

ATT7022B

用户手册

目 录

第一部分 芯片介绍.....	4
§ 1.1 芯片特性.....	4
§ 1.2 功能简介.....	5
§ 1.3 内部框图.....	5
§ 1.4 引脚定义.....	6
§ 1.5 应用示意图.....	9
第二部分 系统功能.....	10
§ 2.1 电源监控电路.....	10
§ 2.2 系统复位.....	10
§ 2.3 模数转换.....	11
§ 2.4 有功功率测量.....	12
§ 2.5 有功能量测量.....	12
§ 2.6 无功功率测量.....	13
§ 2.7 无功能量测量.....	14
§ 2.8 视在功率测量.....	14
§ 2.9 视在能量测量.....	15
§ 2.10 电压有效值测量.....	16
§ 2.11 电流有效值测量.....	16
§ 2.12 电压线频率测量.....	16
§ 2.13 功率因数测量.....	17
§ 2.15 电压夹角测量.....	17
§ 2.16 电压相序检测.....	17
§ 2.17 电流相序检测.....	18
§ 2.18 起动潜动设置.....	18
§ 2.19 功率方向判断.....	18
§ 2.20 失压检测.....	18
§ 2.21 硬件端口检测.....	19
§ 2.22 片上温度检测.....	19
§ 2.23 基波谐波测量功能.....	19
§ 2.24 三相三线与三相四线应用.....	22
§ 2.25 能量脉冲输出.....	22
§ 2.26 参数输出寄存器定义.....	23
§ 2.27 参数输出寄存器说明.....	27
第三部分 校表方法.....	33
§ 3.1 软件校表.....	33
§ 3.2 校表寄存器定义.....	34
§ 3.3 校表寄存器说明.....	35

§3.4 软件校表步骤及参数计算.....	41
第四部分 SPI通讯接口.....	45
§4.1 SPI通讯接口介绍.....	45
§4.2 SPI读操作.....	46
§4.3 SPI写操作.....	47
§4.4 SPI写特殊命令操作.....	48
第五部分 电气特性.....	50
§5.1 电气参数.....	50
§5.2 芯片封装.....	51

第一部分 芯片介绍

§ 1.1 芯片特性

- 高精度在输入动态工作范围(1000:1)，内非线性测量误差小于0.1%
- 有功测量满足0.2S、0.5S，支持IEC 62053-22，GB/T 17883-1998
- 无功测量满足2级、3级，支持IEC 62053-23，GB/T 17882-1999
- 提供基波、谐波电能以及总电能测量功能
- 提供视在电能测量功能
- 提供正向和反向有功/无功电能数据
- 提供有功、无功、视在功率参数
- 提供功率因数、相角、线频率参数
- 提供电压和电流有效值参数,有效值精度优于0.5%
- 提供电压相序检测功能
- 提供电流相序检测功能
- 提供三相电流矢量和之有效值输出
- 提供三相电压矢量和之有效值输出
- 提供电压夹角测量功能
- 提供失压判断功能
- 具有反向功率指示
- 提供有功、无功、视在校表脉冲输出
- 提供基波有功、基波无功校表脉冲输出
- 合相能量绝对值相加与代数相加可选
- 内置温度测量传感器
- 电表常数可调
- 起动电流可调
- 可准确测量到含21次谐波的有功、无功和视在功率
- 支持增益和相位补偿，小电流非线性补偿
- 具有SPI接口，方便与外部MCU通讯
- 适用于三相三线和三相四线模式
- 采用QFP44封装
- 单+5V供电

§ 1.2 功能简介

ATT7022B是一颗高精度三相电能专用计量芯片，适用于三相三线和三相四线应用。

ATT7022B集成了六路二阶sigma-delta ADC、参考电压电路以及所有功率、能量、有效值、功率因数以及频率测量的数字信号处理等电路。

ATT7022B能够测量各相以及合相的有功功率、无功功率、视在功率、有功能量以及无功能量，同时还能测量各相电流、电压有效值、功率因数、相角、频率等参数，充分满足三相复费率多功能电能表的需求。详细数据定义请参考 § 2.26 参数输出部分

ATT7022B支持全数字域的增益、相位校正，即纯软件校表。有功、无功电能脉冲输出CF1、CF2提供瞬时有功、无功功率信息，可以直接接到标准表，进行误差校正。详细校表方法请参考第三部分校表方法。

ATT7022B可以对基波有功、无功功率进行测量，提供脉冲输出CF3和CF4提供瞬时基波有功功率以及基波无功功率信息，可直接用于基波的校正。

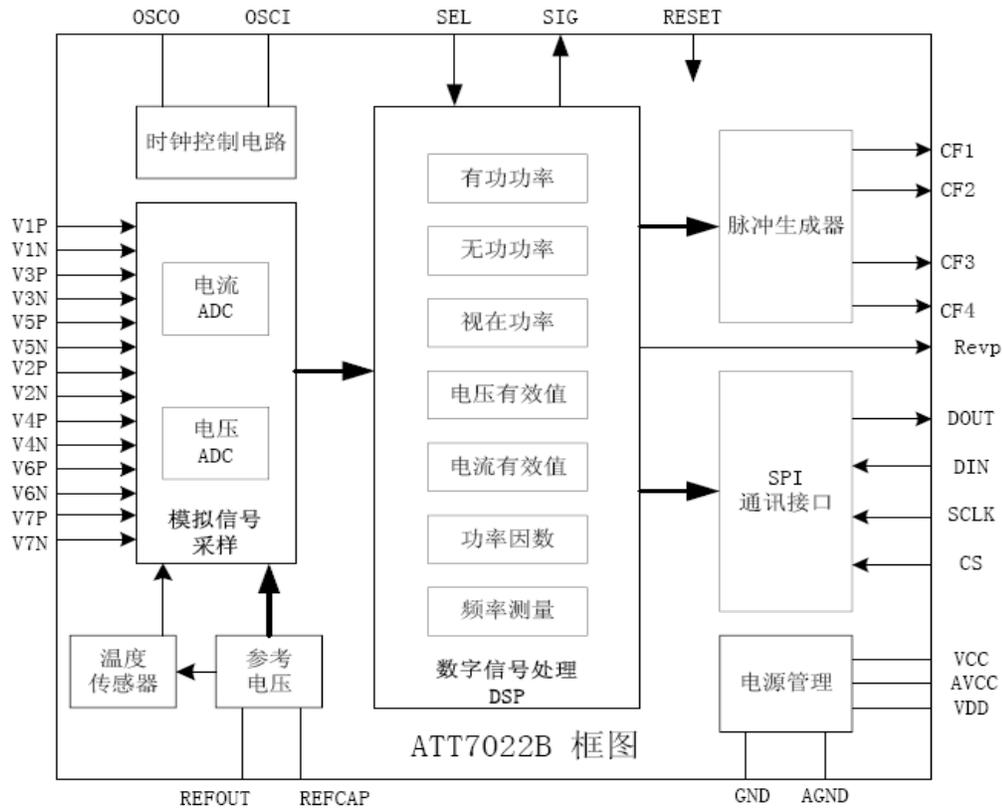
ATT7022B提供两类视在能量输出，RMS视在能量以及PQS视在能量，CF3和CF4也可被配置为视在能量脉冲输出。

ATT7022B提供一个SPI接口，方便与外部MCU之间进行计量参数以及校表参数的传递。

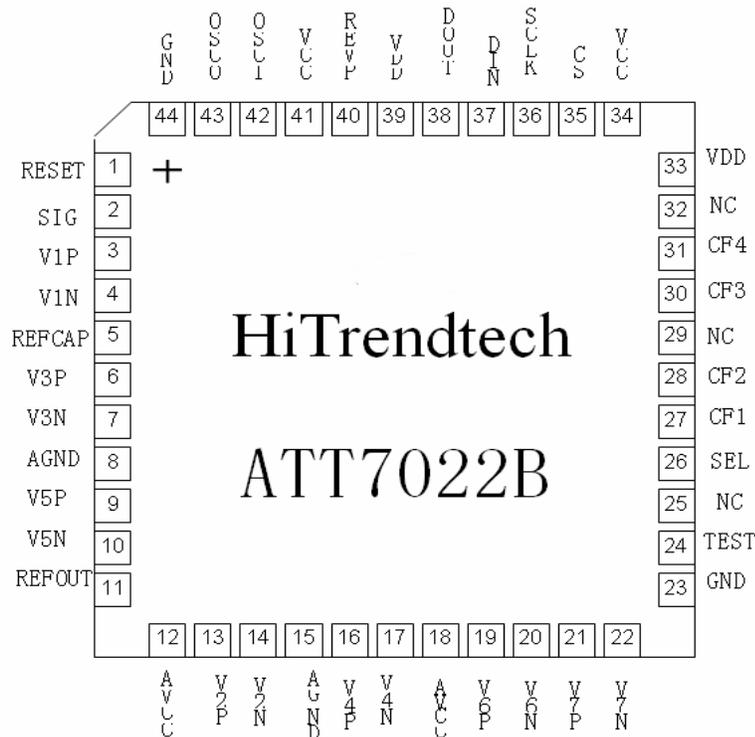
SPI具体规格参见后面第四部分的详细说明。所有计量参数都可以通过SPI接口读出。

ATT7022B内部的电压监测电路可以保证加电和断电时正常工作。

§ 1.3 内部框图



§ 1.4 引脚定义

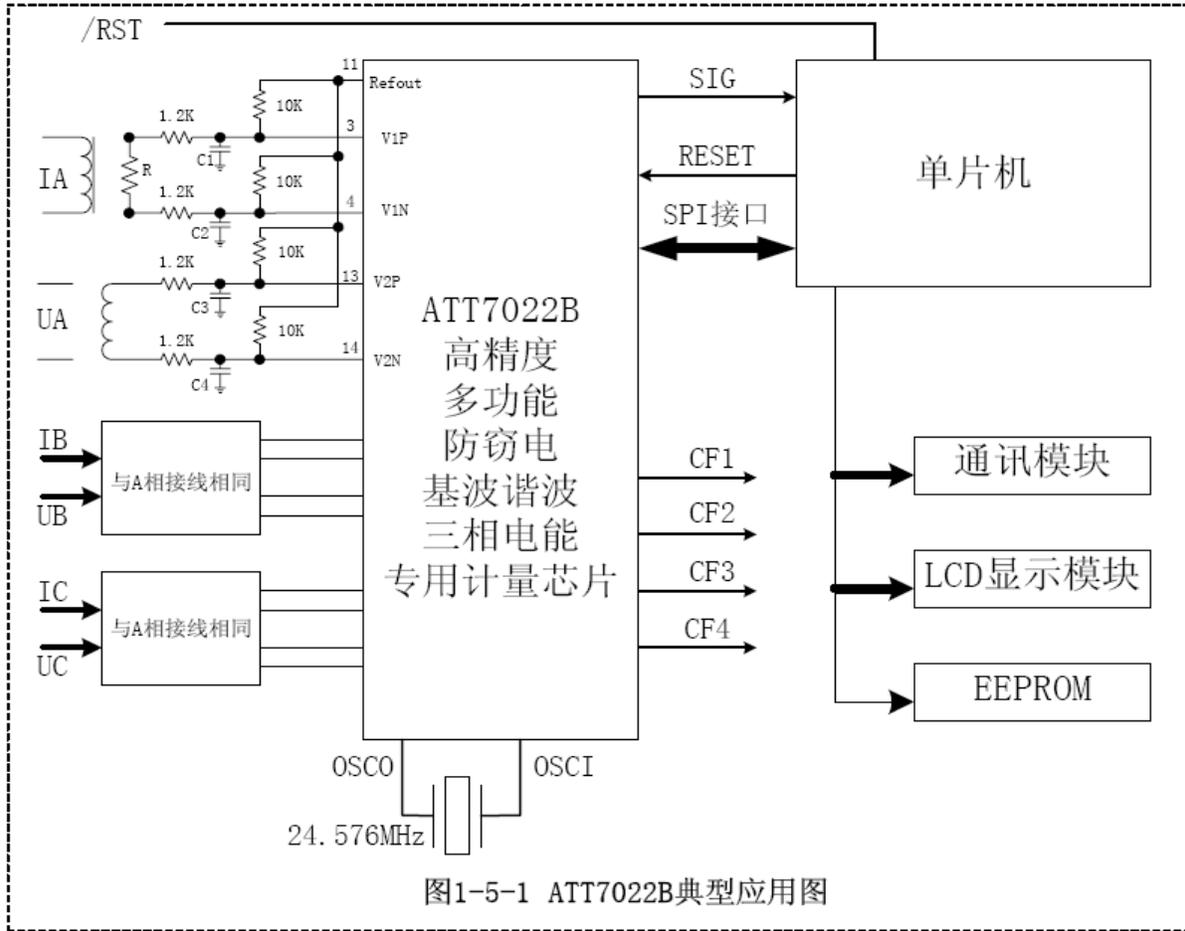


引脚	标识	特性	功能描述
1	RESET	输入	ATT7022B 复位管脚低电平有效内部有 47K 上拉电阻
2	SIG	输出	ATT7022B 上电复位或者异常原因重新启动时, SIG 将变为低电平。当外部 MCU 通过 SPI 写入较表数据后, SIG 将立即变为高电平
3, 4	V1P/V1N	输入	A 相电流信道正, 负模拟输入引脚。完全差动输入方式, 正常工作最大输入 V_{pp} 为 $\pm 1.5V$, 两个引脚内部都有 ESD 保护电路, 最大承受电压为 $\pm 6V$
5	REFCAP	输出	基准 2.4V, 可以外接; 该引脚应使用 10uF 电容并联 0.1uF 电容进行去耦
6, 7	V3P/V3N	输入	B 相电流信道正, 负模拟输入引脚。完全差动输入方式, 正常工作最大输入 V_{pp} 为 $\pm 1.5V$, 两个引脚内部都有 ESD 保护电路, 最大承受电压为 $\pm 6V$
8	AGND	电源	模拟电路(即 ADC 和基准源)的接地参考点
9, 10	V5P/V5N	输入	C 相电流信道正, 负模拟输入引脚。完全差动输入方式, 正常工作最大输入 V_{pp} 为 $\pm 1.5V$, 两个引脚内部都有 ESD 保护电路, 最大承受电压为 $\pm 6V$
11	REFOUT	输出	基准电压输出, 用作外部信号的直流偏置

12	AVCC	电源	该引脚提供 ATT7022B 模拟电路的电源，正常工作电源电压应保持在 $5V \pm 5\%$ ，为使电源的纹波和噪声减小至最低程度，该引脚应使用 10uF 电容并联 0.1uF 电容进行去耦
13, 14	V2P/V2N	输入	A 相电压信道的正、负模拟输入引脚。完全差动输入方式，正常工作最大输入 V_{pp} 为 $\pm 1.5V$ ，两个引脚内部都有 ESD 保护电路，最大承受电压为 $\pm 6V$
15	AGND	电源	模拟电路(即 ADC 和基准源)的接地参考点
16, 17	V4P/V4N	输入	B 相电压信道的正、负模拟输入引脚。完全差动输入方式，正常工作最大输入 V_{pp} 为 $\pm 1.5V$ ，两个引脚内部都有 ESD 保护电路，最大承受电压为 $\pm 6V$
18	AVCC	电源	该引脚提供 ATT7022B 模拟电路的电源，正常工作电源电压应保持在 $5V \pm 5\%$ ，为使电源的纹波和噪声减小至最低程度，该引脚应使用 10uF 电容并联 0.1uF 电容进行去耦
19, 20	V6P/V6N	输入	C 相电压信道的正、负模拟输入引脚。完全差动输入方式正常工作最大输入 V_{pp} 为 $\pm 1.5V$ ，两个引脚内部都有 ESD 保护电路，最大承受电压为 $\pm 6V$
21, 22	V7P/V7N	输入	第七路 ADC 的正、负模拟输入引脚。完全差动输入方式，正常工作最大输入 V_{pp} 为 $\pm 1.5V$ ，两个引脚内部都有 ESD 保护电路，最大承受电压为 $\pm 6V$
23	GND	电源	数字地引脚
24	TEST	输入	测试管脚，正常应用接地。 内有 47K 下拉电阻
25	NC	---	不连接
26	SEL	输入	三相三线低电平，三相四线高电平选择。 内部 300K 上拉电阻
27	CF1	输出	有功电能脉冲输出，其频率反映合相平均有功功率的大小，常用于仪表有功功率的校验，也可以用作有功电能计量
28	CF2	输出	无功电能脉冲输出，其频率反映合相平均无功功率的大小，常用于仪表无功功率的校验也可以用作无功电能计量
29	NC	---	不连接
30	CF3	输出	CF3: 基波有功电能脉冲输出，其频率反映基波的合相平均有功功率的大小，常用于仪表基波有功功率的校验，也可以用作基波有功电能计量 CF3 也可配置为 RMS 视在电能脉冲输出
31	CF4	输出	CF4: 基波无功电能脉冲输出，其频率反映基波的合相平均无功功率的大小，常用于仪表基波无功功率的校验，也可以用作基波无功电能计量。 CF4 也可配置为 PQS 视在电能脉冲输出。
32	NC	---	不连接
33	VDD	电源	内核电源输出 3.0V。外接 10F 电容并联 0.1uF 电容进行去耦
34	VCC	电源	数字电源引脚；正常工作电源电压应保持在 $5V \pm 5\%$ ，该引脚应使用 10uF 电容并联 0.1uF 电容进行去耦
35	CS	输入	SPI 片选信号，低电平有效，内部上拉 200K 电阻

36	SCLK	输入	SPI 串行时钟输入 (施密特), 注意: 上升沿放数据, 下降沿取数据
37	DIN	输入	SPI 串行数据输入 (施密特), 内部下拉 200K 电阻
38	DOUT	输出	SPI 串行数据输出, CS 为高时高阻输出
39	VDD	电源	内核电源输出 3.0V。外接 10uF 电容并联 0.1uF 电容进行去耦
40	REVP	输出	当检测到任意一相的有功功率为负时, 输出高电平; 当检测到各相有功功率都为正时, 该引脚的输出又将复位到低电平
41	VCC	电源	数字电源引脚; 正常工作电源电压应保持在 $5V \pm 5%$, 该引脚应使用 10uF 电容并联 0.1uF 电容进行去耦
42	OSCI	输入	系统晶振的输入端或是外灌系统时钟输入晶振频率为 24.576MHz
43	OSCO	输出	晶振的输出端
44	GND	电源	数字地引脚

§ 1.5 应用示意图



第二部分 系统功能

§ 2.1 电源监控电路

ATT7022B片内包含一个电源监控电路，连续对模拟电源（AVCC）进行监控。电源电压低于 $4V \pm 5\%$ 时，芯片将被复位。这有利于电路上电和掉电时芯片的正确启动和正常工作。电源监控电路被安排在延时和滤波环节中，这在最大程度上防止了由电源噪声引发的错误。如图2-1所示。为保证芯片正常工作应对电源去耦，使AVCC的波动不超过 $5V \pm 5\%$

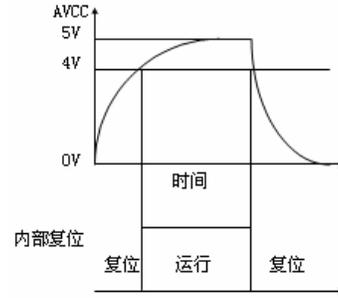


图2-1-1 片内电源监控特性

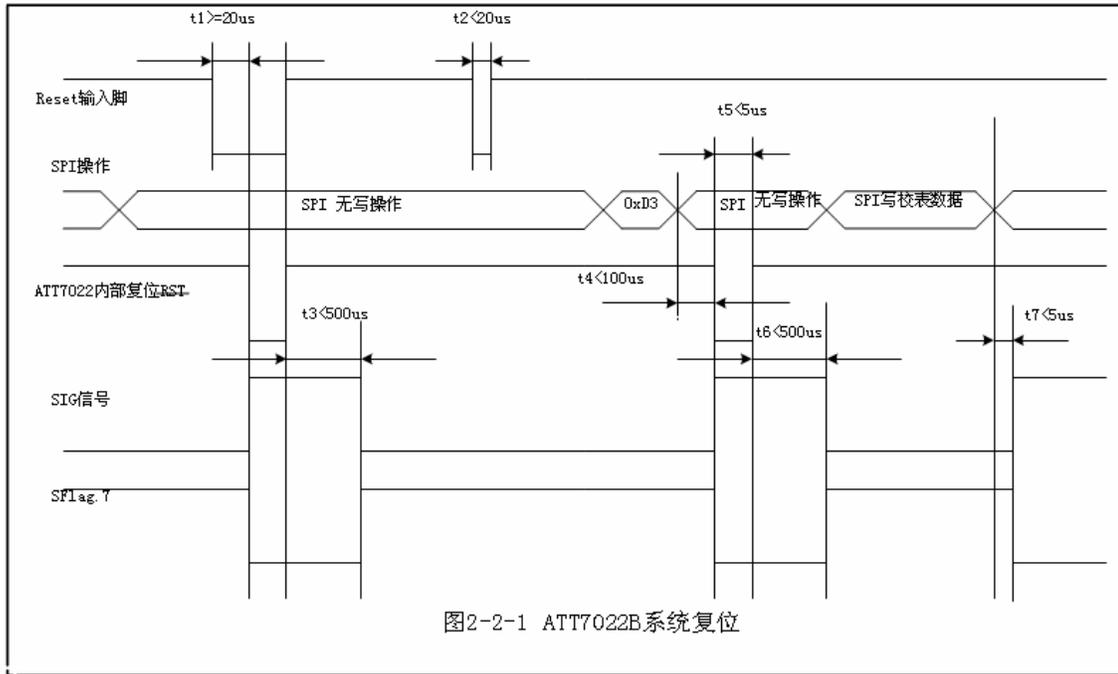
§ 2.2 系统复位

ATT7022B提供两种复位方式：硬件复位和软件复位。

硬件复位通过外部引脚RESET完成，RESET引脚内部有47K电阻上拉，所以正常工作时为高电平，当RESET出现大于20us的低电平时，ATT7022B进入复位状态，当RESET变为高电平时ATT7022B将从复位状态进入正常工作状态。

软件复位通过SPI口完成，当往SPI口写入0xD3命令后，系统进行一次复位，复位之后ATT7022B从初始状态开始运行。

ATT7022B在复位状态下SIG为高电平，当ATT7022B从复位到工作状态之后，大约经过500us左右，SIG将从高电平变为低电平，此时芯片开始进入正常工作状态，方可写入校表数据，一旦写入校表数据之后，SIG又会立刻变为高电平。

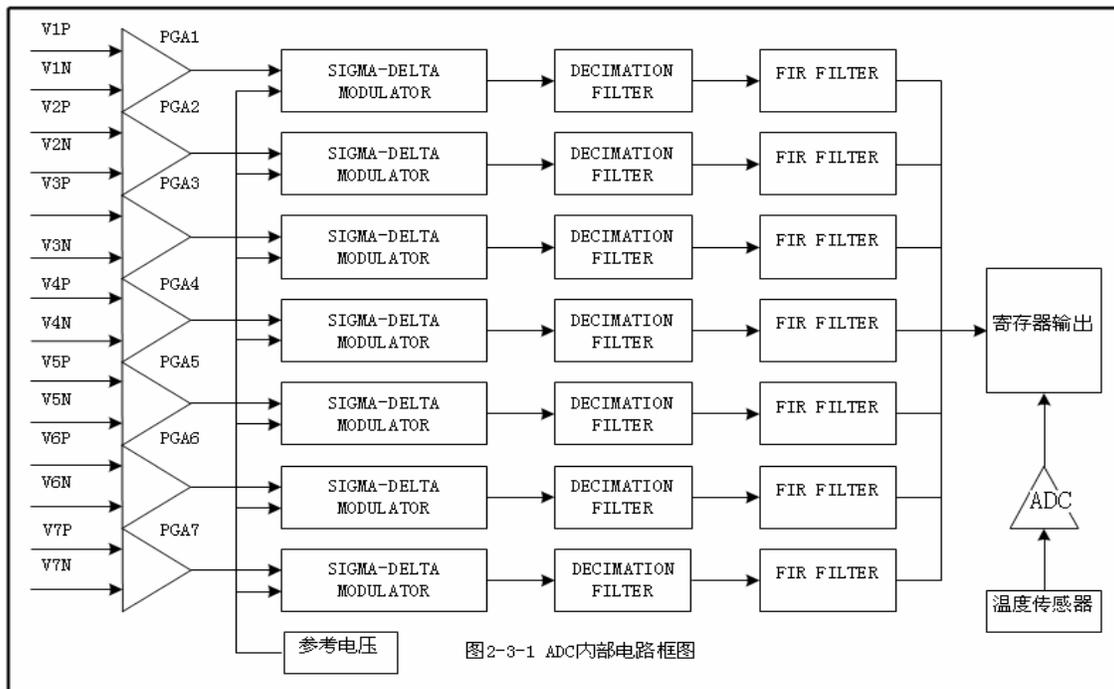


§ 2.3 模数转换

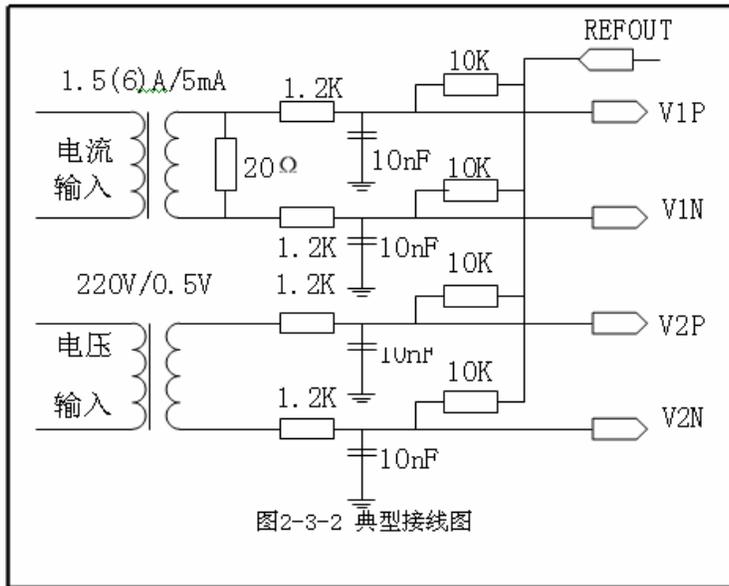
ATT7022B片内集成了6路16位的ADC，采用双端差分信号输入。输入最大的正弦信号有效值是1v。建议将电压通道Un对应到ADC的输入选在0.5v左右，而电流通道Ib时的ADC输入选在0.1v左右。

参考电压Refcap与Refout典型值是2.4v。

ATT7022B内部ADC系统框图：

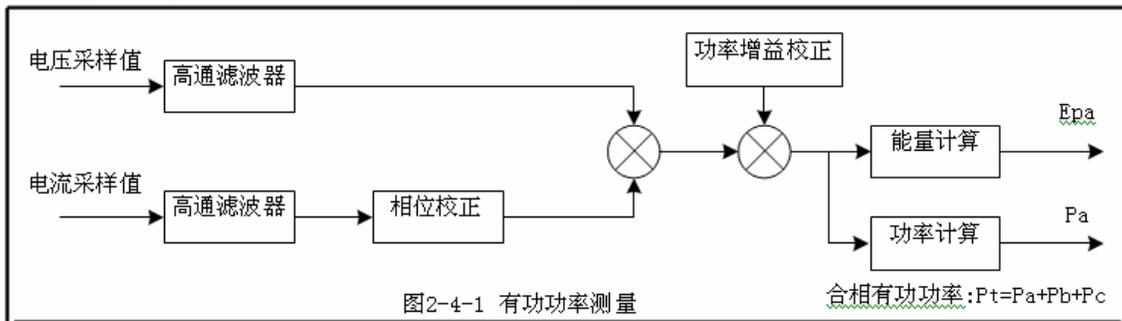


ADC前端典型接线图



§ 2.4 有功功率测量

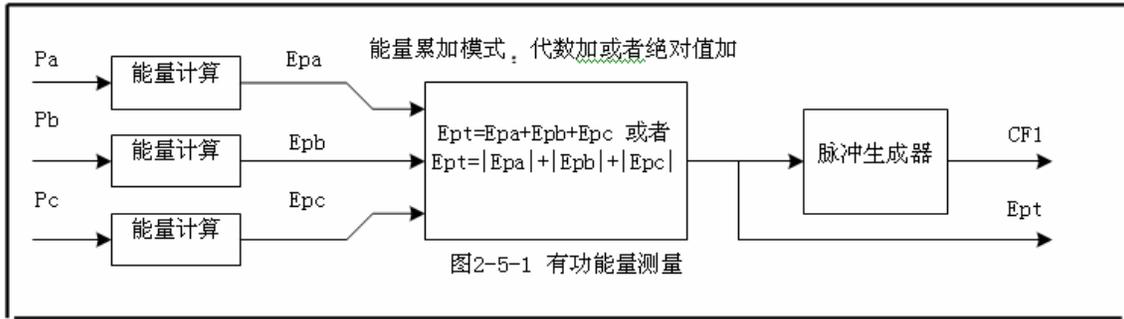
各相的有功功率是通过去直流分量后的电流、电压信号进行乘法、加法、数字滤波等一系列数字信号处理后得到的。电流电压采样数据中包含高达21次的谐波信息，所以依据公式 $P = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^N U(n) \cdot I(n)$ 计算得到的有功功率也至少包含21次谐波信息。有功功率的测量原理图如下图所示合相有功功率 $P_t = P_a + P_b + P_c$ 。



§ 2.5 有功能量测量

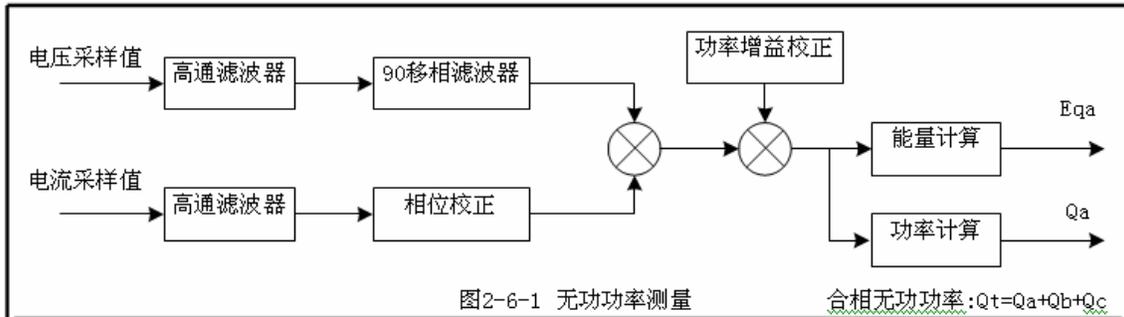
有功能量通过瞬时有功功率对时间的积分得到。

单相有功能量的计算公式为 $E_p = \int p(t) dt$ 合相有功能量可以根据设置按照代数或者绝对值的模式进行累加代数加模式 $E_{pt} = E_{pa} + E_{pb} + E_{pc}$ 而绝对值加模式 $E_{pt} = |E_{pa}| + |E_{pb}| + |E_{pc}|$ 如图所示。

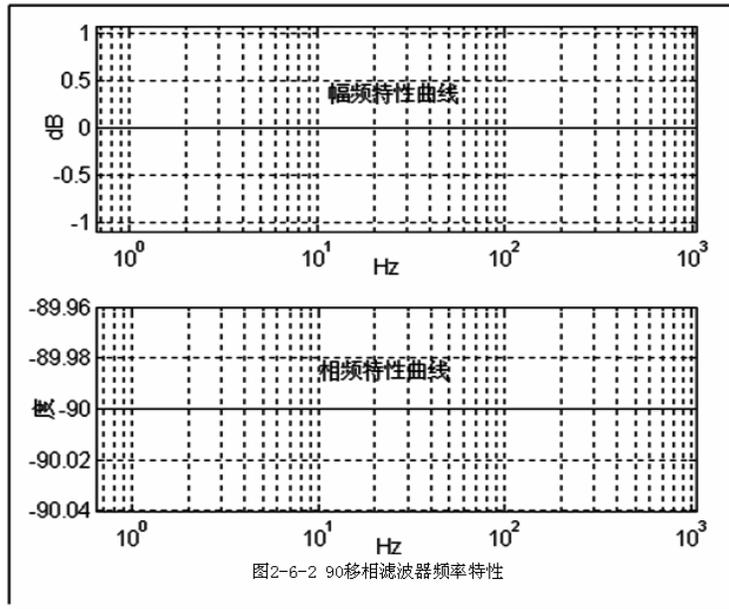


§ 2.6 无功功率测量

根据真无功功率(正弦式无功功率)定义公式无功功率 $Q = \sum U_n I_n \sin(\varphi)$ ，无功功率测量算法与有功类似，只是电压信号采用移相90度之后的。测量带宽主要受到数字移相滤波器的带宽限制，ATT7022B无功功率的测量带宽也可高达21次谐波。



ATT7022B采用的数字90°移相滤波器具有优越的频率响应特性，如图所示。它是幅频特性为1，频带范围内的所有频率成分进行-90°相移的线性滤波器。所以即使对于相当高次谐波无功功率的测量，也能获得很高的测量准确度。



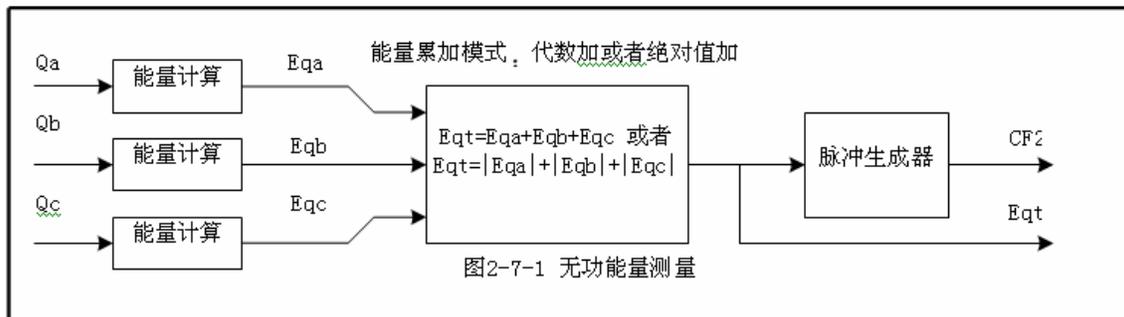
特别提示，对无功功率进行检定时，必须确保用于检测的标准表的无功功率算法与ATT7022B的无功功率算法相同，否则会由于无功功率的算法原理不同而产生一定的误差，特别是在检定谐波下的无功功率时误差更大。

§ 2.7 无功能量测量

无功能量通过瞬时无功功率对时间的积分得到。

单相无功能量的计算公式 $E_q = \int q(t)dt$

合相无功能量可以根据设置按照代数或者绝对值的模式进行累加。代数加模式 $E_{qt} = E_{qa} + E_{qb} + E_{qc}$ ，而绝对值加模式 $E_{qt} = |E_{qa}| + |E_{qb}| + |E_{qc}|$ 。如图所示。



§ 2.8 视在功率测量

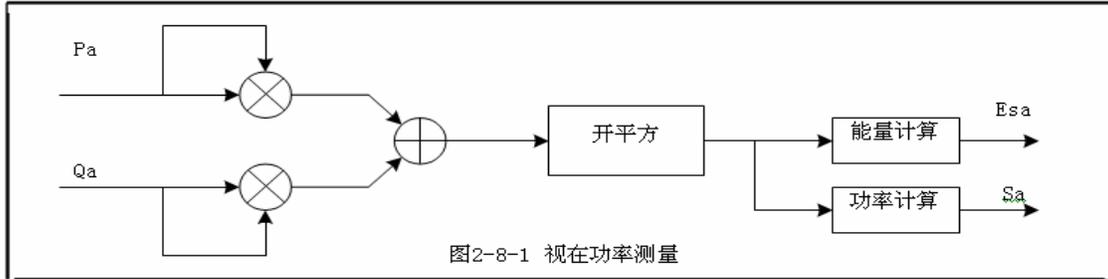
视在功率有两类计算公式

PQS视在功率公式一： $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

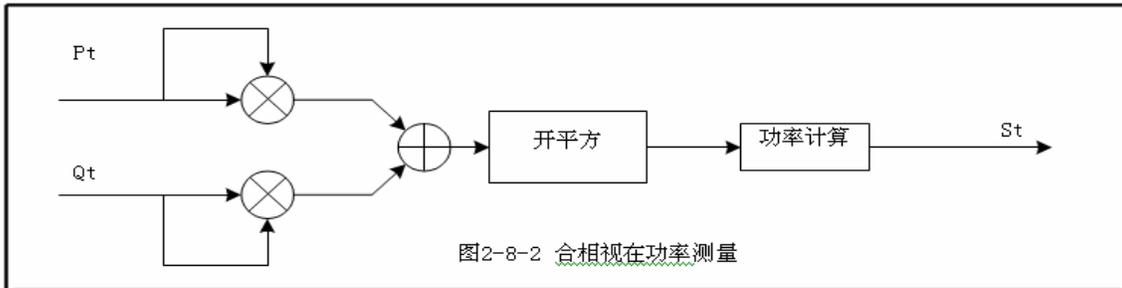
RMS视在功率公式二： $S = U_{rms} * I_{rms}$

由于ATT7022B可以直接提供电流和电压的有效值，RMS视在功率公式二可以在外部MCU很方便地实现，所以ATT7022B仅提供采用PQS视在功率公式一实现的视在功率值，如下图所示。

对于合相视在功率ATT7022B按照公式一，根据合相有功功率和合相无功功率计算得到，如下图所示。



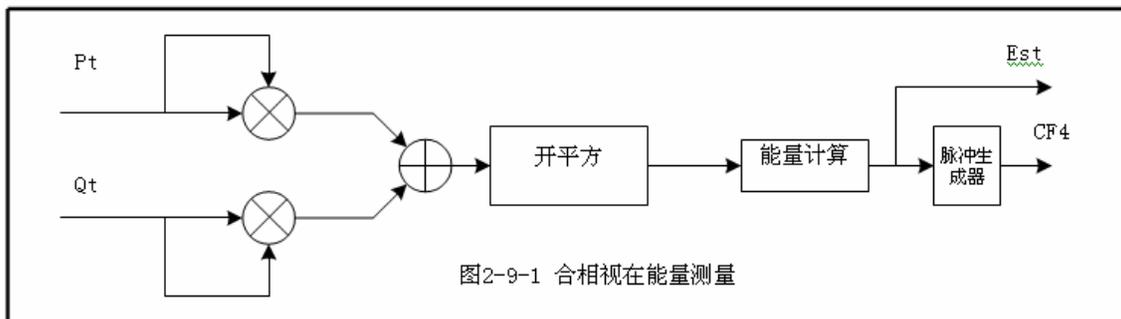
对于合相视在功率，ATT7022B按照公式一，根据合相有功功率和合相无功功率计算得到，如下图所示。



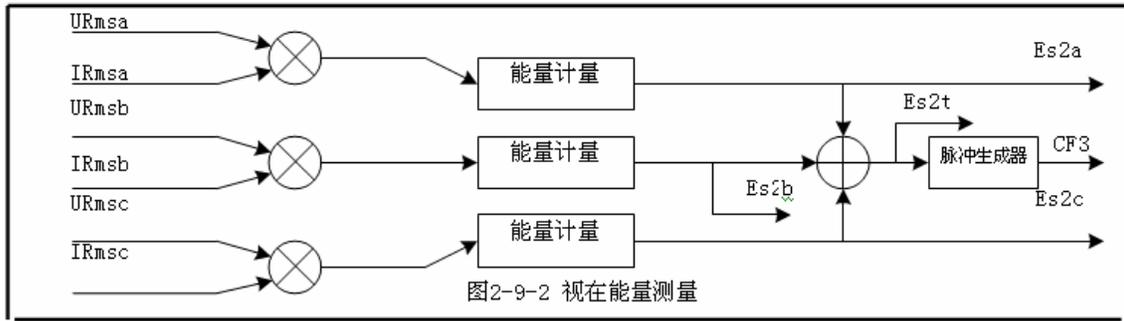
§ 2.9 视在能量测量

视在能量定义视在功率对时间的积分，由于视在功率存在两类计算公式，所以ATT7022B提供这两类的视在能量。

按照公式一计算PQS视在能量，如下图所示，公式一合相PQS视在能量脉冲通过CF4输出。

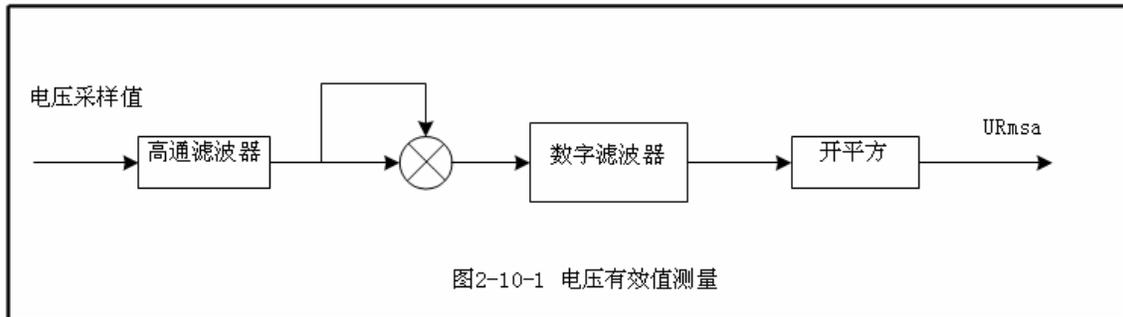


按照公式二计算RMS视在能量，如下图所示，公式二合相RMS视在能量脉冲通过CF3输出



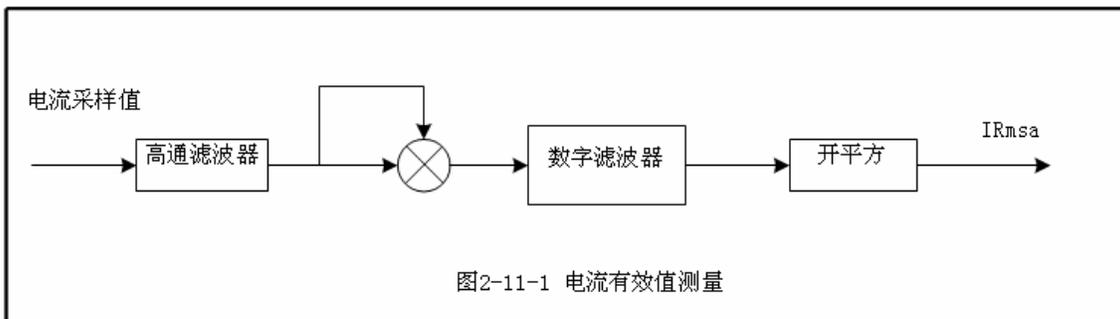
§ 2.10 电压有效值测量

通过对电压采样值进行平方、开方以及数字滤波等一系列运算得到。电压通道输入1000mv到10mv的信号时电流有效值的误差小于0.5%。



§ 2.11 电流有效值测量

通过对电流采样值进行平方、开方以及数字滤波等一系列运算得到。电流通道输入1000mv到2mv的信号时电流有效值的误差小于0.5%。



§ 2.12 电压线频率测量

ATT7022B可以直接输出电压频率参数，ATT7022B可以自动选择A/B/C三相中的任意一相电压为电压频率测

量的基准。可测量的电压线频率范围为10Hz~500Hz。

§ 2.13 功率因数测量

$$\text{功率因数计算公式: } Pf = \text{sign}(Q) \times \frac{\text{abs}(P)}{\text{abs}(Q)}$$

功率因数的符号由无功功率的符号来确定。

§ 2.14 电压电流相角测量

根据电工原理功率因数 $Pf = \cos(Pg)$ ，其中 Pg 为电压与电流的相角。在ATT7022B中定义电压与电流的相角为

$Pg = \text{sign}(Q) * \text{acos}(|Pf|)$ 。根据这一方法ATT7022B同时可以提供由合相功率因数折算为合相相角参数，也就是

$$Pgt = \text{sign}(Q) * \text{acos}(|Pft|)$$

ATT7022B相角 Pg 只能表示为 $\pm 90^\circ$ ，符号与功率因数一致。如果要用 $0^\circ \sim 360^\circ$ 表示在不同的象限相角需要做如下转换即可：

当有功功率为正时，无功功率为正，实际相角就是是 Pg ；

当有功功率为正时，无功功率为负，实际相角是 $360^\circ + Pg$ ；

当有功功率为负时，实际角度是 $180^\circ - Pg$ 。

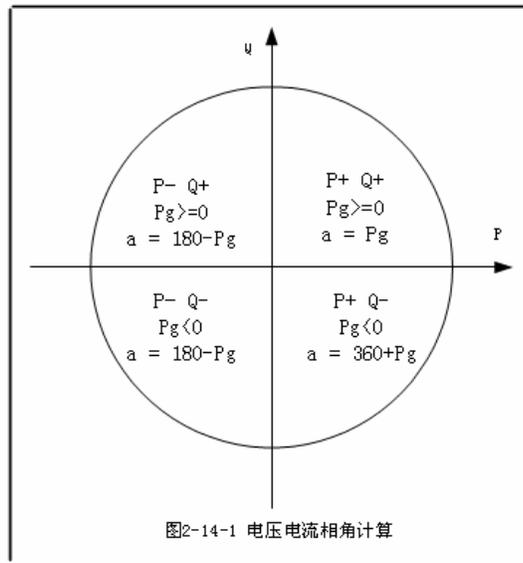


图2-14-1 电压电流相角计算

§ 2.15 电压夹角测量

ATT7022B电压夹角测量分辨率在5

度左右，提供三个寄存器YUaUb、YUaUc、YUbUc分别表示AB/AC/BC电压的夹角数据更新时间为1/3秒左右。

特别提示：电压夹角测量功能需要通过电压夹角测量使能控制寄存器EnUAngle将其开启，否则不能进行电压夹角测量。建议客户在需要输出电压夹角时才将这个功能开启，在不需要电压夹角测量时尽量将其关闭。

§ 2.16 电压相序检测

ATT7022B可以对电压的相序进行检测，三相四线与三相三线模式的电压相序检测依据不完全一样。

三相四线模式下电压相序检测按照A/B/C三相电压的过零点顺序进行判断，电压相序正确的依据是当A相电压过零之后，B相电压过零，然后才是C相电压过零。否则电压错序。另外只要当A/B/C三相电压中任何一相没有电压输入时，ATT7022B也认为是电压错序。

三相三线模式下电压相序检测按照A相电压与C相电压的夹角进行判断，当A相电压与C相电压的夹角在300度左右时，才认为电压相序正常否则判断电压出现错序。

电压相序的标志存放于状态标志寄存器SFlag中，SFlag的Bit3为1表示A/B/C电压出现错序，SFlag的Bit3为0表示A/B/C电压相序正确。

§ 2.17 电流相序检测

ATT7022B可以对电流的相序进行检测电流相序检测，按照A/B/C三相电流的过零点顺序进行判断，电流相序正确的依据是当A相电流过零之后，B相电流过零，然后才是C相电流过零。否则电流错序。另外只要当A/B/C三相电流中任何一相电流丢失，ATT7022B也认为是电流错序。

电流相序的标志存放于状态标志寄存器SFlag中，SFlag的Bit4为1表示A/B/C电流出现错序，SFlag的Bit4为0表示A/B/C电流相序正确。

特别提示：电流相序检测功能需要通过相序检测使能控制寄存器EnDtIorder将其开启，否则不能对电流相序进行检测。注意：客户在需要对电流相序进行检测时才将这个功能开启，在不检测电流相序时请尽量将其关闭。

§ 2.18 起动潜动设置

ATT7022B通过判断电流是否小于起动阈值实现能量计量的起动和潜动的。当ATT7022B检测到某相电流大于起动阈值时，该相能量就开始计量，也就是可以起动；而测到某相电流小于起动阈值时，该相能量停止计量也就是处于潜动状态。

ATT7022B起动电流阈值寄存器Istartup在上电复位后默认为0x000280，表示在额定电流Ib输入时采样信号为100mv左右的输入时，ATT7022B可以在0.1%实现起动，低于0.08%时实现潜动。

§ 2.19 功率方向判断

ATT7022B实时提供功率的方向指示，方便实现四象限功率计量。

负功率指示REVP：当检测到三相中任意一相的有功功率为负，则REVP输出高电平，直到下次检测到所有相的有功功率都为正时，REVP才恢复为低电平。

功率方向指示寄存器PFlag；用于指示A/B/C/合相的有功以及无功功率的方向。

Bit0-3：分别表示A、B、C、合相的有功功率的方向，0表示为正，1表示为负。

Bit4-7：分别表示A、B、C、合相的无功功率的方向，0表示为正，1表示为负。

§ 2.20 失压检测

ATT7022B可以根据设定的阈值电压对A/B/C三相电压是否失压进行判断。

阈值电压可以通过失压阈值设置寄存器FailVoltage进行设定。ATT7022B上电复位后失压阈值设置会根据

当前选择的工作模式(三相三线/三相四线)默认设置为不同的参数。在不对电压有效值进行校正时三相四线模式的失压阈值在电压通道输入50mv左右,而三相三线模式的失压阈值在电压通道输入300mv左右。如果对电压有效值进行了校正,则必须重新设定失压阈值设置寄存器FailVoltage,设置方法参考失压阈值设定部分。

失压状态可以通过状态标志寄存器Sflag进行表示。

状态标志寄存器SFlag的Bit0/1/2=1时分别表示A/B/C三相电压低于设定的阈值电压;当A/B/C三相电压高于设定的阈值电压时Bit0/1/2=0。

§ 2.21 硬件端口检测

ATT7022B可以自动检测硬件端口,当硬件端口改变时系统将自动复位重新启动。

ATT7022B外部端口输入主要有SEL。

§ 2.22 片上温度检测

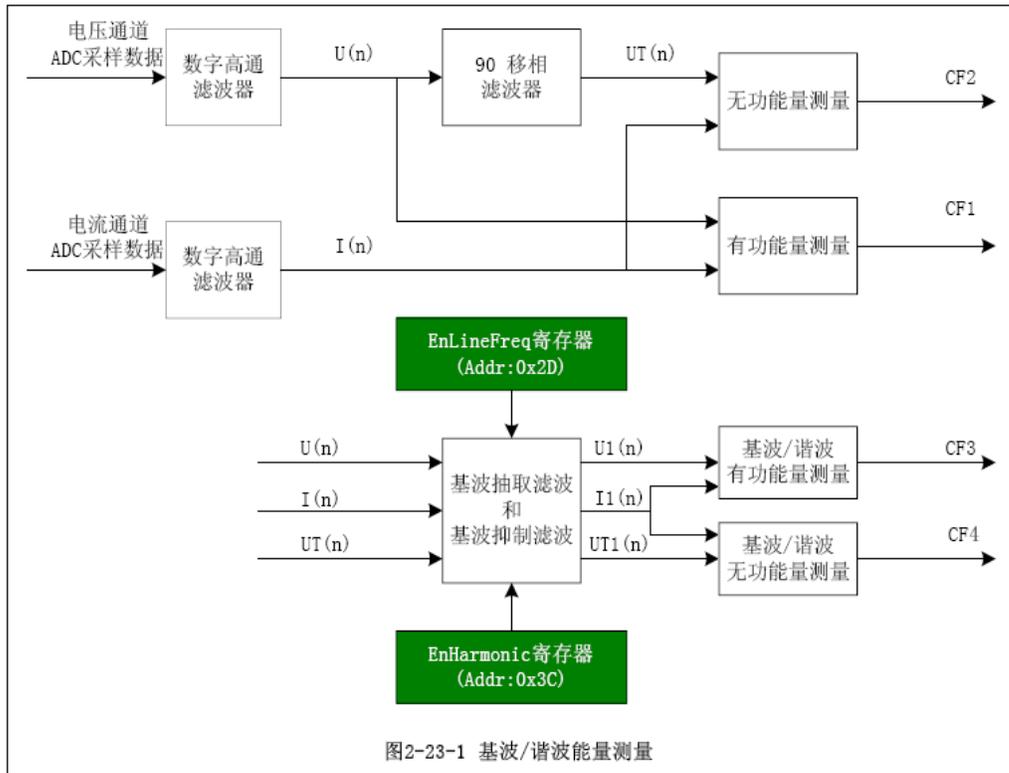
ATT7022B内建温度传感器,并提供一个8位的ADC对温度进行采样输出,分辨率在1°C左右。

§ 2.23 基波谐波测量功能

ATT7022B专门提供基波以及谐波电能测量功能。ATT7022B可以将电压和电流信号中的基波成分以及谐波成分进行分离,直接提供精确的基波功率以及基波电能的计量,也可以提供谐波功率和谐波电能的准确计量。

基波表功能介绍:

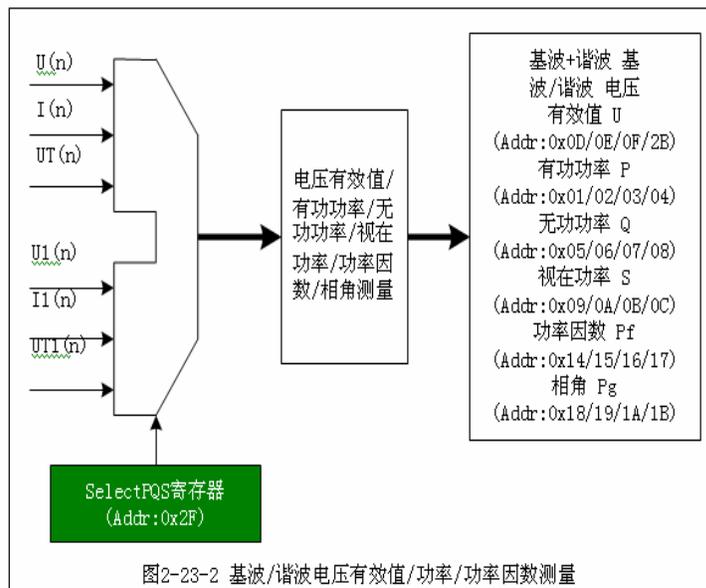
基波测量使能控制寄存器EnLineFreq=0x007812,基波测量与谐波测量切换选择寄存器EnHarmonic≠0x0055AA时,选择基波表模式,此时CF3/CF4分别输出基波有功脉冲和基波无功脉冲。



基波抽取滤波器和基波抑制器完成基波或者谐波测量功能。

其中基波抽取滤波器对高于3次(150Hz)以上的谐波信号进行衰减，仅保留基波成分，谐波衰减率在-30dB以上；基波抑制器对基波信号进行衰减，仅保留谐波成分，基波衰减率在-30dB以上。

基波有功功率、基波无功功率、基波视在功率、基波相角、基波功率因数以及基波电压等参数可以通过基波电压功率输出选择寄存器SelectPQSU进行选择。当SelectPQSU=0x001228时，原来相应功率、电压、相位、相角等寄存器将输出基波参数。SelectPQSU ≠ 0x001228时，相应功率、电压、相位、相角等寄存器保持原有功能不变。



基波功率可以通过基波功率校正LineFreqPg寄存器完成。具体校正方法请参考基波校正部分。

基波电流有效值可以通过基波视在功率和基波电压有效值计算得到，根据公式：

基波电压有效值 U_1 ，基波电流有效值 I_1 ，基波电流电压夹角 ϕ_1

基波有功功率 $P_1=U_1*I_1*\cos(\phi_1)$ ，

基波无功功率 $Q_1=U_1*I_1*\sin(\phi_1)$ ，

基波视在功率 $S_1=\sqrt{P_1^2+Q_1^2}=\sqrt{(U_1*I_1*\cos(\phi))^2+(U_1*I_1*\sin(\phi))^2}=U_1*I_1$ ，

所以基波电流有效值 $I_1=S_1/U_1$ 。

谐波表功能介绍：

基波测量使能控制寄存器EnLineFreq=0x007812，基波测量与谐波测量切换选择寄存器EnHarmonic=0x0055AA时，选择谐波表模式，此时CF3/CF4分别输出谐波有功脉冲和谐波无功脉冲，基波表的相应参数同时也变为谐波表的参数，包括基波能量寄存器将变为谐波能量寄存器，基波功率/电压也同时变为谐波功率/电压。

特别提示：基波谐波测量功能需要通过基波测量使能控制寄存器EnLineFreq将其开启，否则不能对基波谐波测量。注意：客户在需要对基波谐波测量时才将这个功能开启，在不需要基波谐波测量时请尽量将其关闭。

§ 2.24 三相三线与三相四线应用

ATT7022B三相四线模式下采用三元件测量方法，合相功率计算公式为：

$$P_4 = \dot{U}_A \dot{I}_A + \dot{U}_B \dot{I}_B + \dot{U}_C \dot{I}_C$$

$$Q_4 = \dot{U}_A \dot{I}_A \angle 90^\circ + \dot{U}_B \dot{I}_B \angle 90^\circ + \dot{U}_C \dot{I}_C \angle 90^\circ$$

$$S_4 = \sqrt{P_4^2 + Q_4^2}$$

而ATT7022B在三相三线模式下采用两元件测量方法，合相功率计算公式为：

$$P_3 = \dot{U}_{AB} \dot{I}_A + \dot{U}_{CB} \dot{I}_C$$

$$Q_3 = \dot{U}_{AB} \dot{I}_A \angle 90^\circ + \dot{U}_{CB} \dot{I}_C \angle 90^\circ$$

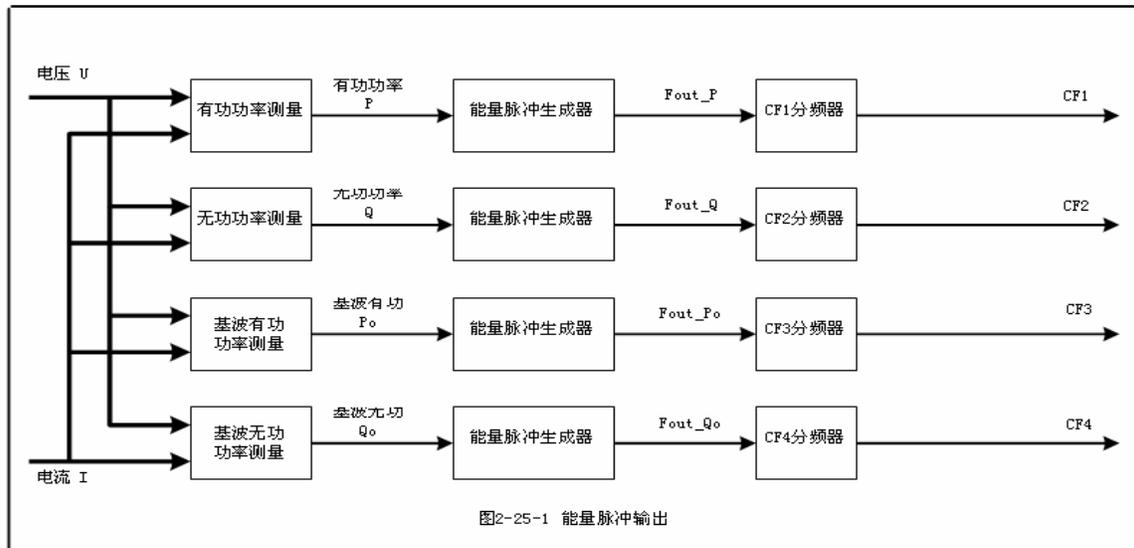
$$S_3 = \sqrt{P_3^2 + Q_3^2}$$

在三相三线模式下ATT7022B的B相通道不参加功率计量的，只有A相和C相通道参与三相三线的测量。但是ATT7022B可以将B通道的参数单独放出，只要在B通道的电压与电流通道上加入相应信号，在三相三线模式下仍可读取Pb/Qb/Sb/URmsb/IRmsb/Pfb/Pgb参数，但是B通道的电压与电流通道上所加的任何信号都不会对三相三线的正常测量产生不良影响。

§ 2.25 能量脉冲输出

ATT7022B提供两个高频脉冲输出CF1/2/3/4。

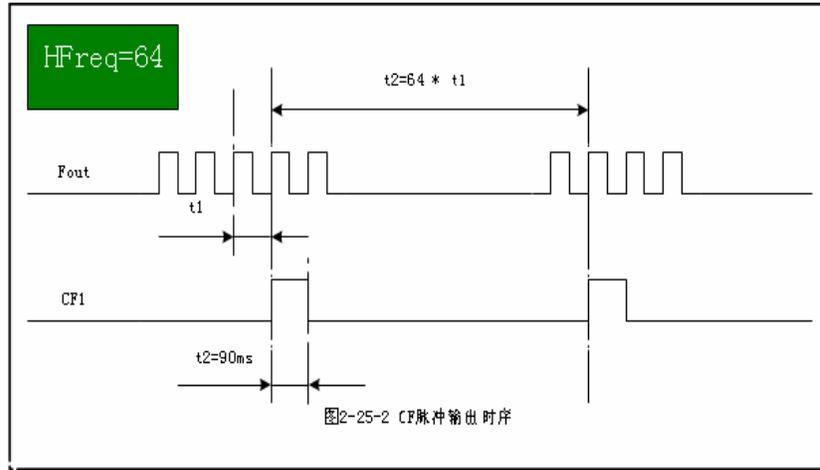
下面是电能脉冲信号生成的过程框图：



电压、电流信号经变换后在功率测量信号处理电路中相乘得到瞬时功率，对时间积分后成为电能信号，

根据设置将A/B/C三相电能做绝对值相加或代数值相加运算，并将结果变换为频率信号，然后按照用户设定的分频系数进行分频，得到可用于校表的电能脉冲输出信号，在此基础上，再次分频可得到用于驱动步进电机的低频脉冲信号。

下图是高频输出常数为64时的分频示意图电能脉冲输出的脉宽为90毫秒，当脉冲周期小于180毫秒时，电能脉冲以占空比为1:1的等宽脉冲输出。



§ 2.26 参数输出寄存器定义

计量参数输出寄存器列表：

地址	名称	复位值	功能描述
0x00	RESERVED	-----	Reserved.
0x01	r_Pa	-----	A相有功功率
0x02	r_Pb	-----	B相有功功率
0x03	r_Pc	-----	C相有功功率
0x04	r_Pt	-----	合相有功功率
0x05	r_Qa	-----	A相无功功率
0x06	r_Qb	-----	B相无功功率
0x07	r_Qc	-----	C相无功功率
0x08	r_Qt	-----	合相无功功率
0x09	r_Sa	-----	A相视在功率
0x0A	r_Sb	-----	B相视在功率
0x0B	r_Sc	-----	C相视在功率
0x0C	r_St	-----	合相视在功率
0x0D	r_URmsa	0x000000	A相电压有效值
0x0E	r_URmsb	0x000000	B相电压有效值
0x0F	r_URmsc	0x000000	C相电压有效值
0x10	r_IRmsa	-----	A相电流有效值
0x11	r_IRmsb	-----	B相电流有效值
0x12	r_IRmsc	-----	C相电流有效值
0x13	r_IRmst	-----	ABC相电流矢量和的有效值

			计算公式: $I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (ia + ib + ic)^2 dt}$
0x14	r_Pfa	-----	A相功率因数
0x15	r_Pfb	-----	B相功率因数
0x16	r_Pfc	-----	C相功率因数
0x17	r_Pft	-----	合相功率因数
0x18	r_Pga	-----	A相电流与电压相角
0x19	r_Pgb	-----	B相电流与电压相角
0x1A	r_Pgc	-----	C相电流与电压相角
0x1B	r_Pgt	-----	合相相角与合相功率因数相对应
0x1C	r_Freq	0x000000	线频率
0x1D	RESERVED	-----	Reserved.
0x1E	r_Epa	0x000000	A相有功电能
0x1F	r_Epb	0x000000	B相有功电能
0x20	r_Epc	0x000000	C相有功电能
0x21	r_Eqt	0x000000	合相有功电能
0x22	r_Eqa	0x000000	A相无功电能
0x23	r_Eqb	0x000000	B相无功电能
0x24	r_Eqc	0x000000	C相无功电能
0x25	r_Eqt	0x000000	合相无功电能
0x26	RESERVED	-----	Reserved.
0x27	RESERVED	-----	Reserved.
0x28	r_RSPIData	-----	上一次SPI读出的数据
0x29	r_RmsADC7	-----	第七路ADC输入信号的有效值
0x2A	r_TempD	-----	温度传感器的输出
0x2B	r_URmst	0x000000	ABC电压矢量和的有效值 计算公式 $U_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (ua + ub + uc)^2 dt}$
0x2C	r_SFlag		存放断相、相序、SIG等标志状态
0x2D	r_WSPIData1	-----	上一次SPI写入的数据
0x2E	r_WSPIData2	-----	同0x2D也是上一次SPI写入的数据
0x2F	RESERVED	-----	Reserved.
0x30	r_EFlag	0x010000	电能寄存器的工作状态
0x31	r_Epa2	0x000000	A相有功电能, 同Epa, 但是读后清零
0x32	r_Epb2	0x000000	B相有功电能, 同Epb, 但是读后清零
0x33	r_Epc2	0x000000	C相有功电能, 同Epc, 但是读后清零
0x34	r_Ept2	0x000000	合相有功电能, 同Ept, 但是读后清零
0x35	r_Eqa2	0x000000	A相无功电能, 同Eqa, 但是读后清零
0x36	r_Eqb2	0x000000	B相无功电能, 同Eqb, 但是读后清零
0x37	r_Eqc2	0x000000	C相无功电能, 同Eqc, 但是读后清零
0x38	r_Eqt2	0x000000	合相无功电能, 同Eqt, 但是读后清零
0x39	RESERVED	-----	Reserved.

0x3A	RESERVED	-----	Reserved.
0x3B	RESERVED	-----	Reserved.
0x3C	r_LEFlag	0x000000	基波电能寄存器的工作状态
0x3D	r_PFlag	-----	有功和无功功率方向, 正向为0, 负向为1
0x3E	r_ChkSum1	0x043D03	校表数据校验寄存器 (三相四线模式下)
		0x16BD03	校表数据校验寄存器 (三相三线模式下)
0x3F	r_InstADC7	-----	第七路ADC采样数据输出
0x40	r_PosEpa	0x000000	A相正向有功电能寄存器
0x41	r_PosEpb	0x000000	B相正向有功电能寄存器
0x42	r_PosEpc	0x000000	C相正向有功电能寄存器
0x43	r_PosEpt	0x000000	合相正向有功电能寄存器
0x44	r_NegEpa	0x000000	A相反向有功电能寄存器
0x45	r_NegEpb	0x000000	B相反向有功电能寄存器
0x46	r_NegEpc	0x000000	C相反向有功电能寄存器
0x47	r_NegEpt	0x000000	合相反向有功电能寄存器
0x48	r_PosEqa	0x000000	A相正向无功电能寄存器
0x49	r_PosEqb	0x000000	B相正向无功电能寄存器
0x4A	r_PosEqc	0x000000	C相正向无功电能寄存器
0x4B	r_PosEqt	0x000000	合相正向无功电能寄存器
0x4C	r_NegEqa	0x000000	A相反向无功电能寄存器
0x4D	r_NegEqb	0x000000	B相反向无功电能寄存器
0x4E	r_NegEqc	0x000000	C相反向无功电能寄存器
0x4F	r_NegEqt	0x000000	合相反向无功电能寄存器
0x50	r_LineEpa	0x000000	A相基波有功电能
0x51	r_LineEpb	0x000000	B相基波有功电能
0x52	r_LineEpc	0x000000	C相基波有功电能
0x53	r_LineEpt	0x000000	合相基波有功电能
0x54	r_LineEqa	0x000000	A相基波无功电能
0x55	r_LineEqb	0x000000	B相基波无功电能
0x56	r_LineEqc	0x000000	C相基波无功电能
0x57	r_LineEqt	0x000000	合相基波无功电能
0x58	RESERVED	-----	Reserved.
0x59	RESERVED	-----	Reserved.
0x5A	RESERVED	-----	Reserved.
0x5B	RESERVED	-----	Reserved.
0x5C	r_YUaUb	0x000000	Ua与Ub的电压夹角
0x5D	r_YUaUc	0x000000	Ua与Uc的电压夹角
0x5E	r_YUbUc	0x000000	Ub与Uc的电压夹角
0x5F	r_ChkSum2	0x043D03	同0x3E, 校表数据校验寄存器 (三相四线模式) 下
		0x16BD03	同0x3E, 校表数据校验寄存器 (三相三线模式) 下
0x60	r_PosEpa2	0x000000	A相正向有功电能寄存器, 同PosEpa, 但是读后清零
0x61	r_PosEpb2	0x000000	B相正向有功电能寄存器, 同PosEpb, 但是读后清零
0x62	r_PosEpc2	0x000000	C相正向有功电能寄存器, 同PosEpc, 但是读后清零

0x63	r_PosEpt2	0x000000	合相正向有功电能寄存器, 同PosEpt, 但是读后清零
0x64	r_NegEpa2	0x000000	A相反向有功电能寄存器, 同NegEpa, 但是读后清零
0x65	r_NegEpb2	0x000000	B相反向有功电能寄存器, 同NegEpb, 但是读后清零
0x66	r_NegEpc2	0x000000	C相反向有功电能寄存器, 同NegEpc, 但是读后清零
0x67	r_NegEpt2	0x000000	合相反向有功电能寄存器, 同NegEpt, 但是读后清零
0x68	r_PosEq2	0x000000	A相正向无功电能寄存器, 同PosEq, 但是读后清零
0x69	r_PosEqb2	0x000000	B相正向无功电能寄存器, 同PosEqb, 但是读后清零
0x6A	r_PosEqc2	0x000000	C相正向无功电能寄存器, 同PosEqc, 但是读后清零
0x6B	r_PosEq2	0x000000	合相正向无功电能寄存器, 同PosEq, 但是读后清零
0x6C	r_NegEq2	0x000000	A相反向无功电能寄存器, 同NegEq, 但是读后清零
0x6D	r_NegEqb2	0x000000	B相反向无功电能寄存器, 同NegEqb, 但是读后清零
0x6E	r_NegEqc2	0x000000	C相反向无功电能寄存器, 同NegEqc, 但是读后清零
0x6F	r_NegEq2	0x000000	合相反向无功电能寄存器, 同NegEq, 但是读后清零
0x70	r_LineEpa2	0x000000	A相基波有功电能, 同LineEpa, 但是读后清零
0x71	r_LineEpb2	0x000000	B相基波有功电能, 同LineEpb, 但是读后清零
0x72	r_LineEpc2	0x000000	C相基波有功电能, 同LineEpc, 但是读后清零
0x73	r_LineEpt2	0x000000	合相基波有功电能, 同LineEpt, 但是读后清零
0x74	r_LineEq2	0x000000	A相基波无功电能, 同LineEq, 但是读后清零
0x75	r_LineEqb2	0x000000	B相基波无功电能, 同LineEqb, 但是读后清零
0x76	r_LineEqc2	0x000000	C相基波无功电能, 同LineEqc, 但是读后清零
0x77	r_LineEq2	0x000000	合相基波无功电能, 同LineEq, 但是读后清零
0x78	RESERVED	-----	Reserved.
0x79	RESERVED	-----	Reserved.
0x7A	RESERVED	-----	Reserved.
0x7B	RESERVED	-----	Reserved.
0x7C	RESERVED	-----	Reserved.
0x7D	RESERVED	-----	Reserved.
0x7E	RESERVED	-----	Reserved.
0x7F	RESERVED	-----	Reserved.

§ 2.27 参数输出寄存器说明

2.27.1 功率寄存器(地址: 0x01~ 0x0C)

寄存器列表(更新时间1/3秒左右第一次上电要650ms才能有正确值)

Addr	0x01	0x02	0x03	0x04	0x05	0x06	0x07	0x08	0x09	0x0A	0x0B	0x0C
Reg	Pa	Pb	Pc	Pt	Qa	Qb	Qc	Qt	Sa	Sb	Sc	St

ATT7022B功率寄存器采用补码形式给出,最高位是符号位,所以根据ATT7022B功率寄存器给出的有功和无功功率的方向,可以直接得到当前所处的象限。视在功率总是大于或者等于0,所以视在功率的符号位始终为0。

功率寄存器格式定义:

A/B/C分相功率参数: X

X: 24位数据,补码形式

如果大于 2^{23} , 则 $XX=X-2^{24}$

否则 $XX=X$

实际的A/B/C分相功率参数为: $XXX=XX*2^{15}/2^{23}$

A/B/C合相功率参数: T

T: 24位数据,补码形式

如果大于 2^{23} , 则 $TT=T-2^{24}$

否则 $TT=T$

实际的A/B/C合相功率参数为: $TTT=TT*2^{17}/2^{23}$

单位:

功率单位是瓦(w),与脉冲常数有关系。按照上述公式算得的功率值是基于3200imp/kwh如果设置脉冲常数为EC,则实际功率值等于计算值再乘以3200/EC的系数。

2.27.2 有效值寄存器(地址: 0x0D~ 0x13、0x29、0x2B)

寄存器列表(更新时间1/3秒左右第一次上电要650ms才能有正确值)

Addr	0x0D	0x0E	0x0F	0x10	0x11	0x12
Reg	URmsa	URmsb	URmsc	IRmsa	IRmsb	IRmsc
Addr	0x13	0x29	0x2B			
Reg	IRmst	RmsADC7	URmst			

有效值寄存器采用补码形式给出,最高位为符号位,有效值总是大于等于0,所以最高符号位始终等于0。

Vrms: 24位数据,补码形式

实际电压有效值为: $Urms=Vrms*2^{10}/2^{23}$

单位为: 伏特(V)或者安培(A)

2.27.3 功率因数寄存器(地址: 0x14~0x17)

寄存器列表(更新时间1/3秒左右第一次上电要650ms才能有正确值)

Addr	0x14	0x15	0x16	0x17
Reg	Pfa	Pfb	Pfc	Pft

功率因数寄存器采用补码形式给出,最高位为符号位,功率因数的符号位由无功功率的符号位决定,参考2.12功率因数测量部分说明。

PF: 24位数据,补码形式

如果大于 2^{23} , 则 $PFF=PF-2^{24}$
 否则 $PFF=PF$
 实际功率因数为: $pf=PFF/2^{23}$

2. 27. 4 电压与电流相角寄存器(地址: 0x18~ 0x1B)

寄存器列表(更新时间1/3秒左右第一次上电要650ms才能有正确值)

Addr	0x18	0x19	0x1A	0x1B
Reg	Pga	Pgb	Pgc	Pgt

相角寄存器采用补码形式给出最高位为符号位表示 $-90^{\circ} \sim +90^{\circ}$ 之间的角度
 24位数据补码形式

如果大于 2^{23} 则 $=-2^{24}$
 否则 $\alpha = 0$

实际相角为:

$Pg = (\alpha / 2^{23}) * 2 * 180 / \pi$ 度
 或者 $Pg = (\alpha / 2^{23}) * 2$ 弧度

2. 27. 5 线频率寄存器(地址: 0x1C)

电压线频率寄存器采用24位补码形式给出,最高位为符号位,符号位总是为0。

Freq: 24位数据, 补码形式

实际频率为: $f = \text{Freq} * 2^{10} / 2^{23}$

单位: 赫兹(Hz)

2. 27. 6 能量寄存器(地址: 0x1E~ 0x25、0x31~ 0x38、0x40~ 0x4F、0x60~ 0x6F)

寄存器列表:

Addr	0x1E	0x1F	0x20	0x21	0x22	0x23	0x24	0x25
Reg	Epa	Epb	Epc	Ept	Eqa	Eqb	Eqc	Eqd
Addr	0x31	0x32	0x33	0x34	0x35	0x36	0x37	0x38
Reg	Epa2	Epb2	Epc2	Ept2	Eqa2	Eqb2	Eqc2	Eqd2
Addr	0x40	0x41	0x42	0x43	0x44	0x45	0x46	0x47
Reg	PosEpa	PosEpb	PosEpc	PosEpt	NegEpa	NegEpb	NegEpc	NegEpt
Addr	0x48	0x49	0x4A	0x4B	0x4C	0x4D	0x4E	0x4F
Reg	PosEqa	PosEqb	PosEqc	PosEqd	NegEqa	NegEqb	NegEqc	NegEqd
Addr	0x60	0x61	0x62	0x63	0x64	0x65	0x66	0x67
Reg	PosEpa2	PosEpb2	PosEpc2	PosEpt2	NegEpa2	NegEpb2	NegEpc2	NegEpt2
Addr	0x68	0x69	0x6A	0x6B	0x6C	0x6D	0x6E	0x6F
Reg	PosEqa2	PosEqb2	PosEqc2	PosEqd2	NegEqa2	NegEqb2	NegEqc2	NegEqd2

ATT7022B提供两类能量寄存器,一类是累加型能量寄存器,另一类是清零型能量寄存器,清零型能量寄存器标有2的符号。读取累加型能量寄存器对清零型能量寄存器不产生任何影响,但是读取清零型能量寄存器之后,在下一一次能量更新时会将累加型能量寄存器也进行清零。累加型能量寄存器可以从0x000000到0xFFFFFFFF,继续累加,又回到0x000000开始累加,在0xFFFFFFFF溢出到0x000000时,会产生溢出标志,参考2. 27. 9电能寄存器工作状态寄存器部分说明。

能量寄存器: 24位寄存器, 无符号数

该参数与设定的脉冲常数有关。

如我们设定脉冲常数为3200imp/kwh

则这些能量寄存器的单位为1/3200kwh。

2.27.7 温度传感器数据寄存器(地址: 0x2A)

温度传感器测量的温度数据输出寄存器

	Bit23..Bit8	TM7	TM6	TM5	TM4	TM3	TM2	TM1	TM0
Data	xxx	0	0	0	0	0	0	0	0

数据格式为TM:24位数据的低8位有效

如果TM大于128, 则TMM=TM-256

否则TMM=TM

外部MCU读取该寄存器的值, 按照上述变换之后, 只需要将温度校正值得减去TMM即可表示真实温度值, 也就是说真实温度值为TC-TMM, TC为校正值得。

2.27.8 标志状态寄存器(地址: 0x2C)

SFlag位定义:

	Bit23	Bit22	Bit21	Bit20	Bit19	Bit18	Bit17	Bit16
Def	---	---	---	---	---	---	---	---
	Bit15	Bit14	Bit13	Bit12	Bit11	Bit10	Bit09	Bit08
Def	---	---	---	---	Cstart	Bstart	Astart	---
	Bit07	Bit06	Bit05	Bit04	Bit03	Bit02	Bit01	Bit00
Def	SIG	---	---	Iorder	Uorder	PC	PB	PA

该寄存器用于指示ATT7022B内部状态, 定义参考上表

Bit00: = 1表示A相失压

Bit01: = 1表示B相失压

Bit02: = 1表示C相失压

Bit03: = 1表示电压相序错

Bit04: =1表示电流相序错

Bit07: 上电复位后SIG自动变低, 同时将SFlag.7置高; 然后当SPI写入数据之后, SIG自动变高的同时SFlag.7自动变低。这样SFlag的Bit07 SIG标志位与硬件SIG信号是完全同步的。

Bit09: = 1表示A相处在潜动状态

Bit10: = 1表示B相处在潜动状态

Bit11: = 1表示C相处在潜动状态

2.27.9 电能寄存器工作状态寄存器(地址:0x30)

该寄存器读后自动进行清零操作。

Bit0~2: 第A/B/C相正向有功电能溢出。

Bit3: 三相正向有功电能溢出;

Bit4~6: 第A/B/C相正向无功电能溢出。

Bit7: 三相正向无功电能溢出;

Bit8~10: 第A/B/C相反向有功电能溢出。

Bit11: 三相反向有功电能溢出;

Bit12~14: 第A/B/C相反向无功电能溢出。

Bit15: 三相反向无功电能溢出;

Bit16: 系统上电时校表数据请求

每次系统上电后, Bit16将会被置位。

2.27.10 有功和无功功率方向寄存器(地址0x3D)

功率方向指示寄存器PFlag: 用于指示A/B/C/合相的有功以及无功功率的方向。

Bit0-3: 分别表示A、B、C合相的有功功率的方向, 0表示为正1, 表示为负。

Bit4-7: 分别表示A、B、C合相的无功功率的方向, 0表示为正1, 表示为负。

2. 27. 11 校表数据校验和寄存器(地址: 0x3E、0x5F)

ATT7022B专门提供两个寄存器ChkSum1和ChkSum2, 用于存放ATT7022B内部所有校表数据的校验和, 外部MCU可以检测这两个寄存器的值来监控ATT7022B的校表数据是否错乱。校验和是从地址0x01到0x3F的所有校表数据之和。

外部MCU写入校表数据后, 1/3秒的时间内ATT7022B才能完成对校验和计算和更新。

注意: ChkSum1与ChkSum2是两个定义完全相同的独立寄存器。

2. 27. 12 第7路ADC采样输出寄存器(地址:0x3F)

这是第7路ADC采样数据输出, 低16位有效值, 采用16位补码输出, 最高位为符号位。采样速率为3. 2KHz。

2. 27. 13 电压夹角寄存器(地址:0x5C ~0x5E)

电压相角测量精度在5度左右。

电压相角测量功能开启之后可以通过三个寄存器YUaUb/YUaUc/YUcUb分别表示AB/AC/BC电压的夹角。

夹角公式为 $YUaUb * 2^{10} / 2^{23} = YUaUb / 2^{13}$ 。

2. 27. 14 基波电能寄存器(地址:0x50~0x57、0x70~0x77)

寄存器列表:

0x50	r_LineEpa	0x000000	A相基波有功电能
0x51	r_LineEpb	0x000000	B相基波有功电能
0x52	r_LineEpc	0x000000	C相基波有功电能
0x53	r_LineEpt	0x000000	合相基波有功电能
0x54	r_LineEqa	0x000000	A相基波无功电能
0x55	r_LineEqb	0x000000	B相基波无功电能
0x56	r_LineEqc	0x000000	C相基波无功电能
0x57	r_LineEqt	0x000000	合相基波无功电能
0x70	r_LineEpa2	0x000000	A相基波有功电能, 同LineEpa, 但是读后清零
0x71	r_LineEpb2	0x000000	B相基波有功电能, 同LineEpb, 但是读后清零
0x72	r_LineEpc2	0x000000	C相基波有功电能, 同LineEpc, 但是读后清零
0x73	r_LineEpt2	0x000000	合相基波有功电能, 同LineEpt, 但是读后清零
0x74	r_LineEqa2	0x000000	A相基波无功电能, 同LineEqa, 但是读后清零
0x75	r_LineEqb2	0x000000	B相基波无功电能, 同LineEqb, 但是读后清零
0x76	r_LineEqc2	0x000000	C相基波无功电能, 同LineEqc, 但是读后清零
0x77	r_LineEqt2	0x000000	合相基波无功电能, 同LineEqt, 但是读后清零

基波表模式下这些寄存器存放基波有功以及无功电能, 寄存器定义参考2. 27. 6部分。

2. 27. 15 RMS视在电能寄存器(地址: 0x50~0x57、0x70~0x77)

寄存器列表:

0x50	r_LineEpa	0x000000	A相RMS视在电能
0x51	r_LineEpb	0x000000	B相RMS视在电能
0x52	r_LineEpc	0x000000	C相RMS视在电能
0x53	r_LineEpt	0x000000	合相RMS视在电能

0x54	r_LineEqa	0x000000	-----
0x55	r_LineEqb	0x000000	-----
0x56	r_LineEqc	0x000000	-----
0x57	r_LineEqt	0x000000	-----
0x70	r_LineEpa2	0x000000	A相RMS视在电能, 同LineEpa, 但是读后清零
0x71	r_LineEpb2	0x000000	B相RMS视在电能, 同LineEpb, 但是读后清零
0x72	r_LineEpc2	0x000000	C相RMS视在电能, 同LineEpc, 但是读后清零
0x73	r_LineEpt2	0x000000	合相RMS视在电能, 同LineEpt, 但是读后清零
0x74	r_LineEqa2	0x000000	-----
0x75	r_LineEqb2	0x000000	-----
0x76	r_LineEqc2	0x000000	-----
0x77	r_LineEqt2	0x000000	-----

RMS视在电能测量模式下这些寄存器存放RMS视在电能, 寄存器定义参考2.27.6部分。

2.27.16 PQS视在电能寄存器(地址: 0x50~0x57、0x70~0x77)

寄存器列表:

0x50	r_LineEpa	0x000000	A相PQS视在电能
0x51	r_LineEpb	0x000000	B相PQS视在电能
0x52	r_LineEpc	0x000000	C相PQS视在电能
0x53	r_LineEpt	0x000000	-----
0x54	r_LineEqa	0x000000	-----
0x55	r_LineEqb	0x000000	-----
0x56	r_LineEqc	0x000000	-----
0x57	r_LineEqt	0x000000	合相PQS视在电能
0x70	r_LineEpa2	0x000000	A相PQS视在电能, 同LineEpa, 但是读后清零
0x71	r_LineEpb2	0x000000	B相PQS视在电能, 同LineEpb, 但是读后清零
0x72	r_LineEpc2	0x000000	C相PQS视在电能, 同LineEpc, 但是读后清零
0x73	r_LineEpt2	0x000000	-----
0x74	r_LineEqa2	0x000000	-----
0x75	r_LineEqb2	0x000000	-----
0x76	r_LineEqc2	0x000000	-----
0x77	r_LineEqt2	0x000000	合相PQS视在电能, 同LineEpt, 但是读后清零

PQS视在电能测量模式下这些寄存器存放PQS视在电能, 寄存器定义参考2.27.6部分。

2.27.17 基波电能寄存器工作状态寄存器(地址:0x3C)

Bit0:=1表示LineEpa (0x50) 寄存器溢出标志
 Bit1:=1表示LineEpb (0x51) 寄存器溢出标志
 Bit2:=1表示LineEpc (0x52) 寄存器溢出标志
 Bit3:=1表示LineEpt (0x53) 寄存器溢出标志
 Bit4:=1表示LineEqa (0x54) 寄存器溢出标志
 Bit5:=1表示LineEqb (0x55) 寄存器溢出标志
 Bit6:=1表示LineEqc (0x56) 寄存器溢出标志
 Bit7:=1表示LineEqt (0x57) 寄存器溢出标志
 该寄存器读后自动清零。

2.27.18 SPI读校验寄存器(地址: 0x28)

这个寄存器保存有前次SPI读出的数据, 可用于SPI读出数据时的校验。

2.27.19 SPI写校验寄存器(地址: 0x2D、0x2E)

这两个寄存器同时保存有前次SPI写入的数据, 可用于SPI写入数据的校验。

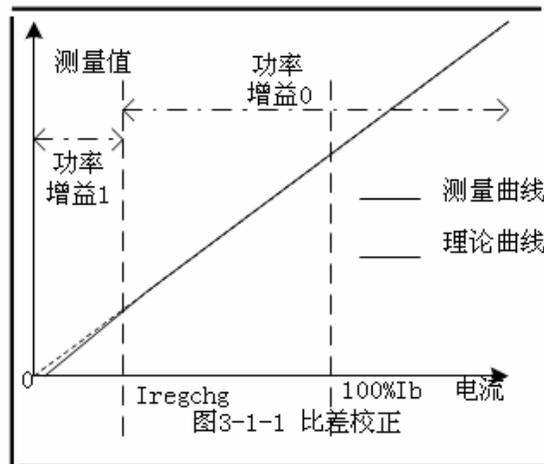
注意: WSPIData1与WSPIData2是两个定义完全相同的独立寄存器。

第三部分 校表方法

§ 3.1 软件校表

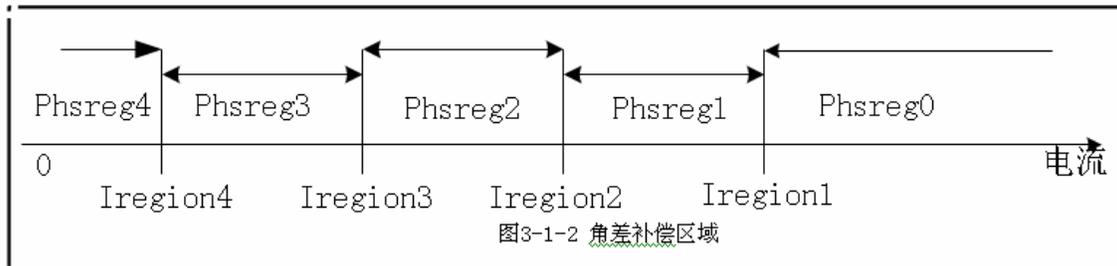
ATT7022B支持全数字校表，即软件校表。经过校正的仪表，有功精度可高达0.5s，无功精度2级。功率校正主要分比差校正和角差校正两部分。

比差校正主要是对互感器的比差进行修正。互感器比差的非线性在高精度计量时也是不可忽视的。ATT7022B可以将比差进行分段补偿。ATT7022B提供寄存器Iregchg，可以根据电流大小设置补偿分段区域。如下图所示。



根据实际应用需要设置Iregchg。当Iregchg设定之后，需要对这两个区域分别进行比差校正。如果将Iregchg设为0，则说明在整个电流区域内使用一次比差补偿，这时只需根据误差对功率增益0/1进行设置即可。

同比差修正类似，角差修正也采用分段修正。ATT7022B最多可以提供五个角差补偿区域，如下图所示。



当然，实际应用中角差的补偿并不需要将电流区域分得这么多段，在1s或者0.5s表应用时只需要分成两段补偿即可达到要求，在设计0.2级或者更高精度的电能表时才可能需要用到多于2段的补偿方法。

完成比差修正之后，再做角差校正，比差校正功率因数1.0时进行，而角差校正0.5L时完成。

ATT7022B还可以通过寄存器对电流、电压有效值进行修正，相关计算公式参考后面更为详细的说明。

ATT7022B高频脉冲输出频率可以通过HFConst寄存器进行设定。

ATT7022B启动电流通过寄存器Istartup进行设置。

§ 3.2 校表寄存器定义

地址	名称	复位值	功能描述
0x00	RESERVED	-----	Reserved.
0x01	RESERVED	0x000000	Reserved.
0x02	w_Iregion1	0x000000	相位补偿区域设置 1
0x03	w_Iregion2	0x000000	相位补偿区域设置 2
0x04	w_Iregion3	0x000000	相位补偿区域设置 3
0x05	w_Iregion4	0x000000	相位补偿区域设置 4
0x06	w_PgainA0	0x000000	A 相功率增益 0
0x07	w_PgainB0	0x000000	B 相功率增益 0
0x08	w_PgainC0	0x000000	C 相功率增益 0
0x09	w_PgainA1	0x000000	A 相功率增益 1
0x0A	w_PgainB1	0x000000	B 相功率增益 1
0x0B	w_PgainC1	0x000000	C 相功率增益 1
0x0C	w_PhsregA0	0x000000	A 相区域 0 相位校正
0x0D	w_PhsregA1	0x000000	A 相区域 1 相位校正
0x0E	w_PhsregA2	0x000000	A 相区域 2 相位校正
0x0F	w_PhsregA3	0x000000	A 相区域 3 相位校正
0x10	w_PhsregA4	0x000000	A 相区域 4 相位校正
0x11	w_PhsregB0	0x000000	B 相区域 0 相位校正
0x12	w_PhsregB1	0x000000	B 相区域 1 相位校正
0x13	w_PhsregB2	0x000000	B 相区域 2 相位校正
0x14	w_PhsregB3	0x000000	B 相区域 3 相位校正
0x15	w_PhsregB4	0x000000	B 相区域 4 相位校正
0x16	w_PhsregC0	0x000000	C 相区域 0 相位校正
0x17	w_PhsregC1	0x000000	C 相区域 1 相位校正
0x18	w_PhsregC2	0x000000	C 相区域 2 相位校正
0x19	w_PhsregC3	0x000000	C 相区域 3 相位校正
0x1A	w_PhsregC4	0x000000	C 相区域 4 相位校正
0x1B	w_UgainA	0x000000	A 相电压校正
0x1C	w_UgainB	0x000000	B 相电压校正
0x1D	w_UgainC	0x000000	C 相电压校正
0x1E	w_Irechg	0x000000	比差补偿区域设置
0x1F	w_Istartup	0x000280	起动电流阈值设置
0x20	w_HFConst	0x000010	高频脉冲输出设置
0x21	RESERVED	0x000010	Reserved.
0x22	RESERVED	0x000000	Reserved.
0x23	RESERVED	0x000003	Reserved.
0x24	RESERVED	0x000000	Reserved.
0x25	RESERVED	0x000000	Reserved.
0x26	w_IgainA	0x000000	A 相电流校正

0x27	w_IgainB	0x000000	B 相电流校正
0x28	w_IgainC	0x000000	C 相电流校正
0x29	w_FailVoltage	0x068000	失压阈值设置 (三相四线模式)
		0x190000	失压阈值设置 (三相三线模式)
0x2A	w_EAddMode	0x000000	合相能量累加模式选择
0x2B	w_GainAdc7	0x000000	第七路 ADC 有效值校正
0x2C	W_GCtr1T7Adc	0x000003	温度/第七路ADC选择控制
0x2D	RESERVED	0x000000	基波测量使能控制
0x2E	w_EnUAngle	0x000000	电压夹角测量使能控制
0x2F	RESERVED	0x000000	基波电压功率输出选择
0x30	w_EnDtIorder	0x000000	电流相序检测使能控制
0x31	W_LineFreqPg	0x0020C4	基波功率校正
0x32	RESERVED	0x040000	Reserved.
0x33	RESERVED	0x000000	Reserved.
0x34	RESERVED	0x000000	Reserved.
0x35	RESERVED	0x000000	Reserved.
0x36	RESERVED	0x000000	Reserved.
0x37	RESERVED	0x000000	Reserved.
0x38	RESERVED	0x000000	Reserved.
0x39	RESERVED	0x000000	Reserved.
0x3A	RESERVED	0x000000	Reserved.
0x3B	RESERVED	0xF99999	Reserved.
0x3C	W_EnHarmonic	0x000000	基波测量与谐波测量切换选择.
0x3D	RESERVED	0x000000	Reserved.
0x3E	w_HFDouble	0x000000	脉冲常数加倍选择
0x3F	w_UADCPga	0x000000	电压通道 ADC 增益选择

§ 3.3 校表寄存器说明

3.3.1 高频脉冲输出设置寄存器HFConst (Addr: 0x20)

参数HFConst决定校表用的高频脉冲输出CF的频率HFConst不能写入大于0x000D00的参数值
已知:

高频脉冲常数EC

额定输入电压Un

额定输入电流Ib

电压输入通道取样电压Vu

电流输入通道取样电压Vi

ATT7022B增益G

HFConst计算公式:

$$HF_{\text{Const}} = INT\left[5760000000 \times \frac{G \times G \times V_u \times V_i}{U_n \times I_b \times EC}\right]$$

注：上式中INT[]是取整操作，如：INT[2.28]=2

3.3.2 比差补偿区域设置寄存器Irechg (Addr: 0x1E)

通常情况下，对于0.5S和1S的要求，不需要对比差进行分段。

在设置比差补偿区域时，分段点的电流所对应的信号输入电压值应确保小于35毫伏，否则会产生溢出错误。

已知：

比差分段补偿区域 I_g ($I_g < 0.035$)

增益G

计算公式：

$$Irechg = INT[G * I_g * 2^{23}]$$

3.3.3 功率增益补偿寄存器Pgain (Addr: 0x06~0x0B)

在功率因数 $\cos(\Phi)=1$ 时进行功率增益校正

如果设定寄存器Irechg不为0，则必须分别在 $I > Irechg$ 以及 $I < Irechg$ 处进行校正。其中 $I > Irechg$ 处校正的为Pgain0，而 $I < Irechg$ 处校正的为Pgain1。

如果设定寄存器Irechg为0，即比差补偿不分区进行，则只需要在100% I_b 处进行一次校正即可，然后将校正系数同时写到Pgain0和Pgain1中。

已知：

标准表上读出误差:err

计算公式：

$$P_{\text{gain}} = \frac{-err}{1+err}$$

如果 $P_{\text{gain}} \geq 0$ ，则 $P_{\text{gain}} = INT[P_{\text{gain}} * 2^{23}]$

否则 $P_{\text{gain}} < 0$ ，则 $P_{\text{gain}} = INT[2^{24} + P_{\text{gain}} * 2^{23}]$

注：误差err可以从标准表上直接读到，也可以计算得到，err按照以下公式定义：

$$err = \frac{ATT7022\text{测试能量} - \text{真实能量}}{\text{真实能量}} \times 100\%$$

3.3.4 相位补偿区域设置寄存器Iregion (Addr: 0x02~0x05)

ATT7022B最多可以划分5个电流区域进行相位补偿

已知：

电流区域 I_s

增益G

计算公式：

$$Iregion = INT[G * I_s * 2^{23}]$$

在精度要求不高时(如0.5S或者1.0S)，通常只需设置2个相位补偿区域，即只需将Iregion1/2/3均设为0，根据需要设置Iregion4。

如果设置2个相位补偿区域，就必须在 $I \geq Iregion4$ 以及 $I < Iregion4$ 处分别进行一次相位补偿。将 $I \geq Iregion4$ 的相位补偿同时写到Phsreg0/1/2/3中，而 $I < Iregion4$ 的相位补偿写到Phsreg4中。

3.3.5 相位校正寄存器Phsreg (Addr: 0x0C~0x1A)

PhsregA0、PhsregA1、PhsregA2、PhsregA3、PhsregA4
 PhsregB0、PhsregB1、PhsregB2、PhsregB3、PhsregB4
 PhsregC0、PhsregC1、PhsregC2、PhsregC3、PhsregC4
 分别对应区间Reg0、Reg1、Reg2、Reg3、Reg4
 在 $\cos(\Phi)=1$ 时功率增益已经校正好之后, 再进行相位补偿。
 在 $\cos(\Phi)=0.5$ 处进行校正。

已知:

0.5L处标准表误差读数err

相位补偿公式:

$$\theta = \arccos((1 + \text{err}) * 0.5) - \pi / 3$$

如果 $\theta \geq 0$, Phsreg = INT[$\theta * 2^{23}$]

否则 $\theta < 0$, Phsreg = INT[$2^{24} + \theta * 2^{23}$]

3.3.6 电压校正寄存器 Ugain (Addr: 0x1B~0x1D)

在Ugain=0时, 标准表上读出实际输入电压有效值Ur, 通过SPI口读出测量电压有效值寄存器的值为DataU

已知:

实际输入电压有效值Ur

测量电压有效值Urms = DataU * $2^{10} / 2^{23}$

计算公式

$$\text{Ugain} = \text{Ur} / \text{Urms} - 1$$

如果Ugain ≥ 0 , 则Ugain = INT[Ugain * 2^{23}]

否则Ugain < 0 , 则Ugain = INT[$2^{24} + \text{Ugain} * 2^{23}$]

3.3.7 电流校正寄存器 Igain (Addr: 0x26~0x28)

在Igain=0时, 标准表上读出实际输入电流有效值Ir, 通过SPI口读出测量电流有效值寄存器的值为DataI

已知:

实际输入电流有效值Ir

测量电流有效值Irms = DataI * $2^{10} / 2^{23}$

计算公式:

$$\text{Igain} = \text{Ir} / \text{Irms} - 1$$

如果Igain ≥ 0 , 则Igain = INT[Igain * 2^{23}]

否则Igain < 0 , 则Igain = INT[$2^{24} + \text{Igain} * 2^{23}$]

特别提示:

ATT7022B可以提供A/B/C三相电流矢量和有效值参数IRmst, 为了确保IRmst的精度, 推荐按下面的方法进行电流有效值的校正。

在额定电流Ib输入时电流通道取样电压为100mv左右, Igain=0时从电流有效值寄存器读出的参数为60A左右, 建议将ATT7022B的电流有效值校正到N*Ib左右, 外部MCU从ATT7022B读取到电流有效值后只需要将其除以N即为真值。N的确定方法是将N*Ib尽量接近60A。

例如, 额定电流Ib=1.5A, 则N=40; 额定电流Ib=5A, 则N=12。

3.3.8 起动电流设置寄存器 Istartup (Addr: 0x1F)

已知

启动电流选择 I_o 处

增益G

计算公式

$$I_{startup} = INT[G * I_o * 2^{23}]$$

3.3.9 失压阈值设置寄存器FailVoltage (Addr: 0x29)

失压阈值是根据校正后的电压值进行设定的

具体公式为失压阈值 $FailVoltage = Un * 2^{13} * D$

Un: 表示校正后的电压值

D: 表示失压电压值, 是一个百分数

例如, ①三相四线制, 校正后的额定电压值Un为220v, 失压电压值D为10%。则失压阈值寄存器的参数为 $220 * 2^{13} * 10\% = 0x02C000$ 。也就是说将0x02C000设定到失压阈值寄存器之后, 当输入电压低于Un的10%, 即22v时将给出失压指示。②三相三线制, 校正后的额定电压值Un为100v, 失压电压值D为60%, 则失压阈值寄存器的参数为 $100 * 2^{13} * 60\% = 0x078000$ 。这样设置失压阈值寄存器之后, 当电压低于Un的60%, 即60v时将给出失压指示信号。

3.3.10 合相能量累加模式选择寄存器EAddMode (Addr: 0x2A)

合相能量累加模式EAddMode的Bit0默认=0, 三相四线默认为绝对值相加, 三相三线默认为代数相加。

当EAddMode的Bit0=1时, 三相四线合相能量采用代数相加, 三相三线合相能量采用绝对值相加。

3.3.11 温度与第七路ADC选择控制寄存器GCtrlT7Adc (Addr: 0x2C)

ATT7022B内建温度传感器, 而且单独扩展了1路ADC用于检测零线电流值, 可以通过寄存器GCtrlT7Adc进行使能控制。

GCtrlT7Adc的bit0用于控制第7路ADC是否开启, Bit0=1表示开启, Bit0=0表示关闭。

GCtrlT7Adc的bit2/bit1用于控制温度传感器是否开启, 只有当Bit2/1=10表示开启, Bit2/1=00/01/11时表示关闭温度传感器。

GCtrlT7Adc				温度传感器	第7路ADC
Bit23..3	Bit2	Bit1	Bit0		
-----	0	0	0	OFF	OFF
-----	0	0	1	OFF	ON
-----	0	1	0	OFF	OFF
-----	0	1	1	OFF	ON
-----	1	0	0	ON	OFF
-----	1	0	1	ON	ON
-----	1	1	0	OFF	OFF
-----	1	1	1	OFF	ON

3.3.12 第七路ADC有效值校正寄存器GainAdc7 (Addr: 0x2B)

通常第7路ADC用于检测零线电流大小, ATT7022B也可以对零线电流进行校正。

在GainAdc7=0时, 标准表上读出实际输入电流有效值 I_{7r} , 通过SPI口读出测量电流有效值寄存器的

值为DataI7

已知:

实际输入电流有效值I7r

测量电流有效值 $I7_{rms} = \text{DataI7} * 2^{10} / 2^{23}$

计算公式:

$\text{GainAdc7} = I7r / I7_{rms} - 1$

如果 $\text{GainAdc7} > 0$, 则 $\text{GainAdc7} = \text{INT}[\text{GainAdc7} * 2^{23}]$

否则 $\text{GainAdc7} < 0$, 则 $\text{GainAdc7} = \text{INT}[2^{24} + \text{GainAdc7} * 2^{23}]$

3.3.13 电压夹角测量使能控制寄存器EnUAngle (Addr: 0x2E)

只有当电压夹角测量使能控制寄存器EnUAngle=0x003584时, ATT7022B才能够对电压相角测量进行测量; 而当EnUAngle寄存器为其他不等于0x003584的内容时ATT7022B都不能进行电压夹角测量, 即电压夹角测量功能被关闭。

注意: 仅在需要输出电压夹角时才将这个功能开启, 在不需要电压夹角测量时请尽量将其关闭, 不推荐长期将该功能开启。

3.3.14 电流相序检测使能控制寄存器EnDtIorder (Addr: 0x30)

只有当电流相序检测使能寄存器EnDtIorder=0x005678时, ATT7022B才能将电流逆相序检测功能开启; 当EnDtIorder寄存器的内容不等于0x005678的其他值时都不能对电流逆相序进行检测。

注意: 仅在需要对电流相序进行检测时才将这个功能开启, 在不检测电流相序时请尽量将其关闭, 不推荐长期将该功能开启。

3.3.15 电压通道ADC增益选择寄存器UADCPga (Addr: 0x3F)

ATT7022B提供电压通道ADC增益选择寄存器UADCPga用于控制电压通道的ADC放大倍数。推荐电压额定Un时的取样信号Vu*放大倍数UADCPgain等于0.5v左右。

UADCPga 寄存器内容	电压通道 ADC 倍数
0x465500	2
0x465501	4
0x465502	8
0x465503	16
0xA5xxxx	禁止写入
其他任何值	1

3.3.16 脉冲常数加倍选择寄存器HFDouble (Addr: 0x3E)

ATT7022B提供脉冲常数加倍选择寄存器HFDouble用于控制小电流时的脉冲常数加倍, 也就是在小电流时通过HFDouble寄存器可以将脉冲常数放大, 从而使得小电流时的校表速度加快。

注意: 脉冲常数加倍是通过将功率值进行放大实现的, 所以仅推荐在小电流时使用该功能。**注意:** 建议在大信号时不使用脉冲常数加倍选择寄存器, 因为大信号时将功率信号放大可能会导致内部功率寄存器溢出而产生未知错误。

HFDouble 寄存器内容	脉冲常数放大倍率
0x5533CC	脉冲常数放大 2 倍
0x5533CD	脉冲常数放大 4 倍

0x5533CE	脉冲常数放大 8 倍
0x5533CF	脉冲常数放大 16 倍
其他任何值	脉冲常数不变

3.3.17 基波测量使能控制寄存器EnLineFreq (Addr: 0x2D)

ATT7022B可以直接提供基波、谐波的有功和无功能量脉冲输出，也可以直接提供视在能量的脉冲输出，包括RMS视在能量以及PQS视在能量两种视在能量的算法。这些功能可以通过EnLineFreq和EnHarmonic寄存器进行设置选择。

EnLineFreq 寄存器内容	EnHarmonic 寄存器内容	功能
0x007812	不等于 0x0055AA	基波表
	0x0055AA	谐波表
0x008127	-----	RMS 视在能量表
0x005523	-----	PQS 视在能量表
其他任何值	-----	禁止以上功能

3.3.18 基波电压功率输出选择寄存器SelectPQSU(Addr: 0x2F)

基波有功功率、基波无功功率、基波视在功率、基波相角、基波功率因数以及基波电压参数可以通过寄存器SelectPQSU进行选择。当选择SelectPQSU=0x001228时，原来相应功率、电压、相位、相角等寄存器将输出基波参数。SelectPQSU为其他任何参数时相应功率、电压、相位、相角等寄存器保持原有功能不变。

3.3.19 基波功率校正寄存器LineFreqPg (Addr: 0x31)

ATT7022B提供基波功率校正寄存器LineFreqPg对基波能量进行校正以及视在能量进行校正。

在功率因数 $\cos(\Phi)=1$ 时进行基波功率增益校正。基波功率校正之前先将LineFreqPg寄存器进行清零操作，然后按照类似3.4.4部分的功率增益补偿的方法进行校正。

已知：

标准表上读出误差： err

计算公式：

$$\text{LineFreqPg} = \frac{-err}{1+err}$$

如果 $\text{LineFreqPg} \geq 0$ ，则 $\text{LineFreqPg} = \text{INT}[\text{LineFreqPg} * 2^{23}]$

否则 $\text{LineFreqPg} < 0$ ，则 $\text{LineFreqPg} = \text{INT}[2^{24} + \text{LineFreqPg} * 2^{23}]$

3.3.20 基波测量与谐波测量切换选择寄存器EnHarmonic (Addr: 0x3C)

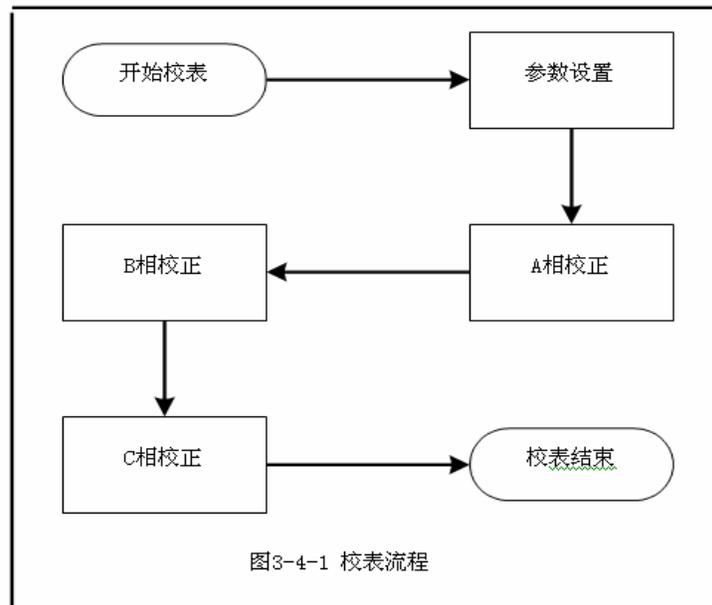
参考3.3.19部分,当寄存器EnLineFreq=0x007812,以及寄存器EnHarmonic=0x0055AA时,可以选择谐波表模式,此时CF3/CF4输出谐波脉冲。基波表的相关基波参数同时也变为谐波的参数,包括基波能量寄存器将变为谐波能量寄存器,基波功率、基波电压等都相应转换成谐波功率、谐波电压等参数。

§ 3.4 软件校表步骤及参数计算

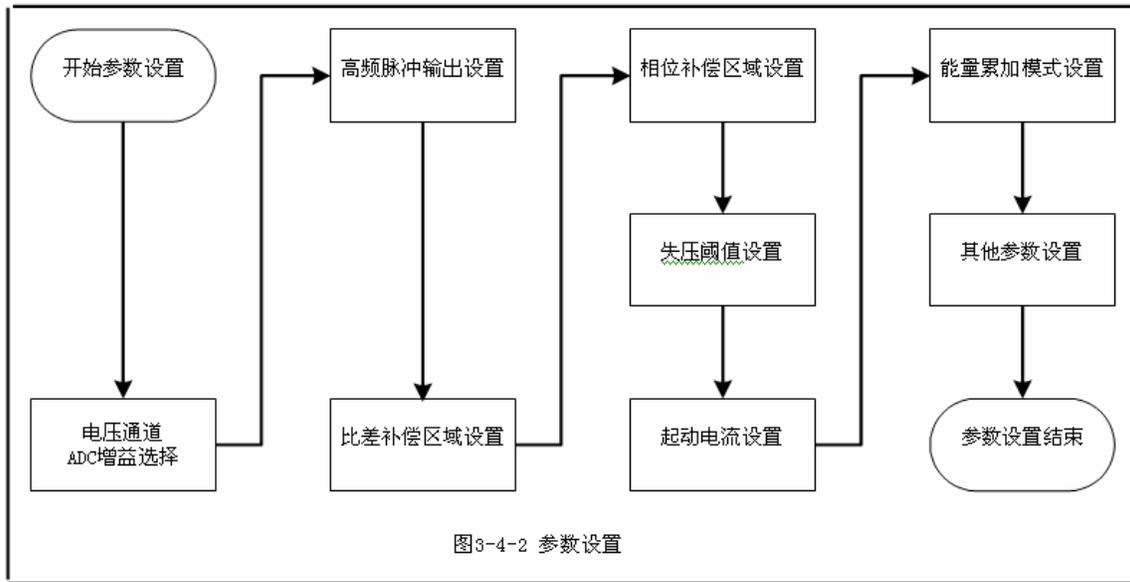
3.4.1 校表流程

在对ATT7022B设计的电表进行校正时，必须提供标准电能表。利用标准电能表校表时，有功能量脉冲CF1可以直接连到标准表上去，然后根据标准电能表的误差读数对ATT7022B进行校正，ATT7022B只需要对有功功率进行校正即可，无功功率不需要进行校正。对于基波表以及视在表的校正参考后面部分的说明。

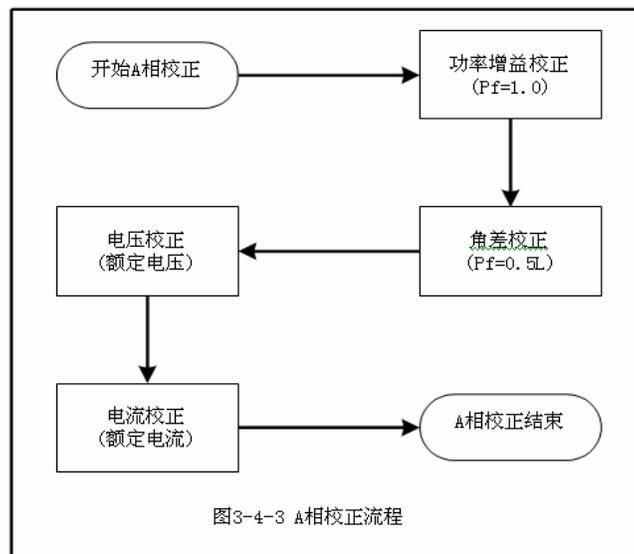
校表流程:



参数设置:



分相校正:

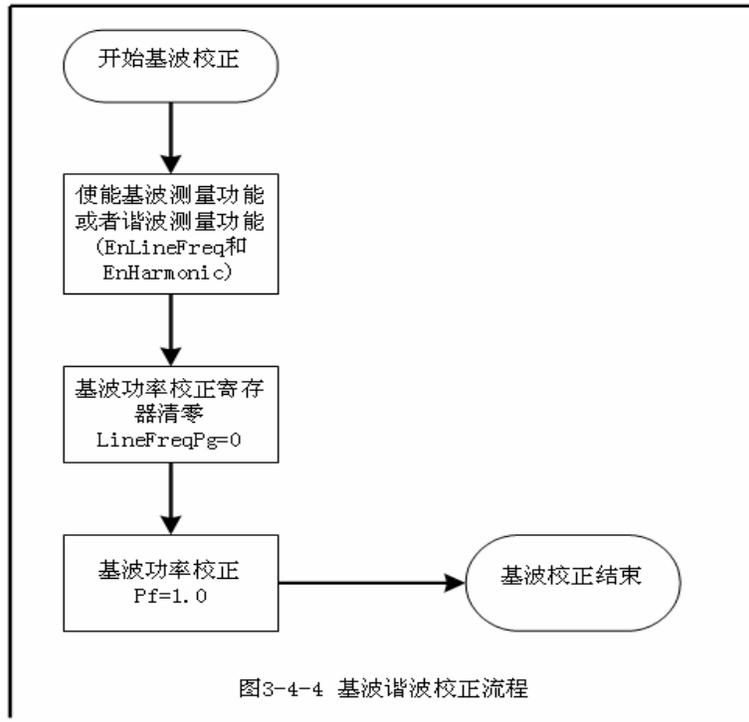


分相校正时,分相电流的校正可能会影响A/B/C三相电流矢量和寄存器IRmst的精度,所以对于电流有效值的校正请详细参考3.3.8流校正寄存器部分的说明。

3.4.2 基波/谐波表校正

通常按照3.4.1对电表进行校正之后,只需要将基波/谐波表进行使能即可,不要对基波谐波的精度单独进行校正。

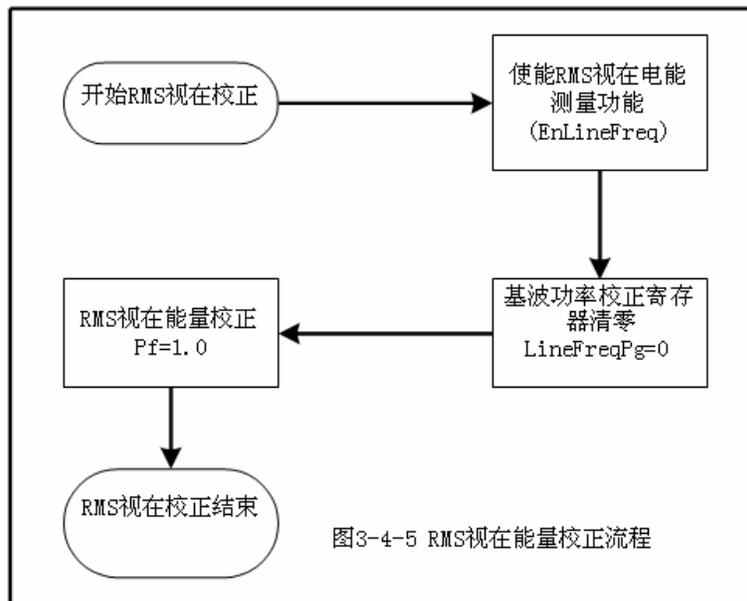
当然,ATT7022B设计的电表的基波/谐波也可以进行校正,但必须提供基波/谐波标准电能表。利用基波/谐波标准电能表校表时,基波有功能量脉冲CF3可以直接连到标准表上去,然后根据标准电能表的误差读数对ATT7022B进行校正,ATT7022B只需要对基波有功功率进行校正即可,基波无功功率不需要进行校正。



3.4.3 RMS视在电能校正

按照3.4.1对电表进行校正之后，只需要将RMS视在电能测量功能使能即可，通常不要对RMS视在电能的精度单独进行校正。

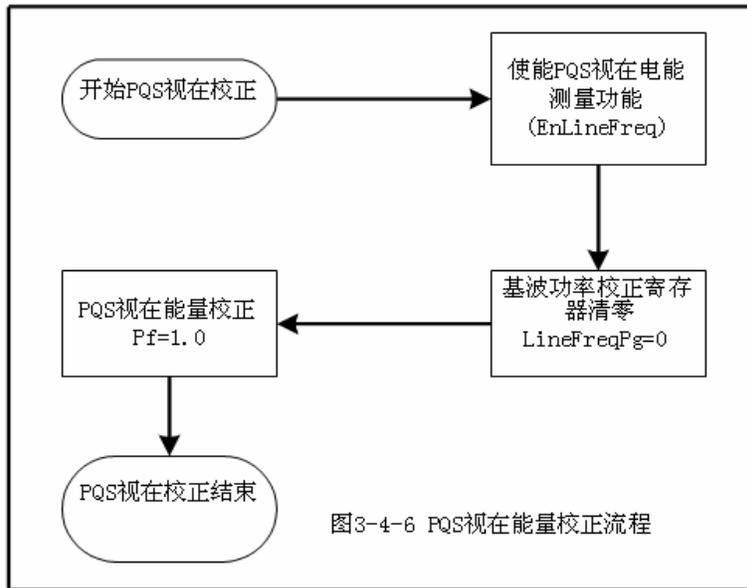
如需校正RMS视在电能可以按照下面方式进行。ATT7022B的RMS视在电能通过CF3脉冲口输出，对RMS视在电能校正时，通过将CF3接到视在标准电能表，通过标准表读取误差，然后根据误差进行RMS视在能量修正。



3.4.4 PQS视在电能校正

按照3.4.1对电表进行校正之后，只需要将PQS视在电能测量功能使能即可，通常不要对PQS视在电能的精度单独进行校正。

如需校正PQS视在电能可以按照下面方式进行。ATT7022B的PQS视在电能通过CF4脉冲口输出，对PQS校正时，通过将CF4接到视在标准电能表，通过标准表读取误差，然后根据误差，进行PQS视在能量修正。



第四部分 SPI通讯接口

§ 4.1 SPI通讯接口介绍

ATT7022B内部集成了一个SPI串行通讯接口。**ATT7022B**的SPI接口采用从属方式工作，使用2条控制线和2条数据线：CS、SCLK、DIN和DOUT。

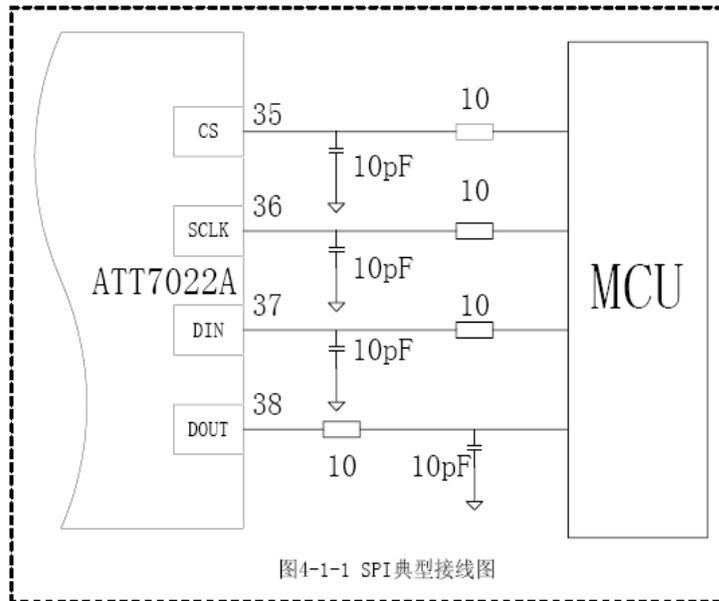
CS：片选（输入脚），允许访问串口的控制线。CS由高电平变为低电平时表示SPI操作开始，CS由低电平变为高电平时表示SPI操作结束。所以每次操作SPI时CS必须出现下降沿↓，CS出现上升沿↑时表示SPI操作结束。

DIN：串行数据输入(输入脚)，用于把用户的数据(如数据/命令/地址等)传输到**ATT7022B**。

DOUT：串行数据输出(输出脚)，用于从**ATT7022B**寄存器读出数据。

SCLK：串行时钟(输入脚)，控制数据移出或移入串行口的传输率。上升沿放数据，下降沿取数据SCLK下降沿↓时将DIN上的数据采样到**ATT7022B**中，SCLK上升↑沿时将**ATT7022B**的数据放置于DOUT上输出。

ATT7022B与外部MCU的SPI通讯接口典型接线图如图所示。

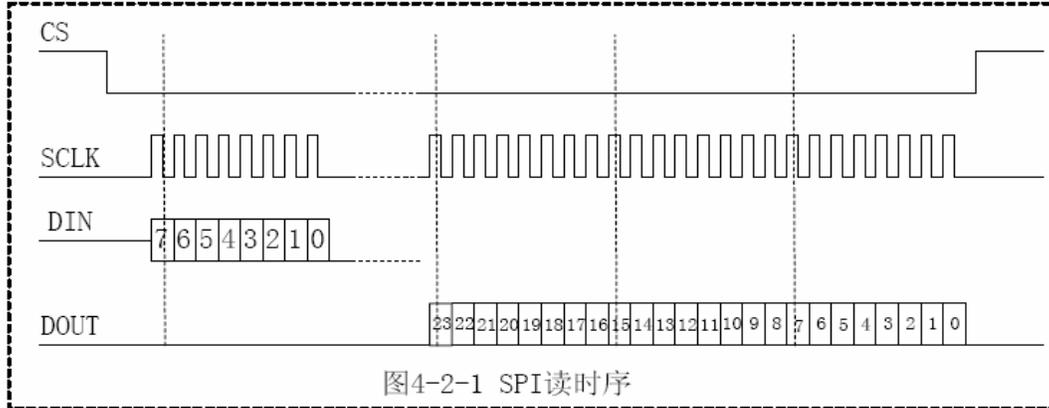


考虑SPI传输信号线有可能受到干扰或者出现抖动，可以在SPI信号线上串联一个小电阻。这个电阻与IC输入端的寄生电容 C 结合起来可构成一个低通滤波器，可以消除SPI接口信号上的任何振荡，一般推荐使用10-100Ω的电阻。如果数字输入端的内部电容不够大，还可在这个输入端加一个外接电容，可选10pF左右的电容。对于这两个电阻、电容参数选择，要根据SPI通讯速率以及外部MCU的型号进行分析，并需要作些相关的实验，以确定电阻、电容值是否合适。

§ 4.2 SPI读操作

ATT7022B的计量参数以及校表参数寄存器是通过SPI提供给外部MCU。

SPI读时序图：



命令格式说明：

7 6 5 4 3 2 1 0

Bit7: 0 表示读命令，用于外部MCU读取ATT7022B的计量及校表寄存器

Bit7: 1 表示写命令，用于更新校表数据（可参考SPI写操作部分）

Bit6...0: 表示数据地址，参照参数输出寄存器定义部分

SPI读工作过程：

通过SPI写入1个8 Bits的命令字之后，可能需要一个等待时间，然后才能通过SPI读取24 Bits的数据。在SCLK低于200KHz时，可以不需要等待，即等待时间为0 μ s；当SCLK频率高于200KHz时，则需要等待大约3 μ s。数据格式参见参数输出寄存器说明部分。

注意事项：

发送命令时MSB在前，LSB在后，接收数据时也是MSB在前，LSB在后。

SCLK为高时更新DIN或DOUT上的数据。每个寄存器的读或写需操作一次CS。

SPI读操作示例：

```

01 | ReadSpi (Byte Com)
02 | {
03 |     ; Enable SPI
04 |     CS=1;
05 |     SCLK=0;
06 |     CS=0;
07 |     ; Send 8-bits Command to SPI
08 |     for (n=7;n>=0;n--)
09 |     {
10 |         SCLK=1;
11 |         DIN=Com.n;
12 |         SCLK=0;
13 |     }
14 |     ; waiting 3us
15 |     delay (3);
16 |     ; Read 24-bits Data From SPI
17 |     for (n=23, Data=0;n>=0;n--)
18 |     {
19 |         SCLK=1;
20 |         Data.n=DOUT;
21 |         SCLK=0;
22 |     }
23 |     ; Disable SPI
24 |     CS=1;
25 |     ; Return Data From SPI
26 |     return (Data);
27 | }
28 |
    
```

§ 4.3 SPI写操作

外部MCU可以通过SPI对**ATT7022B**的校表寄存器进行写操作。

SPI写时序图:

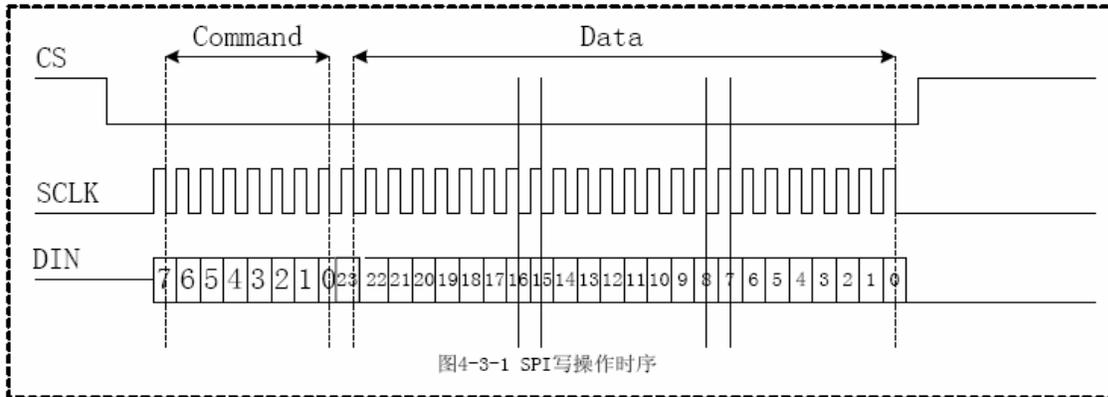


图4-3-1 SPI写操作时序

命令格式说明:

7 6 5 4 3 2 1 0

- Bit7/6: 1 0 表示写命令, 用于更新校表数据寄存器
- Bit7/6: 1 1 表示写入特殊命令字, 参考SPI写特殊命令操作
- Bit7: 0 表示读命令, 用于外部MCU读取ATT7022B的计量数据
- Bit5...0: 表示数据地址, 参见校表寄存器定义部分

工作过程:

通过SPI写入1个8 Bits的命令字之后, 不需等待继续通过SPI写入24 Bits的数据即可。

注意事项:

发送命令和数据时, MSB在前, LSB在后。

SPI写操作示例:

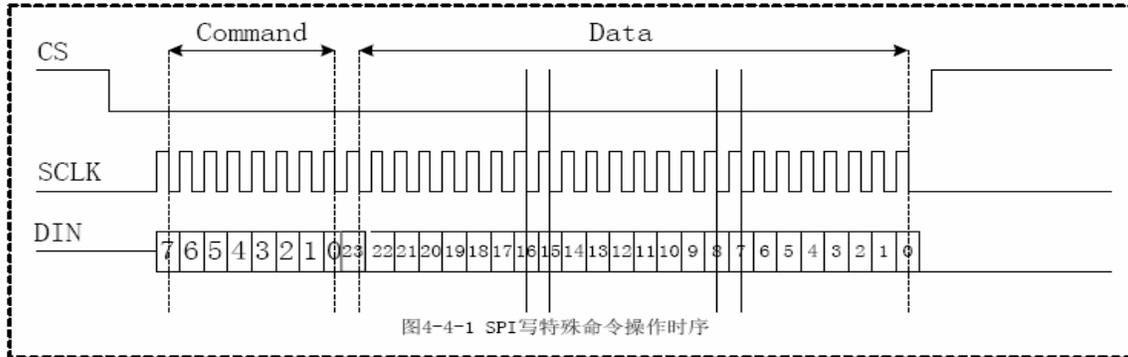
```

01 | WriteSpi (Byte Com, UINT Data) | 13 | }
02 | { | 14 | ; Send 24-bits Data to SPI
03 | ; Enable SPI | 15 | for (n=23, Data=0; n>=0; n--)
04 | CS=1; | 16 | {
05 | SCLK=0; | 17 | SCLK=1;
06 | CS=0; | 18 | DIN=Data. n;
07 | ; Send 8-bits Command to SPI | 19 | SCLK=0;
08 | for (n=7; n>=0; n--) | 20 | }
09 | { | 21 | ; Disable SPI
10 | SCLK=1; | 22 | CS=1;
11 | DIN=Com. n; | 23 | }
12 | SCLK=0; | 24 |
    
```

§ 4.4 SPI写特殊命令操作

ATT7022B提供特殊的命令字以配合软件校表之用，SPI写特殊命令字的操作过程与SPI写操作时序基本一致。

SPI写特殊命令字时序图：



命令格式说明

7 6 5 4 3 2 1 0

- Bit7/6: 1 1 表示写入特殊命令字
- Bit7/6: 1 0 表示写命令，用于更新校表数据
- Bit7/6: 0 X 表示读命令，用于外部MCU读取ATT7022B的计量数据
- Bit5...0: 表示特殊命令字的类型

工作过程：

先通过SPI写入1个8 Bits的命令字，接着通过SPI写入24 Bits的数据。

注意：

发送命令和数据时，MSB在前，LSB在后

特殊命令使用说明：

ATT7022B提供特殊命令主要有0xC3，0xC6，0xC9和0xD3。

特殊命令	8 位命令字	24 位数据	命令说明
清校表数据	0xC3	000000 h	发送命令字 0xC3，数据位为 0x000000 可以将校表数据寄存器的内容恢复到上电初始值，然后重新进行校表。
校表数据读出	0xC6	00005A h	<p>上电复位后默认读出计量数据寄存器的参数。</p> <p>发送命令 0xC6，数据不等于 0x00005A，可以选择通过 SPI 读出 00-7Fh 的计量数据寄存器的参数。</p> <p>发送命令 0xC6，数据等于 0x00005A，可以 SPI 读出校表数据寄存器的参数，此时不可读出计量参数寄存器的值。</p> <p>选择读出校表数据寄存器的参数时从 0x00 地址读出的值固定为 0xAAAAAA 则不等于 0xAAAAAA。</p>

校表数据写使	0xC9	000000 h 或者 000001 h	<p>上电复位后默认使能 SPI 校表数据寄存器写操作。</p> <p>发送命令 0xC9，数据 0x000000，可以使能 SPI 校表数据写操作，此时才能通过 SPI 口修改校表数据寄存器的参数；使能 SPI 写操作后从 SPI 校验寄存器 0x002D/0x002E 可以读出上一次通过 SPI 口写入的数据。</p> <p>发送命令 0xC9，数据 0x000001，可以关闭 SPI 校表寄存器的写操作，防止校表数据寄存器被 SPI 误写；关闭 SPI 校表寄存器写操作后，如果进行 SPI 写操作，此时从 SPI 校验寄存器 0x002D/0x002E 读出的数据固定为 0x200361。</p>
软件复位	0xD3	000000 h	<p>发送该命令 0xD3，数据 0x000000 可以对 ATT7022B 进行复位操作。</p>

第五部分 电气特性

§ 5.1 电气参数

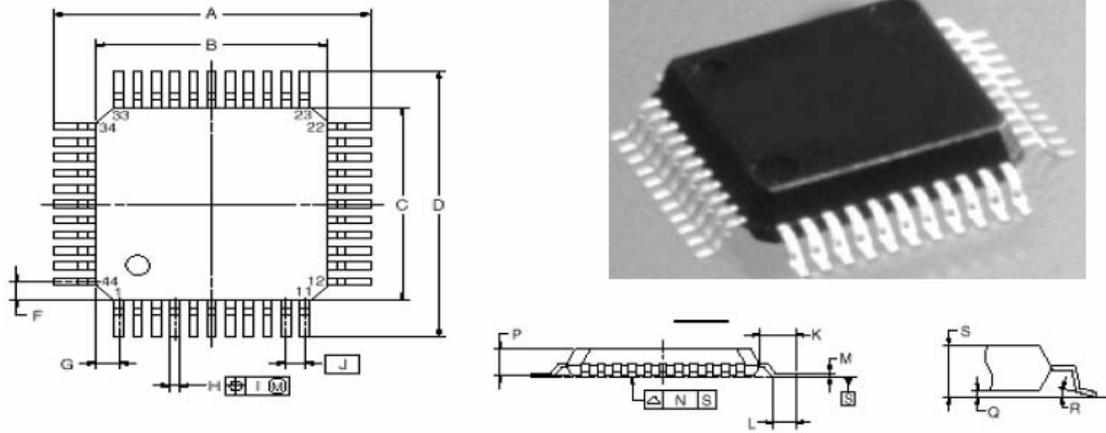
参数	最小	典型	最大	单位	测试条件及注释
电源电压 VCC	4.75	5	5.25	V	
电源电压 VDD		3		V	
基准电源	2.3	2.4	2.6	V	
基准电源 TC		30		ppm	
输入电压范围		1.5		V	差模输入 V _{pp}
VOH(CF1, CF2, CF3, CF4, REVP)	4.5			V	I _{OH} =5mA
VOL(CF1, CF2, CF3, CF4, REVP)			0.5	V	I _{OL} =5mA
逻辑高输入电压 ¹	2.5			V _{min}	
逻辑低输入电压 ¹			0.8	V _{max}	
逻辑高输出电压 ²	2.5			V _{min}	I _{oh} =2mA
逻辑低输出电压 ²			0.8	V _{max}	I _{ol} =2mA
参考电压 输出阻抗				Ω	
最小负载电阻	2	130	100	K Ω	
最大负载电容				pF	
电源电流		28		mA	VDD=3.0; VCC=5V
ADC 位数		16		bit	
ADC 采样速率		3.2		kHz	
ADC 动态范围		88		DB	
ADC 总谐波失真		-95		DB	
ADC 通道干扰		-92		DB	
晶体		24.576		MHz	
温度范围	-40		85	°C	

注1: 指CS, SCLK, DIN, SEL。

注2: 指DOUT。

§ 5.2 芯片封装

封装形式44Pin QFP (Quad Flat Package 10X10)



NOTE1. Controlling dimension ---millimeter.

2. Each lead centerline is located within 0.12mm(0.005inch) of its true position (T.P.) at maximum material condition

ITEM	MILLIMETERS	INCHES
A	13.6±0.4	0.535 ^{+0.017} -0.016
B	10.0±0.2	0.394 ^{+0.008} -0.009
C	10.0±0.2	0.394 ^{+0.008} -0.009
D	13.6±0.4	0.535 ^{+0.017} -0.016
F	1.0	0.039
G	1.0	0.039
H	0.35 ^{+0.08} -0.07	0.014±0.003
I	0.15	0.006
J	0.8 (T.P.)	0.031 (T.P.)
K	1.8±0.2	0.071 ^{+0.008} -0.009
L	0.8±0.2	0.031 ^{+0.009} -0.008
M	0.17 ^{+0.08} -0.07	0.007 ^{+0.003} -0.004
N	0.10	0.004
P	2.7±0.1	0.106 ^{+0.005} -0.004
Q	0.1±0.1	0.004±0.004
R	3° ^{+7°} -3°	3° ^{+7°} -3°
S	3.0 MAX	0.019 MAX

NEC CODE	P44GB-80-3B4-4
EIAJ CODE	
Weight(Reference Value)	0.54g