



51

楼然苗 李光飞 编著

系列单片机

设计实例

 北京航空航天大学出版社
<http://www.buaapress.com.cn>



51 系列单片机设计实例

楼然苗 李光飞 编著

北京航空航天大学出版社

<http://www.buaapress.com.cn>

内 容 简 介

本书是为希望掌握单片机设计应用技术的电子爱好者而编著的。本书除简要地介绍 51 系列单片机的硬件资源及指令外,重点列举了 13 个实际应用设计实例。文中对实例的硬件电路原理、软件设计的思路及功能模块进行了详细的介绍,并给出了完整的源程序及注释,这对单片机初学者迅速理解单片机的设计应用原理具有很好的效果。读者可以参考给出的硬件电路及源程序进行实验设计练习,从而逐步掌握具体应用系统的设计方法。本书含有光盘 1 张,包含书中所有的应用源程序。

本书可作为单片机设计与应用技术人员参考用书,也是电子设计爱好者自学单片机应用技术难得的学习用书。

未经许可,不得以任何方式复制出版本书中之部分或全部单片机设计实例。

版权所有,翻版必究。

图书在版编目(CIP)数据

51 系列单片机设计实例/楼然苗等编著. —北京:
北京航空航天大学出版社,2003.3

ISBN 7-81077-268-6

I. M… II. 楼… III. 单片微型计算机,51 系
列—程序设计 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 092536 号

51 系列单片机设计实例

楼然苗 李光飞 编著

责任编辑 孔祥雯

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

<http://www.buaapress.com.cn>

E-mail:bhpress@263.net

北京市云西华都印刷厂印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 印张:16.5 字数:416 千字

2003 年 3 月第 1 版 2003 年 3 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 7-81077-268-6 定价:29.50 元

前 言

单片机的实际应用一直是单片机初学者难以掌握的问题。本书结合 13 个作者编制的单片机应用实例设计程序,对单片机应用系统的设计方法进行了全面的介绍。文中的程序设计方法也许不是最佳方案,但对帮助单片机初学者掌握单片机的实际应用设计方法具有很大的作用。读者可以参考给出的硬件电路及源程序进行实验设计练习,从而逐步掌握具体应用系统的设计方法。

各部分的安排如下:

第 1 部分:51 系列单片机原理。

第 1 章:绪论。了解单片机的发展史;理解单片机的应用模式;熟悉单片机的应用开发过程。

第 2 章:单片机基本结构与工作原理。理解内部结构和引脚功能;掌握 RAM 中 SFR 和数据区地址划分;掌握 ROM 中程序复位及中断入口地址;掌握 4 个输入输出口的特点;掌握所有 SFR 的意义及特点。

第 3 章:单片机的指令系统。了解什么是寻址方式和指令系统,掌握 51 系列的寻址方式、指令格式;掌握并学会 111 条指令的使用方法。

第 4 章:单片机基本单元结构与操作原理。掌握定时器和中断的基本结构及使用方法;理解串行口的基本结构及使用方法。

第 5 章:汇编语言程序设计基础。了解程序设计的一般规律;掌握不同程序结构的单片机汇编程序设计的基本方法;程序举例。

第 2 部分:51 系列单片机设计应用程序实例。

本部分共 13 章,详细介绍了 13 个单片机实际应用设计实例,有详细的电路设计介绍、完整源程序及注释。

参加本书编著工作的成员有楼然苗、李光飞,其中第 2 部分中的实例 1、实例 2、实例 4、实例 7、实例 8 及实例 9 由李光飞老师编写,其余部分由楼然苗老师编写。

为方便读者边学习边实践,将本书第6章~第18章应用例子中的源程序放在了本书所附光盘中,分别对应于光盘中的实例1~实例13。读者可直接将光盘中的程序复制到自己的电脑上进行实验调试。

本书在出版编辑过程中得到了北航出版社的大力支持,在此表示衷心的感谢。同时对在编写第一部分内容时参考的多部单片机原理著作的作者表示深深的谢意。

作者

2002年12月

目 录

第 1 部分 51 系列单片机原理

第 1 章 绪 论

1.1 嵌入式系统	3
1.1.1 什么是嵌入式系统	3
1.1.2 嵌入式系统的种类	3
1.2 单片机的技术发展历史	3
1.2.1 单片机的发展阶段	3
1.2.2 单片机的发展方向	4
1.3 单片机的应用模式	5
1.3.1 单片机应用系统的结构	5
1.3.2 单片机的种类	5
1.3.3 单片机的供应状态	5
1.3.4 单片机的应用模式	6
1.4 单片机的应用开发过程	6
思考与练习	7

第 2 章 单片机基本结构与工作原理

2.1 单片机的基本结构	8
2.2 单片机内部资源的配置	9
2.3 单片机的外部特性	10
2.3.1 单片机的引脚分配及功能描述	10
2.3.2 80C51 系列单片机引脚功能分类	11
2.3.3 单片机的引脚应用特性	11
2.4 80C51 的 SFR 运行管理模式	12
2.4.1 80C51 的 SFR	12
2.4.2 80C51 中 SFR 的寻址方式	14
2.4.3 SFR 的复位状态	14
2.5 单片机 I/O 端口及应用特性	14
2.5.1 80C51 单片机 I/O 口电气结构	14
2.5.2 I/O 端口应用特性	14
2.6 80C51 单片机存储器系统及操作方式	15
2.6.1 80C51 存储器的结构	15
2.6.2 程序存储器及其操作	16
2.6.3 数据存储器及其操作	16

思考与练习	18
第 3 章 单片机的指令系统	
3.1 单片机指令系统基础	19
3.1.1 汇编指令格式	19
3.1.2 指令代码格式	19
3.1.3 汇编指令中的符号约定	19
3.1.4 指令系统的寻址方式	20
3.2 指令系统的分类与速解	21
3.2.1 指令的分类图解	21
3.2.2 指令系统速解表	25
3.3 指令的应用例子	30
思考与练习	31
第 4 章 单片机基本单元结构与操作原理	
4.1 定时器/计数器的基本结构与操作方式	32
4.1.1 定时器/计数器的基本组成	32
4.1.2 定时器/计数器的 SFR	32
4.1.3 定时器/计数器的工作方式	33
4.1.4 定时器/计数器的编程和使用	35
4.1.5 定时器应用举例	36
4.2 中断系统的基本原理与操作方式	38
4.2.1 中断系统的基本组成	38
4.2.2 中断系统中的 SFR	38
4.2.3 中断响应的自主操作过程	40
4.2.4 应用练习	41
4.3 串行口的基本结构与操作方式	44
4.3.1 串行口的基本组成	44
4.3.2 串行口的特殊功能寄存器	44
4.3.3 串行口的工作方式	45
4.3.4 应用练习	46
思考与练习	48
第 5 章 汇编语言程序设计基础	
5.1 汇编语言应用程序设计的一般格式	49
5.1.1 单片机汇编语言程序设计的基本步骤	49
5.1.2 汇编语言程序的设计方法	50
5.1.3 常用的伪指令	50
5.2 简单结构程序	51
5.3 分支结构程序	52
5.4 循环结构程序	52
5.5 子程序结构程序	52

5.6 查表程序.....	52
5.7 查键程序.....	53
5.8 显示程序.....	57
思考与练习	59

第 2 部分 51 系列单片机设计应用程序实例

第 6 章 实例 1 闪烁 LED 小灯的设计	63
第 7 章 实例 2 数码管时钟电路的设计.....	69
第 8 章 实例 3 8×8 点阵 LED 字符显示器的设计	77
第 9 章 实例 4 8 路输入模拟信号数值显示电路的设计	85
第 10 章 实例 5 单键学习型遥控器的设计	91
第 11 章 实例 6 15 路电器遥控器的设计	103
第 12 章 实例 7 自行车里程/速度计的设计	121
第 13 章 实例 8 自动往返行驶小汽车的设计.....	137
第 14 章 实例 9 遥控小汽车的设计.....	148
第 15 章 实例 10 汽车行驶信息发送与接收器的设计	161
第 16 章 实例 11 数控调频发射台的设计	171
第 17 章 实例 12 可在线修改程序的单片机 W78E516B 设计实例	186
第 18 章 实例 13 电子定时器的设计	234
参 考 文 献.....	252

第 1 部分

51 系列单片机原理

第 1 章 绪 论

1.1 嵌入式系统

1.1.1 什么是嵌入式系统

通常将满足海量高速数值计算的计算机称为通用计算机系统;而把面向工控领域对象,嵌入到工控应用系统中,实现嵌入式应用的计算机称之为嵌入式计算机系统,简称嵌入式系统。

嵌入式系统具有以下特点:

- (1) 面对控制对象。如传感信号输入、人机交互操作、伺服驱动等。
- (2) 嵌入到工控应用系统中的结构形态。
- (3) 能在工业现场环境中可靠运行的品质。
- (4) 突出控制功能。如对外部信息的捕捉、对控制对象实时控制和有突出控制功能的指令系统(I/O 控制、位操作和转移指令等)。

1.1.2 嵌入式系统的种类

嵌入式系统的种类可分为以下四种:

- (1) 工控机。将通用计算机经机械后加固和电气加固改造后构成,其特点是软件丰富、体积大。
- (2) 通用 CPU 模块。用 CPU 构成各种形式的主机板系统,一般用在大量数据处理的场合,体积较小。
- (3) 嵌入式微处理器。在通用微处理器(MPU)的基核上,增添一些外围单元和接口构成单芯片形态的计算机系统,如 80386EX 就将定时器/计数器、DMA、中断系统、串行口、并行口和看门狗(WDT)等集成在一个芯片上。
- (4) 单片机(微控制器)。单片机有惟一的专门为嵌入式应用系统设计的体系结构与指令系统,最能满足嵌入式应用要求。单片机是完全按嵌入式系统要求设计的单芯片形态应用系统,能满足面对控制对象、应用系统的嵌入、现场的可靠运行及非凡的控制品质等要求,是发展最快、品种最多、数量最大的嵌入式系统。

1.2 单片机的技术发展历史

1.2.1 单片机的发展阶段

单片机的发展可分为以下四个阶段。

- (1) 第一代:单片机探索阶段。主要有通用 CPU 68XX 系列和专用 CPUMCS-48 系列。

(2) 第二代:单片机完善阶段。表现在:

- ① 面对对象,突出控制功能,专用 CPU 满足嵌入功能;
- ② 寻址范围为 16 位或 8 位;
- ③ 规范的总线结构,有 8 位数据线,16 位地址线及多功能异步串行口(UART);
- ④ 特殊功能寄存器(SFR)的集中管理模式;
- ⑤ 海量位地址空间,提供位寻址及位操作功能;
- ⑥ 指令系统突出控制功能。

(3) 第三代:微控制器形成阶段。这一阶段已形成系列产品:以 8051 系列为代表,如 8031、8032、8051 和 8052 等。

(4) 第四代:微控制器百花齐放。表现在:

- ① 电气商、半导体商广泛加入;
- ② 满足最低层电子技术的应用(玩具、小家电);
- ③ 大力发展专用型单片机;
- ④ 致力于提高单片机的综合品质。

1.2.2 单片机的发展方向

未来单片机技术的发展趋势可归结为以下 10 个方面:

(1) 主流型机发展趋势。8 位单片机为主流,少量 32 位机,16 位机可能被淘汰。

(2) 全盘 CMOS 化趋势。指在 HCMOS 基础上的 CMOS 化,CMOS 速度慢、功耗小,而 HCMOS 具有低功耗及低功耗管理技术等特点。

(3) RISC 体系结构的发展。早期 CISC 指令较复杂,指令代码周期数不统一,难以实现流水线(单周期指令仅为 1MIPS)。采用 RISC 体系结构可以精简指令系统,使其绝大部分为单周期指令,很容易实现流水线作业(单周期指令速度可达 12MIPS)

(4) 大力发展专用单片机。

(5) OTPROM、flashROM 成为主流供应状态。

(6) ISP 及基于 ISP 的开发环境。FlashROM 的应用推动了 ISP(系统可编程技术)的发展,这样就可实现目标程序的串行下载,PC 机可通过串行电缆对远程目标高度仿真、更新软件等。

(7) 单片机的软件嵌入。目前的单片机只提供程序空间,没有驻机软件。ROM 空间足够大后,可装入如平台软件、虚拟外设软件和用于系统诊断管理的软件等,以提高开发效率。

(8) 实现全面功耗管理。如采用:ID、PD 模式、双时钟模式、高速时钟/低速时钟模式和低电压节能技术。

(9) 推行串行扩展总线。如 I²C 总线等。

(10) ASMIC 技术的发展。如以 MCU 为核心的专用集成电路(ASIC)。

1.3 单片机的应用模式

1.3.1 单片机应用系统的结构

单片机应用系统的结构分三个层次。

(1) 单片机:通常指应用系统主处理机,即所选择的单片机器件。

(2) 单片机系统:指按照单片机的技术要求和嵌入对象的资源要求而构成的基本系统,如时钟电路、复位电路和扩展存储器等与单片机构成了单片机系统。

(3) 单片机应用系统:指能满足嵌入对象要求的全部电路系统。在单片机系统的基础上加上面向对象的接口电路,如前向通道、后向通道、人机交互通道(键盘、显示器、打印机等)和串行通信口(RS232)以及应用程序等。

单片机应用系统三个层次的关系如图 1.1 所示。

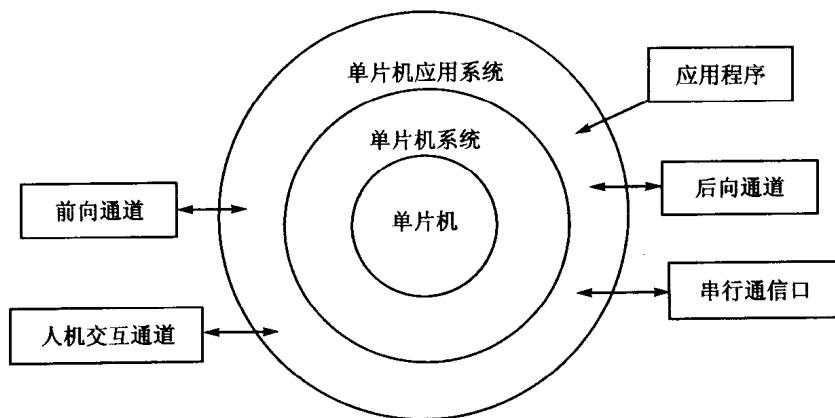


图 1.1 单片机应用系统三个层次的关系

1.3.2 单片机的种类

单片机可按应用领域、通用性、总线结构分类。

(1) 按应用领域可分为:家电类、工控类、通信类、个人信息终端等。

(2) 按通用性可分为:通用型和专用型(如计费率电表、电子记事簿)。

(3) 按总线结构可分为:总线型和非总线型。如 89C51 为总线型,有数据总线、地址总线及相应的控制线(WR、RD、EA、ALE 等);89C2051 等为非总线型,其外部引脚少,可使成本下降。

1.3.3 单片机的供应状态

按提供的存储器类型可分为以下五种状态。

(1) MASKROM 类:程序在芯片封装过程中用掩膜工艺制作到 ROM 区中,如 80C51,适合大批生产。

(2) EPROM 类:紫外线可擦写存储器类,如 87C51,价格较贵。

(3) ROMless 类:无 ROM 存储器,如 80C31,电路扩展复杂,较少用。

(4) OTPROM 类:可一次性写入程序。

(5) FlashROM(MTPROM)类:可多次编程写入的存储器,如 89C51、89C52,其成本低,开发调试方便,在恶劣环境下可靠性不及 OTPROM。

1.3.4 单片机的应用模式

单片机应用模式的分类如图 1.2 所示。各应用模式的结构如图 1.3、图 1.4、图 1.5 和图 1.6 所示。

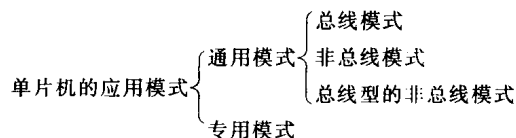


图 1.2 单片机应用模式的分类

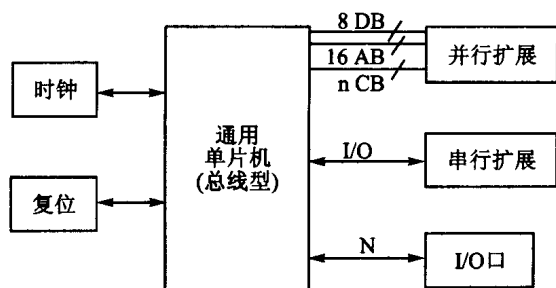


图 1.3 总线型的总线应用模式

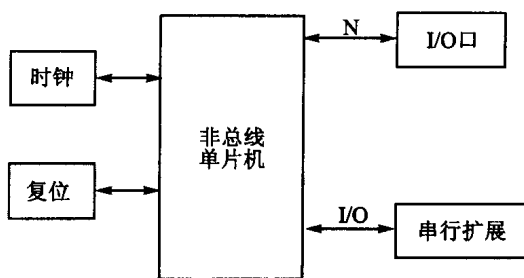


图 1.4 非总线型的应用模式

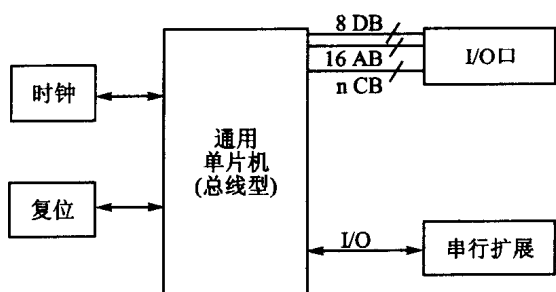


图 1.5 总线型的非总线应用模式

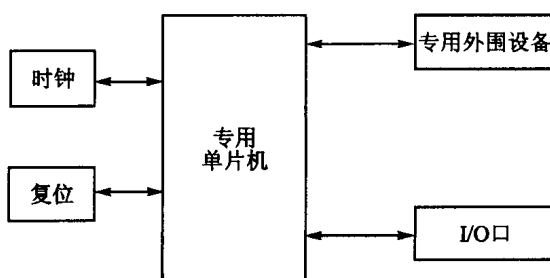


图 1.6 专用型的应用模式

1.4 单片机的应用开发过程

单片机的应用开发可分为以下五个过程。

(1) 硬件系统设计调试。如电路设计、PCB 印制板绘制等。

(2) 应用程序的设计。可使用如 Wave 等汇编工具软件进行源程序编写、编译调试等。

(3) 应用程序的仿真调试。指用仿真器对硬件进行在线调试或软件仿真调试,在调试中不断修改、完善硬件及软件。

(4) 单片机应用程序的烧写。用专用的单片机烧写器可将编译过的二进制源程序文件写入单片机(FlashROM)芯片内。

(5) 系统脱机运行检查。进行全面检查,针对出现的问题修正硬件、软件或总体设计方案。

思考与练习

1. 什么是嵌入式系统? 有哪些类型?
2. 通用计算机系统与一般嵌入式系统的主要区别在哪里?
3. 单片机的主要发展方向是什么?
4. 单片机的主要供应状态是指什么? 分几种供应状态? 在研制开发时主要用什么单片机?
5. 什么是总线型单片机? 什么是非总线型单片机? 什么是总线应用模式? 什么是非总线应用模式?
6. 简述单片机的开发过程。

第 2 章 单片机基本结构与工作原理

2.1 单片机的基本结构

典型系列单片机是由 CPU 系统、外围功能单元和归一化 I/O 端口三部分组成,如图 2.1 所示。

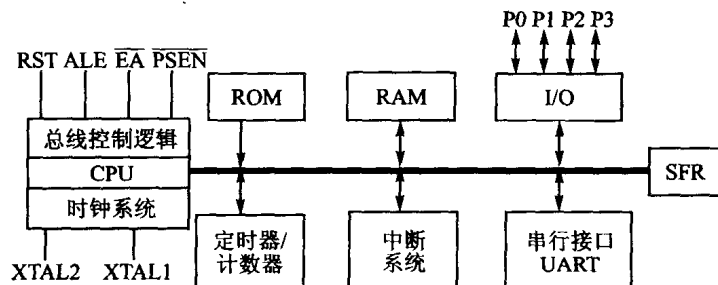


图 2.1 80C51 系列单片机的基本原理

1. CPU 系统

CPU 系统包括 CPU、时钟系统和总线控制逻辑三部分,其功能如下:

(1) CPU:包含运算器和控制器,专门为面向控制对象、嵌入式特点而设计,有突出控制功能的指令系统。

(2) 时钟系统:包含振荡器、外接谐振元件,可关闭振荡器或 CPU 时钟,其结构如图 2.2 所示。

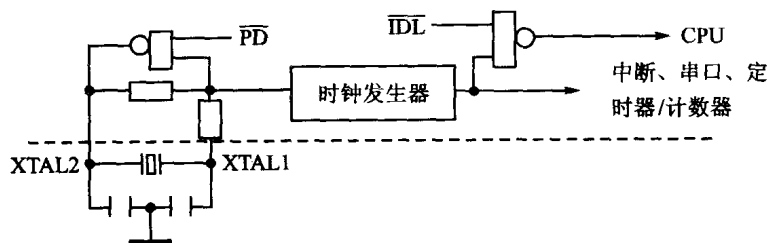


图 2.2 80C51 的时钟系统

(3) 总线控制逻辑:主要用于管理外部并行总线时序及系统的复位控制,外部引脚有 RST、ALE、EA、PSEN。

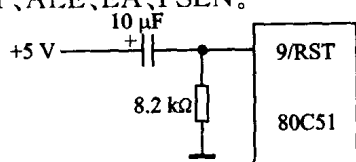


图 2.3 单片机的上电复位电路

RST:系统复位用。

ALE:数据(地址)复用控制。

EA:外部/内部程序存储器选择。

PSEN:外部程序存储器的取指控制。

单片机的上电复位电路如图 2.3 所示。

2. CPU 外围电路

CPU 外围电路包括 ROM、RAM、I/O 口和 SFR 四部分。

(1) ROM: 程序存储器。地址范围为 0000H~FFFFH(64 KB)。按供应状态分:

80C51 为 ROMless, 83C51 为 MaskROM, 87C51 为 EPROM/OTPROM, 89C51 为 flashROM。

(2) RAM: 数据存储器。地址范围 00H~FFH(256 B), 是一个多用多功能数据存储器, 有数据存储、通用工作寄存器、堆栈、位地址等空间。

(3) I/O 端口: 80C51 系列单片机具有 4 个 8 位 I/O 端口, 分别为 P0、P1、P2、P3。P0 为数据总线端口, P2、P0 组成 16 位地址总线, P1 为用户端口, P3 用于基本输入/输出端口以及并行扩展总线的读/写控制。P0、P2 可作用户 I/O 端口, P3 不作基本功能单元的输入/输出端口时, 可作用户 I/O 端口。

(4) SFR: 特殊功能寄存器。是单片机中的重要控制单元, CPU 对所有片内功能单元的操作都是通过访问 SFR 实现的。

3. 基本功能单元

80C51 系列单片机具有定时/计数器、中断系统和串行接口三个基本功能单元。

(1) 定时器/计数器: 80C51 有 2 个 16 位定时器/计数器, 定时时靠内部的分频时钟频率计数实现; 作计数器时, 对 P3.4 (T0) 或 P3.5 (T1) 端口的低电平脉冲计数。

(2) 中断系统: 80C51 共有 5 个中断源, 即 2 个外部中断源 $\overline{INT0}$ 、 $\overline{INT1}$ 、2 个定时器溢出中断 (T0、T1) 和 1 个串行中断。

(3) 串行接口 UART: 一个带有移位寄存器工作方式的通用异步收发器, 不仅可以作串行通信, 还可用于移位寄存器方式的串行外围扩展。RXD (P3.0) 脚为接收端口, TXD (P3.1) 脚为发送端口。

2.2 单片机内部资源的配置

单片机内部资源可按需要进行扩展与删减, 单片机中许多型号系列是在基核的基础上扩展部分资源形成的。这些可扩展的资源有:

- (1) 时钟系统的速度扩展, 从 12 MHz~40 MHz。
- (2) ROM 的容量扩展, 从 8 KB、16 KB 到 64 KB。
- (3) RAM 的容量扩展, 从 256 B、512 B 到 1 024 B。
- (4) I/O 口的数量扩展, 从 4 个 I/O 口到 7 个 I/O 口。
- (5) SFR 的功能扩展, 如 ADC、PWM、WDT、模拟比较器等。
- (6) 中断系统的中断源扩展。
- (7) 定时器/计数器的数量扩展、功能扩展。
- (8) 串行口的增强扩展。
- (9) 电源供给系统的宽电压适应性扩展 (从 2.7 V~6 V)。

为了满足小型廉价的要求, 可将单片机的某些资源删减, 某些功能加强, 以达到不同场合使用要求。这些删减增加资源的内容有:

- (1) 总线删减。如 89C1051、89C2051 删去并行总线, 成为 20 脚封装。