

工程师经验手记

深入浅出玩转51单片机

刘平
编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

工程师经验手记

深入浅出玩转 51 单片机

刘 平 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书包含 4 部分,共计 27 章。首先从最基本的概念、开发软件的操作入手,教读者如何搭建一个工程;之后带领读者深入浅出学习 51 单片机内部资源(如定时器、中断、串口)和经典外围电路(如 LED、数码管、按键、液晶、点阵、EEPROM、温度传感器、时钟、红外线解码),同时穿插了一些 C 语言和基础电路;其后又扩展了一些工程中常用的知识点,如模块化编程、PCB、实时操作系统、上位机编程等;最后以一些小项目(如摇摇棒、温湿度控制系统、nRF24L01 无线通信、蓝牙智能小车、语音点歌系统、简易电视)为例,手把手教大家进行实践。

配套资料中包含书中所有实例的例程、应用软件、PCB 工程图及相关资料,且注释详尽,便于自学,读者可在北京航空航天大学出版社网站的“下载专区”免费下载。同时,与本书配套的 50 多讲高清视频——《31 天环游单片机》,部分视频随配套资料附带,其余部分可到 <http://study.chinaaet.com/course/6100000018> 观看。本书还有与之配套的单片机实验板,这样理论结合实践进行学习,可以事半功倍。如果读者手上有别的实验板,配合本书同样可以学习。

本书可作为高等院校电子相关专业的 8051 单片机教材,也可作为课程设计、毕业设计、电子竞赛等的参考用书,还可作为电子工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

深入浅出玩转 51 单片机 / 刘平编著. -- 北京:北京航空航天大学出版社, 2014.5

ISBN 978-7-5124-1534-8

I. ①深… II. ①刘… III. ①单片机—微型计算机 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 090978 号

版权所有,侵权必究。

深入浅出玩转 51 单片机

刘 平 编著

责任编辑 张耀军 何 献 叶建曾 王国兴

*

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@gmail.com 邮购电话:(010)82316524

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:28.25 字数:602 千字

2014 年 5 月第 1 版 2014 年 5 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-1534-8 定价:59.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

前言

单片机比起当今流行的 ARM、DSP、FPGA 显得有些“逊色”，但其应用的广泛性并不亚于这三门技术的总和。

本书特点

编写这本书的目的是让那些对单片机有兴趣、又能坚持“玩”下去的初学者能够把它当作一个友好、易于使用、便于自学、乐于帮助的助手。为了达到这个目标，本书采用以下方式：

- 尽量使用通俗、易懂的语言来阐述问题，便于读者理解。
- 采用化整为零的方法，将枯燥、无味的知识分解成小部分，一点一滴地介绍。
- 对于难理解、难记忆的知识点，尽量采用举例的方式，使读者好理解、易记忆。

关于内容

全书分为 4 部分，分别为：准备篇、实例篇、拓展篇、项目篇。

- 准备篇包含笔记 1~2。笔记 1 主要介绍了单片机的概念及其应用，随后分享了一些笔者玩单片机的方法和经验。笔记 2 主要介绍了玩单片机需要硬件和软件。
- 实例篇包括笔记 3~15。以笔者自己开发的 MGMC-V1.0 实验板为硬件平台，由浅入深地带领读者从点亮一个 LED 小灯的实例开始；再到数码管、蜂鸣器、液晶、LED 点阵等外设；之后经由单片机内部资源定时器、中断、串口；再进阶到 I²C 总线，A/D、D/A 转换，时钟、温度传感器，最后介绍红外的编、解码。在此过程中，笔者运用大量的实例，采用各个击破的方式，让读者边做实验、边掌握理论知识。
- 拓展篇包含笔记 16~19。笔记 16 讲述了工程中最常应用、但其他书本上很少讲解的模块化编程。笔记 17 主要讲述了 RTX51 Tiny 操作系统，让读者从玩单片机开始就对操作系统的概念有个深入的理解，为以后学习 Linux、WinCE 等操作系统打下坚实的根基。笔记 18 讲述了工控中常用的上位机编程。上位机的编程方式很多，这里主要讲述了基于 VS2010、LabVIEW、Lab-Windows/CVI 的编程方法。笔记 19 讲述了硬件设计中很重要的一个知识



点——PCB 的设计。笔者以现阶段流行的 Altium Designer 2013 和 PADS 9.5 软件为例,一步一步讲解了元件的封装、原理图的设计、PCB 的绘制。

- 项目篇包括笔记 20~27。该篇从搭建一个单片机的最小系统开始,之后慢慢过渡到如何制作一个摇摇棒、简易空调、无线系统、蓝牙智能小车,最后 DIY 一台简易电视(该项目可直接应用到机顶盒、TV 行业的测试中)。

关于实验板

本书所有实例都基于 MGMC-V1.0 实验板的,该实验板由笔者亲自开发,原理的设计、元件的选型、模块的配置、PCB 的绘制等都是精心筛选、策划的,而且配套了严谨、规范、可移植性高的源代码以及笔者录制的《31 天环游单片机》视频、笔者原创的《单片机那些事儿——初级篇、中级篇、高级篇》PDF 资料。

MGMC-V1.0 实验板除配套有丰富的教程和视频以外,还具备以下特性:

- 接口丰富:32 个 I/O 口、电源端口、4 个 A/D 转换输入端口和 1 个 D/A 转换端口全部用排针引出;液晶、单片机、步进电机、红外万能接收头、LED 点阵、USB、RS232 都预留有与其对应的接线端子或者插座;此外,还预留了时钟芯片的 PWM、中断以及温度传感器的中断外扩端口。
- 资源丰富:此实验板集成了大量的外围设备,详见 2.2.2 小节。
- 设计灵活:此实验板在一些器件选型上比较灵活,如温度传感器并没有选择 DS18B20,而是选取了工程中常用的 LM75A;时钟芯片没有选择 DS1302,而是选择了精确度更高的 PCF8563。
- 人性化设计:实验板无论从布局、还是操作方面,都考虑到了人性化的设计,将操作部分放置在左端,显示部分放置在了右端。同时考虑到调试、供电、通信分开引线的复杂性,此实验板采用了 STC 官方推荐的 USB 转 RS232 芯片——CH340T,即可实现一线下载、供电、通信。

关于本书配套资料

配套资料中包含书中所有实例的例程、应用软件、PCB 工程图及相关资料,且注释详尽,便于自学,读者可在北京航空航天大学出版社网站的“下载专区”免费下载。同时,与本书配套的 50 多讲高清视频——《31 天环游单片机》,部分视频随配套资料附带,其余部分可到 <http://study.chinaaet.com/course/6100000018> 观看。

学习过程中如果有任何问题,都可以和笔者随时互动,联系方式如下:

电子工程师基地论坛: www.ieebase.net

官方淘宝店: shop109195762.taobao.com

个人邮箱: xymbmcu@163.com

单片机 QQ 交流群: 143406243

EDN 助学小组:

http://group.ednchina.com/GROUP_GRO_14273_3000002320.HTM

AET 助学小组: <http://group.chinaaet.com/322>

致 谢

本书的出版得到了太多人的支持,这里一并表示感谢。感谢 EDNChina 网站的所有工作人员,谢谢你们能为广大电子爱好者提供一个发牢骚、结交网友、学习技术、展示自我的平台,笔者就是这个大家庭的成员之一,博客就是本书的最初来源。

感谢北京航空航天大学出版社对本书出版过程中的支持。

感谢贺荣、王邦卜,他们参与了书中部分例程的编写和书稿的修改;感谢舍长为首的 425 的弟兄们以及老于,感谢所有支持笔者的亲朋好友,尤其是父母和女朋友,若没有你们的支持,绝对不可能有此书的出版。

鉴于笔者技术水平有限、经验欠缺、时间紧迫,书中的错误和疏漏之处在所难免,恳请各位读者批评指正。

作者

2014 年 3 月于兰州

目 录

第一部分 准备篇

笔记 1 三问敲开单片机的大门	2
1.1 什么是单片机	2
1.2 为何玩单片机	3
1.3 如何玩单片机	4
笔记 2 开发必备	9
2.1 单片机开发流程	9
2.2 开发平台:MGMC-V1.0 实验板	10
2.3 开发环境:Keil μ Vision4	12
实例 1 我的第一个程序	18
2.4 辅助工具	18

第二部分 实例篇

笔记 3 点亮你心中的希望之灯——LED 灯	22
3.1 夯实基础——各进制的换算	22
3.2 工程图示 LED	23
3.3 LED 的点点滴滴	23
3.4 实例解读 LED	25
实例 2 一闪一闪亮晶晶——让一个 LED 灯闪烁显示	25
实例 3 跑马的汉子——LED 跑马灯(傻瓜版)	28
实例 4 跑马的汉子——LED 跑马灯(高级版)	29
实例 5 美女长发飘飘流——LED 流水灯	31
3.5 知识扩展——混合编程	32
实例 6 C 语言/汇编联合编程	33
笔记 4 奋斗警钟长鸣——蜂鸣器	34
4.1 夯实基础——二极管	34
4.2 蜂鸣器的点点滴滴	37
4.3 实例诠释蜂鸣器	39



实例 7 国际求救信号:SOS	39
实例 8 生日快乐	39
4.4 知识扩展——数字电路和 C 语言中的逻辑运算	41
笔记 5 数字世界——数码管	43
5.1 夯实基础——三极管	43
5.2 工程图示数码管	45
5.3 数码管的点点滴滴	45
5.4 实例诠释数码管	48
实例 9 静以修身——数码管静态显示	48
实例 10 动人心弦——数码管动态扫描	49
5.5 知识扩展——MOS 管	51
笔记 6 无怨无悔的定时器打扰者——中断	53
6.1 夯实基础——C 语言编程规范	53
6.2 定时器和中断的点点滴滴	54
实例 11 “鬼火”灯(一)	61
6.3 实例诠释定时器和中断	62
实例 12 “鬼火”灯(二)	62
实例 13 4 位计数器伴随 8 盏“鬼火”灯	63
附加实例 请个大师来捉“鬼”——数码管的消隐	65
6.4 知识扩展——复位和晶振电路	67
笔记 7 另类事件的引发者——按键	69
7.1 夯实基础——C 语言之数据	69
7.2 工程图示按键	73
7.3 按键的点点滴滴	74
7.4 实例诠释按键	78
实例 14 孤独的操作手——独立按键	78
实例 15 孕育生命的摇篮——矩阵(按键_行列扫描法)	79
实例 16 孕育生命的摇篮——矩阵(按键_高低电平翻转法)	82
7.5 延时版的消抖背后隐藏着多少深思——状态机法	83
实例 17 独立按键的检测——状态机法	85
7.6 知识扩展——存储器	87
笔记 8 Hello Word——液晶	90
8.1 夯实基础——C 语言条件判断	90
8.2 工程图示 LCD	92
8.3 1602 液晶的点点滴滴	93
实例 18 Welcome - MGTECH	98

8.4 实例诠释 LCD1602	101
实例 19 舞动的字母	101
8.5 12864 液晶的点点滴滴	103
实例 20 王勃,您好	110
8.6 实例诠释 LCD12864	112
实例 21 新春快乐——LCD12864	112
实例 22 BirdsLOVE&& 简易计算器——基于 LCD12864	114
实例 23 12864 液晶的点、线、面	114
实例 24 12864 液晶的串口操作法	118
8.7 知识扩展——Keil4 的软仿真	118
笔记 9 夜晚需要它点缀——LED 点阵	123
9.1 夯实基础——C 语言之循环	123
9.2 LED 点阵的点点滴滴	125
实例 25 点亮 LED 点阵的第一行	129
9.3 实例诠释 LED 点阵	131
实例 26 显示“I LOVE YOU”	131
实例 27 “心”动	137
实例 28 流星雨	139
实例 29 山寨版交通指示灯	141
9.4 知识扩展——各种版本的延时	141
笔记 10 小桥流水——串口通信	143
10.1 夯实基础——C 语言之数组、字符串	143
10.2 工程图示串口	144
10.3 串口的点点滴滴	145
10.4 实例诠释串口	163
实例 30 调试的第三只手——串口调试	163
实例 31 通信的桥梁——收发必须统一	164
实例 32 上位机与下位机通信载体——串口	166
10.5 知识扩展——上拉电阻和下拉电阻	166
笔记 11 有一种总线叫 I²C 总线	170
11.1 夯实基础——C 语言之函数	170
11.2 工程图示 EEPROM	172
11.3 I ² C 总线和 AT24C02 的点点滴滴	173
11.4 实例诠释 I ² C 总线的操作方法	185
实例 33 读/写必须统一——AT24C02	185
实例 34 单片机开关机多少次	188



11.5 知识扩展——单片机的 I/O 口	189
笔记 12 探究数模、模数的奥秘	194
12.1 夯实基础——运算放大器	194
12.2 工程图示 A/D 及 D/A	195
12.3 D/A 及 A/D 的点点滴滴	196
12.4 实例诠释 A/D 和 D/A	208
实例 35 互换的代价——A/D&&D/A	208
实例 36 简易多波形发生器	210
12.5 知识扩展——10 种软件滤波算法	213
笔记 13 感知冷热的神秘仪器——温度传感器	215
13.1 夯实基础——C 语言之指针	215
13.2 工程图示温度传感器	219
13.3 温度传感器的点点滴滴	219
13.4 实例诠释温度传感器	228
实例 37 基于 LM75 的温度测试仪	228
13.5 知识扩展——单片机还养了一只小“狗”	230
实例 38 LED 灯闪烁是因为“狗”饿了	232
实例 39 要让系统 OK 必须实时喂狗	233
笔记 14 响声十二下、开始新一天——时钟	234
14.1 夯实基础——C 语言之结构体	234
14.2 时钟芯片的点点滴滴	238
14.3 实例诠释时钟	243
实例 40 基于 PCF8563 的时钟设计	243
14.4 知识扩展——与电磁兼容有关的几个概念	245
笔记 15 玩转红外编、解码	247
15.1 夯实基础——电源	247
15.2 工程图示红外编、解码	251
15.3 红外编、解码的点点滴滴	251
15.4 实例诠释红外编解码	255
实例 41 红外解码	255
实例 42 红外编码之发射	259
15.5 知识扩展——案例解说电源	264

第三部分 拓展篇

笔记 16 重建程序——模块化编程	271
16.1 Keil4 的进阶应用——建模	271

16.2	单片机的模块化编程·····	275
16.3	源文件路径的添加·····	280
16.4	模块化编程的应用实例·····	281
实例 43	模块化编程——8 灯闪烁·····	281
实例 44	模块化编程——基于定时器的时钟·····	283
笔记 17	流行的操作系统——RTX51 Tiny·····	296
17.1	概 述·····	296
17.2	RTX51 Tiny 操作系统·····	297
17.3	RTX51 Tiny 的应用实例·····	312
实例 45	流星慧灯——基于 RTX51 Tiny·····	312
实例 46	基于 RTX51 Tiny 的 MGMC - V1.0 全板测试程序·····	314
笔记 18	高级指挥者——上位机·····	316
18.1	简述上位机·····	316
18.2	上位机编程·····	317
18.3	上位机的应用实例·····	326
实例 47	基于 LabWindows/CVI 简易串口助手·····	326
实例 48	基于 VS2010 的简易串口助手·····	330
实例 49	基于 LabVIEW 的简易串口助手·····	330
笔记 19	DIY 必备基础——PCB·····	331
19.1	PCB 设计流程·····	331
19.2	PCB 问答·····	333
19.3	PCB 软件的使用·····	339

第四部分 项目篇

笔记 20	如何搭建 MCU 的最小系统·····	356
20.1	单片机的体系结构·····	356
20.2	单片机最小系统·····	360
20.3	4 种最小系统的搭建方法·····	362
笔记 21	DIY 摇摇棒——1+1 项目·····	368
21.1	项目概述·····	368
21.2	硬件设计·····	368
21.3	软件设计·····	370
笔记 22	DIY“空调”——菜鸟级项目·····	371
22.1	项目概述·····	371
22.2	硬件设计·····	371
22.3	软件设计·····	372



22.4	DIY“空调”的制作点睛	375
笔记 23	升级版的 DIY“空调”——PID 算法	377
23.1	PID 概述	377
23.2	PID 方式转换	379
23.3	“老外”的 PID 算法	383
笔记 24	无线温/湿度测试系统——基于 nRF24L01	386
24.1	项目简介	386
24.2	两个子模块的准备	386
24.3	发射系统的设计	391
24.4	接收系统的下位机设计	398
24.5	接收系统的上位机开发	401
笔记 25	基于 Android 手机的蓝牙智能小车	402
25.1	电机驱动	402
25.2	实例解读 3 种电机	404
25.3	蓝牙模块	415
25.4	手机控制界面	416
25.5	晒晒蓝牙智能小车	416
笔记 26	基于 LD3320 的语音点歌系统	418
26.1	工程简介	418
26.2	LD3320 概述	418
26.3	系统的调试点睛	427
笔记 27	基于单片机的简易电视机	429
27.1	项目背景	429
27.2	DIY 电视的硬件设计	430
27.3	软件调试	435
参考文献		438

实例索引

实例 1	我的第一个程序	18
实例 2	一闪一闪亮晶晶——让一个 LED 灯闪烁显示	25
实例 3	跑马的汉子——LED 跑马灯(傻瓜版)	28
实例 4	跑马的汉子——LED 跑马灯(高级版)	29
实例 5	美女长发飘飘流——LED 流水灯	31
实例 6	C 语言/汇编联合编程	33
实例 7	国际求救信号:SOS	39
实例 8	生日快乐	39
实例 9	静以修身——数码管静态显示	48
实例 10	动人心弦——数码管动态扫描	49
实例 11	“鬼火”灯(一)	61
实例 12	“鬼火”灯(二)	62
实例 13	4 位计数器伴随 8 盏“鬼火”灯	63
附加实例	请个大师来捉“鬼”——数码管的消隐	65
实例 14	孤独的操作手——独立按键	78
实例 15	孕育生命的摇篮——矩阵(按键_行列扫描法)	79
实例 16	孕育生命的摇篮——矩阵(按键_高低电平翻转法)	82
实例 17	独立按键的检测——状态机法	85
实例 18	Welcome - MGTECH	98
实例 19	舞动的字母	101
实例 20	王勃,您好	110
实例 21	新春快乐——LCD12864	112
实例 22	BirdsLOVE&& 简易计算器——基于 LCD12864	114
实例 23	12864 液晶的点、线、面	114
实例 24	12864 液晶的串口操作法	118
实例 25	点亮 LED 点阵的第一行	129
实例 26	显示“I LOVE YOU”	131
实例 27	“心”动	137
实例 28	流星雨	139

实例 29	山寨版交通指示灯	141
实例 30	调试的第三只手——串口调试	163
实例 31	通信的桥梁——收发必须统一	164
实例 32	上位机与下位机通信载体——串口	166
实例 33	读/写必须统一——AT24C02	185
实例 34	单片机开关机多少次	188
实例 35	互换的代价——A/D&&D/A	208
实例 36	简易多波形发生器	210
实例 37	基于 LM75 的温度测试仪	228
实例 38	LED 灯闪烁是因为“狗”饿了	232
实例 39	要让系统 OK 必须实时喂狗	233
实例 40	基于 PCF8563 的时钟设计	243
实例 41	红外解码	255
实例 42	红外编码之发射	259
实例 43	模块化编程——8 灯闪烁	281
实例 44	模块化编程——基于定时器的时钟	283
实例 45	流星慧灯——基于 RTX51 Tiny	312
实例 46	基于 RTX51 Tiny 的 MGMC - V1.0 全板测试程序	314
实例 47	基于 LabWindows/CVI 简易串口助手	326
实例 48	基于 VS2010 的简易串口助手	330
实例 49	基于 LabVIEW 的简易串口助手	330

第一部分 准备篇



- 笔记 1 三问敲开单片机的大门
- 笔记 2 开发必备

笔记 1

三问敲开单片机的大门

1.1 什么是单片机

单片微型计算机简称单片机,是典型的嵌入式微控制器(Microcontroller Unit),常用缩写 MCU 表示,由运算器、控制器、存储器、输入输出设备构成,相当于一个微型的计算机(最小系统)。与计算机相比,单片机缺少了外围设备等,概括地讲:一块芯片就成了一台计算机,它的体积小、质量轻、价格便宜,从而为学习、应用和开发提供了便利条件。

单片机在工业控制领域应用广泛,最早的设计理念是将大量外围设备和 CPU 集成在一个芯片中,使计算机系统更小,更容易集成在复杂的而且对体积要求严格的控制设备当中。

INTEL 的 8080 是最早按照这种思想设计出的处理器,当时的单片机都是 8 位或 4 位的。其中最成功的是 INTEL 的 8051,此后发展出了 MCS51 系列单片机系统,因为简单、可靠且性能不错获得了很大的好评。尽管 2000 年以后 ARM 已经开发出了 32 位主频超过 300 MHz 的高端单片机,但基于 8051 的单片机还在广泛地使用,这是因为在很多方面单片机比专用处理器更适合应用于嵌入式系统。事实上单片机是世界上数量最多的处理器,随着单片机家族的发展壮大,单片机和专用处理器的发展便分道扬镳。

几乎现代人类生活中每件有电子器件的产品中都集成有单片机:手机、电话、计算器、家用电器、电子玩具、掌上电脑以及鼠标等电子产品;汽车上一般配备 40 多片单片机,复杂的工业控制系统上甚至可能有数百片单片机在同时工作!单片机的数量不仅远超过 PC 机和其他计算机的总和,甚至比人类的数量还要多。

本书采用的 MGMC-V1.0 实验板上用到的单片机(STC89C52)是双列直插式(DIP40)的,其结构图和实物图分别如图 1-1 和图 1-2 所示。该单片机总共 40 个引脚,其中有 4 组端口 P0、P1、P2、P3,每组是 8 个,这样就有 32 个 I/O 口;40 和 20 脚是电源的正、负极;第 9 脚(RST)是复位引脚;18、19 是晶振引脚,29~31 引脚有特殊用法,暂时不予理会,笔记 20 中有详解,但注意一点,设计电路时,31 脚要接高电平。复位电路、晶振电路会在笔记 6 知识扩展中做专题讲解;I/O 口会在笔记 11 的

知识扩展中详细讲解。

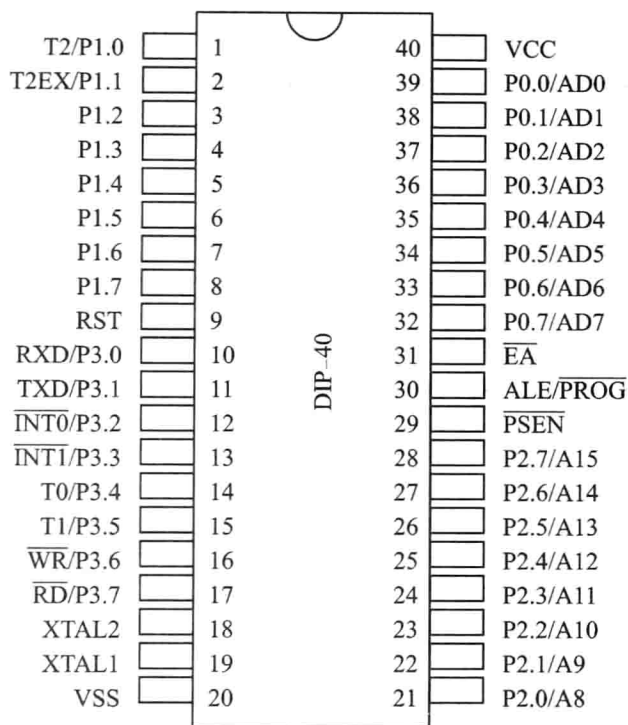


图 1-1 STC89C52 的结构图

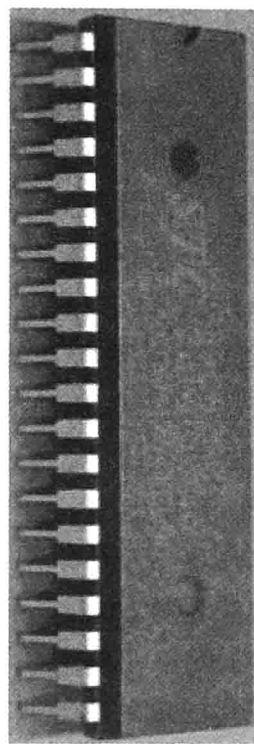


图 1-2 STC89C52 的实物图

读者在这里只需知道有个东西叫单片机，“本事”没计算机大，个头比计算机小，但功能方面还是遗传了计算机的一些“基因”。这个东西比较听话，但听的不是人话，而是“语言(C、ASM)”话。只要它不饿(一直有电)、身上没病(系统是好的)，它就会任劳任怨、毫无怨言地去做某件事。读者让它点灯，它就会点一辈子的灯；读者让其控制个蜂鸣器响，它就会分秒不差的去控制；读者让它去采集温度，不管是一40℃、还是100℃，它都会去做(不考虑特殊情况)。一句话，玩单片机就是用某种语言(C语言、汇编)控制这32个(别的型号另当别论)I/O口在合适的时间出现合适的高低电平。具体如何控制，请看接下来的介绍。

1.2 为何玩单片机

单片机渗透到我们生活的各个领域：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、医疗器械以及各种智能机械了。

单片机的应用范围大致可分如下几个范畴：