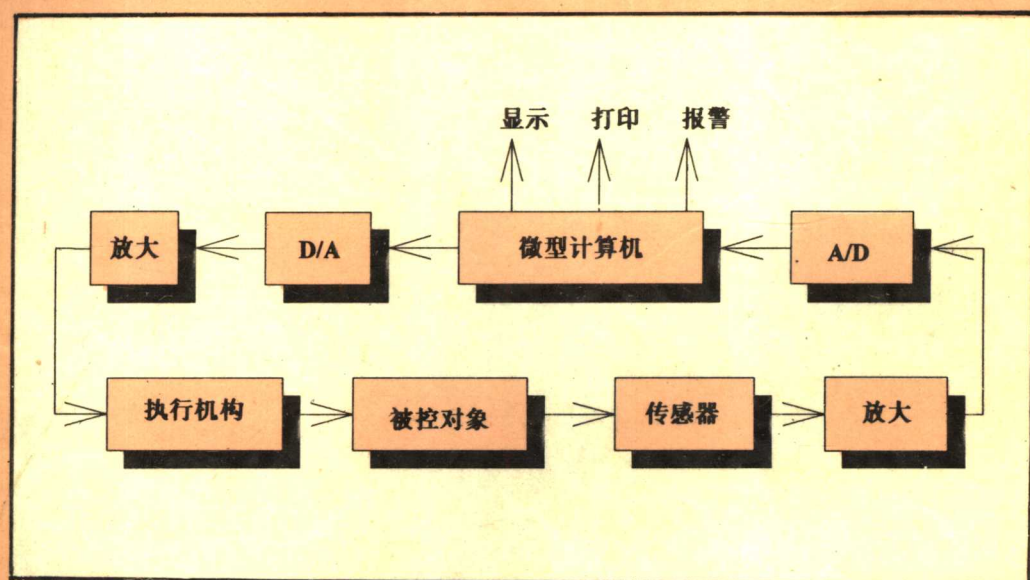


单片机接口 与系统设计

高明 编著
李丛信 审



哈尔滨工业大学出版社

单片机接口与系统设计

高 明 编著

李丛信 审

哈尔滨工业大学出版社

内 容 简 介

本书以美国 Intel 公司 MCS-51 系列单片微机为主,从微型计算机工程应用系统设计的角度出发,将传统课程设置中的单片微机原理与应用、微型机接口技术,以及单片机系统设计(包括抗干扰措施)和单片机开发工具的应用等内容有机地结合在一起,对微机工程应用中的数据采集与工业控制两个方面,分别加以论述。全书共分四章,第一章为单片微机综述,除介绍 MCS-51 系列单片微机的基本组成、功能、基本指令系统和应用程序外,重点介绍单片微机应用电路板的组成原理。第二章为 MCS-51 的接口技术,分别介绍典型数字量和模拟量 I/O 接口技术。第三章为单片微机的系统设计与开发,主要介绍单片机开发工具的基本功能和使用方法,还介绍了常见故障的检测手段和方法。第四章为单片机应用实例,介绍实际应用中的数据收集和工业控制实例。

本书可作为高等工科院校本科生及研究生的教材,也可作成人教育的教材,还可供从事单片微机系统设计的广大科技工作者参考。

单片微机接口与系统设计

Danpian Wei ji Jiekou yu Xitong Sheji

高 明 编著

*

哈尔滨工业大学出版社出版

新华书店首都发行所发行

黑龙江大学印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 9.625 字数 222 千字

1995 年 8 月第 1 版 1995 年 8 月第 1 次印刷

印数 1—5 000

ISBN 7-5603-1085-0/TP·76 定价 9.50 元

前言

微型计算机的应用已深入到人类生产、生活的所有领域,从微机应用技术的角度出发,微型计算机的应用不外乎两个方面:一是微机管理与数据处理方面的应用,其关键技术是系统软件、算法语言程序设计、数据库和网络;另一方面是工程技术方面的应用,接口技术、汇编语言程序设计、系统设计与开发是其关键技术。

权威人士指出,单片微机的出现是微型计算机工程应用的里程碑。单片微机以其高集成度、高可靠性、高性能价格比,以及飞速发展的系列化和产品化,在数据采集和工业控制中发挥着愈来愈重要的作用。

单片微机的硬件及接口设计的规范化(有人戏称“傻瓜化”),使工程应用中的系统设计成为一般工程技术人员可以胜任的工作。实践证明,一些非计算机专业的工程技术人员因其对本专业领域应用微机要解决的问题有深刻的了解,一旦掌握了微机系统设计技术,就有可能超越专业计算机工程人员所能做出的成绩。究其原因,是这些工程技术人员通过刻苦钻研和勇于实践,已经逐步掌握了系统设计与系统开发调试的理论基础和应用技能。

作者从事微机工程应用教学和科研工作近三十年,在与工院校的专科生、夜大生、本科生、研究生以及各种培训班学员的交往中,深知他们对微机工程应用技术的渴求。编写本书的目的,就是希望以个人的点滴心得与体会,把他们“扶上马”,再“送一程”。

作者认为,计算机工程应用教学中,传统的硬件与软件之分早已不可取。而把课程严格分为原理与应用、接口技术、系统设计与开发也是无法满足上述要求的。本书的宗旨是力求使非计算机专业的工程技术人员掌握微机工程应用的真谛,以尽快尽早地成为微机工程应用的专家里手;对计算机专业的工程技术人员,则希望能够在了解微机工程应用对象和手段方面,对他们有所帮助。如果这样的目的能够达到或部分达到,就是作者本人最大的欣慰了。

本书以国内国外八位单片机主流机型美国 Intel 公司的 MCS-51 系列为主,同时也兼顾一般常用微机接口技术与应用。

全书共有四章:第一章是单片微机综述。除介绍 MCS-51 系列单片微机的基本组成、功能、基本的指令系统和应用程序以外,重点介绍单片机应用电路板的组成原理。

应该说,学好这部分内容是学习本书的基础。

第二章是 MCS-51 系列单片机接口设计。是在综述一般微机接口技术的基础上,分别介绍实用性较强的典型数字量 I/O 接口和典型模拟量 I/O 接口设计。

包括接口电路和基本驱动程序的 I/O 接口设计,是单片机工程应用的关键技术,也是目前单片机工程应用中规范化最好的部分。因此,也是本书的重点章节。

第三章是微机的系统设计与开发。主要介绍单片机开发工具的基本功能和使用方法,

给出有关单片微机系统设计和抗干扰的基本建议。同时,也给出了常见故障的检测方法和手段。

第四章是单片微机应用的实例。是从作者近十年来所完成的单片机科研实践中抽取的部分内容。这些应用实例既不是“样板”,也不是典范,只是一些实际应用的数据采集和工业控制实例,是本书前几章内容的具体体现。作者介绍的一些实际系统应用中的问题及其解决方法,有的可能直接对读者有用;有的可能只是对读者有些启发而已。

在作者完成上述单片机应用项目的过程中,曾经在哈工大工作过的青年讲师叶春生以及硕士生张道军、李春生、陈熙霖、李鹏、张晶、丁一军做了许多工作。许多应用程序是由他们完成的,许多简捷实用的软硬件设计方案也是出自他们之手。在完成书稿的过程中,硕士生马瑞祥、本科生姚飞、张杰绘制了本书全部插图。大庆石油学院计算机科学系主任李丛信副教授仔细审阅了全部书稿,并提出了许多宝贵意见。本书在编写与出版过程中还得到王义和教授的大力支持和帮助,作者在完成此书时,衷心感谢他们的工作和合作。

本书的绝大部分内容取自作者为本校研究生开设的“单片微机与系统设计”和“微机接口-数据采集与工业控制”两门课程,以及为本科、专科、成人教育讲授的“单片微机原理与应用”,尽管这些课程已讲授多年,并得到了学生的认可,但因作者水平有限,疏漏之处难免,敬请读者批评指正。

作 者

1995年3月于哈尔滨工业大学

目 录

第一章 单片微机综述	1
引言	1
§ 1. 1 单片微机概述	1
一、单片微机	2
二、单片微机的应用	3
三、单片微机的开发	4
§ 1. 2 MCS-51 系列单片机的结构与功能	5
一、MCS-51 系列单片机的引脚与结构	5
二、MCS-51 系列单片机的基本功能	7
三、对定时/计数器和中断系统的进一步介绍	10
§ 1. 3 MCS-51 系列单片机的存储器组织、寻址方式与数据操作	16
一、MCS-51 系列单片机的存储器组织	17
二、MCS-51 系列单片机的寻址方式	22
三、MCS-51 系列单片机的数据操作	24
§ 1. 4 MCS-51 系列单片机的指 25 令系统	25
一、数据传送类指令	26
二、算术运算类指令	26
三、逻辑运算类指令	28
四、布尔处理器操作类指令	29
五、控制转移类指令	29
§ 1. 5 MCS-51 系列单片机程序设计 (初步)	30
一、两条“查表”指令及其应用	31
二、多倍字长的十进制减法指令	32
三、基数变换子程序	33
四、“散转”指令及其应用	34
§ 1. 6 MCS-51 系列单片机应用电路板组成原理	35
一、典型的数字量 I/O 应用板	35
二、程序存储器的扩充	39
三、数据存储器及 I/O 接口电路的扩充	41
§ 1. 7 E ² PROM 及其接口设计	46
一、Intel2864A 芯片简介	46

二、2864A 与 8031 接口及页面写入程序	47
第二章 MCS-51 系列单片机接口设计	49
§ 2. 1 微型计算机接口技术概述	49
一、微型计算机的接口电路	51
二、微机接口电路的控制方式	54
三、微机接口电路的同步方式	56
四、微机接口电路的数据传送方式	57
§ 2. 2 典型数字量 I/O 接口设计	58
一、基本的开关输入与发光管输出	58
二、简易键盘与七段发光管显示器接口	59
三、打印机接口	67
§ 2. 3 典型模拟量 I/O 接口设计	71
一、常用 A/D 转换器简介	71
二、ADC0809 接口与应用	72
三、5G14433 接口与应用	77
四、典型的 D/A 转换器接口	82
§ 2. 4 MCS-51 系列单片机的节电运行方式及飞利浦 80C51 系列单片机	86
一、MCS-51 系列单片机的节电运行	86
二、飞利浦 80C51 系列单片机	88
第三章 单片微机系统设计与开发	90
§ 3. 1 单片微机的开发工具与仿真器应用	90
一、SICE 开发系统简介	90
二、在线仿真器的应用	92
§ 3. 2 单片微机应用系统设计与抗干扰措施	95
一、关于单片微机系统设计的建议	96
二、单片微机常用的抗干扰措施	98
§ 3. 3 单片微机接口的调试及常见故障的排除	99
一、常用的故障诊断、功能调试手段和方法	99
二、在线仿真调试接口举例	101
第四章 单片微机应用实例	106
§ 4. 1 单片微机的典型应用	106
一、典型的单片机工程应用模式	107
二、单片微机测控应用示例	109
§ 4. 2 单片机数据采集应用实例	113
一、立筒仓粮温检测仪的数据采集	113

二、速度滑冰蹬冰力跟踪检测实例·····	115
§ 4. 3 工业控制应用实例·····	120
一、单片机顺序控制应用实例·····	120
二、单片机控制步进电机实现精密定位·····	124
§ 4. 4 单片微机与系统微机组成的多机系统应用实例·····	130
一、应用实例的组成与结构·····	130
二、通讯程序设计·····	131
三、借用 386 微机键盘控制 MCS-51 单片机·····	135
§ 4. 5 单片微机应用中可能碰到的实际问题及其对策·····	137
一、干板冲洗系统实际运行中的问题及对策·····	137
二、8031 和 8255A 复位时间不同造成的系统初始化不稳定及其对策·····	138
三、74LS02 输入串扰对单片机应用板正常工作的影响·····	140
附录 MCS-51 系列单片机指令系统·····	142
参考文献·····	145

第一章 单片微机综述

引 言

单片微机 (Single Chip Microcomputer) 是将微机的中央处理器、内存储器 (RAM 和 ROM) 以及输入/输出接口电路 (包括定时器/计数器、并行 I/O 口、串行 I/O 口) 等集成在单一芯片上, 它本身就是传统微机系统 (包括硬件、软件) 的核心——微型计算机, 再给它配置上必要的输入/输出设备, 就构成了传统的微机硬件。

由于单片微机的高集成度, 已使工程应用中微机硬件的构筑完全规范化。人们只需掌握基本的单片机组成原理, 就可以自行设计完全符合自己应用系统需要的硬件。其外形、尺寸、布置等完全可以从需要和可能出发, 主动权掌握在系统设计者手中。

由于单片微机硬件的规范化, 工程技术人员可以把自己的主要或大部分精力花费在系统设计和软件调试开发上面。许多功能的改进和现场情况的处理, 可以通过软件, 而不是改变硬件配置的方法实现, 这也是单片微机开发应用的一大优势。

本章内容是传统意义上的单片机原理和汇编语言程序设计 (初步), 是应用开发的基础。只有掌握了单片机组成原理, 才可以正确合理地设计硬件, 在编写汇编语言程序时, 才可以知道有多少“回旋余地”和有什么样的“表演舞台”。由于大多数应用场合汇编语言仍是主要的程序设计语言, 所以单片机指令系统仍然是要学习和掌握的, 而且, 只有了解某一单片机指令系统的特点, 才能编写出具有较高水平的、有特色的工程应用程序。

本章最后部分列举的程序是精选的, 其中, 有的集中反映了指令系统的特点; 有的是具有实际意义的、可供读者直接引用的。

具体介绍的单片机机型是美国 Intel 公司的 MCS-51 系列。这是世界 8 位机中的主流机型, 也是国内应用最广的机型。荷兰飞利浦公司推出的 80C51 系列单片机, 更使 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机“如虎添翼”。

读者学习 (复习) 本章内容时, 应力求将软件 (指令系统、汇编语言) 与硬件 (单片机组成原理) 密切结合, 并努力建立起整机概念, 这是单片微机的应用系统设计的基础所在。

§ 1.1 单片微机概述

一个双列直插或扁平封装的, 有 40 个引脚或 68 个引脚集成电路芯片上, 就集成了整个微型计算机 (尽管芯片里提供的 RAM、ROM 存储空间有限), 这只是在单片微机出

现以后才成为可能。

传统意义上的微型计算机，是计算机系统（包括硬件、软件和电源）的核心。因为芯片中的微处理器是系统的指挥中心（控制器）和计算中心（运算器），芯片中的只读存储器（ROM）固化有系统的应用软件；芯片中的随机存储器（RAM）是数据缓冲和存贮的主要场所。芯片中的 I/O 接口电路是计算机主机与外部世界打交道的“必经之路”，因此，这部分是单片机接口技术的着眼点，单片微机应用系统的硬件设计和软件设计的许多问题都集中在这一“热点”上。

对于系统开发与设计的工程技术人员，还有一个必须解决的问题，就是适应单片微机借助仿真器开发、调试应用系统的工作模式，掌握在线仿真这一独特的调试手段与技能。

本节就单片微机、单片微机应用及单片微机开发等三个方面内容做一概述。

一、单片微机

继 1971 年美国 Intel 公司研制出世界上第一台微型计算机，于 1974 年又出现了单片微机。世界上各大微机厂家都有各自不同系列适应不同应用对象的单片微机推向市场。我国引进较多的也是国际上占主流地位的，是美国 Intel 公司的 MCS-48 系列、MCS-51 系列和 MCS-96 系列单片机。

MCS-48 系列，是 Intel 公司 1978 年的低档 8 位单片机，价格较低，功能较差，一度曾是产量最高的单片微机。

MCS-51 系列，是 Intel 公司 1980 年推出的，它是性能优越、很有生气的高档 8 位单片机。荷兰的 Philips 公司采用 MCS-51 单片机为核心，辅以不同的配置，采用不同的生产工艺，形成飞利浦 80C51 系列单片机。

MCS-96 系列是 Intel 公司 1982 年的产品，是指令功能超过 8086 的 16 位高档单片微机。它有 48 脚和 68 脚两种封装，片内配置有 8 路 10 位 A/D 转换器。

目前，各厂家各系列的单片微机片内 ROM 都有三种不同的结构，用户可根据具体情况选择使用：

①片内无 ROM 型。MCS-51 系列单片机中，片内无 ROM 型的型号为 8031，其特点是价格低，适合学习或开发阶段采用。由于片内无 ROM 存贮应用程序，组成系统时需在片外扩充 ROM。

②片内有 EPROM 型。MCS-51 系列为 8751，其价格较贵，需专门的写入器固化程序，适合批量不大，且要求体积小的应用场合。

③片内有掩模 ROM 型。MCS-51 系列为 8051。特点是价格较低，体积紧凑，但掩模 ROM 中的程序是单片机厂家制做单片机时一起做进去的，因此，一般在批量很大（万片以上）的场合采用这种型号。

片内有 EPROM 或 ROM 型的单片机，可以制成名副其实的（内嵌式）单片机。

目前，多数单片微机是按工业品级生产的。微处理器及电子器件属民品级，其工作环境温度允许在 $0\sim 70^{\circ}\text{C}$ 范围内，这是机房或办公室的环境温度。按军品级生产的电子器件，其环境温度允许为 $-55\sim +125^{\circ}\text{C}$ 。可以在较严酷的温度环境下正常工作。而工业品

级的电子产品的环境温度规定为 $-40\sim 85^{\circ}\text{C}$ 。工业品级的产品正常工作的温度环境比民品级要宽,价格方面比军品级便宜,因此,应用于工业环境特别适合。

因工作环境苛刻而选用工业品级的单片微机时,还应注意与其配套使用的电子元器件也要选择工业品级或军品级。

另外,单片微机的半导体生产工艺水平较高,其工作频率范围较宽。以 Intel 公司 MCS-51 系列为例,其晶振允许在 $1.2\sim 12\text{MHz}$ 内任意选用。无疑,这给系统设计以宽广的选择余地和灵活性。用 CHMOS 工艺生产的单片微机,既具有 HMOS 短沟道高速 MOS 工艺产品的集成度高、速度快的优点,又具有 CMOS 互补 MOS 工艺功耗低的长处。CHMOS 工艺生产的 MCS-51 单片机的功耗,仅为 HMOS 工艺生产单片机的 $1/5$ 。而且具有两种独特的节电运行方式。CHMOS 工艺生产的单片机,使以电池供电的微机应用系统的实现成为可能。

二、单片微机的应用

目前,企、事业单位广泛应用于管理和数据处理的 PC 机,是为办公室条件设计的个人计算机。只有专门设计的工业 PC 机,才可以在工业现场环境下正常工作。

单片微机是专门为工程应用设计的,按工业品级生产的单片机,可以在 $-40\sim +85^{\circ}\text{C}$ 的环境下正常工作。同时,单片微机又是在微电子技术发展到较高水平时诞生的,它集中了许多崭新的高新技术。

微控制技术将模拟技术与数字技术综合成为系统设计,通过软件实现许多传统硬件实现的功能,通过软件设计来提高系统的性能,从而形成了一种新的设计思想体系。单片机应用于微控制技术是实用性很强的应用技术:

① 单片微机是集成的微型计算机。单片微机本身就是一个完整的微控制器(MICROCONTROLLER)

② 单片微机的高集成度,使构筑微机控制系统硬件的模式规格化(有人戏称“傻瓜化”)。这就使微机测控系统设计开始成为广大非计算机专业的工程技术人员可以胜任的工作。

③ 硬件设计的规范化,使系统设计和软件设计成为微机工程应用的主要着眼点。可编程的 I/O 接口使传统 I/O 接口软件化;某些软件可以硬化(将某些算法造表存入 ROM,用查表代替复杂的函数运算)。

④ 微机化的控制器容易实现测控系统的数字化和智能化。测试系统的数据采集可以根据现场实测信号及现场干扰,通过软件补偿与滤波完善其性能。

工业控制可以通过软件设计实现各种“智能”控制算法。这给系统设计人员以很大的选择余地,也给整个系统以很大的灵活性。

目前,由于单片机内有 EPROM 或 EEPROM 的芯片的价格较贵,而且片内 ROM、RAM 容量还有限,所以,真正在工程应用系统中只用一片单片机芯片的场合并不多,多数情况是工程技术人员根据系统的实际需要和要求,选购可以满足功能要求的成品应用板,或者自行设计制造完全符合系统要求的单片机应用板。

现阶段单片机的应用领域是:

①改造传统的测量仪表和控制仪表,实现仪表智能化,这是一个相当广泛的应用领域。单片机可使仪表的数字化、智能化、综合化变得轻而易举和顺理成章。

②实现机—电—仪一体化。单片机与传统机械结合,可大大简化机械结构,可以使其控制智能化。在计算机外部设备中,采用单片机做主控是很普通的。如 PP-40 四色绘图打印机,就是用一片 MCS-51 系列的 8031 控制步进电机实现绘图、打字功能的。

③用于数据采集与工业控制系统。单片机在数据采集与监测系统中,可以对各种物理量(温度、压力、流量与光强等)进行实时检测,完成数字化处理,并按系统及用户要求完成综合、计算、显示、打印和记录。单片机在控制系统中可以控制各种执行机构,实现系统及用户要求的各种控制算法。

单片微机的应用领域从家用电器到宇宙飞船,已经深入人类生产、生活的所有领域。

作为一个工程技术人员,不管是机械类的还是电类的,学习掌握单片机应用技术都已是不可缺少的基本功。单片机应用方面的专家学者认为,单片机应用系统设计的规范化(“傻瓜化”),消除了非计算机专业工程技术人员自行设计微机系统的壁垒!

目前的发展趋势是,广大非计算机专业的工程技术人员,对自己所从事的专业领域应用微机解决什么问题了如指掌。他们在学习掌握了单片机应用技术以后,花不太多的精力就可以构筑成符合自己系统需要的微机系统,剩下的工作就是他们长年从事的最熟悉的工作了,特别是在处理现场干扰、改进与完善系统性能方面。而这些工作往往是计算机专业的工程人员最头疼的,因此,从某种意义上说,单片机应用技术的发展正在使广大非计算机专业的工程技术人员成为微机工程应用的主力军。

三、单片微机的开发

单片机与系统微机和单板微机不同,它本身不具备自我开发的能力。作为系统微机,具备包括操作系统在内的丰富的系统软件。作为单板微机,尽管系统提供的软件有限,但也有自己的监控程序,可以提供基本的调试程序。因此,单片微机的开发离开开发工具就寸步难行。换句话说,单片机开发的效率高低,与所选择的开发工具有直接关系,而且,开发哪个厂家的单片机,就得有相应的开发工具。

令开发单片机应用系统的广大工程技术人员庆幸的是,单片机开发工具几乎无例外地都具有在线仿真功能。在单片机问世以前,在线仿真曾经是广大小型计算机和微型计算机开发人员可望而不可求的“奢侈品”。在线仿真的优越性能令人倾慕,而其昂贵的售价却令人却步。

目前,国内广大工程技术人员选用的多是价格为几千元的专用开发工具。常用的开发工具应具备以下功能:

①具有检测用户样机硬件故障的能力。一般是借助开发工具提供的仿真命令以及在仿真命令控制下运行测试程序实现故障诊断的。

②具有编辑源程序,进而汇编或编译源程序为目标程序并装入仿真 RAM 的功能。一般都已避免了手工汇编的繁琐工作。

③通过在线仿真实现单片机应用板的实时在线调试。既可以使用仿真命令,又可以通过运行测试程序时设置断点、单步执行、跟踪以及连续运行部分或整个程序,实现系

统功能的调试。

④具有 EPROM 读出、固化和核对的能力。我国国内经过近十年的努力, MCS-51 系列单片机的开发工具已发展了几代, 已经成熟, 能满足上述要求的、比较有影响的是上海复旦大学的 SICE-X, 江苏启东、南京万利等单位也先后推出自己各具特色的单片微机开发系统。

§ 1.2 MCS-51 系列单片机的结构与功能

美国 Intel 公司研制的 8 位高档 MCS-51 系列单片机具有优良的性能价格比。它的通用寄存器结构和指令功能, 远远超过曾经红极一时的高档 8 位微处理器 Z80-CPU。即使与 MCS-96 系列 16 位高档单片机相比, MCS-51 系列也具有自己的优势: 这就是 MCS-51 系列单片机片外有两个 64KB 的存储空间, 一个是提供给扩充片外程序存储器的 ROM 空间, 另一个是供片外扩充数据存储器 RAM 的空间。充裕的片外存储空间, 为系统设计时扩充接口芯片、设置大容量存储器以及存储众多表格提供了方便。

一、MCS-51 系列单片机的引脚与结构

MCS-51 系列单片机是在 MCS-48 系列基础上推出的增强型产品, 多数采用 HMOS 工艺, 40 引脚双列直插式封装, 如图 1-1 所示。

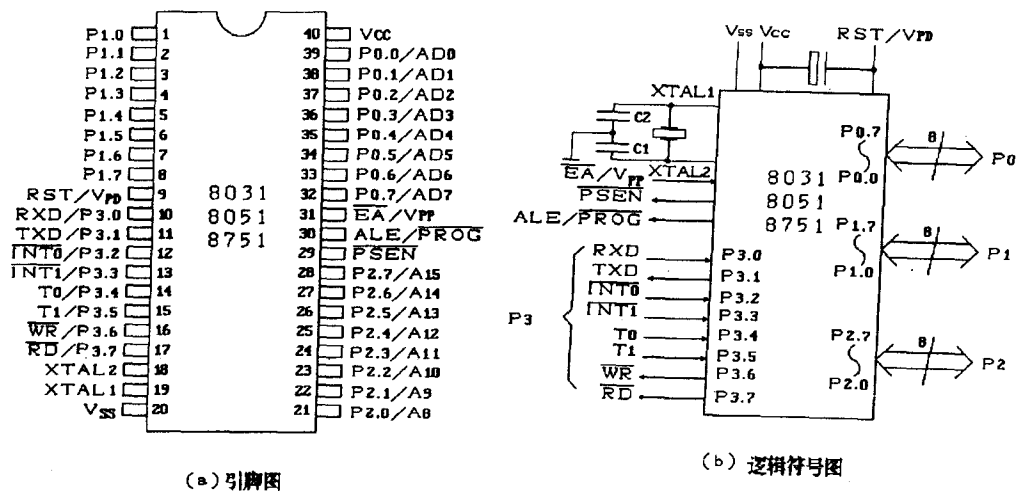


图 1-1 MCS-51 引脚及逻辑符号图

MCS-51 单片机与外界联系, 就是通过这 40 个引脚建立的, 其中, 电源与地占两个引脚, 另有 32 个引脚分配给 P0、P1、P2 和 P3 四个 8 位并行 I/O 口, 剩下的引脚分配给 4 个控制信号。

1. 四个 8 位并行 I/O 口的结构与功能

P0 ——双向，三态 I/O 口，可带 8 个 TTL 门。片外扩充芯片时，P0 口是 8 位数据总线和低 8 位地址总线分时复用口。

P1 ——准双向口，可带 4 个 TTL 门。通常，P1 口是片外扩充芯片时唯一完全供用户使用的 I/O 口。

P2 ——准双向口，可带 4 个 TTL 门。片外扩充芯片时，P2 口可以提供高 8 位地址。

P3 ——准双向口，可带 4 个 TTL 门。片外扩充芯片或使用单片机某些功能时，会用到其中的某些引脚。P3 口是多功能复用口。

这里要说明的是，如果 MCS-51 单片机片外不扩充芯片，它的 P0、P1、P2 和 P3 口的某些引脚都可以做基本的 I/O 口供用户使用。至于 P3 口的多功能复用，是指当 MCS-51 单片机片外扩充数据存储器或 I/O 接口芯片时，需占用 P3.6 做 $\overline{WR}$ (写)，占用 P3.7 做 $\overline{RD}$ (读) 的控制信号输出引脚。另外的 6 个引脚是在启用 MCS-51 单片机串行口、外部中断或定时/计数器时使用。具体的复用功能见表 1-1。

表 1-1 P3 口复用功能

口	信号	功能说明
P3.0	RXD	串行口接收
P3.1	TXD	串行口发送
P3.2	$\overline{INT_0}$	外部中断 0 输入
P3.3	$\overline{INT_1}$	外部中断 1 输入
P3.4	T_0	定时/计数器 0 输入
P3.5	T_1	定时/计数器 1 输入
P3.6	$\overline{WR}$	外部 RAM/输入输出接口片写
P3.7	$\overline{RD}$	外部 RAM/输入输出接口片读

P3 口的使用比较灵活。例如，某 MCS-51 用户系统片外扩充了数据存储器 RAM、启用了定时/计数器 T_0 及外部中断输入 0 和 1，那末没有被启用的串行口引脚 P3.0、P3.1，定时/计数器 T_1 输入引脚 P3.5 都可以做基本的 I/O 引脚。

关于准双向口，是指该口的某引脚欲做输入引脚时，需先向该引脚输出“1”（将该引脚的数据位置“1”）。一旦某引脚的数据位被置成“0”，该引脚的输入就被封住，读该引脚的输入将固定为“0”（不随输入信号电平改变）。复位便自动将 P1~P3 的数据位置成全“1”。

2. 四个控制信号

RST ——复位输入，高电平有效。

ALE/ $\overline{PROG}$ ——地址锁存/片内 EPROM 编程写入脉冲信号。

$\overline{PSEN}$ ——片外程序存储器 (ROM) 读信号

$\overline{EA}/V_{PP}$ ——片内程序存储器切换引脚。片内 EPROM 编程写入时，此引脚写入电压。

图 1-2 是 MCS-51 单片机外接晶振和复位电路的示意图。

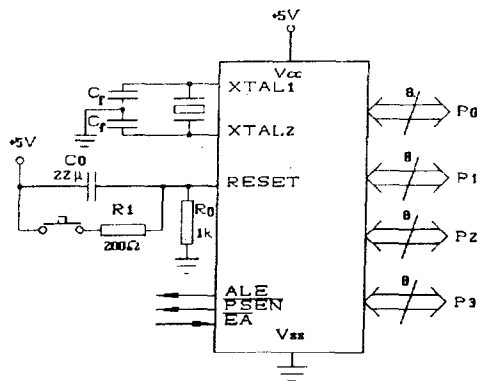


图 1-2 MCS-51 外接晶振和复位电路示意图

MCS-51 允许外接 1.2~12MHz 的晶振,晶振为单片机提供基本的时间基准。选用多大的晶振频率,要根据整个系统情况全盘考虑。

复位是使单片机从初始状态开始运行用户程序的基本手段。一般单片机应用电路,都有上电复位和人工复位两套电路。图 1-2 中的 R_0 、 C_0 是上电复位电路,当单片机电路板接通电源时, R_0 、 C_0 充电过程应保证单片机可靠复位。人工复位电路是在单片机电路板运行失控时,由人工按复位键强迫单片机从复位状态起,重新运行用户程序的手段。

二、MCS-51 系列单片机的基本功能

MCS-51 单片机是由 CPU、RAM、ROM 和 I/O 接口电路组成的微型计算机。虽然目前多数单片机片内的 RAM 和 ROM 容量有限,经扩充片外 RAM 或 ROM 后,还是完全可以完成各种工程应用的数据采集或工业控制任务的。

下面简单介绍一下 MCS-51 单片机各部分的基本功能

1. MCS-51 单片机 CPU

CPU 是微型计算机系统的核心。MCS-51 单片机属于以累加器为中心的 CPU。8 位的累加器 A 是完成以字节为单位的算术/逻辑运算、移位、测试及数据传送的主要场所。

除 8 位 CPU 以外, MCS-51 单片机还以同时具备布尔处理器而自豪。布尔处理器以进位标志 C 为位累加器,可以完成以二进制为单位的置“1”/置“0”、测试/转移、逻辑运算等操作。具备 8 位 CPU 和 1 位 CPU 的 MCS-51 单片机特别适合工程应用,是单片机结构设计的创举。

MCS-51 单片机还提供由累加器 A 和辅助寄存器 B 共同实现的乘/除法指令。

MCS-51 除拥有片内 RAM 中的四组工作寄存器以外,还有以下四个专用寄存器:

SP —— 堆栈指针寄存器, 8 位。它是向上生成的堆栈指针,入栈时,地址指针为“+1”。

PC —— 程序计数器, 16 位, 提供 16 位程序计数器 (ROM) 的地址,寻址空间可达

64KB。

DPTR ——数据指针寄存器，16 位。用于访问片外 64KB 存储空间，在助记符为“MOVX”的指令中，DPTR 提供数据存储器 RAM 或 I/O 接口电路地址或端口号。在助记符为“MOVC”的指令中，DPTR 提供查表指令或散转指令在片外程序存储器中的地址。

PSW ——程序状态寄存器，8 位。PSW 中除包括若干标志位，还有两位做当前工作寄存器组的选择位。

复位将使 $PC=0000H$ ，这是启动单片机从 $0000H$ 地址开始运行用户程序的唯一手段。复位还使 $SP=07H$ ，清“0”绝大多数特殊功能寄存器。复位将并行口 $P0\sim P3$ 置成 FFH （准双向口 $P1\sim P3$ 被自动置成允许输入状态）。

MCS-51 单片机的机器周期由 12 个晶体振荡脉冲组成（每个机器周期分为 6 个状态，每个状态为两个晶振脉冲）。

MCS-51 共有 111 条指令。按执行时间分，有 64 条指令是一个机器周期的；有 45 条指令是两个机器周期的；另有两条乘/除指令是 4 个机器周期的指令。这就是说，当晶振用 6MHz 时，机器周期 $T=12 \frac{1}{f}=12 \times \frac{1}{6 \times 10^6}=2\mu s$ ；当选用 12MHz 晶振时，机器周期 $T=1\mu s$ 。换句话说，当晶振为 12MHz ($T=1\mu s$) 时，每秒钟可以执行单片机周期指令一百万条。

MCS-51 的 111 条指令按字节数分，有：单字节指令 49 条；双字节指令 45 条；三字节指令 17 条。

单机器周期、单字节指令多，是 MCS-51 单片机的一大特点。编写完成同样功能的汇编语言应用程序，MCS-51 单片机比 Z80 微机要简短、快速。

2. MCS-51 单片机的定时/计数器

MCS-51 单片机有两个可编程的 16 位定时/计数器 T_0 和 T_1 ，有 4 种工作方式供用户选择。与 Z80 微机定时/计数器 Z80-CTC 的递减计数方式不同，MCS-51 的定时/计数器采用递增计数方式。计数方式的不同，只影响计数初值的计算方法。

T_0 或 T_1 做定时器时，是以单片机的机器周期 T 做定时计数的时间基值。也就是说，当单片机选用 6MHz 晶振时，定时计数是以机器周期 $T=2\mu s$ 做计量单位。

MCS-51 单片机的 T_0 或 T_1 做计数器时，是对 $P3.4$ (T_0) 或 $P3.5$ (T_1) 引脚上的外部脉冲的下跳沿进行递增计数。计数的最高速率应控制在晶振频率 $\frac{1}{24}$ 。也就是说，当晶振为 6MHz 时，外部计数脉冲频率不能超过 250kHz。当单片机用 12MHz 晶振时，外部输入脉冲的频率应控制在 500kHz 以内。

MCS-51 单片机片内的特殊功能寄存器 SFR 中有以下 6 个 8 位专用寄存器是为定时/计数器编程与应用设置的，它们是 TMOD、TCON、 TL_0 、 TH_0 、 TL_1 、 TH_1 。

3. MCS-51 单片机的中断系统

MCS-51 单片机允许有 5 个直接中断源，每个中断源分配有固定的中断入口地址。如不做特别安排，5 个中断源有固定的优先级排列顺序。图 1-3 给了 MCS-51 单片机中断系统的示意图。

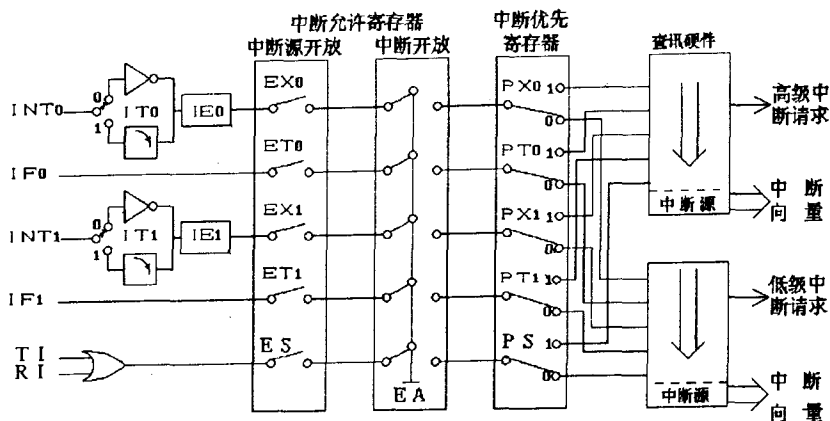


图 1-3 MCS-51 中断系统示意图

图中 $\overline{INT_0}$ 和 $\overline{INT_1}$ 是分别经 P3.2 和 P3.3 引脚接受的外部中断。外部中断输入信号是电平有效，还是下跳沿有效，可以由编程选择。IE₀ 和 IE₁ 是两个外部中断的中断允许位，可以用程序置位或复位。

TF₀ 和 TF₁ 是定时/计数器 T₀ 和 T₁ 内部计数器计数溢出时置位的中断标志。

串行口的发送（TI）和接收（RI）合占一个中断源。CPU 在响应该中断后，须用程序查询判断究竟是发送中断还是接收中断。

MCS-51 单片机的 5 个中断源都可以通过编程置成高级中断或低级中断。高级中断可以中断低级中断，同级中断不能相互嵌套。同一级中断的中断源仍然按图 1-3 的查询顺序决定优先级。

单片机 MCS-51 的 CPU 单独安排有中断允许位，当其复位后，CPU 将不受理所有 5 个中断源的中断请求。每个中断源安排有各自的中断允许位，通过编程可以置位或复位这些中断允许位。也可以根据系统运行的不同时期，开放某些中断并关断其它中断，从而增加系统的应变能力或灵活性。

特殊功能寄存器 SFR 中，与中断有关的有定时/计数器控制寄存器 TCON、串行口控制寄存器 SCON、中断允许寄存器 IE 和中断优先级寄存器 IP。

4. MCS-51 单片机的串行口

MCS-51 单片机有一个可以同时发送与接收的全双工串行 I/O 接口。复用口 P3.0 可以用做串行口的接收（输入）引脚 RXD，P3.1 可以用做串行口发送（输出）引脚 TXD。

MCS-51 串行口共有四种工作模式。方式 0 是一种移位寄存器 I/O 工作方式，是用引脚 RXD 串行输入/输出数据，用引脚 TXD 做移位同步脉冲，这是一种应用广泛的串行口