

第一篇

单片机基础篇

项目一

认识单片机

项目目标

- (1) 通过简单的霓虹灯控制器认识单片机的功能和外观。
- (2) 掌握单片机的概念及其结构特点。
- (3) 了解单片机的发展过程以及应用领域。
- (4) 了解 MCS-51 单片机相关产品的参数。
- (5) 了解单片机的发展趋势。

项目学习

电子计算机简称计算机,是一种能对信息进行加工处理的电子设备,具有记忆、判断、运算等功能。在计算机技术的发展过程中,通用微处理器的发展是计算机发展的决定性因素。当通用微处理器发展到一定阶段后,很难兼顾计算机系统和工业微控制器的不同发展要求,因而形成了独立的单片微控制器——单片机。随着计算机技术的发展,单片机技术已成为计算机技术中的一个独特的分支,单片机的应用领域也越来越广泛,特别是在工业控制和仪器仪表智能化中扮演着极其重要的角色。

一、单片机概述

图 1-1 所示是实现霓虹灯控制的实物焊接图。当接通电源给系统供电时,8 个发光二极管将在单片机的控制下,从上到下依次循环点亮,呈现霓虹灯的控制效果。

从图 1-1 中可以看到实现霓虹灯控制需要的所有元器件,除了常见的电阻器、电容器、发光二极管、按键外,核心部件是一只电子芯片 AT89C51。编写的控制程序存储在芯片中,给电路施加 5V 的工作电压,按下电源按键,单片机即执行程序并输出运行结果,从而控制 8 个发光二极管的亮灭。如果将 8 个发光二极管看作本控制系统的输出部分,按键看作输入部分,单片机芯片既能存储程序又能执行程序,还能输出控制信号,则具有了计算机存储器、运算器、控制器的功能。

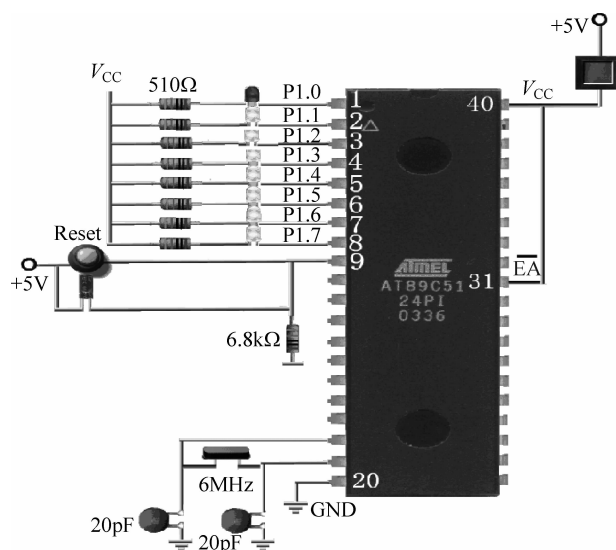


图 1-1 霓虹灯控制实物焊接图

通过以上分析可以认识到,单片机与微型计算机在功能上很相似。而从单片机呈现给用户的外观来看,单片机仅是一块集成电路芯片,即它的所有功能部件都集成在一块芯片上,所以称为单片机(Single-Chip Microcomputer)。图 1-2 给出了几种常见的单片机芯片外形图。

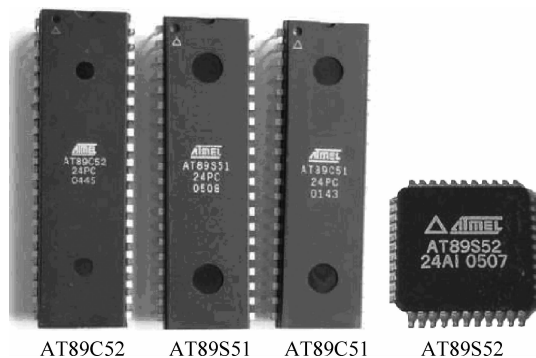


图 1-2 常见的单片机芯片外形图

二、单片机与微型计算机

1. 单片机出现的背景

世界上第一台计算机于 1946 年问世后,其发展与电子技术的发展是密不可分的,经历了电子管、晶体管、中小规模集成电路、大规模和超大规模集成电路 4 个发展阶段。微型计算机是大规模和超大规模集成电路技术发展的直接产物,自 1971 年微型计算机出现后,随着大规模集成电路技术的不断发展,微型计算机的发展出现了以下两个方向。

(1) 向高速度、大容量、多媒体和网络应用等方向发展,表现为巨型化、网络化。可以解决复杂系统计算和高速数据处理的仍然是巨型机,因此,目前巨型机在朝高速数据处理的方向努力。

(2) 向稳定可靠、体积小、功耗低、价格廉、专用型方向发展,表现为单片化。通用微处理器(CPU)的发展是计算机技术发展更新的决定性因素,但通用微处理器发展到一定阶段,很难兼顾通用计算机系统和工业微处理器的不同发展要求,因而在 20 世纪 70 年代中期,产生了独自发展的单片机。在单片机诞生时,Intel 公司就给它取名为嵌入式微控制器(Embedded Microcontroller)。单片机问世以后,与通用微处理器形成了两个分支,各自有了自己的技术特征、发展道路和应用环境。单片机最明显的优势,就是可以嵌入各种仪器、设备中。这一点是巨型机和网络不可能做到的。如图 1-3 所示是个人计算机与单片机的对照图,可以清晰地看到两者外形上的区别。



图 1-3 个人计算机与单片机

2. 单片机的概念及其结构特点

单片机就是把中央处理器 CPU(Central Processing Unit)、随机存取存储器 RAM(Random Access Memory)、只读存储器 ROM(Read Only Memory)、定时/计数器以及 I/O(Input/Output)接口电路等主要功能部件集成在一块集成电路芯片上的微型计算机。虽然单片机只是一个芯片,但从组成和功能上看,它已具备了微型计算机系统的含义。

通过观察和分析,可以认识到单片机有以下特点。

(1) 小巧灵活、成本低、易于产品化。它能方便地组装各种智能式测控设备及各种智能仪器仪表。

(2) 可靠性能高、适应的温度范围宽。单片机芯片本身是按工业测控环境要求设计的,能适应各种恶劣的环境,这是其他机种无法比拟的。

(3) 易扩展、控制功能强。很容易构成各种规模的应用系统。指令系统中有丰富的逻辑功能指令。

(4) 便于实现多机和分布式控制。可以方便地组成多机和分布式计算机控制系统。

三、单片机的发展过程

1970 年微处理器研制成功之后,紧接着就出现了单片机。1971 年美国 Intel 公司生产的 4 位单片机 4004 和 1972 年生产的 8 位单片机雏形 8008,特别是 1976 年 9 月 Intel

公司的 MCS-48 单片机问世以来,在短短的十几年间,经历了多次更新换代,其发展速度大约每二三年要更新一代、集成度增加一倍、功能翻一番。

如果以 8 位单片机的推出作为起点,单片机的发展历史大致可分为以下 4 个阶段。

第一阶段(1974—1978 年):单片机初级阶段。因工艺限制,单片机采用双片的形式而且功能比较简单。例如仙童公司生产的繁荣 F8 单片机,只包括了 8 位 CPU、64B 的 RAM 和两个并行口,需加一块 3851(由 1KB ROM、定时器/计数器和两个并行 I/O 口构成)才能组成一台完整的计算机。

第二阶段(1978—1982 年):低性能单片机阶段。典型产品是 Intel 公司研制的 MCS-48 系列单片机,片内集成了 8 位 CPU、并行 I/O 口、8 位定时器/计数器、RAM 和 ROM 等。但无串行口,中断系统比较简单,片内 RAM 和 ROM 容量较小且寻址范围不大于 4KB。

第三阶段(1982—1990 年):高性能单片机阶段。代表性的产品有 Intel 公司的 MCS-51、Motorola 公司的 6801 和 Zilog 公司的 Z80 等。片内普遍带有并行 I/O 口、多级中断系统、16 位定时器/计数器,片内 ROM、RAM 容量加大,寻址范围可达 64KB,有的片内还带有 A/D 转换器。这类单片机性能价格比较高,目前仍被广泛应用,是当今应用数量较多的单片机机种。

第四阶段(1990 年至现在):8 位单片机巩固发展及 16 位、32 位单片机推出阶段。16 位单片机的典型产品是 Intel 公司的 MCS-96 系列单片机,晶振为 12MHz,片内 RAM 为 256B,ROM 为 8KB,中断处理为 8 级,而且片内带有多通道 10 位 A/D 转换器和高速输入/输出部件(HIS/HOS),实时处理能力很强。32 位单片机除了更高的集成度外,其晶振已达 20MHz,使 32 位单片机的数据处理速度比 16 位单片机增快许多,性能比 8 位、16 位单片机更加优越。

四、MCS-51 系列单片机的发展过程

1976 年 Intel 公司首先推出能称为单片机的 MCS-48 系列单片微型计算机,它以体积小、功能全、价格低等特点,获得了广泛的应用,为单片机的发展奠定了基础,成为单片机发展进程中的一个重要阶段。在 MCS-48 成功的影响下,许多半导体公司和计算机公司争相研制和发展自己的单片机产品。到目前为止,世界各地厂商已研制出大约 50 个系列、30 多个品种的单片机产品,其中有 Motorola 公司的 6801、6802, Zilog 公司的 Z8 系列, Rockwell 公司的 6501、6502 等,此外日本的 NEC 公司、日立公司及 Epson 公司等也都相继推出了各具特色的单片机品种。

尽管目前单片机的品种很多,但其中最具典型性的当属 Intel 公司的 MCS-51 单片机系列。MCS-51 是在 MCS-48 的基础上于 20 世纪 80 年代初发展起来的,虽然它仍然是 8 位的单片机,但其功能有很大的增强。此外它还具有品种全、兼容性强、软硬件资源丰富等特点。因此,应用非常广泛,成为继 MCS-48 之后最重要的单片机品种。直到现在, MCS-51 仍不失为单片机中的主流机型。国内尤以 MCS-51 系列单片机应用最广。由于 8 位单片机的高性能价格比(如 Z8 系列的 Z8600、51 系列的 80C31 每片仅 1~1.5 美

元),估计近几年内,8位单片机将仍是单片机中的主流机型。

从最初的 MCS-48 系列单片机发展到如今的新一代单片机,大致经历了以下 3 个年代。

1. 以 1976 年推出的 MCS-48 系列为代表

其主要的技术特征是将 CPU 和计算机外围电路集成到了一个芯片上,构成新型工业微控制器并取得了成功,为单片机的进一步发展开辟了成功之路。MCS-51 系列 8 位高档单片机是在总结 MCS-48 系列单片机的基础上,于 20 世纪 80 年代初推出的新产品。这一代单片机主要的技术特征是,为单片机配置了完善的外部并行总线(AB、DB、CB)和具有多机识别功能的串行通信接口(UART),规范了功能单元的特殊功能寄存器(SFR)控制模式及适应控制器特点的逻辑处理系统和指令系统,为发展具有良好兼容性的新一代单片机奠定了良好的基础。但是,第一代单片机还未突破单片微机的内涵。

2. 以 80C51 系列为代表

Intel 公司于 1980 年推出的 MCS-51 系列单片机,奠定了嵌入式应用单片微型计算机的经典体系结构,但不久就放弃了进一步发展计划,并实施了 8051 的技术开放政策。在 8051 实现开放后,Philips 公司作为全球著名的电器商以其在电子应用系统的优势,着力发展 80C51 的控制功能及外围单元。将 MCS-51 的单片微型计算机迅速地推进到 80C51 的 MCU 时代,形成了可满足大量嵌入式应用的单片机系列产品。

80C51 系列单片机是在 MCS-51 的 HMOS 基础上发展起来的,它们具有 CHMOS 结构。80C51 系列单片机保留了 MCS-51 单片机的所有特性,内部组成基本相同。最主要的技术特点是向外部接口电路扩展,以实现微控制器(Microcontroller)完善的控制功能。如配置了芯片的串行总线,为单片机应用系统的设计提供了更加灵活的方式。Philips 公司还为 80C51 系列 8XC592 单片机引入了具有较强功能的设备间网络系统总线——CAN(Controller Area Network)总线等。这一系列的单片机为外部提供了相当完善的总线结构,为系统的扩展与配置打下了良好的基础。

此外,由于 80C51 系列是采用 CMOS 技术制造而成,较之 MCS-51 系列集成度高、速度快、功耗低。

3. 单片机内核 SoC 化

SoC(System on a Chip): 片上系统,指的是在单个芯片上集成一个完整的系统,对所有或部分必要的电子电路进行包分组的技术。所谓完整的系统一般包括中央处理器(CPU)、存储器以及外围电路等部件。SoC 是与其他技术并行发展的,如绝缘硅(SOI),它可以提供增强的时钟频率,从而降低微芯片的功耗。

片上系统技术通常应用于小型的、日益复杂的客户电子设备。例如,声音检测设备的片上系统是在单个芯片上为所有用户提供包括音频接收端、模数转换器(ADC)、微处理器、必要的存储器以及输入/输出逻辑控制等设备。此外系统芯片还应用于单芯片无线产品,如蓝牙设备,支持单芯片 WLAN 和蜂窝电话解决方案。

由于空前绝后的高效集成性能,片上系统是替代集成电路的主要解决方案。SoC 已经成为当前微电子芯片发展的必然趋势。

五、单片机在生活中的应用及其意义

1. 单片机在生活中的应用

由于单片机是应工业控制系统智能化的迫切要求而产生的,因此它必然以革命性的姿态应用于工业测控系统中。同时,家用电器、机电一体化以及仪器仪表行业也都是单片机大量应用的领域。多个单片机可方便地以一定的拓扑结构构成多种系统,适应单片机系统在工业控制网络中的应用。

(1) 单片机在家用电器中的应用

家用电器诸如电视机、录像机、洗衣机、电风扇和空调机等已普遍采用了单片机或专用单片机集成电路控制器。在日本,家用电器的单片机控制率已达到 90%。随着家用电器功能的日趋复杂化和节能化,不使用单片机控制的家用电器已毫无竞争能力。

图 1-4 所示为一款洗衣机微电脑电路控制板(HSDZ-056)。在洗衣机中应用模糊控制算法可以简化人的选择性操作,由洗衣机自动判别选择最佳控制程序,目前已能实现 1300 种全自动洗衣操作。单片机还能对其所控制的家用电器以直观的数字显示,并对各关键环节进行自检和运行监视,发生故障立即报警。

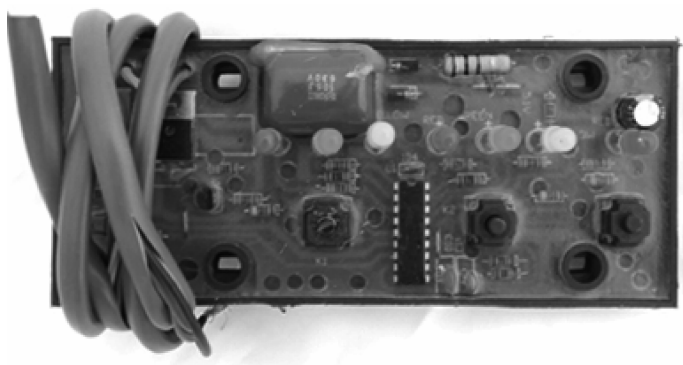


图 1-4 一款洗衣机微电脑电路控制板(HSDZ-056)

(2) 单片机在机电一体化中的应用

在机电一体化的数控机床中,对于未来的数控系统的设计,国外学者提出了所谓的开放式结构,即以工作站或微机配一种适当的标准实时工业总线构成开发平台,并在此基础上建立起用于集成开发的系统软件模块库和系统硬件模块库,并不断对软、硬件模块进行开发,丰富系统模块的内容。当需要某一类型的数控时,可以直接从软、硬件库中进行模块选取,并在平台环境下对软、硬件模块进行优化组合配置,最终集成出所需的数控系统。而采用高性能的单片机芯片开发硬件模式,可直接完成实时控制任务,是最合理并且切实可行的。一种数控铣床面板智能处理单元原理如图 1-5 所示。

(3) 单片机在仪器仪表中的应用

仪器仪表是单片机广泛应用的领域。目前常将具有单片机的仪器仪表称为智能仪表,智能仪器仪表最主要的特点是提高了测量精度和测量速度,改善了人-机界面,简化了

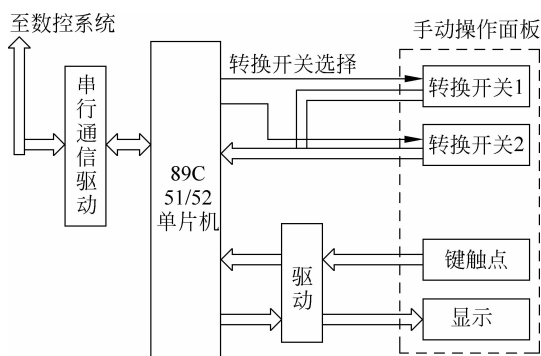


图 1-5 数控铣床面板智能处理单元原理图

操作。许多智能仪器仪表还能自动完成校正、补偿、测量值的误差分析和处理、对测量值进行各种数学运算、标准变换等,使输出的数据与被测量值直接对应,有的还可以存储、联网等。

智能仪器仪表主要采用 CMOS 工艺的单片机,因为它的功耗低,并且电压适应范围较宽。4 位单片机主要用于便携式仪器仪表,其主要厂商有 NS、NBC、Philips、OK1 等。8 位单片机以 Intel 8048、8051 和 Motorola 的 6805 为主流,尤其是 8051 系列的单片机,已有数十个品种,是智能仪器仪表中使用最多的单片机。16 位单片机适用于中、高级的复杂控制系统,在智能仪器仪表中用量不大。单片机在智能手机中的应用如图 1-6 所示。

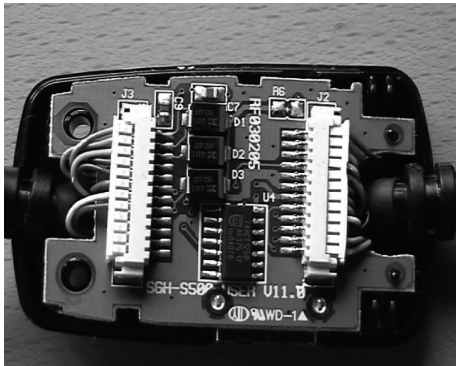


图 1-6 单片机在智能手机中的应用

2. 单片机应用的意义

中国目前的单片机年用量还不到世界目前年产量的 1%,而中国经济的快速发展以及遍布城乡的大量中小型企业已形成对单片机应用的巨大需求。单片机在各行各业中大量成功地应用将产生巨大的经济效益。

此外,应当认识到,单片机应用的意义绝不仅限于它的广阔范围以及所带来的经济效益,更重要的意义在于,单片机的应用正从根本上改变着传统的数控系统的设计思想和设计方法。从前使用继电器、模拟电路、数字电路实现的大部分控制功能,现在已能利用单

片机通过软件的方法实现了,这种以软件取代硬件并能提高系统性能的控制技术称为微控制技术。微控制技术标志着一种全新概念的出现,是针对传统控制技术的一次革命。随着单片机应用的推广普及,微控制技术必将不断发展,日益完善。因此,了解单片机、掌握其应用技术具有非常重要的意义。

实际上,单片机几乎在人类生活的各个领域都表现出强大的生命力,使计算机的应用范围达到了前所未有的广度和深度。单片机的出现尤其对电路工作者产生了观念上的冲击。过去经常采用模拟电路、数字电路实现的电路系统,现在相当大一部分可以用单片机予以实现,传统的电路设计方法已演变成软件和硬件相结合的设计方法,而且许多电路设计问题将转化为纯粹的程序设计问题。

六、常见单片机的产品型号及其功能配置

MCS-51 系列单片机分为 51 和 52 两个子系列。具体功能对照如表 1-1 所示。

表 1-1 常用的 51、52 系列单片机型号及其功能配置

子系列	型 号	程序存储器/ 可扩展空间	数据存储器/ 可扩展空间	定时器	中断源	串行口	并行口	晶振 /MHz
51	8031/80C31	0/64KB	128B/64KB	2	5	异步×1	4×8	2~12
	8051/80C51	4KB ROM/60KB	128B/64KB	2	5	异步×1	4×8	2~12
	8751/87C51	4KB EPROM/60KB	128B/64KB	2	5	异步×1	4×8	2~12
	8951/89C51	4KB EEPROM/60KB	128B/64KB	2	5	异步×1	4×8	2~12
52	8032/80C32	0/64KB	256B/64KB	3	6	异步×1	4×8	2~12
	8052/80C52	8KB ROM/56KB	256B/64KB	3	6	异步×1	4×8	2~12
	8752/87C52	8KB EPROM/56KB	256B/64KB	3	6	异步×1	4×8	2~12
	8952/89C52	8KB EEPROM/56KB	256B/64KB	3	6	异步×1	4×8	2~12

MCS-51 系列单片机一般采用 HMOS(高密度 NMOS)和 CHMOS(高密度 CMOS)两种工艺制造,前者如 8051,后者如 80C51,它们的逻辑电平与 TTL 电路兼容,所以用 MCS-51 系列单片机输出端口驱动 TTL 电路或 CMOS 电路,或者用 TTL 电路或 CMOS 电路驱动 MCS-51 系列单片机,均无须接口电路,可以直接相连。

七、单片机的发展趋势

纵观单片机的发展过程,可以预示单片机的发展趋势,大致有以下 3 方面。

1. 低功耗 CMOS 化

MCS-51 系列的 8031 推出时的功耗达 630mW,而现在的单片机普遍都在 100mW 左右。随着对单片机功耗要求越来越低,现在的各个单片机制造商基本都采用了 CMOS(互补金属氧化物半导体工艺)。例如 80C51 系列单片机就采用了 HMOS(高密度金属氧化物半导体工艺)和 CHMOS(互补高密度金属氧化物半导体工艺)。CMOS 虽然功耗较