

文章编号: 2095-2163(2022)02-0133-04

中图分类号: TP368.1

文献标志码: A

# 基于单片机 AT89C51 的数字电压表显示

蒙欢, 李泽滔

(贵州大学 电气工程学院, 贵阳 550025)

**摘要:** 在电学实验的过程中常常需要测量电阻、电容或其它元件的电压, 以此判断元件的好坏, 但所用测量仪器精度通常有限。针对此问题, 考虑到一般电学实验所测元件电压较低的特点, 本文采用 AT89C51 单片机为控制平台, 设计了一种实用的数码管显示电压表。重点设计了 A/D 转换、数码管显示电路。仿真实验说明, 该数码管显示电压表能够在直流电压为 0~5 V 之间, 高精度地测量元件的电压值, 并具有灵敏度高的特点。

**关键词:** 测量; 数码管显示电压表; AT89C51 单片机; A/D 转换器

## Digital voltmeter display based on the MCU AT89C51

MENG Huan, LI Zetao

(School of Electrical Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

**[Abstract]** In the process of electrical experiments, it is often necessary to measure the voltage of the resistance, capacitor or other elements to determine the quality of the elements. However, the measurement instruments used are generally of limited accuracy. In order to solve this problem and considering that the low voltage of elements measured in general electrical experiments, a practical digital tube display voltmeter is designed using AT89C51 as the control platform focusing on the design of A/D conversion and digital tube display circuit. Finally, simulations show that the digital tube display voltmeter is capable of measuring the voltage value of the element with high accuracy between a DC voltage of 0~5 V, and has the characteristics of high sensitivity.

**[Key words]** measurement; digital tube display voltmeter; AT89C51 single-chip microcomputer; A/D converter

## 0 引言

实验是科学探究的重要形式, 测量是科学实验的重要环节。随着电子科学技术的不断发展, 电子测量技术也越来越普遍, 对测量仪器的各方面性能要求也越来越高。数字电压表(Digital Voltmeter, DVM)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。与传统的模拟式电压表相比, 具有显示清晰直观、测量范围广、扩展能力强等优点<sup>[1-2]</sup>。此外, 与传统的仪表盘电压表相比, 数字电压表避免了视觉误差的缺点。

## 1 电压表总体设计及原理

### 1.1 数字电压表的设计要求

本文所设计的电压表不同于其它电压表, 其主要用于实验室的电压测试, 显示精度为小数点后三位。设计时应满足以下要求:

(1) 电压采集电路输出电压要求: 对输入量程的要求即是电压采集电路的要求。如果采集的电压

高于 5 V(高于量程限制), 数码管显示电压表将始终显示 5 V。因此, 为了不引起混淆, 需要满足电压采集电路的输出电压在 0~5 V 之内。

(2) 成本及功耗要求: 由于电压采集电路的输出电压不是用来直接测量的, 且由于转换精度的存在, 故经 A/D 转换器转换得到的电压值与元件实际电压值是有区别的。为了程序的简洁性, 且又具有一定的精度, 选择 8 位(即 ADC0808) A/D 转换器。

### 1.2 数字电压表的总体设计

电压采集电路采集元件的电压值, 得到的量为模拟量, 将此模拟量经 A/D 转换器转换为数字量, 该数字量经过单片机处理, 从而显示在数码管上。电路设计的总体框图如图 1 所示。

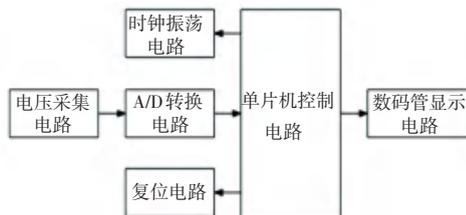


图 1 电路设计总体框图

Fig. 1 Overall block diagram of the circuit design

**作者简介:** 蒙欢(1996-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 电力系统的故障诊断与监测; 李泽滔(1960-), 男, 博士, 教授, 主要研究方向: 智能电网、故障诊断、控制理论及其应用等。

**通讯作者:** 李泽滔 Email: gzulzt@163.com

收稿日期: 2021-10-03

## 2 系统硬件设计

在系统的电路组成中,着重讨论 A/D 转换电路,以及单片机最小系统电路与数码管显示电路的原理及作用。

### 2.1 A/D 转换电路

A/D 转换的电路如图 2 所示。RV1 为滑动变阻器,通过调节该滑动变阻器可以改变模拟量输入电压的值。该模拟量电压值经 A/D 转换电路转换为数字量(OUT1~OUT8 为数字量输出端)输出,最后在数码管上显示。

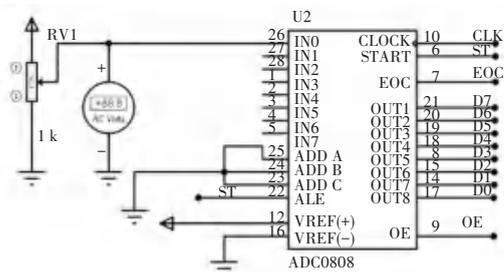


图 2 A/D 转换电路图

Fig. 2 A/D converting circuit diagram

需要注意的是,ADDC、ADDB、ADDA 为 3 位地址输入线,ADDC 为最高位,ADDA 为最低位。通过该 3 位地址输入线,可以在 8 路模拟量输入通道(IN0~IN7)中选择正确的输入通道。选择规则为:让上述 3 位地址输入线上的二进制编码值对应模拟量输入通道的下标值。如,3 位地址输入线分别取 0、0、1 时(注意:0、1 代表数字电路中对应的低电位,高电位。可自行设定一个范围,然后划分),所对应的十进制值为 1,故接通 IN1 通道。此外,在图 2 中,还需注意以下问题:

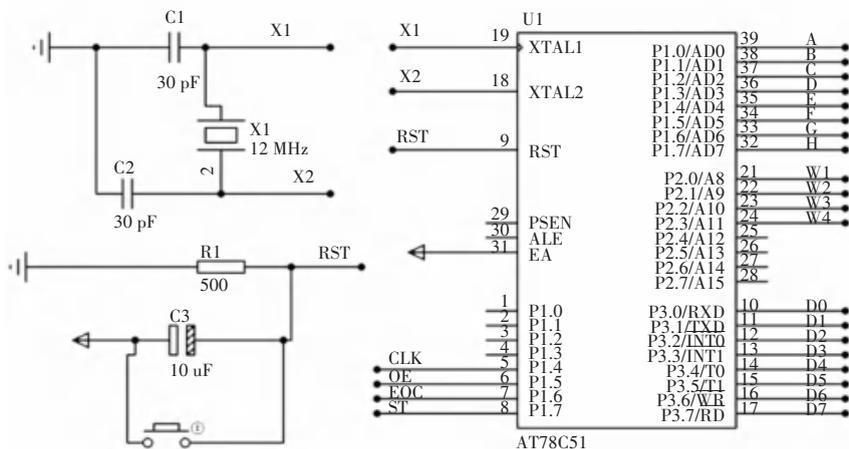


图 3 单片机最小系统电路图

Fig. 3 Circuit diagram of MCU minimum system

### 2.3 数码管显示电路

数码管显示电路如图 4 所示,数码管显示分为静态显示与动态显示。静态显示方式是由微型机一次

(1)给 START 引脚(即 A/D 转换开始脉冲输入引脚)加一个 100 ns 宽的起动的正脉冲,以确保 AD 正常复位与启动。其中,脉冲上升沿使 AD 转换器复位,下降沿启动 A/D 转换。

(2)ALE 为地址锁存允许信号,高电平有效。当此信号有效时,ADDC、ADDB、ADDA 3 位地址信号被锁存,译码选通对应模拟通道。

### 2.2 单片机最小系统电路

单片机的最小系统是使单片机能满足单片机基本应用的最简单,且又是必不可少的基本电路<sup>[3]</sup>。单片机最小系统电路由 51 单片机、时钟振荡电路、复位电路、电源电路、程序加载口组成。其电路如图 3 所示。

根据硬件电路的不同,单片机的时钟连接方式可分为内部时钟方式与外部时钟方式。时钟振荡电路的本质就相当于一个振荡器,其作用是使单片机内部触发器的状态发生改变。因此,单片机内部的所有电路,在完成一个任务后将进入下一个状态,确保系统正常运行。

如图 3 所示,左上角为时钟振荡电路(属于内部时钟电路),晶振 X1 的取值将决定程序运行的时钟周期。左下角的电路为复位电路,与单片机的 9 引脚(复位引脚)相连。当单片机的 9 引脚输入连续两个机器周期(一个机器周期等于十二个时钟周期)以上高电平时为有效,用来完成单片机的复位初始化操作,使单片机从头开始执行程序。对于本文所设计的复位电路,通电时 9 引脚为高电平,程序从头开始执行。在运行的过程中,如果需要再次复位,再次按下复位电路的按键,可再次使程序从头开始执行。

输出显示后,保持该显示结果,直到下次接收到新的显示模型为止。动态显示方式,是指微型机定时地对显示器件扫描。在这种方式中,显示器件分时工作,

每次只能有一个器件显示。这两种显示方式有着本质的区别,静态显示的特点是占用 CPU 时间少,显示便于监测和控制,显示字形稳定,而动态数码管的显示,效果相对静态显示亮度差少许,但成本较低<sup>[4]</sup>。本文所设计的数码管显示为动态显示方式。

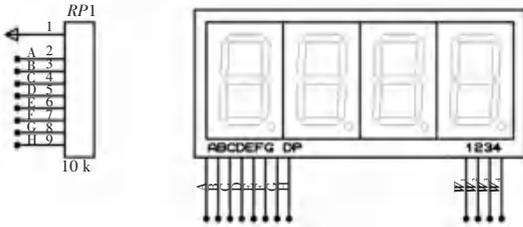


图 4 数码管显示电路图

Fig. 4 Digital tube display circuit diagram

RP1 是上拉电阻,单片机 P0 口内部并无上拉电阻,因此使用时,需加外部上拉电阻,增强输出能力。

### 3 系统软件设计

本文设计的核心程序为:主程序、A/D 转换子程序、数码管显示子程序。其中,主程序完成数据的采集与显示;A/D 转换子程序完成数据的转换(即把模拟量转换为数字量输出);数码管显示子程序完成数字电压量的显示。

#### 3.1 主程序

主程序的设计流程如图 5 所示。通过对 A/D 转换输出的数字量进行处理、分离等一系列操作,最终显示采集的电压值。由于定时器在进行计数或定时的过程中会产生溢出,因此要对定时器作初始化处理,同时也便于设置其工作模式。主程序是系统软件设计的重点,其将决定数字电压表的显示量程、精度、灵敏度等。因此,在主程序的设计中应注意以下几点:



图 5 主程序流程图

Fig. 5 Main program flow chart

(1) 对于程序中使用的变量或者函数应先声明与定义,不然会报错,导致最终电压值无法显示。

3)。对于前 3 种工作方式,定时器都可以用来定时与计数,但其计算公式并不相同。本文设置的工作方式为方式 1。

(3) 需要设置定时器中断处理函数。当定时器/计数器设置为定时方式时,可以看成是对机器周期信号进行计数,且由于机器周期时间是固定的,所以定时时间等于计数值乘机器周期的值。当计数产生“溢出”(计数器每位均为“1”时,再计数一次,就会使计数器回 0,称为“溢出”)时,则会向 CPU 发出中断请求,故需要设置中断处理函数。

#### 3.2 A/D 转换子程序

MCS-51 和 ADC 接口通常可以采用查询、中断或延时方法。

(1) 查询方式。采用查询方式传送数据时,先将转换结束信号经三态门送到 CPU 数据总线或 I/O 接口的某一位上;微型机向 AD 转换器发出启动信号后,便开始查询 AD 转换是否结束,一旦查询到 AD 转换结束,则读出结果数据。

(2) 中断方式。中断方式,是将转换结束标志信号接到微型机系统的中断申请引脚(如 IRQ2)或允许中断的 I/O 接口的相应引脚上(如 8051 的 INT0)。当转换结束时,即提出中断申请,微型机响应后,在中断服务程序中读取数据。

(3) 延时方式。软件延时具体做法是:微型机启动 AD 转换后,根据转换芯片完成转换所需要的时间,调用一段软件延时程序(为保险起见,通常延时时间稍大于 AD 转换过程所需的时间)。延时程序执行完以后,AD 转换已完成,即可读出结果数据<sup>[5]</sup>。

本系统采用查询方法,一旦转换结束,立即读取结果,并经数码管显示。

#### 3.3 数码管显示子程序

数码管显示子程序流程如图 6 所示。本设计采用数码管的动态显示,故需要引入 1 ms 的延时函数。数码管的连接分为共阳极与共阴极方式。共阳极是将数码管的八段连接在一起,一般在共阳极加高电平;共阴极与共阳极连接方式相同,只是公共阴极一般接地。连接在一起的公共端称为段码,其中之一的一个片段称为位码。对显示的数字(段码显示)进行编码,有助于编程的实现。

需要注意的是,虽然共阳极与共阴极的显示数字(段码显示)编码不同,但可以把这些编码值放在一个寄存器里面。当需要显示某一特定字型时,取出相应的编码即可。其次,本文所用数码管是共阳极数码管,也就是位选端高电平时,数码管被选中,

然后输入段码(比如数字0的段码),数码管就有显示(此时显示数字0,简称段码显示)。

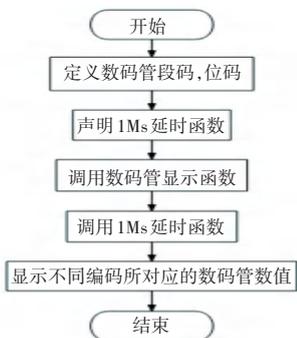


图6 数码管显示子程序流程图

Fig. 6 Flow chart of the digital tube display

### 4 实验结果及分析

本文设计的数码管显示电压表,能够高精度地显示所测元件的电压值,并且灵敏度较高。只要稍微滑动变阻器,其数码管显示的电压值便随之变化,基本上没有时间间隔误差。最后的总仿真结果如图7所示。从图中可以看出,电压表上的电压为2.25V,而数码管上显示的电压为2.254V,相对误差为0.17%,能够较好地逼近真实值。还应注意单片机AT89C51和AT89C52是通用的,可以随便替换,但只是AT89C52容量大些,AT89C51容量小些。ADC0808是ADC0809的简化版,是8位并行的AD芯片,也就是模拟量转数字量芯片。8位AD转换器输出数据是0~255。

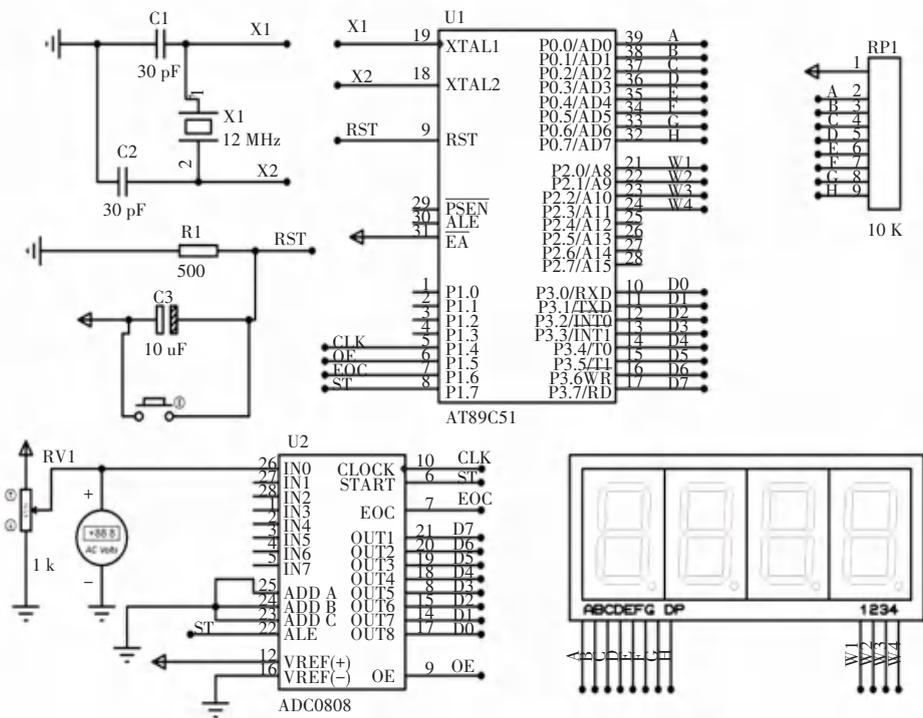


图7 总仿真图

Fig. 7 Total simulation diagram

### 5 结束语

通过 Proteus 仿真平台、Keil 软件以及单片机相关知识,结合 A/D 转换原理,本文设计了一种基于 AT89C51 单片机的数码管显示电压表。该电压表能够在 0~5V 之内显示不同的电压,具有精度高,灵敏度高的特点,同时也克服了传统仪表指针式电压表读数不稳定的缺点。虽然,显示的范围较小,但是对于一般的电学实验来说,其实用性较好。

### 参考文献

- [1] 沙占友. 新型数字电压表原理与应用[M]. 北京:机械工业出版社,2006:5-6.
- [2] 沙占友. 数字化测量技术与应用[M]. 北京:机械工业出版社,2004:205-206.
- [3] 吴亦锋,陈德为. 单片机原理与接口技术[M]. 北京:电子工业出版社,2014:53.
- [4] 龙志. 基于51单片机实现LED数码管静态与动态显示的设计浅析[J]. 产业科技创新,2020,2(22):33-34.
- [5] 潘新民,王燕芳. 微型计算机控制技术[M]. 北京:高等教育出版社,2001:53.