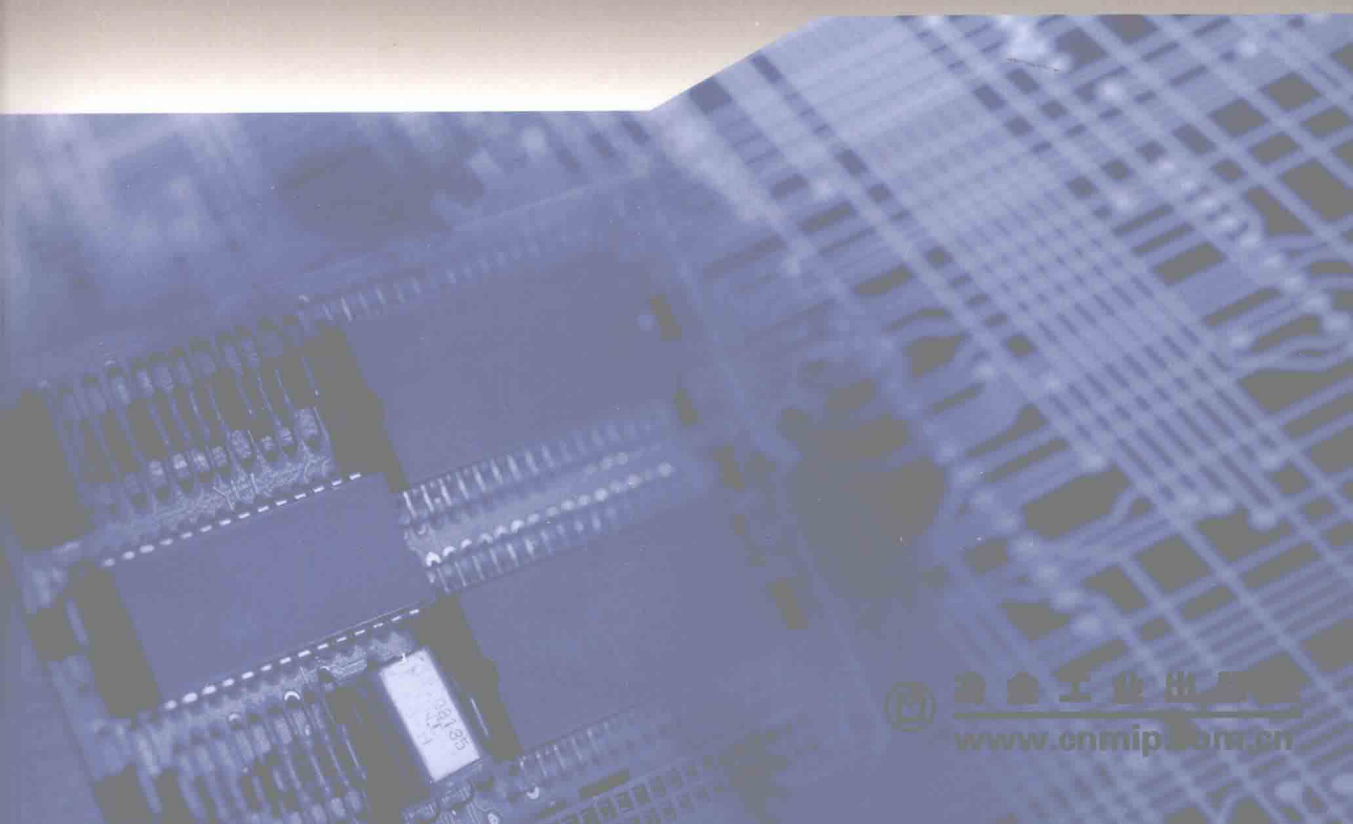




单片机应用技术

王文杰 许文斌 主编



高职高专“十一五”规划教材·机电类

单片机应用技术

主 编 王文杰 许文斌
副主编 王庆云 洪 云

北 京
冶金工业出版社
2008

内 容 简 介

本教材围绕高职院校培养高技能型应用人才、加强技术应用能力培养的目的,以技能目标、技术应用能力为主线,突出了应用性和针对性,强化了实践能力的培养。在内容组织上,以任务驱动为导向,从工作任务着手,介绍单片机应用知识,软硬件结合,知识点和技能点结合,既实现了知识的全面性和连贯性,又做到了理论与实践内容的融会贯通,体现了高职教材新的特色。

全书以 17 个工作任务贯穿:单灯闪烁、简单流水灯控制、BCD 码相加、延时控制彩灯闪烁、模拟开关灯、控制信号灯、交通灯控制、存储器系统的扩展、可编程并行接口 8255A 扩展、秒表的设计、简单数字钟、简单波形发生器、简单数字电压表、万年历设计、串口通信、小型步进电机控制、数字温度计的设计,同时给出了各任务相应的电路原理图和参考程序,符合最新教育教学理念,特别适合高职院校广大师生使用,也可以作为从事单片机设计开发工作人员的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

单片机应用技术/王文杰,许文斌主编. —北京:冶金工业出版社, 2008.6

ISBN 978-7-5024-4676-5

I. 单… II. ①王…②许… III. 单片微型计算机—高等学校:技术学校—教材 IV.TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 103456 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 马文欢

ISBN 978-7-5024-4676-5

北京天正元印务有限公司印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2008 年 6 月第 1 版, 2008 年 6 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 15 印张; 338 千字; 234 页; 1-3000 册

29.00 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

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

微电子技术和信息技术的发展,使得计算机技术已经深入到人们生活和生产的各个领域。单片机技术作为计算机技术的一个分支,在当今的信息社会中扮演着重要的角色。单片机应用的意义不仅在于它应用范围广泛,更重要的意义在于它从根本上改变了传统的控制系统设计思想和方法,使用单片机通过软件来实现硬件电路的大部分功能,简化了硬件结构,并能提高系统性能的智能控制。

本教材围绕高职院校培养高技能型应用人才、加强技术应用能力培养的目的,以技能目标、技术应用能力为主线,突出了应用性和针对性,强化了实践能力的培养。在内容组织上,以任务驱动为导向,从工作任务着手,介绍单片机应用知识,软硬件结合,知识点和技能点结合,既实现了知识的全面性和连贯性,又做到了理论与实践内容的融会贯通,体现了高职教材新的特色。

全书以 MCS-51 系列单片机为对象,以 PROTEUS 软件和 KEIL C51 软件为教学、设计开发平台,以实际应用中常见的单片机系统实例为任务,强调学生主体动手参与,侧重于单片机技术的应用。全书共分为 10 章:第 1 章为单片机概述;第 2 章为 80C51 单片机硬件结构;第 3 章为单片机开发系统;第 4 章为单片机的程序设计;第 5 章为定时/计数器与中断系统;第 6 章为单片机系统扩展;第 7 章为单片机接口技术;第 8 章为串行通信技术;第 9 章为单片机应用系统设计;第 10 章为单片机的 C 语言应用设计。整个内容由 17 个任务贯穿:单灯闪烁、简单流水灯控制、BCD 码相加、延时控制彩灯内烁、模拟开关灯、控制信号灯、交通灯控制、存储器系统的扩展、可编程并行接口 8255A 扩展、秒表的设计、简单数字钟、简单波形发生器、简单数字电压表、万年历设计、串口通信、小型步进电机控制、数字温度计的设计,同时给出了各任务相应的电路原理图和参考程序。

本书由王文杰、许文斌任主编,王庆云、洪云任副主编,耿俊梅,栗慧,邓柳,王欣参加编写。全书由王文杰统稿。

由于编者水平所限,书中如有不足之处敬请使用本书的师生与读者批评指正,以便修订时改进。如读者在使用本书的过程中有其他意见或建议,恳请向编者(bjzhangxf@126.com)踊跃提出宝贵意见。

编 者

目 录

第1章 单片机概述.....1	
1.1 单片机简介.....1	
1.2 单片机的应用领域.....1	
1.3 单片机的发展趋势.....2	
1.4 单片机 MCS-51 系列.....3	
习题.....4	
第2章 80C51 单片机硬件结构.....5	
任务一 单灯闪烁.....5	
2.1 80C51 单片机内部结构及原理.....6	
2.1.1 80C51 的内部结构及 引脚功能.....6	
2.1.2 80C51 单片机的存储器 结构.....8	
2.1.3 并行 I/O 接口结构.....11	
2.2 时钟及复位电路.....14	
2.2.1 时钟电路及时钟信号.....14	
2.2.2 复位电路及复位状态.....16	
习题.....17	
第3章 单片机开发系统.....18	
任务二 简单流水灯控制.....18	
3.1 Keil C51 软件使用.....19	
3.1.1 μ Vision2 概述.....19	
3.1.2 Keil 工程项目的建立.....21	
3.1.3 工程的详细设置.....23	
3.1.4 Keil C51 软件调试.....25	
3.2 PROTEUS 软件使用.....30	
3.2.1 PROTEUS 概述.....31	
3.2.2 PROTEUS 7 Professional 界面简介.....35	
3.2.3 PROTEUS 原理图绘制.....39	
3.2.4 PROTEUS 软件的调试.....42	
3.3 单片机系统开发过程.....47	
3.3.1 单片机系统的传统开发 过程.....47	
3.3.2 单片机系统的 Keil 和 PROTEUS 设计与仿真 的开发过程.....48	
习题.....49	
第4章 单片机的程序设计.....50	
4.1 指令格式及寻址方式.....50	
4.1.1 指令格式.....50	
4.1.2 寻址方式.....51	
任务三 BCD 码相加.....52	
4.2 数据传送类指令.....54	
4.2.1 数据传送.....54	
4.2.2 堆栈操作指令.....55	
4.2.3 数据交换指令.....55	
4.3 算术运算类指令.....56	
4.3.1 加法指令.....56	
4.3.2 减法指令.....57	
4.3.3 十进制调整指令.....57	
4.3.4 乘法指令.....57	
4.3.5 除法指令.....58	
任务四 延时控制彩灯闪烁.....58	
4.4 逻辑运算类指令.....60	
4.4.1 对累加器 A 的单操作数 的逻辑操作指令.....60	
4.4.2 两操作数的逻辑操作指令.....61	
4.5 转移控制类指令.....62	
4.5.1 无条件转移.....62	
4.5.2 条件转移指令.....63	
4.5.3 调用子程序及返回指令.....63	
任务五 模拟开关灯.....64	
4.6 位操作指令.....64	
4.7 伪指令.....65	
习题.....67	
第5章 定时/计数器与中断系统.....68	
任务六 控制信号灯.....68	
5.1 定时/计数器.....69	
5.1.1 定时/计数器的结构.....70	
5.1.2 定时/计数器的工作方式.....70	
5.1.3 定时/计数器的编程和应用.....74	
任务七 交通灯控制.....77	
5.2 单片机中断系统.....81	
5.2.1 中断系统.....81	
5.2.2 中断源和中断标志.....82	
5.2.3 中断处理过程.....85	
5.2.4 中断系统应用.....88	
习题.....90	
第6章 单片机系统的扩展.....91	
任务八 存储器系统的扩展.....91	
6.1 扩展程序存储器.....92	
6.1.1 常用程序存储器芯片.....92	
6.1.2 程序存储器的扩展方法.....97	
6.2 数据存储器的扩展.....101	
6.2.1 常用数据存储器芯片.....101	
6.2.2 数据存储器的扩展方法.....102	
6.3 并行 I/O 的扩展.....103	
任务九 可编程并行接口 8255A 扩展.....103	
6.3.1 简单并行 I/O 的扩展.....104	

6.3.2 并行 I/O 接口芯片 8255A	106	第 9 章 单片机应用系统设计	193
6.3.3 RAM 及并行 I/O 接口芯片 8155	114	9.1 单片机应用系统开发流程	193
6.4 I ² C、SPI 和 Flash 芯片	120	9.1.1 单片机应用系统层次 结构	193
6.4.1 I ² C 总线	120	9.1.2 应用系统开发流程	194
6.4.2 SPI 总线	124	9.1.3 应用系统可靠性设计	197
6.4.3 Flash 芯片	125	9.2 小项目开发管理	197
6.5 实训	126	9.2.1 小项目的特点	197
6.5.1 实训 1	126	9.2.2 开发流程管理	198
6.5.2 实训 2	128	9.3 任务十六 小型步进电机控制	199
习题	131	9.3.1 步进电机的相关知识	200
第 7 章 单片机接口技术	133	9.3.2 步进电机的驱动	202
任务十 秒表的设计	133	9.3.3 硬件设计	203
7.1 单片机的键盘显示接口技术	137	9.3.4 系统程序设计	203
7.1.1 键盘与单片机的接口技术	137	9.3.5 系统仿真	204
7.1.2 显示器与单片机的 接口技术	141	9.4 任务十七 数字温度计的设计	205
任务十一 简单数字钟	144	9.4.1 功能要求与方案论证	205
7.2 LCD 显示器与单片机接口技术	149	9.4.2 硬件设计	205
7.2.1 液晶模块工作原理	149	9.4.3 系统程序设计	207
7.2.2 液晶模块引脚定义	149	9.4.4 系统仿真	213
7.2.3 寄存器选择	150	习题	214
7.2.4 接口说明	150	第 10 章 单片机的 C 语言应用设计	215
任务十二 简单波形发生器	151	10.1 C 语言与 MCS-51 单片机	215
7.3 D/A 转换器及接口技术	154	10.2 C 语言的入门知识	215
7.3.1 D/A 转换器的基本原理	154	10.2.1 “文件包含”处理	216
7.3.2 DAC0832 与单片机 接口技术	155	10.2.2 符号 P1_0 表示 P1.0 引脚	217
任务十三 简单数字电压表	158	10.2.3 主函数 main	218
7.4 A/D 转换器及接口技术	161	10.2.4 C 语言特点	219
7.4.1 A/D 转换器的基本原理	161	10.2.5 C51 的一般格式	219
7.4.2 AT89C51 单片机与 ADC0809 接口应用	162	10.3 C51 的数据类型及其在 51 单片机的存储方式	220
7.5 任务十四 万年历设计	164	10.3.1 C51 的数据类型	220
7.5.1 PCF8563 简介	165	10.3.2 C51 数据在 MCS-51 中的 存储方式	220
7.5.2 DS18B20 简介	166	10.4 C51 数据的存储类型与 MCS-51 存储结构	221
7.5.3 系统设计	168	10.5 MCS-51 并行接口 C51 定义	222
习题	181	10.6 C51 的构造数据类型	223
第 8 章 串行通信技术	182	10.6.1 数组	223
任务十五 串行口通信	182	10.6.2 指针	225
8.1 串行通信基础	184	10.7 单片机内部资源的编程	227
8.1.1 并行通信与串行通信	184	10.7.1 中断编程	227
8.1.2 异步通信和同步通信	184	10.7.2 定时/计数器编程	228
8.1.3 串行通信的制式	185	10.7.3 串行口使用的 C 语言 编程	229
8.2 串行通信总线标准及其接口	186	习题	230
8.2.1 RS232C 总线接口简介	186	附录 MCS-51 单片机指令表	231
8.2.2 MCS-51 单片机的 串行接口	188	参考文献	234
习题	192		

第 1 章 单片机概述

1.1 单片机简介

常说的微型计算机,包括运算器、控制器、存储器和输入/输出接口等部分。如果把运算器与控制器封装在一小块芯片上,则称该芯片为微处理器(Micro Processing Unit, MPU)或中央处理器(Central Processing Unit, CPU)。如果将它与大规模集成电路制成的存储器、输入/输出接口电路在印制电路板上用总线连接起来,就构成了微型计算机。

如图 1-1 所示为微型计算机的基本结构。从图中可以看出,微型计算机是由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备 5 部分组成。

如果在一块芯片上集成了一台微型计算机的 5 个基本组成部分,则称这种芯片为单片微型计算机(Single Chip Microcomputer),简称单片机。以单片机为核心的硬件电路称为单片机系统。

单片机系统广泛应用在嵌入式系统等领域。嵌入式系统一般指非 PC(Personal Computer)系统,它也包括硬件和软件两部分。

硬件部分包括中央处理器、存储器、外设器件、I/O(输入/输出)端口和图形控制器等。软件部分包括系统软件(要求实时和多任务操作)、应用软件和程序软件,单片机的软件系统只使用管理单片机系统工作的管理程序和用于完成具体任务的应用程序,比较简单。

单片机现在已在嵌入式系统中占据主导地位。一些半导体公司在单片机内部还集成了许多外围功能的电路和外设接口,如中断、定时/计数和串行通信等单元,使得单片机系统的体积更小,功能更强大。高级一些的单片机在其内部甚至还集成了模拟/数字转换(ADC)、数字/模拟转换(DAC)、脉冲宽度调制(PWM)、USB 接口、CAN 总线、I²C、E²PROM 和实时时钟(RTC)等单元。这些单元极大地丰富了单片机的控制特性。国外目前习惯称其为微控制器(Micro Control Unit, MCU)。

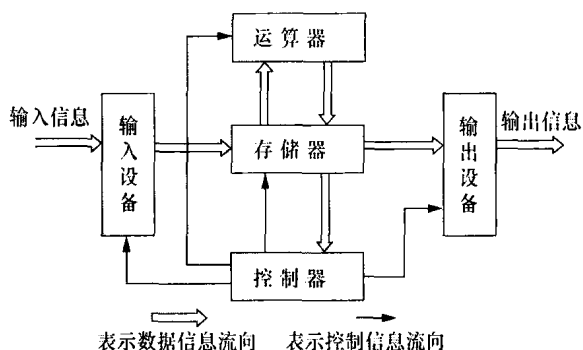


图 1-1 微型计算机的基本结构

1.2 单片机的应用领域

美国 Intel 公司分别于 1971 年生产出 4 位单片机 4004 和 1972 年生产出 8 位单片机 8008。随着 1976 年 MCS-48 单片机的问世,单片机的发展进入了全盛时期。并在其后的 30 年里多次更新换代,大约每二三年集成度就增大一倍、性能翻一番。

单片机由于其体积小、功耗低、价格低廉,且具有逻辑判断、定时计数和程序控制等

多种功能,广泛应用于仪器仪表、家用电器、医用设备、航空航天、专用设备的智能化管理及过程控制等领域。单片机已经完全渗透到生产和生活的各个领域。

它在工业自动化、工业测控、智能仪器仪表、家用电器、信息和通信、军用装备都发挥了作用。

单片机具有较强的实时数据处理能力和控制功能,可以使系统保持在最佳工作状态,提高系统的工作效率和产品质量,所以在工业测控、航空航天和尖端武器等各种实时控制系统中,都作为控制器件使用。

全世界单片机的年产量数以亿计,应用范围之广,花样之多,一时难以详述。单片机应用的意义绝不仅仅限于它的广阔应用范围及所带来的经济效益,更重要的还在于它从根本上改变了传统的控制系统设计思想和设计方法。过去必须由模拟电路或数字电路实现的大部分硬件控制电路,现在可以使用软件编程的方法来实现。这种以软代硬的控制技术称为微控制技术。随着单片机应用的推广普及,微控制技术必将不断发展和日趋完善,而单片机的应用也必将更加深入、更加广泛。

1.3 单片机的发展趋势

目前单片机正朝着高性能和多品种方向发展,今后的发展趋势将进一步向低功耗、小体积、大容量、高性能、低价格、高速化、高可靠性方向发展。从生产工艺上讲,主要是正在 CMOS 化。

(1) CMOS 化。

CMOS 电路的特点是低功耗、高密度、低价格。近年来随着 CHMOS 技术的进步,单片机全面 CMOS 化,80C51 正在全面取代 8051 成为标准 MCU 芯片。这种工艺的单片机功耗更低、可控性更强,能够工作在功耗精细管理状态。目前生产的 CHMOS 电路已经能够达到 LSTTL 的传输速度,延迟时间小于 2ns,其综合优势已大于 TTL 电路,所以单片机领域 CMOS 正在逐渐取代 TTL 电路。

(2) 低电压、低功耗化。

目前新一代的单片机大都具有 WAIT 和 STOP 等省电运行方式,可以在适当的时候唤醒单片机。电源电压也呈下降趋势,3.3V 的单片机越来越成为主流单片机的趋势,而一些低电压供电的单片机电源下限可达 1~2V。目前 0.8V 供电的 MSP430 单片机已经问世。

同时单片机的功耗已从 mA 级降到 μA 级,甚至 $1\mu\text{A}$ 以下。低功耗化的效应不仅是功耗降低,同时带来了产品的高可靠性、高抗干扰能力及便携化。

(3) 大容量化。

标准的 8031 单片机没有 ROM,8051 单片机有 4KB 的 ROM, RAM 均为 128B。在一些复杂控制的场合,这些存储容量常常是不够的,必须进行外接扩充。为了适应这种需求,须运用新的工艺,使片内存储器大容量化。目前,单片机内 ROM 容量已达理论最大值 64KB, RAM 容量最大值为 2KB。一些经过特殊处理的 80C51 单片机,甚至突破了这一限制。例如 Philips 公司的 NXP 的 P87C51MC2/02 的 ROM 为 96KB, RAM 达到了 3KB,完全能够适应一般控制设备的容量要求。

(4) 高速化。

这主要是指进一步改进 CPU 的性能, 加快指令运算的速度和提高系统控制的可靠性。采用精简指令集(RISC)结构和流水线技术, 可以大幅度提高运行速度。当前指令速度最高者已达 100MIPS(Million Instruction Per Seconds, 兆指令每秒), 并加强了位处理功能、中断和定时控制功能。美国 Cygnal 集成产品公司的 C8051F 系列单片机采用流水线结构, 指令周期以时钟周期为单位, 由标准的 12 个系统时钟周期降为 1 个系统时钟周期, 处理能力大大增强, 运行速度比标准的 51 单片机快 10 倍以上。

(5) 低噪声和高可靠性。

为提高单片机的抗电磁干扰能力, 使产品能适应恶劣的工作环境, 满足电磁兼容性方面更高标准的要求, 各单片机厂家在单片机内部电路中都采取了新的技术措施。

(6) 小容量、低价格化。

与大容量化相反, 以 4 位、8 位机为中心的小容量、低价格化也是一个趋势。这类单片机的特点是把原来用集成电路组成的控制电路单片化, 这可广泛用于家电产品。

(7) 集成多种外设功能。

随着集成度的不断提高, 越来越多的单片机把各种外围设备的功能器件集成在片内。除了一般必须具有的 CPU、ROM、RAM 和定时器/计数器等以外, 片内集成的部件常见的还有 A/D 转换器、D/A 转换器、I²C 总线、CAN 总线、SPI 总线、DMA 控制器、PWM 控制器、声音发生器、监视定时器和锁相电路等。

1.4 单片机 MCS-51 系列

单片机的发展从 4 位机发展到 8 位机, 然后到 16 位机, 现已至 32 位机。现在 4 位机基本上已淘汰, 16 位机昙花一现, 占据主流地位的是 8 位机和 32 位机。这其中 8 位机又占据绝大部分市场份额。

MCS-51 系列单片机作为 8 位单片机的代表, 发展大致经历了四代。

(1) 第一代: 以 MCS-48 系列单片机为代表。

这一时期主要是将 CPU 和计算机外围电路集成到了一个芯片上, 标志了单片机的诞生。从此与通用 CPU 分离开来, 为在控制领域发挥重要的作用创造了条件。

(2) 以 MCS-51 系列的 8051、8052 单片机为代表。

MCS-51 系列 8 位高档单片机是在总结 MCS-48 系列单片机的基础上, 于 20 世纪 80 年代初推出的新产品。其主要的技术特征是:

1) 扩大了片内存储容量、外部寻址空间。程序存储器和片外数据存储器的寻址都增加为 64KB。4KB 位 ROM 作为片内程序存储器, 用来存放系统程序、用户的专用程序和固定常数。

在 MCS-51 系列单片机中, 8031、8751 与 8051 的内部结构基本相同。其区别仅在于 8031 内部不含有程序存储器, 必须由外部扩展; 8751 内部程序存储器为可编程、可改写的只读存储器 EPROM, 其内部程序由用户自行写入。

在片内数据存储器方面, 采用 8 位地址, 寻址范围为 256B。

2) 增强了 I/O 功能。4 个 8 位并行 I/O 接口, 可用于地址和数据的传送, 也可与 8155、8255 等连接, 进行外部 I/O 接口的扩展; 设置了一个全双工串行通信口, 可用于数据的串

行接收和发送,用于构建串行通信网络。

3) 增加了定时器/计数器的个数并扩展了长度。定时器/计数器由一个增为两个(8052 为三个),计数长度由 8 位增为 16 位,有 4 种工作方式。

4) 增强了中断系统。MCS-51 单片机设置有 5 个中断源、2 级中断优先级并可由用户定义优先级的高低。使其适合于数据采集与处理、智能仪器仪表和工业过程控制。

5) 具备较强的指令寻址和运算等功能。有 111 条指令,按指令操作功能可分为 5 大类,使用了 7 种寻址方式。提高了 CPU 的运算与数据处理能力。

6) 增设了颇具特色的布尔处理机。在指令系统中设置有位操作指令,可用于位寻址空间,这些位操作指令与位寻址空间一起构成布尔处理机。布尔处理机对于实时逻辑控制处理具有突出的优点。

可以看出,这一代单片机主要的技术特征是为单片机配置了完善的外部并行总线(AB、DB、CB)和具有多机识别功能的串行通信接口(UART),规范了功能单元的特殊功能寄存器(SFR)控制模式及适应控制器特点的布尔处理系统和指令系统,为发展具有良好兼容性的新一代单片机奠定了良好的基础。

(3) 具有 80C51 核的增强型单片机。

这些增强型单片机包括 Intel 公司 51 系列的新一代产品,如 8XC152、80C51FA/FB、80C51GA/GB、8XC451、8XC452,以及 NXP、Siemens、ADM、Fujitsu、OKI、ATMEL 等公司以 80C51 为核心推出的大量各具特色、与 MCS-51 兼容的单片机。

80C51 系列单片机是在 MCS-51 的 HMOS 基础上发展起来的,它们具有 CHMOS 结构,增设了可以用软件进行选择的低功耗工作方式:空闲方式和掉电方式。

新一代的 80C51 系列单片机向外部接口电路扩展,以实现微控制器完善的控制功能。例如,NXP 公司为 80C51 系列 8XC592 单片机引入 6 通道 10 位 A/D 功能、I²C 总线和 PWM,还引入具有较强功能的设备间网络系统总线——CAN 总线。外部接口功能单元的增多使得控制更加方便。

(4) 具有 8051 内核,向可编程选择发展的单片机。

现在许多大的单片机生产厂商经过不懈的努力,使得单片机的种类和型号越来越多,集成了许多嵌入式系统的先进技术。Cygnal 推出的 C8051F 系列单片机就是其中的代表。C8051F 系列单片机突破了很多单片机固有的概念。例如,采用 CIP-51 内核大力提升 CISC 结构运行速度;I/O 从固定方式改为交叉开关配置;从系统时钟到时钟系统的概念:片内设置可编程的时钟振荡器,可提供多种时钟编程设定,外部振荡器也有多种选择方式,程序运行时,甚至可实现内外时钟的动态切换,从传统的仿真调试到基于 JTAG 接口的系统调试;复位也从引脚复位到多源复位。

习 题

1. 什么是单片机?什么是单片机的硬、软件系统?
2. 单片机的应用领域有哪些?
3. 简述单片机的发展趋势。

第 2 章 80C51 单片机硬件结构

任务一 单 灯 闪 烁

【任务目的】认识 89C51 单片机芯片，学习 Keil 软件的使用方法、学习单片机 I/O 接口的控制方法。

【任务描述】用单片机的 P1.0 控制 1 只 LED 灯，使其闪烁，变化时间间隔为 0.2s。

1. 电路原理图

单灯闪烁电路原理图如图 2-1 所示。

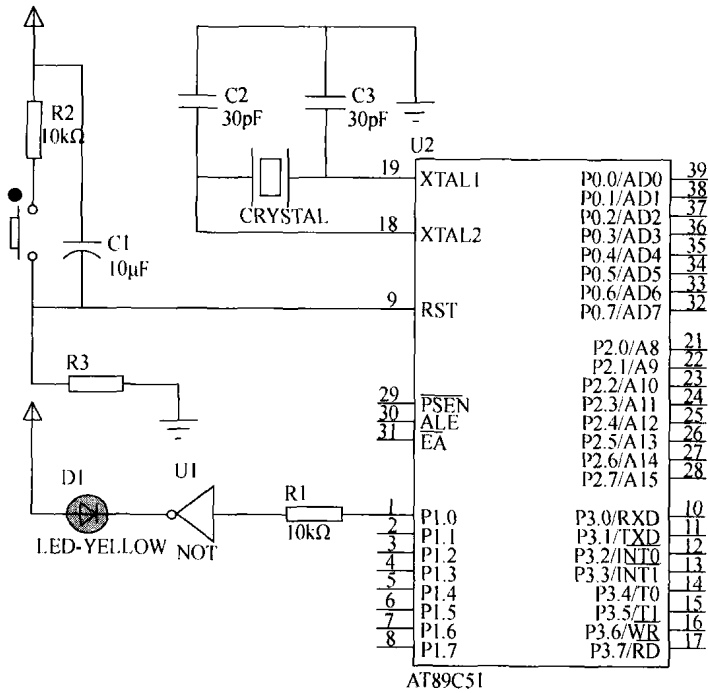


图 2-1 单灯闪烁电路原理图

2. 参考程序

```
ORG 0000H
LJMP 1000H
ORG 1000H
START: CLR P1.0 ; 从 P1.0 引脚输出低电平 LED 亮
        ACALL DELAY ; 延时 0.2s
        SETB P1.0 ; 从 P1.0 引脚输出高电平 LED 灭
        ACALL DELAY ; 延时 0.2s
        AJMP START ; 重新开始
DELAY: MOV R5, #4 ; 延时子程序, 延时时间为 0.2s
        D1: MOV R6, #20
        D2: MOV R7, 123
```

```

NOP
DJNZ     R7, $
DJNZ     R6, D2
DJNZ     R5, D1
RET
END

```

2.1 80C51 单片机内部结构及原理

2.1.1 80C51 的内部结构及引脚功能

2.1.1.1 80C51 的内部结构

80C51 单片机的基本结构如图 2-2 所示。

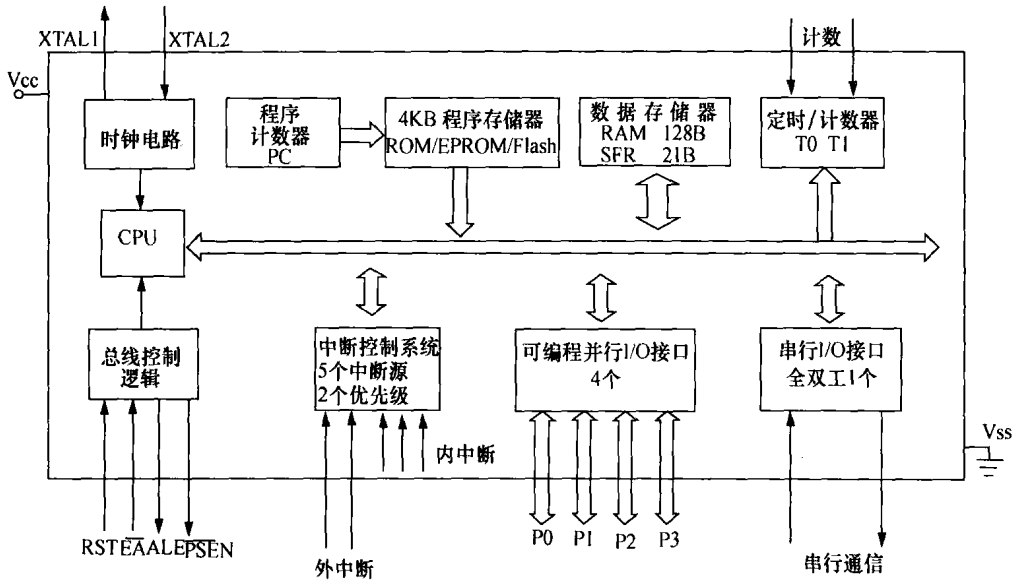


图 2-2 80C51 单片机基本结构

由图 2-2 可知，80C51 单片机由以下部分组成。

(1) CPU 系统。

- 1) 8 位 CPU，能够进行布尔处理。
- 2) 内部时钟电路。
- 3) 总线控制逻辑。

(2) 内部存储器系统。

- 1) 4KB 程序存储器(ROM / EPROM / Flash)，可外扩至 64KB。
- 2) 128B 的数据存储器(RAM，可外扩至 64KB)。
- 3) 21 个特殊功能寄存器(SFR)。

(3) I/O 接口及中断、定时部件。

- 1) 4 个 8 位并行 I/O 接口。
- 2) 5 个中断源的中断系统，2 级优先。

- 3) 2 个 16 位定时/计数器。
- 4) 1 个全双工的串行 I/O 口。

2.1.1.2 80C51 单片机引脚功能

51 系列单片机有 DIP、QFP、LCC 封装形式, 这里仅介绍总线型 DIP40 封装, 其引脚排列和逻辑符号如图 2-3 所示。

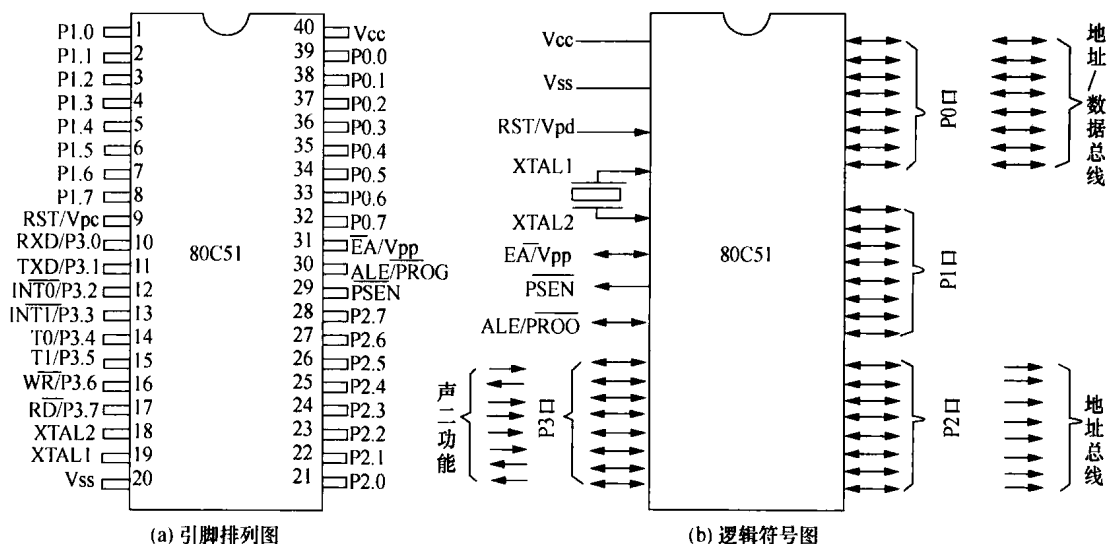


图 2-3 80C51 单片机 DIP40 封装引脚结构

DIP40 封装引脚功能如下。

(1) 电源及时钟引脚。

- 1) Vcc: 接 5V 电源。
- 2) Vss: 接地。
- 3) XTAL1: 外接晶振输入端(采用外部时钟时, 此引脚接地)。
- 4) XTAL2: 外接晶振输入端(采用外部时钟时, 此引脚作为外部时钟信号输入端)。

(2) 并行 I/O 接口引脚(32 个, 分成 4 个 8 位并行口)。

- 1) P0.0~P0.7: 通用 I/O 口引脚或数据/低 8 位地址总线复用引脚。
- 2) P1.0~P1.7: 通用 I/O 口引脚。
- 3) P2.0~P2.7: 通用 I/O 口引脚或高 8 位地址总线引脚。
- 4) P3.0~P3.7: 一般 I/O 口引脚或第二功能引脚。

(3) 控制信号引脚。

- 1) RST/Vpd: 复位信号引脚/备用电源输入引脚。
- 2) ALE/PROG: 地址锁存信号引脚/编程脉冲输入引脚。
- 3) $\overline{\text{EA}}/\text{Vpp}$: 内外程序存储器选择信号引脚/编程电压输入引脚。
- 4) PSEN: 外部程序存储器选通信号输出引脚。

2.1.2 80C51 单片机的存储器结构

80C51 系列单片机存储器分为两种类型,一种是程序存储器(ROM),另一种是数据存储器(RAM)。RAM 用来存放暂时性的输入、输出数据和运算中间结果,ROM 用来存放程序或常数。

2.1.2.1 程序存储器 ROM

MCS-51 系列的 80C51 在芯片内部有 4KB 的掩膜 ROM,87C51 在芯片内部有 4KB EPROM,89C51 在芯片内部有 4KB Flash ROM,而 80C31 无 ROM,应用时一定要扩展程序存储器。

80C51 单片机的程序存储器配置如图 2-4 所示。

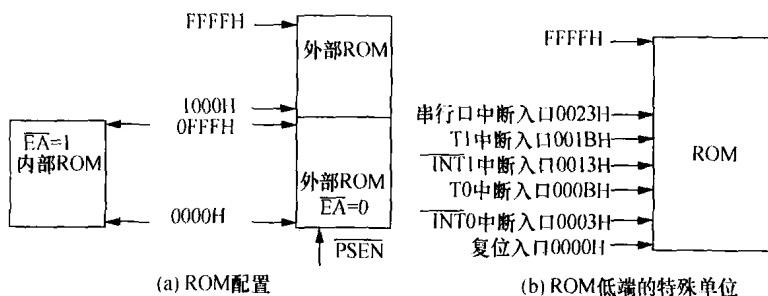


图 2-4 80C51 程序存储器配置

从图 2-4(a)可以看出,内部 ROM 与外部 ROM 低 4KB 的地址重叠,单片机主要通过 $\overline{EA}$ 内部程序存储器选择信号来控制。当 $\overline{EA}$ 引脚信号为低电平时,单片机只访问外部 ROM,8031 系列单片机的 $\overline{EA}$ 引脚必须接地。当 $\overline{EA}$ 为高电平时,先访问片内低 4KB ROM,再访问外部高 60KB ROM。

程序存储器低端的一些地址被固定作为特定的入口地址。

- (1) 0000H: 单片机复位后的入口地址。
- (2) 0003H: 外部中断 0 中断服务程序的入口地址。
- (3) 000BH: 定时/计数器 0 溢出中断服务程序的入口地址。
- (4) 0013H: 外部中断 1 中断服务程序的入口地址。
- (5) 001BH: 定时/计数器 1 溢出中断服务程序的入口地址。
- (6) 0023H: 串行口的中断服务程序的入口地址。

编程时一般在这些入口地址开始的单元中存放一条转移指令,转移到相应的中断服务程序处。如果中断服务程序少于 8B,可以将中断服务程序直接存放到相应的入口地址开始的几个单元中。

2.1.2.2 80C51 单片机的数据存储器配置

80C51 单片机数据存储器分为片外 RAM 和片内 RAM。片外 RAM 最大可扩展 64KB,地址范围为 0000~FFFFH。片内 RAM 可分为两个不同的存储空间,即低 128B 单元的数据存储器空间和分布 21 个特殊功能寄存器 SFR 的高 128B 存储器空间,对于增强型单片机,数据存储器容量为 256B。其结构如图 2-5 所示。

续表								
SFR	位地址/位符号 (有效位 83 个)							
PCON	按字节访问, 但相应位有特定含义(见第 6 章)							
TCON	8FH	8EH	8DH	8CH	8BH	8AH	89H	88H
	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0
TMOD								
TL0								
TL1								
TH0								
TH1								
P1	97H	96H	95H	94H	93H	92H	91H	90H
	P1.7	P1.6	P1.5	P1.4	P1.3	P1.2	P1.1	P1.0
SCON	9FH	9EH	9DH	9CH	9BH	9AH	99H	98H
	SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI
SBUF								
P2	A7H	A6H	A5H	A4H	A3H	A2H	A1H	A0H
	P2.7	P2.6	P2.5	P2.4	P2.3	P2.2	P2.1	P2.0
IE	AFH	AEH	ADH	ACH	ABH	AAH	A9H	A8H
	EA	—	—	ES	ET1	EX1	ET0	EX0
P3	B7H	B6H	B5H	B4H	B3H	B2H	B1H	B0H
	P3.7	P3.6	P3.5	P3.4	P3.3	P3.2	P3.1	P3.0
IP	BFH	BEH	BDH	BCH	BBH	BAH	B9H	B8H
	—	—	—	PS	PT1	PX1	PT0	PX0
PSW	D7H	D6H	D5H	D4H	D3H	D2H	D1H	D0H
	Cy	AC	F0	RS1	RS0	OV	—	P
ACC	E7H	E6H	E5H	E4H	E3H	E2H	E1H	E0H
	ACC.7	ACC.6	ACC.5	ACC.4	ACC.3	ACC.2	ACC.1	ACC.0
B	F7H	F6H	F5H	F4H	F3H	F2H	F1H	FOH
	B.7	B.6	B.5	B.4	B.3	B.2	B.1	B.0

首先介绍几个特殊功能寄存器, 其他的 SFR 在以后的章节再进行说明。

1) 累加器 ACC: 地址为 E0H, 存放操作数和运算结果, 是单片机中使用最频繁的寄存器。

2) B 寄存器: 地址为 F0H, 在乘法或除法时存放乘数或除数, 运算后, B 寄存器存放乘积的高 8 位或余数。B 寄存器也可以作为一般的寄存器使用。

3) 堆栈指针 SP: 存放堆栈栈顶地址。数据入栈时, SP 自动加 1; 数据出栈时, SP 自动减 1。

4) 数据指针 DPTR: 用来存放 16 位的地址, 是唯一的一个 16 位 SFR。DPTR 可以分为高 8 位和低 8 位单独使用, 即 DPH 和 DPL。

5) 程序状态字 PSW: 程序状态字用于存放程序运行状态信息, 各标志位见表 2-3。

表 2-3 程序状态字

位序	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
位标志	Cy	AC	F0	RS1	RS0	OV	—	P

Cy: 进位标志位。在加法或减法, D6 向 D7 有进位或借位时, Cy 为 1, 否则为 0。

AC: 辅助进位标志位。在加法或减法时, D3 向 D4 有进位或借位, AC 为 1, 否则为 0。

FO: 用户标志位, 用户可以自行定义。

RS1、RS0: 当前寄存器组的选择位。

OV: 溢出标志位。D6、D7 进位或借位不同时则发生溢出, 即 OV 为 1, 否则为 0。

P: 奇偶标志位。当累加器 ACC 中 1 的个数为奇数时, P 为 1, 否则为 0。

6) 程序计数器 PC: 16 位的 PC 不属于特殊功能寄存器。其存放的内容是下一个要取的指令的 16 位存储单元地址。也就是说, CPU 总是把 PC 的内容作为地址, 从 ROM 中取出指令, 然后执行。每取出一条指令后, PC 的值自动加 1。

2.1.3 并行 I/O 接口结构

80C51 单片机有 4 个并行 I/O 口 P0、P1、P2 和 P3。每个并行接口均由数据输入缓冲器区、数据输出驱动及锁存器构成。4 个并行接口在结构上基本相同, 但也存在差异, 所以各接口功能有所不同。下面分别介绍各 I/O 口接口及功能。

2.1.3.1 P0 口结构及工作原理

P0 口由 8 位 I/O 口构成, 每位包括 1 个输出锁存器、2 个三态输入缓冲器、由 1 对场效应管组成的输出驱动电路, 以及 1 个与门、1 个反相器和 1 个电子开关 MUX。其位结构如图 2-6 所示。

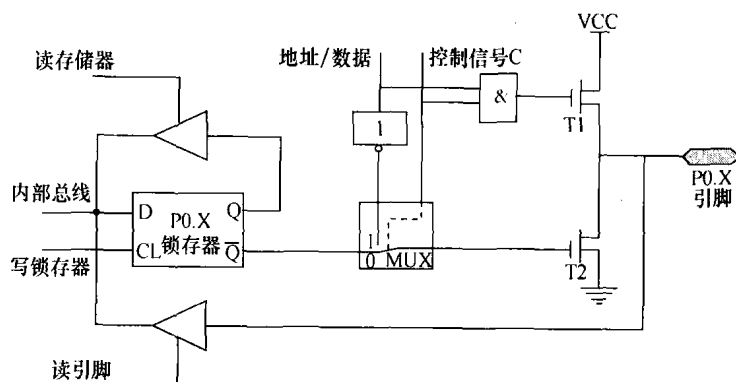


图 2-6 P0 口的位结构

P0 口特点如下:

- P0 口地址为 80H, 可以进行位操作。
- P0 口既可以作为数据/低 8 位地址总线, 也可以作为通用 I/O 口使用。
- P0 口采用漏极开路输出作通用 I/O 口时, 要接上拉电阻, 可推动 8 个 TTL 电路。
- P0 口作为输入时必须将 P0 口置 1。

(1) 当 P0 口作为数据/低 8 位地址总线使用时, 单片机内部硬件自动使控制信号 C 为 1, 使电子开关 MUX 接上反相器的输出端。若地址/数据总线状态为 1, 则场效应管 T1 导通, T2 截止, 引脚状态为 1; 若地址/数据总线状态为 0, 则场效应管 T1 截止, T2 导通, 引脚状态为 0。

(2) 当 P0 口作为通用 I/O 口使用时, 控制信号 C 为 0, T1 截止, 电子开关 MUX 接上