

# 第 1 部分 单片机原理与结构

本部分包括单片机概述、数字电路基础、单片机体系结构、单片机指令系统、单片机 C 语言基础、CPU 时序与单片机最小系统等内容。通过本部分的学习,让学生对单片机的原理、结构有较为系统的了解和掌握,为后续单片机实例开发打下理论基础。

本部分知识以理论为主,概念多且抽象,初学者在学习时往往会觉得比较枯燥,知识点多且不容易记住。建议在讲解本部分内容时,以学生了解整体框架为目标,重点掌握第 3 章。对具体的知识点,在后面实例中用到时再回过头查找复习。

# 第 1 章 单片机概述

## 学习目标

- (1) 了解单片机的概念。
- (2) 了解单片机的分类及应用领域。
- (3) 学会通过网络查找单片机型号、厂家的官网、技术手册、行业发展等资料。
- (4) 养成关注技术发展的意识和习惯。

电子计算机被称为 20 世纪最伟大的发明,自 1946 年美国宾夕法尼亚大学研制成功世界第一台计算机 ENIAC(electronic numerical integrator and computer,电子数字积分计算机)以来,电子计算机经历了快速发展,对整个人类的科技发展、生活方式等产生了深刻的影响。作为计算机的一个分支,单片机自产生以来,一直快速发展,广泛应用于工业控制、智能仪表等各个方面。

本章主要介绍单片机的基本概念、发展历史、分类、应用领域等知识。

## 1.1 什么是单片机

单片机是单片微型计算机(single chip microcomputer,SCM)的简称,它是把组成微型计算机的各部件,包括中央处理器、存储器、输入/输出接口、定时/计数器等,制作在一块集成电路芯片中,构成一台完整的微型计算机。单片机的主要任务是面向控制,因此又称为微控制器(micro controller unit,MCU)。在国际上,正逐渐用 MCU 代替 SCM 这一名称。



什么是单片机

单片机作为微型计算器的一个重要分支,它的发展和用越来越引起人们的重视。到目前为止,世界各大半导体公司推出的单片机已有几十个系列的几百个品种,比较著名的有 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机及其兼容产品、Atmel 公司的 AVR 系列单片机、Microchip 公司的 PIC 系列、德州仪器(TI)公司的 MSP430 系列、ARM 公司的 Cortex-M0、Cortex-M3 系列等。

尽管单片机品种、系列繁多,但其基本原理有许多相近之处。本书主要以目前我国 8 位单片机中应用最广泛的 MCS-51 系列为例,讲述其结构、原理、编程和应用。

## 1.2 单片机的发展历史及分类

### 1.2.1 单片机的发展历史

自 1970 年以来,单片机的发展趋势一直非常迅猛,特别是近年来 32 位单片机的高速

发展使多数高智能化设备(如 MP3、智能家电等)在生活中普及。若以 8 位单片机的推出为起点,那么单片机的发展大致可分为以下四个阶段。

第一阶段(1976—1978 年):单片机初级阶段。这一阶段以 Intel 公司的 MCS-48 系列为代表。这个系列的单片机内集成有 8 位 CPU、I/O 接口、8 位定时器/计数器,寻址范围不大于 4KB,有简单的中断功能,无串行接口。

第二阶段(1978—1982 年):单片机完善阶段。在这一阶段推出的单片机其功能有较大的加强,能够应用于更多的场合。这个阶段的单片机普遍带有串行 I/O 口、有多级中断处理系统、16 位定时器/计数器,片内集成的 RAM、ROM 容量加大,寻址范围可达 64KB。一些单片机片内还集成了 A/D 转换接口。这类单片机的典型代表有 Intel 公司的 MCS-51 系列、Motorola 公司的 6801 系列和 Zilog 公司的 Z8 系列等。

第三阶段(1982—1992 年):8 位单片机巩固发展及 16 位高级单片机发展阶段。在此阶段,尽管 8 位单片机的应用已广泛普及,但为了更好地满足测控系统的嵌入式应用的要求,单片机集成的外围接口电路有了更大的扩充。这个阶段单片机的代表为 MCS-51 系列的 8051,许多半导体公司和生产厂家以其为内核,推出了满足各种嵌入式应用的多种类型和型号的单片机。其主要技术发展如下。

(1) 外围功能集成了满足模拟量直接输入的 ADC 接口、满足伺服驱动输出的 PWM、保证程序可靠运行的程序监控定时器 WDT(俗称看门狗电路)。

(2) 出现了为满足串行外围扩展要求的串行扩展总线和接口,如 SPI、I<sup>2</sup>C Bus、单总线(1-Wire)等。

(3) 出现了为满足分布式系统,突出控制功能的现场总线接口,如 CAN Bus 等。

(4) 在程序存储器方面广泛使用了片内程序存储器技术,出现了片内集成 EPROM、EEPROM、Flash ROM 以及 Mask ROM、OTP ROM 等各种类型的单片机,以满足不同产品的开发和生产的需要,也为最终取消外部程序存储器扩展奠定了良好的基础。与此同时,一些公司面向更高层次的应用,推出了 16 位的单片机,典型代表有 Intel 公司的 MCS-96 系列的单片机。

第四阶段(1993 年至今):百花齐放阶段。现阶段单片机发展的显著特点是百花齐放、技术创新,以满足日益增长的广泛需求。主要包括以下几个方面。

(1) 单片机嵌入式系统的应用是面向底层的电子技术应用,从简单的玩具、小家电到复杂的工业控制系统、智能仪表、电器控制以及发展到机器人、个人通信信息终端、机顶盒等。因此,面对不同的应用对象,不断推出适合不同领域要求的,从简易性能到多功能、全功能的单片机系列。

(2) 大力发展专用型单片机。早期的单片机是以通用型为主。由于单片机设计生产技术的提高、周期缩短、成本下降,以及许多特定类型电子产品的出现,如家电类产品的巨大市场需求能力,推动了专用单片机的发展。在这类产品中采用专用单片机,具有成本低、资源有效利用、系统外围电路少、可靠性高的优点。因此,专用单片机也是单片机发展的一个主要方向。

(3) 致力于提高单片机的综合品质。采用更先进的技术来提高单片机的综合品质,如提高 I/O 口的驱动能力、增加抗静电和抗干扰措施、宽(低)电压、降低功耗等。

### 1.2.2 单片机的分类

单片机经过几十年的发展,至今已经有几十个品种,几百种型号,要弄清它们不太容易,现将当前国际上主流的单片机厂商和产品介绍如下。

#### 1. MCS-51 系列

人们常说的 51 系列单片机,特指 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机,泛指所有与 51 内核相同的兼容机。51 单片机最初是由 Intel 公司开发设计的,但后来 Intel 公司把 51 核的设计方案卖给了各大电子设计生产商,如 SST、Philip、Atmel、STC 等公司。如今市面上各大电子生产商推出的各式各样的以 51 为内核的单片机,都兼容 51 指令,虽然在 51 的基础上扩展了一些功能,但内部结构仍是与 51 一致的。

中国台湾宏晶科技的 STC 系列单片机完全兼容 51 单片机,并有其独到之处,其抗干扰性强,加密性强,超低功耗,可以远程升级,内部有 MAX810 专用复位电路,价格也较便宜,由于这些特点使得 STC 系列单片机的应用日趋广泛。其低廉的价格使其成为学习 51 系列单片机的首选,本书选择以 STC89C52RC 单片机作为讲解实例。

#### 2. Atmel 单片机

Atmel 公司为全球性的业界领先企业,致力于设计和制造各类微控制器、电容式触摸解决方案、先进逻辑、混合信号、非易失性存储器 and 射频(RF)元件。凭借业界最广泛的知识产权(IP)技术组合之一,Atmel 为电子行业提供针对工业、消费、安全、通信、计算和汽车市场的全面的系统解决方案。Atmel 在单片机领域的知名产品有 AT89S51 系列和 AVR 系列。

AT89S51 是一个低功耗、高性能 CMOS 8 位单片机,片内含 4KB 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 MCS-51 指令系统及 80C51 引脚结构,芯片内集成了通用 8 位中央处理器和 ISPFlash 存储单元,功能强大的微型计算机的 AT89S51 可为许多嵌入式控制应用系统提供高性价比的解决方案。

AVR 单片机是 Atmel 公司 1997 年推出的 RISC 单片机。RISC(精简指令系统计算机)是相对于 CISC(复杂指令系统计算机)而言的。RISC 并非只是简单地减少指令,而是通过使计算机的结构更加简单合理而提高运算速度。RISC 优先选取使用频率最高的简单指令,避免复杂指令,并固定指令宽度,减少指令格式和寻址方式的种类,从而缩短指令周期,提高运行速度。由于 AVR 采用了 RISC 的这种结构,使 AVR 系列单片机都具备了 1MIPS/MHz(百万条指令每秒/兆赫兹)的高速处理能力。

#### 3. ARM 系列单片机

严格来说,ARM 不是一款单片机,而是一种微处理器内核。ARM 的显著特点是速度快、功耗低、功能强、价格低,具有业界公认的世界领先、最受欢迎的 32 位嵌入式 RISC(reduced instruction set computer)处理器结构。因此,ARM 在移动通信、可视电话、信息家电、掌上电脑、TV 机顶盒、数码照相机、摄像机等控制及算法相对复杂、数据存储量及处理量较大、事务调度能力和实时性要求较高的场合,获得了极为广泛的应用,而且应用范围必将越来越广泛。



STM32入门

ARM 公司并不直接生产芯片,而是将设计方案授权给各大芯片厂商生产,如 NXP、ST、苹果、Freescale 等。

#### 4. Microchip 单片机

Microchip 是美国微芯科技公司(Microchip Technology Incorporated)的简称,是全球领先的单片机和模拟半导体供应商。其两大拳头产品是 PIC 系列 8 位单片机和高品质的串行 EEPROM。

PIC 系列单片机主要有 16C 系列和 17C 系列 8 位单片机,CPU 采用 RISC 结构,分别仅有 33、35、58 条指令,采用 Harvard 双总线结构,运行速度快,工作电压低,功耗低,输入/输出直接驱动能力较大,价格低,能一次性编程,体积小;适用于用量大、档次低、对价格敏感的产品;在办公自动化设备、消费类电子产品、通信、智能化仪器仪表、汽车电子、金融电子、工业控制等不同领域都有广泛的应用。PIC 系列单片机在世界单片机市场份额排名中逐年提高,发展非常迅速。




#### 5. TI 单片机

TI 是德州仪器(Texas Instruments)的简称,总部位于美国得克萨斯州的达拉斯,为现实世界的信号处理提供创新的数字信号处理(DSP)及模拟器件技术。除半导体业务外,TI 还提供包括传感与控制、教育产品和数字光源处理解决方案。

TI 单片机的典型代表是 MSP430 系列单片机。该系列单片机是一个 16 位的单片机,采用了精简指令集(RISC)结构,具有丰富的寻址方式(7 种源操作数寻址、4 种目的操作数寻址)、简洁的 27 条内核指令和大量的模拟指令,大量的寄存器和片内数据存储器都可参加多种运算,还有高效的查表处理指令。这些特点保证了可编制出高效率的源程序,具有功耗超低、处理能力强、片内资源丰富等特点。

除上面介绍的外,还有很多知名的单片机生产厂商,如美国的 Freescale 公司、NS 公司、Zilog 公司、SST 公司,荷兰的 NXP 公司,日本的 NEC 公司、东芝公司、Epson 公司、富士通(Fujitsu)公司、日立(Hitachi)公司,韩国的 LG 公司、三星公司,德国的英飞凌(Infineon)公司等。这些单片机厂商生产的品种繁多,表 1-1 列出了一些主要厂商的 51 系列单片机及其应用领域。

表 1-1 一些主要厂商的 51 系列单片机及其应用领域

公 司	系 列	型 号	特 点	公司标志
Intel	MCS-51 系列	8051、87C252 等	51 系列的典型,4KB ROM、128KB RAM、CISC 指令集	
Philips	LPC900 系列	LPC9102、LPC9103 等	体积小,功能强,CISC 指令集	
Atmel	51 系列	AT89S51、AT89S52 等	基于 51 核心开发,低功耗,稳定性高	

续表

公司	系列	型号	特点	公司标志
STC	STC89、 STC12、 STC15 系列	STC89C52、 STC12C5A60S2 等	兼容 51 单片机,价格低	<b>STC</b> micro™
Microchip	PIC10、PIC16 系列等	PIC1F200、PIC12F200、 PIC16F1824 等	稳定性高,性价比高,种类 多,针对性强	<b>MICROCHIP</b>
NEC	78K 系列	UPD78F0531、 UPD78F0535 等	高性能、高性价比	<b>NEC</b>

### 1.2.3 单片机的封装

封装是将集成电路密封保护起来,硅片上的接点通过导线接到外部引脚,这些引脚通过电路板与其他元器件进行连接,从而实现内部电路与外部电路的连接。封装形式是指安装半导体集成电路芯片用的外壳,根据不同的应用需求可选择不同的封装形式。MCS-51 单片机的常用封装形式如图 1-1 所示。

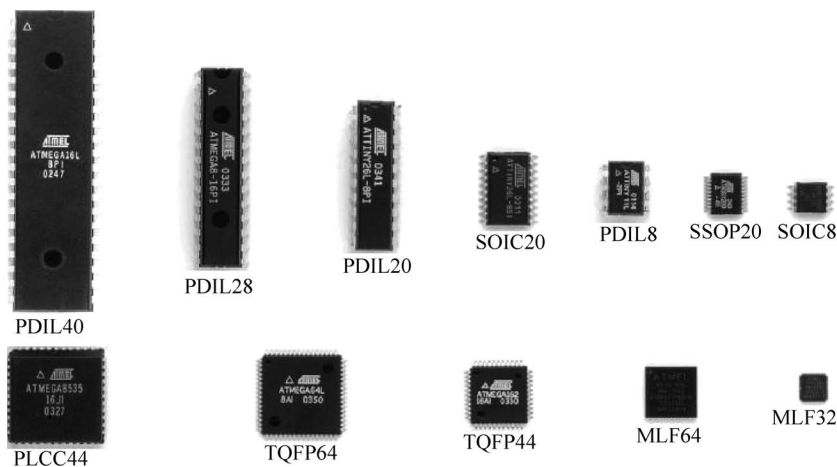


图 1-1 MCS-51 单片机的常用封装形式



## 1.3 单片机的应用领域

单片机具有体积小、质量轻、价格廉、功耗低、性价比高等特点,同时其数据大都在单片机内部传送,因此运行速度快、抗干扰能力强、可靠性高。而且每一种单片机都是一个系列,包括若干个品种,结构灵活,易于组成各种微机应用系统,所以它在国民经济、军事及家用电器等领域均得到了广泛的应用。单片机的主要应用领域如下。

### 1. 智能化家用电器

各种家用电器普遍采用单片机智能化控制代替传统的电子线路控制,如洗衣机、空调器、电视机、录像机、微波炉、电冰箱、电饭煲以及各种视听设备等。

## 2. 办公自动化设备

现代办公设备大多嵌入了单片机,如打印机、复印机、传真机、扫描仪、绘图机、考勤机、电话以及通用计算机中的键盘译码、磁盘驱动等。

## 3. 商业营销设备

商业营销系统中已广泛使用的电子秤、收款机、条形码阅读器、IC卡刷卡机、出租车计价器以及仓储安全监测系统、商场保安系统、空气调节系统、冷冻保鲜系统等设备都采用了单片机控制。

## 4. 工业自动化控制

工业自动化控制是最早采用单片机控制的领域之一,如各种测控系统、过程控制、机电一体化、PLC等。在化工、建筑、冶金等各种工业领域都要用到单片机进行控制。

## 5. 智能化仪表

采用单片机的智能化仪表可以大大提升仪表的档次,强化其功能,如数据处理和存储、故障诊断、联网控制等。

## 6. 汽车电子产品

现代汽车的集中显示系统、动力监测控制系统、自动驾驶系统、通信系统和运行监视器等电子产品都离不开单片机。

此外,单片机在航空航天系统、国防军事、尖端武器等领域也有广泛应用。图 1-2 展示了打印机、电饭煲和洗衣机等生活中常见的单片机产品。



图 1-2 生活中常见的单片机产品

## 本章小结

单片机的品牌众多,产品型号非常复杂,应用领域非常广泛。本章介绍了当前主要单片机的一些品牌和型号,也介绍了单片机的主要应用领域。

## 习 题

### 1. 填空题

- (1) 单片机又经常被称为\_\_\_\_\_。
- (2) 单片机通常包括\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_等部分。

## 8 ◀ 单片机原理及典型模块(活页式)

- (3) MCS-51 系列单片机是\_\_\_\_\_位单片机。
- (4) 单片机按位通常分为\_\_\_\_\_位、\_\_\_\_\_位和\_\_\_\_\_位。
- (5) 单片机应用系统是由硬件系统和\_\_\_\_\_组成的。

### 2. 简答题

观察身边的电子产品,哪些包含单片机? 简要说明单片机在这些电子产品中的作用。

## 实践作业 1 查找 STC 系列主流产品芯片型号

班级		学号		姓名	
任务要求	登录 STC 官网,查找 STC 系列主流产品芯片型号,下载 STC89C52 数据手册 (datasheet)。				
实施过程					

