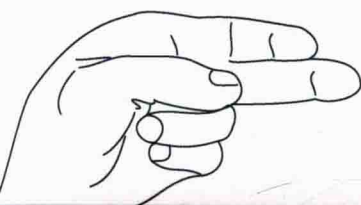




普通高校“十三五”规划教材



陈海宴 编著

51 单片机

原理及应用 (第3版)

——基于Keil C与Proteus



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

“十三五”规划教材

51 单片机原理及应用

——基于 Keil C 与 Proteus(第 3 版)

陈海宴 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书以 Proteus 电子仿真设计软件为核心,通过丰富的实例详细叙述了其在 51 单片机课程教学和产品开发过程中的应用。全书共分 14 章,主要介绍 51 单片机基础知识、Keil 和 Proteus 相关软件的使用、Proteus 原理图绘制、仿真及其在单片机硬件电路设计中的应用;另外,介绍了多种外部设备的使用方法,如 LCD、电机、D/A、A/D 转换器等。本书是再版书,相比旧版,主要是修正了旧版的部分内容,并更新了附录。

本书所有章节编写的实例都有详细说明、程序设计和电路设计,并在 Proteus 软件中仿真成功。每章既独立成篇,又相互联系,具有明显的工程应用特色。本书提供所有的案例源代码,读者可以到 <http://www.buaapress.com.cn> 的“下载专区”免费下载。

本书可作为高等院校单片机课程的教材,还可作为广大从事单片机系统开发应用的工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

51 单片机原理及应用:基于 Keil C 与 Proteus / 陈海宴编著. -- 3 版. -- 北京:北京航空航天大学出版社, 2017.5

ISBN 978-7-5124-2380-0

I. ①5… II. ①陈… III. ①单片微型计算机—C 语言—程序设计 IV. ①TP368.1②TP312.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 079238 号

版权所有,侵权必究。

51 单片机原理及应用

——基于 Keil C 与 Proteus(第 3 版)

陈海宴 编著

责任编辑 董立娟

*

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(邮编:100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@buaacm.com.cn 邮购电话:(010)82316936

北京市同江印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:23 字数:490 千字

2017 年 5 月第 3 版 2017 年 5 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-5124-2380-0 定价:55.00 元

第 3 版前言

单片机已经在工业控制、数据采集、智能仪表、机电一体化、家用电器等领域得到了广泛应用,极大地提高了这些领域的技术水平和智能化程度。各大院校都将“单片机原理与应用”课程列为工科类重要的专业基础课程,为了更直接、更高效地学习并掌握单片机知识,在课程设计、毕业设计、电子设计大赛及社会实践中用好单片机,作者将长期从事该课程教学和科研活动的经验进行了总结,从而形成本书。

本书从原理知识到电路设计,从解决问题的思路到设计流程,都进行了详细的说明。章与章之间既独立成篇,又相互联系。本书具有以下特点:

① 内容安排合理 在内容编排上由浅入深、循序渐进。从最初的 51 单片机基础知识、Keil 和 Proteus 软件的使用,到单片机内部单元的实现,再到单片机外围扩展,最后到单片机开发板的设计和 PCB 设计,这样的编排既符合学习规律,也让读者可以根据自己的情况选择性阅读。

② 强调实践环节 应用 Proteus 软件作为单片机应用系统设计和仿真平台,搭建了实践环境,实现了从原路图设计、程序调试到印刷电路板设计的单片机开发全过程训练。

③ 提高效率、节约教学成本 用 Keil 编写程序并生成 .HEX 文件,然后在 Proteus 中画好硬件电路图,调用 .HEX 文件进行虚拟仿真。在不用硬件电路的情况下,应用软件仿真进行相应的程序设计与调试,节约学习成本,提高学习积极性,实现教学内容可视化。

④ 采用 C 语言编程 单片机编程已从汇编语言编程转向 C 语言编程,同时为了提高单片机应用系统程序开发可移植性和可读性,并为 ARM 等高级器件的系统开发打下坚实的基础,本书全部程序设计采用 C 语言编写。

⑤ 内容简练、针对性强 在编写应用实例过程中作者注重内容的新颖、简练和适用性。书中大部分应用实例都是由作者在教学过程中提炼出来的比较适合学习的例子,具有针对性。

⑥ 内容丰富、分析详细 书中结合 51 单片机的功能介绍了多种元器件和外部

设备的使用方法及 Proteus 仿真实例,包括继电器、LED、数码管、键盘、RS232、LCD1602 和 12864、直流电机和步进电机、DAC0832、ADC0809 以及 AT24C02、DS1302 和 DS18B20 等器件的仿真实例。每个仿真实例又含有设计要求、硬件设计、软件设计、联合调试与运行、电路图功能分析以及程序分析 6 部分内容,详细分析了每个仿真实例从设计到实现的全过程。

参加本书编写的有陈海宴、哈森其其格、吕江涛、卢东华、李志华、邹金红、白雪松、侯伟玉、曹亚丽、王际文、王靠文、李世卓等。邹金红、侯伟玉、李世卓、刘进、黄宗元、邢川、王涛、俞鹏先等为本书实例进行了设计、仿真与调试。同时,在本书的编写过程中得到了许多专家和同行的大力支持与热情帮助,这里一并表示诚挚的感谢。

参与本书第 3 版改版的为哈森其其格老师与张起嘉同学,在此表示衷心的感谢。

鉴于编者水平有限,书中难免存在疏漏和错误之处,恳请专家和广大读者批评指正。

有兴趣的读者,可以发送电子邮件到:chenhy736@sina.com,与作者进一步交流;也可以发送电子邮件到:xdhyded5@sina.com,与本书策划编辑进行交流。

本书提供所有的案例源代码,读者可以到 <http://www.buaapress.com.cn> 的“下载专区”免费下载。

作者

2017年2月



第 1 章 51 单片机基础知识	1
1.1 单片机概述	1
1.1.1 单片机的发展历史	1
1.1.2 51 系列单片机	2
1.1.3 单片机的实际应用	4
1.2 51 单片机功能及引脚	4
1.2.1 51 单片机功能综述	4
1.2.2 51 单片机的封装	5
1.2.3 单片机引脚及功能	6
1.3 51 单片机内部结构	6
1.3.1 51 单片机的 CPU 结构	6
1.3.2 存储器结构	10
1.3.3 I/O 端口结构	14
1.3.4 定时/计数器	15
1.3.5 中断系统	15
1.4 51 单片机工作方式	15
1.4.1 复位方式	15
1.4.2 程序执行方式	16
1.5 51 单片机工作时序	16
1.5.1 时钟电路	16
1.5.2 机器周期及指令周期	16
1.5.3 指令的执行时序	17
1.6 单片机辅助设计软件——单片机小精灵	18
1.6.1 软件介绍	18
1.6.2 功能特点	18
1.7 小 结	19
习 题	20

第2章 Keil C51 软件入门与调试	21
2.1 Keil C51 的安装及启动	21
2.1.1 Keil C51 的安装	21
2.1.2 启动 Keil μ Vision3 程序	21
2.2 工作环境介绍	22
2.3 创建项目	23
2.3.1 新建项目	23
2.3.2 创建新的源程序文件	23
2.3.3 为目标项目设定工具选项	25
2.3.4 编译项目并创建 HEX 文件	26
2.4 Keil C 程序调试器及程序调试方法	27
2.4.1 程序调试器	27
2.4.2 启动程序调试	27
2.4.3 断点设置	30
2.4.4 目标程序的执行	30
2.5 Keil C 程序调试实例	30
2.5.1 创建项目	31
2.5.2 创建新的源程序	32
2.5.3 把源程序添加到项目中	33
2.5.4 为目标设定工具选项并进行编译	33
2.5.5 软件调试	35
2.6 C51 语言概述	36
2.6.1 数据的存储类型	36
2.6.2 C51 中断子程序	37
2.6.3 头文件定义	38
2.7 小 结	39
习 题	40
第3章 Proteus 电子仿真软件与 Keil 联合调试	41
3.1 Proteus 软件介绍	41
3.1.1 Proteus 软件组成和开发流程	41
3.1.2 Proteus 编辑环境介绍	42
3.2 电路原理图设计	46
3.3 单片机的仿真	56
3.4 Proteus 和 Keil 联调仿真单片机	58
3.4.1 安装 vdmagdi 驱动	58
3.4.2 Proteus 与 Keil C 接口	58

3.4.3 Proteus 与 Keil C 联合调试实例	59
3.5 小 结	65
习 题	65
第4章 并行 I/O 端口	66
4.1 并行 I/O 端口的基本概念	66
4.1.1 P0 口结构	67
4.1.2 P1 口结构	69
4.1.3 P2 口结构	70
4.1.4 P3 口结构	71
4.2 并行 I/O 口的应用	72
4.3 I/O 口直接输入/输出实例	72
4.4 并行 I/O 口的扩展实例	74
4.5 输入/输出电路设计	77
4.5.1 弱开关信号输入电路设计	77
4.5.2 强开关信号输入电路设计	77
4.5.3 直接驱动电路设计	78
4.5.4 晶体管驱动电路设计	78
4.5.5 继电器驱动电路设计	79
4.6 小 结	79
习 题	80
实战训练	80
第5章 中断系统	81
5.1 中断概述	81
5.2 51 单片机中断系统的结构	82
5.2.1 中断请求	82
5.2.2 中断允许寄存器 IE	83
5.3 外部中断应用实例	84
5.4 中断优先级寄存器 IP	87
5.5 中断优先级应用实例	89
5.6 51 单片机中断响应过程	92
5.7 中断扩展应用实例	93
5.8 小 结	95
习 题	95
实战训练	96
第6章 定时/计数器	97
6.1 定时/计数器的结构与工作原理	97

6.1.1	硬件结构	97
6.1.2	工作原理	98
6.2	定时/计数器的工作方式	100
6.3	52 单片机的定时/计数器 2 介绍	103
6.3.1	定时/计数器 2 控制寄存器 T2CON	104
6.3.2	定时/计数器 2 的 3 种工作模式	105
6.4	定时/计数器的初始化	109
6.5	定时器中断应用实例	110
6.6	小 结	113
	习 题	113
	实战训练	114
第 7 章	串行通信接口	115
7.1	串行通信方式简介	115
7.2	51 单片机的串行通信	115
7.2.1	串口接口的数据传输方式	115
7.2.2	串行接口寄存器	117
7.2.3	串行口的工作方式	118
7.2.4	波特率的计算	121
7.3	RS232 标准及应用	122
7.4	RS232 串口应用实例	124
7.5	MAX487 多机通信应用实例	129
7.6	单片机小精灵设置调试	133
7.7	小 结	133
	习 题	134
	实战训练	134
第 8 章	键盘输入	136
8.1	按键在单片机中的应用	136
8.2	矩阵式键盘的按键识别方法	137
8.3	按键去抖动	138
8.4	独立式按键应用实例	138
8.5	矩阵式键盘应用实例	140
8.6	单片机小精灵设置调试	142
8.7	小 结	143
	习 题	143
	实战训练	144
第 9 章	输出设备	145

9.1	发光二极管的应用	145
9.2	发光二极管应用实例	146
9.3	流水灯应用实例	147
9.4	数码管应用	149
9.4.1	数码管概述	149
9.4.2	数码管的驱动方式	150
9.5	数码管静态显示应用实例	151
9.6	数码管动态显示应用实例	153
9.7	SMC1602 液晶显示器的应用	155
9.8	1602 应用实例	159
9.9	SMG12864 液晶显示器的应用	162
9.10	12864 应用实例	168
9.11	直流电机控制	174
9.12	直流电机控制实例	176
9.13	步进电机控制	178
9.14	步进电机控制实例	181
9.15	频率测量控制实例	184
9.16	PWM 调制控制	187
9.17	PWM 控制电机应用实例	190
9.18	小 结	192
	习 题	193
	实战训练	193
第 10 章	单片机系统扩展	194
10.1	系统扩展概述	194
10.2	8255A 可编程接口芯片	194
10.3	8255A 应用实例	199
10.4	系统存储器扩展	201
10.4.1	单片机系统总线及总线信号	201
10.4.2	扩展存储器编址技术	202
10.5	RAM62256 扩展应用实例	204
10.6	小 结	206
	习 题	207
	实战训练	208
第 11 章	常用外围接口芯片	209
11.1	D/A 转换	209
11.1.1	D/A 转换器简介	209

11.1.2	D/A 转换器的基本原理	209
11.1.3	D/A 转换器的分类	210
11.1.4	T 型电阻网络 D/A 转换器	210
11.1.5	D/A 转换器的重要指标	211
11.2	D/A 转换芯片 DAC0832	211
11.2.1	DAC0832 的结构原理	211
11.2.2	D/A 转换器与单片机接口	213
11.3	基于 DAC0832 的三角波发生器	214
11.4	A/D 转换	217
11.5	A/D 转换芯片 ADC0809	218
11.5.1	ADC0809 的结构原理	218
11.5.2	ADC0809 的引脚及功能	219
11.5.3	ADC0809 与 AT89C51 接口	220
11.6	数字电压表实例	221
11.7	小 结	224
	习 题	224
	实战训练	225
第 12 章	常用数据传输接口	226
12.1	I ² C 总线 AT24C02 设计	226
12.2	单片机模拟 I ² C 总线通信	230
12.3	AT24C02 的基础知识	232
12.4	AT24C02 的应用实例	235
12.5	SPI 总线 DS1302 实时时钟设计	240
12.5.1	SPI 总线简介	240
12.5.2	接口定义数据传输	240
12.5.3	SPI 协议举例	242
12.5.4	SPI 主要特点	243
12.6	DS1302 的基础知识	244
12.7	DS1302 显示时钟的实例	247
12.8	1-wire 单总线介绍及 DS18B20 测量温度设计	251
12.8.1	1-wire 单总线概述	251
12.8.2	DS18B20 的基础知识	252
12.8.3	程序参考	257
12.9	DS18B20 测量温度的实例	258
12.10	小 结	262
	习 题	262

实战训练	262
第 13 章 单片机开发板设计	263
13.1 单片机开发概述	263
13.2 单片机开发硬件设计	265
13.2.1 开发板基本配置	265
13.2.2 I/O 端口配置	267
13.3 实验指导	267
13.3.1 流水灯实验	267
13.3.2 单按键识别	268
13.3.3 数码管显示	270
13.3.4 A/D 转换实验	271
13.3.5 D/A 转换实验	273
13.3.6 蜂鸣器	274
13.3.7 4×4 矩阵键盘	275
13.3.8 8×8 点阵	277
13.3.9 LCD1602 显示实验	278
13.3.10 综合设计程序	280
13.4 小 结	283
习 题	283
第 14 章 PCB 印刷电路板设计	284
14.1 启动 ARES 系统	284
14.2 ARES 窗口简介	285
14.3 工具箱和对象操作	286
14.4 Proteus ARES 参数设置	287
14.5 PCB 设计流程	291
14.6 基于 Proteus ARES 单片机最小系统的 PCB 制作实例	291
14.6.1 绘制电路原理图并仿真调试及元器件封装检查	292
14.6.2 加载网络表及设计元件封装	296
14.6.3 设置电路板的相关参数	301
14.6.4 元件布局及调整	303
14.6.5 布线并调整	304
14.6.6 规则检查	306
14.6.7 敷 铜	308
14.6.8 3D 效果显示	310
14.6.9 输出 CAD/CAM	310
14.7 小 结	311

目 录

习 题	311
附录 A Keil C 与 Proteus 调试与运行	312
附录 B Proteus 元器件库中英文对照表	315
附录 C Proteus 常用元器件中英文对照表	316
附录 D Proteus ISIS 元件制作	320
附录 E Proteus 虚拟仿真工具	326
E.1 Proteus ISIS 图表仿真	326
E.2 Proteus VSM 激励源	327
E.3 激励源的使用	328
附录 F Proteus VSM 虚拟仪器	337
附录 G 相关比赛信息	353
附录 H 7 段数码管段码	354
参考文献	355

第 1 章

51 单片机基础知识

8051 是 MCS-51 系列单片机中的典型产品,本书将以其作为代表进行系统讲解。其他 51 系列单片机与 8051 的系统结构相同,只是对 8051 进行一些功能扩充,使其功能和市场竞争力更强。

1.1 单片机概述

1976 年,Intel 公司推出第一款 8 位单片机 MCS-48,宣告了单片机时代的到来。在短短的几十年里,单片机技术获得了飞速的发展,在越来越多的领域得到了广泛的应用。

单片机系统大体上由两个部分组成,硬件部分和软件部分。硬件部分由电源、单片机最小系统、外围功能部件和存储器组成。单片机可以是直流电源供电也可以是电池供电。单片机最小系统(或称为最小应用系统),是指用最少的元件组成的单片机可以工作的系统。对于 51 系列单片机来说,最小系统一般包括单片机、按键输入、显示输出、复位电路和晶振电路。外围功能电路,就是实现何种功能、采用什么电路,如温度采集系统中的温度传感器。而软件部分则是单片机系统的核心,决定着系统的功能和特点。硬、软件协同工作实现了单片机系统的功能。

1.1.1 单片机的发展历史

将 8 位单片机的推出作为起点,单片机的发展历史大致可分为以下几个阶段:

第一阶段(1976—1978):单片机的探索阶段,以 Intel 公司的 MCS-48 为代表。MCS-48 的推出是以工控领域的探索为目的,参与这一探索的公司还有 Freescale、Zilog 等都取得了满意的效果。

第二阶段(1978—1982):单片机的完善阶段。Intel 公司在 MCS-48 基础上推出了完善的、典型的单片机系列 MCS-51,它在以下几个方面奠定了典型的通用总线型单片机体系结构:

- 完善的外部总线。MCS-51 设置了经典的 8 位单片机的总线结构,包括 8 位数据总线、16 位地址总线、控制总线及具有多机通信功能的串行通信接口。
- CPU 外围功能电路的集中管理模式。
- 体现工控特性的位地址空间及位操作方式。

➤ 指令系统趋于丰富和完善,并且增加了许多突出控制功能的指令。

第三阶段(1982—1990):8位单片机的巩固发展及16位单片机的推出阶段,也是单片机向微控制器发展的阶段。Intel公司推出的MCS-96系列单片机将一些用于测控系统的模/数转换器、程序运行监视器、脉宽调制器等纳入单片机中,体现了单片机的微控制器特征。随着MCS-51系列的广泛应用,许多电气厂商竞相使用80C51为内核,将许多测控系统中使用的电路技术、接口技术、多通道A/D转换部件、可靠性技术等应用到单片机中,增强了外围电路的功能,强化了智能控制的特征。

第四阶段(1990至今):微控制器的全面发展阶段。随着单片机在各个领域全面深入的发展和运用,出现了高速、大寻址范围、强运算能力的8位/16位/32位通用型单片机以及小型廉价的专用型单片机。32位单片机的字长32位,具有较高的运算速度,处理功能强大。嵌入式操作系统基本上是在32位机上实现的。

总的来说,现在的单片机产品非常丰富,各种单片机均有其各自的应用领域。如8位单片机应用于中/小规模电子设计领域,高性能的16位、32位单片机应用于复杂的控制系统。

1.1.2 51 系列单片机

MCS-51是指Intel公司生产的一系列单片机的总称,这一系列单片机包括了很多种类,如8031、8051、8751、8951、8032、8052、8752和8952等,其中8051是最早、最典型的产品。该系列的其他单片机都是在8051的基础上通过功能的增、减改进而来。

20世纪80年代中期以后,在计算机领域,Intel以专利转让的形式把8051内核转让给了许多半导体厂家,如Atmel、NXP、ANALOG DEVICES、DALLAS等。这些厂家生产的芯片是MCS-51系列的兼容产品,准确地说是与MCS-51指令系统兼容的单片机。

以下是一些典型的51系列单片机:

- Intel公司MCS-48系列、MCS-51系列和MCS-96系列,主要型号如表1.1.1所列;
- Atmel公司的AT89系列单片机,主要型号如表1.1.2所列;
- Freescale公司的6801、6802、6803、6805和68HC11系列单片机;
- Zilog公司的Z8、Super8系列单片机;
- Fairchild公司的F8和3870系列单片机;
- TI公司的TMS7000系列单片机;
- NEC公司的 μ PD7800系列单片机;
- Hitachi公司的HD6301、HD6305系列单片机;
- NXP公司51系列单片机主要型号如表1.1.3所列。

这些单片机与8051的系统结构(主要是指令系统)相同,都对8051做了一些功能扩充,但都更有特点、功能和市场竞争力更强。

表 1.1.1 MCS-51 系列单片机主要产品及其性能

子系统	型号	片内存储器		I/O 口	UART 串口	中 断	定时/ 计数器	工作频率/MHz
		ROM/EPROM	RAM/字节					
8X51/52 系列	8031	无	128	32	1	5	2	12
	8051	4 KB ROM	128	32	1	5	2	12
	8052	8 KB ROM	256	32	1	6	3	12
8XC51/52 系列	80C31	无	128	32	1	5	2	12/16
	80C51	4 KB ROM	128	32	1	5	2	12/16
	80C52	8 KB ROM	256	32	1	6	3	12/16/20/24
8X54/58 系列	80C54	16 KB ROM	256	32	1	6	3	12/16/20/24
	87C54	16 KB EPROM	256	32	1	6	3	12/16/20/24
	80C58	32 KB ROM	256	32	1	6	3	12/16/20/24
	87C58	16 KB EPROM	256	32	1	6	3+5PCA	12/16/20/24

表 1.1.2 Atmel 公司的 89 系列单片机主要产品及其性能

子系统	型号	片内存储器		I/O 口	UART 串口	中 断	定时/ 计数器	工作频率 /MHz
		Flash/KB	RAM/字节					
8 位 Flash 系列	AT89C51	4	128	32	1	5	2	33
	AT89C52	8	256	32	1	5	3	33
	AT89C51RC	32	512	32	1	6	3	40
	AT89C1051	1	64	15	1		2	24
	AT89C2051	2	128	15	1		2	25
	AT89C4051	4	256	15	1		2	26
ISP_Flash 系列	AT89S51	4	128	32	1	5	2	24
	AT89S52	8	256	32	1	5	3	25
I ² C_Flash 系列	AT89C51RB2	16	256	32	1	6	3	60
	AT89C51ED2	32	256	44	1	9	3	40

表 1.1.3 NXP 公司 51 系列单片机主要产品及其性能

子系统	型号	片内存储器		I/O 口	UART 串口	中 断	定时/ 计数器	工作频率/MHz
		程序存储器	RAM/字节					
通用型系列	P80C31	无	128	32	1	5	2	33
	P80C51	4 KB ROM	128	32	1	5	2	33
	P80C52	8 KB ROM	256	32	1	6	3	33
	P80C54	16 KB ROM	256	32	1	6	3	33
	P80C58	32 KB ROM	256	32	1	6	3	33

子系统	型号	片内存储器		I/O 口	UART 串口	中 断	定时/ 计数器	工作频率/MHz
		程序存储器	RAM/字节					
Flash 系列	P89C51	4 KB Flash	128	32	1	6	3	33
	P89C52	8 KB Flash	256	32	1	6	3	33
	P89C54	16 KB Flash	256	32	1	6	3	33
	P89C58	32 KB Flash	256	32	1	6	3	33

1.1.3 单片机的实际应用

目前,国民经济建设、军事及家用电器等各个领域,尤其是在手机、汽车自动驾驶设备、PDA、智能玩具、智能家电、医疗设备等行业中单片机技术得到了广泛应用。

单片机的应用范围包括:

① 测控系统。用单片机可以构成各种不太复杂的工业控制系统、自适应控制系统、数据采集系统等,达到测量与控制的目的。

② 智能仪表。用单片机改造原有的测量、控制仪表,促使仪表向数字化、智能化、多功能化、综合化、柔性化方向发展。

③ 机电一体化产品。单片机与传统的机械产品相结合,使传统机械产品结构简化,控制智能化。

④ 智能接口。在计算机控制系统,特别是在较大型的工业测控系统中,用单片机进行接口的控制与管理,加之单片机与主机的并行工作,大大提高了系统的运行速度。

⑤ 智能民用产品。如在家用电器、玩具、游戏机、声像设备、电子秤、收银机、办公设备、厨房设备等许多产品中,单片机控制器的引入使产品的功能大大增强,性能得到提高,获得了良好的使用效果。

1.2 51 单片机功能及引脚

1.2.1 51 单片机功能综述

8051 是 51 系统单片机中的典型产品,8051 单片机主要参数及功能如下:

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 8 位 CPU; | 4 KB 程序存储器 (ROM); |
| 128 字节的数据存储器 (RAM); | 32 条 I/O 口线; |
| 111 条指令,大部分为单字节指令; | 21 个专用寄存器; |
| 2 个可编程定时/计数器; | 5 个中断源,2 个优先级; |
| 1 个全双工串行通信口; | 外部数据存储器寻址空间为 64 KB; |
| 外部程序存储器寻址空间为 64 KB; | 逻辑操作位寻址功能; |