

## 基于 MSP430 的三相电能表 SA9904B 采集系统电路

### 摘要

本文介绍由 TI 公司的 MSP430F435 单片机和 SAMES 的 SA9904B 电能测量集成芯片组合成三相电能表的无用功率和有用功率等参量的采集系统。

### 1、前言

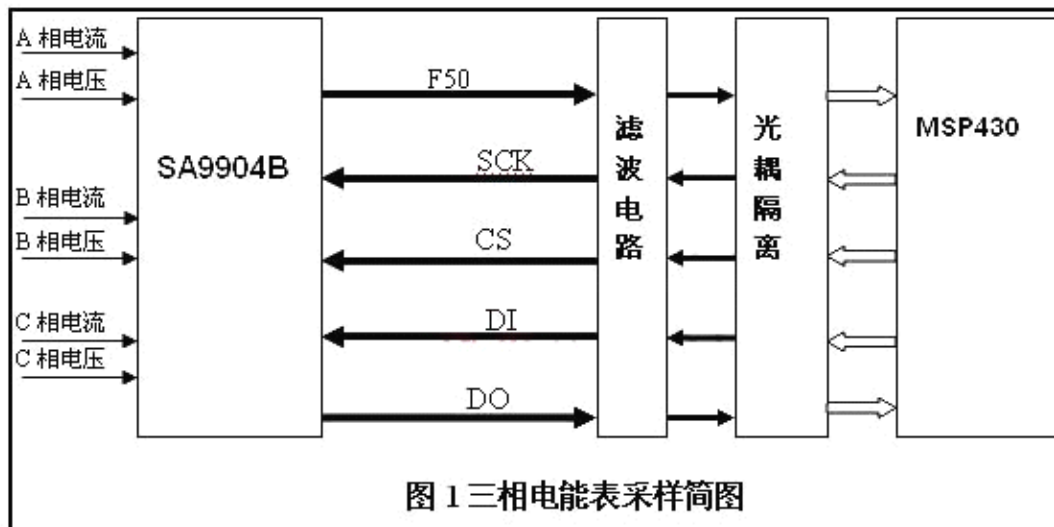
目前新型的电子式多功能电能表已逐渐取代老式电子电能表。由于模数转换电路采样精度，及微处理器的价格，软件的开发难度，存在不少问题和难度。本文基于德州仪器的 MSP430F435 单片机，介绍采用 SAMES 的 SA9904B 高集成度的采样芯片进行三相电能的有用功和无用功等参量的采集，取代传统的数模采样电路。

三相电能表功率参量的采样是一个十分重要的问题，其实现方式决定了电能表的测量精度及相应软件开发的难易程度，产品的整体开发成本的高低。

### 2、系统介绍

电能表的采样方式及采用什么 MCU 有多种方案，不少已经投入实际使用。但是基于 MSP430 单片机采用高度集成的采集芯片 SA9904B 进行电流和电压采样的电能表还没有广泛投产使用。尽管美国 TI 公司给出了电能表采样方案，但是其采样电路比较复杂，难于调试。没有采用专用的电能表的采用芯片。

图 1 是多功能三相电能表的采样部分，合理的把 TI 的 MSP430 单片机和 SAMES 的 SA9904B 集合，发挥各自的优势，避开复杂的采样电路的设计，采用现成的高精度采样芯片。



#### 2.1、硬件部分：

##### MSP430F435

TI 公司的 MSP430 系列单片机是一种具有超低功耗的功能强大的单片机。新开发的 F 系列具有 Flash 存储器，在系统设计，开发调试及实际应用上比其他 MCU 都有比较明显的优势。

#### 1、超低功耗

MSP430F 系列运行在 1MHZ 时钟的条件下时，工作模式不同为 0.1~400uA,工作电压为 1.8~3.6V。

## 2、 超强处理能力

8MIPS 的 CPU 内核，16 位×16 位的硬件乘法器。

## 3、 灵活的配置方法

MSP430 F 系列具有丰富的寻址方式，只需要 27 条指令；片内寄存器数多，可以实现多种运算；有高效的查表处理方法。这一切保证了可以编译出高效的程序。许多中断，可以嵌套，使用方便。

## 4、 片上集成外围功能模块

MSP430 F 系列集成了较多的片上外围设备。这些外围设备功能相当强大：12 位 A/D，精密模拟比较器，硬件乘法器，2 组频率可以达到 8MHZ 的时钟模块，2 个带有许多捕获比较的 16 位定时器，看门狗功能，2 个可实现异步和同步及多址访问的串行通信接口，数十个可实现方向的设置及中断功能的并行输入，输出端口，拥有 SPI 和 UASRT 通讯端口。

## 5、 高效的开发方式

MSP430FX 系列具有 FLASH 存储器，这一特点使得它的开发工具相当简便。利用单片机自身自带的 JTAG 接口或片内 BOOT ROM 内固化的默认的加载程序载入器 Bootstrap 可以进行串口或并口，通过 UART 将程序代码装入 Flash 存储器中。

可以在一台 PC 及一个小 JATAG 控制器的帮助下实现程序的下载，方便的完成在线程序调试。

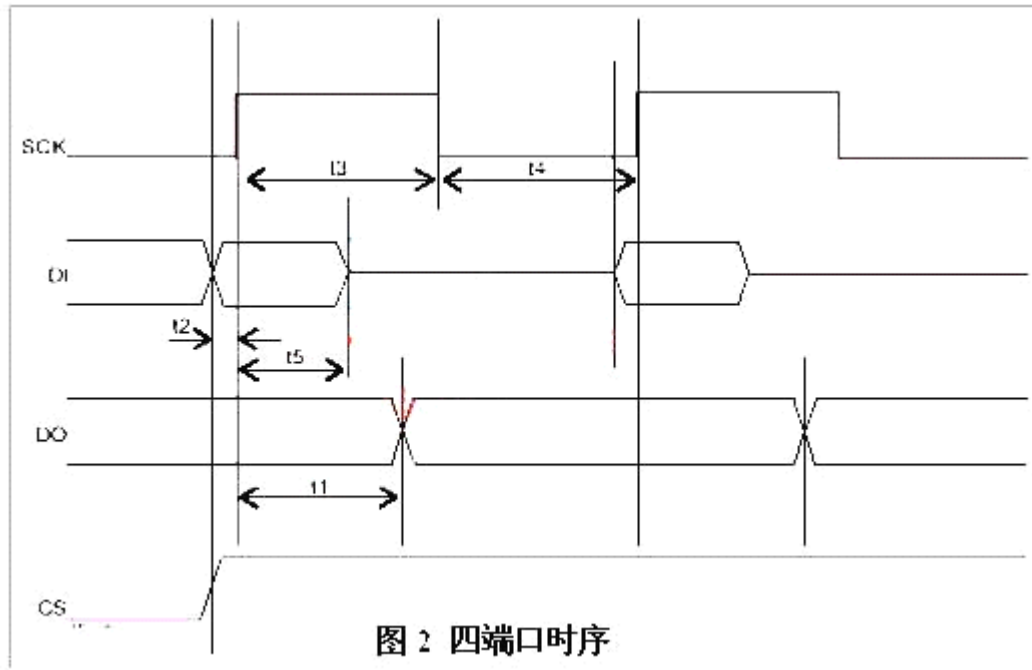
## SA9904B

SAMES 公司的 SA9904B 专用与电能测量的集成芯片，提供多功能电力测量参数：功率因子、有功功率、无功功率、峰值电压、峰值功率、电压电流有效值等。

SA9904B 三相电路的各路电流和电压完成采样，有用功率和无用功率通过 SA9904B 的三路电流和三路电压的乘积求得。在芯片内部完成数模转换和相位延迟的调整，各路瞬间功率的数字量值存储在二十四位寄存器中，最大值为十六进制的 FFFF，对应于芯片的 DO 端口，其中对各路寄存器的读取，由各路地址存储器的值确定，对应与芯片的 DI 端口。这些都通过芯片的 SPI 接口以串行数据方式与 MCU 端口进行数据通讯。MCU 通过对地址的选择来完成对芯片的数据读取。

SA9904B 的 SPI 接口分为 DI,DO,SCK,CS,F50 端口，其中这些端口按图 2 的时序与 MCU 进行数据传递。在研究开发过程中在 DI,DO 的端口应该加一些滤波电路，防止线路中尖峰电平。这可根据实际需要做些调整。其中各端口的输出脉宽时间如表 1 所示。DI,DO 上的数据只有在 CS 和 SCK 为高电平时有效，DI 触发与 CS 的触发同时，且 DI 上数据在 SCK 的高电平内完成，DO 上数据必须在 SCK 高电平时触发，在下一个高电平阶段内完成。F50 是频率寄存器

寄存电压的频率和是否缺相和倒相。DI 上数据与 SA9904B 上的数据寄存器的地址一致，即高三位为 110，四，五位或 0 或 1，后四位为选择代码。各端口的时间延时参看表一。



Parameter	Description	Min	Max
t1	SCK rising edge to DO valid	625ns	1.160μs
t3	SCK min high time	625ns	
t4	SCK min low time	625ns	
t2	Setup time for DI and CS before the rising edge of SCK	20ns	
t5	DI hold time	625ns	

表一

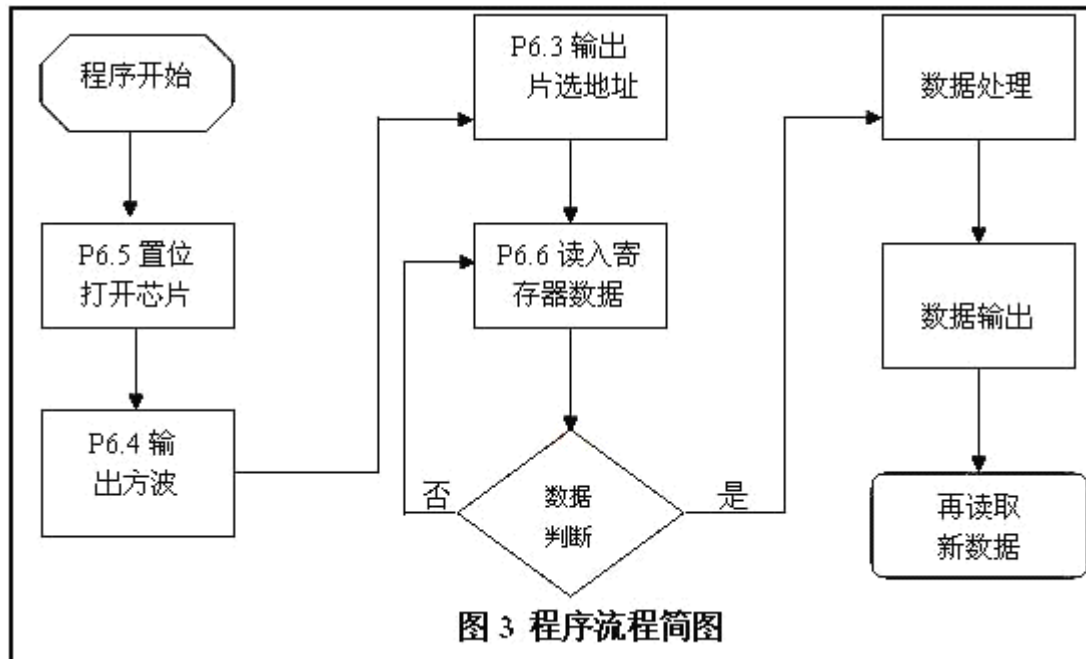
## 2.2、软件部分

对于 MSP430 单片机，由 TI 公司自带的嵌入式软件开发平台 IAR EMBEDDED WORKBENCH。该软件可对开发系统进行在线调试，带有 C 编译器，可采用通用的 C 语言编程。

### 1、软件流程图

通过 MSP430 的 P6.6—P6.3 端口对 SA9904B 芯片进行同步数据传递，其中 P6.3 端口用于 DI，P6.4 用于 SCK，P6.5 用于 CS，P6.6 用于 DO，P1.0 用于 F50。

程序流程如图 3 所示。



### 1、主控程序解析

在该控制采集系统中涉及到单片机的 SPI 串行同步通讯接口，计时器 TIME\_A。

其中 DI、DO、F50 端口是 SPI 端口进行串行数据通讯，接收 SA9904B 寄存器中的数据，SCK、CS 是通过计时器 TIME\_A 向 SA9904B 发出方波脉冲，触发 SA9904B 工作。

#### 第一、SCK、CS 信号控制端口

MSP430 单片机的 P6.4 发出方波，P6.5 置成高电平，DI 端口上寄存器地址数据才能有效，同时 SA9904B 中有功率寄存器和无功寄存器的数据值才能输出。这两个端口选为单片机的 I/O 功能。

#### 第二、DI 口数据传输

选择 SPI，四线制方式通讯，MSP430 的 P6.6—P6.3 端口，发送 16 位的地址数据流，以 SCK 为时间源，主动方式，向 SA9904B 发送数据。

```
P6SEL = cs + sck + si_1; //选择 SCK,CS 为 I/O 功能，SI 为模块功能。
```

```
P6DIR = cs_1 + sck_1 + si_1; // 选择 SCK,CS 置高，SI 为向外输出。
```

```
my_flag1 = tempadd0 << 7; //左移 7 位
```

```
my_flag2 = my_flag2 & 0x8000; //取最高位向 SA9904B 输入数据。
```

```
if(my_flag2 == 0x8000)
```

```
{
```

```
    P6OUT = cs_1 + sck_1 + si_1;
```

```
    my_flag1 = my_flag1 << 1;
```

```
    P6OUT = cs_1 + 0 + si_1; //输入 1，SCK 置 0
```

```
else
```

```

{ P6OUT = cs +sck +si_1;
  my_flag1= my_flag1<<1;
  P6OUT = cs +0 +si;} //输入 0 , SCK 置 0
  my_flag2= my_flag1;
}

```

其中一些参量为定义量。

这样的输出过程循环 9 次，即把 9 位数据从高位到低位输进 SA9904B 地址寄存器。

### 第三、DO 口数据传输

与 DI 口数据传输相似，主要考虑的是在 P6.6 端口上显示有功和无功数据寄存器中的数据，24 位数据按从高位到低位传输次序读出。

```

for (i=4;i>1;i--)
  {for (j=7;j>=0;j--)
    {
      P6SEL = cs +sck + so_1; //选择 SCK,CS 为 I/O 功能，SO 为模块功能。
      P6DIR = cs_1 +sck_1 + so; // 选择 SCK,CS 向外，SO 为向内输出。
      P6OUT = cs_1 +sck_1 + 0; // 选择 SCK,CS 置高。
      my_flag=(unsigned char)(P6IN); //读取 P6IN 寄存器中数值。
      P6OUT = cs_1 +sck + 0;
      aa=(aa(my_flag<<j)); //存储数据。
      my_flag=0x00;
    }
    if (i>2){aa=aa<<8;} //左移 8 位。
    return aa;
  }
}

```

其中 cs, sck, so 等参量的定义如 cs:P6SEL |= 0x20 方式所示。

### 第四、F50 寄存器数据处理

该端口的处理方式与上述的 DO 和 SI 一样，但是 F50 的数据信息比较丰富，其包括电压的频率数，是否有相序错误，是否有相位丢失，对电压频率的记数，是在电压的上升沿，该寄存器记一，以次累加。

以上针对单片机的 SPI 通讯方式，简要介绍了程序设计过程。可以看出对于 SA9904B 的操作主要集中在数据的输入和输出，同时控制数据传输时序。数据从高位到低位传输的次序，必须一位一位的读取或输入。采集了这些数据，还得对这些数据作相应复杂处理。鉴于 430 单片机的端口特殊性，先选择功能，然后选择传输方向，最后确定数据读取或输入。

## 2、结语

目前使用电能集成芯片和单片机组合用于测量电能有一些方案，但是大多数是基于通过数模转换电路来实现数据的采集。测量电能的集成芯片有很多种，微处理器也有许多种，本文基于 TI 的 MSP430 单片机与 SA9904B 组合，设计出性价比很高的三相多费率多功能表。该系统模块仅限于电能的有用功和无功等电力参量的采集，有用功和无功等电力参量的采

集是电表的中一个十分重要部分。计量电能的三相多费率多功能表还涉及其他许多功能模块，包括诸如数据处理、数据显示，数据存储，数据通讯等模块。