



智能 机器人 设计速成

●●●● 田军营 田博韬 编著



科学普及出版社
POPULAR SCIENCE PRESS

智能机器人设计速成

田军营 田博韬 编著

科学普及出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

智能机器人设计速成/田军营, 田博韬编著. —北京: 科学普及出版社, 2016. 12

ISBN 978 - 7 - 110 - 09513 - 3

I. ①智… II. ①田… ②田… III. ①智能机器人—设计
IV. ①TP242.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 315397 号

策划编辑 王晓义
责任编辑 王晓义 蒋宵宵
封面设计 七彩云
责任校对 杨京华
责任印制 徐 飞

出 版 中国科学技术出版社
发 行 中国科学技术出版社发行部
地 址 北京市海淀区中关村南大街 16 号
邮 编 100081
发行电话 010 - 62173865
传 真 010 - 62179148
投稿电话 010 - 63581202
网 址 <http://www.cspbooks.com.cn>

开 本 720mm × 1000mm 1/16
字 数 470 千字
印 张 25.5
印 数 1—2000 册
版 次 2017 年 3 月第 1 版
印 次 2017 年 3 月第 1 次印刷
印 刷 北京盛通印刷股份有限公司

书 号 ISBN 978 - 7 - 110 - 09513 - 3/TP · 226
定 价 58.00 元

(凡购买本社图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换)

内容简介

在智能机器人设计中，Arduino 单片机电路板正逐步被大学生、中学生作为系统核心控制硬件所采用。他们利用 Arduino 元件，设计了许多不同的、用于机器人比赛的作品，从而使与 Arduino 相关的技术更加引人注目并深入人心。因为 Arduino 是一个开源开发平台，所以自 2005 年它出现以来，其相关的硬件和开发环境不停地更新。为使中学生、大学生甚至于小学生，都能根据自己的需要，以最快的速度掌握 Arduino 技术，并开发出自己心仪的系统，本书给出一种面向多层次人群的快速掌握 Arduino 技术的方法，并把这种方法以精干简练的例子再现出来。本书的写作特色是，以“悟”为原则，以“练”为引导，以“源代码”为正确性佐证，先以简单的知识帮助读者“开悟”，而后建立低成本的系统引导读者“练习”，练习中除给出相关程序作为描摹代码外，适量引入有关的“源代码”，讲解佐证本书核心思想。虽然读者无法从本书中总结出快速掌握 Arduino 技术的具体方法，但在作者刻意安排的内容学习中，学习上能够先慢后快，从总体上快速地掌握 Arduino 技术。这是一本大学生、中学生快速掌握 Arduino 技术的入门书、晋级书，也是小学生通过模仿本书例子，完成 Arduino 技术的入门书。书中的例子及其处理方法，更能让那些参加智能机器人系统设计大赛的学生们，以代码供自己学习和参考，以方法领自己模仿和提高，以分析带自己解惑和思考，以结论使自己“顿悟”和“完好”。本书同时也是从事智能机器人系统设计技术人员良好的参考书。

前 言

如果把智能机器人理解为工业用、家庭用的实用型智能机器人和学生用的、以学习掌握智能机器人概念为目的的智能机器人，那么，本书主要关心的是后者。当然，这与本书的主旨有关。本书写作的目的就是想为大中小学生提供一本简洁明快、快速好学，既能给出全面体现智能机器人的设计思路和设计思想，又能给出实用价值极高的、应用性极强的、成本相对极低的、又极易掌握的、包含许多读者心里极想要或一直在寻觅中的那种、包含实际具体内容的书。这本书，既是一本能在理论上引导中小學生快速进入智能机器人领域，从而具备参加各种与智能机器人相关的设计大赛能力的入门教材，也是一本通过学生一遍一遍地演练本书中的例子，从而“手把手”地从应用实践方面把学生引领进入智能机器人设计领域，并设计构思实现自己的智能机器人模型的实用型、实战性极高的参考书。当然，本书介绍的方法和技巧以及学习智能机器人的方法，对于那些步入大学的大学生也同样具有吸引力，并为他们参加相关的大赛提供实验和验证的手段。它也将是他们快速掌握智能机器人设计的必备书籍。重要的是，读者不必担心本书的内容会过于晦涩难懂，会扼杀读者学习智能机器人的勇气，相反的是，本书给出的内容是在实践中产生的，它的第一作者不仅有教授大学生智能机器人的教学经验，也有辅导中学生智能机器人的学习经历，并且用他的实践，在很短的时间里，把他的第一个使用本书教育思想教育出来的学生，一个高中三年级学生，他的儿子，也就是本书的第二作者，教育成为一个智能机器人设计的小专家。鉴于这位小专家的提议，本书中给出的例子将充分尊重孩子的原创和辛苦调试工作，不经修改地给出和公布，并采纳他的要求，将他作为本书的第二作者。因此，中学生和低年级的大学生大可不必把智能机器人的设计当作拦路虎或者洪水猛兽，使用本书后读者一定会感觉到，学习并掌握智能机器人，其实真的并不难。但这并不能降低本书对高年级大学生的吸引力。也就是说，本书的内容，除极少部分外，对于那些已经经过几年学习的大学生来说，也同样具有吸引力。这是因为，本书中给出的一些方法，读者可能是第一次见

到，或曾听说过但并不十分清楚，或见过并没有掌握。总之，它一定具有新鲜感，并成为读者的良师益友。

本书的学习，将会有益于对实用型智能机器人的理解，不会使读者产生任何对实用型智能机器人的误解。本书讲解智能机器人立足于单片机，可能读者见到的实用型智能机器人的控制核心是一台工控机，但就智能机器人的组织和实现原理而言，它们并没有什么本质不同。因此，用单片机构造智能机器人模型，同样可以理解用功能更强大的计算机构造的智能机器人的工作，它们只有能力上的区分，并无原理上的区别。因此，本书对大、中、小学生理解所有智能机器人的工作都有裨益。

作为前言，本部分还想说明的是，本书给出的材料尽可能地围绕智能机器人的概念和设计的实际要求来组织，尽可能地避开智能机器人设计的历史、特征、种类及其介绍等内容，读者会觉得本书有些内容似乎不完整，但同时读者一定还会觉得，读者得到的是一本自己十分需要且倍感爱惜甚至珍惜的书。本书的构成材料从它们围绕的中心来看都是必需的，因而都是“干货”。站在“干货”的角度，本书告诫读者，不要轻易地放弃它的任何一个部分，因为本书的任何一个部分可能都是作者精心安排的，并给出了相应的导读和它们在本书中心内容说明中所处的地位。每一章开头都有自己的“导读和提示”，结尾都有“本章重要内容提示”。通过开头，读者可以很清楚容易地了解到每一章想要阐述的中心思想；通过结尾，读者可以检验一下对该章的学习收获，看是否已经掌握本章的重要结果。学习中，读者要不停地对比每章给出的“导读和提示”和“本章重要内容提示”，自查是否已经全面详实地掌握了相关章节内容。

可以看作智能机器人的电子装备很多，比如大量比赛用的智能车，它们同样包含丰富的智能机器人思想。适逢孩子 2016 年参加清华大学主办的“登峰杯”智能机器人大赛，就把本书第一作者如何教育孩子以及孩子成长的经历作为本书的例子，似乎更能体现本书的说服力。同时，本书所涉的教学模式和经验，也同样在河南省洛阳市河南科技大学附属高级中学 2016 年“登峰杯”智能机器人大赛参赛学生的智能机器人早期入门中得到验证。所以，作为例子，本书将他们的作品，无论是完美的还是充满缺憾的，都会以内容和分析样例的形式包含其中。

既然本书想以“干货”的面貌呈现给读者，那么，这里就不再议论本书的内容，读者自己阅读吧，它一定会抓住读者的心。如果您是一个对智能机器人设计有着浓厚兴趣的人，愿这里的风景让您留恋，让这里的内容成为您的朋友，帮助您腾飞并拥有自己的智能机器人世界。

附：本书阅读提示

本书第1章和第2章的任务主要是“开悟”教育，所涉及的内容并不复杂，建议读者都要阅读。对于有一定基础的读者来说，作者设计的作业题目一定要做一做，看是否能准确把握。如果不能，则说明你在本书内容理解上尚有欠缺，那就必须把这两章的内容再仔细读一遍。

完成第1章和第2章阅读后，请浏览第8章给出的不同年龄段读者使用本书的学习方法提示，为自己制订一个学习计划，至少要有一个简单的计划。

第3章中的实验环境建立和实验中问题的处理方法，希望本书的每位读者都要亲力亲为（至少一次），认真细致地做一下并认真揣摩其中的内容。如果此时还不能完全理解并熟练掌握该章内容，那就在第4章、第6章、第7章的实践中，再回过头来，反复参练，一定会有所收获。

第4章、第6章、第7章的学习需要读者通过自己的实践来参与，而不是仅把书本的例子不加思考地、简单地再做一遍。要特别留意本书中给出的、针对各种问题的分析方法和对相关问题的处理思路，读者要做到先模仿，再创新。

第5章有太多的源代码，本书的大学生读者要耐心地认真阅读。有这么多前辈的工作可供参考，其好处是不言而喻的。本书的中学生甚至小学生读者们，有条件、有能力的情况下也要硬着头皮读，这些源代码中蕴含的理念和思路也许能相伴终生，受益一辈子。

作者在第7章内容安排上侧重如何使读者能深入体会并领会智能机器人系统的良好建立方法和思路。

第8章的内容不是简单的总结，甚至不能被看作总结。第8章的内容只是对本书主旨作了回顾，对本书的难点作了点拨。

河南科技大学机电工程学院：田军营

2016年7月

目 录

第 1 章 智能机器人硬件概要	(1)
1.1 导读和提示	(1)
1.2 计算机的结构	(1)
1.3 主机是什么	(3)
1.4 单片机的概念	(6)
1.4.1 单片机概念	(7)
1.4.2 运算器的运算原理	(8)
1.4.3 运算器中数的表示和特点	(9)
1.4.4 计算机为什么会处理事物	(11)
1.4.5 理解单片机接口的几个概念	(12)
1.5 本章重要内容提示	(13)
1.6 本章作业	(14)
第 2 章 类 C, C++ 语言简介	(15)
2.1 导读和提示	(15)
2.2 计算机语言中的数据	(15)
2.2.1 数学中数据分类与计算机语言中数据类型的比较	(15)
2.2.2 针对单片机的类 C, C++ 语言给出的数据类型及其说明	(16)
2.2.3 数据类型的运用	(19)
2.2.4 Arduino IDE 系统 C, C++ 语言数据类型使用举例	(20)
2.3 运算和程序控制	(23)
2.3.1 运算	(23)
2.3.2 程序控制	(24)
2.3.3 类 C, C++ 语言程序代码的说明(注释)方法	(34)
2.3.4 Arduino 系统 C, C++ 语言的相关说明	(35)
2.4 典型单片机 C, C++ 语言开发环境程序文本结构	(36)

2.4.1	MCS 51 系列单片机 C 语言程序文本结构	(36)
2.4.2	Arduino IDE 系统 C, C++ 语言程序文本结构	(37)
2.4.3	Arduino IDE 提供的可使用的标准函数说明	(40)
2.4.4	Arduino IDE 编写的应用程序中变量作用范围	(43)
2.4.5	系统中存在的对象	(46)
2.5	本章重要内容提示	(46)
2.6	本章作业	(47)
第 3 章	实验开发环境建立	(48)
3.1	导读和提示	(48)
3.2	Windows 下 Arduino IDE 系统建立	(48)
3.3	硬件环境的建立	(51)
3.3.1	物理硬件系统环境建立	(51)
3.3.2	软件虚拟硬件系统环境建立	(51)
3.3.3	Arduino 常用板子的硬件说明	(52)
3.3.4	Arduino 常用板子接线引脚说明	(56)
3.4	实验硬件建立	(56)
3.4.1	Proteus 实验硬件搭建	(57)
3.4.2	虚拟实验电路的属性	(62)
3.4.3	实验现象观察	(65)
3.5	Arduino IDE 系统如何支持新硬件	(66)
3.5.1	对象是什么	(67)
3.5.2	串行口对象	(67)
3.5.3	流 (Stream) 对象	(72)
3.5.4	Arduino IDE 系统加入新硬件的方法	(74)
3.6	观察电路程序运行动态信息	(80)
3.6.1	善用 Arduino 板子串行口 0	(80)
3.6.2	Proteus 与 Arduino IDE 系统“串口监视器”联系方法	(82)
3.6.3	利用 Proteus 串口虚拟终端监视虚拟电路程序运行情况	(86)
3.6.4	利用虚拟示波器显示虚拟 Arduino 单片机板子接线端口 输出信号波形	(87)
3.7	本章重要内容提示	(88)
3.8	本章作业	(88)
第 4 章	输入输出器件的调试	(90)
4.1	导读和提示	(90)

4.2	简单输入输出实现	(90)
4.3	简单传感器的应用	(95)
4.4	高级传感器和执行器的控制	(98)
4.4.1	与超声波运用相关的传感器使用	(98)
4.4.2	PWM 信号的输出	(105)
4.4.3	模拟信号的使用	(109)
4.4.4	中断编程	(116)
4.4.5	数码管使用	(126)
4.4.6	液晶屏使用	(132)
4.4.7	键盘	(135)
4.4.8	步进电机控制	(141)
4.4.9	舵机控制	(143)
4.4.10	红外测距	(146)
4.4.11	火焰传感器	(147)
4.4.12	温度、湿度测量	(150)
4.4.13	压力测量	(155)
4.4.14	时钟芯片的使用	(156)
4.4.15	报警和音乐电路	(160)
4.5	本章重要内容提示	(164)
4.6	本章作业	(164)
第 5 章	面向对象的系统开发方法	(166)
5.1	导读和提示	(166)
5.2	对象和类	(166)
5.3	Arduino 系统“面向对象”程序设计特点	(171)
5.4	Arduino IDE 系统中典型类库源代码分析和使用说明	(173)
5.4.1	简单 I/O 类类库	(174)
5.4.2	与模拟信号相关的更精细处理和控制的类库	(191)
5.4.3	其他有用类举例	(199)
5.5	Arduino IDE 系统新类库开发	(247)
5.5.1	一个简单关于按钮的类	(248)
5.5.2	一个关于亮灯的类	(251)
5.5.3	再编 DHT11 传感器使用类	(253)
5.5.4	新类库开发原则	(256)
5.6	本章重要内容提示	(257)

5.7 本章作业	(257)
第6章 多元素复杂系统的开发和调试	(259)
6.1 导读和提示	(259)
6.2 Arduino 单片机系统对外连接方式	(259)
6.3 Arduino 应用系统组织开发举例	(262)
6.3.1 人体感应门	(262)
6.3.2 电子秤	(269)
6.3.3 室内温湿计	(276)
6.3.4 信号频率测量仪	(277)
6.3.5 特殊气体报警器	(279)
6.3.6 单线多点测量系统	(280)
6.3.7 蓝牙系统	(285)
6.3.8 ZigBee/Xbee 系统	(287)
6.3.9 GSM 系统	(289)
6.3.10 GPS 系统	(291)
6.4 应用 Proteus 若干问题讨论	(293)
6.5 本章重要内容提示	(295)
6.6 本章作业	(295)
第7章 智能车软硬件设计及问题解决方法	(296)
7.1 导读和提示	(296)
7.2 消防智能车系统设计	(296)
7.2.1 消防智能车模型的构成	(297)
7.2.2 消防智能车模型的硬件构成	(298)
7.2.3 消防智能车模型的参考控制程序	(298)
7.2.4 点评和改进	(299)
7.3 循迹智能车系统设计	(312)
7.3.1 循迹智能车模型的构成	(312)
7.3.2 循迹智能车模型的硬件构成	(313)
7.3.3 循迹智能车模型的参考控制程序	(313)
7.3.4 点评和改进	(317)
7.4 搬运机器人系统设计	(318)
7.4.1 登峰杯搬运创新挑战机器人设计要求	(318)
7.4.2 搬运创新挑战机器人的硬件构成	(319)
7.4.3 搬运创新挑战机器人的参考控制程序	(321)

7.4.4 点评和改进	(327)
7.5 Arduino Robot 中的设计规划	(348)
7.5.1 ArduinoRobotMotorBoard. h 告诉我们什么	(349)
7.5.2 基于 Arduino Robot 系统编程	(353)
7.6 本章重要内容提示	(355)
7.7 本章作业	(355)
第8章 本书相关重大问题详解	(356)
8.1 导读和提示	(356)
8.2 怎样才能快速	(356)
8.2.1 智能机器人构成中的基本技术	(357)
8.2.2 直接使用数字量和模拟量技术在编程中的体现	(358)
8.2.3 高级传感器、通信部件在编程中使用	(359)
8.2.4 类在智能机器人系统设计中的作用	(361)
8.2.5 作者为读者建议的目标类形式	(364)
8.2.6 快速掌握智能机器人系统设计的要点	(377)
8.2.7 本书提供资料汇编	(378)
8.3 小学生如何使用本书	(381)
8.4 初中生如何使用本书	(383)
8.5 高中生如何使用本书	(386)
8.6 大学生如何使用本书	(388)
8.7 再论本书中的难点	(389)
8.8 本章重要内容提示	(392)
8.9 本章作业	(392)
参考文献	(393)

第1章 智能机器人硬件概要

1.1 导读和提示

智能机器人是由具有数据处理和控制功能的中央处理器、能接收外部信息的传感器和能执行来自中央处理器控制指令的执行机构构成的。中央处理器可以是一个单片机、一块单片机控制板，当然也可以是一台计算机。本书中所涉及的中央处理器是一个单片机或一块单片机控制板。

虽然本章题目是“智能机器人硬件概要”，但本章的内容主要围绕单片机来展开。至于传感器和执行机构的有关内容，将在以后章节中，结合相关章节的内容具体给出。作为智能机器人的核心处理器单片机，它的功能和能力似乎涵盖了智能机器人硬件概要的全部内容，并给出智能机器人概念构成的全部思路。

本书认为，单片机是一个计算机，但它是一个只包含“一个芯片”的计算机。单片机靠接口对外联系，通过接口，它可以输入来自传感器的数据，通过单片机计算，把要控制或要执行的动作通过接口传递给相关的执行机构去完成。这个过程通过用户编写的程序来实现。掌握单片机编程需要了解：①计算机的结构；②计算机为什么能处理问题；③计算机能处理哪些问题，即计算机处理问题受哪些限制；④计算机中的寄存器、字、字节的概念；⑤单片机和它的接口。

1.2 计算机的结构

人们常见的计算机是个人计算机，也就是微机，可以是一部台式机或者一台笔记本电脑。智能手机有类似计算机的功能，但人们一般不把他们的手机当作计算机，而只是当作手机。但事实是，它们的手机系统的确就是一个电脑系统。了解计算机的一般结构，最方便的途径就是从了解微机的结构

开始。

微机有什么样的结构呢？观察发现，生活中的微机往往含有一只主机箱、一台显示器、一个键盘、一只鼠标，这是最基本的配置。具备了这些，人们就可以说他们拥有了一台计算机或电脑。当然，有人会为自己的计算机添加一支话筒、一套音响，或者一个摄像头、一台打印机等，使自己的电脑具有更多更有用的功能。还有一些功能可能是人们看不到的，人们往往又认为它们都是计算机必备的，比如自己拥有的计算机能上网，有通用串行总线（USB），可以通过 USB 在 USB 闪存盘（U 盘）和计算机之间导数据。有时，人们还要求计算机有光驱、刻录机等，这些要求都是人们眼睛可以看到的，它们的确给人们带来了他们所需要的功能。计算机好像就是一部需要什么就能装什么，本身功能又很神秘的机器。它的神秘性一般被认为是因为计算机上安装了诸如 Windows XP、Linux、Win7/Win8 等操作系统，这些操作系统使电脑更强大、更好用。如果人们还要继续往前走，往深处思考，那么计算机的一切就会突然间变得很难很难，以致人们到此也便止步了。

上面可能是人们对计算机的一般感受或感悟，之所以会这样是因为人们对计算机的结构不清楚。

那么，计算机的结构究竟是什么呢？总体上看，微机的结构可以用图 1-1 来说明。

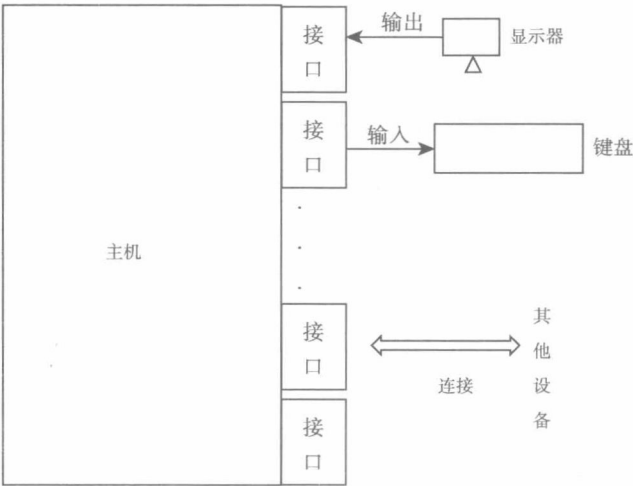


图 1-1 微机结构

计算机的主体是主机，主机通过接口连接显示器、键盘等一些能够对主机进行输入、输出的设备。显示器是输出设备，主机需要输出的信息可通过显示器的显示来完成；键盘是输入设备，主机工作需要的程序和数据可以通

过键盘输入来完成。平时我们见到的鼠标是输入设备，音响是输出设备，话筒是输入设备，打印机是输出设备等。所有这些设备相对于主机而言都是“外部”的，因此又叫外部设备。计算机的外部设备是通过接口连接到主机上工作的。

主机上的接口是各式各样的，它们分别为适应各种外部设备的需求而设定。生活中，我们除了要关心接口的样子，在接口上连接外部设备不出错误外，还要注意它们是“输入的”，还是“输出的”，这样才能彻底搞清它们的作用。一般情况下，微机（特别是台式机）上一般都存在这样的接口：LPT1（并行通信端口，常用来连接打印机）、COM1、COM2（串行通信端口，可接鼠标、Modem 等串口设备）等、键盘接口、PS/2 接口（接键盘、鼠标）、RJ-45 网络接口（接网络）、USB 接口（接 U 盘，键盘等 USB 设备）、音频接口（接耳机、音响、话筒等）等。笔记本电脑上的接口一般较少。

现在让读者再观察一下日常生活中的微机。生活中的微机可以用图 1-2 的简化结构来说明。所有的外部设备都可以规范为输入设备、输出设备和兼输入、输出功能为一体的设备三类。这些设备与计算机主机相连接，根据主机工作的需要，要么“输入”信息，要么“输出”信息，配合主机完成计算机系统对外表现的神奇工作。

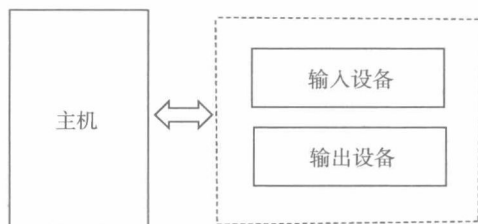


图 1-2 微机的简化结构

1.3 主机是什么

在购买微机的过程中不难发现，主机箱上不仅能看到各种接口，而且在主机箱里还需要安装主板，主板上需要安装 CPU、内存条等，有时还需要安装显卡。显然，接口主要分布在主板上。一般情况下，主板上已经有了显示器接口。但如果人们刻意追求显示效果的话，他们在主板上再添置性能更好、效果更佳的显卡也是可以的，此时，与显示器相连的接口就不是主板提供的接口，而是显卡提供的接口。在不考虑主板上那些与外部设备相关部分的硬件时，主板上倍受关注的硬件就只剩下 CPU 和内存条了。内存条就是内存，内存就是计算机的内部存储器。显然，相对于内存，U 盘和硬盘就是计算机

的外部存储器。外部存储器上的程序和数据必须传输到内存上才能被 CPU 使用。CPU，又叫中央处理器，是计算机中运算器和控制器的集成合体。计算机之所以被称为计算机，就是因为计算机中有运算器，而运算器要想正常工作必须依赖控制器控制，所以，计算机的工作，主要是由计算机中运算器、控制器、存储器（内存）相互配合来完成。这个过程可由图 1-3 来说明。

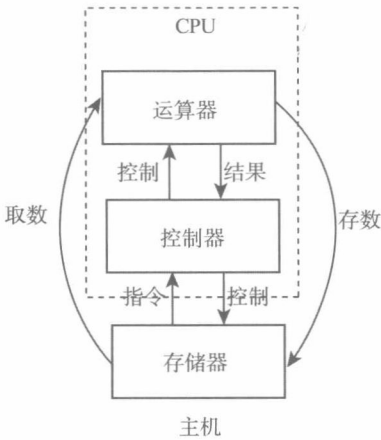


图 1-3 计算机运算示意

现在对运算器、控制器和存储器的相互关系做一个简单的划分。运算器和控制器被合并看作 CPU，运算器、控制器和存储器合并在一起被当作主机。在 CPU 内部，运算器的工作需要控制器控制，而其运算结果和运算中间状态则需要反馈给控制器，以便控制器决策，产生以后的控制信息。CPU 和内存的关系是，运算器运算需要从存储器中取数据，而后运算，运算结果需要再传回存储器中保存；控制器需要从存储器中取控制指令，同时控制存储器工作。控制器控制计算机工作的核心和要求来自两个方面：存储器中存放的控制指令和运算器运算的中间结果和最终结果。存储器中存储的指令很多，它们按一定的规则和次序排列构成程序，程序的存在形式能为控制器取用带来方便。程序中的指令及其排列方式反映了人们对计算机运算的要求。平时我们谈论的编程，其实质就是为控制器工作制定特定的指令序列，这种指令序列确定了控制器控制的规则。这好像有点抽象，但并不难理解。

日常生活中人们常说的编程是特指用计算机高级、中级、低级语言编写程序，比如用 C 语言编写 C 语言程序，用 C++ 语言编写 C++ 语言程序，用 VB 语言编写 VB 语言程序，用易语言编写易语言程序，用汇编语言编写汇编程序。但无论人们是使用高级语言，还是低级语言，编写的程序计算机都不认识，也不会执行。这就好比人们要用一台机床加工一张图纸上设计的机器

零件，机床并不认识和理解图纸上零件设计图形的意义，它需要人把图纸上零件图形加工编制成机床能理解的机床语言、机床动作或机床动作序列，机床按照人的要求工作才能把零件加工出来。计算机高级、中级、低级语言程序也是这样，它们虽然不能直接在计算机上运行，但如果通过计算机系统上提供的编译器把它们翻译成为计算机可以理解的机器语言程序，则计算机就可以按照人们用相关的计算机语言编写的、反映一定控制思想的程序所规定的思路一路执行下去，完成相关语言程序内含的、编程者们要求的、计算机所要完成的功能。计算机执行的高、中、低级语言和机器语言的关系由图1-4来说明。注意，计算机只能识别属于该计算机的机器语言，但计算机用户则希望使用计算机高级语言完成对计算机控制要求的编程，那么，只有把高级语言程序翻译成机器语言程序，才能通过计算机运行该机器语言程序来实现用户计算机语言程序所涉及的目标功能。

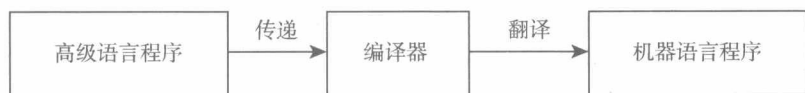


图 1-4 高级语言和机器语言的关系

无论是高级语言程序，还是机器语言程序，它们都是以文件的形式存在的，并且一般存在于外部存储器（硬盘或U盘）中。但机器语言程序的执行必须在它进入内存后，在计算机系统中操作系统的控制和调配下才能进行。机器语言程序文件的内容（也就是机器语言程序）进入内存必须依靠使用相关接口的帮助才能完成。这样，计算机外部存储器可以被理解为既具有输入功能，又具有输出功能的设备，即是一个兼具输入、输出功能的设备。这样的一个兼具输入、输出功能的设备通过特定的接口同计算机主机连接着。

所以，主机是计算机的核心，外部设备通过接口与主机连接。人们编写的程序，要求计算机执行的控制必须以机器语言程序的形式，存在于内存中才能被计算机理解和运行。人们所谓的高级语言编程，必须以机器语言的形式再现并进入系统运行后才能生效。这样，计算机理论的结构可以用图1-5这样更专业的形式给出。

图1-5说明，计算机可以被看作由运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备五部分构成。注意，输入设备可为主机提供程序和数据，输出设备可为主机输出它需要输出的结果信息。当然，输入设备输入的程序和数据先暂时存放在外部存储器上，需要时再装入内存；主机生成的结果也同样可以暂时存放在外部存储器上，需要时再输出。因此，外部存储器（尤其是硬盘）在一个计算机系统中地位非常重要。这样，事实上计算机的结构用图1-6说明更加符合实际。