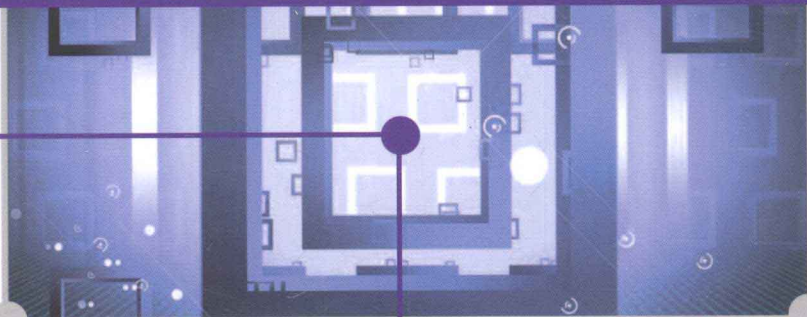




普通高等教育“十二五”创新型规划教材

单片机系统设计与应用

DANPIANJI XITONG SHEJI JI YINGYONG



主 编 夏明娜 高玉芝

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育“十二五”创新型规划教材

单片机系统设计与应用

主 编 夏明娜 高玉芝

副主编 李卫民 刘玉宾 马惠铖

编 委 高云华 郑晶晶

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书以目前通用的 AT89S51 单片机为主体,通过学习情境引入相关理论知识,以任务驱动学生掌握单片机原理及软、硬件的设计方法。本书中学习情境采用实际电路焊接及 Proteus 仿真相结合的方式实施,为读者掌握单片机技术提供方便的学习环境。

全书共开设八大学习情境。学习情境一主要介绍单片机最小系统搭建及单片机内部结构和外部结构;学习情境二主要介绍单片机指令系统及汇编程序设计方法;学习情境三主要介绍单片机外围电路及接口技术;学习情境四主要介绍单片机中断系统及定时/计数器;学习情境五主要介绍单片机串行通信;学习情境六以案例介绍单片机 C 语言程序设计;学习情境七选取典型综合实例对单片机应用能力进行强化;学习情境八以动车组单片机应用案例介绍单片机在动车组上的应用。

本书可作为高等院校相关专业单片机课程教材,也可作为广大单片机爱好者的自学用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

单片机系统设计及应用/夏明娜,高玉芝主编. —北京:北京理工大学出版社,2011.7

ISBN 978-7-5640-4808-2

I. ①单… II. ①夏…②高… III. ①单片微型计算机-高等学校-教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 138040 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京高岭印刷有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 16.75

字 数 / 301 千字

版 次 / 2011 年 7 月第 1 版 2011 年 7 月第 1 次印刷 责任编辑 / 张慧峰

印 数 / 1 ~ 1 500 册 责任校对 / 周瑞红

定 价 / 38.00 元 责任印制 / 王美丽



自 20 世纪 70 年代以来,计算机在逻辑处理及工业控制等方面表现了非凡的能力,单片机以其具有低成本、小体积运行的可靠性和控制的灵活性广泛应用在智能仪表、智能家电、智能办公设备、汽车及军事电子设备等领域。

单片机应用系统的设计能力已经成为高等院校电类专业学生必备的主要专业能力之一。传统的单片机课程教学基本上是以完成单片机的理论教学为目的的,通常以单片机的结构为主线,按照单片机课程内容的布置展开教学,大体上可分为单片机内部结构、外部结构、指令系统、汇编基础、中断系统、串行通信等几大板块,单是理论部分也足以用上七八十个学时,而实践部分则是从单片机硬件结构的认识实验开始,然后是指令和编程方面的验证性实验,最后以一个综合实验结束本课程的教学,如此算来,没有 120 学时显然是难以完成的,对于如今倡导短学程、高成效的高等教育来说,显然是不现实的。另外,抽象的单片机结构和枯燥的程序也会在开课之初成为学生们难以逾越的鸿沟,最后只能是教师在讲台上唱独角戏独自完成教学任务,而对学生来讲,是一种大量的学时浪费。

本教材以相关岗位能力要求和学生可持续发展为目标,按照工作过程系统化设计学习情境,遵循人的认知规律和工作过程的内在规律设置单元教学任务,以工作任务为导向实施项目教学,以“必需、够用”为原则设置教学内容,通过本课程的学习使学生获得相关能力。

本教材的编写具有如下特点:

1. 按照“资讯、计划、决策、实施、检查、评估”的过程,设计每个学习情境的工作任务。以完成典型工作任务全过程为目标使学生掌握相关知识;“教学做”相结合,理论与实践一体化,激发学生的兴趣和思维,培养学生的综合职业能力。

2. 把课程内容从以教师讲授和课本知识为载体,变成以完成项目任务为载体;把学生被动听讲,变成学生主动参与操作和新知识的探索;把教师讲解为主变成由教师积极引导、创造学习的环境条件为主,使学生自己“学”会知识,真正做到“教”“学”“做”一体化。在教学过程中采用行动导向的教学方法完成教学,有效地调动学生的学习积极性、培养学生自主获得知识的能力,促使学生综合素质的提高。

3. 学生在学习的过程中体现能力本位,逐步锻炼自己的学习能力,从被动地吸取知识到主动地探索知识,在真实的学习情境中发现问题,并且积极地分

析、解决问题，让思维活跃起来。另外，在团队的学习过程中，逐步培养团结协作的能力，开拓创新的能力、人际沟通的能力；养成良好的职业道德和行为规范；增强环保意识、法律意识、责任意识。

4. 对教学效果的控制从教师和学生两方面进行，以课程目标作为衡量标准，实行“双向考核，双向监控”。将传统的结果的考核转化成行为过程的考核，采用过程性动态考核方法与静态测评相结合的方法，注重考核学生在学习过程中表现出的显性和隐性行为和能力，以每个工作任务的完成情况和实际的操作水平为依据，将学习过程的行为表现量化成指标，构建过程考核量化表，培养学生自我学习获取知识和技能的方法，注重学生综合素质的养成和可持续发展潜力的培养。以每个学习情境作为考核单元，具体包括学习过程考核、学习结果考核和生活行为考核三部分，分别占 50%、30%、20%。

本书各部分参考学时如下表所示：

学习情境		学习内容	建议学时 (理实一体化)	备 注
一	黄闪信号灯	单片机硬件系统	12	
二	简易交通灯	单片机指令系统	22	
三	计数器	单片机输入输出设备	8	
四	音乐播放器	中断系统、定时/计数器	12	
五	八人表决器	串行通信	8	
六	流水灯的 C 程序设计	单片机 C 语言系统	4	
七	交通灯控制系统	单片机系统设计及 扩展 A/D、D/A 转 换单片机外围电路	整周	学生分小组选题
	温度测控系统			
	步进电机控制系统			
八	动车组单片机技术	动车组单片机相关应用	4	相关专业选修

本书由夏明娜、高玉芝担任主编，由李卫民、刘玉宾、马惠铨担任副主编，高云华、郑晶晶也参与了本书的编写工作，其中动车组单片机技术部分得到了辽宁大学（原大连理工大学）张大波教授的大力支持和帮助。同时，本书的编写得到了顾振华教授、刘文贵教授提出的很多指导性意见和建议，亦得到了北京理工大学出版社的大力支持，在此表示衷心的感谢。此外，还衷心的感谢书后所附参考文献的各位作者。

由于时间仓促加之编者水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

目录

学习情境一 黄闪信号灯	1
任务 1.1 制作黄闪信号灯	3
1.1.1 认识单片机	3
1.1.2 搭建单片机最小系统	5
1.1.3 焊接黄闪信号灯	12
任务 1.2 KEIL 编译程序	14
1.2.1 建立一个项目	14
1.2.2 新建一个文件	16
1.2.3 编译程序	19
任务 1.3 编程器烧录程序	22
1.3.1 编程器烧录程序	22
1.3.2 透视单片机内部结构	26
任务 1.4 数制与编码	36
1.4.1 数制	36
1.4.2 数制间的转换	37
1.4.3 各数制用途（在计算机中）	38
1.4.4 编码	38
讨论及思考题	43
学习情境二 简易交通灯	44
任务 2.1 简易交通灯硬件系统设计	46
任务 2.2 简易交通灯软件系统设计	46
2.2.1 编制程序方法及技巧	47
2.2.2 基本程序结构	48
2.2.3 简易交通灯系统程序设计	50
任务 2.3 Proteus 仿真	53
任务 2.4 单片机指令系统	58
2.4.1 指令格式	58
2.4.2 寻址方式	60

2.4.3 数据传送类指令	65
2.4.4 算术运算类指令	69
2.4.5 逻辑运算及移位类指令	72
2.4.6 控制转移类指令	74
2.4.7 位操作指令	78
2.4.8 常用伪指令	80
任务 2.5 典型流水灯程序设计	81
2.5.1 典型流水灯系统硬件设计 (参考)	81
2.5.2 典型流水灯系统软件设计 (参考)	83
讨论及设计题	87
学习情境三 计数器	88
任务 3.1 按键去抖及接口电路	90
3.1.1 按键工作原理	90
3.1.2 独立式键盘	91
3.1.3 矩阵式键盘	92
任务 3.2 数码管及接口电路	93
3.2.1 数码管结构	94
3.2.2 数码管静态显示	97
3.2.3 数码管动态显示	99
3.2.4 其他显示设备	101
任务 3.3 计数器系统设计	102
3.3.1 计数器接线图设计	102
3.3.2 计数器程序设计	104
讨论及设计题	109
学习情境四 音乐播放器	110
任务 4.1 制作音乐播放器	112
4.1.1 蜂鸣器及其驱动电路	112
4.1.2 音乐播放器硬件系统设计	114
任务 4.2 谱一段简谱	115
4.2.1 蜂鸣器发声原理	115
4.2.2 谱一段简谱	116
任务 4.3 音乐播放器程序设计	119
4.3.1 音乐播放器程序流程设计	119
4.3.2 音乐播放器中断程序处理	120
4.3.3 音乐播放器定时/计数器程序处理	128

4.3.4 “新年好”音乐播放器程序设计	133
讨论与设计题	137
学习情境五 八人表决器	138
任务 5.1 表决器硬件系统设计	140
5.1.1 单片机串行 I/O 口应用	140
5.1.2 表决器硬件系统设计	152
任务 5.2 表决器软件系统设计	154
5.2.1 初始化编程设计	154
5.2.2 发送程序设计	155
5.2.3 接收程序设计	157
讨论及设计题	163
学习情境六 流水灯的 C 程序设计	164
任务 6.1 C 程点亮一支发光二极管	166
6.1.1 点亮一支发光二极管	166
6.1.2 C51 中的头文件	167
任务 6.2 简单延时程序设计	170
6.2.1 简单延时程序设计与循环语句	170
6.2.2 延时程序与基本运算符	173
任务 6.3 C 语言指令	176
6.3.1 C51 的数据与运算	177
6.3.2 函数	179
任务 6.4 流水灯 C 程序设计	180
讨论及设计题	185
学习情境七 综合项目设计	187
选题一 交通灯控制系统	190
选题二 温度测控系统	201
选题三 步进电机控制系统	213
学习情境八 动车组单片机技术	231
任务 8.1 火灾探测系统	232
8.1.1 火灾探测系统硬件电路设计	233
8.1.2 火灾探测系统软件设计	239
任务 8.2 火灾报警控制系统	251
8.2.1 火灾报警控制系统硬件电路设计	252
8.2.2 火灾报警控制系统软件设计	254
参考文献	257



学习情境概要

黄闪信号灯是基于单片机最小应用系统的一个典型案例，用一个简单实用的生活案例将学生引入《单片机系统设计及应用》课程之中。通过制作黄闪信号灯、KEIL 编译程序、编程器烧录程序这基于工作过程的三大任务驱动完成黄闪信号灯作品，在此过程中使学生对单片机系统设计有一个直观、全面的认识，并对掌握单片机内部结构、最小系统以及开发过程起到相当重要的辅助作用。在学习情境实施过程中逐步培养学生发现问题、分析问题及解决问题的能力，同时培养良好的职业道德和精益求精的工作态度。



学习目标

1. 知识目标

- ① 了解单片机的外部引脚结构和封装特点。
- ② 掌握单片机时序电路、复位电路、电源电路的原理。
- ③ 了解单片机存储器结构特点，掌握单片机存储器分配方式。
- ④ 熟悉单片机 I/O 口的简单应用。

2. 技能目标

- ① 了解 KEIL 软件的一般常识，能熟练使用 KEIL 软件进行常规操作。
- ② 能调试简单程序。
- ③ 能辨识黄闪信号灯常用电子器件并掌握一定的焊接技巧。
- ④ 能使用编程器烧录程序。

3. 情感目标

- ① 具有良好的思想政治素质、行为规范和职业道德。
- ② 具有较强的计划、组织、协调和团队合作能力。
- ③ 具有较强的口头与书面表达能力、人际沟通能力。
- ④ 具有良好的安全意识、环保意识和责任意识。



教学资源配备

1. 可进行电子焊接的台面及全套焊接工具
2. 装有 KEIL 和 PROTEUS 的计算机一台
3. 编程器一台

学习任务单

项目名称	黄闪信号灯	项目实施方式	电路板焊接
任务 1.1：制作黄闪信号灯		建议学时：4 学时	难度系数：★★
学习活动设计： 以小组为单位按照电路接线图在焊接实验台上对黄闪信号灯电路进行焊接；总结单片机最小系统的组成及各外部引脚功能；共同探讨该电路的常见故障及维修调试方法		技能点： 1. 辨识常用元器件； 2. 电子焊接技术； 3. 常用电路分析； 4. 单片机最小系统搭建； 5. 单片机外部引脚功能； 6. 基本电路调试维修技术	
任务 1.2：KEIL 编译程序		建议学时：1 学时	难度系数：★
学习活动设计： 教师示范或视频演示使用 KEIL 软件对简单指令进行编译及简单调试；学生独立使用计算机 KEIL 软件进行给定程序的编译及调试		技能点： 1. KEIL 软件的基本功能； 2. KEIL 软件的简单应用	
任务 1.3：编程器烧录程序		建议学时：5 学时	难度系数：★★★★★
学习活动设计： 教师示范或视频演示编程器烧录程序的过程；学生独立使用烧录机将任务三中编译程序产生的 HEX 文件烧录到单片机当中去；将单片机安装在任务一焊接好的电路板上观察现象；教师讲解单片机内部结构；学生以小组为单位对单片机内部结构进行归纳总结		技能点： 1. 编程器的使用方法； 2. 程序存储器构造映像； 3. 数据存储器构造映像	
任务 1.4：数制与编码		建议学时：2 学时	难度系数：★★
学习活动设计： 教师类比二进制、八进制、十进制及十六进制计数制及进制间转换方法		技能点： 灵活运用各进制间转换	

任务 1.1 制作黄闪信号灯

1.1.1 认识单片机

手电筒电路如图 1.1 所示, 当给灯泡两端接上电源时, 灯泡就会发光, 将电路断开时, 灯泡就会熄灭。其电路图如图 1.2 所示。

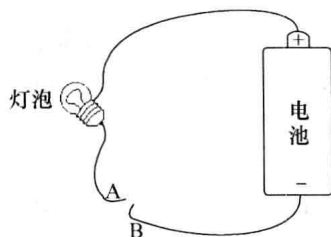


图 1.1 手电筒电路

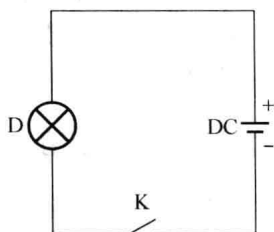


图 1.2 手电筒电路图

由电路图可以看出开关 K 闭合, 灯泡就会发光, K 断开, 灯泡就会熄灭。如果不断的闭合断开开关 K, 灯泡就会一闪一闪的, 这种闪烁的小灯就是我们常见的警示灯或装饰灯。那么由谁来担当这个开关的角色从而实现小灯闪烁的自动控制呢? 单片机就是这种具有自动控制功能的电子器件。本书以 AT89S51 通用型单片机为例介绍单片机系统的设计及应用。

我们将图 1.2 加以简单改造。把灯泡接在电源正极和单片机的一个引脚 P1.0 脚之间, 只要让 P1.0 脚输出低电平, 灯泡中就会有电流通过, 此时灯泡会发光, 反之, 灯泡熄灭。用发光二极管 LED 代替小灯, 由于 LED 工作电压小, 大约需要 0.7 V 的压降就能将其点亮, 因此需要给发光二极管 LED 串接一个电阻。连接方法如图 1.3 所示。

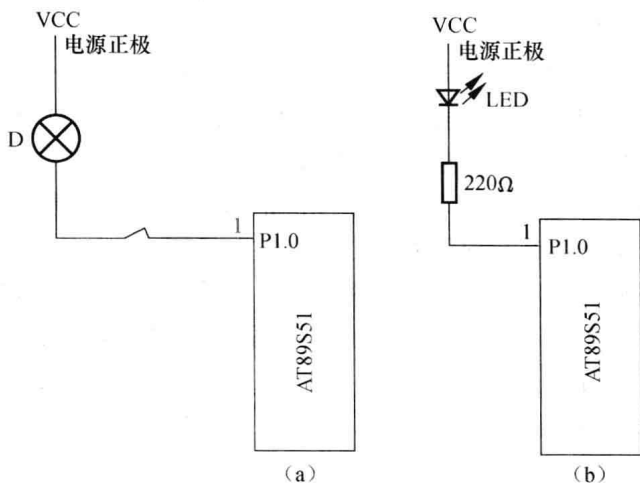


图 1.3 单片机控制发光二极管

让单片机驱动发光二极管发光,这样连接是不够的,还需要单片机工作的最小系统电路加之能让发光二极管闪烁的程序。具体方法是在单片机内部烧录上间断发出高低电平的指令,在单片机最小系统电路的驱动下,通过单片机引脚输送给发光二极管,使单片机按照预定的程序进行工作。当然,单片机的功能不仅仅在于控制发光二极管,它还能控制更多的器件,如数码管、液晶屏、蜂鸣器、电动机、继电器等。这需要在以后的学习过程中慢慢挖掘单片机的无穷功能。

单片机是微型计算机中的一个分支。它使计算机从海量数值计算进入智能控制领域,并由此开创了工业控制的新局面。它是把微型计算机中的中央处理器、存储器、I/O 接口、定时/计数器、串行接口、中断系统等电路集成在一块集成电路芯片上形成的微型计算机。因而也被称为单片微型计算机,简称单片机。

一、单片机的发展及应用

单片机的发展已经有了几十年的时间,如果将 8 位单片机的推出作为起点,单片机的发展历史大致可分为以下四个阶段。

(1) 第一阶段(1976—1978):单片机的探索阶段。以 Intel 公司的 MCS-48 为代表。MCS-48 的推出是在工控领域的探索,参与这一探索的公司还有 Motorola、Zilog 等,都取得了满意的效果。

(2) 第二阶段(1978—1982):单片机的完善阶段。Intel 公司在 MCS-48 基础上推出了完善的、典型的单片机系列 MCS-51。

(3) 第三阶段(1982—1990):8 位单片机的巩固发展及 16 位单片机的推出阶段,也是单片机向微控制器发展的阶段。Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机,将一些用于测控系统的模数转换器、程序运行监视器、脉宽调制器等纳入片中,体现了单片机的微控制器特征。随着 MCS-51 系列的广泛应用,许多电气厂商竞相使用 80C51 为内核,将许多测控系统中使用的电路技术、接口技术、多通道 A/D 转换部件、可靠性技术等应用到单片机中,增强了外围电路功能,强化了智能控制的特征。

(4) 第四阶段(1990—):微控制器的全面发展阶段。随着单片机在各个领域全面深入地发展和应用,出现了高速、大寻址范围、强运算能力的 8 位/16 位/32 位通用型单片机,以及小型廉价的专用型单片机。

纵观单片机发展过程,可以看出单片机正朝高性能、低功耗、高集成度、多功能引脚、外部电路内装化以及芯片专业化方向发展。

今后,专门针对特定产品开发的用途单一的单片机会越来越多。大到汽车和航空航天设备上的单片机;小到智能仪表、家用电器、电动玩具、IC 卡读卡器等处处都有单片机身影。

未来单片机虽然正向多元化发展,但单片机位数不一定继续增加,因为对于一般的控制系统来讲,8 位单片机已经足够,所以,目前 8 位单片机仍然是当前的主流系列。

二、单片机的特点

单片机结构形式及其采取的半导体工艺,使得单片机具有诸多的特点:

(1) 优异的性价比。几元到几十元的单片机即可担当起普通测控系统智能核心的角色。

(2) 集成度高、体积小、可靠性高。单片机把各功能部件集成在一块芯片上,内部采用总线结构,减少了各芯片之间的连线,大大提高了单片机的可靠性与抗干扰能力。另外,由于其体积小,易于采取屏蔽措施,因此,特别适合复杂、恶劣的工作环境。目前,单片机适用的环境温度划分为三个等级,即民用级 $0^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$; 工业级 $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$; 军用级 $-65^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ 。相对而言,通用型单片机一般工作在室温下,抗干扰能力要求也低。

(3) 控制功能强。为了满足工业控制的要求,一般单片机的指令系统均有极丰富的转移指令、I/O 口的逻辑操作以及位处理功能。单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微机。

(4) 低功耗、低电压,便于生产便携式产品。

(5) 外部总线增加 I²C 等串行总线方式,进一步缩小了体积,简化了结构。

(6) 单片机的系统扩展和系统配置较典型、规范,容易构成各种规模的应用系统。

1.1.2 搭建单片机最小系统

单片机本身只是一个电子元件,只有当它与某些器件或设备有机地结合在一起并配置适当的工作程序后,才能构成一个真正的单片机应用系统,完成特定的任务。本小节的任务就是分析一下利用单片机完成一项任务所需的最少器件是什么,也就是单片机的最小系统。

一个完整的单片机应用系统应该由硬件和软件两部分组成。因为单片机应用系统是以单片机为核心,为控制应用而设计的,该系统与控制对象结合在一起使用,所以不同的系统,其相应的硬件配置和软件配置也就不同。按照单片机应用系统扩展与系统配置情况,单片机应用系统可分为最小系统、最小功率系统、典型系统等。

一、最小应用系统构成

最小应用系统是指用最少的元件组成的单片机可以工作的系统。由于应用条件及控制要求的不同,其外围电路的组成也不尽相同。由于 89S51 单片机内部已经集成有 4 KB 的 FlashE²PROM 及 128B 的 RAM,因此,只需接上电源电路、时钟电路和复位电路就可以构成单片机的最小系统,如图 1.4 所示。

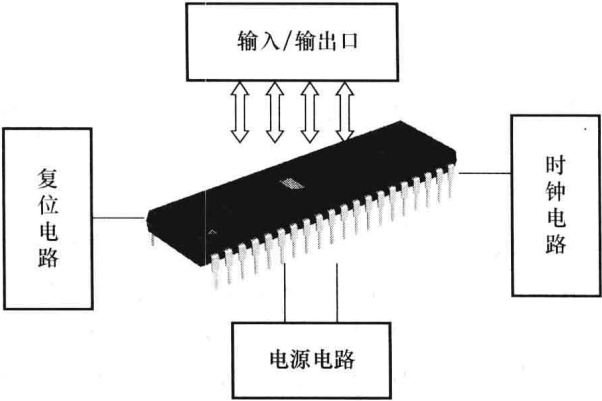
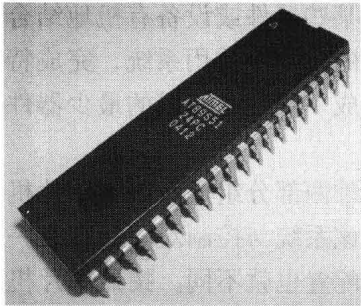


图 1.4 单片机最小系统构成图

二、单片机

在单片机应用系统中，单片机是核心部件，能够自动完成用户赋予它的任务。如图 1.5 所示为采用双列直插式封装的 AT89S51 型单片机及其引脚排列图。AT89S51 型单片机共 40 个引脚，面向单片机有字的一面，将其缺口朝上，左上角第一个为 1 号引脚，向下依次为 2 号、3 号……20 号，右侧从下往上依次为 21 号、22 号……40 号引脚。



P1.0	1	40	VCC
P1.1	2	39	P0.0 (AD0)
P1.2	3	38	P0.1 (AD1)
P1.3	4	37	P0.2 (AD2)
P1.4	5	36	P0.3 (AD3)
(MOSI) P1.5	6	35	P0.4 (AD4)
(MISO) P1.6	7	34	P0.5 (AD5)
(SCK) P1.7	8	33	P0.6 (AD6)
RST	9	32	P0.7 (AD7)
(RXD) P3.0	10	31	EA/VPP
(TXD) P3.1	11	30	ALE/PROG
(INT0) P3.2	12	29	PSEN
(INT1) P3.3	13	28	P2.7 (A15)
(T0) P3.4	14	27	P2.6 (A14)
(T1) P3.5	15	26	P2.5 (A13)
(WR) P3.6	16	25	P2.4 (A12)
(RD) P3.7	17	24	P2.3 (A11)
XTAL2	18	23	P2.2 (A10)
XTAL1	19	22	P2.1 (A9)
GND	20	21	P2.0 (A8)

图 1.5 单片机外观及引脚图

三、电源电路

从本质上讲，单片机是一个超大规模集成电路，在其内部集成有成千上万个

晶体管或场效应管，因此，要使单片机正常运行，就必须为其提供能量，使其能正常工作在相应的状态。其电源电路如图 1.6 所示。

VCC：电源端（40 脚）。引入单片机的工作电源。

GND：接地端（20 脚）。

MCS-51 系列单片机最小应用系统一般使用 +5 V 电源。需要注意的是：目前，单片机允许使用的电压范围越来越宽，一般单片机都能在 3 ~ 6 V 范围内工作，对电池供电的单片机不再需要对电源采取稳压措施。低电压供电的单片机电源下限已由 2.7 V 降至 2.2 V、1.8 V。0.9 V 供电的单片机已经问世。

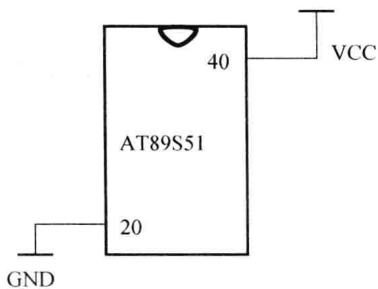


图 1.6 单片机电源电路

四、时钟电路

时钟电路对于单片机系统而言是必需的。由于单片机内部是由许多数字逻辑器件构成，这些逻辑器件的工作必须按照时间顺序协同工作。就像在一所学校中，所有的教职工和学生都必须在铃声的统一指挥下，步调一致的协调工作一样，铃声是按照一定的时间安排来工作的，称之为时序。单片机是一种时序电路，时钟电路就是提供单片机内部各种操作的时间基准的电路。

1. 时钟的产生方式

AT89S51 单片机的时钟信号通常有两种方式产生：一是内部时钟方式；二是外部时钟方式。

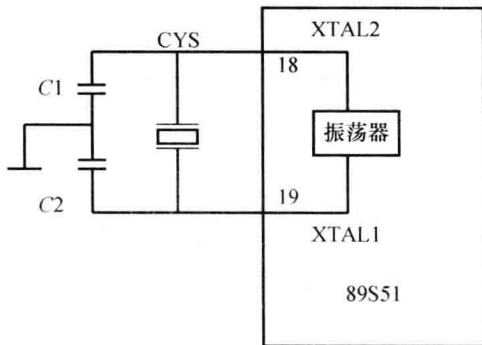


图 1.7 内部时钟方式

内部时钟方式如图 1.7 所示，在 89S51 单片机内部有一振荡电路，只要在单片机的 XTAL1（19 脚）和 XTAL2（18 脚）引脚外接石英晶体（简称晶振），就构成了自激振荡器并在单片机内部产生时钟脉冲信号。图中电容 C1 和 C2 的作用是稳定频率和快速起振。内部时钟电路的石英晶体振荡器频率一般选择在 4 ~ 12 MHz 之间，谐振电容一般采用 20 ~ 30 pF 的瓷片电容。

外部时钟方式是把外部已有的时钟信号引入到单片机内，如图 1.8 所示，此方式常用于多片 AT89S51 单片机同时工作，以便于各单片机的同步。一般要求外部信号高电平的持续时间大于 20 ns，且为频率低于 12 MHz 的方波。对于 CHMOS 工艺的单片机，外部时钟要由 XTAL1 端引入，而 XTAL2 引脚却为悬空。

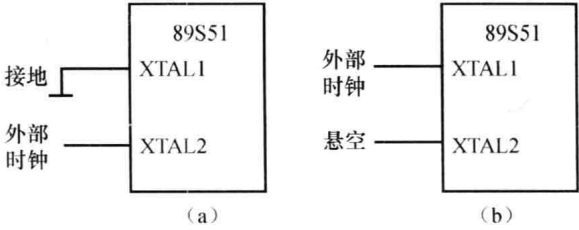


图 1.8 外部时钟方式

2. 时钟信号

晶振周期是晶体振荡器振荡所产生的脉冲信号的周期，即晶振频率的倒数，是单片机最小的时序单位。

晶振信号经分频器分频后形成两相错开的时钟信号 P1 和 P2，如图 1.9 所示。时钟信号的周期也称 S 状态，它是晶振周期的两倍，即一个时钟周期包含 2 个晶振周期。在每个时钟周期的前半周期，相位 1 (P1) 信号有效，在每个时钟周期的后半周期，相位 2 (P2) 有效。每个时钟周期有两个节拍 (相) P1 和 P2，CPU 以 P1 和 P2 为基本节拍指挥各个部件协调地工作。

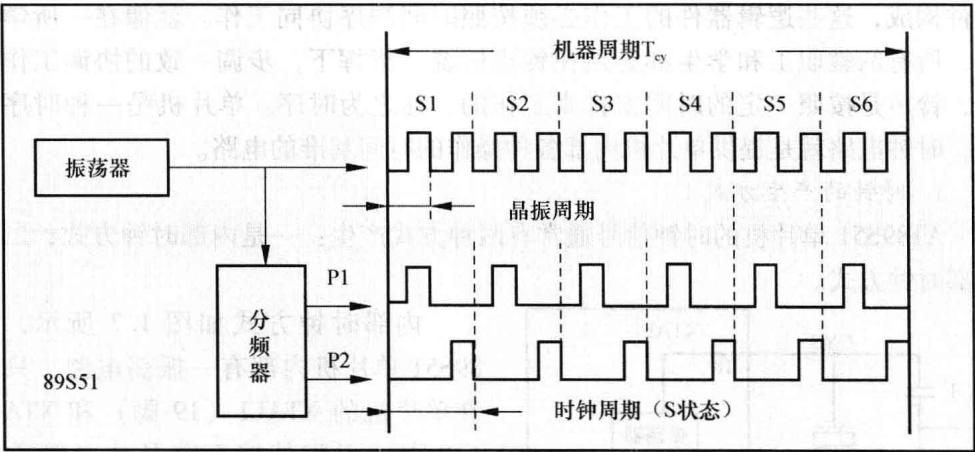


图 1.9 晶体振荡器信号

晶振信号 12 分频后形成机器周期，即一个机器周期包含 12 晶振周期或 6 个时钟周期，因此，每个机器周期的 12 个振荡脉冲可以表示为 S1P1、S1P2、S2P1、S2P2……S6P2。

指令的执行时间称做指令周期。89S51 单片机的指令按执行时间可分为三类：单周期指令，双周期指令和四周期指令（四周期指令只有乘、除两条指令）。

晶振周期、时钟周期、机器周期和指令周期均是单片机时序单元。机器周期常用做计算其他时间（如指令周期）的基本单位。如晶振频率 f_{soc} 为 12 MHz 时，机器周期为 1 μs ，指令周期为 1~4 个机器周期，即 1~4 μs 。

3. 典型时序

每一条指令的执行都可以包括取指和执行两个阶段。在取指阶段，CPU 从内

部或者外部程序存储器 ROM 中取出指令操作码及操作数，然后再执行这条指令的逻辑功能。对于绝大部分指令，在整个指令执行过程中，ALE 信号是周期性的信号，在整个机器周期中，ALE 信号出现两次，出现的时刻为 S1P2 和 S4P2。信号的有效宽度为一个 S 状态。每出现一次 ALE 信号，CPU 就进行一次取指操作。对于不同的指令，由于字节数和机器周期不同，所以具体取指操作有所不同。

1) 单周期指令时序

单周期指令是指指令执行的时间为一个机器周期，单周期指令时序如图 1.10 所示。当指令为 1 字节时，在 S1P2 开始把指令操作码读入指令寄存器且执行指令，此时程序指针 PC 自动加 1，在 S4P2 时为空操作，PC 不再加 1；当指令为双字节指令时，每当 ALE 信号有效时即 S1P2 和 S4P2 时，CPU 取一次指令，且 PC 自动加 1。单字节、双字节指令均在 S6P2 结束操作。

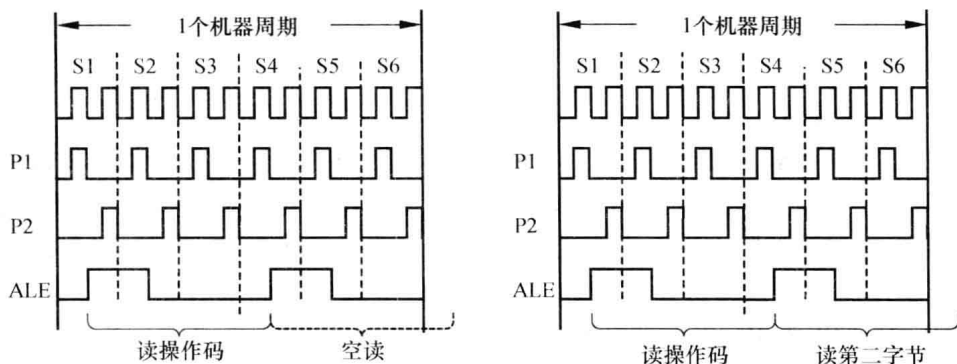


图 1.10 单周期指令时序

2) 双周期指令时序

双周期指令是指指令的执行时间为 2 个机器周期，其指令时序如图 1.11 所示。当指令为单字节指令时，在两个机器周期之内进行 4 次取指操作，仅第一次取指操作时，程序指针 PC 自动加 1，而后 3 次均为空操作，PC 不加 1。

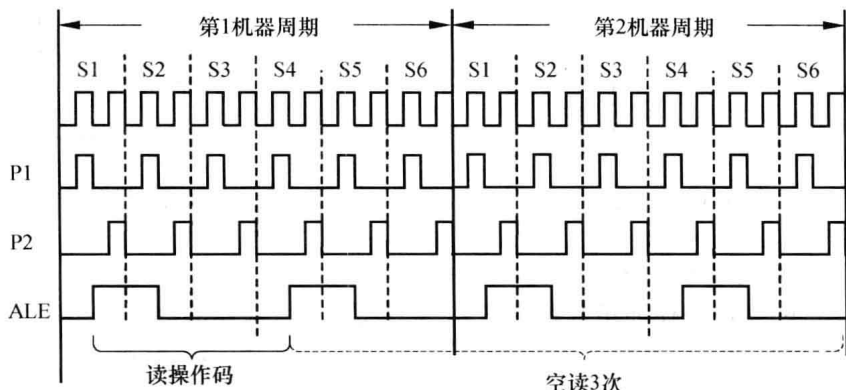


图 1.11 双周期指令时序