技术、接口技术及可靠性技术应用于单片机中,如程序运行监视器(WDT)、脉冲宽度调制器(PWM)、高速 I/O 口及 D-A/A-D 转换器等;将这些满足嵌入式应用要求的外围扩展加入到芯片内部,使单片机内部的外围功能电路得到增强,使其更符合智能控制器的特征;同时加强了各种总线扩展技术,如 SPI、I²C 及 CAN 等总线接口,以及电源管理功能等。

单片机在目前的发展形势下,表现出以下几大趋势:

- 1) 采用多核 CPU 提高处理能力。
- 2) 加大存储容量,采用新型存储器方便用户擦写程序及数据,加强程序的保密措施。
- 3) 提高并行口的驱动能力,以减少外围驱动芯片。将外围芯片内装,外围扩展以串行方式为主。
- 4) 通信和联网功能不断加强。
- 5) 集成度不断提高,功耗越来越低,电源电压范围加宽。

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,最终人们可能发现,单片机与微机系统之间的距离越来越小,甚至难以辨认。

0.1.3 单片机的主要产品

随着集成电路的飞速发展,单片机从问世到现在发展迅猛,拥有众多的系列、各种各样的机种。根据控制单元设计方式与所采用技术的不同,可将目前市场上的单片机分为两大类型:复杂指令集(CISC)和精简指令集(RISC)。采用 CISC 结构的单片机数据线和指令线分时复用,指令丰富,功能较强,但取指令和取数据不能同时进行,速度受限,且价格高。采用 RISC 结构的单片机数据线和指令线分离,即所谓的哈佛结构,这使得取指令和取数据可同时进行,执行效率更高,速度更快。

属于 CISC 结构的单片机有 Intel 公司的 MCS-51/96 系列、Motorola 公司的 M68HC 系列、Atmel 公司的 AT89 系列、台湾 Winbond(华邦)公司的 W78 系列及荷兰 Philips 公司的 PCF80C51 系列等;属于 RISC 结构的有 Microchip 公司的 PIC16C5X/6X/7X/8X 系列、Zilog 公司的 Z86 系列及 Atmel 公司的 AT90S 系列等。一般来说,控制关系较简单的小家电,可以采用 RISC 型单片机;控制关系较复杂的场合,如通信产品、工业控制系统则应采用 CISC 型单片机。

各类单片机的指令系统各不相同,功能也各有所长,其中最具代表性的当属 Intel 公司的 8051 系列单片机。世界上的许多知名厂商都生产与 8051 兼容的芯片,如 Philips、Siemens、Dallas、Atmel 等公司,通常把这些公司生产的与 8051 兼容的单片机芯片统称为 MCS-51 系列。特别是在近年来,MCS-51 系列又推出了一些新产品,主要是改善单片机的控制功能,如内部集成了高速 I/O 口、ADC、PWM 和 WDT 等,以及低电压、低功耗、电磁兼容、串行扩展总线和控制网络总线性能等。由于 MCS-51 系列单片机应用广泛且功能不断完善,因此成为单片机初学者的首选机型。

现对国际上较大的单片机公司以及产品销量大、发展前景看好的各系列 8 位单片机做如下介绍。

1. Intel 公司 MCS-51 系列单片机

Intel 公司的 MCS-51 系列单片机的型号及性能指标见表 0-1。

表 0-1 MCS-51 系列单片机的型号及性能指标

公 司	型 号	片内存储器		I/O 口线	串行口	中 断 源	定 时 器	看 门 狗	工 作 频 率	A-D 通道/ 位数	引脚 与 封装
		ROM、EPROM 或 FLASH	RAM /B								
Intel	80(C)31	—	128	32	UART	5	2	N	24	—	40
	80(C)51	4KB ROM	128	32	UART	5	2	N	24	—	40
	87(C)51	4KB EPROM	128	32	UART	5	2	N	24	—	40
	80(C)32	—	256	32	UART	6	3	Y	24	—	40
	80(C)52	8KB ROM	256	32	UART	6	3	Y	24	—	40
	87(C)52	8KB EPROM	256	32	UART	6	3	Y	24	—	40
Atmel	AT89C51	4KB FLASH	128	32	UART	5	2	N	24	—	40
	AT89C52	8KB FLASH	256	32	UART	6	3	N	24	—	40
	AT89C1051	1KB FLASH	64	15	—	2	1	N	24	—	20
	AT89C2051	2KB FLASH	128	15	UART	5	2	N	25	—	20
	AT89C4051	4KB FLASH	128	15	UART	5	2	N	26	—	20
	AT89S51	4KB FLASH	128	32	UART	5	2	Y	33	—	40
	AT89S52	8KB FLASH	256	32	UART	6	3	Y	33	—	40
	AT89S53	12KB FLASH	256	32	UART	6	3	Y	24	—	40
	AT89LV51	4KB FLASH	128	32	UART	6	2	N	16	—	40
	AT89LV52	8KB FLASH	256	32	UART	8	3	N	16	—	40
Philips	P87LPC762	2KB EPROM	128	18	I ² C, UART	12	2	Y	20	—	20
	P87LPC764	4KB EPROM	128	18	I ² C, UART	12	2	Y	20	—	20
	P87LPC768	4KB EPROM	128	18	I ² C, UART	12	2	Y	20	4/8	20
	P8XC591	16KB ROM/EPROM	512	32	I ² C, UART	15	3	Y	12	6/10	44
	P89C51RX2	16 ~ 64KB FLASH	1024	32	UART	7	4	Y	33	—	44
	P89C66X	16 ~ 64KB FLASH	2048	32	I ² C, UART	8	4	Y	33	—	44
	P8XC554	16KB ROM/EPROM	512	48	I ² C, UART	15	3	Y	16	8/10	64

注：带有“C”字的型号为 CHMOS 工艺的低功耗芯片，否则为 HMOS 工艺芯片；MCS-51 系列单片机大多采用 DIP、PLCC 封装形式。

2. 89 系列单片机

89 系列单片机与 MCS-51 系列单片机完全兼容，已成为使用者的首选主流机型，其特征为片内 FLASH 是一种高速 E²PROM，可在内部存放程序，能方便地实现单片系统、扩展系统和多机系统。

(1) Atmel 公司的 AT89 系列单片机 美国 Atmel 公司推出的 AT89 系列单片机是一种 8 位 FLASH 单片机，采用 8031CPU 的内核设计，产品性能指标见表 0-1，其型号含义如图 0-1 所示。

Atmel 单片机型号由前缀、型号和后缀三个部分组成。例如，在“AT89C × × × × — × × × ×”中，“AT”是前缀，“89C × × × ×”是型号，型号之后的“× × × ×”是后缀。

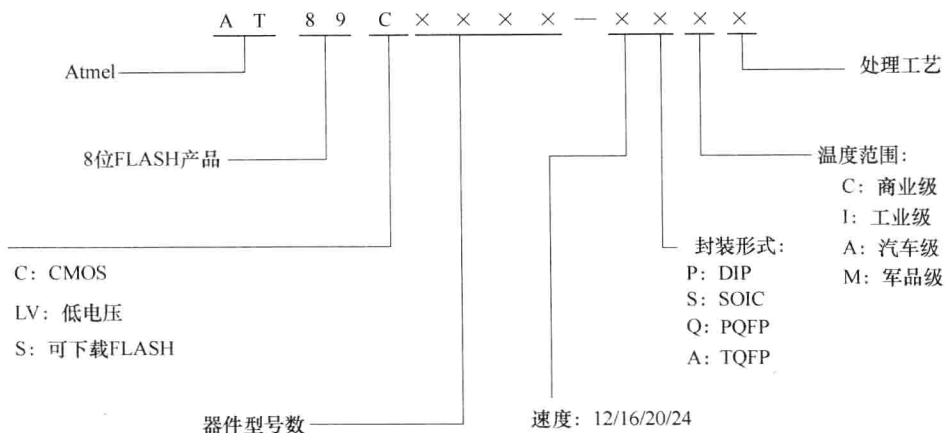


图 0-1 AT89 系列单片机的型号含义

图 0-1 中,“AT”表示公司代码,“C”为 CMOS 工艺产品,“LV”表示低电压,“S”表示该器件含“在系统可编程”(ISP)功能。芯片采用 DIP、SOIC 及 TQFP 等封装形式。

AT89 系列单片机还有 AT89C1051、AT89C2051 和 AT89C4051 等产品,这些芯片是在 AT89C51 的基础上将一些功能精简后形成的精简版,它们兼容 MCS-51 系列单片机的指令系统,但只有 20 个引脚。例如,AT89C4051 去掉了 P0 口和 P2 口,内部的 FLASH 存储器为 4KB,封装形式也由 40 个引脚改为 20 个引脚的 DIP 或 SOIC 封装。这几种产品还在芯片内集成了一个精密比较器,为测量一些模拟信号提供了极大的方便,在外加几个电阻和电容的情况下,就可以测量电压、温度等常见的模拟量信号,特别适合在一些智能玩具、手持仪器及家用电器等程序量不大的环境下使用。

目前,市场占有率最高的 Atmel 公司已经宣布停产 AT89C51/52 等 C 系列产品,全面生产 AT89S51/52 等 S 系列产品。S 系列产品的最大特点就是具有“在系统可编程”功能。用户只需要连接好下载电路,就可以在不拔下 51 芯片的情况下直接对芯片进行编程操作。这一系列产品还具有工作频率更高、电源范围更宽、编程次数更多及加密功能更强等优点,而且自带了看门狗电路。

(2) Philips 公司的 P89 系列单片机 荷兰 Philips 公司推出的 89 系列单片机也是一种 8 位的 FLASH 单片机,与 Atmel 公司的 89 系列产品类似,各档次单片机性能指标见表 0-1。

3. Motorola 公司 MC68HC 系列单片机

MC68HC 系列单片机是 Motorola 公司推出的 8 位单片机,其型号繁多,但是同一系列单片机的 CPU 均相同,指令系统也相同。它与 51 系列单片机不兼容,程序指令也不相同。MC68HC 系列单片机的型号含义如图 0-2 所示。

MC68HC 系列单片机的性能指标见表 0-2。其中 PWM 为脉冲宽度调制功能。

表 0-2 MC68HC 系列单片机的性能指标

型 号	片内存储器	定时器	I/O 口	串行口	A-D 通道/位数	PWM	总线频率 /MHz
MC68HC08AZ0	1KB RAM 512B E ² PROM	定时器 1: 4 通道 定时器 2: 2 通道	48	SCI、 SPI	8/8	16 位	8

(续)

型 号	片内存储器	定时器	I/O 口	串行口	A-D 通道/位数	PWM	总线频率 /MHz
MC68HC08AZ32	32KB ROM 1KB RAM 512B E ² PROM	定时器 1: 4 通道 定时器 2: 2 通道	48	SCI、SPI	8/8	16 位	8
MC68HC908AZ60	2KB RAM 60KB FLASH	定时器 1: 6 通道 定时器 2: 2 通道	48	SCI、 SPI	15/8	16 位	8
MC68HC908GP20	512B RAM 20KB FLASH	定时器 1: 2 通道 定时器 2: 2 通道	33	SCI、 SPI	8/8	16 位	8
MC68HC908GP32	512B RAM 32KB FLASH	定时器 1: 2 通道 定时器 2: 2 通道	33	SCI、 SPI	8/8	16 位	8
MC68HC908JK1	128B RAM 15KB FLASH	定时器 1: 2 通道	15	—	10/8	16 位	8
MC68HC908JK3	128B RAM 4KB FLASH	定时器 1: 2 通道	15	—	10/8	16 位	8
MC68HC08MR4	192B RAM	定时器 1: 2 通道 定时器 2: 2 通道	22	SCI	4 或 7/8	12 位	8
MC68HC08MR8	256B RAM 8KB FLASH	定时器 1: 2 通道 定时器 2: 2 通道	22	SCI	4 或 7/8	12 位	8

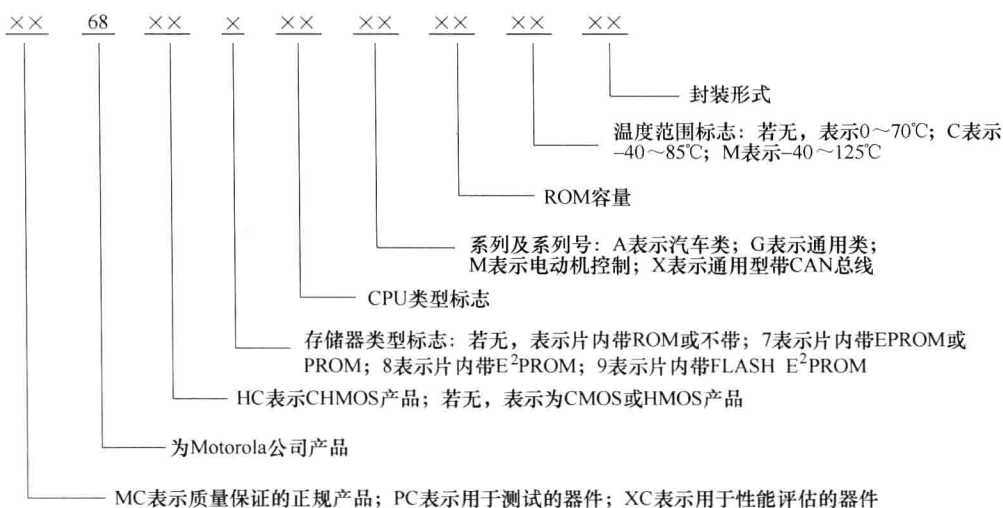


图 0-2 MC68HC 系列单片机的型号含义

4. Microchip (微芯) 公司的 PIC 系列单片机

PIC 单片机是由美国 Microchip (微芯) 公司推出的 8 位高性能单片机, 该系列单片机是首先采用 RISC 结构的单片机系列。PIC 的指令集只有 35 条指令, 四种寻址方式。同时指令集中的指令多为单字节指令。指令总线 and 数据总线分离, 允许指令总线宽于数据总线, 即指

令线为 14 位，数据线为 8 位。某些型号的 PIC 单片机只有 8 个引脚，为世界上最小的单片机。PIC 单片机的主要特点是：精简了指令集，使得指令少、执行速度快；同时，功耗低、驱动能力强，有的型号还具有 I²C 和 SPI 串行口总线端口，有利于单片机串行总线扩充外围器件。常用的 PIC 系列单片机的特性见表 0-3。

表 0-3 常用 PIC 系列单片机的特性

型 号	ROM/B	RAM/B	I/O 口	定时器	看门狗	工作频率 /MHz	引 脚	封 装
PIC12C508A	512	25	6	1	Y	4	8	PDIP SOIC
PIC12C509A	1024	41				4		
PIC12C671	1024	128				10		
PIC12C672	2048	128				10		
PIC16C55	512	24	20			20	28	
PIC16C56	1024	25	12				18	
PIC16C57	2048	72	20				28	

5. Atmel 公司的 AVR 系列单片机

AVR 系列单片机是 1997 年由 Atmel 公司的工程师研发出 RISC 精简指令集的高速 8 位单片机。该系列单片机采用 RISC 指令集，运行效率高，同时钟 AVR 系列单片机比 51 系列单片机能处理更多的任务。相对看来，AVR 系列单片机也比 51 系列单片机更加节省功耗。目前，AVR 系列单片机被广泛用于工业控制、小家电控制及医疗设备等应用领域。

Atmel 公司的 ATmega 系列 AVR 单片机的型号含义如图 0-3 所示，其主要产品特性见表 0-4。

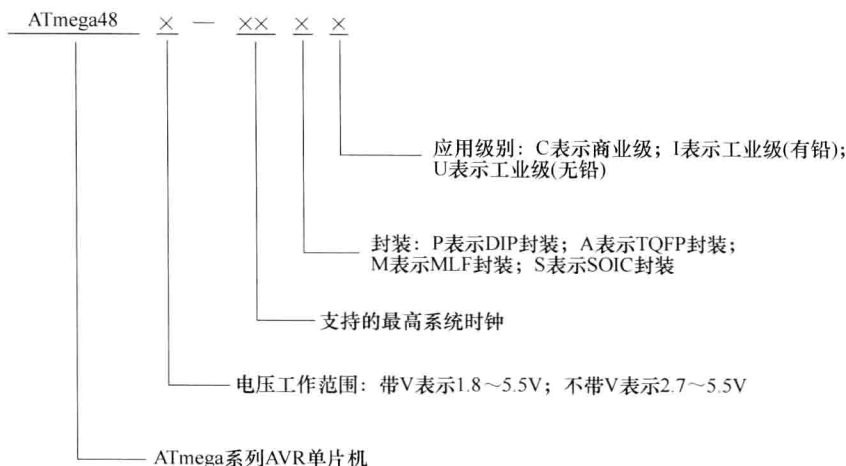


图 0-3 ATmega 系列 AVR 单片机的型号含义

例如，ATmega48—20AU：不带 V 表示工作电压为 2.7~5.5V；20 表示可支持最高为 20MHz 的系统时钟；A 表示 TQFP 封装；U 表示无铅工业级。

AVR 系列单片机是一种高速嵌入式单片机，具有预取指令功能，即在执行一条指令时，预先把下一条指令取进来，使得指令可以在一个时钟周期内执行。该系列单片机具有 32 个通用工作寄存器，内部有多累加器，数据处理速度快；有多个固定中断向量入口地址，可快

速响应中断，响应速度快。AVR 系列单片机耗能低，看门狗关闭时为 100nA，更适用于电池供电的应用设备，有的器件最低 1.8V 即可工作。AVR 系列单片机的保密性能好，具有不可破解的位加密锁 Lock Bit 技术，保密位单元深藏于芯片内部。

表 0-4 AVR 系列单片机的主要产品特性

Devices	FLASH /KB	EEPROM /KB	SRAM /B	I/O 口	最大 频率 /MHz	16 位 定时器	8 位定 时器	PWM	UART	看门狗	外部 中断
ATmega48	4	0.25	512	23	20	1	2	6	1	Y	26
ATmega88	8	0.5	1024	23	20	1	2	6	1	Y	26
ATmega168	16	0.5	1024	23	20	1	2	6	1	Y	26
ATmega8	8	0.5	1024	23	16	1	2	3	1	Y	2
ATmega16	16	0.5	1024	32	16	1	2	4	1	Y	3
ATmega32	32	1	2048	32	16	1	2	4	1	Y	3
ATmega64	64	2	4096	53	16	2	2	8	2	Y	8
ATmega128	128	4	4096	53	16	2	2	8	2	Y	8
ATmega1280	128	4	8192	86	16	4	2	16	4	Y	32
ATmega162	16	0.5	1024	35	16	2	2	6	2	Y	3
ATmega169	16	0.5	1024	53	16	1	2	4	1	Y	17
ATmega8515	8	0.5	512	35	16	1	1	3	1	Y	3
ATmega8535	8	0.5	512	32	16	1	2	4	1	Y	3

AVR 系列单片机的 I/O 口是真正的 I/O 口，能正确反映 I/O 口输入、输出的真实情况。AVR 系列单片机为工业级产品，具有大电流（灌电流）10 ~ 40mA，可直接驱动晶闸管或继电器，节省了外围驱动器件。AVR 系列单片机有串行异步通信 UART 接口，不占用定时器和 SPI 同步传输功能，因而具有高速特性，故可以工作在一般标准整数频率下，而波特率可达 576kbit/s。

AVR 系列单片机内置模拟比较器，I/O 口可用做 A-D 转换，可组成廉价的 A-D 转换器。ATmega48/8/16 等器件具有 8 路 10 位 A-D 转换。它的定时/计数器 T/C 有 8 位和 16 位，可用做比较器。计数器外部中断和 PWM（也可用做 D-A 转换）用于控制输出，是用于电动机无级调速的理想器件。

0.1.4 单片机的应用领域

由于单片机的种种优点和特性，其应用领域无所不至，无论是工业部门、民用部门和家用等领域，处处可以见到它的身影。它主要应用于以下几个方面。

（1）在智能仪表中的应用 这是单片机应用最多、最活跃的领域之一。在各类仪器仪表中引入单片机，可使仪器仪表智能化，提高测试的自动化水平和精度，还可简化仪器仪表的硬件结构，提高性价比。

（2）在工业方面的应用 单片机广泛用于工业生产过程的自动控制、物理量的自动检

测与处理、工业机器人、智能传感器、电动机控制及数据传输等领域中。

(3) 在电信业的应用 单片机在程控交换机、手机、电话机、智能调制解调器及智能线路运行控制等方面的应用也很广泛。

(4) 军用导航方面的应用 单片机可应用在航空航天导航系统、电子干扰系统、宇宙飞船、尖端武器、导弹控制、智能武器装置及鱼雷制导控制等方面。

(5) 日常生活中的应用 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。例如,单片机广泛用于洗衣机、电冰箱、空调机、微波炉和电饭煲等家用电器以及高级的电子玩具、电子字典和数码相机等产品中,从而提高了自动化水平,同时还增加了功能。当前家电领域的主要发展趋势是模糊控制,现已形成了众多的模糊控制家电产品,而单片机正是这些产品的最佳选择。

(6) 其他方面的应用 单片机除了以上各方面的应用之外,还广泛应用于办公自动化领域,商业营销领域,汽车的点火控制、变速控制、防滑刹车、排气控制、节能控制、冷气控制、汽车报警和测试设备等,以及计算机内部设备等各领域中。

0.2 单片机系统设计与制作的工作过程

0.2.1 典型的单片机系统设计与制作工作流程

单片机系统的应用范围很广,应用领域不同,其要求也各不相同,因而构成的方案千差万别,没有完全固定的方法可循,但处理问题的基本方法却大体相似。进行应用系统设计通常要经历以下几个步骤。

1. 确定指标

首先要进行系统的需求分析,以确定系统要实现的功能。在对系统的工作过程进行深入分析之后,把系统最终要达到的性能指标明确下来。

2. 可行性研究

可行性研究的目的是分析完成这个项目的可能性。根据可行性研究的结论来决定系统的开发研制工作是否值得进行下去。在完成这项工作时,应查阅国内外的相关资料,看是否有人成功地做过类似的系统。如果有,则可以借鉴他们的经验,若有可能,还应对其不足之处进行改进。若查不到成功的实例,则应作进一步的研究,此时的重点要放在能否实现这个环节上。经理论分析和实际调研后,若可行,就制订出开发计划,同时进入总体方案设计阶段。若不可行,则应放弃或改用其他的控制系统。

3. 系统总体方案设计

在明确了任务、确立了指标并进行了可行性研究后,下一步工作就是系统总体方案的设计。在对应用系统进行总体方案设计时,应根据应用系统要完成的各项功能,把工作重点放在技术难点上。此时,可参考国内外类似系统的技术资料,取长补短以减少重复性劳动,提出合理可行的技术指标。最后拟定出性能价格比最高的一套方案。

4. 软硬件设计

在总体方案确定以后,就可以进行硬件选型及软硬件设计了。软硬件的设计要明确分工,原则上要尽可能发挥单片机以软件代替硬件的长处,能够由软件来完成的任务,就尽可

能用软件来实现,以便简化电路结构,降低成本,提高系统工作的可靠性。但也应考虑到以软件代替硬件功能是以降低系统的实时性为代价的。因此,软、硬件任务的划分要根据系统的要求及实际情况做合理安排,并进行全盘考虑。

0.2.2 应用系统硬件的设计方法

硬件设计是指应用系统的电路设计。这部分设计可分为两大部分内容:一是数字电路设计;二是模拟电路设计。数字电路设计即单片机系统的扩展,它包括与单片机直接接口的数字电路,如存储器和接口的扩展。存储器的扩展是指 EPROM、E²PROM 和 RAM 的扩展。接口扩展是指串、并行接口(如 8255、8155、8279 及 7219 等)及其他功能器件的扩展。模拟电路设计包括信号放大、整形、变换、隔离、驱动和传感器的选择。这部分电路的设计相对较难把握,一旦设计有误,对整个系统的性能将产生严重影响。

硬件设计的主要步骤包括以下几点:

- 1) 确定硬件电路的整体方案,进行硬件电路的框图设计及详细的技术分析。
- 2) 绘制电路原理图。对不确定的电路部分,应通过做实验来确定这部分电路的正确性。
- 3) 制作印制电路板。要充分考虑元器件位置及布线的合理性,以提高整个系统的抗干扰能力。
- 4) 进行硬件调试。

在硬件电路设计过程中应注意以下几点:

- 1) 在硬件电路成本允许的范围内,尽可能选择最新的、集成度高及功能强大的芯片。
- 2) 对于需要大批量生产的系统产品,在选择元器件时首先要做好市场调查,要选取通用性强、货源充足的产品。
- 3) 设计一个较复杂的系统时,尽量把硬件系统设计成模块化结构,即对 CPU 单元、I/O 接口单元及人机接口等进行分块设计,然后把各模块连接起来构成一个完整的系统。必要时可购买成熟产品,这样可以大大缩短应用系统的研制周期,提高系统运行的可靠性。在系统连接之前,应把各模块分别调试好,然后再连接到一起进行统调。
- 4) 在进行 I/O 口扩展时,应留出一定的余量,以便于处理开发过程中忽视的一些问题(这些问题通常不能靠软件来解决)。
- 5) 在硬件设计中能用软件实现的工作就不用硬件,这样不但能减少硬件成本,而且还能提高系统可靠性,但也应充分考虑实时性的要求。
- 6) 在设计硬件电路时,要充分考虑各部分电路的驱动能力。在实际应用时,I/O 口的负载不应超过总负载能力的 70%,以确保保留有一定的余量,尽可能选择功耗小的电路。
- 7) 在设计硬件电路时,要考虑系统各部分之间的时序及电平匹配。时序匹配包括读/写速度的匹配和逻辑关系的匹配。在不影响系统技术性能的前提下,CPU 的时钟频率应尽可能选低一些,否则就要考虑系统中所用元器件的速度匹配及电磁干扰问题。在 CMOS 电路和 TTL 电路混用的系统中,要特别注意电平匹配。当 TTL 电路的输出接 CMOS 电路的输入时,两者之间必须加 10k Ω 的上拉电阻,CMOS 电路不使用的输入端应接正电源或接地,尽量不要悬空。
- 8) 设计硬件电路时,要注重抗干扰设计。