

创客训练营

技能训练 + 理论知识

AVR单片机 应用技能实训

肖明耀 郭惠婷 程 莉 廖银萍 编著



附赠 1CD



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

创客训练营

AVR 单片机 应用技能实训

肖明耀 郭惠婷 程 莉 廖银萍 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为《创客训练营》丛书之一。本书遵循“以能力培养为核心,以技能训练为主线,以理论知识为支撑”的编写思想,采用基于工作过程的任务驱动教学模式,以 AVR 单片机的 26 个任务实训课题为载体,使读者掌握 AVR 单片机的工作原理,学会 C 语言程序设计、编程工具及其操作方法,提高 AVR 单片机工程应用技能。

本书分为认识 AVR 单片机、学用 C 语言编程、单片机的输入/输出控制、突发事件的处理-中断、定时器与计数器及应用、单片机的串行通信、应用 LCD 模块、应用串行总线接口、模拟量处理、电机的控制、模块化编程训练十一个项目。

本书由浅入深、通俗易懂、注重应用,便于创客实训,可作为大中专院校机电类专业的理论与实训教材,也可作为技能培训教材,还可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

AVR 单片机应用技能实训/肖明耀等编著. —北京:中国电力出版社, 2016. 10

(创客训练营)

ISBN 978-7-5123-9690-6

I. ①A… II. ①肖… III. ①单片微型计算机-基本知识
IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 200948 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 http: //www. cepp. sgcc. com. cn)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2016 年 10 月第一版 2016 年 10 月北京第一次印刷

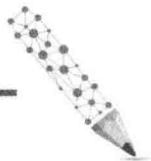
787 毫米×1092 毫米 16 开本 19.75 印张 523 千字

印数 0001—2000 册 定价 55.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前言

《创客训练营》丛书是为了支持大众创新、万众创业，为创客实现创新提供技术支持的应用技能训练丛书，以培养学生实际综合动手能力为核心，采取以工作任务为载体的项目教学方式，淡化理论、强化应用方法和技能的培养。本书为《创客训练营》丛书之一。

单片机已经广泛应用于我们的生活和生产领域，目前很难找到哪个领域没有单片机的应用，从飞机上各种仪表控制、计算机网络通信、控制数据传输、工控过程的数据采集与处理，到各种智能 IC 卡、电视、洗衣机、空调、汽车控制、电子玩具、医疗电子设备、智能仪表等，均使用了单片机。

单片机技术是从事工业自动化、机电一体化的技术人员应掌握的实用技术之一。本书采用以工作任务驱动为导向的项目训练模式，介绍工作任务所需的单片机基础知识和完成任务的方法，通过完成工作任务的实际技能训练提高单片机综合应用技巧和技能。

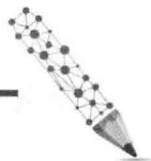
全书分为认识 AVR 单片机、学用 C 语言编程、单片机的输入/输出控制、突发事件的处理-中断、定时器与计数器及应用、单片机的串行通信、应用 LCD 模块、应用串行总线接口、模拟量处理、电机的控制、模块化编程训练十一个项目，每个项目设有一个或多个训练任务，通过任务驱动技能训练，使读者快速掌握 AVR 单片机的基础知识，增强 C 语言编程技能、单片机程序设计方法与技巧。项目后面还设有习题，用于技能提高训练，全面提高读者对 AVR 单片机的综合应用能力。

本书得到深圳市科创委对深圳技师学院嵌入式创客实践室（项目编号：CKSJS2015093011233105）的支持和帮助，使我们能够顺利完成本书的所有实训项目和写作。

本书由肖明耀、郭惠婷、程莉、廖银萍编著。

由于编写时间仓促，加上作者水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者



目 录

前言

项目一 认识 AVR 单片机	1
任务 1 认识 AVR 系列单片机	1
任务 2 学习 AVR 单片机开发工具	12
习题	19
项目二 学用 C 语言编程	20
任务 3 认识 C 语言程序	20
任务 4 单片机仿真调试	38
习题	51
项目三 单片机的输入/输出控制	52
任务 5 LED 灯输出控制	52
任务 6 LED 数码管显示	58
任务 7 按键控制	67
习题	80
项目四 突发事件的处理——中断	81
任务 8 外部中断控制	81
任务 9 中断加减计数控制	90
习题	98
项目五 定时器、计数器及应用	99
任务 10 单片机的定时控制	99
任务 11 单片机的电子跑表设计	122
任务 12 简易可调时钟控制	130
任务 13 简易交通灯控制	139

习题.....	146
项目六 单片机的串行通信	148
任务 14 单片机与 PC 间的串行通信	148
任务 15 单片机的双机通信	169
习题.....	177
项目七 应用 LCD 模块	178
任务 16 字符型 LCD 的应用	178
任务 17 字符随动显示	188
任务 18 液晶 12864 显示控制	195
习题.....	205
项目八 应用串行总线接口	206
任务 19 IIC 串行总线及应用	206
任务 20 基于 DS1302 的时钟控制	222
习题.....	241
项目九 模拟量处理	242
任务 21 模数转换	242
任务 22 应用 PCF8591 数模转换	261
习题.....	270
项目十 电机的控制	272
任务 23 交流电机的控制	272
任务 24 步进电机的控制	285
习题.....	290
项目十一 模块化编程训练	291
任务 25 模块化彩灯控制	291
任务 26 基于系统定时器的时钟	302
习题.....	310

项目一 认识AVR单片机

学习目标

- (1) 了解 AVR 单片机的基本结构。
- (2) 了解 AVR 单片机的特点。
- (3) 学会使用单片机开发工具。

任务1 认识 AVR 系列单片机

基础知识

一、单片机

1. 概述

将运算器、控制器、存储器、内部和外部总线系统、I/O 输入输出接口电路等集成在一片芯片上组成的电子器件，构成了单芯片微型计算机，即单片机。它的体积小、重量轻、价格便宜，为学习、应用和开发微型控制系统提供了便利。单片机的外形如图 1-1 所示。



图 1-1 单片机

单片机是由单板机发展过来的，将 CPU 芯片、存储器芯片、I/O 接口芯片和简单的 I/O 设备（小键盘、LED 显示器）等组装在一块印刷电路板上，再配上监控程序，就构成了一台单板微型计算机系统（简称单板机）。随着技术的发展，人们设想将计算机 CPU 和大量的外围设备集成在一个芯片上，使微型计算机系统更小，更适应工作于复杂同时对体积要求严格的控制设备中，由此产生了单片机。

Intel 公司按照这样的理念开发设计出具有运算器、控制器、存储器、内部和外部总线系统、I/O 输入输出接口电路的单片机，其中最典型的是 Intel 的 8051 系列。

单片机经历了低性能初级探索阶段、高性能单片机阶段、16 位单片机升级阶段、微控制器的全面发展阶段等 4 个阶段的发展。

(1) 低性能初级探索阶段（1976~1978 年）。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/计数器、并行 I/O 口、RAM 和 ROM 等，主要



用于工业领域。

(2) 高性能单片机阶段 (1978~1982 年)。单片机带有串行 I/O 口, 8 位数据线、16 位地址线, 可以寻址的范围达到 64K 字节, 并有控制总线、较丰富的指令系统等, 推动单片机的广泛应用, 并不断地改进和发展。

(3) 16 位单片机升级阶段 (1982~1990 年)。16 位单片机除 CPU 为 16 位外, 片内 RAM 和 ROM 容量进一步增大, 增加字处理指令, 实时处理能力更强, 体现了微控制器的特征。

(4) 微控制器的全面发展阶段 (1990 年~)。微控制器的全面发展阶段, 各公司的产品在尽量兼容的同时, 向高速、运算能力强、寻址范围大、通信功能强以及小巧廉价方面发展。

2. 单片机的发展趋势

随着大规模集成电路及超大规模集成电路的发展, 单片机将向着更深层次发展。

(1) 高集成度。一片单片机内部集成的 ROM/RAM 容量增大, 增加了电闪存储器, 具有掉电保护功能, 并且集成了 A/D、D/A 转换器、定时器/计数器、系统故障监测和 DMA 电路等。

(2) 引脚多功能化。随着芯片内部功能的增强和资源的丰富, 一脚多用的设计方案日益显示出其重要作用。

(3) 高性能。这是单片机发展所追求的一个目标, 更高的性能将会使单片机应用系统设计变得更加简单、可靠。

(4) 低功耗。这是单片机发展所追求的另一个目标, 随着单片机集成度的不断提高, 由单片机构成的系统体积越来越小, 低功耗将是设计单片机产品时首先考虑的指标。

3. AVR 单片机

(1) ATMELE 单片机。ATMELE 公司的单片机是目前世界上一种独具特色而性能卓越的单片机。它将 8051 内核与其 Flash 专利技术结合, 具有较高的性价比。包括 AT89、AT90 两个系列。AT89 是 8 位的 FLASH 单片机, 与 8051 兼容, 其中 AT89S51 十分活跃。AT90 系列是增强型 RISC 内载 FLASH 单片机, 通常被称为 AVR 系列。

8051 结构的单片机采用复杂指令系统 (Complex Instruction Set Computer, CISC) 体系。由于 CISC 结构存在指令系统不等长、指令数多、CPU 利用效率低、执行速度慢等缺陷, 已不能满足和适应设计中高档电子产品和嵌入式系统应用的需要。ATMELE 公司发挥其 Flash 存储器技术的特长, 于 1997 年研发和推出了全新配置、采用精简指令集 (Reduced Instruction Set CPU, RISC) 结构的新型单片机。精简指令集结构是 20 世纪 90 年代开发出来的一种综合了半导体集成技术和较高软件性能的新结构, 是为了提高 CPU 的运行速度而设计的芯片体系。它的关键技术在于采用流水线操作和等长指令体系结构, 使一条指令可以在一次单次操作中完成, 从而实现在一个时钟周期里完成一条或多条指令。同时 RISC 体系还采用了通用快速寄存器组的结构, 大量使用寄存器之间的操作, 简化了 CPU 中处理器、控制器和其他功能单元的设计。因此, RISC 的特点就是通过简化 CPU 的指令功能, 使指令的平均执行时间减少, 从而提高 CPU 的性能和速度。在使用相同的晶片技术和运行时钟时, RISC 系统的运行速度是 CISC 的 2~4 倍。正由于 RISC 体系所具有的优势, 使得它在高端系统得到了广泛的应用。

ATMELE 公司的 AVR 是 8 位单片机中第一个真正采用 RISC 结构的单片机。它采用了大型快速存取寄存器组、快速的单周期指令系统以及单级流水线等先进技术, 使得 AVR 单片机具

有高达 1MIPS/MHz 的高速处理能力。AVR 采用流水线技术,在执行当前指令的时候,就预先读取下一条指令,然后以一个周期执行指令,大大提高了 CPU 的运行速度。而在其他的 CISC 以及类似的 RISC 结构的单片机中,外部振荡器的时钟被分频降低到传统的内部指令执行周期,这种分频最大达 12 倍(如 8051)。

传统的基于累加器的结构单片机(如 8051)需要大量的在累加器和存储器之间的数据传输。而在 AVR 单片机中,由于采用 32 个通用工作寄存器构成快速存取寄存器组,代替了累加器,从而避免了在传统存储器之间数据传输造成的滞堵现象,从而进一步提高了指令的运行效率和速度。

AVR 单片机采用 RISC 结构,其目的在于能够更好地采用高级语言(如 C 语言、Basic 语言)来编写嵌入式系统的系统程序,从而能高效地开发出目标代码。

AVR 单片机采用低功率、非挥发的 CMOS 工艺制造,内部分别集成 Flash 程序存储器、E²PROM 数据存储器 and SRAM 静态随机存储器 3 种不同性能和用途的存储器。除了可以通过使用一般的编程器对 AVR 单片机的 FLASH 存储器和 EEPROM 数据存储器进行编程外,大多数 AVR 单片机具有 ISP(在线编程)的特点以及 IAP(在应用编程)特点,为使用 AVR 单片机进行开发设计和生产产品提供了极大的方便,可以缩短研发周期、简化工艺流程,并且还可以节约购买/开发仿真编程器的费用。同样,对于学习者和用户来说,只需要具备一套好的 AVR 软件开发平台,就可以从事 AVR 单片机系统的学习、设计和开发工作了。

(2) AVR 单片机特点。AVR 单片机吸取了 8051 单片机的优点,同时在内部结构上还做了一些较大改进,其主要的特点如下:

1) 程序存储器是可擦写 1 万次以上、指令长度为 16 位(字)的 FlashROM。而数据存储器为 8 位。因此 AVR 还是属于 8 位单片机。

2) 采用 CMOS 技术和 RISC 结构,实现高速(50ns)、低功耗(μ A)、SLEEP(休眠)功能。AVR 的一条指令执行速度可达 50ns(20MHz),而耗电仅为 1μ A~2.5mA。AVR 采用 Harvard(哈佛)结构,以及一级流水线的预取指令功能,即对程序的读取和数据的操作使用不同的数据总线,因此,当执行某一指令时,下一指令被预先从程序存储器中取出,这使得指令可以在每一个时钟周期内被执行。

3) 超功能精简指令。具有 32 个通用工作寄存器(相当于 8051 中的 32 个累加器),克服了单一累加器数据处理造成的滞堵现象。片内含有 128B~4KB 的 SRAM,可灵活使用指令运算,适合使用功能强大的 C 语言编程,易学、易写、易移植。

4) 高度保密。可多次烧写的 Flash 具有多重密码保护锁定(LOCK)功能,因此,可低价快速完成产品商品化,且可多次进行产品升级,方便了系统调试,而且不必浪费 IC 或电路板,大大提高了产品质量及竞争力。

5) 工业级产品。具有大电流 10~20mA(输出电流)或 40mA(吸电流)的特点,可直接驱动 LED 发光二极管、SSR 电子固态继电器或继电器。有看门狗定时器(WDT)安全保护,可防止程序跑飞,提高产品的抗干扰能力。

6) 多种程序写入方式。程序写入器件时,可以使用并行方式写入(用编程器写入),也可使用串行在线下载、在应用下载方法下载写入。可直接在电路板上进行程序的修改、烧录等操作,方便产品升级,而使用 SMD 表贴封装器件,更利于产品微型化。

7) 通用数字 I/O 口的输入输出特性与 PIC 的 HI/LOW 输出及三态高阻抗 HI-Z 输入相似,同时可设定与 8051 结构内部有上拉电阻类似的输入端功能,便于满足各种应用特性所需



(多功能 I/O 口)。AVR 的 I/O 口是真正的 I/O 口,能准确反映 I/O 口的输入输出的真实状况。

8) 集成有模拟比较器,可组成廉价的 A/D 转换器。

9) 有多个固定中断向量入口地址,可快速响应中断。

10) 带有可设置的启动复位延时计数器。AVR 单片机内部有电源上电启动计数器,当系统 RESET 复位上电后,利用内部的 RC 看门狗定时器,可延迟 MCU 正式开始读取指令执行程序的时间。这种延时启动的特性,可使 MCU 在系统电源、外部电路达到稳定后再正式开始执行程序,提高了系统工作的可靠性,同时也可节省外加的复位延时电路。

11) 具有多种不同方式的休眠省电功能和低功耗的工作方式。

12) AVR 单片机具有内部的 RC 振荡器,提供 1MHz/2MHz/4MHz/8MHz 的工作时钟,使该类单片机无须外加时钟电路元器件即可工作,非常简单和方便。

13) 有多个带预分频器的 8 位和 16 位的功能强大的计数器/定时器 (C/T),除了实现普通的定时和计数功能外,还具有输入捕获、比较匹配、产生 PWM 输出等更多的功能。

14) 性能优良的串行同/异步通信 USART 口,不占用定时器。可实现高速同/异步通信。

15) Atmega8515 及 Atmega128 等芯片具有可并行扩展的外部接口,扩展能力达 64KB。

16) 工作电压范围为 2.7~6.0V,具有系统电源低电压检测功能,电源抗干扰性能强。

17) 有多通道的 10 位 A/D 及实时时钟 RTC。许多 AVR 芯片内部集成了 8 路 10 位 A/D 接口,如 Atmega8、Atmega16 等。

18) AVR 单片机还在片内集成了可擦写 10 万次的 E²PROM 数据存储器,等于又增加了存储系统的设定参数、固定表格和掉电后的数据的内存。既方便了使用,减小了系统的空间,又大大提高了系统的保密性。

(3) AVR 单片机的分类。AVR 单片机系列齐全,可适用于各种不同要求的场合,根据功能特点单片机可分为高、中、低 3 个档次。

1) 低档单片机, Tiny 系列,主要型号有 Tiny11/12/13/15/26/28 等。

2) 中档单片机, AT90S 系列,主要型号有 AT90S1200/2313/8515/85。

3) 高档单片机, Atmega 系列,主要型号有 Atmega8/16/32/64/128,其程序存储器容量分别为 8/16/32/64/128KB。

AVR 单片机的引脚从 8 脚到 100 脚不等,有直插、贴片等各种不同封装形式可供选择。

4. Atmega16 单片机

(1) 内部结构框图。Atmega16 单片机结构中包含运算器、控制器、片内存储器、4 个 I/O 口、定时器/计数器、中断系统、振荡器等功能部件,如图 1-2 所示。

(2) 单片机微处理器。单片机微处理器又称 CPU,是计算机的运算控制中心,由运算器和控制器及中断控制电路等几部分组成。CPU 字长有 4 位、8 位、16 位和 32 位之分,字长越长运算速度越快,数据处理能力也越强。8051 单片机的 CPU 字长为 8 位。

CPU 的主要任务是保证程序的正确执行。因此,必须能够访问存储器、执行运算、控制外设以及处理中断。

AVR 单片机的 CPU 内核结构如图 1-3 所示。

中央处理单元 CPU 由运算器、控制器和寄存器组成。为了获得较高的性能及并行性,AVR 采用了 Harvard 结构,具有独立的数据总线和程序总线,程序存储器与数据存储器分离。指令存储在程序存储器,指令通过一级流水线运行。CPU 在执行一条指令的同时读取下一条指令(预取)。这种设计理念实现了指令的单时钟周期运行。

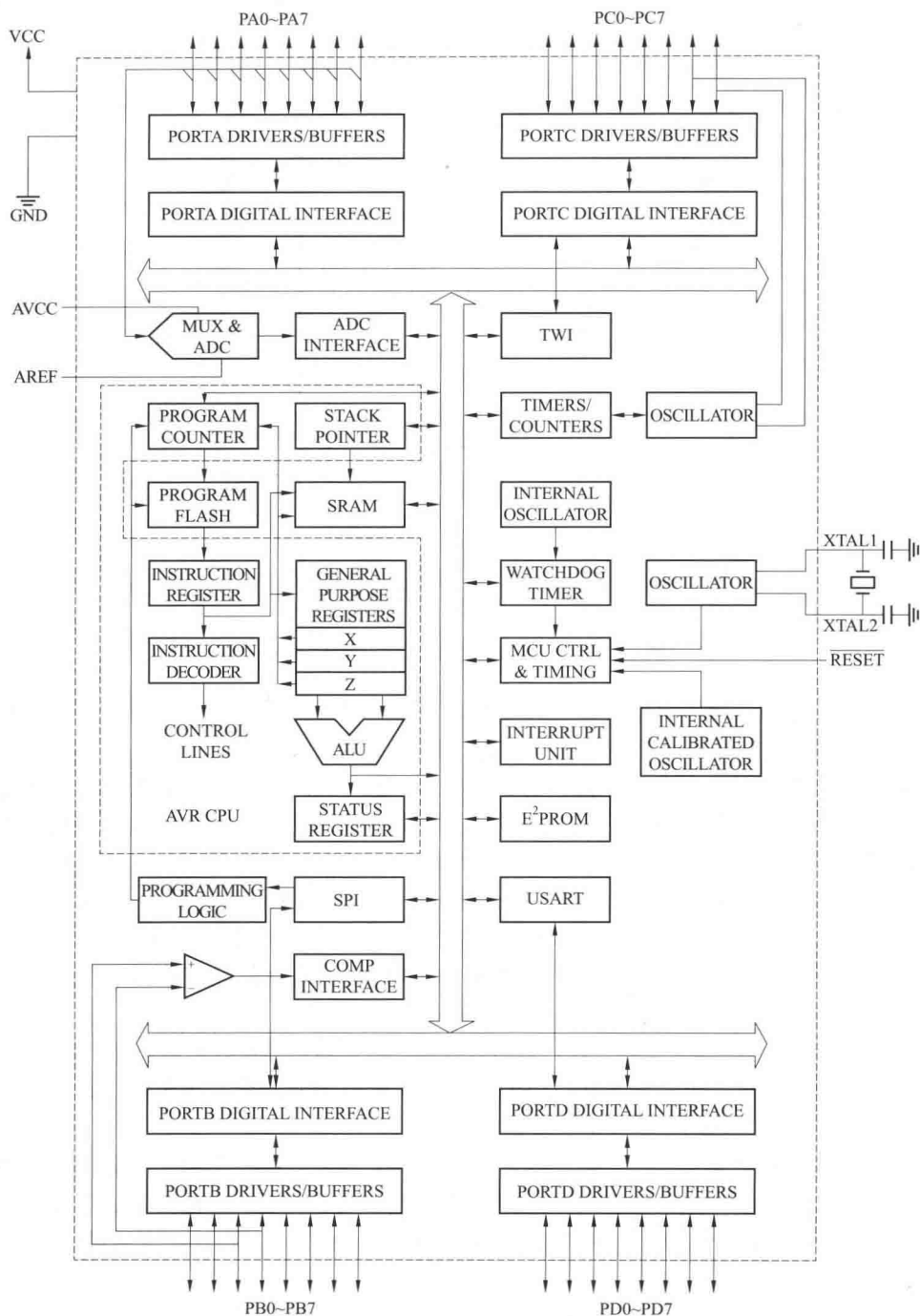


图 1-2 单片机内部结构图

1) 运算器。AVR单片机的运算器由ALU算术逻辑运算单元、通用寄存器组、状态标志寄存器等组成。共32个通用工作寄存器。所有的寄存器都直接与算术逻辑运算单元（ALU）相连接，以便与ALU单周期运算相匹配，使得一条指令可以在一个时钟周期内同时访问两个独立的寄存器。这种结构大大提高了代码效率，并且具有比普通的CISC微控制器高8~10倍的数据处理能力。

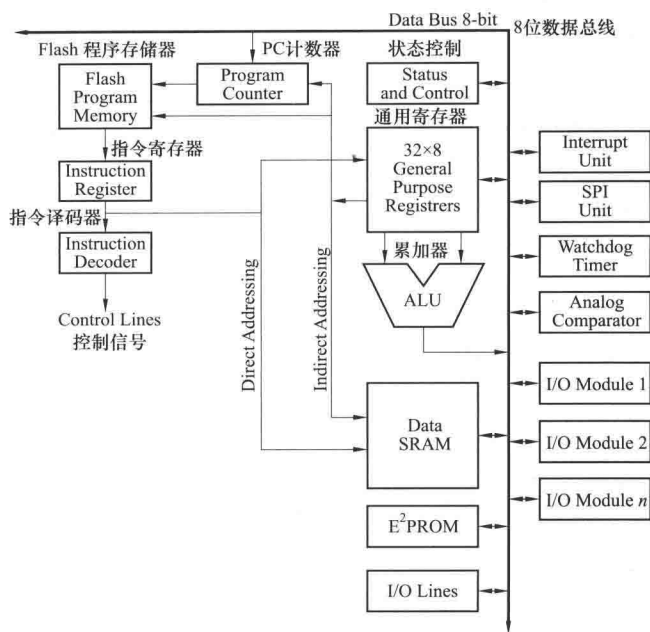


图 1-3 AVR 单片机的 CPU 内核结构

32 个通用工作寄存器组中包括 3 个 16 位的 X、Y、Z 地址指针寄存器，用于 ALU 的查表取数据操作。ALU 的运算结果影响状态标志寄存器的相关标志位。

2) 控制器。控制器由指令寄存器、指令译码器、定时及时序控制逻辑电路、程序计数器等组成。它指挥和协调单片机的整体操作及运行，控制器按照指定的顺序从程序存储器读取指令并送入指令寄存器，读取指令时，由程序计数器给出该指令的地址编号，由地址编号选定的程序存储器单元的指令送入指令寄存器，指令寄存器保存当前需执行的指令，根据指令译码器的译码结果完成相应操作并发出相应的时序控制信号，从而完成规定的任务。

3) 时序定时器与程序计数器。时序定时器是 CPU 的核心元件，它控制取指令、执行指令、数据存取或运算等操作，向其他部件发出控制信号。

程序计数器 PC 也叫程序计数指针，是指令在程序存储器的地址计数器，用于指向 CPU 要执行的指令在程序存储器的地址单元。CPU 去 PC 指定单元取指令，送入指令寄存器，CPU 每取一条指令，PC 自动加 1，指向下一条指令地址。

4) 堆栈指针。单片机的“栈”是在静态随机存储器 SRAM 中开辟的一部分连续特殊的存储器块，用于 CPU 的堆栈操作，CPU 在执行新操作前，将寄存器、存储器的数据推入数据栈（入栈）暂时保存，待 CPU 执行完该操作后，再取出栈中数据（出栈），还原给对应的寄存器、存储器。

AVR 单片机的 SP 为 16 位的堆栈指针，入栈时，数据保存在 SP 所指向的地址中，与此同时，SP 指针减 1，出栈时，SP 所指的地址的数据弹出给寄存器、存储器，SP 指针加 1。堆栈操作遵守“先进后出、后进先出”的原则。

(3) AVR 单片机寄存器。

1) 通用寄存器组。32 个通用寄存器对 AVR 增强型 RISC 指令集做了优化，目的是提高其性能和灵活性，通用寄存器组的结构如图 1-4 所示。

32 个通用寄存器位于 SRAM 前面的 32 个地址单元，最后的 R26~R31 6 个寄存器每 2 个

7	0	Addr.	
R0		\$00	
R1		\$01	
R2		\$02	
...			
R13		\$0D	
R14		\$0E	
R15		\$0F	
R16		\$10	
R17		\$11	
...			
R26		\$1A	X 寄存器, 低字节
R27		\$1B	X 寄存器, 高字节
R28		\$1C	Y 寄存器, 低字节
R29		\$1D	Y 寄存器, 高字节
R30		\$1E	Z 寄存器, 低字节
R31		\$1F	Z 寄存器, 高字节

图 1-4 通用寄存器组的结构

组成一个 16 位的寄存器, 用 X、Y、Z 表示, 具有特殊功能。这些寄存器作为对数据存储空间、程序存储器空间间接寻址的地址指针寄存器, X、Y、Z 数值可以自动增减。

2) 状态标志寄存器。状态标志寄存器包含了 CPU 执行的算术运算、操作指令的结果信息, 包括全局中断、溢出、进位、零标志等。这些信息可以用来改变程序流程以实现条件操作。所有 ALU 运算都将影响状态寄存器的内容。这样, 在许多情况下就不需要专门的比较指令, 从而使系统运行更快速, 代码效率更高。AVR 中断寄存器 SREG 定义见表 1-1。

表 1-1 AVR 中断寄存器 SREG 定义

位	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
名称	I	T	H	S	V	N	Z	C
读写	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
初值	0	0	0	0	0	0	0	0

B7 I: 全局中断使能位, 置位时使能, 全局中断可以被触发。它是中断控制总开关, 该位置“1”, 打开总中断, 置“0”, 禁止所有中断。任意一个中断发生后 I 清零, 而执行 RETI 指令后, I 恢复置位以使能中断。I 也可以通过 SEI 和 CLI 指令来置位和清零。

B6 T: 位复制存储, 位复制指令 BLD 和 BST 利用 T 作为目的或源地址。通用寄存器组中的任一个寄存器的一位可以通过 BST 被复制到 T 中, 而用 BLD 把 T 的位值复制到寄存器的某一位。

B5 H: 半进位标志, 半进位标志 H 表示算术操作发生了半进位。此标志对于 BCD 运算非常有用。

B4 S: 符号位, $S = \neg V$, S 为负数标志 N 与 2 的补码溢出标志 V 的异或。

B3 V: 2 的补码溢出标志, 支持 2 的补码运算。

B2 N: 负数标志, 表明算术或逻辑操作结果为负。

B1 Z: 零标志, 表明算术或逻辑操作结果为零。

B0 C: 进位标志, 表明算术或逻辑操作发生了进位。



图 1-5 ATmega16 单片机片内存储器

(4) ATmega16 单片机片内存储器。ATmega16 单片机片内存储器由程序存储器和数据存储器组成,如图 1-5 所示。

1) Flash 存储器。ATmega16 单片机片内具有 16K 字节的在线编程 Flash,用于存放程序指令代码。因为所有的 AVR 指令为 16 位或 32 位,故 Flash 组织成

8K×16 位的形式。用户程序的安全性取决于 Flash 程序存储器的两个区:引导 Boot 程序区和应用程序区,Flash ROM 可以编程 10000 次。程序计数器指针为 13 位,由此可以寻址 8KB。

2) SRAM 存储器。ATmega16 有 1120 个数据存储单元。包括通用寄存器、I/O 存储器及内部数据 SRAM。起始的 96 个地址为 32 个通用寄存器和 64 个 I/O 存储器,接着是 1024 字节的内部数据 SRAM。

数据存储器的寻址方式分为 5 种:直接寻址、带偏移量的间接寻址、间接寻址、带预减量的间接寻址和带后增量的间接寻址。

通用寄存器中的 R26 到 R31 为间接寻址的指针寄存器。

直接寻址范围可达整个数据区。

带偏移量的间接寻址模式能够寻址到由寄存器 Y 和 Z 给定的基址附近的 63 个地址。

在自动预减和后加的间接寻址模式中,寄存器 X、Y 和 Z 自动增加或减少。

3) E²PROM 存储器。ATmega16 包含 512 字节的 E²PROM 非易失数据存储器,位于 0000H~01FFH 地址空间,可以用于保存一些断电后不能丢失的数据,每个字节可以单独进行读写操作,E²PROM 的寿命至少为 10000 次擦写操作。

(5) ATmega16 单片机外部引脚(见图 1-6)。

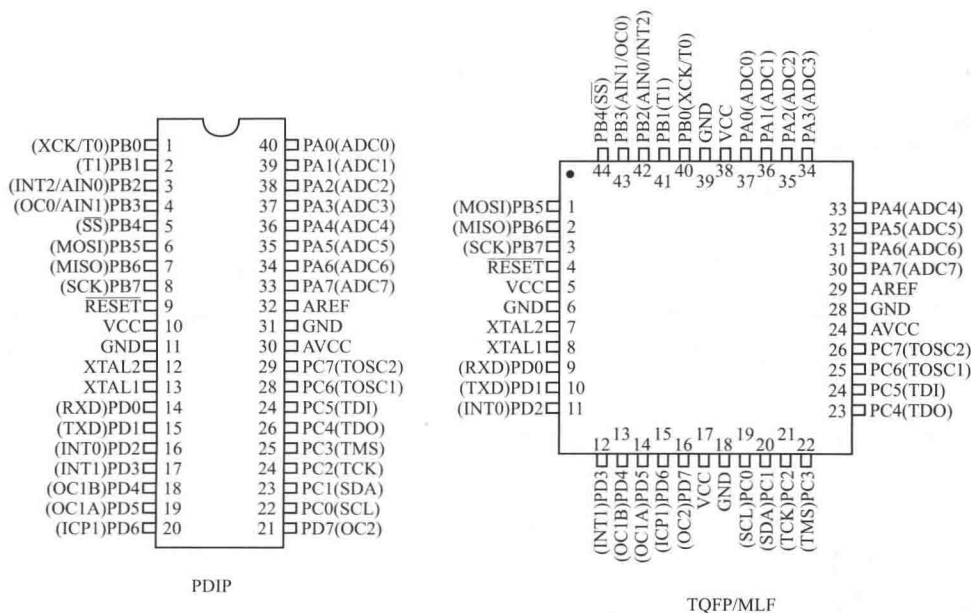


图 1-6 ATmega16 单片机外部引脚

1) 电源、复位与时钟引脚。VCC: 芯片电源供电 (片内数字电路的电源) 输入引脚, ATmega16 电源供电电压为 4.5~5.5V, ATmega16L 电源供电电压为 2.7~5.5V。

AVCC: 端口 A 和片内 ADC 模拟电路电源引脚。不使用 ADC 时, 直接连接 VCC。使用 ADC 时, 通过低通滤波器与 VCC 连接。

AREF: 使用 ADC 时, 可作为外部 ADC 的参考电源引入脚。

GND: 芯片地, 使用时接地。

XTAL1: 片内振荡器和内部时钟电路输入端。

XTAL2: 片内振荡器输出端。

可以在这两个引脚接入晶体振荡器, 为 CPU 提供时钟脉冲, ATmega16 的时钟范围是 0~16MHz, ATmega16L 的时钟范围是 0~8MHz。

RESET: 复位引脚, 低电平有效。复位时, 所有寄存器、I/O 引脚被复位到初始状态。

2) 输入输出 I/O 引脚。ATmega16 单片机外部设置有 4 组输入输出 I/O 引脚, 分别是 PA、PB、PC、PD 端口, 每一组有 8 个引脚, 共 32 个引脚, 每个引脚的功能是可编程控制的, 大部分是多功能复用引脚。

4 组输入输出 I/O 引脚的第一功能是通用的双向数字 4 组输入输出 I/O 端口, 每一位都可由指令设置为独立的输入或输出。

当设置为输入时, 引脚配置内部上拉电阻, 可通过编程配置上拉电阻有效或无效。当设置为输出时, 其输出缓冲器具有对称的驱动特性, 可以输出和吸收大电流, 向外输出可提供 20mA 的拉电流, 向内可吸入 40mA 的灌电流, 可直接驱动 LED 发光二极管、数码管等器件。

作为输入使用时, 若内部上拉电阻使能, 端口被外部电路拉低时将输出电流。在复位过程中, 端口 A 处于高阻状态。

(6) ATmega16 的特点。

1) 16K 字节的系统内可编程 Flash (具有同时读写的能力, 即 RWW)。

2) 512 字节 E²PROM, 1K 字节 SRAM。

3) 32 个通用 I/O 口线, 32 个通用工作寄存器。

4) 用于边界扫描的 JTAG 接口, 支持片内调试与编程。

5) 三个具有比较模式的灵活的定时器/计数器 (T/C)。

6) 片内/片外中断。

7) 可编程串行 USART 下有起始条件检测器的通用串行接口。

8) 8 路 10 位具有可选差分输入级可编程增益 (TQFP 封装) 的 ADC。

9) 具有片内振荡器的可编程看门狗定时器。

10) 一个 SPI 串行端口。

11) 6 个可以通过软件进行选择的省电模式。工作于空闲模式时 CPU 停止工作。而 USART、两线接口、A/D 转换器、SRAM、TIC、SPI 端口以及中断系统继续工作; 掉电模式时晶体振荡器停止振荡, 所有功能除了中断和硬件复位之外都停止工作; 在省电模式下, 异步定时器继续运行, 允许用户保持一个时间基准, 而其余功能模块处于休眠状态; 处于 ADC 噪声抑制模式时终止 CPU 和除了异步定时器与 ADC 以外所有 110 模块的工作, 以降低 ADC 转换时的开关噪声; Standby 模式下只有晶体或谐振振荡器运行, 其余功能模块处于休眠状态, 使得器件只消耗极少的电流, 同时具有快速启动能力; 扩展 Standby 模式下则允许振荡器和异步定时器继续工作。



5. 单片机开发流程

(1) 项目评估。根据用户需求, 确定待开发产品的功能、所实现的指标及成本, 进行可行性分析, 然后制订初步技术开发方案, 据此作出预算, 包括可能的开发成本、样机成本、开发耗时、样机制造耗时、利润空间等, 然后根据开发项目的性质和细节评估风险, 以决定项目是否可行。

(2) 总体设计。

1) 机型选择。选择 8 位、16 位还是 32 位。

2) 外型设计、功耗、使用环境等。

3) 软、硬件任务划分, 方案确定。

(3) 项目实施。

1) 设计电原理图。根据功能确定显示 (液晶还是数码管)、存储 (空间大小)、定时器、中断、通信 (RS-232C、RS-485、USB)、打印、A/D、D/A 及其他 I/O 操作。

考虑单片机的资源分配和将来的软件框架、制定好各种通信协议, 尽量避免出现当板子做好后, 即使把软件优化到极限仍不能满足项目要求的情况, 还要计算各元件的参数、各芯片间的时序配合, 有时还需要考虑外壳结构、元件供货、生产成本等因素, 还可能需要做必要的试验以验证一些具体的实现方法。设计中每一个步骤出现的失误都会在下一步骤引起连锁反应, 所以对一些没有把握的技术难点应尽量去核实。

2) 设计印刷电路板 (PCB) 图。完成电原理图设计后, 根据技术方案的需要设计 PCB 图, 这一步需要考虑机械结构、装配过程、外壳尺寸细节、所有要用到的元器件的精确三维尺寸、不同制版厂的加工精度、散热、电磁兼容性等, 修改完善电原理图、PCB 图。

3) 把 PCB 图发往制版厂做板。将加工要求尽可能详细地写下来, 与 PCB 图文件一起发电子邮件给 PCB 生产工厂, 并保持沟通, 及时解决加工过程中出现的一些相关问题。

4) 采购开发系统和元件。

5) 装配样机。PCB 板拿到后开始样机装配, 设计中的错漏会在装配过程中开始显现, 尽量去补救。

6) 软件设计与仿真。根据项目需求建立数学模型, 确定算法及数据结构, 进行资源分配及结构设计, 绘制流程图, 设计、编制各子程序模块, 仿真、调试, 固化程序。

7) 样机调试。样机初步装好就可以开始硬件调试, 硬件初步检测完, 就可以开始软件调试。在样机调试中, 逐步完善硬件和软件设计。

进行软硬件测试, 进行老化实验, 高、低温试验, 振动试验。

8) 整理数据。将样机研发过程中得到的重要数据记录保存下来, 电原理图里的元件参数、PCB 元件库里的模型, 还要记录设计上的失误、分析失误的原因、采用的补救方案等。

9) 产品定型, 编写设备文档。编写使用说明书、技术文件。制定生产工艺流程, 形成工艺, 进入小批量生产。

二、AVR 单片机开发板

1. HJ-2G AVR 开发板功能图 (见图 1-7)

2. HJ-2G AVR 开发板基本配置

(1) 主芯片是 ATmega16, 包含 16KB 的 Flash, 256 字节的 RAM, 32 个 I/O 口。

(2) 32 个 I/O 口全部用优质的排针引出, 方便扩展。

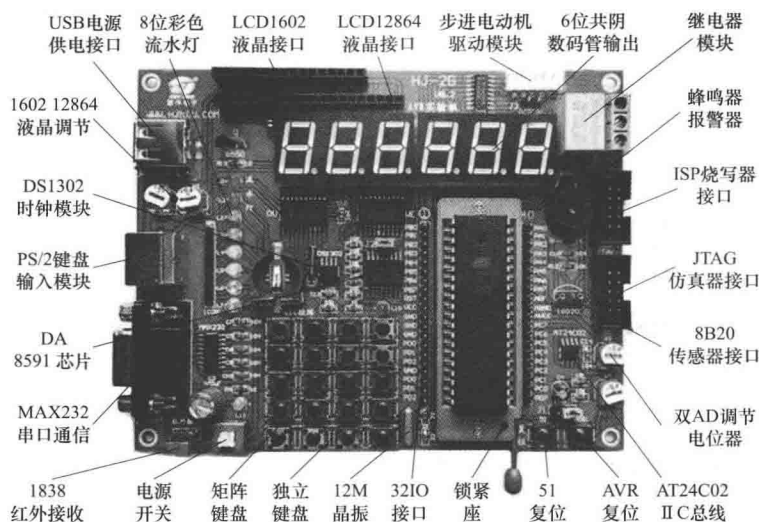


图 1-7 HJ-2G AVR 开发板功能图

(3) USB 供电接口电路设计 (供电电压稳定, 使用简单)。

(4) 集成 2 个 74HC573 数码管锁存器。充分利用 I/O 口的分配。

(5) 一个电源开关、电源指示灯。

(6) 8 个 LED 彩灯, 方便做流水灯、跑马灯等试验。

(7) 板载 12M 外部晶振电路加 AVR/51 切换双复位电路, 可以转换 51 学习。

(8) MAX232 串口通信模块 (可以与计算机串行通信, 同时也可对 STC 单片机下载程序, 还可以实现主从系统中多机互联, 一口多用, 非常方便)。

(9) 6 位共阴极数码, 以便做静、动态数码管实验, 其中数码管的消隐例程尤为经典。

(10) 1602、12864 液晶接口各一个。

(11) 一个继电器, 方便以小控制大。

(12) 一个蜂鸣器, 实现简单的音乐播放、SOS 等实验。

(13) 一个步进电动机接口, 可以做步进、直流电机实验。

(14) 附带万能红外接收头, 配合遥控器做红外编、解码实验。

(15) 16 个按键组成了矩阵按键, 学习矩阵按键的使用。

(16) 4 个独立按键, 可配合数码管做秒表、配合液晶做数字钟等试验。

(17) 一块 E²PROM 芯片 (AT24C02), 可学习 I2C 通信试验。利用指针, 一个函数, 多次读写。

(18) 集成了最新型 PCF8591 DA/AD (数模/模数) 二合一转换器, 让读者掌握 A/D、D/A 的转换原理。

(19) 一块时钟芯片 (DS1302), 可以做时钟试验。

(20) 集成温度传感器芯片 (DS18B20), 配合数码管做温度采集实验。

(21) PS/2 键盘和鼠标接口 (可学习标准键盘、鼠标的控制技术, 直接与电脑键盘相连接就可以)。

(22) ISP 下载接口 (可实现对 AT89S52 和 AVR 单片机下载程序)。

(23) 锁紧插座装置 (方便单片机 IC 的装卸)。