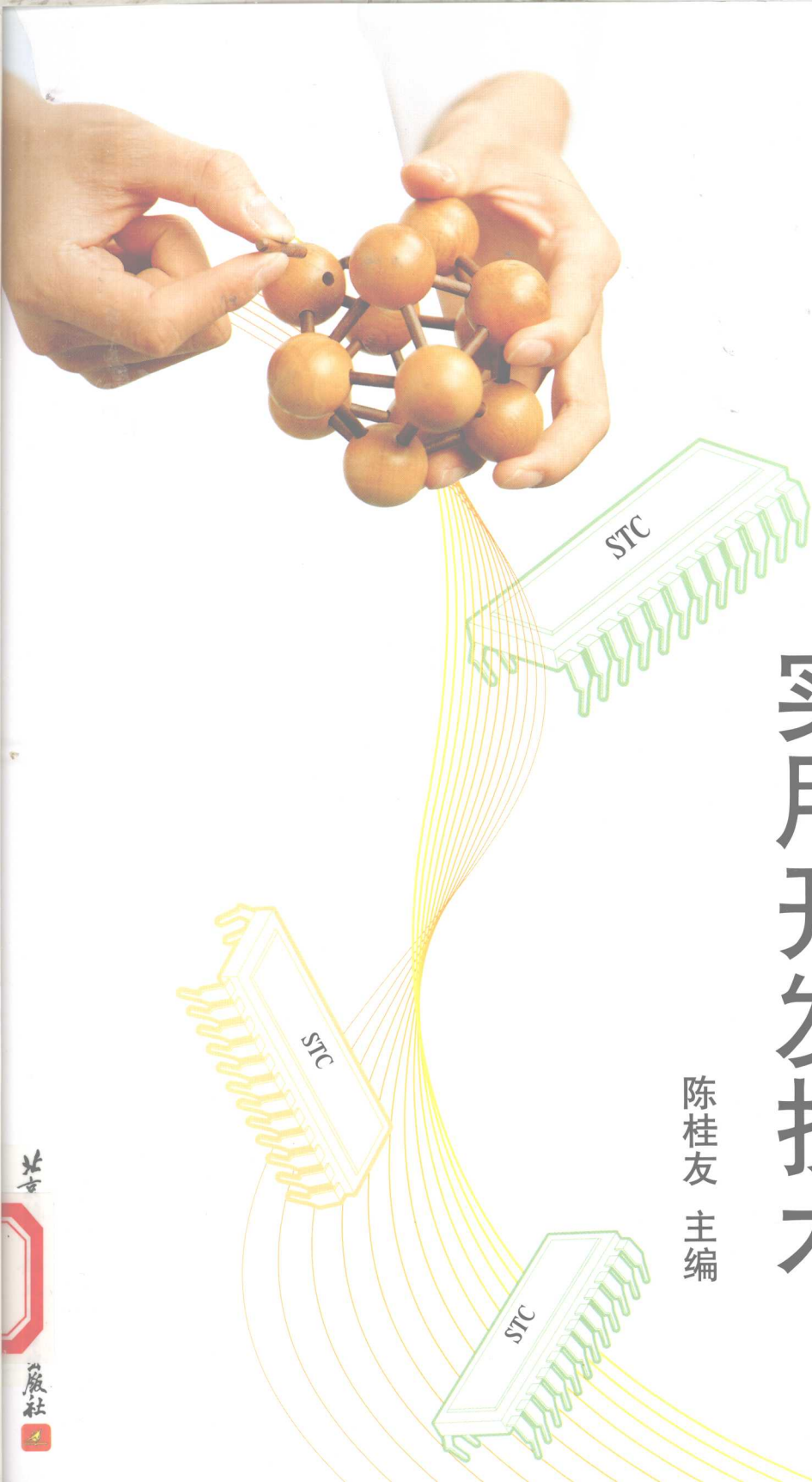


「十五」高等院校规划教材

增强型8051单片机 实用开发技术

陈桂友 主编



北京

出版社

TP368. 1-43
C428

“十一五”高等

增强型 8051 单片机实用开发技术

陈桂友 主编

TP36

C428

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

以增强型 8051 内核单片机 STC12C5A60S2 为背景,介绍了单片机各部分的硬件结构及功能、汇编语言程序设计及调试、C 语言程序设计及调试,以 Keil μ Vision 集成开发环境作为程序设计和调试环境。用智能汽车控制器和压力测控系统两个典型案例介绍了单片机应用系统的设计方法和步骤,特别介绍了嵌入式操作系统 μ C/OS-II 的裁减和应用。

本书可作为普通高校计算机类、电子类、电气自动化及机械专业的教学用书,还可作为培训班的教材及从事单片机应用领域的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

增强型 8051 单片机实用开发技术/陈桂友主编. —北京:
北京航空航天大学出版社,2010.1

ISBN 978-7-81124-949-1

I. 增… II. 陈… III. 单片微型计算机—基本知识
IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 196473 号

© 2010,北京航空航天大学出版社,版权所有。

未经本书出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式或手段复制本书内容。
侵权必究。

增强型 8051 单片机实用开发技术

陈桂友 主编

责任编辑 董立娟

*

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(100191) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail:emsbook@gmail.com

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:21.25 字数:476 千字

2010 年 1 月第 1 版 2010 年 1 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-81124-949-1 定价:38.00 元

序

21 世纪,全球全面进入了计算机智能控制/计算时代,其中一个重要方向就是以单片机为代表的嵌入式计算机控制/计算。而最适合中国工程师/学生入门的单片机就是 8051 单片机(已有 30 多年的应用历史),绝大部分工科院校均有此必修课,有几十万名对该单片机十分熟悉的工程师可以互相交流开发/学习心得,有大量的经典程序和电路可以直接套用,大幅降低了开发风险,极大地提高了开发效率,这是宏晶科技基于 8051 系列单片机产品的巨大技术优势。

Intel 的 8051 技术诞生于 20 世纪 70 年代,已经落伍。为此,宏晶科技对 8051 单片机全面进行了技术升级和创新:全部采用 Flash 技术(可反复编程 10 万次以上)和 ISP/IAP(在系统/在应用可编程)技术;针对抗干扰进行了专门设计;进行了特别加密设计;对传统 8051 进行了提速,最快指令提高了 24 倍;大大提高了集成度,集成了 A/D、D/A、看门狗、复位电路、EEPROM 等。

在中国民间草根企业掌握了 Intel 8051 单片机技术,以“初生牛犊不怕虎”的精神,与欧美竞争对手径相抗庭之后,正在向 32 位前进的途中,欣闻官方国家队正规军团也已掌握了 Intel 80386 通用 CPU 技术,不由想起“老骥伏枥,志在千里”这句话,经过数代人的艰苦奋斗,我们一定会赶上和超过世界先进水平!

明知山有虎,偏向虎山行。

宏晶科技 姚永平

2009 年 8 月

前言

STC12C5A60S2 单片机是深圳宏晶科技有限公司的典型单片机产品,采用了增强型 8051 内核,片内集成了 60 KB 程序 Flash、1 KB 数据 Flash(EEPROM)、1280 字节 RAM、2 个 16 位定时/计数器、44 根 I/O 口线、2 个全双工异步串行口(UART)、高速同步通信端口(SPI)、8 通道 10 位 ADC、2 通道 PWM/可编程计数器阵列/捕获/比较单元(PWM/PCA/CCU)、MAX810 专用复位电路和硬件看门狗等资源。STC12C5A60S2 指令系统完全兼容 8051 单片机,并具有在系统可编程(ISP)功能和在系统调试(ISD)功能,可以省去价格较高的专门编程器,开发环境的搭建非常容易。

STC12C5A60S2 的所有指令和标准的 8051 内核完全兼容,具有良好的兼容性和很强的数据处理能力,所以,原来讲解 8051 单片机的师资力量可以充分发挥以前讲解单片机原理及应用课程的经验;对于具有 8051 单片机知识的读者,不存在转型困难的问题。

本书介绍了 STC12C5A60S2 单片机的硬件结构、汇编语言程序设计,并详细介绍了应用于单片机的 C 语言程序设计,以 Keil μ Vision 集成开发环境作为程序设计和调试环境介绍了程序的调试方法。以目前流行的智能车竞赛中的智能汽车控制器以及压力测控系统两个综合设计实例为背景,介绍了单片机中各部分的硬件功能和应用设计以及相关的汇编语言、C 语言程序设计与调试;特别介绍了嵌入式操作系统 μ C/OS-II 的裁减和应用。教材的每一章都给出了相应的习题,便于教学。与教材配套的电子教案、书中的所有实例以及最后一章的应用系统设计相关内容都可以从 <http://www.mcu001.com> 网站上下载。

参加本书编写和程序调试工作的同志还有钟惠琴、吕尚征、张天芳、孙同景、董善志、臧利林、黄晓雷、闫龙。深圳宏晶科技有限公司姚永平总经理对全书进行了认真审阅,范建军工程师在技术上给予了大力支持和帮助。在此,对所有提供

帮助的人表示感谢！

由于时间仓促，并且作者水平有限，书中定有不妥或错误之处，敬请读者批评指正。

有兴趣的读者，可发送电子邮件到：chenguiyou@sdu.edu.cn，与作者进一步交流；也可以发送电子邮件到：xdhydc5@sina.com，与本书策划编辑进行交流。

作 者

2009年8月

目 录

第 1 章 单片机技术概述	1
1.1 单片机的基本概念及分类	1
1.1.1 单片机的概念	1
1.1.2 单片机的分类	2
1.2 单片机技术的特点	4
1.2.1 一般单片机技术发展的特点	4
1.2.2 STC12C5A60S2 单片机的特点	6
1.3 学习单片机技术所需的条件	8
1.3.1 学习单片机技术所需的基础知识	8
1.3.2 学习单片机技术所需的硬件环境	9
1.3.3 学习单片机技术所需的软件环境	9
1.4 单片机的应用	10
1.4.1 单片机的应用范围	10
1.4.2 单片机应用系统的设计	11
习 题	16
第 2 章 STC12C5A60S2 的增强型 8051 内核	17
2.1 STC12C5A60S2 单片机的引脚	17
2.2 STC12C5A60S2 单片机的结构	20
2.2.1 STC12C5A60S2 单片机的内部结构	20
2.2.2 CPU	21
2.3 STC12C5A60S2 单片机的存储器	23
2.3.1 存储器空间及存储器	23
2.3.2 数据 Flash 存储器的操作	31
习 题	34
第 3 章 数字输入/输出端口	35
3.1 STC12C5A60S2 单片机的 I/O 口及工作模式	35

3.1.1	STC12C5A60S2 单片机的 I/O 口	35
3.1.2	STC12C5A60S2 单片机 I/O 口的工作模式	38
3.2	STC12C5A60S2 单片机 I/O 口的结构	39
3.3	STC12C5A60S2 单片机 I/O 口的使用	42
习 题		45
第 4 章 汇编语言程序设计及仿真调试		46
4.1	STC12C5A60S2 单片机的指令系统概述	46
4.1.1	指令中的符号约定	46
4.1.2	各类指令概述	47
4.2	汇编语言程序设计	52
4.2.1	伪指令	52
4.2.2	汇编语言程序设计的一般步骤和基本框架	55
4.3	典型汇编语言程序设计举例	57
4.4	利用 Keil μ Vision 集成开发环境调试程序	70
4.4.1	Keil μ Vision 集成开发环境概述	70
4.4.2	Keil μ Vision 集成开发环境中调试汇编语言程序的方法	70
4.5	利用 ISP 工具将程序下载到单片机中验证程序	83
4.5.1	ISP 下载程序的运行过程	83
4.5.2	使用 ISP 工具下载程序的步骤	84
习 题		86
第 5 章 C 语言程序设计及仿真调试		87
5.1	单片机 C 语言程序中的常用功能	87
5.1.1	逻辑运算和位运算	87
5.1.2	预处理	88
5.2	Keil C 和 ANSI C	91
5.2.1	Keil C51 扩展关键字	91
5.2.2	扩展 I/O 口的使用	95
5.2.3	Keil C51 函数	97
5.2.4	STC12C5A60S2 单片机 C51 程序框架	99
5.3	STC12C5A60S2 单片机 C 语言程序调试	102
5.3.1	ISD51 在系统调试概述	102
5.3.2	ISD51 在系统调试的工作原理及具体步骤	102

第 6 章 中 断	108
6.1 STC12C5A60S2 单片机的中断系统及管理	108
6.1.1 中断的概念	108
6.1.2 中断源及其优先级管理	109
6.1.3 单片机中断处理过程	115
6.1.4 中断请求的撤除	118
6.2 中断的应用	119
6.2.1 中断程序编程举例	119
6.2.2 中断使用过程中需要注意的问题	122
习 题.....	124
第 7 章 定时/计数器与可编程计数器阵列	125
7.1 STC12C5A60S2 单片机的定时/计数器	125
7.1.1 定时/计数器的结构及工作原理.....	125
7.1.2 定时/计数器的相关寄存器.....	126
7.1.3 定时/计数器的工作方式.....	128
7.1.4 定时/计数器量程的扩展.....	131
7.1.5 定时/计数器编程举例.....	132
7.2 STC12C5A60S2 单片机的可编程时钟输出	135
7.2.1 可编程时钟输出的相关寄存器	135
7.2.2 可编程时钟输出的编程实例	136
7.3 STC12C5A60S2 的可编程计数器阵列模块	137
7.3.1 PCA 模块的结构	137
7.3.2 PCA 模块的特殊功能寄存器	138
7.3.3 PCA 模块的工作模式	141
7.3.4 PCA 模块的应用	145
习 题.....	157
第 8 章 串行通信	159
8.1 通信的有关概念	159
8.1.1 串行通信的分类	159
8.1.2 通用异步接收器/发送器 UART	163
8.2 STC12C5A60S2 单片机的串行接口	164
8.2.1 串行接口的寄存器	165
8.2.2 串行接口的工作方式	168
8.2.3 多处理机通信	173

8.2.4 波特率的设定	173
8.2.5 串行接口通信应用举例	176
8.2.6 计算机与单片机之间的串行通信	193
8.3 STC12C5A60S2 单片机的 SPI 接口	195
8.3.1 SPI 接口的结构	195
8.3.2 SPI 接口的数据通信	196
8.3.3 SPI 接口的应用举例	203
习 题	221
第 9 章 模/数转换器	222
9.1 ADC 的结构及相关寄存器	222
9.1.1 ADC 的结构	222
9.1.2 参考电压源	223
9.1.3 与 ADC 有关的特殊功能寄存器	223
9.2 ADC 的应用	226
习 题	231
第 10 章 复位、省电方式和时钟	232
10.1 复 位	232
10.2 单片机的电源检测与控制	238
10.2.1 单片机的外部低电压检测	238
10.2.2 省电方式	240
10.3 时 钟	246
习 题	247
第 11 章 嵌入式实时操作系统的应用	248
11.1 嵌入式系统与嵌入式操作系统	248
11.1.1 嵌入式系统概述	248
11.1.2 嵌入式操作系统概述	249
11.2 用于 8051 内核单片机的常见嵌入式操作系统	253
11.3 嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 概述	254
11.3.1 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 的功能及构成	254
11.3.2 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 的特点	257
11.4 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 内核	259
11.4.1 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 的临界段保护机制	259
11.4.2 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 的任务	259
11.4.3 时钟节拍与中断服务子程序	262

11.4.4 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 常用函数	263
11.5 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 在 STC12C5A60S2 中的移植及注意事项	267
11.5.1 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 对微处理器的要求	267
11.5.2 移植步骤	267
11.5.3 一个移植实例	277
习 题	281
第 12 章 单片机应用系统设计实例	282
12.1 基于 STC12C5A60S2 的智能自主循迹小车控制器	282
12.1.1 系统要求	282
12.1.2 需求分析	283
12.1.3 系统硬件设计	283
12.1.4 系统软件设计	286
12.2 基于实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 的压力测控系统	290
12.2.1 系统要求	290
12.2.2 需求分析	290
12.2.3 系统硬件设计	291
12.2.4 系统软件设计	295
习 题	307
附录 A STC12C5A60S2 单片机指令表	308
附录 B STC12C5A60S2 单片机寄存器定义文件 STC12C5A.INC 内容	313
附录 C STC12C5A60S2 单片机寄存器头文件 STC12C5A.H 内容	318
附录 D 逻辑符号对照表	322
附录 E ASCII 码表	324
参考文献	325

单片机应用系统开发案例解密

第 1 章

单片机技术概述

本章首先介绍单片机的基本概念、结构和技术特点,然后介绍学习单片机技术所需的条件,最后介绍单片机应用系统的设计方法和步骤。

1.1 单片机的基本概念及分类

1.1.1 单片机的概念

单片机是在计算机的概念基础上发展起来的,是一种特殊的微型计算机。

一个典型的微型计算机包括硬件和软件两部分。硬件包括运算器、控制器、存储器和输入/输出接口 4 部分。如果把运算器与控制器集成在一个硅片上,则该芯片为中央处理器 CPU(Central Processing Unit)。存储器包括程序存储器和数据存储器两类。输入/输出接口包括模拟量输入/输出和开关量输入/输出。只有硬件没有软件的微型计算机是无法工作的,一般的微型计算机中都需要安装软件。软件部分包括系统软件(如操作系统)和应用软件(如字处理软件)。典型微型计算机的组成如图 1-1 所示。

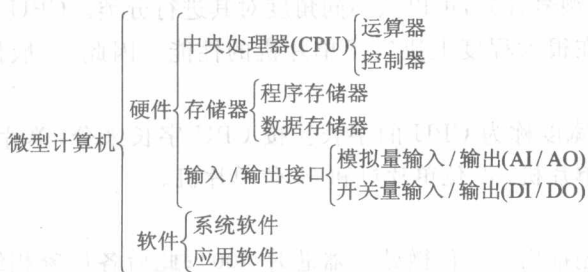


图 1-1 典型微型计算机的组成

如果将构成微型计算机的各功能部件(CPU、RAM、ROM 及 I/O 接口电路等)集成在同

一块大规模集成电路芯片上,一个芯片就是一台微型计算机,则该微型计算机就称为单片微型计算机(Single Chip Microcomputer),简称单片机。一个典型的单片机组成框图如图 1-2 所示。

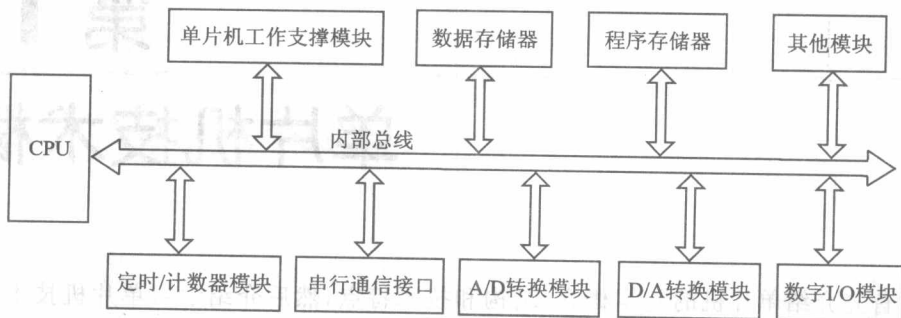


图 1-2 一个典型的单片机组成框图

单片机的基本定义:在一片硅片上集成了中央处理单元(CPU)、存储器(RAM/ROM 等)、定时/计数器以及多种输入/输出接口(I/O、串行口、A/D 转换器、D/A 转换器等)的比较完整的数字处理系统。

单片机具有集成度高、体积小、功耗低、可靠性高、使用灵活方便、控制功能强、编程保密化、价格低廉等特点。利用单片机可以较方便地构成控制系统。单片机在工业控制、智能仪器仪表、数据采集和处理、通信和分布式控制系统、家用电器等领域的应用日益广泛。

由于单片机主要用于实时控制,常作为其他系统的组成部分使用,所以又称作嵌入式控制器(Embedded Controller)。单片机的正规名称为微控制器(Microcontroller),我国学者或技术人员一般使用“单片机”一词,所以本书还是统一使用“单片机”这个术语。

1.1.2 单片机的分类

单片机种类繁多,型号各异,可以从不同角度对其进行分类。CPU 是单片机的核心部件,其性能(特别是字长)在很大程度上决定了单片机的性能。因此,一般按照 CPU 的字长进行分类。

CPU 的数据总线宽度称为 CPU 的字长。按 CPU 字长来分,单片机一般分为 4 位单片机、8 位单片机、16 位单片机、32 位单片机和 64 位单片机。

(1) 4 位单片机

1971 年,Intel 首先推出了 4 位微处理器芯片 4004;此后各厂家相继推出 4 位机产品。4 位机每次只能处理一位 BCD 码数据,指令系统简单、运算功能单一,主要用于袖珍或台式计算器、家电、娱乐产品和简单的过程控制,是单片机的低级阶段。目前,4 位单片机已经基本被淘汰。

(2) 8 位单片机

1972年, Intel 首先推出了 8 位微处理器 8008, 随后于 1976 年率先推出 8 位机 MCS-48 系列。1980 年又推出 MCS-51 系列产品, 其性能大大超过 48 系列产品。8 位单片机一次可以处理一个字节的数据, 指令系统比较完善, 寻址能力强, 外围配套电路齐全, 功能丰富, 通用性强, 广泛应用于事务管理、工业生产过程的自动检测和控制、通信、智能终端、教育以及家用电器控制等领域。8 位单片机, 特别是 8051 内核的单片机, 是目前教学和工程应用中使用最多的单片机。

(3) 16 位单片机

1978 年, Intel 最先推出 16 位微处理器 868 系列, 与随后(原 Motorola 半导体部) Freescale 的 M68000、Zilog 的 Z8000 成为当时的三大 16 位微处理器系列。由于 8 位机应用广泛而且能解决大部分控制系统问题, 所以 16 位单片机进入市场较晚, 到 1988 年 Intel 才推出 MCS-96 系列机。此单片机具有高速运算及高速处理和um控制能力, 具有 16 位的 CPU, 8 位的外部总线(因此又称准 16 位机), 丰富高效的指令系统, 性能价格比优异; 片内有 A/D、PWM、Watchdog 及灵活的中断系统; 在工作频率 12 MHz 时单条指令执行时间为 1~2 μs 。由于性能、功能均良好, 一出现便引起工业界广泛注意。目前, 使用较多的 16 位单片机是 TI 的 MSP430 系列单片机和 Freescale 的 MC9S12 系列单片机。虽然 16 位单片机在运算能力、数据处理与传输能力、工作速度等方面有了较大幅度的提高, 但到目前总产量仍不大, 远低于 8 位单片机。

(4) 32 位单片机

随着高技术在智能机器人、光盘、激光打印机、图像与数据实时处理、复杂实时控制、网络服务器等领域的应用发展, 需要 32 位单片机才能满足要求。20 世纪 80 年代末推出了多种 32 位机产品, 如 Freescale 推出的产品 68300、Intel 的 80960 等。32 位单片机使用 32 位的微处理器作 CPU, 共同特点是:

- 寻址能力在 GB 级以上(存储、处理彩色图像需要特大存储器)。
- 高指令执行速度。每秒 M 级条指令, 如 Intel 的 i960A 速度为 66 MIPS (Million Instructions Per Second, 每秒百万条指令)。
- 快速运算能力。有的嵌入浮点运算部件, 运算能力大为增强。
- 直接支持高级语言和实时多任务执行, 如支持 C、Forth 语言; 嵌入实时多任务操作系统。
- 大多数采用 RISC (Reduced Instruction Set Computing, 精简指令集) 结构。

目前, 常用的 32 位单片机当属 ARM 内核的单片机。

(5) 64 位单片机

64 位单片机在引擎控制、智能机器人控制、磁盘控制、语音/图像通信、算法密集的实时控制等场合使用, 但国内仍未见有应用。

几乎所有单片机的基本工作原理都一样, 主要区别在于包含的资源不同、汇编语言的格式

不同。当使用 C 语言进行编程时,编程语言的差别就很小。因此,只要学习了一种单片机的原理及应用,使用其他类型的单片机时,只须仔细阅读该单片机的手册就可以进行项目或产品的开发。本书以 STC12C5A60S2 单片机为背景,介绍单片机的构成原理及实用开发技术。

1.2 单片机技术的特点

1.2.1 一般单片机技术发展的特点

单片机技术的发展以微处理器(MPU, MicroProcessor Unit)技术及超大规模集成电路技术的发展为先导,以广泛的应用领域拉动,其发展趋势与通用微处理器的发展趋势不同。通用微处理器向着高速运算、数据分析与处理能力、大规模容量存储等方向发展,以提高通用计算机的性能;其接口界面也是为了满足外设和网络接口而设计的。单片机则从工业测控对象、环境、接口特点出发,向着增强控制功能、提高工业环境下的可靠性、灵活方便地构成应用计算机系统的界面接口的方向发展。具体来说,单片机技术发展的特点有以下几个方面:

(1) 长寿命

这里所说的长寿命,一方面指用单片机开发的产品可以稳定可靠地工作十年、二十年;另一方面是指与微处理器相比,具有相当长的生存周期。随着半导体技术的飞速发展,MPU 更新换代的速度越来越快,以 386、486、586 为代表的 MPU,很短的时间内就被淘汰出局;而传统的单片机(如 68HC05、8051 等)已有较长的历史,产量仍是上升的。这一方面是由于其对相应应用领域的适应性;另一方面是由于以该类 CPU 为核心,集成以更多 I/O 功能模块的新单片机系列层出不穷。可以预见,一些成功上市的、相对年轻的 CPU 核心也会随着 I/O 功能模块的不断丰富,有着相当长的生存周期。新的 CPU 类型的加盟使单片机队伍不断壮大,给用户带来了更多的选择余地。

(2) 不同档次的单片机共同发展

8 位、16 位、32 位单片机共同发展,这是当前单片机技术发展的另一动向。一方面,随着移动通信、网络技术、多媒体技术等高科技产品进入家庭,不断出现性能更高、功能更多的 16 位单片机和 32 位单片机;另一方面,8 位单片机也在不断地采用新技术,以取得更高的性能价格比,在目前的实际应用中,还是以 8 位单片机居多。

(3) 单片机速度越来越快

MPU 发展中表现出来的速度越来越快是以时钟频率越来越高为标志的;而单片机则有所不同,为提高单片机抗干扰能力,降低噪声、降低时钟频率而不牺牲运算速度是单片机技术发展的目标。一些 8051 单片机兼容厂商改善了单片机的内部时序,在不提高时钟频率的条件下使运算速度提高了很多,Freescale 单片机则使用了锁相环技术或内部倍频技术使内部总线

速度大大高于时钟产生器的频率。

(4) 低噪声与高可靠性技术

为提高单片机系统的抗电磁干扰能力,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,各单片机商家在单片机内部电路中采取了一些新的技术措施,如目前大多数单片机内部集成了看门狗功能。

(5) 集成度更高、功能更强

目前,已经有许多单片机不仅集成了构成微型计算机的中央处理单元(CPU)、存储器、输入/输出接口、定时器等传统功能单元,而且还集成了 A/D 转换模块、D/A 转换模块、脉宽调制器(PWM)、看门狗定时器和多种通信方式(如 UART、CAN、SPI、I²C 等)。单片机技术朝着片上系统(SOC, System On Chip)的方向发展。

(6) 使用更加方便

许多单片机内部集成程序存储器(EPROM 或 Flash)和数据存储器(RAM),在实际应用中一般不再需要外部扩展程序存储器和数据存储器,从而不再需要外部扩展总线。构成系统的电路结构简单,体积减小,稳定性提高。

单片机按其程序存储器类型,可分为掩模(MASK)ROM 型单片机、一次性可编程(OTP, One Time Programmable)ROM 型单片机以及多次可编程(MTP, Multi-Time Programmable)的 Flash ROM 型单片机。掩模 ROM 型单片机价格便宜,但程序在出厂时已经固化,适合于程序固定不变的应用场合;Flash ROM 型单片机程序可以反复擦/写,灵活性很强,但价格较高,适合对价格不敏感的应用场合或开发用途;OTP ROM 型单片机 MCU 价格介于前两者之间,同时又拥有一次性可编程能力,适合既要求一定灵活性、又要求低成本的应用场合,尤其是功能不断翻新、需要迅速量产的电子产品。深圳宏晶科技有限公司生产的全系列与 8051 兼容的单片机采用了 MTP 性能、OTP 的价位,可擦写次数达到 10 万次。利用在系统可编程(ISP, In System Programming)技术进行编程,用户可以对已经焊接到用户电路板上的单片机进行编程,不再需要专门的编程器。

另外,有些单片机集成了在系统调试(ISD, In System Debugging)功能,用户可以省去价格较贵的仿真器,只要有计算机,那么结合相应的仿真软件就可以进行仿真调试,如深圳宏晶科技有限公司的 STC 系列单片机就具有 ISD 功能。有些单片机使用 JTAG 接口进行调试,如 TI 公司的 MSP430 系列单片机。Freescale 公司的单片机采用 BDM 方式仿真调试。

以上特点使得用户可以很方便、容易地设计和调试测控系统。

(7) 低电压、低功耗

自 20 世纪 80 年代中期以来,NMOS 工艺单片机逐渐被 CMOS 工艺代替,功耗得以大幅度下降,随着超大规模集成电路技术由 3 μm 工艺发展到 1.5 μm 、1.2 μm 、0.8 μm 、0.5 μm 、0.35 μm 、进而实现 0.25 μm 工艺,全静态设计使时钟频率从直流到数十兆任选,都使功耗不断下降。几乎所有的单片机都有等待(Wait)、关闭(Stop)等省电运行方式。允许使用的电源

电压范围也越来越宽。一般单片机都能在 3~6 V 范围内工作,对电池供电的单片机不再需要对电源采取稳压措施。低电压供电的单片机电源下限已由 2.7 V 降至 2.2 V、1.8 V。低电压、低功耗的单片机可以满足便携式或电池供电等仪器仪表应用的需求。

(8) 价格更低

随着微电子技术的不断进步,许多公司陆续推出了价格更低的单片机。低廉的成本使得单片机的应用易于产品化。在以单片机为核心的嵌入式产品中,单片机的硬件成本已经占很小的比例,更多的是系统设计、软件开发与维护成本。

1.2.2 STC12C5A60S2 单片机的特点

STC12C5A60S2 单片机是深圳宏晶科技有限公司推出的新一代单时钟/机器周期(1 T) 8051 单片机,具有高速、低功耗及超强抗干扰等特点,指令代码完全兼容传统的 8051 单片机,但速度快 8~12 倍;内部集成 MAX810 专用复位电路,2 路 PWM,8 路高速 10 位 A/D 转换器(速度达 25 万次/秒)。STC12C5A60S2 单片机几乎包含了设计典型测控系统所必需的全部部件,可以称为片上系统(SOC, System On Chip);该系列单片机可广泛应用于衡器、电动车、工业控制、汽车电子、医疗设备、智能通信等领域,特别适合于电机控制等强干扰场合。STC12C5A60S2 单片机具有以下典型的共同特点:

- 增强型 8051 内核,先进的指令集结构,兼容普通 8051 单片机的指令集,有硬件乘法/除法指令。
- 高速度:1 个时钟/机器周期,速度比普通 8051 单片机快 8~12 倍;可用低频晶振,大幅降低 EMI。
- 片内集成 60 KB 的 Flash 程序存储器,擦写次数 10 万次以上,并具有较强的加密性,无法解密。
- 片内集成 1280 字节数据存储器(RAM)。
- 芯片内 EEPROM 功能,擦写次数 10 万次以上。
- 最多可以有 44 根通用 I/O 口线。可设置成 4 种模式:准双向口/弱上拉,推挽/强上拉,输入/高阻,开漏。复位后为准双向口/弱上拉工作模式,与普通 8051 单片机 I/O 口工作模式兼容。每根 I/O 口线驱动能力均可达到 20 mA,但整个芯片最大不得超过 120 mA。
- 8 通道 10 位高速 ADC,速度可达 25 万次/秒。
- 2 通道 PWM/可编程计数器阵列/捕获/比较单元(PWM/PCA/CCU)。PWM 单元也可用作 DAC;PCA 单元也可用来实现定时器功能;捕获/比较单元也可用作外部中断(可分别或同时支持上升沿/下降沿中断)。
- 2 个 16 位定时器,兼容普通 8051 单片机的定时器 T0/T1,2 路 PCA 也可作为 2 个 16 位定时器使用。