



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

DANPIANJI C51 XIANGMU JIAOCHENG

# 单片机C51项目教程

张晓峰 郭显久 主编 ●



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

DANPIANJI C51 XIANGMU JIAOCHENG

# 单片机C51项目教程

主编 张晓峰 郭显久

编写 车翼飞 鄢长卿 于 军 周向洋

主审 张迎辉



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）。

本书共设计了 8 个项目，分别为 LED 彩灯的单片机控制与制作、单片机 LED 数码管显示抽奖器制作、单片机 LED 数码管显示电子钟设计、单片机点阵显示屏设计与制作、单片机交通灯远程控制设计与仿真、数字电压表设计仿真与制作、单片机电动小车简易控制、具有温度显示的 LCD 电子日历设计与制作。本书按照“工作过程导向”的课程改革思路进行编排。以“项目引领、任务驱动”教学模式为主线，集能力培养、职业素质养成和创新教育于一体，“教、学、练、做、考”有机融合，体现了“在学中做、在做中学、边做边学”理实一体化的高技能人才育人理念。

本书主要作为高职高专教育计算机类、电子信息类、自动化类、电力技术类专业单片机课程教材或教学参考书，也可作为相关行业的岗位培训教材和工程技术人员的参考用书。

## 图书在版编目（CIP）数据

单片机 C51 项目教程 / 张晓峰, 郭显久主编. —北京: 中国电力出版社, 2011.7

普通高等教育“十二五”规划教材. 高职高专教育  
ISBN 978-7-5123-1907-3

I. ①单… II. ①张… ②郭… III. ①单片微型计算机—C 语言—程序设计—高等职业教育—教材 IV. ①TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 141629 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>）

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2011 年 8 月第一版 2011 年 8 月北京第一次印刷  
787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.25 印张 298 千字  
定价 21.00 元

## 敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失  
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

# 前 言

本书按照“工作过程导向”的课程改革思路精心设计了8个项目。从学生实际、岗位需求和行业标准出发,精心创设了工作情景。在结构上以“项目引领、任务驱动”教学模式为主线,集能力培养、职业素质养成和创新教育于一体,“教、学、练、做、考”有机融合,体现了“在学中做、在做中学、边做边学”理实一体化的高技能人才育人理念。其主要特点如下。

(1) 本书采用项目化结构,任务式组织。按企业相关职业岗位工作能力需求将课程内容重构为八个典型项目,各项目又根据功能和要求分解为若干任务。“项目引领”使学生明确学习目标,知道自己要做什么,“任务驱动”使学生知道怎么做。教师围绕企业实际项目组织开展教学活动,学生带着任务边学边做,直接参与项目实施的全过程。同时,通过教师引导、自己探究、讲解讨论、小组合作、总结提高等多种形式完成从理论知识到职业能力的转化。

(2) 既是教师“教授”的范本(教程),也是学生“学习”的指导方案(学程)。书中对教师教学、学生自学、课堂实训(技能训练)等过程精心设计,特别是给出了“做什么(任务描述)、怎么做(任务分析)、跟我学(知识准备)、跟我做(技能训练/任务实施)、比比看(任务评价)、归归类(任务总结)、我来做(思考拓展)”等十分明确的任务实施步骤。教材中设置了新颖、互动性强的“小贴士、小问答、小技巧、注意、请思考、该你了——请你动手”等栏目,引导学生在探究中学习,将教师单向信息传播的课堂转化为师生双向互动的工作现场。每个项目都设有“学习导航”,提出了学习目标(知识、能力、素质)、学习要点、学习方法与进程,最大程度地体现了以学生为本的思想。

(3) 本书采用C语言开发环境,贴近职业岗位要求,易教易学。汇编语言能针对硬件底层操作,但指令不易理解,尤其对于高职学生,很难真正掌握指令及编程方法。而在实际的单片机应用产品开发过程中也已经很少使用汇编语言,因此,采用C语言开发环境是课程改革的重要内容。C语言程序易于阅读和理解,且方便移植,已经成为各种单片机应用产品开发的主流语言。教材内容以单片机应用为主线,以够用为度,把相关的C51语言知识融入项目对应的工作任务,让学生在针对单片机的硬件操作中逐渐掌握基本编程方法,而不必单独开设C语言课程,避免了C语言独立设课而学完后无法学以致用导致的资源浪费问题。

(4) 本书将硬件制作与软件仿真有机结合,理论与实践相统一。学习单片机最关键的是入门,首先制作一个最小系统是入门的最佳手段。教材中先引导学生完成最小系统的硬件制作,后续的项目/任务均可以在此基础上不断进行修改与完善。在项目/任务实施环节引入了最先进、最完整的嵌入式系统设计与仿真软件Proteus,借助其强大的原理图设计、仿真以及与Keil的联合调试功能,要求学生先在计算机上进行虚拟设计、仿真,然后再将结果应用到实际电路之中,这种先仿真、后制作的工作过程有效地降低了产品开发的风险,既能降低设计成本,又能充分发挥学生的智慧与潜能,为高效教学与学习带来了极大方便。精选的八个项目的所有程序、电路都经过验证,保证仿真和实际制作效果的一致。特别是项目8的电子万年历,具有很强的实用性与综合性,体现了教学和职业岗位的紧密结合。但请读者务必明确,仿真不能代替实际制作与调试,只停留在仿真层面是永远不可能学会单片机的。

(5) 紧跟技术前沿, 体现先进性。教材中介绍了目前国内正在广泛应用的 STC 系列单片机及 ISP 技术, 对于 C51 单片机集成开发环境软件 Keil uv4 及单片机仿真软件 Proteus 的讲解也都使用了目前的最新版本, 保持了与国际接轨、与行业发展同步。教材内容中既包括传统的数码管、键盘、点阵和液晶接口, 也有 1 线、2 线 (I<sup>2</sup>C) 及 3 线 (SPI) 串行接口, 并且在 AD/DA 项目中也采用了引脚少、体积小、价格低的串行接口器件。

(6) 语言通俗易懂, 形象生动。“单片机入门难”还体现在它的专业术语过于晦涩难懂, 如总线、寻址等, 书中大胆采用了不少生活用语和生活实例作比喻, 力争生动形象地讲述单片机技术。生动的语言、清晰直观的仿真效果图, 使学生能够在更易理解的“大白话”和形象的比喻中快速进入有趣的单片机世界, 具有很强的可读性和趣味性。

本书参考学时数约为 120, 可根据具体情况适当作增减。

本书由张晓峰、郭显久主编, 其中, 黑龙江农业工程职业学院张晓峰编写了项目 1、项目 2, 黑龙江农业工程职业学院车翼飞编写了项目 3、项目 4, 黑龙江农业工程职业学院鄢长卿编写了项目 5, 大连海洋大学职业技术学院于军编写了项目 6, 哈尔滨新中新电子股份有限公司工程师周向洋编写了项目 7, 大连海洋大学信息工程学院郭显久编写了项目 8。全书由黑龙江信息技术职业学院张迎辉教授任主审, 提出了许多宝贵的意见。哈尔滨工业大学固泰电子有限责任公司高级工程师王志刚参与了本书的总体策划并为项目提供了一些企业资料。

本书编写过程中参考了大量的资料, 同时也融入了作者多年的教学经验, 并有一定创新。在此, 向参考文献中列出的作者表示感谢。由于编者水平有限, 书中难免有错漏之处, 敬请广大读者批评指正。

编者

2011 年 5 月

## 目 录

## 前言

项目 1 LED 彩灯的单片机控制与制作	1
任务 1.1 从外到内认识单片机	1
任务 1.2 制作与调试单片机最小系统	8
任务 1.3 认知单片机的开发环境	11
任务 1.4 多位 LED 彩灯同时闪烁控制仿真	27
任务 1.5 8 位 LED 流水彩灯控制仿真	42
任务 1.6 多位 LED 彩灯个性控制仿真与制作	49
任务 1.7 汽车头部左右转向灯控制设计与仿真	63
项目 2 单片机 LED 数码管显示抽奖器制作	68
任务 2.1 1 位 LED 数码管数字显示设计与仿真	68
任务 2.2 中断法实现按键加 1 显示设计与仿真	77
任务 2.3 4 位 LED 数码管抽奖器设计、仿真与制作	84
项目 3 单片机 LED 数码管显示电子钟设计	87
任务 3.1 简易产品计数器设计与仿真	87
任务 3.2 方波发生器设计与仿真	92
任务 3.3 两位秒表设计与仿真	95
项目 4 单片机点阵显示屏设计与制作	110
任务 4.1 8×8 点阵显示屏设计与仿真	110
任务 4.2 16×16 点阵显示屏设计与仿真	116
项目 5 单片机交通灯远程控制设计与仿真	121
任务 5.1 串行口控制一位 LED 数码管显示	122
任务 5.2 单片机交通灯远程控制设计与仿真	131
项目 6 数字电压表设计仿真与制作	138
任务 6.1 数字电压表设计与仿真	138
任务 6.2 锯齿波发生器的设计与仿真	143
项目 7 单片机电动小车简易控制	147
任务 7.1 单片机简易电动小车控制	147
项目 8 具有温度显示的 LCD 电子日历设计与制作	157
任务 8.1 项目所需元器件认知	157
任务 8.2 LCD 显示器设计与仿真	168
任务 8.3 电子日历电路设计与程序设计	169
附录《单片机技术》过程考核评价表	188
参考文献	189

## 项目 1 LED 彩灯的单片机控制与制作

### 项目说明

LED 彩灯色彩丰富、造价低廉、控制方便，用 LED 来制作广告灯箱以及进行城市亮化与美化已经成为一种时尚。用全硬件电路设计的 LED 彩灯控制器，一旦制作完成就只能按照固定的模式显示，花样少而单调。用单片机设计的 LED 彩灯控制器，是用软件控制硬件的方式实现彩灯多种显示模式（花样）的控制。通过本项目的学习，可以随心所欲地设计并制作出一款个性化的 LED 彩灯，并且也将引领你进入“单片机技术”的大门。

### 学习导航

学习目标	知识	准确理解 MCU 及其系统的基本概念；认知 C51 单片机开发环境；基本掌握 C51 语言基础知识
	能力	具有查找专业资料能力；良好的协调沟通能力；初步形成自主学习能力
	素质	认真的学习态度，足够的学习兴趣，良好的职业习惯，建立学好本课程自信心
学习要点	知识	MCU 的基本概念、种类及应用范围；单片机最小系统及电路；C51 语言基本概念、基本语句、基本结构
	技能	较熟练地运用 Proteus、Keil、STC_ISP 等软件进行单片机 LED 彩灯的电路设计、程序调试、联合仿真、硬件制作及程序下载测试；能根据故障现象分析并解决一般性技术问题
学习方法与进程	项目引领、任务驱动，教学做一体；讲授、讨论、示范、操作、自学等方式有机结合	
学习时间参考	22 学时	

### 任务 1.1 从外到内认识单片机

演示图 1-1~图 1-3 所示的几种典型单片机产品的工作过程，让读者对单片机的功能有初步了解。

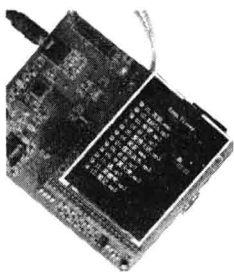


图 1-1 单片机控制的 MP3 播放器

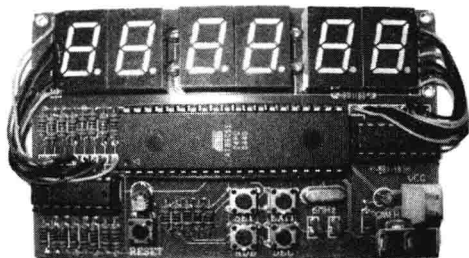


图 1-2 单片机控制的 LED 电子钟

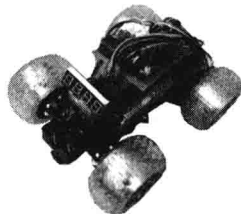


图 1-3 单片机控制的智能小车

#### 1.1.1 做什么

观察不同种类、型号的单片机外形封装，初步了解 C51 单片机型号含义；明确单片机的

基本概念、应用领域；了解课程的学习目标与基本学习方法。

### 1.1.2 怎么做

教师提供 C51、AVR、PIC、MSP 等不同种类不同型号封装的单片机芯片若干，请同学观察实物并形成对单片机直观的印象。教师讲解其定义、用途、分类，课程目标与学习方法。

### 1.1.3 跟我学

#### 一、什么是单片机

所谓单片机，就是在一片集成电路芯片上集成中央处理器(CPU)、存储器(ROM、RAM)、定时/计数器(T/C)、输入/输出(I/O)接口等计算机主要部件的微型计算机。简言之，单片机就是一块具有微机基本功能单元的超大规模集成电路芯片。“单片机”的称谓是最早从国外的“单片微型计算机(Single Chip Microcomputer)”直译过来的，但因为主要用于功能控制，因此，目前国际上通常缩写为 MCU (Microcontroller Unit)。

#### 二、单片机的功能

单片机虽然只是一个芯片，但由于其体积小、价格低、控制功能强，因此应用十分广泛，涵盖了工农业生产(如汽车电子设备、人工气候大棚)、日常生活(如全自动洗衣机、消费类电子产品)、国防航天(如导弹、飞机)、仪器仪表(如数字万用表、水表)等各种应用领域。一般所谓“微电脑”控制产品的核心器件多数是指单片机。它主要放在被控制对象的内部，因此它也是嵌入式系统的中成员之一，单片机应用可理解成嵌入式系统的低端应用。数一数你家里的电器设备，是否感觉单片机无处不在，无所不能(有些夸张)了呢？

#### 三、常用单片机的种类

现在，世界上著名的电子厂商大都生产单片机。单片机自 20 世纪 70 年代末诞生至今，经历了单片微型计算机 SCM、微控制器 MCU 及片上系统 SoC 三大阶段，目前，已有近百个品种，上千个型号。常用的主要有 C51、AVR、PIC、MSP430 等不同系列，而每个系列又根据需要有不同的型号。那么，琳琅满目、种类繁多单片机应该学哪一种呢？C51 单片机历史悠久，学习资源丰富，通常是初学者的首选。实际上，不同系列的单片机结构和原理都类似，只要学会了 C51 单片机，如果再用到其他单片机时，也是可以在比较短的时间内快速上手的。



#### 小贴士

单片机还有其他的分类方法：按其通用性可分为通用单片机与专用单片机；根据数据总线宽度可分为 8 位、16 位和 32 位，C51 是 8 位的（读者可能感觉与 16 位和 32 位的比较过时，事实上，在民用领域，8 位机仍是主流，“够用就好”是单片机应用的一个基本原则）；根据存储器结构可分为哈佛结构（数据和程序有各自独立的存储器，数据空间和地址空间独立）和冯诺依曼结构（或称普林斯顿结构）（将数据和指令都存储在同一存储器中，数据空间和地址空间不分开）；根据内嵌程序存储器的类别可分为 MASK（掩膜）、OTP（一次可编程）和闪存 FLASH；根据指令结构又可分为 CISC（复杂指令集）和 RISC（精简指令集）。详细内容请查阅有关资料。

#### 四、课程目标

高职高专学生单片机的学习应该以初学者能够达到的水平为度，培养的主要目标不是单



片机开发工程师，但要能够领会工程师的意图，看懂电路图纸，了解程序功能模块，可以协助电气（子）工程师完成某些项目工作。课程目标可描述为：了解单片机的组成与基本结构，能看懂常见的单片机控制电路图，具有一定的单片机编程能力（模仿性地编程或程序改造），熟练地掌握单片机开发平台的使用及现场调试方法，能够进行硬件焊接、组装，完成常用功能程序模块的改造与调试，编制有关技术文件等。当然，个别突出的也可以从事专业开发工作。

### 五、如何学习单片机

单片机是一门实践性、工程性很强的技术课程，需要有一定的电子技术、计算机基础等课程基础知识，可以说是“既难教又难学”。本书按照工作过程导向的项目引领、任务驱动课程教学模式，按企业单片机相关职业岗位工作能力需求将课程内容重构为若干个典型项目，各项目又根据功能和要求分解为若干子任务。“项目引领”使学生明确学习目标，知道自己要做什么，“任务驱动”使学生知道怎么做。教师围绕具体的实际项目组织和开展教学活动，学生带着任务边做边学，直接参与项目实施的全过程。通过教师引导、自己探究、小组合作、讲解讨论、总结提高等多种形式完成从理论知识到职业能力的转化。当然，如果没有教师的指导，通过本书自学也会比较顺利跨入单片机广阔世界的大门。下面谈几点自学的建议：

（1）做中学。单片机内部结构抽象，程序不好理解，仅从书本上是学不会的，必须将学习与实践有机结合——边做边理解与思考。自学时需要有一台电脑，安装上 Proteus、Keil、STC\_ISP、Altium 等软件，准备一个电子工具箱（万用表、螺丝刀、钳子、电烙铁、焊接材料、常用电子元件、导线等），购置万用板、单片机、下载线和必要的外围器件。购买不是太复杂的现成开发板，配合相应的视频教程学习也不失为一种方法，但编者更推荐的还是自己动手。

（2）玩中学。俗话说，兴趣是最好的老师，培养自己的学习兴趣至关重要。尝试与 MCU 交流，你会享受无法言表的兴奋与快乐，这比打过了某关的游戏会更有成就感，也将为你将来的职业生涯奠定坚实的基础。

（3）四步法：第一步，鹦鹉学舌；第二步，照猫画虎；第三步，他山之石；第四步，项目实战。“技术源于积累，成功源于实践”。

### 六、51 单片机的种类及封装

51 单片机是指 Intel 的 MCS-51 系列以及具有其兼容内核的单片机。Intel 早期型号包括 8051、8052、8751、8752 等，现在市场上销售的主要是各大芯片厂商提供的种类繁多与其兼容的 51 核单片机。如 ATMEL 公司的 AT89C 系列、AT89S 系列，SST 公司的 SST89 系列，Silicon Labs 公司的 C8051F 系列，NXP 公司的 P8XC 系列、ADI 公司的 ADuC8 系列等。这些单片机均采用 MCS-51 的结构和指令系统，只是对其功能和内部资源等方面进行了不同程度的扩展。常见的 51 单片机的外形及封装如图 1-4~图 1-9 所示。特别值得一提的是，前几年人们主要使用的是 AT89C/S 系列，而现在国内宏晶科技公司生产 STC 系列单片机正在被越来越多的应用。STC 号称 51 单片机的第一品牌，中国内地本土的领航者。为了考虑通用性，本书仍以 AT89C（S）系列为例进行介绍，同时也将适当对 STC 的部分产品加以提及，在 Proteus 的 ISIS 绘图及 Keil uv4 软件调试时也都以 AT89C51 为例（实际上 AT89C 系列已停产多年，市场上的芯片只是库存产品，但这并不会影响对课程的学习）。

每个系列的不同或相同型号都有不同的封装，但是内部电路和电器性能完全相同，只是安装方式改变了。TQFP 和 PLCC 比 PDIP 更加节约 PCB 空间。在学习时用 PDIP 比较方便，做产品时则多用 SMD 形式元件以减少产品体积。

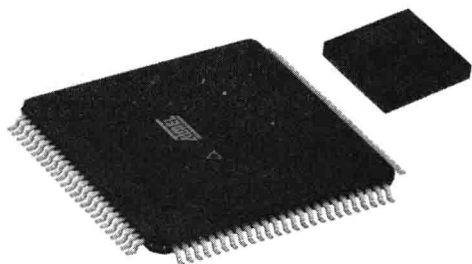


图 1-4 PQFP (大图) 及 PLCC (小图) 封装

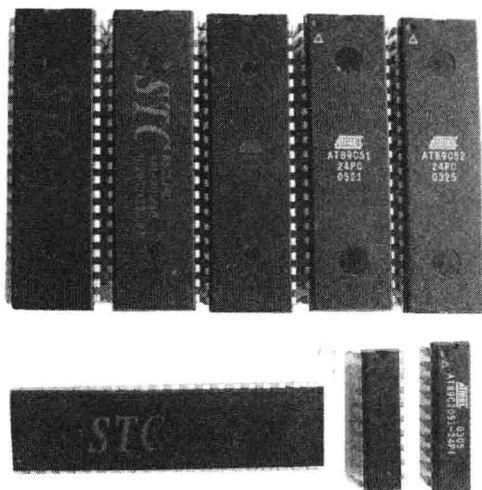


图 1-5 AT89C/S 与 STC12C5A60S2PDIP 封装

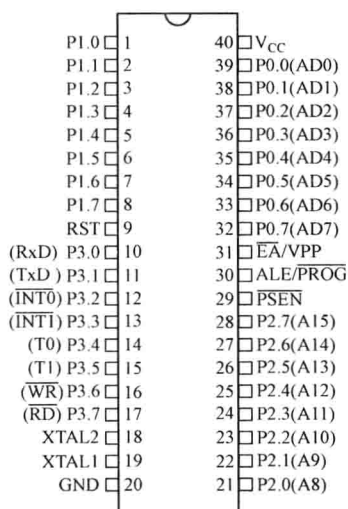


图 1-6 AT89C51PDIP 封装引脚图

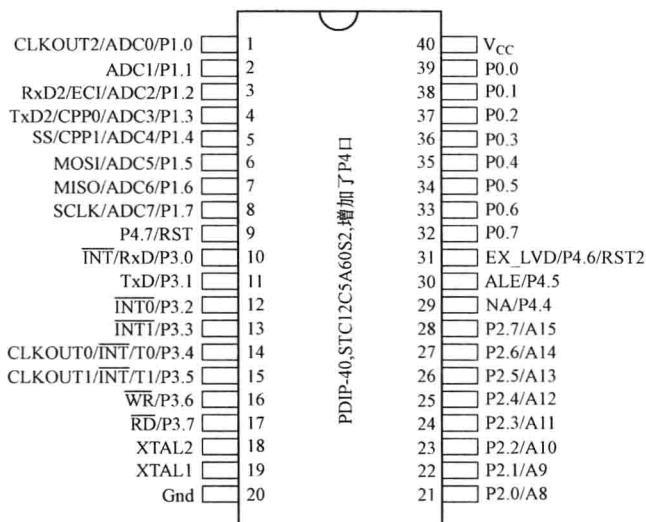


图 1-7 STC12C5A60S2PDIP 封装引脚图



### 小贴士

封装，就是指把硅片上的电路引脚用导线接引到外部接头处，以便与其他器件连接，封装形式是指安装 IC 用的外壳或电路形状，起着安装、固定、连接、保护芯片及增强电热性能等方面的作用。常见的封装形式有双列直插式封装 (Double In line Package, DIP); 塑料双列直插式封装 (Plastic Dual In Line Package, PDIP); 塑封 J 引线芯片封装 (Plastic

Leaded Chip Carrier, PLCC); 小外形封装 (Small Outline Package, SOP/SOIC) 等。小外形封装又包括 J 型引脚小外形封装 (SOJ)、薄小外形封装 (Thin Small Outline Package, TSOP)、甚小外形封装 (VSOP)、缩小型 SOP (SSOP)、薄的缩小型 SOP (TSSOP) 及小外形晶体管 (SOT)、小外形集成电路 (SOIC)。

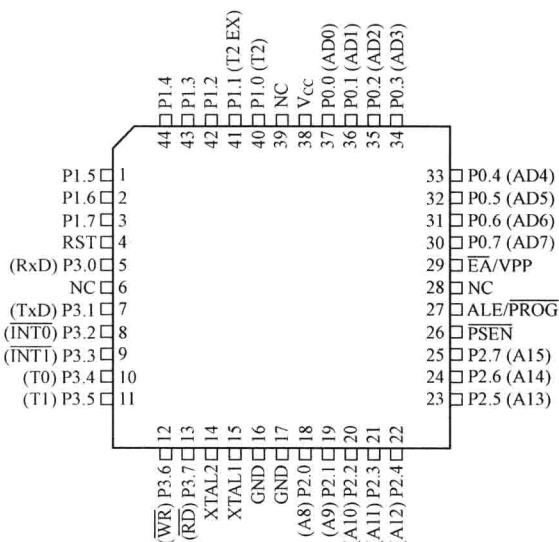


图 1-8 AT89C51PQFP/TQFP 封装引脚图

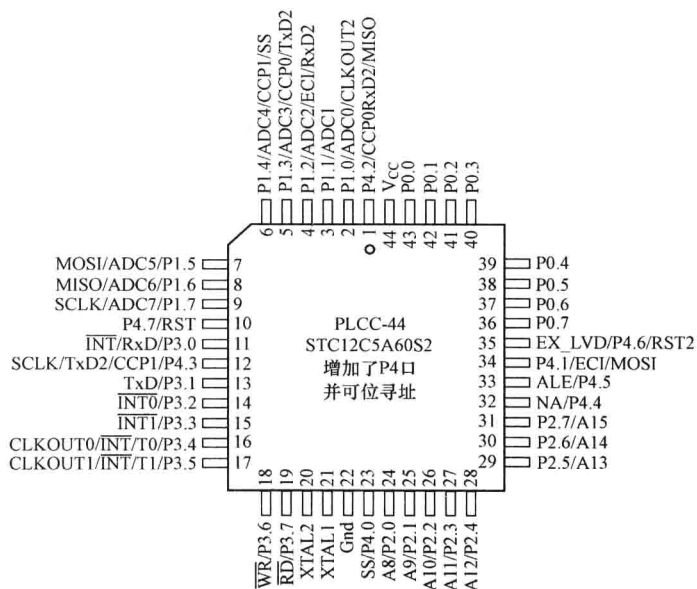


图 1-9 STC12C5A60S2PLCC 封装引脚图

## 七、51 单片机的“外部形象”

典型的 51 单片机引脚主要有 40 个或 44 个两种，还有 20 引脚 DIP 的 AT89C2051、

STC12C2051, 48 引脚 LQFP 的 STC12C5A60S2, 64 引脚的 C8051F000, 100 引脚的 C8051F020。这里介绍经典的 AT89C/S51 引脚, 为了便于记忆理解, 40 个引脚按功能可分为四类。

(1) 电源引脚 2 个: Pin40  $V_{CC}$  (+5V), Pin20 GND (地), 为系统提供能量。

(2) 时钟引脚 2 个: 系统的总指挥 (如军训时教官的口令), Pin19 XTAL1, Pin18 XTAL2 接外部晶振、电容。

(3) 控制引脚 4 个: 管理人员。Pin9—RST (复位), Pin31— $\overline{EA}$  (访问 ROM 控制), Pin30—ALE (地址锁存控制, 现已退休不用), Pin29— $\overline{PSEN}$  (外部 ROM 读选通, 现已退休不用)。

(4) I/O 引脚: 51MCU 有四个并行口: P0、P1、P2、P3, 每个口对应 8 个引脚, 共 32 个。控制功能的实现全靠 I/O 引脚了。



#### 小贴士

引脚序号识别。对于 DIP 封装的, 正对文字左下脚第 1 个为 Pin1, 按逆时针方向顺序递增。

## 八、经典 51 单片机的内“芯”世界

典型的 51MCU 内部结构如图 1-10 所示, 主要由以下部分构成。

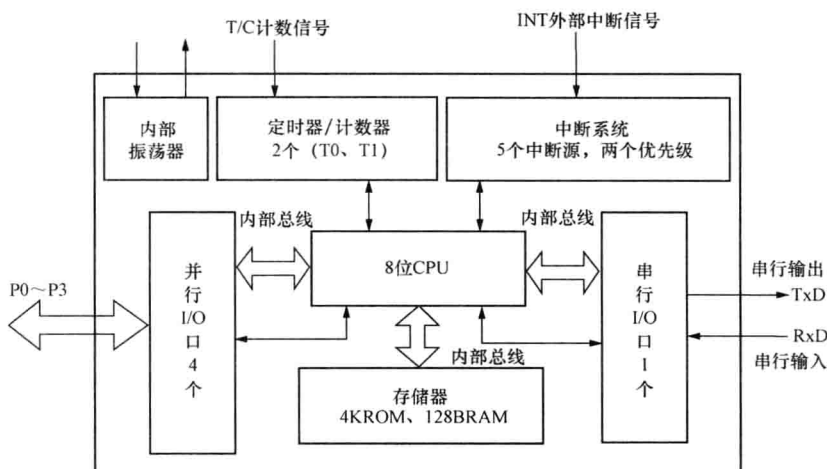


图 1-10 经典 51 系列单片机内部结构框图

(1) 8 位中央处理器 CPU: MCU 的大脑, 实现运算和控制功能, 每次只能实现一个字节 (8 位二进制数据运算)。

(2) 程序 (只读) 存储器 ROM: 4KB, 主要用于存放程序, 相当于 PC 的硬盘。MCU 工作时只能读出不能写入修改, 而把修改后并编译好的程序重新下载到 MCU 里时是可以的。一旦存 (写) 入, 数据不会丢失, 除非写入新程序。1KB=1024B, 1B (Byte) 即 8 位二进制数。

(3) 数据 (随机存取) 存储器 RAM: 256B, 类似于 PC 机的内存, 也相当于教室的黑板, 可以随时写上文字也可以随时擦掉重写。用户使用前 128B, 可存放程序运行过程中的临时数据, 后 128B 被专用寄存器占用。RAM 的特点是断电后数据会丢失, 剩下随机数。

(4) 定时/计数器 (T/C): 这是两个独立的 16 位定时/计数器, 即最大计数值为 16 位二进制数全为 1, 这种写法, 表示其既可用于定时也可以用于计数, 分别相当于 PC 的时间日期 (日历) 及网站访问量计数器。

(5) 并行 I/O 口: 4 个 8 位的 I/O 口 P0、P1、P2、P3。MCU 的控制功能是要通过 I/O 实现的, 相当于人的四肢和五官, 将大脑的意识转换为肢体活动。并行指每个口的 8 位二进制数据可同时控制其传输 (输入或输出)。

(6) 串行口 (UART): 一个全双工串行口。MCU 通过串行口与外界通信时数据是一位一位按顺序传输的。

(7) 中断控制系统: 5 个中断源 (外中断 2 个, 定时/计数中断 2 个, 串行中断 1 个)。指 MCU 能根据情况及时处理紧急或突发事件, 保障系统高效运行。

现在使用的 MCU 都是在经典的 51MCU 架构基础上改进后的增强型 51 单片机, STC 也不例外, 如大容量的 Flash 和 RAM, 支持串口下载程序, I/O 口可设置为四种模式, 有的型号还有 A/D (模/数转换)、PWM (脉冲宽度调制)、EEPROM (串行存储器)。主频都比经典的 C51 高, 支持串口程序下载。传统 C51 是每机器周期 12 时钟, 而 STC 单片机可以为每机器周期 1 时钟, 程序 (指令) 执行速度大大提高。一款 STC51 系列单片机内部结构框图如图 1-11 所示, 可以看出已经较经典 51MCU 的内部功能丰富了很多。

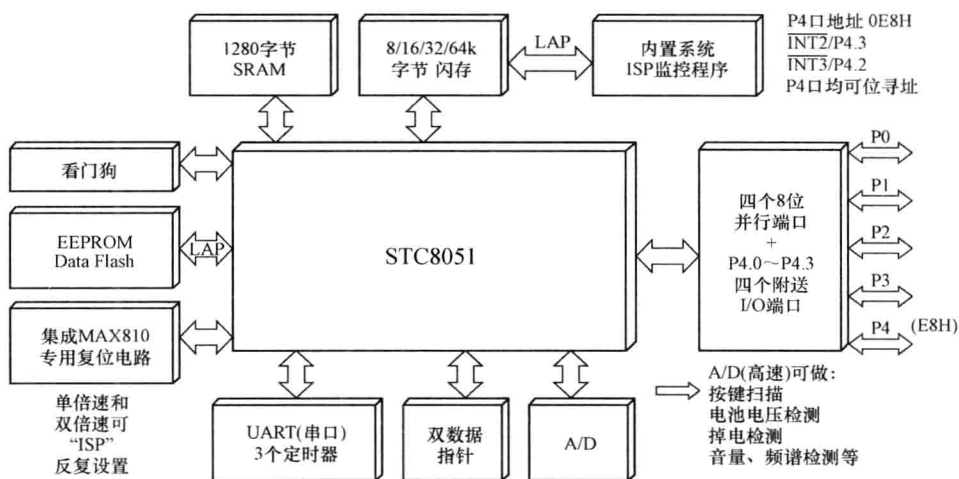


图 1-11 STC51 系列单片机内部结构框图

### 1.1.4 学中练

记录你现场的单片机型号, 上网查找一下芯片型号的具体含义, 如“AT89S51 24PC 0521”。

### 1.1.5 做中学

比较不同型号 51MCU 的外形封装, 并用直尺粗略测量引脚间距离。

讨论并解释 128B, 4KB 字节的数量含义。

手工进行以下十进制数据的二进制、十六进制间的数据转换, 再用电脑自带的科学型计算器 (“开始菜单” → “附件” → “计算器” → “查看” → “科学型”) 进行各种进制数的转

换。例如，汇编语言中“3CH”表示3C是十六进制数，C51中用0x3C表示。

练习数据：7，13，28，127，255。

### 1.1.6 我来问

总结本任务中不清楚的问题，请老师解答或自己课下上网查找答案，写出总结报告。

### 1.1.7 我来做

上网查找感兴趣的单片机问题，浏览推荐的几个网站内容，注册成会员参加讨论交流。

<a href="http://www.21ic.com/">http://www.21ic.com/</a>	21IC 中国电子网
<a href="http://bbs.zlgmcu.com">http://bbs.zlgmcu.com</a>	周立功单片机论坛
<a href="http://proteus.5d6d.com/bbs.php">http://proteus.5d6d.com/bbs.php</a>	proteus 仿真论坛
<a href="http://www.znmcu.cn/?article-28.html">http://www.znmcu.cn/?article-28.html</a>	振南电子
<a href="http://www.doyoung.net/data.html">http://www.doyoung.net/data.html</a>	杜洋工作室
<a href="http://www.ednchina.com/">http://www.ednchina.com/</a>	电子设计技术
<a href="http://alldatasheet.com/">http://alldatasheet.com/</a>	最大的在线电子元件数据的搜索引擎
<a href="http://www.stcmcu.com/">http://www.stcmcu.com/</a>	宏晶科技

## 任务 1.2 制作与调试单片机最小系统

### 1.2.1 做什么

制作一个 51MCU 最小系统，在 P1.0 引脚上通过限流电阻接一个红色 LED 彩灯，完成硬件安装、测量与调试。

### 1.2.2 怎么做

每人准备 1 块万用板、1 片 PDIP 封装的 STC89C51、1 个 40Pin 锁紧座、1 只 10kΩ 色环电阻、1 只 10μF 电解电容、1 个 12MHz 晶振、2 只 30pF 瓷片电容、1 个小型微动开关，1 块数字万用表，焊接工具、材料与导线若干。按照图 1-12 所示的 AT89C51 单片机控制一位 LED 彩灯闪烁电路进行电路组装与调试。

### 1.2.3 跟我学

#### 一、什么是单片机最小系统

只有一片 MCU 芯片是没有任何作用的，就像只有大脑而没有五官和四肢一样，也如同组装 PC 时只买了 CPU、硬盘、内存，没有主板、显示器、键盘和鼠标。那么，如何才能让 MCU 工作呢？当然要给它供电，并且芯片外围还需要有一定的电子元件，最小系统就是指用最少的元件组成的单片机可以工作的系统，这种能够让 MCU 工作的最基本、最简单的硬件电路是 MCU 工作的必要条件，但具体能完成什么功能则要由其他电路和程序决定。图 1-12 中去掉 LED 与 R1 就是 MCU 最小系统的电路图。最小系统电路功能是否正常，可以用一个简单现象来检验，图 1-12 中发光二极管 LED 的点亮或闪烁。在程序中控制 P1.0 引脚使 LED 灯

闪烁, 若将写好程序的芯片装入锁紧座, 通电后能看到 LED 闪烁, 则证明最小系统是正常的。

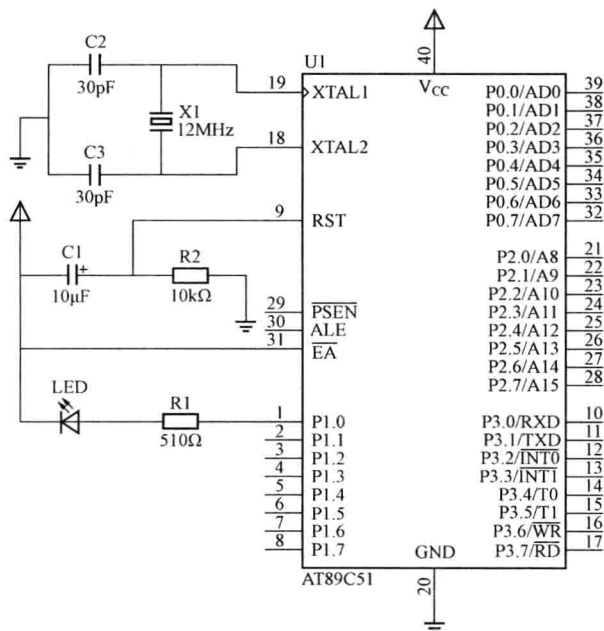


图 1-12 AT89C51 单片机控制一位 LED 彩灯闪烁电路图

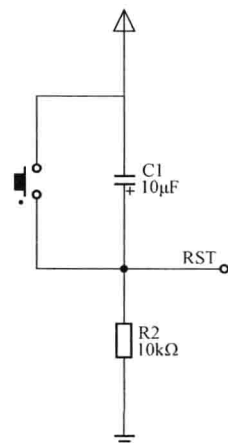


图 1-13 自动复位与手动复位电路图

## 二、最小系统电路说明

### 1. 时钟电路

时钟电路用于产生 MCU 工作所需要的时钟信号, 它好像一个乐队的总指挥, 也好比 MCU 心脏的跳动。电路中的 X1 为石英晶体振荡器 (简称晶振), 有多种频率可选, 这里选用 12MHz。外接晶振、电容以及芯片内部的反相放大器构成并联谐振电路, 振荡频率取决于 X1 值, 振荡脉冲信号经 XTAL1 输入片内。两个无极性瓷片电容有稳定振荡频率和快速起振作用, 电容值可在  $30 \pm 10\text{pF}$  范围内。

### 2. 复位电路

单片机每次初始加电时, 首先投入工作的功能部件是复位电路。复位的作用是强制芯片中的程序从头重新开始执行, 如同 PC 机死机后要按“RESET”键一样。当 RST 端保持一定时间的高电平就可以完成复位操作。这个时间与晶振频率有关, 理论上是大于 2 个机器周期, 12MHz 晶振时的机器周期为  $1\mu\text{s}$ , 6MHz 晶振时则为  $2\mu\text{s}$ 。复位电路属于 RC 微分电路, 上电时自动完成复位 (自己分析工作原理)。图中, 参数的时间常数远大于理论值, 保证复位绝对可靠。注意, 不能让 RST 一直处于复位状态, 否则 MCU 无法工作, 但开始时又必须有复位信号才能工作。在电解电容 C1 两端并接一个微动按钮可实现手动复位, 按下时 RST 为高电平 (MCU 复位), 松开后 RST 自动回到低电平。

### 3. 片内/外 ROM 选择

$\overline{\text{EA}}$  引脚要接高电平 (+5V)。将要控制一位 LED 闪烁彩灯接到 P1.0 位, 当然也可以接到其余 31 个 I/O 引脚的某位。对照电路分析可知, 当 P1.0 位输出为低电平时 LED 会亮, 当 P1.0 位输出为高电平时 LED 不亮, 在程序中控制间隔一定时间 P1.0 交替输出低、高电平,

则可实现 LED 彩灯循环闪烁效果。



#### 小贴士

为什么不让输出高电平时 LED 点亮呢？当 P1.0 位输出为低电平时，电流是由电源经 LED、限流电阻流入芯片内同时点亮 LED，专业点说这叫灌电流负载接法，同理，也可以将 LED 极性反接到 GND 成为拉电流负载接法。而 MCU 的灌电流能力比拉电流能力强，即电流大，若想实现输出高电平时点亮 LED，可采用三极管驱动或集成电路驱动方式。

### 1.2.4 学中练

按照给出的电路图自己用笔在本上绘制一遍 AT89C51 控制一位 LED 彩灯闪烁电路图。试说明让 LED 发光闪烁时为什么要串入限流电阻，其阻值是如何选取的？

### 1.2.5 做中学

#### 1. 元件布局

将所用器件插入万用板，规划电路布局。可以在电路板上自行规定一排电源和一排地线以方便连接。基本规则是元件就近安装，尽量保持走线只有垂直和水平两种，同一平面内尽量不应有交叉，做到整齐美观。LED 及电解电容有正负极，不要反接。

#### 2. 元件焊接

除锁紧座外其他元件距离电路板不小于 3mm，晶振电路尽量靠近引脚以减少干扰。最后要引出 2 根电源线（ $V_{CC}$  与 GND），注意用不同颜色导线加以区分。

#### 3. 电路测试

电路焊接完毕后用万用表测量电源与地线间不应有短路，对照电路图测量是否该连接的都接通了，不该连接的都应断开，确认无误后，接上+5V 直流稳压电源。

关键点信号测试：用万用表直流电压挡测量 Pin 9 应为低电平（0V），Pin 31 应为高电平（+5V）。断电后再通电 Pin 9 应为先高后低变化，按动手动复位按键也会有同样现象。用万用表直流电压挡测量各 I/O 口引脚电平值，复位后空载的初始值应全为高电平（5V）。用示波器观察第 Pin 18（XTAL1）或 Pin 30（ALE）的波形，若无波形则说明振荡电路未正常工作，需查找原因。

### 1.2.6 我来想

思考本任务完成过程中遇到的问题，说明是如何解决的，写出总结报告。

如何用示波器测量复位波形？用数字存储示波器存储后再调出来看看。

总结如何检测最小系统组装过程中可能出现的故障。

### 1.2.7 我来做

课后完成：用 Altium Designer 9 绘制 AT89C51 单片机控制一位 LED 彩灯闪烁电路图的 SCH 及双面 PCB。





### 小贴士

51MCU 最小系统应包括单片机、外部晶振电路和复位电路，但这并不是绝对的，例如，STC12C2052 的内部集成了复位电路和时钟电路，只要在 MCU 的 Pin 20 接 LED 正极，Pin 19 接 LED 负极，通电后 MCU 就可以工作，会看到 LED 在闪烁，因为出厂时已写入了测试程序。STC10XX、STC11XX、STC12C52XX、STC12C56XX 等系列的单片机在一定条件下都可以省去复位电路和外晶振电路，给应用带来了极大方便。这样，传统意义的最小系统中的 MCU 的老搭档——外部晶振和两个电容失去功效了。

## 任务 1.3 认知单片机的开发环境

新购买的 MCU 多数是没有程序的空片，自带的测试程序也不符合使用者的控制需求，需要自己编写合适的程序并与设计制作的外部硬件电路配合工作来完成具体的功能。下面就学习如何输入程序以及如何下载程序。

### 1.3.1 做什么

参照 1.3.3 中给出步骤用 Keil uv4 软件输入 1 位 LED 彩灯闪烁控制程序并编译通过，生成 .hex 文件；用 STC-ISP 编程工具或专用下载器将程序下载到 STC89C51 中，利用已完成的硬件电路，通电后看到一位 LED 彩灯闪烁现象。

### 1.3.2 怎么做

教师示范 Keil uv4 软件的基本使用方法，学生按本书给出的步骤操作。

### 1.3.3 跟我学

#### 一、Keil C51 软件（ $\mu$ Vision4 IDE）的使用简介

Keil C51 软件是 51MCU 应用开发的优秀软件之一，它集编辑、编译、仿真、调试于一体，支持汇编语言和 C 语言的程序设计，易学易用。Keil 原来为德国 Keil Software 公司产品，2005 年 10 月，Keil 公司被全球领先的半导体知识产权（IP）提供商 ARM 公司收购。Keil 是一个商业软件，但对于初学者来说可以在网上下载到目标代码不超过 2KB（约 1000 条汇编语言指令）的免费评估（Eval）版，下载的压缩文件解压后要选择“Eval Vision”安装，基本可以满足一般个人学习和小型应用系统的开发。Keil C51 目前最新版本是 V9.03（截止到 2011 年 2 月）， $\mu$ Vision4。从 Keil C51 V7.5 后为  $\mu$ Vision3 版本，它的前一个版本为  $\mu$ Vision2，简称为 uv2。 $\mu$ Vision4 界面更友好，支持的 MCU 型号更多，是目前最优秀、最强大的 51 核 MCU 开发平台。

**注意** 在后面的叙述中，对 Keil C51 和  $\mu$ Vision4 这两个术语不做严格的区分，对“单片机”与“MCU”，AT89C51、AT89S51、STC89C51 等也不加以区分。

以后的 C51 语言学习、程序仿真调试均要在这个软件环境下进行。下面通过简单的编程、调试、仿真操作实例，使读者初步了解  $\mu$ Vision4 的基本使用方法和基本调试技巧。Keil 软件