

第 1 章 微处理器技术简介

内容提要

本章首先介绍微处理器的基本概念、内部结构和单片机的一些基本概念与术语，然后给出一些常见的微处理器和单片机的性能指标，并对单片机的开发过程进行简单的介绍。

1.1 微处理器简介

微处理器是微型处理器的统称，比如 CPU、显卡的 GPU、手机的处理器，以及一些智能家电的处理器等，都是微处理器。

CPU (Central Processing Unit) 的全称是中央处理器，是电子计算机的主要设备之一，是计算机中的核心配件，是一种典型的微处理器类型。其功能主要是解释计算机指令及处理计算机软件中的数据，计算机中所有操作都由 CPU 负责读取指令，对指令译码并执行指令的核心部件。需要注意的是：微处理器本身并不等于微型计算机，仅仅是微型计算机的中央处理器。

1.1.1 微处理器的内部结构

微处理器最基本的功能结构包括：运算器、控制器、寄存器组及内部总线。图 1-1 所示为某 8 位微处理器的内部结构图，包括：运算器、寄存器组（其中包括累加器、状态寄存器、程序计数器和其他功能的寄存器组）、指令寄存译码器、地址寄存器、数据缓冲器、内部数据总线、外部引线（包括地址信号线、数据信号线、控制/状态信号线）等。

各部分在微处理器中起着不同的作用。

(1) 运算器：是执行运算的部件，在控制信号的作用下可完成加、减、乘、除、与、或、非、异或及移位等工作，故又称为算术逻辑单元。

(2) 寄存器组：加快运算和处理速度、暂存参与运算的数据或运算的中间结果，是微处理器中十分重要的部分。寄存器组中包括：

① 累加器：通常微处理器中至少包含一个累加器，它的功能比其他寄存器多。

② 状态寄存器：专用于记录微处理器运行的某种重要状态，程序可以根据其提供的状态来控制 CPU 的运行。

③ 程序计数器：是加一计数器，每提供一个地址后自动加一，指向下一步要执行指令所在存储单元的地址。8 位机的程序计数器是一个 16 位加一计数器，可提供 65536 ($=0\sim\text{FFFFH}$) 个地址，硬

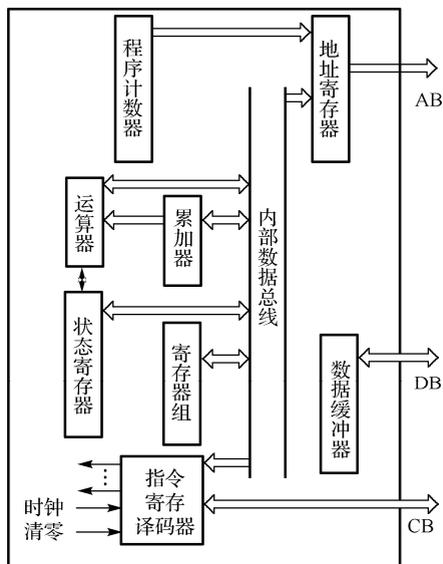


图 1-1 8 位微处理器的内部结构

件决定上电或复位时的初值状态。程序计数器是专为处理器提供的，用户无法通过指令访问它。其内容可以通过内部数据总线得到修改。

④ 其他功能的寄存器组。

(3) 内部数据总线：是微处理器内部各部分之间的数据传输通道，且为双向的。其总线的宽度决定微处理器内部数据传输的位数。

(4) 指令寄存译码器：由指令寄存器（IR）、指令译码器（ID）和控制逻辑（PLA）组成，是整个微处理器的控制指挥中心。CPU 通过总线将外部存储器中的指令取入，并暂存在 IR 中。对 IR 中的指令进行分析解释，通过控制逻辑产生相应的控制信号，来协调整个计算机有序地工作。对 CPU 内部控制着各部分的工作，对 CPU 外部，控制 CPU 对外部读操作或写操作、对存储器操作或对 I/O 接口操作等。

(5) 地址寄存器：用于寄存 CPU 要向外发出的地址，其内容来源可以是程序计数器，也可以是内部总线。通过它将地址输出给 CPU 以外的存储器或 I/O 接口。

(6) 数据缓冲器：起到 CPU 内、外传输数据的缓冲作用，只有 CPU 允许数据传输时，该缓冲器的门才会打开。对于 8 位机它是 8 位的，对于 16 位机它是 16 位的。

(7) 数据信号线（DB）：CPU 与存储器或 I/O 接口之间传输数据的通道，其宽度决定 CPU 与外部存储器或 I/O 接口传输数据的位数。

(8) 地址信号线（AB）：是 CPU 提供地址信息的通道，其宽度决定 CPU 对外的寻址范围。

(9) 控制信号线（CB）：用于传输控制或状态信号的通道，如提供读信号、写信号、存储器选通信号、I/O 接口选通信号等，也可以接收时钟信号等。

随着技术的发展和微处理器功能的增强，微处理器的内部除上述基本部分外，还会增加存储器管理部件、高速缓存部件等。

1.1.2 微处理器的工作原理

微处理器的工作过程就是执行程序的过程，而执行程序就是逐步执行一条条能被微处理器识别的机器指令。微处理器在执行一条指令时，主要按以下几个步骤去完成。

(1) 取指令：控制器发出信息从存储器取一条指令。

(2) 指令译码：指令译码器将取得的指令翻译成起控制作用的微指令。

(3) 取操作数：如果需要操作数，则从存储器取得该指令的操作数。

(4) 执行运算：CPU 按照指令操作码的要求，通过执行微指令，对操作数完成规定的运算处理。

(5) 回送结果：将指令的执行结果回送到内存或某寄存器中。

微处理器的操作是周期性的，即取指令，指令译码，取操作数，再取指令……这一系列操作步骤是精确地按照时序进行的，因此微处理器需要一个时序电路。时序电路受控于晶体振荡电路所生成的标准振荡脉冲信号，一旦机器加电，时序电路便连续不断地发出时钟信号。

1.1.3 微处理器的时钟

在微处理器系统中，CPU 在时钟信号的控制下，按节拍有序地执行指令序列。总线周期就是机器周期，它是指处理器通过总线一次完成一字节或若干字节的传输所需要的时间。向存储器或 I/O 端口写入一字节或若干字节所需的时间，称为存储器写或 I/O 写总线周期；从存储器或 I/O 端口读出一字节或若干字节所需的时间，称为存储器读或 I/O 读总线周期。

一条指令从取指开始至执行完毕所需要的时间称为指令周期。通常一个指令周期由一个到几个总线周期构成：比如 8086 微处理器的一个基本总线周期包括 4 个时钟周期，即 4 个时钟状态 T1、T2、

T3 和 T4, 需要时还要加入数量不定的等待周期 (Tw)。若在完成一个总线周期后不发生任何总线操作, 则填入空闲状态时钟周期 (Ti); 若存储器或 I/O 端口在数据传送中不能以足够快的速度做出响应, 则在 T3 与 T4 间插入一个或若干 Tw。

早期的 8088、80286, 执行一条指令的时间需要一个到几个总线周期; 80486 采用指令流水线设计, 执行一条指令实际只需一个时钟周期 (微处理器时钟周期); Pentium 处理器采用超标量设计, 在一个时钟周期 (微处理器时钟周期) 内可以执行两条指令。

微处理器的工作时钟产生方法可以由专用时钟电路加晶振产生, 也可以将晶振直接接到微处理器时钟引脚上, 由微处理器内部时钟电路处理生成。

1.1.4 微处理器的发展历程

第一颗微处理器是 1971 年问世的 Intel 4004。4004 的能力不算强大, 它只能执行加减运算, 而且每次只能对 4 位数据进行运算。在 4004 出现之前, 工程师们要么使用一堆芯片来制造计算机, 要么使用零散部件来搭建计算机。4004 曾被用来生产第一款便携式电子计算器。

第一款微处理器是 1974 年问世的 Intel 8080, 它是一个完整的 8 位计算机芯片。而迅速在市场中走红的第一款微处理器则是 1979 年推出的 Intel 8088, 大概在 1982 年左右面世的 IBM PC 便使用了此微处理器。如果您熟悉 PC 市场及其历史, 便会知道 PC 市场经历了从 8088 到 80286、80386、80486, 再到奔腾、奔腾 II、奔腾 III、奔腾 4 乃至安腾和酷睿 (core) 64 位的发展过程。所有这些微处理器都是由 Intel 公司制造的, 而且都是在 8088 的基本设计上进行改进的。奔腾 4 可以执行最初的 8088 所能运行的所有代码, 但是它的速度是 8088 的 5000 倍。Intel 公司在不同时间推出的不同处理器之间的差异如表 1-1 所示。

表 1-1 Intel 不同 CPU 的性能

名称	日期	晶体管数量	μm	时钟频率	数据宽度	MIPS
8080	1974 年	6 000	6	2MHz	8 位	0.64
8088	1979 年	29 000	3	5MHz	16 位 8 位总线	0.33
80286	1982 年	134 000	1.5	6MHz	16 位	1
80386	1985 年	275 000	1.5	16MHz	32 位	5
80486	1989 年	1 200 000	1	25MHz	32 位	20
奔腾	1993 年	3 100 000	0.8	60MHz	32 位 64 位总线	100
奔腾 II	1997 年	7 500 000	0.35	233MHz	32 位 64 位总线	~300
奔腾 III	1999 年	9 500 000	0.25	450MHz	32 位 64 位总线	~510
奔腾 4	2000 年	42 000 000	0.18	1.5GHz	32 位 64 位总线	~1700
奔腾 4 “Prescott”	2000 年 11 月	125 000 000	0.09	1.3~3.8GHz	32 位 64 位总线	~7000

1975 年, IBM 公司生产了几款基于精简指令集计算机 (Reduced Instruction Set Computer, RISC) 设计的处理器。其中 801 就是 RISC 之父 John Cocke 的杰作, 之后于 1991 年后设计出 Power 架构系列微处理器, 再之后开发出一个影响更为深远的 RISC 结构的 ARM 处理器。

1975 年, 摩托罗拉推出 6800, 该款处理器拥有 78 条指令集。摩托罗拉很多款单片装处理器和微处理器的设计思想都来源于 6800, 即使曾经很流行, 功能强大的 6809 也是继承了 6800 的血统的。1985 年, 摩托罗拉推出 MC68010 和已经命名为 88000 的 32 位 RISC 处理器系列, 但 1990 年由于要全力研制 Power PC 而被迫停产。

Z80 是由 Frederico Faggin 设计的 8 位微处理器, 被认为是 8080 的增强版, 也是当年很先进的一

款单片机，比后来风光无限的 51 系列更早进入中国。20 世纪 80 年代初学校都以 Z80 为基础教学，那种需要用电视作为显示器的单板电脑就是用的这种芯片。

不过最先推出的单芯片 16 位处理器，当数 TI TMS 9900。虽然出道后势头强劲，但 TI 为了发展 DSP 业务，不得不在 1982 年缩小 9900 的产量。

半导体行业另一巨头——美国国家半导体公司，后来收购了设计 X86 系列处理器的 Cyrix 公司。1983 年由国家半导体 (National Semiconductor) 推出 NS32032，也是一款 RISC 处理器。可惜的是基于 RISC 架构的处理器，在个人电脑应用中，只有 Power PC 芯片的市场还算比较成功，其他的都可以说很失败。不过在另一领域——嵌入式应用中，RISC 架构的处理器却是风光无限。

1981 年，由斯坦福大学和部分研究者研制出无内部互锁流水级的微处理器 (Microprocessor without Interlocked Piped Stages, MIPS)。MIPS 处理器通过简化指令的操作周期，利用了深度流水线技术有效地解决了流水线的瓶颈——联锁问题，促成 RISC 思想的重要转变。

1982 年，由美国伯克利大学研制的 RISC-I，只有 32 条指令，并且具有流水线操作和使用寄存器窗口，性能比同时代单芯片设计都优越。

ARM 是一家芯片设计公司，自己不生产芯片，而是通过授权生产来发展 ARM 系列处理器。ARM 公司在 1990 年 11 月于英国剑桥的一个谷仓里成立，最初只有 12 人，经过多年的发展，今日的 ARM 公司已经拥有 700 多名员工，其中 60% 以上都从事研发工作。ARM 公司是一家既不生产芯片 (fabless) 也不销售芯片 (chipless) 的公司，它通过出售芯片技术授权，建立起新型的微处理器设计、生产和销售商业模式。更重要的是，这种商业模式取得了极大的成功，采用 ARM 技术 IP 核的微处理器遍及汽车、消费电子、成像、工业控制、海量存储、网络、安保和无线等各类电子产品市场，ARM 技术几乎无处不在。ARM 将其技术授权给世界上许多著名的半导体、软件和 OEM 厂商，每个厂商得到的都是一套独一无二的 ARM 相关技术及服务。利用这种合伙关系，ARM 很快成为许多全球性 RISC 标准的缔造者。总共有 30 家半导体公司与 ARM 签订了硬件技术使用许可协议，其中包括 Intel、IBM、LG 半导体、NEC、Sony、飞利浦 (Philips) 和国家半导体 (National Semiconductors) 这样的大公司。至于软件系统的合伙人，则包括微软、升阳和 MRI 等一系列知名公司。

国产的 PC 端 CPU 芯片——龙芯是中国科学院计算所自主研发的通用 CPU，采用简单指令集，类似于 MIPS 指令集。

龙芯一号 CPU IP 核是兼顾通用及嵌入式 CPU 特点的 32 位处理器内核，采用类 MIPS III 指令集，具有七级流水线、32 位整数单元和 64 位浮点单元。龙芯一号 CPU IP 核具有高度灵活的可配置性、方便集成的各种标准接口。龙芯一号的频率为 266MHz，最早在 2002 年开始使用。

龙芯二号 CPU 采用先进的四发射超标量超流水结构，片内一级指令和数据高速缓存各 64KB，片外二级高速缓存最多可达 8MB。最高频率为 1000MHz，功耗为 3~5W，远远低于国外同类芯片，其 SPEC CPU2000 测试程序的实测性能是 1.3GHz 的威盛处理器的 2~3 倍，已达到中等 Pentium4 水平。

龙芯三号的早期 CPU 龙芯 3A 的工作频率为 900MHz~1GHz，功耗约 15W，频率为 1GHz 时双精度浮点运算速度峰值达到每秒 160 亿次 (GFLOPS)，单精度浮点运算速度峰值为每秒 320 亿次。龙芯 3A 采用意法半导体公司 (STMicro) 65nm CMOS 工艺生产，晶体管数目达 4.25 亿个，芯片采用 BGA 封装，引脚的数目为 1121 个，功耗小于 15W。龙芯 3A 集成了 4 个 64 位超标量处理器核、4MB 的二级 Cache、两个 DDR2/3 内存控制器、两个高性能 HyperTransport 控制器、一个 PCI/PCIX 控制器及 LPC、SPI、UART、GPIO 等低速 I/O 控制器。龙芯 3A 的指令系统与 MIPS64 兼容，并通过指令扩展支持 X86 二进制翻译。龙芯三号在包括服务器、高性能计算机、低能耗数据中心、个人高性能计算机、高端桌面应用、高吞吐计算应用、工业控制、数字信号处理、高端嵌入式应用等产品中具有广阔的市场应用前景。但是，龙芯离国际知名 CPU 厂商 Intel、AMD 还是有非常大的差距的。

国产的移动端 CPU，首先是华为的海思处理器，作为全球领先 ICT 企业，华为从 2006 年开始启动智能手机芯片的开发，2012 年推出的 K3V2 是最早真机演示、体积最小的四核处理器，成为首颗千万级规模的国产高端智能手机芯片。而之后推出的麒麟处理器则全面采用了片上系统 (System on Chip, SoC) 架构，即在单个芯片上集成中央处理器、通信模块、音视频解码及外围电路等一个完整的系统。同时，麒麟采用当前业界领先水平的 28nm HPM 高性能移动工艺制程，满足高性能和低功耗的双重特性。而即将发布的海思麒麟 950 处理器，已经赶上甚至超越国际知名移动 CPU 品牌高通、三星 exynos、NVIDIA、联发科。

除华为的海思麒麟外，比较知名的还有联发科、全志 A10、新岸线、瑞芯微、联芯等移动 CPU。联发科手机芯片低功耗，联发科的手机芯片更省电，而且性能也是比较出色的，所以联发科目前在国产中低端手机中有相当大的份额。

1.1.5 微处理器的特点、分类及应用

1. 微处理器的特点

- (1) 体积小，功耗低。
- (2) 可靠性高，使用环境要求低。由于使用大规模集成电路和超大规模集成电路，简化了外接线和外加逻辑，安装容易，大大提高了可靠性。
- (3) 系统设计灵活，使用方便。现在的微处理器芯片及其相应支持逻辑都有标准化、系列化产品，用户可根据不同的要求构成不同规模的系统。

2. 微处理器的分类

- (1) 按微处理器位数分类有：4 位、8 位、12 位、16 位、32 位、64 位等微处理器。
- (2) 按微处理器的应用领域分类有：通用高性能微处理器、嵌入式微处理器、数字信号处理器和微控制器。

3. 应用范围

微处理器主要应用于整机的控制系统中，特别是弹载、舰载、机载、车载等加固计算机模块，如导弹测发控计算机、安控计算机和弹头测试计算机、潜水的鱼雷发控装置、光电对抗系统和装甲师指挥通信系统等各种军事设备的控制系统中。目前，我国在嵌入式或加固式计算机及军用办公与计算平台中，需要大量高性能微处理器以提升武器装备和作战指挥系统电子平台的性能。研制军用微处理器，对于军队和国家机要系统大量使用的机要计算机平台、作战指挥计算机平台和武器研制计算平台的安全性，有着十分重要的意义。拥有较高性能的自主军用微处理器，有利于提高我军在未来军事斗争中的整体作战能力和威慑力。

1.2 单片机基本概念

单片机是微处理器的一种类型，它是将中央处理器 (CPU)、存储器 (Memory) 及输入/输出单元 (I/O) 集成在一小块硅片上的集成电路，如图 1-2 所示，它具有计算机部分功能和属性，因而被称为微型单片计算机，简称单片机。所以单片机就是将 CPU、存储器和输入/输出单元 (I/O) 等集成在一块硅片上，再配置几个小的器件，如电阻、电容、石英晶体、连接器等，即组成一个完整的单片机系统，在此基础上嵌入应用软件的单片机系统称为单片机应用系统。

单片机从 20 世纪 70 年代发展到现在，性能得到了很大的改善，种类繁多，总体来讲，单片机正

朝着高性能、低功耗、小体积、大容量、低价格和外围电路内装化等几个方向发展。单片机的几个重要指标如下。

(1) 位数。位数是单片机能够一次处理的数据的宽度，有一位机 (AD7502)、4 位机 (Intel 4004)、8 位机 (MCS-51)、16 位机 (MCS-96)、32 位机 (ARM 内核单片机)。

(2) 存储器。存储器包括程序存储器和数据存储器。程序存储器空间较大，字节数一般从几 KB 到几百 KB，另外程序存储器还有不同的类型，如掩膜 ROM、EPROM、E²PROM、Flash ROM 等，程序存储器的编程方式又分为串行编程、并行编程、在线编程 (In System Programmable, ISP)、应用再

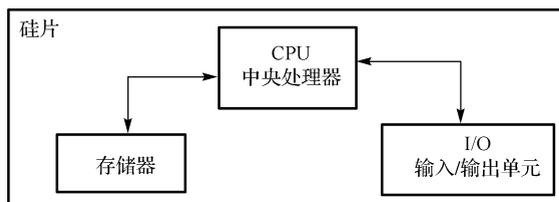


图 1-2 单片机的内部结构框图

编程 (In Application re-Programmable) 和专用的 ISP 编程接口。数据存储器的字节数通常从几十 B 到几十 KB。

(3) I/O 口。单片机一般都有几个到几十个 I/O 口，即输入/输出口，用户可以根据自己的需要进行选择。

(4) 速度。单片机的运行速度是指 CPU 的运行速度，以每秒执行多少条指令衡量，常用单位是

Mps (百万条指令每秒)，目前最快的单片机可达到 100MIPS。单片机的运行速度通常是与系统时钟相关的，但并不是频率越高的处理速度就一定越快，但对于同一型号的单片机，时钟频率越高，运行的速度就越快。

(5) 工作电压。单片机的工作电压通常是 5V ($\pm 5\%$ 或 $\pm 10\%$)，也有 3V/3.3V 的电压产品，也有在更低的 1.5V 电压工作的单片机。现代单片机又出现了宽电压范围型，即在 2.5~6.5V 范围内都可以正常工作。

(6) 功耗。低功耗是现代单片机所追求的一个目标，目前低功耗单片机的静态电流可以低至 μA 级甚至 nA 级，有的单片机还有等待、关断和睡眠等多种工作方式，以此来降低功耗。

(7) 工作温度。单片机根据工作温度可分为民用级 (商业级)、工业级和军用级 3 种产品。民用级的工作温度范围是 $0^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ ，工业级的工作温度范围是 $-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$ ，军用级的工作温度范围是 $-55^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ (不同厂家的划分标准也不尽相同)。

(8) 附加功能。有的单片机有更多的功能，用户根据自己的需要选择最适合自己的产品。比如有的单片机内部有 A/D 转换、D/A 转换、串行口和 LCD 驱动等，使用这一类单片机可以减少外部器件，提高系统的可靠性。

1.2.1 单片机的分类

当前世界上的单片机种类繁多，各国生产厂家、厂商琳琅满目，产品性能各有所长，共有几十种单片机系列、上百个品种，可根据结构和性能来进行分类。

1. 按制造工艺分类

单片机芯片的半导体材料制造工艺可分为 HMOS 和 CHMOS 两大类型。

2. 按单片机字长分类

所谓字长，即 CPU 一次仅能处理二进制的位数，因此单片机又可分为 1 位机、4 位机、8 位机、16 位机、32 位机和 64 位机。

3. 按单片机片内程序存储器的类型分类

按单片机片内的程序存储器的不同，可分为无 ROM 型、不可擦除 ROM 型、可擦除 EPROM 型或 E²PROM 型及闪速存储器 Flash 型等各种类型单片机。

4. 按单片机系统结构分类

由于单片机的存储器结构，可分为冯·诺依曼型和哈佛型两种形式，如图 1-3 所示。因此单片机又可分为哈佛结构和冯·诺依曼结构两种类型。对于冯·诺依曼型结构单片机，其程序和数据公用一个存储器，比如 MCS-96 系列单片机。而大部分单片机通常采用哈佛结构，将数据与程序分别存放在两个相互独立的存储器内，这是由单片机的应用特点所决定的。单片机应用往往是针对某个特定控制对象服务的，程序设计、调试一旦取得成功，便固化在程序存储器，这样不仅省去了每次开机后重新装入程序的步骤，且能有效地防止因突然掉电和其他干扰而引起的程序丢失和错误。

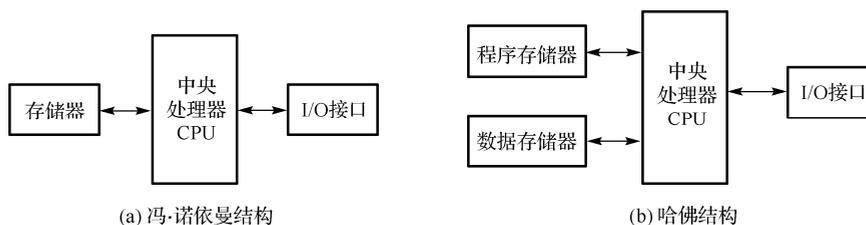


图 1-3 单片机存储器结构

5. 按应用场合分类

(1) 通用性单片机

将内部功能和指令系统等开发资源全部面向用户，用户可根据不同场合的控制任务进行开发应用，其适应性较强，应用非常广泛，比如 MCS-51 系列单片机。

(2) 专用性单片机

生产制造厂家根据某种特殊需要而专门设计的芯片，如智能仪表、智能传感器、智能万向摄像机、电视机、空调机、洗衣机、电冰箱、风扇等各种专用单片机芯片。

1.2.2 MCS-51 系列单片机

MCS-51 是指由 Intel 公司生产的 51 单片机的总称，这一系列单片机包括很多品种，如 8031、8051、8751、8032、8052、8752 等，将它们分为 51 和 52 两大类。52 类是 51 类的增强型，其最大特色是 52 类单片机的内部存储器容量更大，增加了一个定时/计数器。其中 8051 是最早最典型的产品，该系列其他单片机都是在 8051 的基础上进行功能的增、减、改变而来的，所以人们习惯于用 8051 来称呼 MCS-51 系列单片机。Intel 公司将 MCS-51 的核心技术授权给了很多公司，所以有很多公司在做以 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 89C51 是由美国 Atmel 公司开发生产的。STC89S51 是宏晶公司的产品，是当前国内高校学生在学习中用得最广泛的单片机。

MCS-51 系列单片机按芯片内部的 ROM 来区分，可分为无 ROM 型（8031/8032）、Mask ROM 型（8051/8052）、EPROM 型（8751/8752）及 E²PROM（89C51/89C52、89S51/89S52），各种类型 MCS-51 单片机的性能参数如表 1-2 所示。

表 1-2 MCS-51 单片机性能参数表

	51 类				52 类			
型 号	8031	8051	8751	89C51 89S51	8032	8052	8752	89C52 89S52
类 型	无 ROM	Mask ROM	EPROM	E ² PROM	无 ROM	Mask ROM	EPROM	E ² PROM

续表

型 号	51 类				52 类			
	8031	8051	8751	89C51 89S51	8032	8052	8752	89C52 89S52
ROM	内部 0KB 外接 64KB	内部 4KB, 外接 64KB			内部 0KB 外接 64KB	内部 8KB, 外接 64KB		
RAM	内部 128B, 外接最大 64KB				内部 256B, 外接最大 64KB			
定时/ 计数器	2 个 16 位定时/计数器				3 个 16 位定时/计数器			
中断源	5				6			
I/O	4 个 8 位输入/输出端口				4 个 8 位输入/输出端口			

1.2.3 Atmel 的 51 系列单片机

Atmel 的 51 单片机是 Atmel 半导体公司以 51 内核为标准的单片机,它是改进型的 51 单片机。比如,标准的 8051 单片机没有 20pin 封装的芯片,但是 AT89C2051、AT89C4051 都是 20pin 封装的单片机。它主要是把 MCS-51 单片机的 P0 口和 P2 口省略了,再改进了一些功能。可以认为它们是精简型 51 单片机,比较适合初学者学习。AT89 有许多型号,如 AT89C51、AT89S51、AT89C52、AT89S52 和 AT89S8252 (后面几款其实是 8052 单片机,但是和 8051 的指令系统兼容,只是增加了一些功能而已,也可以认为是 51 系列的单片机)。AT89 系列单片机都是 Flash 型单片机,烧录次数至少在 1000 次以上(数据手册提供,实际估计要在 4000 次以上了),只要芯片上带有“s”字样的单片机,都可以支持 ISP (在线编程)。

1.2.4 STC-51 单片机

宏晶科技公司生产的 51 单片机现已成为全球单片机的第一品牌,是中国 MCU 领航者。STC-51 单片机是 STC 宏晶公司以 8051 内核为标准的单片机,是一款高性能的增强型 51 单片机。比如典型产品 STC89C51RC 是采用 8051 核的 ISP 在系统可编程芯片,具有以下特点。

(1) 增强型 8051 单片机,6 时钟/机器周期和 12 时钟/机器周期可以任意选择,指令代码完全兼容传统 8051。

(2) 工作电压: 5.5~3.3V (5V 单片机)/3.8~2.0V (3V 单片机)。

(3) 时钟频率 0~35MHz,相当于普通 8051 的 0~20MHz,实际工作频率可达 48MHz。

(4) 用户应用程序空间 12K/10K/8K/6K/4K/2K 字节;片内 Flash 程序存储器,擦写次数可达 10 万次以上。

(5) 片上集成 512 字节 RAM。

(6) 通用 I/O 口,复位后为准双向口/弱上拉,每个 I/O 口的驱动能力均可达到 20mA,但整个芯片最大不得超过 55mA。

(7) 可实现 ISP/IAP 编程,无须专用编程器,可通过串口 (P3.0/P3.1) 直接下载用户程序,数秒即可完成一片。

(8) 具有 E²PROM 功能。

(9) 具有看门狗功能。

(10) 工作温度范围: 0°C~75°C/-40°C~+85°C。

(11) 封装: PDIP、SOP、PLCC 等多种封装。

1.2.5 51 单片机产品标号与引脚信息

1. 51 单片机的产品标号信息

单片机芯片上的标号通过图 1-4 来说明, 其他厂商的单片机芯片大同小异, 图 1-4 所示单片机芯片的全部标号为 STC89C51RC40C-PDIP401015COK816.CD。

图 1-4 中所示标号的各字母的含义如下。

STC——前缀, 表示芯片为 STC 公司生产的产品, 其他前缀还有 AT、i、SST 等。

8——表示该芯片为 8051 内核芯片。

9——表示内部含 Flash E²PROM 存储器。80C51 中的 0 表示内部含 Mask ROM 存储器 (掩膜 ROM), 87C51 中的 7 表示内部含 EPROM 存储器 (紫外线可擦除 ROM)。

C——表示该器件为 CMOS 产品。89LV52 和 89LE 中的 LV 和 LE 都表示该芯片为低压产品 (通常为 3.3V 电压供电); 而 89S51 中的 S 表示该芯片含有可串行下载功能的 Flash 存储器, 即具有 ISP 编程功能。

5——表示固定不变。

1——表示该芯片内部程序存储器空间的大小, 1 为 4KB, 2 为 8KB, 3 为 12KB, 即乘以 4KB 就是该芯片内部的程序存储器的空间大小。

RC——表示该芯片内部的 RAM 为 512B, RC⁺表示内部的 RAM 为 1280B。

第一个 40——表示该芯片外部晶振最高可接入 40MHz。

C——产品级别, C 表示商业级, 温度范围为 0°C~+70°C; I 表示工业产品级, 温度范围为 -40°C~+85°C; A 表示汽车用产品, 温度范围为 -40°C~+125°C; M 表示军用产品, 温度范围为 -55°C~+150°C。

PDIP——表示产品封装型号, PDIP 表示双排直插式, 单片机的封装还有 PLCC (带引线的塑料芯片封装)、QFP (塑料方形扁平式封装) 和 PGA (插针网格阵列封装) 等。

第二个 40——表示该产品的引脚为 40 个。

1015——表示该芯片的产生日期为 2010 年第 15 周。

COK816.CD——不详 (有关资料显示, 此标号表示芯片制造工艺或处理工艺)。

2. 51 单片机的引脚分布

下面进一步认识单片机的引脚。图 1-5 和图 1-6 所示为 51 单片机不同封装的引脚分布图。初次看见这些引脚时, 一定会感觉太难记忆, 其实纯粹去记忆引脚是没有意义的, 最好的方法是边学边记。基于 8051 内核的各种单片机, 若引脚相同或者封装相同, 它们的引脚功能是相通的, 其中教学中用得较多的是 40 引脚 PDIP 封装 51 单片机, 也有 20、28、32、44 等不同引脚数的 51 单片机, 读者也要了解。无论是哪种芯片, 在观察它的表面时, 大都能找到一个凹进去的小圆点, 或者一个用颜色标识的小标记 (圆点或三角或其他小图形), 这个小标记所对应的引脚就是这个芯片的第 1 脚, 然后沿逆时针方向数下去, 即为 1 到最后一个引脚。图 1-4 中所示的 51 单片机的左上方有一个白色的小三角, 就是该单片机的第 1 脚, 逆时针数依次是第 2, 3, …, 40 脚。图 1-5 所示的 51 单片机的最上面的正中间有一个小圆坑, 这个小圆坑所对应的引脚就为该单片机的第 1 脚, 然后逆时针方向排序, 分别为第 2, 3, …, 44 脚。在焊接或绘制电路板时, 一定要注意它们的引脚标号。

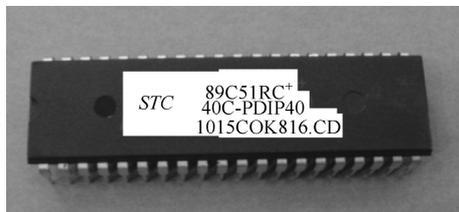


图 1-4 STC89C51RC40C-PDIP40 1015COK816.CD 单片机芯片

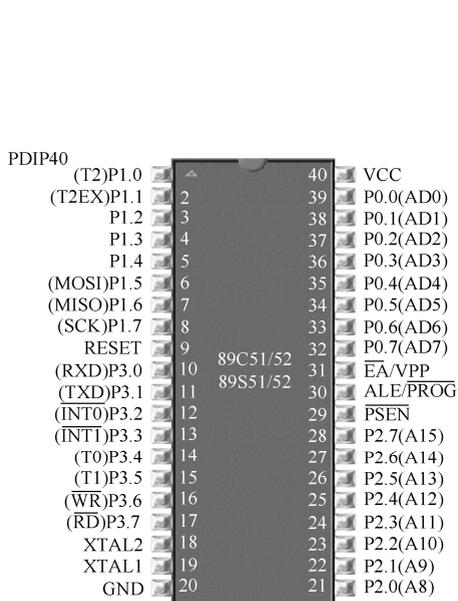


图 1-5 51 单片机 PDIP 封装引脚分布图

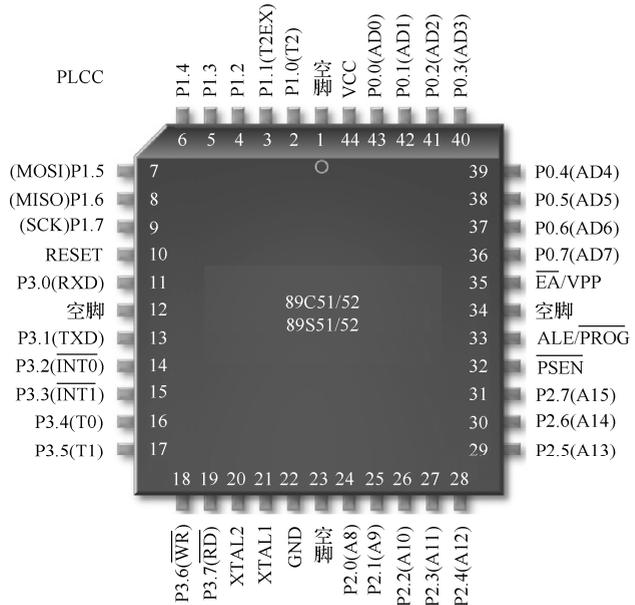


图 1-6 51 单片机 PLCC 封装引脚分布图

3. 51 单片机的引脚电平特性

51 单片机是一种数字集成芯片，数字电路只有两种电平，即高电平和低电平。51 单片机的逻辑电平也只有这两种电平，并且是常用的 TTL 电平，其中高电平为+5V，低电平为 0V。

1.2.6 单片机的应用

单片机以高性能、高速度、体积小、价格低廉、可重复编程和可功能扩展等独特的优点，广泛地应用在各个领域，大致归纳为以下几个方面。

1. 在智能仪器仪表中的应用

单片机广泛应用在工业设备中的智能测控、医疗器械、医疗分析仪、色谱仪、示波器、扫频仪等各类仪器仪表（包括温度、湿度、压力、流量、电压、电流、功率、频率、角度、长度、厚度、硬度、元素测定等）之中，使仪器仪表的数字化、智能化、微型化、专用化等功能得到了极大提高，性价比更显优势。

2. 在工业监控领域中的应用

单片机在工业监控领域得到了广泛的应用。在供配电系统中，单片机对各种参数仪表及开关进行自动监控；在工业生产过程中，单片机对工业机器人、机械手、电动机速度转矩、伺服系统、数据传输等进行实时控制。

3. 在通信领域中的应用

在智能线路运行控制、程控交换机、光电交换器、手机、电话机、智能调制解调器等通信系统中，都可以看到单片机的身影。

4. 在军用领域中的应用

单片机在智能武器装置、导弹控制、鱼雷制导控制、精确炸弹、电子干扰系统、自动火炮、航空导航系统等军用领域发挥着巨大的作用。

5. 在数据处理领域中的应用

在图文传真机、图表终端、激光打印机、复印机、打字机、硬盘录像机、数码相机、数字电视等数字领域中，单片机也得到了广泛应用。

6. 在消费电子领域中的应用

目前，几乎所有的家用电器中，均以单片机为核心构成控制线路，不但提高了自动化程度，而且增强了功能。运用单片机实现家电的模糊控制、智能控制已成为家用电器的主要发展方向。

1.3 微处理器控制系统的开发流程与开发工具

基于微处理器的控制系统的开发流程与开发工具大体上是一致的，这里以 51 单片机控制系统为例进行说明。

1.3.1 51 单片机控制系统的开发流程

51 单片机应用系统的开发流程与一般单片机的开发流程类似，其基本开发流程可分为软件与硬件两部分，这两部分是并行开发的。在硬件方面，主要是设计原理图、绘制 PCB、选择合适的元器件等工作；在软件开发方面，则是运用 C 语言或汇编语言编写源程序，然后进行编译、链接生成可执行文件，再次进行软件调试/仿真。当完成软件设计后，即可应用在线仿真器（In-Circuit Emulator, ICE）加载编译后生成的可执行程序，在目标板上进行在线仿真。若软件、硬件设计无误，则可利用 IC 编程器，将可执行文件烧录到 51 单片机，最后将该 51 单片机插入目标电路板，即完成了设计，如图 1-7 所示。

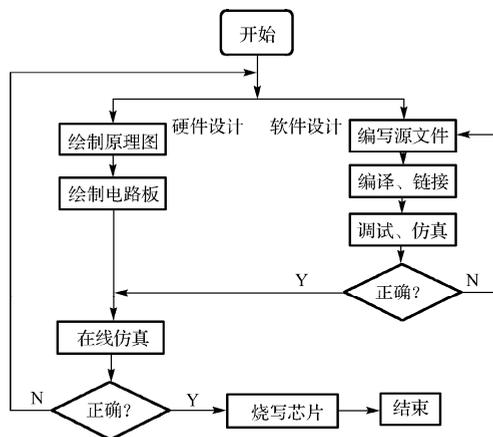


图 1-7 传统的 51 单片机应用系统的开发流程

51 单片机应用系统的核心元件是 51 单片机，当应用 51 单片机来设计控制电路时，除了要进行电路设计外，还要编写 51 程序。传统的 51 单片机程序开发流程如图 1-8 所示。



图 1-8 传统的 51 单片机程序开发流程

早期的源程序 (Source Code, 即*.c 或*.asm) 编辑, 通常是通过文本编辑器编写的, 目前国内单片机开发者常使用 Keil C51 软件来完成。51 单片机源程序的编译与链接也是在 Keil C51 软件中完成的, 其中源程序编译得到的是目标文件 (Object Code, 即*.obj), 再利用链接程序 (link), 将目标文件链接产生可执行文件 (Intel 的十六进制文件*.hex)。软件仿真就是利用软件仿真程序进行简单的软件仿真分析。在线仿真就是将前面生成的*.hex 文件加载到在线仿真器, 再把在线仿真器当成 51 单片机, 插入到所开发的目标电路板上, 即可进行在线仿真。如果一切都正确, 则可利用单片机编程器, 将*.hex 文件烧录到 51 单片机中去, 将含程序代码的 51 单片机插入到目标电路板上, 就完成了 51 单片机应用系统的设计。

1.3.2 Keil C51 开发工具简介

Keil C51 是美国 Keil Software 公司出品的 51 系列兼容单片机 C 语言软件开发系统, 与汇编语言相比, C 语言在功能、结构性、可读性、可维护性上有明显的优势, 因而易学易用。Keil 提供了包括 C 编译器、宏汇编、链接器、库管理和一个功能强大的仿真调试器等在内的完整开发方案, 通过一个集成开发环境 (μ Vision) 将这些部分组合在一起。运行 Keil 软件需要 NT、WinXP、Win7 等操作系统。如果使用单片机 C 语言编程, 那么 Keil 几乎就是不二之选, 即使不使用单片机 C 语言而仅用汇编语言编程, 其方便易用的集成环境、强大的软件仿真调试工具也会使开发人员事半功倍。Keil C51 的集成环境是 μ Vision 系列, 其版本目前已经达到 μ Vision5, 各种不同版本的使用界面大致相同, 只不过高版本内的芯片种类多些而已。Keil C51 软件介绍见附录 A。

Keil 的网站虽然没有中文版本, 但是 Keil 软件却被 80% 的中国软件工程师使用, 但凡与电子相关的专业学生, 都会从单片机和计算机编程开始学习, 而学习单片机自然会用到 Keil 软件。国内由米尔科技、亿道电子、英倍特提供 Keil 的销售和技术支持服务, 他们是 ARM 公司的合作伙伴, 也是国内领先的嵌入式解决方案提供商。

1.3.3 Proteus 软件使用简介

Proteus 软件是 Labcenter Electronics 公司的一款电路设计与仿真软件, 它包括 ISIS 和 ARES 两个软件模块。ARES 模块主要用来完成 PCB 的设计, 而 ISIS 模块用来完成电路原理图的布图与仿真。Proteus 的软件仿真基于 VSM 技术, 与其他单片机仿真软件不同的是, 它不仅能仿真单片机 CPU 的工作情况, 也能仿真单片机外围电路或没有单片机参与的其他电路的工作情况, 因此在仿真和程序调试时, 关心的不再是某些语句执行时单片机寄存器和存储器内容的改变, 而是从工程的角度直接看程序运行和电路工作的过程和结果。从某种意义上讲, 对于这样的仿真实验, 弥补了实验和工程应用间脱节的矛盾和现象。

Proteus 不仅可以作为学校单片机 (电子等) 实验的模拟仿真, 也可以作为个人工作室的仿真实验。作为电子技术或控制类相关专业的学生和工程技术人员, 在学习了该软件后, 可以充分利用它所提供的资源, 帮助自己提高工程应用能力。当然, 软件仿真的精度有限, 而且还有一些器件没有相应的仿真模型。用开发板和仿真器当然是最好的选择, 可是对于单片机爱好者, 运用 Proteus 开发单片机应该是一个比较好的选择。

Proteus 软件具有其他 EDA 工具软件 (如 Multisim) 的功能, 这些功能是能绘制原理布图, 能进行 PCB 自动或人工布线, 也能电路功能模拟仿真。

Proteus 软件还具有一些特有革命性的特点:

(1) 互动的电路仿真。用户可以多次使用 RAM、ROM、键盘、马达、LED、LCD、ADC、DAC、部分 SPI 器件和部分 I²C 等器件。

(2) 仿真处理器及其外围电路。能仿真 51 系列、AVR、PIC、ARM 等常用的单片机, 还可以配合系统配置的虚拟逻辑分析仪、电压表、电流表和示波器等, 能看到运行后输入/输出的效果。Proteus 软件的使用见附录 B。

1.3.4 单片机开发仿真器

单片机开发仿真器是指以调试单片机软件为目的而专门设计制作的一套专用的硬件装置。单片机在体系结构上与 PC 是完全相同的, 也包括中央处理器、输入/输出接口、存储器等基本单元, 因而与 PC 等设备的软件结构也是类似的。因为单片机在软件开发的过程中需要对软件进行调试, 观察其中间结果, 排除软件中存在的问题, 但是由于单片机的应用场合问题, 其不具备标准的输入/输出装置, 受存储空间的限制, 也难以容纳用于调试程序的专用软件, 因此要对单片机软件进行调试, 就必须使用单片机仿真器。单片机仿真器具有基本的输入/输出装置, 具备支持程序调试的软件, 使得单片机开发人员可以通过单片机仿真器输入和修改程序, 观察程序运行结果与中间值, 同时对与单片机配套的硬件进行检测与观察, 可以大大提高单片机的编程效率和效果。

最早的单片机仿真器是一套独立装置, 具有专用的键盘和显示器, 用于输入程序并显示运行结果。随着 PC 的普及, 新一代仿真器大多是利用 PC 作为标准的输入/输出装置, 而仿真器本身就成为微机和目标系统之间的接口而已, 仿真方式也从最初的机器码发展到汇编语言、C 语言仿真, 仿真环境也与 PC 的高级语言编程和调试环境非常类似了。

仿真机一般具有一个仿真头, 用于取代目标系统中的单片机, 也就是用这个插头模仿单片机, 这也是单片机仿真器名称的由来。

目前, 随着单片机的小型化、贴片化和具有 ISP、IAP 等功能的单片机的广泛应用, 传统单片机仿真器的应用范围也有所缩小。而软件单片机仿真器(单片机仿真程序)的应用逐渐广泛, 单片机仿真程序即在个人计算机上运行的特殊程序, 可在一定程度上模拟单片机运行的硬件环境, 并在该环境下运行单片机目标程序, 并可对目标程序进行调试、断点、观察变量等操作, 可大大提升单片机系统的调试效率。纯软件单片机仿真器往往与硬件设计程序集成在一起发布, 使得开发者可以对单片机硬件与软件同步开发。

1.3.5 编程器

编程器又称为烧录器, 编程器的作用是把可编程的集成电路写上数据, 编程器主要用于单片机(含嵌入式)/存储器(含 BIOS)之类的芯片的编程(或称刷写)。编程器按功能的不同, 可分为通用编程器和专用编程器。专用编程器的价格最低, 适用芯片的种类较少, 适合于某一种或者某一类专用芯片编程的需要, 如仅仅需要对 51 系列单片机编程。全功能通用编程器一般能够涵盖几乎所有(不是全部)当前需要编程的芯片, 由于设计麻烦、成本较高, 故售价极高。

本章小结

本章简单介绍了微处理器的定义、内部结构和常用的微处理器的性能, 重点介绍了单片机的定义、性能指标、分类、封装、引脚信息等基本概念, 并对单片机开发设计流程和单片机开发的常用工具进行了简单介绍, 为后续的单片机学习进行初步的引导。

习 题 一

一、选择题

1. 世界上第一颗微处理器型号是()。

A. Intel 4004

B. 286

C. 386

D. 8051

2. 8086 微处理器是 () 位微处理器。
A. 4 B. 8 C. 16 D. 32 E. 64
3. 微处理器取指令是从 () 获取。
A. 控制器 B. 运算器 C. 存储器 D. 寄存器
4. 51 单片机是 () 位的单片机。
A. 16 B. 8 C. 4 D. 32
5. PDIP40 封装的 8051 芯片, 接地引脚和电源引脚编号是 ()。
A. 1, 21 B. 11, 31 C. 20, 40 D. 19, 39
6. 51 单片机的引脚的高、低逻辑电平是 ()。
A. +5V, -5V B. +5V, 0V C. +12V, 0V D. +1.8V, 0V
7. 51 单片机的可执行文件是 ()。
A. *.c B. *.asm C. *.obj D. *.hex

二、简答题

1. 什么是微处理器? 微处理器由几部分组成? 微处理器的工作过程是什么?
2. 简述 Intel 公司生产的几种不同微处理器的功能特性。
3. 什么是单片机? 它由哪几部分组成? 什么是单片机应用系统?
4. 简述单片机设计开发的常用工具。
5. 简述 51 单片机与 52 单片机的主要区别。

三、简述 51 单片机的开发流程。

四、熟悉 Keil C51 和 Proteus 设计环境。