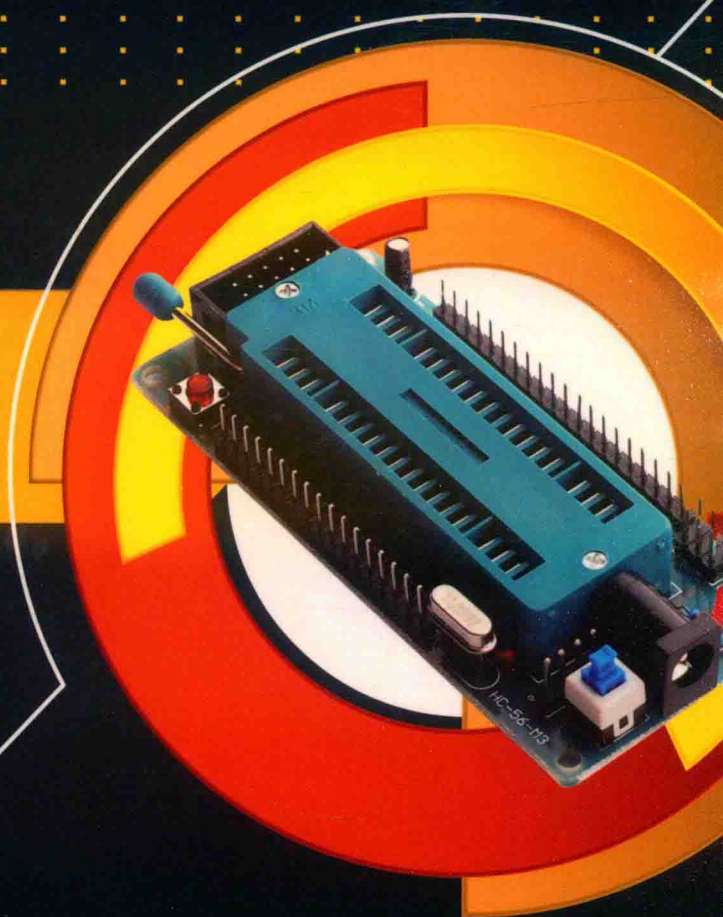


# 从零开始

## 学51单片机C语言

16大类实例演练与解析  
扫码获取实例程序源代码  
手把手带你从零开始学

刘建清 ◎ 主编  
陶柏良 范军龙 ◎ 编著



中国工信出版集团



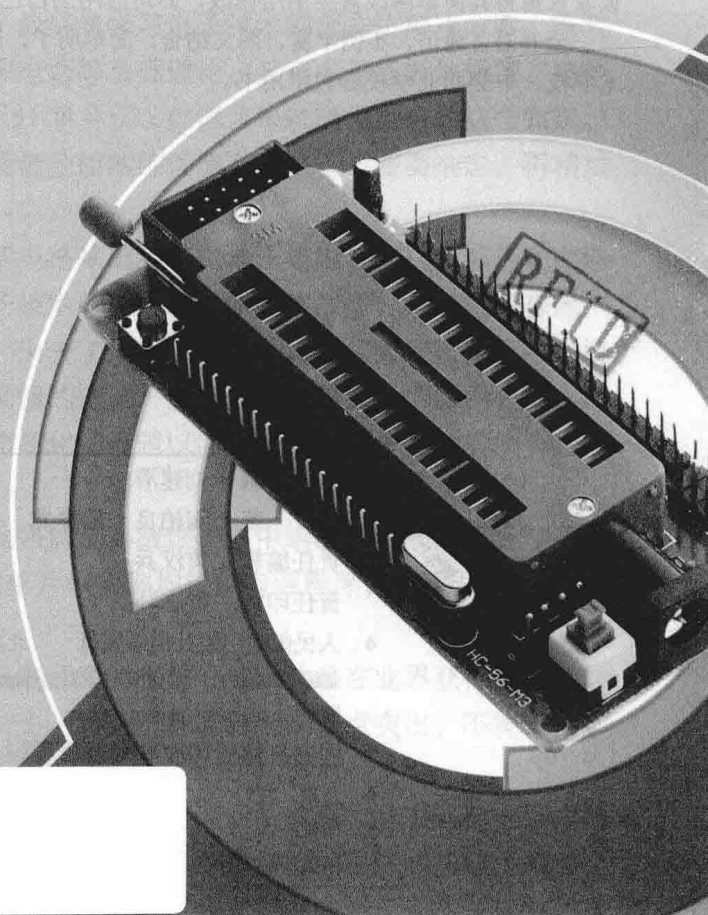
人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

# 从零开始

## 学51单片机C语言

刘建清 © 主编

陶柏良 范军龙 © 编著



人民邮电出版社

北京

## 图书在版编目 (C I P) 数据

从零开始学51单片机C语言 / 刘建清主编 ; 陶柏良, 范军龙编著. — 北京 : 人民邮电出版社, 2019.6  
ISBN 978-7-115-49784-0

I. ①从… II. ①刘… ②陶… ③范… 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(2018)第246348号

## 内 容 提 要

本书采用新颖的讲解形式,深入浅出地介绍了51单片机的组成、开发环境及单片机C语言基础知识,结合大量实例,详细演练了中断、定时器、串行通信、键盘接口、LED数码管、LCD显示器、DS1302时钟芯片、EEPROM存储器、单片机看门狗、温度传感器DS18B20、红外和无线遥控电路、A/D和D/A转换器、步进电机、语音电路、LED点阵屏、基于VB的PC与单片机通信等内容。本书中的所有实例均具有较高的实用性和针对性,且全部通过了实验板验证;尤为珍贵的是,所有源程序均具有较强的移植性,读者只需将其简单修改甚至不用修改,即可应用到自己开发的产品中。

全书语言通俗,实例丰富,图文结合,简单明了,适合单片机爱好者和初学者,也可作为中等专业学校、中等职业学校等教学用书。

- 
- ◆ 主 编 刘建清  
编 著 陶柏良 范军龙  
责任编辑 黄汉兵  
责任印制 彭志环
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号  
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
固安县铭成印刷有限公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 24.25 2019年6月第1版  
字数: 582千字 2019年6月河北第1次印刷
- 

定价: 89.00元

读者服务热线: (010) 81055493 印装质量热线: (010) 81055316  
反盗版热线: (010) 81055315

我们所处的时代是一个知识爆发的时代，新产品、新技术层出不穷，电子技术发展更是日新月异。当你对妙趣横生的电子世界发生兴趣时，首先要找一套适合自己学习的电子类图书阅读，“从零开始学电子”丛书正是为了满足零起点入门的电子爱好者而写的，全套丛书共有如下6册：

从零开始学电工电路

从零开始学电动机、变频器和PLC

从零开始学电子元器件识别与检测

从零开始学模拟电路

从零开始学数字电路

从零开始学51单片机C语言

和其他电子技术类图书相比，本丛书具有以下特点。

**内容全面，体系完备。**本丛书给出了电子爱好者学习电子技术的全方位解决方案，既有初学者必须掌握的电工电路、模拟电路和数字电路等基础理论，又有电子元器件检测、电动机等操作性较强的内容，还有变频器、PLC、51单片机、C语言等软硬件结合的综合知识。内容翔实，覆盖面广。掌握好本系列内容，读者就能熟练读懂有关电子科普类杂志，再稍加实践，必定能成为本行业的行家里手。

**通俗易懂，重点突出。**传统的图书在介绍电路基础和模拟电子等内容时，大都借助高等数学这一工具进行分析，电子爱好者自学电子技术时，必须先学高等数学，再学电路基础，门槛很高，使大多数电子爱好者被拒之门外，失去了学习的热情和兴趣。为此，本丛书在编写时，完全考虑到了初学者的需要，既不讲难懂的理论，也不涉及高等数学方面的公式，尽可能地把复杂的理论通俗化，将烦琐的公式简易化，再辅以简明的分析、典型的实例。这构成了本丛书的一大亮点。

**实例典型，实践性强。**本丛书最大程度地强调了实践性，书中给出的例子大都经过了验证，可以实现，并且具有代表性，本丛书中的单片机实例均提供有源程序，并给出实验方法，以方便读者学习和使用。

**内容新颖，风格活泼。**丛书所介绍的都是电子爱好者关心的、并且在业界获得普遍认同的内容。丛书的每一本都各有侧重，又互相补充，论述时疏密结合，重点突出，不拘一格。对于重点、难点和容易混淆的知识，书中用专用标识进行了标注和提示。

**把握新知，结合实际。**电子技术发展日新月异，为适应时代的发展，丛书还对电子技术的新知识做了详细的介绍。丛书中涉及的应用实例都是作者开发经验的提炼和总结，相信会对读者带来很大的帮助。在讲述电路基础、模拟和数字电子技术时，还专门安排了软件仿真实验，实验过程非常接近实际操作的效果。仿真软件不但提供了各种丰富的分立元件和集成电路等元器件，还提供了各种丰富的调试测量工具：电压表、电流表、示波器、指示器、分

析仪等。仿真软件是一个全开放性的仿真实验平台，给我们提供了一个完备的综合性实验室，可以任意组合实验环境，搭建实验。电子爱好者通过实验，将使学习变得生动有趣，加深对电路理论知识的认识，一步一步走向电子制作和电路设计的殿堂。

总之，对于需要学习电子技术的电子爱好者而言，选择“从零开始学电子”丛书不失为一个良好选择。该丛书一定能给你耳目一新的感觉，当你认真阅读完本丛书后将会发现，无论是你所读的书，还是读完书的你，都有所不同。

为方便读者获取本书配套的开发软件及实例程序源代码，请购书后扫码加入专属 QQ 群（群号：781011353）。我们将提供与本书相关的资源，以供读者下载。

单片机就是把一个计算机系统集成到一个芯片上，概括地讲，一块芯片就成了一台计算机。目前市面上流行的单片机，其价格便宜，对于广大爱好者来说，购买的性价比很高。单片机再结合适当的硬件接口电路，还有什么事情做不到呢？作者对它的评价是八个字：软硬兼施，老少皆宜。

单片机虽然好玩，但是很多人经过一番探索之后却深感学好单片机并非易事，甚至连入门都感到困难。作者本人也是从一位电子爱好者成长为工程师的，此过程自然少不了学习、探索、实践、再学习、再实践这样一条规律，因此深切地知道单片机难学，主要是不得要领，难以入门。一旦找到学习的捷径，入了门，掌握简单程序的编写方法并观察到实际演示效果，必然会信心大增。接下来再向深度、广度进军时，心里就比较坦然了，最终能够一步一个脚印地去扩展自己的知识面，成为单片机的编程高手。

在与众多的单片机爱好者交流中得知，单纯讲单片机内部结构、指令太枯燥，且不易理解，他们感兴趣的是单片机编程的应用实例，而且主要喜欢简单、实用、有趣的初级实例。因此，编写本书的思路是以实战演练为主线贯穿全书，且提供了源程序的详细解读，这样初学者能够看得清、看得懂、学得快，从而达到一体化的学习效果。

在内容安排上，本书通过 51 单片机内部资源（中断系统、定时/计数器、串口通信）、键盘接口、LED 数码管显示、LCD 液晶显示、DS1302 时钟芯片、I<sup>2</sup>C 总线接口芯片 AT24C04、DS18B20 温度传感器、红外遥控、A/D 和 D/A 转换、步进电机、LED 点阵屏、语音电路等大量具体的实际例子以及几个综合实例，系统演练了 51 单片机中最为常用、最为典型的接口应用。另外，本书也包括了一些作者在学习和实际设计过程中总结的一些经验及方法，希望能够帮助大家更好地学习 51 单片机。

本书安排的例子大部分是由作者编写的，有一些是参考相关资料改写的，全部程序都经过作者调试并通过。对于例子的使用说明也描述得非常详细，力争让读者“看则能用，用则能成”，保证读者在动手的过程中体会到成功的乐趣。本书提供的所有实验都有完整的源程序和工具软件。从这个角度来讲，你拿到手上的不仅仅是一本书，更是我们过去几年实践经验的积累。

本书编写过程中，参阅了《无线电》《单片机与嵌入式系统应用》等杂志，并从互联网上搜索了一些有价值的资料，由于其中的很多资料经过多次转载，已经很难查到原始出处，谨在此向资料提供者表示感谢。

参加本书编写工作的还有宗军宁、刘水潺、宗艳丽等同志。由于作者水平有限，书中难免有疏漏之处，诚恳希望各位同行、读者批评指正。

作者

2019 年 4 月

<b>第 1 章 51 单片机基本组成</b> .....	1		
1.1 单片机内部结构与引脚 .....	1		
1.1.1 单片机的内部结构组成 .....	1		
1.1.2 单片机的引脚 .....	3		
1.2 单片机的存储器 .....	5		
1.3 单片机的最小系统电路 .....	6		
1.3.1 单片机的工作电源 .....	7		
1.3.2 单片机的复位电路 .....	7		
1.3.3 单片机的时钟电路 .....	7		
<b>第 2 章 走进单片机开发的世界</b> .....	8		
2.1 单片机 C 语言入门 .....	8		
2.1.1 C 语言的特点 .....	8		
2.1.2 单片机采用 C 语言编程的好处 .....	8		
2.1.3 如何学习单片机 C 语言 .....	10		
2.1.4 一个简单的流水灯程序 .....	10		
2.1.5 利用 C51 库函数实现流水灯 .....	13		
2.1.6 小结 .....	14		
2.2 低成本单片机开发板介绍 .....	15		
2.2.1 低成本单片机开发板 1 .....	15		
2.2.2 低成本单片机开发板 2 .....	17		
2.2.3 低成本单片机开发板 3 .....	18		
2.2.4 低成本单片机开发板 4 .....	18		
2.2.5 单片机仿真器 .....	19		
2.3 单片机开发六步走 .....	20		
2.3.1 第一步：硬件电路设计与制作 .....	20		
2.3.2 第二步：编写程序 .....	20		
2.3.3 第三步：编译程序 .....	26		
2.3.4 第四步：仿真调试 .....	27		
2.3.5 第五步：烧写程序 .....	28		
2.3.6 第六步：脱机运行检查 .....	29		
<b>第 3 章 单片机 C 语言重点难点解析</b> .....	30		
3.1 C51 基本知识 .....	30		
3.1.1 标识符和关键字 .....	30		
3.1.2 数据类型 .....	32		
3.1.3 常量 .....	35		
3.1.4 变量 .....	36		
3.1.5 运算符和表达式 .....	38		
3.1.6 表达式语句和复合语句 .....	42		
3.1.7 条件选择语句 .....	43		
3.1.8 循环语句 .....	45		
3.2 C51 函数 .....	50		
3.2.1 函数概述 .....	50		
3.2.2 函数的参数和返回值 .....	53		
3.2.3 函数的调用 .....	53		
3.2.4 局部变量和全局变量 .....	55		
3.2.5 变量的存储种类 .....	56		
3.3 C51 数组 .....	57		
3.3.1 一维数组 .....	57		
3.3.2 二维数组 .....	59		
3.3.3 字符数组 .....	60		
3.4 C51 指针 .....	61		
3.4.1 指针概述 .....	61		
3.4.2 一般指针和基于存储器的指针 .....	65		
3.4.3 绝对地址的访问 .....	66		
3.5 C51 结构、共同体与枚举 .....	67		
3.5.1 结构 .....	67		
3.5.2 共同体 .....	70		

3.5.3	枚举	70	PC 送字符串	109	
<b>第 4 章</b>	<b>中断系统实例演练</b>	72	6.2.2	实例解析 2——PC 向单片机发号施令	112
4.1	中断系统基本知识	72	6.2.3	实例解析 3——PC 和单片机进行串行通信(不进行奇偶校验)	113
4.1.1	51 单片机的中断源	72	6.2.4	实例解析 4——PC 和单片机进行串行通信(进行奇偶校验)	115
4.1.2	中断的控制	73	<b>第 7 章</b>	<b>键盘接口实例演练</b>	118
4.1.3	中断的响应	76	7.1	键盘接口电路基本知识	118
4.1.4	中断的撤除	76	7.1.1	键盘的工作原理	118
4.1.5	C51 中断函数的写法	77	7.1.2	键盘与单片机的连接形式	119
4.2	中断系统实例解析	77	7.1.3	键盘的扫描方式	119
4.2.1	实例解析 1——外中断练习 1	77	7.2	键盘接口电路实例演练	120
4.2.2	实例解析 2——外中断练习 2	79	7.2.1	实例解析 1——按键扫描方式练习	120
<b>第 5 章</b>	<b>定时/计数器实例演练</b>	81	7.2.2	实例解析 2——可控流水灯	124
5.1	定时/计数器基本知识	81	7.2.3	实例解析 3——用数码管显示矩阵按键的键号	126
5.1.1	什么是计数和定时	81	7.2.4	实例解析 4——单片机电子琴	131
5.1.2	定时/计数器的组成	82	<b>第 8 章</b>	<b>LED 数码管实例演练</b>	137
5.1.3	定时/计数器的寄存器	82	8.1	LED 数码管基本知识	137
5.1.4	定时/计数器的工作方式	84	8.1.1	LED 数码管的结构	137
5.2	定时/计数器实例演练	88	8.1.2	LED 数码管的显示码	139
5.2.1	实例解析 1——定时器中断方式实验	88	8.1.3	LED 数码管的显示方式	139
5.2.2	实例解析 2——定时器查询方式实验	90	8.2	LED 数码管实例演练	143
5.2.3	实例解析 3——实时显示计数值	91	8.2.1	实例解析 1——程序控制动态显示	143
5.2.4	实例解析 4——单片机唱歌	93	8.2.2	实例解析 2——定时中断动态显示	146
5.2.5	实例解析 5——秒表	96	8.2.3	实例解析 3——简易数码管电子钟	149
<b>第 6 章</b>	<b>串行通信实例演练</b>	99	8.2.4	实例解析 4——具有闹铃功能的数码管电子钟	155
6.1	串行通信基本知识	99			
6.1.1	串行通信基本概念	99			
6.1.2	51 单片机串行口的结构	104			
6.1.3	串行通信控制寄存器	105			
6.1.4	串行口工作方式	106			
6.2	串行通信实例演练	109			
6.2.1	实例解析 1——单片机向				

<b>第 9 章 LCD 显示实例演练</b> .....	161
9.1 字符型 LCD 基本知识.....	161
9.1.1 字符型 LCD 引脚功能.....	161
9.1.2 字符型 LCD 内部结构.....	162
9.1.3 字符型 LCD 控制指令.....	164
9.1.4 字符型 LCD 与单片机的 连接.....	168
9.1.5 字符型 LCD 驱动程序软件 包的制作.....	168
9.2 字符型 LCD 实例解析.....	171
9.2.1 实例解析 1——1602 LCD 显示字符串.....	171
9.2.2 实例解析 2——1602 LCD 移动显示字符串.....	172
9.2.3 实例解析 3——1602 LCD 滚动显示字符串.....	174
9.2.4 实例解析 4——1602 LCD 电子钟.....	175
9.3 12864 点阵型 LCD 介绍与实例 演练.....	179
9.3.1 12864 点阵型 LCD 介绍.....	180
9.3.2 实例解析 5——12864 LCD 显示汉字.....	187
9.3.3 实例解析 6——12864 LCD 显示图形.....	188
<b>第 10 章 时钟芯片 DS1302 实例   演练</b> .....	191
10.1 时钟芯片 DS1302 基本知识.....	191
10.1.1 DS1302 介绍.....	191
10.1.2 DS1302 的控制命令字.....	192
10.1.3 DS1302 的寄存器.....	192
10.1.4 DS1302 的数据传输方式.....	194
10.1.5 DS1302 驱动程序软件包的 制作.....	194
10.2 DS1302 读写实例演练.....	195
10.2.1 实例解析 1——DS1302 数码管电子钟.....	195

10.2.2 实例解析 2——DS1302 LCD 电子钟.....	198
---------------------------------------	-----

<b>第 11 章 EEPROM 存储器实例   演练</b> .....	202
11.1 24CXX 实例解析.....	202
11.1.1 24CXX 数据存储器介绍.....	202
11.1.2 I <sup>2</sup> C 总线驱动程序软件包的 制作.....	206
11.1.3 实例解析 1——具有记忆 功能的计数器.....	206
11.1.4 实例解析 2——花样 流水灯.....	208
11.2 STC89Cxx 内部 EEPROM 的 使用.....	210
11.2.1 STC89C 系列单片机内部 EEPROM 介绍.....	210
11.2.2 STC89C 系列单片机内部 EEPROM 驱动程序软件包 的制作.....	210
11.2.3 实例解析 3——STC89C 系列 单片机内部 EEPROM 演示.....	211

<b>第 12 章 单片机看门狗与低功耗模式   实例演练</b> .....	214
12.1 单片机看门狗实例演练.....	214
12.1.1 单片机看门狗基本 知识.....	214
12.1.2 看门狗实例演练.....	215
12.2 单片机低功耗模式实例演练.....	217
12.2.1 单片机低功耗模式基本 知识.....	217
12.2.2 低功耗模式实例演练.....	217

<b>第 13 章 温度传感器 DS18B20 实例   解析</b> .....	221
13.1 温度传感器 DS18B20 基本 知识.....	221

13.1.1	温度传感器 DS18B20 介绍	221
13.1.2	温度传感器 DS18B20 驱动程序软件包的制作	224
13.2	DS18B20 数字温度计实例解析	225
13.2.1	实例解析 1——LED 数码管数字温度计	225
13.2.2	实例解析 2——LCD 数字温度计	228
13.2.3	实例解析 3——LCD 温度控制器	231

## 第 14 章 红外遥控和无线遥控实例

	演练	241
14.1	红外遥控基本知识	241
14.1.1	红外遥控系统	241
14.1.2	红外遥控的编码与解码	242
14.1.3	DD-900 实验开发板遥控电路介绍	243
14.2	红外遥控实例解析	243
14.2.1	实例解析 1——LED 数码管显示遥控器键值	243
14.2.2	实例解析 2——遥控器控制花样流水灯	246
14.3	无线遥控电路介绍与演练	250
14.3.1	无线遥控电路基础知识	250
14.3.2	无线遥控模块介绍	252
14.3.3	实例解析 3——遥控模块控制 LED 灯和蜂鸣器	253

## 第 15 章 A/D 和 D/A 转换实例演练

15.1	A/D 转换电路介绍及实例解析	256
15.1.1	A/D 转换电路介绍	256
15.1.2	实例解析 1——LED 数码管显示电位器检测的 AD 值	258
15.2	D/A 转换电路及实例演练	259

15.2.1	D/A 转换电路介绍	259
15.2.2	实例解析 2——D/A 转换实验	260

## 第 16 章 步进电机和直流电机实例

	演练	262
16.1	步进电机实例解析	262
16.1.1	步进电机基本知识	262
16.1.2	实例解析 1——步进电机正转与反转	266
16.1.3	实例解析 2——步进电机加速与减速运转	268
16.1.4	实例解析 3——用按键控制步进电机正反转	270
16.1.5	实例解析 4——用按键控制步进电机转速	272
16.2	直流电机介绍及实例解析	276
16.2.1	直流电机基本知识	276
16.2.2	实例解析 5——用按键控制直流电机转速	279

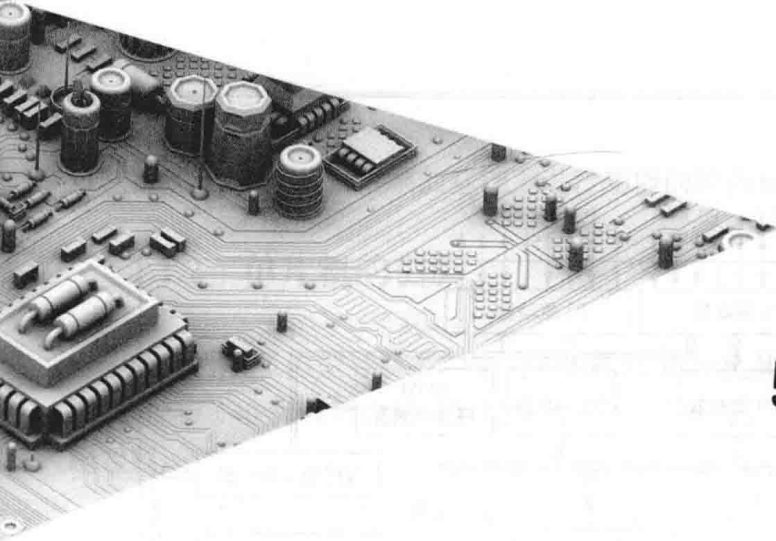
## 第 17 章 LED 点阵屏实例解析

17.1	简易 LED 点阵屏开发实例	281
17.1.1	LED 点阵屏基本知识	281
17.1.2	LED 点阵屏实例演练	288
17.2	双核 LED 点阵屏开发实例	303
17.2.1	双核 LED 点阵屏开发板及汉字显示原理	303
17.2.2	双核 LED 点阵屏实例演练	308

## 第 18 章 ISD1700 语音电路实例

	演练	313
18.1	ISD1700 语音电路基础知识	313
18.1.1	ISD1700 系列芯片的基本功能及特性	313
18.1.2	ISD1700 引脚定义	314
18.1.3	ISD1700 语音模块说明及其工作模式	316

18.2	ISD1700 实例演练	318	20.2.2	硬件电路设计	355
18.2.1	实现的功能	318	20.2.3	软件设计	356
18.2.2	源程序	318	20.3	GSM/GPRS 模块的开发	357
<b>第 19 章</b>	<b>单片机综合实例演练</b>	<b>321</b>	20.3.1	GSM/GPRS 模块介绍	357
19.1	12864 万年历实例演练	321	20.3.2	由 GSM/GPRS 模块组成的应用系统	357
19.1.1	硬件电路	321	20.4	GPS 模块的开发	358
19.1.2	实现的功能	321	20.4.1	GPS 概述	358
19.1.3	源程序	322	20.4.2	GPS 原理	359
19.2	串口测温实例演练	323	20.4.3	硬件与软件设计	359
19.2.1	PC 与单片机串行通信介绍	323	20.5	超声波测距仪的开发	359
19.2.2	串口测温程序实例演练	331	20.5.1	超声波测距基本原理	359
19.3	nRF905、nRF2401 实例演练	337	20.5.2	超声波测距仪硬件设计	360
19.3.1	无线通信温度监控系统的组成和功能	337	20.5.3	软件设计基本思路	362
19.3.2	nRF905 介绍	338	20.6	TFT 触摸屏模块的开发	362
19.3.3	基于 nRF905 无线通信温度监控系统的设计	341	20.6.1	TFT 触摸屏模块介绍	362
19.4	智能小车开发	346	20.6.2	供电及连接说明	363
19.4.1	智能小车介绍	346	20.6.3	TFT 触摸屏模块程序设计	364
19.4.2	智能小车开发实例	347	20.7	非接触式 IC 卡门禁系统的开发	366
<b>第 20 章</b>	<b>单片机高级开发指南与程序错误剖析</b>	<b>352</b>	20.7.1	非接触式 IC 卡门禁系统的组成	366
20.1	USB 接口设备的开发	352	20.7.2	Mifare1 卡	366
20.1.1	USB 接口基本知识	352	20.7.3	读写芯片 MF RC522 介绍	367
20.1.2	基于 PDIUSB12 的应用系统开发	353	20.7.4	软件设计	368
20.2	FM 数字调谐收音机的开发	354	20.8	程序错误、热启动与冷启动剖析	368
20.2.1	TEA5767 介绍	354	20.8.1	程序错误的分类	368
			20.8.2	程序错误的常用排错方法	371
			20.8.3	热启动与冷启动探讨	374



# 第 1 章

## 51 单片机基本组成

单片机的内部结构比较复杂，而且还非常不易懂，如果你用汇编语言编程，就必须对单片机的内部结构有一个详细的理解，否则，编程时就会有云里雾里的感觉。好在目前单片机编程一般采用 C 语言，采用 C 语言编程时，不必对单片机的硬件结构有深入的理解，只需对单片机的基本组成和常用寄存器用法作一了解即可，这大大降低了单片机入门的门槛和开发周期，为单片机爱好者提供了极大的方便。

### | 1.1 单片机内部结构与引脚 |

#### 1.1.1 单片机的内部结构组成

单片机虽然型号众多，但它们结构却基本相同，主要包括中央处理器（CPU）、存储器（程序存储器和数据存储器）、定时/计数器、并行接口、串行接口和中断系统等几大单元，图 1-1 所示的是 51 单片机内部结构框图。

可以看出，51 单片机虽然只是一个芯片，但“麻雀虽小，五脏俱全”，作为计算机应该具有的基本部件在单片机内部几乎都包括，因此，51 单片机实际上就是一个简单的微型计算机系统。

##### 1. 中央处理器（CPU）

中央处理器（CPU）是整个单片机的核心部件，是 8 位数据宽度的处理器，能处理 8 位二进制数据或代码，CPU 负责控制、指挥和调度整个单元系统的工作，完成运算和控制输入输出等操作。

##### 2. 存储器

存储器分为程序存储器（ROM）和数据存储器（RAM）两种。前者存放调试好的固定程序和常数，它是只读的，掉电数据不会丢失；后者存放一些随时有可能变动的数据，它是可读可写的，掉电后数据会消失。

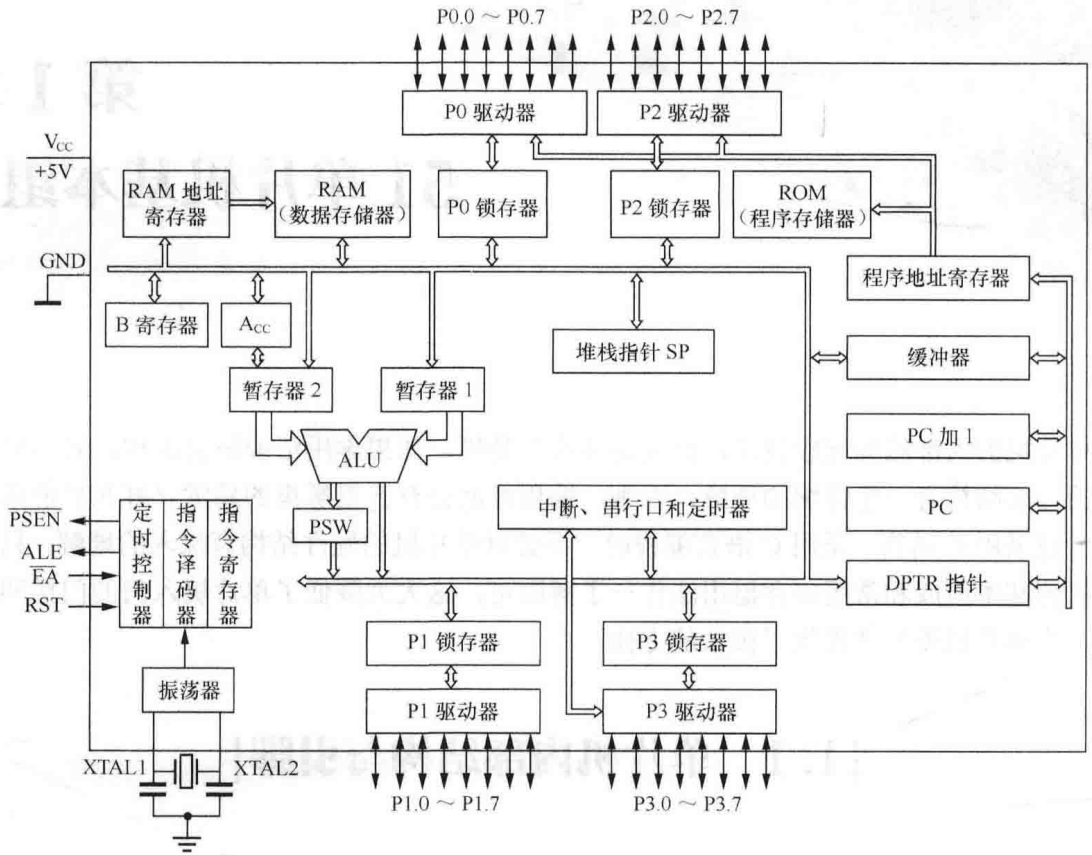


图1-1 51单片机内部结构框图

### 3. 定时/计数器

单片机除了具有运算功能外，还具有控制功能，所以离不开计数和定时。因此，在单片机中就设置有定时器兼计数器。

### 4. 并行输入/输出（I/O）口

51 单片机一般共有 4 组 8 位 I/O 口（P0、P2、P1 和 P3），用于与外部进行数据并行传输。

### 5. 全双工串行口

51 单片机内置一个全双工串行通信口，用于与其他设备间的串行数据传输。

### 6. 中断系统

51 单片机具备较完善的中断功能，一般包括外部中断、定时/计数器中断和串行中断，以满足不同的控制要求。

现在，我们已经知道了单片机的组成，实际上，单片机内部有一条将它们连接起来的“纽带”，即所谓的“内部总线”。而 CPU、ROM、RAM、I/O 口、中断系统等就分布在此“总线”的两旁，并和它连通。从而，一切指令、数据都可经“内部总线”传输。

以上介绍的是 51 单片机的基本组成部分，各种型号的 51 单片机有 STC89C5X、AT89S5X

等，都是在51单片机内核的基础上进行功能的增强和改装而成。

## 1.1.2 单片机的引脚

51单片机虽然型号众多，同一封装的51单片机其管脚配置基本一致。图1-2所示的是采用PDIP40（40脚双列直插式）封装的51单片机引脚配置图。

40个引脚中，正电源和地线2个，外置石英振荡器的时钟线2个，复位引脚1个，控制引脚3个，4组8位I/O口线32个。

### 1. 电源和接地引脚（2个）

GND（20脚）：接地脚。

V<sub>CC</sub>（40脚）：正电源脚，接+5V电源。

### 2. 外接晶体引脚（2个）

XTAL1（19脚）：时钟XTAL1脚，片内振荡电路的输入端。

XTAL2（18脚）：时钟XTAL2脚，片内振荡电路的输出端。

时钟电路为单片机产生时序脉冲，单片机所有运算与控制过程都是在统一时序脉冲的驱动下进行的。

时钟电路就好比人的心脏，如果人的心跳停止了，生命就会停止。同样，如果单片机的时钟电路停止工作，那么单片机也就停止运行了。

51单片机的时钟有两种方式，一种是片内时钟振荡方式，但需在18和19脚外接石英晶体和振荡电容；另外一种为外部时钟方式，即将外引脉冲信号从XTAL1引脚注入，而XTAL2引脚悬空。

### 3. 复位电路

RST（9脚）：复位信号引脚。

当振荡器运行时，在此引脚上出现2个机器周期以上的高电平将使单片机复位。一般在此引脚与GND之间连接一个下拉电阻，与V<sub>CC</sub>引脚之间连接一个电容。单片机复位后，从程序存储器的0000H单元开始执行程序，并初始化一些专用寄存器为复位状态值。

### 4. 控制引脚（3个）

$\overline{\text{PSEN}}$ （29脚）：外部程序存储器的读选通信号。在读外部程序存储器时， $\overline{\text{PSEN}}$ 产生负脉冲，以实现对外部程序存储器的读操作。

ALE/PROG（30脚）：地址锁存允许信号。当访问外部存储器时，ALE用来锁存P0扩

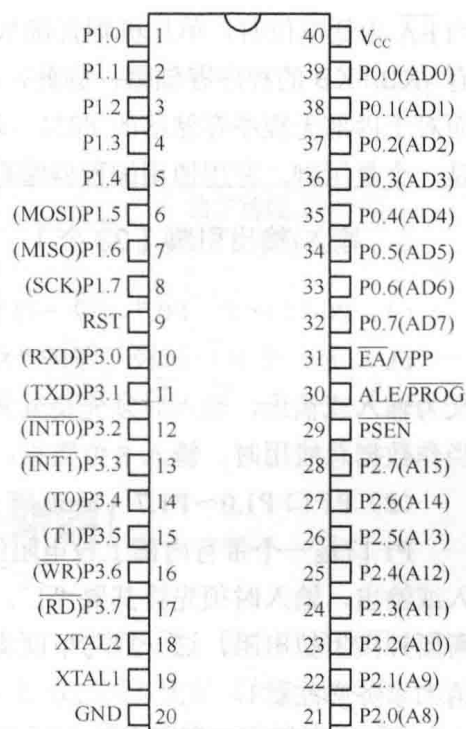


图1-2 51单片机引脚配置图

展地址低 8 位的地址信号；在不访问外部存储器，ALE 端以固定频率（时钟振荡频率的 1/6）输出，可用于外部定时或其他需要。另外，该脚还是一个复用脚，在编程期间，将用于输入编程脉冲。

$\overline{EA}/VPP$  (31 脚)：内外程序存储器选择控制引脚。当  $\overline{EA}$  接高电平时，单片机先从内部程序存储器取指令，当程序长度超过内部 Flash ROM 的容量时，自动转向外部程序存储器；当  $\overline{EA}$  为低电位时，单片机则直接从外部程序存储器取指令。例如，AT89S51/52 单片机内部有 4KB/8KB 的程序存储器，因此，一般将  $\overline{EA}$  接到 +5V 高电平，让单片机运行内部的程序。而对于内部无程序存储器的 8031（现在已很难见到）， $\overline{EA}$  端必须接地。另外， $\overline{EA}/VPP$  还是一个复用脚，在用通用编程器编程时，VPP 脚需加上 12V 的编程电压。

## 5. 输入/输出引脚（32 个）

### (1) P0 口 P0.0~P0.7（39~32 脚）

P0 口是一个 8 位漏极开路的“双向 I/O 口”，需外接上拉电阻，每根 I/O 口线可以独立定义为输入或输出，输入时须先将其置“1”。P0 口还具有第二功能，即作为地址/数据总线，当作数据总线用时，输入 8 位数据；而当作地址总线用时，则输出 8 位地址。

### (2) P1 口 P1.0~P1.7（1~8 脚）

P1 口是一个带有内部上拉电阻的 8 位“准双向 I/O 口”，每根 I/O 口线可以独立定义为输入或输出，输入时须先将其置“1”。由于它的内部有一个上拉电阻，所以连接外围负载时不需要外接上拉电阻，这一点与下面将要介绍的 P2、P3 口都一样，与上面介绍的 P0 口不同，请大家务必注意！

对于 AT89S51/52 单片机，P1 口的部分引脚还具有第二功能，如表 1-1 所示。

表 1-1 AT89S51/52 单片机 P1 口部分引脚的第二功能

引脚	第二功能	适用单片机	备注
P1.0	定时/计数器 2 外部输入 (T2)	AT89S52	AT89S51 只有 T0、T1 两个定时/计数器； AT89S52 有 T0、T1、T2 三个定时/计数器
P1.1	定时/计数器 2 捕获/重载触发信号和方向控制 (T2EX)	AT89S52	
P1.5	主机输出/从机输入数据信号 (MOSI)	AT89S51/52	这是 SPI 串行总线接口的三个信号，用来对 AT89S51/52 单片机进行 ISP 下载编程
P1.6	主机输入/从机输出数据信号 (MISO)	AT89S51/52	
P1.7	串行时钟信号 (SCK)	AT89S51/52	

顺便说一下，STC89C51/C52 与 AT89S51/52 有所不同，其 P1.5、P1.6、P1.7 脚没有第二功能，STC89C51/C52 的 ISP 下载编程是通过串口进行的。

### (3) P2 口 P2.0~P2.7（21~28 脚）

P2 口是一个带有内部上拉电阻的 8 位“准双向 I/O 口”，每根 I/O 口线可以独立定义为输入或输出，输入时须先将其置“1”。由于它的内部有一个上拉电阻，所以连接外围负载时不需要外接上拉电阻。同时，P2 口还具有第二功能，在访问外部存储器时，它送出地址的高 8 位，并与 P0 口输出的低地址一起构成 16 位的地址线，从而可以寻址 64KB 的存储器（程序存储器或数据存储器），P2 口的第二功能很少使用，请大家不必过深研究。

## (4) P3 口 P3.0~P3.7 (10~17 脚)

P3 口是一个带有内部上拉电阻的 8 位“准双向 I/O 口”，每根 I/O 口线可以独立定义为输入或输出，输入时须先将其置“1”。由于它的内部有一个上拉电阻，所以连接外围负载时不需要外接上拉电阻。同时，P3 口还具有第二功能，第二功能如表 1-2 所示。这里要说明的是，当 P3 口的某些 I/O 口线作为第二功能使用时，不能再把它当作通用 I/O 口使用，但其他未使用的 I/O 口线可作为通用 I/O 口线。

P3 口的第二功能应用十分广泛，我们会在后续章节中进行详细说明。

表 1-2

P3 口的第二功能

引脚	第二功能	引脚	第二功能
P3.0	串行数据接收 (RXD)	P3.4	定时/计数器 0 外部输入 (T0)
P3.1	串行数据发送 (TXD)	P3.5	定时/计数器 1 外部输入 (T1)
P3.2	外部中断 0 输入 ( $\overline{\text{INT0}}$ )	P3.6	外部 RAM 写选通信号 ( $\overline{\text{WR}}$ )
P3.3	外部中断 1 输入 ( $\overline{\text{INT1}}$ )	P3.7	外部 RAM 读选通信号 ( $\overline{\text{RD}}$ )

## | 1.2 单片机的存储器 |

我们知道，存储器分为程序存储器和数据存储器两部分，顾名思义，程序存储器用来存放程序，数据存储器用来存放数据。那么，什么是程序？什么是数据呢？它们又是怎样存放的呢？

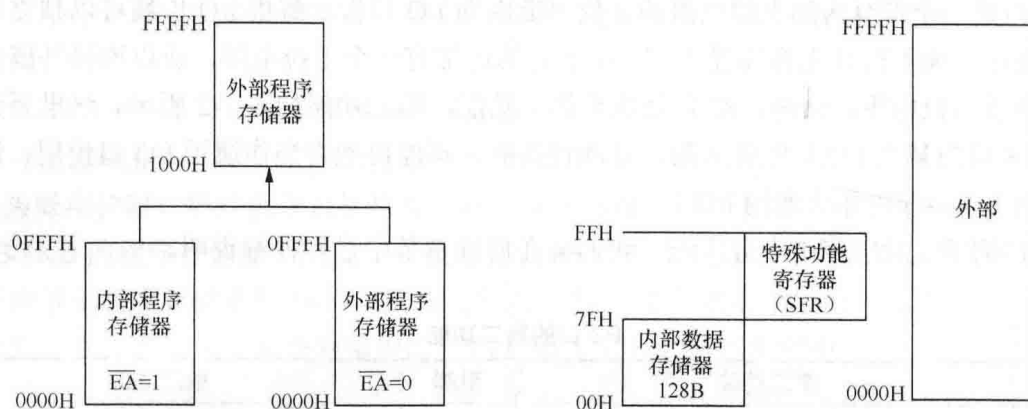
程序就是我们“费九牛二虎之力”编写的代码，需要用通用编程器、下载线等写到单片机的程序存储器中，写好后，单片机就可以按照我们的要求进行工作了。由于断电后要求程序不能丢失，因此，程序存储器必须采用 ROM、EPROM、Flash ROM 等类型。

程序写到单片机后，需要通电运行，程序运行过程中，需要产生大量中间数据和运行结果，这些数据放在什么地方呢？就放在数据存储器中，由于这些数据一般不要求进行断电保存，因此，数据存储器大都采用 RAM 类型。

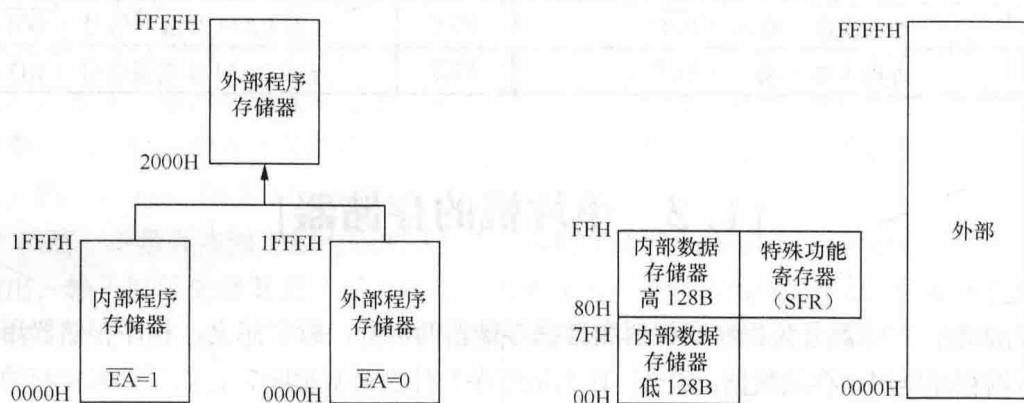
**重点提示：**有些单片机如 STC89C51/52 等，内部还有 EEPROM 数据存储器，这类存储器主要用来存储一些表格、常数、密码等，存储后，即使掉电，数据也不会丢失，但是，由于 EEPROM 的写入速度相对较慢，须用几个 ms 才能完成 1 字节数据的写操作，如果使用 EEPROM 存储器替代 RAM 来存储变量，就会大幅度降低处理器的速度，同时，EEPROM 只能经受有限次数（一般在 10 万次左右）的写操作，所以，EEPROM 通常只是为那些在掉电的情况下需要保存的数据预留的，不能用 EEPROM 代替 RAM。另外，我们平时一提到数据存储器，一般指的也是 RAM，而不是 EEPROM。

不同的单片机，其存储器的类型及大小有所不同，如 AT89S51 的程序存储器采用的是 4KB 的 Flash ROM，数据存储器采用的是 128B 的 RAM；AT89S52 的程序存储器采用的是 8KB 的 Flash ROM，数据存储器采用的是 256B 的 RAM。STC89C51/52 内部 Flash ROM 分别为 4KB 和 8KB，RAM 要大一些，均为 512B。一般情况下，单片机内部的存储器足够使用，如果内部存储器不够时，则可进行扩展，扩展后的单片机系统就具有内部程序存储器、内部数据存储器、

外部程序存储器和外部数据存储器四个存储空间。图 1-3 给出了 AT89S51/52 存储器的配置图。



(a) AT89S51 单片机存储器配置图



(b) AT89S52 单片机存储器配置图

图1-3 AT89S51/52存储器配置图

### 1.3 单片机的最小系统电路

单片机的正常工作，离不开工作电源、振荡电路和复位电路三个基本条件。能让单片机运行起来的最小硬件连接就是单片机的最小系统电路，如图 1-4 所示。

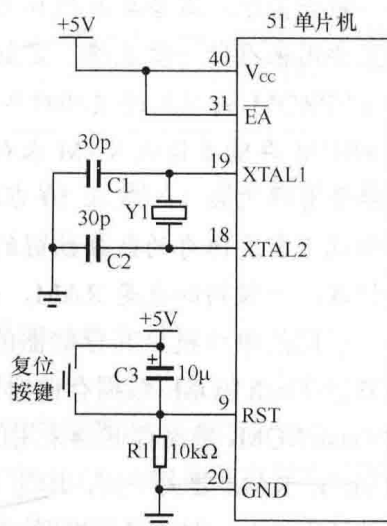


图1-4 单片机最小系统电路