



“十二五”江苏省高等学校重点教材（编号158）



卓越工程师培养计划

■ 单片机 ■

◎ 杨 永 主编 ◎ 杜 锋 沙 祥 副主编



ATmega16 单片机

项目驱动教程 (第2版)

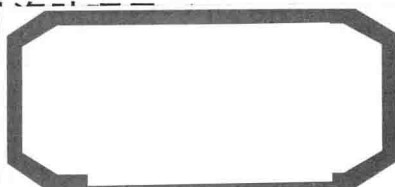


中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

卓越工程师培养计划
江苏省高校品牌专业建设



ATmega16 单片机项目驱动教程

(第2版)

杨 永 主编

杜 锋 沙 祥 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书在第1版的基础上按照 ATmega16 单片机的主要功能模块划分为9个主要学习任务,在每个任务中以若干个实际项目为载体将学习的知识实际应用起来,通过学以致用方式激发读者的学习兴趣。本书共有13个项目,每个项目按照项目背景、项目方案设计、项目硬件电路设计、项目驱动软件设计、项目系统集成与调试、知识巩固、拓展练习几个模块组织编写,强调职业技能的训练,注重职业能力的培养。本书所有电路驱动程序采用C语言设计完成,电路原理采用PROTEUS 仿真软件完成。

本书按照高职高专人才培养目标编写,可作为电子信息大类各专业数字电子技术的教材,也可作为相关专业学生的自学参考书和培训教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

ATmega16 单片机项目驱动教程 / 杨永主编. —2版. —北京: 电子工业出版社, 2016.5

(卓越工程师培养计划)

ISBN 978-7-121-28804-3

I. ①A… II. ①杨… III. ①单片微型计算机—C语言—程序设计—教材 IV. ①TP368.1 ②TP312

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第101038号

策划编辑: 王敬栋

责任编辑: 刘真平

印 刷: 北京季蜂印刷有限公司

装 订: 北京季蜂印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 16 字数: 410千字

版 次: 2011年10月第1版

2016年5月第2版

印 次: 2016年5月第1次印刷

定 价: 39.80元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: (010) 88254451。

第2版前言

本书根据高职高专的培养目标,结合高职高专教学改革和课程改革的要求,本着“任务驱动、项目应用、教中学、做中教”的原则而编写。

随着基于 RISC 指令的微型处理器的应用规模日益扩大,国内各高校逐步基于 RISC 指令集单片机课程进行教学。为适应这种技术的推广,本书选用具有一定代表性又具有教学推广价值的 AVR 系列 ATmega16 单片机作为对象,以技术应用方式介绍给广大读者。本书按照单片机内部功能的不同组合分为 9 个学习任务,在每个任务中以若干个实际项目为载体将学习的知识实际应用起来,通过学以致用用的方式激发读者的学习兴趣。全书按照 ATmega16 单片机的功能模块分为 9 个学习任务,每个任务中又包含若干个基于实际电子产品的教学项目,共有 13 个项目,每个项目有目标、有要求、有电路原理、有实现过程,也有相关知识和思考练习,强调职业技能的训练,注重职业能力的培养。通过项目的按步骤制作、调试和故障排除等,提高学生对 ATmega16 单片机技术的理解和应用能力,锻炼学生综合运用所学知识完成小型系统和应用电路的设计制作任务,包括查阅资料、确定电路设计方案、元器件参数的计算与选择、电路的安装与调试、相关仪器的使用和指标测试及设计文档编写等能力。考虑到软件仿真的直观性和在实训之前对电路有一定了解,所有教学内容在实际制作之前采用 PROTEUS 进行了仿真,一方面做到节约成本,另一方面也可以让学生通过学习,掌握仿真软件的使用。PROTEUS 软件自带元件库、电路编辑器、测试仪器等,可以随心所欲地构造电路,虚拟仿真和演示该电路的工作原理和动态过程。程序编写全部采用 C 语言进行,依托集成化、数字化和仿真软件,体现技术的先进性和实用性。

本书力求体现项目课程的特色与设计思想。项目内容选取力求具有典型性和可操作性,以项目任务为出发点,激发学生的学习兴趣。在教学安排上,紧密围绕项目开展,创设教学情境,尽量做到教学做一体化。充分利用多媒体、电子仿真软件和实际电路组织教学。每个项目的实践内容时间安排可根据项目内容确定,制作与调试时建议四节课连上。教学评价可根据教学过程采取项目评价与总体评价相结合,理论知识考核与实践操作考核相结合,注重操作能力。

本书按照高职高专人才培养目标编写,可作为电子信息大类各专业数字电子技术的教材,也可作为相关专业学生的自学参考书和培训教材,参考学时数为 120 学时。本书的电子课件、思考与练习可在 <http://yydz.phei.com.cn> 资源下载栏目下载。

本书由杨永主编,杜锋和沙祥担任副主编。其中,杜锋编写了任务 1,沙祥编写了任务 9,杨永编写本书其他内容和所有项目驱动程序,并负责全书的统稿。在编写过程中得到了淮安信息职业技术学院俞宁教授、李朝林教授的关心和支持,在此表示衷心感谢。

由于时间仓促,加之编者水平所限,书中难免有错误和不当之处,恳请各位读者予以批评指正。

编者

第 1 版前言

本书根据高职高专的培养目标,结合高职高专教学改革和课程改革的要求,本着“工学结合、项目引导、任务驱动、教学做一体化”的原则而编写。

众所周知,单片机技术的教学在我国 20 世纪 80 年代已经开始了,在国内开设电子类专业的学校中基本都把单片机作为主要骨干课程进行教学。但是,单片机的种类基本以 51 系列为主,略显单调。近年来,基于 RISC 指令的微型处理器的应用规模日益扩大。为适应这种技术的推广,本书选用具有代表性且具有教学推广价值的基于 RISC 指令集的 ATmega16 单片机作为介绍对象,以项目化导向的方式介绍给广大读者。本书以项目为单元,以应用为主线,将理论知识融入每一个教学项目中,通过不同的项目和实例来引导学生,将 ATmega16 单片机技术的基础知识、基本理论融入其中。全书按照 ATmega16 单片机的功能模块分为 5 个学习任务,每个任务中又包含若干个基于实际电子产品的教学项目。全书共 12 个项目,每个项目有目标、有要求、有电路原理、有实现过程,也有相关知识和思考练习,强调职业技能的训练,注重职业能力的培养。通过项目的制作、调试和故障排除等,提高学生对 ATmega16 单片机技术的理解和应用能力,锻炼学生综合运用所学知识,完成小型系统和应用电路的设计制作任务,包括查阅资料、确定电路设计方案、元器件参数的计算与选择、电路的安装与调试、相关仪器的使用和指标测试,以及设计文档编写等能力。考虑到软件仿真的直观性和在实训之前对电路有一定了解,所有教学内容在实际制作之前采用 PROTEUS 软件进行了仿真练习。一方面做到节约成本,另一方面也可以让学生通过学习,掌握先进软件的使用方法。PROTEUS 软件自带元件库、电路编辑器、测试仪器等,可以按需构造电路,虚拟仿真和演示该电路的工作原理与动态过程。程序编写全部采用 C 语言,依托集成化、数字化仿真软件,体现技术的先进性和实用性。

本书力求体现项目课程的特色与设计思想。项目内容选取力求具有典型性和可操作性,以项目任务为出发点,激发学生的学习兴趣。在教学安排上,紧密围绕项目开展,创设教学情境,尽量做到教学做一体化。充分利用多媒体、电子仿真软件和实际电路组织教学。

本书按照高职高专人才培养目标编写,可作为电子信息大类各专业的教材,也可作为相关专业学生自学参考书和培训教材。本书配套资料可在 <http://yydz.phei.com.cn> 资源下载栏目下载。

本书由杨永主编,张洪明、孙岐峰、潘汉怀、杜锋和沙祥参编。其中,张洪明编写了任务一;孙岐峰编写了任务二的项目 4 和项目 5;潘汉怀编写了任务三的项目 7 和项目 8;杜锋编写了任务四的项目 9 和项目 10;沙祥编写了任务五的项目 11 和项目 12;杨永编写其余部分,并负责全书的统稿。在编写过程中得到了俞宁副院长、朱祥贤主任、毛学军主任的关心和支持,在此表示衷心感谢。

由于时间仓促,加之编者水平所限,书中难免有错误和不当之处,恳请各位读者予以批评指正。

编 者

目 录

任务 1	ATmega16 单片机学习准备	1
1.1	认识 ATmega16 单片机	1
1.1.1	ATmega16 芯片及引脚认识	2
1.1.2	复位电路的设计	3
1.1.3	晶振电路的设计	4
1.1.4	A/D 转换滤波电路的设计	4
1.1.5	串口电平转换电路的设计	5
1.1.6	I/O 端口输出	6
1.1.7	JTAG 仿真接口电路的设计	7
1.1.8	电源电路的设计	7
1.1.9	ATmega16 最小硬件系统实物	7
1.2	ICC AVR 集成开发环境使用	8
1.3	AVR Studio 调试软件的使用	12
1.4	PROTEUS 仿真软件的使用	16
任务 2	单片机 I/O 口基本应用	20
2.1	ATmega16 单片机 I/O 口使用概述与目标要求	20
2.1.1	任务教学目标	20
2.1.2	教学目标知识与技能点介绍	20
2.2	项目 1: 空调器开关电源指示控制系统设计	28
2.2.1	项目背景	28
2.2.2	项目方案设计	29
2.2.3	项目硬件电路设计	29
2.2.4	项目驱动软件设计	30
2.2.5	项目系统集成与调试	36
	知识巩固	38
	拓展训练	39
2.3	项目 2: 多功能霓虹灯控制系统设计	39
2.3.1	项目背景	39
2.3.2	项目方案设计	40
2.3.3	项目硬件电路设计	40
2.3.4	项目驱动软件设计	43
2.3.5	项目系统集成与调试	49
	知识巩固	53
	拓展训练	53

任务 3 单片机外部中断及 I/O 口基本应用	54
3.1 数码管及外部中断使用概述与目标要求	54
3.1.1 任务教学目标	54
3.1.2 教学目标知识与技能点介绍	54
3.2 项目 3: 脉冲计数控制与显示系统设计	63
3.2.1 项目背景	63
3.2.2 项目方案设计	63
3.2.3 项目硬件电路设计	64
3.2.4 项目驱动软件设计	66
3.2.5 项目系统集成与调试	70
知识巩固	71
拓展练习	72
3.3 项目 4: 篮球比赛计分器设计	72
3.3.1 项目背景	72
3.3.2 项目方案设计	73
3.3.3 项目硬件电路设计	73
3.3.4 项目驱动软件设计	75
3.3.5 项目系统集成与调试	80
知识巩固	84
拓展练习	84
任务 4 内部 EEPROM 操作及 I/O 口应用	85
4.1 内部 EEPROM 及 1602 液晶显示器使用概述与目标要求	85
4.1.1 任务教学目标	85
4.1.2 教学目标知识与技能点介绍	85
4.2 项目 5: 基于液晶 1602 显示密码锁控制系统设计	93
4.2.1 项目背景	93
4.2.2 项目方案设计	94
4.2.3 项目硬件电路设计	95
4.2.4 项目驱动软件设计	97
4.2.5 项目系统集成与调试	108
知识巩固	114
拓展练习	114
任务 5 单片机定时器 T0 的应用	115
5.1 ATmega16 单片机定时使用概述与目标要求	115
5.1.1 任务教学目标	115
5.1.2 教学目标知识与技能点介绍	115
5.2 项目 6: 能校时的电子时钟设计	119
5.2.1 项目背景	119
5.2.2 项目方案设计	120

5.2.3	项目硬件电路设计	120
5.2.4	项目驱动软件设计	121
5.2.5	项目系统集成与调试	126
	知识巩固	128
	拓展练习	129
5.3	项目 7: 基于 PWM 波的 LED 调光控制器设计	129
5.3.1	项目背景	129
5.3.2	项目方案设计	131
5.3.3	项目硬件电路设计	131
5.3.4	项目驱动软件设计	133
5.3.5	项目系统集成与调试	138
	知识巩固	142
	拓展练习	142
任务 6	单片机 AD 模块应用	143
6.1	AD 转换使用概述与目标要求	143
6.1.1	任务教学目标	143
6.1.2	教学目标知识与技能点介绍	143
6.2	项目 8: 5V 数字电压表设计	149
6.2.1	项目背景	149
6.2.2	项目方案设计	151
6.2.3	项目硬件电路设计	151
6.2.4	项目驱动软件设计	153
6.2.5	项目系统集成与调试	156
	知识巩固	158
	拓展练习	159
6.3	项目 9: 智能光强检测与控制系统设计	159
6.3.1	项目背景	159
6.3.2	项目方案设计	161
6.3.3	项目硬件电路设计	161
6.3.4	项目驱动软件设计	163
6.3.5	项目系统集成与调试	170
	知识巩固	174
	拓展练习	174
任务 7	单片机 I ² C (TWI) 总线开发	175
7.1	I ² C 总线使用概述与目标要求	175
7.1.1	任务教学目标	175
7.1.2	教学目标知识与技能点介绍	175
7.2	项目 10: 基于 DS1621 多点测温控制系统设计——基于单片机模拟 I ² C 总线实现	184
7.2.1	项目背景	184

7.2.2	项目方案设计	184
7.2.3	项目硬件电路设计	185
7.2.4	项目驱动软件设计	186
7.2.5	项目系统集成与调试	194
	知识巩固	195
	拓展练习	195
7.3	项目 11: 基于 TWI 技术的多点测温控制系统设计	195
7.3.1	项目方案设计	195
7.3.2	项目硬件电路设计	197
7.3.3	项目驱动软件设计	198
7.3.4	项目系统集成与调试	204
	知识巩固	205
	拓展练习	205
任务 8	单片机 SPI 模块应用	206
8.1	SPI 总线使用概述与目标要求	206
8.1.1	任务教学目标	206
8.1.2	教学目标知识与技能点介绍	206
8.2	项目 12: 基于 FM25040 的 SPI 总线数据存储系统设计	212
8.2.1	项目背景	212
8.2.2	项目方案设计	212
8.2.3	项目硬件电路设计	213
8.2.4	项目驱动软件设计	214
8.2.5	项目系统集成与调试	218
	知识巩固	219
	拓展练习	220
任务 9	单片机的串口及看门狗应用	221
9.1	ATmega16 单片机串行通信概述与目标要求	221
9.1.1	任务教学目标	221
9.1.2	教学目标知识与技能点介绍	221
9.2	项目 13: 银行窗口服务评价控制系统设计	234
9.2.1	项目背景	234
9.2.2	项目方案设计	235
9.2.3	项目硬件电路设计	236
9.2.4	项目驱动软件设计	236
9.2.5	项目系统集成与调试	243
	知识巩固	246
	拓展练习	246



ATmega16 单片机学习准备

1.1 认识 ATmega16 单片机

ATmega16 是基于增强的 AVR RISC 结构的低功耗 8 位 CMOS 微控制器。

ATmega16 有如下特点：16KB 的系统内可编程 Flash（具有同时读写的能力，即 RWW），512B 的 EEPROM，1KB 的 SRAM，32 个通用 I/O 口线，32 个通用工作寄存器，用于边界扫描的 JTAG 接口，支持片内调试与编程，3 个具有比较模式的灵活的定时器/计数器（T/C），片内/外中断，可编程串行 USART，有起始条件检测器的通用串行接口，8 路 10 位具有可选差分输入级可编程增益（TQFP 封装）的 ADC，具有片内振荡器的可编程看门狗定时器，一个 SPI 串行端口，以及 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、ADC、SRAM、T/C、SPI 端口以及中断系统继续工作；停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；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 I/O 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，其余功能模块均处于休眠状态，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。

ATmega16 是以 Atmel 公司高密度非易失性存储器技术生产的。片内 ISP Flash 允许程序存储器通过 ISP 串行接口或者通用编程器进行编程，也可以通过运行于 AVR 内核之中的引导程序进行编程。引导程序可以使用任意接口将应用程序下载到应用 Flash 存储区（Application Flash Memory）。在更新应用 Flash 存储区时引导 Flash 区（Boot Flash Memory）的程序继续运行，实现了 RWW 操作。通过将 8 位 RISC CPU 与系统内可编程的 Flash 集成在一个芯片内，ATmega16 成为一个功能强大的单片机，为许多嵌入式控制应用提供了灵活而低成本的解决方案。

ATmega16 具有一整套的编程与系统开发工具，包括：C 语言编译器、宏汇编、程序调试器、软件仿真器、仿真器及评估板。

ATmega16 单片机常用的 TQFP 44 脚封装形式如图 1-1 所示，DIP 40 脚封装形式如图 1-2 所示。



图 1-1 TQFP 44 脚封装

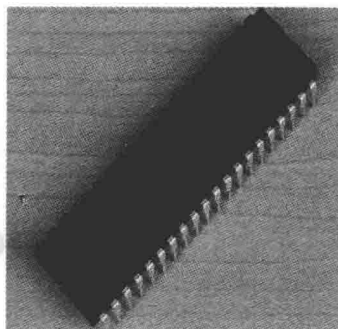


图 1-2 DIP 40 脚封装



1.1.1 ATmega16 芯片及引脚认识

如图 1-3 所示, ATmega16 的引脚排列主要由端口 A、端口 B、端口 C、端口 D 及复用功能口; 复位引脚 $\overline{\text{RESET}}$; 电源脚 VCC、GND; 以及 A/D 转换功能脚 AREF、AVCC 等组成。下面分别介绍。

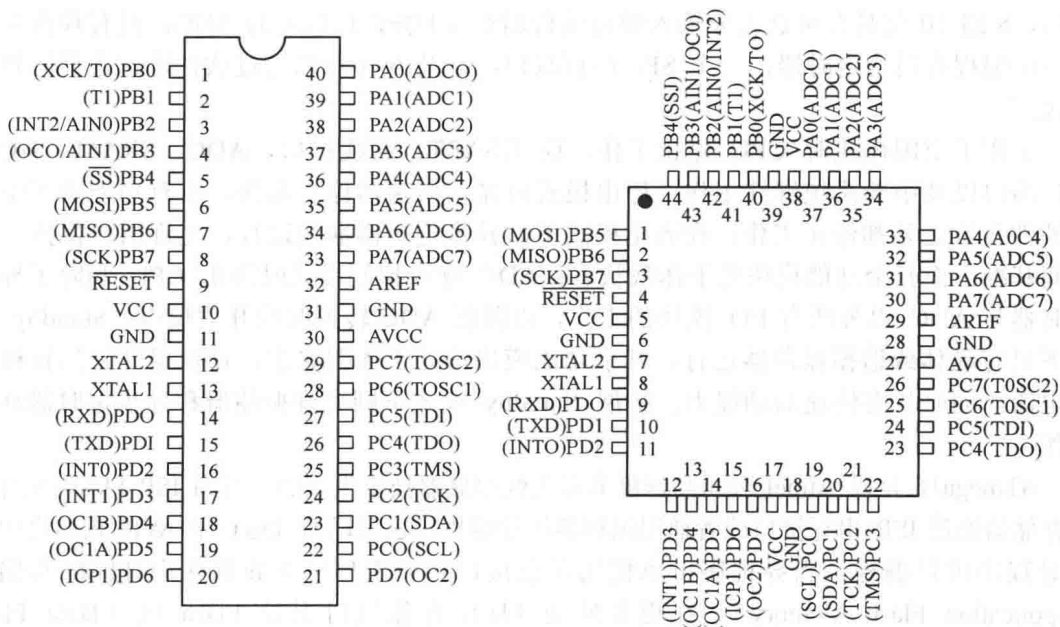


图 1-3 PDIP 及 QFP 两种封装的 ATmega16 引脚

VCC: 电源正。

GND: 电源地。

端口 A (PA7..PA0): 端口 A 作为 ADC 的模拟输入端。端口 A 为 8 位双向 I/O 口, 具有可编程的内部上拉电阻。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。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, 即使系统时钟还未起振, 端口 A 仍处于高阻状态。

端口 B (PB7..PB0): 端口 B 为 8 位双向 I/O 口, 具有可编程的内部上拉电阻。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。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, 即使系统时钟还未起振, 端口 B 仍处于高阻状态。端口 B 也可以用作其他不同的特殊功能。

端口 C (PC7..PC0): 端口 C 为 8 位双向 I/O 口, 具有可编程的内部上拉电阻。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。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, 即使系统时钟还未起振, 端口 C 仍处于高阻状态。如果 JTAG 接口使能, 即使复位也会出现引脚 PC5 (TDI)、PC3 (TMS) 与 PC2 (TCK) 的上拉电阻被激活。端口 C 也可以用作其他不同的特殊功能。

端口 D (PD7..PD0): 端口 D 为 8 位双向 I/O 口, 具有可编程的内部上拉电阻。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。作为输入使用时, 若内部上拉电阻使能, 则端口被外部电路拉低时将输出电流。在复位过程中, 即使系统时钟还未起振, 端口 D 仍处于高阻状态。端口 D 也可以用作其他不同的特殊功能。

RESET: 复位输入引脚。持续时间超过最小门限时间的低电平将引起系统复位。门限时间持续时间小于门限时间的脉冲不能保证可靠复位。与传统的 51 单片机相比, AVR 单片机内置复位电路, 并且在熔丝位里可以控制复位时间, 所以, AVR 单片机可以不设外部上电复位电路, 依然可以正常复位, 稳定工作。需要注意的是本单片机低电平有效。

XTAL1: 反向振荡放大器与片内时钟操作电路的输入端。

XTAL2: 反向振荡放大器的输出端。

AVCC: AVCC 是端口 A 与 A/D 转换器的电源。不使用 ADC 时, 该引脚应直接与 VCC 连接; 使用 ADC 时应通过一个低通滤波器与 VCC 连接。

AREF: ADC 的模拟基准输入引脚。



1.1.2 复位电路的设计

如图 1-4 所示, ATmega16 已经内置了上电复位设计, 并且在熔丝位里可以设置复位时的额外时间, 故 AVR 外部的复位线路在上电时, 可以设计得很简单: 直接拉一只 10kΩ 的电阻到 VCC 即可 (Rrst)。

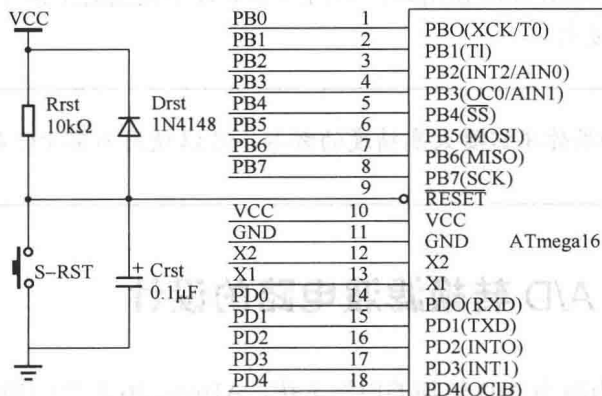


图 1-4 复位电路

为了可靠复位，再加上一只 $0.1\mu\text{F}$ 的电容（Crst）以消除干扰、杂波。

Drst（1N4148）的作用有两个：一是将复位输入的最高电压钳位在 $V_{\text{CC}}+0.5\text{V}$ 左右；二是系统断电时，将 Rrst（ $10\text{k}\Omega$ ）电阻短路，让 Crst 快速放电，从而当下一次通电时，能产生有效的复位。

在 AVR 单片机工作期间，按下 S-RST（复位按钮）开关再松开时，将在复位脚产生一个低电平的复位脉冲信号，触发 AVR 单片机复位。



重要说明：

实际应用时，如果你不需要复位按钮，复位脚可以不接任何的零件，AVR 芯片也能稳定工作。即这部分不需要任何的外围零件。



1.1.3 晶振电路的设计

如图 1-5 所示，ATmega16 已经内置 RC 振荡线路，可以产生 1MHz、2MHz、4MHz、8MHz 的振荡频率。不过，内置的毕竟是 RC 振荡，在一些对时间参数要求较高的场合，比如要使用 AVR 单片机的 UART 与其他的单片机系统或 PC 通信时，为了实现高速可靠的通信，就需要比较精确的时钟来产生精确的通信波特率，这时就要使用精度高的片外晶体振荡电路作为 AVR 单片机系统的工作时钟。

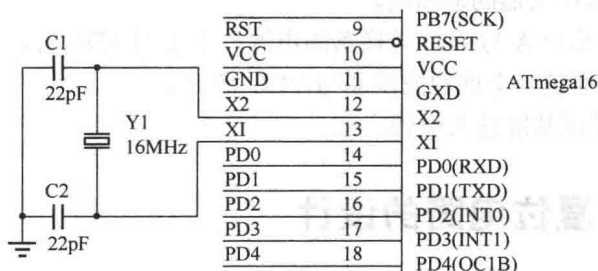


图 1-5 晶振电路

在早期的 AVR 单片机中，比如 AT90S 系列单片机，晶振两端均需要接 22pF 左右的电容。ATmega 系列单片机在实际使用时，这两只小电容不接也能正常工作。不过为了线路的规范化，我们仍建议接上。



重要说明：

实际应用时，如果你不需要太高精度的频率，可以使用内部 RC 振荡。即这部分不需要任何的外围零件。



1.1.4 A/D 转换滤波电路的设计

如图 1-6 所示，为减小 A/D 转换的电源干扰，ATmega16 芯片由独立的 A/D 电源供电。推荐在 VCC 串上一只 $10\mu\text{H}$ 的电感（L1），然后接一只 $0.1\mu\text{F}$ 的电容（C6）到模拟地。

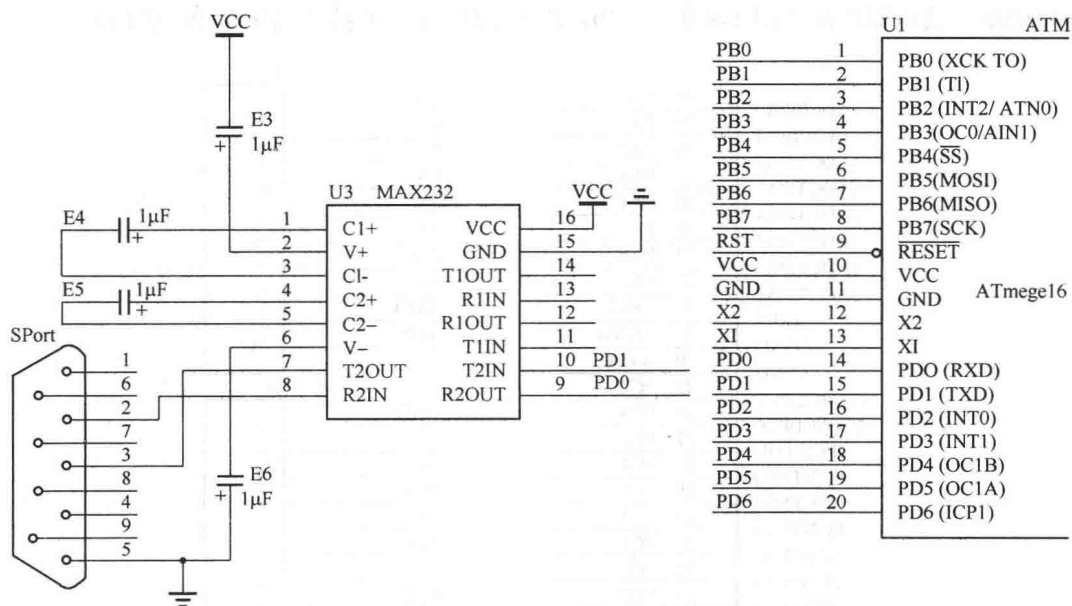
AREF	32	AREF
AGND	31	AGXD
AVCC	30	AVCC
TOSC2)PC7	29	PC7
TOSC1)PC6	28	PC6
PC5(TDI)	27	PC5
PC4(TDO)	26	PC4
PC3(TMS)	25	PC3
PC2(TCK)	24	PC2
PC1(SDA)	23	PC1
PC0(SCL)	22	PC0
PD7(OC2)	21	PD7

The diagram illustrates the power supply and ground connections for the AVR microcontroller. The VCC pin is connected to a 10µH inductor (L1) and a 0.1µF capacitor (C6) to AGND. A 0.1µF capacitor (C5) is connected between VCC and AGND. A 10µH inductor (L2) is connected between AGND and ground.



实际应用时,如果你想简化线路,可以将 AVCC 直接接到 VCC, AREF 悬空。即这部分不需要任何的外围零件。

如图 1-7 所示, 串行通信协议有很多种, 以 RS-232-C (又称 EIA RS-232-C, 以下简称 RS232) 的通信方式最为多见。



RS232 是一个全双工的通信协议，它可以同时进行数据接收和发送的工作。RS232 的端口通常有两种：9 针（DB9）和 25 针（DB25）。其接口定义如表 1-1 所示。



表 1-1 DB9 与 DB25 接口定义

信 号	DB9	DB25
公共地	5	7
发送数据 (TXD)	3	2
接收数据 (RXD)	2	3
数据终端准备 (DTR)	4	20
数据准备好 (DSR)	6	6
请求发送 (RTS)	7	4
清除发送 (CTS)	8	5
数据载波检测 (DCD)	1	8
振铃指示 (RI)	9	22

RS232 接口的信号电平值较高，在 RS232 中任何一条信号线的电压均为负逻辑关系，即逻辑“1”，-5~-15V；逻辑“0”，+5~+15V；噪声容限为 2V。因为与 TTL 电平不兼容，故需使用电平转换电路方能与 TTL 电路连接。在本设计中，电平转换芯片是 MAXIM 公司的 MAX232 芯片，电路设计参考了其 DATASHEET 上的典型应用。



1.1.6 I/O 端口输出

ATmega16 总共有 PA、PB、PC、PD 四个 8 位 I/O 端口，作为最小系统板需要将这 4 个 I/O 口引出。其电原理图如图 1-8 所示（PB 端口与 PD 端口的接法请参考 PC 端口）。

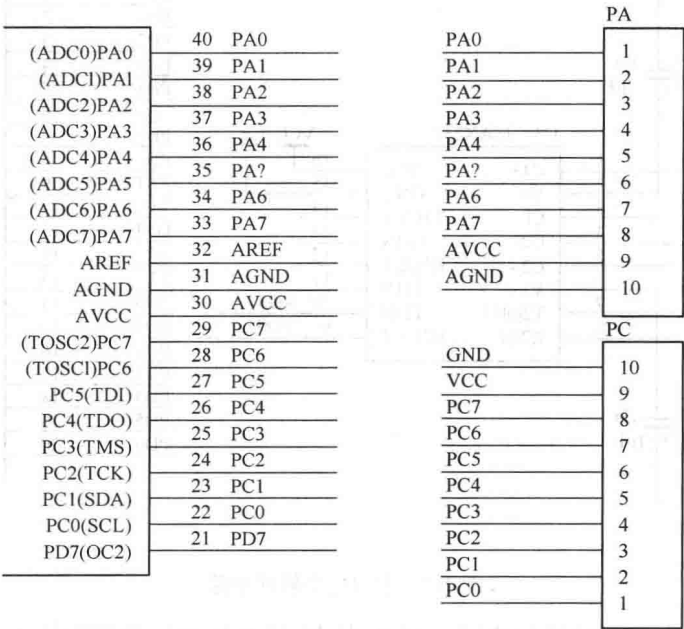


图 1-8 I/O 端口



1.1.7 JTAG 仿真接口电路的设计

JTAG 仿真接口电路如图 1-9 所示, 图中:

- V-S 是一个三端跳线, 用来选择电源的供给方式: 由 JTAG 仿真接口供电还是由 ATmega16 最小系统板上的电源模块供电。
- 由于不同的 JTAG 仿真电路支持的 JTAG 协议不同, R4、R5、R6、R7 这 4 个上拉电阻并不是必要的。

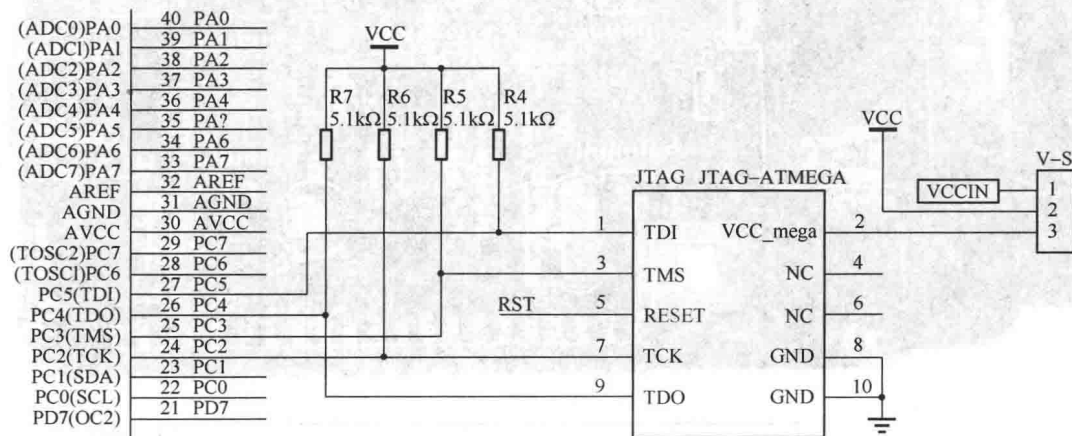


图 1-9 JTAG 仿真接口电路



1.1.8 电源电路的设计

采用 7805 集成电压三端器件能满足系统的要求, 输入电压要求 9~18V, 如图 1-10 所示。

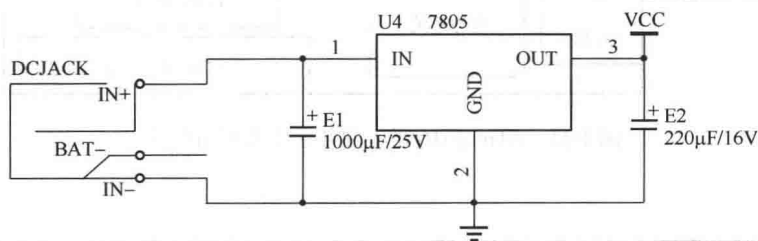


图 1-10 电源电路



1.1.9 ATmega16 最小硬件系统实物

根据各部分原理图最终完成的 ATmega16 最小硬件系统及框图设计如图 1-11 所

示。申请了实用新型专利单片机开发系统，仿真单片机与开发单片机在同一块 PCB 上，提高开发板与计算机通信成功率，也能降低系统成本；开发板上的 JTAG 接口复用功能可以用短路帽接通和断开的方式方便地切换使用开发板上的单片机和使用者自己开发的单片机。

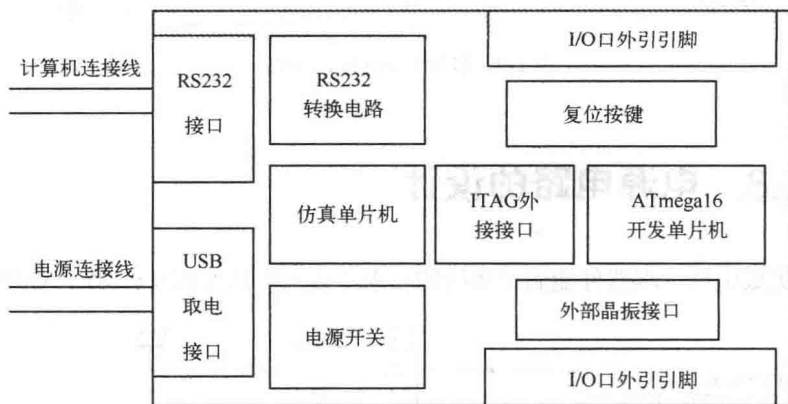
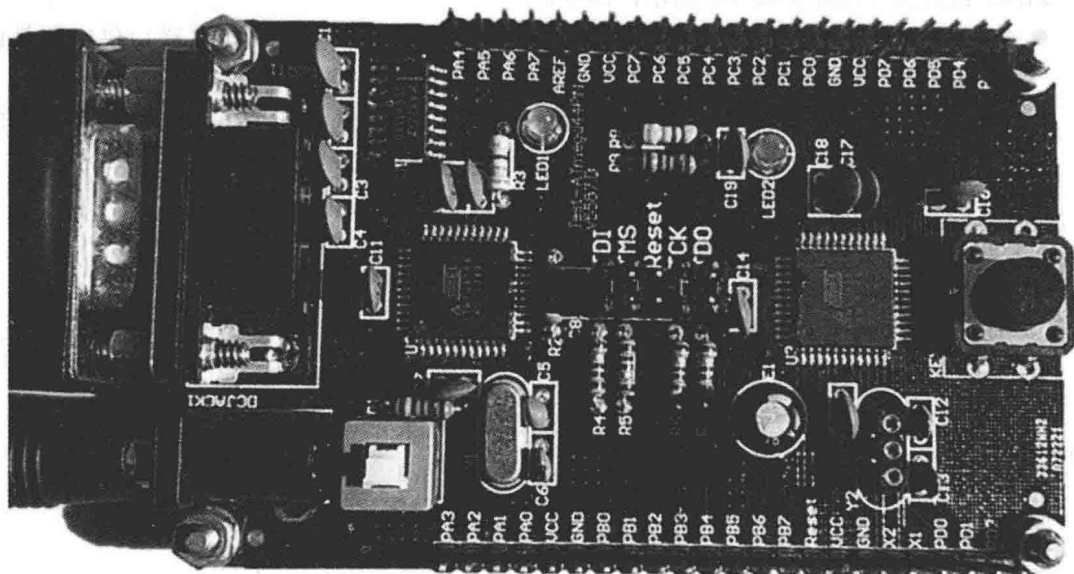


图 1-11 ATmega16 最小硬件系统及框图设计

1.2 ICC AVR 集成开发环境使用

打开 ICC 集成开发环境后，按照下面图示的提示，可以达到 ICC 快速入门的学习目的。

- (1) 选择 Project 菜单的 New 选项新建项目，如图 1-12 所示。
- (2) 指定保存路径并输入工程名称，如图 1-13 所示。
- (3) 选择 File 菜单的 New 选项新建文件，如图 1-14 所示。