

处理器技术

教学提示：处理器技术是计算机运算和控制的核心技术。本章简单介绍处理器的关键技术,包括微控制器技术、微处理器技术、可编程逻辑器技术等。

教学要求：本章要求学生了解处理器的主要关键技术,重点是微控制器技术、微处理器技术、可编程逻辑控制器技术和可编程逻辑器件技术等。

本章主要包括以下小节：

- 3.1 引言
- 3.2 微控制器技术
- 3.3 微处理器技术
- 3.4 可编程逻辑控制器技术
- 3.5 可编程逻辑器件技术
- 3.6 本章小结
- 3.7 为进一步深入学习推荐的参考书目
- 3.8 习题

3.1 引言

随着人类步入高速信息化时代,处理器技术已经成为引领科技发展和提升国家综合实力的重要武器。中央处理器(central processing unit,CPU)作为计算机系统的运算和控制核心,是信息处理、程序运行的最终执行单元。CPU自产生以来,在逻辑结构、运行效率以及功能外延上取得了巨大进步。

CPU出现于大规模集成电路时代,处理器架构设计的迭代更新以及集成电路工艺的不断提升促使其不断发展完善。从最初专用于数学计算到广泛应用于通用计算,从4位、8位、16位、32位到64位处理器,从各厂商互不兼容到不同指令集架构规范出现,CPU自诞生以来一直在飞速发展。CPU发展已经有50多年的历史了,通常将其分成6个阶段。

(1) 第一阶段(1971—1973年)。4位和8位低档微处理器时代,代表产品Intel 4004处理器。1971年,Intel公司生产的4004微处理器将运算器和控制器集成在一个芯片上,标志着CPU的诞生;1978年,Intel 8086处理器的出现奠定了x86指令集架构,随后Intel 8086系列处理器被广泛应用于个人计算机终端、高性能服务器以及云服务器中。

(2) 第二阶段(1974—1977年)。8位中高档微处理器时代,代表产品是Intel 8080,此时指令系统已经比较完善了。

(3) 第三阶段(1978—1984年)。16位微处理器时代,代表产品是Intel 8086,相对而言,此时指令系统已经比较成熟了。

(4) 第四阶段(1985—1992年)。32位微处理器时代,代表产品是Intel 80386,已经可以胜任多任务、多用户的作业。1989年发布的Intel 80486处理器实现了5级标量流水线,标志着CPU的初步成熟,也标志着传统处理器发展阶段的结束。

(5) 第五阶段(1993—2005年)。奔腾系列微处理器的时代。1995年11月,Intel公司发布了Pentium处理器,该处理器首次采用超标量指令流水线结构,引入了指令的乱序执行和分支预测技术,大大提高了处理器的性能。因此,超标量指令流水线结构一直被后续出现的现代处理器,如AMD(Advanced Micro Devices)公司的锐龙、Intel公司的酷睿系列等所采用。

(6) 第六阶段(2005年至今)。处理器逐渐向更多核心,更高并行度发展。典型的代表有Intel公司的酷睿系列处理器和AMD公司的锐龙系列处理器。

为了满足操作系统的上层工作需求,现代处理器进一步引入了并行化、多核化、虚拟化以及远程管理系统等功能,不断推动着上层信息系统向前发展。

CPU是电子计算机的主要设备之一,即核心配件。其功能主要是解释计算机指令以及处理计算机软件中的数据。CPU是计算机中负责读取指令,对指令译码并执行指令的核心部件。主要包括两部分,即控制器和运算器,其中还包括高速缓冲存储器及实现它们之间联系的数据、控制的总线。电子计算机三大核心部件就是CPU、内部存储器、输入输出设备。CPU的功效主要为处理指令、执行操作、控制时间和处理数据。

在计算机体系结构中,CPU是对计算机的所有硬件资源(如存储器、输入输出单元)

进行控制调配、执行通用运算的核心硬件单元。CPU 是计算机的运算和控制核心。计算机系统中所有软件层的操作,最终都将通过指令集映射为 CPU 的操作。

3.2 微控制器技术

3.2.1 概述

计算机技术带来了科研和生活的许多重大变革,可以说,其标志着人类社会进步文明的又一次飞跃。更得益于大规模集成电路的进步与发展,即计算机的重要分支——微型计算机的发展,微型计算机的典型发展就是微控制器和微处理器的出现。

微控制器(microcontroller unit,MCU),又称单片机或单片微控制器,是把 CPU 的频率与规格适当缩减,并将内存、计数器、USB、ADC 转换、UART、PLC、DMA 等周边接口,甚至 LCD 驱动电路都整合在单一芯片上,形成芯片级的计算机,为不同的应用场合做不同组合控制,如手机、PC 外围、遥控器,至汽车电子工业上的步进发动机、机器手臂的控制等,都可见到 MCU 的身影。

MCU 按其存储器类型可分为无片内 ROM(read-only memory,只读存储器)型和带片内 ROM 型两种。对于无片内 ROM 型的芯片,必须外接可擦可编程只读存储器(erasable programmable read only memory,EPROM)才能应用(典型为 8031);带片内 ROM 型的芯片又分为片内 EPROM 型(典型芯片为 87C51)、片内掩模(mask)ROM 型(典型芯片为 8051)、片内 Flash 型(典型芯片为 89C51)等类型。MCU 按用途可分为通用型和专用型两种。根据数据总线的宽度和一次可处理的数据字节长度可分为 8 位、16 位、32 位 MCU。

目前,国内 MCU 应用市场最广泛的是消费电子领域,其次是工业领域和汽车电子领域。消费电子领域包括家用电器、电视、游戏机和音视频系统等,工业领域包括智能家居、自动化、医疗应用及新能源生成与分配等,汽车电子领域包括汽车动力总成和安全控制系统等。

3.2.2 发展历程

微控制器是将微型计算机的主要部分集成在一个芯片上的单芯片微型计算机。微控制器诞生于 20 世纪 70 年代中期,经过 40 多年的发展,其成本越来越低,性能越来越强大,使其应用无处不在,遍及各个领域。例如,电动机控制、条码阅读器/扫描器、消费类电子、游戏设备、电话、HVAC、楼宇安全与门禁控制、工业控制与自动化和白色家电(洗衣机、微波炉)等。

自从 1974 年 12 月美国 Fairchild 公司第一个推出 8 位微控制器 F8 以来,其以惊人的速度发展,从 4 位机、8 位机发展到 16 位机、32 位机,集成度越来越高,功能越来越强,应用范围越来越广。到目前为止,微控制器的发展主要可分为以下 4 个阶段。

(1) 第一阶段:4 位微控制器(1971—1973 年)。这种微控制器的特点是价格便宜,控制功能强,片内含有多种 I/O 接口,如并行 I/O 接口、串行 I/O 接口、定时器/计数器接

口、中断功能接口等。根据不同用途,还配有许多专用接口,如打印机接口、键盘及显示器接口,PLA译码输出接口,有些甚至还包括ADC、DAC、锁相环(PLL)、声音合成等电路。丰富的I/O功能大大地增强了4位微控制器的控制功能,从而使外部接口电路极为简单。

(2) 第二阶段:低、中档8位机(1974—1977年)。这种8位机一般寻址范围通常为不大于4KB。它是8位机的早期产品,如Mostek公司的3870、Intel公司的8048等微控制器即属此类。MCS-48系列微控制器是Intel公司1976年以后陆续推出的第一代8位微控制器系列产品。它包括基本型(中档)8048、8748和8035;强化型(高档)8049、8749、8039、8050和8040;简化型(低档)8020、8021、8022。低、中档单片机目前已逐渐被高档8位单片机取代。例如,MCS-48系列现在已经被MCS-51系列高档8位机所取代。

(3) 第三阶段:高档8位机阶段(1978—1981年)。这一类微控制器常有串行I/O接口,多级中断处理,定时器/计数器为16位,片内的随机存储器(random access memory, RAM)和ROM的容量相对增大,且寻址范围最高可达64KB,有的片内还带有ADC。这类单片机有Intel公司的MCS-51、Motorola公司的6801和Zilog公司的Z8等。由于这类单片机应用领域较广,其结构和性能不断地改进和发展。

(4) 第四阶段:16位微控制器和超8位微控制器(1982年至今)。此阶段的主要特征是,一方面不断完善高档8位机,改善其结构,以满足不同用户的需要;另一方面发展16位微控制器及专用微控制器。16位微控制器除了CPU为16位外,片内RAM和ROM的容量也进一步增大,片内带有高速输入输出部件,多通道10位ADC部件,中断处理为8级,其实时处理能力更强。近年来,32位微控制器已进入实用阶段。

微控制器的发展趋势将向着大容量、高性能化,小容量、低价格化和外围电路内装化等方面发展。

(1) 大容量高性能化:片内存储器大容量化。以往微控制器的ROM为1~4KB, RAM为64~128B。因此在某些复杂的应用上,存储器容量不够,不得不外接扩充。为了适应这些领域的要求,运用新的工艺,使片内存储器大容量化。今后,随着工艺技术的不断发展,片内存储器容量将进一步扩大。微控制器的高性能化主要是指进一步改进CPU的性能,加快指令运算的速度和提高系统控制的可靠性,并加强了位处理功能、中断和定时控制功能;采用流水线结构,指令以队列形式出现在CPU中,从而有很高的运算速度。有的微控制器基本采用了多流水线结构,这类微控制器的运算速度要比标准的微控制器高出10倍以上。

(2) 小容量、低价格化:与上述相反,小容量、低价格化的4位、8位微控制器是发展的动向之一。这类微控制器的用途是把以往用数字逻辑集成电路组成的控制电路单片化。

(3) 外围电路内装化:这也是微控制器的发展的主要动向。随着集成度不断提高,有可能把众多的各种外围功能部件集成在片内。除了一般必须具有的CPU、ROM、RAM、定时器/计数器等外,片内集成的部件还有ADC、DAC、DMA控制器、声音发生器、监视定时器、液晶显示驱动器、彩色电视机和录像机用的锁相电路等。

3.2.3 基本组成

微控制器基本组件通常包括 CPU、ROM、RAM、定时器/计数器、中断系统、I/O 接口等。微控制器常需要时钟、复位电路和外部设备等一起构成微控制器系统或者嵌入式系统。常见的微控制器系统结构框图如图 3.1 所示。

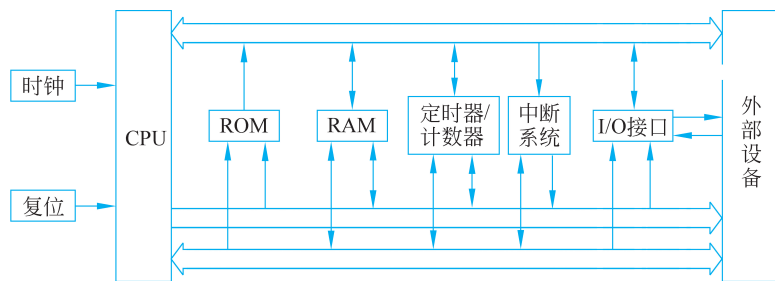


图 3.1 微控制器系统结构框图

3.2.4 微控制器的特点

微控制器的特点如下。

(1) 资源受限(引脚少,片内存储器容量不大,可扩或选),开发需要专用工具和特殊方法,有实时约束。

(2) 通常极其关注成本,大多要求低功耗,运算能力不强。

(3) 技术含量高,支持集成系统,具有很长生命周期。

(4) 可靠性好。由于微控制器的各种功能部件都集成在一个芯片上,特别是存储器也集成在芯片内部,布线短,数据大都在芯片内部传送,不易受到外部的干扰,增强了抗干扰能力,使系统运行更可靠。故可靠性明显优于一般通用 CPU 组成的系统。

(5) 控制功能强。为了满足工业控制要求,一般微控制器的指令系统中均有极丰富的条件分支转移指令、I/O 接口的逻辑操作以及位处理功能。一般来说,微控制器的逻辑控制功能及运行速度均高于同档次的 CPU。

(6) 易扩展。芯片外部有许多供扩展用的三总线及并行、串行输入输出引脚,很容易构成各种规模的计算机应用系统。

(7) 一般微控制器内无监控程序或系统管理软件,开发需要相应的仿真系统。

3.2.5 微控制器发展

微控制器可以大体分为两大类:普通单片机和数字信号处理器(DSP)。

1. MCS-51 单片机

MCS-51 单片机是指由美国 Intel 公司生产的一系列单片机的总称,这一系列单片机包括了许多品种,如 8031、8051、8751、8032、8052、8752 等,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加、删除、修改而来的,所以人们习惯用 8051 来称呼 MCS-51 系列单片机,其具体分类如表 3.1 所示。

表 3.1 MCS-51 系列单片机及相关产品的类型及特点一览表

单片机型号/存储器容量与类别	RAM /B	16 位定时器个数	中断源个数	最高晶振频率/MHz	扩展引脚个数
8031/无 ROM,8051/4KB ROM,8751/4KB EPROM	128	2	5	12	40
8032/无 ROM,8052/8KB ROM,8752/8KB EPROM	256	3	6	12	40
80C31/无 ROM,80C51/4KB ROM,87C51/4KB EPROM	128	2	5	12	40
AT89C51/4KB EEPROM	128	2	5	24	40
AT89C52/8KB EEPROM	256	3	8	24	40
AT89C1051/1KB EPROM	128	2	5	24	20
AT89C2051/2KB EPROM	128	2	5	24	20

MCS-51 单片机是一种集成的电路芯片,采用超大规模集成电路技术把具有数据处理能力的 CPU、RAM、ROM、多种 I/O 接口和中断系统、定时器/计时器等功能(可能还包括显示驱动电路、脉宽调制电路、模拟多路转换器、ADC 等电路)集成到一块硅片上,构成的一个小而完善的计算机系统。CPU 的内部集成有运算器和控制器,运算器完成运算操作(包括数据运算、逻辑运算等),控制器完成取指令、对指令译码以及执行指令。片内资源包括 CPU、数据存储器、程序存储器、定时器/计数器、并行 I/O 接口、全双工串行接口、中断系统、时钟电路,其结构框图如图 3.2 所示。

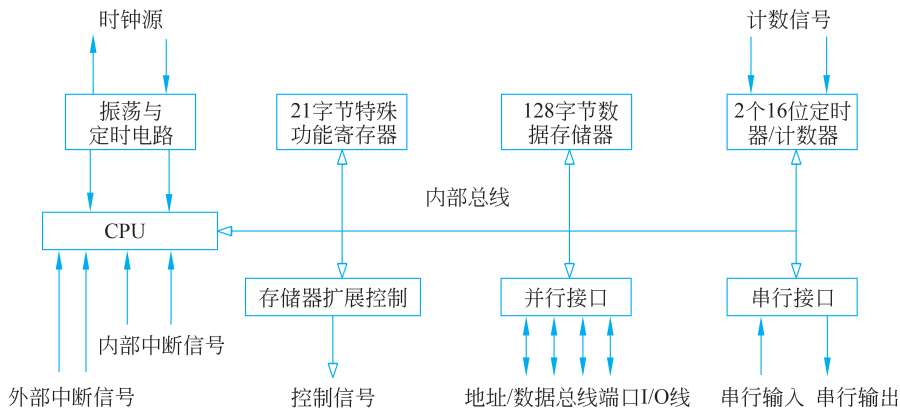


图 3.2 MCS-51 单片机结构框图

MCS-51 单片机是我国引进最早(大约在 1987 年),到目前仍然使用最广泛的单片机之一。荷兰 Philips,美国 Dallas、Atmel、SST、韩国 LG 等多家公司均采用 MCS-51 单片机的内核,生产了与 MCS-51 系列单片机兼容且有自己特色的单片机,不同单片机之间的主要功能大同小异,学好了 MCS-51 系列后,其他单片机也不难掌握。

2. STM32 单片机

STM32 代表 ARM Cortex-M 内核的 32 位单片机,由 ST 公司推出。其中 ST 代表

ST 公司,M 表示微控制器,32 代表 32b,表示这是一个 32b 的单片机。

STM32 系列专为要求高性能、低成本、低功耗的嵌入式应用设计的 ARM Cortex[®]-M0、M0+、M3、M4 和 M7 内核。按内核架构分为不同产品:主流产品(STM32F0、STM32F1、STM32F3)、超低功耗产品(STM32L0、STM32L1、STM32L4、STM32L4+)、高性能产品(STM32F2、STM32F4、STM32F7、STM32H7),STM32 单片机自带了各种常用通信接口,功能非常强大。主要功能如下。

(1) 通用同步异步接收发送设备(universal synchronous/asynchronous receiver/transmitter,USART),用于跟 USART 接口的设备通信,如 USB 转串行接口模块、ESP8266 WiFi、GPS 模块、GSM 模块、串行接口屏、指纹识别模块。

(2) 内部集成电路(inter-integrated circuit,IIC),用于跟 IIC 接口的设备通信,如 EEPROM、电容屏、陀螺仪 MPU6050、0.96 寸 OLED 模块。

(3) 串行外设接口(serial peripheral interface,SPI),用于跟 SPI 的设备通信,如串行 Flash、以太网 W5500、音频模块 VS1053。

(4) 安全数字输入输出(secure digital input and output,SDIO)、可变静态存储控制器(flexible static memory controller,FSMC)的超级、IIS、SAI、ADC、GPIO。

STM32 系列单片机是目前应用仅次于 MSC-51 单片机的微控制器,其功能强大,可适用于大多数电子产品的开发,如智能手环、微型四轴飞行器、平衡车、扫地机、移动 POS 机、智能电饭锅、3D 打印机等。

3. MSP430 单片机

德州仪器(TI)公司生产的 MSP430 系列单片机是一种基于精简指令集计算机(reduced instruction set computer,RISC)的 16 位混合信号处理器。芯片内部集成 ADC 和 DAC,这使它不仅能够接收和输出数字信号,而且也能够接收和输出模拟信号,因此称其为混合信号处理器。MSP430 系列单片机的组成框图如图 3.3 所示。

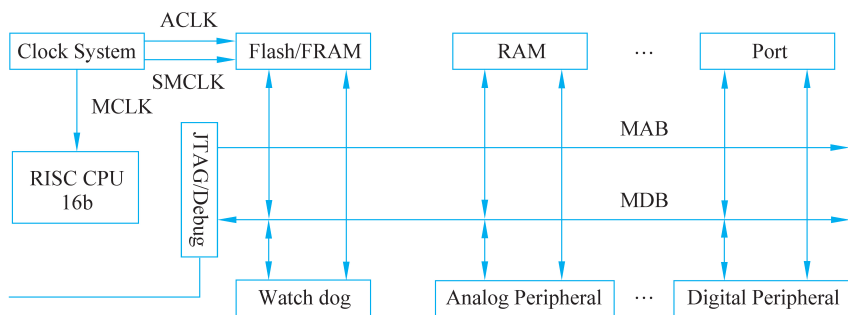


图 3.3 MSP430 单片机的组成框图

传统单片机在静态时的功耗大,无法满足在一些低功耗电池供电系统、掌上系统设计中的要求,而低功耗的 MSP430 系列单片机填补了这一空缺。目前 MSP430 系列单片机在能量表、智能传感、便携式仪器等领域中被灵活使用。

4. DSP

数字信号处理(digital signal processing)是一门涉及许多学科而又广泛应用于许多领域的新兴学科。20 世纪 60 年代以来,随着计算机和信息技术的飞速发展,数字信号处理技术应运而生并得到迅速发展。在过去的 20 多年里,数字信号处理已经在通信等领域得到极为广泛的应用。DSP 是利用计算机或专用处理设备,以数字形式对信号进行采集、变换、滤波、估值、增强、压缩、识别等处理,以得到符合人们需要的信号形式。

世界上第一个单片 DSP 芯片是 1978 年 AMI 公司发布的 S2811,1979 年美国 Intel 公司发布的商用可编程器件 2920 是 DSP 芯片的一个重要里程碑。这两种芯片内部都没有现代 DSP 芯片所必须有的单周期乘法器。1980 年,日本 NEC 公司推出的 μ PD7720 是第一个具有乘法器的商用 DSP 芯片。

此后,最成功的 DSP 芯片当数 TI 的一系列产品。TI 公司将常用的 DSP 芯片归纳为三大系列,即 TMS320C2000 系列(包括 TMS320C2X/C2XX)、TMS320C5000 系列(包括 TMS320C5X/C54X/C55X)、TMS320C6000 系列(包括 TMS320C62X/C67X)。如今,TI 公司的一系列 DSP 产品已经成为当今世界上最有影响的 DSP 芯片。

目前 DSP 芯片应用主要包括如下 4 方面。

(1) 仪器仪表。如频谱分析、函数发生、锁相环、地震处理、数字滤波、模式匹配、暂态分析等。

(2) 自动控制。如引擎控制、声控、机器人控制、磁盘控制器、激光打印机控制、电动机控制等。

(3) 家用电器。如高保真音响、音乐合成、音调控制、玩具与游戏、数字电话与电视、电动工具、固态应答机等。

(4) 信号处理。如数字滤波、自适应滤波、快速傅里叶变换、希尔伯特变换、小波变换、谱分析、卷积、模式匹配、加窗、波形产生等。

3.2.6 微控制器的主要应用

微控制器应用系统软硬件的设计和配置规模都是以满足应用系统功能要求为原则,具有最佳的性能价格比。采用微控制器后,许多硬件电路的功能可以用软件来实现(称为硬件的软化),可以大大减少系统的硬件结构。一方面可以降低成本,另一方面也大大提高了系统的可靠性。微控制器应用系统具有体积小、功耗低、功能强、可靠性高的特点。微控制器在家用电器、办公设备、测控系统、智能仪器仪表、通信系统及机电行业等各个领域获得了广泛应用。随着廉价微控制器的出现,它的应用范围将越来越广泛。

微控制器的应用范围有很多,包括家庭和企业、楼宇自动化、制造业、机器人、汽车、照明、智能能源、工业自动化、通信和物联网(internet of things, IoT)部署。大到火箭制造,小到常用便携电子产品的研发。

简单应用:可以将微控制器用于烤箱、冰箱、烤面包机、移动设备、咖啡机、游戏机、电视和草坪灌溉系统等日常用具。它们在办公机器中也很常见,如复印机、扫描仪、传真机和打印机,以及智能电表、ATM 系统。

复杂应用:可以将微控制器在飞机、航天器、远洋轮船、车辆、医疗和生命保障系统以

及机器人中执行关键功能。在医疗现场,微控制器可以调节人造心脏、肾脏或其他器官的操作。此外,它们还可以优化假肢等设备的功能。

典型应用领域如下。

(1) 机电一体化产品。微控制器与传统机械产品相结合,使传统机械产品结构简化,控制智能化,人机界面更加友好,构成新一代的机电一体化产品,如微控制器控制的编织机、数控机床等。

(2) 智能仪器仪表。用微控制器改造原有的测量、控制仪器仪表,促进了仪器仪表向数字化、智能化、多功能化、综合化、柔性化发展,使仪器仪表具有自动量程选择、自动误差修正、自诊断、数据断电保护等功能。由微控制器构成的仪器仪表集测量、处理、控制功能于一体,赋予测量仪器仪表以崭新的面貌。

(3) 测控系统。用微控制器构成各种工业控制系统、自适应控制系统、数据采集系统等,如电镀生产线自动控制等。

(4) 智能计算机外部设备。如绘图仪、硬盘驱动器均采用了微控制器,针式打印机就由两片微控制器控制,微型计算机的键盘由一片微控制器控制。

(5) 智能传感器。微控制器与传感器的结合,构成了智能传感器,可方便实现非线性校正。

(6) 通信系统。

3.3 微处理器技术

3.3.1 概述

微处理器是由一片或少数几片大规模集成电路组成的中央处理器。这些电路执行控制部件和算术逻辑部件的功能。微处理器能完成取指令、执行指令,以及与外界存储器和逻辑部件交换信息等操作,是微型计算机的运算控制部分。它可与存储器和外围电路芯片组成微型计算机。

微处理器与传统的中央处理器相比,具有体积小、重量轻和容易模块化等优点。微处理器的基本组成有寄存器堆、运算器、时序控制电路,以及数据和地址总线。

自从人类1947年发明晶体管以来,半导体技术经历了硅晶体管、集成电路、超大规模集成电路、甚大规模集成电路等几代,发展速度之快是其他产业所没有的。半导体技术对整个社会产生了广泛的影响,因此被称为“产业的种子”。中央处理器是指计算机内部对数据进行处理并对处理过程进行控制的部件,伴随着大规模集成电路技术的迅速发展,芯片集成密度越来越高,CPU可以集成在一个半导体芯片上。这种具有中央处理器功能的大规模集成电路被统称为微处理器。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。

微处理器已经无处不在,无论是录像机、智能洗衣机、移动电话等家电产品,还是汽车引擎控制,以及数控机床、导弹精确制导等都要嵌入各类不同的微处理器。微处理器不仅是微型计算机的核心部件,也是各种数字化智能设备的关键部件。国际上的超高速巨型

计算机、大型计算机等高端计算系统也都采用大量的通用高性能微处理器建造。

3.3.2 发展历程

CPU 的发展已经有很多年的历史了,这期间,按照其处理信息的字长,CPU 可以分为 4 位微处理器、8 位微处理器、16 位微处理器、32 位微处理器以及 64 位微处理器,可以说个人计算机的发展是随着 CPU 的发展而前进的。微型计算机是指以大规模、超大规模集成电路为主要部件,以集成了计算机主要部件——控制器和运算器——的微处理器为核心,所构造出的计算。经过多年的发展,微处理器的发展历程如图 3.4 所示。

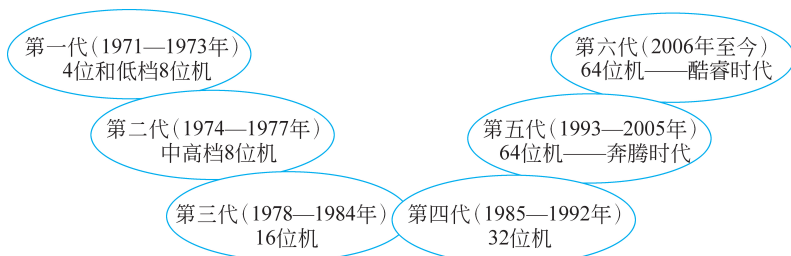


图 3.4 微处理器发展历程图

微处理器的发展大致可分为如下 6 个阶段。

(1) 第一代(1971—1973 年),通常是 以字长为 4 位或低档 8 位的微处理器,典型的是美国 Intel 4004 和 Intel 8008 微处理器。Intel 4004 是一种 4 位微处理器,可进行 4 位二进制的并行运算,它有 45 条指令,速度 0.05MIPS(million instruction per second,百万条指令每秒)。Intel 4004 的功能有限,主要用于计算器、电动打字机、照相机、台秤、电视机等家用电器上,使这些电气设备具有智能化,从而提高它们的性能。Intel 8008 是世界上第一种 8 位微处理器。存储器采用 PMOS 工艺。该阶段计算机工作速度较慢,微处理器的指令系统不完整,存储器容量很小,只有几百字节,没有操作系统,只有汇编语言。主要用于工业仪表、过程控制。

(2) 第二代(1974—1977 年),即中高档 8 位微处理器,典型的微处理器有 Intel 8080/8085,Zilog 公司的 Z80 和 Motorola 公司的 M6800。与第一代微处理器相比,第二代集成度提高了 1~4 倍,运算速度提高了 10~15 倍,指令系统相对比较完善,已具备典型的计算机体系结构,以及中断、直接存储器存取等功能。

由于微处理器可用来完成很多以前需要用较大设备才能完成的计算任务,价格又便宜,于是各半导体公司开始竞相生产微处理器芯片。Zilog 公司生产了 8080 的增强型 Z80,Motorola 公司生产了 6800,Intel 公司于 1976 年又生产了增强型 8085,但这些芯片基本没有改变 8080 的基本特点,都属于第二代微处理器。它们均采用 NMOS 工艺,集成度约为 9000 个晶体管,平均指令执行时间为 1~2 μ s,采用汇编语言、BASIC、FORTRAN 语言编程,使用单用户操作系统。

(3) 第三代(1978—1984 年),即 16 位微处理器。1978 年,Intel 公司率先推出 16 位微处理器 8086,同时,为了方便原来的 8 位机用户,Intel 公司又提出了一种准 16 位微处

理器 8088。

在 Intel 公司推出 8086、8088 CPU 之后,各公司也相继推出了同类的产品,有 Zilog 公司的 Z8000 和 Motorola 公司的 M68000 等。16 位微处理器比 8 位微处理器有更大的寻址空间、更强的运算能力、更快的处理速度和更完善的指令系统。所以,16 位微处理器已能够替代部分小型机的功能,特别在单任务、单用户的系统中,8086 等 16 位微处理器更是得到了广泛应用。

(4) 第四代(1985—1992 年),即 32 位微处理器。1985 年 10 月 17 日,Intel 公司划时代的产品 80386DX 正式发布,其内部包含 27.5 万个晶体管,时钟频率为 12.5MHz,后逐步提高到 20MHz、25MHz、33MHz,最后还有少量的 40MHz 产品。

由于 32 位微处理器的强大运算能力,个人计算机的应用扩展到很多领域,如商业办公和计算、工程设计和计算、数据中心、个人娱乐。80386 使 32 位 CPU 成为个人计算机工业的标准。

(5) 第五代(1993—2005 年),64 位微处理器,典型的为奔腾(Pentium)系列微处理器时代。典型产品是 Intel 公司的奔腾系列微处理器芯片及与之兼容的 AMD 公司的 K6 系列微处理器芯片。内部采用了超标量指令流水线结构,并具有相互独立的指令和数据高速缓存。随着 MMX(MultiMedia eXtended)微处理器的出现,使微型计算机的发展在网络化、多媒体化和智能化等方面跨上了更高的台阶。

(6) 第六代(2006 年至今)是酷睿(Core)系列微处理器时代。酷睿是一款领先节能的新型微架构,设计的出发点是提供卓然出众的性能和能效,提高每瓦特性能,也就是能效比。早期的酷睿是基于笔记本计算机处理器的。

3.3.3 内部架构

以 16 位微处理器 Intel 8086(见图 3.5)为例,可分成两部分:一部分是执行部件(execution unit, EU),即执行指令的部分;另一部分是总线接口部件(bus interface unit, BIU),与 8086 总线联系,执行从存储器取指令的操作。微处理器分成 EU 和 BIU 后,可使执行指令和取指令的操作重叠进行。EU 有一个寄存器堆,由 8 个 16 位的寄存器组成,可用于存放数据、变址和堆栈指针、算术运算逻辑部件(arithmetic and logic unit, ALU)执行算术运算和逻辑操作,标志寄存器(flags register, FR)寄存这些操作结果的条件。EU 中的这些部件是通过数据总线传送数据的。BIU 也有一个寄存器堆,其中 CS、DS、SS 和 ES 是存储空间分段的分段寄存器,IP 是指令指针。内部寄存器也是暂时存放数据的寄存器。指令队列是把预先取来的指令流存放起来。BIU 还有一个地址加法器,把分段寄存器值和偏置量相加,取得 20 位的物理地址。数据和地址通过总线控制逻辑与外面的 8086 系统总线相联系。8086 有 16 位数据总线,处理器与片外传送数据时,一次可传送 16 位二进制数。8086 具有一个初级流水线结构,可以实现片内操作与片外操作的重叠。

3.3.4 基本组成

微处理器的功能可以分为算术逻辑部件(arithmetic and logic unit, ALU)、存储器、I/O

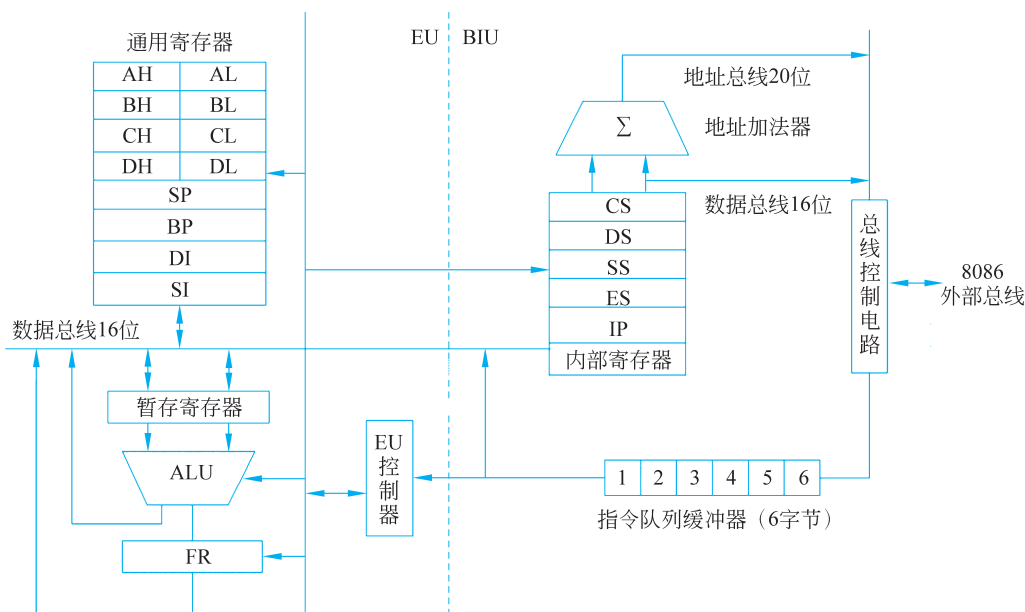


图 3.5 Intel 8086 微处理器内部结构图

接口和总线等部分,其中算术逻辑部件是其主要组成部分。

1. 算术逻辑部件

算术逻辑部件主要完成算术运算(+)、(-)、(×)、(/)、比较)和各种逻辑运算(与、或、非、异或、移位)等操作。ALU 是组合电路,本身无寄存操作数的功能,因而必须有保存操作数的两个寄存器:暂存器 TMP 和累加器 AC。累加器既向 ALU 提供操作数,又接收 ALU 的运算结果。

寄存器阵列实际上相当于微处理器内部的 RAM,它包括通用寄存器组和专用寄存器组两部分,通用寄存器(A,B,C,D)用来存放参加运算的数据、中间结果或地址。它们一般均可作为两个 8 位寄存器使用。处理器内部有了这些寄存器之后,就可避免频繁地访问存储器,缩短指令长度和指令执行时间,提高机器的运行速度,也给编程带来方便。专用寄存器包括程序计数器(PC)、堆栈指示器(SP)和标志寄存器(FR),它们的作用是固定的,用来存放地址或地址基值。

(1) PC 用来存放下一条要执行的指令地址,因而它控制着程序的执行顺序。在顺序执行指令的条件下,每取出一字节的指令,PC 的内容就自动加 1。当程序发生转移时,就必须把新的指令地址(目标地址)装入 PC,这通常由转移指令来实现。

(2) SP 用来存放栈顶地址。堆栈是存储器中的一个特定区域。它按“后进先出”的方式工作,当新的数据压入堆栈时,栈中原存储信息不变,只改变栈顶位置,当数据从栈弹出时,弹出的是栈顶位置的数据,弹出后自动调整栈顶位置。也就是说,数据在进行压栈、出栈操作时,总是在栈顶进行。堆栈一旦初始化(即确定了栈底在内存中的位置)后,SP 的内容(即栈顶位置)便由 CPU 自动管理。

(3) FR 也称程序状态字(program state word, PSW)寄存器,用来存放算术、逻辑运

算指令执行后的结果特征,如结果为 0 时,产生进位或溢出标志等。

定时与控制逻辑是微处理器的核心控制部件,负责对整个计算机进行控制,包括从存储器中取指令、分析指令(即指令译码)确定指令操作和操作数地址、取操作数、执行指令规定的操作、送运算结果到存储器或 I/O 端口等。它还向微型计算机的其他各部件发出相应的控制信号,使 CPU 内、外各部件间协调工作。

内部总线用来连接微处理器的各功能部件,并传送微处理器内部的数据和控制信号。

必须指出,微处理器本身并不能单独构成一个独立的工作系统,也不能独立地执行程序,必须配上存储器、输入输出设备构成一个完整的微型计算机后才能独立工作。

2. 存储器

微型计算机的存储器用来存放当前正在使用的或经常使用的程序和数据。存储器按读写方式分为 RAM 和 ROM。RAM 也称读写存储器,工作过程中 CPU 可根据需要随时对其内容进行读或写操作。RAM 是易失性存储器,即其内容在断电后会全部丢失,因而只能存放暂时性的程序和数据。ROM 的内容只能读出不能写入,断电后其所存信息仍保留不变,是非易失性存储器。所以 ROM 常用来存放永久性的程序和数据。如初始引导程序、监控程序、操作系统中的基本输入输出系统(basic input/output system, BIOS)等。

3. I/O 接口

输入输出接口电路是微型计算机的重要组成部件。它是微型计算机连接外部输入输出设备及各种控制对象,并与外界进行信息交换的逻辑控制电路。由于外部设备的结构、工作速度、信号形式和数据格式等各不相同,因此它们不能直接挂接到系统总线上,必须用输入输出接口电路来进行中间转换,才能实现与 CPU 间的信息交换。I/O 接口也称 I/O 适配器,不同的外部设备必须配备不同的 I/O 适配器。I/O 接口电路是微型计算机应用系统必不可少的重要组成部分。任何一个微型计算机应用系统的研制和设计,实际上主要是 I/O 接口的研制和设计。

4. 总线

总线是计算机系统中各部件之间传送信息的公共通道,是微型计算机的重要组成部件。它由若干条通信线和起驱动、隔离作用的各种三态门器件组成。微型计算机在结构形式上总是采用总线结构,即构成微型计算机的各功能部件(微处理器、存储器、I/O 接口电路等)之间通过总线相连接,这是微型计算机系统结构上的独特之处。采用总线结构后,使系统中各功能部件之间的相互关系转变为各部件面向总线的单一关系,一个部件(功能板/卡)只要符合总线标准,就可以连接到采用这种总线标准的系统中,从而使系统功能扩充或容易更新、结构简单、可靠性大大提高。在微型计算机中,根据它们所处位置和应用场合,总线被分为以下 4 级。

(1) 片内总线:位于微处理器芯片内部,故称为芯片内部总线。用于微处理器内部 ALU 和各种寄存器等部件间的互连及信息传送。由于受芯片面积及对外引脚数的限制,片内总线大多采用单总线结构,这有利于芯片集成度和成品率的提高,如果要求加快内部数据传送速度,也可采用双总线或三总线结构。

(2) 片总线：片总线又称元件级(芯片级)总线或局部总线。微型计算机主板、单板机,以及其他一些插件板、卡(如各种 I/O 接口板/卡),它们本身就是一个完整的子系统,板/卡上包含 CPU、RAM、ROM、I/O 接口等各种芯片,这些芯片之间也是通过总线来连接的,因为这有利于简化结构、减少连线、提高可靠性,方便信息的传送与控制。通常把各种板、卡上实现芯片之间相互连接的总线称为片总线。

(3) 内总线：内总线又称系统总线或板级总线。因为该总线是用来连接微型计算机各功能部件而构成一个完整微型计算机系统的,所以称其为系统总线。系统总线是微型计算机系统中最重要的总线,人们平常所说的微型计算机总线就是指系统总线,如 PC 总线、AT 总线(ISA 总线)、PCI 总线等。系统总线是本书要讨论的重点内容之一。

系统总线上传送的信息包括数据信息、地址信息、控制信息。因此,系统总线包含 3 种不同功能的总线,即数据总线(data bus,DB)、地址总线(address bus,AB)和控制总线(control bus,CB)。

① DB 用于传送数据信息。DB 是双向三态形式的总线,它既可以把 CPU 的数据传送到存储器或 I/O 接口等其他部件,也可以将其他部件的数据传送到 CPU。数据总线的位数是微型计算机的一个重要指标,通常与微处理的字长相一致。例如,Intel 8086 微处理器字长 16 位,其数据总线宽度也是 16 位。需要指出的是,数据的含义是广义的,它可以是真正的数据,也可以是指令代码或状态信息,有时甚至可以是一个控制信息。因此,在实际工作中,DB 上传送的并不一定仅仅是真正意义上的数据。

② AB 是专门用来传送地址的,由于地址只能从 CPU 传向外部存储器或 I/O 端口,所以 AB 总是单向三态的,这与 DB 不同。AB 的位数决定了 CPU 可直接寻址的内存空间大小,如 8 位微型计算机的地址总线为 16 位,则其最大可寻址空间为 $2^{16}=64\text{KB}$,16 位微型计算机的地址总线为 20 位,其可寻址空间为 $2^{20}=1\text{MB}$ 。一般来说,若地址总线为 n 位,则可寻址空间为 2^n 字节。

③ CB 用来传送控制信号和时序信号。在控制信号中,有的是微处理器送往存储器和 I/O 接口电路的,如读写信号、片选信号、中断响应信号等;也有的是其他部件反馈给 CPU 的,如中断申请信号、复位信号、总线请求信号、限备就绪信号等。因此,控制总线的传送方向由具体控制信号而定,一般是双向的,控制总线的位数要根据系统的实际控制需要而定。实际上控制总线的具体情况主要取决于 CPU。

(4) 外总线：也称通信总线。用于两个系统之间的连接与通信,如两台微型计算机系统之间、微型计算机系统与其他电子仪器或电子设备之间的通信。常用的通信总线有 IEEE-488 总线、VXI 总线和 RS-232 串行总线等。外总线不是微型计算机系统本身固有的,只有微型计算机应用系统中才有。

3.3.5 典型发展

1. K5

K5 是 AMD 公司第一个独立生产的 x86 级 CPU,发布时间在 1996 年。由于 K5 在开发上遇到了问题,其上市时间比 Intel 公司的 Pentium 晚了许多,再加上性能不好,这个不成功的产品一度使得 AMD 公司的市场份额大量丧失。K5 的性能非常一般,整数运算

能力不如 Cyrix 的 6x86,但是仍比 Pentium 略强;浮点运算能力远远比不上 Pentium,但稍强于 Cyrix。综合来看,K5 属于实力比较平均的那一种产品。K5 低廉的价格显然比其性能更能吸引消费者,低价是这款 CPU 最大的卖点。

2. K6

AMD 公司自然不甘心 Pentium 在 CPU 市场上呼风唤雨,因此它们在 1997 年又推出了 K6。K6 这款 CPU 的设计指标非常高,它拥有全新的 MMX 指令以及 64KB L1 Cache(比 Pentium MMX 多了一倍),整体性能要优于 Pentium MMX,接近同主频 PⅡ的水平。K6 与 K5 相比,可以平行地处理更多的指令,并运行在更高的时钟频率上。AMD 公司在整数运算方面做得非常成功,K6 稍微落后的地方是在运行需要使用到 MMX 或浮点运算的应用程序方面,比起同样频率的 Pentium 要差许多。K6 拥有 32KB 数据 L1 Cache,32KB 指令 L1 Cache,集成了 880 万个晶体管,采用 $0.35\mu\text{m}$ 技术,五层 CMOS,C4 工艺反装晶片,内核面积 168mm^2 (新产品为 68mm^2),使用 Socket7 架构。Cyrix 是一家老资格的 CPU 开发商了,早在 x86 时代,它和 Intel、AMD 公司就形成了三雄并立的局面。

3. Athlon(K7)

相对于 K6-Ⅱ而言,K6-Ⅲ最大的变化就是内部集成了 256KB 二级缓存(新赛扬只有 128KB),并以 CPU 的主频速度运行。K6-Ⅲ的这一变化将能够更大限度地发挥高主频的优势。此外,该微处理器还带有 64KB 一级缓存(32KB 用于指令,另 32KB 用于数据),而且在主板上还集成了以系统总线频率同步运行的三级缓存,其容量大小为 512KB~2MB。1999 年 6 月 23 日,AMD 公司推出了具有重大战略意义的 K7 微处理器,并将其正式命名为 Athlon。K7 有两种规格的产品:第一种采用 $0.25\mu\text{m}$ 工艺制造,使用 K7 核心,工作电压为 1.6V(其缓存以主频速度的一半运行);第二种采用 $0.18\mu\text{m}$ 工艺制造,使用 K75 核心;工作电压有 1.7V 和 1.8V 两种。上述两种类型的 K7 微处理器内部都集成了 2130 万个晶体管,外频均为 200MHz。

Athlon 包含 128KB 的 L1 Cache(PⅡ/PⅢ只有 32KB);512KB~1MB L2 Cache 的片外缓存。同时,它还采用了全新的宏处理结构,拥有 3 个并行的 x86 指令译码器,可以动态推测时序,乱序执行;K7 拥有一个强劲的浮点处理单元(floating-point processing unit,FPU),在“3DNow!”指令的帮助下会有更进一步的 3D 和多媒体处理能力,这个先进的 FPU 使 K7 拥有超越其他 x86 微处理器 2 倍的性能。另外,K7 采用了一种类似于 Slot 1 的全新的 Slot A 架构,从物理结构上二者可以互换,但后者的电器性能和前者完全不兼容。在总线方面,使用的是 Digital 公司的 Alpha 系统总线协议 EV6,外频达 200MHz;Athlon 是 AMD 公司第一个具有对称多处理(symmetric multiprocessing,SMP)能力的桌面 CPU,即使用者可以用 Athlon 构建双微处理器甚至 4 微处理器系统。AMD 公司在 2000 年 6 月连续推出了新款的 Thunderbird(雷鸟)、Duron(毒龙)微处理器,再次向 Intel Coppermine(铜矿)核心的微处理器发出了强有力的挑战。

4. Thunderbird

Thunderbird 是 AMD 公司面向高端的 Athlon 系列的延续产品,采用 $0.18\mu\text{m}$ 的制

造工艺,共有 Slot A 和 Socket A 两种不同的架构,它们在设计上大致相同:均内置 128KB 的一级缓存和 256KB 的二级缓存,其二级缓存与 CPU 主频速度同步运行;工作电压为 1.70~1.75V,相应的功耗也比老的 Athlon 要小;集成 3700 万个晶体管,核心面积达到 120mm²。

5. Duron

Duron 微处理器是 AMD 公司首款基于 Athlon 核心改进的低端微处理器,它原来的研发代号称为 Spitfire(烈火)。Duron 外频也是 200MHz,内置 128KB 的一级缓存和 64KB 的全速二级缓存,它的工作电压为 1.5V,因而功耗要较 Thunderbird 小。而且它的核心面积是 100mm²,内部集成的晶体管数量为 2500 万个,比 K7 核心的 Athlon 多 300 万个。这些特点符合了 AMD 公司面对低端市场的策略,即低成本、低功耗而又高性能。在浮点性能上,基于 K7 体系的 Duron 明显优于采用 P6 核心设计的 Intel 系列微处理器。Duron 具有 3 个全流水乱序执行单元,一个用于加/减运算,一个用于复合指令,还有一个是浮点存储单元。

6. 其他微处理器发展

1975 年,IBM 公司生产了几款基于 RISC 设计的处理器。其中,801 就是 RISC 之父 John Cocke 的杰作。最终 15 年后设计出 Power 架构系列产品,若干年后更出现一个影响深远的 RISC 结构的芯片系列 ARM。这是 20 世纪 80 年代后,RISC 架构被工业界认可后发展起来的一种微处理器,HP 公司的 PA-RISC。

1975 年,Motorola 公司推出 6800,该款处理器拥有 78 条指令集。Motorola 公司很多款单片装处理器和微处理器的设计思想都来源于 6800,即使曾经很流行的功能强大的 6809,也是继承了 6800 血统。1985 年,Motorola 公司推出 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 PowerPC 而被迫停产。

Z80 是由从 Intel 公司离职的 Federico Faggin 设计的 8 位微处理器,被认为是 8080 的增强版,是当年很牛的一款单片机,比后来风光无限的 51 系列更早进入中国,20 世纪 80 年代初学校都是以 Z80 为基础教学,那种需要用电视作显示器的单板计算机就是用的这种芯片。

半导体行业另一巨头,NSC 公司就是后来收购了设计 x86 系列处理器的 Cyrix 公司。1983 年,由 NSC 公司推出 NS32032,也是一款 RISC 处理器,但是可惜的是 RISC 架构的处理器在个人计算机应用中只有 PowerPC 芯片的市场还算比较成功,其他都很失败,不过在另一领域:嵌入式应用,RISC 架构的处理器确是风光无限。

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 公司是一家既不生产芯片也不销售芯片的公司,它通过出售芯片技术授权,建立新型的微处理器设计、生产和销售商业模式。更重要的是,这种商业模式取得巨大的成功,采用 ARM 技术 IP 核的微处理器遍及各类电子产品:汽车、消费电子、成像、工业控制、海量存储、网络、安保和无线等市场,ARM 技术几乎无处不在。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、Philips 和 NSC 这样的大公司。至于软件系统的合伙人,则包括 Microsoft、

升阳和 MRI 等一系列知名公司。

7. 中国研发

2004 年 2 月 18 日,由清华大学自主研发的 32 位微处理器 THUMP 芯片终于领到了由国家教育部颁发的“身份证”:典型工作频率 400MHz,功耗 1.17MW/MHz,芯片颗粒 40 片,最高工作频率可达 500MHz,是当时国内工作频率最高的微处理器。

此后,随着我国启动发展国产处理器的“泰山计划”,为国产处理器的发展点燃了“星星之火”,这些火种演变成了现在国产处理器设计的三支国家队——飞腾、申威和龙芯。除了“泰山计划”外,我国还通过“863 计划”对国产处理器进行支持。从“十一五”开始,国家通过核高基国家科技重大专项对国产处理器重点企业进行了扶持。“十二五”以来,国家通过集成电路产业优惠政策、产业基金等措施扶持国产处理器产业,国内培育出了一批国产处理器设计单位和研究机构,发展走向正轨。其中,传统的设计机构如龙芯、飞腾、申威、海思、紫光展锐等公司竞争力正在提升,君正、兆芯、海光等新秀公司也在快速成长,科研机构包括中国科学院计算技术研究所、北大众志、国防科技大学、江南计算技术研究所、北京大学、浙江大学等都在积极参与,形成了百花齐放的局面。

3.3.6 微处理器的主要应用

微处理器的主要作用如下。

(1) 工业控制领域。作为 32 位 RISC 架构,基于 ARM 核的微控制器芯片不但占据了高端微控制器市场的大部分市场份额,同时也逐渐向低端微控制器应用领域扩展,ARM 微控制器的低功耗、高性价比,向传统的 8 位/16 位微控制器提出了挑战。

(2) 无线通信领域。目前,已有超过 85% 的无线通信设备采用了 ARM 技术,ARM 以其高性能和低成本,在该领域的地位日益巩固。

(3) 网络应用。随着宽带技术的推广,采用 ARM 技术的 ADSL(asymmetric digital subscriber line)芯片正逐步获得竞争优势。此外,ARM 在语音及视频处理上进行了优化,并获得广泛支持,也对 DSP 的应用领域提出了挑战。

(4) 消费类电子产品。ARM 技术在目前流行的数字音频播放器、数字机顶盒和游戏机中得到广泛采用。

(5) 成像和安全产品。现在流行的数码照相机和打印机中绝大部分采用 ARM 技术,手机中的 32 位 SIM(subscriber identity module)智能卡也采用了 ARM 技术。

3.4 可编程逻辑控制器技术

3.4.1 概述

可编程逻辑控制器(PLC)是专门为在工业环境下应用而设计的数字运算操作电子系统。它采用可编程的存储器,在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令,通过数字式或模拟式的输入输出来控制各种类型的机械设备或生产过程。

3.4.2 简介及发展历史

可编程逻辑控制器是一种具有微处理器的用于自动化控制的数字运算控制器,可以将控制指令随时载入内存进行存储与执行。可编程逻辑控制器由 CPU、指令及数据内存、输入输出接口、电源、DAC 等功能单元组成。早期的可编程逻辑控制器只有逻辑控制的功能,后来随着不断发展,这些当初功能简单的计算机模块已经有了包括逻辑控制、时序控制、模拟控制、多机通信等各类功能,名称也改为可编程控制器(Programmable Controller),但是由于它的简写 PC 与个人计算机(Personal Computer)的简写相冲突,加上习惯的原因,人们还是经常使用可编程逻辑控制器这一称呼,并仍使用 PLC 这一缩写。

现在工业上使用的可编程逻辑控制器已经相当或接近于一台紧凑型计算机的主机,其在扩展性和可靠性方面的优势使其被广泛应用于目前的各类工业控制领域。不管是在计算机直接控制系统还是集中分布式控制系统(distributed control system,DCS)或者现场总线控制系统(field bus control system,FCS)中,总是有各类 PLC 的大量使用。PLC 的生产厂商很多,如西门子、施耐德、三菱、台达等,几乎涉及工业自动化领域的厂商都会有其 PLC 产品提供。

3.4.3 基本结构及工作原理

1. 基本组成

可编程逻辑控制器实质是一种专用于工业控制的计算机,其硬件结构基本上与微型计算机相同,基本组成如图 3.6 所示,基本构成详细描述如下。

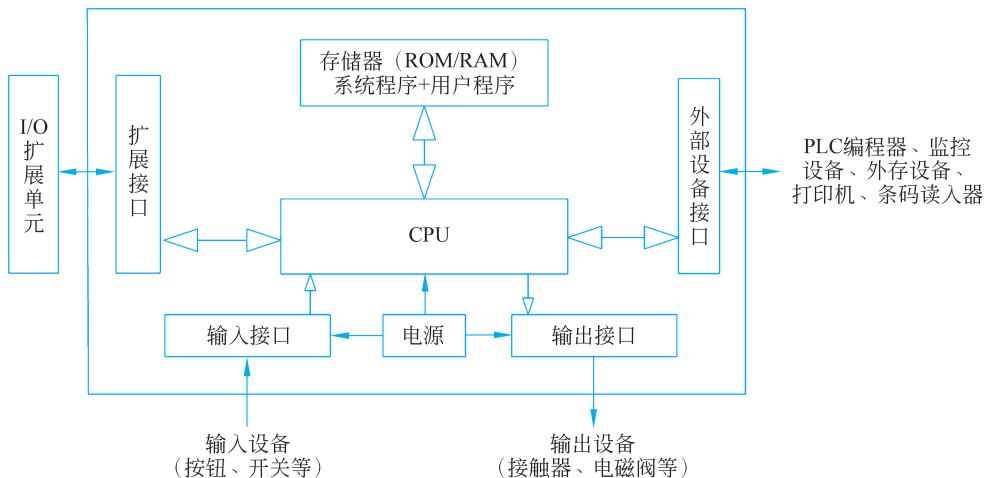


图 3.6 可编程逻辑控制器基本架构图

(1) 电源。电源用于将交流电转换成 PLC 内部所需的直流电,目前大部分 PLC 采用开关式稳压电源供电。

(2) CPU。CPU 是 PLC 的控制中枢,也是 PLC 的核心部件,其性能决定了 PLC 的性能。CPU 由控制器、运算器和寄存器组成,这些电路都集中在一块芯片上,通过地址总

线、控制总线与存储器的输入输出接口电路相连。CPU 的作用是处理和运行用户程序,进行逻辑和数学运算,控制整个系统使之协调。

(3) 存储器。存储器是具有记忆功能的半导体电路,它的作用是存放系统程序、用户程序、逻辑变量和其他一些信息。其中,系统程序是控制 PLC 实现各种功能的程序,由 PLC 生产厂家编写,并固化到 ROM 中,用户不能访问。

(4) 输入接口。输入接口是 PLC 与被控设备之间的连接部件,是信号进入 PLC 的桥梁,它的作用是接收主令元件、检测元件传来的信号。输入的类型有直流输入、交流输入、交直流输入。

(5) 输出接口。输出接口也是 PLC 与被控设备之间的连接部件,它的作用是把 PLC 的输出信号传送给被控设备,即将 CPU 送出的弱电信号转换成电平信号,驱动被控设备的执行元件。输出的类型有继电器输出、晶体管输出、晶闸管输出。

PLC 除上述几部分外,根据机型的不同还有多种外部设备,其作用是帮助编程、实现监控以及网络通信。常用的外部设备有编程器、打印机、计算机等。

2. 工作原理

当可编程逻辑控制器投入运行后,其工作过程一般分为 3 个阶段,即输入采样、用户程序执行和输出刷新。完成上述 3 个阶段称作一个扫描周期。在整个运行期间,可编程逻辑控制器的 CPU 以一定的扫描速度重复执行上述 3 个阶段。

(1) 输入采样。在输入采样阶段,可编程逻辑控制器以扫描方式依次读入所有输入状态和数据,并将它们存入 I/O 映像区中的相应的单元内。输入采样结束后,转入用户程序执行和输出刷新阶段。在这两个阶段中,即使输入状态和数据发生变化,I/O 映像区中的相应单元的状态和数据也不会改变。因此,如果输入是脉冲信号,则该脉冲信号的宽度必须大于一个扫描周期,才能保证在任何情况下,该输入均能被读入。

(2) 用户程序执行。在用户程序执行阶段,可编程逻辑控制器总是按由上而下的顺序依次扫描用户程序(梯形图)。在扫描每条梯形图时,又总是先扫描梯形图左边的由各触头构成的控制线路,并按先左后右、先上后下的顺序对由触头构成的控制线路进行逻辑运算,然后根据逻辑运算的结果,刷新该逻辑线圈在系统 RAM 存储区中对应位的状态;或者刷新该输出线圈在 I/O 映像区中对应位的状态;或者确定是否要执行该梯形图所规定的特殊功能指令。

(3) 输出刷新。当扫描用户程序结束后,可编程逻辑控制器就进入输出刷新阶段。在此期间,CPU 按照 I/O 映像区内对应的状态和数据刷新所有的输出锁存电路,再经输出电路驱动相应的外部设备。这时,才是可编程逻辑控制器的真正输出。

3. 功能特点

可编程逻辑控制器的功能如下。

(1) 可靠性高。由于 PLC 大都采用单片微型计算机,因而集成度高,再加上相应的保护电路及自诊断功能,提高了系统的可靠性。

(2) 编程容易。PLC 的编程多采用继电器控制梯形图及命令语句,其数量比微型计算机指令要少得多,除中、高档 PLC 外,一般的小型 PLC 只有 16 条左右。由于梯形图形

象而简单,因此容易掌握、使用方便,甚至不需要计算机专业知识就可进行编程。

(3) 组态灵活。由于 PLC 采用积木式结构,用户只需要简单地组合,便可灵活地改变控制系统的功能和规模,因此,可适用于任何控制系统。

(4) 输入输出功能模块齐全。PLC 的优点之一是针对不同的现场信号(如直流或交流、开关量、数字量或模拟量、电压或电流等),均有相应的模板可与工业现场的元件(如按钮、开关、传感电流变送器、电动机启动器或控制阀等)直接连接,并通过总线与 CPU 主板连接。

(5) 安装方便。与计算机系统相比,PLC 的安装既不需要专用机房,也不需要严格的屏蔽措施。使用时只需把检测器件与执行机构和 PLC 的 I/O 接口端子正确连接,便可正常工作。

(6) 运行速度快。由于 PLC 的控制是由程序控制执行的,因而无论其可靠性还是运行速度,都是继电器逻辑控制无法相比的。

近年来,微处理器的使用,特别是随着单片机大量采用,大大增强了 PLC 的能力,并且使 PLC 与微型机控制系统之间的差别越来越小,特别是高档 PLC 更是如此。

3.4.4 主要应用

可编程逻辑控制器的应用如下。

(1) 开关量控制。开关量的开环控制是 PLC 的最基本控制功能。PLC 的指令系统具有强大的逻辑运算能力,很容易实现定时、计数、顺序(步进)等各种逻辑控制方式。大部分 PLC 就是用来取代传统的继电接触器控制系统。

(2) 模拟量控制。对于模拟量的闭环控制系统,除了要有开关量的输入输出外,还要有模拟量的输入输出点,以便采样输入和调节输出实现对温度、流量、压力、位移、速度等参数的连续调节与控制。目前的 PLC 不但大型、中型机具有这种功能外,还有些小型机也具有这种功能。

(3) 数字量控制。控制系统具有旋转编码器和脉冲伺服装置(如步进电动机)时,可利用 PLC 实现接收和输出高速脉冲的功能,实现数字量控制。较为先进的 PLC 还专门开发了数字控制模块,可实现曲线插补功能。近来又推出了新型运动单元模块,还能提供数字量控制技术的编程语言,使 PLC 实现数字量控制更加简单。

(4) 数据采集及处理。由于 PLC 主要用于现场控制,所以采集现场数据是十分必要的功能,在此基础上将 PLC 与上位计算机或触摸屏相连接,既可以观察这些数据的当前值,又能及时进行统计分析,有的 PLC 具有数据记录单元,可以用一般个人计算机的存储卡插入该单元中保存采集到的数据。PLC 的另一个特点是自检信号多,利用这个特点,PLC 控制系统可以实现自诊断式监控,减少系统的故障,提高系统的可靠性。

现代 PLC 具有数学运算(含矩阵运算、函数运算、逻辑运算)、数据传送、数据转换、排序、查表、位操作等功能,可以完成数据的采集、分析及处理。这些数据可以与存储在存储器中的参考值比较,完成一定的控制操作,也可以利用通信功能传送到别的智能装置,或将它们打印制表。数据处理一般用于大型控制系统,如无人控制的柔性制造系统;也可用于过程控制系统,如造纸、冶金、食品工业中的一些大型控制系统。

(5) 运动控制。PLC 可以用于圆周运动或直线运动的控制。从控制机构配置来说,