

卓越工程师培养计划 · 电子信息

ATmega16

单片机项目驱动教程

—— 基于C语言+Proteus仿真

3篇准备知识+5个任务+12个项目+考核答辩题

杨永
主编



YZLI0890107357



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·电子信息

ATmega16 单片机项目驱动教程

主 编：杨 永

参 编：张洪明 孙岐峰 潘汉怀

杜 锋 沙 祥



YZLI0890107357

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书按照 ATmega16 单片机的 5 个主要功能模块化分为 5 个主要学习任务, 包括 I/O 端口应用、定时器 1 及外部中断使用、A/D 转换模块应用、USART 模块应用、TWI 总线应用。每个学习任务中分为若干个基于实际电子产品的教学项目。每个具体的项目都按照项目方案的设计与论证、项目所需知识点的介绍、项目电路设计、项目单元电路仿真、项目总体电路仿真、项目硬件制作的步骤安排。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的教材, 也可作为相关专业学生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. —北京: 电子工业出版社, 2011. 10

(卓越工程师培养计划)

ISBN 978-7-121-14769-2

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

IV. ① TP368.1 ② TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 204651 号

策划编辑: 王敬栋 (wangjd@phei.com.cn)

责任编辑: 王敬栋

印 刷: 北京市海淀区四季青印刷厂

装 订: 三河市鹏成印业有限公司

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: 17.75 字数: 454.4 千字

印 次: 2011 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 38.00 元

凡所购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 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。

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

服务热线: (010) 88258888。

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。为适用这种技术的推广,本书选用具有代表性的、又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,将理论知识融入到每一个教学项目中,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，恳请各位读者给予批评指正。

编 者

目 录

准备知识 1 AVR 单片机最小硬件系统设计与制作	1
1.1 ATmega16 单片机芯片及引脚认识	1
1.2 复位电路的设计	2
1.3 晶振电路的设计	2
1.4 AD 转换滤波电路的设计	3
1.5 串口电平转换电路的设计	4
1.6 I/O 端口输出	5
1.7 JTAG 仿真接口电路的设计	7
1.8 电源电路的设计	7
1.9 ATmega16 单片机最小硬件系统实物	8
准备知识 2 ICC AVR 与 AVR Studio 快速入门	9
2.1 ICC AVR 开发编译环境快速入门	9
2.2 AVR Studio 下载调试工具快速入门	13
准备知识 3 Proteus 仿真软件快速入门	18
任务一 ATmega16 单片机的 I/O 端口应用	21
项目 1 多功能 8 位 LED 跑马灯设计	21
项目 1.1 项目方案设计	21
项目 1.2 项目所用知识点介绍	22
项目 1.3 跑马灯硬件电路设计	34
项目 1.4 跑马灯软件设计	37
项目 1.5 跑马灯仿真与验证	37
项目 1.6 独立式键盘硬件电路设计	40
项目 1.7 独立式键盘软件设计	44
项目 1.8 项目硬件制作与调试	49
项目 2 多功能数码管显示器设计	50

项目 2.1	项目方案设计	50
项目 2.2	项目所用知识点介绍	50
项目 2.3	项目硬件电路设计	56
项目 2.4	项目软件设计	57
项目 2.5	项目仿真与验证	59
项目 2.6	项目硬件制作与调试	63
项目 3	多功能 1602 液晶显示器设计	65
项目 3.1	项目方案设计	65
项目 3.2	项目所用知识点介绍	65
项目 3.3	项目硬件电路设计	80
项目 3.4	项目软件设计	81
项目 3.5	项目仿真与验证	84
项目 3.6	项目硬件制作与调试	88
任务二	ATmega16 的定时器 1 及外部中断使用	90
项目 4	能校准的电子时钟设计	90
项目 4.1	项目方案设计	90
项目 4.2	项目所用知识点介绍	90
项目 4.3	项目硬件电路设计	93
项目 4.4	项目软件设计	95
项目 4.5	项目仿真与验证	104
项目 4.6	项目硬件制作与调试	106
项目 5	基于 PWM 波形的 LED 调光设计	107
项目 5.1	项目方案设计	107
项目 5.2	项目硬件电路设计	111
项目 5.3	项目软件设计	113
项目 5.4	项目仿真与验证	115
项目 5.5	项目硬件制作与调试	115
项目 6	流水线自动分装系统开发与设计	116
项目 6.1	项目方案设计	116
项目 6.2	项目所用知识点介绍	116
项目 6.3	项目驱动程序设计	123
项目 6.4	项目仿真与验证	136
项目 6.5	项目硬件制作与调试	140
任务三	ATmega16 单片机的 A/D 转换模块应用	141
项目 7	简易数字电压表设计	141
项目 7.1	项目方案设计	141
项目 7.2	项目所用知识点介绍	141
项目 7.3	项目硬件电路设计	151

项目 7.4 项目软件设计	152
项目 7.5 项目仿真与验证	154
项目 7.6 项目硬件制作与调试	155
项目 8 基于 AD590 的温度计设计	156
项目 8.1 项目方案设计	156
项目 8.2 项目所用知识点介绍	156
项目 8.3 项目硬件电路设计	159
项目 8.4 项目软件设计	159
项目 8.5 项目仿真与验证	164
项目 8.6 项目硬件制作与调试	166
任务四 ATmega16 单片机的 USART 模块应用	167
项目 9 窗口评价器设计	167
项目 9.1 项目方案设计	167
项目 9.2 项目所用知识点介绍	168
项目 9.3 项目硬件电路设计	180
项目 9.4 项目软件设计	182
项目 9.5 项目仿真与验证	186
项目 9.6 项目硬件制作与调试	189
项目 10 基于 GPS 模块的信号接收器设计	190
项目 10.1 项目方案设计	190
项目 10.2 项目所用知识点介绍	190
项目 10.3 项目硬件电路设计	195
项目 10.4 项目软件设计	197
项目 10.5 项目仿真与验证	204
项目 10.6 项目硬件制作与调试	206
任务五 ATmega16 单片机的 TWI 总线应用	207
项目 11 基于 AT24C08 的电子密码锁的设计与制作	207
项目 11.1 项目方案设计	207
项目 11.2 项目所用知识点介绍	208
项目 11.3 项目硬件电路设计	216
项目 11.4 项目软件设计	219
项目 11.5 项目仿真与验证	242
项目 11.6 项目硬件制作与调试	243
项目 12 基于 PCF8563 的电子时钟的设计与制作	246
项目 12.1 项目方案设计	246
项目 12.2 项目所用知识点介绍	246
项目 12.3 项目硬件电路设计	248
项目 12.4 项目软件设计	252

项目 12.5 项目仿真与验证	269
项目 12.6 项目硬件制作与调试	270
附录	272
附录 A 任务一考核答辩题	272
附录 B 任务二考核答辩题	273
附录 C 任务三考核答辩题	273
附录 D 任务四考核答辩题	274
附录 E 任务五考核答辩题	275

AVR 单片机最小硬件系统设计与制作

内容:

➤ 设计 ATmega16 单片机的最小硬件系统，包括复位电路、晶振电路、AD 转换滤波电路、串口电平转换电路、JTAG 仿真接口和电源。

目标:

- 进一步熟悉 Protel 99SE 的使用技巧。
- 对 ATmega16 单片机的引脚有初步认识。
- 熟悉最小系统的概念。
- 进一步掌握焊接基本技能。

1.1 ATmega16 单片机芯片及引脚认识

采用 PDIP (Plastic Dual Inline Package, 塑料双列直插封装) 封装形式的 ATmega 16 单片机引脚排布如图 1-1 所示。

ATmega16 单片机的引脚主要由 PA 口、PB 口、PC 口、PD 口及复用功能口，复位引脚 RESET，电源脚 VCC、GND，以及 A/D 转换功能脚 AREF、AVCC 等组成。

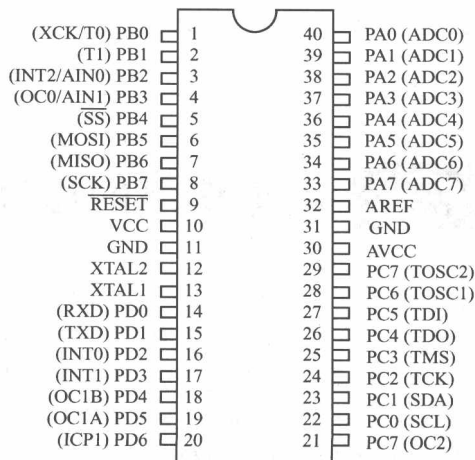


图 1-1 采用 PDIP 封装形式的 ATmega16 单片机引脚排布

1.2 复位电路的设计

复位电路如图 1-2 所示。ATmega16 单片机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。因此，AVR 单片机外部的复位电路在上电时，可以设计得很简单，直接接一只 $10\text{k}\Omega$ 的电阻器到 VCC 即可（Rrst）。

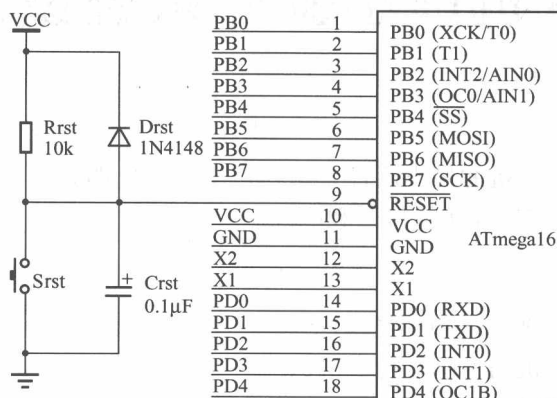


图 1-2 复位电路

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

Drst（1N4148）的作用有两个：（1）将复位输入的最高电压钳位在 $VCC + 0.5\text{V}$ 左右；（2）系统断电时，将 Rrst（ $10\text{k}\Omega$ ）电阻器短路，让 Crst 快速放电，当下一次通电时，使其能产生有效的复位。

在 AVR 单片机工作期间，按下 Srst（复位按钮）开关再松开时，将在复位引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，如果不需要复位按钮，复位引脚可以不接任何器件。此时，AVR 单片机也能稳定工作，即这部分不需要任何外围器件。

1.3 晶振电路的设计

如图 1-3 所示，ATmega16 单片机已经内置 RC 振荡电路，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，例如要使用 AVR 单片机的 UART 模板与其他单片机系统或计算机通信时，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。

在早期的 AVR 单片机中，如 AT90S 系列单片机，晶振两端均需要接 22pF 左右的电容器。

ATmega16 系列单片机在实际使用时，不接这两只小电容器也能正常工作。不过，为了电路的规范化，仍然建议接上。

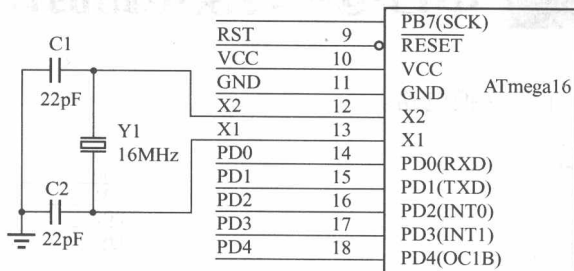


图 1-3 晶振电路



重要说明:

实际应用时，如果不需要太高精度的频率，可以使用内部 RC 振荡，即这部分电路不需要任何外围器件。

1.4 AD 转换滤波电路的设计

如图 1-4 所示，为减小 AD（模拟/数字）转换的电源干扰，ATmega16 单片机由独立的 AD 电源供电。推荐在 VCC 引脚串联一只 $10\mu\text{H}$ 的电感器（L1），然后接一只 $0.1\mu\text{F}$ 的电容器（C6）到模拟地。

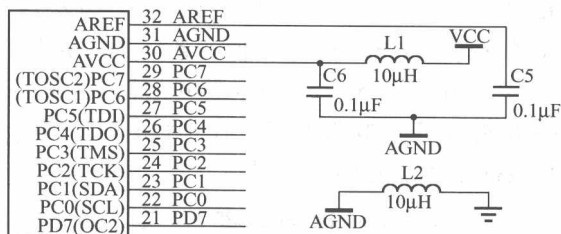


图 1-4 AD 转换滤波电路

ATmega16 单片机内带 2.56V 标准参考电压，也可以从外面输入参考电压，如 TL431 基准电压源。不过，一般的应用使用内部自带的参考电压已经足够。习惯上在 AREF 引脚接一只 $0.1\mu\text{F}$ 的电容器（C5）到模拟地。



重要说明:

实际应用时，如果想简化线路，可以将 AVCC 直接接到 VCC，AREF 悬空，即这部分不需要任何外围器件。

1.5 串口电平转换电路的设计

图 1-5 所示为串口电平转换电路。

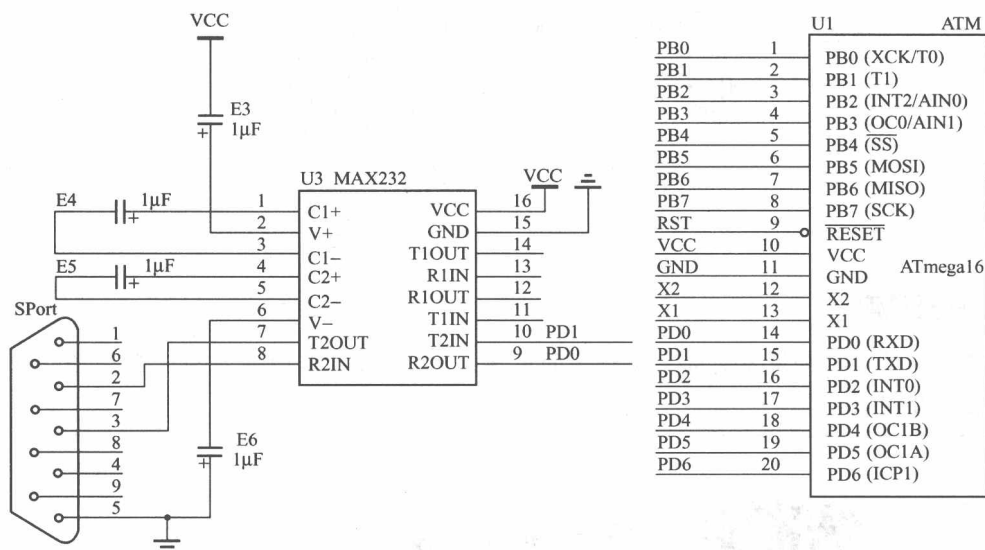


图 1-5 串口电平转换电路

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。

RS232 接口的信号电平较高，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，所以需使用电平转换电路方能与 TTL 电路连接。在本设计中，电平转换芯片采用 MAX232 芯片，电路设计参考了其数据手册上的典型应用。

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

续表

信 号	DB9	DB25
数据载波检测 (DCD)	1	8
振铃指示 (RI)	9	22

1.6 I/O 端口输出

ATmega16 单片机的 I/O 端口如图 1-6 所示。

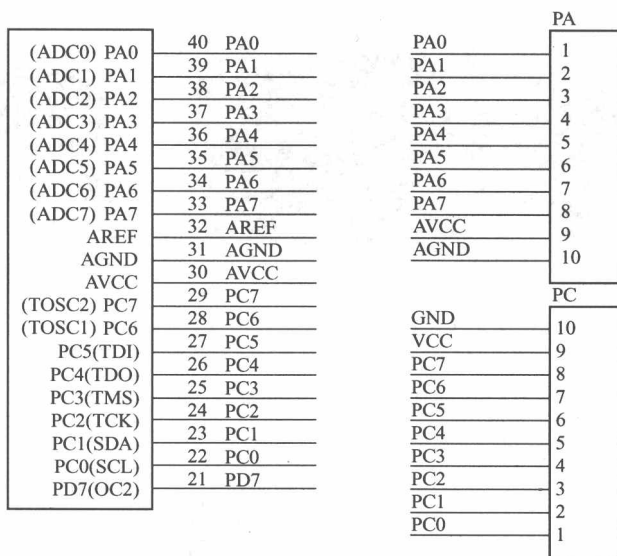
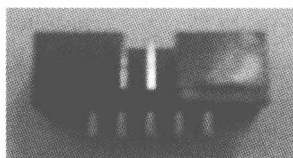


图 1-6 ATmega16 单片机的 I/O 端口

ATmega16 单片机共有 PA、PB、PC、PD 4 个 8 位 I/O 端口。作为最小系统板，需要将这 4 个 I/O 端口引出。

PA、PB、PC、PD 4 个 8 位 I/O 端口（包括以后介绍的 JTAG 接口）的封装形式为 DC3—10 脚简易牛角插座（在本书余下部分中，DC3 简易牛角插座将简称为 DC3 插座），与 ATmega16 单片机的最小硬件系统上使用的插座是一致的。在使用 DC3 插座时，需要注意其引脚的排列顺序。DC3—10 脚插座实物图如图 1-7 所示。



(a) 正视图



(b) 俯视图

图 1-7 DC3—10 脚插座实物图

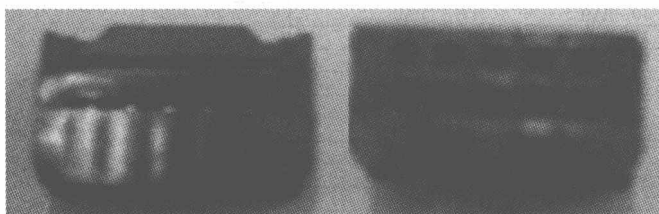
从图 1-7 中可以看出, DC3 插座的一侧有一个缺口, 同时有一个三角标志, 这是为了与 FC3 插头配合使用的一种防错设计。

在本书中, DC3—10 脚插座的接口定义以图 1-7 (b) 所示的俯视图为准, 如表 1-2 所示。

表 1-2 DC3—10 脚插座的接口定义

2	4	6	8	10
1	3	5	7	9
三角标志		缺口		

与 DC3 插座配合使用的 FC3 插头及其保护套实物图如图 1-8 所示。



(a) FC3 插头



(b) FC3 插头保护套

图 1-8 FC3 插头及其保护套实物图

在实际使用中, 需要使用压线钳 (如图 1-9 所示) 将 FC3 插头与排线制作成套件使用 (如图 1-10 所示)。

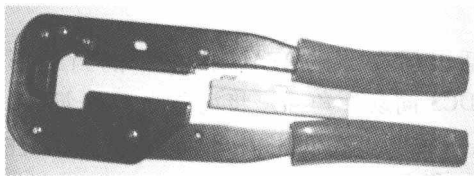


图 1-9 压线钳

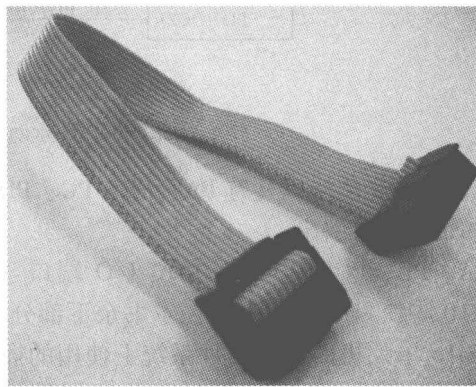


图 1-10 FC3—10 脚套件



重要说明:

如果没有特殊需要, FC3 套件一般都制作成“Pin to Pin”模式, 即待连接的两个 DC3 插座的引脚是一一对应的关系。

1.7 JTAG 仿真接口电路的设计

JTAG 仿真接口电路如图 1-11 所示。

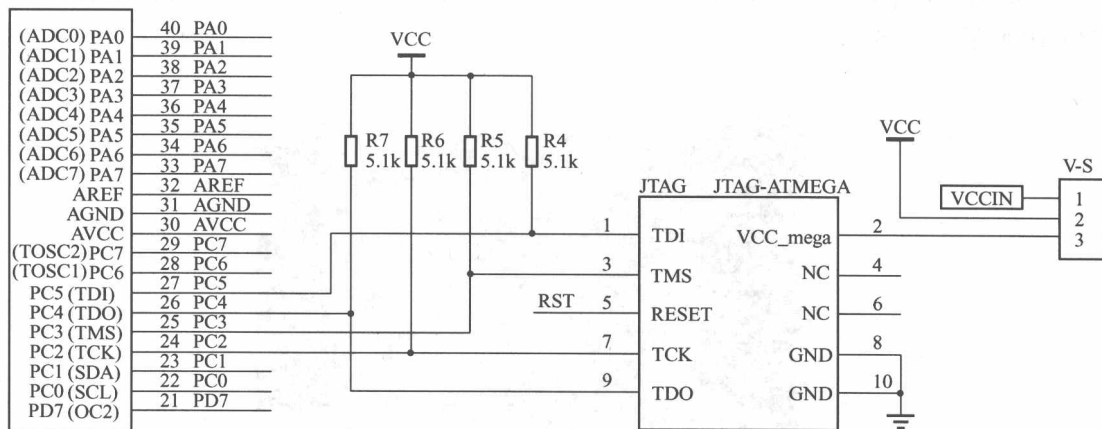


图 1-11 JTAG 仿真接口电路

- 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 单片机最小系统板上的电源模块供电。
- 不同的 JTAG 仿真电路支持的 JTAG 协议不同，R4、R5、R6、R7 这 4 个上拉电阻器并不是必要的。

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 1-12 所示。

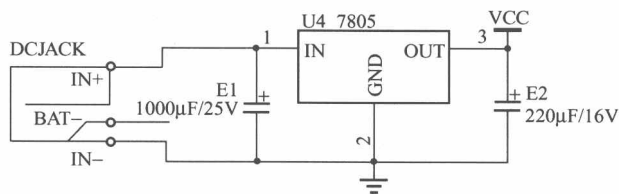


图 1-12 电源电路

1.9 ATmega16 单片机最小硬件系统实物

根据各部分原理图最终完成的 ATmega16 单片机最小硬件系统如图 1-13 所示。

ATmega16 单片机四组 8 位 I/O 端口 (PA、PB、PC、PD) 及 JTAG 接口均采用了的 DC3—10 脚插座引出。

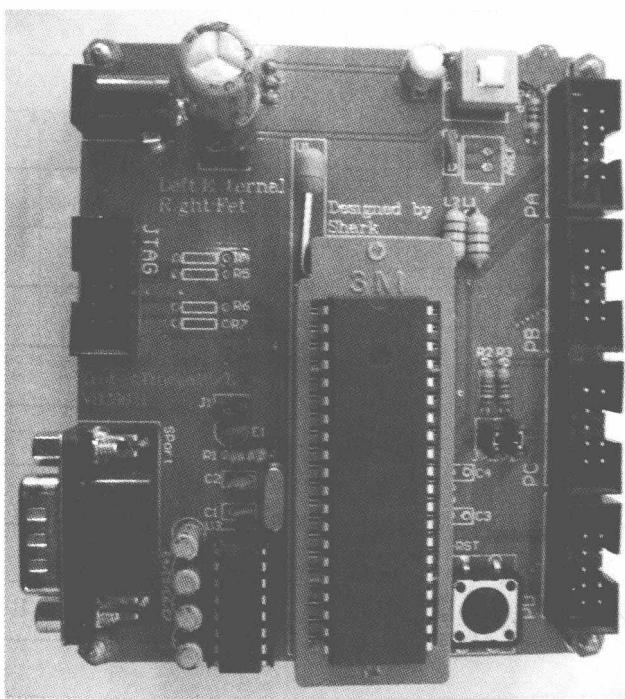


图 1-13 ATmega16 单片机最小硬件系统