



手把手教你学系列丛书



手把手教你学 CAN总线

来清民 编著



北京航空航天大学出版社

手把手教你学系列丛书

手把手教你学 CAN 总线

来清民 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书以 CAN 总线的通信实例和基本实验为主线,以单片机、数据通信和工业控制网络的基础知识为出发点,介绍了 CAN 现场总线的基本概念、CAN 节点的硬件设计和软件编程的方法。其立足点是基础化、实用化,试图通过很多实验实例的详细讲解,带领初学者能很快掌握 CAN 总线的基本知识、CAN 通信的编程方法和 CAN 总线系统相关产品的调试开发。书中提供的大量源程序可供读者在开发产品时直接使用和参考。

本书可作为高等院校自动化、机电、仪器仪表、自动控制等专业,工业控制网络等相关课程的教材或教学参考书,也可供从事工业控制网络系统设计和产品研发的工程技术人员以及广大电子制作爱好者参考。

图书在版编目(CIP)数据

手把手教你学 CAN 总线 / 来清民编著. —北京: 北京航空航天大学出版社, 2010. 9
ISBN 978-7-5124-0176-1

I. ①手… II. ①来… III. ①总线—控制系统—基本知识 IV. ①TP336

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 150055 号

版权所有,侵权必究。

手把手教你学 CAN 总线

来清民 编著

责任编辑 张冀青

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316936

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:23.25 字数:595 千字

2010 年 9 月第 1 版 2010 年 9 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 978-7-5124-0176-1 定价:45.00 元

前言

现场总线技术是自动控制领域的后起之秀,具有成本低廉、便于利用现有的数字化和网络技术的新成果对系统进行改造等特点,顺应了当今时代数字化、模块化、网络化的发展方向。CAN 总线是现场总线家族中最具希望的现场总线之一,在汽车行业、过程工业、机械工业、机器人和楼宇自动化等领域发挥着重要作用。对一个刚开始学习 CAN 总线的读者来说,学习的方法和途径非常重要,如果按现在出版的某些 CAN 总线书籍去学习,首先就会被一大堆的新名词和难懂的通信协议难住了,甚至还弄不清楚这些协议的作用。很多人在学习中都感觉 CAN 协议枯燥无味,因此半途而废。

这本书是根据作者多年的实践、相关的课题研究以及一些从事 CAN 总线开发的朋友的经验专门为 CAN 总线爱好者编写的入门级书籍,力求全面地将 CAN 总线的技术特点、技术规范、应用方法等内容展示给读者,采用以操作实例促进理论学习的渐进方式,力图将读者带入 CAN 总线的殿堂。

本书提供的实验实例简化了入门难度,使初学者容易理解,便于硬件实现,同时对掌握 CAN 总线概念和技术能起到立竿见影的效果。

初次学习 CAN 总线的读者,完全可以不按章节顺序阅读。前 3 章是学习 CAN 的基础知识,如果读者已掌握这部分知识,完全可以跳过。第 5 章介绍的 CAN 技术规范部分也可放到以后阅读,只阅读第 5 章的小结部分。暂时了解 CAN 发送数据的 4 种帧类型、数据帧格式和数据帧结构,可以直接进入后面 CAN 控制器和 CAN 实验部分。读者边学习边实践,先易后难,循序渐进;从理论学习中获得知识和概念,从操作实践中获得兴趣和理解。

这是一本介绍 CAN 现场总线开发与应用的入门书籍,适合刚刚进入 CAN 现场总线的开发人员、对现场总线技术开发感兴趣的人员、相关专业(电子技术、自动化、工业控制和计算机类)的大中专高年级学生以及研究生阅读。

本书共分为 10 章,主要内容如下:

第 1 章单片机基础知识,详细介绍单片机原理和应用技术的一些基本知识。

第 2 章数据通信基础知识,介绍数据通信的基本概念和技术指标。

第 3 章工业控制网络基础知识,阐述工业控制网络的发展、特点和分类,介绍现场总线的技术特点,计算机的网络概念、拓扑结构、分类以及 ISO/OSI 参考模型。

第 4 章 CAN 实验设备和器材使用简介,除了介绍 CAN 总线的性能特点和先进性外,主要介绍学习 CAN 总线的知识准备、所使用的软件和实验板原理图。

第5章 CAN 局域网技术及其规范简介,全面说明了 CAN 总线和 CAN 2.0 版本技术规范。

第6章 CAN 总线控制器和驱动器介绍,详细介绍目前使用很广泛的、支持 CAN 技术规范的 CAN 独立控制器 SJA1000 和 CAN 总线驱动器 PCA82C250 的原理和使用方法。

第7章 CAN 总线智能节点的设计,介绍 CAN 总线技术的智能控制系统的设计方案,包括硬件设计方法、系统应用层协议的制定方法、制定信息标识符分配方案的方法、数据交换方法和报文滤波机制的使用方法和提供很多实例供读者参考。

第8章 CAN 总线节点的自发自收程序设计,详细介绍 CAN 节点自发自收硬件电路设计、软件设计、实验板连接和实验步骤,并提供源码和详细解释。

第9章两节点 CAN 总线通信设计实例,两个节点传送数据是点对点通信,是相对比较简单的数据通信过程,是 CAN 初学者的入门实验实例。

第10章多节点 CAN 总线通信设计实例,以基于 CAN 总线的 LED 远程照明控制系统为例,详细介绍 CAN 总线的开发过程。

在本书的编写过程中,得到了很多人的支持和帮助。首先感谢我的爱人,是她一直在默默地支持我将这本书顺利完成。还有我的父母,是他们从小培养我的学习能力和对拥有知识的孜孜追求。感谢我的学生樊肖红、胡亚峰和来俊鹏,他们绘制了书中部分插图并进行了部分程序的验证。另外,参加本书作图和文字录入工作的还有张玉英、白云、岳肖肖、王裔娜、张冬、白昭、于瑞娟、白洁、来春辉、张艳红、杨延生、据新刚、张习民等,一并表示感谢。

由于作者水平有限,全书完成得也比较仓促,若书中有不妥之处,恳请读者批评指正,提出宝贵意见。

本书中的实验实例大部分都是基于书中介绍的实验板而完成的,如果有读者对实验板感兴趣,也可联系作者。联系方式:lqm_911@163.com。

作者

2010年3月22日



第 1 章 单片机基础知识	1
1.1 单片机概述	1
1.1.1 单片机的发展	1
1.1.2 单片机的发展趋势	3
1.1.3 单片机的特点	4
1.1.4 单片机的分类	5
1.1.5 单片机的应用	5
1.2 51 系列单片机的内部结构	6
1.2.1 单片机内部结构	6
1.2.2 STC89C51RC 单片机内部结构特点	8
1.2.3 51 系列单片机引脚特性	9
1.3 单片机存储器组织.....	11
1.3.1 程序存储器.....	12
1.3.2 数据存储器.....	12
1.4 单片机中断系统.....	20
1.4.1 关于中断的概念.....	20
1.4.2 51 单片机的中断系统	21
1.4.3 中断处理过程.....	25
1.4.4 中断请求的撤除.....	26
1.4.5 中断优先控制和中断嵌套.....	26
1.4.6 中断系统的应用.....	27
1.5 单片机定时器/计数器	27
1.5.1 定时器/计数器概述	28
1.5.2 定时器/计数器的控制	28
1.5.3 定时器/计数器的 4 种工作方式	29
1.5.4 定时器/计数器的应用	31
1.6 单片机串行接口.....	33
1.6.1 51 单片机串行口的结构与控制	33

1.6.2	51 单片机串行口 4 种工作方式	35
1.6.3	51 单片机串行口波特率设置方法	38
1.7	单片机指令系统	40
1.7.1	指令的格式	41
1.7.2	寻址方式	42
1.7.3	51 单片机指令简介	44
1.8	单片机应用系统的设计	48
1.8.1	单片机应用系统的构成方式	49
1.8.2	单片机应用系统设计的基本要求	49
1.8.3	单片机应用系统硬件设计概述	51
1.8.4	应用系统的软件设计	52
	本章小结	52
	思考题	53
第 2 章	数据通信基础知识	55
2.1	数据通信的基本概念	56
2.1.1	基本术语	56
2.1.2	通信技术指标	57
2.2	数据通信方式	59
2.2.1	单片机串行数据通信方式	60
2.2.2	单片机串行数据通信的同步方式	61
2.3	数据编码技术	64
2.3.1	数字信号的模拟信号编码	64
2.3.2	数字数据的数字信号编码	66
2.3.3	模拟数据的数字信号编码	67
2.4	数据传输	68
2.4.1	基带传输	68
2.4.2	宽带传输	68
2.4.3	频带传输	68
2.5	多路复用技术	68
2.5.1	频分多路复用	69
2.5.2	时分多路复用	69
2.5.3	波分多路复用	69
2.5.4	码分多路复用	70
2.6	数据交换技术	70
2.6.1	电路交换	71
2.6.2	报文交换	71
2.6.3	分组交换	72
2.6.4	高速交换技术	73
2.7	传输介质	74

2.7.1 同轴电缆	74
2.7.2 双绞线	74
2.7.3 光 纤	75
2.7.4 无线介质传输	76
2.7.5 传输介质的选择	76
2.8 差错控制技术	77
2.8.1 概 述	77
2.8.2 数据通信中的数据校验	78
本章小结	80
思考题	81
第3章 工业控制网络基础知识	82
3.1 工业控制网络的发展	82
3.2 工业控制网络的特点和分类	83
3.2.1 工业控制网络的特点	83
3.2.2 工业控制网络的分类	84
3.2.3 工业控制网络中传输信息的特点	84
3.2.4 工业控制网络中信息传输延迟的因素	85
3.3 现场总线概述	85
3.3.1 现场总线的本质	85
3.3.2 现场总线的特点	86
3.4 通用计算机网络概述	87
3.4.1 计算机网络的概念和功能	87
3.4.2 计算机网络的基本组成	88
3.4.3 计算机网络的拓扑结构	89
3.4.4 计算机网络的分类	92
3.5 计算机网络体系结构与协议	94
3.5.1 ISO/OSI 参考模型	95
3.5.2 七层协议的作用	96
3.6 工业控制网络与普通计算机网络的区别	100
3.7 计算机总线概述	101
3.7.1 总线的定义	101
3.7.2 总线的分类	102
本章小结	103
思考题	103
第4章 CAN 实验设备和器材使用简介	104
4.1 CAN 总线简介	104
4.1.1 什么是 CAN 总线	104
4.1.2 CAN 总线的特点	104
4.1.3 CAN 总线与 RS-485 总线比较	105

4.2	CAN 总线入门的有效途径	106
4.3	学习 CAN 总线的知识准备	106
4.4	CAN 总线实验的器材和工具	107
4.4.1	Keil C51 集成开发环境	107
4.4.2	串口下载软件 stc-isp-v4.79-not-setup.EXE	108
4.4.3	CPU 和 CAN 模块实验板介绍	113
4.4.4	LED 显示模块、键盘输入/输出模块实验板	116
4.4.5	电源电路	119
	本章小结	119
	思考题	120
第 5 章	CAN 局域网技术及其规范简介	121
5.1	CAN 的基本概念	121
5.2	CAN 的分层结构	123
5.3	CAN 总线中的逻辑电平	125
5.4	报文传送、帧格式和帧类型	125
5.4.1	报文传送	125
5.4.2	CAN 总线的帧格式	126
5.4.3	CAN 总线的帧类型	126
5.4.4	帧格式中各场的作用与实现	129
5.5	CAN 总线仲裁过程和优先级的决定	131
5.5.1	CAN 总线的仲裁过程	131
5.5.2	位仲裁	132
5.5.3	数据帧和远程帧的优先级	132
5.5.4	标准格式和扩展格式的优先级	133
5.6	报文重发与位填充	134
5.6.1	报文重发	134
5.6.2	位填充	134
5.6.3	发送节点的工作	135
5.6.4	接收节点的工作	135
5.7	错误帧的种类和错误处理	135
5.7.1	位错误	136
5.7.2	格式错误	136
5.7.3	错误帧的输出	136
5.7.4	错误处理机制	137
5.8	位定时与同步	138
5.8.1	位定时	138
5.8.2	位同步	140
5.9	CAN 组网	142
	本章小结	144

思考题	146
第 6 章 CAN 总线控制器和驱动器介绍	147
6.1 CAN 协议控制器 SJA1000 的特点和功能	148
6.1.1 SJA1000 与 PCA82C200 具体区别	148
6.1.2 SJA1000 主要新增的功能	149
6.2 SJA1000 的基本结构	150
6.2.1 SJA1000 内部功能模块说明	151
6.2.2 SJA1000 引脚功能和工作模式	152
6.3 SJA1000 的 BasicCAN 模式	153
6.3.1 BasicCAN 模式下的地址分配	153
6.3.2 BasicCAN 模式下复位时各寄存器的值	155
6.3.3 BasicCAN 模式下的寄存器介绍	157
6.4 SJA1000 的 PeliCAN 模式	169
6.4.1 PeliCAN 地址列表	169
6.4.2 PeliCAN 模式寄存器复位值	171
6.4.3 PeliCAN 模式下的寄存器介绍	174
6.4.4 接收缓冲器	188
6.4.5 接收过滤器	190
6.4.6 RX 报文计数器(RMC)	193
6.4.7 RX 缓冲器起始地址寄存器(RBSA)	194
6.5 CAN 收发器 PCA82C250/82C251	194
6.5.1 PCA82C250 的主要特性	194
6.5.2 PCA82C250 的硬件结构	195
6.5.3 PCA82C250 的功能描述	196
本章小结	197
思考题	198
第 7 章 CAN 总线智能节点的设计	199
7.1 CAN 网络节点结构和 SJA1000 的应用结构图	199
7.2 CAN 节点硬件系统设计	200
7.2.1 SJA1000 与单片机的连接	200
7.2.2 SJA1000 与 PCA82C250 的接口	201
7.2.3 PCA82C250 外围电路	202
7.2.4 电源电路	202
7.3 控制 SJA1000 的基本功能和寄存器	202
7.3.1 控制 SJA1000 的基本功能和寄存器	202
7.3.2 发送缓冲器和接收缓冲器	203
7.4 SJA1000 的验收滤波器原理和应用	204
7.4.1 单滤波	204
7.4.2 双滤波	205

7.4.3 验收滤波器程序的设计	206
7.5 CAN 控制器中位定时参数设置的一般方法	210
7.6 CAN 通信协议的制定	212
7.6.1 信息标识符分配方案	212
7.6.2 应用层信息帧格式	216
7.6.3 数据交换方法	217
7.7 CAN 智能节点软件系统设计	220
7.7.1 CAN 智能节点的软件结构	220
7.7.2 建立 CAN 通信的步骤和流程	220
7.7.3 CAN 初始化程序的设计方法	221
7.7.4 CAN 接收程序设计方法	223
7.7.5 CAN 发送程序设计方法	226
本章小结	236
思考题	237
第 8 章 CAN 总线节点的自发自收程序设计实例	238
8.1 CAN 总线节点自发自收的硬件电路连接	238
8.1.1 CAN 控制器的全局自检测和局部自检测	238
8.1.2 CAN 总线节点自发自收的硬件电路	239
8.2 CAN 总线节点的硬件电路的调试方法	239
8.3 实验内容和步骤	240
8.4 CAN 自发自收程序设计	245
8.4.1 头文件的编写	245
8.4.2 程序文件的编写	248
本章小结	256
思考题	256
第 9 章 两节点 CAN 总线通信设计实例	257
9.1 两节点 CAN 总线的简单通信设计	257
9.1.1 两节点 CAN 总线硬件电路设计	257
9.1.2 两节点 CAN 总线简单通信的软件设计	257
9.1.3 两节点 CAN 总线简单通信的调试	260
9.1.4 两节点 CAN 总线通信程序	261
9.2 主从式点对点的 CAN 通信	278
9.2.1 主从式 CAN 通信的硬件电路设计	278
9.2.2 主从式 CAN 通信的软件设计	279
9.2.3 主从式 CAN 通信的调试	281
9.2.4 主从式 CAN 通信的程序清单	282
9.3 传送温度信号的 CAN 总线通信设计	291
9.3.1 传送温度信号的 CAN 总线通信硬件电路设计	291
9.3.2 传递温度信号的 CAN 总线通信软件设计	295

9.3.3 传送温度信号的 CAN 总线通信调试	296
9.3.4 传送温度信号的 CAN 通信程序	297
本章小结	324
思考题	324
第 10 章 多节点 CAN 总线通信设计实例	325
10.1 基于 CAN 总线的 LED 照明控制系统结构	325
10.2 CAN 总线的 LED 照明控制系统的硬件设计	326
10.2.1 主节点键盘设计	326
10.2.2 主节点显示设计	327
10.2.3 从节点 LED 照明驱动设计	327
10.3 CAN 总线的 LED 照明控制系统的软件设计	329
10.3.1 CAN 总线的 LED 照明控制系统的通信协议	329
10.3.2 主节点软件结构	329
10.3.3 基于 CAN 总线的 LED 照明控制系统程序	330
本章小结	357
思考题	357
参考文献	358

第 1 章

单片机基础知识

单片机的出现是近代计算机技术发展史上的一个重要里程碑,单片机的诞生标志着计算机正式形成了通用计算机系统和嵌入式计算机系统两大分支。在单片机诞生之前,为了满足工控对象的嵌入式应用要求,只能将通用计算机进行机械加固、电气加固后嵌入到对象体系(如舰船)中,构成诸如自动驾驶仪、轮机监控系统等。通用计算机体积巨大,成本高,无法嵌入到大多数对象体系(如家用电器、汽车、机器人、仪器仪表等)中,单片机则应嵌入式应用而产生。单片机单芯片的微小体积和非常低的成本,可广泛地嵌入到如玩具、家用电器、机器人、仪器仪表、汽车电子系统、工业控制单元、办公自动化设备、金融电子系统、舰船、个人信息终端及通信产品中,成为现代电子系统中最重要的智能化工具。

1.1 单片机概述

单片机,也叫微控制器,是一种集成电路芯片,它是采用超大规模技术把具有数据处理能力的微处理器(CPU)、随机存取数据存储器(RAM)、只读程序存储器(ROM)、输入/输出电路(I/O口),包括定时器/计数器、串行通信口(SCI)等电路集成到一块芯片上,构成一个体积最小而且功能完善的计算机系统。这些系统能在软件的控制下准确、迅速、高效地完成程序设计者事先规定的任务。

1.1.1 单片机的发展

单片机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,已发展为上百种系列的近千个机种。

单片机诞生于 20 世纪 70 年代末,从嵌入式系统的角度来划分,经历了 SCM、MCU 和 SOC 三个阶段。

(1) SCM 即单片微型计算机(Single Chip Microcomputer)阶段

主要是寻求最佳的单片形态嵌入式系统的最佳体系结构,奠定 SCM 与通用计算机完全不同的发展道路。在开创嵌入式系统独立发展道路上,美国 Intel 公司起了决定性作用。

(2) MCU 即微控制器(MicroController 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,突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、电子技术厂家身上。从这一角度来看,Intel 公司逐渐淡出 MCU 的发展也有其客观因素。在发展 MCU 方面,最著名的厂家当数 Philips 公司。

(3) SOC 片上系统(System On Chip)阶段

是指以嵌入式系统为核心,以 IP 复用技术为基础,集软、硬件于一体,并追求产品系统最大包容的集成芯片。狭义理解,可以将它翻译为“系统集成芯片”,指在一个芯片上实现信号采集、转换、存储、处理和 I/O 等功能,包含嵌入软件及整个系统的全部内容。广义的理解,可以将它翻译为“系统芯片集成”,指一种芯片设计技术,可以实现从确定系统功能开始,到软硬件划分,并完成设计的整个过程。

单片机是嵌入式系统的独立发展之路,向 MCU 阶段发展的重要因素,就是寻求应用系统在芯片上的最大化解决;因此,专用单片机的发展自然形成了 SOC 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。

从单片机的结构和功能来划分,单片机的发展大致可分为以下四个阶段。

(1) 第一阶段(1976—1978 年)——单片机的探索阶段

以 Intel 公司的 MCS-48 为代表,采用了单片结构,即在一块芯片内含有 8 位 CPU、定时器/计数器、并行 I/O 口、RAM 和 ROM 等;主要用于工业领域;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”一词即由此而来。

(2) 第二阶段(1978—1982 年)——高性能单片机阶段

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。这类单片机的应用范围较广,并在不断地改进和发展。

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、控制总线及具有多机通信功能的串行通信接口。

② CPU 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

这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(A/D)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 系列的广泛应用,许多电气厂商竞相以 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,增强了外围电路的功能,强化了智能控制的特征。

(4) 第四阶段(1990—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的发展和应用,出现了高速、大寻址范围、强运算能力的 8 位/16 位/32 位通用型单片机,以及小型廉价的专用型单片机。

1.1.2 单片机的发展趋势

目前,单片机正朝着高性能和多品种方向发展,趋势是进一步向着 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面发展。下面是单片机的主要发展趋势。

1. CMOS 化

近年来,由于 CHMOS 技术的进步,大大地促进了单片机的 CMOS 化。CMOS 芯片除了低功耗特性之外,还具有功耗的可控性,使单片机可以工作在功耗精细管理状态。这也是今后以 80C51 取代 8051 为标准 MCU 芯片的原因。因为单片机芯片多数是采用 CMOS(金属栅氧化物)半导体工艺生产,故 CMOS 电路的特点是功耗低,密度高,速度低,价格低。采用双极型半导体工艺的 TTL 电路速度快,但功耗和芯片面积较大。随着技术和工艺水平的提高,又出现了 HMOS(高密度、高速度的 MOS)和 CHMOS 工艺,CHMOS 和 HMOS 工艺相结合。目前生产的 CHMOS 电路已达到 LSTTL 的速度,传输延迟时间小于 2 ns,它的综合优势已优于 TTL 电路。因而,在单片机领域,CMOS 正在逐渐取代 TTL 电路。

2. 低功耗化

单片机的功耗已下降至 mA 级,甚至 $1\mu\text{A}$ 以下;使用电压在 3~6 V 之间,完全适应电池工作。低功耗化的效应不仅是功耗低,而且带来了产品的高可靠性、高抗干扰能力以及产品的便携化。

3. 低电压化

几乎所有的单片机都有 WAIT、STOP 等省电运行方式。允许使用的电压范围越来越宽,一般在 3~6 V 范围内工作。低电压供电的单片机电源下限已可达 1~2 V。目前 0.8 V 供电的单片机已经问世。

4. 大容量化

以往单片机内的 ROM 为 1~4 KB, RAM 为 64~128 字节,但在需要复杂控制的场合,该存储容量是不够的,必须进行外接扩充。为了适应这种领域的要求,须运用新的工艺,使片内存储器大容量化。目前,单片机内 ROM 最大可达 64 KB, RAM 最大为 2 KB。

5. 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。采用精简指令集(RISC)结构和流水线技术,可以大幅度提高运行速度。现指令速度最高者已达 100 MIPS(Million Instruction Per Seconds,即兆指令每秒),并加强了位处理功能、中断和定时控制功能。这类单片机的运算速度比标准的单片机高出 10 倍以上。由于这类单片机有极高的指令速度,可以用软件模拟其 I/O 功能,因此引入了虚拟外设的新概念。另外,引入串行扩展技术,在很长一段时间里,通用型单片机通过三总线结构扩展外围器件成为单片机应用的主流结构。随着低价位 OTP(One Time Program)及各种类型片内程序存储器的发展,加之外围接口不断进入片内,推动了单片机“单片”应用结构的发展。特别是: I²C、SPI 等串行总线的

引入,可以使单片机的引脚设计得更少,单片机系统结构更加简化及规范化;此外,就是低噪声与高可靠性,为提高单片机的抗电磁干扰能力,使产品能适应恶劣的工作环境,满足电磁兼容性方面更高标准的要求,各单片厂家在单片机内部电路中都采用了新的技术措施。

6. 外围电路内装化

这也是单片机发展的主要方向。随着集成度的不断提高,有可能把众多的各种外围功能器件集成在片内。除了一般必须具有的 CPU、ROM、RAM、定时器/计数器等以外,片内集成的部件还有 A/D 转换器、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。

7. 小体积、低价格化

与上述相反,以 4 位、8 位机为中心的小体积、低价格化也是发展动向之一。这类单片机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,可广泛用于家电产品。

随着半导体集成工艺的不断发展,单片机的集成度将更高,体积更小,功能更强。在单片机家族中,80C51 系列是其中的佼佼者,加之 Intel 公司将其 MCS-51 系列中的 80C51 内核使用权以专利互换或出售形式转让给全世界许多著名 IC 制造厂商,如 Philips、NEC、Atmel、AMD、华邦等。这些公司在保持与 80C51 单片机兼容的基础上改善了 80C51 的许多特性。这样,80C51 就变成有众多制造厂商支持的、发展出上百品种的大家族,现统称为 80C51 系列。80C51 单片机已成为单片机发展的主流。专家认为,虽然世界上的 MCU 品种繁多,功能各异,开发装置也互不兼容,但是客观发展表明,80C51 可能最终形成事实上的标准 MCU 芯片。

特别是我国宏晶科技公司推出的 STC89C51RC/RD+ 系列单片机是兼容 8051 内核的单片机,能够用串口下载程序,给学习单片机带来了很大方便。

1.1.3 单片机的特点

由于单片机的这种结构形式及它所采取的半导体工艺,使其具有很多显著的特点,因而在各个领域都得到了迅猛发展。

单片机主要特点如下:

- ① 有优异的性能价格比。
- ② 集成度高,体积小,有很高的可靠性。单片机把各功能部件集成在一块芯片上,内部采用总线结构,减少了各芯片之间的连线,大大提高了单片机的可靠性与抗干扰能力。另外,其体积小,对于强磁场环境易于采取屏蔽措施,适合在恶劣环境下工作。
- ③ 控制功能强。为了满足工业控制的要求,一般单片机的指令系统中均有极丰富的转移指令、I/O 口的逻辑操作以及位处理功能。单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微机。
- ④ 功耗低,电压低,便于生产便携式产品。
- ⑤ 外部总线增加了 IC(Integrated Circuit)及 SPI(Serial Peripheral Interface)等串行总线方式,进一步缩小了体积,简化了结构。
- ⑥ 单片机的系统扩展和系统配置较典型、规范,容易构成各种规模的应用系统。

1.1.4 单片机的分类

单片机作为计算机发展的一个重要领域,应采用一个较科学的分类方法。根据目前的发展情况,从不同角度单片机大致可以分为通用型/专用型、总线型/非总线型及工控型/家电型。

1. 通用型/专用型

这是按单片机适用范围来区分的。例如,80C51 是通用型单片机;它不是为某种特殊用途设计的;专用型单片机是针对一类产品甚至某一个产品设计生产的,例如为了满足电子体温计的要求,在片内集成 ADC 接口等功能的温度测量控制电路。

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,这些引脚用于扩展并行外围器件,都可通过串行口与单片机连接;另外,许多单片机已把所需要的外围器件及外设接口集成在一片内,因此在许多情况下可以不要并行扩展总线,大大节省了封装成本并且缩小了芯片体积,这类单片机称为非总线型单片机。

3. 工控型/家电型

这是按照单片机大致应用的领域进行区分的。一般而言,工控型寻址范围大,运算能力强;用于家电的单片机多为专用型,通常是小封装、低价格,外围器件和外设接口集成度高。

显然,上述分类并不是唯一的和严格的。例如,80C51 类单片机既是通用型又是总线型,还可以作工控用。

1.1.5 单片机的应用

单片机具有体积小、质量轻、价格便宜、功耗低、控制功能强及运算速度快等特点。自从单片机诞生以后,它就步入了人类生活,当洗衣机、电冰箱、电子玩具、收录机等家用电器配上单片机后,它们的智能化程度提高了,功能增加了,备受人们喜爱。单片机使人们的生活更加方便、舒适、丰富多彩。单片机控制系统能够取代以前利用复杂电子线路或数字电路构成的控制系统,可以通过软件控制来实现智能化。它已成为科技领域的有力工具,人类生活的得力助手。它的应用遍及各个领域,主要表现在以下几个方面。

(1) 单片机在智能仪表中的应用

单片机广泛用于各种仪器仪表,使仪器仪表智能化,并可以提高测量的自动化程度和精度,简化仪器仪表的硬件结构,提高其性能价格比。

(2) 单片机在机电一体化中的应用

机电一体化是机械工业发展的方向。机电一体化产品是指集成机械技术、微电子技术、计算机技术于一体,具有智能化特征的机电产品,例如微机控制的车床、钻床等。单片机作为产品中的控制器,能充分发挥它的体积小、可靠性高、功能强等优点,可大大提高机器的自动化、智能化程度。

(3) 单片机在实时控制系统中的应用

单片机广泛用于各种实时控制系统中。例如,在工业测控、航空航天、尖端武器、机器人等