

ATT7122A 用户手册

Date: 2010-02-16

Rev: 0.4

修改纪录

版本	时间	修改内容
V0.1	2010-06-30	初版
V0.2	2010-12-20	修改部分细节，校表过程待补充
V0.3	2011-01-10	修改错漏，完善手册
V0.4	2011-02-16	1、修改电压、电流有效值计算公式， 2、修改启动电流设置寄存器说明 3、推荐电压采样信号 220mV，电流采样信号 50mV

目 录

修改纪录.....	2
目 录	3
§1 芯片介绍.....	6
§1.1 芯片特性.....	6
§1.2 功能简介.....	7
§1.3 内部框图.....	7
§1.4 管脚定义.....	8
§1.5 应用示意图.....	10
§2 系统功能.....	11
§2.1 电源监测电路.....	11
§2.2 系统复位.....	11
§2.3 模数转换.....	12
§2.4 有功功率测量.....	12
§2.5 有功能量测量.....	13
§2.6 无功功率测量.....	13
§2.7 无功能量测量.....	13
§2.8 视在功率测量.....	14
§2.9 视在能量测量.....	14
§2.10 电压有效值测量.....	15
§2.11 电流有效值测量.....	15
§2.12 电压线频率测量.....	15
§2.13 功率因数测量.....	15
§2.14 电压电流相角测量.....	16
§2.15 电压夹角测量.....	16
§2.16 电压相序检测.....	16
§2.17 电流相序检测.....	16
§2.18 起动潜动设置.....	16
§2.19 功率方向判断.....	16
§2.20 失压检测.....	16
§2.21 硬件端口检测.....	17
§2.22 片上温度检测.....	17
§2.23 基波测量功能.....	17
§2.24 三相三线与三相四线应用.....	17
§2.25 能量脉冲输出.....	18
§2.26 ADC 采样数据缓冲功能.....	19
§2.27 同步采样数据缓冲功能.....	19
§2.28 参数输出寄存器定义.....	19
§2.29 参数输出寄存器说明.....	22
§2.29.1 功率寄存器（地址：0x01~0x0C, 0x40~0x43）.....	22

§2.29.2	有效值寄存器 (地址: 0x0D~0x013、0x29、0x2B, 0x48~0x4D)	22
§2.29.3	功率因数寄存器 (地址: 0x14~0x017)	23
§2.29.4	电压与电流夹角寄存器 (地址: 0x18~0x1A)	23
§2.29.5	电压夹角寄存器 (地址: 0x26~0x28)	23
§2.29.6	线频率寄存器 (地址: 0x1C)	24
§2.29.7	能量寄存器 (地址: 0x1E~0x25, 0x35~0x38, 0x44~0x47)	24
§2.29.8	快速脉冲计数寄存器 (地址: 0x39~0x3C)	24
§2.29.9	标志状态寄存器 (地址: 0x2C)	25
§2.29.10	电能寄存器工作状态寄存器 (地址: 0x1D)	25
§2.29.11	功率方向寄存器 (地址: 0x3D)	26
§2.29.12	中断标志寄存器 (地址: 0x1B)	26
§2.29.13	ADC 采样数据寄存器 (地址: 0x2F~0x34、0x3F)	27
§2.29.14	校表数据校验和寄存器 (地址: 0x3E)	27
§2.29.15	通讯数据备份寄存器 (地址: 0x2D)	27
§2.29.16	通讯校验和寄存器 (地址: 0x2E)	27
§3	校表方法	28
§3.1	软件校表	28
§3.2	校表寄存器定义	28
§3.3	校表寄存器说明	30
§3.3.1	模式配置寄存器 (地址: 0x01)	30
§3.3.2	ADC 增益配置寄存器 (地址: 0x02)	30
§3.3.3	EMU 单元配置 (地址: 0x03)	31
§3.3.4	高频脉冲常数设置(地址: 0x1E)	32
§3.3.5	功率增益补偿寄存器(地址: 0x04~0x0C)	32
§3.3.6	相位校正寄存器(地址: 0x010~0x12)	33
§3.3.7	功率 offset 校正 (地址: 0x13~0x15, 0x21~0x23)	33
§3.3.8	无功相位校正寄存器(地址: 0x16)	33
§3.3.9	电压增益校正寄存器(地址: 0x17~0x19)	34
§3.3.10	电流增益校正寄存器(地址: 0x1A~0x1C, 0x20)	34
§3.3.11	起动电流设置寄存器(地址: 0x1D)	34
§3.3.12	起动功率寄存器(地址: 0x36)	35
§3.3.13	失压阈值设置寄存器(地址: 0x1F)	35
§3.3.14	有效值 offset 校正 (地址: 0x24~0x29)	35
§3.3.15	ADC offset 校正 (地址: 0x2A~0x2F)	35
§3.3.16	中断使能寄存器 (地址: 0x30)	35
§3.3.17	模拟模块使能寄存器 (地址: 0x31)	36
§3.3.18	全通道增益寄存器 (地址: 0x32)	37
§3.3.19	脉冲加倍寄存器 (地址: 0x33)	37
§3.3.20	基波增益寄存器 (地址: 0x34)	37
§3.3.21	IO 状态配置寄存器 (地址: 0x35)	38
§3.4	校表方法	38
§3.5	校表示例及推荐	39
§3.5.1	校表步骤	39

§3.5.2	从采样数据得到 FFT 的推荐流程	40
§3.5.3	同步采样数据分次谐波分析推荐流程	40
§4	SPI 通讯接口	42
§4.1	SPI 通讯接口介绍	42
§4.2	SPI 读操作	43
§4.3	SPI 写操作	43
§4.4	SPI 写特殊命令字操作	44
§5	电气特性	46
§5.1	电气参数	46
§5.2	芯片封装	47

§ 1 芯片介绍

§ 1.1 芯片特性

- 高精度，在输入动态工作范围（3000: 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 IEC62053-22，GB/T17883-1998
- 无功测量满足 2 级、3 级，支持 IEC62053-23，GB/T17882-1999
- 提供基波有功功率/电能/电压/电流有效值以及 CF 脉冲输出
- 提供 RMS/PQS 两种视在功率、能量计量（可选）
- 提供有功、无功、视在功率/电能及 CF 脉冲输出
- 提供功率因数、相位角、线频率、电压夹角参数
- 提供电压有效值/电流有效值，有效值精度优于 0.2%
- 提供三相电压矢量和、电流矢量和之有效值输出
- 提供断相指示、电压/电流相序检测功能
- 中断支持：过零中断，采样中断，电能脉冲中断，校表中断
- 提供有功/无功反向指示功能
- 合相能量绝对值相加与代数相加可选
- 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、电能
- 支持增益及相位补偿，小电流飞线性补偿
- 具有 SPI，能够读取参数、校表
- 内置温度测量传感器
- 适用三相三线和三相四线模式
- 片内参考电压，也可以外接
- 支持 ROSI 线圈
- 提供 1k*16bit ADC 数据缓冲 buffer
- 提供同步采样数据，便于分次谐波分析，无需进行预处理。
- 提供脉冲加倍功能，便于小信号校表
- 采用 LQFP44 封装
- 3.3V 供电

§ 1.2 功能简介

ATT7122A 是一颗兼容 ATT7022B/ATT7022C/ATT7022D 的高精度三相电能专用计量芯片，适用于三相三线 and 三相四线应用。

ATT7122A 集成了 7 路二阶 sigma-delta ADC、参考电压电路以及所有功率、能量、有效值、功率因数及频率测量的数字信号处理等电路，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。详细数据定义请参阅参数寄存器部分。

ATT7122A 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，可直接接到标准表，进行误差校正。详细校表方法请参阅校表方法部分。

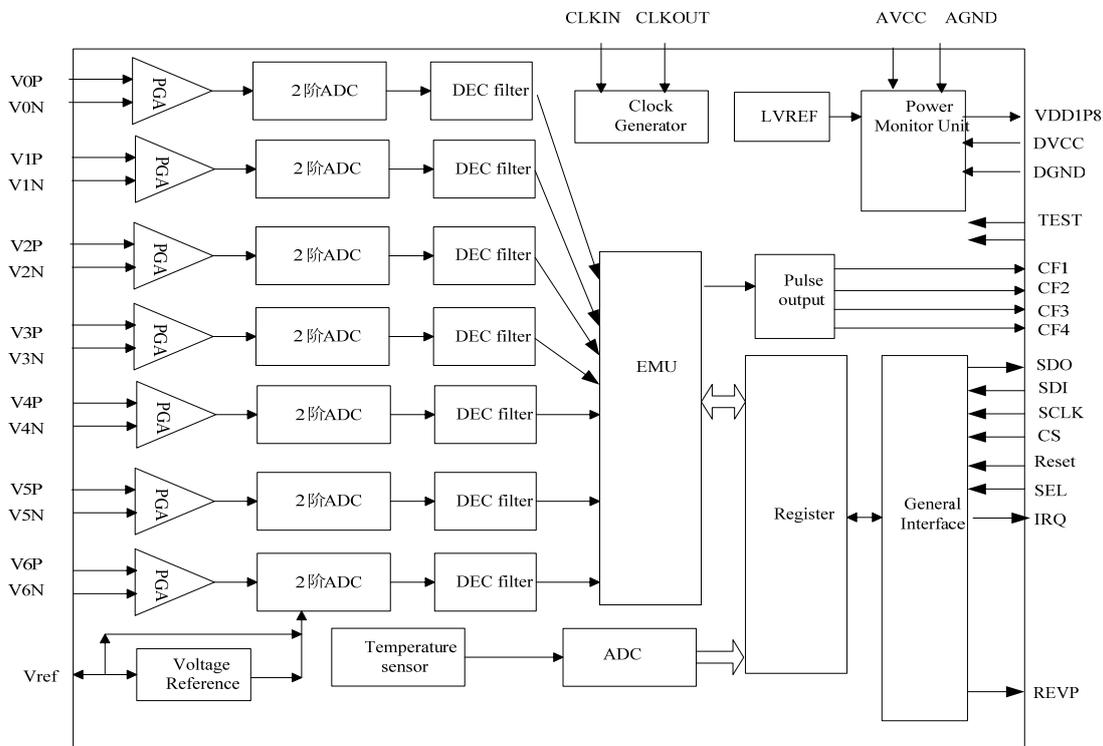
ATT7122A 提供两类视在功率、能量计量方式：RMS 视在方式和 PQS 视在方式，通过 CF3 输出视在能量脉冲，可接到标准表进行视在能量误差校正。

ATT7122A 提供基波参数计量：基波有功功率、基波有功电能、基波电流、电压有效值，通过脉冲输出 CF4 提供瞬时基波有功功率信息，可直接用于基波的校正。

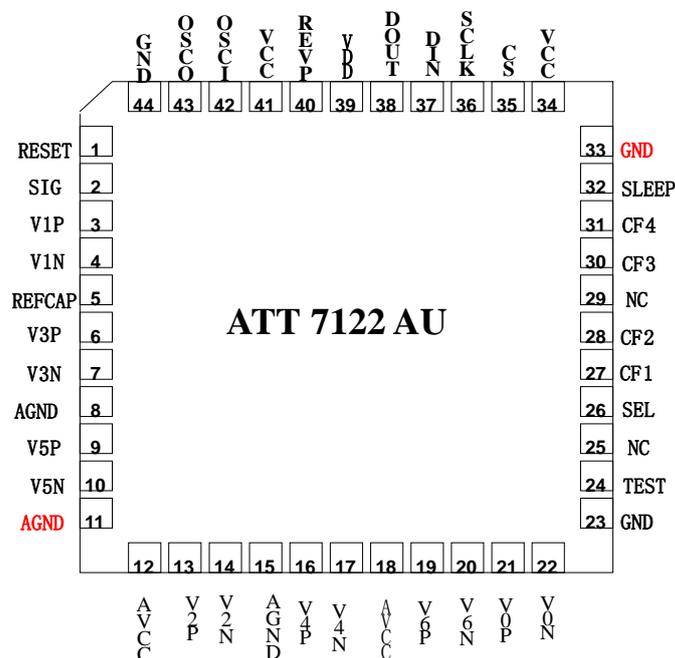
ATT7122A 提供一个 SPI 接口，方便与外部 MCU 之间进行计量及校表参数的传递，SPI 接口的具体规格参见 SPI 详细说明部分，所有计量参数及校表参数均可通过 SPI 接口读出。

ATT7122A 内置电压监测电路可以保证上电和断电时正常工作。

§ 1.3 内部框图



§ 1.4 管脚定义

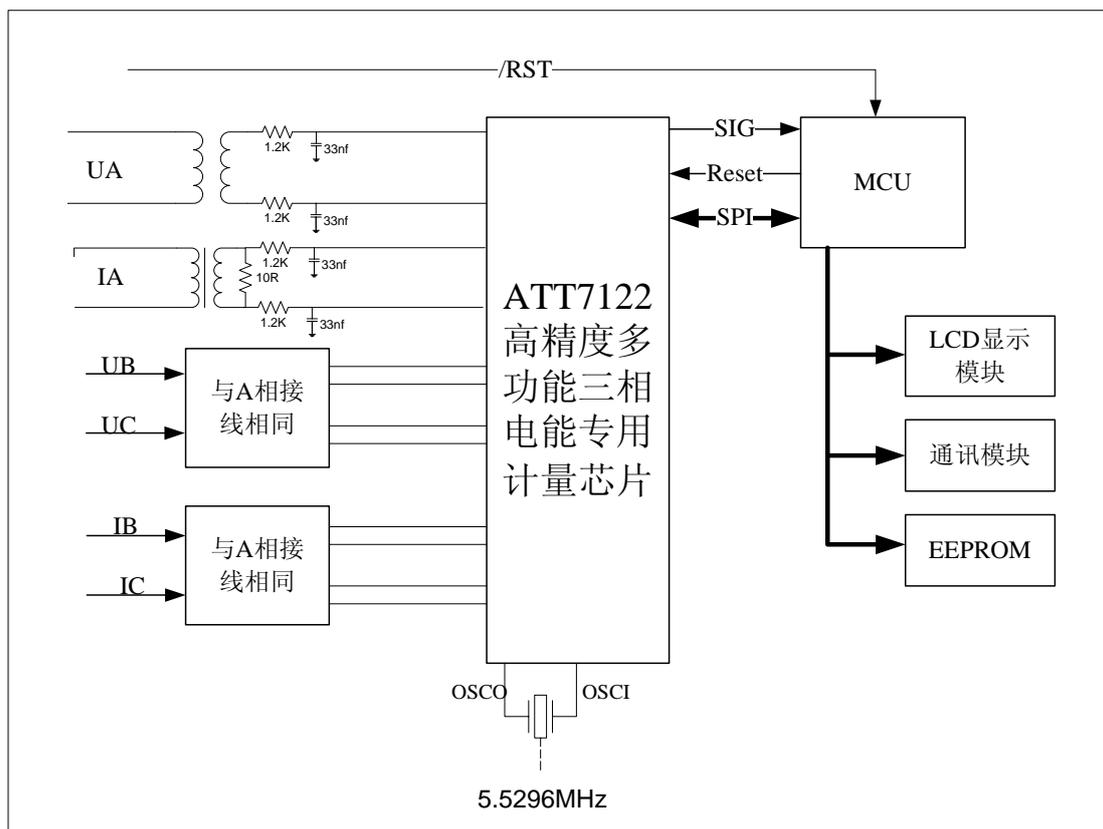


Pin No	标识	特性	功能描述
1	Reset	输入	外接复位，低电平有效，Schmitt Trigger 类型；内部 47K 上拉电阻。
2	SIG	输出	上电复位之后，SIG 信号变低，写入校表参数后变高；兼容 IRQ 功能，内部 IRQ 功能项使能后，当发生该事件 SIG 信号输出低电平，读标志寄存器后，该引脚变高。
3, 4	V1P/V1N	输入	通道 1（电流通道）正，负模拟输入引脚。完全差动输入方式，正常工作最大信号电平为 $\pm 0.8V$ ，通道 1 有一个 PGA，其增益选择参见寄存器部分，两个引脚内部都有 ESD 保护电路。
5	REFCAP	输出	基准 1.25V，可以外接；该引脚应使用 $10\mu F$ 钽电容并联 $0.1\mu F$ 瓷介电容进行去耦。
6, 7	V3P/V3N	输入	通道 3（电流通道）正，负模拟输入引脚。完全差动输入方式，正常工作最大信号电平为 $\pm 0.8V$ ，通道 3 有一个 PGA，其增益选择参见寄存器部分，两个引脚内部都有 ESD 保护电路。
8, 11, 15	AGND	电源	模拟电路（即 ADC 和基准源）的接地参考点，该引脚应连接到 PCB 的模拟地；
9, 10	V5P/V5N	输入	通道 5（电流通道）正，负模拟输入引脚。完全差动输入方式，正常工作最大信号电平为 $\pm 0.8V$ ，通道 5 有一个 PGA，其增益选择参见寄存器部分，两个引脚内部都有 ESD 保护电路。

12, 18	AVCC	电源	该引脚提供模拟电路的电源，正常工作电源电压应保持在 $3.3V \pm 5\%$ ，为使电源的纹波和噪声减小至最低程度，该引脚应使用 $10\mu F$ 电容并联 $0.1\mu F$ 瓷介电容进行去耦。
13, 14	V2P/V2N	输入	通道 2（电压通道）的正、负模拟输入引脚。完全差动输入方式，正常工作最大输入电压为 $\pm 0.8V$ ，两个引脚内部都有 ESD 保护电路。
16, 17	V4P/V4N	输入	通道 4（电压通道）的正、负模拟输入引脚。完全差动输入方式，正常工作最大输入电压为 $\pm 0.8V$ ，两个引脚内部都有 ESD 保护电路。
19, 20	V6P/V6N	输入	通道 6（电压通道）的正、负模拟输入引脚。完全差动输入方式，正常工作最大输入电压为 $\pm 0.8V$ ，两个引脚内部都有 ESD 保护电路。
21, 22	V0P/V0N	输入	通道 0（电压通道）的正、负模拟输入引脚。完全差动输入方式，正常工作最大输入电压为 $\pm 0.8V$ ，两个引脚内部都有 ESD 保护电路。
23, 33, 44	GND	电源	数字地引脚
24	TEST	输入	测试管脚，平时接地，Schmitt Trigger 类型。内部做 $47K$ 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，Schmitt Trigger 类型；内部可编程为 $300k$ 上拉电阻或 floating。
27	CF1	输出	频率校验输出，常用于有功功率的校验；也可以用来做有功电能计量。
28	CF2	输出	频率校验输出，常用于无功功率的校验；也可以用来做无功电能计量。
29	NC	——	不连接
30	CF3	输出	频率校验输出，常用于视在功率的校验；也可以用来做视在电能计量。
31	CF4	输出	频率校验输出，常用于基波有功功率的校验；也可以用来做基波有功电能计量。
32	TEST	输入	测试管脚，应用时请务必接地。
34, 41	VCC	电源	数字电源引脚；正常工作电源电压应保持在 $3.3V \pm 5\%$ ，该引脚应使用 $10\mu F$ 电容并联 $100nF$ 瓷介电容进行去耦。
35	CS	输入	选择信号，它是 SPI 接口的一部分；由 Host MCU 产生，低有效，若 CS 为高，则 DOUT 为高阻态，Schmitt Trigger 类型。内部可编程为 $300k$ 上拉电阻或 floating。
36	SCLK	输入	为同步串行接口配置的串行时钟，由 Host MCU 产生，该管脚为 Schmitt Trigger 类型，可以方便接收由光耦传送过来的信号。内部可编程为 $300k$

37	DIN	输入	上拉电阻或 floating。 串行接口的数据输入；来自 Host MCU；SCLK 下降沿是有效数据，Schmitt Trigger 类型。内部可编程为 300k 上拉电阻或 floating。
38	DOUT	输出	串行接口的数据输出；SCLK 上升沿放出数据；下降沿是有效数据。
39	VDD	电源	数字电源 1.8V。外接 10 μ F 钽电容并联 100nF 瓷介电容进行去耦。
40	REVP	输出	逻辑输出，任意相功率为负时输出高电平；当再次检测到正功率时，该引脚的输出为低。
42	OSCI	输入	系统晶振的输入端，或是外灌的系统时钟输入。 (默认为 5.5296MHz)，集成起振电路 10M 电阻
43	OSCO	输出	晶振的输出端

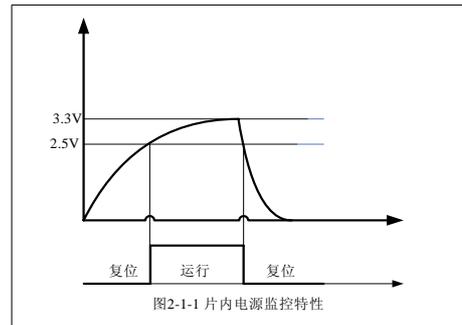
§ 1.5 应用示意图



§ 2 系统功能

§ 2.1 电源监测电路

ATT7122A 片内包含一套电源监控电路，连续对模拟电源(AVCC)进行监控。当电源电压低于 $2.5V \pm 5\%$ 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 $3.3V \pm 5\%$ 。



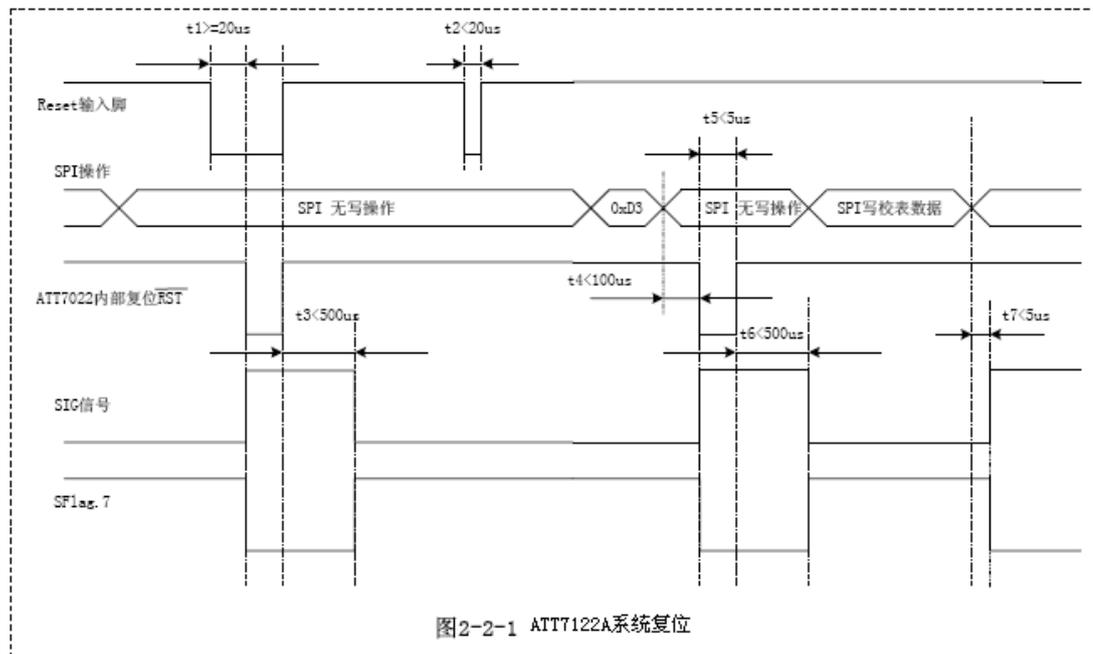
§ 2.2 系统复位

ATT7122A 提供两种复位方位：硬件复位和软件复位。

硬件复位通过外部引脚 RESET 完成，RRSET 引脚内部有 47K 上拉电阻，所以正常工作时为高电平，当 RESET 出现大于 20 μ s 的低电平时，ATT7122A 进入复位状态，当 RESET 变为高电平时 ATT7122A 将从复位状态进入正常工作状态。

软件复位通过 SPI 接口完成，当往 SPI 口写入 0xD3 命令后，系统就进行一次复位，复位之后 ATT7122A 从初始状态开始运行。

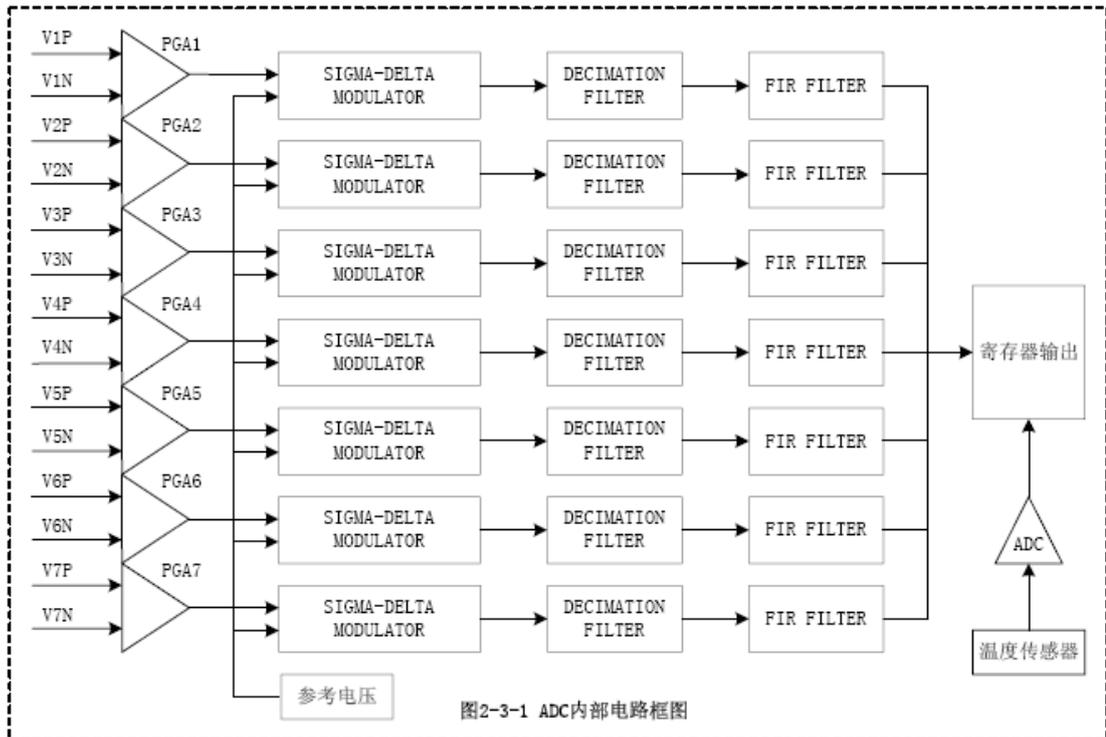
ATT7122A 在复位状态下 SIG 信号为高电平，当 ATT7122A 从复位到工作状态之后，大约经过 500 μ s 左右，SIG 将从高电平变为低电平，此时芯片开始进入正常工作状态，方可写入校表数据，一旦写入校表数据之后，SIG 又会立刻变为高电平。



§ 2.3 模数转换

ATT7122A 片内集成了 7 路 19 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 0.7V，建议将电压通道 Un 对应到 ADC 的输入选在 0.22V 左右 而电流通道 Ib 时的 ADC 输入选在 0.05V 左右。参考电压 Refcap 典型值是 1.2V。

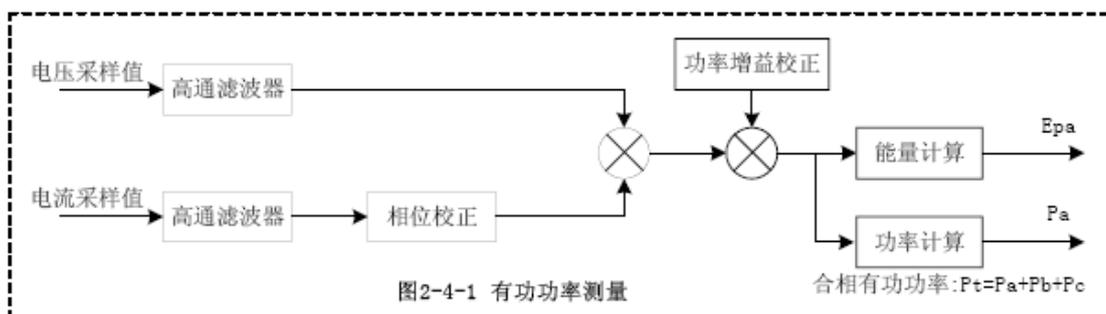
ATT7122A 内部 ADC 系统框图：



§ 2.4 有功功率测量

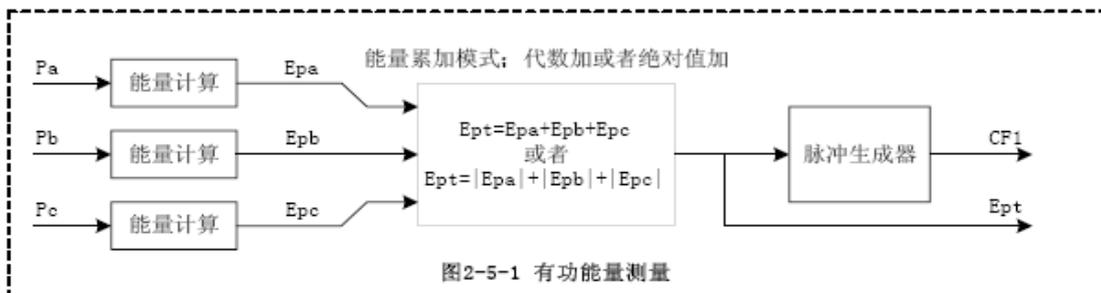
各相的有功功率是通过去直流分量后的电流、电压信号进行乘法、加法、数字滤波等一系列数字信号处理后得到的。电压、电流采样数据中包含高达 21 次的谐波信息，所以依据公式 $P = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^N U(n) I(n)$ 计算得到的有功功率也至少包含 21 次谐波信息。有功功率的

测量原理图如下图所示，合相有功功率 $P_t = P_a + P_b + P_c$ 。



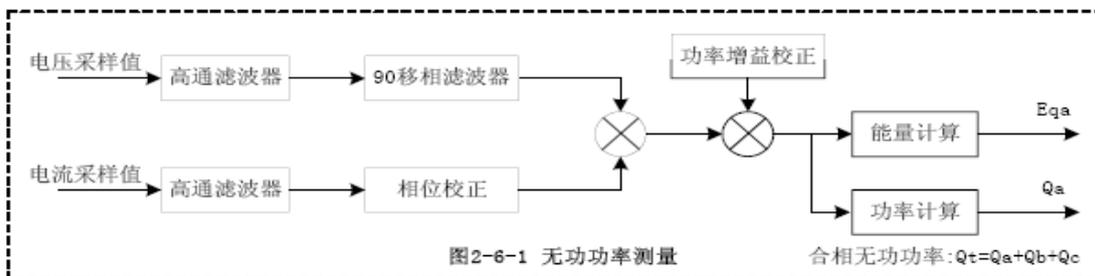
§ 2.5 有功能量测量

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。代数和模式 $E_{pt} = E_{pa} + E_{pb} + E_{pc}$ ，而绝对值加模式 $E_{pt} = |E_{pa}| + |E_{pb}| + |E_{pc}|$ 。如图所示。



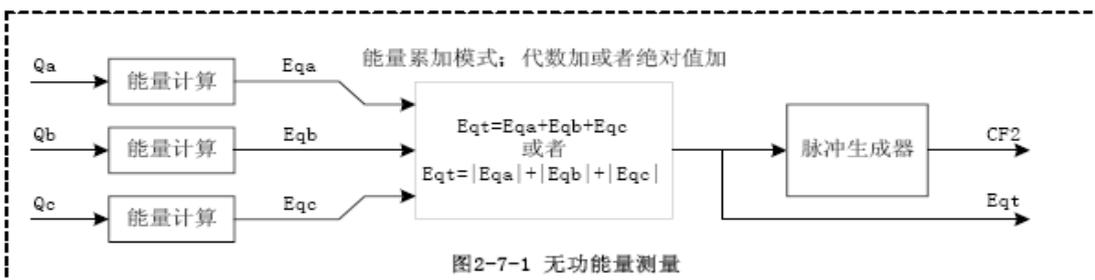
§ 2.6 无功功率测量

根据真无功功率（正弦式无功功率）定义公式，无功功率 $P = \sum_{n=0}^N U_n I_n \cdot \sin(\phi)$ ，无功功率计量算法与有功类似，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，ATT7122A 无功功率的测量带宽也可高达 21 次谐波。



§ 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为： $E_q = \int q(t) dt$ 。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。代数和模式 $E_{qt} = E_{qa} + E_{qb} + E_{qc}$ ，而绝对值加模式 $E_{qt} = |E_{qa}| + |E_{qb}| + |E_{qc}|$ 。如图所示。



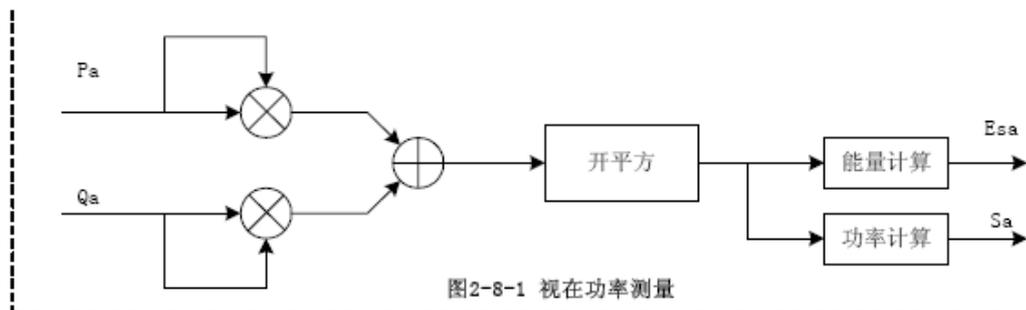
§ 2.8 视在功率测量

视在功率有两类计算公式：

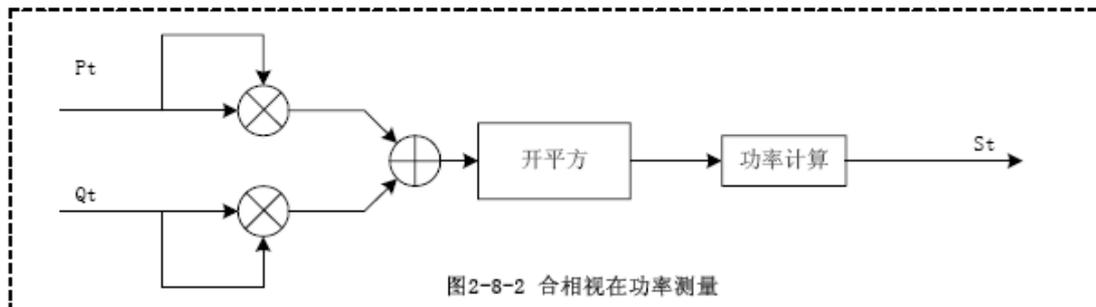
PQS 视在功率公式一： $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

RMS 视在功率公式二： $S = U_{rms} * I_{rms}$

由于 ATT7122A 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 很方便的实现，所以 ATT7122A 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。



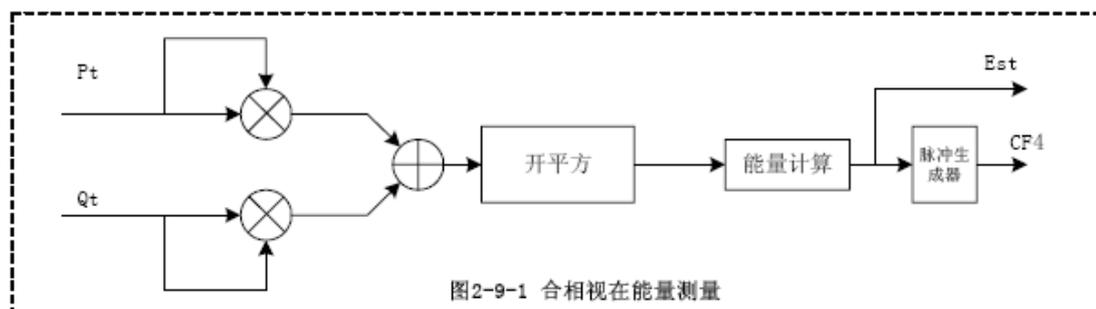
关于合相视在功率，ATT7122A 按照公式一，根据合相有功功率和合相无功功率计算得到，如下图所示。



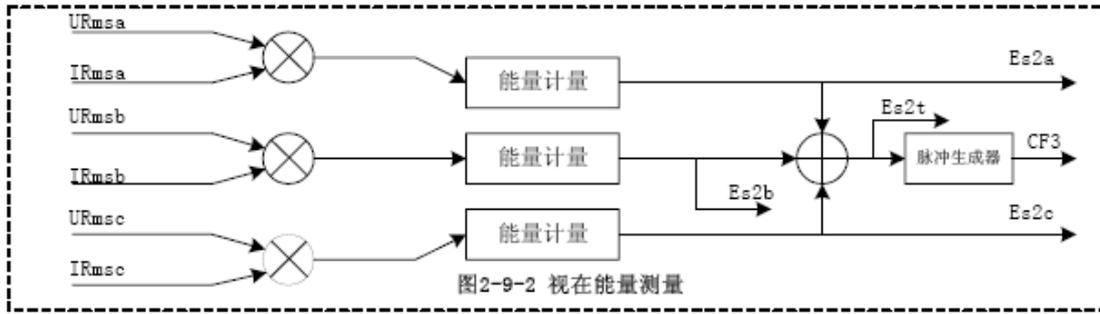
§ 2.9 视在能量测量

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 ATT7122A 提供这两类的视在能量，通过寄存器控制位选择。

按照公式一计算 PQS 视在能量，如下图所示。

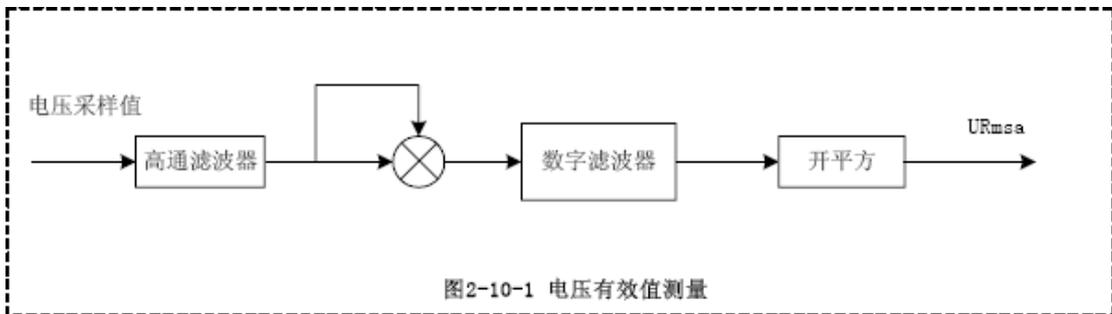


按照公式二计算 RMS 视在能量，如下图所示。



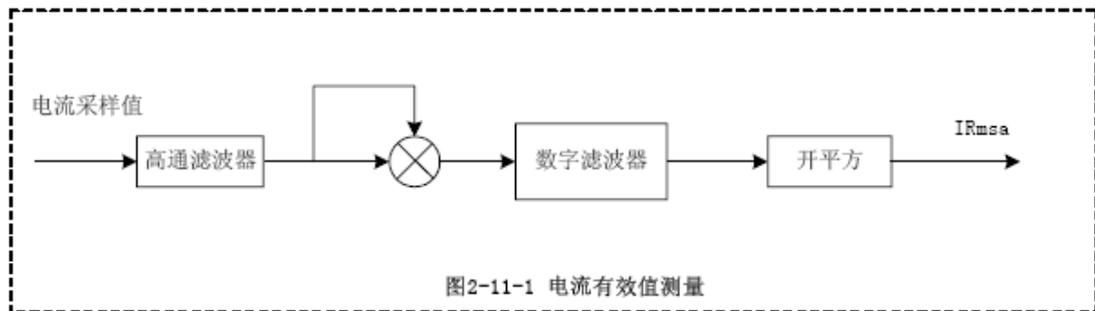
§ 2.10 电压有效值测量

通过对电压采样值进行平方、开方已经数字滤波等一系列运算得到。电压通道输入 700mV 到 5mV 的信号时电压有效值的误差小于 0.5%。



§ 2.11 电流有效值测量

通过对电流采样值进行平方、开方已经数字滤波等一系列运算得到。电压通道输入 700mV 到 1mV 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

ATT7122A 可以直接输出电压频率参数，ATT7122A 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，可准确测量的电压线频率范围为 10Hz~500Hz。

§ 2.13 功率因数测量

功率因素计算公式：
$$Pf = \frac{abs(P)}{abs(S)}$$

§ 2.14 电压电流相角测量

ATT7122A 提供相角检测功能， φ 表示为 $\pm 180^\circ$ 。

§ 2.15 电压夹角测量

ATT7122A 电压夹角测量分辨率为 0.1 度，提供三个寄存器 YUaUb、YUaUc、YUbUc 分别表示 AB/AC/BC 电压的夹角，范围位 0~360 度。数据更新时间为 3Hz 左右。

§ 2.16 电压相序检测

ATT7122A 提供电压的相序检测功能，三相四线和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，ATT7122A 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。

§ 2.17 电流相序检测

ATT7122A 提供电流相序检测功能，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，ATT7122A 也认为是电流错序。

§ 2.18 起动潜动设置

ATT7122A 提供 2 种方式实现能量计量的起动和潜动，一是电流阈值，即判断电流是否小于启动阈值实现起动与潜动，当 ATT7122A 检测到某相电流大于启动阈值时，该相能量就开始计量，也就是可以起动，而当检测到某相电流小于启动阈值时，该相能量停止计量，也就是处于潜动状态。二是根据功率阈值判断，即判断有功功率和无功功率是否同时小于启动功率阈值实现起动与潜动，当 ATT7122A 检测到某相有功功率或无功功率大于启动功率阈值，该相能量就开始计量，即起动，当某相有功功率和无功功率同时小于启动功率阈值，该相能量停止计量，即潜动。

§ 2.19 功率方向判断

ATT7122A 实时提供功率方向指示，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的有功功率都为正时，REVP 才恢复为低电平。

§ 2.20 失压检测

ATT7122A 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。ATT7122A 上电复位后失压阈值设置会根据前选择的工作模式（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 150mV 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。

§ 2.21 硬件端口检测

ATT7122A 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，ATT7122A 外部端口输入主要有 SEL，用于选择芯片工作在三相三线还是三相四线模式。

§ 2.22 片上温度检测

ATT7122A 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 0.8℃左右。

§ 2.23 基波测量功能

ATT7122A 专门提供基波有功电能测量功能，将电压和电流信号中的基波成分分离出来，直接提供精确的基波有功功率以及基波有功电能的计量。其中基波电压/电流有效值、基波有功功率分别放在不同的寄存器，便于用户同时取得基波和全波数据计算畸变率，基波有功能量脉冲通过 CF4 输出。

基波抽取滤波器用于完成基波测量功能，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。

§ 2.24 三相三线与三相四线应用

ATT7122A 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 ATT7122A 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：

$$P_3 = \dot{U}_{AB} \dot{I}_A + \dot{U}_{CB} \dot{I}_C$$
$$Q_3 = \dot{U}_{AB} \dot{I}_A \angle 90^\circ + \dot{U}_{CB} \dot{I}_C \angle 90^\circ$$
$$S_3 = \sqrt{P_3^2 + Q_3^2}$$

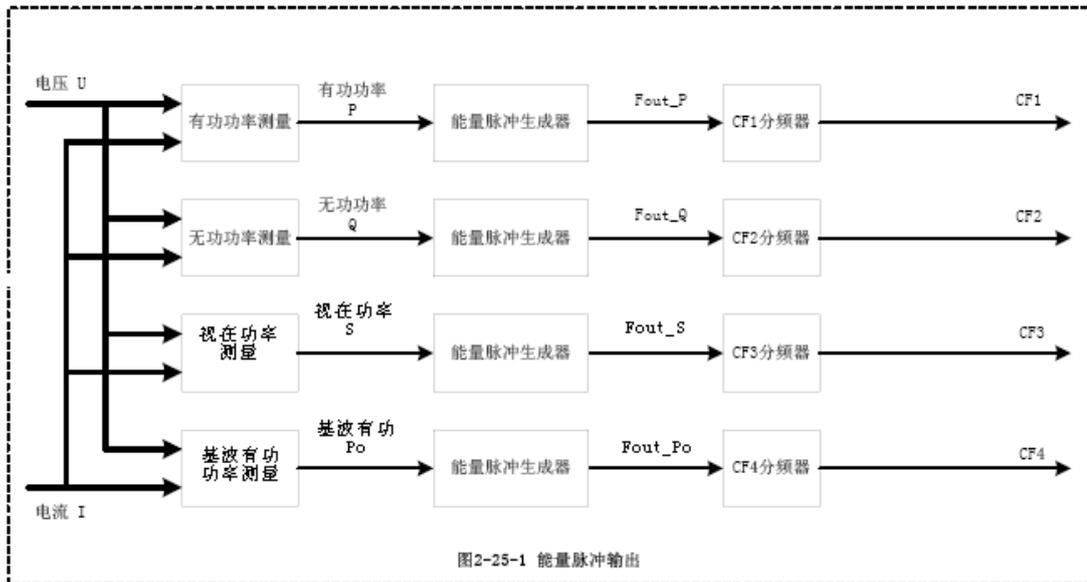
在三相三线模式下 ATT7122A 的 B 相通道不参加功率计量，只有 A 相和 C 相通道参与

三相三线的测量。但是 ATT7122A 可以将 B 通道的参数单独放出，只要在 B 相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 通道的电压和电流通道上所加的信号不会对三相三线的正常测量产生不良影响。

另外三相三线模式下.Urmsb 寄存器可选择 B 通道输入信号，也可选择通过内部矢量方式直接计算 Uac 有效值。

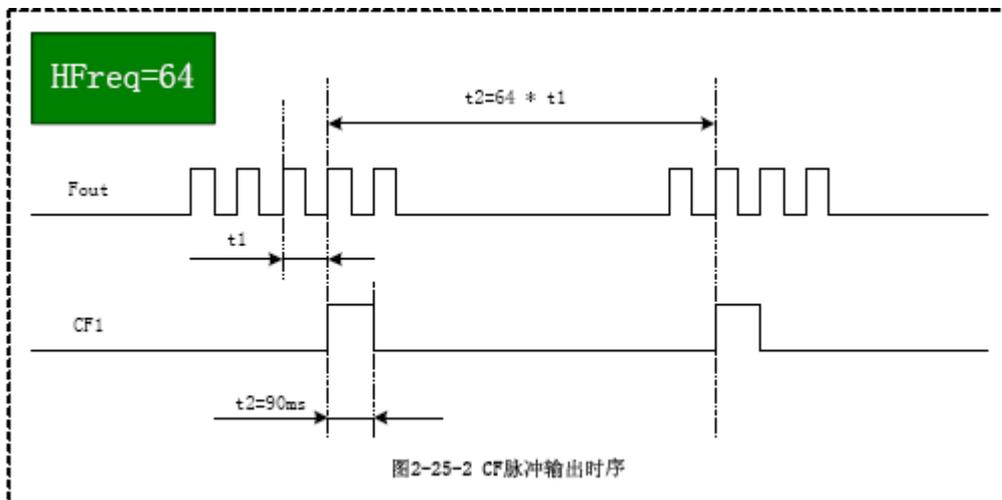
§ 2.25 能量脉冲输出

ATT7122A 提供 4 个高频脉冲输出 CF1/CF2/CF3/CF4，分别对应全波有功电能、全波无功电能、全波视在电能和基波有功电能。



电压、电流信号经过变换后在功率测量信号处理电路中相乘等到瞬时功率，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，并将结果变换成频率信号，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。

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 ADC 采样数据缓冲功能

ATT7122A 内建一个长度为 1024*16bit 的缓存存储区，用以实时保存原始采样数据，供用户做进一步的分析。用户发送命令(任务开始+预定 channel 的数据)后，ATT7122A 在每个采样周期将相应的 ADC 数据保存到缓存中，直到缓存满为止。只要不发送新的命令，缓存的数据会保持上一次的数据。

用户可以随时读取缓存的内容。通过 C1 命令改变 gWaveAddress，用户可以任意指定要读的缓存的起始地址；每读一次缓存后，该地址会自加一，大于缓存长度后，会变为 0。

读有效数据的方法是，用户可以等待相应采样间隔以上的时间内，去读取缓存的内容(比如：单通道时 1024 个采样间隔时间，双通道 512 个采样间隔时间，缓冲数据采样率可通过寄存器配置)。或者，读取地址小于 ptrWaveFormRd 的内容。(ptrWaveFormRd 为 ATT7122A 内部保存数据时的指针，对应于 7E 的内容。)

SPI 读取到的数据格式：高 8bit 为 0，低 2byte 为 16bit 的 ADC 数据。多通道时的数据为实际的存储顺序，以 UA UB UC 为例，在缓存中的数据依次为 UA0 UB0 UC0 UA1 UB1 UC1 ...UA340 UB340 UC340 UA341。

§ 2.27 同步采样数据缓冲功能

为便于用户实现分次谐波功能，ATT7122A 额外提供同步采样数据缓冲功能，同时将 7 路 ADC 的同步采样存储在 1024*16bit 的缓冲存储器中。ATT7122A 根据外部输入信号频率调整采样率，实现在 EMU 时钟为 921.6kHz 下，每周期 64 点数据。用户发送命令 (0xC5+0x0020) 启动自动同步采样功能，ATT7122A 根据内部计量的频率信息自动调整采样率后开始将同步采样数据保存到缓存中，直到存满为止，只要不重新发送新的缓冲存储命令，缓存的数据会一直保持上一次的数据。

同样的用户也可以使用手动方式 (0xC5+0x21)，自己根据 ATT7122A 计量的频率值计算同步数据系数写入到 0xC4 中，调整缓冲数据采样率，再启动同步采样缓冲功能。

同步采样数据存储到缓冲区后，用户可以随时读取缓存的内容。通过 C1 命令改变 gWaveAddress，用户可以任意指定要读的缓存的起始地址；每读一次缓存后，该地址会自加一，大于缓存长度后，会变为 0。

读有效数据的方法是，用户可以等待相应采样间隔以上的时间内，去读取缓存的内容。或者，读取地址小于 ptrWaveFormRd 的内容。(ptrWaveFormRd 为 ATT7122A 内部保存数据时的指针，对应于 7E 的内容。)

SPI 读取到的数据格式：高 8bit 为 0，低 2byte 为 16bit 的 ADC 数据。7 路 ADC 数据的存储顺序为 Ua、Ub、Uc、Ia、Ib、Ic、In。

§ 2.28 参数输出寄存器定义

计量参数寄存器列表(Read Only)

地址	名称	字长	复位值	功能描述
00H	r_DeviceID	——	0x705200	Device ID
01H	r_Pa	3	0x000000	A 相有功功率
02H	r_Pb	3	0x000000	B 相有功功率

03H	r_Pc	3	0x000000	C 相有功功率
04H	r_Pt	3	0x000000	合相有功功率
05H	r_Qa	3	0x000000	A 相无功功率
06H	r_Qb	3	0x000000	B 相无功功率
07H	r_Qc	3	0x000000	C 相无功功率
08H	r_Qt	3	0x000000	合相无功功率
09H	r_Sa	3	0x000000	A 相视在功率
0AH	r_Sb	3	0x000000	B 相视在功率
0BH	r_Sc	3	0x000000	C 相视在功率
0CH	r_St	3	0x000000	合相视在功率
0DH	r_UaRms	3	0x000000	A 相电压有效值
0EH	r_UbRms	3	0x000000	B 相电压有效值
0FH	r_UcRms	3	0x000000	C 相电压有效值
10H	r_IaRms	3	0x000000	A 相电流有效值
11H	r_IbRms	3	0x000000	B 相电流有效值
12H	r_IcRms	3	0x000000	C 相电流有效值
13H	r_ItRms	3	0x000000	三相电流矢量和有功有效值
14H	r_Pfa	3	0x000000	A 相功率因数
15H	r_Pfb	3	0x000000	B 相功率因数
16H	r_Pfc	3	0x000000	C 相功率因数
17H	r_Pft	3	0x000000	合相功率因数
18H	r_Pga	3	0x000000	A 相电流与电压相角
19H	r_Pgb	3	0x000000	B 相电流与电压相角
1AH	r_Pgc	3	0x000000	C 相电流与电压相角
1BH	r_INTFlag	3	0x000000	中断标志, 读后清零
1CH	r_Freq	3	0x000000	线频率
1DH	r_EFlag	3	0x000000	电能寄存器的工作状态, 读后清零
1EH	r_Epa	3	0x000000	A 相有功电能 (可配置为读后清零)
1FH	r_Epb	3	0x000000	B 相有功电能 (可配置为读后清零)
20H	r_Epc	3	0x000000	C 相有功电能 (可配置为读后清零)
21H	r_Ept	3	0x000000	合相有功电能 (可配置为读后清零)
22H	r_Eqa	3	0x000000	A 相无功电能 (可配置为读后清零)
23H	r_Eqb	3	0x000000	B 相无功电能 (可配置为读后清零)
24H	r_Eqc	3	0x000000	C 相无功电能 (可配置为读后清零)
25H	r_Eqt	3	0x000000	合相无功电能 (可配置为读后清零)
26H	r_YUaUb	3	0x000000	Ua 与 Ub 的电压夹角
27H	r_YUaUc	3	0x000000	Ua 与 Uc 的电压夹角
28H	r_YUbUc	3	0x000000	Ub 与 Uc 的电压夹角
29H	r_RmsADC7	3	0x000000	第七路 ADC 输入信号的有效值
2AH	r_TPSD	3	0x000000	温度传感器的输出
2BH	r_UtRms	3	0x000000	三相电压矢量和有功有效值
2CH	r_Sflag	3	0x000000	存放断相、相序、SIG 等标志状态

2DH	——	3	0x0000000	REAVERE
2EH	——	3	0x000000	REAVERE
2FH	r_Sample_IA	3	0x000000	A 相电流通道 ADC 采样数据
30H	r_Sample_IB	3	0x000000	B 相电流通道 ADC 采样数据
31H	r_Sample_IC	3	0x000000	C 相电流通道 ADC 采样数据
32H	r_Sample_UA	3	0x000000	A 相电压通道 ADC 采样数据
33H	r_Sample_UB	3	0x000000	B 相电压通道 ADC 采样数据
34H	r_Sample_UC	3	0x000000	C 相电压通道 ADC 采样数据
35H	r_Esa	3	0x000000	A 相视在电能 (可配置为读后清零)
36H	r_Esb	3	0x000000	B 相视在电能 (可配置为读后清零)
37H	r_Esc	3	0x000000	C 相视在电能 (可配置为读后清零)
38H	r_Est	3	0x000000	合相视在电能 (可配置为读后清零)
39H	r_FstCntA	3	0x000000	A 相快速脉冲计数
3AH	r_FstCntB	3	0x000000	B 相快速脉冲计数
3BH	r_FstCntC	3	0x000000	C 相快速脉冲计数
3CH	r_FstCntT	3	0x000000	合相快速脉冲计数
3DH	r_PFlag	3	0x000000	有功/无功功率方向, 正向为 0, 负向为 1
3EH	r_ChkSum	3	0x023B1B	校表数据校验和(三相四线模式下)
		3	0x02471B	校表数据校验和(三相三线模式下)
3FH	r_InstADC7	3	0x000000	第七路 ADC 采样数据输出
40H	r_LinePa	3	0x000000	A 相基波有功功率
41H	r_LinePb	3	0x000000	B 相基波有功功率
42H	r_LinePc	3	0x000000	C 相基波有功功率
43H	r_LinePt	3	0x000000	合相基波有功功率
44H	r_LineEpa	3	0x000000	A 相基波有功电能 (可配置为读后清零)
45H	r_LineEpb	3	0x000000	B 相基波有功电能 (可配置为读后清零)
46H	r_LineEpc	3	0x000000	C 相基波有功电能 (可配置为读后清零)
47H	r_LineEpt	3	0x000000	合相基波有功电能 (可配置为读后清零)
48H	r_LineUaRrms	3	0x000000	基波 A 相电压有效值
49H	r_LineUbRrms	3	0x000000	基波 B 相电压有效值
4AH	r_LineUcRrms	3	0x000000	基波 C 相电压有效值
4BH	r_LineIaRrms	3	0x000000	基波 A 相电流有效值
4CH	r_LineIbRrms	3	0x000000	基波 B 相电流有效值
4DH	r_LineIcRrms	3	0x000000	基波 C 相电流有效值
4EH	r_LEFlag	3	0x000000	基波电能寄存器的工作状态, 读后清零
7CH	r_BckReg	3	0x0000000	通讯数据备份寄存器
7DH	r_ComChksum	3	0x000000	通讯校验和寄存器
7EH	r_PtrWavebuff	3	0x000000	缓冲数据指针, 指示内部缓冲 buffer 已有数据长度
7FH	r_WaveBuff	3	0x000000	缓冲数据寄存器, 内部自增益, 重复读取直至读完缓冲数据长度

§ 2.29 参数输出寄存器说明

§ 2.29.1 功率寄存器（地址：0x01~0x0C, 0x40~0x43）

寄存器列表：

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
Addr	0x40	0x41	0x42	0x43								
Reg	LinePa	LinePb	LinePc	LinePt								

ATT7122A 功率寄存器采用补码形式给出，最高位是符号位，所以根据 ATT7122A 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 $X > 2^{23}$ ，则 $XX = X - 2^{24}$

否则 $XX = X$

实际的 A/B/C 分相功率参数为：XXX=XX/K（其中 K 为功率参数系数，所有功率参数共用）。

A/B/C 合相功率参数：T

T: 24 位数据，补码形式

如果 $T > 2^{23}$ ，则 $TT = T - 2^{24}$

否则 $TT = T$

实际的 A/B/C 分相功率参数为：TTT=TT*2/K（其中 K 为功率参数系数，所有功率参数共用）。

单位：功率单位是瓦(W)，功率系数 $K = G * G * V_u * V_i * 2^{23} / (U_n * I_b)$ 。

注：为得到准确的功率系数 K，建议采用公式计算： $K = HFconst * EC * 2^{23} / (2.592 * 10^{10})$

其中 HFconst 为寄存器 HFconst 写入值，EC 为电表常数。

§ 2.29.2 有效值寄存器（地址：0x0D~0x013、0x29、0x2B，0x48~0x4D）

寄存器列表：

Addr	0x0D	0x0E	0x0F	0x10	0x11	0x12	0x13	0x2B	0x29
Reg	UaRms	UbRms	UcRms	IaRms	IbRms	IcRms	ItRms	UtRms	RmsADC7

Addr	0x48	0x49	0x4A	0x4B	0x4C	0x4D
Reg	LineUaRrms	LineUaRrms	LineUaRrms	LineUaRrms	LineUaRrms	LineUaRrms

ATT7122A 有效值寄存器采用补码形式给出，最高位是符号位，有效值总是大于或者等于 0，所以有效值的符号位始终为 0。

分相 Vrms: 24 位数据，补码形式

实际分相电压(电流)有效值为: $U_{rms}(I_{rms})=V_{rms}/2^{13}$

合相 Vrms: 24 位数据，补码形式

实际合相电压(电流)有效值为: $U_{rms}(I_{rms})=V_{rms}/2^{12}$

单位为: 伏特(V)或者安培(A)。

§ 2.29.3 功率因数寄存器 (地址: 0x14~0x017)

寄存器列表:

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

ATT7122A 功率因数寄存器采用补码形式给出，最高位是符号位，功率因数的符号位由有功功率的符号位决定。

PF: 24 位数据，补码形式

如果 $PF > 2^{23}$, 则 $PFF = PF - 2^{24}$

否则 $PFF = PF$

实际功率因数为: $pf = PFF / 2^{23}$

§ 2.29.4 电压与电流夹角寄存器 (地址: 0x18~0x1A)

寄存器列表:

Addr	0x18	0x19	0x1A	
Reg	Pfa	Pfb	Pfc	

相角寄存器采用补码形式给出，高 4 位是符号位，表示 $-180^\circ \sim +180^\circ$ 之间的夹角。

θ : 21 位数据，补码形式

如果 $\theta > 2^{20}$, 则 $\alpha = \theta - 2^{24}$

否则 $\alpha = \theta$

实际相角为: $Pg = \alpha / 2^{20} * 180$ 度

或者 $Pg = \alpha / 2^{20} * \pi$ 弧度

§ 2.29.5 电压夹角寄存器 (地址: 0x26~0x28)

寄存器列表:

Addr	0x18	0x19	0x1A	
Reg	YUaUb	YUaUc	YUbUc	

电压夹角寄存器采用补码形式给出，高 4 位是符号位，表示 $0^\circ \sim 360^\circ$ 之间的夹角。电压夹角测量精度在 0.1 度左右，三个电压夹角寄存器 YUaUb/ YUaUc/ YUbUc 分别表示 AB/AC/BC 电压的夹角。

θ : 21 位数据，补码形式

电压夹角公式为： $YUaUb=YUaUb/2^{20} \times 180$ 度
或者 $YUaUb=YUaUb/2^{20} \times \pi$ 弧度

§ 2.29.6 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： $f=Freq/2^{13}$
单位：赫兹(Hz)

§ 2.29.7 能量寄存器（地址：0x1E~0x25, 0x35~0x38, 0x44~0x47）

寄存器列表：

Addr	0x1E	0x1F	0x20	0x21	0x22	0x23	0x24	0x25
Reg	Epa	Epb	Epc	Ept	Eqa	Eqb	Eqc	Eqd
Addr	0x35	0x36	0x37	0x38	0x44	0x45	0x46	0x47
Reg	Esa	Esb	Esc	Est	LineEpa	LineEpb	LineEpc	LineEpd

ATT7122A 提供的能量寄存器可配置为：累加型能量寄存器和清零型能量寄存器，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。

如设定的脉冲常数为 3200imp/kwh，则这些能量寄存器的单位为 1/3200kwh。

§ 2.29.8 快速脉冲计数寄存器（地址：0x39~0x3C）

寄存器列表：

Addr	0x39	0x3A	0x3B	0x3C
Reg	FstCntA	FstCntB	FstCntC	FstCntT

为了防止上下电时丢失电能，ATT7122A 提供快速脉冲计数寄存器。当快速脉冲计数寄存器 FstCntA / FstCntB / FstCntC / FstCntT 计数的值大于等于 HFconst 时，相应的能量寄存器 Epa / Epb / Epc / Ept 会相应的加 1。

快速脉冲计数寄存器：24 位寄存器，无符号数

该参数与设定的高频脉冲常数 HFconst 及脉冲常数 EC 有关。

如设定的高频脉冲常数 HFconst=0x100=256，脉冲常数 EC=3200imp/kwh，则快速脉冲计数寄存器的单位为：1/256/3200kwh

§ 2.29.9 标志状态寄存器（地址：0x2C）

EMU Statut Flag (r_SFlag)			Address: 2CH					
	Bit23	22	21	20	19	18	17	Bit16
Read:					Line Cstart	Line Bstart	Line Astart	
Reset:					0	0	0	
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read:	Sync_err	Sync_ready	Negq	Negp	Cstart	Bstart	Astart	
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	SIG	Revq	Revp	Iorder	Uorder	PC	PB	PA
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

该寄存器用于指示 ATT7122A 内部状态。

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

Bit05 = 1 表示任意相有功功率为负

Bit06 = 1 表示任意相无功功率为负

Bit07: 上电复位后, SIG 信号自动变低, 同时将 SFlag.7 置高; 当 SPI 写入数据后, SIG 信号自动变高的同时 SFlag.7 自动变低, 即 SFlag 的 bit07SIG 标志位与硬件 SIG 信号是玩完全同步的。

Bit09 = 1 表示 A 相处于潜动状态

Bit10 = 1 表示 B 相处于潜动状态

Bit11 = 1 表示 C 相处于潜动状态

Bit12 = 1 表示合相有功功率为负

Bit13 = 1 表示合相无功功率为负

Bit14 = 1 表示同步数据缓存完毕, Sync_En 写 0 清除。

Bit15 = 1 表示同步数据功能系数超出范围, ync_En 写 0 清除。

Bit17 = 1 表示 A 相基波处于潜动状态

Bit18 = 1 表示 B 相基波处于潜动状态

Bit19 = 1 表示 C 相基波处于潜动状态

§ 2.29.10 电能寄存器工作状态寄存器（地址：0x1D）

EMU Interrupt Flag (r_INTFlag)			Address: 1DH					
	Bit23	22	21	20	19	18	17	Bit16

Read:								
Reset:								
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read:					StOV	ScOV	SbOV	SaOV
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	QtOV	QcOV	QbOV	QaOV	PtOV	PcOV	PbOV	PaOV
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

该寄存器读后自动清零。当电能寄存器采用累加方式时，用于指示电能寄存器是否发生过溢出。

Bit0~3: A/B/C/合相有功电能溢出

Bit4~7: A/B/C/合相无功电能溢出

Bit8~11: A/B/C/合相视在电能溢出

§ 2.29.11 功率方向寄存器（地址：0x3D）

Power Flag (r_PFlag)		Address: 3DH						
	Bit23	22	21	20	19	18	17	Bit16
Read:								
Reset:								
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	QtSign	QcSign	QbSign	QaSign	PtSign	PcSign	PbSign	PaSign
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

功率方向指示寄存器，用于指示 A/B/C/合相有功及无功功率的方向。

Bit00~03: A/B/C/合相有功功率的方向

Bit04~07: A/B/C/合相无功功率的方向

§ 2.29.12 中断标志寄存器（地址：0x1B）

EMU Interrupt Flag (r_INTFlag)		Address: 1BH						
	Bit23	22	21	20	19	18	17	Bit16
Read:								
Reset:								

	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read:		TPS_Ok	BufferFull	CF3	CF2	CF1		
Reset:	0	0						
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:			WaveIE	UcZx	UbZx	UaZx	Updata	SIG
Reset:			0	0	0	0	0	0

当中断使能标志打开后，发生相应事件

Bit0: SIG 信号

Bit1: Updata——计量参数更新标志

Bit2~4: UaZx/UbZx/UcZx ——A/B/C 相电压过零中断标志位

Bit5: WaveIE ——ADC 采样数据寄存器数据更新

Bit10~12: CFX ——CFX 脉冲输出标志

Bit13: BufferFull——缓冲 buffer 满标志

Bit14: TPS_Ok——TPS 转换结束标志

§ 2.29.13 ADC 采样数据寄存器（地址：0x2F~0x34、0x3F）

Addr	0x2F	0x30	0x31	0x32	0x33	0x34	0x3F
Reg	Sample_IA	Sample_IB	Sample_IC	Sample_UA	Sample_UB	Sample_UC	InstADC7

ADC 采样数据为 20 位补码数据，高位为符号位，即 bit19~23 为符号位，实时存储 ADC 采样数据，可配合中断 WaveIE 得到 ADC 实时采样数据。

§ 2.29.14 校表数据校验和寄存器（地址：0x3E）

ATT7122A 提供校验和寄存器 ChkSum，用于存放 ATT7122A 内部所有校表数据的校验和，外部 MCU 可以检测这个寄存器的值来监控 ATT7122A 的校表数据是否错乱。注意，校验和是从地址 0x01 到 0x35 的所有校表数据之和，采用无符号方式累加，且只保留低 24 位。

§ 2.29.15 通讯数据备份寄存器（地址：0x2D）

BCKREG 寄存器是保存上一次 SPI 通讯传输的数据，共 3 个字节，分别存储 SPI 通讯读取数据或者写入的上一次数据的高，中，低字节。

§ 2.29.16 通讯校验和寄存器（地址：0x2E）

通讯校验和寄存器：每次 SPI 通讯的命令和数据都被累加放入 r_ComChkSum 寄存器的低两个字节。ComChecksum 的高 8 位 bit16....bit23 会保存 SPI 通讯的上一次的命令。

SPI 通讯中的数据为单字节长度的加法。

§ 3 校表方法

§ 3.1 软件校表

ATT7122A 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 0.2S，无功精度 1 级。

精度校正主要分增益校正和角差校正两部分。增益校正在功率因数 1.0 时进行，而角差校正在 0.5L 时完成。

ATT7122A 还可以通过寄存器对电流、电压有效值进行修正，通过 HFconst 寄存器设定高频脉冲输出频率，以及通过 Istartup 寄存器设置启动电流。

§ 3.2 校表寄存器定义

校表参数寄存器列表：(Read/Write)

地址	名称	字长	复位值	功能描述
00	Reserved	2	0xAAAA	校表参数寄存器起始标志
01	w_ModeCfg	2	0x09FE	模式相关控制
02	w_PGACtrl	2	0x0000	ADC 增益选择
03	w_EMUCfg	2	0xF804	EMU 模块配置寄存器
04	w_PgainA	2	0x0000	A 相有功功率增益
05	w_PgainB	2	0x0000	B 相有功功率增益
06	w_PgainC	2	0x0000	C 相有功功率增益
07	w_QgainA	2	0x0000	A 相无功功率增益
08	w_QgainB	2	0x0000	B 相无功功率增益
09	w_QgainC	2	0x0000	C 相无功功率增益
0A	w_SgainA	2	0x0000	A 相视在功率增益
0B	w_SgainB	2	0x0000	B 相视在功率增益
0C	w_SgainC	2	0x0000	C 相视在功率增益
0D	w_PhSregA	2	0x0000	REAVERE
0E	w_PhSregB	2	0x0000	REAVERE
0F	w_PhSregC	2	0x0000	REAVERE
10	w_PhSregApq	2	0x0000	A 相相位校正——PQ 方式
11	w_PhSregBpq	2	0x0000	B 相相位校正——PQ 方式
12	w_PhSregCpq	2	0x0000	C 相相位校正——PQ 方式
13	w_PoffsetA	2	0x0000	A 相有功功率 offset 校正
14	w_PoffsetB	2	0x0000	B 相有功功率 offset 校正
15	w_PoffsetC	2	0x0000	C 相有功功率 offset 校正
16	w_QPhscal	2	0xFF00	无功相位校正
17	w_UgainA	2	0x0000	A 相电压增益
18	w_UgainB	2	0x0000	B 相电压增益
19	w_UgainC	2	0x0000	C 相电压增益

1A	w_IgainA	2	0x0000	A 相电流增益
1B	w_IgainB	2	0x0000	B 相电流增益
1C	w_IgainC	2	0x0000	C 相电流增益
1D	w_Istarup	2	0x0160	起动电流阈值设置
1E	w_Hfconst	2	0x0500	高频脉冲输出设置
1F	w_FailVoltage	2	0x0600	失压阈值设置（三相四线模式）
		2	0x1200	失压阈值设置（三相三线模式）
20	w_GainADC7	2	0x0000	第七路 ADC 输入信号增益
21	w_QoffsetA	2	0x0000	A 相无功功率 offset 校正
22	w_QoffsetB	2	0x0000	B 相无功功率 offset 校正
23	w_QoffsetC	2	0x0000	C 相无功功率 offset 校正
24	w_UaRmsoffse	2	0x0000	A 相电压有效值 offset 校正
25	w_UbRmsoffse	2	0x0000	B 相电压有效值 offset 校正
26	w_UcRmsoffse	2	0x0000	C 相电压有效值 offset 校正
27	w_IaRmsoffse	2	0x0000	A 相电流有效值 offset 校正
28	w_IbRmsoffse	2	0x0000	B 相电流有效值 offset 校正
29	w_IcRmsoffse	2	0x0000	C 相电流有效值 offset 校正
2A	w_UoffsetA	2	0x0000	A 相电压通道 ADC offset 校正
2B	w_UoffsetB	2	0x0000	B 相电压通道 ADC offset 校正
2C	w_UoffsetC	2	0x0000	C 相电压通道 ADC offset 校正
2D	w_IoffsetA	2	0x0000	A 相电流通道 ADC offset 校正
2E	w_IoffsetB	2	0x0000	B 相电流通道 ADC offset 校正
2F	w_IoffsetC	2	0x0000	C 相电流通道 ADC offset 校正
30	w_EMUIE	2	0x0001	中断使能
31	w_ModuleCFG	2	0x0127	电路模块配置寄存器
32	w_AllGain	2	0x0000	全通道增益，用于校正 ref 自校正
33	w_HFDouble	2	0x0000	脉冲常数加倍选择
34	w_LineGain	2	0x2C52	基波增益校正
35	w_PinCtrl	2	0x000F	数字 pin 上下拉电阻选择控制
36	w_Pstart	2	0x0030	起动功率设置寄存器

§ 3.3 校表寄存器说明

§ 3.3.1 模式配置寄存器（地址：0x01）

ANA 控制寄存器(w_ModeCfg)					Address:0x01			
	Bit15	Bit14	Bit13	Bit12	Bit11	Bit10	Bit9	Bit8
Write	Chop_R	UbSel	RmsLpf_En	PRFCFG	CIB_ADC1	CIB_ADC0	SampleR1	SampleR0
Read	EF_En							
Reset	0	0	0	0	1	0	0	1
	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
Write	Chop_A	EnADC6	EnADC5	EnADC4	EnADC3	EnADC2	EnADC1	EnADC0
Read	DC_En							
Reset	1	1	1	1	1	1	1	0

EnADCn: 该位为 1 标志第 n 个 ADC 通道处于激活工作状态。为 0 表示关闭该通道。当某个通道关闭时,可以降低芯片功耗。

Bit0: EnADC0 对应防窃电通道

Bit1~bit6: 分别对应 Ia,Ua,Ib,Ub,Ic,Uc.

Bit7: Chop_ADC_En=1, 表示 ADC 的 chop 功能开启; Chop_ADC_En=0, 表示 ADC 的 chop 功能关闭;

Bit8, 9: SampleR0, 1, 用于选择 ADC 内部时钟频率, 默认为 (01) 900kHz; 00/01/1X 分别表示为 1.8M/900kHz/450kHz。

Bit10, 11: CIB_ADC1,0 用于选择 IREF 偏置电流, 默认为 (10) 7.5uA 偏置电流; 11/10/01/00 分别表示 10uA/7.5uA/5uA/5uA, 用于降低芯片功耗。

Bit12: PRFCFG 有效值, 功率更新频率:

PRFCFG1	功率有效值更新频率
0	Femu/64/512(900k=>28Hz)
1	Femu/64/16/512(900k=>1.75Hz)

Bit13: RmsLPF_En=1, 选择慢速有效值计量, 减小有效值跳动。

=0, 选择快速计算有效值, 但跳动较大。

Bit14: UbSel=1, 三相三线模式下, 选择计量 Ub 通道的电压有效值

UbSel=0, 三相三线模式下, 选择根据 Ua、Uc 通道的电压有效值计算 Ub 通道电压有效值

Bit15: Chop_ref_En=1, 表示 Ref 的 chop 功能开启; Chop_ref_En=0, 表示 Ref 的 chop 功能关闭;

§ 3.3.2 ADC 增益配置寄存器（地址：0x02）

PGA 控制寄存器(w_PGACfg)					Address:0x02			
	Bit15	Bit14	Bit13	Bit12	Bit11	Bit10	Bit9	Bit8

Write	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Read								
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
Write	-----	-----	UPGA1	UPGA0	IPGA1	IPGA0	IOPGA1	IOPGA0
Read								
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit0, 1: IOPGA1, 0, 第 7 通道 ADC 增益放大, 00/01/10/11 四种情况分别表示为 1/2/4/8 倍在增益

Bit2, 3: IPGA1, 0, 电流通道 ADC 增益放大, 00/01/10/11 四种情况分别表示为 1/2/4/8 倍在增益

Bit4, 5: UPGA1, 0, 电压通道 ADC 增益放大, 00/01/10/11 四种情况分别表示为 1/2/4/8 倍在增益

§ 3.3.3 EMU 单元配置 (地址: 0x03)

EMUCFG		Address: 03H						
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read:	LinePRun	SRun	QRun	PRun	StartSe 1	HAREn	WaveSel1	WaveSel0
Write:								
Reset:	1	1	1	1	0	0	0	0
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	EnergyClr	EAddmo de	Zxd1	Zxd0	Smode	SPL2	SPL1	SPL0
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	1	0	0

Bit0~2: SPL[2:0]: 波形采样频率选择, 当 fosc=5.5M, femu=900KHz 时, 选择的频率如下:

SPL2	SPL1	SPL0	波形采样频率
0	0	0	0.9k Hz (femu/1024)
0	0	1	1.8k Hz (femu/512)
0	1	0	3.6k Hz (femu/256)
0	1	1	7.2k Hz (femu/128)
1	x	x	14.4k Hz (femu/64) 默认

当 femu=1.8MHz/450K 时, 选择的波形采样频率与上表成比例变化。

Bit3: Smode: =1, 视在功率/能量寄存器采用 RMS 方式计量

Smode: =0, 视在功率/能量寄存器采用 PQS 方式计量

Bit4, 5: 电压过零 ZXD: 选择电压过零中断方式,

ZXD1	ZXD0	description

0	0	正向过 0 中断
0	1	负向过 0 中断
1	x	双向过 0 中断

Bit6: EAddmode =0, 三相四线制使用绝对值和累加方式, 三相三线制使用代数和累加方式
EAddmode =1, 三相四线制使用代数和累加方式, 三相三线制使用绝对值和累加方式

Bit7: EnergyClr: =1 能量寄存器读后清 0
EnergyClr: =0 能量寄存器读后不清 0

Bit8, 9: WaveSel[1:0]=00 选择 ADC 采样数据来源于未经高通的原始数据
WaveSel[1:0]=01 选择 ADC 采样数据来源于计量矢量和处经校正的数据
WaveSel[1:0]=1x 选择 ADC 采样数据来源于经基波滤波器后的数据

Bit10: HAREn: =1 开启基波/谐波计量功能
HAREn: =0 关闭基波/谐波计量功能

Bit11: StartSel: =1 选择功率作为潜动起动依据
StartSel: =0 选择电流有效值作为潜动起动依据

Bit12: PRun_z: =1 开启有功能量 CF1 通路能量计量功能。
PRun_z: =0 关闭有功能量 CF1 通路能量计量功能。

Bit13: QRun_z: =1 开启无功能量 CF2 通路能量计量功能。
QRun_z: =0 关闭无功能量 CF2 通路能量计量功能。

Bit14: SRun_z: =1 开启视在能量 CF3 通路能量计量功能。
SRun_z: =0 关闭视在能量 CF3 通路能量计量功能。

Bit15: LinePRun_z: =1 开启基波有功能量 CF4 通路能量计量功能。
LinePRun_z: =0 关闭基波有功能量 CF4 通路能量计量功能。

§ 3.3.4 高频脉冲常数设置(地址: 0x1E)

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, 小于 0x000002 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 (实际输入信号 x 增益倍数)

电流输入通道取样电压 Vi (实际输入信号 x 增益倍数)

ATT7122A 增益 G

HFConst 计算公式:

$$\text{HFConst} = \text{INT}[2592000000 * G * G * \text{Vu} * \text{Vi} / (\text{EC} * \text{Un} * \text{Ib})]$$

注: 上式中 G=1.06, INT[]表示取整操作, 如: INT[5.68]=5。

§ 3.3.5 功率增益补偿寄存器(地址: 0x04~0x0C)

在功率因数 $\cos(\phi)=1$ 时进行功率增益校正, 其中有功功率增益校正寄存器与无功功率增益校正寄存器写入同一个校正值, 视在功率增益校正寄存器在 Smode=0 选择 PQS 方式计量时, 不需要校正, 但在 Smode=1 选择 RMS 方式计量时, 需要另外校正。

已知:

标准表上读出误差为 err

计算公式:

$$Pgain = \frac{-err}{1+err}$$

如果 $Pgain \geq 0$, 则 $GP1 = INT[Pgain * 2^{15}]$

否则 $Pgain < 0$, 则 $GP1 = INT[2^{16} + Pgain * 2^{15}]$

§ 3.3.6 相位校正寄存器(地址: 0x010~0x12)

在功率因数 $\cos(\phi)=1$ 时功率增益已经校正好之后, 再进行相位补偿, 相位校正正在 $\cos(\phi)=0.5L$ 处进行校正。

已知: 0.5L 处标准表误差读数 err

相位补偿公式:

$$\theta = \frac{-err}{1.732}$$

如果 $\theta \geq 0$, $PhSregpq = INT[\theta * 2^{15}]$

否则 $\theta < 0$, $PhSregpq = INT[2^{16} + \theta * 2^{15}]$

§ 3.3.7 功率 offset 校正 (地址: 0x13~0x15, 0x21~0x23)

在功率增益校正及相位校正后, 进行功率 offset 校正, 输入小信号 $x\%Ib$ (5%, 2%) 点的电表误差为 $Err\%$

$x\%Ib$ 点在阻性下读取标准表上输出的有功功率值 $Preal$

应用公式来计算

$$Poffset = INT[(Preal * EC * HFCONST * 2^{23} * (-Err\%)) / (5.184 * 10^{10})]$$

§ 3.3.8 无功相位校正寄存器(地址: 0x16)

默认值对应于 $femu=900K$ 时的情况, 不需要再校正; EM 为其他频率时需要按照下面的公式进行校正:

在 30 度时进行校正, 功率 Q 的误差值为: Err

QPhasCal 的计算公式为:

如果 Err 为正数: $QPhasca = INT[Err * 32768 * 1.732]$

如果 Err 为负数: $QPhasca = INT[65536 + Err * 32768 * 1.732]$

§ 3.3.9 电压增益校正寄存器(地址: 0x17~0x19)

在 $U_{gain}=0$ 时, 标准表上读出实际输入电压有效值 U_r , 通过 SPI 口读出测量电压有效值寄存器的值为 $Data_U$

已知:

实际输入电压有效值 U_r

测量电压有效值 $U_{rms}=Data_U/2^{13}$

计算公式:

$U_{gain}=U_r/U_{rms}-1$

如果 $U_{gain} \geq 0$, 则 $U_{gain}=\text{INT}[U_{gain}*2^{15}]$

如果 $U_{gain} \leq 0$, 则 $U_{gain}=\text{INT}[2^{16}+U_{gain}*2^{15}]$

§ 3.3.10 电流增益校正寄存器(地址: 0x1A~0x1C, 0x20)

在 $I_{gain}=0$ 时, 标准表上读出实际输入电压有效值 U_r , 通过 SPI 口读出测量电压有效值寄存器的值为 $Data_I$

已知:

实际输入电压有效值 I_r

测量电压有效值 $I_{rms}=Data_I/2^{13}$

计算公式:

$I_{gain}=I_r/I_{rms}-1$

如果 $I_{gain} \geq 0$, 则 $I_{gain}=\text{INT}[I_{gain}*2^{15}]$

如果 $I_{gain} \leq 0$, 则 $I_{gain}=\text{INT}[2^{16}+I_{gain}*2^{15}]$

特别提示:

ATT7122A 可以提供 A/B/C 三相电流矢量和有效值参数 I_{rms} , 为了确保 I_{rms} 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 I_b 输入时电流通道取样电压为 50mV 左右, $I_{gain}=0$ 时从电流有效值寄存器读出的参数为 60A 左右, 建议将 ATT7122A 的电流有效值校正到 $N*I_b$ 左右, 外部 MCU 从 ATT7122A 读取的电流有效值后只需将其除以 N 即为真值。 N 的确定方法是将 $N*I_b$ 尽量接近 60A。例如, 额定电流 $I_b=1.5A$, 则 $N=40$; 额定电流 $I_b=5A$, 则 $N=12$ 。

§ 3.3.11 起动电流设置寄存器(地址: 0x1D)

已知:

启动电流选择 I_o 处

计算公式:

$I_{startup}=\text{INT}[0.8*I_o*2^{13}]$

其中 I_o 为电流有效值 I_{rms} 比例设置点, 如电流有效值校正为 60A, 启动电流设置为 0.4%, 则 $I_o=60*0.4\%$; 如电流有效值直接校正为 1.5A, 则 $I_o=1.5*0.4\%$

§ 3.3.12 起动功率寄存器(地址: 0x36)

已知:

电压采样信号 V_u , 基本电流采样信号 V_i , 启动电流点 $k\%$

计算公式:

$$P_{startup} = \text{INT}[0.8 * V_u * V_i * k\% * 2^{23}]$$

§ 3.3.13 失压阈值设置寄存器(地址: 0x1F)

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 $\text{FailVoltage} = U_n * 2^6 * D$

U_n : 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, 三相四线制, 校正后的额定电压值 U_n 为 220V, 失压电压值 D 为 10%, 则失压阈值寄存器的参数为 $220 * 2^6 * 10\% = 0x0580$ 。也就是说将 0x0580 设定到失压阈值寄存器之后, 当输入电压低于 U_n 的 10%, 即 22V 时, 将给出失压指示。

三相三线制, 校正后的额定电压值 $U_n = 100V$, 失压电压值 $D = 60\%$, 则失压阈值寄存器的参数为 $100 * 2^6 * 60\% = 0x0F00$ 。这样设置失压阈值寄存器之后, 当电压低于 U_n 的 60%, 即 60V 时, 将给出失压指示信号。

§ 3.3.14 有效值 offset 校正 (地址: 0x24~0x29)

在有效值增益校正后, 进行 offset 校正,

已知: 输入信号为 0 的时候, 读取寄存器的值 UR_{rms}

计算公式:

$$UR_{rmsOffset} = (UR_{rms}^2) / (2^{15})$$

§ 3.3.15 ADC offset 校正 (地址: 0x2A~0x2F)

ADC Offset 校正 在高通滤波器关闭情况下使用, 用来滤除 ADC 直流偏置。在输入信号为 0 情况下读取 ADC 实时采样数据, 取平均值后写入校正寄存器。

注意: ADC 实时采样数据为 19 位, 且高位补符号位, 而 ADC offset 寄存器为 16 位。

§ 3.3.16 中断使能寄存器 (地址: 0x30)

EMU Interrupt Enable Register (W_EMUIE)			Address: 30H					
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8

Read:	-----	TPS_Ok	BufferFull	CF3	CF2	CF1		
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0		
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:			SampleE	UcZx	UbZx	UaZx	Udata	SIG
Write:								
Reset:			0	0	0	0	0	1

只有使能相应的中断位，相应中断标志才会通过 SIG 引脚输出。

不管 EMUIE 有没有使能，r_INTFlag 寄存器在相应的事件发生后都会被置 1。

SIG: 当芯片处于复位状态 SIG 为高，复位完成后 SIG 信号为低，当写入校表参数后即校表参数不为初始值，SIG 信号立即拉高，当校表参数被清除即校表参数为初始值 SIG 信号立即拉低。

Udata: 参数寄存器更新中断位

UaZx: A 相电压过零中断位

UbZx: B 相电压过零中断位

UcZx: C 相电压过零中断位

SampleE: ADC 采样数据更新中断

BufferFull: 缓冲 buffer 满标志位

TPS_Ok: 温度传感器转换结束中断

§ 3.3.17 模拟模块使能寄存器 (地址: 0x31)

w_ModuleCFG			Address: 31H					
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read:					Clk_dly	Adc_dyl_ct	Adc_dyl_ct	Vreg_adc_e
Write:						r11	r10	n
Reset:					0	0	0	1
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	TPS_sel	IRQCFG	Bor_En	TPS_En	Rosi_en	HPFONIU	HPFONII	HPFONIII
Write:								
Reset:	0	0	1	0	0	1	1	1

Bit0~2 HPFONIO/I1/U: HPFON=0: 关闭数字高通滤波器

HPFON=1: 开启数字高通滤波器

Bit3 Rosi_en: =1 选择使能电流通道 1 的罗氏线圈功能,

=0 关闭电流通道罗氏线圈功能

Bit4 TPS_En: TPS 模块的开关信号, TPSEn=1 表示开启 TPS 功能,

TPSEn=0 表示关闭 TPS 功能;

Bit5 Bor_En: BOR 模块的开关信号, Bor_En =1 表示开启 BOR 功能,

Bor_En =0 表示关闭 BOR 功能;

Bit6 IRQCFG: 中断有效电平控制位, =0 低电平有效

=1 高电平有效

Bit7 TPS_Sel: 温度传感器类型选择信号, =1 选择 PN 传感器

=0 选用电阻传感器

Clk_dly: ADC_clk 翻转, delay 半周期。

Adc_dyl_ctrl1, 0: ADC Clock delay 控制信号

vreg_adc_en : 2.7V Regulator for ADC enable 信号, default='1'开启

§ 3.3.18 全通道增益寄存器 (地址: 0x32)

对 7 路 ADC 增加一个整体的增益校正, 主要针对 VREF 的变化引起 ADC 的满量程发生变化。

已知: 由于 Vref 变化导致的有效值变化 Err

计算公式:

$$Allgain = \frac{-err}{1 + err}$$

如果 Allgain >= 0, 则 GP1 = INT[Allgain * 2¹⁵]

否则 Allgain < 0, 则 GP1 = INT[2¹⁶ + Allgain * 2¹⁵]

§ 3.3.19 脉冲加倍寄存器 (地址: 0x33)

ATT7122A 提供脉冲常数加倍选择寄存器 HFDoube, 用于控制小电流时的脉冲常数加倍, 从而使小电流时的校表速度加快, HFDoube 加倍是通过将功率值放大实现的, 功率寄存器的值也同时放大, 便于进行 Poffset 校正。

注意: 脉冲常数加倍是通过将功率值进行放大实现的, 所以仅推荐小电流时使用该功能, 在大信号时不使用脉冲常数加倍功能, 以免大信号时由于功率信号放大导致内部寄存器溢出而产生未知错误。

HFDoube 寄存器内容	脉冲常数放大倍率
0x33CC	脉冲常数放大 2 倍
0x33CD	脉冲常数放大 4 倍
0x33CE	脉冲常数放大 8 倍
0x33CF	脉冲常数放大 16 倍
其他值	脉冲常数不变

§ 3.3.20 基波增益寄存器 (地址: 0x34)

ATT7122A 提供基波增益校正寄存器, 对基波增益进行补偿, 在基波增益寄存器 LineGain(0x34)=0x2C52 情况下进行, 标准表上读出实际输入基波有效值 Ur, 通过 SPI 口读出测量基波有效值寄存器的值为 DataU

已知:

实际输入基波有效值 Ur

测量基波有效值 Urms = DataU / 2¹³

计算公式:

$$LineGain = INT[Ur / Urms * 11346]$$

§ 3.3.21 IO 状态配置寄存器 (地址: 0x35)

PIN Control Register (w_PinCtrl)		Address: 35H					
	Bit15	14	13..4	3	2	1	Bit0
Read:				DinCtrl	ScIkCtrl	CsiCtrl	SelCtrl
Write:							
Reset:	0	0	0	1	1	1	1

Bit0 SelCtrl=1: 3P3/3P4 模式选择 pin SEL 内部 300k 上拉电阻。

SelCtrl=0: 3P3/3P4 模式选择 pin SEL 为 foalting 。

Bit1 CsiCtrl =1: SPI 接口 CS 内部带 300k 上拉电阻。

CsiCtrl =0: SPI 接口 CS 为 foalting 。

Bit2 ScIkCtrl =1: SPI 接口 SCLK 内部带 300k 上拉电阻。

ScIkCtrl =0: SPI 接口 SCLK 为 foalting 。

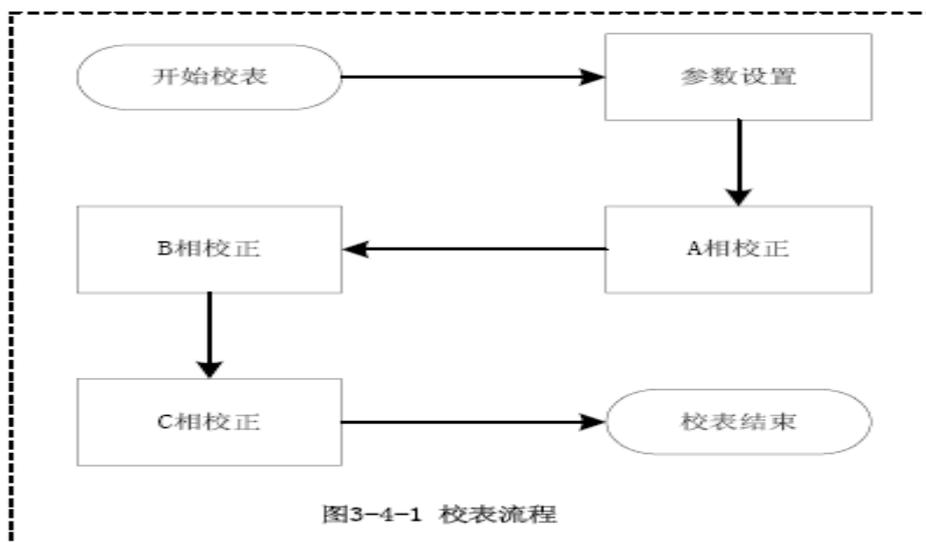
Bit3 DinCtrl =1: SPI 接口 DIN 内部带 300k 上拉电阻。

DinCtrl =0: SPI 接口 DIN 为 foalting 。

§ 3.4 校表方法

在对 ATT7122A 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, 有功能量脉冲输出 CF1 可以直接连接到标准表上去, 然后根据标准电能表的误差读数对 ATT7122A 进行校正, ATT7122A 只需要对有功功率进行校正即可, 无功功率增益校正寄存器写入和有功功率增益校正相同的细数即可。对于视在表的校正参加后面说明。

校表流程:



举例说明：

电表表常数（EC）设置为 6400，功率因数为 1。

Un（额定电压）为 220V，Ib（额定电流）为 1.5A，Vu（电压通道的电压）为 0.22V

Vi（电流通道的电压）为 50mV

根据公式： $HFConst = 2.592 * Vu * Vi * 10^{10} * 1.06 * 1.06 / (EC * Un * Ib)$ 计算得到

$HFConst = 2.592 * 0.22 * 0.05 * 10^{10} * 1.06 * 1.06 / (6400 * 220 * 1.5) = 0x0097$

方式 2：根据误差调整 HFconst

HFconst 写入初值 0x0080，从标准表上读到误差为 Err，则按照公式将误差调整到 ±10% 以内： $HFConst = 0x0080 * (1 + Err)$

举例说明：

电表表常数（EC）设置为 6400，功率因数为 1，HFCONST 寄存器写入值 0x0800，观察标准表上显示的误差为 52.8%。

根据公式： $HFCONST = 0x0080 * (1 + Err)$

计算得到： $HFCONST = 0x0080 * (1 + 52.8\%) = 0x00C3$

4、功率增益校正

根据功率增益校正寄存器说明计算。方式与 ATT7022 系列相同，注意 Pgain\Qgain 写入相同值即可。

5、相位校正

建议使用 PQ 方式进行校正，方式与 ATT7022 系列相同

6、电压、电流有效值校正

参见校正寄存器说明，方式与 ATT7022 系列相同

§ 3.5.2 从采样数据得到 FFT 的推荐流程

- 1, 开启采样功能（0xC0 命令：通道选择+启动）。
- 2, 等待采样数据完成。
- 3, 设置用户读指针的起始地址（通过 0xC1 命令），读取采样数据
- 4, 对数据进行预处理。
- 5, FFT 变换。
- 6, 如需下一次操作，则执行 step1~5

§ 3.5.3 同步采样数据分次谐波分析推荐流程

- 1, 开启同步采样功能（0xC5 命令）。
- 2, 等待采样数据完成。
- 3, 读取采样数据
- 4, 对数据进行抽取，每 7 个数据抽一个分别组成 Ua、Ub、Uc、Ia、Ib、Ic、In
- 5, FFT 变换
- 6, 对数据进行增益系数调整。各 0~21 次谐波分次谐波增益系数为[[

[
1.0000000000000000

1.00000000000000
1.00362187060665
1.00969162604172
1.01825901332331
1.02939520355364
1.04319331488342
1.05977378492696
1.07927443401769
1.10187021533519
1.12776405100967
1.15718387269867
1.19042304659018
1.22777858879375
1.26962990669109
1.31639900106378
1.36856044411429
1.42671649331348
1.49149037623292
1.56363705732262
1.64398947583697
1.73366802372421

]

7, 如需下一次操作, 先关闭同步采样功能, 再则执行 step1~6

§ 4 SPI 通讯接口

§ 4.1 SPI 通讯接口介绍

ATT7122A 内部集成一个 SPI 串行通讯接口，采用从属方式工作，使用 2 条控制线和两条数据线：CS/SCLK/DIN/DOUT。

CS：片选 (INPUT)，允许访问控制线，CS 发生下降沿跳变时表示 SPI 操作开始，CS 发生上升沿跳变时表示 SPI 操作结束。

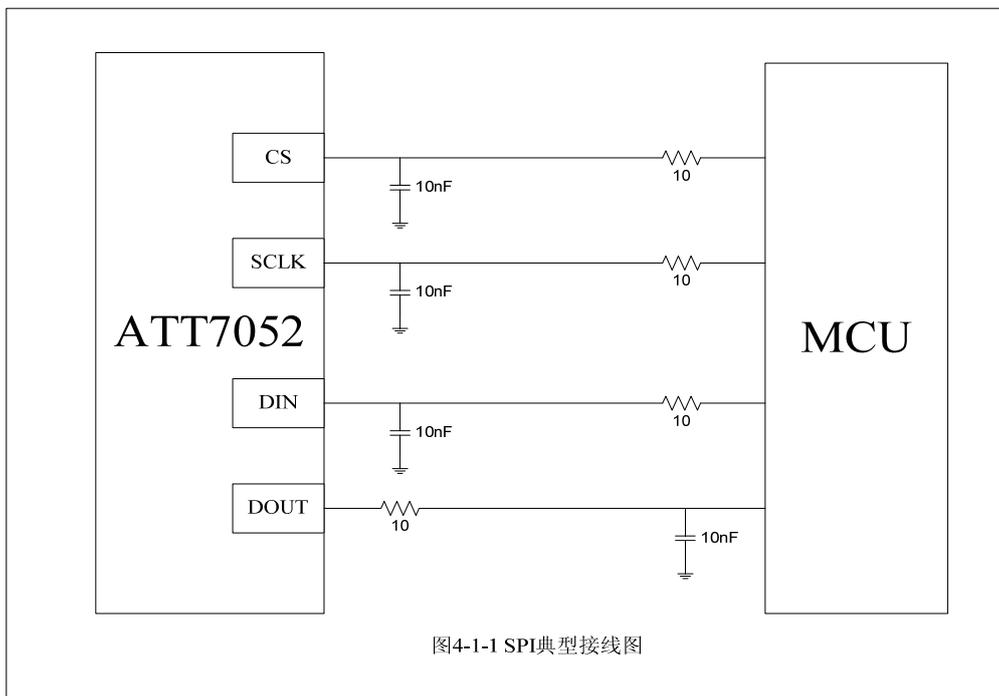
DIN：串行数据输入 (INPUT)，用于把数据传输到 ATT7122A 中。

DOUT：串行数据输出 (OUTPUT)，用于从 ATT7122A 寄存器中读出数据。

SCLK：串行时钟 (INPUT)，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 上升沿时将 ATT7122A 寄存器中的数据放置于 DOUT 上输出，SCLK 下降沿时将 DIN 上的数据采样到 ATT7122A 中，MSB 在前，LSB 在后。

ATT7052SPI 通讯接口采用固定长度的数据传输（一共 4 个字节），也就是说每次数据通讯都是 1 个字节命令和 3 个字节的数据。

ATT7122A 与外部 MCU 的 SPI 通讯接口典型接线如图所示：



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 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 的信号进行分析，并需要作些相关的实验，以确定电阻、电容值是否适合。

§ 4.2 SPI 读操作

ATT7122A 的计量参数及校表参数寄存器是通过 SPI 提供给外部 MCU 的。

SPI 读时序图：

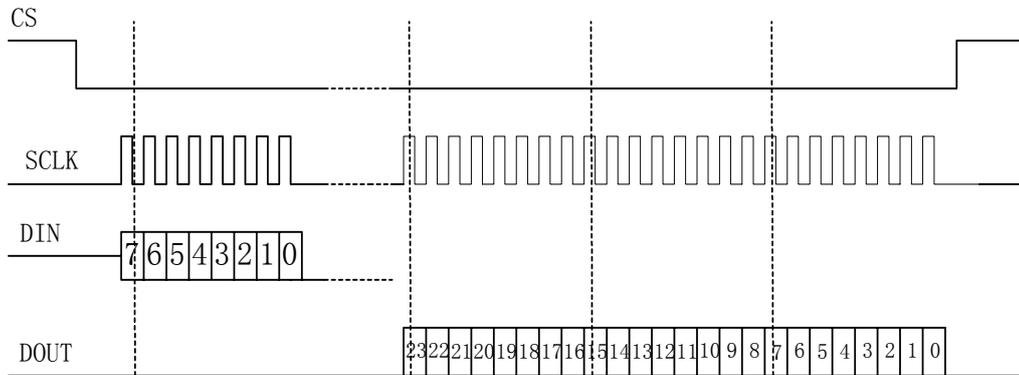


图 4-2-1 读操作时序

ATT7122A 的 SPI 通讯格式是相同的，8 位命令，24 位数据，MSB 在前，LSB 在后，发送 8 位命令后，读取 24 位数据。其中 8 位命令位格式说明如下：

Bit7: 0 表示读命令，用于外部 MCU 读取 ATT7122A 寄存器数据

Bit6...0: 表示寄存器地址，参照寄存器定义部分

SPI 读操作示例：

§ 4.3 SPI 写操作

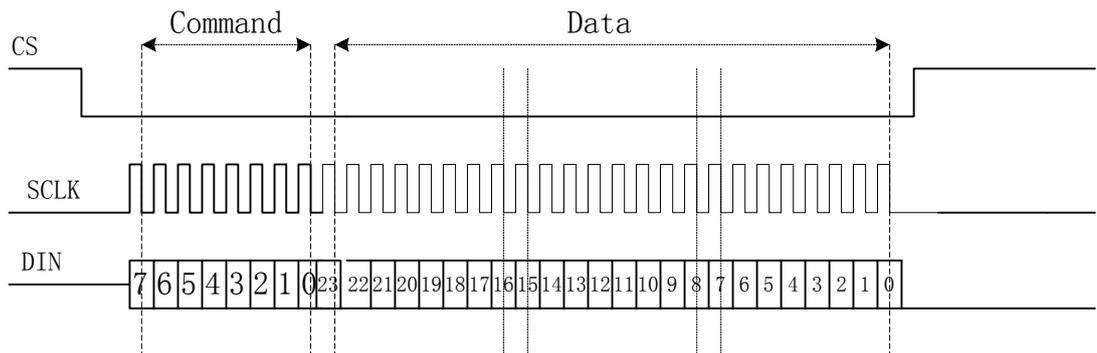


图 4-3-1 写操作时序

ATT7122A 的 SPI 通讯格式是相同的，8 位命令，24 位数据，MSB 在前，LSB 在后，发送 8 位命令后，紧接着写入 24 位数据。其中 8 位命令位格式说明如下：

Bit7: 1 表示写命令，用于外部 MCU 写 ATT7122A 寄存器参数

Bit6...0: 表示寄存器地址，参照寄存器定义部分

SPI 写操作示例：

§ 4.4 SPI 写特殊命令字操作

ATT7122A 提供一些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 写操作时序一致。

SPI 写特殊命令字时序图：

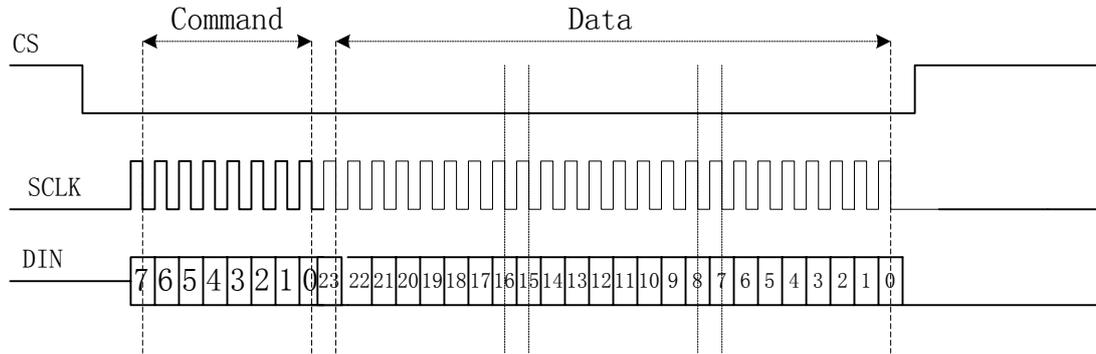


图 4-4-1 写特殊命令字操作时序

ATT7122A 的 SPI 通讯格式是相同的，8 位命令，24 位数据，MSB 在前，LSB 在后，发送 8 位命令后，紧接着写入 24 位数据。其中 8 位命令位格式说明如下：

Bit7/6: 1 1 表示写入特殊命令字

Bit7/6: 1 0 表示写命令，用于外部 MCU 更新 ATT7122A 校表数据

Bit7/6: 0 X 表示读命令，用于外部 MCU 读取 ATT7122A 的参数

Bit5...0: 表示特殊命令字的类型

特殊命令使用说明：

ATT7122A 提供的特殊命令主要有：0xC0, 0xC1, 0xC3, 0xC4, 0xC5, 0xC6, xC9 和 0xD3

特殊命令	命令字	24 位数 据	命令说明
采样数据缓冲启动命令	0xC0	0x00CCCX	写入 0x00CCCx 启动波形数据缓冲，其它数据无效。这里 x 代表需要保存数据的通道号，0~B 有效，依次对应： Ua/Ia/Ub/Ib/Uc/Ic/In/Ua+Ia/Ub+Ib/Uc+Ic/Ua+Ub+Uc/Ia+Ib+Ic
缓冲数据读指针设置	0xC1	0x000000	用于指定读取数据的位置，数值去 0~1023 范围内有效，超过边界则自动归零。
清校表数据	0xC3	0x000000	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，然后重新进行较表
同步数据系数设置	0xC4	0x000120	同步数据系数自动模式下根据信号频率自动计算；手动模式下根据信号频率计算写入。
同步数据启动命令	0xC5	0x000002	同步数据功能启动命令，写入 0x000002 开启自动同步数据功能；写入 0x000003 开启手动同步数据功能；写入 0x000000 停止同步数据功能。同步数据功能为单次有效，每次开启前须先停后开。
校表数据读出	0xC6	0x00005A	上电复位后默认读出计量数据寄存器的参数。发送命令 0xC6，数据不等于 0x00005A，选择通过 SPI 读出 00~7FH 的计量数据寄存器的参数。发送命令 0xC6，数据等于 0x00005A 选择 SPI 读出较表数据寄存器的参数，此时不可读出计量参数寄存器的值。选择

			读出较表数据寄存器的参数时，从 0x00 地址读出的值固定为 0x00AAAA，否则为 0x705200
较表数据写使能	0xC9	0x00005A	上电复位后默认使能 SPI 校表数据寄存器写操作。发送命令 0xC9，数据 0x00005A，可以使能 SPI 校表写操作，此时才能通过 SPI 口修改校表数据寄存器的参数， 发送命令 0xC9，数据不等于 0x00005A，可以关闭 SPI 校表寄存器的写操作，防止校表数据被 SPI 误写。
软件复位	0xD3	0x000000	发送命令 0xD3，数据 0x000000 可以对 ATT7122A 进行复位操作。

§ 5 电气特性

§ 5.1 电气参数

测试条件: $V_{cc}=AV_{cc}=3.3V$, EMU 时钟选择 921.6kHz (默认), 室温

参数	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件
电能计量参数					
有功电能测量误差		0.1		%	3000: 1
无功电能测量误差		0.1		%	3000: 1
电压有效值测量误差		0.1		%	300: 1
		0.5			3000: 1
电流有效值测量误差		0.1		%	300: 1
		0.5			3000: 1
ADC 参数					
输入电压范围			± 710	mV	有效值 500mV
直流输入阻抗		530		k Ω	
信噪比(SNR)		75		dB	
ADC 采样速率		28.8		kHz	EMU 时钟 1.8432MHz
		14.4			EMU 时钟 921.6kHz
带宽 (-3dB)		14.4		kHz	EMU 时钟 1.8432MHz
		7.2			EMU 时钟 921.6kHz
参考电压	1.17	1.195	1.22	V	
参考电压温度系数		± 20	± 40	Ppm	
功耗					
EMU 时钟选择 921.6kHz		7.0		mA	7 路 ADC 全部打开
		4.5			只开 3 路电流 ADC
EMU 时钟选择 1.8432MHz		8.4		mA	7 路 ADC 全部打开
		5.9			只开 3 路电流 ADC
直流参数					
数字电源电压 V_{cc}	3.0	3.3	3.6	V	
模拟电源电压 AV_{cc}	3.0	3.3	3.6	V	
脉冲口 CF 输出驱动电流		5	10	mA	
$V_{OH}(CF1\CF2\CF3\CF4\REVP)$	$0.9*V_{cc}$			V	
$V_{OL}(CF1\CF2\CF3\CF4\REVP)$			$0.1*V_{cc}$	V	
逻辑输入高电平	$0.8*V_{cc}$			V	
逻辑输入低电平			$0.2*V_{cc}$	V	
逻辑输出高电平	$0.9*V_{cc}$			V	
逻辑输出低电平			$0.1*V_{cc}$	V	
晶体		5.5296		MHz	
工作温度范围	-40		85	度	

存储温度范围	-65	150	度
--------	-----	-----	---

§ 5.2 芯片封装

ATT7122A 采用 LQFP44 封装形式：44Pin LQFP(10x10)

