

- 中国高等职业技术教育研究会推荐
- 高职高专电子、通信类专业“十一五”规划教材

单片机接口技术

主 编 杜伟略

主 审 刘雨棣



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

内 容 简 介

本书对 80C51 单片机应用系统中涉及的常用接口技术及接口器件作了系统介绍。全书分为 8 章, 内容包括绪论、单片机键盘接口技术、LED 显示器及其接口技术、LCD 的原理与接口技术、单片机串行通信接口技术、智能仪表输入/输出接口技术、打印机接口技术以及单片机应用系统设计方法。

本书可作为高职高专电子信息、通信、自动化、机电等专业教材, 也可作为应用型本科院校、函授学院、中职学校和单片机技术培训班教材, 亦可作为工程技术人员的参考用书。

★ 本书配有电子教案, 需要者可登录出版社网站, 免费下载。

图书在版编目(CIP)数据

单片机接口技术/杜伟略主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2010.9

高职高专电子、通信类专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2461-7

I. ①单… II. ①杜… III. ①单片微型计算机—接口—高等学校—教材 IV. ①TP368.147

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 133521 号

策 划 张 媛

责任编辑 许青青 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 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2010 年 9 月第 1 版 2010 年 9 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 13 375

字 数 309 千字

印 数 1~3000 册

定 价 19.00 元

ISBN 978-7-5606-2461-7/TP·1228

XDUP 2753001-1

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。

序

进入 21 世纪以来,高等职业教育呈现出快速发展的形势。高等职业教育的发展,丰富了高等教育的体系结构,突出了高等职业教育的类型特色,顺应了人民群众接受高等教育的强烈需求,为现代化建设培养了大量高素质技能型专门人才,对高等教育大众化作出了重要贡献。目前,高等职业教育在我国社会主义现代化建设事业中发挥着越来越重要的作用。

教育部 2006 年下发了《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》,其中提出了深化教育教学改革,重视内涵建设,促进“工学结合”人才培养模式改革,推进整体办学水平提升,形成结构合理、功能完善、质量优良、特色鲜明的高等职业教育体系的任务要求。

根据新的发展要求,高等职业院校积极与行业企业合作开发课程,根据技术领域和职业岗位群任职要求,参照相关职业资格标准,改革课程体系和教学内容,建立突出职业能力培养的课程标准,规范课程教学的基本要求,提高课程教学质量,不断更新教学内容,而实施具有工学结合特色的教材建设是推进高等职业教育改革发展的重要任务。

为配合教育部实施质量工程,解决当前高职高专精品教材不足的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会在前三轮联合策划、组织编写“计算机、通信电子、机电及汽车类专业”系列高职高专教材共 160 余种的基础上,又联合策划、组织编写了新一轮“计算机、通信、电子类”专业系列高职高专教材共 120 余种。这些教材的选题是在全国范围内近 30 所高职高专院校中,对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取在教育部精品专业或示范性专业的高职高专院校中公开招标的形式,以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上,召开系列教材专家编委会,评审教材编写大纲,并对中标大纲提出修改、完善意见,确定主编、主审人选。该系列教材以满足职业岗位需求为目标,以培养学生的应用技能为着力点,在教材的编写中结合任务驱动、项目导向的教学方式,力求在新颖性、实用性、可读性三个方面有所突破,体现高职高专教材的特点。已出版的第一轮教材共 36 种,2001 年全部出齐,从使用情况看,比较适合高等职业院校的需要,普遍受到各学校的欢迎,一再重印,其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印 6 次,并获教育部 2002 年普通高校优秀教材奖。第二轮教材共 60 余种,在 2004 年已全部出齐,有的教材出版一年多的时间里就重印 4 次,反映了市场对优秀专业教材的需求。前两轮教材中有十几种入选国家“十一五”规划教材。第三轮教材 2007 年 8 月之前全部出齐。本轮教材预计 2009 年全部出齐,相信也会成为系列精品教材。

教材建设是高职高专院校教学基本建设的一项重要工作。多年来,高职高专院校十分重视教材建设,组织教师参加教材编写,为高职高专教材从无到有,从有到优、到特而辛勤工作。但高职高专教材的建设起步时间不长,还需要与行业企业合作,通过共同努力,出版一大批符合培养高素质技能型专门人才要求的特色教材。

我们殷切希望广大从事高职高专教育的教师,面向市场,服务需求,为形成具有中国特色和高职教育特点的高职高专教材体系作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长

2007 年 6 月



前 言

随着电子技术的迅猛发展,单片机技术已渗透到航天、国防、工业、农业以及日常生活等各个领域,成为当今世界科技发展不可缺少的重要工具和强有力的武器。用单片机研制的各种智能化测量控制仪表具有周期短、成本低的特点,在仪器、仪表与机电一体化产品的设计中占有明显的优势。目前,“单片机接口”课程已成为高职高专应用电子、测控技术、电子信息工程、机电一体化等专业的必修课。为此,编者总结多年教学经验以及科研成果编写了此书。

本书以 Intel 80C51 单片机接口技术作为分析和讨论的对象,介绍了多种单片机接口技术。全书共分为 8 章,第 1 章介绍接口的基本概念及接口技术所要解决的问题;第 2 章介绍单片机常用键盘接口技术以及识别键盘的方法;第 3 章介绍 LED 显示器及其接口技术,其中 ZLG7289 是目前较为流行但以往教材中甚少介绍的内容;第 4 章详细介绍 LCD 的原理与接口技术,特别给出了常用的点阵字符型、点阵图形液晶显示器的应用实例;第 5 章介绍单片机串行通信接口技术,以及较为流行的 SPI、I²C 串行通信的原理和应用;第 6 章介绍智能仪表输入/输出接口技术,包括 A/D 转换器、D/A 转换器与单片机的接口;第 7 章介绍打印机接口技术;第 8 章介绍单片机应用系统的设计方法,着重介绍单片机应用系统的抗干扰技术、控制技术(PID 控制)。

无锡职业技术学院杜伟略任本书主编,潘健任副主编,黄从贵、王波也参与了编写。其中,潘健编写第 1、3、4 章,黄从贵编写第 2、7 章,王波编写第 6 章,杜伟略编写第 5、8 章。全书由杜伟略统稿。

西安航空技术高等专科学校的刘雨棣教授主审了本书,并提出了宝贵意见,在此表示衷心的感谢。同时,本书参考和引用了大量文献,对这些参考文献的作者和出版单位表示感谢。

由于水平有限,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者
2010 年 5 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 接口的基本概念	1
1.2 接口技术所要解决的问题	2
1.3 单片机接口技术的特点	3
第 2 章 单片机键盘接口技术	5
2.1 键盘概述	5
2.1.1 按键的分类	5
2.1.2 按键的输入	5
2.1.3 按键的消抖	6
2.1.4 按键的其他问题	8
2.1.5 键盘的编码方式	9
2.2 非编码式键盘	9
2.2.1 键盘的工作方式	9
2.2.2 键盘的组成形式	10
2.2.3 独立式键盘	11
2.2.4 矩阵式键盘	13
2.3 编码式键盘	21
2.3.1 ZLG7289 概述	21
2.3.2 ZLG7289 的引脚排列及功能说明	22
2.3.3 ZLG7289 键盘接口方法	23
习题	25
第 3 章 LED 显示器及其接口技术	27
3.1 七段 LED 数码显示器	27
3.1.1 七段 LED 数码显示器的结构与原理	27
3.1.2 七段 LED 数码显示器的接口及显示程序	28
3.2 LED 点阵显示器	34
3.2.1 LED 点阵显示器概述	34
3.2.2 LED 点阵显示器与单片机的接口及编程	34
3.3 LED 数码管专用集成电路	36
3.3.1 ZLG7289 控制指令	36
3.3.2 SPI 接口显示时序	40

3.3.3 ZLG7289 与单片机键盘显示接口	40
习题	43
第 4 章 LCD 的原理与接口技术	44
4.1 概述	44
4.2 液晶显示器的工作原理、性能及特点	44
4.2.1 液晶分子的性质	44
4.2.2 扭曲向列(TN)型液晶的显示原理	45
4.2.3 常见液晶显示器的主要性能及特点	46
4.3 液晶显示器的驱动方式	46
4.3.1 静态驱动方式	46
4.3.2 动态驱动方式	48
4.4 笔段式液晶显示器的工作原理及应用	50
4.4.1 HT1621 的特性和基本结构	50
4.4.2 HT1621 的指令	54
4.4.3 HT1621 与 MCU 的接口	55
4.5 点阵字符型液晶显示器模块的使用	56
4.5.1 点阵字符型液晶显示模块的基本特点	57
4.5.2 采用 HD44780 的通用液晶显示模块 1602	57
4.5.3 HD44780 的指令特性及与 MCU 的接口	62
4.6 点阵图形液晶显示器的使用	67
4.6.1 12864J 点阵图形液晶显示器的结构与特点	67
4.6.2 点阵图形液晶显示模块的主要硬件构成说明	68
4.6.3 KS0108 点阵液晶显示控制器的指令系统	70
4.6.4 MCU 与 12864J 液晶模块的应用电路	71
习题	76
第 5 章 单片机串行通信接口技术	77
5.1 串行通信总线标准及接口技术	77
5.1.1 串行通信标准	77
5.1.2 RS-232C 总线标准及接口电路	77
5.1.3 RS-449/422A/423A/485 总线标准及其接口	80
5.2 80C51 串行接口	87
5.2.1 串行口的寄存器结构	87
5.2.2 80C51 单片机的串行通信工作方式	88
5.3 80C51 串行接口通信技术	90
5.3.1 80C51 双机通信技术	90
5.3.2 80C51 多机通信技术	97
5.3.3 80C51 多机通信技术的应用	102

5.4 I ² C 总线	104
5.5 SPI 串行扩展接口	110
5.5.1 SPI 总线的结构原理	110
5.5.2 SPI 总线的应用举例	111
习题	120
第 6 章 智能仪表输入/输出接口技术	122
6.1 D/A 转换器与 A/D 转换器的基本概念	122
6.2 D/A 转换器	123
6.2.1 D/A 转换器的工作原理	123
6.2.2 D/A 转换器的性能指标	125
6.2.3 D/A 转换器与单片机的接口	127
6.3 A/D 转换器	135
6.3.1 A/D 转换器的工作原理	135
6.3.2 A/D 转换器的性能指标	139
6.3.3 A/D 转换器与单片机的接口	139
6.4 数据采集系统	155
6.4.1 前置放大器	156
6.4.2 采样-保持器	157
6.4.3 新型单片数据采集系统 AD μ C8 $\times\times$ 简介	158
习题	160
第 7 章 打印机接口技术	162
7.1 微型打印机的工作原理	162
7.2 TP μ P 系列微型打印机	163
7.3 TP μ P 打印机接口设计	166
7.3.1 TP μ P 打印机并行接口设计	166
7.3.2 TP μ P 打印机串行接口设计	173
7.3.3 汉字和图形的打印	175
习题	180
第 8 章 单片机应用系统设计方法	181
8.1 单片机应用系统的组成	181
8.2 单片机应用系统的基本设计方法	182
8.2.1 单片机应用系统设计的基本要求与步骤	182
8.2.2 单片机应用系统的硬件与软件设计	183
8.2.3 单片机应用系统的低功耗设计	184
8.3 单片机应用系统的可靠性设计	186
8.3.1 干扰源	186

8.3.2 电源、地线、传输干扰及其对策..... 188

8.3.3 硬件抗干扰措施..... 189

8.3.4 软件抗干扰措施..... 190

8.4 单片温度控制系统..... 193

8.4.1 硬件电路设计..... 193

8.4.2 程序设计..... 195

习题..... 201

参考文献..... 203

第1章 绪 论

单片机又称为微控制器(Microcontroller), 是在一块芯片上集成了 CPU、ROM、RAM 以及各种功能的 I/O 接口的超大规模集成电路。目前的单片机具有体积小、价格低、功能强、可靠性高以及使用方便灵活的特点, 已经基本取代了早期所使用的单板机。用单片机研制开发的各种智能化测量控制仪表的周期短, 成本低, 在仪器仪表与机电一体化产品设计中具有明显的优势。近十几年来, 单片机的开发应用迅猛发展, 其应用领域日趋广泛。这一点仅从目前各个厂家所推出的单片机的产品种类就可看出。

从目前的情况来看, 单片机的发展有两个方向: 一是专用单片机, 二是通用单片机。专用单片机用于某些对体积和功耗等性能有特殊要求的产品, 例如目前迅速发展的移动通信手机专用单片机。专用单片机把有关的接口电路与 CPU 芯核做在一起, 并专门设计了相应的功能电路, 用户无需进行任何扩展即可满足产品的所有功能。专用单片机通常用于大批量生产的产品。对于大多数用户来说, 经常使用的还是通用单片机, 然而, 通用单片机的功能再强, 也无法满足所有产品的功能需要, 因此, 开发者必须针对所设计的具体产品对系统进行相应扩展, 而系统扩展就意味着要采用各种接口电路。

1.1 接口的基本概念

接口(Interface)这个词的技术含义是指各种不同特性部件的相互交接部分。对于单片机来说, CPU 是整个系统的核心器件, CPU 与其他外围电路和部件相互交接的部分就是接口。接口又分为硬件接口和接口软件。所谓硬件接口, 是指两个部件实体之间的连线和逻辑电路; 接口软件则是指为实现信息交换而设计的程序。在现有的接口技术下, 硬件接口往往需要相应的接口软件的支持。

计算机的外围电路和部件通过接口进行互连的根本目的就是要实现信息的交换。这些外围电路和部件内信息的类型、格式以及对它们处理的方法和速度都有很大的差异。因此, 各种外围电路和部件的接口技术也是各不相同的。由于目前各种接口器件的种类繁多, 性能各异, 所以掌握常用器件的接口技术就显得非常必要了。

根据接口的功能和所涉及的信息类型、格式以及信息交换的速度, 具体的接口技术有以下几种分类。

1. 存储器接口与 I/O 外设接口

在计算机系统中, 存储器与 I/O 外设是两类不同性质的功能电路。存储器的功能是存储信息; I/O 外设则用于信息的输入/输出。虽然在 80C51 系列单片机中没有独立的外部 I/O 指

令, 存储器与外部 I/O 的操作都采用 MOVX 指令, 但存储器的特性与 I/O 外设却有着明显的不同。此外, 目前存储器的种类也很多, 各种类型的存储器特性也有很大的差异。

2. 串行接口与并行接口

微型计算机系统总线(数据总线、地址总线)都属于并行总线, 即数据和地址的各位信息同时传送。除了串行通信接口以外, 早期微型计算机的各种接口部件都是并行的。并行接口的特点是信息传送的速度快, 缺点是硬件连线多, 8 位总线就至少要有 8+1(地线)根连线。串行接口是将信息逐位传送, 因此传送速度较慢, 其优点是只用 2 根连接线就能传送任意位的信息。随着串行通信技术的不断改进, 串行通信的速度有了很大的提高, 可靠性也大为增强。因此, 很多原来只采用并行通信接口的功能部件, 现在都有了采用串行通信接口的产品, 如串行接口存储器、串行接口显示器、串行接口 A/D 和 D/A 等。

3. 模拟接口与数字接口

自然界中的很多信息都是以模拟量形式存在的, 即在任何两个数值之间总可以找出其中的值, 比如语音信号、温度和压力等。计算机只能处理用有限位数字形式表示的数字量。凡是涉及模拟量信息的接口部件都是模拟接口, 这种接口有两类, 即 A/D 接口和 D/A 接口。

4. 高速接口与中低速接口

所谓高速接口与中低速接口, 通常是指相对于 CPU 的读/写速度而言的信息传送速度, 如果接口传送信息的速度接近或超过 CPU 的读/写速度, 就称为高速接口; 反之, 就称为中低速接口。高速接口需要采用特殊的技术。本书主要讨论中低速接口的设计。

1.2 接口技术所要解决的问题

1. 数据锁存、缓冲与驱动

根据总线的时序关系, CPU 向外设写一个数据时, 数据仅仅在总线上存在一个很短的时间(在系统时钟为 12 MHz 时, 约为 0.5 μ s)。一般来说, 外设很难在这样短的时间内完成应当做的工作。如果在接口电路中增加一个 D 触发器, 就可以将输出数据锁存。锁存的信息可以为外设随时取得, 不必考虑两者的速度配合。CPU 在输出数据后就可以进行别的操作。有些输入信息的接口也具有锁存功能。

接口电路除了要对数据进行锁存以外, 还应当具有缓冲功能, 即在输入/输出之间进行一定的隔离, 以减少甚至消除相互之间的影响。接口部件输出到数据总线中的缓冲器一般采用三态门, 以防止外部信号影响公用的数据总线所进行的其他操作。考虑到负载的情况和总线本身的负载能力, 缓冲器一般都具有适当的驱动能力。特殊情况下, 还可以采用专用的驱动器。

2. 数据形式的变换

某些接口所连接的两个部件的信息形式是不同的, 因此接口必须对所传送的信息进行变换, 以使其能适合接收方的要求。这方面最为明显的是 A/D 接口和 D/A 接口。

串行数据和并行数据的形式变换也是很常见的。除了一般形式的串行/并行数据变换以

外,有时还包括特殊的数据转换。例如,CRT 接口不仅要计算机提供的并行数据转换为串行数据,还要将字符代码形式的数据转换为相应的字形信息。

在有些情况下,接口还要进行电平的转换。例如,串行通信标准 RS-232C 的信号电平为 $\pm 12\text{ V}$,而计算机内的逻辑电平通常为 TTL 电平($0\sim +5\text{ V}$),这就需要进行电平的转换。

3. 数据传送过程的控制

微处理机与外设通常是异步工作的。如果不对数据传输过程进行适当控制,就有可能导致数据在传输过程中发生错误。例如,从 CPU 向外设输出一串数据,当输出的第一个数据锁存在接口电路中以后,外设必须及时取走它,否则就有可能发生当 CPU 发送第二个数据时,外设还未将第一个数据取走的情况。由于锁存器的内容被更改,因此第一个数据就丢失了。

控制数据传输是否开始的依据应该是接收部件是否准备好,开始接收数据的条件应该是对方的数据已经准备好。接口电路处于系统总线与外设之间,为了协调数据的传输,它应该有两个方向的联络、控制信号,以表征通信双方是否已经准备就绪。

4. 地址编码与译码

计算机的各种接口部件通常要在系统中占据一个或多个 I/O 地址。对于 80C51 系列单片机,由于其外扩的 I/O 端口与外扩的随机存储器共用一个地址空间,因此,还牵涉到一个如何妥善安排地址空间,以便使各个接口部件之间互相不影响,也不与存储器地址相冲突的问题。

I/O 端口地址通常采用译码的方法产生,但有的单片机应用系统外围接口比较简单,也可以直接利用单片机本身的 I/O 端口进行连接,从而不占用任何地址资源。

5. 接口软件

所谓接口软件,是指为了使接口电路正常工作而由 CPU 所执行的程序。很多接口部件都有多种工作方式并可以通过编程改变其工作方式,称为可编程接口器件。由于接口电路的多样性,接口软件的设计也有很大的差异。接口软件通常包括接口初始化程序、接口状态检测和控制程序以及进行一个基本数据传输的程序。

1.3 单片机接口技术的特点

由于单片机已经具备了一些常用的功能部件以及单片机的应用主要面向测控系统,因此,与通用微型计算机的接口技术相比,单片机的接口技术有其自身的特点。

首先,单片机的接口更侧重于简单的人机接口和测控接口;通用微型计算机的人机界面是标准键盘和显示器,比单片机的人机接口要复杂得多,其功能也强得多。例如,PC 机的键盘本身就是一个单片机系统,可以对 100 多个键进行扫描,并具有消除抖动和重键处理等功能。另外,通用计算机不是面向测控应用的,因此通常不具备测控接口。如果需要,则必须使用扩展板。

其次,单片机的接口往往需要用户自行设计,而且没有统一的标准和规格,同一种功能往往可以采用不同的接口设计方案;通用微型计算机的接口部件是已经设计好的,用户只能使用其提供的功能,而不能更改其原有的设计。因此,单片机的接口设计往往需要更

多的技巧和经验。

第三，单片机应用系统的规模通常都比较小，存储器的容量也不大，因此，很少采用大容量的存储器，而且通常只采用静态存储器，很少采用动态存储器，也很少采用外部存储器(软盘、硬盘等)；在通用微型计算机中，通常都采用大容量的动态存储器，软盘和硬盘更是必不可少的大容量的外部存储器。

鉴于单片机的上述特点，本书着重介绍了单片机面向测控应用系统的接口设计，最后还简要介绍了单片机应用系统的设计方法。

第2章 单片机键盘接口技术

键盘是单片机应用系统中最常用的人机接口输入设备。在单片机应用系统中，为了控制系统的工作状态以及向系统输入数据，一般均设有按键或键盘，如按键复位电路中的复位键、功能转换的功能键和数据输入的数字键等。

2.1 键盘概述

键盘是由一组规则排列的按键组成的，一个按键实际上是一个开关元件。也就是说，键盘是一组规则排列的开关。

2.1.1 按键的分类

组成键盘的按键开关按照结构原理可分为两类：一类是触点式按键开关，如机械触点式按键、导电橡胶式按键、柔性按键等；另一类是无触点按键开关，如电气式按键、磁感应按键等。

前者造价低，后者寿命长。目前，单片机系统中最常见的是触点式按键开关。

(1) 机械触点式按键利用弹性使键复位，手感明显，连线清晰，工艺简单，适合单件制造，但是触点处易侵入灰尘而导致接触不良，体积相对较大。

(2) 导电橡胶式按键利用橡胶的弹性来复位，通过压制的方法把面板上所有的按键制成一块，体积小，装配方便，适合批量生产，但是时间长了，橡胶老化会使弹力下降，同时易侵入灰尘。

(3) 柔性按键又称触摸式键盘，是近年来迅速发展的一种新型按键，可以分为凸球型和平面型两种。凸球型动作幅度大，触感明显，富有立体感，但制造工艺相对复杂；平面型幅度微小，触感较弱，但工艺简单，寿命长。柔性按键的最大特点是防尘、防潮、耐蚀，外形美观，装嵌方便，而且外形以及面板的布局、色彩、键距可按照整机的要求来设计。

2.1.2 按键的输入

单片机系统中通常使用机械触点式按键开关，其主要功能是把机械上的通、断转换成电气上的逻辑关系。也就是说，它能提供标准的 TTL 逻辑电平，以便与通用数字系统的逻辑电平相容。

如图 2-1(a)所示，机械触点式按键一端接地，另一端提供逻辑电平，为确保按键可靠输入，通过上拉电阻接 +5 V 电源。按键在闭合或断开的瞬间，由于机械弹性作用的影响，通常伴随有一定时间的触点机械抖动，然后其触点才稳定下来。如图 2-1(b)所示，按键输入波

形不可避免地出现抖动, 这样就会造成输入电压不稳定。

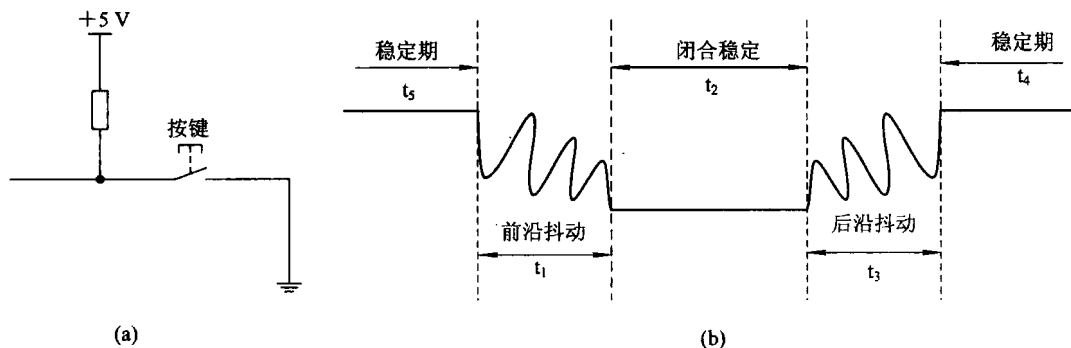


图 2-1 按键闭合及断开时的电压抖动波形

通常按键抖动时间的长短与开关的机械特性有关, 一般为 $5 \sim 10 \text{ ms}$ 。这是一个很重要的时间参数, 在很多场合都要用到。其中, t_1 期间为前沿抖动, t_2 期间为稳定期, t_3 期间为后沿抖动, t_1 、 t_2 在一起组成按键闭合阶段。按键的闭合稳定时间 t_2 由操作人员的按键动作来决定, 一般在十分之几秒至几秒之间。

2.1.3 按键的消抖

按键的抖动对于人类来说是感觉不到的, 但对单片机来说, 则是完全可以感应到的, 而且还是一个很“漫长”的过程, 因为单片机处理的速度在“微秒”级, 而按键抖动的时间至少在“毫秒”级。

单片机如果在触点抖动期间检测按键的通断状态, 则可能导致判断出错, 即按键一次按下或释放被错误地认为是多次操作, 从而引起误处理。因此, 为了确保单片机对一次按键动作只作一次响应, 就必须考虑如何消除按键抖动的影响。

消除按键抖动的影响就是保证在按键闭合稳定期(t_2)读取按键的状态, 在按键释放稳定期(t_4)进行键值处理。常用的消除按键抖动的方法有两种: 硬件方法和软件方法。

1. 硬件方法

硬件消抖的典型做法是: 采用 R-S 触发器或 RC 积分电路。

1) 双稳态消抖

双稳态消抖即在按键输出端加 R-S 触发器或单稳态触发器构成消抖电路, 如图 2-2 所示, 触发器一旦翻转, 触点抖动对其不会产生任何影响。

电路的工作过程如下:

(1) 当按键未按下时, $a=0$, $b=1$, 输出 $A=1$, $B=0$ 。

(2) 当按键按下时, 按键的机械弹性作用使按键产生前沿抖动。

① 当开关没有稳定到达 b 端时, B 输出为 0, 反馈到上面的与非门的输入端, 封锁了与非门, 双稳态电路的状态不会改变, 输出 A 保持为 1, 这样就消除了前沿的抖动波形。

② 当开关稳定到达 b 端时, 因 $a=1$, $b=0$, 使 $A=0$, 双稳态电路状态发生翻转。

(3) 当释放按键时, 按键的机械弹性作用使按键产生后沿抖动。

① 当开关未稳定到达 a 端时, $A=0$, 封锁了下面的与非门, 双稳态电路的状态保持不

变, 输出 A 保持不变, 这样就消除了后沿的抖动波形。

② 当开关稳定到达 a 端时, 因 $a=0$, $b=1$, 使 $A=1$, 双稳态电路状态发生翻转, 输出 A 重新返回原来的状态。

由此可见, 键盘输出经双稳态电路之后, 波形已经变为规范的矩形方波。

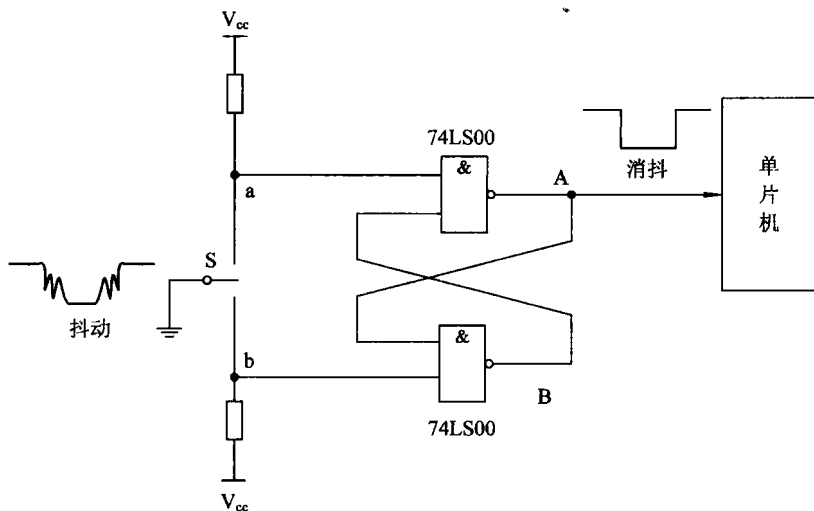


图 2-2 用 R-S 触发器构成的消抖电路

2) 滤波消抖

如图 2-3 所示, 利用 RC 积分电路可以吸收振荡脉冲的特点, 正确选取适当的时间常数, 便可消除按键抖动的影响。

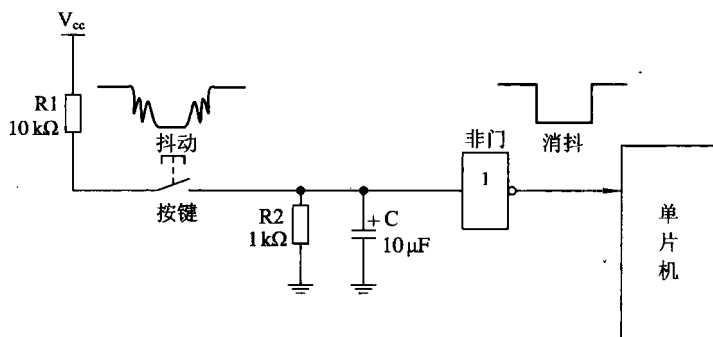


图 2-3 用 RC 积分电路构成的消抖电路

电路的工作过程如下:

(1) 当按键未按下时, 电容 C 两端的电压为 V_{cc} , 非门输出为 1。

(2) 当按键按下时, 由于电容 C 两端的电压不能突变, 因此即使在接触过程中出现抖动, 只要 C 两端的充电电压波动不超过非门的开启电压 (TTL 为 0.8 V 左右), 非门的输出就不会改变 (可通过选取合适的 R1、R2 和 C 的值来实现)。

(3) 当按键断开时, 即使出现抖动, 由于 C 两端的电压不能突变 (它要经过 R2 放电), 因此只要 C 两端的放电电压波动不超过非门的关闭电压, 非门的输出就不会改变。

所以, RC 电路滤波消抖成败的关键在于 R1、R2 和 C 时间常数的选取。必须保证 C 由

稳态电压充电到开启电压或放电到关闭电压的延迟时间大于或等于 10 ms。参数的数值可由计算或实验确定,图 2-3 中的参数仅供参考。若采用输入端有施密特触发特性的门电路,则效果更好。

2. 软件方法

当按键较多时,硬件方法将导致系统硬件电路设计复杂化,硬件消抖将无法胜任,这时常采用软件方法进行消抖。

软件消抖的基本原理是:在检测到有按键按下时,不是立即认定此键已被按下,而是执行一个 10 ms 左右(具体时间应视所使用的按键进行调整)的延时程序后,再确认该键电平是否仍然保持闭合状态电平,若仍然保持,则确认该键真正被按下。这实际上是避开了按键按下时的抖动时间,从而消除了前沿抖动的影响。

同理,在检测到按键释放后,再延时 5~10 ms,消除后沿抖动,然后再对键值进行处理。不过一般情况下,我们通常不对按键释放的后沿进行处理,实践证明,这样也能满足一定的要求。

总之,硬件方法一般用在对按键操作过程比较严格,且按键数量较少的场合,而按键数量较多时,通常采用软件消抖。值得一提的是,对于复杂且多任务的单片机系统来说,若简单地采用循环指令来实现软件延时,则会浪费 CPU 宝贵的时间资源,大大降低系统的实时性,所以,更好的做法是利用定时中断服务程序或利用标志位的方法来实现软件消抖。

2.1.4 按键的其他问题

前面对按键的分类、输入及消抖进行了说明,在实际中还应该考虑按键的串键、连击、多功能键、复合键等其他问题。

1. 串键

串键是指同时有一个以上的键被按下。串键会引起 CPU 错误响应。

通常采取的策略是:单键按下有效,多键同时按下无效。

2. 连击

连击是指一次按键产生多次击键的效果。连击的本质就是一次按键被反复检测到。

通常采取的策略是:等待按键释放,使得一次按键只执行一次键功能处理(不管一次按键持续的时间多长,仅检测一次),否则,键功能处理程序的执行次数将是不可预知的,由按键时间来决定。比如,按键检测时间一般为微秒级,假设一次按键时间持续 1 s,则执行键功能处理程序的次数将达到万次左右,大大降低了 CPU 的效率。

连击是可以利用的。连击对于用计数法设计的多功能键特别有效。

3. 多功能键

在单片机应用系统中,为简化硬件线路,缩小整个系统的规模,总希望设置最少的按键,获得最多的控制功能。可以通过软件的方法实现一键多功能。

通常采用的策略是:选择一个 RAM 工作单元,对某一个按键进行按键计数,根据不同的计数值,转到子程序。这种计数多功能键最好与显示器结合使用,以便知道当前的计数值,同时配合一个启动键。

多功能键的利用应具体情况具体分析, 要求速度的场合最好采用一键一功能; 如果系统功能很多, 一键一功能不现实, 则可采取一键多功能。

4. 复合键

复合键就是两个或两个以上的键的联合, 当这些键同时被按下时, 才能执行相应的功能程序。实际情况做不到“同时按下”, 它们的时间差别可以长到 50 ms。

通常采用的策略是: 定义一个或两个引导键, 这些引导键被按下时没什么意义, 执行空操作。微机键盘上的 CTRL、SHIFT、ALT 等均为引导键, 其缺点是操作复杂, 且操作时间较长。

2.1.5 键盘的编码方式

键盘是由一组规则排列的按键组成的, 每一个按键所在的物理位置不同, 对应的功能也不同。按键所在的物理位置的编码称为键码, 而按键所对应的功能或数值称为键名或键值, 如数字键 0~9、字符键 0AH~0FH、功能键 10H 等。键码是人为规定的, 由相应的键值处理程序来实现。

根据键码的产生方式不同, 键盘可分为编码式键盘和非编码式键盘。

(1) 编码式键盘: 键盘闭合键的识别是由专用硬件实现的, 即硬件方法产生键码。

(2) 非编码式键盘: 键盘闭合键的识别是由软件实现的, 即软件方法产生键码。

编码式键盘由硬件逻辑自动提供与按键对应的编码, 还具有去抖动和多键、串键保护电路, 使用方便, 硬件结构复杂, 成本较高, 一般的单片机应用系统较少采用; 非编码式键盘只简单地提供键盘的结构, 其他工作均由软件完成, 如按键的消抖、识别等, 硬件结构简单, 经济实用, 但程序较复杂, 多应用于一般的单片机系统中。

2.2 非编码式键盘

如 2.1.5 节所述, 非编码式键盘只是简单地提供键盘的结构, 其他工作均由软件来完成, 如按键的识别、消抖、键值分析处理及一些保护措施的实施等。

2.2.1 键盘的工作方式

在单片机应用系统中, 键盘扫描只是 CPU 的工作内容之一。当 CPU 忙于各项任务时, 如何兼顾键盘的输入, 取决于键盘的工作方式。

键盘的工作方式有程序扫描方式、定时扫描方式和中断方式。

1. 程序扫描方式

程序扫描方式就是在主程序循环扫描各任务的中间, 加入键盘扫描的任务。当主程序扫描的任务太多或任务耗时较长时, 单片机的反应会有些慢。

2. 定时扫描方式

定时扫描方式是指采用定时中断方式对键盘进行扫描, 以响应键盘输入的请求。这种方式避免了程序扫描方式的缺点, 能及时读取键盘的输入, 但不管键盘上有无键闭合, CPU 总是定时扫描键盘, 降低了 CPU 的效率。