

◎ 责任编辑 / 程志宏

◎ 封面设计 / 凌 波

单片机系统开发 实例经典

ISBN 7-5024-3962-5



9 787502 439620 >

ISBN 7-5024-3962-5/TP·784

定价：30.00 元

单片机系统开发实例经典

戢卫平 胡耀辉 朱朝华 叶祥 杨帆 编著

北 京

冶金工业出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍了单片机系统开发的一般过程以及相关开发工具的选择和使用,各章节以单片机及其外围器件的实际应用为主要内容,以实例的形式向读者介绍了如何针对一个具体的工程项目合理选择单片机硬件和外围器件、以及如何设计硬件和相关的软件。

本书的实例涵盖面广,包括单片机电子秒表设计,AT89C52 单片机在多媒体中央控制器的应用,数控机床控制面板的设计,基于单片机的步进电机控制系统,卷烟机剔废阀控制器改造设计,基于单片机的电表抄表系统,基于 GPRS 技术的单片机远程监控系统等。所引用的实例都是经过编者精心挑选,很多都已经做成产品或已在后期调试中,有很强的实用性。

通过本书的学习,读者可以熟悉和掌握单片机的具体应用方法,再辅以具体项目的开发锻炼,将能很快精通单片机。

本书既可以作为高等院校开设“单片机原理和应用”课程的教学参考书,同时也可作为工程技术人员的学习和参考的宝贵资料。

图书在版编目(CIP)数据

单片机系统开发实例经典 / 戴卫平等编著. —北京:
冶金工业出版社, 2006.3
ISBN 7-5024-3962-5

I. 单... II. 戴... 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(2006)第 017180 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 程志宏

佛山市新粤中印刷有限公司印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2006 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 16.5 印张; 379 千字; 256 页

30.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010) 64044283 传真:(010) 64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010) 65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

一、关于本书

电子技术的发展日新月异，给工业控制领域带来前所未有的变革，使得各种科学实验和应用工程的自动化程度得到显著提高。其中在自动控制领域以单片机的应用最为广泛，其应用范围已遍及汽车、航空、通讯、家电、工业控制、智能仪表等诸多领域。由于单片机具有体积小、功能全、性价比高、性能成熟稳定等诸多优点，现在已受到越来越多的工程技术人员的高度重视。

二、本书结构

本书共分 9 章：

第 1 章：基于单片机应用系统的开发。系统地介绍了单片机应用系统开发的一般过程以及一些注意事项，包括单片机系统的抗干扰、系统的自诊断、系统的优化等。

第 2 章：单片机电子秒表设计。主要向读者阐述了单片机最小系统的概念与设计。利用这个实例，使读者对单片机的定时、中断等功能模块的应用有了进一步的理解，并向读者阐述了单片机编程的一些基本方法。

第 3 章：AT89C52 单片机在多媒体中央控制器中的应用。通过实例，对市面上应用较为广泛的 AT89C52 单片机的片内资源及其用法做了比较详细的讲解，并对其中的关键技术进行了详细的分析，使读者对 AT89C52 有了全面的了解。

第 4 章：基于单片机的步进电机控制系统。本章讲述了以单片机作为主要元件的步进电动机的控制系统。它实现了对步进电机转向、转速的有效控制。系统采用 MCS-51 系列单片机，电路简单可靠，结构紧凑。对于不同型号的步进电机，不需改变控制系统硬件电路，只需修改相应软件，即能实现多种控制；其灵活方便、通用性强、成本低、具有广阔的应用前景。

第 5 章：基于 51 单片机的控制面板设计。主要讲述了怎样用软件实现键盘扫描。用软件实现键盘扫描的方法有助于缩减系统的重复开发成本，且修改灵活、方便。本章介绍的键盘扫描方法和相关代码也可以用在其他类似的系统上，读者仅仅需要根据项目的不同特点和需要，作出少许修改即可。

第 6 章：卷烟机剔废阀控制器的改造。通过剔废阀控制系统的改造实例对逻辑器件进行了详细的分析，并提出了改造的方案。通过这个实例，可以使读者对单片机系统的设计及程序的编写有进一步的了解。

第 7 章：基于单片机的电表抄表系统。介绍了一种基于 8 位单片机的智能电表抄表系统的开发过程，其中包括单片机系统开发过程中常用的供电方式设计、掉电数据保护电路设计、实时时钟功能设计和串行口通信方式设计等。

第 8 章：基于 GPRS 技术的单片机远程监控系统。介绍了一种基于 GPRS 技术和单片机的无线监控终端的具体开发过程。其中包括 GPRS 技术的概述、无线监控终端的功能描

述、总体的技术方案、关键技术分析、硬件原理图的实现、软件分析和实现等几个部分。其中，在硬件方面我们着重就终端的数据采集电路、数字地和模拟地的隔离等几个方面做了较为详细的分析；软件方面介绍了一些相关的底层硬件驱动程序的编写方法，着重介绍了 GPRS 协议栈的实现。

第 9 章：简明扼要的介绍使用了 Protel 99se 开发单片机系统的一些基本步骤以及使用 Protel 99se 的一些小技巧。

三、本书特点

目前市场上关于单片机的参考书绝大部分讲的是单片机结构、指令系统、单片机资源等，而有关具体实际工程应用的参考书相对较少，对于大量在单片机方面有一定了解而又缺乏工程实际经验的读者，具体应用方面的参考书显得尤为重要。鉴于此，编者整理了多年的单片机相关工程应用项目，编纂成此书。该书是编者多年单片机开发的一个总结，希望对广大单片机爱好者有所帮助。

本书的编写过程尽量避免枯燥的原理讲述，将原理和工程实际结合起来，尽量将单片机系统的一般开发过程用通俗的语言深入浅出的讲述出来，使得读者更容易理解和接受。在编写的过程中同时注重了实例的典型性和代表性，以达到举一反三的效果。

四、本书适用对象

本书既可以作为高等院校“单片机原理和应用”课程的教学参考书，同时也可以作为工程技术人员的学习和参考资料。

本书第 1、8、9 章由戢卫平编写，第 2、6 章由胡耀辉编写，第 7 章由朱朝华编写，第 3、4 章由叶祥编写，第 5 章由杨帆编写。同时，在本书的编写过程中引用了参考书中的部分内容，在此表示衷心的感谢。本书的编写得到了李坚强、叶力勤等同志的大力支持，在此一并表示感谢。

由于作者水平有限，加上时间仓促，书中疏漏和不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正，联系方法如下：

电子邮箱：service@cnbook.net

网址：www.cnbook.net

此外，该网站还有一些其他相关书籍的介绍，可以方便读者参考选购。

编 者

2006 年 1 月

目 录

第1章 基于单片机的应用系统开发	1
1.1 单片机系统的基本开发过程	1
1.1.1 总体框架的设计	1
1.1.2 硬件的设计	3
1.1.3 系统资源及其分配	6
1.2 单片机系统开发的相关工具及其使用	8
1.2.1 仿真器的选择	9
1.2.2 KEIL 8051 C 编译器的使用	13
1.3 系统的优化设计	23
1.3.1 系统的可靠性设计	23
1.3.2 系统的抗干扰性能	24
1.3.3 系统自诊断	27
小结	28
第2章 单片机电子秒表设计	29
2.1 系统功能描述	29
2.2 系统分析与设计	29
2.3 关键技术	31
2.3.1 定时器的使用	31
2.3.2 显示与键盘	33
2.4 电路	37
2.5 程序设计	39
2.6 开发思路小结	47
小结	47
第3章 AT89C52 单片机在多媒体中央控制器中的应用	48
3.1 系统功能描述	48
3.2 系统分析与设计	48
3.2.1 AT89C52 单片机简介	49
3.2.2 串行通信接口	52
3.2.3 键盘系统的设计	61
3.2.4 E ² PROM 存储器的扩展方法	64
3.2.5 音量调节	68
3.2.6 信号的切换技术	69
3.3 关键技术	71

3.3.1 消除按键抖动的措施	71
3.3.2 仪器的抗干扰技术	71
3.4 原理图	72
3.5 软件实现	73
3.5.1 程序流程图	74
3.5.2 程序源代码	75
3.6 开发思路小结	81
小结	81
第4章 基于单片机的步进电机控制系统	82
4.1 系统功能描述	82
4.2 步进电机结构及其驱动方式介绍	82
4.2.1 步进电机的结构与工作原理	82
4.2.2 步进电机的主要性能指标和使用	83
4.3 步进电机的驱动	85
4.3.1 步进电机的几种驱动电路及其优缺点	85
4.3.2 本系统选用的驱动	88
4.4 开发思路及软件实现	89
4.4.1 程序分析	89
4.4.2 程序流程图	93
4.4.3 程序源代码	93
4.5 开发思路小结	97
小结	98
第5章 基于 51 单片机的控制面板设计	99
5.1 系统功能描述	99
5.2 关键技术分析	100
5.2.1 单片机与上位机通信协议的设计	100
5.2.2 多按键的处理	100
5.3 原理图的分析与实现	101
5.3.1 单片机的抗干扰措施及 MAX1232 的使用	101
5.3.2 用 MAX1232 芯片和上位机进行串口通信	103
5.3.3 单片机 I/O 口的扩展	105
5.4 软件实现	108
5.4.1 程序分析	108
5.4.2 程序源代码	111
5.5 开发思路小结	124
5.6 开发过程分析总结	124
小结	124

第 6 章 卷烟机剔废阀控制器的改造	125
6.1 系统分析与设计	125
6.1.1 老式卷烟机剔废电路分析	125
6.1.2 新式卷烟机剔废系统要求	128
6.2 关键技术	128
6.2.1 算法实现	128
6.2.2 串口通信	132
6.2.3 X5045 CPU 监控器	132
6.3 电路	134
6.4 程序设计	136
6.5 剔废阀故障监视	141
6.6 开发思路小结	147
小结	147
第 7 章 基于单片机的电表抄表系统	148
7.1 系统功能描述	148
7.2 系统分析	148
7.3 关键技术	149
7.3.1 系统电源电路设计	150
7.3.2 掉电数据保护功能的实现	153
7.3.3 RS-232、RS-485 串行通信设计	160
7.3.4 通信协议设计	167
7.3.5 DS12887 时钟芯片介绍	173
7.4 抄表系统电路	178
7.5 开发思路小结	179
小结	179
第 8 章 基于 GPRS 技术的远程监控系统	180
8.1 关于 GPRS 技术	180
8.1.1 GPRS 网络概述	180
8.1.2 GPRS 网络的优势	180
8.1.3 GPRS 网络的协议和结构	181
8.1.4 GPRS 网络的商业应用	182
8.1.5 中国移动的 GPRS 网络在实时监控方面的优势	182
8.2 系统功能描述及分析	183
8.2.1 系统功能描述	183
8.2.2 系统分析	184
8.2.3 技术方案	185

8.3 关键技术分析与设计	186
8.3.1 模拟量的采集	186
8.3.2 开关量的采集	191
8.3.3 数据存储电路	191
8.3.4 实时时钟电路	192
8.3.5 GPRS 工业级模块 MC35i 简介	192
8.3.6 AT 指令集及其相关应用	194
8.3.7 TCP/IP 网络协议及其在 GPRS 网络中的应用	196
8.4 原理图的分析与实现	216
8.4.1 器件的选择及其功能	217
8.4.2 地址的分配和器件连接	218
8.5 软件设计	219
8.5.1 主程序	219
8.5.2 相关的硬件驱动程序	221
8.5.3 网络部分子程序	223
8.6 开发思路小结	237
小结	237
第 9 章 使用 Protel 99se 设计电路的基本流程及若干技巧	238
9.1 Protel 设计的基本流程	238
9.2 一个简单的实例	243
9.3 Protel 的若干使用技巧及注意事项	247
9.3.1 Protel 快捷方式的使用	247
9.3.2 PCB 布线的常用处理方法	249
9.3.3 高频电路的 PCB 设计	251
9.3.4 PCB 设计的注意事项	253
小结	255
参考文献	256

第 1 章 基于单片机的应用系统开发

目前市场上的单片机种类繁多，其技术指标各不相同，因此针对不同工程的具体要求，单片机应用系统的设计方法、设计步骤、开发过程也就不完全相同。当然，就总体而言，还是有章可循的。本章主要就单片机应用系统开发的一般过程作一个简要的介绍。

1.1 单片机系统的基本开发过程

单片机应用系统的基本开发流程包括总体框架的设计、相关硬件的设计、系统资源及其分配等。

1.1.1 总体框架的设计

一般的单片机应用系统不外乎硬件和软件两个部分，其中硬件部分由 CPU、扩展存储器、输入输出接口电路以及其他外部设备组成；软件部分包括底层驱动程序、监控程序以及其他各种应用程序等。硬件部分和软件部分只有密切配合、相互协调才能组成一个完整的高性能的单片机系统。在系统的开发过程中，硬件设计和软件的编写息息相关。硬件的设计不但要考虑系统资源的分配，同时也应该考虑软件的实现方法；而软件的编写尤其是底层驱动程序的编写也应该首先了解相关硬件的工作原理。

通常一般的单片机应用系统的开发应包括总体方案的设计、硬件设计、软件设计、系统硬件调试、系统软件调试、系统联调、系统可靠性和抗干扰设计以及最终产品化等几个过程。当然，每个过程都不是完全独立的，比如软件调试、硬件调试、系统联调等过程都会交叉进行，一些复杂的系统更是要经过一轮又一轮的调试优化才能最终完成。图 1-1 向读者形象的描述了一般单片机应用系统的开发过程。

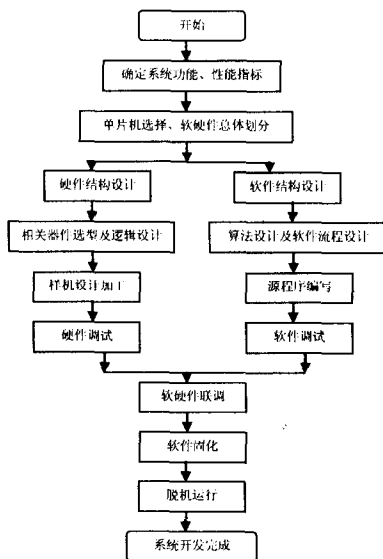


图 1-1 单片机应用系统开发过程示意图

1. 理解系统功能和各项技术指标

通常设计人员在接到单片机应用项目任务时,首先要进行的是系统总体方案的规划设计,而总体设计首先要求能很好地理解系统要实现的功能以及所要达到的技术指标。所以,拿到任务书后先要对用户提出的任务进行深入细致的分析和研究,完全把握任务的要求以后,就要进行相关的资料的搜集,其中包括国内外目前相同或相类似的产品、相关标准等。

仔细分析、理解和借鉴同类产品的设计方法,往往会少走弯路,达到事半功倍的效果。资料搜集完毕以后,就要根据系统的工作环境、具体用途、功能和技术指标,拟定出一个性能价格比最高的设计方案,这是后续设计工作的前提和指导方向,所以在最终定稿以前要多参考相关资料,反复斟酌,这将是系统能否最终设计成功的关键。

2. 单片机的选型

单片机诞生于 20 世纪 70 年代,1976 年美国 Intel 公司研制成功 MCS-48 单片机,成为单片机划时代的里程碑。从此以后单片机飞速发展,到目前为止已经相当成熟。目前世界上生产单片机的厂商多达几十家,型号更是有上千种之多。其中市场占有率最高的几家公司是: Intel 公司的 MCS-48、MCS-51、MCS-96, PHILIPS 公司的 Philips51 及 LPC51 系列,华邦(Winbond)公司的 78 系列,ATMEL 公司的 89 系列, Microchip 公司的 PIC16 系列, Motorola 公司的 M68HC 系列等等。

如何从这些种类繁多的单片机中选出符合系统要求的单片机?在进行选型的时候应该综合哪几方面的因素来考虑?下面就这个问题简要的谈一谈。

(1) 首先要符合系统要求,如要考虑片内程序存储器、片内 RAM、中断源数量、计数器数量、是否带片内 AD 等是否符合系统要求。如果能找到片内资源够用的机型,就不用扩展程序存储器和外部 RAM。当然,系统存储要求较大就另当别论。扩展程序存储器和外部 RAM 会给系统开发带来较大的工作量,同时给软硬件的调试增加难度。

(2) 其次在符合系统要求的前提下尽量选用货源充足、知名度高、市场占有率高的产品,这样就可以给以后的外围接口器件、仿真器及烧录器等开发器件的选择带来方便,保证系统的稳定运行。

(3) 再次在满足系统要求的前提下要尽量选用价格低的产品,从而保证系统有较高的性价比,减少开发成本。

(4) 最后要考虑系统的开发周期。要尽量选用曾经用过、相对熟悉的机型,同时考虑该机型是否用途广泛、技术成熟、性能稳定等。这样可以节约开发时间,从而较快地完成系统设计。

在开发调试阶段,对于 MCS-51 兼容芯片来说,可以选择带 Flash ROM 存储器的 CPU 芯片,如 ATMEL 公司生产的 89C5X 系列中的 89C51/52/54/58、89C5XX2 系列中的 89C51X2/52X2/54X2/58X2 以及 89C6XX2 系列中的 89C60X2/61X2 等,这样在调试的过程中就可以避免因为程序的修改而频繁地擦写芯片,减少调试工作量。在开发完成以后,为了降低成本,可以换上相应型号但是价格更低廉的 OTP ROM 存储器芯片而无须修改 PCB 板和软件,例如 87CXX 系列中的 87C51/52/54/58 或者 87C5XX2 系列芯片等。

3. 关键元器件的选型

在确定了单片机的型号以后,要开始选择其他对系统的性能有重大影响的器件,例如传感器、扩展外部 RAM、A/D 及 D/A 等。可以想象,一个在其他方面的设计都合理的监

控系统,如果所选择的传感器的精度不能达到要求或者所选用的 A/D 转换器精度不够的话,同样不能得到应有的效果。当然,所选器件的精度越高,其价格也将越高。不能因为片面追求精度而忽略成本的因素,还是要注重性价比,尽量选用性价比较高的器件。

4. 软硬件总体划分

从根本上讲,一个完整的单片机系统就是一个五脏俱全的微型机计算系统。所以,同一般的计算机系统一样,单片机应用系统的软件和硬件在逻辑功能上是等效的。具有相同功能的单片机应用系统,其软硬件功能的自由度是很大的,也就是说,一些硬件能实现的功能同样也可以借助软件来完成,反之同样也成立。比如说,系统的日历时钟可以用实时时钟/日历芯片(如 DS12887、MC146818 等)实现,也可以以定时中断的方式实现;无线或红外解码电路既可以由专门的解码芯片 PT2272 完成,也可以通过软件定时方式实现。

在具体的工程应用中,如何划分软硬件功能要根据工程的要求而定。硬件的优势在于反应速度快,同时可以减少存储量和软件开发的工作量。但是多用硬件显然会增加物理成本、降低硬件的利用率,使得系统的灵活性和适应性变差。软件的优势在于其很大的灵活性和适应性,同时可以降低硬件成本。但是,相对硬件来说其反应速度相对较慢,而且也会增加软件开发成本和占用更多的系统存储资源。在做总体规划时,要根据工程的实际要求,权衡利弊,找到一个最佳的结合点来划分软硬件各自要实现的功能。

1.1.2 硬件的设计

总体设计方案定好以后,接下来就开始设计原理图,选择单片机等关键器件以外的其他元器件。需要提醒一点的是:在最终原理图定型时,所有的元器件型号封装都必须最终确定,并且能在附近的电子市场方便地购买到。如果需要用到特殊的元器件也要事先联系到相关的生产厂家并邮购到位。只有这样才能保证后续开发调试工作的顺利进行,保证事先计划好的开发进度。一般的单片机应用系统硬件的设计步骤不外乎元器件的选择、系统构成方式的选择、系统硬件电路设计、PCB 板的制作等几个方面。下面就这几个方面所要遵循的基本原则和一些需要注意的细节方面的问题分别加以阐述。

1. 元器件的选择

由于单片机的应用日益广泛和成熟,所以很多具有相同功能的元器件都有很多生产厂家,这样就使得在元器件的选型时增加了自由度。选型之前应该先仔细研究工程要求并且对相关芯片的特性充分了解才能选好所需的元器件。元器件选型的基本原则跟单片机选型的基本原则大致相同,一般有性能指标、可靠性、性价比等几个原则。具体讲,有以下几个原则:

(1) 性能及性价比。元器件选型时要参照相关器件的用户手册所提供的各种参数指标(如工作环境要求、工作电源要求、逻辑特性等等)综合考虑,同时还要注意不要为了追求高精度、高速度、高性能而牺牲系统的成本,原则上够用就行。比如:目前市场上 10 位、12 位的 A/D 芯片精度比较高,但是其价格远远高于同类型的 8 位的 A/D 芯片,如果系统在转换精度要求不是很高的情况下就没必要选择精度高价格也高的 A/D 芯片;就封装而言,陶瓷封装的芯片(一般用于 $-25^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ 或者 $-55^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ 的环境)的价格就高于同类型塑料封装的芯片(一般用于 $0^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 的环境),了解系统的工作环境后可以有针对性的选择。

(2) 通用性考虑。所谓通用性主要是指在设计应用系统的时候, 尽量采用大规模的集成电路芯片, 这样做的目的主要是简化系统的设计、安装、调试, 同时还可以提高系统的可靠性。

(3) 型号和尺寸。确定了元器件的参数以后, 还要根据系统要求选择尺寸合适的元器件。一般相同功能的元器件会有几种封装, 贴片式封装的体积较小, 但是会增加布线难度和调试难度; 直插式封装体积相对较大, 但是布线时和布板的时候自由度大, 还需要提醒的一点是, 有些特殊元器件需要自己画封装的话, 一定要找到相关元器件的严格尺寸图后才能确定封装。

(4) 匹配性。所谓匹配性主要指所选用的元器件一定要和系统的速度相匹配。需要提醒的是, 单片机的时钟频率一般可以在一定范围内选择, 在满足系统功能要求的前提下, 尽量选用时钟频率较低的单片机, 这样不但可以降低其他相关元器件的速度要求, 降低了系统的功耗, 同时还降低了物理成本。另外, 较低的时钟频率还可以提高系统的抗干扰能力和可靠性。选定了单片机型号以后, 其他元器件必须要和单片机的速度匹配, 否则系统将不能正常工作。

2. 系统的构成方式

一般来说, 在设计单片机应用系统时, 有以下几种构成方式可供选择:

(1) 专用系统。所谓专用系统主要指系统的配置全部按照工程项目所要求的功能设计, 硬件系统仅仅满足了当前的要求, 留有的扩展余地很小。系统具有最佳配置, 系统资源得到充分利用, 节约了成本。但是, 这样的系统的再开发潜力有限, 给后续的系统扩展带来麻烦。同时, 采用这种系统构成方式还要求设计人员有较强的硬件设计能力, 对于新手建议不要采用。

(2) 模块化系统。一般的单片机应用系统的扩展和配置都有很多相似的地方, 特别是一些典型的环节, 比如 A/D 采集模块、D/A 转换模块、I/O 接口板等等。正是由于这种典型性, 所以有很多相关的厂家把这些典型的配置做成模块单独出售。这样就给硬件开发带来了很大的方便, 同时大大减少了研发上的投入, 这种构成方式主要适合较大型的系统。若系统较小, 则不宜采用。

(3) 单片机单板机系统。现在市场上单片机的开发板种类繁多, 一般的系统构成都是属于这种类型。这种系统的特征是: 其硬件基本按照典型应用系统的功能要求配置, 同时配有监控程序, 具有一定的二次开发能力。但是由于这种系统并不是针对某一个具体的工程要求定做, 而是为了满足大部分用户的要求而开发的通用系统, 如果用于特定的工程项目并且批量较大时, 会造成很大的系统资源浪费。这种系统构成方式一般对于初学者较快掌握单片机的开发有很大的帮助, 同时还可以作为教学实验设备来用。

3. 硬件的设计原则

一般而言, 在进行系统的硬件设计时应该遵循以下几个原则:

(1) 多参考相关的成熟电路、标准电路, 这种电路已经经过了实践的检验, 无论是原理上还是抗干扰性、合理性都已经相对成熟, 多采用这样的电路可以少走很多弯路。

(2) 不但要考虑到系统硬件要满足当前的工程要求, 同时应该考虑为后续的功能扩展升级留有余地。

(3) 要考虑软硬结合。对于一般的应用系统而言, 原则上要求功能尽量让软件去完

成,以简化硬件结构。但是过多采用软件来实现相关功能,会占用更多的 CPU 时间,减缓了系统的响应时间,因此,对于实时性要求较高的场合就要多采用硬件实现,以保证系统实时性要求。

(4) 驱动能力考虑。单片机 I/O 口的驱动能力是有限的,若挂接的外设较多时候,应该考虑增加总线驱动电路或者减少芯片功耗,以降低系统负担。

(5) 可靠性和抗干扰设计。这些都是系统硬件设计不可缺少的一部分。关于这部分的内容由于涉及的东西较多,将在本章的后续章节专门介绍。

(6) 芯片未用引脚的处理。在设计接口电路时,经常会用到一些 TTL 单元电路,通常会存在一些没有用完的引脚,这样就会涉及到多余引脚的处理问题。对于一般的与门或者与非门电路,多余引脚一般做如下处理:当系统工作时钟频率不高时,可悬空(系统默认悬空为高电位);还可以和系统工作电源直接相连,但有一定风险,当系统电源电压由于故障大于 5.5V 时,很可能损坏相连的门电路;还有一个相对稳妥的办法就是将未用的输入端串接 2KW 电阻以后连在一起再和系统工作电源相连。对于没有使用的或门电路芯片引脚一律接地就可以了。

(7) 整机的工艺考虑。比如:PCB 板的大小是否符合系统要求、元器件的布局是否合理美观;还有外壳的设计、输入输出配线是否方便、最后阶段的安装调试维护等。

4. PCB 板的设计

单片机应用系统的设计离不开印制电路的设计,印制电路板(PCB)的设计工作十分繁琐,需要耐心和经验。鉴于 PCB 板的设计内容较多,并且有很多小的技巧需要结合具体的实例才能介绍清楚,所以在本书的最后一章将会有详细的讲解,这里只做概括性的论述。一般来说,在不是很复杂的系统里,都采用双面板。当然,元器件很少的系统也可以采用单面板,但是一般不建议使用单面板。一般来说,在绘制 PCB 板的时候大致要遵循以下几个原则:

(1) 晶振的位置尽可能靠近单片机的晶振引脚,并且晶振下方不宜布线。建议在晶振电路下方放一个与地线相连的屏蔽层。

(2) 电源线和地线有特殊要求。对于双面板,尽量将电源线和地线放在不同的层,并且以相同的方向平行走线,这样主要是出于抗干扰性能的考虑。对于功耗较大的数字芯片电路比如 CPU、总线驱动器芯片等应该单独走线,直接连到电源的输入点处。另外,电源线和地线的宽度要根据具体情况尽量放宽一些。

(3) 模拟地和数字地应该分开。如果模拟地和数字地共地的话,很容易产生干扰。一般的处理方法是采用隔离电源和快速光耦将模拟地和数字地隔离开来。具体的隔离电路见后续章节的实例。

(4) 转角的设定。除了电源线和地线等较宽的线外,一般不建议取 90 度的转角,一般采用 45 度转角,在高频系统中还要采用圆角。

(5) 输入信号线的处理。一般来说,输入信号线能短则短,最好在印制板最终成型以后铺铜与地线相连,起到屏蔽的效果。上层和底层的输入走线一般不建议平行走线,而应该垂直交叉走线,这样可以将干扰减到最小。

(6) 系统功耗优化处理。为了降低系统功耗,对于一些没有用到的 TTL 电路单元的引脚应该作一些技术处理。如果没有用到的引脚在原理图里面没有做出相应处理,在设计

印制电路板的时候就比较容易忽略，要引起注意。当然，如果不处理也不会影响系统功能，但是会加大系统功耗，尤其是当电路板靠电池供电的时候，更应该引起注意。在小规模集成电路里面，一般一个芯片集成了多个功能相当的单元，往往用到的只是其中的一部分。为了降低功耗，对于没有用到的与非门、反相器等单元电路的输入端至少要有有一个接电源，从而相应的输出端为高电平，输出管截止，起到降低功耗的效果；没有用到的或非门单元电路的所有输入端都应该接地；没有用到的与门、或门单元电路可以悬空，但是在抗干扰性能要求比较高的场合应该将这些输入端接在一起通过 2KW 的电阻接地。

1.1.3 系统资源及其分配

总体来说，单片机的硬件资源包括片内和片外两个部分。所谓片内部分主要指单片机本身包含的中央处理器、程序存储器、数据存储器、定时器/计数器、中断源、I/O 接口、串行通讯等。由于不同公司的单片机产品内部资源出入较大，不同的型号适用于不同的场合，所以在单片机选型时内部资源是首先要考虑的，选型原则主要是要求对片内资源的充分利用。当片内资源不能满足系统要求时，就要考虑扩展外部资源了。最常见的外部资源的扩展包括外部 RAM 的扩展、程序存储器的扩展、串行通讯口的扩展、I/O 接口的扩展等等。下面就 MCS-51 单片机的系统硬件资源及其分配作一些论述。

1. MCS-51 单片机的硬件资源

MCS-51 单片机是美国 Intel 公司在 MCS-48 单片机的基础上推出的增强型产品，它的出现直接跟 HMOS 工艺有关。同时芯片集成度的提高也使得性能上有大幅提升，主要表现在其扩展了相关功能单元的数量和种类，片内资源有很大增强。MCS-51 单片机的硬件结构资源特点主要表现在以下几个部分：

(1) 内部程序存储器 ROM 和内部数据存储器 RAM 的容量。

MCS-51 单片机的内部 ROM 和内部 RAM 的容量如表 1-1 所示。

表 1-1 MCS-51 系列单片机存储器容量

单片机系列		存储器系列	掩模 ROM	EPROM	RAM
MCS-51	51 子系列	8031	/	/	128B
		8051	4KB	/	128B
		8751	/	4KB	128B
	52 子系列	8032	/	/	256B
		8052	8KB	/	256B

(2) 输入/输出接口。

MCS-51 单片机有一个全双工的串行口，该串口由两根 I/O 口线构成，有四种工作方式，可以通过编程选定。MCS-51 单片机有四个 8 位的并行 I/O 口，共有 32 根 I/O 口线。四个 8 位并行 I/O 口分别是 P₀ 口、P₁ 口、P₂ 口、P₃ 口。

P₀ 口为双向 8 位三态 I/O 口，可以作为地址总线的低八位及数据总线复用，同时也可以作为普通的 I/O 口使用；P₁ 口是八位准双向 I/O 口，一般作为普通的 I/O 口使用（对于 8052 及 8032 来讲，P_{1.0} 引脚还定义了第二功能为 T2 定时/计数器的外部输入，P_{1.1} 引脚的第二功能为 T2EX 捕捉、重装触发，即 T2 的外部控制端），对于 EPROM 编程和程序验证

的时候,它接受低八位地址; P_2 口是八位准双向 I/O 口,当扩展了外部数据存储器的时候,它可以作为高八位的地址总线送出高八位的地址,当没有扩展外部程序存储器和数据存储器的时候可以作为普通的 I/O 口使用; P_3 口同样也是八位准双向 I/O 口,对于 MCS-51 系列单片机而言, P_3 口的八个引脚还定义了第二功能。

P_3 口作为第一功能使用是普通的 I/O 口,作为第二功能使用的时候,各个引脚的定义如表 1-2 所示。

表 1-2 P_3 口的第二功能定义对照表

引脚名称	引脚序号	复用功能
$P_{3.0}$	10	RxD (串行输入口)
$P_{3.1}$	11	TxD (串行输出口)
$P_{3.2}$	12	INT0 (外部中断 0)
$P_{3.3}$	13	INT1 (外部中断 1)
$P_{3.4}$	14	T0 (定时器 0 外部输入)
$P_{3.5}$	15	T1 (定时器 1 外部输入)
$P_{3.6}$	16	WR (外部数据存储器写脉冲)
$P_{3.7}$	17	RD (外部数据存储器读脉冲)

(3) 外部扩展程序存储器和数据存储器寻址空间。

对于 MCS-51 系列单片机,都可以对 64K 的外部数据存储器寻址并且不受各种芯片型号的影响。MCS-51 系列单片机的内部和外部程序存储器最大的寻址范围共为 64K。

(4) 中断和堆栈。

MCS-51 系列单片机有五个中断源,分为两个优先级,其中每个中断源的优先级都是可编程的。MCS-51 系列单片机堆栈深度为 128 字节,堆栈位置同样可编程(对于 8032/8052 中断源为六个;MCS-48 只有两个且不分优先级)。

(5) 定时/计数器及寄存器。

MCS-51 系列单片机有两个 16 位的定时/计数器,通过编程可以实现四种工作模式(MCS-51 子系列有三个 16 位的定时/计数器;MCS-48 只有一个 8 位定时/计数器)。另外,MCS-51 子系列单片机在内部 RAM 开辟了四个通用寄存器区,共有三十二个通用寄存器,这样可以满足多种程序嵌套的要求(对于 MCS-48 系列内部 RAM 只有两个通用寄存器区,每个寄存器区含有八个 8 位寄存器)。

(6) 指令系统。

MCS-51 有功能强大的指令系统。与 MCS-48 相比,MCS-51 单片机指令系统增加了减法、乘法、除法、比较、堆栈操作以及位操作指令。当单片机的工作时钟为 12MHz 时,绝大部分指令的执行时间为 1us,小部分为 2us,乘除指令的执行时间为 4us。

(7) 布尔处理器。

从本质上讲,MCS-51 的布尔处理器实际上是一个完备的一位微型计算机,它有自己的中央处理器、位处理器、I/O 接口及指令集。布尔处理器的出现是一个技术上的突破,它将八位微型机和一位微型机的优点完美地结合在一起,一位机在开关决策、逻辑电路仿真以及实时测控等方面有突出的优点,而八位机在运算处理、数据采集等方面优势明显。

2. MCS-51 单片机资源的分配

(1) I/O 引脚资源的分配。

在实际应用中,单片机的各个 I/O 口的特点各不相同,要根据系统的要求灵活应用。比如 P₁、P₃ 口的部分引脚都定义了第二功能;各个 I/O 口的电路结构方面也不尽相同,P₀ 口采用漏极开路输出方式,而 P₁~P₃ 口采用准双向结构;另外,各个具体型号的单片机在第二引脚定义上也有细微差别,在分配 I/O 引脚时要适当注意。

(2) 程序存储器资源的分配。

片内程序存储器一般用来存储源程序和表格数据。对于 MCS-51 单片机而言,复位和中断的入口地址一般都存放在 02FH 之前的内存单元。这些内存单元里面一般都用来存放相关的转移指令,转移到相关的中断服务子程序或者复位启动程序。当我们需要存放的功能子程序较多时,最好做一个入口地址表格。一般而言,常数和表格存放在表格区,而扩展数据应该尽可能存放在高地址区。

(3) 数据存储器资源的分配。

数据存储器有片内和片外之分。片内数据存储器容量有限,但是读写速度快;片外扩展数据存储器根据系统要求可以扩展到比较大的容量,但是读写速度相对较慢。所以,在分配数据存储器资源的时候要根据各自的特点灵活运用。比如,片内数据存储器一般用做数据暂存区、显示打印缓冲区等;片外数据存储器一般用来存储批量比较大的数据,如模拟量、开关量的采样值等。鉴于片内数据存储器的资源有限,如何有效的分配这些有限的资源就显得尤其重要,下面具体就 MCS-51 单片机的片内 RAM 资源的分配问题做详细的论述。

对于 MCS-51 单片机而言,片内数据存储器是 00H~7FH,共 128 个单元。其中 00~1FH 为 32 字节的工作寄存器组,包括四个工作寄存器,分别为 R0、R1、R2 和 R3。R0 和 R1 寄存器具有指针功能,在编程的时候要做到物尽其用。当系统上电时,将自动置 PSW=00H,SP=07H,这样 RS0 和 RS1 均为 0,CPU 将选择 R0 寄存器为当前的工作寄存器组,R1 寄存器为堆栈寄存器并向后面 R2、R3 延伸。

一般在应用程序中安排主程序及其调用的子程序的时候使用 R0 寄存器,安排定时器溢出中断、外部中断、串口中断时使用 R1、R2、R3 寄存器。20H~2FH 为 16 字节的位寻址区,具有位寻址功能,一般用来存放各种软件标志、逻辑变量、位输入/输出信息、状态变量、逻辑运算的中间结果等等。这个区的资源最少,要合理分配,留有余地。30H~7FH 为 80 字节的通用寄存器区,只能存放整字节数据。一般这个区用来存放各种参数、指针、中间结果,还可以用来作为数据缓冲区。

此外,需要提醒的是当系统扩展了片外数据存储器的时候,要把使用频率较高的数据缓冲区安排在片内以提高效率。

1.2 单片机系统开发的相关工具及其使用

单片机应用系统的开发工具分为硬件开发工具和软件开发工具。硬件开发工具主要包括以下几种:通用开发板、仿真器、编程器等专用工具以及数字万用表、螺丝刀、电烙铁等普通工具。条件允许的情况下,最好配一个示波器,这样会给调试的时候带来很大方便。软件开发工具主要是 C51 编译器。目前,使用比较广泛的编译器是德国 KEIL 公司的 KEIL C51 编译器,其最新版本为 7.0。下面就主要工具的选择和使用分三个小节加以详细的论述。