

序幕

第 1 章 单片机在哪里

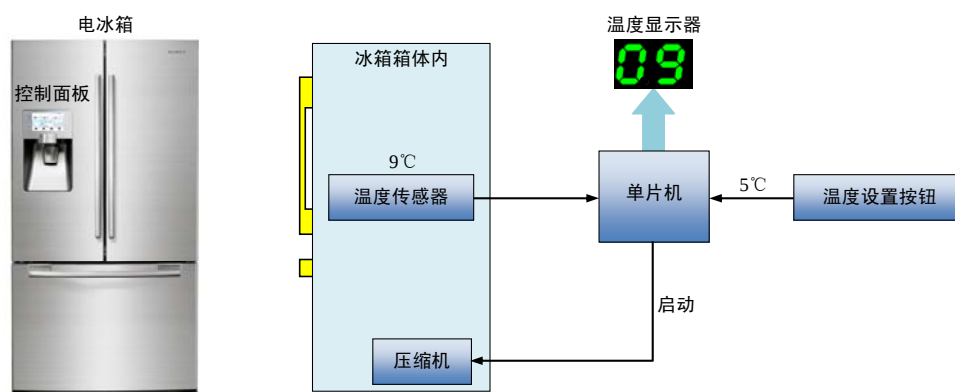


图 1-1 电冰箱与单片机

虽然许多朋友不知道什么是单片机（microcontroller/MCU），也不知道它长什么样子，但它每天都与我们擦肩而过。

就拿家里的电冰箱来说，它的控制电路里就有单片机。如图 1-1 所示为电冰箱的系统结构框图。用户通过控制面板上的温度设置按钮设定冰箱内的温度，比如 5°C。单片机接收冰箱箱体温度传感器实测的冰箱内温度，比如为 9°C，并驱动显示器显示出测试。很明显，冰箱箱体温度（9°C）高于设定温度（5°C），如果再不降温，冰箱里的牛奶恐怕很快就会变质。于是，单片机启动压缩机开始制冷，降低箱体温度。当温度传感器所测温度降到 5°C 时，单片机就关闭压缩机。

图 1-1 中箭头方向表示了“谁”给“谁”传送信号，比如温度传感器向单片机传递温度信号，所以箭头指向单片机；又比如单片机向压缩机传递启动/停止信号，所以箭头指向压缩机。可以想像，在许多家用电器中，都会有单片机这个“管家婆”在不断接收信号并发出控制指令，以协调各个机构有序工作，实现整体功能。

1.1 寻找单片机

很难想像一个偶像剧导演在他的处女作之前没有看过任何的偶像剧。所以，在学习一

门技术或设计一个系统前，先对技术或系统的整体进行感性认识大有裨益。这样的认识可以让我们很快爬到巨人的肩膀之上，而不是一开始就被单片机硬件结构或指令折磨。

1.1.1 电磁炉与单片机

今天，电磁炉就像 15 年前的微波炉一样逐步在家庭中普及。拿一个功能简单的电磁炉来说，如图 1-2 所示，它可通过加、减按钮（和）设定加热温度。每次按下加按钮时，指示灯向右跳一位，表示设定温度升高。同时驱动电路向电磁线圈输出更大的功率以提高加热温度。如果每次按下减按钮时，指示灯向左跳一位，表示设定温度降低，驱动电路减小输出功率以降低温度。

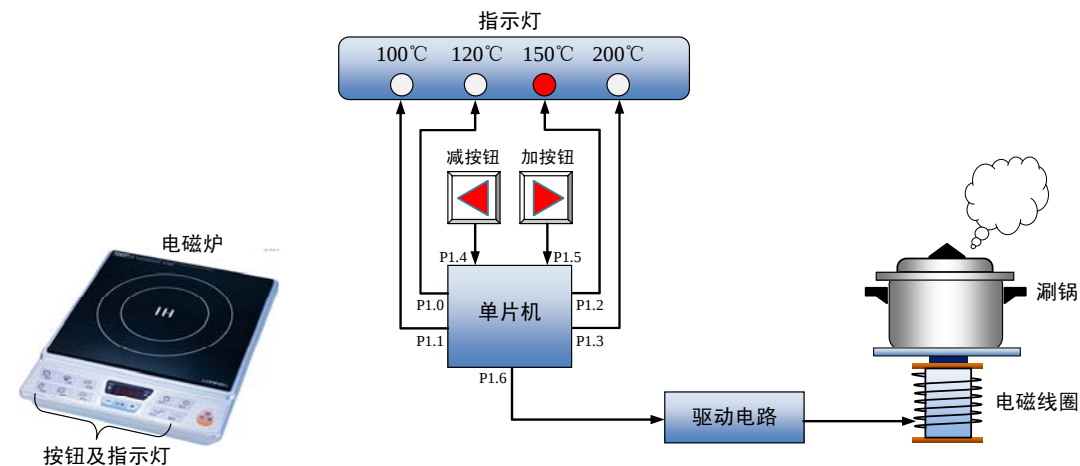


图 1-2 电磁炉与单片机

下次用电磁炉吃涮锅时记得想起单片机正在服务我们。从图 1-2 可看到，加、减按钮按下时向单片机送入相应的信号，单片机根据这个信号判断我们控制温度的意图。4 个温度指示灯分别被单片机控制着，提高温度时熄灭当前的指示灯并点亮相邻右侧的指示灯，同时向驱动电路输出增加输出功率的信号。

这里我们学习一下关于输入、输出的知识。图 1-2 中，相对单片机来说，加、减按钮是输入设备，因为它们把用户的按钮操作“告诉”单片机，信号从按钮进入单片机；4 个指示灯为输出设备，因为它们在单片机的控制下指示状态，电磁线圈的驱动电路也是这样，信号从单片机出发。于是可归纳电磁炉系统的输入、输出设备：

- 输入设备（箭头指向单片机）：加、减按钮
 - 输出设备（箭头指向设备）：4 个指示灯、电磁线圈的驱动电路
- 看看图 1-1 是不是也能归纳出一个类似的输入、输出设备清单来？

人体也是一个充满“输入”和“输出”的系统。最简单的一个例子就是我们过马路，眼睛左、右环视看看有没有车，视觉信号输入大脑。大脑判断如果没有车，就启动两条腿快速穿过马路。这里，眼睛就是输入设备，大脑相当于单片机，双腿就是输出设备。和人体一样，单片机系统的生命也就体现在接收输入信号，经过分析和判断后，控制输出设备执行操作。

1.1.2 MP3 播放机与单片机

想不到吧，MP3 播放机与单片机也有紧密的联系。图 1-3 为一台 MP3 播放机的系统框图，下载音乐时，单片机通过 USB 口（）与计算机通信，把音乐文件下载到存储器中。单片机把音乐文件名输出到液晶屏上显示，用户根据液晶屏上的列表找到想要听的音乐并操作播放按钮，单片机就把存储器中相应的音乐文件调出来进行解码，并通过 DAC 及驱动电路把音乐文件转换成声音信号，最后通过耳机播放出来。



图 1-3 MP3 播放机与单片机

图 1-3 所示的 MP3 播放机中，单片机就好像核心控制者，统管着液晶屏、USB 口、存储器、DAC 及驱动电路、按钮等外部设备，并有序地在这些设备中传递、交换数据或信号。试想如果没了单片机，图中这些外设相互之间因为没有了协调和控制就无法实现 MP3 播放机的功能。

图 1-3 中的 USB 口与单片机、存储器与单片机之间进行数据交换时是双向的，也就是说单片机可以向 USB 口和存储器发送数据，反过来，单片机也可以接收它们发送过来的数据，所以在图中以双向箭头表示数据传递的方向。而液晶屏只是接收单片机发送的显示数据、播放/暂停等按钮只是向单片机发送按钮的控制信号，所以都采用单向箭头。

1.1.3 更多单片机

除了以上几个例子外，单片机还隐藏在我们日常生活的许多电子产品中，如鼠标、遥控器、洗衣机、机器人等。如果试着打开一些设备的外壳就会发现单片机的身影，如图 1-4 所示。综观这些电子产品都有一个特点，它们都有输入或输出设备。比如鼠标的按键、遥控器的按键等是输入设备；洗衣机的电机、机器人的执行机构是输出设备。形形色色的输入设备和输出设备都在单片机的控制下协调工作。



图 1-4 单片机在这里

1.2 ■ 从单片机出发

单片机的学习与学习其他任何一门技术的过程是相似的，都讲求熟能生巧。要想“熟”，就需要多多接触。但是有比这个更重要的问题需要考虑，就是我们捧起这本书学习单片机的目的是什么？本节将为大家参悟学习的目的。

1.2.1 为了应付考试？

听说许多朋友在看本书以前对单片机教材感到特别遭心，原因是有些教材实在太经典而不那么贴近一般人的理解过程。但本书尽力去舒解大家学习单片机的困难，通过轻松愉悦地方式展示单片机的魅力，同时把教材中知识点用实例的形式进行传授。

本书中凡是看到在标题后面带有一个自行车的标记，如图 1-5 所示，表示这是一般教材都会介绍的单片机知识点，提醒大家需要理解和掌握。这些知识点也是理解单片机基础知识和单片机系统开发的基本要求，最好能对其有清楚的认识。

5.1.1 I/O 口的整体印象



图 1-5 自行车代表单片机基础知识

如果能掌握“”部分的内容，再回头去看经典教材中的单片机内容就容易得多了。

1.2.2 为了理解单片机系统？

单片机与单片机系统有联系又有区别。很明显，前者是后者的基础，后者是前者的应用。

如果只是为了应付单片机自身内容的考试，恐怕许多情况下还是以单片机本身的知识为主。但如果我们学习本书的目的是在考试之余理解单片机系统，或者说是看到某个产品能大概画出个类似图 1-1、1-2、1-3 所示的系统框图来，又或者说是看到单片机系统的电路图能一五一十地说出各个模块的功能，那光有单片机基础知识还不够，还要学习单片机系统的一些基本组成。

所以，如果在标题后看到一个摩托车的标记，如图 1-6 所示，表示这一部分的内容比“”的更高一级，是一个涉及单片机系统的知识讲解，对于理解单片机工作过程和系统组成有很大的帮助。这些知识点同时还是设计单片机系统的一些现成模块参考。

7.4.1 什么是键盘



图 1-6 摩托车代表单片机系统知识

1.2.3 为了成为单片机系统设计师？

单片机学习的最高境界就是把已有的知识和经验应用到解决实际问题当中，换句话说就是设计单片机系统。

设计有着很高的要求，需要在掌握单片机基础知识和系统组成原理之上，经过考查具体问题规划出一个可实施的单片机系统来。

幸好本书系统的内容和大量实例的实践把单片机系统设计的内容和盘托出。在本书中如果发现标题后有一个汽车的标记，如图 1-7 所示，表示这是一个上档次的内容——它能提供实际单片机系统设计的思路 and 参考。

12.3.5 点阵屏幕的应用



图 1-7 汽车代表实际单片机系统设计的思路 and 参考

1.3 ■ 单片机之家

就像汽车有奇瑞、大众、奔驰等许多不同的品牌一样，单片机也有许多品牌和特性。

虽然本书多以型号为 AT89S51 的单片机为例（它是 Atmel 公司的以 Intel 8051 为体系结构的 8 位单片机），但是不妨在一开始就把眼光打开，看看世界上还有哪些厂商在制造单片机。

1.3.1 Intel 8051 单片机



Intel 8051 单片机于 1980 年由 Intel（英特尔）公司首先研制出来并应用于嵌入式系统中。在上世纪 80 年代和 90 年代早期，Intel 公司的 Intel 8051 单片机风靡一时，但很快被 20 多个其他制造商如 Atmel（爱特梅尔）、Infineon Technologies（英飞凌）、Maxim Integrated Products（美信）、NXP（恩智浦）、Nuvoton（新唐科技）、ST Microelectronics（意法半导体）、Texas Instruments（德州仪器）等生产的运算更快、功能更强大的 8051 兼容型单片机所取代。

图 1-8 所示分别为 Intel 公司的 P8051AH 型单片机和 Atmel 公司的 AT89S51 型单片机（8051 兼容型单片机），从外观上看它们没有什么两样并都呈现出集成电路特有的外观——

—黑色硬塑料或其他材料制成“外套”的两侧有整齐排列的金属管脚，尺寸为 52mm（长）×15mm（宽）。另外，从图中看到单片机两侧整齐排列的管脚可以猜想它们一定是控制外设、交换数据的通道。



图 1-8 Intel 公司的 P8051AH 型单片机和 Atmel 公司的 AT89S51 型单片机

1.3.2 PIC 单片机

PIC 单片机是 Microchip Technology（微芯半导体）公司研制的一大类单片机的总称。注意，“PIC”不要拆成 3 个字母 P、I、C 来读，而应该读成“辟可”（发音）。这 3 个字母是可编程界面控制器（Programmable Interface Controller）的缩写。

PIC 单片机的低功耗、广泛用途使其成为产品设计和爱好者首选的控制器，从它诞生至今，Microchip Technology 公司已经出厂近百亿颗 PIC 单片机！图 1-9 所示为 PIC 单片机家族的一小部分单片机，这个家族的单片机在汽车电子、以太网、家电、机电一体化、USB、仪器仪表等产品中有着非常广泛的应用。



图 1-9 PIC 单片机家族

1.3.3 AVR 单片机



AVR 是单片机设计及体系结构中的新生儿，它由 Atmel 公司于 1996 研制出来。目前 AVR 有 UC3、XMEGA、megaAVR、tinyAVR 等几大系列过百种型号的单片机可供设计时选择。

其中 tinyAVR 系列以小封装、微功耗、运算速度快等特点成为 AVR 中的一个亮点，“tiny”本身的意思就是“微小”。如图 1-10 所示，ATTiny13 型单片机的个头还没有一个硬币大，使用它构成的一个小型单片机系统简单得惊人——元器件数不到 10 个。

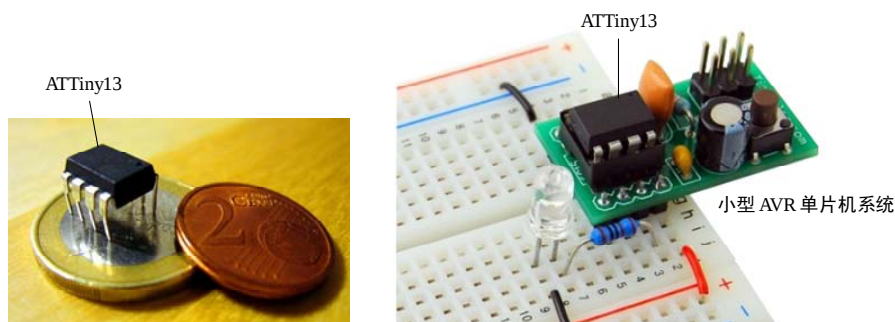


图 1-10 AVR 系列单片机中的 ATTiny 13

1.3.4 其他单片机



除了上述几种主流单片机外，还有以下若干个类别的单片机适用于不同场合，如果将来在设计中有需要可以到这些单片机生产商网站上获得相关信息。

- ARM 系列单片机
- ST Microelectronics 公司的 ST 系列单片机
- Freescale 公司的单片机系列
- Texas Instruments 公司的单片机系列

可惜的是中国目前还没有自己成熟的单片机产品，引用 Intel 视觉计算事业部首席高级华人工程师江宏的话：“中国的半导体行业与世界先进水平的差距目前依然很大，我国半导体公司与世界著名公司不在一个数量级上。”



更多的常用单片机型号、制造商可参考 :CD-ROM :...\参考资料\1-常用单片机列表.pdf

1.4 应用体验——数字温度计

温度计是日常生活最常用的测温装置，玻璃管型的温度计由中空的玻璃管里灌注水银或酒精制成，由于液体的热胀冷缩作用，水银或酒精的液面会在玻璃管内上升或下降，液面的位置指到玻璃管外的刻度就可以读出实测温度来。另一种常见的温度计是数显型温度计，或者称为数字温度计，它没有水银或酒精作为温度指示，取而代之的是电子器件。

1.4.1 数字温度计工作原理

拿测量体温的体温计来说，如图 1-11 所示为普通玻璃管和数字体温计的外观，数字型由温度传感器（采集温度）、温度显示屏（显示实测结果）、开关、内部电路等组成。



图 1-11 普通体温计与数字体温计

普通体温计的原理我们已经知道了，而数字温度计的原理可从图 1-12 所示的系统框图解释一下：腋下的体表皮肤温度由温度传感器采集，温度传感器把体温这个物理量进行某种变换后形成电信号，这个电信号是连续的模拟信号，需要转换成数字信号才能显示。于是模数转换和显示处理电路实现转换并输出到液晶屏显示。这里许多细节将会在本书慢慢展开，我们现在只要有个大致的印象即可。

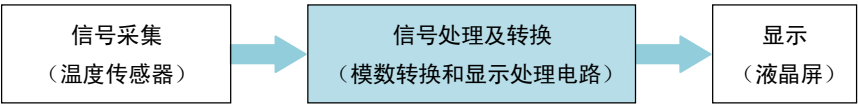


图 1-12 数字体温计的系统组成

图 1-12 所示的系统是一个典型的数据采集单片机系统，后面会看到单片机在其中如何实现控制和处理功能的。

1.4.1 体验数字温度计



CD-ROM: ...应用体验\1 数字温度计.avi

接下来是体验数字温度计的时刻了。用计算机打开本书附带光盘中的“应用体验”文件夹，其中有每一章应用体验的视频。打开“1 数字温度计.avi”文件，观察视频是如何演示数字温度计系统的。

1.5 ■ 实例解读——装小球系统

单片机系统除了存在于日常生活外，在工业生产等领域也有着广泛的应用。本章的最后，我们将通过一个工厂里的装小球系统，分析一下单片机系统如何控制流水线工作，实现特定功能。

1.5.1 需求分析

本书每一章的最后一节为一个单片机系统应用的实例分析。实例从需求分析开始，按照实际当中开发单片机系统的流程来逐步展开。前几章由于准备知识不够，实例解读还不会涉及具体的电路图和单片机程序。

需求分析可以解释为系统的功能或系统要帮助客户解决什么问题。去做任何一件事情都有一个原因、一个目的，单片机系统设计时也一样。我们需要先搞清楚将要设计的系统实现什么功能，解决什么实际问题，如果不明确则设计无从谈起。

本节我们将要设计的是一个装小球生产线上的单片机控制系统。某工厂有一条图 1-13 所示的装小球生产线，小球被传送带运送并掉入下方的纸箱中，纸箱在另一条传送带上被运送，每个纸箱装满 10 个小球后就换下一个纸箱装球。

现在需要设计一个单片机控制系统，实现以上的小球装箱要求，并实时显示当前装球的纸箱序号和已装的小球数。

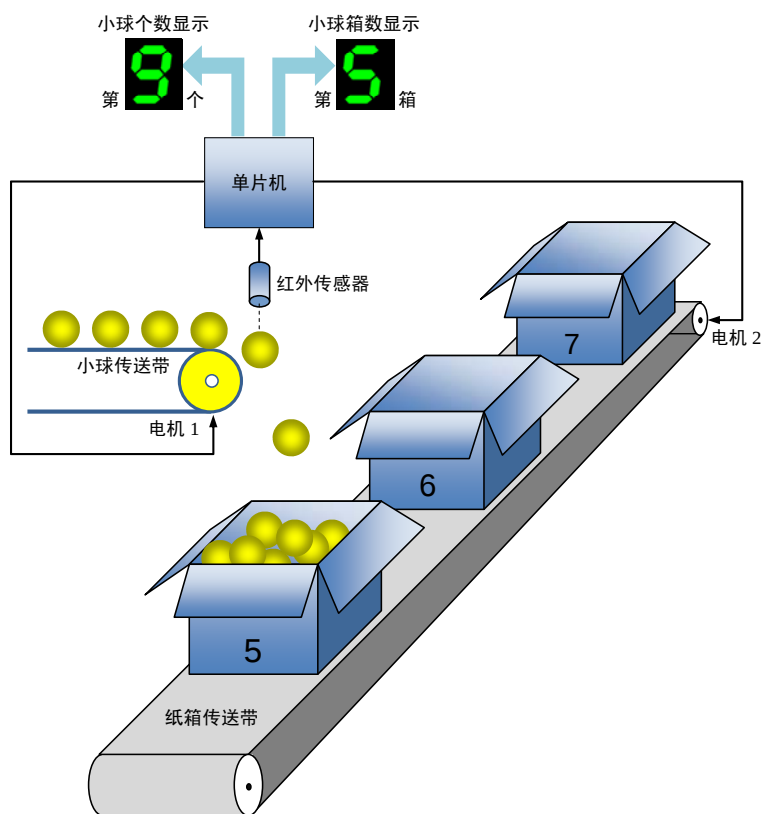


图 1-13 装小球生产线

1.5.2 系统框架



为了实现每个纸箱装满 10 个球就换下一个纸箱装球，单片机需要知道小球掉落的数量。这就需要借助一个叫红外传感器的器件（），如图 1-13 所示。

红外传感器就在小球传送带一端的上方，每当一个小球经过红外传感器下方掉落时，红外传感器发射的红外线被小球反射回来，从而红外传感器向单片机发送一个信号。单片机只要计算这个信号就知道有多少个小球掉落到纸箱中。同时在小球个数显示器上实时显示小球数。

当单片机计算发现有 10 个小球掉落时，则向小球传送带的电机 1 发送一个停止信号，这样小球就不会再掉落。接着单片机向纸箱传送带的电机 2 发送一个启动信号，传送下一个纸箱到接球位置上。同时，单片机把显示器上小球数清零，并在小球箱数上增加 1，并开始新一轮的装球、计数、显示过程。

根据这个工作流程的描述，我们可以把系统框图规划一下，如图 1-14 所示。为了增加

系统的灵活性，我们添加了一个键盘。键盘可以输入每个纸箱所需要装小球的数量，这样单片机可根据键盘的输入控制小球传送带运送小球掉落纸箱的数量。

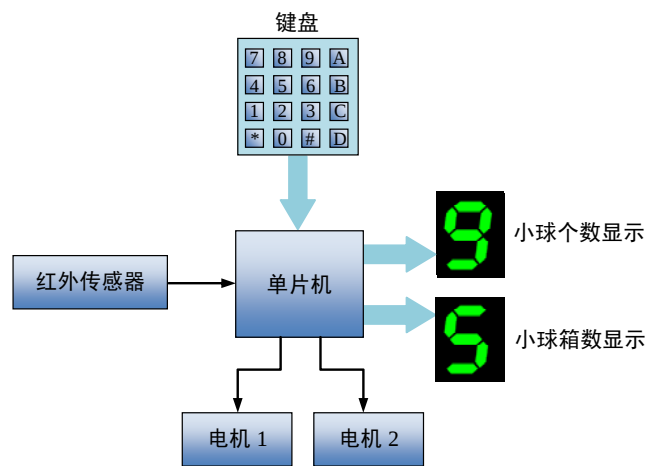


图 1-14 装小球生产线单片机控制系统框图

图 1-14 是根据需求分析规划的系统框图，目前或许我们还不具备设计这个系统具体电路图、单片机程序的能力，但只要跟随本书的讲解，完成一定的实验，设计并制作类似的系统将不在话下。