

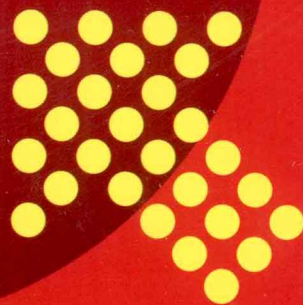
21世纪高等学校规划教材



MCS-51 XILIE DANPIANJI YUANLI JI YINGYONG

MCS-51系列单片机 原理及应用

刘淑荣 王 瑾 主 编
杜 波 张 欣 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

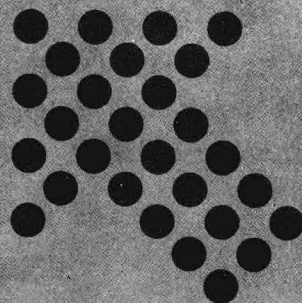
21世纪高等学校规划教材



MCS-51 XILIE DANPIANJI YUANLI JI YINGYONG

MCS-51系列单片机 原理及应用

主 编 刘淑荣 王 瑾
副主编 杜 波 张 欣
编 写 庞 伟 王 影
主 审 杨振江



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为 21 世纪高等学校规划教材。

MCS-51 系列单片机原理及应用是自动化和电气信息类专业学生的必修课程，也是一门实践性很强的应用技术课程。本书从实际应用出发，将 MCS-51 系列单片机原理、MCS-51 基础实验、MCS-51 课程设计有机地结合在一起，详细论述了 MCS-51 系列单片机的组成原理、应用系统的扩展技术、信息处理技术及常用算法、人机交互接口、D/A 转换器及 A/D 转换器与单片机的接口设计、串行接口及通信、应用系统的抗干扰技术、应用系统的设计以及围绕 MCS-51 单片机基础理论为核心的基础实验和课程设计等内容，全书共有 12 章，外加两个附录，在部分章节的后面附有习题，体系完整，便于自学和教学。

本书内容深入浅出、循序渐进，以“通俗易懂、学以致用”为指导思想，教学与工程和开发相统一，强调实用，重在实践，意在工程。

本书既可作为本科高等院校教授单片机的教材，也可以作为工程技术人员以及单片机爱好者自学用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

MCS-51 系列单片机原理及应用 / 刘淑荣, 王瑾主编. —北京: 中国电力出版社, 2011.1

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978-7-5123-1358-3

I. ①M… II. ①刘… ②王… III. ①单片微型计算机—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 015068 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2011 年 5 月第一版 2011 年 5 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 26.5 印张 649 千字

定价 43.80 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

随着信息技术的飞速发展, 计算机应用技术日益渗透到社会生产生活的各个领域, 在这一进程中, 单片机起到了举足轻重的作用, 并在工业测控系统、智能仪器和家用电器中得到了广泛的应用。对于高等院校自动化和电气信息类专业的学生来说, 学习单片机是很重要的, 而应用单片机更是重中之重。

目前, 市面上应用的单片机种类很多, 但 MCS-51 系列单片机仍不失为单片机中的主流机型。本书以 MCS-51 系列单片机为主介绍单片机的原理与应用, 内容系统全面, 论述深入浅出、循序渐进, 注重接口技术和实际应用。

全书共分 12 章, 主要内容包括微型计算机基础、MCS-51 系列单片机的硬件结构、MCS-51 单片机的指令系统、汇编语言程序设计、MCS-51 单片机系统的扩展及接口技术、单片机应用系统的抗干扰技术、单片机应用系统的设计、单片机基础实验、单片机课程设计等。

本书共分为三部分: MCS-51 系列单片机原理, MCS-51 基础实验, MCS-51 课程设计。

(1) MCS-51 系列单片机原理: 详细论述了 MCS-51 系列单片机的组成原理、应用系统的扩展技术、信息处理技术及常用算法、人机交互接口、D/A 转换器及 A/D 转换器与单片机的接口设计、串行接口及通信、应用系统的抗干扰技术和实用技术以及应用系统的设计等内容, 并用大量实用的接口实例进行说明。

(2) MCS-51 基础实验: 以介绍 MCS-51 单片机原理与应用的实践训练为主线, 内容丰富, 特色鲜明, 不仅介绍了 MCS-51 单片机开发方面的知识, 而且还编写了大量的课程实验和综合实训。这不仅对培养学生提高单片机的工程实践能力有重要的指导作用, 而且对该课程的教学方法改革和建设也有重要的指导意义。

(3) MCS-51 课程设计: 以生活中常见的实例为主线, 指导学生将本课程知识与相关课程知识进行有机的结合, 从系统的方案设计, 到系统的软硬件设计、PCB 制版, 以及计算机操作等, 通过该设计过程, 可以让学生熟悉和掌握单片机应用系统的开发方法和过程, 培养学生利用计算机解决问题的能力基本思路和应用开发能力、动手能力, 以及综合运用知识解决实际问题的能力。

本书由长春工程学院刘淑荣、王瑾担任主编, 由长春工程学院杜波、张欣担任副主编, 长春工程学院庞伟、中水东北公司科学研究所王影参与编写。其中第 10、11 章由刘淑荣编写, 第 7、8 章由王瑾编写, 第 5、6、9 章由杜波编写, 第 2、3 章由张欣编写, 第 4、12 章由庞伟编写, 第 1 章由王影编写。全书由刘淑荣、王瑾负责整理和统稿, 由王影负责校核。

鉴于编者的水平有限, 加之新的单片机芯片不断涌现, 其应用技术也在不断发展, 书中难免有不完善、不足之处, 恳请广大读者批评指正。

编 者

2011 年 1 月

目 录

前言	
第1章 单片机基础知识	1
1.1 单片机的概念	1
1.2 单片机的应用	4
1.3 单片机应用系统	6
1.4 单片机的发展概况	7
1.5 计算机的数制及转换	21
习题	27
第2章 MCS-51 单片机的硬件结构	31
2.1 MCS-51 单片机的硬件结构概述	31
2.2 MCS-51 单片机的中央处理器 (CPU)	35
2.3 MCS-51 单片机存储器	37
2.4 MCS-51 单片机 I/O 端口	44
2.5 MCS-51 单片机时钟电路及时序	48
2.6 MCS-51 单片机复位状态及复位电路	50
习题	52
第3章 MCS-51 单片机指令系统	55
3.1 MCS-51 单片机指令系统概述	55
3.2 MCS-51 单片机指令系统的寻址方式	57
3.3 MCS-51 单片机指令系统及说明	61
习题	78
第4章 汇编语言程序设计	81
4.1 汇编语言程序设计概述	81
4.2 汇编语言编程步骤、方法、技巧	82
4.3 汇编语言源程序的汇编及伪指令	84
4.4 汇编语言程序设计基本结构	88
4.5 实用子程序设计	97
习题	109
第5章 单片机的中断系统与定时器/计数器	112
5.1 中断系统	112
5.2 外部中断的使用	120
5.3 定时器/计数器	124
5.4 单片机外部中断与定时器/计数器的应用训练	135

习题	137
第 6 章 单片机的串行通信	139
6.1 串行通信概念	139
6.2 串行通信的结构及工作方式	142
6.3 串行通信的应用	148
习题	157
第 7 章 I/O 接口扩展设计及应用	160
7.1 I/O 接口概述	160
7.2 简单输入/输出接口扩展	162
7.3 用串行口扩展并行的 I/O 口	165
7.4 MCS-51 与可编程芯片 8155 的接口	168
7.5 MCS-51 与可编程芯片 8255 的接口	178
习题	185
第 8 章 MCS-51 与 A/D 转换器、D/A 转换器的接口	187
8.1 MCS-51 与 A/D 转换器的接口	187
8.2 MCS-51 与 V/F 转换器的接口	215
8.3 MCS-51 与 D/A 转换器的接口	219
习题	230
第 9 章 人机交互接口设计	232
9.1 键盘接口原理	232
9.2 LED 显示器接口原理	238
9.3 键盘/显示器接口设计及其应用实例	242
9.4 LCD 接口设计及其应用实例	256
习题	261
第 10 章 单片机应用系统的设计	264
10.1 概述	264
10.2 单片机应用系统的分类	264
10.3 单片机应用系统设计的基本要求	267
10.4 单片机应用系统的设计内容	268
10.5 单片机应用系统设计的一般过程	269
10.6 单片机应用系统的一般设计方法	271
10.7 单片机应用系统调试	276
10.8 可靠性设计	279
10.9 单片机应用系统设计举例	283
习题	297
第 11 章 MCS-51 单片机原理及应用基础实验	299
11.1 实验概述	299
11.2 基本软件实验	301
11.3 硬件实验	314

11.4	综合设计性实验	342
第 12 章	MCS-51 系列单片机原理及应用课程设计	353
12.1	单片机课程设计概述	353
12.2	单片机课程设计参考实例	359
12.3	单片机应用系统课程设计项目	381
附录 A	MCS-51 单片机指令系统一览表	395
附录 B	常用芯片引脚图	399
参考文献	415

第1章 单片机基础知识

——本章概要及学习目标——

本章从微型计算机入手,介绍单片机的概念、特点、应用领域以及单片机和单板机、多板机的区别,并指出单片机和单片机应用系统的不同。在此基础上,在单片机的发展概况一节中,简要介绍了 MCS-51 系列的单片机和常用的 C8051 系列单片机、AT89 系列单片机、STC 系列单片机,以方便读者的实际应用及资料查询。

通过对本章的学习,读者应掌握和了解以下知识:

1. 微型计算机、多板机、单板机、单片机及单片机应用系统的概念。
2. 单片机的应用领域及发展方向。
3. 单片机的发展概况。
4. 计算机的数制及转换。

重点内容:

1. 单片机及单片机应用系统的概念。
2. MCS-51 系列单片机的发展概况。

1.1 单片机的概念

单片机是一个单芯片形态、面向控制对象的嵌入式应用计算机系统。它的出现及发展使计算机技术从通用型数值计算领域进入到智能化的控制领域,从此,计算机技术在两个重要领域——通用计算机领域和嵌入式计算机领域都得到了极其重要的发展,并正在深深地改变着我们的生活。

1.1.1 微型计算机体系结构

以冯·诺依曼原理为核心的微型计算机的体系结构一般由五大部分构成,分别为运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备,其体系结构见图 1-1。

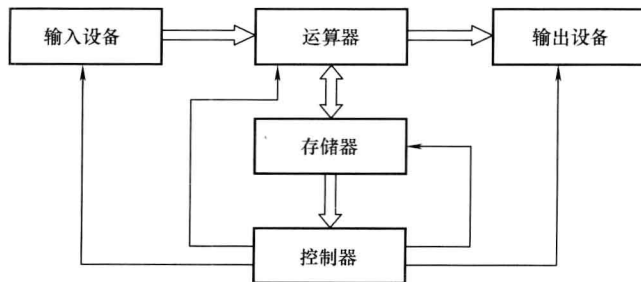


图 1-1 微型计算机的体系结构

运算器的主要功能是进行算术运算和逻辑运算。控制器是整个微型计算机系统的指挥中

心，其主要作用是控制程序的执行，包括对指令进行译码、寄存，并按指令要求完成所规定的操作，即指令控制、时序控制和操作控制。运算器和控制器综合在一起，构成微型计算机的中央处理器（CPU），又称为微处理器（MPU），是构成微机的核心部件，也可以说是微机的“心脏”。它起到控制整个微型计算机工作的作用，产生控制信号对相应的部件进行控制，并执行相应的操作。

存储器的主要功能是用来存放操作数、中间数据及结果数据。

输入设备和输出设备是微型计算机与外界进行联系的媒介，通过它们可以将外界信息传送到微型计算机的内部进行处理，以及将经过微型计算机处理之后的信息再传输到外界，来实施相应的控制操作。

1.1.2 微型计算机分类

微型计算机按其型式通常分为多板机、单板机和单片机。

(1) 多板机通常由多块印制电路板构成，见图 1-2，也称多板型计算机，是当今最为普遍的微型计算机的组装形式。它把完成微型计算机各种功能的不同的印制电路板组装在一个机箱内，各电路板插入总线插槽，通过总线将各个部分连接，这样，就可以使计算机组装灵活、功能增强，可以根据不同的需要选用不同的电路板，从而组成不同功能或者较大规模的微型计算机，如工业控制机、PC 机等。

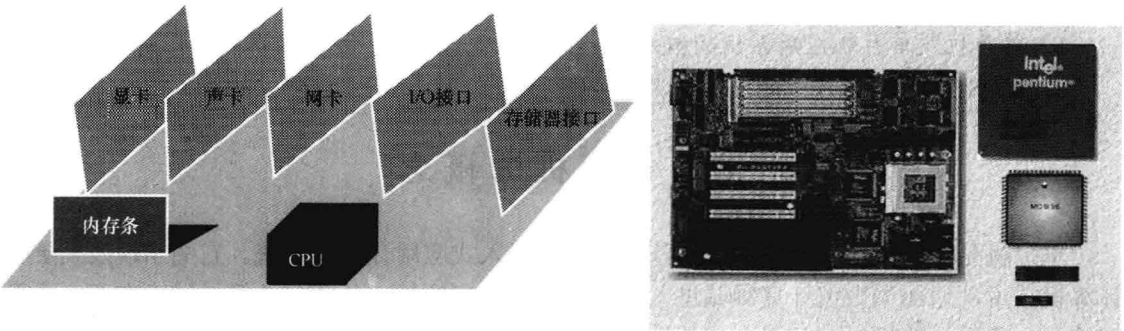


图 1-2 多板机体系结构

(2) 单板机又称为单板型计算机，是将微处理器、存储器、I/O 接口及其他各功能部件组装在一块印制电路板上构成微型计算机，见图 1-3。其特点是结构紧凑、体积小、常用于专用机，如专用的工业控制机。

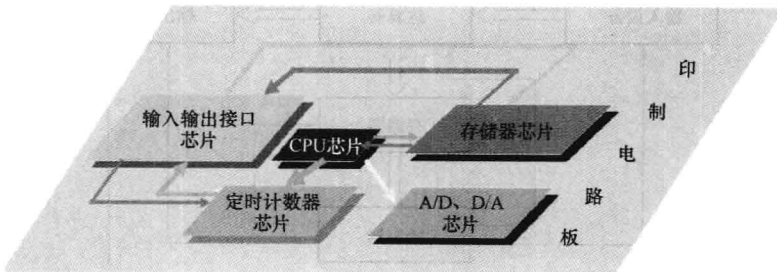


图 1-3 单板机体系结构

(3) 单片机是把组成微型计算机的各功能部件，如中央处理器 CPU、随机存取存储器

RAM、只读存储器 ROM、I/O 接口电路、定时器/计数器以及串行通信接口等制作在一块集成芯片中，构成一个完整的微型计算机，见图 1-4。单片机是单片微型计算机的简称。

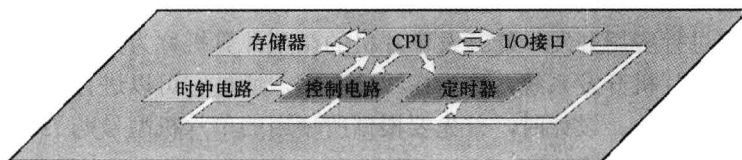


图 1-4 单片机体系结构

单片机主要应用于控制领域，是应工业测控的需要而诞生的，它的结构与指令功能都是按照工业控制要求设计的，故又称为微控制器（Micro Controller Unit）。在国际上，“微控制器”的叫法更通用些，在我国比较习惯“单片机”这一名称。

由于单片机在应用时通常是被控系统的核心并融入其中，即以嵌入的方式工作，为了强调其“嵌入”的特点，也常常将单片机称为嵌入式微控制器。

1.1.3 通用单片机和专用单片机

根据控制应用的需要，可以将单片机分成通用性和专用型两种类型。

通用型单片机是一种基本芯片，它的内部资源比较丰富，性能全面且适用性强，能覆盖多种应用需求。用户可以根据需要设计成各种不同应用的控制系统，即通用单片机有一个再设计的过程，通过用户的进一步设计，才能组成一个以通用单片机芯片为核心再配以其他外围电路的应用控制系统。

专用单片机是针对一种产品或一种控制应用而专门设计的，设计时已经对系统结构的最简化、软硬件资源利用的最优化、可靠性和成本的最佳化等方面都做了通盘的考虑和论证，所以，专用单片机较通用单片机具有十分明显的综合优势。

今后，随着单片机应用的广泛和深入，各种专用单片机芯片将会越来越多，并且必将成为今后单片机发展的重要方向。但是应当说明的是，无论专用单片机在应用上有多么“专”，其原理和结构还是建立在通用单片机的基础之上的。

1.1.4 单片机和单片机系统

单片机通常是指芯片本身，它是由芯片制造商生产的，在它上面集成的是一些作为基本组成部分的运算器电路、控制器电路、存储器、中断系统、定时器/计数器以及输入输出接口电路等。但一个单片机芯片并不能把计算机系统的全部电路都集成到其中，如复位电路中应用到的电阻、电容等，这些元件在单片机系统中只能以外接的形式出现。另外，在实际应用中，常常需要扩展外围电路和外围芯片，从中可以看到单片机和单片机系统的差别，即单片机只是一个芯片，而单片机系统是在单片机芯片的基础上扩展其他电路或芯片构成的具有一定应用功能的计算机系统。

通常所说的单片机系统是为实现某一控制应用需要由用户设计的一个围绕单片机芯片而组建的计算机应用系统。在单片机系统中，单片机处于核心地位，是构成单片机系统的硬件和软件基础。

1.1.5 单片机应用系统和单片机开发系统

单片机应用系统是为控制应用而设计的，该系统与控制对象结合在一起使用，是单片机

开发应用的成果。但由于软硬件资源所限，单片机系统本身不能实现自我开发，要进行系统开发设计，必须使用专门的单片机开发系统。

单片机开发系统是单片机系统开发调试的工具。目前，对于复杂的单片机系统，人们常使用微型计算机来进行应用开发，能开发单片机的微型计算机称为微型机开发系统。此外，还可以应用专门的单片机开发系统，称为在线仿真器，通过它可以进行单片机应用系统的软硬件开发和 EPROM 写入。设计时，首先要根据所使用的单片机型号购买一台相应的在线仿真器，然后才能开展设计工作。

1.1.6 单片机的特点

目前，单片机是从工业测控对象、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方向发展。其主要特点如下：

(1) 体积小，质量轻。

(2) 种类多，型号全。很多单片机厂家逐年扩大适应各种需要，有针对性地推出一系列型号产品，使系统开发工程师有很大的选择余地。大部分产品有较好的兼容性，保证了已开发产品能顺利移植，较容易地使产品进行升级换代。

(3) 可靠性高，抗干扰能力强，性能价格比高。集成度已经达到 300 万个晶体管以上，总线速度达到数十微秒到几百纳秒，指令执行周期已经达到几微秒到数十纳秒，以往片外 XRAM 现已在物理上存入片内，ROM 容量已经扩充达 32、64、128KB 以致更大的空间，价格从几百元到几元不等。

(4) 控制功能强，使用灵活。向真正意义上的“单片”机发展，把原本是外围接口芯片的功能集成到一块芯片内，在一片芯片中构造了一个完整的功能强大的微处理应用系统。

(5) 低功耗。现在新型单片机的功耗越来越小，供电电压从 5V 降低到了 3.2V，甚至 1V，工作电流从毫安降到微安级，工作频率从十几兆可编程到几十千赫兹。特别是很多单片机都设置了多种工作方式，这些工作方式包括等待、暂停、睡眠、空闲、节电等。

(6) 易扩展，易于开发。

(7) 受集成度限制，片内存储器容量较小，一般内部 ROM 在 8KB 以内，内部 RAM 在 256B 以内。

(8) C 语言开发环境，友好的人机交互环境。大多数单片机都提供基于 C 语言开发平台，并提供大量的函数以供使用，这使产品的开发周期、代码可读性、可移植性都大为提高。

1.2 单片机的应用

1.2.1 单片机的应用领域

目前单片机已渗透到我们生活的各个领域，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，更不用说自动控制领域的机器人、智能仪表、医疗器械了，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科学家、工程师。

由于单片机具有可靠性高、体积小、价格低、易于产品化等特点，因此在智能仪器仪表、

实时工业控制、家用电器、医用设备、航空航天、智能终端、通信设备、导航系统等自控领域获得广泛应用，大致可分为以下几个范畴：

一、在智能仪器仪表上的应用

单片机具有体积小、功耗低、控制功能强、扩展灵活、微型化和使用方便等优点，广泛应用于仪器仪表中，结合不同类型的传感器，可实现诸如电压、功率、频率、湿度、温度、流量、速度、厚度、角度、长度、硬度、元素、压力等物理量的测量。采用单片机控制使得仪器仪表数字化、智能化、微型化，且功能比采用电子或数字电路更加强大，如精密的测量设备（功率计、示波器、分析仪等）。

二、在工业控制中的应用

用单片机可以构成形式多样的控制系统、数据采集系统，如工厂流水线的智能化管理、电梯智能化控制、各种报警系统、与计算机联网构成二级控制系统等。

三、在家用电器中的应用

现在的家用电器基本上都采用了单片机控制，从电饭煲、洗衣机、电冰箱、空调机、彩电、音响视频器材，到电子称量设备，五花八门，无所不在。

四、在计算机网络和通信领域中的应用

单片机普遍具备通信接口，可以很方便地与计算机进行数据通信，为在计算机网络和通信设备间的应用提供了极好的物质条件。现在的通信设备基本上都实现了单片机智能控制，从手机、电话机、小型程控交换机、楼宇自动通信呼叫系统、列车无线通信，到日常工作中随处可见的移动电话、集群移动通信、无线电对讲机等，随处都可见单片机的身影。

五、在医用设备领域中的应用

单片机在医用设备中的用途也相当广泛，如医用呼吸机、分析仪、监护仪、超声诊断设备及病床呼叫系统等。

六、在机电一体化产品中的应用

单片机与传统的机械产品结合，使传统机械产品结构简化、控制智能化。例如电传打字机的设计中由于采用了单片机，取代了近千个机械部件。

此外，单片机在工商、金融、科研、教育、国防、航空航天等领域都有着十分广泛的应用。

1.2.2 单片机的应用发展方向

一、使用寿命长

这里所说的长寿命，一方面是指用单片机开发的产品可以稳定可靠地工作十年、二十年；另一方面是指与微处理器相比的长寿命。随着半导体技术的飞速发展，CPU 更新换代的速度越来越快，可以预见，一些成功上市的相对年轻的 CPU 核心，也会随着 I/O 功能模块的不断丰富，有着相当长的生存周期。新的 CPU 类型的加盟，使单片机队伍不断壮大，给用户带来了更多的选择余地。8、16、32 位单片机共同发展是当前单片机发展的另一个动向之一。长期以来，单片机技术的发展是以 8 位机为主的。随着移动通信、网络技术、多媒体技术等高科技产品进入家庭，32 位单片机应用得到了长足的发展。以 Motorola68K 为 CPU 的 32 位单片机 1997 年的销售量达到了 8 千万枚。过去认为由于 8 位单片机功能越来越强，32 位机越来越便宜，使 16 位机单片机的生存空间有限，然而 16 位单片机的发展无论从品种和产量方面，近年来都有较大幅度的增长。

二、速度越来越快

CPU 发展中表现出来的速度越来越快是以时钟频率越来越高为标志的；而单片机则有所不同，为提高单片机抗干扰能力，降低噪声，降低时钟频率而不牺牲运算速度是单片机技术发展之追求。改善单片机的内部时序，在不提高时钟频率的条件下，使运算速度提高了很多。

三、低噪声和高可靠性技术

在单片机应用中，可靠性是首要因素。为了扩大单片机的应用范围和领域，提高单片机自身的可靠性是一种有效的方法。近年来，单片机的生产厂家在单片机设计上采用了各种提高可靠性的新技术，这些新技术表现在如下几点：首先，EFT（Electrical Fast Transient/burst）电快速瞬变脉冲群技术。EFT 技术是一种抗干扰技术，它是指在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，使用施密特电路对其整形，则毛刺会成为触发信号而干扰正常的时钟，在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令其作用失效，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。其次，低噪声布线技术及驱动技术。在传统的单片机中，电源及地线是在集成电路外壳的对称引脚上，一般是在左上、右下或右上、左下的两块对称点上，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，很多单片机都把地线和电源引脚安排在两条相邻的引脚上。这样，不仅降低了穿过整个芯片的电流，还容易在印制电路板上布置去耦电容，从而降低系统的噪声。

四、OTP 与掩膜

OTP（One-time Password）是一次性写入的单片机。过去认为一个单片机产品的成熟是以投产掩膜型单片机为标志的。由于掩膜需要一定的生产周期，而 OTP 型单片机价格不断下降，使得近年来直接使用 OTP 完成最终产品的制造更为流行。它较之掩膜具有生产周期短、风险小的特点。近年来，OTP 型单片机需求量大幅度上扬，为适应这种需求，许多单片机都采用了在系统编程技术（In System Programming）。编程的 OTP 芯片可以采用裸片 Bonding（绑定）技术或表面贴技术，先焊在印制电路板上，然后通过单片机上引出的编程线、串行数据、时钟线等对单片机编程。这样，解决了批量写 OTP 芯片时容易出现的芯片写入器接触不好的问题，使得 OTP 的裸片得以广泛使用，降低了产品的成本。编程线与 I/O 线共用，不增加单片机的额外引脚。

1.3 单片机应用系统

任何一个单片机应用系统都是由两部分组成——硬件和软件。单片机应用系统是以单片机为核心，配以输入、输出、显示、测量和控制等外围电路和软件能实现一种或多种功能的实用系统。

硬件和软件的关系是相辅相成的，硬件是单片机应用系统的基础，软件则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。硬件和软件两者相互依赖，缺一不可。有时硬件可以解决软件的问题，而有时软件又可以解决硬件的问题。因此，单片机应用系统的设计人员必须从硬件和软件两个角度来深入了解单片机，并能将两者有机结合起来，才能设计制作出具有特定功能的单片机应用系统或整机产品。单片机应用系统的组成如图 1-5 所示。



图 1-5 单片机应用系统的组成

一般来说，单片机应用系统的硬件复杂，软件就简单；而软件复杂，硬件就简单。因此，我们在开发一个单片机应用系统时，一般尽量用软件的方法来解决硬件的问题，因为这样可以使单片机应用系统的生产成本降低。对于一个实际的单片机应用系统开发项目工程，硬件和软件一般各占该系统 50% 的工程量。

1.4 单片机的发展概况

单片机出现的历史并不长，它的产生与发展和微处理器的产生与发展大体上同步，经历了四个阶段：

第一阶段（1971~1974 年）：1971 年 11 月，美国 Intel 公司首先设计出集成度为 2000 只晶体管/片的 4 位微处理器 Intel 4004，并且配有随机存取存储器 RAM、只读存储器 ROM 和移位寄存器等芯片，构成第一台 MCS-4 微型计算机。1972 年 4 月，Intel 公司又研制成功了处理能力较强的 8 位微处理器——Intel 8008。这些微处理器虽说还不是单片机，但从此拉开了研制单片机的序幕。

第二阶段（1974~1978 年）：初级单片机阶段。以 Intel 公司的 MCS-48 为代表。这个系列单片机内集成有 8 位 CPU、并行 I/O 接口、8 位定时器/计数器，寻址范围不大于 4KB，且无串行口。

第三阶段（1978~1983 年）：在这一阶段推出的单片机普遍带有串行口，有多级中断处理系统、16 位定时器/计数器。片内 RAM、ROM 容量加大，且寻址范围可达 64KB，有的片内还带有 A/D 转换器接口。这类单片机有 Intel 公司的 MCS-51、Motorola 公司的 6801 和 Zilog 公司的 Z8 等。这类单片机的应用领域极其广泛，这个系列的各类产品仍然是目前国内外产品的主流。其中 MCS-51 系列产品，以其优良的性能价格比，成为我国广大科技人员的首选。

第四阶段（1983 年~现在）：8 位单片机巩固发展及 16 位单片机推出阶段。此阶段主要特征是一方面发展 16 位单片机及专用单片机；另一方面不断完善高档 8 位单片机，改善其结构，以满足不同的用户需要。

1.4.1 MCS-51 系列单片机

1.4.1.1 单片机的应用特性

一、集成度高

MCS-51 系列单片机代表产品为 8051, 8051 内部包含 4KB 的 ROM、128B 的 RAM、4 个 8 位并行 I/O 口、1 个全双工串行口、2 个 16 位定时器/计数器以及 1 个处理功能强大的中央处理器。

二、系统结构简单

MCS-51 系列单片机芯片内部采用模块化结构, 增加或更换一个模块就能获得指令系统和引脚兼容的新产品。另一方面, MCS-51 系列单片机具有 64KB 的外部程序存储器寻址能力和 64KB 的外部 RAM 和 I/O 接口寻址能力。Intel 公司标准的 I/O 接口电路和存储器电路都可以直接连到 MCS-51 系列单片机上以扩展系统功能, 应用非常灵活。

三、可靠性高

单片机产品和其他产品一样, 出厂指标有军用品、工业品和商用品之分。其中军用品要求绝对可靠, 在任何恶劣的环境下都能可靠工作, 主要用于武器系统、航空器等方面。单片机属于工业品, 能在常温下工作, 不需要在温度恒定的机房内工作。由于单片机总线大多, 在芯片内部不易受干扰, 而且单片机应用系统体积小, 易于屏蔽, 因此单片机的可靠性较高。

四、处理功能强, 速度快

MCS-51 系列单片机指令系统中具有加、减、乘、除指令及各种逻辑运算和转移指令, 还具有位操作功能。CPU 时钟频率高达 12MHz, 单字节乘法和除法仅需要 $4\mu\text{s}$, 而且具有特殊的多机通信功能, 可作为多机系统中的子系统。

1.4.1.2 单片机的制造工艺

制造单片机的工艺只有两种: HMOS 工艺和 CHMOS 工艺。

早期的 MCS-51 系列芯片都采用 HMOS 工艺, 即高密度、短沟道 MOS 工艺。8051、8751、8031、8951 等产品均属于 HMOS 工艺制造的产品。

CHMOS 工艺是 CMOS 和 HMOS 的结合, 除保持了 HMOS 工艺的高密度、高速度之外, 还具有 CMOS 工艺低功耗的特点。例如 HMOS 工艺制造的 8051 芯片的功耗为 630mW, 而用 CHMOS 工艺制造的 80C51 芯片的功耗为 120mW, 这么低的功耗用一粒钮扣电池就可以工作。单片机型号中包含有“C”的产品就是指它的制造工艺是 CHMOS 工艺, 如 80C51 就是指用 CHMOS 工艺制造的 8051。

1.4.1.3 MCS-51 单片机系列产品

MCS-51 是一个单片机系列产品, 具有多种芯片型号。按其内部资源配置的不同, MCS-51 可分为两个子系列和四种类型, 见表 1-1。

表 1-1 MCS-51 系列单片机

资源 配置	片内 ROM 形式				片内ROM 容量	片内RAM 容量	定时器/ 计数器	中断源
	无	ROM	EPROM	EEPROM				
MCS-51 子系列	8031	8051	8751	8951	4KB	128B	2×16	5 个
MCS-52 子系列	8032	8052	8752	8952	8KB	256B	3×16	6 个

MCS-51 子系列包含 4 个产品，这 4 个产品具有不同的应用特性。

(1) 8051。8051 内部包含了 4KB 的 ROM、128B 的 RAM、21 个特殊功能寄存器、4 个 8 位并行口、1 个全双工串行口、2 个 16 位定时器/计数器以及 1 个处理功能很强的中央处理器，是一台完整的微型计算机。

(2) 8751。8751 是以 4KB 的 EPROM 代替 8051 内部的 4KB ROM。

(3) 8951。8951 是以 4KB 的 EEPROM (或 Flash ROM) 代替 8051 内部的 4KB ROM。

(4) 8031。8031 内部无 ROM。单片机 8031 不构成完整计算机，必须外接 EPROM 作为程序存储器。

52 子系列也包含 4 个产品，分别是 51 子系列的增强型。由于资源数量的增加，芯片的功能有所增强。片内 ROM 容量从 4KB 增加到 8KB；RAM 容量从 128B 增加到 256B；定时器数目从 2 个增加到 3 个；中断源从 5 个增加到 6 个等。

1.4.1.4 80C51 单片机系列

80C51 单片机系列是在 MCS-51 系列的基础上发展起来的。80C51 系列芯片的最早推出者是 Intel 公司，并且作为 MCS-51 系列的一部分，按原 MCS-51 系列芯片的规则命名，如 80C51、80C31、87C51 等（至于 89C51，我们把它归入 89 系列单片机）。

后来越来越多的公司生产 80C51 芯片，而且型号的命名已面目全非，功能上也做了不同程度的改进，如增加了 A/D 转换、高速 I/O 端口等。有些还在总线结构上做了重大改进，出现了廉价的非总线型单片机芯片。但是万变不离其宗，即 CHMOS 工艺芯片 80C51/80C31/87C51/89C51 的基本特征是低功耗、允许的电源电压波动范围较大 [$(5 \pm 20\%)$ V]，并有 3 种功耗控制方式（增加了待机和掉电保护 2 种方式）。

习惯上，我们仍然把 80C51 系列作为 MCS-51 的子系列。

1.4.2 Cygnal C8051F 系列单片机

Cygnal C8051FXXX 系列是全集成混合信号在片系统单片机。在片系统是随着半导体生产技术的不断发展，集成度越来越高，对嵌入式控制技术可靠性要求越来越高而产生的新概念，即 SOC (System on Chip)。SOC 的意思是整个系统都高度集成在一个芯片上。

单片机自 20 世纪 70 年代末诞生以来，经历了单片微型计算机 SCM、微控制器 MCU 及片上系统 SOC 等几个阶段，前两个阶段分别以 MCS-51 和 80C51 为代表。随着在嵌入式领域中对单片机的性能和功能要求越来越高，以往的单片机无论是运行速度还是系统集成度等多方面都不能满足新的设计需要，这时 Silicon Labs 公司推出了 C8051F 系列单片机，并在嵌入式领域的各个场合都得到了广泛的应用。在工业控制领域，其丰富的模拟资源可用于工业现场多种物理量的监测、分析及控制和显示；在便携式仪器领域，其低功耗和强大的外设接口也非常适合各种信号的采集、存储和传输；此外，新型的 C8051FXXX 系列单片机也在汽车电子行业中崭露头角。正是这些优势，使得 C8051 系列单片机在进入中国市场的短短几年内就迅速风靡，相信随着新型号的不断推出以及推广力度的不断加大，C8051 系列单片机将迎来日益广阔的发展空间，成为嵌入式领域的时代宠儿。

1.4.2.1 Cygnal C8051FXXX 系列单片机概况

Cygnal C8051FXXX 系列单片机主要分为 C8051F0XX、C8051F02X、C8051F2XX、C8051F30X 等几个系列。

1.4.2.2 Cygnal C8051FXXX 系列单片机片内资源概况

- (1) 8~12 位多通道输入 ADC。
- (2) 1~2 路 12 位 DAC。
- (3) 1~2 路电压比较器。
- (4) 电压基准 (内部、外部)。
- (5) 内置温度传感器 ($\pm 3^{\circ}\text{C}$)。
- (6) 16 位可编程定时计数器 PCA, 可用于 PWM。
- (7) 3~5 个通用 16 位定时器。
- (8) 8~64 个通用 I/O 端口。
- (9) 带有 I²C/SMBus、SPI、1~2 个 UART 串行总线。
- (10) 8~64KB Flash 存储器。
- (11) 256B~4KB 数据 RAM。
- (12) 片内电源监测、片内看门狗定时器、片内时钟源。

1.4.2.3 Cygnal C8051FXXX 系列单片机主要特点

(1) 高速的 (20~25MIPS) 与 8051 全兼容的微控制器内核 (MIPS 是单字长定点指令平均执行速度 Million Instructions per Second 的缩写, 每秒处理百万级的机器语言指令数, 是衡量 CPU 速度的一个指标)。

(2) Flash 存储器, 可实现在线编程和用于非易失性数据存储 (EEPROM) 的作用。

(3) 工作电压典型值为 3V (2.7~3.3V), 全部 I/O、RST、JTAG 引脚均允许 5V 电压输入。

(4) 全系列芯片均为工业级 (温度范围 $-45\sim 85^{\circ}\text{C}$)。

(5) 片内 JTAG 仿真电路提供全速非插入式 (不使用在片资源) 的电路内仿真。支持断点、单步、观察点、运行和停止等调试命令, 支持存储器和寄存器校验和修改。

1.4.2.4 Cygnal C8051FXXX 系列单片机主要性能

C8051F 具有上手快 (全兼容 8051 指令集)、研发快 (开发工具易用, 可缩短研发周期) 和见效快 (调试手段灵活) 的特点, 其主要性能优势具体体现在以下几个方面:

(1) 基于增强的 CIP-51 内核, 具有标准 8052 的所有外设部件, 包括 5 个 16 位的计数器/定时器、2 个全双工 UART 串行接口、256 字节内部 RAM、128 字节特殊功能寄存器 (SFR) 地址空间及 8 个 8 位宽的 I/O 端口。其指令集与 MCS-51 完全兼容, 具有标准 8051 的组织架构, 可以使用标准的 803x/805x 汇编器和编译器进行软件开发。CIP-51 采用流水线结构, 70% 的指令执行时间为 1 个或 2 个系统时钟周期, 是标准 8051 指令执行速度的 12 倍; 其峰值执行速度可达 100MIPS, 是目前世界上速度最快的 8 位单片机。

(2) 增加了中断源。标准的 8051 只有 7 个中断源。Silicon Labs 公司的 C8051F 系列单片机扩展了中断处理, 这对于实时多任务系统的处理是很重要的, 扩展的中断系统向 CIP-51 提供 22 个中断源, 允许大量的模拟和数字外设中断, 1 个中断处理需要较少的 CPU 干预, 却有更高的执行效率。

(3) 集成了丰富的模拟资源, 绝大部分的 C8051F 系列单片机都集成了单个或两个 ADC, 在片内模拟开关的作用下可实现对多路模拟信号的采集转换; 片内 ADC 的采样精度最高可达 24bit, 采样速率最高可达 500ksps (Kilo Sample per Second, 表示每秒采样千次), 部分型