

## 基于 C2000 内置 12 位 ADC 的电能计量方案

---

程科/俞诗鲲

MCU SAE Team

### 摘要

本应用笔记介绍了基于C2000内核和片内12位ADC实现软件电能计量的方案。C2000是德州仪器半导体有限公司生产的32位高性能实时微控制器，广泛应用于诸如马达驱动，数字电源等各种和功率控制相关的实时控制领域，而电能和功率的计算在以上应用中往往作为反馈控制的输入信号存在。因此，将软件电能计量算法集成到C2000平台上是实现各种实时控制SOC方案的关键。本文介绍了在C2000上实现软件计量算法的具体方法以及TI基于C2000的软件计量库的使用方法，同时给出了测试结果。

### 目录

<b>1</b>	<b>C2000计量库介绍.....</b>	<b>4</b>
1.1	应用背景 .....	4
1.2	硬件平台及软件库介绍 .....	4
<b>2</b>	<b>第二部分 计量电路及功能描述.....</b>	<b>4</b>
2.1	计量代码库 .....	4
2.2	函数说明 .....	9
2.3	地址及相应功能介绍 .....	11
<b>3</b>	<b>校表介绍.....</b>	<b>15</b>
3.1	校表寄存器 .....	15
3.2	校表方法 .....	17
3.2.1	功率增益及偏置校准.....	17

3.2.2	电压电流角差校准.....	18
3.2.3	电压增益校准.....	18
3.2.4	电流增益校准.....	19
3.3	校表软件使用.....	19
3.3.1	校表软件界面介绍.....	19
3.3.2	实时数据模块使用.....	20
3.3.3	校正数据设置模块使用.....	20
3.3.4	校正数据读出模块使用.....	21
3.3.5	通讯数据模块使用.....	21
<b>4</b>	<b>结论.....</b>	<b>21</b>
4.1	硬件平台.....	21
4.2	软件资源占用.....	22
4.3	测试数据.....	22
<b>5</b>	<b>参考文献.....</b>	<b>23</b>

### 图表

图 1	计量软件流程图.....	7
图 2	CT计量前端参考电路.....	8
图 3	锰铜计量前端参考电路.....	9
图 4	校表软件界面.....	19
图 5	测试样机.....	21



## 1 C2000 计量库介绍

### 1.1 应用背景

节能环保的倡导和推行使大部分家用电器都有对能耗统计的需求，对于这个巨大的应用市场，将C2000芯片在家电电机电源上的应用优势在最小硬件成本添加代价下兼容拓展能耗统计功能是本次设计的目的。

C2000芯片专注于电机电源控制，其优秀的性能已被业界普遍认可。本次设计是基于C2000 Piccolo 系列芯片搭建的软件测试平台，实现一套满足智能家居能耗计量的软件库，使用最小的硬件代价实现对C2000应用领域的丰富。

### 1.2 硬件平台及软件库介绍

本次参考设计硬件平台使用C2000 Piccolo Entry Line Control Pad, 这是TI提供的一套低成本C2000开发板,基于此平台搭建的电路进行计量库开发可以使用户在逐步学习C2000开发编程的同时实现一套能耗计量软件。

此参考设计实现一个单相电能计量方案。参考设计的目的旨在实现一个完整的单相计量库。使用户在这个参考设计的基础上快速建立自己的单相计量方案。代码库提供有功功率，无功功率，视在功率，有功能量以及无功能量，同时还能测量回路电流有效值，电压有效值，功率因数，频率等参数，满足单相电能计量的需求，软件支持数字校表。

## 2 第二部分 计量电路及功能描述

### 2.1 计量代码库

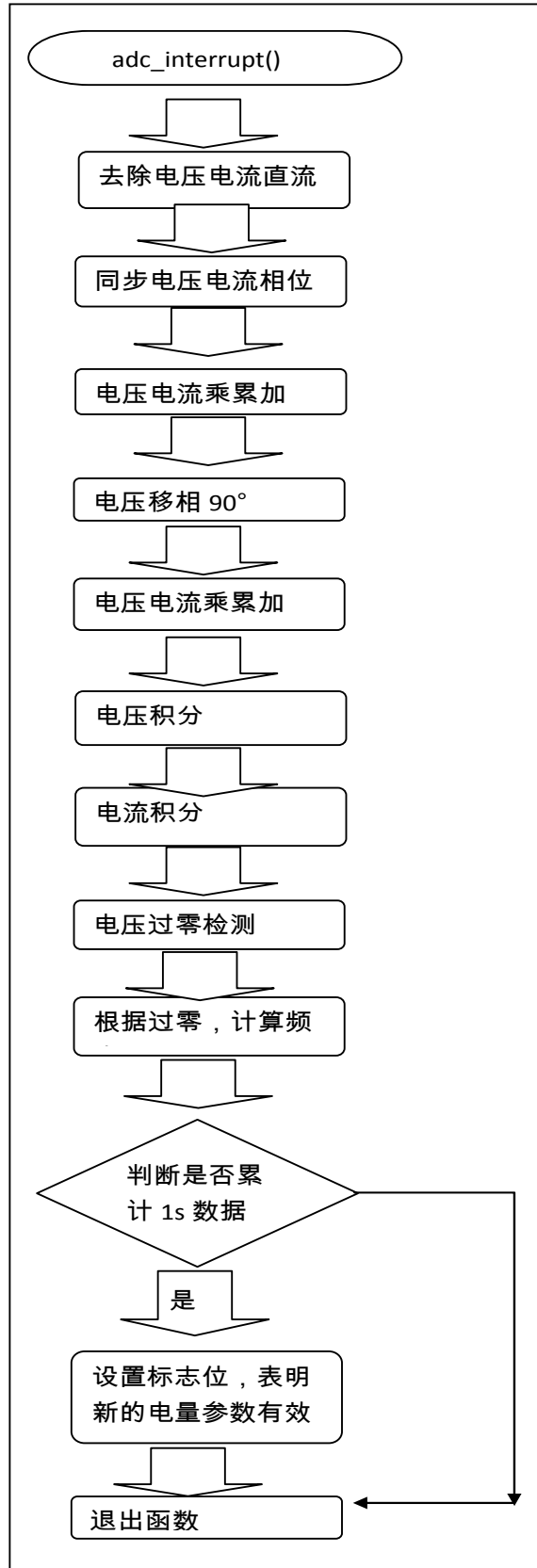
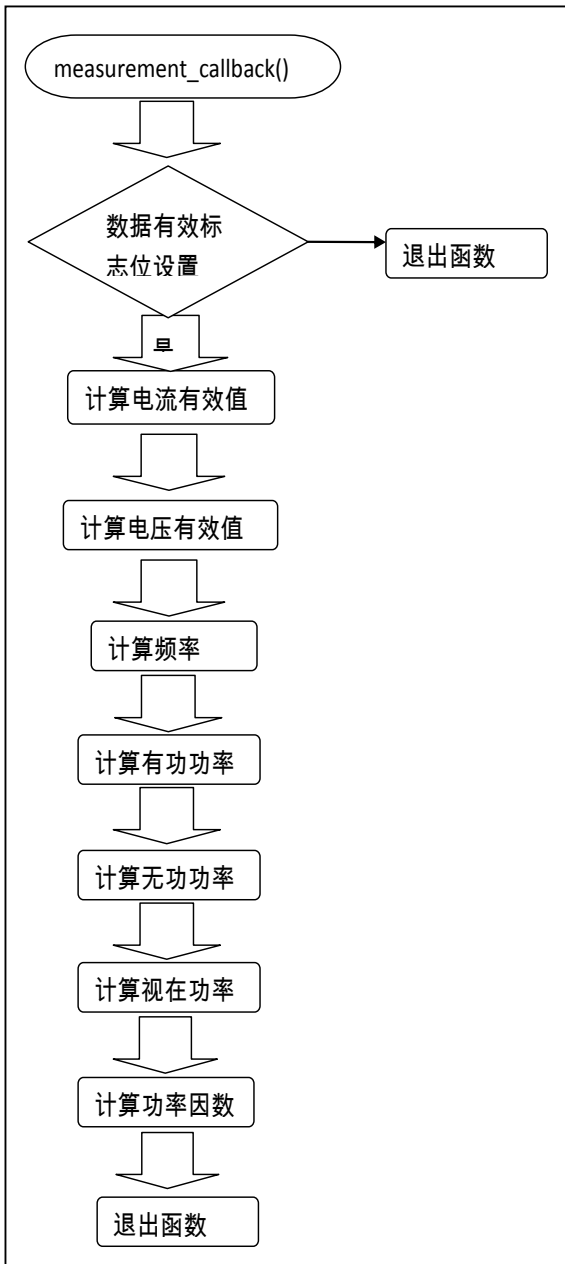
调用计量库时，只需要将 `emeter` 目录下的所有文件都添加进来，就能够使用计量功能了。其中文件 `emeter-interface.h` 中声明了所有对外调用接口，供程序调用，以实现校表和计量数据读取等功能。

算法库默认配置ADC转换率为3200点/秒,转换数据为12bit，数据范围0—4096，实现单相计量。函数 `adc_interrupt ( )` 实现对原始转换数据的运算，`measurement_callback ( )` 负责进一步处理`adc_interrupt ( )`中

预处理的数据。因此可以在ADC每个中断中调用`adc_interrupt(adc_raw[2])`，也可以缓存多个点然后再循环调用

此函数，函数入参`adc_raw`为信号输入，`adc_raw[0]`为电压转换数据，`adc_raw[1]`为电流转换数据。

`adc_interrupt ( )`，`measurement_callback ( )`实现流程如图1所示：



**图 1 计量软件流程图**

计量前端电路由电压信号调理电路和电流信号调理电路组成。电压信号调理电路使用电阻器对输入工频信号分压，并经过运算放大器缓冲后送至MCU ADC输入引脚。电流互感器输出电流信号通过负载电阻转换成电压信号，经过运算放大器放大后送至MCU ADC输入引脚。推荐电路如图2所示：

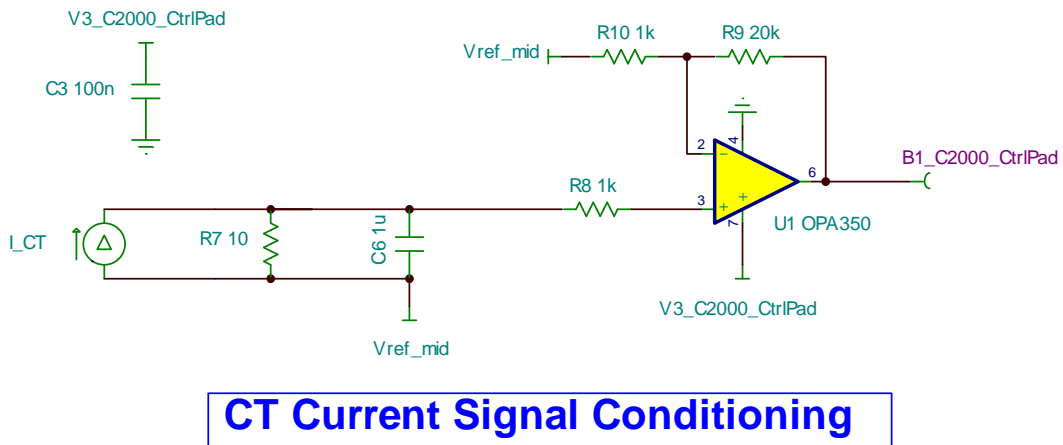
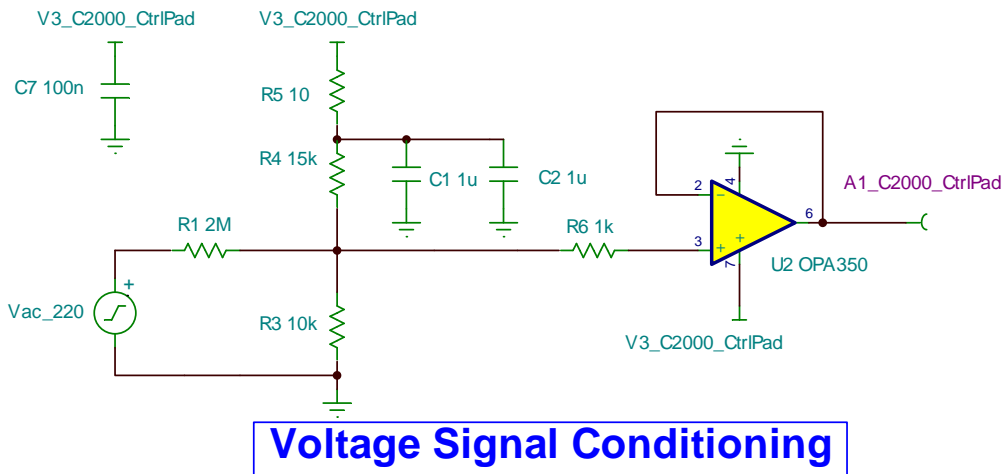
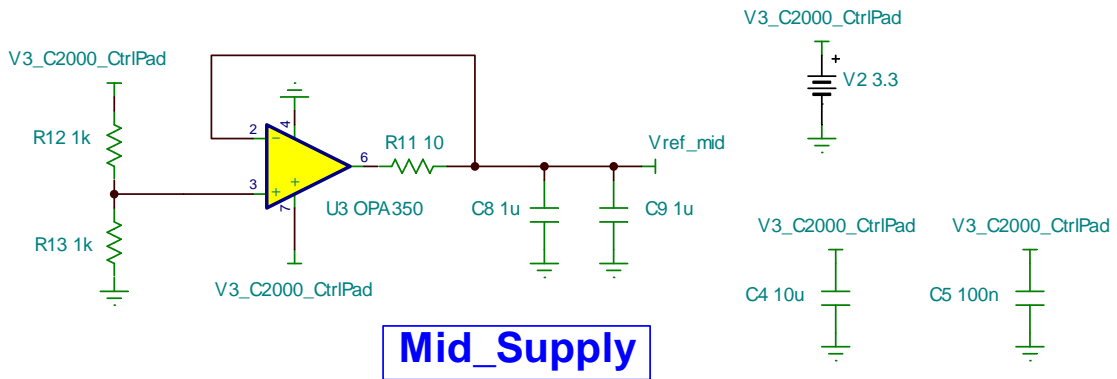


图 2 CT计量前端参考电路

上图电压输入分析如下：

市电220V交流输入，经10k和15k并联再串联2M电阻分压，输入交流电压为  $220V * (6 / (2000 + 6)) = 0.66V$ ，直流电压  $3.3 * 10 / 25 = 1.32V$ 。总的输入电压幅值  $0.66 * 1.414 + 1.32 = 2.25V$ ，输入信号3.3V以内。

电流互感器输入5A/2.5mA（根据互感器具体型号定），取样电阻电压  $2.5 * 10 = 25mV$ ，经运放20倍放大（具体放大倍数调整R9，R10），输入交流信号  $25 * 20 = 0.5V$ ，总的输入电流幅值（10A）  $1 * 1.414 + 1.6 = 3.014V$ ，输入信号3.3V以内。

当使用锰铜电阻获得电流信号时，电流信号调理电路形式如下：

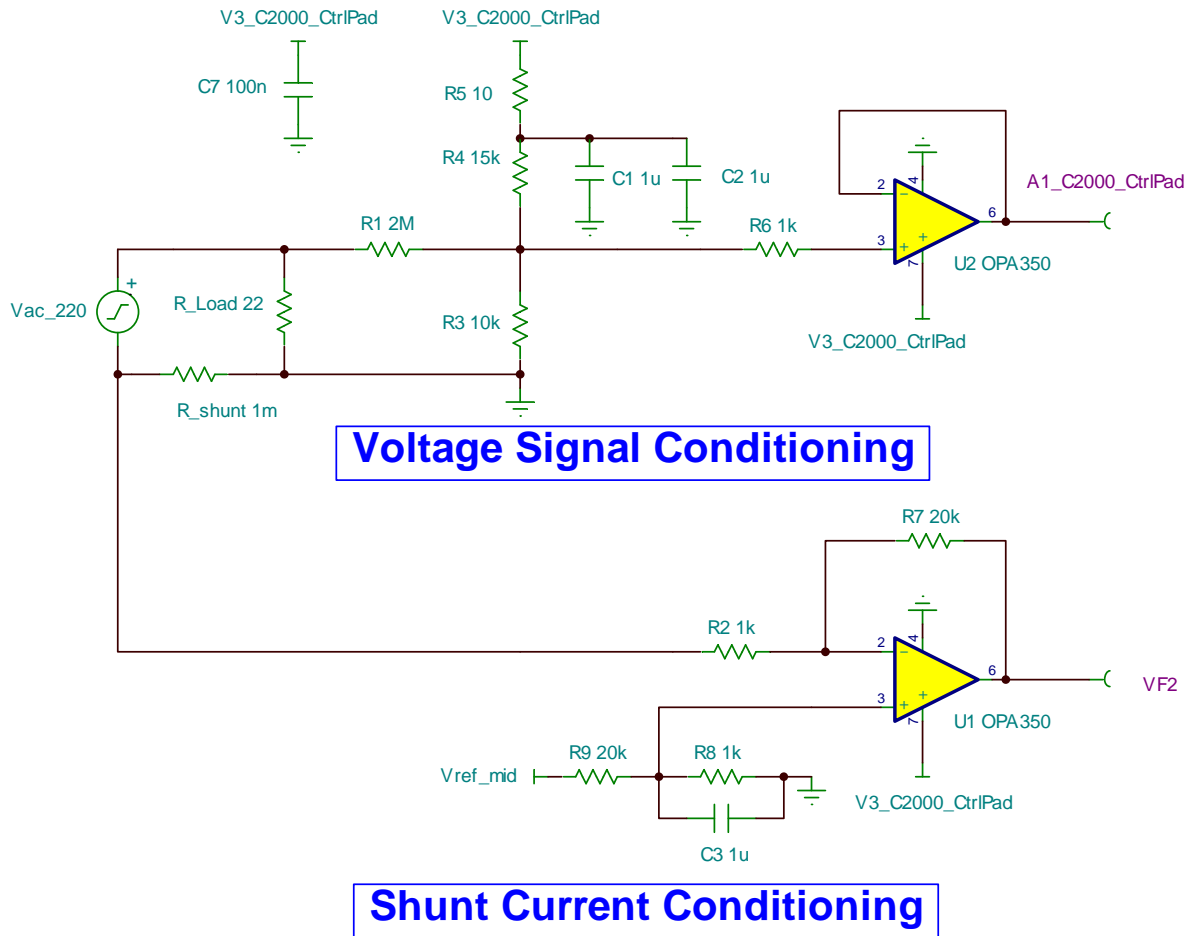


图 3 锰铜计量前端参考电路

## 2.2 函数说明

emeter-interface.h 文件中声明的主要函数和宏定义如下：

`int32_t get_parameter(int address)`

介绍：获取各种计量参数从地址address。

入参：16位整型address 地址

出参：返回该地址上的数据。

可中断重入，可中断中使用。

`uint8_t set_parameter(int address, int32_t value)`

介绍：设置各种校表参数和表参数到地址address。

入参：16位整型， address地址 32位有符号整型 value 值

出参：返回1 表示操作成功，返回0表示操作失败。

不可中断重入，不可中断中使用。

`void measurement_setup (void)`

介绍：代码库初始化，在上电之初调用。

入参：无

出参：无

`void measurement_callback (void)`

介绍：此函数周期性（1s）调用，以更新实时数据。

入参：无

出参：无

不可中断重入，不可中断中使用。

`void adc_interrupt(int16_t * adc_raw)`

介绍：可以在ADC每个中断中调用adc\_interrupt(adc\_raw[2])，也可以缓存多个点然后再循环调用此函数，

函数入参adc\_raw为信号输入，adc\_raw[0]为电压转换数据，adc\_raw[1]为电流转换数据

入参：电压电流输入ADC值数值，adc\_raw [0] 电压，adc\_raw [1] 电流。

出参：无

## 2.3 地址及相应功能介绍

考虑到代码将来的改动或扩展，地址不具体定义。使用枚举变量让编译器自动生成。用户可以include的这个变量定义，使用枚举地址设置和获取数据。

int32\_t get\_parameter ( int address ) 函数地址枚举变量定义如下：

### 获取实时数据结构

```
enum get_parameter_table
{
    AFE_BASE_A                = 0x0000,
    AFE_GET_ACTIVE_POWER,
    AFE_GET_REACTIVE_POWER,
    AFE_GET_APPARENT_POWER,
    AFE_GET_ACTIVE_ENERGY,
    AFE_GET_REACTIVE_ENERGY,
    AFE_GET_VRMS,
    AFE_GET_IRMS,
    AFE_GET_POWER_FACTOR,
    AFE_GET_FREQUENCY,

    AFE_GET_ENERGY_MODE,
    AFE_GET_STARTUP_I,
    AFE_GET_PULSE_CONST,
    AFE_GET_POWER_GAINA0,
    AFE_GET_PHASEOFFSET_A0,
    AFE_GET_VGAINA,
    AFE_GET_IGAINA,
    AFE_GET_IOFFSETA,
};
```

以下对每个地址进行解析：

**AFE\_GET\_ACTIVE\_POWER**

描述：有功功率

单位：10mW

#### **AFE\_GET\_REACTIVE\_POWER**

描述：无功功率

单位：10mVar

#### **AFE\_GET\_APPARENT\_POWER**

描述：视在功率

单位：10mVA

#### **AFE\_GET\_VRMS**

描述：电压有效值

单位：10mV

#### **AFE\_GET\_IRMS**

描述：电流有效值

单位：1mA

#### **AFE\_GET\_POWER\_FACTOR**

描述：功率因数

单位：0.0001

#### **AFE\_GET\_ACTIVE\_ENERGY**

描述：两回路中较大有功电能脉冲数

单位：依赖脉冲常数

#### **AFE\_GET\_REACTIVE\_ENERGY**

描述：两回路中较大无功电能脉冲数

单位：依赖脉冲常数

#### **AFE\_GET\_FREQUENCY**

描述：系统频率

单位：0.01Hz

#### **AFE\_GET\_POWER\_GAINA0**

描述：功率增益

#### **AFE\_GET\_PHASEOFFSET\_A0**

描述：电压电流角差补偿

#### **AFE\_GET\_VGAINA**

描述：电压增益

#### **AFE\_GET\_IGAINA**

描述：电流增益

#### **AFE\_GET\_IOFFSETA**

描述：电流偏置

单位：1mA

#### **AFE\_GET\_POFFSETA**

描述：功率偏置

单位：10mW

#### **AFE\_GET\_ENERGY\_MODE**

描述：能量累计模式

单位：0 绝对值累计 1 正能量累计

#### **AFE\_GET\_STARTUP\_I**

描述：启动电流

单位：1mA

### **AFE\_SET\_PULSE\_CONST**

描述：脉冲常数

### **获取实时数据结构**

```
enum set_parameter_table
{
    AFE_SET_BASE                = 0x00,
    AFE_SET_POWER_GAINA0,
    AFE_SET_PHASEOFFSET_A0,
    AFE_SET_VGAINA,

    AFE_SET_STARTUP_I,
    AFE_SET_FREQUENCY,
    AFE_SET_SAMPLES_10S,

    AFE_SET_IGAINA,
    AFE_SET_IOFFSETA,
    AFE_SET_POFFSETA,
    AFE_SET_ENERGY_MODE,

    AFE_SET_PULSE_CONST,
    AFE_SET_CAL_INIT,
};
```

### **AFE\_SET\_POWER\_GAINA0**

描述：功率增益

### **AFE\_SET\_PHASEOFFSET\_A0**

描述：电压电流角差补偿

### **AFE\_SET\_VGAINA**

描述：电压增益

### **AFE\_SET\_STARTUP\_I**

描述：启动电流

单位：1mA

#### **AFE\_SET\_IGAINA**

描述：电流增益

#### **AFE\_SET\_IOFFSETA**

描述：电流偏置

单位：1mA

#### **AFE\_SET\_POFFSETA**

描述：功率偏置

单位：10mW

#### **AFE\_SET\_PULSE\_CONST**

描述：脉冲常数

#### **AFE\_SET\_CAL\_INIT**

描述：校表初始化

#### **AFE\_SET\_CAL\_END**

描述：校表结束

#### **AFE\_SET\_SAVE\_FUNC**

描述：用户设置校表数据保存函数

## **3 校表介绍**

### **3.1 校表寄存器**

校表寄存器在火线零线等同对待。

**功率增益寄存器**

寄存器名	字长	范围	正常范围	初始值	步长
功率增益	16bit signed	0~0x7FFF	0x1000~0x7000	0x3000	NA

**电压电流角差补偿寄存器**

寄存器名	字长	范围	正常范围	初始值	步长
电压电流 角差补偿	16bit signed	0x8000~0x7FFF	0xFF8C~0x01D2	0	PRELOAD

**有功偏置寄存器**

寄存器名	字长	范围	正常范围	初始值	步长
有功偏置	16bit signed	0x8000~0x7FFF	0xFF9C~0x064	0	10mW

**电流增益寄存器**

寄存器名	字长	范围	正常范围	初始值	步长
电流增益	16bit signed	0~0x7FFF	0x1000~0x7000	0x2000	NA

**电流偏置寄存器**

寄存器名	字长	范围	正常范围	初始值	步长
电流偏置	16bit signed	0x8000~0x7FFF	0xFF9C~0x064	0	1mA

**电压增益寄存器**

寄存器名	字长	范围	正常范围	初始值	步长
电压增益	16bit signed	0~0x7FFF	0x1000~0x7000	0x4000	NA

## 3.2 校表方法

本计量库提供了专门的接口对计量参数进行校准。校表软件在pc端运行，通过串口通讯，进行参数设置。

具体操作可参考示例代码。

### 3.2.1 功率增益及偏置校准

功率增益校准可以进行单点和两点校准。当单点校准时，功率偏置默认为0。当两点校准时，功率偏置为功率相对0点的截距。校表可以通过脉冲也可以通过多次读取功率值求平均进行。两点校表公式如下：(最好取100%Ib 和 5% Ib两点)

功率增益校验公式：

$$Px\_GAIN_{n+1} = \frac{Px\_GAIN_n \times (N_{H2L} - 1)}{N_{H2L} \times (1 + E_H) - (1 + E_L)}$$

$E_H$  和  $E_L$  为大电流和小电流时功率的误差。(如 100%Ib 和 5% Ib两点功率的误差)  $N_{H2L}$  为大电流和小电流的比差。(如  $N_{H2L}=100\%Ib / 5\%Ib = 20$ )

功率偏置校验公式：

$$Px\_OFFSET_{n+1} = \frac{(E_H - E_L) \times N_{H2L} \times P_{GEN} \times 100}{N_{H2L} \times (1 + E_H) - (1 + E_L)}$$

$P_{GEN}$  是在小电流时的标准功率值。

无功的增益和偏置类似于有功，可参考有功校准。以下是一个单点校表的例子，说明如何编写校表软件：

1.  $E_H = 0.5\%$
2. 原始的  $P1\_GAIN_n = 10000$
3. 新的  $P1\_GAIN_{n+1} = 10000 / (1 + 0.5\%) = 9950$

### 3.2.2 电压电流角差校准

电压电流的角度补偿使用的是软件同步。

角差补偿使用下面公式

$$\theta = \frac{360 \times f_{in}}{OSR \times f_s} = \frac{360 \times f_{in}}{f_M}$$

$f_M$ 是电网频率。如果  $f_M = 50\text{Hz}$ ,  $f_M = 256 \times 4096 = 1\text{MHz}$ , 每个步长是  $0.017^\circ$ ,

当功率增益和偏置都校准完毕后, 才对角差进行校准。步骤如下:

1. 在100%Ib点, 设置功率因数为0.5L。
2. 获取当前脉冲的误差E。并将E带入下面公式

$$Px\_PHASE_{n+1} = Px\_PHASE_n + \frac{256 \times 4096}{2 \times \pi \times 50} \times \left( \arccos \frac{1+E}{2} - \frac{\pi}{3} \right)$$

公式计算如下例:

1.  $E = 0.3\%$
2. 原始的  $P1\_PHASE_n = 6$
3. 新的  $P1\_PHASE_{n+1} = 10 + 6 = 16$

### 3.2.3 电压增益校准

电压增益校准步骤如下:

1. 将电压设置成固定的电压值, 如: 220V
2. 如下公式

$$VRMS\_FACTOR_{N+1} = VRMS\_FACTOR_N \times \frac{VRMS_{GEN}}{VRMS_{measure}}$$

3. 设置VRMS\_FACTOR<sub>n+1</sub> 到功率增益寄存器，步骤如下：

1) VRMSGEN = 220V and VRMSmeasure = 219V

2) 原始的 VRMS\_FACTOR<sub>n</sub> = 2000

3) 新的 VRMS\_FACTOR<sub>n+1</sub> = 2000\*220/219=2009

### 3.2.4 电流增益校准

此校准类同电压增益校准。

## 3.3 校表软件使用

### 3.3.1 校表软件界面介绍

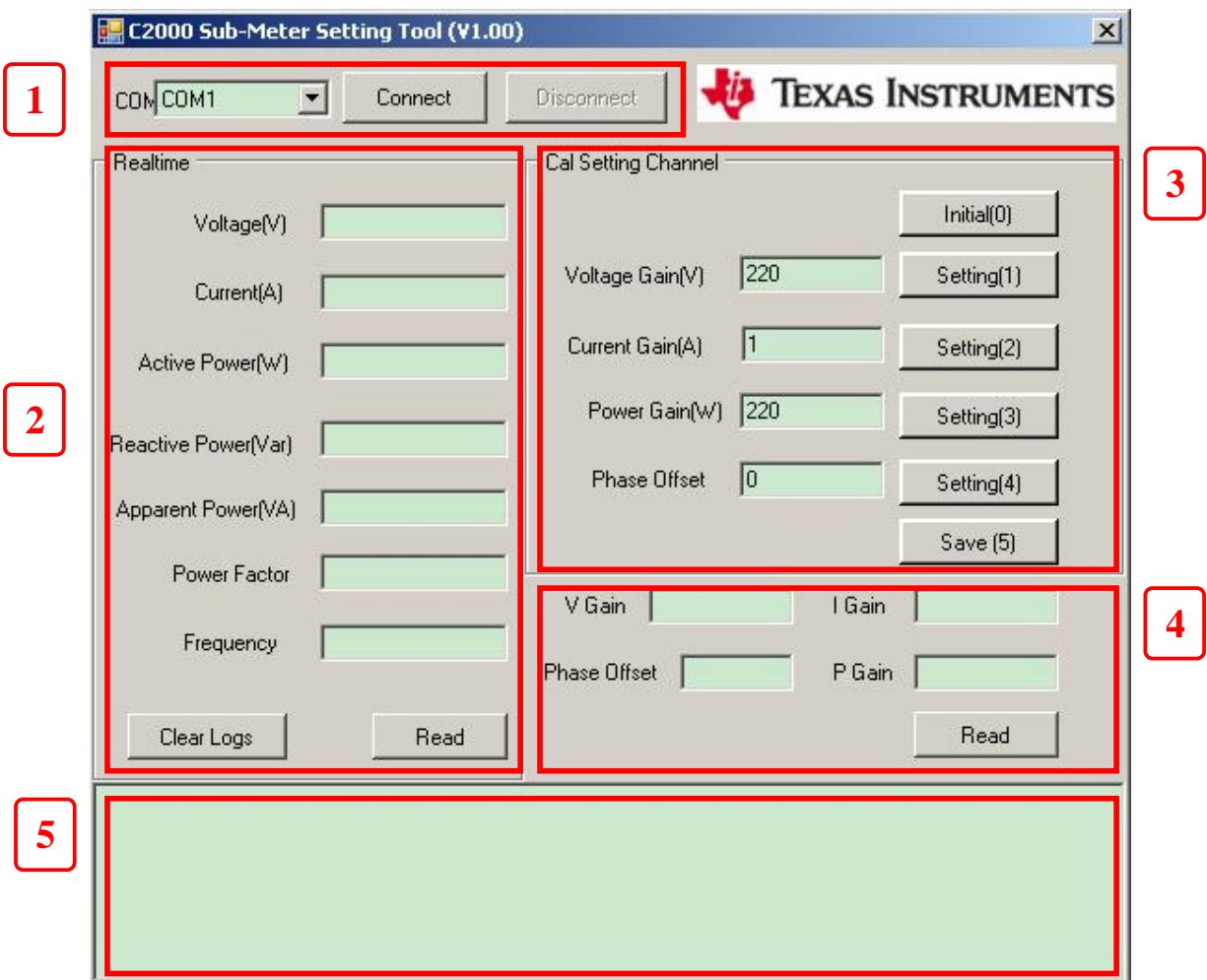


图 4 校表软件界面

图4的校表软件界面分为5个模块：1，串口连接模块；2，实时数据模块；3，校正数据设置模块；4，校正数据读出模块；5、通讯数据模块。

### 3.3.2 实时数据模块使用

实时数据模块将电表实时测量的数据通过串口读出在校表软件中显示，实时显示数据包括：Voltage(V) 有效电压值（单位：伏特），Current(A) 有效电流（单位：安培），Active Power(W) 有功功率（单位：瓦特），Reactive Power(Var) 无功功率（单位：乏），Apparent Power(VA) 视在功率（单位：伏安），Power Factor 功率因素，Frequency(Hz) 频率（单位：赫兹）。点击Read按钮，可以显示电表实时测量的数据。

### 3.3.3 校正数据设置模块使用

校表软件目前只支持Voltage Gain有效电压增益、Current Gain有效电流增益、Power Gain有功功率增益、Phase Offset相位偏置单点校正。默认电压校正点为：220V有效电压，电流校正点为：1A有效电流，有功功率校正点为：220W；相位偏置校正点为：220V、1A、0.5L。

校正步骤：

- 1，使用校表仪器输出220V有效电压，1A有效电流，功率因素1.0的信号，送至电表电压、电流输入端；
- 2，在Voltage Gain中输入默认有效电压校正值 220， 点击Setting设置；
- 3，在Current Gain中输入默认有效电流校正值 1，点击Setting设置；
- 4，在Power Gain中输入默认有功功率校正值 220， 点击Setting设置；
- 5，使用校表仪器输入有效电压，1A有效电流，功率因素0.5的信号，送至电表电压、电流输入端；
- 6，在Phase Offset中输入offset值，一个单位对应0.02°，输入一个数值，然后通过实时数据窗口读出新的功率因素，反复校正，直至读出功率因素接近0.5即可；
- 7，校正完毕后，点击Save保存数据，电表将最后的校正数据保存至MCU FLASH中。

### 3.3.4 校正数据读出模块使用

校正数据读出模块可以通过串口将电表FLASH存储的V Gain , I Gain , Phase Offset , P Gain校正数值的读出。

### 3.3.5 通讯数据模块使用

通讯数据模块实时显示串口收发的数据。设置过程中如果出现“Time out !”提示，表示连接超时，应当检查通讯线路连接，然后重新发送命令。校正数据设置成功后，通讯数据模块提示“Set successful !”。通过按键Clear Logs，可以清空通讯数据窗口历史数据。

## 4 结论

### 4.1 硬件平台

本方案在C2000F280270 Control Pad上进行搭建了测试平台，并在标准的电能表测试设备上进行了精度测试。图5为实际测试的样机：



图 5 测试样机

## 4.2 软件资源占用

本方案占用的C2000资源如下表所示。

Flash ( Byte )	Ram ( Byte )	Total Cycles	60M CPU Rate(%)
7725	202	3817600	6.362666667

## 4.3 测试数据

本方案测试精度如下：

### 电压电流频率

<b>Voltage</b>	<b>Min.</b>	<b>Type</b>	<b>Max.</b>
Standard	85	220	265
Measure	84.76	220.31	265.72
Error rate(%)	-0.2823529	0.14090909	0.27169811
<b>Current</b>	<b>Min.</b>	<b>Type</b>	<b>Max.</b>
Standard	0.2	5	10
Measure	0.199	5.001	9.993
Error rate(%)	-0.5	0.02	-0.07
<b>Frequency</b>	<b>Min.</b>	<b>Type</b>	<b>Max.</b>
Standard	45	50	65
Measure	44.99	49.99	64.99
Error rate(%)	0.02	0.02	0

有功功率和无功功率：

<b>Active Power(220V)</b>	<b>10A</b>	<b>5A</b>	<b>1A</b>	<b>500mA</b>	<b>200mA</b>
Standard(W)	2200	1100	220	110	44
Measure	2201.59	1100.95	219.85	109.78	43.79
Error rate(%)	0.072272727	0.086363636	-0.068181818	-0.2	-0.47727
<b>Reactive Power(220V)</b>	<b>10A</b>	<b>5A</b>	<b>1A</b>	<b>500mA</b>	<b>200mA</b>
Standard(Var)	2200	1100	220	110	44
Measure	2201.84	1100.96	220.17	110.15	43.94
Error rate(%)	0.083636364	0.087272727	0.077272727	0.136363636	-0.13636

功率因素：

<b>Power Factor</b>	<b>Min.</b>	<b>Max</b>
Standard	0.01	1

Measure	0.01	1
Error rate(%)	0	0

## 5 参考文献

[1] TI. TMS320F28027/28026/28023/28022/28021/28020/280200 Piccolo Microcontrollers

[2] Kes Tam. Current-Transformer Phase-Shift Compensation and Calibration.

[3] Percy Yu. MSP430AFE253 test report for China State Grid specification.

## 重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权根据 JESD46 最新标准, 对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权根据 JESD48 最新标准中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定, 否则没有必要对每种组件的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或隐含权作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的产品手册或数据表中 TI 信息的重要部分, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时, 如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分, 则会失去相关 TI 组件或服务的所有明示或暗示授权, 且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供, 但他们将独力负责满足与其产品及其应用中使用的 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识, 可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中, 为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备) 的授权许可, 除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同意, 对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用, 其风险由客户单独承担, 并且由客户独力负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的产品, 这些产品主要用于汽车。在任何情况下, 因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要求, TI 不承担任何责任。

	产品		应用
数字音频	<a href="http://www.ti.com.cn/audio">www.ti.com.cn/audio</a>	通信与电信	<a href="http://www.ti.com.cn/telecom">www.ti.com.cn/telecom</a>
放大器和线性器件	<a href="http://www.ti.com.cn/amplifiers">www.ti.com.cn/amplifiers</a>	计算机及周边	<a href="http://www.ti.com.cn/computer">www.ti.com.cn/computer</a>
数据转换器	<a href="http://www.ti.com.cn/dataconverters">www.ti.com.cn/dataconverters</a>	消费电子	<a href="http://www.ti.com.cn/consumer-apps">www.ti.com.cn/consumer-apps</a>
DLP® 产品	<a href="http://www.dlp.com">www.dlp.com</a>	能源	<a href="http://www.ti.com.cn/energy">www.ti.com.cn/energy</a>
DSP - 数字信号处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/dsp">www.ti.com.cn/dsp</a>	工业应用	<a href="http://www.ti.com.cn/industrial">www.ti.com.cn/industrial</a>
时钟和计时器	<a href="http://www.ti.com.cn/clockandtimers">www.ti.com.cn/clockandtimers</a>	医疗电子	<a href="http://www.ti.com.cn/medical">www.ti.com.cn/medical</a>
接口	<a href="http://www.ti.com.cn/interface">www.ti.com.cn/interface</a>	安防应用	<a href="http://www.ti.com.cn/security">www.ti.com.cn/security</a>
逻辑	<a href="http://www.ti.com.cn/logic">www.ti.com.cn/logic</a>	汽车电子	<a href="http://www.ti.com.cn/automotive">www.ti.com.cn/automotive</a>
电源管理	<a href="http://www.ti.com.cn/power">www.ti.com.cn/power</a>	视频和影像	<a href="http://www.ti.com.cn/video">www.ti.com.cn/video</a>
微控制器 (MCU)	<a href="http://www.ti.com.cn/microcontrollers">www.ti.com.cn/microcontrollers</a>		
RFID 系统	<a href="http://www.ti.com.cn/rfidsys">www.ti.com.cn/rfidsys</a>		
OMAP应用处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/omap">www.ti.com.cn/omap</a>		
无线连通性	<a href="http://www.ti.com.cn/wirelessconnectivity">www.ti.com.cn/wirelessconnectivity</a>	德州仪器在线技术支持社区	<a href="http://www.deyisupport.com">www.deyisupport.com</a>

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道 1568 号, 中建大厦 32 楼 邮政编码: 200122  
Copyright © 2013 德州仪器 半导体技术 (上海) 有限公司