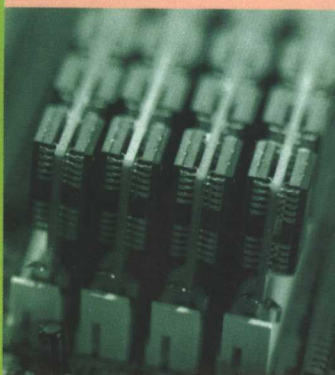
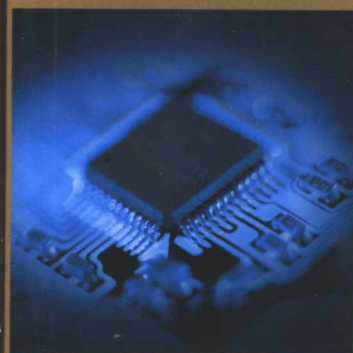


高速嵌入式单片机原理 与接口技术

曹国华 高艺 姜涛 苏成志 编著



国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>

高速嵌入式单片机 原理与接口技术

曹国华 高 艺 编著
姜 涛 苏成志



国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书详细介绍了 ATMEEL 公司开发的 ATmega8 系列高速嵌入式单片机的硬件结构以及一些特殊功能的应用和设计,对阅读者掌握和使用其他 ATmega8 系列的单片机具有极高的参考价值。

书中的应用程序均由长春理工大学机电学院(微机原理与接口技术实验室)师生在广州天河双龙电子有限公司的 SL-mega8 开发编程器上验证通过,附在书中。本书具有较强的系统性和实用性,可作为有关工程技术人员和硬件工程师的应用手册,亦可作为高等院校自动化、计算机、仪器仪表、电子等专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

高速嵌入式单片机原理与接口技术 / 曹国华等编著.
北京:国防工业出版社,2004(2005.3 重印)
ISBN 7-118-03809-1

I. 高... II. 曹... III. ①单片微型计算机-理论
②单片微型计算机-接口 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 007289 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

腾飞胶印厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 18¼ 430 千字

2004 年 10 月第 1 版 2005 年 3 月北京第 2 次印刷

印数:3001—5000 册 定价:30.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

随着电子技术的高速发展,单片机在军事、工业、通信、仪器仪表等领域已广泛应用,以其低成本、高性能、设计简单、可靠性高等优势占据该领域主要市场份额。

ATMEL 公司将 Flash 技术与 MCS - 51 技术相结合推出精简指令集 (RISC) AVR (ADVANCE RISC) AT89 系列、AT90、ATmega 系列单片机,并迅速形成系列产品。

ATmega8 系列单片机属于 AVR 中高档产品,它在功耗、接口功能、可靠性、抗干扰等方面优于同系列其他产品。

本书以 ATmega8 为主线,详细介绍 ATmega8 单片机的硬件结构、工作原理、指令系统、典型与其硬件接口电路及 C 编程实例。

ATmega8 是采用 CMOS 工艺基于 AVR RISC 结构的 8 位单片机,其核心是算术逻辑单元 (ALU) 与 32 个工作寄存器直接相连,实现了在一个时钟周期内执行一条指令,可以同时访问两个独立的工作寄存器,提高了代码效率,速度可达一百万条指令每秒 (1M/s, 1MHz 时)。

ATmega8 主要特点如下:

- (1) 采用先进的 RISC 结构,具备丰富的指令功能,执行速度快。
- (2) 片内集成较大容量的非易失性程序、数据存储器及工作存储器。
- (3) 丰富的外部接口性能,含通信、A/D、PWM、定时、模拟比较等功能。
- (4) 多种工作方式,较少的外部原器件、频率可选的内部晶振。
- (5) 多种封装形式。
- (6) 宽电压、低功耗。

ATmega8 具有全套开发系统,包括宏汇编编译器、C 语言编译器、仿真软件包等。

全书共分 4 章。第 1 章概述;第 2 章 AVR 系统结构概况;第 3 章 ATmega8 指令系统;第 4 章系统扩展技术。书中所举硬件接口设计与软件均通过实验验证。

本书由长春理工大学曹国华教授等编著,其中第 1 章、第 3 章由高艺执笔;第 2 章由曹国华、姜涛、高艺执笔;第 4 章及附录由姜涛、苏成志执笔;王红平、于昊参与全书、插图制作工作,全书由曹国华教授全面统稿。本书编写过程中参考了大量有关书籍和资料,向提供这些材料的作者和同事一并表示感谢!另外在编写过程中还得到国防工业出版社领导和编辑的鼎力支持和友好协助,向他们表示诚挚的谢意。

由于时间仓促,错误和不足处在所难免,敬请读者批评指正。

意见和建议请寄: caogh@cust.edu.cn。

作 者

2004 年 7 月于长春理工大学

目 录

第1章 绪论	1
1.1 嵌入式单片机系统概述	1
1.2 AVR 单片机的主要特性	1
1.3 嵌入式单片机主流系列	3
1.3.1 Atmel 公司的单片机	3
1.3.2 Microchip 公司的单片机	6
1.3.3 Cygnal 公司的单片机	8
第2章 AVR 系统结构概况	9
2.1 AVR 单片机 ATmega8 的总体结构	9
2.1.1 ATmega8 特点	9
2.1.2 结构框图	10
2.1.3 ATmega8 单片机封装与引脚	12
2.2 中央处理器 CPU	13
2.2.1 算术逻辑单元	15
2.2.2 指令执行时序	18
2.2.3 复位和中断处理	18
2.3 ATmega8 存储器	19
2.3.1 Flash 程序存储器	19
2.3.2 SRAM 数据存储器	20
2.3.3 E ² PROM 数据存储器	21
2.3.4 I/O 寄存器	24
2.4 系统时钟及其分配	26
2.4.1 时钟源	27
2.4.2 外部晶振	28
2.4.3 外部低频石英晶振	29
2.4.4 外部 RC 振荡器	29
2.4.5 可校准内部 RC 振荡器	30
2.4.6 外部时钟源	31
2.4.7 定时器/计数器振荡器	32
2.5 系统电源管理和休眠模式	32
2.5.1 MCU 控制寄存器	32
2.5.2 空闲模式	33

2.5.3	ADC 降噪模式	33
2.5.4	掉电模式	34
2.5.5	省电模式	34
2.5.6	等待模式	35
2.5.7	最小功耗	35
2.6	系统复位	36
2.6.1	复位源	37
2.6.2	MCU 控制和状态寄存器——MCUCSR	39
2.6.3	内部参考电压源	39
2.6.4	看门狗定时器	40
2.7	中断系统	42
2.7.1	中断向量	42
2.7.2	外部中断	46
2.7.3	中断寄存器	46
2.8	定时器/计数器	48
2.8.1	定时器/计数器预定比例分频器	49
2.8.2	8 位定时器/计数器 0(T/C0)	50
2.8.3	16 位定时器/计数器 1(T/C1)	52
2.8.4	8 位定时器/计数器 2(T/C2)	69
2.9	AVR 单片机串行接口	82
2.9.1	同步串行接口(SPI)	82
2.9.2	通用串行接口(USART)	87
2.10	2 线串行 TWI(I ² C)总线接口	107
2.10.1	TWI 模块概述	107
2.10.2	TWI 寄存器描述	109
2.10.3	TWI 总线的使用	112
2.10.4	多主机系统和仲裁	122
2.11	AVR 单片机模拟比较器	124
2.12	模/数转换 ADC	126
2.12.1	模/数转换 ADC 概述	126
2.12.2	ADC 噪声抑制器	131
2.12.3	ADC 有关的寄存器	133
2.13	I/O 端口	135
2.13.1	通用数字 I/O 接口	136
2.13.2	数字输入使能和休眠模式	141
2.13.3	端口的第二功能	141
2.14	引导加载支持的自编程功能	145
2.14.1	引导加载技术	146
2.14.2	相关 I/O 寄存器	150

2.14.3 程序存储器的Flash自编程	152
2.14.4 Flash自编程应用	155
2.15 ATmega8的锁定位、熔丝位、标识位和校正位	158
第3章 ATmega8指令系统	160
3.1 ATmega8汇编指令格式	160
3.1.1 汇编语言源文件	160
3.1.2 指令系统中使用的符号	161
3.1.3 ATmega8指令	162
3.1.4 汇编器伪指令	162
3.1.5 表达式	166
3.1.6 文件“M8def.inc”	167
3.2 寻址方式和寻址空间	168
3.3 算术和逻辑指令	172
3.3.1 加法指令	173
3.3.2 减法指令	173
3.3.3 取反码指令	174
3.3.4 取补码指令	175
3.3.5 比较指令	175
3.3.6 逻辑与指令	175
3.3.7 逻辑或指令	176
3.3.8 逻辑异或	177
3.3.9 乘法指令	177
3.4 转移指令	179
3.4.1 无条件转移指令	179
3.4.2 条件转移指令	180
3.4.3 子程序调用和返回指令	185
3.5 数据传送指令	186
3.5.1 直接寻址数据传送指令	186
3.5.2 间接寻址数据传送指令	187
3.5.3 从程序存储器中取数装入寄存器指令	190
3.5.4 写程序存储器指令	190
3.5.5 I/O端口数据传送	190
3.5.6 堆栈操作指令	191
3.6 位操作和位测试指令	191
3.6.1 带进位逻辑操作指令	191
3.6.2 位变量传送指令	192
3.6.3 位变量修改指令	193
3.7 MCU控制指令	196
3.8 指令的应用	197

3.8.1	读/写 E ² PROM 程序	197
3.8.2	Flash 与 SRAM, 以及 SRAM 块之间的数据传送程序	199
3.8.3	乘法和除法程序	201
3.8.4	通用定时程序	203
3.8.5	通用异步半双工通信示例	204
第 4 章	系统扩展技术	210
4.1	串行接口 8 位 LED 显示驱动器 MAX7219	210
4.1.1	概述	210
4.1.2	引脚功能及内部结构	211
4.1.3	操作说明	211
4.1.4	应用	217
4.1.5	软件设计	219
4.2	AT24C 系列 2 线串行总线 E ² PROM	220
4.2.1	概述	220
4.2.2	引脚功能及内部结构	220
4.2.3	操作说明	221
4.2.4	软件设计	225
4.3	串行输出 16 位模/数转换器 MAX195	230
4.3.1	概述	230
4.3.2	引脚功能及内部结构	230
4.3.3	操作说明	232
4.3.4	应用	235
4.3.5	软件设计	238
4.4	串行输入数/模转换器 TLC5615	239
4.4.1	概述	239
4.4.2	引脚功能及内部结构	240
4.4.3	操作说明	240
4.4.4	软件设计	242
4.5	串行非易失性静态 RAM X24C44	243
4.5.1	概述	243
4.5.2	引脚功能及内部结构	244
4.5.3	操作说明	245
4.5.4	软件设计	247
4.6	数据闪速存储器 AT45DB041B	250
4.6.1	概述	250
4.6.2	引脚功能及内部结构	250
4.6.3	操作说明	252
4.6.4	软件设计	260
4.7	GM8164 串行 I/O 扩展芯片	264

4.7.1 概述	264
4.7.2 引脚功能说明	264
4.7.3 操作说明	265
4.7.4 软件设计	266
附录 1 AVR 单片机选型表	270
附录 2 ATmega8 指令表	276
附录 3 ICCAVR 简介	281
参考文献	290

第 1 章 绪 论

1.1 嵌入式单片机系统概述

嵌入式单片机,顾名思义,就是将整个计算机系统集成在一块芯片内,其核心部件是各种类型的嵌入式微处理器,芯片内部集成程序存储器、数据存储器、总线及其逻辑、定时/计数器、WatchDog、I/O、串行口、脉宽调制输出、A/D、D/A、Flash 存储器、E²PROM 等各种必要功能和外部设备。在电子技术日新月异的今天,生活中到处可以看到嵌入式单片机的踪影。嵌入式单片机已成为机电产品的核心部件,控制着机电产品的工作与操作应用。嵌入式单片机的特点是单片化、体积大大减小、功耗和成本降低、可靠性得到提高、软件代码少、自动化程度高和响应速度快等。特别适合于要求实时的和多任务的体系,如制造工业、过程控制、通信、仪器、仪表、汽车、船舶、航空、航天、军事装备和消费类产品等方面均是嵌入式单片机的应用领域。为适应不同的应用需求,一般一个系列的单片机具有多种衍生产品,每种衍生产品的处理器内核都是一样的,不同的是存储器和外设的配置及封装。这样可以使单片机最大限度地与应用需求相匹配,功能不多不少,从而减少功耗和成本。

嵌入式单片机不同于通用计算机,通用计算机具有完善的人机接口界面,其开发人员一般是计算机方面的专业人员,增加一些开发应用程序和环境即可进行对自身的开发。而嵌入式系统本身不具备自开发能力,即使设计完成以后用户通常也是不能对其中的程序功能进行修改的,必须有一套开发工具和环境才能进行开发,它的设计要与各不同行业的应用相结合,对计算机以外的专业知识要求较多,因此,开发工具应具有简单易学、方便应用、可靠以及高效率等特点。一般嵌入式系统集成化的开发环境,都采用交叉开发方法,在 UNIX 或 Windows 主机平台上开发与之连接的目标机。开发环境包括自己的可裁剪的微内核实时多任务操作系统,主机上的编译、调试、查看等工具,以及利用串口、网络、ICE 等主机与目标机的连接工具。它们的特点是有各种第三方的开发工具可以选用,像“逻辑分析仪”、代码测试工具、源码分析工具等一应俱全,支持多种 32 位目标机体系结构,支持多处理器并行开发,使用这样的工具自然大大加快了产品的开发速度。

1.2 AVR 单片机的主要特性

AVR(ADVANCE RISC)单片机是 1997 年由 Atmel 公司研发出的增强型内置 Flash 的 RISC(Reduced Instruction Set CPU)精简指令集高速 8 位单片机。AVR 的单片机可以广泛应用于计算机外部设备、工业实时控制、仪器仪表、通信设备和家用电器等各个领域。

高可靠性、功能强、高速度、低功耗和低价位，一直是衡量单片机性能的重要指标，也是单片机占领市场、赖以生存的必要条件。

早期单片机主要由于工艺及设计水平不高、功耗高和抗干扰性能差等原因，所以采取稳妥方案，即采用较高的分频系数对时钟分频，使得指令周期长，执行速度慢。后来的 CMOS 单片机虽然采用提高时钟频率和缩小分频系数等措施，但这种状态并未被彻底改观(51 系列及其兼容产品)。此间虽有某些精简指令集单片机(RISC)问世，但依然沿袭对时钟分频的作法。

AVR 单片机的推出，彻底打破这种旧设计格局，废除了机器周期，抛弃复杂指令计算机(CISC)追求指令完备的做法，采用精简指令集，以字作为指令长度单位，将丰富的操作数与操作码安排在一个字中(指令集中占大多数的单周期指令都是如此)，取指令周期短，又可预取指令，实现流水作业，故可高速执行指令。当然这种速度上的提高，是以高可靠性为其后盾的。

AVR 单片机硬件结构采取 8 位机与 16 位机的折中策略，即采用局部寄存器组(32 个寄存器文件)和单体高速输入/输出的方案(即输入捕获寄存器、输出比较匹配寄存器及相应控制逻辑)。提高了指令执行速度[1M/s(1MHz 时)]，克服了瓶颈现象，增强了功能；同时又减少了对外部设备管理的开销，相对简化了硬件结构，降低了成本。故 AVR 单片机在软/硬件开销、速度、性能和成本诸多方面取得了优化平衡，是高性价比的单片机。

AVR 单片机内嵌高质量的 Flash 程序存储器，擦写方便，支持 ISP 和 IAP，便于产品的调试、开发、生产、更新。内嵌长寿命的 E²PROM 可长期保存关键数据，避免断电丢失。片内大容量的 RAM 不仅能满足一般场合的使用，同时也更有效地支持使用高级语言开发系统程序，并可像 MCS-51 单片机那样扩展外部 RAM。

AVR 单片机的 I/O 端口线全部带可设置的上拉电阻、可单独设定为输入/输出、可设定(初始)高阻输入和驱动能力强(可省去功率驱动器件)等特性，使得 I/O 端口资源灵活，功能强大，使用方便。

AVR 单片机片内具备多种独立的时钟分频器，分别供 USART、I²C、SPI 使用。其中与 8/16 位定时器配合的具有多达 10 位的预分频器，可通过软件设定分频系数提供多种档次的定时时间。AVR 单片机独有的“以定时器/计数器(单)双向计数形成三角波，再与输出比较匹配寄存器配合，生成占空比可变、频率可变、相位可变的方波的设计方法(即脉宽调制输出 PWM)”更是令人耳目一新。

增强型的高速同/异步串行接口，具有硬件产生校验码、硬件检测和校验帧错、两级接收缓冲、波特率自动调整定位(接收时)、屏蔽数据帧等功能，提高了通信的可靠性，方便程序编写，更便于组成分布式网络和实现多机通信系统的复杂应用，串行接口功能大大超过 MCS-51/96 单片机的串行接口，加之 AVR 单片机速度高、中断响应时间短，故可实现高波特率通信。

面向字节的高速硬件串行接口 TWI、SPI。TWI 与 I²C 接口兼容，具备 ACK 信号硬件发送与识别、地址识别、总线仲裁等功能，能实现主/从机的收/发全部 4 种组合的多机通信。SPI 支持主/从机等 4 种组合的多机通信。

AVR 单片机有自动上电复位电路、独立的看门狗电路、低电压检测电路，多个复位源(自动上电复位、外部复位、看门狗复位、掉电检测复位)，可设置的启动后延时运行

程序，增强了嵌入式系统的可靠性。

AVR 单片机具有多种省电休眠模式，且可宽电压运行(2.7V~6.0V)，抗干扰能力强，可降低一般 8 位机中的软件抗干扰设计工作量和硬件的使用量。

AVR 单片机技术体现了单片机集多种器件(包括 Flash 程序存储器、看门狗、E²PROM、同/异步串行接口、TWI、SPI、A/D 模数转换器、定时器/计数器等)和多种功能(增强可靠性的复位系统、降低功耗抗干扰的休眠模式、品种多门类全的中断系统、具输入捕获和比较匹配输出等多样化功能的定时器/计数器、有替换功能的 I/O 端口等)于一身，充分体现了单片机技术从“片自为战”向“片上系统”过渡的发展方向。

综上所述，AVR 单片机博采众长，又具独特技术，不愧为 8 位机中的佼佼者。

1.3 嵌入式单片机主流系列

目前国际市场上有许多类型的单片机，据不完全统计，全世界嵌入式单片机的品种总量已经超过 1000 多种，流行体系结构有 30 多个系列，其寻址空间一般在 64KB~16MB，处理速度在 0.1MI/s~2000MI/s，常用封装有 8 个~144 个引脚。从字长上来分有 4 位机、8 位机、16 位机、32 位机等，从生产厂商来分就更多。本节对世界上一些著名的单片机生产厂家的典型产品作简单介绍，以便在选择单片机产品时提供一些参考。

1.3.1 Atmel 公司的单片机

美国爱特梅尔(Atmel)公司是一家大型的、跨国的、集工艺设计、产品设计、产品生产、产品销售及服务为一体的专业半导体公司。该公司的单片机是目前世界上独具特色且性能卓越的单片机，它将单片机与 E²PROM 及 Flash 存储器技术相结合，使单片机具备了优秀的品质，在结构、性能和功能等方面都有明显的优势。先后推出了 AT89 系列、AT90 系列和 ARM 系列产品，于 1997 年研发了全新配置的、采用精简指令集 RISC 结构的一款新型优质高速单片机，具有 1MI/s(1MHz 时)的高速运行处理能力，简称 AVR 单片机。它是增强型 RISC 内置 Flash 的单片机，与 PIC 类似，使用哈佛结构。芯片上的 Flash 存储器附在用户的产品中，可随时编程和再编程，使用户的产品设计容易，更新换代方便。其工作电压为 2.7V~6.0V，可以实现耗电最优化。采用 RISC 结构的单片机，具有双总线即程序总线和数据总线，数据线和指令线分离，即所谓哈佛结构，如图 1.1 所示。

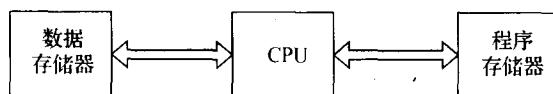


图 1.1 双总线结构

这两条总线可以采用不同的字长，这使得取指令和取数据可同时进行，且由于一般指令线宽于数据线，使其指令较同类 CISC 单片机指令包含更多的处理信息，执行效率更高，速度也更快。同时，这种单片机指令多为单字节，程序存储器的空间利用率大大提高，有利于实现超小型化。

而采用 CISC 结构的单片机, 均在同一空间取指令和数据, 片内只有一条总线, 数据线和指令线分时复用, 即所谓冯·诺伊曼结构。因此, 它不可能同时对程序存储器和数据存储器进行访问。必须先取出指令, 再执行指令, 待此指令执行完毕后, 再取出另一条指令。它的指令丰富, 功能较强, 但取指令和取数据不能同时进行, 速度受限, 价格亦高。属于 CISC 结构的单片机有 Intel8051 系列、Motorola 公司的 M68HC 系列、Atmel 公司的 AT89 系列、中国台湾 Winbond 公司(华邦)W78 系列、荷兰 Philips 公司的 PCF80C51 系列等; 属于 RISC 结构的有 Microchip 公司的 PIC 系列、Zilog 公司的 Z86 系列、Atmel 公司的 AT90S 系列及 ATmega8 系列、韩国三星公司的 KS57C 系列 4 位单片机、中国台湾义隆公司的 EM-78 系列等。一般来说, 控制关系较简单的小家电, 可以采用 RISC 型单片机; 控制关系较复杂的场合, 如通信产品、工业控制系统应采用 CISC 单片机。不过, RISC 单片机的迅速完善, 使其佼佼者们在控制关系复杂的场合也毫不逊色。

AVR 是我们介绍的单片机系列中性能最高的单片机, 它具有更强的生命力。

AVR 单片机采用高级语言(如 C 语言、BASIC 语言等)来编写系统程序, 在使用高级语言时, 会比 AT89C52 有较佳的表现。采用大型快速存取寄存器组和快速的单周期指令系统以便对目标代码大小、性能及功耗进行优化, 在前一条指令执行的时候就取出现行的指令, 在一个时钟周期内可执行复杂的指令, 因此可以说它是在 8 位单片机中第一个真正的 RISC 结构的单片机。

AVR 单片机系列齐全, 可适用于各种不同场合, 满足不同要求。AVR 单片机有 3 个档次:

低档 Tiny 系列 AVR 单片机: 主要有 Tiny11/12/13/15/26/28 等。

中档 AT90S 系列 AVR 单片机: 主要有 AT90S1200/2313/8515/8535 等(正在淘汰或转到 Mega 系列中)。

高档 ATmega 系列 AVR 单片机: 主要有 ATmega8/16/32/64/128(存储容量为 8/16/32/64/128 KB)以及 ATmega8515/8535 等。

其典型产品主要有以下几种:

1) ATtiny 系列

ATtiny 系列是 AVR 低档单片机, 引脚少, 内部存储容量较小, 功能简单。

2) AT89 系列

它是以 8031 为 CPU 构成的, 因此与 MCS-51 系列单片机是兼容的。引脚和 80C51 的引脚相同, 用 AT89 系列单片机可以直接代替 80C51, 但它内部含有 FLASH 存储器, 可以十分方便地修改程序, 缩短了系统的开发周期, 即使错误编程后仍可以重新编程, 不存在废品。另外, AT89 系列单片机采用静态时钟方式, 节省电能, 这对于降低便携式产品的功耗非常有用。

3) AT90 系列

Atmel 公司的 AT90 系列单片机是具有 RISC 结构、多累加器(32 个通用工作寄存器都能做累加器用)、预取指令、快速单周期指令等特色的新型嵌入式单片机。AT90 系列数据处理速度极快, 硬件针对高级语言进行了优化设计, 执行相同功能的应用程序时, 8MHz AVR 约等于 224MHz—C51 的速度。有的器件内部有多路 10 位 A/D 及多路 PWM(D/A), I/O 端口作为模拟比较器; 内带看门狗(WDT), 片内振荡器及省电模式(典

型功耗, WDT 关闭时 100nA)等, 片内有系统可编程 Flash 及 E²PROM 存储器设计, 使产品可通过串程序下载在线升级。该器件可广泛地应用在家电、工控、医疗、通信、军工等领域。

AT90 系列单片机中的三种典型芯片。

AT90S1200: 1KB Flash, 使用寿命 1000 次; 64B E²PROM, 使用寿命 10 万次; 32B 工作寄存器 (相当于 MCS-51 中的 32 个累加器); 15 个 I/O 端口(具有多功能, 驱动能力达 20mA); WDT; 振荡频率 0MHz~16MHz 及片内振荡器; 一个 8 位定时器/计数器, 内部及外部中断; 串行在线 ISP 编程; 工作电压 2.7V~6V; 闲置(1μA)掉电; 片内模拟比较器; DIP20/SOIC20 封装。

AT90S8515: 8KB Flash, 使用寿命 1000 次; 片外 SRAM 512B/64KB; 512B E²PROM; 32B 工作寄存器 (相当于 MCS-51 中的 32 个累加器); 32 个 I/O 端口(驱动能力达 20mA, I/O 端口具有多功能); WDT; 2 路 10 位 PWM D/A; 振荡频率 4MHz~8MHz 和 RTC; 一个 8 位和一个 16 位定时器/计数器, 内部及外部中断; 串行在线 ISP 编程; UART; SPI 主从方式; 工作电压 2.7V~6V; 闲置(1μA)掉电; 片内模拟比较器; DIP40/PLCC44/TQFP44 封装。

AT90S8535: 8KB Flash, 使用寿命 1000 次; 片外 SRAM 512B/64kB; 512B E²PROM; 使用寿命 10 万次; 32B 工作寄存器 (相当于 MCS-51 中的 32 个累加器); 32 个 I/O 端口(一个端口驱动能力达 20mA, 具有多功能); WDT; 8 路 10 位 A/D; 3 路 10 位 PWM D/A; 4 MHz~8MHz 和 RTC; 一个 8 位和一个 16 位定时器/计数器, 内部及外部中断; 串行在线 ISP 编程; UART; SPI 主、从方式; 工作电压 2.7V~6V; 闲置(1μA)掉电; 片内模拟比较器; DIP40/PLCC44/TQFP44 封装。

尽管 AVR 单片机产品的功能和内部配置不同, 但基本结构和指令系统是一样的。

4) ATmega8 系列

ATmega8 是 Atmel 公司在 2002 年推出的一款高档单片机, 它是采用低功耗 CMOS 工艺生产的基于 AVR RISC 结构的 8 位单片机。其核心是将 32 个工作寄存器和丰富的指令集结合在一起, 所有的工作寄存器都与算术逻辑单元直接相连, 实现了在一个时钟周期内执行的一条指令同时访问(读写)2 个独立寄存器的操作。这种结构提高了代码效率, 使得大部分指令的执行时间仅为一个时钟周期。因此, ATmega8 运行速度比普通的单片机高。其芯片内部集成了较大容量的存储器和丰富强大的硬件接口电路, 具备 AVR 高档单片机 MEGA 系列的全部性能和特点。由于 AVR 单片机的系统内在可编程特性, 无需仿真器, 只需要一条具有编程器功能的串行下载线就可以进行单片机嵌入式系统的设计和开发。它是一种具有可多次编程存储器技术和 ISP 功能的单片机; 是 AVR 单片机中性能价格比较高的单片机, 因此利用它来开发应用单片机有很高的实用价值。本书以 ATmega8 单片机为主, 介绍 AVR 单片机的内部结构、基本原理、指令系统以及应用。

它与其它高档 AVR 单片机不同, 采用小引脚封装, 有 PDIP(28 个引脚)、TQFP(32 个引脚)和 MLF(32 个引脚) 三种形式。

ATmega8 系列单片机的主要性能特点如下:

(1) 高性能、低功耗的 8 位 AVR 微控制器, 先进的 RISC 精简指令集结构, 130 条功能强大的指令, 大多数为单周期指令, 32 个 8 位的通用工作寄存器, 工作在 16MHz

时具有 16MI/s 的性能。

(2) 片内集成了较大容量的非易失性程序和数据存储器及工作寄存器。8KB 的 Flash 程序存储器, 可擦写次数大于 10000 次; 512B 的 E²PROM, 擦写次数至少 100000 次; 支持可在线编程 (In System Programming, ISP) 和可应用自编程 IAP; 可编程的程序加密位; 1KB 的内部 SRAM。

(3) 丰富强大的外部接口性能。3 个 PWM 通道, 可实现任意 16 位以内的、相位和频率可调的 PWM 脉宽调制输出; 6 通道 A/D 转换; 一个 I²C 的串行接口, 一个可编程的 USART 接口; 一个支持主/从(MASTER/SLAVE)、收/发的 SPI 同步串行接口; 2 个带预分频的 8 位定时/计数器, 1 个带预分频的 16 位定时/计数器; 带片内 RC 振荡器的可编程看门狗定时器。

(4) 特殊的微控制器性能。上电复位延时电路和可编程的欠电压检测电路; 内部和外部共有 18 个中断源; 5 种休眠模式(空闲模式 Idle)、ADC 噪声抑制模式、省电模式、掉电模式、等待模式)。

(5) 工作电压和功耗。ATmega8 工作电压为 4.5V~5.5V; 在正常模式下, 功耗为 3.6mA; 在空闲模式下, 功耗为 1.0mA; 在掉电模式下, 功耗为 0.5 μ A。

1.3.2 Microchip 公司的单片机

Microchip 公司的 PIC 系列 8 位单片机是目前世界上单片机产品销售量名列前茅的产品。其主要产品是 PIC16C 系列和 17C 系列 8 位单片机, CPU 采用 RISC 结构, 仅有 30 多条指令, 同样可以完成其它 8 位单片机如 MCS-51、AVR 等所完成的一切功能。而 MCS-51、AVR 单片机的指令都在 100 条左右。采用哈佛双总线结构, 具有运行速度快, 工作电压低, 功耗低, 较大的输入输出直接驱动能力, 价格低, 一次性编程, 体积小等特点。PIC 单片机同样有 Flash 存储器型, 可在线擦除和编程, 易学、易用。适用于办公自动化设备、消费电子产品、电信通信、智能仪器仪表、汽车电子、金融电子、工业控制等不同领域。在实际中, 不同的应用对单片机功能和资源的需求也是不同的, PIC 的最大特点是不搞功能堆积, 从实际出发, 有多种从低到高有几十个产品型号来适应不同层次的要求。另外, 它有彻底的保密性。PIC 以保密熔丝来保护代码, 用户在烧入代码后熔断熔丝, 其他人无法读出, 除非恢复熔丝。由于 PIC 采用熔丝深埋工艺, 所以恢复熔丝的可能性极小。自带看门狗定时器, 可以用来提高程序运行的可靠性, 睡眠和低功耗模式, 有优越的开发环境, 实时性好。它在世界单片机市场份额排名中逐年提高, 发展非常迅速。

PIC 单片机有三个主要特点:

(1) 双总线结构 PIC 的总线结构是哈佛结构, 指令和数据空间是完全分开的, 一个用于指令, 一个用于数据, 对于 8 位 PIC 单片机, 数据总线都是 8 位的, 但对于低档、中档和高档的单片机分别有 12 位、14 位、16 位的指令总线, 因此取指令和取数据时是不发生冲突的。由于可以对程序和数据同时进行访问, 所以提高了数据吞吐率。

(2) 流水线结构 因为采用了位数不同的两条总线, 取数据和取指令有可能同时交叠进行, PIC 单片机就采用指令流水线结构, 如图 1.2 所示。当第一条指令被取出后进入执行阶段, 此时可能会出现取数或送数的情况, 但数据不会流程序总线, 只是在数

据总线中流动, 此时程序总线取出第二条指令。当第一条指令执行完成后, 就可执行第二指令, 同时取出第三条指令, 依次类推……, 这样就实现了单周期指令。

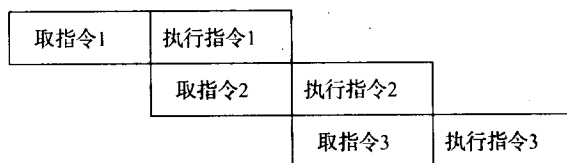


图 1.2 流水线结构

(3) 寄存器组 PIC 的所有寄存器包括 I/O 端口、定时器和程序计数器等都采用 RAM 结构形式, 而且都只需要一个指令周期就可以完成对它们的访问和操作。

根据产品性能, PIC 单片机有三个档次, 不同型号的单片机即可划分为基础级、中级和高级等上百个品种。

1. 基础级系列

其特点是价格低, 体积小, 适用于对各种成本要求严格的家电产品选用。如 PIC12C5XX, PIC16C5X。这类产品引脚少, 如 PIC12C508 单片机仅有 8 个引脚, 是世界上最小的单片机。

2. 中级系列

中级系列是在基本系列基础上进行了改进, 有多种外部引脚(从 8 脚到 68 脚)。该级产品性能高, 适用于各种高、中、低档的电子产品的设计。尽管 PIC 单片机有很多型号, 但就其基本组成来讲大同小异。如 PIC16F8X 系列产品, 其基本组成如图 1.3 所示。

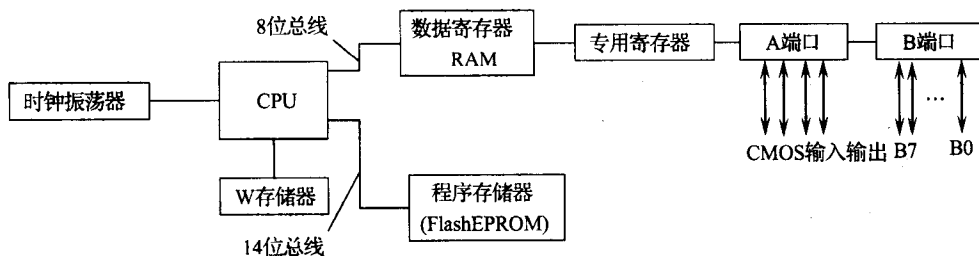


图 1.3 PIC16F84 基本组成

片内有 $8K \times 14$ 位的 Flash 程序存储器以及带 8 位的 Flash 数据存储器, 其擦写次数上万次, 数据保存时间达 40 年之久。高性能 RISC 结构 CPU, 35 条单字节指令的精简指令集, 22 个中断源, 68B 的通用 RAM, 地址为 $0CH \sim 4FH$; 有两个输入/输出端口(A 端口和 B 端口), 每个端口线可以单独设置为输入或输出。中档 PIC 单片机的中断入口只有一个, 硬件不分优先级, 但可用软件查询的方式决定其优先级高低, 先查先做。

3. 高级系列

该级单片机特点是速度快, 适用于高速数字运算的场合。另外它具备一个指令周期内 (160ns) 可以完成 8×8 位二进制乘法运算能力, 高档的 17 和 18 系列, 中断有硬件优先级。

PIC 单片机引脚也是多品种的, 有 8/14/18/20/28/40/44/64/68/80/84(引脚)等。可见 PIC 8 位单片机品种规格是十分齐全的。

1.3.3 Cygnal 公司的单片机

美国 Cygnal 公司推出的高性能 C8051FXXX 彻底改变了人们对 8051 单片机速度慢、性能低的印象。简要地说, C8051FXXX 单片机具有如下特点:

(1) 强大的模拟信号处理功能。一个芯片内高度集成了数据采集与控制系统所需要的几乎所有的模拟与数字外设: ADC、可编程增益放大器、DAC、电压比较器、电压基准、温度传感器、SMBus/I²C、UART、CAN、SPI、PCA(带比较/捕捉模块 PCA, 可实现捕捉、软件定时、高速输出、PWM)、Flash 存储器、非易失性存储器、SRAM、WDT、VDD 监视器等。

(2) 可靠的安全机制。彻底地改造了原 51 的复位源, 从单引脚复位到多源复位(提供上电、掉电、外部引脚、软件、时钟检测, 比较器 0、WDT、引脚配置 8 个复位源), 众多的复位源为保障系统的安全操作提供了灵活性, 为零功耗设计带来了极大的好处。

(3) 建立了完善、先进的时钟系统。片内设置有一个可编程的时钟振荡器, 可设置不同的时钟频率, 片外振荡器可选择四种方式(晶体、RC、C 和时钟源)并可内外时钟动态切换。

(4) 废除了原 51 的机器周期概念。指令以时钟为运行单位, 创建了 CIP-51 的 CPU 模式, 以流水线方式处理指令, 70% 的指令在 1 个~2 个时钟周期完成, 大大提升了运行速度, 使 C8051F 进入了 8 位高速单片机行列。

(5) 多达 22 个中断源。使设计者更加灵活方便地利用其资源, 方便了软件的设计。

(6) I/O 端口由固定方式改为交叉开关配置, 设计者可更加灵活方便安排选择 I/O。

(7) 与 51 指令兼容, 有 KeilC 支持, 通过 JTAG 端口进行非侵入式全速在系统(ISP)和在应用(IAP)编程调试。

(8) 最小功耗的最佳支持。3V 供电标准降低了系统的功耗, 但 I/O 端口仍然允许 5V 输入 经上拉后也可驱动 5V 逻辑器件; 完善的时钟系统可使系统平均时钟频率最低, 众多的复位源可灵活地实现零功耗的系统设计。

至目前, Cygnal 共提供有 41 个型号的全部为工业级的 C8051F 片上系统单片机。主要有 4 个子系列: C8051F0XX 系列、C8051F02X 系列、C8051F2XX 系列及 C8051F3XX 系列, 其中 C8051F0XX 系列功能最全, 如 C8051F000~C8051F007、C8051F010~C8051F023 等, 处理速度最高为 5MI/s, 32KB 的 Flash 存储器, 可达 4352B 的内 RAM, 4 个 16 位定时/计数器等。