



新世纪高等学校规划教材·自动化系列

单片机 原理及应用

基于C51的Proteus项目仿真案例

主 编◎杨保亮 杨守良
副主编◎廖长荣 包宋建 张 东



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社



新世纪高等学校规划教材·自动化系列

单片机 原理及应用

基于C51的Proteus项目仿真案例

DANPIANJI YUANLI JI YINGYONG

主 编◎杨保亮 杨守良

副主编◎廖长荣 包宋建 张 东



图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理及应用/杨保亮主编. —北京: 北京师范大学出版社, 2017. 8

新世纪高等学校规划教材·自动化系列

ISBN 978-7-303-22807-2

I. ①单… II. ①杨… 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 (2017) 第 215917 号

营销中心电话 010-62978190 62979006
北师大出版社科技与经管分社 www.jswsbook.com
电子信箱 jswsbook@163.com

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com
北京市海淀区新街口外大街 19 号
邮政编码: 100875

印刷: 北京玺诚印务有限公司
经销: 全国新华书店
开本: 787 mm×1092 mm 1/16
印张: 28.25
字数: 603 千字
版次: 2017 年 8 月第 1 版
印次: 2017 年 8 月第 1 次印刷
定 价: 59.00 元

策划编辑: 李 丹	责任编辑: 李 丹
美术编辑: 刘 超	装帧设计: 刘 超
责任校对: 赵非非	责任印制: 赵非非

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-62978190

北京读者服务部电话: 010-62979006-8021

外埠邮购电话: 010-62978190

本书如有印装质量问题, 请与出版部联系调换。

印制管理部电话: 010-62979006-8006

前 言

嵌入式技术是当今比较流行的技术之一，从工业控制到我们日常生活到处都是嵌入式技术的身影。毫不夸张地说，嵌入式产品已经改变了我们的生活方式和生活质量。单片机技术是嵌入式技术的入门知识，也是嵌入式技术学习的必经阶段，因此在工科的教学过程中，单片机原理及应用课程是电子、电气等专业的核心课程。

同学们也知道单片机技术的重要性，所以都想把这个技术学好。他们看了很多的书，看了很多的视频，当然也付出了很多的资金和时间，但是收获甚微，只会修改别人写好的程序，尤其遇到具体的项目更是无从下手。目前市场上单片机的教材都是偏重理论模块，有的书还在花很大的时间讲汇编及其程序设计，以致很多学过单片机的同学不知道单片机是何物。有的同学虽然可以写出来一个闪烁灯和流水灯的程序，但是真正做项目的时候还是无从下手，很多同学看着项目叹气，有的甚至丧失了学习的兴趣和动力。

作者从事单片机领域工作和教学有十七年之久，无论是以前的 MCS-51 还是现在的 AVR、PIC、430、STM32、DSP 单片机都有涉及，在实际的教学和应用过程中，对单片机有深刻的认识和理解。看到很多的同学在为学习单片机而苦恼，每每听到同学们说单片机课程难的时候，作者也会想到自己开始学习单片机时的艰辛和痛苦。说实话单片机这个课程并不难，关键是没有找到学习的规律和技巧，关键是没有人去引导、去点拨，作者觉得有责任、有必要去帮助同学们，因此有了编写本教材的想法，希望通过本教程可以分享作者的学习单片机的感悟，让同学们能够快速入门，去探索单片机的神秘世界。

为了让同学们对单片机课程有深刻的认识，作者采用了独创五位一体教学方式，即生活、机制、机构、接口和应用五个层次进行讲解。首先从现实生活中事件处理流程提炼机制原理，然后讲解单片机的机构如何实现机制，其次讲解单片机的机构操作接口的控制原理，最后通过实际的应用体现单片机技术如何作用于生活。总而言之，学习单片机的任务就是熟悉单片机的机构和事件处理的机制原理，利用单片机机构的接口控制单片机的结构，进而实现机制，作用于生活。为了让同学们对单片机有循序渐进的学习思路，作者从最基本的闪烁灯讲起，然后讲解数码管程序设计、LCD 程序设计，最后讲解电瓶车的控制系统，让同学们在单片机学习的道路上一步一个脚印地前进。我们采用仿真和实战两种教学模式，让学生在仿真中理解原理，在实战中体验征服单片机带来的喜悦和成就感，为以后的嵌入式系统的学习奠定扎实的基础。此外本书配套了视频教程、电子课件和所有项目的源代码。

本书的特色有：

- ①五位一体教学模式。
- ②符合认知规律，循序渐进教学模式。
- ③实践为主，理论为辅的教学理念。
- ④仿真和实物制作相辅相成。
- ⑤仿真实理解概念，实物提高工程应用技术。
- ⑥实际项目为主线，边学边练。

本书由杨守良教授负责规划、内容安排、定稿与修改，杨保亮老师负责统稿。在编写的过程中采用集体讨论、分工编写、交叉修改的方式进行。本书的第1章由杨守良编写，第2章由张东编写，第3、8、9章由杨保亮编写，第4、5章由包宋建编写，第6、7章由廖长荣编写。

本书在编写的过程得到了董俊峰、石东平、程正富、梁康有、夏继宏、胡勤国、谭宇航等同行的支持和帮助。哈尔滨工业大学的王翥教授在本书编写过程中提出很多宝贵意见，对本书出版付出了很多精力。作者在此向他们表示衷心的感谢！

本书得到重庆市“三特行动计划(特色学科、特色专业、特色学科专业群)”特色专业建设项目、重庆市高等学校教学改革研究项目(163123)及重庆文理学院特色应用型教材建设项目资助，在此表示感谢。

由于作者水平有限，时间仓促，难免有错误与不当之处，敬请读者批评指正。

杨保亮于重庆永川

2017年5月

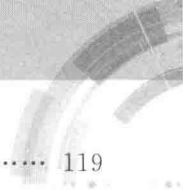
目 录

第1章 绪论	1
1.1 计算机结构组成	1
1.2 单片机的来源	4
1.3 单片机的定义	5
1.4 单片机的发展历史	5
1.4.1 单片机的历史形态	5
1.4.2 单片机的发展历史	6
1.5 单片机的应用	7
1.6 单片机的发展趋势	8
1.7 单片机的系统的组成	9
1.8 单片机的开发流程	10
1.8.1 硬件平台的开发	10
1.8.2 软件程序的设计	11
1.8.3 硬件和软件的组合	12
1.8.4 开发的流程总结	12
1.9 项目实战：单片机的系统开发初体验——闪烁灯	13
1.9.1 建立文件夹	13
1.9.2 绘制原理图	13
1.9.3 创建一个项目	22
1.9.4 下载程序并运行结果	31
本章小结	34
第2章 深刻剖析单片机的内部结构	35
2.1 51系列单片机简介	35
2.1.1 MCS-51系列单片机	35
2.1.2 51系列单片机	36
2.1.3 STC12C5A60S2系列单片机简介	36
2.1.4 其他单片机系列简介	38
2.2 单片机的外部特征	39
2.2.1 元件封装概述	39
2.2.2 MCS-51封装形式	40
2.2.3 单片机引脚分布及其功能	42

2.3	51 单片机内部结构和原理	43
2.3.1	CPU	44
2.3.2	脉冲产生和变换单元	46
2.3.3	存储器	47
2.3.4	单片机并行 I/O 端口的结构及工作原理	54
2.4	单片机的工作状态	58
2.4.1	程序执行方式(单片机的基本工作方式)	58
2.4.2	复位方式	58
2.5	单片机最小系统	59
2.6	项目实战:流水灯	59
2.6.1	项目内容	59
2.6.2	项目说明	59
2.6.3	硬件原理图	60
2.6.4	软件开发思路	61
2.6.5	程序的源代码	61
2.6.6	程序执行的效果	62
2.6.7	拓展	63
	本章小结	63

第3章	单片机 C 语言程序设计基础	65
3.1	单片机编程语言简介	65
3.1.1	单片机编程语言的发展	65
3.1.2	单片机 C 语言的优势	66
3.2	单片机程序结构组成	68
3.2.1	单片机整个工程的示意图	68
3.2.2	单片机软件工程的构成	68
3.2.3	程序文件的结构框架	68
3.3	单片机 C 语言深度剖析	70
3.3.1	C51 程序设计基础知识	70
3.3.2	C51 预处理	92
3.3.3	C51 函数	95
3.4	项目实战:流水灯再续前缘——数组法	101
3.4.1	项目内容	101
3.4.2	项目说明	101
3.4.3	硬件原理图	101
3.4.4	软件开发思路	101
3.4.5	程序的源代码	102
3.4.6	程序执行的效果	103
3.4.7	总结	104

3.5 项目实战：流水灯再续前缘——普通移位法	104
3.5.1 项目内容	104
3.5.2 项目说明	104
3.5.3 硬件原理图	104
3.5.4 软件开发思路	104
3.5.5 程序的源代码	105
3.5.6 程序执行的效果	106
3.5.7 总结	107
3.6 项目实战：流水灯再续前缘——循环移位法	107
3.6.1 项目内容	107
3.6.2 项目说明	107
3.6.3 硬件原理图	107
3.6.4 软件开发思路	107
3.6.5 程序的源代码	108
3.6.6 程序执行的效果	109
3.6.7 总结	110
3.7 项目实战：流水灯再续前缘——变换移位法	110
3.7.1 项目内容	110
3.7.2 项目说明	110
3.7.3 硬件原理图	110
3.7.4 软件开发思路	111
3.7.5 程序的源代码	111
3.7.6 程序执行的效果	112
3.7.7 总结	113
3.8 项目实战：流水灯再续前缘——终结移位法	113
3.8.1 项目内容	113
3.8.2 项目说明	113
3.8.3 硬件原理图	113
3.8.4 软件开发思路	113
3.8.5 程序的源代码	114
3.8.6 程序执行的效果	115
3.8.7 总结	116
3.9 项目实战：流水灯再续前缘——库函数法	116
3.9.1 项目内容	116
3.9.2 项目说明	116
3.9.3 硬件原理图	116
3.9.4 软件开发思路	116
3.9.5 程序的源代码	117
3.9.6 程序执行的效果	118



3.9.7 总结	119
3.10 项目实战：流水灯再续前缘——自制库函数法	120
3.10.1 项目内容	120
3.10.2 项目说明	120
3.10.3 硬件原理图	120
3.10.4 软件开发思路	120
3.10.5 程序的源代码	121
3.10.6 程序执行的效果	122
3.10.7 总结	123
本章小结	123

第4章 单片机输入输出系统的设计及应用

125

4.1 单片机系统的构成	125
4.2 单片机输出系统	126
4.2.1 单片机输出系统简介	126
4.2.2 单片机输出系统编程原理	127
4.2.3 单片机IO口的驱动能力	127
4.3 数码管的工作原理及其应用	128
4.3.1 概述	128
4.3.2 数码管显示器件简介	130
4.4 项目实战：数码管的静态显示数字0~9	133
4.4.1 项目内容	133
4.4.2 项目说明	133
4.4.3 硬件原理图	133
4.4.4 软件开发思路	133
4.4.5 程序的源代码	134
4.4.6 程序执行的效果	135
4.4.7 总结	136
4.5 项目实战：数码管0~99(静态法)	137
4.5.1 项目内容	137
4.5.2 项目说明	137
4.5.3 硬件原理图	137
4.5.4 软件开发思路	137
4.5.5 程序的源代码	138
4.5.6 程序执行的效果	139
4.5.7 总结	141
4.6 项目实战：数码管0~999(静态法)	141
4.6.1 项目内容	141
4.6.2 项目说明	141

4.6.3	硬件原理图	141
4.6.4	软件开发思路	141
4.6.5	程序的源代码	142
4.6.6	程序执行的效果	144
4.6.7	总结	145
4.7	项目实战：数码管 0~9999(静态法)	145
4.7.1	项目内容	145
4.7.2	项目说明	145
4.7.3	硬件原理图	145
4.7.4	软件开发思路	145
4.7.5	程序的源代码	146
4.7.6	程序执行的效果	148
4.7.7	总结	150
4.8	项目实战：数码管 1234(动态法)	150
4.8.1	项目内容	150
4.8.2	项目说明	150
4.8.3	硬件原理图	150
4.8.4	软件开发思路	150
4.8.5	程序的源代码	151
4.8.6	程序执行的效果	152
4.8.7	总结	152
4.9	项目实战：数码管 59s 倒计时(动态法)	152
4.9.1	项目内容	152
4.9.2	项目说明	152
4.9.3	硬件原理图	153
4.9.4	软件开发思路	154
4.9.5	程序的源代码	154
4.9.6	程序执行的效果	156
4.9.7	总结	156
4.10	项目实战：数码管 5min 倒计时(动态法)	157
4.10.1	项目内容	157
4.10.2	项目说明	157
4.10.3	硬件原理图	157
4.10.4	软件开发思路	157
4.10.5	程序的源代码	158
4.10.6	程序执行的效果	160
4.10.7	总结	160
4.11	项目实战：简易数字钟(动态法)	160
4.11.1	项目内容	160

4.11.2	项目说明	160
4.11.3	硬件原理图	161
4.11.4	软件开发思路	161
4.11.5	程序的源代码	162
4.11.6	程序执行的效果	166
4.11.7	总结	166
4.12	液晶显示器 LCD1602	167
4.12.1	液晶显示简介	167
4.12.2	1602 字符型 LCD 简介	168
4.12.3	LCD1602 的指令说明及时序	170
4.12.4	LCD1602 的 RAM 地址映射及标准字库表	172
4.12.5	LCD1602 的一般初始化(复位)过程	173
4.13	项目实战: LCD1602 显示字符串	173
4.13.1	项目内容	173
4.13.2	项目说明	173
4.13.3	硬件原理图	173
4.13.4	软件开发思路	174
4.13.5	程序的源代码	174
4.13.6	程序执行的效果	176
4.13.7	总结	177
4.14	项目实战: LCD1602(59~0)	177
4.14.1	项目内容	177
4.14.2	项目说明	177
4.14.3	硬件原理图	177
4.14.4	软件开发思路	177
4.14.5	程序的源代码	178
4.14.6	程序执行的效果	181
4.14.7	总结	182
4.15	单片机输入系统	182
4.15.1	单片机键盘简介	182
4.15.2	键盘的分类	182
4.15.3	单片机与键盘的连接	183
4.15.4	键盘的识别	184
4.16	项目实战: 独立按键——按下	185
4.16.1	项目内容	185
4.16.2	项目说明	185
4.16.3	硬件原理图	185
4.16.4	软件开发思路	185
4.16.5	程序的源代码	186

4.16.6	程序执行的效果	188
4.16.7	总结	190
4.17	项目实战：独立按键——抬起	190
4.17.1	项目内容	190
4.17.2	项目说明	190
4.17.3	硬件原理图	190
4.17.4	软件开发思路	190
4.17.5	程序的源代码	191
4.17.6	程序执行的效果	194
4.17.7	总结	194
4.18	项目实战：矩阵按键(扫描法)	194
4.18.1	项目内容	194
4.18.2	项目说明	195
4.18.3	硬件原理图	196
4.18.4	软件开发思路	196
4.18.5	程序的源代码	196
4.18.6	程序执行的效果	200
4.18.7	总结	200
4.19	项目实战：矩阵按键(反转法)	201
4.19.1	项目内容	201
4.19.2	项目说明	201
4.19.3	硬件原理图	201
4.19.4	软件开发思路	201
4.19.5	程序的源代码	202
4.19.6	程序执行的效果	205
4.19.7	总结	206
	本章小结	206

第5章	单片机的中断机制及应用	207
5.1	现实生活中的中断现象及其特点	207
5.2	中断机制的剖析	208
5.3	单片机世界中断机制	208
5.4	中断系统结构及其工作原理	209
5.4.1	中断系统结构	209
5.4.2	中断请求标志寄存器	210
5.4.3	中断允许与中断优先级的控制	211
5.4.4	响应中断请求的条件	213
5.4.5	外部中断的响应时间	214
5.4.6	外部中断的触发方式选择	215

5.4.7	中断请求的撤销	215
5.5	中断系统的管理与控制接口	216
5.5.1	中断入口管理	216
5.5.2	中断申请线路管理	216
5.5.3	中断处理者全部内容	217
5.6	中断程序设计思路	217
5.6.1	中断程序设计的目标	217
5.6.2	中断程序设计的步骤	217
5.7	项目实战：外部中断——闪烁灯	218
5.7.1	项目内容	218
5.7.2	项目说明	219
5.7.3	硬件原理图	219
5.7.4	软件开发思路	219
5.7.5	程序的源代码	219
5.7.6	程序执行的效果	220
5.7.7	总结	220
5.8	项目实战：外部中断——流水灯	221
5.8.1	项目内容	221
5.8.2	项目说明	221
5.8.3	硬件原理图	221
5.8.4	软件开发思路	222
5.8.5	程序的源代码	222
5.8.6	程序执行的效果	223
5.8.7	总结	224
5.9	项目实战：外部中断——加减一	224
5.9.1	项目内容	224
5.9.2	项目说明	225
5.9.3	硬件原理图	225
5.9.4	软件开发思路	226
5.9.5	程序的源代码	226
5.9.6	程序执行的效果	228
5.9.7	总结	229
	本章小结	229

第 6 章	定时器和计数器的原理及其应用	231
6.1	现实生活中的定时和计数	231
6.2	计数的基本组成要素	231
6.3	单片机定时计数结构和工作原理	232
6.3.1	定时器/计数器的结构	232

6.3.2	定时器/计数器的四种工作方式	234
6.3.3	对外部输入的计数信号的要求	237
6.4	定时与计数系统的管理与控制接口	238
6.4.1	计数源的实现	238
6.4.2	计数器的实现和管理	238
6.4.3	计数结果	238
6.5	定时与计数器编程思想	238
6.5.1	定时与计数程序设计的目标	238
6.5.2	定时与计数器的编程	239
6.6.3	定时与计数器的编程步骤	239
6.6	项目实战：1s 闪烁灯——查询法	240
6.6.1	项目内容	240
6.6.2	项目说明	240
6.6.3	硬件原理图	240
6.6.4	软件开发思路	240
6.6.5	程序的源代码	241
6.6.6	程序执行的效果	242
6.6.7	总结	242
6.7	项目实战：1s 流水灯——查询法	242
6.7.1	项目内容	242
6.7.2	项目说明	243
6.7.3	硬件原理图	243
6.7.4	软件开发思路	243
6.7.5	程序的源代码	243
6.7.6	程序执行的效果	245
6.7.7	总结	245
6.8	项目实战：1s 闪烁灯——中断法	245
6.8.1	项目内容	245
6.8.2	项目说明	246
6.8.3	硬件原理图	246
6.8.4	软件开发思路	246
6.8.5	程序的源代码	246
6.8.6	程序执行的效果	248
6.8.7	总结	248
6.9	项目实战：1s 流水灯中断	249
6.9.1	项目内容	249
6.9.2	项目说明	249
6.9.3	硬件原理图	249
6.9.4	软件开发思路	249

6.9.5	程序的源代码	249
6.9.6	程序执行的效果	251
6.9.7	总结	251
6.10	项目实战：方波产生(中断)	252
6.10.1	项目内容	252
6.10.2	项目说明	252
6.10.3	硬件原理图	252
6.10.4	软件开发思路	253
6.10.5	程序的源代码	253
6.10.6	程序执行的效果	254
6.10.7	总结	254
6.11	项目实战：数码管 59s 倒计时(定时器中断)	254
6.11.1	项目内容	254
6.11.2	项目说明	255
6.11.3	硬件原理图	255
6.11.4	软件开发思路	255
6.11.5	程序的源代码	255
6.11.6	程序执行的效果	258
6.11.7	总结	258
6.12	项目实战：数码管 5min 倒计时(定时器中断)	258
6.12.1	项目内容	258
6.12.2	项目说明	258
6.12.3	硬件原理图	258
6.12.4	软件开发思路	258
6.12.5	程序的源代码	260
6.12.6	程序执行的效果	263
6.12.7	总结	263
6.13	项目实战：按键灯(计数器中断)	264
6.13.1	项目内容	264
6.13.2	项目说明	264
6.13.3	硬件原理图	264
6.13.4	软件开发思路	264
6.13.5	程序的源代码	265
6.13.6	程序执行的效果	266
6.13.7	总结	266
6.14	项目实战：按键数码管(计数器中断)	266
6.14.1	项目内容	266
6.14.2	项目说明	266
6.14.3	硬件原理图	266

6.14.4	软件开发思路	266
6.14.5	程序的源代码	267
6.14.6	程序执行的效果	268
6.14.7	总结	268
6.15	项目实战：频率计(计数器中断)	268
6.15.1	项目内容	268
6.15.2	项目说明	269
6.15.3	硬件原理图	270
6.15.4	软件开发思路	270
6.15.5	程序的源代码	270
6.15.6	程序执行的效果	273
6.15.7	总结	273
	本章小结	273

第7章	单片机的数据通信机制	275
7.1	计算机通信的基础知识	275
7.1.1	通信无时无处不在	275
7.1.2	计算通信基础知识	275
7.2	单片机的通信机制	279
7.2.1	通信中几个基本要素	279
7.2.2	单片机串行通信结构示意图	279
7.3	单片机串行通信的结构和原理	279
7.3.1	串行口的结构	279
7.3.2	串行口的4种工作方式	281
7.3.3	多机通信	285
7.3.4	波特率的制定	286
7.3.5	串行通信的应用设计	288
7.4	串行口通信系统的管理与控制接口	291
7.4.1	数据的输入和输出通道	292
7.4.2	数据传输格式和数据传输速度的控制	292
7.4.3	传输数据的分割和组装	292
7.4.4	数据传输结束标志	292
7.5	单片机的串行口编程的思想	292
7.5.1	串行口通信程序设计的目标	292
7.5.2	单片机与单片机双机通信的编程要素	292
7.5.3	单片机与单片机双机通信的编程步骤	293
7.6	项目实战：串口数据发送(查询)	293
7.6.1	项目内容	293
7.6.2	项目说明	293

7.6.3	硬件原理图	293
7.6.4	软件开发思路	293
7.6.5	程序的源代码	294
7.6.6	程序执行的效果	296
7.6.7	总结	296
7.7	项目实战：串口数据接收(查询)	296
7.7.1	项目内容	296
7.7.2	项目说明	296
7.7.3	硬件原理图	296
7.7.4	软件开发思路	296
7.7.5	程序的源代码	297
7.7.6	程序执行的效果	299
7.7.7	总结	299
7.8	项目实战：串口数据发送和接收(查询)	299
7.8.1	项目内容	299
7.8.2	项目说明	299
7.8.3	硬件原理图	300
7.8.4	软件开发思路	300
7.8.5	程序的源代码	300
7.8.6	程序执行的效果	302
7.8.7	总结	302
7.9	项目实战：串口数据发送(中断)	302
7.9.1	项目内容	302
7.9.2	项目说明	302
7.9.3	硬件原理图	303
7.9.4	软件开发思路	303
7.9.5	程序的源代码	304
7.9.6	程序执行的效果	306
7.9.7	总结	306
7.10	项目实战：串口数据接收(中断)	306
7.10.1	项目内容	306
7.10.2	项目说明	306
7.10.3	硬件原理图	306
7.10.4	软件开发思路	306
7.10.5	程序的源代码	307
7.10.6	程序执行的效果	309
7.10.7	总结	310
7.11	项目实战：串口数据发送和接收(中断)	310
7.11.1	项目内容	310