

“十二五”职业教育国家规划教材
创新机电一体化系列教材

单片机原理与应用

总主编 ◎ 吕景泉

主 编 ◎ 何 琼 黄贻培

副主编 ◎ 肖春华 杨 雯 龙威林

参 编 ◎ 卢 颢 祝 勋 陈 铁

卢高洁 耿晶晶 江中华

汪 洋 游家发 吴国贤

李 莹 王娜丽 牟 刚



华东师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用/何琼,黄贻培主编. —
上海:华东师范大学出版社,2014.2
十二五创新机电一体化系列教材
ISBN 978-7-5675-1738-7

I. ①单… II. ①何… ②黄… III. ①单片微型计算
机—高等教育—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 024225 号

单片机原理与应用

总 主 编 吕景泉
主 编 何 琼 黄贻培
项目编辑 吴 余
装帧设计 创图文化

出版发行 华东师范大学出版社
社 址 上海市中山北路 3663 号 邮编 200062
网 址 www.ecnupress.com.cn
电 话 021-60821616 行政传真 021-62572105
客服电话 021-62865537 门市(邮购)电话 021-62869887
地 址 上海市中山北路 3663 号华东师范大学校内先锋路口
网 店 <http://hdsdcbs.tmall.com>

印 刷 成都市海翔印务有限公司
开 本 787×1092 16 开
印 张 16.75
字 数 418 千字
版 次 2014 年 6 月第 1 版
印 次 2014 年 6 月第 1 次
书 号 ISBN 978-7-5675-1738-7/TB·077
定 价 39.00 元

出 版 人 朱杰人

(如发现本版图书有印订质量问题,请寄回本社客服中心调换或电话 021-62865537 联系)

目 录



第一篇 项目开篇——单片机应用入门

【项目目标】	1
任务一 初识单片机	2
任务目标	2
任务描述	2
知识链接	2
任务实施	19
任务检查与评价	19
巩固与拓展	20
任务二 爱编程——如何使用 Keil 软件和下载程序	21
任务目标	21
任务描述	21
知识链接	21
任务实施	34
任务检查与评价	34
巩固与拓展	35
任务三 感知与控制——单片机的 I/O 资源	36
任务目标	36
任务描述	36
知识链接	37
任务实施	40
任务检查与评价	42
巩固与拓展	43
知识拓展	43
任务四 “重要的”实时处理——单片机的中断系统	45
任务目标	45
任务描述	45
知识链接	46



任务实施	55
任务检查与评价	57
巩固与拓展	58
任务五 “如何做到”时间管理——定时器/计数器	59
任务目标	59
任务描述	59
知识链接	60
任务实施	70
任务检查与评价	76
巩固与拓展	77
任务六 让数字显示出来——数码管显示原理	78
任务目标	78
任务描述	78
知识链接	80
任务实施	84
任务检查与评价	89
巩固与拓展	90
任务七 最常用的输入方式——键盘	91
任务目标	91
任务描述	91
知识链接	93
任务实施	95
任务检查与评价	105
巩固与拓展	106
知识拓展	106
任务八 “打电话”和别人交流——串口通信	108
任务目标	108
任务描述	108
知识链接	109
任务实施	122
任务检查与评价	124
巩固与拓展	125
知识拓展	125
【项目小结】	126
【中英文对照专业术语】	127



【知识技能训练】	127
----------	-----

第二篇 项目实战——探月车设计制作

【项目目标】	128
--------	-----

任务一 探月车的“眼睛”——光电传感器	129
---------------------	-----

任务目标	129
------	-----

任务描述	129
------	-----

知识链接	130
------	-----

任务实施	133
------	-----

任务检查与评价	135
---------	-----

巩固与拓展	135
-------	-----

任务二 电机的控制——L298 驱动控制	136
----------------------	-----

任务目标	136
------	-----

任务描述	136
------	-----

知识链接	138
------	-----

任务实施	142
------	-----

任务检查与评价	146
---------	-----

巩固与拓展	147
-------	-----

任务三 让探月车动起来——循迹	148
-----------------	-----

任务目标	148
------	-----

任务描述	148
------	-----

知识链接	149
------	-----

任务实施	151
------	-----

任务检查与评价	154
---------	-----

巩固与拓展	155
-------	-----

【项目小结】	155
--------	-----

【中英文对照专业术语】	156
-------------	-----

【知识技能训练】	156
----------	-----

第三篇 项目拓展——单片机应用提高

【项目目标】	157
--------	-----

任务一 制作数字电压仪——AD/DA	158
--------------------	-----

任务目标	158
------	-----

任务描述	158
------	-----

知识链接	159
------	-----



任务实施	165
任务检查与评价	169
巩固与拓展	169
任务二 制作 LCD 显示器——LCD 显示	171
任务目标	171
任务描述	171
知识链接	172
任务实施	180
任务检查与评价	184
巩固与拓展	184
任务三 使用 ROM 存储器——I2C 总线	185
任务目标	185
任务描述	185
知识链接	186
任务实施	193
任务检查与评价	200
巩固与拓展	201
任务四 如何写工程软件——模块化编程	202
任务目标	202
任务描述	202
知识链接	203
任务实施	207
任务检查与评价	211
巩固与拓展	211
【项目小结】	212
【中英文对照专业术语】	212
【知识技能训练】	212
补充材料一 ASCII 码表	213
补充材料二 数制转换	215
补充材料三 C51 程序设计	220
参考答案	253
参考文献	254

第一篇 项目开篇——单片机应用入门

项目目标

本项目由八个任务组成,主要内容包括单片机的种类、应用领域、开发工具及开发过程,STC89C51RC 单片机端口及内部资源的原理、使用方法和基本应用。

项目一知识目标和技能目标如表 1-1 所示。

表 1-1 项目一的知识目标和技能目标

知识目标	技能目标
了解单片机的种类及应用领域; 熟悉单片机的开发过程、I/O 端口和各内部资源的结构、功能; 掌握单片机 I/O 端口的操作方法,各内部资源的使用方法。	能熟练使用 Keil 软件进行开发与调试程序,STC-ISP 软件下载程序; 能熟练使用 C51 语言进行定时器/计数器、中断应用编程; 能熟练编写数码管驱动、按键识别及串口通信的 C51 程序。





任务一 初识单片机

任务目标

- 认知单片机,了解单片机的分类。
- 了解单片机的应用领域。
- 熟悉单片机系统开发过程。

任务描述

一、任务内容

认识单片机,拆解废旧电器查看单片机型号。归纳单片机的种类与应用领域,能列出单片机系统的开发过程。

二、实施条件

1. 校内教学做一体化教室,单片机实训装置,计算机,电工常用工具若干。
2. 电子、电器物品(如废旧电动玩具)。

三、安全提示

拆开电子物品时请注意,一定不要带电操作,有电池的需要将电池取出。

让我们一起来学习完成
任务的相关知识吧!



知识链接

一、什么是单片机

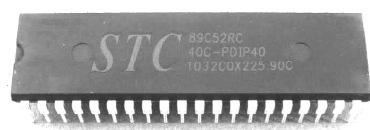
单片机最早是单片微计算机的简称,它是把计算机功能部件(CPU, RAM, ROM, 定时器/计数器, I/O 接口)都集成在一块集成电路芯片上的微型计算机,英文名字: single chip microcomputer, SCM。但随着单片机设计思想理念的不断完善,单片机更加准确地体现了



微控制器(microcontroller)的形态和内容,因此单片机更准确的名称是“单片微控制器”或“微控制器”。单片机的功能没有 PC 机功能强大,但它体积很小,常被嵌入各种现代设备中做测控器件,因此也称微控制单元 MCU(Micro Control Unit)或嵌入式微控制器。随着微电子、IC 设计等技术的不断发展,单片机逐渐衍变成成为单片应用系统,目前单片机已进入板上系统 SOC(system on chip)时代。简而言之,单片机的发展过程阶段从 SCM 到 MCU 再到 SOC。

二、单片机用在哪

我们先来看看几种典型型号单片机芯片实物,如图 1-1-1 所示,了解单片机芯片的外观。



(a)DIP 封装 STC89C51RC



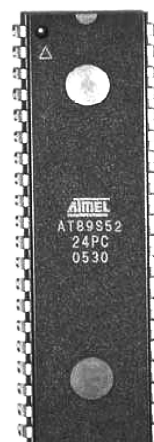
(b)DIP 封装 AT89C2051



(c)DIP 封装 AT89C51



(d)DIP 封装 AT89S51



(e)DIP 封装 AT89S52



(f)PLCC 封装 AT89C52(44 引脚)



(g)TQFP 封装 AT89S51(44 引脚)



(h)LQFP 封装 STC89C52

图 1-1-1 不同型号单片机芯片实物图

这些单片机最大的如同 U 盘,小的如指甲盖大小。平时你可曾留意过它们的身影? 其实,它们一直在我们身边,来看看吧!



1. 智能仪器仪表

单片机用于各种仪器仪表,一方面提高了仪器仪表的使用功能和精度,使仪器仪表智能化,同时还简化了仪器仪表的硬件结构,从而可以方便地完成仪器仪表产品的升级换代,如各种智能电气测量仪表、智能传感器等。单片机应用于军事领域,如图 1-1-2 所示。单片机应用于汽车电子领域,如图 1-1-3 所示。



(a)单片机应用于制导导弹

(b)单片机应用于坦克

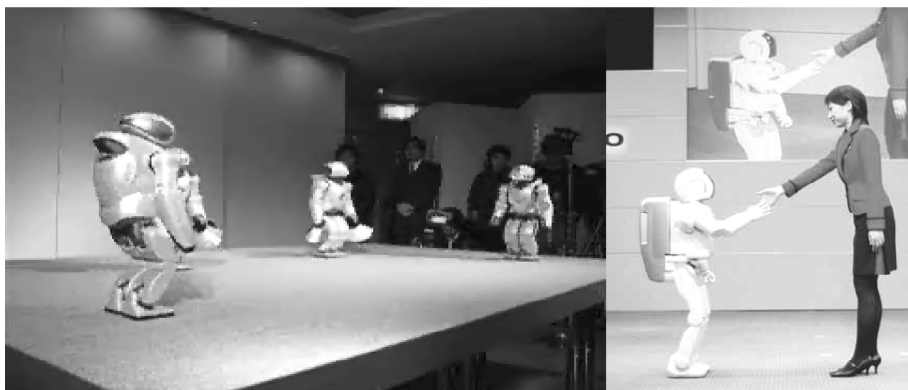
图 1-1-2 单片机应用于军事领域



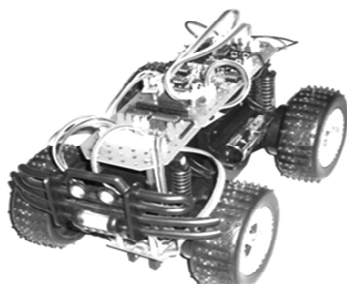
图 1-1-3 单片机应用于汽车电子领域

2. 机电一体化产品

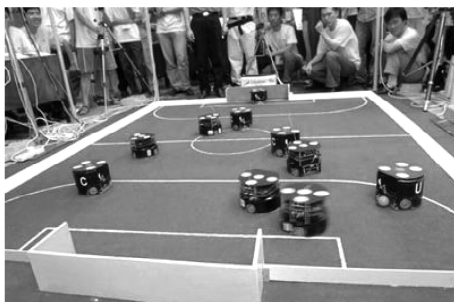
机电一体化产业是将机械技术、电工电子技术、微电子技术、信息技术、传感器技术、接口技术、信号变换技术等多种技术进行有机结合,具有智能化特征的大型产业,单片机在机电一体化产品的开发中正在发挥巨大的作用。单片机用于智能控制的典型产品如机器人、数控机床、自动包装机、点钞机、医疗设备、打印机、传真机、复印机等如图 1-1-4 所示。



(a) 单片机用于机器人控制



(b) 单片机用于无线控制遥控小车



(c) 单片机智能控制比赛

图 1-1-4 单片机用于智能控制

3. 实时工业控制

单片机可以通过传感器与驱动器对各种物理量进行采集与控制,如电流、电压、温度、液位、流量等信号参数。在这类系统中,利用单片机作为系统控制器,可以根据被控对象的不同特征采用不同的智能算法,实现期望的控制指标,从而提高生产效率和产品质量。典型应用如机床控制、电机转速控制、温度控制、自动生产线等。单片机在工业上的应用,如图 1-1-5 所示。



(a) 单片机用于数控机床



(b) 单片机用于智能检测

图 1-1-5 单片机在工业上的应用



4. 分布式系统的前端模块

在较复杂的工业系统中,经常要采用分布式测控系统完成大量的分布参数的采集。在这类系统中,采用单片机作为分布式系统的前端采集模块,系统具有运行可靠、数据采集方便灵活、成本低廉等优点。

5. 计算机外设控制器

智能化键盘、智能化显示器、智能化打印机、智能化硬盘驱动器及智能化绘图仪等,均可用单片机作为控制器。

6. 家用电器

家用电器是单片机的又一重要应用领域,如空调器、电冰箱、洗衣机、电饭煲、电子游戏机、电视机、录音机、组合音响、录像机、高档洗浴设备、高档玩具等,典型应用如图 1-1-6 所示。

另外,在交通领域中,汽车、火车、飞机、航天器等均有单片机的广泛应用,如汽车自动驾驶系统、航天测控系统、飞行数据记录仪(黑匣子)等。



(a) 单片机用于数码照相机

(b) 单片机用于智能洗衣机

(c) 单片机用于家用电磁炉

图 1-1-6 单片机用于家用电器

三、单片机的分类

如此之多的单片机是如何分类的呢?

1. 按家族血统——生产厂商分类

单片机虽然只是一个小小的芯片,但面对这样一个前景广阔的市场,几乎所有集成电路(IC)芯片的公司都想要分一杯羹,都致力于研发单片机这种身形小巧,功能多样的芯片。

比较知名的企业有国内的深圳 STC 公司、Holtek 台湾盛群、EMC 台湾义隆、Sonix 台湾松翰等;美国的英特尔(Intel)公司、Atmel 公司、飞思卡尔(Freescale)公司(原 Motorola 摩托罗拉)、国家半导体(NS)公司、微芯片(Microchip)公司、洛克威尔(Rockwell)公司、莫斯特克公司(Mostek)、齐洛格(Zilog)公司、仙童(Fairchild)公司、德州仪器(TI)公司等;日本的东芝(Toshiba)公司、富士通(Fujitsu)公司、松下公司、日立(Hitachi)公司、日电(NEC)公司、夏普公司等;荷兰的飞利浦(Philips)公司;德国的西门子(Siemens)公司等等。以下列举了几款典型单片机厂商,如图 1-1-7 所示。



(a) Atmel 公司

(b) 深圳宏晶公司

(c) 德州仪器(TI)公司

(d) 英特尔(Intel)公司

(e) 荷兰飞利浦公司

图 1-1-7 典型单片机生产厂商

2. 按 CPU 战斗力——CPU 数据位数分类

单片机中最核心的部件为 CPU(中央处理器),它如同人的大脑,完成数据的加工处理;智商有高低,CPU 的处理能力也有高低。每个单位时间 CPU 所能处理的数据位数的多少反映了 CPU 的处理能力,根据 CPU 每单位时间内处理的数据位数不同,单片机可分为 4 位单片机、8 位单片机、16 位单片机、32 位单片机和 64 位单片机,如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 单片机按 CPU 位数分类表

CPU 位数	性能特点	应用范围	代表型号
4	控制功能较弱,不能处理复杂信息	计算器、各种形态的智能单元以及家用电器中的控制器	松下 MN1400 系列 富士通 MB88 系列
8	控制功能较强,应用最普及	电脑的外设、家电控制、电讯通信、智能仪器、汽车电子、金融电子等各个领域均应用广泛	Intel-80C51 系列 Micro-chip-PIC Atmel-AVR 系列 STC89C51 系列
16	运算速度普遍高于 8 位机,有的单片机的寻址能力高达 1MB,片内含有 A/D 和 D/A 转换电路,支持高级语言	过程控制、智能仪表、家用电器以及作为计算机外部设备的控制器,基础型应用	Intel MCS-96/98 Freescale M68HC16
32	极高的运算速度、RISC(精简指令系统计算机)结构,CPU 主频可达 33MHz 以上,运算速度可动态改变,设有高级语言编译器	汽车、航空航天、高级机器人、军事装备等,如 ARM 处理器,已遍及工业控制、消费类电子产品、通信系统、网络系统、无线系统,成为业内中高端控制领域主流芯片	Intel MCS-80960, ARM7/9/11 系列
64	支持超过 4GB 的物理内存,性能堪比笔记本,功耗超低	智能手机,手势控制、增强现实、移动游戏、Web 2.0 以及主要从事数据业务的创业企业应用	ARM 公司 Cortex-A57/A53



众多单片机中 8 位单片机始终是经典之作,一度霸踞业内,品种最为齐全,主要分为三大系列:51 系列、PIC 系列与 AVR 系列。

(1)51 系列单片机:MCS-51 单片机是指美国 Intel 公司生产的内核兼容的一系列单片机的总称。“MCS-51”也代表这一系列单片机的内核,MCS-51 内核实际上已经成为一个 8 位单片机的标准。这一系列单片机硬件结构和指令系统一致,包括 8031、8051、8751、8032、8052、8752 等基本型。

8051 单片机是 MCS-51 系列单片机中的一个基本型,是 MCS-51 系列中最早期、最典型、应用最广泛的产品,所以 8051 单片机也就成了 MCS-51 系列单片机的典型代表。

51 单片机是对目前所有兼容 MCS-51 指令系统的单片机的统称,包括 Intel MCS-51 系列单片机以及其他厂商生产的兼容 MCS-51 内核的增强型 8051 单片机。只要和 MCS-51 内核兼容的单片机都叫做 51 单片机。

80C51 系列——MCS-51 基础之上衍生的新生代,向老产品兼容,不再局限于单片计算机的概念,开始向外部接口电路扩展,以实现微控制器功能,如 A/D(模拟/数字转换)、PWM(脉冲宽度调制)、PCA(可编程计数器阵列)、WDT(看门狗定时器)等。

在 80C51 系列单片机中,各公司都把型号命名进一步规范成 8XCXXX,其中第一个 X 规定为程序存储器配置,如:

“0”为掩膜(Mask)ROM 型单片机:ROM 中的程序只能由单片机制造厂家用掩膜工艺固化,用户不能修改 ROM 中的程序。如:MCS-51 系列的 8051。

“3”为无 ROM 型单片机:内部没有程序存储器,它必须外接程序存储器才能组成完整的应用系统,如 MCS-51 系列的 8031。无 ROM 型单片机价格低廉,用户可根据程序的大小来选择外接程序存储器的容量。这种单片机扩展灵活,但系统结构较复杂。

“7”为 EPROM 型单片机:EPROM(Erasable Programmable ROM,可擦除可编程 ROM)内部具有紫外线可擦除功能的只读存储器,用户可以自行将程序写入,也可以将 EPROM 中的信息全部擦除,允许反复改写。但是缺点是擦除需要使用紫外线照射一定的时间。这类芯片易识别,其封装中包含有“石英玻璃窗”,一个编程后的 EPROM 芯片的“石英玻璃窗”一般使用黑色不干胶纸盖住,以防止遭到阳光直射,如 MCS-51 系列的 8751。

“9”为 EEPROM 型单片机:EEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM),电可擦可编程只读存储器:一种掉电后数据不丢失的存储芯片。EEPROM 可以在电脑上或专用设备上擦除已有信息,进行程序更新。可即插即用,如 MCS-51 的派生型 89C51 单片机。

90 年代,在 80C51 系列单片机中,Atmel 公司的 AT89C51 最为实用,其片内的 4K 程序存储器是 FLASH 工艺,至少可以改写 1000 次,而且对开发设备的要求很低,开发时间也大大缩短,程序还可以进行加密,售价比 8031 低。

AT89S51 除了完全兼容 AT89C51 外,还多了 ISP 编程和看门狗功能,目前已完全取代 AT89C51。AT89S51 中“AT”代表 Atmel 公司,“S”代表 ISP(In System Program,在线系统编程)。



本教材是以深圳宏晶公司的典型产品 STC89C51RC(PDIP 封装)HD 版本来设计实例。STC89C51RC 功能、性能及软件调试与 AT89S51 方面基本兼容,不仅下载程序连接方式更简便,硬件成本更经济,而且国内市场货源充足,适合初学者开发应用。

(2)PIC 系列单片机:由美国 Microchip 公司推出的 PIC 单片机系列产品,首先采用了 RISC 结构的嵌入式微控制器,其高速度、低电压、低功耗、大电流 LCD 驱动能力和低价位 OTP 技术等都使 PIC 单片机成为世界上最有影响力的嵌入式微控制器之一。

(3)AVR 系列单片机:AVR 单片机是 1997 年由 Atmel 公司研发出的增强型内置 Flash 的 RISC(Reduced Instruction Set CPU)精简指令集高速 8 位单片机。AVR 的单片机可以广泛应用于计算机外部设备、工业实时控制、仪器仪表、通讯设备、家用电器等各个领域。AVR 单片机易于入手、便于升级、费用低廉、高速、低耗、保密 I/O 口功能强,内置 A/D 转换等电路,有功能强大的定时器/计数器及通讯接口。

3. 按内部存储结构——存储区结构分类

单片机运行过程中,有指令代码(以下简称程序)和数据两种信息需要传送,在内部存储过程中,若将程序和数据存储在同一存储空间中,则为冯·诺依曼(普林斯顿)结构,若存储在不同存储空间则为哈佛结构。

上文所提到的 8 位单片机中的 MCS-51 单片机就是基于哈佛结构的处理器,数据区和指令代码区是分开的,它们即使地址相同,但所处物理空间是不同的,即独立编址、独立访问;通用计算机系统均采用冯氏结构,即程序存储器和数据存储器共用一个存储器,体现系统灵活性。为了体现系统灵活性,现在大量的单片机也在沿用冯·诺依曼结构,如 TI 的 MSP430 系列、Freescale 的 HCS08 系列等。

MCS-51 单片机应用系统在工作时与通用计算机有以下区别,如表 1-1-2 所示。

表 1-1-2 MCS-51 单片机应用系统与通用计算机应用区别

	通用计算机系统	MCS-51 单片机应用系统
任务难度	复杂,可处理多种突发事件	简单,重复性较高
任务特性	灵活性好	可靠性高
人员配置	有人值守	无人值守
运行期间程序代码(机器指令)	应用程序的多样性使得计算机要不断地变化所执行的代码的内容,并且频繁地对数据与代码占有的存储器进行重新分配	无需修改,程序代码固化在硬件中(即将程序烧写进 ROM 区)
假若程序运行不可靠,故障后果	由于程序空间不封闭,程序空间的数据在运行期可以被修改,程序一旦跑飞也有可能运行到数据区,可能死机(但可重新启动)	系统崩溃,灾难不可估计
存储需求	程序和数据统一编址可以最大限度地利用资源	程序和数据独立编址,程序被固定在某一存储区,安全可靠
存储结构	冯氏结构	哈佛结构



4. 按制造工艺分类

(1)HMOS 工艺:高密度短沟道 MOS 工艺,具有高速度、高密度的特点,如 8051 系列单片机。

(2)CHMOS(互补金属氧化物 HMOS)工艺:是 CMOS 和 HMOS(高密度沟道 MOS 工艺)的结合,除了保持 HMOS 高速度和高密度之外,还有 CMOS 低功耗的特点。两类器件的功能完全兼容,区别在于 CHMOS 器件具有低功耗的特点。它所消耗的电流比 HMOS 器件少很多,主要在于其采用了两种降低功耗的方式:空闲方式和掉电方式。CHMOS 器件在掉电方式(CPU 停止工作,片内 RAM 的数据继续保持)下时,消耗的电流可低于 $10\mu\text{A}$,如 8051 的功耗为 630mW,而 80C51 的功耗只有 120mW。在便携式、手提式或野外作业仪器设备上低功耗是非常有意义的。采用 CHMOS 的器件在编号中用一个 C 来加以区别:如 80C51,80C31 即为 CHMOS 芯片等,Intel 公司产品型号中若带有字母“C”,Freescale 公司产品型号中若带有字母“HC”或“L”,通常为 CHMOS 工艺。

由于新产品向低功耗方向发展,工艺正由 CHMOS 完全取代 HMOS。

四、如何开发单片机系统

1. STC89C51RC 单片机特点

STC89C51RC 单片机是 STC 公司生产的低功耗、具有 4KB ISP 在线系统编程 Flash 存储器的单片机。其主要特点如下:

- (1)可选择机器周期 6 时钟或者 12 时钟 2 种工作方式。
 - (2)工作电压为 3.4~5.5V。具有 PDIP、PQFP 和 PLCC 三种封装方式。
 - (3)振荡器工作频率为 0~40MHz,实际工作频率可达 48MHz,相当于 8051 单片机的 0~80MHz。
 - (4)片内程序存储器空间(ROM)为 4K 字节;片内数据存储器空间(RAM)为 512 字节。
 - (5)通用 I/O 口:PDIP 封装有 P0~P3 共 32 根 I/O 口线;PLCC 封装和 PQFP 封装在 P0~P3 基础上新增 P4 口,共有 36 根 I/O 口线。
 - (6)可通过串口(P3.0/P3.1)直接下载程序(ISP 在系统可编程),无需专用编程器。
 - (7)片内 EEPROM 数据存储器空间为 2K 字节,即 IAP(In Application Programming, 在应用可编程)功能。
 - (8)内部集成看门狗和 MAX810 专用复位电路。
 - (9)共 3 个 16 位定时/计数器、一个通用异步串行口(UART)。
- STC 公司 8951 系列单片机的主要型号及其差异见表 1-1-3 所示。



表 1-1-3 STC 公司 51 系列单片机选型指南

型号	工作电压	Flash ROM	RAM	A/D	看门狗	P4 口	ISP	IAP	EEP ROM	数据指针	串口	中断源	优先级	定时器
STC89C51RC	5V	4KB	512B		✓	✓	✓	✓	2KB+	2	1	8	4	3
STC89C52RC	5V	8KB	512B		✓	✓	✓	✓	2KB+	2	1	8	4	3
STC89C53RC	5V	15KB	512B		✓	✓	✓	✓		2	1	8	4	3
STC89C54RD+	5V	16KB	1280B		✓	✓	✓	✓	16KB+	2	1	8	4	3
STC89C55RD+	5V	20KB	1280B		✓	✓	✓	✓	16KB+	2	1	8	4	3
STC89C58RD+	5V	32KB	1280B		✓	✓	✓	✓	16KB+	2	1	8	4	3
STC89C516RD+	5V	63KB	1280B		✓	✓	✓	✓		2	1	8	4	3
STC89LE51RC	3V	4KB	1280B		✓	✓	✓	✓	2KB+	2	1	8	4	3
STC89LE52RC	3V	8KB	512B		✓	✓	✓	✓	2KB+	2	1	8	4	3
STC89LE53RC	3V	14KB	512B		✓	✓	✓	✓		2	1	8	4	3
STC89LE54RD+	3V	16KB	512B		✓	✓	✓	✓	16KB+	2	1	8	4	3
STC89LE58RD+	3V	32KB	1280B		✓	✓	✓	✓	16KB+	2	1	8	4	3
STC89LE516RD+	3V	63KB	1280B		✓	✓	✓	✓		2	1	8	4	3
STC89LE516AD	3V	64KB	512B	✓		✓	✓			2	1	6	4	3
STC89LE516X2	3V	64KB	512B	✓		✓	✓			2	1	6	4	3

2. STC89C51RC 单片机的引脚介绍

开发系统前,为大家介绍 STC89C51RC 单片机的外部引脚分布图,图 1-1-8、图 1-1-9 和图 1-1-10 为不同封装的 STC89C51RC 单片机的外部引脚分布图。值得注意的是,PLCC 封装与 L/PQFP 封装为 44 引脚,但 1 脚的起始位置(色点所在位置)不一样,引脚定义也不一样。相比 PDIP 封装,LQFP-44/PQFP-44 封装增加了 P4 口,还增加了 2 个外部中断,即外部中断 2($\overline{INT2}$)和外部中断 3($\overline{INT3}$),详细资料可参阅 STC89C51RC 数据手册。

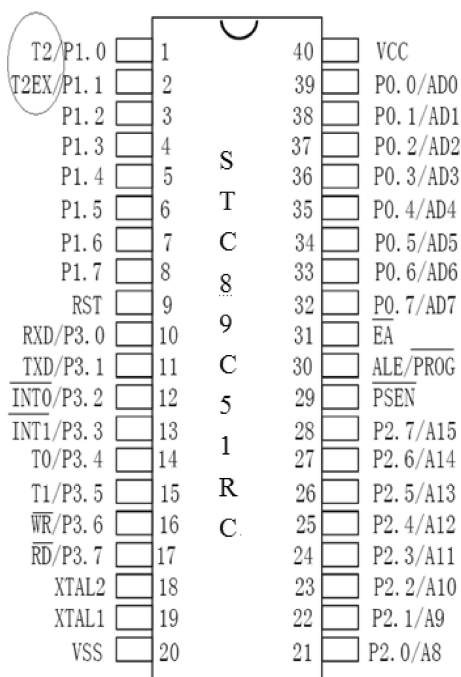


图 1-1-8 STC89C51RC 双列直插(PDIP)引脚

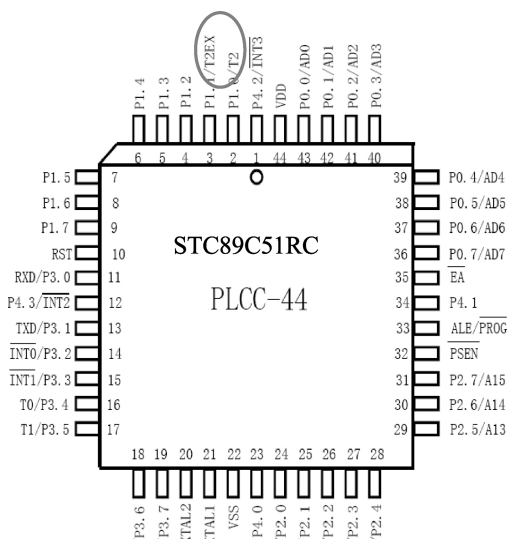


图 1-1-9 STC89C51RC PLCC 封装(44 引脚)

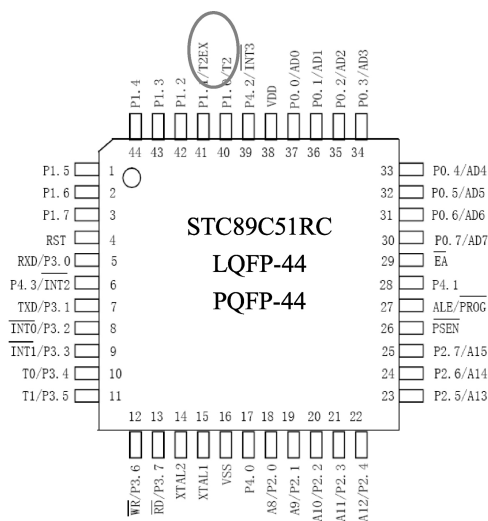


图 1-1-10 STC89C51RC L/PQFP 封装(44 引脚)

STC89C51RC 单片机引脚定义如表 1-1-4 所示。



表 1-1-4 STC89C51RC 单片机引脚定义

属性	名称	引脚编号	定义	
四组并行口	P0 口	P0.0~P0.7 32~39	P0 口既可作为输入/输出口(I/O),也可作为地址/数据复用总线使用。当 P0 口作为输入/输出口时,P0 是一个 8 位准双向口,上电复位后处于开漏模式。P0 口内部无上拉电阻,所以作 I/O 口必须外接 4.7K~10K 的上拉电阻;当 P0 作为地址/数据复用总线使用时,是作为低 8 位地址线(A0~A7)/数据线(D0~D7),此时无需外接上拉电阻	
	P1 口	P1.0/T2 1	P1.0	标准 I/O 口,P1 口第 0 位
			T2	定时器/计数器 2 的外部输入
		P1.1/T2EX 2	P1.1	标准 I/O 口,P1 口第 1 位
			T2EX	定时器/计数器 2 捕捉/重装方式的触发控制位
		P1.2 3	标准 I/O 口,P1 口第 2 位	
		P1.3 4	标准 I/O 口,P1 口第 3 位	
		P1.4 5	标准 I/O 口,P1 口第 4 位	
		P1.5 6	标准 I/O 口,P1 口第 5 位	
		P1.6 7	标准 I/O 口,P1 口第 6 位	
		P1.7 8	标准 I/O 口,P1 口第 7 位	
	P2 口	P2.0~P2.7 21~28	内部有上拉电阻,既可作为输入/输出口,也可作为高 8 位地址总线(A8~A15)。当作为 I/O 使用时,P2 是一个 8 位准双向口	
	P3 口	P3.0/RxD 10	P3.0	标准 I/O 口,P3 口第 0 位
			RxD	串口数据接收端
		P3.1/TxD 11	P3.1	标准 I/O 口,P3 口第 1 位
			TxD	串口数据发送端
		P3.2/ $\overline{INT0}$ 12	P3.2	标准 I/O 口,P3 口第 2 位
			$\overline{INT0}$	外部中断 0 的外部输入引脚,低电平或下降沿触发中断
		P3.3/ $\overline{INT1}$ 13	P3.3	标准 I/O 口,P3 口第 3 位
			$\overline{INT1}$	外部中断 1 的外部输入引脚,低电平或下降沿触发中断
		P3.4/T0 14	P3.4	标准 I/O 口,P3 口第 4 位
			T0	定时器/计数器 0 的外部输入引脚
		P3.5/T1 15	P3.5	标准 I/O 口,P3 口第 5 位
			T1	定时器/计数器 1 的外部输入引脚
		P3.6/ $\overline{WR}$ 16	P3.6	标准 I/O 口,P3 口第 6 位
			$\overline{WR}$	外部数据存储器写脉冲
		P3.7/ $\overline{RD}$ 17	P3.7	标准 I/O 口,P3 口第 7 位
			$\overline{RD}$	外部数据存储器读脉冲
电源/复位	VCC	40	+5V 电源	
	VSS	20	接地	
	RST	9	复位	



属性	名称	引脚编号	定义
时钟	XTAL1	19	内部时钟电路反相放大器输入端,接外部晶振的一个引脚,当直接使用外部时钟源时,此引脚是外部时钟源的输入端。
	XTAL2	18	内部时钟电路反相放大器的输出端,接外部晶振的另一端,当直接使用外部时钟源时,此引脚可浮空,此时 XTAL2 实际将 XTAL1 输入的时钟进行输出。
控制引脚	ALE/ $\overline{PROG}$	30	地址锁存允许/编程脉冲输入端
	$\overline{PSEN}$	29	外部程序存储器的读选通信号
	$\overline{EA}$	31	内外程序存储器选择控制端

3. 单片机系统所使用的半导体存储器

存储器在计算机和单片机中用来保存数据、程序及其他各种信息。不同的单片机,其存储器的类型与容量也不相同。由于单片机中使用的存储器全部都是半导体存储器,因此我们首先介绍半导体存储器的基础知识。

(1)随机存取存储器 RAM 和只读存储器 ROM:半导体存储器按照存取数据方式的不同,分为随机存取存储器 RAM(Random Access Memory)和只读存储器 ROM(Read Only Memory)。

RAM 是一种可读可写的存储器,也称读写存储器,即计算机和单片机的中央处理单元 CPU 在工作时对 RAM 中的数据既可读又可写,其特点是电源断电时存储的数据将丢失。

ROM 是一种可读不可写的存储器,即 CPU 在工作时对 ROM 中的数据只可读不可写,其应用特点是电源断电时 ROM 中的信息不会丢失。

表 1-1-5 对比了这两种存储器的特点、用途。在单片机中,通常将 RAM 作为存放数据的存储器,而将 ROM 作为存放程序的存储器。

表 1-1-5 随机存取存储器和只读存储器对照表

存储器的类型	功能	特点	用途
随机存取存储器 RAM	能随时进行数据的读/写	易失性存储器,信息在关闭电源后会丢失	存放暂时性的数据,中间运算结果
只读存储器 ROM	信息只能读出,不能改写	非易失性存储器,断电后,信息仍保留	存放固定的程序和数据

(2)RAM 的分类及特点:随机存取存储器 RAM 按信息保存方式又可以分为静态 RAM (Static RAM,简称 SRAM)和动态 RAM(Dynamic RAM,简称 DRAM)。

1)静态 RAM:只要有电加在存储器上,数据就能长期保存。



2) 动态 RAM: 写入的数据只能保存很短暂的时间, 因此每隔一定时间需要重新写入, 此过程称为“刷新”。

表 1-1-6 对比了这两种 RAM 的存取原理、特点和性能, 在单片机中, 通常将 SRAM 作为数据存储器使用。

表 1-1-6 静态 RAM 与动态 RAM 对照表

RAM 类型	存储原理	特点	性能
SRAM	由 MOS 晶体管触发器的两个稳定状态来表示二进制信息	只要不断电, 信息就不会丢失, 不需外加刷新电路	存取速度快, 稳定可靠, 集成度不高, 容量小, 功耗较大
DRAM	由 MOS 晶体管的栅极和衬底间的电容来存储二进制信息	电容存在泄漏现象, 所以需要外加刷新电路	集成度高、容量大、功耗低, 存取较慢

(3) ROM 的分类及特点: 只读存储器 ROM 按信息保存方式又可以分为以下几种类型。

1) 掩模 ROM(Mask ROM, 简称 ROM)。生产厂家在制造芯片时已经把信息固化在存储单元中, 数据一旦写入就不可以重新改写。

2) 可编程只读存储器 PROM(Program ROM, 简称 PROM)。PROM 中的内容是由用户根据需要借助于专门的设备一次性写入, 但写入后就不可更改。

3) 可紫外线擦除的可编程只读存储器 EPROM(Erasable Programmable ROM, 简称 EPROM)。这种芯片表面有一个透明窗口, 紫外线照射窗口后能擦除芯片内部的全部内容。当需要改写 EPROM 芯片的内容时, 应先将 EPROM 芯片放入紫外线擦除器擦除芯片的全部内容, 然后对芯片重新写入数据。

4) 可以电擦除的可编程只读存储器 EEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM)也称为 E²PROM, 可用电信号擦除, 多次改写, 不需要专用设备。在用户系统中可以直接对 EEPROM 进行改写(称为在线改写), 且能以字节为单位进行擦除和改写, 而不是像 EPROM 那样整体擦除, 但它的存取速度较慢。

E²PROM 的最大缺点就是读写信息的速度慢, 随着半导体存储技术的发展, 各种新的可现场改写信息的非易失性存储器被推出, 且发展速度很快, 其中应用最广泛、最流行的就是快擦写存储器 Flash Memory。

5) 快擦写存储器 Flash Memory(也称为 Flash ROM, 有时简称为 Flash)。快擦写存储器是在 E²PROM 的基础上改进而来的, 但读写速度比一般 E²PROM 快得多, 因此也将其称为“闪存”。这种存储器集成度高, 制造成本低于 DRAM, 既有 SRAM 读写灵活和较高的访问速度, 又有只读 ROM 断电后信息不丢失的特点, 故近年来发展迅速。其容量从最初的几十 KB 发展到现在的几十个 GB。用这种存储器生产的移动存储盘就是我们常说的 U 盘。

特别强调: 目前新型 51 单片机都已经配置了 Flash ROM, 前面谈到的单片机 STC89C51/52RC 和 AT89S51/52 都配置了 Flash ROM。



4. 存储单元地址、存储单元内容与存储容量

(1)存储单元地址:一个存储器包括很多存储单元,为了能区分不同的存储单元,分别对这些存储单元进行编号,这些编号称为存储单元地址或地址编码(简称地址码)。在计算机和单片机中,存储单元地址一般用十六进制数从 0000H 开始编号,依次为 0000H、0001H、0002H 等。

存储器存储单元的数量由存储器地址线的数量决定。如果某存储器地址线有 n 根,则通过译码可产生 2^n 个不同的地址码,即可以寻找到 2^n 个存储单元。如某 EPROM 器件 2764 有 13 根地址线,其存储单元数量为 $2^{13} = 8192$,地址码为 0000H~1FFFFH。

51 单片机最多有 16 根地址线,可访问的存储单元数量最多为 $2^{16} = 65536$,其地址码为 0000H~FFFFH,如图 1-1-11 所示。

地址码	存储单元的内容							
0000H	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0001H								
0002H								
.								
.								
.								
FFFFH								

图 1-1-11 存储单元地址、存储单元内容与存储器容量

(2)存储单元内容:在 51 单片机中,每个存储器有 8 根地址线,故每个存储单元可以存放 8 位二进制数(8 个 bit),从最低位到最高位依次为 D0、D1...D7,称为一个字节(一个 Byte)。存储单元存放的 8 位二进制数成为存储单元的内容或存储单元的数据。

(3)存储器的容量:存储器存储容量是指存储器存储单元的数量或者存储器所有存储单元可以存储的二进制信息的总数量。

1)用存储单元的数量表示存储容量时:

存储容量=存储单元数=2ⁿ 字节

2)用存储单元可以存储的二进制信息的总数量表示存储容量时:

存储容量=存储单元数×数据总线位数=2ⁿ×D 位

其中,n 为存储器地址线的数量,D 为数据总线位数,51 单片机数据总线是 8 位。

存储器的容量常常很大,为了表示方便,常常以 KB 为存储器容量单位(1KB=2¹⁰=1024 字节)。如某 EPROM 器件 2764 有 13 根地址线,其存储容量为 2¹³=8KB;某 SRAM 器件 6116 有 11 根地址线,其存储容量为 2¹¹=2KB。

51 单片机最多有 16 根地址线,其最大存储容量为 2¹⁶=64KB。



由于存储单元的地址和存储单元的内容都可以用十六进制数表示,初学者需注意其差异,不要将它们混为一体。每个存储单元都存放着一个字节的内容,存储单元的地址和这个存储单元的内容是两个完全不同的概念,前面谈到,地址是这个存储单元的编号,而内容则是这个存储单元存放的信息。每个存储单元的地址是固定不变的,而每个存储单元的内容可以读出和写入,是可变的。

5. 开发单片机系统步骤

通常开发一个单片机系统可按以下几个步骤进行。

- (1)明确系统设计任务,完成单片机及其外围电路器件的选型工作;
- (2)运用 Protel、PowerPCB 等软件设计系统原理图和绘制 PCB 板,设计完成后,可以利用仿真软件如 Proteus 进行初步检查,经仔细检查 PCB 板后送工厂制作。
- (3)完成器件的安装焊接。
- (4)根据硬件设计和系统要求编写应用程序。
- (5)在线调试软硬件。调试过程可以根据硬件仿真器的类型选用不同的调试软件进行硬件仿真,如图 1-1-12 所示。



图 1-1-12 硬件仿真调试

(6)使用编程器烧写单片机应用程序,独立运行单片机系统。程序下载过程中,使用 ISP,如图 1-1-13 所示。早期 AT89C5X 系列单片机中,最常用的做法是把单片机插入专用的编程器中,通过编程器把程序烧到单片机里。这样做的麻烦之处是在调试程序时,编程者对程序作出的每次修改,都要把单片机从电路中拔出来,插到编程器,烧好后又要将单片机重新插回电路板(PLCC 封装就是适配这种烧写器)。可以想象,这种工作是吃力不讨好的。现在的单片机一般具有 ISP 功能,我们就无须来回插拔单片机,只要在电路中把单片机的 ISP 编程引脚接出来,并且这几个引脚所接的外围电路对 ISP 没有影响,就可以用 ISP 编程器对单片机进行烧写了。另外,ISP 下载线成本比编程器成本要少许多,一根 ISP 下载线的成本仅几元钱,如图 1-1-14 所示为 STC USB-STC-ISP 下载器,图 1-1-15 所示为 USB 转串口下载线。图 1-1-16 为 Atmel ISP 下载器。



ISP软件

下载线

目标系统

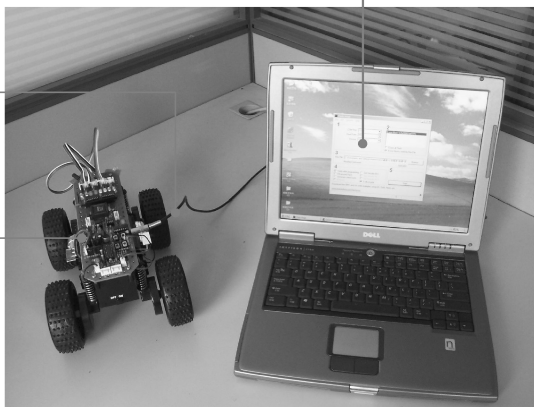


图 1-1-13 程序下载——使用 ISP

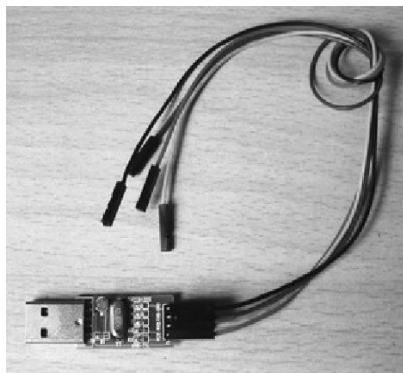


图 1-1-14 STC USB-STC-ISP 下载器



图 1-1-15 USB 转串口下载线



图 1-1-16 Atmel ISP 下载器

6. C 语言与汇编语言编程特点

程序设计通常是 C 语言或者汇编语言。C 语言和汇编语言在开发单片机时各有优缺点,如下:

汇编语言是一种用文字助记符来表示机器指令的符号语言,是最接近机器码的一种语



言。其主要优点是占用资源少、程序执行效率高。但是不同的 CPU,其汇编语言可能有所差异,所以不易移植。

C 语言是一种结构化的高级语言。其优点是可读性好,移植容易,是普遍使用的一种计算机语言。缺点是占用资源较多,执行效率没有汇编高。

C 语言有功能丰富的库函数、运算速度快、编译效率高、有良好的可移植性,而且可以直接实现对系统硬件的控制。C 语言是一种结构化程序设计语言,它支持当前程序设计中广泛采用的由顶向下结构化程序设计技术。此外,C 语言程序具有完善的模块程序结构,从而为软件开发中采用模块化程序设计方法提供了有力的保障。因此,使用 C 语言进行程序设计已成为单片机软件开发的一个主流。用 C 语言来编写目标系统软件,会大大缩短开发周期,且明显地增加软件的可读性,便于改进和扩充,从而研制出规模更大、性能更完备的系统。

综上所述,用 C 语言进行单片机程序设计是单片机开发与应用的必然趋势,本教材例程均采用 C 语言编写,选用 Keil 软件作为单片机应用开发软件,使用 Keil 集成开发环境来编辑 C 源文件,然后编译生成机器代码。

任务实施

步骤一 查阅资料了解单片机定义及应用领域。

请上网搜索关键词“单片机”,查看百度百科的解释,这里面有较全的单片机自学资料,供大家课后学习参考。

参考网站:百度百科。

STC 深圳宏晶公司网址://www.STCMCU.com/

步骤二 在安全用电条件下拆解废旧电器、玩具,找出里面的单片机。

步骤三 查阅拆解下的单片机型号、功能、应用。

任务检查与评价

整个任务完成之后,让我们来检测一下完成的效果吧。具体的测评细则见表 1-1-7 所示。



表 1-1-7 任务完成情况的测评细则

一级指标	比例	二级指标	比例	得分
信息收集与自主学习	40%	1. 明确任务	5%	
		2. 独立进行信息资讯收集	2%	
		3. 制定合适的学习计划	3%	
		4. 充分利用现有的学习资源	5%	
		5. 使用不同的行动方式学习	15%	
		6. 排除学习干扰,自我监督与控制	10%	
单片机认知、拆解	50%	1. 单片机的认知	25%	
		2. 按步骤拆解电器、玩具	25%	
职业素养与职业规范	10%	1. 设备操作规范性	2%	
		2. 工具、仪器、仪表使用情况,操作规范性	3%	
		3. 现场安全、文明情况	2%	
		4. 团队分工协作情况	3%	
总计	100%			

巩固与拓展

一、巩固自测

1. 单片机的定义是什么? 它与一般微型计算机在结构上有什么区别?
2. 单片机有哪些主要应用领域?
3. 简述单片机系统的开发过程。
4. 对照单片机的四种分类,STC89C51RC 分别属于哪一类?

二、拓展任务

1. 查找资料,并分小组讨论,单片机与常规 TTL 数字逻辑芯片有什么区别?
2. 查阅 STC89C51RC 单片机数据手册(PDF 文档资料),全方面了解其特性。
3. AT 系列单片机 C51 和 S51 有何区别? 作为开发人员,你如何进行 CPU 选型?