

智能化任意波形 V-I-P 测量仪的研制*

高金峰 贾更新

(郑州工学院)

摘 要: 本文介绍了采用模拟乘法器与 MCS-51 系列 8031 单片机相结合的智能型任意波形电压、电流和功率测量仪的软硬件原理。并对仪表的误差及修正方法进行了详细的讨论。

关键词: 乘法器, 真有效值, 功率测量, 校零, 单片机。

中图分类号: TM93

目前在国内市场上已经可以见到使用时分割乘法器的电子式数字功率计和以精密有效值——直流转换器件为核心的真有效值电压电流表, 由于时分分割乘法器原理对相乘电压电流的功率因数的限制, 使得这种类型的功率计不能在较宽的范围内应用, 而使用精密有效值——直流电压转换器件的真有效值电压电流表, 由于其不能同时兼顾功率的测量。因此, 在很多的场合给使用者带来了不便。

我们将 MCS-51 系列单片机 8031、交跨导模拟乘法器与先进的误差校正技术相结合, 研制成功了 ZDP-1 任意波形 V-I-P 测量仪。该仪表可以对任意波形的电压、电流、功率进行测量, 且对所测量的峰值因子及功率因数没有限制。该仪表可广泛用于电机、电力、家电、电光源等一些波形严重畸变, 且频率较高的电压、电流、功率的测量。

仪表的基本功能如下:

电压、电流、功率可同时测量, 经扩展可以和 IBM-PC 机通过标准 RS-230C 串行接口构成测试系统。电压量程分两档自动转换, 电流量程根据电流的大小提示切换。具体技术指标分别为:

- ① 功率量程: 25W, 250W, 2500W, 测量精度 0.5%
- ② 电压量程: 100Vp-p, 1000Vp-p, 测量精度 0.5%
- ③ 电流量程: 1Ap-p, 10Ap-p, 测量精度 0.5%

所测信号频率范围为直流, 20Hz~150KHz

* 收稿日期: 1992-11-03

1 基本工作原理及仪表的硬件构成

众所周知, 任意周期为 T 随时间变化的电压 $u_{(t)}$, 电流 $i_{(t)}$ 的有效值定义为:

$$u = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u_{(t)}^2 dt} \quad (1)$$

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i_{(t)}^2 dt} \quad (2)$$

任意负载消耗的平均功率为:

$$p = \frac{1}{T} \int_0^T u_{(t)} i_{(t)} dt \quad (3)$$

由式 (1)、(2) 和 (3) 可容易看出, 求任意随时间作周期变化的电压、电流的有效值和功率的关键问题是实现电压电流的自相乘(平方)和互相乘。因此, 我们可以由式 (1)、(2) 和 (3) 画出实现电压电流和功率测量的原理框图如图 1 (a)、(b) 所示。

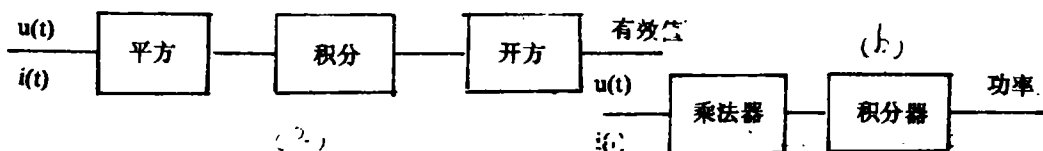


图 1 求有效值和功率的原理图

根据测量电压、电流和功率的原理框图, 我们设计了如图 2 所示的硬件结构图。图 1 中的平方相乘和积分运算由硬件电路实现, 而求电压、电流的有效值的开方运算部分则由单片微处理机的软件完成。

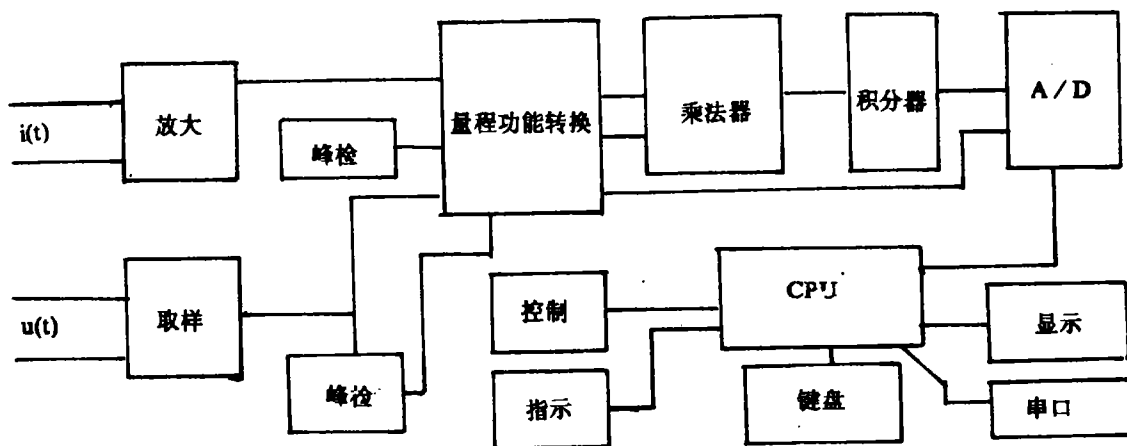


图 2 仪表的硬件结构框图

从图 2 可以看出, 仪表共由五部分组成。即单片微处理机 8031 作为控制和数据处理

的中心, 外扩 8255, 及 4KEPROM 2732 实现串行通讯、结果显示、键盘输入及测量结果的存贮; 电压电流的放大衰减部分完成电压、电流信号的预处理功能; 量程和功能切换部分完成量程及三种测量功能的自动转换; 乘法器和低通滤波电路实现信号的相乘和积分; A/D 转换器采用高精度、低噪声 12 位 A/D 转换器 ICL7109, 完成积分后直流量的数模转换功能。

需要说明的是, 本仪表使用一个独特的量程功能切换电路, 用一个乘法器和一个低通滤波器就实现了电压、电流、功率的量程和功能的切换。其电路的结构如图 3 所示:

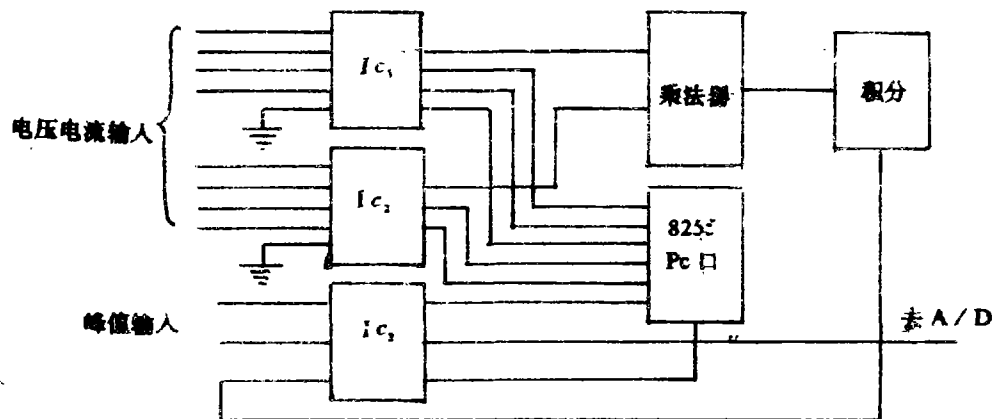


图 3 量程及功能切换电路

该电路使用了三片 CD4051 开关, 三片 IC 的输出端分别接往模拟乘法器的两个输入端和 A/D 转换器的输入端。其中 IC_1 及 IC_2 的输入端分别接往具有不同放大倍数的放大器的输出端。而 IC_3 的三个输入端分别接往电压电流的峰值检测电路和积分器的输出端。三片 4051 由单片机的 8 位输出控制字控制开关的投向。其投向由电压、电流峰值的大小及功能要求控制。

2 系统软件结构

由前面所述, 任意波形且频率在 20Hz—150KHz 范围内变化的电压电流信号经过乘法器和积分器的处理后变成了直流信号。因此, 根据不同的功能要求, 只需对变换后的直流信号进行数模转换并加以处理即得测量结果。根据前述的软硬件分工, 在进行电压和电流测量时需对 A/D 转换的结果进行开方处理才得到显示的数值, 而进行功率测量时, 直接对转换结果进行显示即可。为使仪表使用方便可靠, 在软件设计时, 在对软件采用模块化结构的同时, 又相互交叉, 使运行于一个模块内的程序根据需要可随时转向另一个模块, 大大方便了使用者。为提高测量精度, 在软件设计时我们在程序中采用了自检和误差校正程序。掀一个按键就可以完成一种测试功能。若同时掀下两个按键则可同时测量两个电量, 测量结果轮流显示。系统软件框图如图 4 所示。

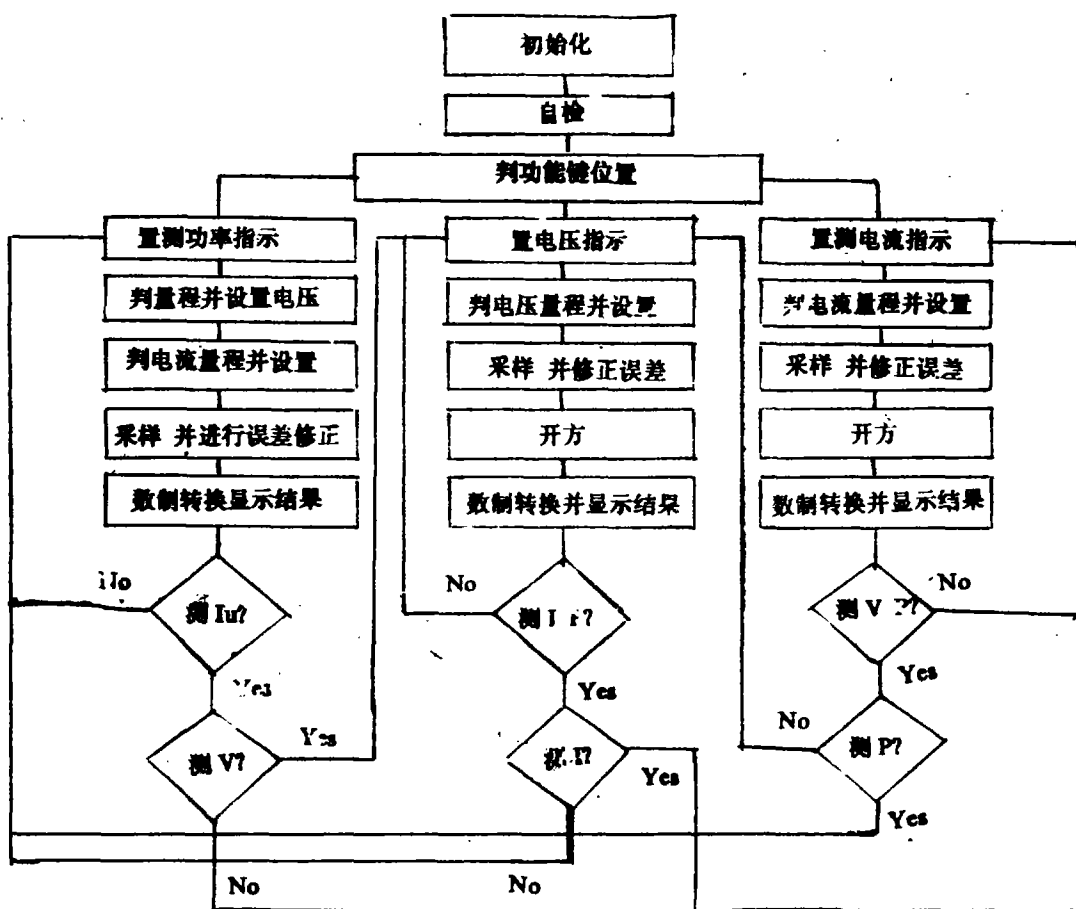


图 4 仪表的软件框图

3 误差分析及修正方法

综合分析系统的组成, 任意波形 V-I-P 测量仪的总误差大致有如下几个部分组成:

①电压、电流放大衰减部分引入的误差; ②模拟乘法器产生的误差; ③A/D 转换器的误差; ④数据运算产生的误差。对于电压电流放大衰减电路部分的误差, 我们通过采用精密电压分压器和电流取样电阻配以场效应管输入的高阻抗宽带放大器, 使该部分的误差可以控制在 0.1% 以下。关于 A/D 转换的误差, 由于我们采用了 ICL7109 12 位 A/D 转换器, 其精度高、噪声低, 在全温度范围内其综合相对误差也低于 0.1%。运算误差尽管不等于零, 但也远低于 0.1%。因此, 最值得讨论的是模拟乘法器带来的误差。我们采用的模拟乘法器在硬件设计时, 已对各种误差进行了补偿和修正。尽管在硬件上已对模拟乘法器进行了各种修正, 若不利用单片微处理的优点进行算法上的处理, 其带来的误差, 对于设计高精度的仪表仍是不能容忍的。下面讨论利用单片微处理机对模拟乘法器进行误差补偿修正的原理和实现方法。

四象限模拟乘法器的理想相乘表达式为:

$$Z = Kxy \quad (4)$$

其中 x 、 y 为输入信号, Z 为输出乘法器的输出, K 为比例系数。实际上, 理想相乘

是不可能实现的, 因此, 考虑了各种影响后, 模拟乘法器的输出可写成:

$$Z = kxy \pm kxy_{\infty} \pm kyx_{\infty} \pm kx_{\infty}y_{\infty} \pm Z_{\infty} \pm N(x, y) \quad (5)$$

式中的 Z_{∞} , $\pm kxy_{\infty}$, $\pm kyx_{\infty}$ 及 $kx_{\infty}y_{\infty}$ 分别为乘法器的失调误差电压, x 、 y 通道的线性馈通误差电压。测量中为消除上述各项的误差影响, 我们在软件上对每一个要测量的数据进行四次采样, 这四次采样分别为:

① 对 x 、 y 输入下的结果进行采样得 Z_1 。

$$Z_1 = kx_1y \pm kxy_{\infty} \pm kyx_{\infty} \pm kx_{\infty}y_{\infty} \pm Z_{\infty} \quad (6)$$

② 对 x 输入为零, 即 $x=0$ 时结果进行采样得 Z_2

$$Z_2 = \pm kyx_{\infty} \pm kx_{\infty}y_{\infty} \pm Z_{\infty} \quad (7)$$

③ 对 y 输入为零, 即 $y=0$ 时的结果采样得 Z_3

$$Z_3 = \pm kxy_{\infty} \pm kx_{\infty}y_{\infty} \pm Z_{\infty} \quad (8)$$

④ 对 $x=0$, $y=0$ 时的结果进行采样得 Z_4

$$Z_4 = \pm kx_{\infty}y_{\infty} \pm Z_{\infty} \quad (9)$$

显然, 借助于前述的量程和功能转换电路, 完成四次采样过程是非常容易的。

由所采的结果可以看出, 理想相乘结果可由下式运算得到, 即:

$$kxy = Z_1 - Z_2 - Z_3 - Z_4 \quad (10)$$

实验证明, 经过软硬件修正后的模拟乘法器可使误差减小到 0.1% 以下。

总计前述各项误差, 以误差最大情况同号相加也不超过 0.5%, 因此, 将整个仪器的误差定为 0.5% 是可信的。

4 结束语

本仪表的软硬件设计以测试准确, 使用方便为出发点。因此, 在仪表面板上仅设定了四个功能键和五个指示灯, 即电压电流功率测量键及电流量程键, 指示灯分别为各测量量的单位。可单独进行电压的测量, 也可以同时进行电压电流功率的交替测量。测量任何一种电量时, 仅需掀一个按键即可。电流量程的大小依靠通过电流量程键的按入和按出即可实现, 具体使用高量程或低量程, 由电流量程指示灯 H 和 L 提示。这样方便了使用又提高了测量精度。

本仪表由于其功能强, 适用频率范围宽 (直流 20Hz~150KHz) 一机可代替多机, 对功率因数和峰值因子没有限制, 可广泛用于波形发生畸变的电量测量场合, 如交流稳压电源, 逆变器, 电光源用的电子镇流器和电机行业中电机参数测量等, 同时也是目前的指针数字式电压电流表的更新换代产品。

参 考 文 献

- (1) 何立民编著. 单片机应用系统设计——系统配置与接口技术. 北航出版社. 1990
- (2) 涂时亮等编著. 单片微机软件设计技术. 科学文献出版社. 1988.7
- (3) 周子文编. 模拟相乘器及其应用. 高等教育出版社. 1983
- (4) 沈德金等. MCS-51系列单片机接口电路与应用实例. 北航出版社. 1990. 4

The Design of the Voltage、 Current and Power Measurer for Sincwave and Non-Sinewave

Gao Jin-feng Jia Geng-xin
(Zhengzhou Institute of technology)

Abstract: In this paper, we present the design and the principal of the voltage, current and power measurer for sinewave and non-sinewave which is consist of a multiplier and a microcomputer. The error and the error culibration method of the system have been dicussed deeply.

Keywords: Multiplier, True rms, Power measurement, Zero Calibration, Single-chip microcomputer