



高职高专电子信息类专业“十二五”课改规划教材

单片机原理与应用

马鲁娟 姚晓通 熊建平 主编 ■



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高职高专电子信息类专业“十二五”课改规划教材

单片机原理与应用

马鲁娟 姚晓通 熊建平 主编

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书依据认知规律,采用以项目为导向的任务驱动方式来编写,旨在通过任务掌握基本技能,深化知识的学习,在理解知识的基础上,通过再训练来提高技能。本书内容主要包括初识单片机、让单片机动起来、初识编程语言、单片机输入输出控制、定时/计数器应用、中断的应用、显示与键盘接口技术、串行通信、A/D 和 D/A 转换接口技术、单片机综合应用系统。

全书以任务驱动为主线,循序渐进,由浅入深,通过一个个任务的完成,不断提高读者的实际应用能力。

本书适合作为高职高专院校电子信息类、自动化类、机械类专业单片机技术课程的教材,也可作为职工大学、函授学院、中职学校和单片机技术培训班的教材以及电子产品设计人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用/马鲁娟,姚晓通,熊建平主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2012.9
高职高专电子信息类专业“十二五”课改规划教材

ISBN 978-7-5606-2908-7

I. ① 单… II. ① 马… ② 姚… ③ 熊… III. ① 单片微型计算机—高等职业教育—教材
IV. ① TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 183744 号

策 划 毛红兵

责任编辑 刘玉芳 张 媛

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2012年9月第1版 2012年9月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 22.5

字 数 535千字

印 数 1~3000册

定 价 39.00元(含光盘)

ISBN 978-7-5606-2908-7/TP·1370

XDUP 3200001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

作为深圳职业技术学院国家级精品课程单片机应用技术的配套教材，作者在编写本书时融合了老师们多年教学实践和科研工作积累的成果，并依据人的认知规律，进行探索尝试，使本书具有以下特点：

1. 以项目为导向，任务驱动，带动学习

本书以项目导向方式编写，围绕熟悉单片机、了解单片机、开发单片机到单片机应用系统的设计与制作这条主线分成 10 个项目。全书以任务为驱动，介绍单片机的组成、引脚功能、语言入门知识、定时中断、串行通信、键盘接口、LED 数码管、LCD 显示器、温度传感器、A/D 和 D/A 转换器等基本知识。通过任务训练，促进学生对单片机内部结构和工作原理的理解，掌握单片机应用系统开发、调试、设计的方法。

2. 程序设计语言兼顾汇编语言与 C 语言

无论使用哪一种语言，都以完成任务为目的。学习汇编语言可帮助学生理解单片机的内部结构和原理，学习 C51 可使学生掌握单片机应用程序开发技能。本书中的任务均给出两种语言的程序，便于学生对照学习。

3. 以必需够用为原则，注重技能训练

全书以任务驱动为主线，循序渐进，由浅入深，通过一个个任务的完成，实现从掌握基本技能到技能提高。改变思维模式，将每个任务涵盖的知识点专门列出，可以像查字典一样有目标地来认识和学习相关知识。

4. 编写形式直观生动，增强可操作性和可读性

在叙述方式上，本书引入了大量与实践相关的图、表，并给出了器件清单以及每个电路板的安装图，一步步引导读者自己动手完成任务，具有较强的可操作性。读者可根据任务书中的操作提示完成任务，从而培养和提高实际操作能力。

本书中的所有任务均具有较高的实用性和针对性，实验电路全部通过了实验板验证；特别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。

本书由深圳职业技术学院的马鲁娟、熊建平和兰州交通大学的姚晓通共同执笔主编，马鲁娟对本书的编写思路进行总体策划，并编写了项目二、三(汇编语言)、四、六，马鲁娟与郝瑞生共同完成项目三(C 语言)，姚晓通编写了项目一、项目十，熊建平编写了项目五、项目九，梁召锋编写了项目七，陈海松编写了项目八，陶健贤完成本书任务中实验电路的安装与调试，马鲁娟对全书进行统稿。

为方便读者学习，本书配备了一张多媒体光盘，光盘中收录了书中所有源程序、工具软件等内容。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免会有不妥之处，恳请专家和读者指正。

编 者

2012 年 6 月

目 录

项目一 初识单片机.....	1	知识点 2 指令的字节数.....	56
1.1 项目基本技能.....	1	知识点 3 寻址方式.....	57
任务 1 初识单片机.....	1	知识点 4 指令分类详解.....	61
任务 2 了解单片机开发系统.....	4	3.1.3 技能拓展.....	74
1.2 项目基本知识.....	6	任务 5 编写乘法运算程序.....	74
知识点 1 了解 51 单片机外部引脚.....	6	任务 6 查找大小数.....	75
知识点 2 51 单片机内部组成.....	9	任务 7 数据拼拆与转换程序的设计.....	76
知识点 3 51 单片机的存储器介绍.....	11	3.1.4 互动环节.....	78
1.3 技能拓展.....	16	3.2 C51 语言.....	80
任务 3 自制单片机程序下载工具.....	16	3.2.1 项目基本技能.....	80
1.4 互动环节.....	18	任务 8 认识 C51 语言程序.....	80
知识回顾与项目小结.....	19	任务 9 程序测试.....	81
1.5 习题.....	19	3.2.2 项目基本知识.....	86
项目二 让单片机动起来.....	21	知识点 5 单片机 C51 程序的组成.....	86
2.1 项目基本技能.....	21	知识点 6 Keil 软件的基本应用.....	87
任务 1 点亮一个发光二极管.....	21	知识点 7 标识符与关键字.....	87
任务 2 在 Keil 环境中仿真调试.....	35	知识点 8 数据类型.....	87
2.2 项目基本知识.....	39	知识点 9 变量及其存储模式.....	88
知识点 1 单片机的最小系统.....	39	知识点 10 常量.....	91
知识点 2 计算机中数的表示.....	41	知识点 11 C51 的运算符及表达式.....	92
2.3 技能拓展.....	44	知识点 12 基本语法.....	97
任务 3 点亮指定的 LED 灯.....	44	知识点 13 宏定义.....	97
2.4 互动环节.....	47	知识点 14 文件包含.....	98
知识回顾与项目小结.....	48	知识点 15 数组与指针.....	98
2.5 习题.....	48	知识点 16 函数.....	99
项目三 初识编程语言.....	49	知识点 17 C51 程序的设计规则.....	101
3.1 汇编语言.....	50	3.2.3 技能拓展.....	101
3.1.1 项目基本技能.....	50	任务 10 比较两个数的大小.....	101
任务 1 了解寻址方式.....	50	3.2.4 互动环节.....	103
任务 2 传送数据.....	52	知识回顾与项目小结.....	104
任务 3 编写无符号多字节加法程序.....	53	3.3 习题.....	104
任务 4 解析查表程序.....	54	项目四 单片机输入输出控制.....	107
3.1.2 项目基本知识.....	55	4.1 项目基本技能.....	107
知识点 1 指令和助记符.....	55	任务 1 霓虹灯控制.....	107

任务 2 开关输入控制	111
4.2 项目基本知识	114
知识点 1 单片机的输入输出	114
知识点 2 汇编语言	118
知识点 3 C 语言程序	122
4.3 技能拓展	131
任务 3 蜂鸣器的控制	131
4.4 互动环节	135
知识回顾与项目小结	140
4.5 习题	140
项目五 定时/计数器应用	141
5.1 项目基本技能	141
任务 1 霓虹灯控制电路	
(定时器实现定时功能)	141
任务 2 计数报警电路(定时器实现	
计数功能)	144
5.2 项目基本知识	148
知识点 1 单片机定时/计数器组成框图	148
知识点 2 定时/计数器工作原理	149
知识点 3 方式寄存器 TMOD 和	
控制寄存器 TCON	149
知识点 4 定时/计数器的工作方式	152
5.3 技能拓展	155
任务 3 方波发生器	155
5.4 互动环节	158
知识回顾与项目小结	160
5.5 习题	161
项目六 中断的应用	164
6.1 项目基本技能	164
任务 1 LED 控制电路	164
任务 2 航标灯控制电路	168
任务 3 定时器中断应用	172
6.2 项目基本知识	175
知识点 1 单片机中断系统	175
知识点 2 中断处理过程	178
知识点 3 中断采样和查询	181
知识点 4 中断源的扩充	182
6.3 技能拓展	184
任务 4 交通灯控制	184

6.4 互动环节	192
知识回顾与项目小结	193
6.5 习题	194
项目七 显示与键盘接口技术	195
7.1 项目基本技能	195
任务 1 基于 LED 数码管的	
简易秒表设计	195
任务 2 基于 LED 点阵显示的	
简易秒表设计	200
任务 3 独立式键盘的应用——	
简易计数器	205
任务 4 中断扫描方式的矩阵式	
键盘设计	210
7.2 项目基本知识	220
知识点 1 显示接口技术	220
知识点 2 键盘接口技术	225
7.3 技能拓展	229
任务 5 四路抢答器设计	229
7.4 互动环节	240
知识回顾与项目小结	241
7.5 习题	241
项目八 串行通信	243
8.1 项目基本技能	243
任务 1 串口控制数码管显示字符	243
任务 2 银行动态密码的获取	247
8.2 项目基本知识	253
知识点 1 什么是串行通信	253
知识点 2 认识单片机的串行接口	257
知识点 3 单片机双机通信	263
8.3 技能拓展	265
任务 3 交通灯远程控制系统	265
8.4 互动环节	272
知识回顾与项目小结	274
8.5 习题	274
项目九 A/D 和 D/A 转换接口技术	276
9.1 项目基本技能	276
任务 1 A/D 转换芯片 TLC2543 的	
应用	276
任务 2 D/A 转换芯片的应用	282

9.2 项目基本知识	287	知识点 1 温度传感器 DS18B20	313
知识点 1 A/D 转换器接口技术	287	知识点 2 SMC1602 液晶的介绍	318
知识点 2 D/A 转换器接口技术	292	10.3 技能拓展	321
9.3 互动环节	295	任务 2 用电脑实现温度显示	321
知识回顾与项目小结	296	10.4 互动环节	338
9.4 习题	296	知识回顾与项目小结	339
项目十 单片机综合应用系统	297	10.5 习题	339
10.1 项目基本技能	297	习题参考答案	340
任务 1 用液晶实现温度显示	297	参考文献	352
10.2 项目基本知识	313		



项目一

初识单片机

学习目标	掌握单片机的概念及应用
	掌握单片机常用开发工具
	掌握单片机的外部引脚
	掌握单片机内部资源
重点	单片机内部资源
	软件开发工具的使用
难点	如何开发单片机
	单片机内部资源

1.1 项目基本技能

+++ 任务1 初识单片机 +++

1. 认识单片机

单片机实际上就是一台没有电源的主机，它将 CPU、主板、内存、硬盘等集成到一个很小的芯片之中，通常称它为单片微型计算机，简称为单片机。单片机就是一块集成芯片，但这块芯片能够实现一些复杂的功能，而这些功能要依靠编程来灵活实现。

单片机的用处很多，种类也很多，世界上很多公司都在做单片机，但型号都不相同，功能也不尽相同。有些单片机功能单一，专门用来实现某一功能，如遥控器使用的单片机；而有些单片机可以通过编写不同的程序来实现不同的功能，如常见的 AVR 单片机、PIC 单片机、MSP430 系列单片机和 MCS-51 系列单片机。

MCS-51 系列单片机是在 20 世纪 80 年代发展起来的，距今已有几十年的历史。相对于 ARM 等 32 位的高性能微处理器，MCS-51 系列单片机只是 8 位的微处理器，因其丰富的技术资源、很低的学习门槛和很高的性价比仍有着广泛的应用前景。

MCS-51 系列单片机是指由美国 Intel 公司生产的一系列单片机的总称，现在一般指 51 内核单片机的总称，简称 51 单片机。全世界有很多公司生产 51 内核单片机，尽管功能强弱不同，都称为 51 派生产品，本书介绍的单片机就是以 MCS-51 为内核的单片机。下面简要介绍几种 51 单片机的主流产品。

1) Intel 公司 80 系列单片机

51 单片机的创始者 Intel 公司生产的 80 系列单片机主要包括 51 和 52 两个子系列，其



中，51 子系列是基本型，52 子系列属增强型。80 系列单片机中，带字母 C 的为 CHMOS 工艺，如 80C51、80C52；不带 C 的为 HMOS 工艺，如 8051、8052。

Intel 公司 80 系列单片机系列芯片的技术指标如表 1-1 所示。

80 系列单片机是 51 单片机的早期产品，目前市场上已经很难见到它们的踪迹。

表 1-1 Intel 公司 80 系列单片机系列芯片的技术指标

系列	型号	ROM/EPROM (程序存储器)	RAM (数据存储器)	并行 I/O 口	定时/计数 器	中断源	串行口
51 子 系列	8031/80C31	无	128B	32	2	5	1
	8051/80C51	4 KB 掩膜 ROM	128B	32	2	5	1
	8751/87C51	4 KB EPROM	128B	32	2	5	1
52 子 系列	8032/80C32	无	256B	32	3	6	1
	8052/80C52	8 KB 掩膜 ROM	256B	32	3	6	1
	8752/87C52	8 KB EPROM	256B	32	3	6	1

2) Atmel 公司 AT89 系列单片机

Atmel 公司主要推出了 AT89C 和 AT89S 两大系列产品，其中，AT89C 系列为早期产品，常用型号及其主要技术指标如表 1-2 所示；AT89S 系列为新型产品，常用型号及其主要技术指标如表 1-3 所示。

表 1-2 常用 AT89C 系列单片机的型号及其主要技术指标

型号	Flash ROM (程序存储器)	RAM (数据存储器)	I/O 口	定时/计 数器	串口	供电电压	其他
AT89C51	4 KB	125B	32	2	1	4.0~6.0 V	—
AT89C52	8 KB	256B	32	3	1	4.0~6.0 V	—
AT89C55WD	20 KB	256B	32	3	1	4.0~5.5 V	WDT
AT89C2051	2 KB	128B	15	2	1	2.7~6.0 V	模拟比较器
AT89C4051	4 KB	128B	15	2	1	2.7~6.0 V	模拟比较器

表 1-3 常用 AT89S 系列单片机的型号及其主要技术指标

型号	Flash ROM (程序存储器)	EEPROM (数据存储器)	RAM (数据存储器)	I/O 口	定时/计 数器	串口	供电电压	其他
AT89S51	4KB	—	128B	32	2	1	4.0~5.5V	WDT,ISP
AT89S52	8KB	—	256B	32	3	1	4.0~5.5V	WDT,ISP
AT89S53	12KB	—	256B	32	3	1	4.0~5.5V	WDT,ISP
AT89S8252	8KB	2KB	256B	32	3	1	4.0~6.0V	WDT,ISP

AT89C 系列单片机属常规类型，只能用通用编程器进行编辑，不能进行下载编程；AT89S 系列单片机是 Atmel 公司的新型产品，其主要特点是具有 ISP 功能，也就是说，对 AT89S 芯片进行编程时，不需要将芯片从目标板上取下，只需用一根下载线即可对 AT89S 单片机进行下载编程。

3) STC 公司 STC89 系列单片机

STC 公司生产的 STC89 系列单片机是 51 单片机的派生产品，它在指令系统、硬件结



构和片内资源上与标准 51 单片机完全兼容。STC89 系列单片机具有高速度、低功耗的优点，在系统编程(ISP)、应用编程(IAP)等方面功能优异，大大提高了 51 单片机的性能，性价比极高。常用的 STC89 系列单片机型号及其主要技术指标如表 1-4 所示。

表 1-4 STC89 系列单片机型号及其主要技术指标

型号	Flash ROM (程序存储器)	EEPROM (数据存储器)	RAM (数据存储器)	定时/计 数器	串口	供电电压	其他
STC89C51RC	4 KB	2 KB	512 B	3	1	3.8~5.5 V	WDT,ISP/IAP
STC89C52RC	8 KB	2 KB	512 B	3	1	3.8~5.5 V	WDT,ISP/IAP
STC89C53RC	15 KB	—	512 B	3	1	3.8~5.5 V	WDT,ISP/IAP
STC89C54RD+	16 KB	16 KB	1280 B	3	1	3.8~5.5 V	WDT,ISP/IAP
STC89C58RD+	32 KB	16 KB	1280	3	1	3.8~5.5 V	WDT,ISP/IAP
STC89C516RD+	63 KB	—	1280	3	1	3.8~5.5 V	WDT,ISP/IAP

STC89 系列单片机具有 ISP/IAP 功能，无需专用编程器，也无需将单片机从目标板取下，即可通过 PC 串口对单片机进行编程。

2. 51 单片机应用

51 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，大致可分如下几个范畴。

1) 在智能仪器仪表上的应用

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。它结合不同类型的传感器，可实现诸如电压、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，例如精密的测量设备(功率计、示波器、各种分析仪等)。

2) 在工业控制中的应用

用单片机可以构成形式多样的控制系统和数据采集系统。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，以及与计算机联网构成二级控制系统等。

3) 在家用电器中的应用

现在的家用电器基本上都采用单片机控制，从电饭煲到洗衣机、电冰箱、空调、彩电、音响视频器材、电子秤量设备，无所不在。

4) 在计算机网络和通信领域中的应用

现代单片机普遍具备通信接口，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。

5) 在医用设备领域中的应用

单片机在医用设备中的用途亦相当广泛，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。



6) 在各种大型电路中的模块化应用

某些专用单片机用于实现特定功能,以便在各种电路中进行模块化应用。如音乐集成单片机可将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。

7) 在汽车设备领域中的应用

单片机在汽车电子中的应用也非常广泛,例如汽车发动机控制器、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、制动系统等。

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

+++ 任务2 了解单片机开发系统 +++

单片机是指把一个计算机系统集成到一个芯片上。其应用系统必须由硬件和软件两部分组成,二者相互依赖,缺一不可。硬件是应用系统的基础,软件在硬件的基础上,对其资源进行合理调配和使用,使其按一定顺序完成各种时序、运算或动作,从而实现应用系统所要求的任务。单片机应用系统设计人员必须从硬件结构和软件设计两个角度来深入了解单片机,将二者有机结合起来,才能开发出具有特定功能的单片机应用系统。

典型的单片机系统开发环境如图 1-1 所示,一般先由计算机、通信电缆、仿真器、仿真电缆以及用户目标系统进行仿真调试,调试成功之后,通过专用的编程器把程序下载到目标系统的 CPU,然后再进行脱机调试。单片机在执行程序时人工是无法控制的,为了能调试程序,检查硬件及软件的运行状态,需借助单片机仿真器模拟用户实际的单片机,并且能随时观察运行的中间过程,而不改变性能和结果,从而模拟现场的真实情况;因此需要配备仿真器和专用的编程器,花费比较高。在教学上,多采用此开发环境。

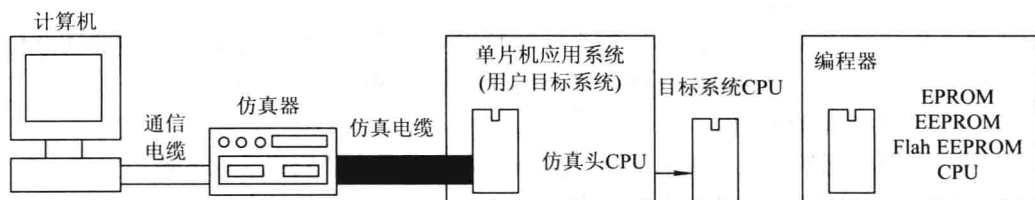


图 1-1 典型的单片机系统开发环境

1. 认识仿真器、编程器和 Keil C51 开发环境

1) 仿真器

硬件仿真器是比较专业的单片机开发调试工具,如图 1-2 所示,用于开发调试单片机程序。比如某程序有 100 行,代表了 10 个驱动硬件的动作,可以将仿真器连接到目标板(实验板),让仿真器代替单片机芯片,然后让编写的源程序在仿真器内部运行,让这 10 个动作一个个地执行,此时不但能够看到程序驱动硬件的直接效果,同时还能在电脑上直接观察到在执行这 10 个动作的过程中,单片机内部的各单元的状态,即可以细致地分析一下整



个程序在硬件中的具体工作过程。这样就可以了解程序中是否有问题存在,能够帮助开发人员快速发现程序的错误之处,所以叫做硬件仿真。硬件仿真功能非常强大,能够极大地提高单片机开发效率,缩短系统的开发调试时间等。

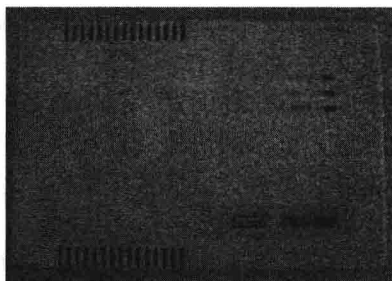


图 1-2 仿真器

2) 编程器

编程器也称烧录器,实际上是在可编程的集成电路上写数据的工具,如图 1-3 所示。编程器主要用于单片机(含嵌入式)/存储器(含 BIOS)之类芯片的编程(或称刷写),在功能上可分专用编程器和通用编程器。专用编程器价格低,适用芯片种类较少,适合于某一种或者某一类专用芯片编程的需要,例如仅适用于 51 系列单片机的编程器。全功能通用编程器适合多种芯片的编程,但由于设计麻烦,成本较高,限制了销量,最终售价极高。

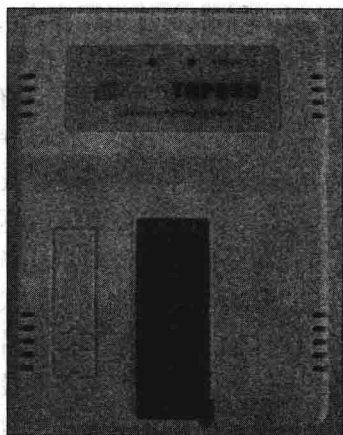


图 1-3 编程器

3) Keil C51 软件开发环境

Keil C51 软件开发环境是目前功能最强、应用最广泛的 51 单片机集成开发环境(IDE)之一,该系统支持 C51、ASM 及混合编程,适合每个阶段的开发人员,不管是专业的应用工程师,还是刚学习嵌入式软件开发的学生。

2. 单片机开发过程

单片机的开发大致有以下几个步骤。

第一步,通过软件编译平台开始编写试验程序(源程序)。这就好比写文章要有笔和纸一样,最常用的单片机开发软件是 Keil 集成开发软件平台,开发人员可以在 Keil 开发软件中编写源程序,比如点亮一个发光二极管、流水灯控制、驱动继电器、数码管显示、DS18B20



测温程序等。源程序既可以用 51 汇编语言编写,也可以用 C 语言编写,完成源程序编辑后,就可利用 Keil 将源程序编译成能够在单片机内部运行的目标程序*.HEX(即由 0 和 1 构成的机器码)。开发人员能看懂编写的*.ASM(或*.C)源程序,但是单片机不能读懂,单片机只懂由 0 和 1 构成的机器码,因此需要把源程序通过 Keil 编译器编译成单片机能运行的*.HEX 格式,即单片机目标程序文件(机器码)。

第二步,利用仿真器对源程序进行仿真调试。仿真的目的是检查源程序是否有错误,看是否能实现预定的开发实验目标,以帮助快速调试程序。其实仿真是单片机的一个综合开发过程,其中穿插了编辑、编译、仿真调试等各项工作,是一个非常重要的过程,使用单片机仿真器,有助于了解单片机的开发过程。

单片机在体系结构上与 PC 机是完全相同的,也包括中央处理器,输入、输出接口,存储器等基本单元。它与 PC 机等设备的软件结构也是类似的,因而单片机在软件开发的过程中也需要对软件进行调试,观察其中间结果,排除软件中存在的问题。但是由于单片机的应用场合问题,它不具备标准的输入输出装置,同时受存储空间限制,也难以容纳用于调试程序的专用软件,因此要对单片机软件进行调试,可以使用单片机仿真器。单片机仿真器具有基本的输入输出装置和支持程序调试的软件,使得单片机开发人员可以通过单片机仿真器输入和修改程序,观察程序运行结果与中间值,同时对与单片机配套的硬件进行检测与观察,提高单片机的编程效率和效果。

第三步,自制或购买一个单片机编程器(单片机程序烧写器),将目标程序文件(机器码)写入单片机内部。编程器的作用是把编译好的*.HEX 格式单片机目标文件(机器码)写入到单片机内部的程序存储器中,这个设备的作用就好比给一个没有记忆的人灌输记忆。当源程序经过仿真调试没有错误后,就可以用编程器将*.HEX 目标程序烧写到单片机内部。通过程序的写入,单片机就被灌输了设计思想或者是某种控制流程,比如流水灯程序、温度测试程序、数据采集程序等。编程器只是一种写入工具,而源程序还是要由开发人员来编写和创造。

第四步,将烧写好的单片机插到实验板上,通电后让单片机在实验板上运行程序,就可以看到最终的程序效果。单片机实验板可以自制或者购买成品,它的作用是验证最终的硬件驱动效果,这就好比把一个已经灌输了设计思想的单片机连上躯体和四肢,检查这个完整的、已经具备了“头脑+思想+四肢”的设备是不是能真的动起来,是否与设计的程序完全一致?如果不一致就说明给它设计的“思想”可能存在问题,此时就需要用编程器中的“擦除”操作给单片机“洗脑”,修改程序后再次写入并查看实验结果。如编写了一个单片机流水灯程序,用什么来验证它是否可以真正地驱动发光二极管“流”起来呢?答案就是使用单片机实验板。

1.2 项目基本知识

+++ 知识点 1 了解 51 单片机外部引脚 +++

51 单片机常用的封装有 DIP-40 双列直插式封装和 PQFP-44 贴片封装,如图 1-4 和图 1-5 所示,芯片的实物图如图 1-6 和图 1-7 所示。

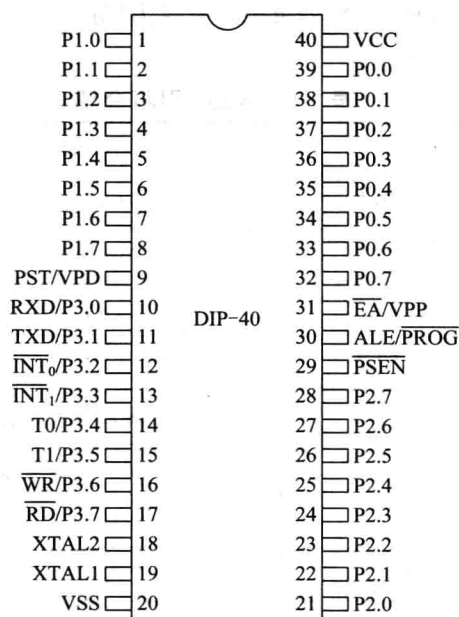


图 1-4 DIP-40 双列直插式封装

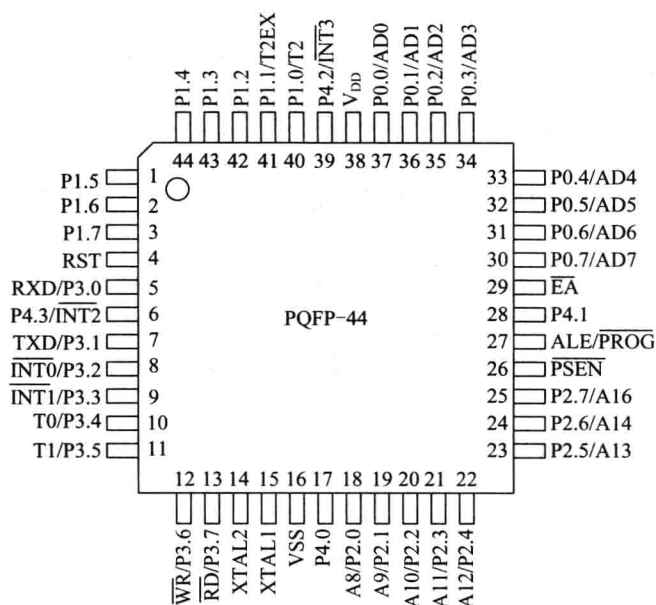


图 1-5 PQFP-44 贴片封装



图 1-6 51 单片机 DIP-40 实物图

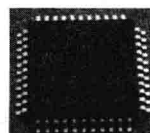


图 1-7 51 单片机 PQFP-44 实物图



1. 信号引脚介绍(以 DIP-40 双列直插式封装为例)

8051 引脚介绍如表 1-5 所示。

表 1-5 8051 引脚介绍

引脚名称	引脚功能
P0.0 ~ P0.7	P0 口 8 位双向口线
P1.0 ~ P1.7	P1 口 8 位双向口线
P2.0 ~ P2.7	P2 口 8 位双向口线
P3.0 ~ P3.7	P3 口 8 位双向口线
ALE	地址锁存控制信号
$\overline{\text{PSEN}}$	外部程序存储器读选通信号
$\overline{\text{EA}}$	访问程序存储控制信号
RST	复位信号
XTAL1 和 XTAL2	外接晶体引线端
VCC	+5V 电源
VSS	地线

对控制引脚进行如下说明:

(1) ALE: 系统扩展时, P0 口是 8 位数据线和低 8 位地址线复用引脚, ALE 用于把 P0 口输出的低 8 位地址锁存起来, 以实现低 8 位地址和数据的隔离。

由于 ALE 引脚以晶振 1/6 固定频率输出正脉冲, 因此它可作为外部时钟或外部定时脉冲使用。

(2) $\overline{\text{PSEN}}$: $\overline{\text{PSEN}}$ 有效(低电平)时, 可实现对外部 ROM 单元的读操作。

(3) $\overline{\text{EA}}$: 当 $\overline{\text{EA}}$ 信号为低电平时, 对 ROM 的读操作限定在外部程序存储器; 而当 $\overline{\text{EA}}$ 信号为高电平时, 对 ROM 的读操作是从内部程序存储器开始, 并可延至外部程序存储器。若不扩展外部程序存储器, 只使用内部程序存储器, 该引脚与 +5V 连接。

(4) RST: 当输入的复位信号延续两个机器周期以上的高电平时即为有效, 用以完成单片机的复位初始化操作。

(5) XTAL1 和 XTAL2: 外接晶体引线端。当使用芯片内部时钟时, 两引脚用于外接石英晶体和微调电容; 当使用外部时钟时, 用于连接外部时钟脉冲信号。



小提示

在进行单片机应用系统设计时, 除电源和地引脚外, 以下引脚信号必须连接相应电路:

(1) 单片机最小系统电路。复位信号 RST 一定要连接复位电路, 外接晶体引线端 XTAL1 和 XTAL2 必须连接时钟电路, 这两部分是单片机能够工作所必需的电路。

(2) $\overline{\text{EA}}$ 引脚。随着技术的发展, 单片机芯片内部的程序存储器空间越来越大, 因此, 用户程序一般都固化在单片机内部程序存储器中, 此时 $\overline{\text{EA}}$ 引脚应接高电平。



2. 信号引脚的第二功能

由于工艺及标准化等原因,芯片的引脚数目是有限的,为了满足实际需要,部分信号引脚被赋以双重功能,即第一功能和第二功能。最常用的是 8 条 P3 口线所提供的第二功能,如表 1-6 所示。

表 1-6 P3 口各引脚与第二功能表

第一功能	第二功能	第二功能信号名称
P3.0	RXD	串行数据接收
P3.1	TXD	串行数据发送
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$	外部中断 0 申请
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$	外部中断 1 申请
P3.4	T0	定时/计数器 0 的外部输入
P3.5	T1	定时/计数器 1 的外部输入
P3.6	$\overline{\text{WR}}$	外部 RAM 或外部 I/O 写选通
P3.7	$\overline{\text{RD}}$	外部 RAM 或外部 I/O 读选通



小提示

对于 51 单片机其他型号的芯片, P3 口引脚的第一功能是相同的, 所不同的是引脚的第二功能。

需要注意的是, P3 口的第二功能信号都是单片机的重要控制信号。因此, 在实际使用时, 一般先选用第二功能, 剩下的才作输入输出使用。

+++ 知识点 2 51 单片机内部组成 +++

单片机的内部组成如图 1-8 所示。

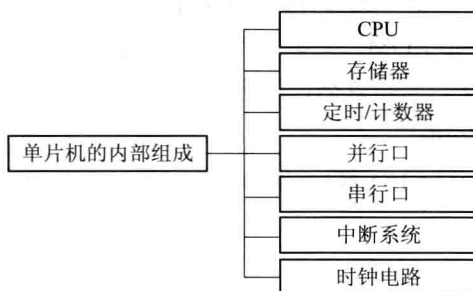


图 1-8 单片机的内部组成

51 系列单片机芯片除了程序存储器结构不同外, 其内部结构完全相同, 引脚完全兼容。这里以 8051 为例介绍 51 系列单片机的内部组成及信号引脚。8051 单片机的内部组成框图如图 1-9 所示。

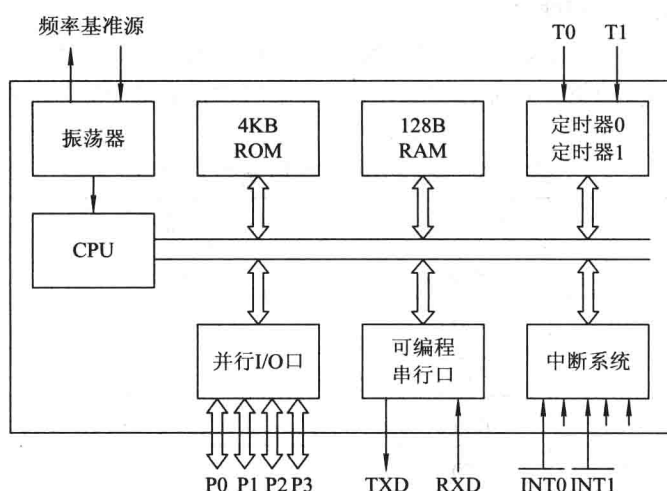


图 1-9 51 单片机的内部组成框图

1. 中央处理器 CPU(Central Processing Unit)

中央处理器是单片机的控制核心,完成运算和控制功能,由运算器和控制器组成。运算器包括一个 8 位算术逻辑单元(Arithmetic Logical Unit,简称 ALU)、8 位累加器(Accumulator,简称 ACC)、8 位暂存器、寄存器 B 和程序状态寄存器(Program Status Word,简称 PSW)等。控制器包括程序计数器(Program Counter,简称 PC)、指令寄存器(Instruction Register,简称 IR)、指令译码器(Instruction Decoder,简称 ID)和控制电路等。

2. 内部数据存储器 RAM(Random Access Memory)

8051 内部共有 256 个 RAM 单元,其中高 128 单元被专用寄存器占用,低 128 单元供用户使用,可读可写,掉电后数据丢失,用于暂存中间数据。通常所说的内部数据存储器就是指低 128 单元。

3. 内部程序存储器 ROM(Read Only Memory)

8051 内部共有 4KB 掩膜 ROM,只能读不能写,掉电后数据不会丢失,用于存放程序或程序运行过程中不会改变的原始数据,通常称为程序存储器。

4. 并行 I/O(Input/Output)口

8051 内部有四个 8 位并行 I/O 接口(称为 P0、P1、P2 和 P3),可以实现数据的并行输入输出。

5. 串行口

8051 内部有一个全双工异步串行口,可以实现单片机与其他设备之间的串行数据通信。该串行口既可作为全双工异步通信收发器使用,也可作为同步移位器使用,扩展外部 I/O 口。

6. 定时/计数器

8051 内部有两个 16 位的定时/计数器,可实现定时或计数功能,并以其定时或计数结果对计算机进行控制。