

基于 51 单片机的数字功率表设计

伊元梅, 温宗周

(西安工程大学 电子信息学院, 陕西 西安 710048)

摘要: 设计了一种以 51 单片机为处理器的数字功率表, 介绍了其硬件电路和相关软件程序流程。重点阐述了电压和电流分别采样及采用过零比较的方法利用单片机的定时器得出相位角 φ 的过程, 选用高精度的模数转换器 MAX197 进行模数转换并用液晶显示器 LM016L 对输出结果进行显示。实验结果表明, 该设计达到了较高的测量精度, 具有许多优点。

关键词: 单片机; 模数转换; 数字功率表; 采样; LCD 液晶显示器

中图分类号: TM933

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)10-0028-03

A digital power instrument design based on MCS-51

Yi Yuanmei, Wen Zongzhou

(School of Electronics & Information, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: This paper introduces hardware design method and software program flow of digital power instrument with MCS-51 as processor. Focused on the process that sampling current and voltage respectively, and using the microcontroller timer to get phase angle φ by the zero comparative method, choosing the high precision MAX197 for conversion module and LM016L LCD for output results display. The experimental results show that the design reached high measuring accuracy, and it has many advantages.

Key words: single-chip microcomputer; analog-to-digital conversion; digital power instrument; sampling; LCD monitor

近年来,随着电子技术、计算机技术和半导体技术的飞速发展,电力系统测量也发生了巨大的变革。功率表一直以来都是重要的工业测量仪表,广泛应用于电工与电子技术领域。目前,电子式功率计、电能表采用的原理,基本上是根据功率的定义,采用各种乘法器实现电压与电流的乘积。时分割乘法器是目前最常用的方法,但由于时分割乘法器采用的是模拟技术,电路复杂,且其测量方法的误差研究很不完善,导致设计中缺少依据,器件选取盲目^[1]。本文采用数值采样法,对电压、电流信号同时采样,以获得较高精度。与传统方法不同,本设计利用单片机的定时器对电压与电流的过零点的时间差进行确定,从而计算出电压与电流的相位角,再经查表得出功率因数。

1 系统测量的基本原理

本设计是对二端网络中的电路参数进行测量,假设端电流 i 及端电压 u 是在关联参考下,分别为 $i = \sqrt{2} I \sin \omega t$, $u = \sqrt{2} U \sin(\omega t + \varphi)$, 式中 φ 是电压超前于电流的相位角,则瞬时功率 $p = ui = \sqrt{2} U \sin(\omega t + \varphi) \times \sqrt{2} I \sin \omega t = UI \cos \varphi - UI \cos(2\omega t + \varphi)$, 其中 U 、 I 分别是

电路中电压和电流的有效值,滤除高频交流分量,即可得到有功功率的量^[2]。

设计总思路如下:(1)电路中的电压和电流的测量。将电流信号转换成可供采样的电压信号,通过采样保持器确保电压、电流同时采样,再经 A/D 转换送入单片机处理,由软件读出并进行处理,最后在液晶显示器上显示测量值;(2)相位角 φ 的测量。采用过零比较的方法,利用单片机的定时器对电压与电流过零点的时间差进行确定,再通过计算得出电压与电流的相位差;(3)功率因数的计算。测量得出相位角 φ 后,通过查表可得功率因数 $\cos \varphi$,而功率可通过公式 $P = UI \cos \varphi$ 计算得出。数字功率表的设计框图如图 1 所示。

本设计可以测量出电路在正常运行时的 4 个参数,

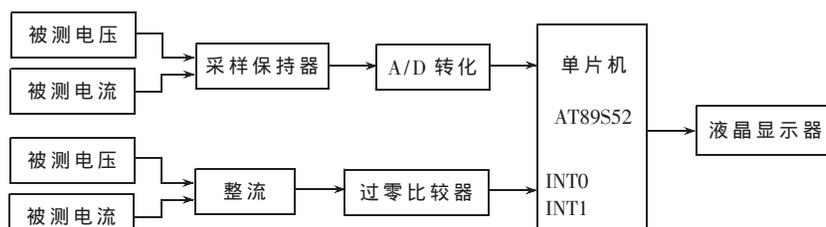


图 1 数字功率表框图

硬件纵横

Hardware Technique

包括:电压、电流、功率、功率因数,并可以将任意时刻的各参数值通过液晶显示器显示出来。

2 硬件设计

2.1 电压、电流的采样电路

本设计选用型号为 TVA1421-01 的电压互感器,当输入电压为 0~600 V 时,对应的输出电压为 0~10 V;选用型号为 TVA142-03 的电流互感器,当输入电流为 0~10 A 时,对应的输出电压为 0~10 V,输入和输出均成线性变化^[3]。

根据电压电流信号的周期($T=20\text{ ms}$)和 A/D 的转换时间(本设计选用 MAX197 作为 A/D 转换芯片,其单次转换时间仅为 $6\text{ }\mu\text{s}$),计算出在信号的一个周期内 A/D 采样次数 N ,然后对输入信号进行采样,边采样边计算。

基于离散数值算法的电压有效值计算公式为:

$$U = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} u^2(k)} \quad (1)$$

其中, k 为采样序列顺序号, $u(k)$ 为 k 时刻电压瞬时值。

基于离散数值算法的电流有效值计算公式为:

$$I = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} i^2(k)} \quad (2)$$

其中, k 为采样序列顺序号, $i(k)$ 为 k 时刻电流瞬时值。

电压、电流采样电路如图 2、图 3 所示,其中 LF398M

为采样保持器。

2.2 相位角的获取

设置单片机的定时器 T0 为定时器计数。电路输出的实测波形如图 4 所示,将电压 V_1 、电流 I_1 经过过零比较器后变成方波信号 V_2 、 I_2 输入到单片机相应的中断口。当单片机的 INTO 由 0 变成 1(即电压波形产生正跳变)时,打开定时器 T0,开始计数;当 INT1 的波形由 0 变成 1(电流波形产生正跳变)时,关闭定时器 T0。根据在定时器 T0 中所保存的数值 T_x ,有式(3):

$$\frac{T}{360^\circ} = \frac{T_x}{2\varphi_x}$$

其中, φ_x 为电压和电流之间的相位差, T 为电路的周期(所测电路的频率为 50 Hz), T_x 为 T0 的计数值,可计算出相位角 φ_x (φ_x 应小于 360°),然后再通过查表便可以求出功率因数。

2.3 模数转换

MAX197 是 Maxim 公司推出的 8 通道、12 bit 的高速 A/D 转换芯片。芯片采用单一电源 +5 V 供电,单次转换时间仅为 $6\text{ }\mu\text{s}$,采样速率可达 100 kS/s ^[4]。MAX197 控制寄存器的 ACOMOD 位置 1 选择外部采集控制模式,以精确控制采样孔径且独立控制采集和转换时间。分别通过两个写信号脉冲控制采集间隔和开始转换时间,第一个

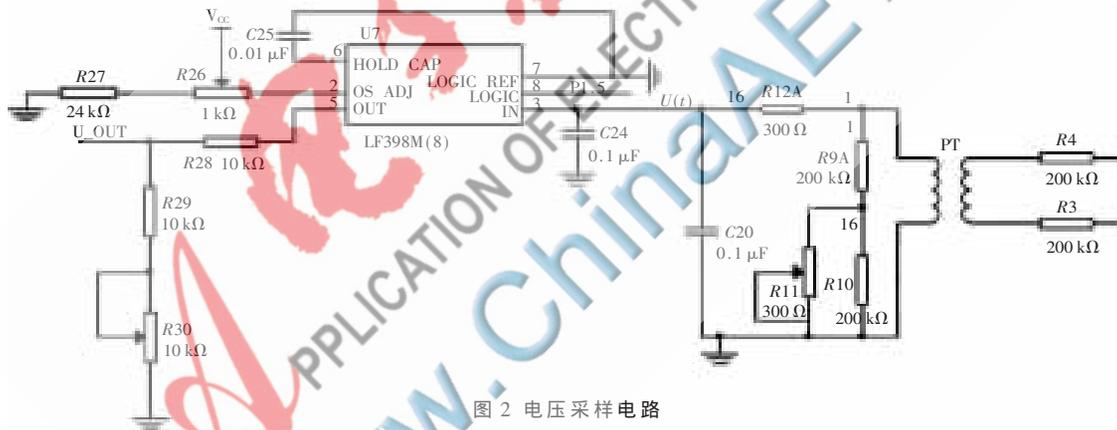


图 2 电压采样电路

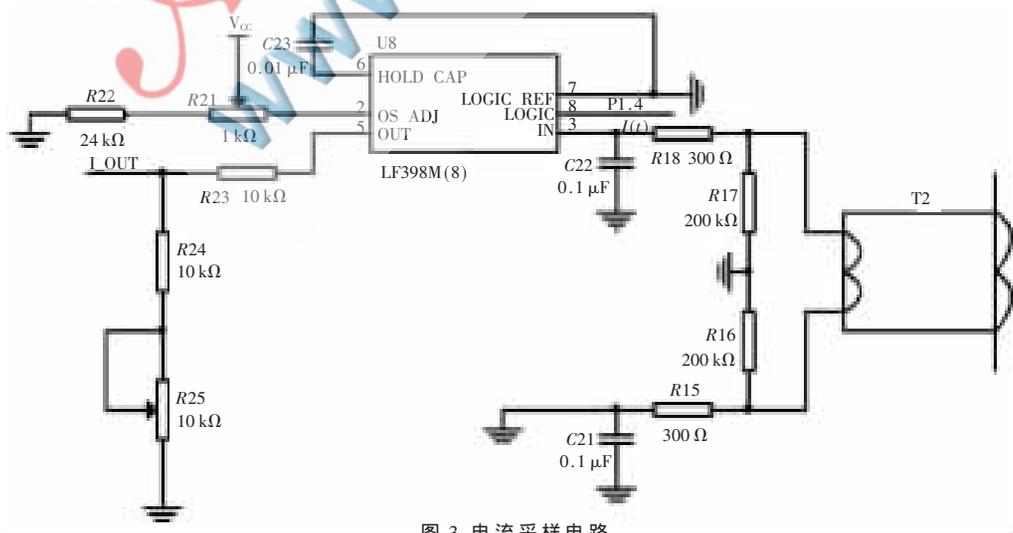


图 3 电流采样电路

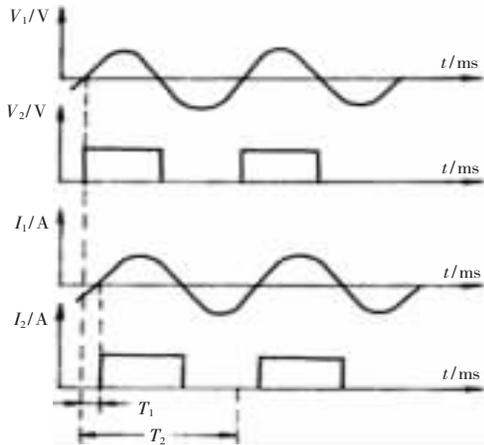


图4 电路输出的实测波形

写信号脉冲控制寄存器的 ACQMOD 位置 1,开始一个采集间隔;第二个写信号脉冲控制寄存器的 ACQMOD 位置 0,结束采集间隔并开始转换。

选用 AT89S52 单片机作为主处理器。AT89S52 单片机的 P2.0~P2.7 与 MAX197 的 D0~D7 相连,既用于输入 MAX197 的初始化控制字,也用于读取转换结果数据;P3.4 作片选信号,则 MAX197 的高位地址为 7FH;P3.5 脚用作判读高、低数据位的选择线,直接与 HBEN 脚相连;MAX197 的 INT 脚与 AT89S52 的 INTO 相连,以便实现中断,读取转换结果。设计采用外部基准电压,选择 MAX197 为系统提供低功耗工作方式。

2.4 人机接口电路

人机接口电路包括液晶显示和按键两部分。显示电路选用字符型可编程字符液晶显示控制器 LM016L;按键选用独立式的按键,将 4 个按键分别定义为控制显示电压、电流、功率、功率因数 4 个不同的功能,其电路如图 5 所示。

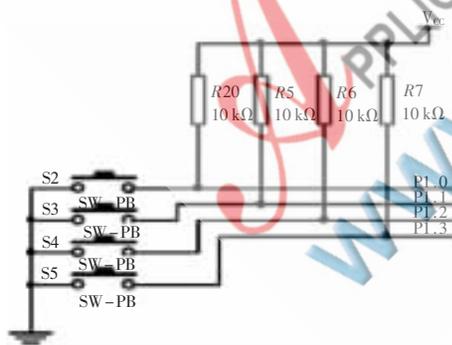


图5 键盘电路

3 软件设计

软件分为监控主程序、相位角测量子程序、电压有效值测量子程序、电流有效值测量子程序、显示子程序、键盘处理子程序、通信子程序等几个模块。本系统中,主程序的主要功能是测量和调用键盘扫描子程序,当系统测量完成后调用键盘扫描子程序,根据扫描子程序得到所按键的值,按键值跳转到相应的功能键子程序实现各种功能,并返回主程序调用显示子程序,显示器即输出

相应数据。主程序框图如图 6 所示。

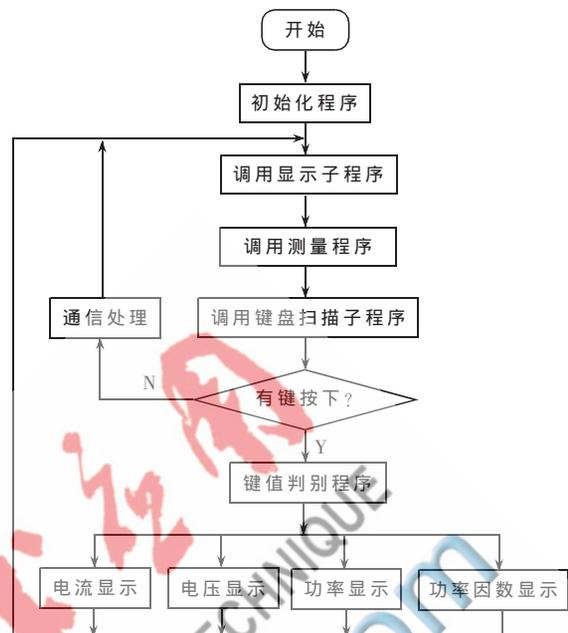


图6 主程序框图

4 调试验证

最后,对程序进行调试,按下 S2 键,显示器显示当前电流值;按下 S3 键,显示当前电压值;按下 S4 键,显示功率因数;按下 S5 键,显示所测功率。通过上述的操作,验证系统的设计符合预期的结果,达到了较高的测量精度。

由于数值采样法对被测信号的频率变化非常敏感,为获得较高的精度,本设计对实际电路中的电压、电流信号同时采样,并选用转换速度较快的 A/D 转换器 MAX197。通过实验,在电压分别取 50 V、100 V 和 220 V,电流分别取 1 A、5 A 和 8 A 的情况下,精度可达 1% 以上,符合实际使用要求。

参考文献

- [1] 王学伟,白杨,张礼勇. 时分割电功率测量技术发展概况[J]. 哈尔滨理工大学学报,2002,7(2):64-68.
- [2] 李松柏,朱娟,聂应国. 数字功率表设计与制作[J]. 内江师范学院学报,2006,21(2):40-43.
- [3] 王学水,张玉梅. 微型互感器在多路有功电功率测量中的应用[J]. 仪表技术与传感器,2006(1):59-60.
- [4] 邓忠华,陈浩,余红梅. 高速 A/D 转换芯片 MAX197 应用[J]. 电子测量技术,2005(1):83-84.

(收稿日期:2012-03-19)

作者简介:

伊元梅,女,1987 年生,硕士研究生,主要研究方向:嵌入式系统应用与开发。

温宗周,男,1962 年生,硕士生导师,主要研究方向:嵌入式系统应用与开发。