

Electronic Circuit Design
Simulation
and Production

电子电路设计、仿真与制作

单片机技术及应用 (第2版)

◆ 周润景 蔺雨露 编著

电子电路设计、仿真与制作

单片机技术及应用

(第2版)

周润景 蔺雨露 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书介绍了 25 个典型的单片机技术设计案例,包括数字电压表设计、直流电动机控制模块设计、步进电动机控制电路设计、电子密码锁设计、数字时钟电路设计、基于 DS18B20 的温度测量模块设计、信号发生器设计、基于模糊控制的温度控制电路设计、催眠电路设计、电子治疗仪电路设计、室内天然气泄漏报警装置设计、数控稳压电源设计、转速测量系统设计、电子烟花点火电路设计、乒乓球比赛模拟电路设计、数字频率计设计、多功能万年历设计、交通灯电路设计、函数发生器设计、太阳能手机充电器设计、心电信号检测与显示电路设计、脉搏信号检测与分析电路设计、基于单片机的电子秤设计、基于单片机的公交车自动报站器设计、计分器电路设计。这些案例均来源于作者多年的实际科研项目,具有很强的实用性。通过对本书的学习和实践,读者可以很快掌握常用单片机技术的基础知识及应用方法。

本书适合电子电路设计爱好者自学使用,也可作为高等学校相关专业课程设计、毕业设计 & 电子设计竞赛的指导书籍。

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

单片机技术及应用/周润景, 蔺雨露编著. —2 版. —北京: 电子工业出版社, 2020. 2
(电子电路设计、仿真与制作)

ISBN 978-7-121-38365-6

I. ①单… II. ①周… ②蔺… III. ①单片微型计算机 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 021589 号

责任编辑: 张 剑 (zhang@phei.com.cn)

文字编辑: 康 霞

印 刷: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

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: 19 字数: 486.4 千字

版 次: 2017 年 7 月第 1 版

2020 年 2 月第 2 版

印 次: 2020 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 69.80 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 zlt@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: zhang@phei.com.cn。

前 言

近年来，随着电子技术和计算机技术的迅速发展，单片机的应用领域也在不断扩大，已广泛应用于家用电器、办公自动化、智能产品、测控系统、智能接口、工业自动化、汽车电子和航空航天电子系统等领域，涵盖了人们生活的方方面面。因此，掌握单片机电路的设计技术已成为电子技术工程师必备的技能之一。本书以单片机电路的设计、分析和制作为主线，围绕单片机应用中的具体案例进行讲解。

本书案例的选择经过了多方面考虑，涵盖 51 单片机应用的各个方面，每个案例都经作者亲自验证，并且都配有汇编语言或 C 语言的源代码，不仅编程规范，而且代码具有良好的可移植性，对单片机系统研发人员有非常高的参考价值，也可以为高等院校相关专业的师生在单片机系统教学实验、课程设计、毕业设计及电子设计竞赛等方面提供帮助。

本书结合 EDA 开发工具 Proteus 软件及 Keil 软件进行单片机电路的软、硬件联调，对电路进行仿真分析，并且可以通过改变元器件的参数使整个电路的性能达到最优化，这样不仅节省时间和经费，也提高了设计的效率和质量。

读者通过对本书的学习，可以借鉴作者的研发思路与实践经验，可以尽快取得最佳学习效果，减少了不必要的盲目摸索时间。无论从单片机入门与提高的角度来看，还是从实践性与技术性的角度来看，本书均有可圈可点之处。

本书每个项目均从设计任务、基本要求、模块详解、程序设计、电路原理图、调试与仿真等方面进行详细介绍，方便初学者快速入门，使读者在实践过程中提高自己发现问题、分析问题、解决问题的能力。

本书的内容大多来自作者的科研与实践，有关内容的讲解并没有过多的理论推导，而代之以实用的电路设计，因此实用是本书的一大特点。

本书力求做到精选内容，推陈出新；讲清基本概念、基本电路的工作原理和基本分析方法，语言生动精练，内容翔实，并且包含大量可供参考的案例。

本书由周润景、蔺雨露编著。其中，蔺雨露编写了项目 20 至项目 23，其余项目由周润景编写。

由于作者水平有限，书中难免存在一些错误、疏漏和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编著者

目 录

项目 1 数字电压表设计	1	电路原理图	26
设计任务	1	调试与仿真	27
基本要求	1	PCB 版图	27
总体思路	1	实物测试	28
系统组成	1	思考与练习	28
模块详解	2	特别提醒	28
程序设计	4	项目 4 电子密码锁设计	29
电路原理图	6	设计任务	29
调试与仿真	6	基本要求	29
PCB 版图	8	总体思路	29
实物测试	8	系统组成	29
思考与练习	9	模块详解	29
特别提醒	9	程序设计	32
项目 2 直流电动机控制模块设计	10	电路原理图	48
设计任务	10	调试与仿真	48
基本要求	10	PCB 版图	50
总体思路	10	实物测试	50
系统组成	10	思考与练习	51
模块详解	11	特别提醒	51
程序设计	13	项目 5 数字时钟电路设计	52
电路原理图	15	设计任务	52
调试与仿真	16	基本要求	52
PCB 版图	18	总体思路	52
实物测试	19	系统组成	52
思考与练习	19	模块详解	53
特别提醒	20	程序设计	55
项目 3 步进电动机控制电路设计	21	电路原理图	58
设计任务	21	调试与仿真	59
基本要求	21	PCB 版图	60
总体思路	21	实物测试	60
系统组成	21	思考与练习	61
模块详解	22	特别提醒	61
程序设计	23		

项目 6 基于 DS18B20 的温度测量模块	特别提醒	96
设计	项目 9 催眠电路设计	97
设计任务	设计任务	97
基本要求	基本要求	97
总体思路	总体思路	97
系统组成	系统组成	97
模块详解	模块详解	97
程序设计	程序设计	99
电路原理图	电路原理图	104
调试与仿真	调试与仿真	105
PCB 版图	PCB 版图	106
实物测试	实物测试	107
思考与练习	思考与练习	107
特别提醒	特别提醒	107
项目 7 信号发生器设计	项目 10 电子治疗仪电路设计	108
设计任务	设计任务	108
总体思路	总体思路	108
系统组成	系统组成	108
模块详解	模块详解	108
程序设计	程序设计	112
电路原理图	电路原理图	113
调试与仿真	调试与仿真	113
PCB 版图	PCB 版图	114
实物测试	实物测试	114
思考与练习	思考与练习	115
特别提醒	特别提醒	115
项目 8 基于模糊控制的温度控制电路	项目 11 室内天然气泄漏报警装置	
设计	设计	116
设计任务	设计任务	116
基本要求	基本要求	116
总体思路	高级要求	116
系统组成	总体思路	116
模块详解	系统组成	116
程序设计	模块详解	117
电路原理图	程序设计	121
调试与仿真	电路原理图	125
PCB 版图	调试与仿真	126
实物测试	PCB 版图	127
思考与练习	实物测试	127

思考与练习	128	特别提醒	164
特别提醒	128	项目 15 乒乓球比赛模拟电路	
项目 12 数控稳压电源设计	129	设计	165
设计任务	129	设计任务	165
基本要求	129	基本要求	165
总体思路	129	总体思路	165
系统组成	129	模块详解	166
模块详解	130	程序设计	168
程序设计	135	电路原理图	172
电路原理图	140	系统仿真	173
调试与仿真	140	PCB 版图	173
PCB 版图	142	实物测试	175
实物测试	142	思考与练习	175
思考与练习	143	特别提醒	176
特别提醒	143	项目 16 数字频率计设计	177
项目 13 转速测量系统设计	144	设计任务	177
设计任务	144	基本要求	177
基本要求	144	总体思路	177
总体思路	144	系统组成	177
系统组成	145	模块详解	178
模块详解	145	程序设计	180
程序设计	148	电路原理图	181
电路原理图	154	调试与仿真	181
调试与仿真	154	PCB 版图	183
PCB 版图	156	实物测试	183
实物测试	156	思考与练习	184
思考与练习	157	特别提醒	184
特别提醒	157	项目 17 多功能万年历设计	185
项目 14 电子烟花点火电路设计	158	设计任务	185
设计任务	158	基本要求	185
总体思路	158	总体思路	185
系统组成	158	系统组成	185
模块详解	158	模块详解	186
程序设计	159	程序设计	188
电路原理图	162	电路原理图	213
调试与仿真	162	调试与仿真	213
PCB 版图	163	PCB 版图	215
实物测试	164	实物测试	215
思考与练习	164	思考与练习	216

特别提醒	216	思考与练习	244
项目 18 交通灯电路设计	217	特别提醒	244
设计任务	217	项目 21 心电信号检测与显示电路	
基本要求	217	设计	245
总体思路	217	设计任务	245
系统组成	217	基本要求	245
模块详解	218	总体思路	245
程序设计	219	系统组成	245
电路原理图	224	模块详解	246
调试与仿真	225	程序设计	249
PCB 版图	227	电路原理图	251
实物测试	227	调试与仿真	252
思考与练习	228	PCB 版图	252
特别提醒	228	实物测试	252
项目 19 函数发生器设计	229	元器件清单	253
设计任务	229	思考与练习	254
基本要求	229	特别提醒	254
总体思路	229	项目 22 脉搏信号检测与分析电路	
系统组成	229	设计	255
模块详解	230	设计任务	255
程序设计	232	基本要求	255
电路原理图	236	总体思路	255
调试与仿真	237	系统组成	255
PCB 版图	238	模块详解	256
实物测试	238	程序设计	258
思考与练习	239	电路原理图	260
特别提醒	239	调试与仿真	260
项目 20 太阳能手机充电器		PCB 版图	260
设计	240	实物测试	262
设计任务	240	元器件清单	262
基本要求	240	思考与练习	263
总体思路	240	特别提醒	263
系统组成	240	项目 23 基于单片机的电子秤	
模块详解	241	设计	264
电路原理图	242	设计任务	264
调试与仿真	242	基本要求	264
PCB 版图	242	总体思路	264
实物测试	243	系统组成	264
元器件清单	243	模块详解	265

程序设计	267	实物测试	282
电路原理图	272	元器件清单	282
调试与仿真	272	思考与练习	283
PCB 版图	272	特别提醒	283
实物测试	273	项目 25 计分器电路设计	284
元器件清单	273	设计任务	284
思考与练习	274	基本要求	284
特别提醒	275	总体思路	284
项目 24 基于单片机的公交车自动		系统组成	284
报站器设计	276	模块详解	285
设计任务	276	总体电路仿真	286
基本要求	276	PCB 版图	286
总体思路	276	实物照片	287
系统组成	276	元器件清单	288
模块详解	277	程序设计	289
软件设计	281	思考与练习	294
PCB 版图	281	特别提醒	294

项目 1 数字电压表设计



设计任务

设计一个数字电压表，使其能够测量 0~5V 直流电压，4 位数码管显示，精确到 0.01V。



基本要求

可以将 0~5V 的模拟量转化成数字量，并用 4 位数码管显示出来，具体原理如下：

- ① 利用 AT89C51 单片机和 ADC0808，将模拟量转化为数字量，转化的结果为 0~255。
- ② 将转化出来的数字量在单片机上进行数据处理，使显示结果为 0~5 之间的数，并保留两位小数。
- ③ 使用软件从 AT89C51 的 P2.4 端口输出 CLK 信号供 ADC0808 使用。
- ④ 直接使用单片机驱动 LED 数码管。



总体思路

数字电压表是采用数字化测量技术，把连续的模拟量（直流输入电压）转换成不连续、离散的数字形式并加以显示的仪表，其显示清楚、直观，读数的准确率和分辨率也都高。



系统组成

数字电压表主要分为 4 部分。

- ① 模拟电压测量部分：为整个电路提供被测的模拟电压（0~5V）。
- ② 模数转换部分：将被测模拟电压转换成数字量来让单片机进行数据处理。
- ③ 单片机数据处理部分：对转化成的数字量进行译码处理，处理成相应的个位、十位和小数点位。

☺ 数码管显示部分：将单片机译码后的数字通过对多位数码管动态扫描显示到数码管上。

整个系统方案的模块框图如图 1-1 所示。

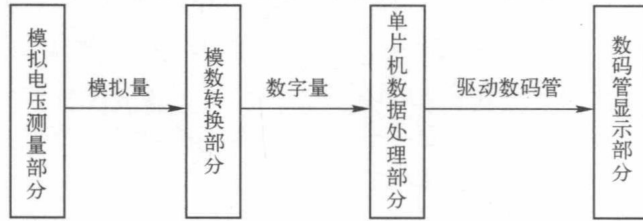


图 1-1 模块框图



模块详解

1. 被测模拟电压电路

模拟电压测量部分由一个阻值为 $10\text{k}\Omega$ 的可调电位器和 5V 电源组成。电位器两端接到 5V 电源上，这样中间抽头所引出线的电压值为 $0\sim 5\text{V}$ 模拟电压，电路图如图 1-2 所示。

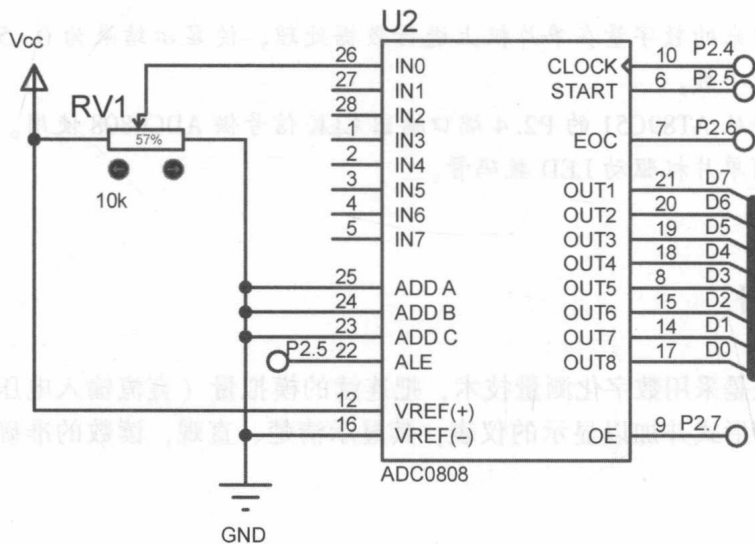


图 1-2 模数转换电路

2. 模数转换电路

本设计采用的是模拟通道 IN_0 采集模拟量，模拟通道地址选择信号 ADD A 、 ADD B 、 ADD C 都接地，这样地址信号选中的转换通道为 IN_0 。地址锁存允许信号 ALE 为高电平有效。当此信号有效时， A 、 B 、 C 三位地址选择信号被锁存，译码选通对应模拟通道。模数转换（以下简称 A/D 转换）启动信号 START ，正脉冲有效。 ALE 和 START 信号连在一起，以便同时锁存通道地址和启动 A/D 转换。本电路设计的是单极电压输入，所以 $\text{VREF}(+)$ 正

参考电压输入端接+5V，用于提供片内 DC 电阻网络的基准电压。转换结束信号 EOC 在 A/D 转换过程中为低电平，转换结束时为高电平，与单片机的 P2.6 口相连，当其转换结束时，单片机读取数字转换结果。输出允许信号 OE 接单片机的 P2.7 口，高电平有效。当单片机将 P2.7 口置 1 时，ADC0808/0809 的输出三态门被打开，使转换结果通过数据总线被读取。在中断工作方式下，该信号往往是 CPU 发出的中断请求响应信号。OUT1~OUT7 为 A/D 转换后的数据输出端，为三态可控输出，故可直接和单片机的 P1 口的数据线连接。模数转换电路如图 1-2 所示。

3. 单片机电路

单片机电路主要用于进行内部程序处理，对采集到的数字量进行译码处理。其外围硬件电路包括晶振电路和复位电路。采用上拉电解电容上电复位电路。本设计采用的是 HMOS 型 MCS-51 振荡电路，当外接晶振时，C1 和 C2 的值通常选择 30pF。在设计印制电路板时，晶体和电容应尽可能安装在单片机附近，以减小寄生电容，保证振荡器稳定和可靠工作。单片机晶振采用 12MHz。图 1-3 所示为单片机外围电路。

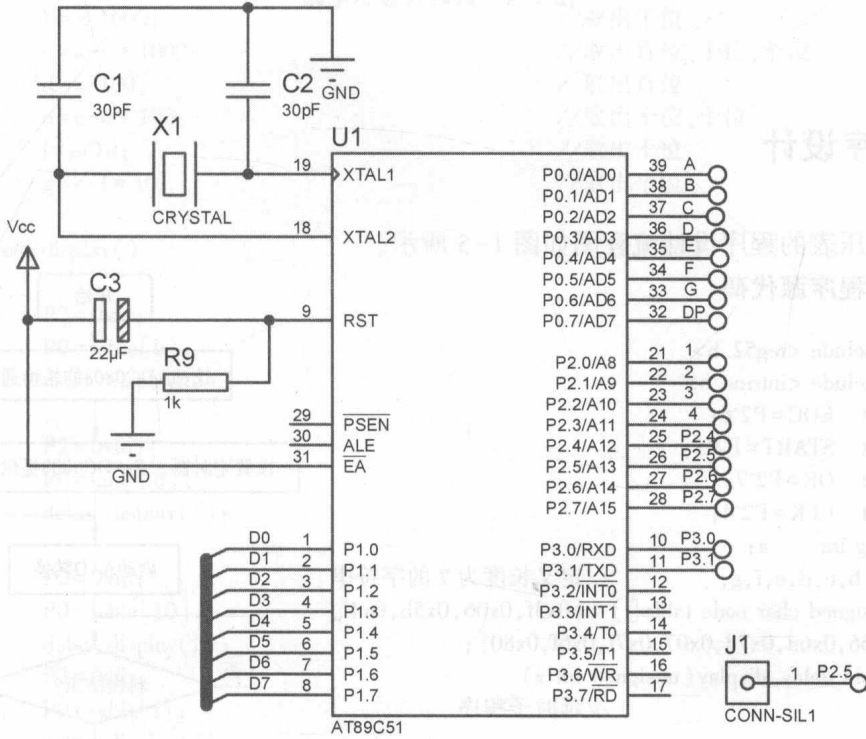


图 1-3 单片机外围电路

4. 数码管显示电路

本设计采用的是 4 位一体的共阴数码管，用单片机的 P0 口驱动数码管的 8 位段选信号，P2.0~P2.3 驱动数码管的 4 个位选信号。由于数码管是共阴的，所以每个信号都是由程序控制产生高电平来驱动显示电路的。段选口线接 10kΩ 的上拉电阻，保证电路能输出稳定的高电平。整个数码管显示采用多位数码管动态扫描显示的方法。图 1-4 所示为数码管显示电路。

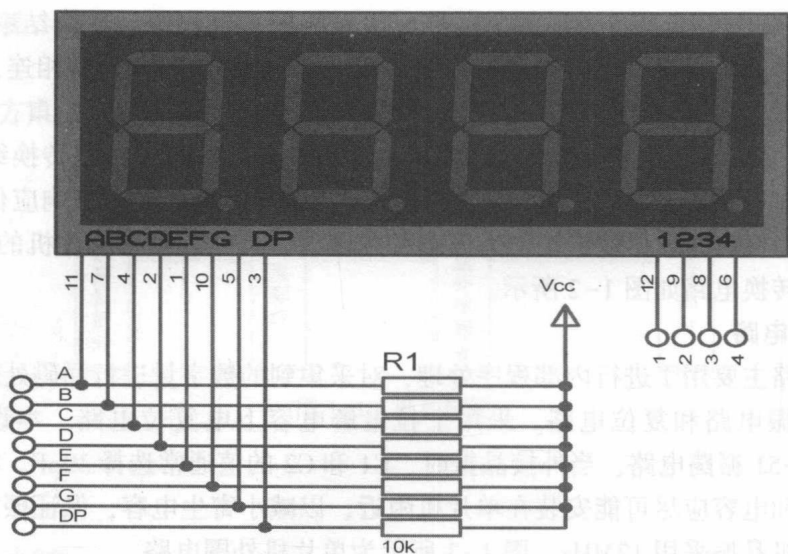


图 1-4 数码管显示电路



程序设计

数字电压表的程序设计流程图如图 1-5 所示。

C 语言程序源代码

```

#include <reg52.h>
#include <intrins.h>
sbit EOC=P2^6;
sbit START=P2^5;
sbit OE=P2^7;
sbit CLK=P2^4;
long int a;
int b,c,d,e,f,g; //定义长度为7的字符串
unsigned char code table[] = {0x3f,0x06,0x5b,0x4f,
0x66,0x6d,0x7d,0x07,0x7f,0x6f,0x80};
void delay_display(unsigned int z)
//延时子程序
{
    unsigned int x,y;
    for(x=z;x>0;x--)
        for(y=110;y>0;y--);
}
void ADC0808()
{
    if(!EOC) //如果 EOC 为低电平,则产生一个脉冲,
        这个脉冲的下降沿用于启动 A/D 转换
    {
        START=0;
        START=1;
    }
}

```

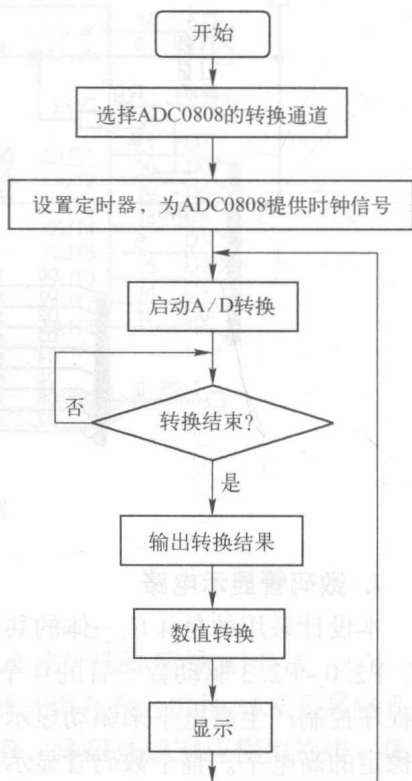


图 1-5 数字电压表的程序设计流程图

```

START=0;
}
while(!EOC); //等待 A/D 转换结束
START=1; //转换结束后,再产生一个脉冲,这个脉冲的下降沿用于将 EOC 置为低电平
//为下一次转换做准备
START=0;
while(EOC);
}
void bianma()
{
START=0;
ADC0808();
a=P1 * 100;
a=a/51;
}
void yima()
{
//定义整型局域变量
b=a/1000; //取出千位
c=a-b * 1000; //取出百位、十位、个位
d=c/100; //取出百位
e=c-d * 100; //取出十位、个位
f=e/10; //取出十位
g=e-f * 10; //取出个位
}
void display() //显示子程序
{
P2=0xfe;
P0=table[b];
delay_display(5);

P2=0xfd;
P0=table[d];
delay_display(5);

P2=0xfd;
P0=table[10];
delay_display(5);
P2=0xfb;
P0=table[f];
delay_display(5);
P2=0xf7;
P0=table[g];
delay_display(3);
}
void main()
{
EA=1;
TMOD=0x02;
TH0=216;
TL0=216;
TR0=1;
}

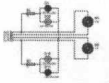
```

```

ET0=1;
while(1)
{
    bianma();
    yima();
    display();
}

void t0() interrupt 1 using 0
{
    CLK = ~CLK;
}

```



电路原理图

数字电压表的整体电路图如图 1-6 所示。

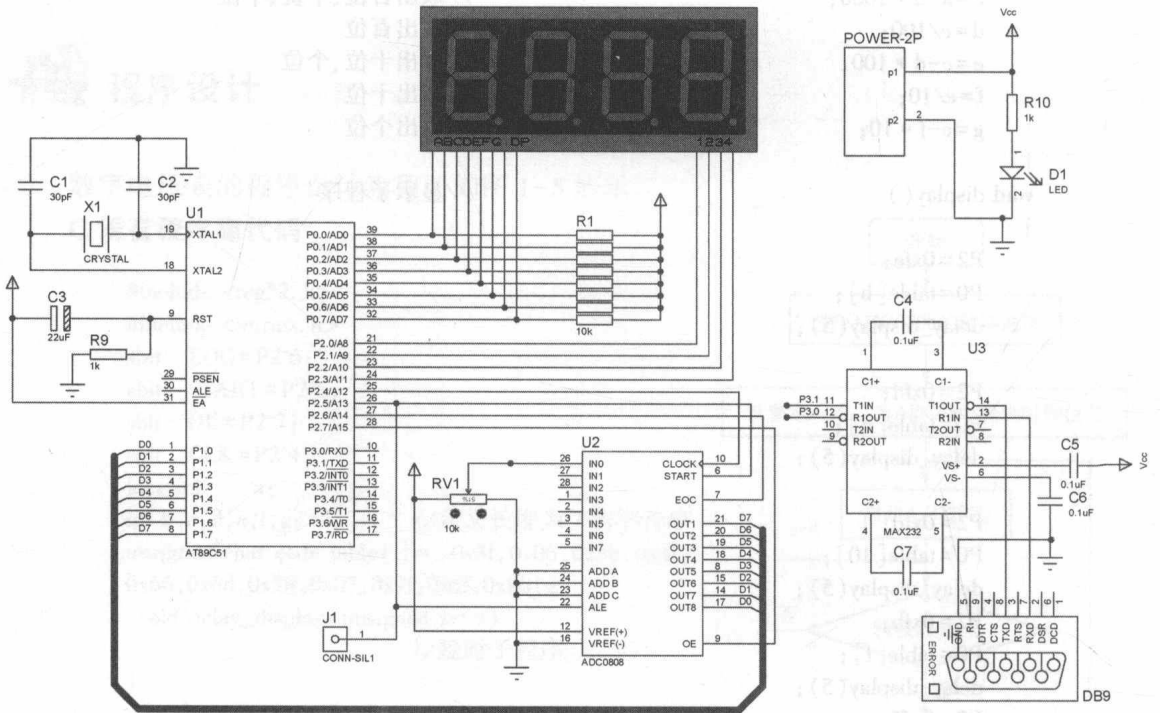


图 1-6 数字电压表的整体电路图



调试与仿真

图 1-7~图 1-9 是数字电压表仿真运行图。

数码显示电路

模数转换电路

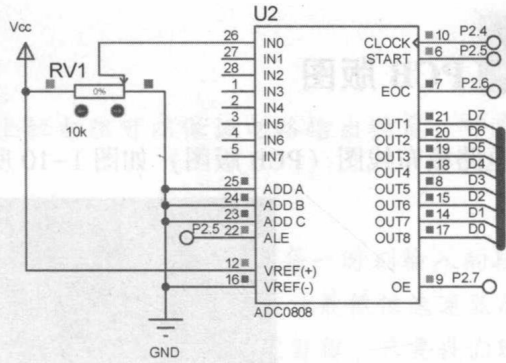
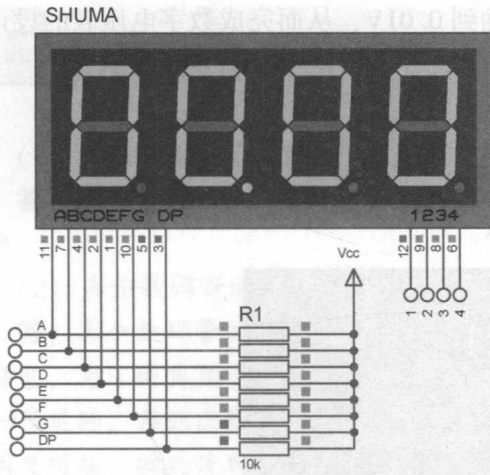


图 1-7 输入电压为 0V 时的仿真运行图

数码显示电路

模数转换电路

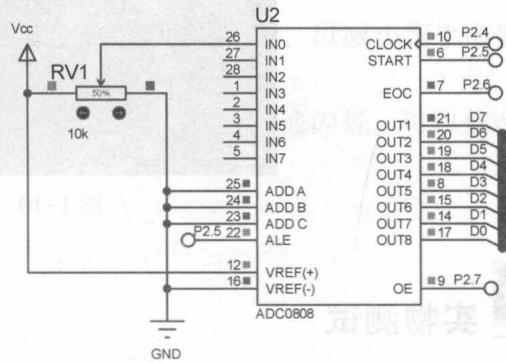
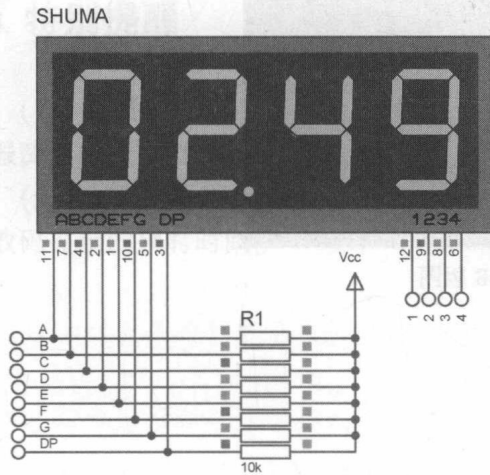


图 1-8 输入电压为 2.5V 时的仿真运行图

数码显示电路

模数转换电路

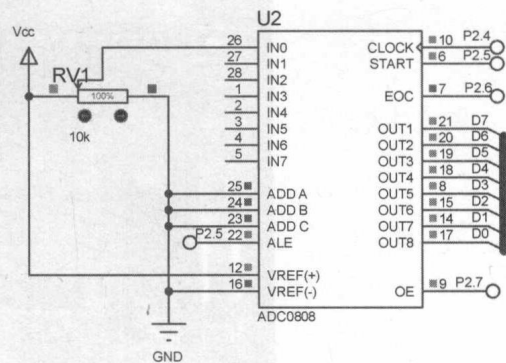
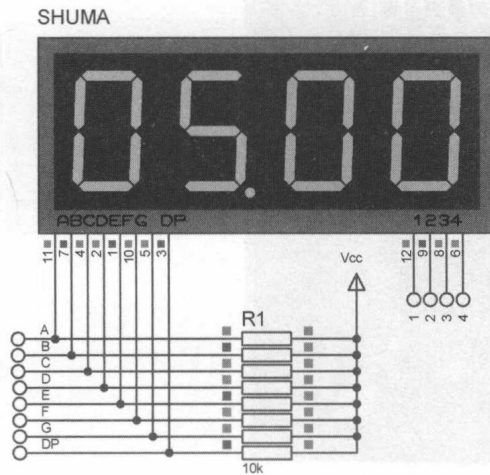


图 1-9 输入电压为 5V 时的仿真运行图

电路仿真结果分析：调节电位器 RV1 的阻值，使其在 $0\sim 10\text{k}\Omega$ 之间变化，可以看到数码管显示的直流电压在 $0\sim 5\text{V}$ 之间，并且精确到 0.01V ，从而完成数字电压表的设计。



PCB 版图

电路板布线图 (PCB 版图) 如图 1-10 所示。

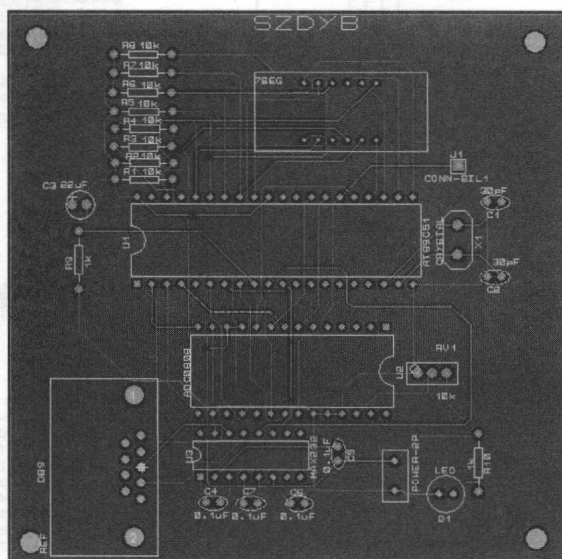


图 1-10 PCB 版图



实物测试

数字电压表电路实物图如图 1-11 所示。

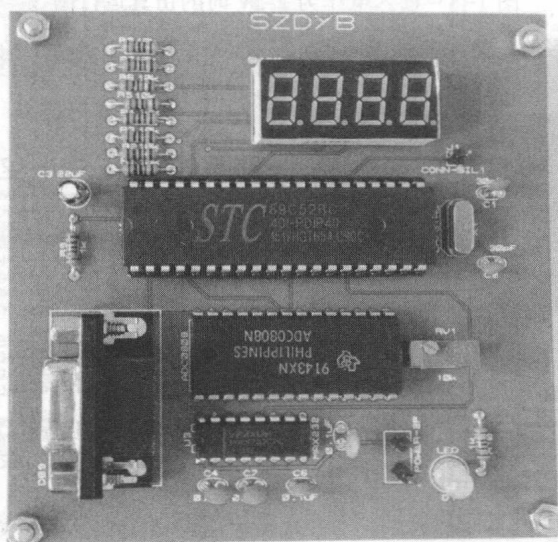


图 1-11 数字电压表电路实物图