



职业教育实训指导规范化教材

单片机实用教程

DANPIANJI SHIYONG JIAOCHENG

主 编 毛宏光 刘福祥

副主编 陈 弢



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



职业教育实训指导规范化教材

单片机实用教程

主 编 毛宏光 刘福祥
副主编 陈 弢

机 械 工 业 出 版 社

本书以经典的 51 架构单片机为例,从最基本的原理出发阐述了单片机的基本原理和设计方法。内容包括:单片机入门、单片机硬件原理、单片机编程、中断技术、定时/计数器与常用接口、串行通信技术。本书在编排上注重实用性和可读性,既提供了一些基础实验以帮助读者理解单片机原理,同时也提供了一些综合性的例子帮助读者尽快进入单片机的工程应用门槛。

本书内容丰富却浅显易懂,适合于对单片机有兴趣的爱好者和职业院校、高校和其他电类专业的技术人员学习。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机实用教程/毛宏光,刘福祥主编. —北京:机械工业出版社, 2013. 6

职业教育实训指导规范化教材

ISBN 978-7-111-43252-4

I. ①单… II. ①毛…②刘… III. ①单片微型计算机—职业教育—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 156219 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:林春泉 责任编辑:闫洪庆

版式设计:霍永明 责任校对:张媛

封面设计:鞠杨 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2013 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·13 印张·320 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-43252-4

定价:33.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

单片机自从 20 世纪 70 年代问世以来,以其结构简单、功能强大、价格适中而备受广大工程设计人员的喜爱。也因为它开发相对容易、工具简单易得和设计灵活多变而得到越来越广泛的应用。目前,学习单片机不再是电子研发工程师的专利,而且已经普及到整个技术界和各行各业非电子专业的人员。对于一个相关专业的在校学生或单片机爱好者,怎样才能快速地学好单片机并掌握其基本的设计思想,是一个非常迫切需要解决的问题。

本书力图浅显地说明单片机的基本原理,把应用范例和原理说明有效地结合在一起,使读者能够更加深入地了解单片机及应用方法。本书具有以下特点:

1. 打破传统的单片机类图书的章节区分界线,将关键内容和核心技术有机组合。

传统的单片机教程一般分为两类:一类是从硬件原理、编程指令、接口技术、综合实例按部就班地进行讲解;另一类是近几年比较流行的项目式教学法,通过相应项目引出知识点并结合实际应用进行讲解。前一类方法系统性好,但学习过程枯燥僵化,往往学了后面就忘记前面,学习效率较低。后一类方法对提升学习兴趣有较大的好处,学习针对性强,但是整个过程的系统性较差。往往觉得书上内容都学会了,但是实际要设计一个程序却无从下手。

本书的编排结合了这两种方法的优势,在系统讲解基本知识的基础上合理应用适当实例,以提升学习兴趣和学习效率。将关键内容——接口技术融入到各个章节进行讲解,重点突出单片机应用的核心技术——定时/计数器的应用(见第 5 章)。

2. 与单片机仿真软件 Proteus 相结合,同时又保证电路的实际可行性。

很多初学者在刚开始接触单片机时喜欢用所谓的实验板进行学习,通过配套的相关实验程序,下载到实验板就能看到实验效果,比较生动有趣。但是,由于成本的问题,一般的单片机实验板往往接口比较单一,各个实验电路模块连接比较死板,很难让初学者系统、全面地学习。而且,实验板的硬件电路和配套程序,都是预先经过设计和调试的,这样初学者在学习过程中就只能在实验板设计者画好的圈圈内转,既局限了学习者的软硬件设计思路,又很难让学习者获得非常宝贵的软硬件调试经验。仿真软件 Proteus 的出现较好地解决了实验板存在的问题,它拥有异常丰富的元器件库,能仿真几乎所有主流单片机。近几年也有很多单片机图书利用 Proteus 来讲解各个实验电路,但书上的电路往往和实际电路有一些细节上的偏差,造成很多读者的困扰。分析原因:一是 Proteus 仿真都是在理想条件下进行的,无论是元器件参数,还是工作条件都与实际电路有偏差;二是 Proteus 仿真忽略功率驱动能力,举例来说,单片机的一个 I/O 接口就算不加任何驱动电路也可以驱动多台直流电机,这在实际中不可能办到。本书的实验电路均经过实践考验,可以搭建实际电路进行验证。与实际电路有偏差的地方也有相关的说明。

本书主编毛宏光、刘福祥,副主编陈弢,刘军、唐幼君等几位同志参与了本书的内容校对与试用。本书的编写与出版工作得到了宁波技师学院领导的大力支持,在此表示真诚的谢意。

限于编者的水平,书中的错误和不当之处在所难免,恳请行业专家和读者给予批评指正。

编者

2013 年 5 月

目 录

前言

第1章 单片机入门 1

1.1 轻松看单片机 1

1.1.1 单片机的作用 1

1.1.2 单片机的应用 2

1.1.3 单片机的封装和电路符号 3

1.1.4 单片机的发展 4

1.1.5 单片机的开发过程 5

1.2 实例演练——控制发光二极管闪烁 6

1.2.1 系统功能 6

1.2.2 硬件设计 7

1.2.3 搭建硬件平台 8

1.2.4 软件设计 9

1.2.5 软件仿真——Keil 软件的使用 11

1.2.6 下载程序到单片机并调试——

WAVE 烧写器的使用 21

1.2.7 虚拟硬件仿真——Proteus 的使

用 22

第2章 单片机硬件的原理 28

2.1 单片机的结构 28

2.2 MCS-51 系列单片机的引脚功能 30

2.2.1 基本工作条件引脚 30

2.2.2 输入/输出引脚 33

2.2.3 控制引脚 33

2.3 单片机的基本电路与时序 34

2.3.1 单片机的基本电路 34

2.3.2 工作时序 35

2.4 单片机的 I/O 接口 35

2.4.1 P0 端口 36

2.4.2 P1 端口 37

2.4.3 P2 端口 38

2.4.4 P3 端口 38

2.5 单片机的存储器 40

2.5.1 存储器的基础知识 40

2.5.2 程序存储器 43

2.5.3 数据存储器 44

2.6 实时练习 49

第3章 单片机编程 50

3.1 编程基础知识 50

3.2 单片机寻址方式 51

3.3 指令系统 55

3.3.1 数据传送类指令 56

3.3.2 算术操作类指令 62

3.3.3 逻辑运算类指令 68

3.3.4 程序控制类指令 73

3.3.5 位操作类指令 81

3.3.6 伪指令 84

3.4 实例演练——键控流水灯 88

3.4.1 系统功能 88

3.4.2 数码管静态显示 89

3.4.3 按键简单应用 92

3.4.4 程序设计 97

第4章 中断技术 108

4.1 中断的概述 108

4.1.1 什么是中断 108

4.1.2 中断源 108

4.1.3 中断的处理过程 109

4.2 中断系统的结构 109

4.2.1 中断源寄存器 110

4.2.2 中断允许寄存器 IE 111

4.2.3 中断优先级控制寄存器 IP 112

4.3 中断程序的编写 113

4.3.1 从实例了解中断程序的编写 113

4.3.2 中断程序的编写方法 115

4.4 实时练习 118

第5章 定时/计数器与常用接口 119

5.1 定时/计数器的使用方法 119

5.1.1 定时器的用法 119

5.1.2 计数器的用法 120

5.2 定时/计数器的控制 120

5.2.1 定时/计数器的结构 120

5.2.2 定时/计数器控制寄存器 121

5.2.3 定时/计数器的工作过程 122

5.3 定时/计数器的工作方式 123

5.3.1 方式0	123	6.2 串行通信口的控制	174
5.3.2 方式1	125	6.2.1 串行通信口的结构	174
5.3.3 方式2	127	6.2.2 串行通信口的工作原理	175
5.3.4 方式3	128	6.2.3 串行控制寄存器SCON	175
5.3.5 利用定时器进行长时间定时	129	6.2.4 电源控制寄存器PCON	176
5.4 定时/计数器的中断实现	130	6.3 四种工作方式与波特率的设置	176
5.5 实例演练1——定时器完成键控流 水灯	137	6.3.1 方式0	176
5.5.1 系统功能	137	6.3.2 方式1	178
5.5.2 定时中断扫描	137	6.3.3 方式2	180
5.5.3 按键防抖	138	6.3.4 方式3	182
5.5.4 按键扫描	140	6.3.5 波特率的设置	183
5.5.5 程序及设计思路	141	6.4 实例演练——单片机互相通信	185
5.6 实例演练2——温度监测仪	147	6.4.1 系统功能	185
5.6.1 系统功能	147	6.4.2 单工通信练习	186
5.6.2 数码管动态显示	149	6.4.3 双工通信练习	188
5.6.3 模拟量输入接口	151	6.4.4 串口的初始化	189
5.6.4 热敏电阻的应用	156	6.4.5 串口中断服务程序	190
5.6.5 复杂程序的常用设计思路	158	6.4.6 主机程序及流程图	190
5.6.6 程序及流程	161	6.4.7 从机程序及流程图	192
第6章 串行通信技术	171	附录	194
6.1 串行通信的概述	171	附录A MCS-51 定义指令符号	194
6.1.1 串行通信方式	172	附录B 常用伪指令	194
6.1.2 串行通信的数据传送方向	173	附录C MCS-51 汇编指令	195
		参考文献	202

第 1 章 单片机入门

本章介绍了单片机的基础知识，内容丰富。通过学习本章能够较清晰地体会单片机的概念、封装、应用和工作过程。同时通过实例演练，能够从系统功能、硬件设计、软件设计、虚拟仿真、程序下载等几个方面详细了解单片机的开发过程和使用相应的软件。

本章主要内容：

- 1) 轻松看单片机——单片机的作用、应用、封装和电路符号、发展、开发过程。
- 2) 实例演练——控制发光二极管闪烁。

1.1 轻松看单片机

1.1.1 单片机的作用

单片机主要由 CPU、存储器、I/O（输入/输出）接口三大部分组成，I/O 设备通过单片机的 I/O 接口与内部 I/O 接口连接，再配置几个小元器件，如电阻器、电容器、石英晶体等，就成为完整的单片机系统。

图 1-1 所示为笔记本电脑 DVD 托盘进出单片机的控制电路，下面以它为例来说明系统中单片机的作用。

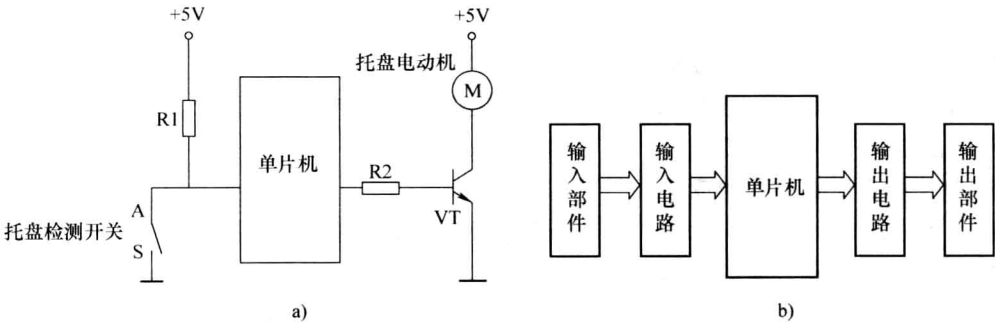


图 1-1 典型单片机系统的原理图与结构图

a) DVD 托盘进出单片机的控制电路原理图 b) DVD 托盘进出单片机应用系统的结构图

在 DVD 托盘上放好光盘，然后往机器内轻推托盘，托盘马上将托盘检测开关 S 压上闭合，在 A 点得到一个低电平，该电平送到单片机后，单片机马上输出控制信号（高电平），该信号通过 R2 送到驱动管 VT 的基极，VT 导通，有电流通过电动机，电动机运转将托盘收回到机器内；一旦托盘完全进入机器，与托盘联动的托盘检测开关 S 断开，A 点得到一个高电平，该电平送入单片机后，单片机马上输出控制信号（低电平），驱动管 VT 截止，电动机停转。

通过前面的分析,能初步体会到单片机的如下两个主要角色:

- 1) 控制其他部件:单片机输出信号控制其他部件,如数码管、电动机等。
- 2) “感受”其他部件:单片机接收如传感器、开关等外围部件向它输入信号。

单片机所扮演的这两个角色证明它具有很强的控制能力,能控制数码管、指示灯、电动机等外围部件。所以单片机也称为微型控制器,简称微控制器 (Micro Controller Unit, MCU)。

图 1-1a 中,检测开关作为输入部件,电阻 R1 和 +5V 电源共同构成了输入电路,输入电路是将外部信号转换成单片机能识别的标准信号,供给单片机“感受”;托盘电动机是输出部件,R2 和 VT 构成了输出电路,也称为驱动电路,单片机输出的信号通过驱动电路来控制用电器“M”(电动机)。单片机应用系统的结构如图 1-1b 所示。

为什么在输出部件与单片机连接中使用驱动电路呢?因为电动机和电控阀门相对单片机而言都是大功率部件,就是工作电压较高(几十伏至几百伏),电流较大(几百毫安至几安)。而单片机是一个低功率器件,其引脚通常只有 2.2~5V、几十毫安的输出。所以直接用单片机来“推动”电动机这类功率部件几乎是不可能的,只能通过驱动电路,把单片机的低压、低电流输出转换成高电压、大电流的输出。

综上所述,单片机是一个集控制和处理能力于一身的器件。

1.1.2 单片机的应用

单片机的应用非常广泛,已深入到工业、农业、商业、教育、国防及日常生活等各个领域。下面简单介绍单片机在一些领域的应用。

1. 单片机在家电方面的应用

彩电、录像机、数码相机、电冰箱、空调器、电风扇、洗衣机、加湿机、消毒柜、微波炉、电磁灶和电饭煲中的控制系统等。

2. 单片机在通信方面的应用

移动电话、传真机、调制解调器、程控交换机、智能电缆监控系统、智能线路运行控制系统和智能电缆故障检测仪等。

3. 单片机在商业方面的应用

自动售货机、无人值守系统、防盗报警系统、灯光音响设备、IC 卡等。

4. 单片机在工业方面的应用

数控机床、数控加工中心、无人操作、机械手操作、远程监控、智能控制和智能仪表等。

5. 单片机在航空、航天和军事方面的应用

航天测控系统、航天制导系统、卫星遥控遥测系统、载人航天系统、导弹制导系统和电子对抗系统等。

6. 单片机在汽车方面的应用

汽车娱乐系统、汽车防盗报警系统、汽车智能驾驶系统、汽车全球卫星定位导航系统、汽车自动诊断系统和交通信息接收系统等。

1.1.3 单片机的封装和电路符号

图 1-2a 所示是一片单片机的实际外形图，型号是 AT89C51。该单片机是一个矩形器件，外壳为黑色，一般由塑料或陶瓷制成，外壳坚硬，保护着芯片内部晶元。外围部件如电动机、数码管等可通过导线与单片机引脚相连，实现控制与被控制的关系。

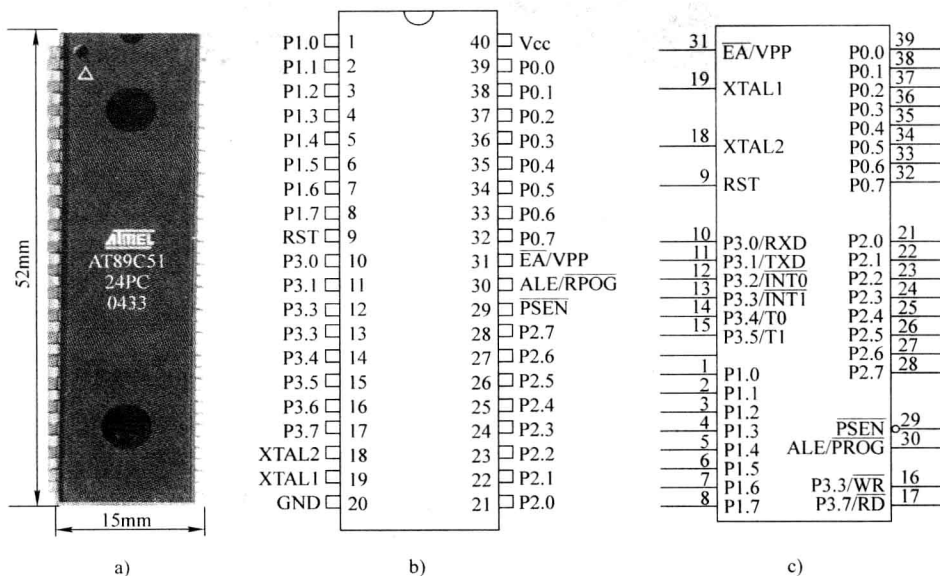


图 1-2 单片机（双列直插式（DIP）封装）

a) DIP 封装的单片机外形 b) 电路符号 1 c) 电路符号 2（省略供电引脚）

单片机对应的电路符号如图 1-2b 或图 1-2c 所示。在实际电路图中的单片机电路符号一般都不再用小矩形来代表引脚，而直接使用线段来表现，如图 1-2c 所示。

图 1-2b 如实地反映了实际单片机器件的引脚分布情况，而图 1-2c 将引脚在两侧重新布置了一下，把单片机 40 个引脚按使用功能分组放置在一起，这样在绘制电路原理图时能提高可读性。例如编号为 1~8 的引脚代表了单片机的 1~8 号引脚，它们是同一组输入输出端口 P1.0~P1.7；又如编号为 10~15 的引脚都是单片机的复用功能引脚，也就是具有多重功能的引脚。这样，具有不同功能的引脚群被布置在一起，使得单片机系统的电路图更清晰。

从图 1-2 中可知，单片机的电路符号很形象，它能直观地反映实际单片机器件的外形和引脚等特征。在工程应用中，对于同一个型号器件，在不同场合会对它的外形、尺寸等有不同的要求。所以，同一型号的单片机被制造成了多种“形状”，它的引脚也随着“形状”的变化而出现不同的排布形式。方形的单片机有两种常见的形式，一种是 PLCC 型，另一种是 QFP 型，如图 1-3 所示。PLCC 封装的引脚向内侧折起，而 QFP 封装的引脚则向外侧伸展。这些具有不同“形状”的同一型号的单片机称为该型号的不同封装（package）形式，就是说它们的内部电路、引脚功能都是相同的，只是形状、引脚的形式和排布不同。

在学习和实验过程中，最常用的封装是如图 1-2 所示的双列直插式（DIP）封装，因为它的体积较大（52mm×15mm）、引脚较粗，易于焊接和连接到电路中，并易于更改连接方式。

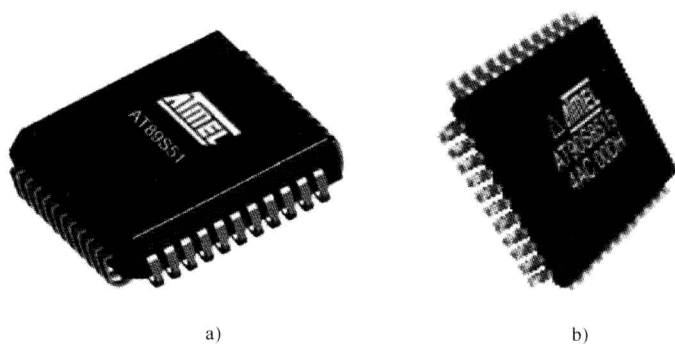


图 1-3 两种封装的单片机

a) PLCC 封装 b) QFP 封装

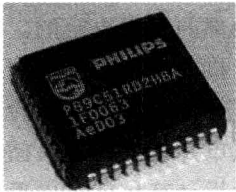
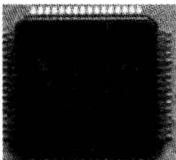
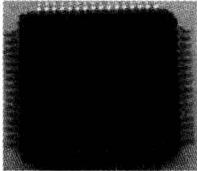
1.1.4 单片机的发展

单片机诞生于 1971 年, 经历了 SCM (单片微型计算机)、MCU (微控制器)、SOC (嵌入式系统) 三大阶段, 早期的单片机都是 8 位或 4 位的。其中最成功的是 Intel 公司的 8031 单片机, 此后在 8031 单片机的基础上发展了 MCS-51 系列 MCU 系统。基于这一系统的单片机系统直到现在还在广泛的使用, 这也是本书所介绍的单片机系统。主流单片机公司及型号见表 1-1。

表 1-1 主流单片机公司及型号

生产厂商	类别	型号举例	图 片
ATMEL (爱特梅尔)	AT89 系列	AT89S52 (DIP 封装)	
	AVR 单片机	ATmega48 (QFP 封装)	
STC (宏晶科技)	STC 单片机	STC89C52RC (DIP 封装)	
MicroChip (微芯)	PIC 单片机	PIC16F877A (DIP 封装)	

(续)

生产厂商	类别	型号举例	图 片
NXP (恩智浦, 前身为 飞利浦)	89LPC 系列	P89C51 (LCC 封装)	
Freescall (飞思卡尔, 前身为 摩托罗拉)	6800 系列	MC68000 (DIP 封装)	
TI (德州仪器)	MSP430 系列	MSP430F1612 (QFP 封装)	
ST (意法半导体)	STM32 系列	STM32F103 (QFP 封装)	

随着工业控制领域要求的提高, 开始出现了 16 位单片机, 但因为性价比不理想并未得到很广泛的应用。20 世纪 90 年代后随着消费电子产品的大发展, 单片机技术得到了巨大提高。随着 Intel i960 系列特别是后来的 ARM 系列的广泛应用, 32 位单片机迅速取代 16 位单片机的高端地位, 并且进入主流市场。高端的 32 位 SOC 单片机主频已经超过 300MHz, 性能直追 20 世纪 90 年代中期的专用处理器, 作为掌上电脑和手机核心处理的高端单片机甚至可以直接使用专用的 Windows 和 Linux 操作系统。

当代单片机系统已经不只在裸机环境下开发和使用, 大量专用的嵌入式操作系统被广泛应用在全系列的单片机上。而传统的 8 位单片机的性能也得到了飞速提高, 处理能力比起 20 世纪 80 年代提高了数倍。

1.1.5 单片机的开发过程

单片机的开发主要是指单片机应用系统的开发, 包括硬件开发和软件开发。

硬件开发是指根据单片机要实现的控制功能开发出实际的电路, 如设计图 1-1a 所示 DVD 影碟机托盘进出单片机的控制电路就是硬件开发。

软件开发是指为单片机编写程序, 使单片机在程序的控制下, 接收输入端送入的信号并

发出相应的控制信号，驱动硬件电路工作，从而实现相应的控制功能。如在图 1-1a 所示的电路中，单片机要随时检测输入端有无信号输入。如果有信号输入，是高电平还是低电平，若是低电平输入应发出什么控制信号，若是高电平输入又应发出什么控制信号，这些都是由单片机内部的程序决定的。

单片机的开发一般按图 1-4 所示的流程图进行。

除了使用软件仿真检验程序设计的正确性外，还有另外一种仿真即硬件仿真。方法是使用一个类似单片机的仿真头插到目标系统的单片机插座中，仿真头连接仿真机，仿真机连接计算机，这样计算机就可以通过仿真机把程序下载到仿真头上。通过仿真头用软件代替在目标板上的单片机芯片，不用反复的烧写，不满意随时可以改，可以单步运行，指定断点停止等，调试极为方便。硬件仿真需要一台仿真机和仿真头，价格在几百元至几千元不等。

随着 EDA（电子设计自动化）技术的发展，虚拟硬件仿真技术逐渐兴起。英国 Lab-center electronics 公司出版的 Proteus 软件是单片机虚拟硬件仿真领域的佼佼者，它不仅具有其他 EDA 工具软件的仿真功能，还能仿真单片机及外围部件，得到单片机爱好者、单片机教学的教师和单片机研发科技工作者的青睐。

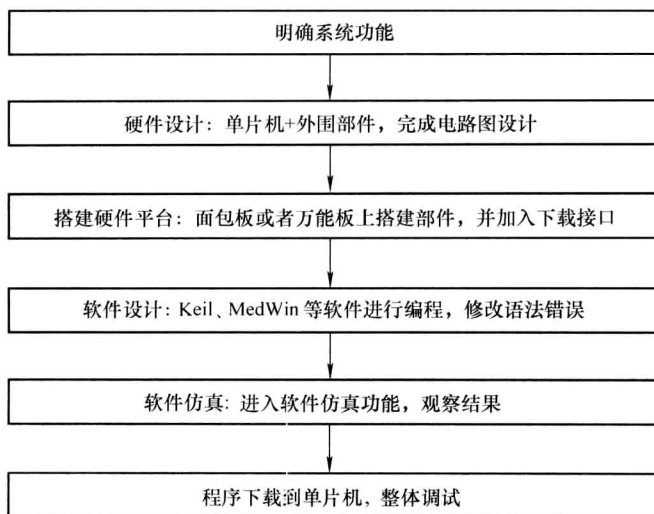


图 1-4 单片机的开发过程

1.2 实例演练——控制发光二极管闪烁

1.2.1 系统功能

本实例首先强调的步骤就是规划系统功能，本实例单片机系统功能是：单片机控制一个发光二极管点亮 500ms，熄灭 500ms，再点亮 500ms，再熄灭 500ms……如此循环，产生一个发光二极管闪烁的效果。

若遇到稍复杂的系统，一定要在动手设计系统硬件和软件之前把功能确定下来，最好是

落在纸上，做成表格，把系统所有功能都写下来，反复推敲功能的详细问题，如需要几个发光二极管作为显示部分，需要几个按钮作为控制部分等。

1.2.2 硬件设计

明确了单片机应用系统要实现的功能后，再选择单片机的型号。单片机种类很多，如 PIC 系列单片机、MCS-51 系列单片机等，这些单片机又有很多型号，不同型号的单片机结构和功能有所不同，编程时软件指令也有所不同。

在选择单片机型号时，一般应注意以下三点：

1) 在功能够用的情况下，应优先考虑性能价格比。有些型号的单片机功能虽然强大，但相应的价格也较高，因而选择单片机型号时功能足够即可，不要盲目地选用功能强大的单片机。

2) 选择自己熟悉的单片机。不同系列的单片机内部硬件结构和软件指令或多或少有些不同，而选择自己熟悉的单片机可以提高开发效率，缩短开发时间。

3) 选择可持续性和可代替性的单片机，可以为后续的开发打下良好的基础。

在这里选择 ATMEL 公司的 AT89S51 型号的单片机，理由是除了 AT89S51 单片机与 8051 单片机完全兼容（引脚数及功能相同，软件指令也相同，内部结构基本相同）外，AT89S51 单片机在市场上也比较容易获得（8051 单片机已不生产），另外 AT89S51 单片机内部的程序存储器采用可反复擦写的 EEPROM，有利于反复修改程序。

图 1-5 所示就是实现单片机控制一个发光二极管以 500ms 为间隔闪烁的系统电路图，即该系统的硬件描述。系统电路图直观地告诉我们系统由单片机 AT89S51 (U1)、3 个电容 (C1、C2、C3)、一个石英晶体振荡器 (Y1)、一个电阻 (R1)、一个发光二极管 (VL1) 和电源 (V_{cc}) 组成。

把发光二极管 VL1 的阴极连接在单片机的 P1.0 口上，这样可以使得单片机驱动发光二极管的能力得到提高（电流流入单片机，此为灌电流）。通过电阻 R1 的限流作用，防止流过发光二极管 VL1 和单片机 P1.0 口的电流过大。通过元器件的连接关系的分析知道：当单片机的 P1.0 口输出低电平时，发光二极管 VL1 两侧获得电势差而被点亮；当 P1.0 口输出高电平时，发光二极管 VL1 则熄灭。

单片机与其他集成电路一样，需要电源供电才能工作，因此须在 40 脚 (V_{cc}) 和 20 脚 (GND) 分别加上电源 V_{cc} 和接地端向单片机供电。

对于 AT89S51 单片机来说，当它运行在正常模式下时，要求电源的电压范围为 +4.0 ~ +5.5V，一般我们以 +5V 供电；在实际电路连接中，把所有接地端全部连接在一起，然后与电源的地线相连。注意，这里所说的地线，并不是接到大地中，而是电路的公共工作地线。

此外，9 脚 (RST) 是单片机的复位端；19、18 脚 (XTAL1、XTAL2) 是单片机外接振荡器和外部时钟信号输入端；31 脚 ($\overline{EA}/VPP$) 是外部程序存储器访问控制端。

初步了解图 1-5 所示的发光二极管单片机控制系统电路图后，就可以开始搭建这个系统的硬件电路，从而为软件的调试提供硬件平台。

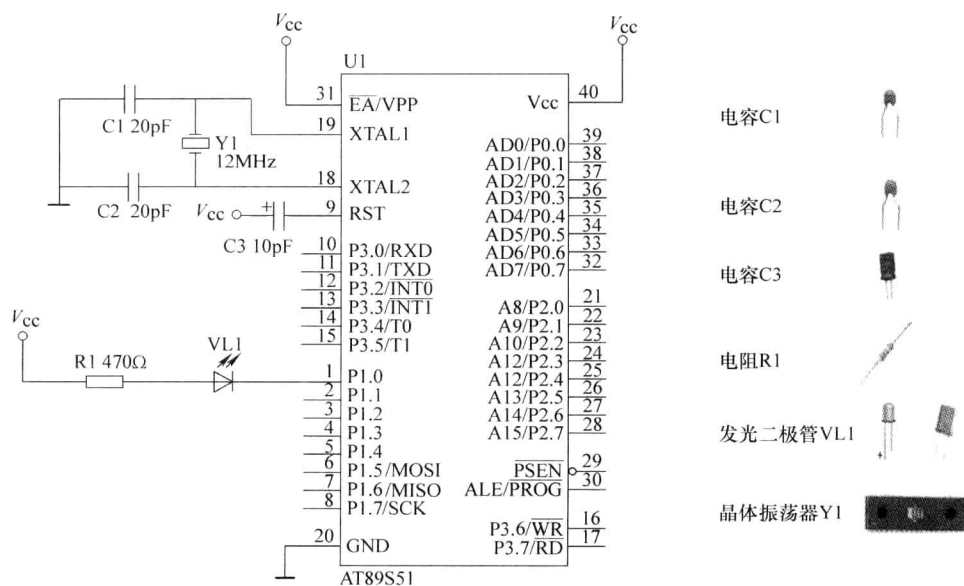


图 1-5 单片机控制发光二极管闪烁的硬件图

1.2.3 搭建硬件平台

为了尽快熟悉单片机系统的结构，可以在面包板（见图 1-6a）或者万用板（见图 1-6b）上搭建单片机控制发光二极管的系统电路。

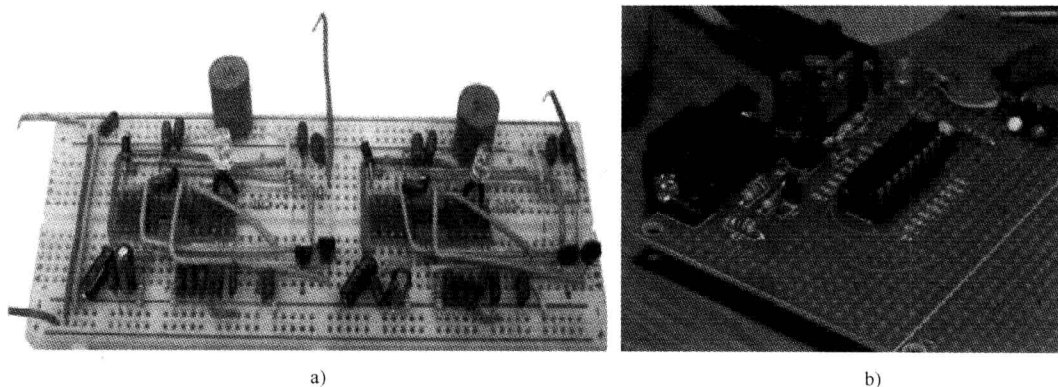


图 1-6 用于电子技术实验的器材

a) 面包板用于电子技术实验 b) 万用板用于电子技术实验

面包板是一种电子技术实验中经常用到的实验器材，它的一面有许多插孔。常用的面包板其每一列的上、下 5 个插孔是分别导通的，列与列之间则相互绝缘。使用较硬的导线或面包板专用插线可以实现电气的连接，如图 1-6a 所示。

另外一种用于电子技术实验的板子叫做万用板，板上有密密麻麻规则排列的过孔，在板子的一侧，每个过孔对应有一个焊盘以供实验时焊接元器件和导线，如图 1-6b 所示。

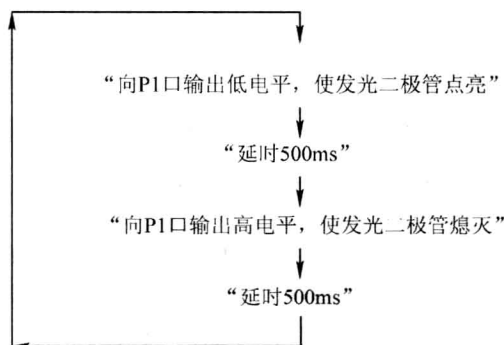
电路原理图设计出来后,应当反复检查电路是否合理、正确、可靠,然后再搭建硬件平台。无论是用面包板或万用板来搭建电路,或是设计印制电路板构建系统,都要细致地检查。只要有一个小错误,就有可能全盘皆输,所以在设计电路原理图和搭建电路时,要反复检查,反复推敲,尽最大努力避免错误的出现。

有时尽了最大的努力,错误仍然难以避免。这时就要依据出现的错误现象,找到错误的原因。如果是一般的逻辑和结构问题,可以进行适当调整而改正。但如果是电源极性接反而烧毁了某些元器件,就只能重头再来了。由于电源的问题导致元器件烧毁的事故频繁发生,所以对电源部分一定要特别小心处理。

当硬件平台搭建完成后,系统现在就是一个“躯壳”,没有“头脑”,不能实现任何功能。只有在硬件中写入了程序,或者说软件,才能让单片机系统根据人们的愿望实现相应的功能。

1.2.4 软件设计

硬件搭建完毕后,就可以进入程序的设计阶段。根据图 1-5 所示,发光二极管 VL1 连接在 P1.0 口上,并知道当单片机 P1.0 口为低电平时发光二极管 VL1 才被点亮, P1.0 口为高电平时则熄灭。本系统功能为单片机控制一个发光二极管的点亮时间为 500ms,熄灭时间为 500ms,再点亮时间为 500ms,再熄灭时间为 500ms……如此反复,用中文描述的程序设计思路为



翻译成单片机的语言为

```
START:  MOV    P1, #00H           ; 向 P1 口输出低电平
        LCALL  DELAY             ; 调用延时子程序
        MOV    P1, #0FFH        ; 向 P1 口输出高电平
        LCALL  DELAY             ; 调用延时子程序
        LJMP   START            ; 跳回到 START, 循环执行
```

以上这段程序代码是用汇编语言写成的,汇编语言(assembly language)是一种低级的、与硬件打交道的语言。这段程序代码由 5 行组成。每一行就是一条指令,每执行一条指令只能完成单片机的一个功能,如第 1 行指令“MOV P1, #00H”只能让单片机从 P1 口输出低电平,发光二极管被点亮,如果没有下一条指令,单片机就会停在该指令上,则发光二极管

就会一直发光。所以，指令是我们控制单片机的最小单位。

完整的指令由标号（可选）、操作码助记符、目的操作数、源操作数及注释（可选）组成：

【标号：】操作码助记符 【目的操作数】【源操作数】【；注释】

START: MOV P1, #00H ; 向 P1 口输出低电平

1) 标号——可以是以英文字母开头的字母、数字或某些特殊符号的序列，例如，“D1:”、“START:”等。汇编语言对字母的大小写不敏感，但习惯上程序中都使用大写字母。另外，标号可以和其他指令在同一行，也可以单独为一行。以下的两个写法是等价的：

```
START: MOV P1, #00H      START:
                           MOV P1, #00H
```

2) 操作码助记符——用来表达指令的操作功能。操作码助记符“MOV”是单词“Move”的简写，其功能是把源操作数“移入”或者“载入”目的操作数中。

3) 目的操作数——指令最终作用的对象。指令执行某一操作，最后影响到目的操作数。

4) 源操作数——参与指令的操作。指令的执行将使用到源操作数。如指令“MOV P1, #00H”的意思是把源操作数 00 载入到目的操作数 P1 口。源操作数中，“#”号代表其后的“00H”是一个立即数，也就是说该指令的源操作数由一个立即数充当，指令执行完毕后，立即数被载入 P1 口上。立即数可以暂时理解为一个常数。

在语句中的立即数“00H”是一个十六进制数，十六进制数 00H 转换成二进制数为 0000 0000。所以，执行指令“MOV P1, #00H”时，这 8 个 0 将从单片机的 P1 口输出，以使 P1.0 ~ P1.7 口（1~8 脚）都呈现低电平，结合图 1-5 所示的发光二极管的连接方式，于是 P1.0 口上的发光二极管 VLI 被点亮。

同理，指令“MOV P1, #0FFH”将十六进制数 FF，即二进制数“1111 1111”从 P1 口输出，P1.0 ~ P1.7 呈现高电平，从而使发光二极管熄灭。

5) 注释——指令“MOV P1, #00H ; 向 P1 口输出低电平”中有一个分号，分号后面的中文描述“向 P1 口输出低电平”是指令的注释。注释是程序编写人员为了他人或自己阅读程序时方便而标记的，可以用来提高程序的可读性和调试的方便性。在汇编语言中，每个分号后面的部分是不会影响指令的，只是程序中解释说明的部分。也就是说，分号后的部分只是摆着看的，装装门面，并不是可执行程序的一部分。

以上完成了汇编语言和指令的初步分析后，先简单分析一下程序的内容，以便对指令控制单片机的操作过程有个初步的认识。

；单片机控制 P1.0 口上的发光二极管闪烁（对应图 1-5）

```
ORG    00H      ; 设置起始地址
START:          ; 开始标号
MOV     P1, #00H ; 向 P1 口输出低电平，使发光二极管亮
LCALL   DELAY    ; 调用延时子程序
MOV     P1, #0FFH; 向 P1 口输出高电平，使发光二极管灭
LCALL   DELAY    ; 调用延时子程序
LJMP    START    ; 跳回到 START，循环执行
```

```
DELAY:                ; 延时程序
    MOV    R3, #50    ;
D1: MOV    R4, #20    ;
D2: MOV    R5, #248   ;
    DJNZ   R5, $      ;
    DJNZ   R4, D2     ;
    DJNZ   R3, D1     ;
    RET                     ; 返回主程序
    END                ; 汇编程序结束
```

程序第一行“ORG 00H；设置起始地址”是一条伪指令（pseudo opcode）。所谓伪指令是汇编程序所提供的帮助汇编器进行汇编的指令，并非单片机指令的一部分，因此伪指令不占存储器空间，它只是协助程序的汇编工作。ORG 指令的功能是设定经汇编后的执行代码存储在单片机 ROM（程序存储器）中的起始地址（后面还有详细的介绍），“ORG 00H”表明执行代码将从 00H 开始存储。程序最后一行的“END”也是一条伪指令，提示汇编器程序结束于此，当汇编遇到 END 后，就不会再继续进行。

程序中从标号“START:”开始到“DELAY:”前，是本程序的主程序段，与前面分析的程序设计思路是吻合的。从“DELAY:”到返回主程序指令“RET”共 8 行指令是子程序段，这是一个延时 500ms 的子程序段，放置在主程序之后。每当主程序执行到“LCALL DELAY”指令时，就会跳到“DELAY”子程序段来执行延时 500ms，然后再跳回主程序中从“LCALL DELAY”的下一行继续执行主程序。

1.2.5 软件仿真——Keil 软件的使用

单片机软件的开发过程是先编写程序，再进行编译、仿真和调试程序，然后用编程器将程序写入单片机。这几个过程可以分别用几个软件来完成，也可以在一个软件中完成。现在很多单片机开发人员都采用 Keil 软件来编写、编译、仿真和调试程序。

1. 编写程序

在编写程序前，先要安装 Keil 软件，然后在该软件中建立项目和源程序文件，再在源程序文件中编写程序。

（1）Keil 软件的获取与安装

Keil 软件是德国 Keil 公司开发的 51 系列单片机编程软件，在该软件中，用户可用汇编语言或 C 语言编写程序，然后对程序进行编译、仿真和调试。

如果读者需要该软件，可到 Keil 公司网站 <http://www.Keil.com> 下载 Eval（评估）版本。下载该软件后获得的是一个压缩包，解压后运行 SETUP 文件夹中的 Setup.exe 文件，即开始安装软件。



小提示

本软件评估版对编写的程序要求不能大于 2KB，其他与商业版相同，对于初学者来说，评估版本基本够用。

（2）新建项目和源程序文件