

单片机典型模块设计 实例导航(第2版)

求是科技 编著

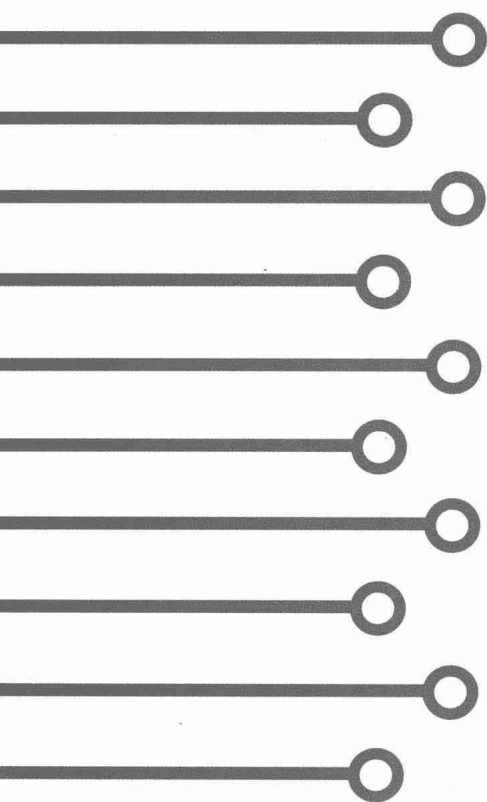
全面讲解单片机开发中的8大常用模块

通过47个典型实例，详细讲解单片机的典型应用

提供书中全部实例的源代码下载

单片机典型模块设计 实例导航(第2版)

求是科技 编著



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机典型模块设计实例导航 / 求是科技编著. —2 版.
—北京: 人民邮电出版社, 2008.7
ISBN 978-7-115-18149-7

I. 单… II. 求… III. 单片微型计算机—系统设计
IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 071812 号

内 容 提 要

本书以单片机的功能为模块, 以外围器件、相关电路设计的实际应用为内容, 以实例问答的方式向读者介绍了如何将单片机硬件、程序和外围器件的选择合理地实施到项目开发中。

本书共分 8 章, 所选案例涵盖了单片机的主要应用技术, 例如单片机中断和定时器的使用、单片机的输入/输出、单片机的数据采集功能、单片机在机电控制系统中的应用、单片机的通信以及单片机的算法和信号处理等, 所有案例均来自于实际应用项目。

阅读本书, 读者除可以掌握单片机的具体应用方法外, 还可以掌握如何针对一个具体的项目需求设计解决方案以及如何运用单片机的关键技术满足项目的需求。

本书专业性和实用性较强, 对于利用单片机进行实际项目开发人员具有非常高的参考价值。本书适合中、高级程序员、单片机开发人员和系统设计人员阅读和参考。

单片机典型模块设计实例导航 (第 2 版)

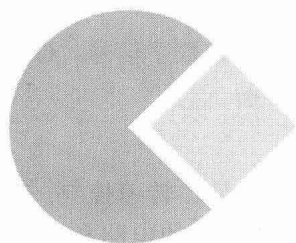
- ◆ 编 著 求是科技
责任编辑 黄 焱
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鸿佳印刷厂印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 27.5
字数: 677 千字
印数: 22 501 - 26 500 册
- 2008 年 7 月第 2 版
2008 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-18149-7/TP

定价: 45.00 元

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154



前言

第2版说明

随着工业自动化和通信技术的蓬勃发展，单片机的应用越来越广泛。用户在实际应用中常会遇到各种各样的问题。特别是初学者，如果没有经验丰富的老师指导，没有一本理论与实践结合紧密的图书作参考，势必要走很多弯路。本书第1版详细介绍了单片机典型模块应用的技巧和方法，并通过丰富的应用实例进行讲解。

本书第1版出版以来，受到了广大读者的一致好评，很多读者都提出了很好的建议与意见。为了改进第1版的不足，我们经过精心策划与改编后推出了本书的第2版。

第2版图书的特点主要表现在以下几个方面。

- 内容讲解：在内容讲解与表达上综合了读者、作者、编审的意见，做到字斟句酌。
- 图片清晰：更换了第1版图书中一些比较模糊的图片。
- 技术问题：修正了第1版图书中存在的部分容易引起读者误解的技术问题，使得第2版内容更加严谨。
- 细节调整：投入了大量的精力和时间，对容易引起读者阅读困难的细节进行了全面调整。

编写本书的目的

单片机的学习比一般的软件编程困难的地方在于：要完成一个单片机系统，不仅需要掌握编程技术，更为重要的是要知道如何针对实际应用的需要选择合理的单片机方案和外围器件，并以此为基础，设计硬件电路。所以，单片机系统是一个软硬结合的产物。

本书针对实际应用的要求和单片机所能完成的基本功能，将单片机的基本功能进行分类，每个功能列举一两个实例，在实例中介绍所要使用到的单片机功能、外围器件和接口电路，并给出具体的电路原理图和单片机源程序。

本书主要内容

第1章 基本端口操作

本章讲解单片机的入门基础，主要介绍单片机的基本端口操作和基本功能，包括单片机的定时、中断、I/O 端口以及简单的外部器件，如发光二极管和单片机的接口电路设计。

第2章 输入和显示

单片机的输入主要有行列键盘、按键、模拟开关等，而输出主要是数码管、液晶显示模块和打印机等。本章通过实例对单片机的基本输入和显示功能进行讲解。

第3章 数据采集

单片机的一种重要功能是进行数据采集，包括对电压、电流、罗盘的数字信号、GPS 定位数据以及温度的检测和采集。本章对这些数据采集系统进行实例详解。

第4章 机电控制

单片机系统在机电控制中有着广泛的用途，可以进行电机转速测量、转速控制、转角定位以及语音和定时的控制等。本章就单片机的几个典型应用给出其具体的电路和源程序。

第5章 信号与算法

单片机也可以完成一些简单的信号处理和算法。本章介绍了几种滤波算法、信号发生电路的设计、神经网络的实现以及单片机的汇编程序和 C 程序的混合编程技术。

第6章 数据通信

本章介绍了几种典型的通信方法，如 RS-232 串行通信、单片机和 RS-485 的通信接口、红外数据通信、无线数据通信以及两个单片机之间通过双端口 RAM 共享数据的方法。

第7章 电源设计和监控

单片机的电源设计和监控是保障单片机系统正常工作和抗干扰的重要手段。本章介绍了单片机电源设计中的常用芯片和电源分配方法，以及常用的监控芯片的使用实例。

第8章 辅助设计

本章主要介绍单片机的电路设计软件和电路设计的完成方法，以及单片机程序的烧录过程。作为单片机系统的辅助设计手段，电路设计软件和烧录过程本章只做了简单介绍。

本书特点

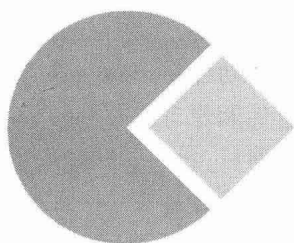
- (1) 从简单到复杂，逐一给出实例，后面例子的内容往往会包含前文的部分内容。
- (2) 以单片机的功能为模块，针对实际应用的要求分别给出实例。
- (3) 以问答的形式帮助读者解决单片机系统设计中的问题，具有针对性。

参与本书编写的人员

本书由求是科技编写完成，感谢以下人员为本书所做的工作：王润森、王俊杰、刘冠军、罗思红、孙飞、王朋章、王石磊、王新平、文奇、吴琪、席国庆、谢超文、刘丹、臧勇、张国强、郭玉敏、贺道权、胡斯登、江成海、姜海峰、李峥、利建昌、栗菊民、刘波、杨选举、张立全、陈励、何世晓、何颖、刘玉珊。

由于时间仓促，加之水平有限，书中不足之处在所难免，敬请读者批评指正。本书责任编辑的联系方式是 huangyan@ptpress.com.cn，欢迎来信交流。

编 者
2008 年 6 月



目 录

第 1 章 51 单片机的基本端口操作 1

1.1 点亮最简单的单片机系统 1

1.1.1 实例功能 1

1.1.2 器件和原理 2

1.1.3 电路 11

1.1.4 程序设计 12

1.2 更加明亮的小灯 13

1.2.1 实例功能 13

1.2.2 器件和原理 14

1.2.3 电路 18

1.2.4 程序设计 20

1.3 定时亮灭的小灯 21

1.3.1 实例功能 21

1.3.2 器件和原理 21

1.3.3 电路 25

1.3.4 程序设计 25

1.4 小灯亮灭的人工控制 27

1.4.1 实例功能 27

1.4.2 器件和原理 28

1.4.3 电路 33

1.4.4 程序设计 35

1.5 典型外部 ROM 和 RAM 器件的 使用 37

1.5.1 实例功能 37

1.5.2 器件和原理 38

1.5.3 电路 41

1.5.4 程序设计 44

1.6 串口电平转换电路 45

1.6.1 实例功能 45

1.6.2 器件和原理 45

1.6.3 电路 50

1.6.4 程序设计 52

1.7 单片机系统开发经验 (1) 53

第 2 章 输入和显示 55

2.1 单片机的键盘输入 56

2.1.1 实例功能 56

2.1.2 器件和原理 56

2.1.3 电路 58

2.1.4 程序设计 60

2.2 单片机系统中键盘的锁定 63

2.2.1 实例功能 63

2.2.2 器件和原理 63

2.2.3 电路 64

2.2.4 程序设计 64

2.3 单片机控制多路模拟开关 68

2.3.1 实例功能 68

2.3.2 器件和原理 68

2.3.3 电路 71

2.3.4 程序设计 72

2.4 仪表仪器的数码显示 74

2.4.1 实例功能 74

2.4.2 器件和原理 75

2.4.3 电路	77	3.3.2 器件和原理	146
2.4.4 程序设计	78	3.3.3 电路	148
2.5 单片机数字时钟	81	3.3.4 程序设计	150
2.5.1 实例功能	81	3.4 单片机检测系统中仪表放大	
2.5.2 器件和原理	82	器的使用	152
2.5.3 电路	83	3.4.1 实例功能	152
2.5.4 程序设计	85	3.4.2 器件和原理	152
2.6 液晶显示和驱动实例	93	3.4.3 电路	155
2.6.1 实例功能	93	3.4.4 程序设计	156
2.6.2 器件和原理	94	3.5 使用 DS1820 进行温度补偿和	
2.6.3 电路	99	测量	156
2.6.4 程序设计	100	3.5.1 实例功能	156
2.7 微机键盘在单片机系统中的		3.5.2 器件和原理	157
应用	110	3.5.3 电路	160
2.7.1 实例功能	110	3.5.4 程序设计	161
2.7.2 器件和原理	111	3.6 HMR 3000 数字罗盘的应用	166
2.7.3 电路	114	3.6.1 实例功能	166
2.7.4 程序设计	115	3.6.2 器件和原理	166
2.8 微型打印机在单片机系统		3.6.3 电路	177
中的应用	122	3.6.4 程序设计	179
2.8.1 实例功能	122	3.7 GPS 在单片机系统中的使用	184
2.8.2 器件和原理	123	3.7.1 实例功能	184
2.8.3 电路	126	3.7.2 器件和原理	184
2.8.4 程序设计	127	3.7.3 电路	189
2.9 单片机系统开发经验 (2)	129	3.7.4 程序设计	191
第 3 章 数据采集	130	3.8 单片机系统开发经验 (3)	197
3.1 用 A/D 芯片进行电压测量	131	第 4 章 机电控制	200
3.1.1 实例功能	131	4.1 单片机驱动直流小电机	201
3.1.2 器件和原理	131	4.1.1 实例功能	201
3.1.3 电路	138	4.1.2 器件和原理	201
3.1.4 程序设计	139	4.1.3 电路	205
3.2 使用 89C2051 实现模数转换	141	4.1.4 程序设计	206
3.2.1 实例功能	141	4.2 单片机的 D/A 输出控制 LED	
3.2.2 器件和原理	141	亮度	208
3.2.3 电路	143	4.2.1 实例功能	208
3.2.4 程序设计	143	4.2.2 器件和原理	208
3.3 单片机系统中的电流检测	146	4.2.3 电路	215
3.3.1 实例功能	146	4.2.4 程序设计	216

4.3 单片机的 PWM 输出控制电机 转角	218	5.1.1 实例功能	270
4.3.1 实例功能	218	5.1.2 器件和原理	270
4.3.2 器件和原理	219	5.1.3 电路	273
4.3.3 电路	223	5.1.4 程序设计	275
4.3.4 程序设计	225	5.2 基于单片机的低频信号 发生器	277
4.4 光耦在单片机机电控制中的 应用	229	5.2.1 实例功能	277
4.4.1 实例功能	229	5.2.2 器件和原理	278
4.4.2 器件和原理	230	5.2.3 电路	281
4.4.3 电路	234	5.2.4 程序设计	283
4.4.4 程序设计	235	5.3 方波频率的检测和倍频	285
4.5 压电位移工作台的单片机 控制	235	5.3.1 实例功能	285
4.5.1 实例功能	235	5.3.2 器件和原理	286
4.5.2 器件和原理	236	5.3.3 电路	290
4.5.3 电路	239	5.3.4 程序设计	291
4.5.4 程序设计	240	5.4 单片机中滤波算法的实现	293
4.6 语音芯片在单片机系统中的 使用	242	5.5 神经网络在单片机中的实现	298
4.6.1 实例功能	242	5.5.1 实例功能	298
4.6.2 器件和原理	243	5.5.2 器件和原理	299
4.6.3 电路	247	5.5.3 程序设计	302
4.6.4 程序设计	248	5.6 信号数据的 FFT 变换	306
4.7 智能电池充电器	251	5.7 电机转速信号的单片机测量	311
4.7.1 实例功能	251	5.7.1 实例功能	311
4.7.2 器件和原理	251	5.7.2 器件和原理	312
4.7.3 电路	257	5.7.3 电路	315
4.7.4 程序设计	259	5.7.4 程序设计	318
4.8 时钟芯片在单片机系统中的 应用	261	5.8 单片机 C 语言和汇编程序的 混合编程	322
4.8.1 实例功能	261	5.8.1 实例功能	322
4.8.2 器件和原理	262	5.8.2 器件和原理	322
4.8.3 电路	264	5.8.3 程序代码	326
4.8.4 程序设计	265	5.9 单片机系统开发经验 (5)	330
4.9 单片机系统开发经验 (4)	268	第 6 章 数据通信	331
第 5 章 信号与算法	269	6.1 单片机间的 RS-232 串行通信	332
5.1 单片机控制的信号发生器	270	6.1.1 实例功能	332
		6.1.2 器件和原理	333
		6.1.3 电路	342
		6.1.4 程序设计	344

6.2	单片机和 PC 之间的串行通信	347
6.2.1	实例功能	347
6.2.2	器件和原理	348
6.2.3	电路	354
6.2.4	程序设计	355
6.3	用 51 单片机的 I/O 口模拟串口	358
6.3.1	实例功能	358
6.3.2	器件和原理	358
6.3.3	程序设计	360
6.4	单片机的无线数据传输	362
6.4.1	实例功能	362
6.4.2	器件和原理	363
6.4.3	电路	365
6.4.4	程序设计	368
6.5	51 单片机实现 I ² C 串行通信	372
6.5.1	实例功能	372
6.5.2	器件和原理	373
6.5.3	电路	377
6.5.4	程序设计	378
6.6	51 单片机红外数据传输	380
6.6.1	实例功能	380
6.6.2	器件和原理	381
6.6.3	电路	383
6.6.4	程序设计	384
6.7	双端口 RAM 方式的数据通信	387
6.7.1	实例功能	387

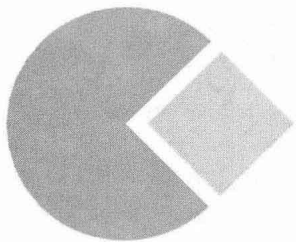
6.7.2	器件和原理	387
6.7.3	电路	392
6.7.4	程序设计	394
6.8	单片机和 RS-485 通信的接口	397
6.8.1	实例功能	397
6.8.2	器件和原理	398
6.8.3	电路	400
6.8.4	程序设计	401
6.9	单片机系统开发经验 (6)	401

第 7 章 电源设计和监控

7.1	单片机的电源设计	403
7.1.1	实例功能	403
7.1.2	器件和原理	404
7.1.3	电路	409
7.2	单片机的监控芯片	410
7.2.1	实例功能	410
7.2.2	器件和原理	411
7.3	单片机系统中的看门狗	415
7.4	单片机系统开发经验 (7)	419

第 8 章 辅助设计

8.1	电路制作	420
8.1.1	基本步骤	420
8.1.2	原理图的生成	421
8.1.3	板图的生成	425
8.2	单片机程序烧录	430
8.3	单片机系统开发经验 (8)	430



第 1 章 51 单片机的基本端口操作

本书的第 1 章是单片机系统设计的入门章节。本章将对单片机系统的基本概念做简单的介绍，但这并不是本章的重点。本章主要围绕着单片机最简单系统在实际应用中的使用方法，从简单到复杂地实现单片机最简单系统的基本功能。本章内容主要是为后续章节实例的介绍做铺垫，同时，也是为读者快速地掌握单片机系统的开发提供简单的实践案例。尽管在本章中将介绍有关单片机的基本知识，但是如果读者对单片机系统并不熟悉，希望读者能在阅读本章之前，认真地阅读单片机系统的有关入门教材。

本章中包含 6 个关于单片机基本功能应用的实例。希望通过这 6 个实例的分析和介绍，使读者了解和进一步掌握单片机系统的组成、单片机端口的基本操作、单片机的定时和中断的使用以及单片机的 C51 编程。

1.1 点亮最简单的单片机系统

介绍如何完成一个最简单的单片机系统的设计和电路制作，使读者掌握单片机的基本组成和最简单系统的典型电路，以及单片机 C51 编程方法和例程。

1.2 更加明亮的小灯

介绍如何使 LED 发光稳定，单片机 I/O 口的电气特性和使用方法。

1.3 定时亮灭的小灯

介绍如何使 LED 灯定时亮、灭，定时器的使用和编程方法。

1.4 小灯亮灭的人工控制

介绍如何通过按键控制 LED 灯的亮灭，单片机中断的使用和编程方法。

1.5 典型外部 ROM 和 RAM 器件的使用

介绍单片机片外数据、程序存储器的读写，使读者掌握单片机的三总线方式。

1.6 串口电平转换电路

从功能上介绍单片机串口通信电路的使用，使读者掌握单片机和 RS-232 通信接口的实现方法。

1.1 点亮最简单的单片机系统

1.1.1 实例功能

一个最简单的单片机系统的开发也需要电路设计、单片机器件选择和程序编写 3 个

步骤。对于单片机系统，最简单的功能就是控制输出电平的高低，这也是数字电路最基本的功能。所以，第一个例子就是将单片机系统接上一个发光二极管，用二极管的亮灭表示设计的单片机系统是否正常工作，单片机系统的实物如图 1-1 所示。

在进行设计之前，需要说明的是，这里默认读者已经掌握了有关电路设计软件（如 Protel）和 C51 单片机程序的编写，本节重点说明单片机及其外围器件的电路设计。

本例的功能模块分为以下 3 个方面。

- 单片机系统：形成最简单的单片机系统。
- 外围电路：用 LED 显示系统是否正常工作。
- C51 程序：编写最简单的 C51 程序，通过 C51 延时程序控制端口的高低电平。

在以后的章节中，对于每个实例都将其功能分成单片机功能、外围电路和 C51 程序 3 个方面进行说明。希望读者在读完本例后，能完成相关的电路设计，并掌握以下内容。

- 单片机系统的基本组成。
- 晶振选择和典型电路。
- 复位电路的原理和典型电路。
- 基本 I/O 口的控制。
- C51 程序设计。

1.1.2 器件和原理

本实例中将首先介绍单片机系统的基本组成，然后给出其晶振和复位电路的典型电路图，完成最简单单片机系统的设计。最后，利用 C51 程序控制一个 LED 灯的亮灭以及端口的高低电平，验证该单片机系统是否工作正常。

1. 什么是单片机？

单片机是将中央处理器（CPU）、随机存储器（RAM）、只读存储器（ROM 或 EPROM）、定时器芯片和一些输入/输出接口电路集成在一个芯片上的微控制器（Microcontroller）。

中央处理器主要包括运算器、控制器和寄存器 3 个部分，是单片机的核心。

存储器按工作方式可以分为两大类：随机存储器 RAM 和只读存储器 ROM。RAM 可被 CPU 随机地读写，断电后存储的内容消失；ROM 中的信息只能被读取，一般用于存放固定的程序。ROM 中的内容只能用编程器专用设备写入。

输入/输出接口（I/O 接口）是单片机的重要组成部分。程序、数据以及现场信息需要通过输入设备送到单片机，计算结果需要通过输出设备输出到外设。常用的输入设备有按键、键盘、A/D 等，输出设备有 LED、电机等。

为了方便理解，我们可以将单片机和 PC 机进行比较。一台能够工作的计算机由 CPU、RAM、ROM、输入/输出设备等组成，在 PC 机上这些部分被分成若干块芯片，安装在主板上。而单片机相当于集成了以上所有芯片的一块集成电路芯片。有一些单片机中除了上述基

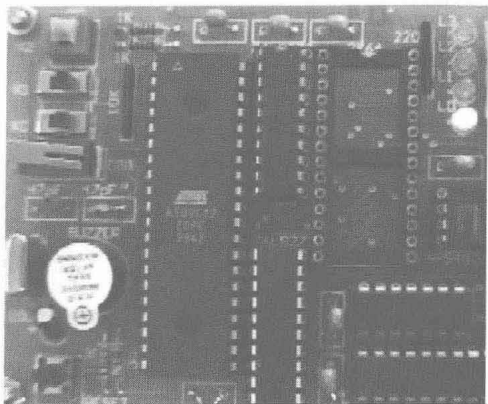


图 1-1 点亮单片机系统的小灯

本的功能，还集成了其他部分功能，如 A/D、D/A 等。一个标准的 89C51 单片机的引脚功能图如图 1-2 所示。

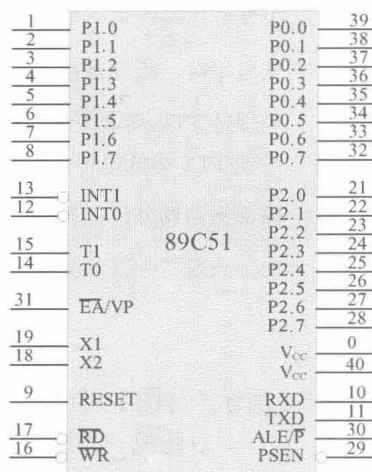


图 1-2 89C51 单片机及其引脚

为了方便后续实例中对单片机引脚功能的说明，在此处用表 1-1 列出了 MCS-51（以下简称为 51 单片机）单片机的引脚定义、引脚功能和功能说明。

表 1-1 常用 MCS-51 系列（8 位）单片机引脚功能说明

引脚定义	引脚功能	功能说明
V_{cc}	+5V 电源	电源电压
V_{ss}	地	电路接地端
P0.0~P0.7	通道 0	8 位漏极开路的双向 I/O 通道
P1.0~P1.7	通道 1	8 位拟双向 I/O 通道
P2.0~P2.7	通道 2	8 位拟双向 I/O 通道
P3.0	RXD	串行输入口
P3.1	TXD	串行输出口
P3.2	INT0	外部中断 0 输入口
P3.3	INT1	外部中断 1 输入口
P3.4	T0	定时器/计数器 0 外部事件脉冲输入端
P3.5	T1	定时器/计数器 1 外部事件脉冲输入端
P3.6	$\overline{WR}$	外部数据存储器写脉冲
P3.7	$\overline{RD}$	外部数据存储器读脉冲
RST/VPD	复位输入信号	该引脚上 2 个机器周期的高电平可以实现复位操作在掉电情况下将只给片内 RAM 供电

续表

引脚定义	引脚功能	功能说明
ALE/ $\overline{P}$	地址锁存有效信号	主要作用是提供一个适当的定时信号
PSEN	程序选通有效信号	低电平时, 指令寄存器的内容读到数据总线上
$\overline{EA}/V_{pp}$	片选使能	当保持 TTL 高电平时, 8051 执行内部 ROM 的指令 当使 TTL 为低电平时, 从外部程序存储器取出所有指令
X1	晶振输入端	内部振荡器外接晶振的一个输入端
X2	晶振输入端	内部振荡器外接晶振的另一个输入端

2. 什么是单片机系统？

单片机系统的基本结构框图如图 1-3 所示。从图中可以看出, 一个典型的单片机系主要由单片机、晶振和复位电路、输入控制电路、输出显示电路以及外围功能器件 5 个部分组成。

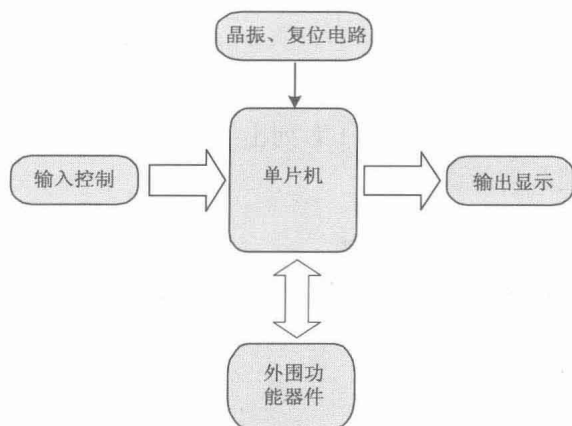


图 1-3 单片机系统的基本组成

数据发送到 LED、液晶等显示模块, 并控制 LED 等显示模块按照一定的格式显示。此外, 输出对象还有电机、传感器等特殊的功能器件。

(4) 外围功能器件: 单片机只是控制器件, 对应于一定的设计要求, 需要加入特定功能的器件。例如外部存储器, 单片机通过对外部存储器的读写操作, 完成对数据的存储和读取, 从而扩展单片机的存储单元和数据。此外, 常用的外围器件还有 A/D、D/A、74LS07 门电路以及特定功能的传感器等。

单片机的最简单系统是指单片机能正常工作所必须的元件, 主要由单片机、晶振电路和复位电路构成。而输入/输出部分则通过单片机的 I/O 口实现。最简单的单片机系统所需器件如图 1-4 所示。

3. 单片机系统可以用来干什么？

单片机的应用十分广泛, 广泛应用在工业控制领域、家电产品、智能化仪器仪表、

除了上节中介绍过的单片机外, 单片机系统中的其他 4 个部分的主要作用和器件如下。

(1) 晶振和复位电路: 单片机系统的必要组成部分, 控制单片机的机器周期和功能复位。

(2) 输入控制: 是指在一定要求下, 采取何种形式的控制方式来实现单片机不同功能的转换, 以及控制指令以何种方式传送到单片机。常用的输入控制方法有按键、矩阵键盘、串行通信等方式。

(3) 输出显示: 是指单片机将需要显示的

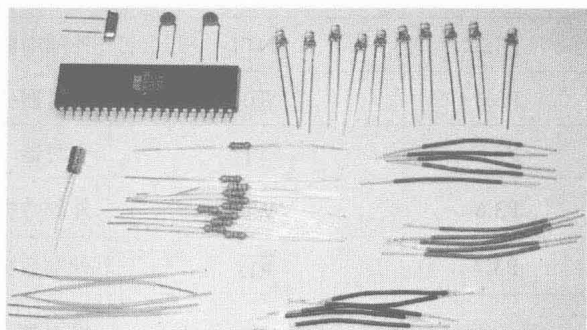


图 1-4 最简单片机系统的器件

计算机外部设备，特别是机电一体化产品中，其主要的用途如下。

- 显示：通过单片机控制发光二极管或是液晶，显示特定的图形和字符。
- 机电控制：用单片机控制机电产品做定时或定向的动作。
- 检测：通过单片机和传感器的联合使用，用来检测产品或者意外的发生。
- 通信：通过 RS-232 串行通信或者 USB 通信，传输数据和信号。
- 科学计算：用来实现简单的算法。

那么单片机是不是解决上述应用的惟一选择呢？当然不是！目前，在自动控制中，一般有 3 种选择，分别是嵌入式微机、DSP 和单片机，它们的性能比较如表 1-2 所示。

表 1-2 嵌入式微机、DSP、单片机性能比较

指 标	嵌入式微机	DSP	单 片 机
运算速度	一般	快	慢
信息处理量	大	大	小
体积和重量	大	小	小
系统集成度	高	一般	低
开发成本	适中	高	低
典型器件	SUPERDX 型嵌入式模块	DSP-56800 TMS320C54X	MCS-51 MCS-98

单片机最明显的优点是价格便宜，从几元人民币到几十元人民币。这是因为这类芯片的生产量很大，技术也很成熟。

其次，单片机的体积也远小于其他两种方案。单片机一般为 40 引脚封装，当然功能多一些的单片机也有引脚比较多的，如 68 个引脚，功能少的只有 10 多个或 20 多个引脚，有的甚至只有 8 个引脚。

当然，单片机无论在速度还是容量方面都远小于其他两种方案，但是实际工作中并不是任何需要计算机的场合都要求计算机有很高的性能。例如，控制电冰箱温度的控制器就不需要使用嵌入式系统，用一片 51 单片机就可以轻松实现。所以应用的关键是看是否够用，是否有很好的性能价格比。

4. 如何选择单片机？

MCS-51 是指由 Intel 公司生产的一系列单片机的总称，这一系列单片机包括了多个种类，如 8031、8051、8751、8032、8052、8752 等，其中 8051 是最早、最典型的产品，该系列其他单片机都是在 8051 的基础上进行功能的增、减改变而来的，所以人们习惯于用 8051 来称呼 MCS-51 系列单片机。Intel 公司将 MCS-51 的核心技术授权给了很多其他公司，所以有很多公司在开发以 8051 为核心的单片机。

由于单片机的种类很多，在选择单片机时要依据实际设计要求选择合适的单片机。例如，仅仅需要一个单片机定时器时，那么选择 89C1051 或是 89C2051 即可，而不需要选择 89C51 或是 89C52，因为后者要比前者在价格上贵一倍。当然，如果程序和数据区的要求较高，那么选择的单片机还要能满足程序空间的要求。表 1-3 所示为常用的 51 单片

机的内部资源。

表 1-3 常用 MCS-51 系列（8 位）单片机内部硬件资源表

公 司	型 号	片内 ROM	片内 RAM	I/O 口线	中 断 源	定时/计数器
Intel	8031	/	128	32	5	2
	8751	4KB EPROM	128	32	5	2
	8051	4KB	128	32	5	2
	8752	8KB EPROM	256	32	6	3
ATMEL	89C1051	1KB Flash	128	15	3	1
	89C2051	2KB Flash	128	15	5	2
	89C51	4KB Flash	128	32	5	2
	89C52	8KB Flash	256	32	8	3

51 系列单片机除了上述常用的种类外，还有一些功能增强型的系列，例如，在单片机内部集成了 A/D、数据区和程序区等。这些芯片的资源如表 1-4 所示。

表 1-4 更强功能的 MCS-51 系列（8 位）单片机内部硬件资源表

公 司	型 号	片内 ROM (KB)	片内 RAM (字节)	I/O 口线	中断源	A/D	定时器
Intel	80C51GA	4	128	32	7	4 × 8bit	2
	80C51GB	8	256	32	7	4 × 8bit	2
ATMEL	89LV51	Flash 4	128	32	6	/	2
	89LV52	Flash 8	256	32	8		3
SIEMENS	SAB80512	4	128	56	6	8 × 8bit	2
	SAB80515	8	256	48	12	8 × 8bit	3
AMD	80C525/325	8	256	42	2	8 × 8bit	3
	80C515/535	8	256	32	4		2
Philips/Sig netics	83C552	8	256	40	15	8 × 10bit	2
	83C752	2	64	19	6	4 × 8bit	1

除了常用的 51 系列单片机外，还有一些其他的单片机系列，这些单片机和 51 系列单片机不兼容，程序指令也不相同，如摩托罗拉、PIC 等系列的单片机。常用的 PIC 单片机如表 1-5 所示。

表 1-5 常用 PIC 单片机系列（8 位）单片机内部硬件资源表

型 号	管脚	片内 ROM (位)	片内 RAM (字节)	I/O 口线	说 明
PIC12C508A	8	512 × 12	25	6	每个 I/O 口吸收、驱动电流 25mA
PIC12C509A		512 × 12	41		

续表

型 号	管脚	片内 ROM（位）	片内 RAM（字节）	I/O 口线	说 明
PIC12C671	6	1024 × 12	128	6	每个 I/O 口吸收、驱动电流 25mA，4 路 8 位 ADC
PIC12C672		2048 × 12	128		
PIC16C54C	18	512 × 12	25	12	一个定时器，片内 WDT，每个 I/O 口吸收 25mA 电流、驱动电流 20mA
PIC16C55	28	512 × 12	24	20	
PIC16C56	18	1024 × 12	25	12	
PIC16C57	28	2048 × 12	72	20	

本书以 51 系列单片机为主，在 51 系列单片机中，选择 89C51 单片机作为典型在各个实例中加以应用。

5. 单片机中为什么要用晶振？

简单地说，没有晶振，就没有时钟周期，没有时钟周期，就无法执行程序代码，单片机就无法工作。

单片机工作时，是一条一条地从 ROM 中取指令，然后一步一步地执行。单片机访问一次存储器的时间，称之为一个机器周期，这是一个时间基准。一个机器周期包括 12 个时钟周期。如果一个单片机选择了 12MHz 晶振，它的时钟周期是 1/12μs，它的一个机器周期是 12 × (1/12) μs，也就是 1μs。

MCS-51 单片机的所有指令中，有一些完成得比较快，只要一个机器周期就行了，有一些完成得比较慢，需要 2 个机器周期，还有两条指令需要 4 个机器周期才能完成。为了衡量指令执行时间的长短，又引入一个新的概念：指令周期。所谓指令周期就是指执行一条指令的时间。

例如，当需要计算 DJNZ 指令完成所需要的时间时，首先必须要知道晶振的频率，设所用晶振为 12MHz，则一个机器周期就是 1μs。而 DJNZ 指令是双周期指令，所以执行一次要 2μs。如果该指令需要执行 500 次，则执行该指令需要 1ms。

机器周期不仅对于指令执行有着重要的意义，而且机器周期也是单片机定时器和计数器的时间基准。例如一个单片机选择了 12MHz 晶振，那么当定时器的数值加 1 时，实际经过的时间就是 1μs，这就是单片机的定时原理。

6. 选择什么样的晶振呢？

晶振一般分为晶体振荡器和晶体谐振器。在单片机系统中，晶体振荡器将外围的电容集成到振荡器的内部，无需再设计晶振电路，只需要将电源加载到晶振上，晶振就可以起振，并通过两个引脚输出到单片机的晶振引脚上。常用的晶体振荡器如表 1-6 所示。

一般的，由于晶体振荡器的体积较大，价格较高，在实际使用中，还可以选择晶体谐振器，也就是常说的立式晶振。该晶振需要外部的晶振电路才可以起振，但是由于该电路非常简单，并且使用灵活，在单片机系统中也有广泛地应用。一般的立式晶振的信号和特

征如表 1-7 所示。

表 1-6 常用的晶体振荡器

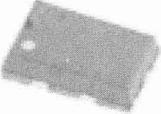
外 形	型 号	规 格	频 率	特 征
	PXO-F	20.8×13.1×5.1	0.5MHz~200MHz	稳定性: ±15~±100PPM 工作电压: 5.0V 或 3.3V 输出形式: TTL/COMS 对称性: 45%~55% 外形尺寸: 全尺寸 DIP14
	PXOS-1410	14.0×10.0×5.0	1.0MHz~125MHz	稳定性: ±15~±100PPM 工作电压: 5.0V 或 3.3V 输出形式: TTL/COMS 对称性: 45%~55% 外形尺寸: SMD
	PXOS-5032	5.0×3.2×1.2	1.0MHz~125MHz	稳定性: ±15~±100PPM 工作电压: 5.0V 或 3.3V 输出形式: .TTL/COMS 对称性: 45%~55% 外形尺寸: SMD

表 1-7 常用的晶体谐振器

外 形	型 号	规 格	频 率	特 征
	HC-49U	11×5×13.5	1.8432MHz~200MHz	频率偏差: ±5~±50PPM 温度稳定性: ±3~±50PPM 负载电容: 8pF~50pF 或串联 老化率: ±5PPM
	HC-49S	11×5×3.5	3.579MHz~70MHz	频率偏差: ±10~±50PPM 温度稳定性: ±10~±50PPM 负载电容: 8pF~50pF 或串联 老化率: ±5PPM
	HC-49SMD	11.1×5×4.2 11.1×5×3.2	3.579MHz~70MHz	频率偏差: ±10~±50PPM 温度稳定性: ±10~±50PPM 负载电容: 8pF~50pF 或串联 老化率: ±5PPM
	AT38 AT39	3×9 3×10	3.579MHz~50MHz	频率偏差: ±10~±100PPM 温度稳定性: ±10~±50PPM 负载电容: 8pF~50pF 或串联 老化率: ±5PPM