

案例目标1 单片机的认知

随着科学技术的发展,单片机的应用越来越广泛,单片机控制技术不断更新。从它诞生之日起,就令广大的电子爱好者“暗恋”。单片机被广泛应用于家用电器、仪器仪表、工业自动控制、医用设备、办公自动化设备、安全监控、国防、航空航天等领域。

单片机之所以应用广泛,主要是人们通过软件编程,就能轻而易举地实现单片机的检测与控制。正因为单片机的嵌入应用,电器才会不断更新换代,控制才会越来越智能,功能才会越来越强大。单片机的出现使人们体验到电子产品的先进技术,感受到生活的便捷,提高了生产效率和安全系数。可见,人们的生活和单片机密切相关,单片机的作用越来越大。

通常所说的单片机,一般指 8 位的 51 系列、AVR 系列、PIC 系列等有代表性的机型;后来出现了 16 位单片机,如 96 系列;又出现了 32 位单片机,如 ARM 等。随着科技的进步,单片机技术又进一步提高和超越。

单片机和嵌入式控制系统有着千丝万缕的联系。嵌入式控制系统从定义出发,是指嵌入对象体系中的专用计算机系统。由于嵌入式系统有过很长的一段单片机独立发展的道路,大多基于 8 位单片机,实现最底层的嵌入式系统应用。大多数从事单片机应用开发的人员,都是对象系统领域中的电子系统工程师,以研究“智能化”器件的身份进入电子系统领域,没有带入“嵌入式系统”的概念,脱离了计算机专业领域。因此,不少从事单片机应用的人不了解单片机与嵌入式系统的关系,在谈到“嵌入式系统”时,往往理解成计算机专业领域的,基于 32 位嵌入式处理器,从事网络、通信、多媒体等的应用。这样,“单片机”与“嵌入式系统”形成了嵌入式系统中常见的两个独立的名词。但由于单片机是典型的、独立发展起来的嵌入式系统,从学科建设的角度出发,应该把它统一成“嵌入式系统”。

“单片机”一词源于 Single Chip Microcomputer,简称 SCM。随着 SCM 技术及其体系结构的不断扩展,其控制功能不断完善,单片机已不能用“单片微型计算机”准确表达其含义了,所以国际上逐渐采用 MCU(Micro Controller Unit)代替,形成了单片机界公认的、最终统一的名词。在我国,因为“单片机”一词沿用至今,所以仍在继续使用。

可以将单片机简单地理解成一块具有特殊功能的集成芯片,这种芯片不像一般的芯片功能固定。通过编写程序控制这块芯片的某些引脚输出高、低电平。如果是5V单片机,高电平表示5V,即电源的正极,也就是电流的流出方向;低电平是0V,即电源的负极,也就是电流的流入方向。这样,就能控制与单片机引脚相连的外围设备,还能通过程序识别和单片机相连的外围设备的电信号。利用单片机的实例如下。

(1) 单片机智能交通灯实例。城市智能交通系统中,路口信号灯控制子系统是现代城市交通监控指挥系统中重要的组成部分,在各种交通监控体系中是一个必不可少的单元。如果能研制一种稳定、高效的灯控系统模块,挂接于各种智能交通控制系统下作为下位机,根据上位机的控制要求或命令,方便、灵活地控制交通灯,无疑是有意义的。传统的交通信号灯控制系统电路复杂、体积大、成本高,然而采用模块化的单片机系统控制交通信号,不仅可以简化电路结构、降低成本、减小体积,而且控制能力强,配置灵活,易于扩展;能够根据上位机对交通流量进行监测而得出控制命令,方便、高效地设定路口交通灯运行模式。新型交通灯单片机控制系统通过程序编程,可实现很强的控制能力,并且安装灵活,设置方便,其模块化、结构化的设计使其具有良好的可扩展性。交通灯控制子系统是智能交通系统中的重要组成部分。可以选择一种微处理器作为核心芯片,设计一种通用化、可独立挂接的交通灯控制模块。图1.1所示是单片机智能交通灯系统的一个实例图。可以看到,该系统的硬件电路围绕STC89C52RC搭建,由单片机的I/O口给出控制信号,驱动交通灯运行。

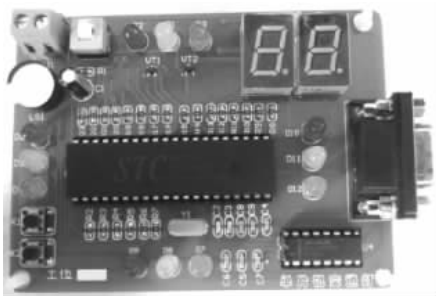


图 1.1 单片机智能交通灯系统实例

(2) 单片机智能风扇实例。电风扇并未随着空调的普及而淡出市场,相反,家用电风扇因其风力温和、价格低廉、相对省电、安装和使用简单等特点受到中老年人、儿童和体质较弱的人群欢迎。以单片机为核心控制器,设计出无线遥控智能可调风扇,通过无线遥控和单片机通信,控制电风扇的风速,使其工作在高、中、低三挡。此外,通过温度传感器检测环境温度,建立控制系统,使电风扇随室内温度的变化而自动变换挡位,实现“温度高,风力大;温度低,风力弱”的功能,既节能环保,又安全可靠,具有广泛的应用前景。图1.2所示是基于STC89C52单片机的智能风扇控制实例。

(3) 单片机智能循迹小车实例。随着汽车科技的进步,智能小车的实验与设计越发重要。智能小车一般具有自动寻迹、躲避障碍物、报警等功能,所运用的知识较广泛,主要涉及汽车、机械和计算机等专业。智能小车不但代表汽车技术的发展,也是学校培养学生的学习能力与动手能力的一种主要手段。智能小车硬件部分主要由驱动转向模块、霍尔元件、采集模块和供电模块等组成。路面黑色引导线由红外线传感器检测与采集,然后输送给单片机,

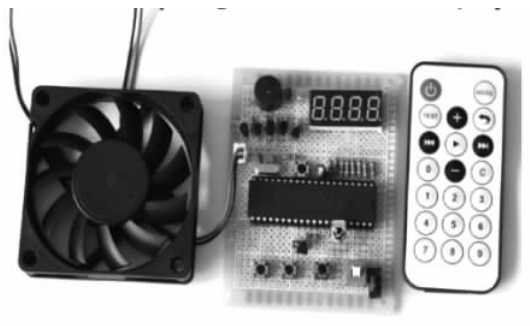


图 1.2 单片机智能风扇控制实例

由单片机控制驱动器使电动机转动。软件部分利用 C 语言实现,并对小车的转向与速度控制方式进行多次改进,通过多次测试完成智能小车避障与循迹任务。单片机智能循迹小车实例如图 1.3 所示。

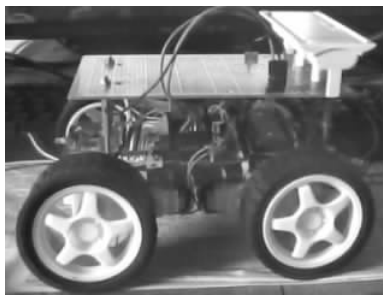


图 1.3 单片机智能循迹小车实例

1.1 单片机概述

自 20 世纪 70 年代单片机问世以来,其功能和技术不断扩展,单片机得到广泛的应用。随着单片机集成度越来越高以及单片机系统的广泛应用,需要软件编程的能力越来越高,所以本书在介绍和讲解单片机的同时,注重培养学生软件编程能力。C51 语言是近年来国内外在 51 单片机开发中普遍使用的一种程序设计语言。由于 C51 语言功能强大,可读性好,便于模块开发,库函数非常丰富,编写程序可移植性好等优点,使之成为单片机应用系统开发最快速、最高效、最普遍的程序设计语言。本书力求把 51 单片机的片内硬件结构以及外围电路的接口设计与 C51 单片机编程紧密地结合在一起,避免利用较难掌握的汇编语言进行程序设计。

目前大多数单片机都支持程序的在系统(在线)编程(In System Program,ISP),只需一条 ISP 并口下载线,就可以把仿真调试通过的程序从 PC 写入单片机的 Flash 存储器,省去编程器。高级单片机还支持在线应用编程(IAP),可在线分布调试,省去了仿真器。

在应用上,单片机称为嵌入式控制器。第一款单片机由 Intel 公司发明,叫作 4004 单片机,后来慢慢发展出 MCS-51 系列和 MCS-96 系列单片机。MCS-51 系列单片机的代表性产品为 8051,其内部包括 1 个 8 位 CPU、128B RAM 数据存储,21 个特殊功能寄存器

(SFR)、4个8位并行I/O口、1个全双工串行口、2个16位定时器/计数器、5个中断源和4KB ROM程序存储器。由于MCS-51系列单片机优势明显,市场占有率高,许多厂家、科技公司以MCS-51单片机为基核进行二次开发。Intel公司以专利转让的形式把8051的内核技术转让给许多半导体芯片生产厂家,如Atmel、Philips、Cygna1、Analog、LG、ADI、Maxim、Dallas等公司。这些公司生产的兼容机均采用8051的内核结构,指令系统相同,采用CMOS工艺。人们常用80C51来称呼所有具有8051内核并兼容8051指令系统的单片机,统称其为51单片机。在这些公司中,美国Atmel公司推出的AT89C5x/AT89S5x系列单片机在我国目前的8位单片机市场表现得比较活跃。这两种系列单片机与MCS-51系列单片机在原有功能、引脚以及指令系统方面完全兼容,并且增加了一些新的功能,如“看门狗”定时器WDT、ISP及SPI串行接口技术等。

1.1.1 单片机组成及其特点

单片机是指在一块芯片上集成了CPU、ROM、RAM、定时器/计数器和多种I/O接口电路等,具有一定规模的微型计算机。单片机与通用微型计算机相比,在硬件结构、指令设置上有其独到之处,其主要特点如下所述。

(1) 单片机中的存储器以ROM、RAM严格分工。ROM为程序存储器,只存放程序、常数及数据表格;RAM为数据存储器,用作工作区,存放变量。

(2) 采用面向控制的指令系统。为满足控制的需要,单片机的逻辑控制能力优于同等级的CPU,特别是单片机具有很强的位处理能力,运行速度较高。

(3) 单片机的I/O口引脚通常是多功能的。例如,通用I/O引脚可以复用,作为外部中断或A/D输入的模拟输入口等。

(4) 系统齐全,功能扩展性强,与许多通用微机芯片接口兼容,给应用系统的设计和生 产带来极大的方便。

(5) 单片机应用是通用的。单片机主要作为控制器使用,但功能上是通用的,可以像微处理器那样广泛地应用在各个领域。

(6) 体积尺寸小,如各种贴片单片机。

(7) 功能丰富,实时响应速度快,可对I/O直接操作。

(8) 使用便捷,硬件结构简单,提供了便捷的开发工具。

(9) 性价比高,电路板小,接插件少。

1.1.2 单片机分类

单片机的分类不是统一的和严格的。从不同角度,单片机大致分为通用型/专用型、总线型/非总线型、工控型/家电型以及8位、16位、32位等类型。

1. 通用型/专用型

这是按单片机适用范围、使用场合来区分的。例如,80C51是通用型单片机,它不是为某种专业用途设计的。专用型单片机是针对一类产品设计生产的,例如为了满足电子万能表性能要求设计的单片机。

2. 总线型/非总线型

这是按单片机是否提供并行总线来区分的。总线型单片机普遍设置有并行地址总线、

数据总线、控制总线。另外,许多单片机把所需要的外围器件及外设接口集成在片内,可以不要并行扩展总线,降低了成本。这类单片机称为非总线型单片机。

3. 工控型/家电型

这是按照单片机的应用领域区分的。工控型单片机运算能力强,适合在环境条件恶劣的情况下使用。用于家电的单片机通常是小封装、低价格,其外围器件和外设接口集成度高。

4. 8位、16位、32位

目前8位单片机的品种最丰富,应用最广泛,主要分为51系列及非51系列单片机。51系列单片机生产厂商如Atmel(爱特梅尔)、Philips(飞利浦)、Winbond(华邦)等。非51系列有Microchip(微芯)的PIC单片机、Atmel的AVR单片机、义隆EM78系列,以及Motorola(摩托罗拉)的68HC05/11/12系列单片机等。16位单片机的操作速度及数据吞吐能力在性能上比8位机有较大提高。目前,应用较多的有TI的MSP430系列、凌阳SPCE061A系列、Motorola的68HC16系列、Intel的MCS-96/196系列等。32位单片机主要指以ARM公司研制的一种32位处理器为内核(主要有ARM7、ARM9、ARM10等)的ARM芯片,运行速度和功能大幅提高。随着技术发展以及价格下降,将会与8位单片机并驾齐驱,如ST公司的STM32系列、飞利浦的LPC2000系列、三星的S3C/S3F/S3P系列等。

1.1.3 几种教学中常见单片机的区别

在教学中经常看到AT89C51、AT89C52、AT89S51、AT89S51、AT89S52、STC89C51、STC89C52、STC89C51RC、STC89C52RC等型号单片机。下面以表格的形式帮助大家理解它们的相同点和区别。AT系列单片机是Atmel公司生产的以8051为内核的单片机,部分选型列表如表1.1所示。STC系列单片机是宏晶科技生产的以8051为内核的单片机,部分选型列表如表1.2和表1.3所示。

表 1.1 Atmel 51 单片机选型列表

型 号	Flash 程序存 储器 (KB)	IAP	ISP	E ² PROM (KB)	RAM (B)	f_{\max} /MHz	V_{CC}/V	I/O 数量	UART	16位定 时器	WDT	SPI
AT89C51	4	—	—	—	128	24	5±20%	32	1	2	—	—
AT89C52	8	—	—	—	256	24	5±20%	32	1	3	—	—
AT89C2051	2	—	—	—	128	24	2.7~6.0	15	1	2	—	—
AT89C4051	4	—	—	—	128	24	2.7~6.0	15	1	2	—	—
AT89S51	4	—	YES	—	128	33	4.0~5.5	32	1	2	Yes	—
AT89S52	8	—	YES	—	256	33	4.0~5.5	32	1	3	Yes	—
AT89S2051	2	—	YES	—	256	24	2.7~5.5	15	1	2	—	—
AT89S4051	4	—	YES	—	256	24	2.7~5.5	15	1	2	—	—
AT89S8253	12	—	YES	2	256	24	2.7~5.5	32	1	3	Yes	Yes
AT89C51ED2	64	UART	API	2	2048	60	2.7~5.5	32	1	3	Yes	Yes
AT89C51RD2	64	UART	API	—	2048	60	2.7~5.5	32	1	3	Yes	Yes



表 1.2 STC89C51/52 单片机选型列表

型号	工作电压(V)	Flash 程序存储器(KB)	SRAM 字节	定时器	UART 串口(个)	DPTR	E ² PROM (KB)	看门狗	A/D	最多 I/O 数量	支持掉电唤醒外部中断(个)	掉电唤醒专用定时器	内置复位	所有封装 (强烈推荐 LQFP44)			
														LQFP44	PDIP40	PQFP44	
STC89C/LE52 系列单片机选型一览																	
STC89C51	5.5~3.8	4	512	3	1	2	9	有	无	39	4	无	有	2.55	2.75	2.8	2.65
STC89LE51	3.6~2.4	4	512	3	1	2	9	有	无	39	4	无	有	2.55	2.75	2.8	2.65
STC15W404S 不需要外部时钟 不需要外部复位	5.5~2.4	4	512	3	1	2	9	强	无	42	5	有	强	2.5	3.0		
STC89C52	5.5~3.8	8	512	3	1	2	5	有	无	39	4	无	有	2.55	2.75	2.8	2.65
STC89LE52	3.6~2.4	8	512	3	1	2	5	有	无	39	4	无	有	2.55	2.75	2.8	2.65

表 1.3 STC89C51/52RC 单片机选型列表

型号	工作电压(V)	最高时钟频率(Hz)		Flash 程序存储器(KB)	SRAM 字节	定时器	UART 串口(个)	DPTR	E ² PROM (KB)	看门狗	A/D	中断源	中断优先级	最多 I/O 数量	支持掉电唤醒外部中断(个)	内置复位	所有封装		
		5V	3V														LQFP44	PDIP40	PLCC44
STC89C/LE51RC 系列单片机选型一览																			
STC89C51RC	5.5~3.5	0~80M		4	512	3	1	2	9	有	—	8	4	39	4	有	2.8	3.3	3.4
STC89LE51RC	3.6~2.2		0~80M	4	512	3	1	2	9	有	—	8	4	39	4	有	2.8		3.4
STC15W404S 不需要外部时钟 不需要外部复位	5.5~2.4		5~35M	4	512	3	1	2	9	强	—	12	2	42	5	强	2.5	3.0	
STC89C52RC	5.5~3.5	0~80M		8	512	3	1	2	5	有	—	8	4	39	4	有	2.8	3.1	3.4
STC89LE52RC	3.6~2.2		0~80M	8	512	3	1	2	5	有	—	8	4	39	4	有	2.8		3.4

1.2 单片机的应用

因为单片机的特点和优势凸显,所以其应用领域广泛。以下概括了单片机应用的主要领域。

(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,升级换代,提高档次,如家用全自动洗衣机、变频空调、电视机、录像机、微波炉、电冰箱、电饭煲等。再比如,现代办公室使用的大量通信电子办公设备都嵌入了单片机,如打印机、复印机、传真机、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。

(2) 智能化仪表:单片机智能化功能大大提高了仪表的功能,强化了其数据处理和采集功能,数据处理效率和速度不断提高,增添了许多实际应用功能,如数据存储、故障检测。同时,结合互联网技术,实现了联网集控等功能。

(3) 商业营销设备:在商业营销系统中广泛使用的电子秤、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、冷冻保险系统等,都采用单片机控制。

(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、冶金等工业领域中都要用到单片机控制。

(5) 智能化通信产品:最突出的是手机。当然,手机内的芯片属专用型单片机。

(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(黑匣子)等都离不开单片机。

(7) 航空航天系统和国防军事、尖端武器等领域:单片机的应用更是不言而喻。

单片机应用不仅在于它的广阔范围及带来的经济效益,更重要的是,它从根本上改变了控制系统的传统设计思想和方法。以前采用硬件电路实现的大部分控制功能,正在用单片机通过软件方法来实现。以前自动控制中的PID调节,现在可以用单片机实现具有智能化的数字控制、模拟控制和自适应控制。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技术。随着单片机的应用和推广,微控制技术将不断发展和完善。

硬件设计是单片机应用开发的基础,软件编程建立在硬件开发的基础之上,软、硬件设计巧妙结合是保证项目开发质量的关键。单片机生产商在将功能落实到实际应用的同时,不断在单片机开发环境上下功夫,国内外单片机生产厂商都有自己独特的软件和硬件开发平台。单片机学习的主要内容是软件和硬件环境。

1. 软件开发环境

软件开发涉及四部分内容:C语言编译器、汇编器、调试器、烧录软件。软件开发环境涉及的部件及其相互关系如图1.4所示。

2. 硬件开发环境

单片机的应用开发不单是指软件开发,它与开发语言和硬件密切相关。掌握单片机应用的软硬件开发需要一个过程。首先必须掌握数字电路和模拟电路方面的知识,还必须学习单片机原理、硬件结构、扩展接口和编程语言。初次开发时因没有经验,可能要经过多次反复才能完成项目,会有较大的收获和积累,表现在硬件设计方面的积累、软件编程方面的

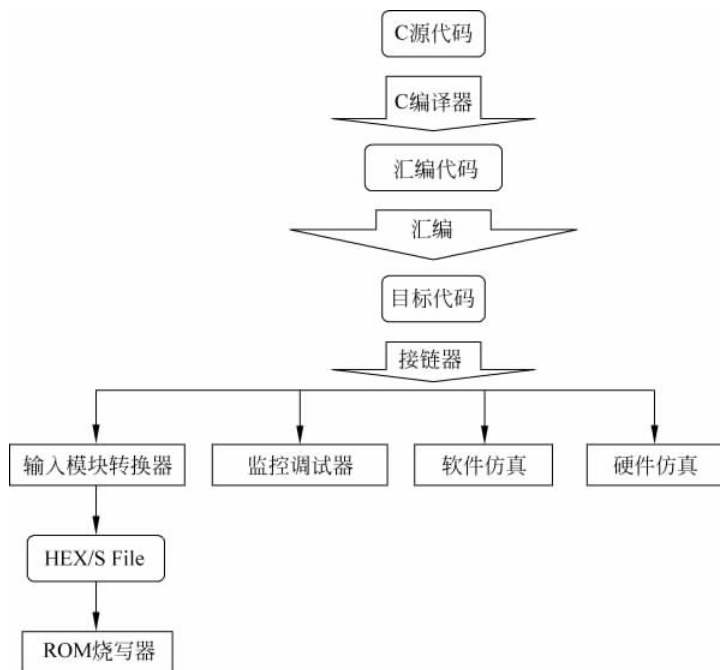


图 1.4 软件开发环境涉及的部件及其相互关系

积累、设计与调试经验方面的积累。单片机应用开发是市场需要,硬件是市场需要的最终目标。单片机应用开发编程必须通过硬件来实现。调试是在硬件实现的同时加以验证的手段。单片机控制处理能力的实现依赖于程序存储器中的程序。程序必须通过烧录才能载入单片机的程序存储器。目前,大多数单片机具备在线烧录能力,不再使用硬件烧录器就能完成烧录。在单片机应用开发过程中,硬件仿真是必要的。硬件仿真器是单片机开发过程中进行硬件仿真调试的仪器,一般需要在软件工具的配合下才能实现硬件仿真。

1.3 单片机的历史与发展

早期的单片机都是 8 位或 4 位的。其中最成功的是 Intel 8031,因其简单、可靠且性能好,获得了好评。此后在 8031 的基础上发展出 MCS-51 系列单片机系统。基于这一系列的单片机系统直到现在仍广泛使用。随着工业控制领域要求的提高,出现了 16 位单片机,但因为性价比不理想,并未得到广泛应用。20 世纪 90 年代,随着消费电子产品大发展,单片机技术有了很大提高。后来以 ARM 系列为代表的 32 位单片机迅速取代了 16 位单片机的地位,并且进入主流市场。而传统的 8 位单片机的性能也飞速提高,处理能力比起 80 年代提高了很多倍。目前,高端的 32 位单片机主频已经超过 300MHz,性能直追 90 年代中期的专用处理器。而普通型号的单片机出厂价格跌至 1 美元,最高端型号的单片机也只有 10 美元。当代单片机系统不再只在裸机环境下开发和使用的,大量专用的嵌入式操作系统被广泛应用在全系列单片机上。作为掌上计算机和手机核心处理器件的高端单片机,甚至可以直接使用专用的 Windows 和 Linux 操作系统。事实上,单片机是世界上数量最多的计算机。现代人类生活中所用的电子和机械产品中几乎都会用到单片机。手机、电话、计算器、家用

电器、电子玩具、掌上计算机以及鼠标等计算机配件中最少配有一两个单片机。个人计算机中也有为数不少的单片机在工作。汽车上一般配备 40 多个单片机,复杂的工业控制系统上甚至可能有数百台单片机在同时工作。

单片机诞生于 20 世纪 70 年代末,经历了 SCM、MCU、SOC 三大阶段。它作为微型计算机的一个重要分支,应用面很广,发展很快。自单片机诞生至今,已发展出上百种系列的近千个机种。目前,单片机进一步向着 CMOS 化、低功耗、小体积、大容量、高性能、低价格和外围电路内装化等几个方向发展。

(1) SCM 即单片微型计算机(Single Chip Microcomputer)阶段,主要是寻求单片形态嵌入式系统的最佳体系结构。“创新模式”获得成功,奠定了 SCM 与通用计算机完全不同的发展的道路。在开创嵌入式系统独立发展的道路上,Intel 公司功不可没。

(2) MCU 即微控制器(Micro Controller Unit)阶段,主要的技术发展方向是:不断扩展满足嵌入式应用时,对象系统要求的各种外围电路与接口电路,凸显其对象的智能化控制能力。它所涉及的领域都与对象系统相关。因此,发展 MCU 的重任不可避免地落在电气、电子技术厂家。从这一角度来看,Intel 逐渐淡出 MCU 的发展有其客观因素。在发展 MCU 方面,最著名的厂家当数 Philips 公司。Philips 公司以其在嵌入式应用方面的巨大优势,将 MCS-51 从单片微型计算机迅速发展 to 微控制器。因此,当我们回顾嵌入式系统发展道路时,不能忘记 Intel 和 Philips 的历史功绩。

(3) 单片机是嵌入式系统的独立发展之路,是寻求应用系统在芯片上的最大化解决方案。因此,专用单片机的发展自然形成了 SOC(System-on-a-Chip)化趋势。随着微电子技术、IC 设计、EDA 工具的发展,基于 SOC 的单片机应用系统设计会有较大的发展。因此,对单片机的理解可以从单片微型计算机、单片微控制器延伸到单片应用系统。

单片机经历的实践性历史阶段大体划分为如下四个。

(1) 第一阶段(1976—1978 年):单片机的尝试探索阶段。以 Intel 公司的 MCS-48 为代表。MCS-48 的推出是在工控领域的探索,参与这一探索的公司还有 Motorola、Zilog 等,都取得了满意的效果。这就是 SCM 的诞生年代,“单片机”一词由此得来。

(2) 第二阶段(1978—1982 年):单片机的完善阶段。Intel 公司在 MCS-48 基础上推出了完善的、典型的单片机系列 MCS-51。它在以下几个方面奠定了典型的通用总线型单片机体系结构:①完善的外部总线。MCS-51 设置了经典的 8 位单片机的总线结构,包括 8 位数据总线、16 位地址总线、控制总线及具有很多通信功能的串行通信接口;②CPU 外围功能单元的集中管理模式;③体现工控特性的位地址空间及位操作方式;④指令系统趋于丰富和完善,并且增加了许多突出控制功能的指令。

(3) 第三阶段(1982—1990 年):8 位单片机的巩固发展及 16 位单片机的推出阶段,也是单片机向微控制器发展的阶段。Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机,将一些用于测控系统的模/数转换器、程序运行监视器、脉宽调制器等纳入片中,体现了单片机的微控制器特征。随着 MCS-51 系列广泛应用,许多电气厂商竞相使用 80C51 为内核,将许多测控系统中使用的电路技术、接口技术、多通道 A/D 转换部件、可靠性技术等应用到单片机中,增强了外围电路功能,强化了智能控制的特征。

(4) 第四阶段(1990 年至今):微控制器的全面发展阶段。随着单片机在各个领域全面、深入地发展和应用,高速、大寻址范围、强运算能力、更加强大的 8 位/16 位/32 位通用型

单片机将有更广阔的未来。

1.4 常见单片机

由于单片机种类繁多,本节将简单介绍和对比几种常用的单片机。

1. AVR 系列

AVR 单片机是 Atmel 公司推出的较为新颖的单片机,其显著的特点为高性能、高速度、低功耗。它取消机器周期,以时钟周期为指令周期,实行流水作业。AVR 单片机指令以字为单位,且大部分指令都是单周期指令。单周期既可执行本指令功能,还可以完成下一条指令的读取。通常,时钟频率用 4~8MHz,故最短指令执行时间为 250~125ns。通用寄存器一共 32 个(R0~R31),前 16 个寄存器(R0~R15)都不能直接与立即数打交道,因而通用性有所下降。而在 51 系列中,它所有的通用寄存器(地址 00~7FH)均可以直接与立即数打交道,显然要优于前者。AVR 的专用寄存器集中在 00~3F 地址区间,使用起来比 PIC 方便。当程序复杂时,通用寄存器 R0~R31 显得不够用。而 51 系列的通用寄存器多达 128 个(为 AVR 的 4 倍),编程时不会有这种感觉。AVR 的 I/O 脚类似 PIC,它也有用来控制输入或输出的方向寄存器。在输出状态下,高电平输出的电流为 10mA 左右,低电平输入电流为 20mA。虽不如 PIC,但比 51 系列强。

2. 51 系列

应用最广泛的 8 位单片机首推 Intel 的 51 系列。由于该产品硬件结构合理,指令系统规范,加之生产历史悠久,因此有先入为主的优势。世界上有许多著名的芯片公司购买了 51 芯片的核心专利技术,并在其基础上扩充性能,使得芯片功能进一步完善,形成了一个庞大的体系,直到现在仍不断翻新,把单片机世界炒得沸沸扬扬。有人推测,51 芯片可能最终形成事实上的标准 MCU 芯片。51 系列优点之一是它从内部的硬件到软件,有一套完整的按位操作系统,称作位处理器,或布尔处理器。它的处理对象不是字或字节,而是位。它不光能对片内某些特殊功能寄存器的某位进行处理,如传送、置位、清零、测试等,还能进行位的逻辑运算,其功能十分完备,使用起来得心应手。虽然其他种类的单片机也具有位处理功能,但能进行位逻辑运算的实属少见。51 系列既可做字节处理,也可做位处理,使用很灵活。因为一个较复杂的程序在运行过程中会遇到很多分支,所以需建立很多标志位。在运行过程中,需要对有关的标志位进行置位、清零或检测,确定程序的运行方向。51 系列的另一个优点是乘法和除法指令,给编程带来了便利。做乘法时,只需一条指令,即 MULAB(两个乘数分别在累加器 A 和寄存器 B 中。积的低位字节在累加器 A 中,高位字节在寄存器 B 中)。很多 8 位单片机都不具备乘法功能,做乘法时还得编上一段子程序调用,十分不便。在 51 系列中,还有一条二进制—十进制调整指令 DA,能将二进制数变换为 BCD 码,这对于十进制的计量十分方便。而在其他单片机中,需调用专用的子程序才能完成。51 系列 I/O 脚使用简单,但高电平时输出能力有限,可谓有利有弊。故其他系列的单片机(如 PIC 系列、AVR 系列等)对 I/O 口进行了改进,虽然增加了方向寄存器来确定输入或输出,但是使用起来更复杂。与 80C51 单片机兼容的主要产品有 Atmel 公司的 AT89C/S5X 系列、Philips 公司的 80C51 系列、LG 公司的 GMS90/97 系列、Winbond 公司的 W78C5 系列、Siemens 公司的 C501 系列及 STC 公司的 STC89/12/15 系列。