

Electronic design

[全国大学生电子设计竞赛指导系列]

全国大学生电子设计竞赛 单片机应用技能精解

◎ 蓝和慧 宁武 闫晓金 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

全国大学生电子设计竞赛指导系列

全国大学生电子设计竞赛

单片机应用技能精解

蓝和慧 宁 武 闫晓金 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以全国大学生电子设计竞赛为基础,针对组成单片机系统的显示、键盘、模拟量输入/输出、数据传输接口等几个部分,通过具体的应用实例,详细地讲述了单片机应用系统的开发过程和方法,内容包括电路原理图和印制电路板图的设计、软件控制方案的选择、详细的程序清单等。同时,书中针对电动机的几个常用类型讲述其应用过程。另外,本书还简述了单片机软件的开发环境和程序的下载方法。书中大部分程序采用 C51 语言编写,增加了程序的可读性,方便读者对 C51 语言的学习。相关程序代码可在 <http://yydz.phei.com.cn> 下载。

本书适合参加全国大学生电子设计竞赛的高校学生、指导教师,相关领域的电气或电子工程师、科研人员,以及广大电子爱好者阅读。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

全国大学生电子设计竞赛单片机应用技能精解/蓝和慧,宁武,闫晓金编著. —北京:电子工业出版社,2009.4

(全国大学生电子设计竞赛指导系列)

ISBN 978-7-121-08597-0

I. 全… II. ①蓝… ②宁… ③闫… III. ①单片机—电子电路—电路设计 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 045253 号

策划编辑:柴 燕

责任编辑:张 帆

印 刷: 北京京师印务有限公司

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:15.25 字数:390 千字

印 次:2009 年 4 月第 1 次印刷

印 数:4000 册 定价:29.80 元

凡所购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

丛 书 序

一个普通的省属本科学校在历届全国大学生电子设计竞赛中能够取得优异的成绩，甚至竞赛名次能够排在参赛的“211”学校、第一批本科学校之前是难能可贵的。究其原因，除了学校相关部门的大力支持外；主要在于指导教师的敬业精神、扎实的理论基础和深厚的工程实践功底。

本系列丛书的编著者中有具有 40 余年电子兴趣爱好并兼具 20 余年电子技术专业从教经验的老教师，也有“80 后”的年轻教师，他们以活跃的思维和超群的实践能力完成了教学任务并参加了国家“863”计划中的电动汽车等重大专项课题的研究。这些人指导的参赛队伍在所参加的两届全国大学生电子设计竞赛中创造了两次国家二等奖、四次省特等奖的优异成绩。

本系列丛书将这些电子设计经验丰富的指导教师的设计经验、教训和处理问题的技巧整理成文，以飨读者。如果读者能够从本丛书中有所收获，将是笔者的最大荣幸。

陈永真
于辽宁工业大学

前 言

参加全国大学生电子设计竞赛时,一般来说,可以采用硬件电路的形式完成试题所要求的基本功能。但是,当所要求的功能较为复杂时,就可以选用单片机系统代替硬件电路。

单片机课程是高校电类学科的一门必修课。对于参加电子设计竞赛的学生来说,虽然理论知识能够掌握,但是涉及实际问题的时候却无从入手。在准备比赛的过程中,盲目地寻找各种有关书籍,有时还在互联网上搜寻各种有关单片机的内容,造成知识内容的零乱,无法形成一个系统的知识链。虽然在比赛中可能会获得较好的成绩,但是在以后的工作中,对单片机的理解仍然仅停留在理论的层面。

学习单片机的过程中,一个很重要的问题就是积累。参加全国大学生电子设计竞赛,除了要展示学生的实际动手能力和新、奇、特的设计思路外,更重要的是要考察参赛学生对基础知识的掌握程度和实践经验的积累程度。“不积跬步,无以至千里;不积小流,无以成江海”,如果在学习单片机的过程中,能够不断地进行积累,即便不参加比赛,也将是一种财富。

本书中将列举一系列十分有代表性的例子,从单片机的内部功能到端口的使用,从单片机的输入/输出信号到外围器件的连接,从单片机最小系统的组成到具有一定功能的实际应用系统等。在每一个实际例题中,包含有常见外围器件的介绍、使用方法、与单片机的连接方式,以及单片机系统硬件电路的设计、电路图的绘制、印制电路板图的设计方法和程序设计等。

本书的几位编著者多年从事学生课外活动的指导工作,同时主持或参与过多项实际项目的研发,具有丰富的教学 and 实践经验,指导学生多次在电子设计竞赛中获奖。在例题的选择上,编著者充分考虑学生的实际情况和动手能力,从实际出发、由浅至深,使学生能够轻松地掌握每个例题的精髓。为方便读者的学习,书中所有例题均进行了实际验证,所有程序都已在硬件电路上调试通过,读者可直接参考或应用。

本书的特色之处在于各章节之间的紧密衔接,同时打破以往学习单片机的脉络,以一种崭新的方式将单片机有关的各方面内容有机地结合在一起,使读者学习起来思路更加清晰。

本书由辽宁工业大学蓝和慧、宁武和闫晓金共同编著,分为7章。其中第1章、第2章、第6章由蓝和慧编著;第3章、第4章由宁武编著;第5章由蓝和慧、宁武共同编著;第7章由蓝和慧、宁武、闫晓金编著。

由于编著者水平有限,书中难免有不当之处,恳请广大读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 单片机系统的初步认识	1
1.1 单片机系统的整体印象	1
1.2 认识单片机	6
1.2.1 CPU	6
1.2.2 片内寄存器	7
1.2.3 输入/输出接口(I/O 口)	7
1.2.4 特殊功能寄存器(SFR)	9
1.2.5 定时/计数器	10
1.2.6 串行通信接口	11
1.2.7 中断系统	11
1.3 单片机系统的各个组成部分	11
1.4 单片机系统设计与调试过程	13
第 2 章 单片机系统显示与键盘功能的实现	16
2.1 应用发光二极管实现显示	16
2.1.1 概述	16
2.1.2 发光二极管的分类	17
2.1.3 发光二极管极性的识别	18
2.1.4 发光二极管与单片机的连接	19
2.1.5 应用发光二极管实现交通灯的模拟控制	20
2.1.6 参加比赛时的注意事项	25
2.2 应用数码管显示数字	25
2.2.1 概述	25
2.2.2 数码管的分类	26
2.2.3 数码管的显示方式	27
2.2.4 数码管显示驱动电路	28
2.2.5 应用数码管实现倒计时器的控制	32
2.3 应用液晶显示器显示字符	38
2.3.1 概述	38
2.3.2 液晶显示模块的分类	38

2.3.3	字符型 LCM	39
2.3.4	应用 LCM 显示简单字符与系统时间	43
2.4	键盘功能的设计	50
2.4.1	概述	50
2.4.2	键盘的分类	51
2.4.3	键盘的工作方式	52
2.4.4	编码式键盘控制芯片	53
2.4.5	应用键盘和数码管实现可控制的电子秒表	53
2.5	键盘与液晶显示器的联合使用	60
第3章	单片机系统模拟量输入的实现	68
3.1	初识 A/D 转换器	68
3.1.1	概述	68
3.1.2	A/D 转换器的性能指标	69
3.1.3	A/D 转换器的转换原理	70
3.1.4	常用的 A/D 转换器型号与外围连接电路	71
3.2	A/D 转换器与单片机的连接	75
3.2.1	ADC0804 与单片机的连接和程序的编写	75
3.2.2	ADC0809 与单片机的连接和程序的编写	80
3.3	应用 A/D 转换器设计简单的数字电压表	86
3.3.1	电压表的硬件电路	86
3.3.2	电压表的软件设计	88
第4章	单片机系统模拟量输出的实现	92
4.1	初识 D/A 转换器	92
4.1.1	D/A 转换器的概述	92
4.1.2	常用的几种 D/A 转换器的转换原理	93
4.1.3	D/A 转换器的主要技术指标	95
4.1.4	常用的 D/A 转换器型号与外围连接电路	96
4.2	D/A 转换器与单片机的连接	100
4.2.1	DAC0832 与单片机之间的直通连接方式	100
4.2.2	DAC0832 与单片机之间的“单缓冲”连接方式	101
4.2.3	DAC0832 与单片机之间的“双缓冲”连接方式	106
4.3	应用 D/A 转换器设计简单的波形发生器	109
4.3.1	波形发生器的设计任务与要求	109
4.3.2	系统的硬件电路	110
4.3.3	软件设计	110
4.4	初识 PWM	119
4.4.1	PWM 控制方法	120

4.4.2	PWM 的原理	120
4.5	PWM 的生成方法	122
4.5.1	应用硬件电路输出 PWM	122
4.5.2	应用单片机端口输出 PWM	125
4.6	应用 PWM 输出控制 LED 的亮度	128
第 5 章	单片机系统的数据传输接口	132
5.1	单片机的串行接口	132
5.1.1	串行通信接口的数据传输方式	132
5.1.2	单片机串行接口寄存器	134
5.1.3	串行通信标准	134
5.1.4	单片机串行接口的调试方法	138
5.2	单片机之间的串行通信	138
5.2.1	单片机与单片机之间的单机通信	139
5.2.2	单片机之间的多机通信	145
5.3	单片机与 PC 的串行通信	149
5.3.1	单片机端的硬件电路	149
5.3.2	硬件连接线	152
5.3.3	PC 软件设计	152
5.3.4	单片机软件设计	155
5.4	单片机系统中的 SPI 器件	157
5.4.1	SPI 总线概述	157
5.4.2	基于 SPI 总线的时钟日历 DS1302	158
5.4.3	DS1302 与单片机组成的数字时钟	162
5.5	单片机系统中的 I ² C 器件	168
5.5.1	I ² C 总线概述	168
5.5.2	在单片机中模拟 I ² C 总线接口	173
5.6	单片机系统中的 1-Wire 器件	175
5.6.1	1-Wire 单总线概述	175
5.6.2	单总线器件简介	176
5.6.3	单总线数据通信协议	178
5.6.4	单总线通信的 ROM 命令	180
5.6.5	单总线器件的 ROM 搜索	181
5.6.6	基于单总线的数字温度传感器 DS18B20	183
5.6.7	DS18B20 与单片机组成简易数字温度计	187
第 6 章	电动机的单片机控制	191
6.1	初识直流电动机	191
6.1.1	直流电动机的外观	191

6.1.2	直流电动机的工作原理	191
6.1.3	直流电动机的转速	194
6.1.4	直流电动机的特性曲线	195
6.2	直流电动机的驱动方法	195
6.2.1	简单的直流电动机单向驱动	196
6.2.2	应用继电器实现直流电动机的正、反转驱动	196
6.2.3	应用晶体管实现直流电动机的正、反转驱动	198
6.3	直流电动机转速检测方法	201
6.3.1	光电传感器简介	201
6.3.2	应用反射式光电传感器进行转速检测	202
6.3.3	应用对射式光电传感器进行转速检测	204
6.3.4	转速检测电路的改进	204
6.4	直流电动机的控制方法	205
6.4.1	PID 算法简介	206
6.4.2	数字 PID 控制器	207
6.4.3	数字 PID 控制的应用	208
6.5	初识步进电动机	211
6.6	步进电动机的简单工作原理	211
6.7	步进电动机的驱动电路	213
6.8	使用步进电动机时需要注意的问题	215
6.8.1	转速问题	215
6.8.2	负载问题	216
6.9	了解舵机	217
第 7 章	单片机的程序下载方法	219
7.1	编程环境的选择	219
7.1.1	μ Vision3 的工作界面	219
7.1.2	项目的创建	219
7.1.3	项目的设置	223
7.1.4	程序的调试	224
7.2	单片机程序的下载方法	227
7.3	ISP 程序下载器	229
7.3.1	串口型 ISP 下载器	230
7.3.2	并口型 ISP 下载器	231
参考文献		234

第1章 单片机系统的初步认识



1.1 单片机系统的整体印象

所谓单片机系统，顾名思义，就是应用单片机作为核心，外围增设一些辅助电路，能够完成一定功能的系统。早些时候曾提出单片机最小系统的概念，这是指由单片机作为系统的核心，能够完成程序的存储和数据的存储，除单片机本身需要的复位电路和系统时钟振荡电路外，通常还需要在单片机片外扩展程序存储器和数据存储器，这个系统并不能完成具体的功能，所以称为最小系统。但是随着电子技术的不断发展，在单片机的内部已经集成有较大容量的程序存储器和数据存储器，单片机最小系统只是由单片机、复位电路和系统时钟振荡电路组成，已经不能构成真正的系统，所以单片机最小系统的概念被逐渐地淡化。

正如前面所说，单片机系统中不仅要有单片机作为核心，还要有一些外围的器件和电路作为支持，才能完成一定的功能。下面通过几个实际的例子来了解一下究竟什么才算是单片机系统。

如图 1.1 所示为简单的单片机系统原理图，该系统由单片机、电源电路、复位电路、晶振电路、键盘/显示驱动电路、数码管显示器和键盘组成。虽然该电路简单却可以实现很多功能，例如可以应用数码管显示完成计时器功能、倒计时功能、时钟显示等；应用键盘可以实现用户指令的输入，与数码管显示器配合还可以实现计时器的启动、停止和清零功能，等等。

由图 1.1 可以看出，如果单片机系统只是由单片机、电源电路、复位电路、晶振电路组成，并不能完成任何功能，即便可以向单片机内编写程序，但单片机开始执行程序后，使用者并不知道单片机正在执行的是什么程序，甚至都不知道单片机是否正常运行，这时的单片机系统没有任何意义。

所以，要使用单片机并组成单片机系统，就必须让单片机完成一定的功能，这些功能包括键盘功能、显示功能、开关量输入功能、开关量输出功能、模拟量输入功能、模拟量输出功能、通信功能、扩展功能等，这些内容将在后面的各章中详细介绍。但需要注意的是：单片机系统并不一定要具有上述的全部功能，而是要根据要求或需要完成的任务选择相应的功能。

一个实际的单片机系统由硬件电路和软件程序组成。

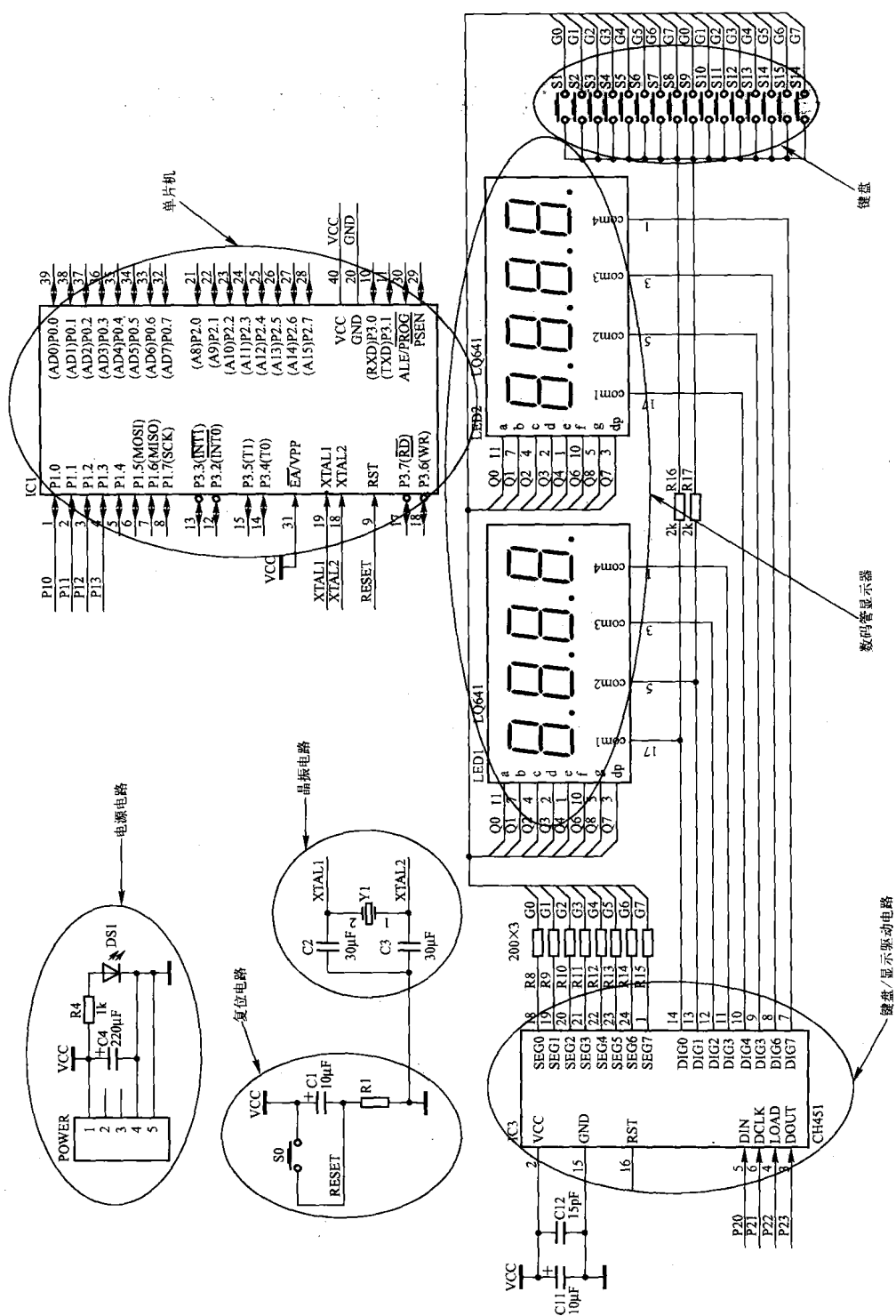


图1.1 简单的单片机系统原理图

在刚刚接触单片机时，有一个问题一直在困惑着学习者：软件程序是什么？所谓的软件程序是根据设计者的要求编写出来的一系列指令，它是存放在单片机内部的，当单片机接通电源开始工作时，单片机就会按照要求逐条的执行指令，完成设计者需要完成的功能。单片机执行程序的过程是一个看不见的过程，但可以通过输出的信号来判断单片机执行程序的情况。软件程序通常在 PC 上通过专用的软件进行编写，然后转换成单片机能识别的指令代码，利用专门的工具将程序放到单片机内，这样单片机才能够执行这些指令代码。

硬件电路是能够看得见、摸得着的具体实物，如图 1.2 所示。

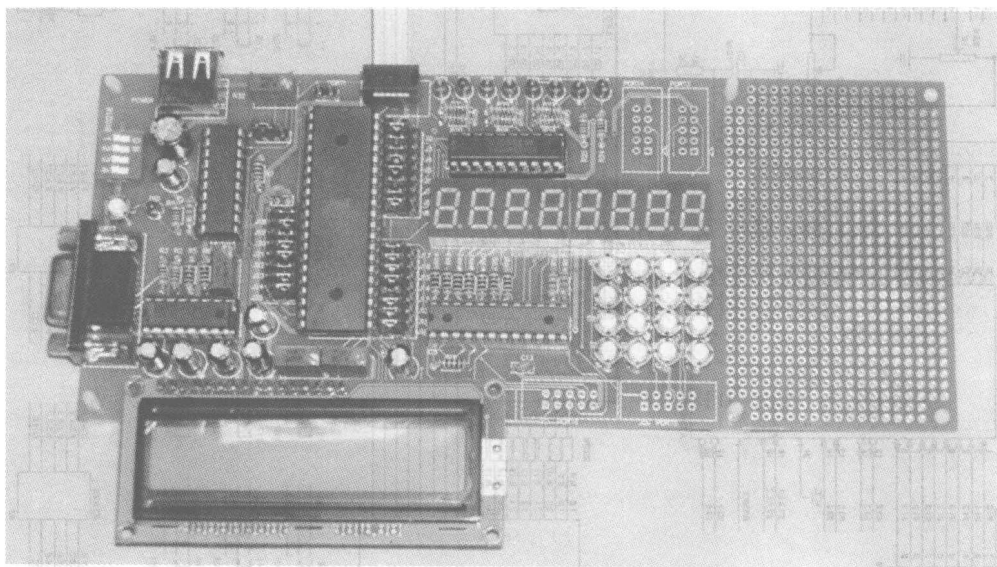


图 1.2 单片机系统硬件实物图

硬件电路由电路板和电子元器件组成，其中电路板需要使用 Protel 或其他版本的软件先绘制出电路原理图，如图 1.3 所示。

绘制好电路原理图后，将其转换成印制电路板图，如图 1.4 所示。

印制电路板做好后，就可以按照电路原理图将电子元器件焊接在电路板上，焊接完成后就可以看到如图 1.2 所示的单片机系统了。这个过程看上去很简单，但在实际操作过程中十分烦琐，在本书中将引导读者逐步完成单片机系统的设计与制作。

单片机系统中硬件电路与软件程序是密不可分的，二者必须进行有机的结合，才能使单片机系统发挥最大的作用。具体的软件编写会在各章中详细介绍。

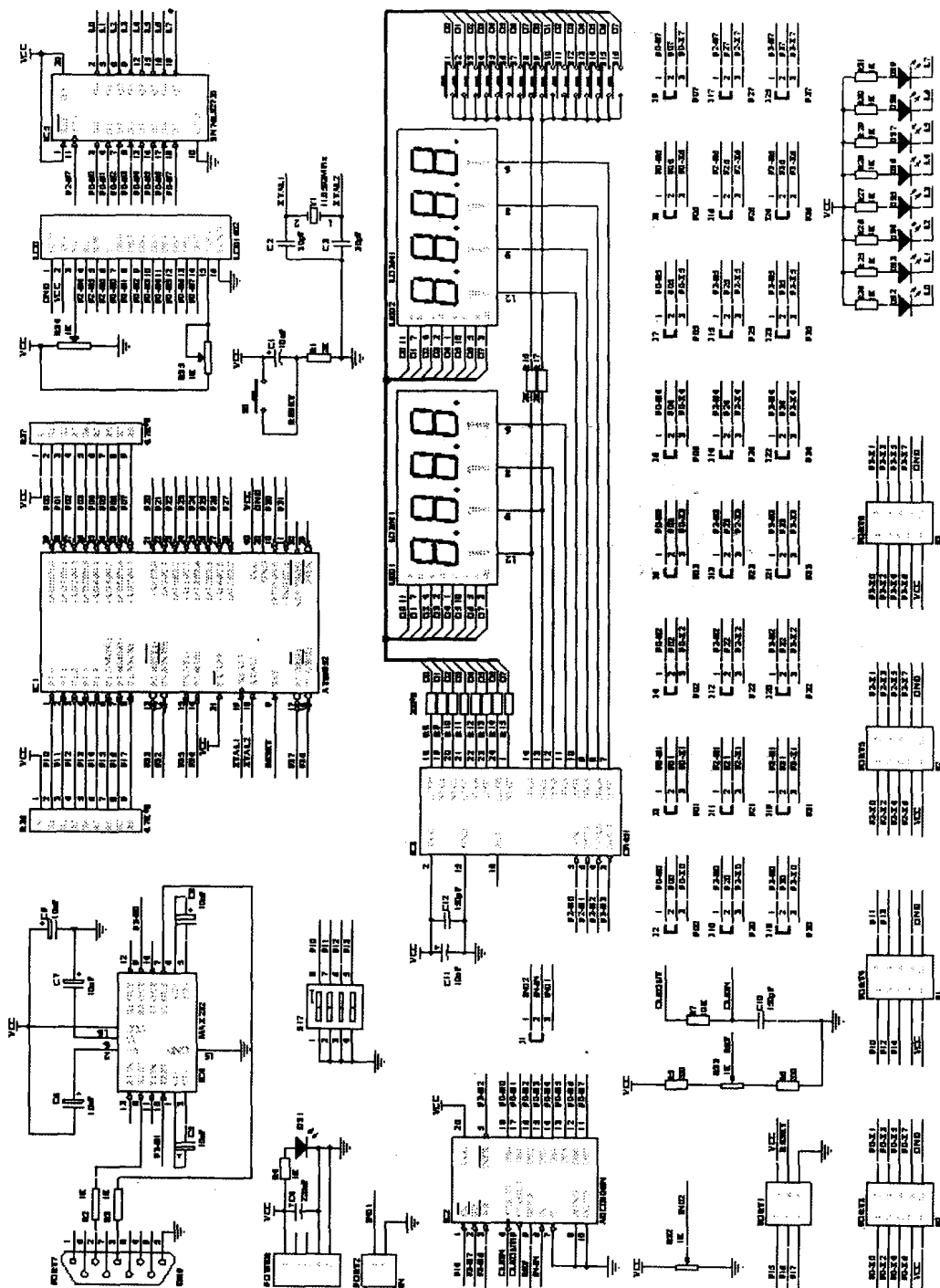


图1.3 单片机系统原理图

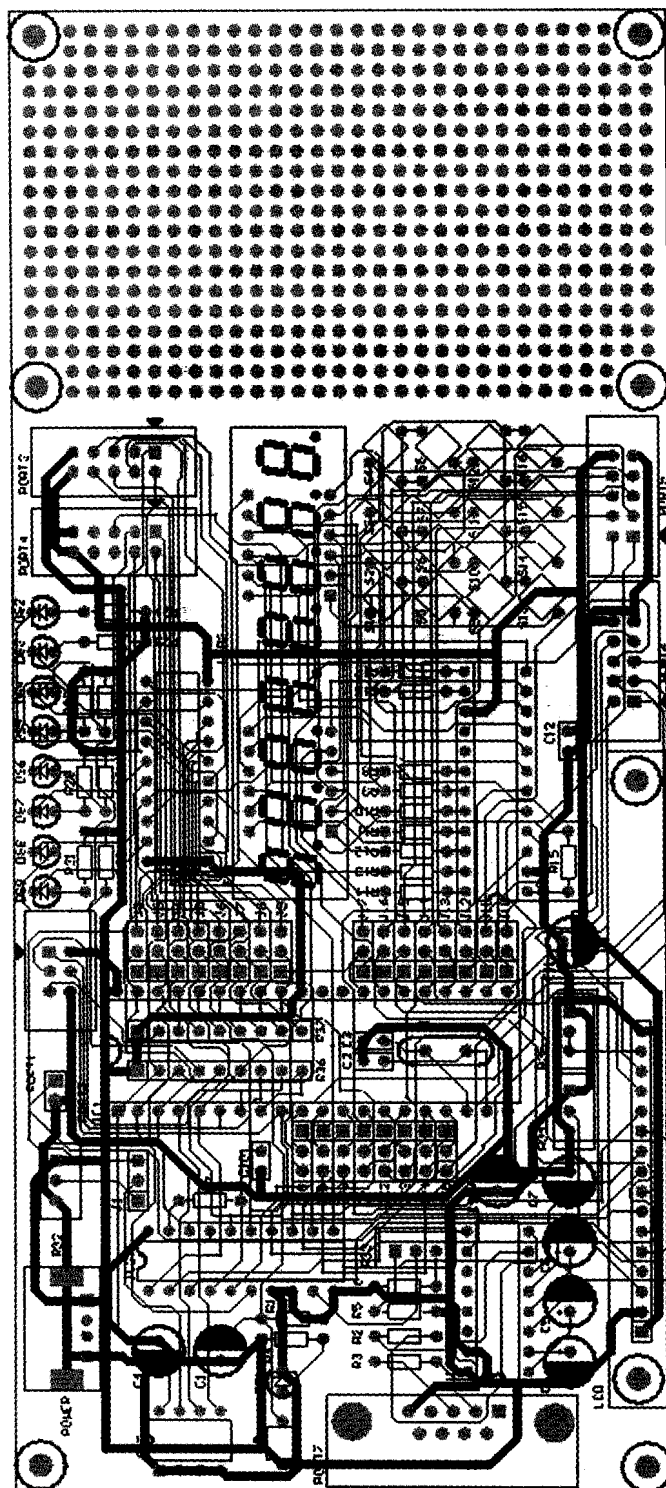


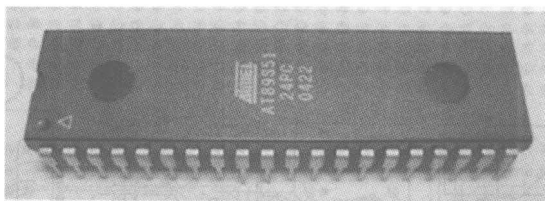
图1.4 单片机系统印制电路板图 (与实际尺寸有差异)



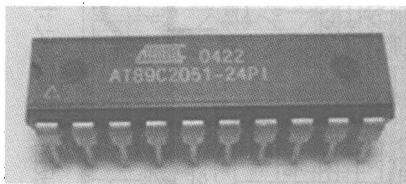
1.2 认识单片机

单片机系统中的核心部分是单片机。

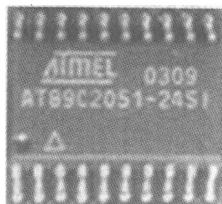
我们在学校、家庭中都使用 PC，也称为电脑。电脑的基本组成是：CPU、内存、硬盘、主板、接口等，如果将这些部件浓缩到一块芯片上，就称之为单片机，当然单片机的运算位数和运算速度比不上 PC，但其应用的场合是 PC 所做不到的，例如家用电器、机电一体化设计、工业控制现场、工业控制网络，等等。单片机的实物图如图 1.5 所示。



(a) DIP40封装



(b) DIP20封装



(c) SOIC封装

图 1.5 单片机实物图

从图 1.5 中不难看出，从外形上来说，单片机与普通的集成电路没有什么不同，只是在内部结构上有区别。这就要从单片机的组成说起。

一个比较完整的单片机应该包括：中央处理器(CPU)、片内数据存储器(RAM)、片内程序存储器(ROM)、输入/输出接口(I/O 口)、可编程串行口、定时/计数器、中断系统及特殊功能寄存器(SFR)。

随着电子技术的发展，芯片集成度不断提高，使得单片机的功能越来越强大。现在市面上流行的单片机内还增加了很多部件，如闪速存储器(Flash 存储器)、模拟/数字转换器(A/D 转换器)、数字/模拟转换器(D/A 转换器)、I²C 总线接口、USB 总线接口、CAN 总线接口、“看门狗”电路(WDT)，等等，使单片机的应用领域越来越宽，用包含这些部件的单片机组成的单片机系统的体积越来越小。

下面以 AT89S51 单片机为例，简单了解一下单片机的基本组成部件。

1.2.1 CPU

CPU 是单片机的核心部分，它的作用是读入和分析每条指令，根据每条指令的功能要求，控制各个部件执行相应的操作。CPU 的运算位数决定单片机的位数。AT89S51 为 8 位单片机。

CPU 中包含运算器和控制器。运算器主要用来实现数据的传送、数据的算术运算以及布尔(位)运算等。控制器主要用来统一指挥和控制计算机进行工作的部件。

1.2.2 片内寄存器

在 MCS-51 系列(Intel 公司生产)单片机的片内有 256B(随机存储器)RAM 和 4KB(只读存储器)ROM,而在 AT89S51 单片机内除了同样具有 256B RAM 外,还具有 4KB 的 Flash 存储器,这种存储器允许在线编程(这部分将在第 7 章中详细介绍)。

由于目前大部分的单片机系统都不再使用“三总线”结构,系统的程序全部都放在单片机的片内,所以片外的 ROM 几乎不再扩展,除非有十分特殊的要求。另外,在实验室或参加全国大学生电子设计竞赛时,常常需要快速编程,并下载到单片机中,以往的紫外线擦除方式和电擦除方式已经显得十分笨拙,取而代之的方法是在线编程方式。应用这种方法,单片机可以不必从电路板上取下,而是直接编写程序,十分方便、简单。

单片机(除一些特殊型号的单片机外)片内的 RAM 容量始终比较小,当我们进行运算的数据较少,并且 RAM 单元足够使用时,可以不进行扩展。但是,当单片机的运算量较大, RAM 单元不够使用时,常常需要进行扩展。如图 1.6 所示为单片机片内 RAM 的结构示意图。图中灰色区域为用户 RAM 区。

地址	F	E	D	C	B	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	地址	
FFH																B	F0H	
EFH																ACC	E0H	
DFH								IP								PSW	D0H	
CFH																	C0H	
BFH																P3	B0H	
AFH								IE								P2	A0H	
9FH								SBUF SCON								P1	90H	
8FH			TH1	TH0	TL1	TL0	TMOD	TCON	PCON					DPH	DPL	SP	P0	80H
7FH	用户区（堆栈常常放在这个区域）																70H	
6FH																	60H	
5FH																	50H	
4FH																	40H	
3FH	位寻址区(共128位)																30H	
2FH																	20H	
1FH	第3组工作寄存器(R0~R7)								第2组工作寄存器(R0~R7)								10H	
0FH	第1组工作寄存器(R0~R7)								第0组工作寄存器(R0~R7)								00H	

图 1.6 单片机片内 RAM 的结构示意图

1.2.3 输入/输出接口(I/O 口)

AT89S51 单片机与 MCS-51 系列单片机相同,都具有 4 个 8 位的并行输入/输出接口(I/O 口),记作 P0、P1、P2 和 P3,共占用单片机的 32 个引脚。

单片机的输入/输出接口具有多种功能，其中的一种功能是连接成“三总线”形式，如图 1.7 所示。由于现在的大部分系统不采用“三总线”结构，所以这里不再详细说明。

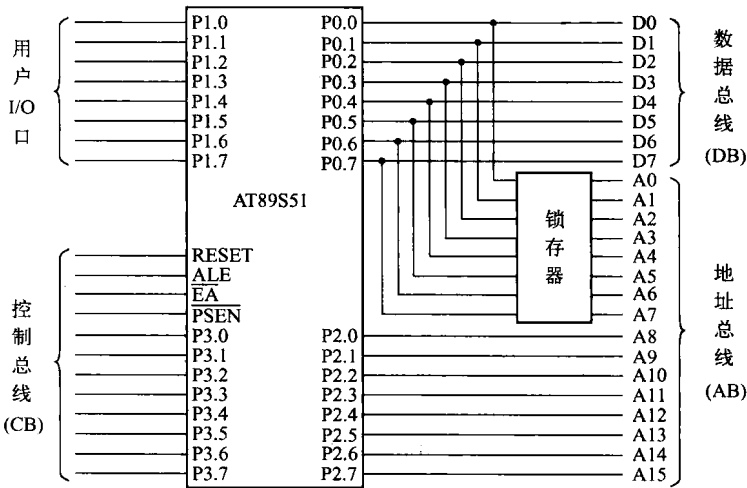


图 1.7 单片机引脚“三总线”结构图

目前的单片机系统中，大部分是利用 I/O 口的输入/输出功能，在使用这些功能之前，必须先要了解这些 I/O 口的特性。

1. P0 口

P0 口是一个 8 位、漏极开路的双向 I/O 口。由其内部结构决定，当 P0 口作输出口时，必须外接上拉电阻，如图 1.8 所示。上拉电阻的大小需要根据负载的阻抗进行匹配，一般情况下为 1 ~ 10kΩ。

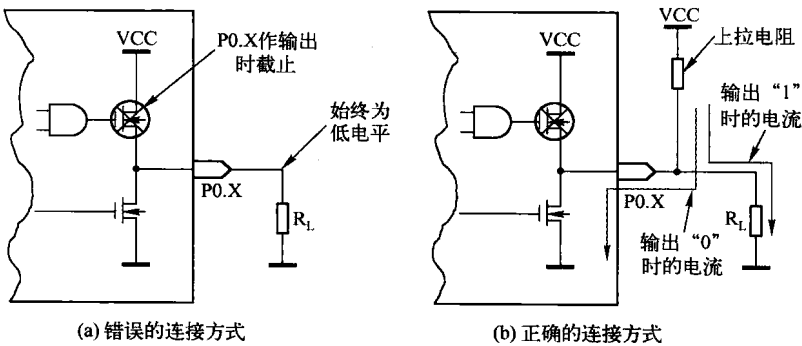


图 1.8 P0 口在作输出口时的连接方法

当 P0 口作输入口时，必须先向 P0 口输出高电平，即“写 1”操作，方能正确地读取该端口上的外部数据。

由于 P0 口为漏极开路输出，所以每个引脚可驱动 8 个 LS 型 TTL 负载。