

用 SA9904B 设计的多参数智能电表

陈星扩¹, 鲍 鸿¹, 李 军¹, 熊 勇²

(1. 广东工业大学 自动化学院, 广东 广州 510090;
2. 广东欧宇信息控制技术有限公司, 广东 广州, 510075)

摘要:在简要介绍 SA9904B 芯片的主要功能和典型测量电路的基础上, 给出了利用该芯片设计多参数智能电表的方法和原理方框图, 并详细论述了系统中 7 个模块的设计原理和软件实现方法。

关键词:三相电表; SA9904B; 电参数测量

中图分类号: TM933.4

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2003)04-0035-05

随着社会的发展, 普通的机械式电表远不能满足人们对多功能检测的需要, 新型的多参数测量仪表的开发成为必然。SAMES 公司生产的 SA9904B 芯片是一种双向三相功率/电能集成电路芯片, 利用该芯片可测量三相四线制线路的有功电能、无功电能、电压有效值和频率值, 再通过这 4 个基本参数值和测量公式的变换, 计算出实际的电流值、功率因数、有功电度和无功电度等参数。因此, 采用该芯片所设计的多参数智能电表既可以满足电度测量的要求, 又可以满足电压、电流和功率等基本电参数测量的要求。

1 双向三相功率/电能芯片 SA9904B

1.1 SA9904B 芯片的主要性能

●可实现双向三相有功和无功功率/能量的测量, 其中有功电能测量符合 IEC 521/1036 一级交流电表的规范要求, 无功电能测量符合 IEC1268 无功电表的规范要求^[1];

●可完成电压有效值和频率值的测量, 其中 A、B、C 三相电压的测量各自独立;

●片内集成基准参考电压源;

●具有 SPI(Serial peripheral Interface, 串行外围接口)总线接口;

●总功率低于 60mW, 而且具有静电保护功能, 芯片工作温度范围宽。

1.2 SA9904B 芯片的内部结构

SA9904B 为混合模/数信号的 CMOS 集成电路, 其内部电路结构如图 1 所示。

待测的电压电流经过电压电流采样电路, 转换成符合芯片输入的小电压、小电流信号。该信号经过芯片内部的模/数转换电路转换成数字信号进行数字运算, 从而得到各相的有功电能、无功电能、电压有效值和频率值的测量值, 这些值被保存在芯片内部相应的 24 位寄存器中。微处理器可以通过 SPI 接口读取该数据, 以作进一步的计算处理。

1.3 SA9904B 芯片的管脚分布

SA9904B 电能芯片有 20 脚 DIP 和 SOIC 两种封装形式, 其管脚分布如下:

收稿日期: 2003-01-09

作者简介: 陈星扩(1976-), 在读研究生, 主要研究方向为检测技术与自动化装置。

GND 接模拟地;VDD 接电源正极:
VSS 接电源负极;IVP1, IVP2, IVP3 分别是 1, 2, 3 相的模拟电压输入端;IIP1, IIN1, IIP2, IIN2, IIP3, IIN3 分别是 1, 2, 3 相的模拟电流输入端;VREF 是参考电源的外接电阻端,通常接 47K 电阻到地;F50 是电压过零脉冲输出端,当每相电压的上升沿过零点时,该管脚产生一个 1ms 的脉冲;SCK 是串行时钟信号输入端;DO 是串行数据输出端;DI 是串行数据输入端;OSC1, OSC2 是外部晶振的输入输出端;CS 是芯片的片选信号输入端,高电平有效。

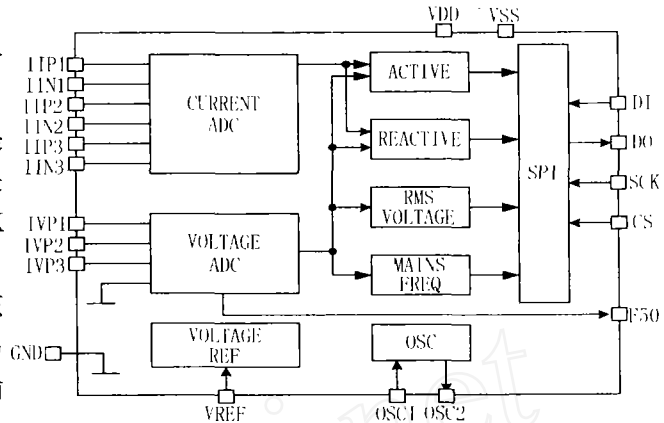


图 1 SA8894B 芯片的内部结构

2 SA9904B 芯片的典型测量电路

2.1 SA9904B 芯片的电流测量电路

典型的一相电流测量电路如图 2 所示,当测量的电流为额定电流 5A 时,经过限流电阻到达芯片的输入电流应该为 $16\mu\text{A}$ 。图中限流电阻的阻值 R_1 、 R_2 根据公式(1)计算:

$$R_1 = R_2 = (I_L/16\mu\text{A}) \times R_{SH}/2 \quad (1)$$

其中: I_L 是电流互感器副边电流; R_{SH} 是电流互感器副边的终端电阻。

其他两相电流输入的外部电路相同。

2.2 SA9904B 芯片的电压测量电路

典型一相电压测量电路如图 3 所示,当测量的电压为额定电压 230V 时,经过电阻分压网络分压,到达芯片的输入电流应该为 $14\mu\text{A}$ 。图中各个电阻的阻值根据公式(2)计算:

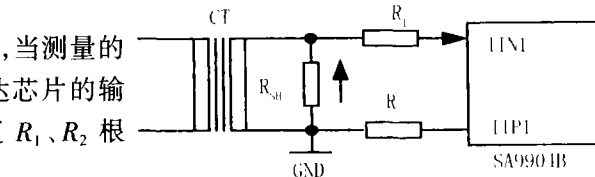


图 2 一相电流输入的典型外部电路

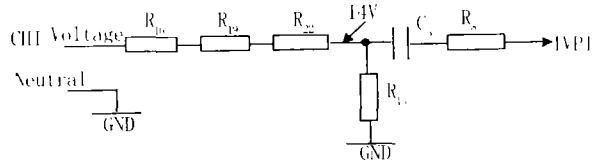


图 3 一相电压输入的典型外部电路

$$\left. \begin{aligned} R_A &= R_{16} + R_{19} = R_{22} \\ R_B &= R_8 \parallel R_{13} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

其中 R_8 、 R_{13} 取典型值: $R_8 = 1\text{M}\Omega$, $R_{13} = 24\text{k}\Omega$, 因此,得 $R_B = 23.44\text{k}\Omega$ 。把 R_B 代入式(3)

$$(R_A + R_B)/230\text{V} = R_B/14\text{V} \quad (3)$$

得 $R_A = 361.6\text{k}\Omega$, 因此 R_{16} 、 R_{19} 、 R_{22} 可取值 $120\text{k}\Omega$ 。

电容 C_5 是为了补偿电流互感器引起的电压和电流之间相移误差而设置的。 C_5 的电容值计算公式(4)如下(假设电流互感器相移为 0.18°):

$$C = 1/(2 \times \pi \times f_M \times R_5 \times \tan(P_M))$$

$$= 1 / (2 \times \pi \times 50 \text{ Hz} \times 1 \text{ M}\Omega \times \tan 0.18^\circ)$$

$$= 1.013 \mu\text{F}$$

其他两相电压输入的外部电路相同。

2.3 SA9904B 芯片输入输出电路

SA9904B 通过 SPI 接口与微处理器进行数据交换,其 SPI 接口时序如图 4 所示。其中, SCK 是串行时钟输出端, DO 是串行数据输出端, DI 是串行数据输入端, CS 是芯片的片选信号输入端。当 CS 置高时, 管脚 DI 在 SCK 的上升沿输入 9 位寄存器地址, 当 SCK 的上升沿检测到地址的最低有效位 DO 输出后, DO 就在 SCK 的下降沿置 0, 随后 SCK 管脚的每个下降沿都会使 DO 管脚输出对应寄存器地址的数据, 最高位先移出。

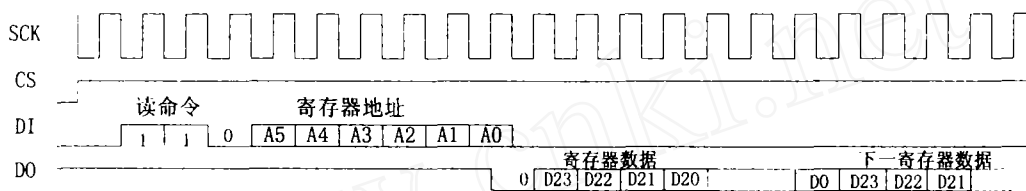


图4 SPI接口时序图

3 多参数智能电表

3.1 系统设计原理简述

采用 SA9904B 芯片设计的多参数智能电表的系统框图如图 5 所示。SA9904B 芯片对输入的电压电流进行计算, 从而得到各相的 4 个基本电参数值, 这些值可被微处理器通过 SPI 接口定时读取, 并通过公式转换, 从而得到其他的电参数值。系统的电能累计分第一次上电后连续累计和时段累计两种, 每种电能累计都分 A、B、C 三相单独累计和三相相加累计 4 种。时段累计需要对时间进行判断: 如果当前的时间处在某个时段内, 则该时段就进行电能累计; 否则, 不进行电能累计。系统还设计了电压电流越上下限报警的功能和采集历史记录、掉电/上电时间记录和报警记录的功能。各个基本电参数值、电能值和各个记录值都可以通过相应的查询命令来查询, 本模块提供两种通信方式 RS485 总线和 LonWorks 现场总线给用户, 具体选择由用户决定。

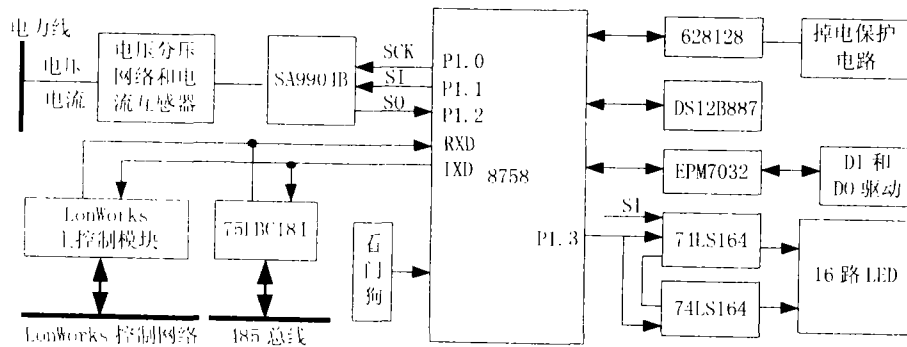


图5 多参数智能电表的系统框图

3.2 系统的功能模块

本系统采用模块化的设计方法, 下面分 7 个模块进行论述。

(1) 电参数测量模块

该功能模块是整个模块设计的核心,主要由芯片 SA9904B、电流互感器、电压分压网络和 SA9904B 的外部电路组成.待测的三相四线制电路的电压电流经过电压分压网络和电流互感器转换后输入系统,SA9904B 对输入的电压电流进行采样、A/D 转换并计算,得到三相有功电能、无功电能、电压和频率的瞬时值,这些值存放在 SA9904B 芯片内部相应的 24 位存储器中.微处理器 8758 通过 SA9904B 芯片的 SPI 接口定时 1s 读取这些数据,并通过公式计算,从而得到三相有功功率、无功功率、电压、电流、频率、功率因数、有功电度和无功电度等参数值.读取 SA9904B 芯片的数据是在中断响应里完成的,其过程是:当发生定时 1s 的中断时,先保存现场,然后微处理器通过 SA9904B 芯片的 SPI 接口发送要读取的寄存器的地址(9 位),地址发送完毕后,马上接收 SA9904B 芯片送出的数据.当所有需要的数据接收完毕后,接着对接收的有功和无功电能数据进行减法处理,因为当前读取的有功、无功电能值减去上次读取的值才是这一秒系统测量到的有功、无功电能值.以上处理完成后,恢复现场,退出中断.

(2) 数据存储模块

该功能模块主要由 128K 大容量存储芯片 628128 和掉电保护电路组成,该芯片存储计算出来的各相的电压、电流、有功功率、无功功率、功率因数、频率等实时值;每个时段的 A、B、C 和三相总和的有功电能和无功电能值;掉电时间记录、电压电流越上下限报警记录和历史记录等等.当模块掉电时,掉电保护电路自动切换到后备电池,使后备电池供电给外部 RAM,以保证 RAM 里所有的数据不丢失.

(3) 显示模块

该功能模块主要由两块 74LS164 芯片、LED 小模块和限流电阻组成,其中 74LS164 是串行输入并行输出芯片.LED 小模块有 16 个灯做各种指示信号:8 个灯显示 8 路 DI 输入状态、4 个灯显示 4 路 DO 输出状态,还有 4 个灯显示 TIM、TXD、RXD 和 SER/ERR 的状态.

(4) DI、DO 和芯片片选模块^[2]

该功能模块主要由一块可编程逻辑器件 EPM7032SLC44-10 芯片组成,它是为了解决 CPU8758 的 I/O 口线不够用而添加的.在该芯片内部设计了 8 路并行输入串行输出 DI、4 路串行输入并行输出 DO 和各个芯片片选信号的逻辑电路.片选信号主要由 138 译码器组成的逻辑电路产生,具体产生 DSI2B887、SA9904B、X25045、628128、DI 和 DO 等芯片的片选信号.

(5) 时间模块

该功能模块主要由 DSI2B887 组成,由于本模块具有进行分时段电能累计功能,所以需要产生实时时间,以便和时段时间进行比较.时钟芯片内部的时间可由上位机通过设置命令进行设置.

(6) 看门狗模块

该功能模块主要由 X25045 组成,起系统的看门狗的作用.

(7) 通信模块

本模块提供两种通信方式:一种是采用 RS485 总线,通过芯片 75LBC184 进行 RS232 和 RS485 的转换;另一种是采用 LonWorks 现场总线,通过 LonWorks 主控制模块通信,这给用户组网提供方便.其一般数据格式如下:

(帧头) —————→ (帧尾)

Head	Addr	Data-len	Func-code	Data-area	CRC
16-Bits	16-Bits	8-Bits	8-Bits	N × 8Bits	16-Bits

其中:

Head 为帧间隙,双字节,本系统设定为十六进制的 FAH FAH. Addr 为模块的地址号,双字节.每个模块设定的地址号应该是唯一的,最大可以支持 65536 个模块. Data-len 为数据帧的长度,包括 Func-code 及 Data-area 中包含的字节个数. Func-Code 为功能代码,单字节. Data-area 为帧的数据区. CRC 为帧的校验信息,采用 CRC-16 校验码,低字节先发送,高字节后发送.为了方便校验,本模块还可以采用十六进制数 55H AAH 取代 CRC-16 作为帧结束标志.

通信时,由监控主机(主)发送命令,模块(从)作出相应的响应,其通信方式是:“主问—从答”,协议中全部采用十六进制数描述.监控主机可以发送设置命令和查询命令,这两种命令的区别在于:设置命令的数据域带有设置数据,不同的设置命令设置数据有所不同.查询命令分不带时间参数和带时间参数两种,不带时间参数的查询命令有:查询时间、查询 8 路 DI 和 4 路 DO、查询各路电能值、查询电参数实时值.带时间参数查询命令有:查询掉电/上电时间记录、查询报警记录、查询历史记录.按时间查询,时间精确到年、月、日、时,其中年、月、日、时可以使用通配符“X”来代替.

例如:A. 年、月、日、时→查询某年某月某日某时的记录

B. 年、月、日、“X”→查询某年某月某日每一小时的记录

C. 年、月、“X”、时→查询某年某月每一天某时的记录

D. 年、“X”、日、时→查询某年每一月某日某时的记录

E. “X”、月、日、时→查询每一年某月某日某时的记录

F. “X”、“X”、“X”、“X”→查询所有的记录

4 结束语

基于 SA9904B 电能芯片的智能电表性能稳定、功能完善、操作简单,非常适用于电网配电系统、住宅小区电表和工厂电能、基本电参数的测量和控制,它功能强大,应用方便,市场前景可观.

参考文献:

- [1] SAMES 公司. SA9904B[DB/OL]. <http://www.walasey.com/product/iproduct.asp>, 1999. 11/2002. 6
- [2] 宋万杰,罗丰,吴顺君编著. CPLD 技术及其应用[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,1999

Multi-parameter Intelligent Ammeter Based on SA9904B

CHEN Xing-kuo¹, BAO Hong¹, LI Jun¹, XIONG Yong²

(1. Faculty of Automation, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090 China;

2. E&U Information and Control Technology co., ltd, Guangzhou 510075, China)

Abstract: This paper introduces the main functions and typical measurement circuit of SA9904B and brings forward design principle and schematic diagram of multi-parameter intelligent ammeter based on SA9904B. It discusses in detail the design principle and soft implementation method via seven modules.

Key words: three-phase ammeter; SA9904B; electronic parameter measurement