


单片机原理及应用

颜颐欣 孟绍良 主编

国家一级出版社  中国纺织出版社 全国百佳图书出版单位

单片机原理及应用

颜颐欣 孟绍良 主编

贵州师范学院内部使用

 中国纺织出版社

内 容 提 要

本书围绕 STC89C51 这一经典单片机讲解了单片机开发的思想和方法,系统地介绍了单片机内部的功能结构、软硬件资源的原理与应用,并介绍了不同的外部扩展方法。全书共 10 章,主要内容包括单片机是能够执行程序芯片、单片机内部结构及最小系统、C51 程序设计、I/O 口的简单编程、中断函数——条件满足立即插入执行的代码、集成定时器——提供精确的运行时间、利用集成串口联网通信、单片机与其他设备的总线技术、单片机应用系统设计、单片机汇编指令系统及编程。

本书结构规范、系统性强、实例丰富,论述深入浅出、循序渐进,可作为高等院校自动化、电气工程及其自动化、计算机应用、通信工程、控制工程、电子信息工程以及机电类等专业的教材或教学参考书,也可供从事相关专业的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用 / 颜颐欣, 孟绍良主编. --北京:
中国纺织出版社, 2019.2
ISBN 978-7-5180-5763-4

I. ①单… II. ①颜… ②孟… III. ①单片微型计算机 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 273510 号

责任编辑:朱利锋 责任校对:楼旭红
责任设计:何建 责任印制:何建

中国纺织出版社出版发行
地址:北京市朝阳区百子湾东里 A407 号楼 邮政编码:100124
销售电话:010-67004422 传真:010-87155801
<http://www.c-textilep.com>
E-mail:faxing@c-textilep.com
中国纺织出版社天猫旗舰店
官方微博 <http://weibo.com/2119887771>
北京虎彩文化传播有限公司印刷 各地新华书店经销
2019 年 2 月第 1 版第 1 次印刷
开本:787×1092 1/16 印张:17
字数:337 千字 定价:84.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社图书营销中心调换

前 言

自 20 世纪 70 年代以来，单片机在工业控制、仪器仪表、航天航空、军事武器、家用电器等领域的应用越来越广泛，功能越来越完善。由单片机及各种微处理器、DSP 所构成的嵌入式系统设计已成为电子技术产业发展的一项重要内容。单片机技术的应用能力也成为电子信息工程、电子技术及自动化、测控技术、生物医学类工程、计算机应用等相关专业技术人员必须掌握的技术之一。

本教材的目的是通过理论教学与实验环节，使学生正确理解单片机的基本概念、基本原理，掌握单片机程序设计和微机接口应用的基本方法，并能综合运用单片机的软、硬件技术分析实际问题，为进一步学习计算机原理和有关接口知识打下良好基础。本教材以够用为原则，简化了单片机理论的难度和深度，以 STC 公司的 STC89C51 单片机为例，详细介绍了单片机的基础知识、基本结构、指令系统、内部资源、外部扩展等基本内容，并增加了大量实训环节，从课程一开始就力求提高学生的学习兴趣、培养动手能力和软硬件综合应用能力。

此外，本教材内容通俗易懂，文字流畅，概念清晰，叙述深入浅出，内容循序渐进，阶梯式上升，符合学生的认知规律。各章的内容安排既联系紧密，又相对独立，便于教师取舍，因材施教，进行分层次教学。

本教材在编撰的过程中，借鉴和引用了部分国内外相关文献和成果，在此表示由衷的感谢！

由于作者水平有限，书中难免有疏漏和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2018 年 12 月

目 录

第 1 章 单片机是能够执行程序的芯片	1
1.1 单片机是什么样子	1
1.2 单片机能够执行编写的程序	2
1.3 单片机辉煌的 40 年	2
1.4 单片机的标号信息及封装形式	3
1.5 为什么使用单片机	4
1.6 单片机加上外围电路形成控制系统	5
1.7 选择学习 51 系列单片机的原因	7
1.8 单片机系统的开发过程	7
1.9 如何学习好单片机	8
1.10 实验硬件准备	9
习题	10
第 2 章 单片机内部结构及最小系统	11
2.1 51 单片机引脚定义及功能	11
2.2 单片机引脚的内部简化电路及驱动能力	13
2.3 51 单片机的内部结构	15
2.4 单片机最小系统电路	16
2.5 时钟电路——推动单片机硬件电路动起来	17
2.6 复位电路——让程序从第一行开始执行	18
2.7 单片机存储结构及寄存器	19
2.8 单片机的工作过程	22
2.9 实训——组装与焊接单片机最小系统	23
2.10 将程序写入单片机	26
2.11 单片机编程其实很简单	28
习题	28
第 3 章 C51 程序设计	29
3.1 C51 程序结构	30
3.2 C51 的数据类型	31
3.3 C51 对特殊功能寄存器 (SFR) 的定义	33
3.4 Keil C51 指针与函数	35
3.5 绝对地址访问	36

3.6	宏定义与 C51 中常用的头文件	36
3.7	硬件与软件编程的桥梁——C 语言 reg51.h 头文件	37
3.8	C 语言的数制与常用运算符	42
3.9	C51 的流程控制语句	44
3.10	Keilu Vision2 集成开发编程环境使用	45
3.11	实训——Keil C51 编译器使用及程序下载	51
	习题	53
第 4 章	I/O 口的简单编程	54
4.1	单片机的 I/O 口编程语句介绍	54
4.2	简单控制单片机引脚输出	55
4.3	使用 C 语言高级语句控制引脚输出	61
4.4	单片机引脚信号的读出	62
4.5	LED 数码管显示技术	69
4.6	根据 LCD1602 液晶的时序图进行编程	77
4.7	根据说明书对 128×64 汉字液晶进行编程	85
4.8	使用 ADC0832 接收模拟量数据	94
4.9	使用 TLV5618 输出模拟量数据	98
	习题	102
第 5 章	中断函数——条件满足立即插入执行的代码	103
5.1	单片机中断的执行原理	103
5.2	能够引起中断的地方——单片机的中断源	104
5.3	与中断相关控制寄存器	105
5.4	中断编程的固定格式	108
5.5	有外部中断功能的按键系统	110
5.6	单片机中断编程进阶	112
	习题	114
第 6 章	集成定时器——提供精确的运行时间	115
6.1	古代的沙漏计时装置与单片机的集成定时器	115
6.2	定时器/计数器相关的控制寄存器	116
6.3	定时器/计数器的工作方式	118
6.4	C 语言对定时器/计数器的编程	121
6.5	定时器/计数器 T0 制作流水灯	128
6.6	定时器/计数器的计数方式编程	129
6.7	定时器/计数器的应用进阶	130
6.8	使用定时器中断对红外线遥控器解码	131
6.9	定时器应用——时间表方法开发系统	137
	习题	142

目 录

第 7 章 利用集成串口联网通信	143
7.1 单片机的集成串口	144
7.2 串行口及其有关的寄存器	146
7.3 串行接口的工作方式	148
7.4 通信波特率的设定方法	150
7.5 串行通信的编程	151
7.6 串口编程实例	152
7.7 使用单片机串口与其他设备通信	157
习题	160
第 8 章 单片机与其他设备的总线技术	161
8.1 I ² C 总线接口	161
8.2 SPI 接口	169
8.3 Microwire 接口	173
8.4 1-Wire 接口	178
8.5 USB 接口	184
习题	186
第 9 章 单片机应用系统设计	187
9.1 单片机系统与传感器	187
9.2 光电隔离技术	188
9.3 单片机驱动低压电器	190
9.4 单片机的看门狗电路	191
9.5 单片机的低功耗工作方式	193
9.6 使用“积木”原理开发单片机应用系统	195
习题	204
第 10 章 单片机汇编指令系统及编程	205
10.1 单片机汇编指令系统概述	205
10.2 汇编语言的伪指令	206
10.3 51 单片机的寻址方式	209
10.4 常用指令系统及应用举例	214
10.5 汇编语言程序设计举例	242
10.6 在 C 语言代码中加入汇编指令	249
习题	252
参考文献	255
附录 1 单片机的软件模拟仿真调试	256
附录 2 STC 下载软件中串口助手的使用	262

第 1 章 单片机是能够执行程序程序的芯片



【本章要点】

- 了解单片机是什么
- 了解 51 单片机的功能
- 了解单片机系统的开发过程

单片机是一块集成电路芯片，把有数据处理能力的 CPU、随机存储器 RAM、只读存储器 ROM、I/O 口、中断系统、定时器/计时器、串口通信等部分集成到一块芯片上，结合其他电子器件就构成一个小而完善的微型计算机系统，在智能设备领域有广泛的应用。

❁ 1.1 单片机是什么样子

单片机是什么样子？单片机是一块集成电路芯片（IC 芯片），实物如图 1-1 所示。可以看出单片机外部有许多引脚，需要在引脚上加外围电路才能实现设备智能化。

单片机的形状根据其封装不同有好几种，比较常见的是双列直插封装（DIP）、方形封装、贴片封装（PLCC、QFP）。



图 1-1 单片机的实物图

❁ 1.2 单片机能够执行编写的程序

单片机的基本结构如图 1-2 所示。

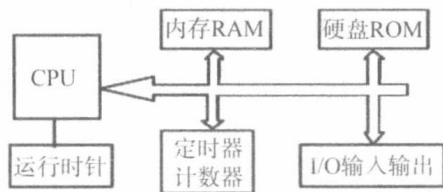


图 1-2 单片机结构框图

单片机是在一块芯片上集成了 CPU、RAM、ROM、定时/计数器、并行 I/O 接口、中断控制器和串行接口等部件，因此一块芯片就构成了一个基本的微型计算机系统，具有了执行程序的能力。单片机因此也称为微控制器（Micro-Controller Unit，简称 MCU）。

一台能够工作的计算机包括下面几个部分：CPU、内存、硬盘、I/O 口。在计算机上，这些硬件是独立的，并使用主板将它们连接起来。而对于单片机，这些部分被集成在一块集成电路芯片中。

下面是单片机结构与计算机结构的比较：

CPU：负责对数据进行计算，与计算机的 CPU 功能一样；

ROM：程序存储器，用于程序存储，相当于计算机的硬盘；

RAM：数据存储器，用于数据存储，相当于计算机的内存；

I/O 口：输入输出引脚，用于信息收集和输出。

小知识

对于个人计算机，上述这些器件被分成若干部分，安装在称为主板的印刷线路板上。而对于单片机，这些器件被组合到一块集成电路芯片中，所以就称为单片机。

51 单片机包含了微型计算机应该有的基本部件，因此它本身就是一个简单的微型计算机系统。能够执行程序，因此具有智能处理能力。

单片机的作用就是通过执行编写的程序代码来控制外围电路工作。由于程序具有灵活性，所以用它设计控制电路很方便。

程序能够读取按键、传感器状态，结合单片机内部的定时器，可以控制电动机、加热棒、液晶等器件动作，实现了设备的智能化。生活中许多设备的智能控制部分是由单片机来实现，例如豆浆机、微波炉、电子血压计、自动洗衣机等。

❁ 1.3 单片机辉煌的 40 年

美国 Intel 公司在 1971 年推出了 4 位单片机 4004，1972 年推出了雏形 8 位单片机 8008，特别是在 1976 年推出 MCS-48 单片机，这个时期的单片机才是真正的 8 位单片微型计算机，并推向市场。它以体积小、功能全、价格低赢得了广泛的应用，为单片机的发

展奠定了基础，成为单片机发展史上重要的里程碑。

在 MCS-48 的带领下，其后，各大半导体公司相继研制和发展了自己的单片机，如 Zilog 公司的 Z8671。到了 20 世纪 80 年代初，单片机已发展到了高性能阶段，像 Intel 公司的 MCS-51 系列，Motorola 公司的 6801 和 6802 系列，Rockwell 公司的 6501 及 6502 系列等，此外，日本著名电气公司 NEC 和 HITACHI 都相继开发了具有自己特色的专用单片机。

20 世纪 80 年代，世界各大公司均竞相研制出品种多功能强的单片机，约有几十个系列，300 多个品种。此时的单片机均属于真正的单片化，大多集成了 CPU、RAM、ROM、数目繁多的 I/O 接口、多种中断系统，甚至还有一些带 A/D 转换器的单片机，功能越来越强大，RAM 和 ROM 的容量也越来越大，寻址空间甚至可达 64kB。可以说，单片机发展到了一个全新阶段，应用领域更广泛，许多家用电器均走向利用单片机控制的智能化发展道路。

现在单片机的种类和型号很多，MCS-51 是 Intel 公司的一个单片机系列的总称。

Intel 公司将 MCS-51 的核心技术授权给了很多其他公司，现在已经有 50 多个芯片公司拿到版权生产 8051 内核的单片机。各个公司为了形成价格和技术的竞争力，附加了一些功能进行销售，比如 USB 接口、集成 AD/DA 转换器、片内 Flash 存储器、内部看门狗电路等功能。

小知识

51 系列单片机的核心都是基于 8031 内核，许多单片机是在该核心基础上进行了性能扩展或减少。如 AT89C51 把程序存储器放在内部，AT89S52 增加了 RAM，W77E58 改变了时钟时序。

例如，Philips 公司生产的 8XC552 系列单片机，对多个部分进行了增强：(1) 多 1 个附加的 16 位定时计数器，并配有 4 个捕捉寄存器和比较寄存器；(2) 增加 8 路 10 位片内 A/D 转换器；(3) 增加 2 路 8 位分辨率的脉冲宽度调制解调器输出 PWM；(4) 增加 1 个 8 位并行 I/O 口，1 个与 A/D 合用的输入口；(5) 集成有 I²C 串行总线口；(6) 增加内部监视定时器 WDT；(7) 中断源是 15 个；(8) 有 56 个特殊功能寄存器。

单片机的工作电压一般是 4~6V (有的是 3.3V)，通常封装为 DIP40 或 PLCC44，工作频率最高 40MHz。有 4kB flash 程序存储器、256B 的数据存储器、2 个定时计数器、看门狗电路、ISP 编程。本教材以 STC89C51 单片机来完成一系列的实验。

小知识——现在的单片机能够进行千次以上编程

51 系列单片机都是以 51 内核为基础，51 系列的单片机都支持 51 内核最基本的功能。本教材只讲授 51 基本内核，程序可以移植到任何 51 系列的单片机上。

89C51 含有 4kB 的 EPROM，而 89C52 含有 8kB 的 Flash 程序存储器。8kB Flash 一般已经够用，通常无须外扩程序存储器。

Flash 程序存储器理论可写入次数为 1000 次以上，能满足我们学习的需要。

❁ 1.4 单片机的标号信息及封装形式

生产单片机的厂商很多，单片机的型号也多。在单片机上面有产品的标号，通过该标

号能知道单片机的基本信息。以 AT89S51-24PC 为例，其每部分的含义如下：

AT：前缀，表示芯片生产厂家，AT 为 ATMEL 公司生产的产品；

8：表示该芯片为 8051 内核芯片；

9：表示内部含 Flash E²PROM 存储器；

S：表示该芯片含有可串行下载功能的 Flash 存储器，即具有 ISP 可在线编程功能。
89C51 中的“C”表示该器件为 CMOS 产品。还有如 89LV52 和 89LE58 中的“LV”和“LE”都表示该芯片为低电压产品（通常为 3.3V 电压供电）；

5：固定不变，表示 51 内核的单片机；

1：表示该芯片内部程序存储空间的大小，“1”为 4kB，“2”为 8kB，“3”为 12kB，即该数乘上 4kB 就是该芯片内部的程序存储空间大小；

24：表示芯片的最高工作频率；

PC：表示芯片的封装形式和芯片的环境级别。

常见的单片机封装形式如下：

1. DIP (Dual In-line Package) 双列直插式封装

DIP 是指双列直插形式的封装。绝大多数中小规模的集成电路芯片采用这种封装形式，其引脚数一般不超过 100 个。如图 1-1 所示，采用 DIP 封装的 CPU 芯片有两排引脚，需要插入对应的芯片插座上，也可以直接插入电路板上进行焊接。

2. PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier) 带引线的塑料芯片封装

PLCC 指带引线的塑料芯片形式的封装，是表面贴型封装形式之一，外形呈正方形，引脚从封装的四个侧面引出，呈丁字形，是塑料制品，外形尺寸比 DIP 封装小得多。该封装具有外形尺寸小、可靠性高的优点，适合用 SMT 表面安装技术的布线。

3. QFP (Quad Flat Package) 塑料方型扁平式封装和 PFP (Plastic Flat Package) 塑料扁平组件式封装

QFP 与 PFP 两者可统一为 PQFP (Plastic Quad Flat Package)，QFP 封装的芯片引脚之间距离很小，引脚很细，一般大型或超大型集成电路采用这种封装形式。该形式封装的芯片必须采用 SMD (表面安装设备技术) 将芯片与主板焊接起来。采用 SMD 安装的芯片不必在主板上打孔，一般在主板表面上有设计好的相应引脚的焊点。

❁ 1.5 为什么使用单片机

一块单片机芯片就是一台微型计算机，其优点可以归纳为以下几个方面：

1. 具有优异的性价比

高性能、低价格是单片机最显著的特点。为了提高速度和执行效率，有些单片机采用了 RISC 流水线和 DSP 的设计技术，使单片机的性能明显优于同类型微处理器，单片机内存 RAM/ROM 的存储和寻址能力都有很大突破。另外，单片机用量大、范围广、通用性好，各生产公司都在提高性能的同时能够进一步降低价格。单片机的单片价格一般在 3~15 元。

2. 集成度高、体积小、重量轻、可靠性高

单片机是尽可能把工程应用所需要的各种功能部件都集成在一块芯片内，单片机体积很小。内部采用总线相互联结，大大提高了单片机的可靠性和抗干扰能力。另外，其体积小、重量轻，对于强磁场环境易于采取屏蔽措施，适合在恶劣环境下工作。

3. 控制功能强

单片机体积虽小，但“五脏俱全”，它非常适用于工业的控制工程。为了满足工业控制要求，单片机的指令系统中有很丰富的转移指令、逻辑操作指令以及位处理指令。单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微型计算机。

4. 低电压、低功耗

单片机大量用于便携式产品和家用消费类产品，低电压、低功耗特性尤为重要。许多单片机已可以在 2.2V 下运行，有的已能在 1.2V 或 0.9V 下工作，一粒纽扣电池就可以使之长期工作。

单片机的独特优点使其得到了迅速推广应用。目前，已成为测量控制应用系统中的优选机种和新电子产品的关键部件。世界各大电气厂商、测控技术企业、机电行业，竞相把单片机用于产品更新，作为实现数字化、智能化的核心部件。随着单片机性能的提高和功能的增强，现已广泛应用于家用电器、机电产品、办公自动化产品、机器人、儿童玩具、航天器等领域。

❁ 1.6 单片机加上外围电路形成控制系统

单片机可以实现什么功能？主要应用在哪些领域？

单片机是一种控制芯片，加上电源、传感器、液晶、电机驱动等外围应用电路就成了单片机控制系统。在控制系统中，单片机用来完成开关量和模拟量的采集，再计算和处理，然后输出控制信号来控制设备，如图 1-3 所示。

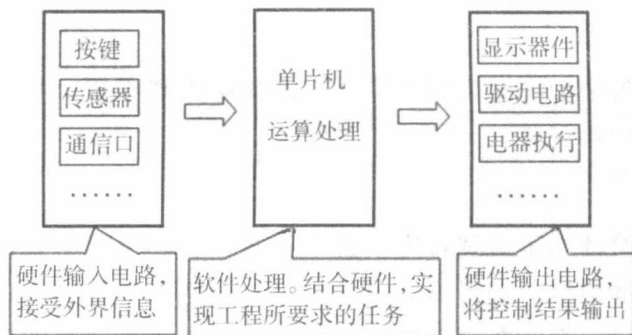


图 1-3 单片机控制系统的组成

单片机应用系统是以单片机为核心，加上输入、输出、显示、控制等外围电路，能实现某种功能的系统。单片机应用系统是由硬件部分和软件部分组成，硬件是应用系统的基础，软件是在硬件的基础上使用编程语言对数据进行输入、输出操作，两者结合完成应用系统所要求的任务，二者相互依赖、缺一不可。

单片机系统的核心是软件

使用单片机对目标设备进行控制是我们学习单片机的目的。

单片机系统包括硬件部分和软件部分。一个单片机系统除了必要的硬件支撑外，还需要软件支持。软件就是指挥控制系统协调工作的程序。

单片机广泛应用于仪器仪表、家用电器、医用设备、航空航天、专用设备的智能化管理及过程控制等领域，大致可分为如下几个方面：

1. 智能仪器

单片机具有体积小、功耗低、控制功能强、扩展灵活、微型化和使用方便等优点，广泛应用于仪器仪表中，结合不同类型的传感器，可实现诸如电压、电流、功率、频率、湿度、温度、流量、速度、厚度、角度、长度、硬度、元素、压力等物理量的测量。采用单片机控制使得仪器仪表数字化、智能化、微型化，且功能比起采用电子或数字电路更加强大大。例如精密的测量设备（电压表、功率计、示波器和各种分析仪）。

用单片机可以构成形式多样的控制系统、数据采集系统、通信系统、信号检测系统、无线感知系统、测控系统、机器人等应用控制系统。例如，工厂流水线的智能化管理，电梯智能化控制，各种报警系统，与计算机联网构成二级控制系统等。

2. 家用电器

现在的家用电器广泛采用了单片机控制，从电饭煲、洗衣机、电冰箱、空调机、彩电、音响视频器材，再到电子称量设备和白色家电等。

3. 网络和通信

现代的单片普遍具备通信接口，可以很方便地与计算机进行数据通信，为在计算机网络和通信设备间的应用提供了极好的物质条件。现在的通信设备基本上都实现了单片机智能控制，从手机、电话机、小型程控交换机、楼宇自动通信呼叫系统、列车无线通信，再到日常工作中随处可见的移动电话、集群移动通信、无线电对讲机等。

4. 医用设备领域

单片机在医用设备中的用途也相当广泛，例如医用呼吸机、各种分析仪、监护仪、超声诊断设备及病床呼叫系统等。

5. 模块化系统

某些专用单片机设计用于实现特定功能，从而在各种电路中进行模块化应用，而不要求使用人员了解其内部结构。如音乐集成单片机，看似简单的功能，微缩在纯电子芯片中（有别于磁带机的原理），就需要复杂的类似于计算机的原理。音乐信号以数字的形式存于存储器中（类似于 ROM），由微控制器读出，转化为模拟音乐电信号（类似于声卡）。

在大型电路中，这种模块化应用极大地缩小了体积，简化了电路，降低了损坏、错误率，也方便更换。

6. 汽车电子

单片机在汽车电子中的应用非常广泛，例如汽车中的发动机控制器，基于 CAN 总线

的汽车发动机智能电子控制器、GPS 导航系统、ABS 防抱死系统、制动系统、胎压检测等。

此外，单片机在工商、金融、科研、教育、电力、通信、物流和国防航空航天等领域都有着十分广泛的用途。

单片机改变了我们什么？

单片机为我们改变了什么？纵观我们现在生活的各个领域，从导弹的导航装置，到飞机上各种仪表的控制，从计算机的网络通信与数据传输，到工业自动化过程的实时控制和数据处理，以及我们生活中广泛使用的各种智能 IC 卡、电子宠物等，这些都离不开单片机。以前没有单片机时，这些设备也能实现，不过是使用复杂的模拟电路，但是这种模拟电路的产品不仅体积大、成本高，并且由于长期使用，元器件不断老化，控制的精度自然也会达不到标准。使用单片机后，将控制变为智能化了，我们只需要在单片机外围接一些简单的接口电路，按照操作过程编写程序。这样产品的体积变小、成本降低，长期使用精度不会下降。所以不仅是现在，在将来将会有更多的产品使用单片机。

❁ 1.7 选择学习 51 系列单片机的原因

51 系列单片机的 CPU 是 8 位处理器，其处理速度不高、结构简单。而现在的单片机种类层出不穷，功能也越来越强，好像 51 系列的单片机已经不符合现在的发展需求了，为什么还要学 51 单片机？

实际的控制工程中，并不是任何需要控制的场合都要求使用高性能的计算机系统，关键是看 CPU 是否能够满足控制要求。对于大部分的智能控制系统，51 单片机能够满足控制系统的功能需求，所以 51 单片机推出四十多年，依然没有被淘汰，并且还在不断地发展中。51 单片机有价格优势和丰富的开发资源，使 51 单片机成为单片机的主流机型。8 位的 51 单片机在以后很长的一段时间内还有存在的空间。

单片机具有很好的性价比。单片机集成了这么多器件，价格从几元到几十元不等。51 单片机的体积小，引脚从 4 个到 60 多个。

另外，如果熟悉 51 单片机的编程，以后使用其他型号的单片机，只需要一个了解及熟悉的过程。因为 51 系列单片机是一个通用的单片机，其内部的结构、工作原理、编程语言和其他的单片机都是相通的。

❁ 1.8 单片机系统的开发过程

通常开发一个单片机系统可按以下 6 个步骤进行：

(1) 明确系统设计任务，完成单片机及其外围电路的选型工作。进行应用系统设计时，应先进行需求分析，根据应用需要确定系统规模，然后选择单片机型号、存储器的容量以及外接口芯片的型号。

(2) 设计系统原理图和 PCB 板，经仔细检查 PCB 板后送工厂制作。常用的设计软件

为 Protel99。在 Protel 下先设计原理图，然后转换为 PCB 图。根据 PCB 图由 PCB 生产厂家加工为 PCB 板。

(3) 完成器件的安装焊接。将元器件焊接在 PCB 板上形成应用系统的目标板，设计人员要对目标板电路进行调试与测试，保证硬件电路正确。

(4) 根据硬件设计和系统要求编写应用程序。

(5) 在线调试软硬件。

(6) 使用编程器编写单片机应用程序，独立运行单片机系统。

❁ 1.9 如何学习好单片机

很多单片机初学者问怎样才能学好单片机，作者结合自身多年的经验说明一下。

(1) 单片机的选型。现在用得比较多的是 51 系列单片机，内部结构简单，资料也比较全，非常适合初学者学习，所以建议将 51 单片机作为入门级的芯片。以后可以学习 PIC 系列、AVR 系列的单片机。

(2) 学习单片机需要实际的开发板。单片机系统属于软硬件结合的东西，需要连接许多外围器件（传感器、液晶、电动机等）。如果只看教材，使用单片机的仿真软件来学习单片机，是不可能学好单片机的。只有把硬件设备摆出来，亲自焊接外围器件，亲自编程操作这些硬件，才会有深刻的体会，才能理解单片机的功能。

单片机对书本上的知识要求不多，以后各章会详细说明，学习单片机又是非常重视动手实践的。关于实践器材，有两种方法可以选择。

方法一：购买一块单片机的学习板，不要求那种价格高、功能特别全的（120 元左右）。对于初学者来说，建议有流水灯、数码管、独立键盘、矩阵键盘、A/D 和 D/A、液晶、蜂鸣器、I²C 总线、温度传感器等器件。如果上面提到的这些功能都能熟练应用，可以说对单片机的操作已经入门了，剩下的就是练习设计外围电路，不断地积累经验。

方法二：自己购买元器件及编程器，焊接简单的最小系统板。对于初学者来说，如果焊接成功，对硬件就会有更彻底的了解。

有了单片机学习板之后就要多练习，按照教材指定的顺序进行练习。

(3) 学习单片机时，软件和硬件哪个是基础？本人认为软件是学好单片机的基础。单片机的硬件是固定的，如驱动三相电动机、温度传感器、变频器、液晶显示、串行通信等。这些硬件如何与单片机连接以及单片机如何发出控制信号操作硬件，互联网上都能找到详细的资料，我们按照上面连接即可。而如何编程组织这些硬件的工作过程是由工程现场决定的。如何组织程序，并使硬件按照我们的要求进行工作，这是单片机工程的大部分工作。具体的软件知识需要下面几个方面：①系统分析，即分析系统控制的总体功能；②控制思路，即设计如何使用单片机中断定时器、串口通信等单片机资源来操作外围器件；③绘制流程图，根据控制思路绘制出主流程图、中断流程图；④编辑 C 语言代码。

上面的软件知识是计算机专业的专业课程，因此计算机专业学习单片机更有优势。许多高校将嵌入式专业归类到软件学院，如北京航空航天大学、北京理工大学。

(4) 学习单片机开发是很枯燥的，需要有信心、恒心，需要能坚持到底的精神。成为单片机高手的步骤如下：①看书大概了解一下单片机结构；②用学习板练习编写程序，学习单片机主要就是练习编写程序，遇到不会的再查书或资料；③自己在网上找些小电路类的资料，练习设计外围电路，焊好后自己调试，熟悉过程；④自己独立设计具有个人风格的电路、产品等。

❁ 1.10 实验硬件准备

1. 单片机硬件的特点适合使用“积木块”学习方法

单片机是一块集成块芯片，通过 I/O 口与外部器件进行联系。实际工程中，根据操作要求加上外围电路，如液晶、数码管、温度传感器、按键、电机驱动等。单片机对这些器件的程序是固定的（只需要把别的例程修改引脚定义），因此可以将这些器件分成许多单元，每个单元是一个“积木块”，方便学生理解单片机编程。“单片机最小系统板”是一个“积木块”，其他实验单元分别设计成不同功能的“积木块”。自己动手将“积木块”与单片机连接，或设计新的实验题目，可以增加学习者对单片机系统电路的熟悉。

2. “积木块”学习方法需要准备的硬件

“积木块”学习方法需要准备的硬件如图 1-4 所示。

(1) 51 单片机最小系统板。提供了单片机正常运行所需的最小外围电路。包括单片机、电源、复位电路、振荡电路等。单片机全部 I/O 口通过排针引出，实验时将元器件引脚通过杜邦线与单片机连接。其中的晶振可以自由更换。

(2) 实验模块。能够完成单片机的一个实验，如流水灯、数码管等模块，引脚通过排针引出。

(3) 锁紧座转排针板。使用 DIP28IC 锁紧座。将芯片放入锁紧座，锁紧 IC 座后，IC 芯片的引脚被锁紧座对应地引出到外面的排针上。这样可以使用杜邦线，将芯片引脚通过 IC 锁紧座与单片机连接，如 ADC0832 芯片实验等。

(4) 杜邦线。元器件之间的连接线可以非常牢靠地和插针连接，无需焊接。

(5) 编程线。可以将程序下载到单片机。推荐使用 STC 系列的单片机实验。STC 系列单片机支持 ISP 功能（在系统可编程），无须专用编程器，可通过串口（P3.0/P3.1）直接下载用户程序。

(6) 实验元器件或芯片。有的元器件可以焊接排针（如液晶模块），有的元器件可以通过 IC 锁紧座将引脚引出到外面的排针上（如 ADC0832 芯片）。

对于初学习者，学习使用的硬件电路已经准备好，只需要根据例程学习软件。但实际学习中，只有自己亲自去连线、亲自去调试才能明白其中的奥妙。强烈建议初学者自己焊

接硬件电路，参考教材例程自己编写代码。

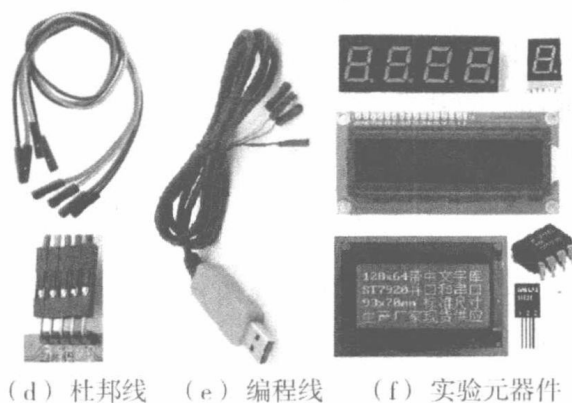
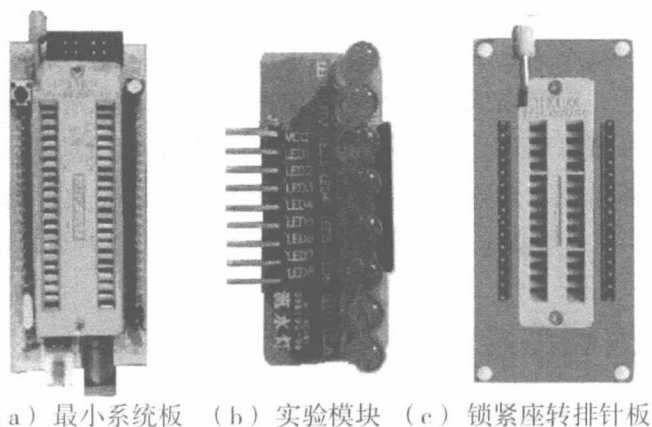


图 1-4 学习单片机需要准备的硬件



【习 题】

1. 什么是单片机？
2. 简述单片机的功能及应用。
3. 比较计算机与单片机结构的共同点？
4. 说出单片机系统的开发过程。
5. 说明单片机开发时需要的硬件工具、软件开发环境。
6. 列出生活中单片机能够实现的控制系统。