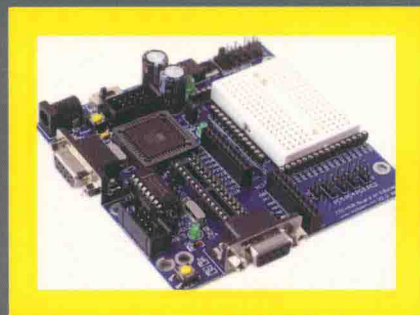




工作导向创新实践教材



**第3版**

# C51单片机应用与C语言程序设计

—— 基于机器人工程对象的项目实践

◎ 秦志强 编 著

- 工程教育改革的先锋之作
- 中国教育机器人大赛指导手册
- 最低的硬件成本、最具趣味性的机器人案例



中国工信出版集团



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>

工作导向创新实践教材

# C51 单片机应用与 C 语言程序 设计（第 3 版） ——基于机器人工程对象的项目实践

秦志强 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

## 内 容 简 介

本书以两轮小型移动机器人的制作与编程项目为主线,通过循序渐进地构建机器人的控制器和传感器电路,并对机器人实现编程和控制,将C51单片机的外围接口特性、内部结构原理、综合应用设计和C语言程序设计等知识和技能传授给学生,彻底打破了传统的先理论后实验的教学方法和教学体系结构,解决了单片机原理与应用,以及C语言程序设计等核心专业基础课程抽象、枯燥与教学效果差的老大难问题。

本书可作为职业教育的“单片机技术与应用”及“嵌入式C语言程序设计”两门课程的学习教材和教学参考书,也可以作为本科院校工程训练、电子制作的实践教材和相应专业课程的实验配套教材,同时还可以供广大希望从事嵌入式系统开发和C语言程序设计的学生或者个人自学使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

C51 单片机应用与C语言程序设计:基于机器人工程对象的项目实践 / 秦志强编著. —3版. —北京:电子工业出版社, 2016.2  
工作导向创新实践教材

ISBN 978-7-121-28159-4

I. ①C… II. ①秦… III. ①单片微型计算机—C语言—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TP368.1  
②TP312

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第029027号

策划编辑:王昭松

责任编辑:靳平

印刷:北京京师印务有限公司

装订:北京京师印务有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开本: 787×980 1/16 印张: 15.25 字数: 350千字

版次: 2007年12月第1版

2009年2月第2版

2016年2月第3版

印次: 2016年2月第1次印刷

印数: 4000册 定价: 34.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 [zlts@phei.com.cn](mailto:zlts@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线:(010) 88258888。

# 前 言

本书自 2009 年 2 月再版以来,又得到了许多高等院校和职业技术学院的关心与厚爱,并提出了不少宝贵意见,为此向所有使用过此书的教师、学生和其他读者表示衷心的感谢。在 6 年多的时间里,高等工程教育改革又取得了很大的进展,对于本书的要求也越来越高。为了让本书的理念更好地与专业结合,2012 年 9 月,作者与湖南机电职业技术学院合作,在本书的基础上修订出版了两本机电一体化创新实践教材:《C 语言原来可以这样学》和《单片机技术及应用》,通过“应用单片机学习 C 语言,再用 C 语言学习单片机”的方法,将这两门机电一体化专业基础课程的教学深度和广度大大地推进了一步。另外,为了让本书能够更好地满足本科 C 语言课程的教学需要,作者又于 2013 年 8 月与北京石油化工学院合作,在此书的基础上编辑出版了计算机类本科规划教材《机器人辅助 C 程序设计》。

工作导向的概念,不只是一个简单的概念游戏,而是包含了深刻的哲理。学习的目的,特别是对于未来想从事工程师职业的学生而言,不仅仅是学习某一个知识体系,如单片机的知识体系或者 C 语言的知识体系,而是应该更进一步获得如何利用这些知识去解决生产实际问题的能力,也就是动手能力。传统的单片机和 C 语言教材基本上都是为了给学生建立知识体系的,教学的结果却是不仅知识体系建立不起来,动手能力就更不用提了。工程是为了解决问题,这种解决问题的能力只有从实践中才能获得。当然,单纯的实践也无法获得真正的能力,关键是如何从实践的经验 and 体会中,归纳出共性的知识,建立起知识体系,然后再将这些知识重新应用到新的实践当中去。这也是我们在未来实际工作中所必须采取的学习和工作方法。因此,如何在大学 3 年或者 4 年中,掌握这种自我学习和提高的方法,是工程教育改革的根本目的。而相应教材的编写,就应该按照这种学习和工作的方法来进行。做到了这一点,才真正实践了工作导向的哲学理念:实践、归纳、推理和再实践。

任何核心知识和技能的获得,单单靠一两本好的教材是无法实现的。单片机和 C 语言是目前工程教育中两门最为基本,也是最为核心的课程。要学会利用单片机和 C 语言去解决实际问题,单凭这一本教材的实践和学习是远远不够的。特别是对于初次接触单片机和 C 语言的同学或者个人而言,也许这本教材仍然会让你感觉比较困难,这时建议你先学习和实践本系列教材的《基础机器人制作与编程(第 2 版)》。通过基础机器人的制作与编程,你可以先掌握编程的基本思路和方法,并了解单片机的输入和输出接口特性。然后再利用本教材重复同样的学习过程。通过类比和分析,就可以归纳出单片机和计算机编程的核心知识和技能。同时,因为对于同样的项目和课题采用了不同的单片机和编程语言去实现,也让你能够从中掌握并理解分析问题和解决问题的根本方法。与本教材一起出版的还有《AVR 单片机与小型机器人制作(第 2 版)》,该教材完成的实践项目与本教材几乎相同,目的是让同学们可以根据自己的需要选择硬件平台。要进一步深入学习单片机技术及应用,就可以选择本人编写的

机电一体化创新实践教材《单片机技术及应用》。

只有学习完单片机和 C 语言，我们才有可能进一步学习 ARM、VC 和 Linux 等高级嵌入式课程。无论是本科还是高职学生，这个规律都很难打破。为此，我们后续推出了 STM32 等高端嵌入式教材，形成了从基础入门，到 8 位单片机 AVR 或者 C51 等基础嵌入式系统，再到 ARM 等高端嵌入式系统的系列化教材，让同学们可以从一个没有任何编程基础的学生循序渐进地成长为可以进行复杂嵌入式系统设计和开发的工程师。作者编写的系统化嵌入式系列教材如下所示。

| 教材类型                    | 教材名称                           | 教学课时  | 拓展空间              | 配套器材                         |
|-------------------------|--------------------------------|-------|-------------------|------------------------------|
| 工作导向创新<br>实践教材          | 基础机器人制作与编程<br>(第 2 版)          | 40 学时 | 教育机器人大赛项目         | 基础机器人制作与编程套件                 |
|                         | C51 单片机应用与 C 语言程序设计<br>(第 3 版) | 60 学时 | 教育机器人大赛项目         | C51 单片机应用与 C 语言综合<br>教学机器人套件 |
| 机电一体化创<br>新实践教材         | C 语言原来可以这样学                    | 50 学时 | 教育机器人大赛项目         | C 语言教学机器人套件                  |
|                         | 单片机技术及应用                       | 50 学时 | 教育机器人大赛项目         | 单片机教学拓展电子套件                  |
| “十二五”职<br>业教育国家规<br>划教材 | AVR 单片机与小型机器人制作<br>(第 2 版)     | 70 学时 | 各种传感器应用项目<br>30 个 | AVR 单片机与小型机器人制作<br>套件        |
| 计算机类本科<br>规划教材          | 机器人辅助 C 程序设计                   | 60 学时 | 教育机器人大赛项目         | C 语言教学机器人套件                  |
| 电子教材                    | Arduino 机器人制作与编程入门教程           | 40 学时 | 教育机器人大赛项目         | Arduino 教学机器人套件              |
|                         | STM32 机器人制作实践入门教程              | 60 学时 | 教育机器人大赛项目         | STM32 教学机器人套件                |

因为是工作导向，所以每套教材都必须配套相应的器材边做边学方能达到最佳的教学效果。本表所有配套器材都可以在鸥鹏机器人电商网站 [www.openirobot.com](http://www.openirobot.com) 上找到。

本版教材的结构和内容仍然保留了原版的风格和特点，即：

- 寓教于乐，兴趣为先，采用机器人作为整本教材的项目实践内容，非常容易引起学生的兴趣和学习热情；
- 机器人对象采用伺服舵机作为控制与驱动电机，非常容易控制，便于教师和学生入门，并将重点放在时序和逻辑的控制，而不是电机的复杂控制原理；
- 基础传感器等耗材采用非常便宜和易于获得的触觉和红外传感器，便于学校降低成本，普及项目教学；
- 每讲最后都有工程素质和技能归纳，启发学生进行知识的归纳和系统化。

本教材修订之后，无论是高职院校还是大学本科，都可以采用，具体的教学安排完全可以根据学校原有的教学计划，只是上课的方式要进行调整，不必再单独开设理论和实验课程，最后的项目拓展课程可以根据每个学校的情况选择相应的中国教育机器人大赛项目，

鼓励学校组织班级、校级竞赛，优胜者推荐参加国家级比赛，从而激励学生自主学习，提升学习效果。

本教材的修订由电子工业出版社王昭松编辑发起，在此特别感谢她的努力与坚持。另外，还要特别感谢深圳市中科鸥鹏智能科技有限公司的同事们，没有他们的共同努力，本书不可能如此迅速地出第3版。限于时间与水平，书中难免有不妥之处，敬请读者批评指正。

编著者

2015年10月10日

# 目 录

|                                       |      |
|---------------------------------------|------|
| 第 1 讲 机器人大脑：从 BS2 微控制器到 C51 单片机 ..... | (1)  |
| 单片机和微控制器 .....                        | (1)  |
| 学习单片机的意义 .....                        | (2)  |
| C51 系列单片机 .....                       | (2)  |
| 机器人与 C51 单片机 .....                    | (4)  |
| 任务 1 获得软件 .....                       | (4)  |
| 任务 2 安装软件 .....                       | (5)  |
| 安装 Keil $\mu$ Vision2 .....           | (5)  |
| 任务 3 硬件连接 .....                       | (5)  |
| 串口的连接 .....                           | (6)  |
| USBASP 下载器的连接 .....                   | (6)  |
| 电源的连接 .....                           | (6)  |
| 给教学板和单片机进行通电检查 .....                  | (6)  |
| 任务 4 第一个程序 .....                      | (7)  |
| 创建与编辑你的第一个程序 .....                    | (7)  |
| 例程：HelloRobot.c .....                 | (9)  |
| 程序调试 .....                            | (11) |
| 下载可执行文件到单片机 .....                     | (12) |
| 用串口调试软件查看单片机输出信息 .....                | (13) |
| HelloRobot.c 是如何工作的 .....             | (14) |
| printf 函数 .....                       | (14) |
| HelloRobotYourTurn.c 是如何工作的 .....     | (16) |
| 任务 5 做完实验关断电源 .....                   | (19) |
| 第 2 讲 C51 接口与伺服电机控制 .....             | (20) |
| C51 单片机的输入/输出接口 .....                 | (20) |
| 任务 1 单灯闪烁控制 .....                     | (21) |
| LED 电路元件 .....                        | (21) |
| LED 电路搭建 .....                        | (21) |
| 例程：HighLowLed.c .....                 | (22) |
| HighLowLed.c 是如何工作的 .....             | (22) |

|                                         |      |
|-----------------------------------------|------|
| 任务 2 机器人伺服电机控制信号 .....                  | (26) |
| 例程: BothServoClockwise.c .....          | (28) |
| 任务 3 计数并控制循环次数 .....                    | (29) |
| 例程: ControlServoRunTimes.c .....        | (31) |
| 例程: BothServosThreeSeconds.c .....      | (32) |
| 任务 4 用计算机来控制机器人的运动 .....                | (33) |
| 例程: ControlServoWithComputer.c .....    | (34) |
| ControlServoWithComputer.c 是如何工作的 ..... | (35) |
| 第 3 讲 C 语言函数与机器人巡航控制 .....              | (37) |
| 任务 1 基本巡航动作 .....                       | (37) |
| 例程: RobotForwardThreeSeconds.c .....    | (38) |
| RobotForwardThreeSeconds.c 是如何工作的 ..... | (38) |
| 向后走、原地转弯和绕轴旋转 .....                     | (39) |
| 例程: ForwardLeftRightBackward.c .....    | (40) |
| 任务 2 匀加速/减速运动 .....                     | (43) |
| 编写匀加速运动程序 .....                         | (43) |
| 例程: StartAndStopWithRamping.c .....     | (44) |
| 任务 3 用函数调用简化运动程序 .....                  | (46) |
| 例程: MovementsWithFunctions.c .....      | (49) |
| 例程: MovementsWithOneFuntion.c .....     | (51) |
| 任务 4 高级主题——用数组建立复杂运动 .....              | (52) |
| 字符型数据 .....                             | (53) |
| 数组 .....                                | (54) |
| 例程: NavigationWithSwitch.c .....        | (56) |
| NavigationWithSwitch.c 是如何工作的 .....     | (58) |
| 例程: NavigationWithValues.c .....        | (59) |
| 第 4 讲 C51 接口与触觉导航 .....                 | (62) |
| 触觉导航与单片机输入接口 .....                      | (62) |
| 任务 1 安装并测试机器人“胡须” .....                 | (63) |
| 安装“胡须” .....                            | (63) |
| 测试“胡须” .....                            | (64) |
| 例程: TestWhiskers.c .....                | (64) |
| 位操作符 .....                              | (65) |
| if 语句 .....                             | (66) |

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| ? 操作符 .....                     | (66)  |
| 任务 2 通过“胡须”导航 .....             | (69)  |
| 编程使机器人基于“胡须”导航 .....            | (69)  |
| 关系与逻辑运算符 .....                  | (70)  |
| 例程: RoamingWithWhiskers.c ..... | (71)  |
| “胡须”导航机器人怎样行走 .....             | (74)  |
| 任务 3 机器人进入死区后的人工智能决策 .....      | (75)  |
| 编程逃离墙角死区 .....                  | (75)  |
| 例程: EscapingCorners.c .....     | (76)  |
| EscapingCorners.c 是如何工作的 .....  | (79)  |
| 第 5 讲 C51 接口与红外线导航 .....        | (81)  |
| 使用红外线发射和接收器件探测道路 .....          | (81)  |
| 红外前灯 .....                      | (81)  |
| 任务 1 搭建并测试 IR 发射和探测器对 .....     | (82)  |
| 元件清单 .....                      | (82)  |
| 搭建红外线前灯 .....                   | (82)  |
| 这里为何要使用三极管 9013 .....           | (84)  |
| 测试红外发射探测器 .....                 | (84)  |
| 例程: TestLeftIrPair.c .....      | (85)  |
| 排错 .....                        | (86)  |
| 函数延时的不精确性 .....                 | (87)  |
| 任务 2 探测和避开障碍物 .....             | (87)  |
| 改变“胡须”程序, 使其适用于 IR 探测和躲避 .....  | (88)  |
| 例程: RoamingWithIr.c .....       | (89)  |
| 任务 3 高性能的 IR 导航 .....           | (92)  |
| 在每个脉冲之间采样以避免碰撞 .....            | (93)  |
| 例程: FastIrRoaming.c .....       | (93)  |
| FastIrRoaming.c 是如何工作的 .....    | (95)  |
| 任务 4 俯视的探测器 .....               | (97)  |
| 推荐材料 .....                      | (97)  |
| 用绝缘带模拟桌子的边沿 .....               | (97)  |
| 边沿探测编程 .....                    | (98)  |
| 例程: AvoidTableEdge.c .....      | (99)  |
| AvoidTableEdge.c 是如何工作的 .....   | (101) |

|                                       |       |
|---------------------------------------|-------|
| 第 6 讲 C51 定时器与机器人的距离检测 .....          | (104) |
| 用同样的 IR LED/探测电路检测距离 .....            | (104) |
| 推荐工具和原料 .....                         | (104) |
| 任务 1 定时/计数器的运用 .....                  | (104) |
| 定时/计数器的控制 .....                       | (105) |
| 工作模式 .....                            | (106) |
| 定时/计数器初值的计算 .....                     | (106) |
| 例程: TimeApplication.c .....           | (106) |
| TimeApplication.c 是如何工作的 .....        | (107) |
| 中断 .....                              | (108) |
| 中断优先级 .....                           | (109) |
| 任务 2 测试扫描频率 .....                     | (110) |
| 红外线探测器频率探测 .....                      | (110) |
| 用频率扫描进行编程做距离探测 .....                  | (110) |
| 例程: TestLeftFrequencySweep.c .....    | (111) |
| TestLeftFrequencySweep.c 是如何工作的 ..... | (112) |
| 例程: DisplayBothDistances.c .....      | (114) |
| 任务 3 尾随小车 .....                       | (114) |
| 对尾随车编程 .....                          | (116) |
| 例程: FollowingRobot.c .....            | (117) |
| FollowingRobot.c 是如何工作的 .....         | (120) |
| 任务 4 跟踪条纹带 .....                      | (121) |
| 搭建和测试路线 .....                         | (121) |
| 需要的材料 .....                           | (121) |
| 测试条纹带 .....                           | (122) |
| 绝缘带路径排错 .....                         | (123) |
| 编程跟踪条纹带 .....                         | (124) |
| 例程: StripeFollowingRobot.c .....      | (124) |
| 第 7 讲 C51 的 UART 与机器人串口通信 .....       | (126) |
| 串口控制寄存器 SCON .....                    | (127) |
| 什么是波特率 .....                          | (127) |
| 波特率的计算 .....                          | (127) |
| RS232 电平与 TTL 电平转换 .....              | (128) |
| 任务 1 编写串口通信程序 .....                   | (129) |

|                                                                             |       |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------|
| 例程: uart.h.....                                                             | (129) |
| uart.h 是如何工作的 .....                                                         | (132) |
| 存储器结构 .....                                                                 | (132) |
| 串口工作流程 .....                                                                | (133) |
| 例程: HelloRobot.c——printf("Hello,this is a message from your Robot\n") ..... | (134) |
| 例程: ControlServoWithComputer.c——scanf("%d",&PulseDuration) .....            | (134) |
| 第 8 讲 C51 显示接口编程与机器人应用 .....                                                | (136) |
| LED 数码管的介绍 .....                                                            | (136) |
| 任务 1 数码管显示 .....                                                            | (136) |
| 任务目的 .....                                                                  | (138) |
| 任务要求 .....                                                                  | (138) |
| 元件清单 .....                                                                  | (138) |
| 电路设计 .....                                                                  | (138) |
| 阴极数码管显示的源程序 .....                                                           | (140) |
| 电路实物 .....                                                                  | (141) |
| LCD 显示器的介绍 .....                                                            | (142) |
| 任务 2 认识 LCD 显示器 .....                                                       | (142) |
| LCD 显示器与 C51 单片机的连接 .....                                                   | (142) |
| LCD 控制器接口说明 .....                                                           | (143) |
| 任务 3 编写 LCD 模块驱动程序 .....                                                    | (145) |
| 元件清单 .....                                                                  | (146) |
| 线路连接 .....                                                                  | (146) |
| 例程: LCDdisplay.c .....                                                      | (146) |
| LCDdisplay.c 是如何工作的 .....                                                   | (150) |
| 指针 .....                                                                    | (151) |
| 任务 4 用 LCD 显示机器人运动状态 .....                                                  | (152) |
| C 语言的编译预处理 .....                                                            | (152) |
| 例程: MoveWithLCDDisplay.c .....                                              | (156) |
| MoveWithLCDDisplay.c 是如何工作的 .....                                           | (158) |
| 第 9 讲 多传感器智能机器人 .....                                                       | (160) |
| 任务 1 多传感器信息与 C 语言结构体的使用和编程 .....                                            | (160) |
| 结构体 .....                                                                   | (160) |
| 例程: IRRoamingWithWithStructLCDDisplay.c .....                               | (164) |
| IRRoamingWithWithStructLCDDisplay.c 是如何工作的 .....                            | (165) |

|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| 任务 2  智能机器人的行为控制策略和编程 .....          | (169) |
| 例程: NavigationWithSensors.c .....    | (171) |
| NavigationWithSensors.c 是如何工作的 ..... | (173) |
| 第 10 讲  机器人循线竞赛 .....                | (175) |
| 竞赛任务 .....                           | (175) |
| 任务 1  QTI 传感器及其通信接口 .....            | (176) |
| 任务 2  安装 QTI 传感器到机器人前端 .....         | (177) |
| 任务 3  编写 QTI 传感器的测试程序 .....          | (178) |
| Test4QTI.c 是如何工作的 .....              | (180) |
| 任务 4  设计算法实现机器人无接触传感器游中国 .....       | (182) |
| RobotTourChina.c 是如何工作的 .....        | (186) |
| 执行调试 .....                           | (187) |
| 任务 5  修改算法实现机器人游中国 .....             | (188) |
| 任务 6  用数组实现机器人游中国比赛 .....            | (193) |
| 任务 7  改进运动执行程序提升执行的可靠性 .....         | (199) |
| 函数 .....                             | (203) |
| 附录 A  C 语言概要归纳 .....                 | (208) |
| C 语言概述 .....                         | (208) |
| 数据类型、运算符与表达式 .....                   | (208) |
| 分支结构程序 .....                         | (210) |
| 循环控制 .....                           | (212) |
| 数组 .....                             | (214) |
| 函数 .....                             | (215) |
| 预处理命令 .....                          | (215) |
| 指针 .....                             | (217) |
| 结构体 .....                            | (218) |
| 位运算 .....                            | (219) |
| 附录 B  微控制器原理归纳 .....                 | (221) |
| 引言 .....                             | (221) |
| 一些概念 .....                           | (221) |
| 中央处理器 (CPU) .....                    | (222) |
| RAM 和 ROM .....                      | (223) |
| 地址总线、数据总线和控制总线 .....                 | (223) |
| 微处理器和微控制器 .....                      | (224) |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 附录 C 无焊锡面包板 .....         | (225) |
| 附录 D LCD 模块电路 .....       | (228) |
| 附录 E 本书所使用的机器人零配件清单 ..... | (229) |

# 第 1 讲 机器人大脑：从 BS2

## 微控制器到 C51 单片机



### 学习情境

通过《基础机器人制作与编程》课程的学习，已经了解和掌握了采用 BS2 微控制器制作小型机器人的技巧和编程方法。BS2 是一个封装了一个 PIC 单片机的微控制器（所谓封装的意思就是将单片机、只读存储器和晶振集成在一个模块上面），可直接采用 PBASIC 语言编程，编程时不必了解单片机的内部构造和工作原理，只要了解其输入/输出接口特性。采用 PBASIC 语言编程，使我们首先不必纠缠于复杂的硬件接口编程和编译过程，而只专注于智能程序的结构、逻辑设计及实现方法。这样做的好处是使学习变得简单方便、开发项目时快速高效；缺点则是成本较高、灵活性不强，而且程序的执行效率较低。

成本高和灵活性不强的原因是 BS2 已经是一个模块，经过了二次封装，自然就多了一道制造和开发成本，程序的执行效率较低是因为 BS2 采用 BASIC 语言编程，这是一种解释性的语言，也就是说它是边解释边执行，不像我们本书要学习的 C 语言程序那样，一经编译连接完成，直接生成一种可以直接执行的代码。

但是在许多大批量小型智能产品的开发过程中，往往要求我们直接采用单片机进行开发，因为这样不仅可以大幅度降低生产成本，而且可以提高产品的可靠性和效率。本课程就引领大家如何从已经掌握的微控制器出发，深入微控制器内部，学习和掌握如何直接用单片机来开发智能产品。为了对比和推理的需要，本课程所需完成的基本任务与《基础机器人制作与编程》完全相同，只是采用的硬件平台和编程语言不一样，并且增加了串口通信、LCD 显示编程的内容。用不同的平台完成相同的任务，通过类比和分析，我们就应该能够知道，什么是核心的技能和方法。

## 单片机和微控制器

一台能够工作的计算机包括 CPU（Central Processing Unit，中央处理单元，用于运算、控制）、RAM（Random Access Memory，随机存储器，数据存储）、ROM（Read Only Memory，



只读存储器, 程序存储)、输入/输出设备(串行口、并行口等)。在个人计算机上这些部分被分成若干块芯片或者插卡, 安装在一个称为主板的印制电路板上。而在单片机中, 这些部分全部被做在一块集成电路芯片中, 因此被称为单片机。单片机真正需要工作, 还需要稳定的电源、晶振、外部存储器和编程调试接口, 就像计算机需要工作也还需要电源、晶振、硬盘或其他大容量外部存储器和操作系统一样。微控制器就是将单片机真正能够独立工作所需的电源适配器、晶振、外部存储器和串口转换电路等部门封装到一个模块上, 这样微控制器就能够直接与 PC 连接进行编程开发, 教学板上几乎没有任何其他的芯片和电路。

## 学习单片机的意义

与个人计算机、笔记本计算机相比, 单片机的功能是很小的。实际生活中并不是任何需要计算机的场合都要求计算机有很高的性能, 如空调温度的控制、冰箱温度的控制等都不需要很复杂、很高级的计算机。关键看是否够用、是否有很好的性能价格比。

单片机具有体积小、质量轻、价格便宜等优势, 已经渗透到我们生活的各个领域: 导弹的导航装置、飞机上各种仪表的控制、工业自动化过程的实时控制和数据处理、广泛使用的各种智能 IC 卡、民用豪华轿车的安全保障系统、录像机、摄像机、全自动洗衣机、程控玩具、电子宠物等, 更不用说自动控制领域的机器人、智能仪表和医疗器械了。

因此, 单片机的学习、开发与应用将造就一批计算机应用、嵌入式系统设计与智能化控制的科学家和工程师。同时, 学习使用单片机是了解通用计算机原理与结构的最佳选择。

### 嵌入式系统

嵌入式系统是指嵌入工程对象中能够完成某些相对简单或者某些特定功能的计算机系统。与从 8 位机迅速向 16 位、32 位、64 位过渡的通用计算机系统相比, 嵌入式系统有其功能的特殊要求和成本的特殊考虑, 从而决定了嵌入式系统在高、中、低端系统三个层次共存的局面。在低端嵌入式系统中, 8 位单片机从 20 世纪 70 年代初期诞生至今还一直在工业生产和日常生活中广泛使用。

嵌入式系统嵌入对象系统中, 并在对象环境下运行。对象领域相关的操作主要是对外界物理参数进行采集、处理, 对对象实现控制, 并与操作者进行人机交互等。

鉴于嵌入式低端应用对象的有限响应要求、嵌入式系统低端应用的巨大市场, 以及 8 位机具有的计算能力, 可以预测在未来相当长的时间内, 8 位机仍然是嵌入式应用中的主流机型。

## C51 系列单片机

一提到单片机, 就会经常听到这样一些名词: MCS51、8051、C51 等, 它们之间究竟是



什么关系呢？

MCS51 是指由美国 INTEL 公司生产的一系列单片机的总称。这一系列单片机包括很多品种，如 8031、8051、8751 等，其中 8051 是最典型的产品。该系列单片机都是在 8051 的基础上进行功能的增减和改变而来的，所以人们习惯于用 8051 来称呼 MCS51 系列单片机。

INTEL 公司将 MCS51 的核心技术授权给了很多公司，所以许多公司都在做以 8051 为核心的单片机，当然，功能或多或少有些改变，以满足不同的需求。其中，较典型的一款单片机 AT89C51（简称 C51）是由美国 ATMEL 公司以 8051 为内核开发生产的。本书使用的 AT89S52 单片机就是在此基础上改进而来的。

AT89S52 是一种高性能、低功耗的 8 位单片机，内含 8K 字节 ISP(In-system Programmable, 系统在线编程)可反复擦写 1000 次的 Flash 只读程序存储器，器件采用 ATMEL 公司的高密度、非易失性存储技术制造，兼容标准 MCS51 指令系统及引脚结构。在实际工程应用中，功能强大的 AT89S52 已成为许多高性价比嵌入式控制应用系统的解决方案。

早期的单片机应用程序开发通常需要仿真机、编程机等配套工具，要配置这些工具需要一笔不小的投资。本书采用的 AT89S52 不需要仿真机和编程机，只要运用 ISP 电缆就可以对单片机的 Flash 反复擦写 1000 次以上，因此使用起来特别方便简单，尤其适合初学者使用，而且配置十分灵活，可扩展性特别强。

### In-system Programmable (ISP, 系统在线编程)

In-system Programmable 是指用户可把已编译好的程序代码通过一条“下载线”直接写入器件的编程（烧录）方法，已经编程的器件也可以用 ISP 方式擦除或再编程。ISP 所用的“下载线”并非不需要成本，但相对于传统的“编程器”成本已经大大降低了。通常 Flash 型芯片会具备 ISP 下载能力。

本书将引导你如何运用 AT89S52 作为机器人的大脑制作一款教育机器人，并采用 C 语言对 AT89S52 进行编程，使机器人实现下述 4 个基本智能任务。

- (1) 安装传感器以探测周边环境。
- (2) 基于传感器信息做出决策。
- (3) 控制机器人运动（通过操作带动轮子旋转的电机）。
- (4) 与用户交换信息。

通过这些任务的完成，使你不知不觉地掌握 C51 单片机原理与应用开发技术，以及 C 语言程序设计技术，轻松走上嵌入式系统开发之路。

为了方便单片机与电源、ISP 下载电缆、串口线，以及各种传感器和电机的连接，须制作一个电路板，并将单片机插在该电路板上，本书将此电路板称为教学板，如图 1-1 所示。

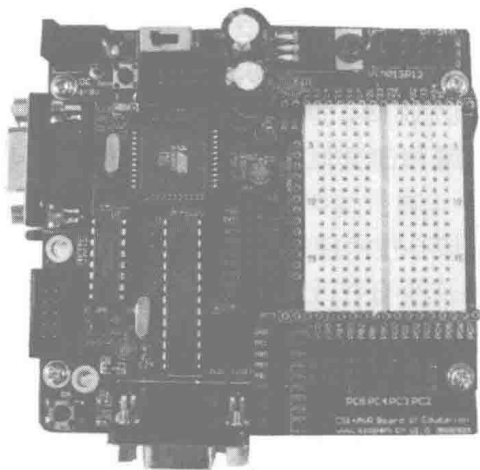


图 1-1 C51 单片机教学板

## 机器人与 C51 单片机

如图 1-2 所示是本书需要制作的小型机器人，它采用 AT89S52 单片机作为大脑，通过教学板安装在机器人底盘上。本书将以此机器人作为平台，完成上面提到的机器人所需具备的 4 种基本能力，使机器人具有基本的智能。

本讲首先通过以下步骤来介绍如何安装和使用 C51 单片机的 C 语言编程开发环境，如何用 C 语言开发第一个简单机器人程序，并在机器人上如何运行编写的程序。本讲的具体任务包括：

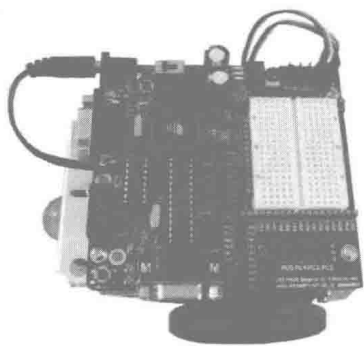


图 1-2 采用 C51 单片机的机器人

- 寻找并安装开发编程软件；
- 连接机器人到电池或者供电的电源；
- 连接单片机教学板 ISP 接口到计算机，以便编程；
- 连接单片机教学板串行接口到计算机，以便调试和交互；
- 运用 C 语言初次编写少量的程序，运用编译器编译生成可执行文件，然后下载到单片机上，通过串口观察机器人上的单片机教学板的执行结果；
- 完成后，断开电源。

## 任务 1 获得软件

在本课程的学习中，将反复用到 3 款软件：Keil  $\mu$ Vision2 IDE 集成开发环境、AVR\_fighter