

HT7017

用户手册

钰泉微电子（上海）有限公司

Tel: 021-51035886

Fax: 021-50277833

Email: sales@hitrendtech.com

Web: <http://www.hitrendtech.com>

版本更新说明

版本	修改时间	修改人	修改内容
V0.1	2022-8-16	chyang	针对 10000:1 的新版 HT7017，创建初稿；
V1.0	2022-8-18	chyang	修改页眉和勘误。
V1.1	2024-4-2	chyang	1. 修改动态范围，统一为 20000:1； 2. 修改页眉页脚及勘误；
V1.2	2024-08-13	lsyao	1. 修改 4.1.14 UART 特殊命令说明； 2. 电气规格单元“ADC Vref 温度系数”补充测试条件；
V1.3	2024-10-8	chyang	修改 V2P 为 V2N，与芯片内部保持一致。

注：仅针对 20000:1 版本的 HT7017，20000:1 与 8000:1 芯片的**差异及区分办法**详细见“**差异说明文档**”。

目 录

1. 芯片概况	4
1.1. 芯片简介	4
1.2. 芯片特性	4
1.3. 系统框图	5
1.4. 引脚定义	5
2. 电源管理	7
2.1. 电源监测系统	7
2.2. 系统复位方式	7
3. 系统功能	8
3.1. 模数转换器	8
3.2. 波形采样输出	8
3.3. 有效值测量	9
3.4. 直流均值	9
3.5. 功率	9
3.6. 电压频率	10
3.7. 电能模块	11
3.8. 中断	12
3.9. 移采样点方式相位校正	13
3.10. 起动/潜动	13
3.11. 计量可靠性机制	14
3.12. 锰铜掉线检测功能	14
3.13. 自动防窃电功能	14
3.14. 过零	15
3.15. 半波峰值	16
3.16. 电压 Sag/Peak 事件检测	16
3.17. 电流过流事件检测	17
3.18. 随频采样 (变 OSR)	18
3.19. ADC 波形缓存功能	19
3.20. Gz 计算	20
4. 通信接口	21
4.1. UART 接口	21
5. 寄存器	29
5.1. 计量参数寄存器	29
5.2. 校表参数寄存器	43
6. 电气规格	72
6.1. 绝对最大额定值	72
6.2. 电气特性	72
7. 校表过程	74
8. 芯片信息	77
8.1. 封装信息	77

1. 芯片概况

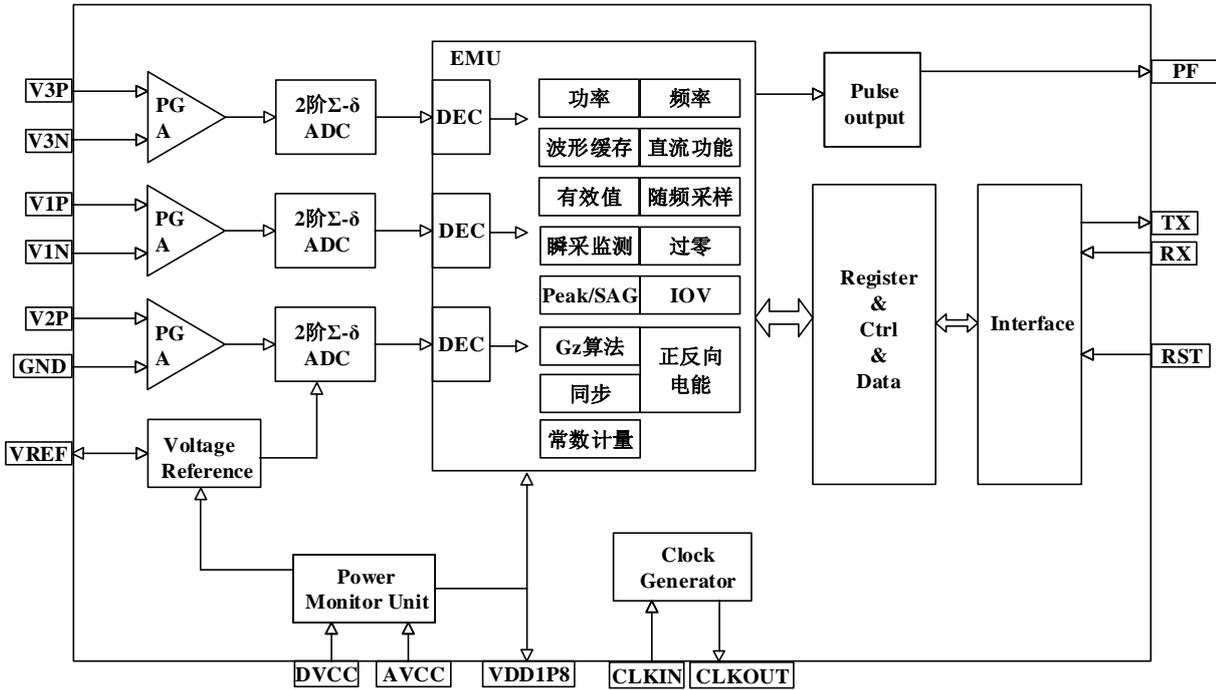
1.1. 芯片简介

HT7017 是一颗带 UART 通信接口的高精度单相多功能计量芯片。
芯片支持宽电压，工作电压范围是 3.0 ~5.5V。
工作晶振为 6MHz。

1.2. 芯片特性

- 三路 19 bit Sigma-Delta ADC
- 支持 20000:1 的动态范围；比 8000:1 版本芯片更好的小信号精度表现
- 可以同时得到两路计量通道的有功功率、无功功率
- 支持有功、无功和视在功率和有功电能脉冲输出
- 支持 2 路自定义功率累加电能
- 新增 2 路电流半波峰值
- 支持正反向电能
- 支持可变 OSR 的随频采样功能
- 同时得到三路 ADC 通道的采样/有效值等参数，及电压通道的频率
- 支持 UART 通信方式
- 新增 Gz 算法；提供电压电流信号的 Real/image 信息
- 中断支持：过零中断、采样监测中断、电能脉冲中断和事件检测中断等
- ADC 全开 Normal Run 功耗 4mA
- 电源监测功能
- 支持电压暂降（SAG）和暂升（PEAK）功能
- 支持电流过流检测
- 支持计量可靠性机制
- 支持锰铜掉火线检测功能
- 提供校表参数的 CRC 校验和累加和校验
- 提供 256 点的 ADC 波形缓存功能
- 芯片封装：SSOP 16

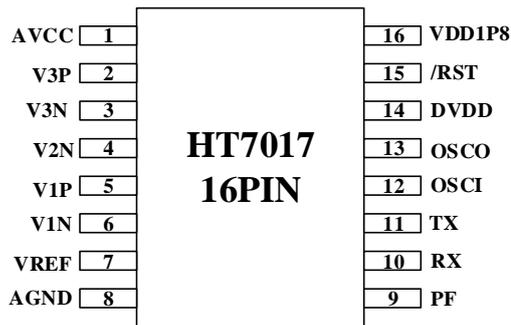
1.3. 系统框图



芯片系统框图

1.4. 引脚定义

1.4.1. PIN 脚封装图



HT7017 芯片 PIN 脚封装图

1.4.2. PIN 脚功能说明

序号	PIN 名字	类型	PIN 说明
1	AVCC	POWER	模拟电源输入: 3.0V~5.5V, 该引脚外接 10uF 并 0.1uF 电容去耦
2	V3P	IN	电压输入通道正; (VP-VN)范围±900mVpp
3	V3N	IN	电压输入通道负
4	V2N	IN	电流通道 2 单端输入; (VP-VN)范围±900mVpp
5	V1P	IN	电流通道 1 输入正; PGA=1 时, (VP-VN)范围不能大于±500mVpp PGA≠1 时, 默认量程配置下: (VP-VN)范围不能大于±(900/PGA) mVpp 扩展量程配置下±(1000/PGA) mVpp
6	V1N	IN	电流通道 1 输入负;
7	VREF	OUT	ADC 参考基准电压输出, 典型值 1.2V, 外接 0.1uF 并 1uF 电容
8	AGND	GND	模拟地
9	PF	OUT	有功电能脉冲输出
10	RX	IN	UART 通信时, 串口接收数据输入, 该引脚芯片内部有 10KΩ 电阻上拉。
11	TX	OUT	UART 通信时, 串口数据输出。非通信状态默认输出高。
12	OSCI	IN	外部晶振 6MHz 输入, OSCI 与 OSCO 之间无需跨接电阻。
13	OSCO	OUT	外部晶振 6MHz 输出
14	DVDD	POWER	数字电源输入: 3.0V~5.5V, , 该引脚外接 10uF 并 0.1uF 电容去耦
15	/RST	IN	芯片复位引脚, 低电平有效, 该引脚默认内部上拉, 当该引脚出现大于 1us 低电平, 芯片复位。建议外部上拉到电源并电容到地滤波。
16	VDD1P8	POWER	数字 1.8V 输出, 外部接 0.1uf+1uf 电容

2. 电源管理

2.1. 电源监测系统

芯片内部有电源检测模块检测系统电源的变化，当低于检测阈值 2.3V 时芯片发生复位，电源电压高于启动阈值 2.45V 开始运行。从而保证电路上电和掉电时芯片的正确启动和正常工作；电源监控电路具有滤波电路，防止由电源噪声引发的错误。

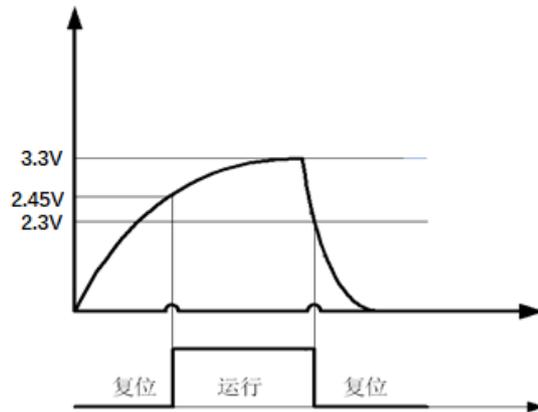


图2-1 片内电源监控特性

2.2. 系统复位方式

(1) 系统上电复位：

HT7017 正常上电后，由于需等待晶振起振及芯片内部电源系统建立，因此用户需要等待 10ms 时间，才可以操作内部寄存器。

(2) 硬件 RST 复位：

通过外部引脚 RST 完成，当 Reset 出现大于 1 μ S 的低电平时，芯片进入复位状态，当 RST 变为高电平时芯片将从复位状态进入正常工作状态（需要等待 2ms 才可以操作寄存器）。

(3) 软件复位：

a.通过通信接口完成：SRSTREG（33H）寄存器写入 0x55 即复位。

b.当UART接收到波特率为300的命令字0x00，进行复位。

3. 系统功能

3.1. 模数转换器

内置 3 路完全独立的 19Bit 二阶 Σ - Δ ADC。系统时钟 1M/2M 可选（推荐用 2M），OSR64/128 可选，采用差分信号输入。

每路 ADC 都有其模拟增益放大器（PGA），完成输入差分信号的幅度放大，放大后的信号再送给 ADC 进行采样，在极小信号输入时能够保证测量的线性度。

通过寄存器可以对 3 路 ADC 独立配置模拟放大倍数，其中：

电压采样信号由 ADCCON.PGA_U[1:0] 进行放大配置，可选 1/2/4 倍；

第 1 路电流采样信号支持锰铜采样由 ADCCON.PGA_I1[2:0] 进行放大配置，可选 1/2/4/8/16/24/32 倍；

第 2 路电流采样信号，由 ADCCON.PGA_I2[1:0] 进行放大配置，可选 1/2/4 倍。

通过寄存器 ADCCON.DG_U[1:0]/DG_I1[1:0]/DG_I2[1:0] 分别可以对 3 路 ADC 采样信号进行数字移位放大设置，3 路 ADC 通道均有 1/2/4/8 倍四种设置，在大信号不溢出的情况下，数字增益放大可以增加小信号计算的有效位数，从而进一步提高计量精度。

电压和第 1 路电流 ADC 默认打开，第 2 路电流 I2 的 ADC 默认关闭，可以通过 ANAEN.ADC_U_En/ADC_I1_En/ADC_I2_En 单独选择关闭或者开启。

第 2 路电流通道 ADC 同时提供增益校正寄存器 I2Gain，可以对第 2 路电流通道 ADC 的幅值进行比例缩放，可用于自动防窃电等功能上。

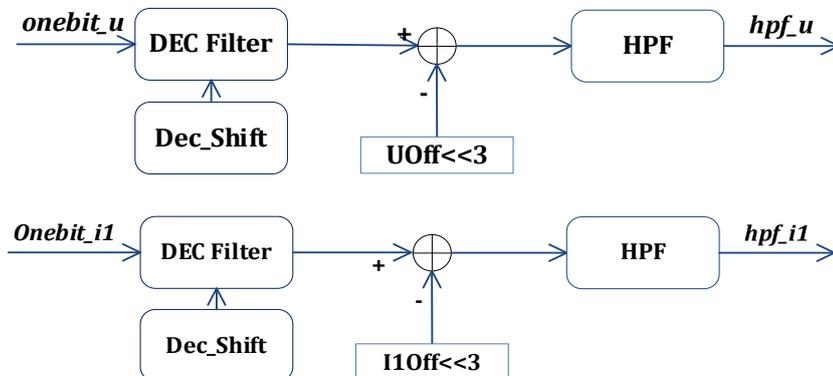
3.2. 波形采样输出

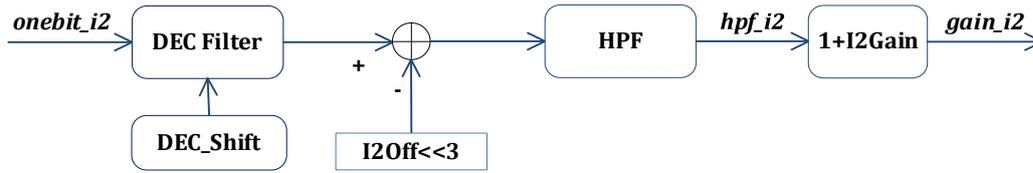
支持 3 路 ADC 输出的波形数据 Spl_I1(00H)/Spl_I2(01H)/Spl_U(02H) 到计量参数寄存器，存放格式为 3Bytes(Bit23~18 符号+Bit17~0 数据)。

新增 SPL 波形阈值比较功能，可通过 SPL_THO (53H) 设置阈值寄存器，比较结果会给出中断标志 EMUIF2.SPLUOV_IF/ SPLI1OV_IF/ SPLI2OV_IF。

ADC 波形数据可通过 EMUCFG.SPLSel 选择 Dec 滤波器之后数据或者高通后数据。

ADC 波形采样数据在默认频率配置下更新速度为 0.976KHz，最快达到 15.62kHz，可以通过寄存器 FreqCFG.SPL[2:0] 配置，功能框图如下图：



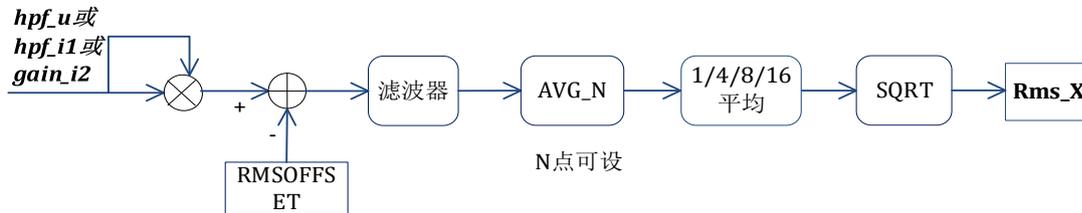


3.3. 有效值测量

提供 3 路有效值寄存器 Rms_I1 (06H) /Rms_I2 (07H) /Rms_U (08H)。

电压和电流 1 通道选择高通后数据，电流 2 通道选择 I2Gain 之后的数据，经过自乘、RMSOffset 校正、滤波器，得到瞬时有效值平方，经过 AVG_N 平均模块并开平方以后给到有效值寄存器更新。

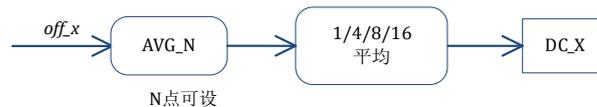
功率寄存器和有效值寄存器使用同一个平均模块，平均点数通过 AVG_PRMS 设置，二级可通过 FreqCFG.PRFCFG[1:0]选 1/4/8/16 平均。



3.4. 直流均值

提供 2 路均值寄存器 DC_I (03H) / DC_U (04H)。

电流根据当前计量路选择计算 I1 或者 I2。数据源头选择 ADCOffset 偏置校正后数据，经过平均模块，然后在经过二级平均。平均模块和有效值功率共用，平均点数通过 AVG_PRMS 设置，二级可通过 FreqCFG.PRFCFG[1:0]选 1/4/8/16 平均。



3.5. 功率

HT7017 提供 2 路有功功率寄存器 PowerP1 (0AH) / PowerP2 (10H)，2 路无功功率寄存器 PowerQ1 (0BH) / PowerQ2 (11H)，1 路当前计量路视在功率 PowerS (0CH)。

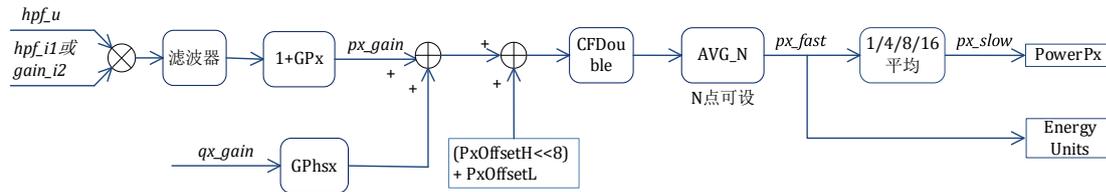
有功和无功功率偏置校正寄存器需要高位与低位组合，通过 ModuleEn.PoffsetCFG 配置功率偏置选择 16bit 或者 24bit。

无功功率和视在功率通道增益选择，通过配置 AlgCfg.GP_Sel 选择 GQ1/GQ2/GS1/GS1 或者 GP1/GP2。

有功和无功功率平均模块和有效值共用，平均点数通过 AVG_PRMS 设置，二级可通过 FreqCFG.PRFCFG[1:0]选 1/4/8/16 平均

3.5.1. 有功功率

电压和电流 1 通道经过高通后数据，电流 2 通道通过 I2Gain 增益之后，经过如下处理：



如图所示，电压与电流数据相乘，经过滤波器、增益、PQ 方式相位校正、小信号偏置校正，通过 CFDouble 脉冲加倍后，累计功率。

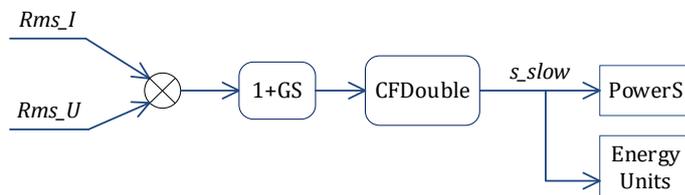
3.5.2. 无功功率

电压通过 90 度移相滤波器和电流 1 通道经过高通后数据，电流 2 通道通过 I2Gain 增益之后，处理流程与有功功率一致。

电压与电流数据相乘，经过滤波器、增益、PQ 方式相位校正、小信号偏置校正，通过 CFDouble 脉冲加倍后，累计功率。

3.5.3. 视在功率

电压通道有效值与当前计量路电流有效值，经过如下处理：



如图所示，电压与电流数据相乘，经过增益、CFDouble 脉冲加倍后，累计功率。

3.6. 电压频率

通过对电压采样信号 32 个周波的过零点计数的方式，提供电压频率输出寄存器 Freq_U(09H)，因此对于 50Hz 系统，电压频率的更新速度为 1.56Hz (32 个*20ms = 640ms)。

当电压过零无效时，即电压有效值小于电压过零阈值 ZCrossVoltage，不更新电压频率。在 ANAEN.ADC_U_En=0，芯片将频率寄存器强制赋值为 0x2710，在 ANAEN.ADC_U_En=1 且过零无效时，频率寄存器保持上一次值。

3.7. 电能模块

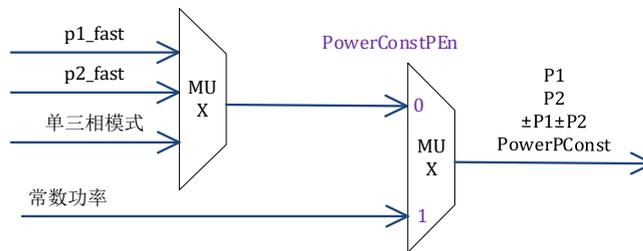
3.7.1. 单相三线模式

HT7017 提供单相三线模式的电能累加，通过寄存器 EMUCFG.CIADD 选择单通道或电流累加和模式，并可通过寄存器 EMUCFG.CIADD1 选择代数和或绝对值累加。

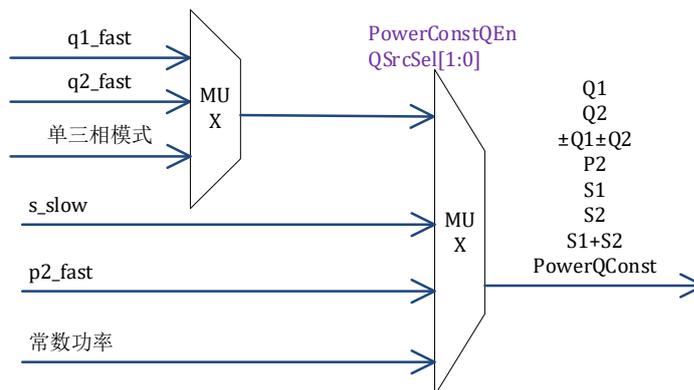
3.7.2. 电能累加功率源选择

HT7017 有 2 路电能累计通路，其用于电能累计的功率源可选。

第 1 通路电能：功率节点数据选择平均模块后数据（未经过第二级平均），根据单三相模式配置和当前计量路，计算 $P1/P2/(\pm P1 \pm P2)$ ，当 AlgCfg.PowerConstPEn=1 时，累计能量功率源头选择 PowerConstPH（3AH）和 PowerConstPL（3BH）组合。



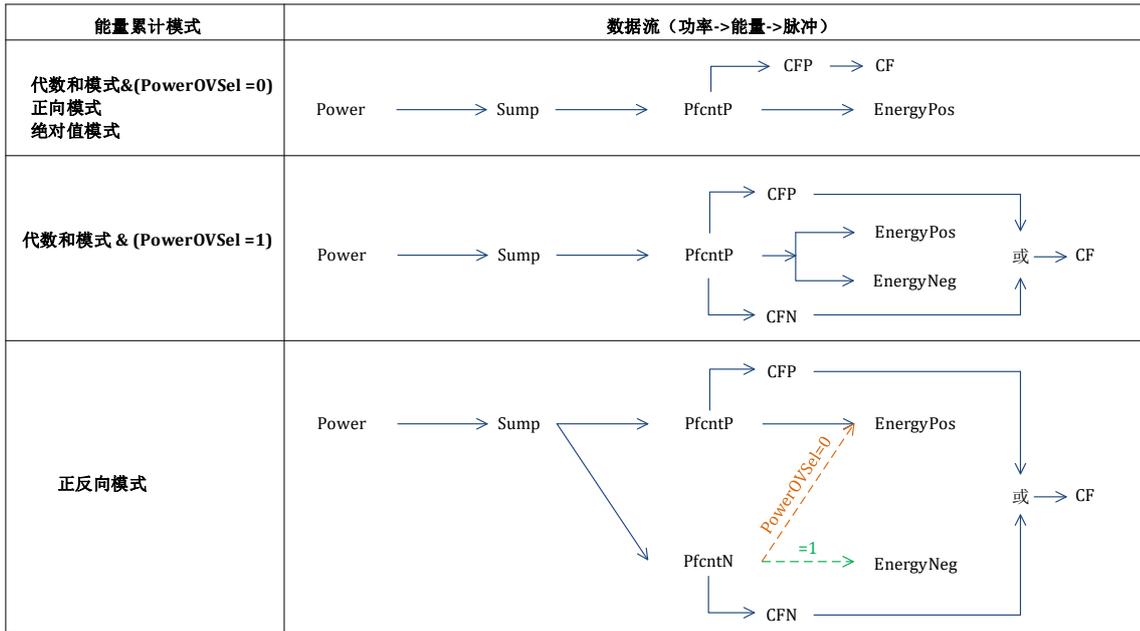
第 2 通路电能：功率节点数据选择平均模块后数据（未经过第二级平均），根据单三相模式配置和当前计量路，当 EMUCFG.QSrcSel[1:0]=00 或者 11，计算 $Q1/Q2/(\pm Q1 \pm Q2)$ ；当 EMUCFG.QSrcSel[1:0]=01，计算 $S1/S2/(S1+S2)$ ；当 EMUCFG.QSrcSel[1:0]=10，计算 P2；当 AlgCfg.PowerConstQEn=1 时，累计能量功率源头选择 PowerConstQH（3CH）和 PowerConstQL（3DH）组合。



3.7.3. 电能累计模式

HT7017 有代数和/只正/绝对值/正反向 4 种累计模式，2 通道电能分别通过寄存器 EMUCFG.PMOD[1:0]/EMUCFG.QMOD[1:0]选择。

AlgCfg.PowerOVSelP/ AlgCfg.PowerOVSelQ 分别控制 2 通道电能反向电能累计到正向电能寄存器还是反向电能寄存器。



3.7.4. 电能脉冲输出

1、脉冲宽度

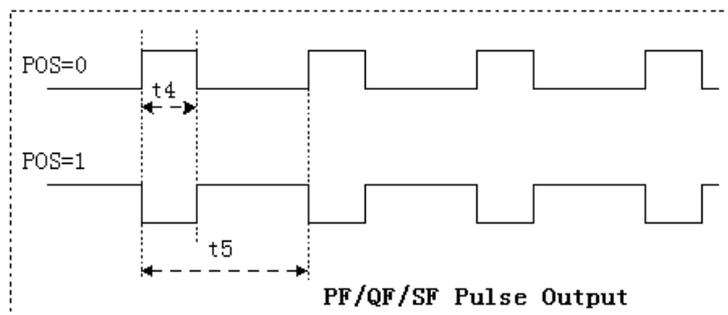
通过 FreqCFG.CFP[1:0] 脉冲宽度可选, 即 160ms/80ms/40ms/20ms/10ms, 默认脉冲输出 80ms。

Emuclk = 1MHz 时, 由 FreqCFG.CFP[1:0] 选择 00/01/10/11: 160ms/80ms/40ms/20ms

Emuclk = 2MHz 时, 由 FreqCFG.CFP[1:0] 选择 00/01/10/11: 80ms/40ms/20ms/10ms

2、脉冲电平

用户可以通过 IOCFG.POS 选择脉冲输出口的有效电平, 默认高电平有效。当 IOCFG.POS=0 时, 脉冲高电平有效; IOCFG.POS = 1 时, 脉冲低电平有效。



注意: 当脉冲输出频率过快时, 电能脉冲以占空比为 1:1 的等宽脉冲输出。

例如 芯片默认脉冲宽度为 80ms, 脉冲周期小于 160 毫秒时, 芯片将输出占空比 1:1 的电能脉冲信号。

3.8. 中断

HT7017 中断资源包括 2 个中断使能寄存器 EMUIE (30H) /EMUIE2 (34H), 2 个中断状态

标志寄存器 EMUIF (31H) /EMUIF2 (27H)，中断标志读后清零。

芯片可通过命令 (A5 C9 CC A5 CS 00) 把 TX 引脚复用为中断输出，之后任何非本命令的读写等其他命令均可把引脚切换为 TX 功能。命令见 UART 特殊命令。

3.9. 移采样点方式相位校正

HT7017 提供 Dec_Shift (64H) 校正寄存器，其中 Bit6~0 为 I1 的小拍移动，Bit7 为 I2 和 U 的大拍移动，小拍代表 1 个 onebit，大拍代表 OSR 个 onebit。

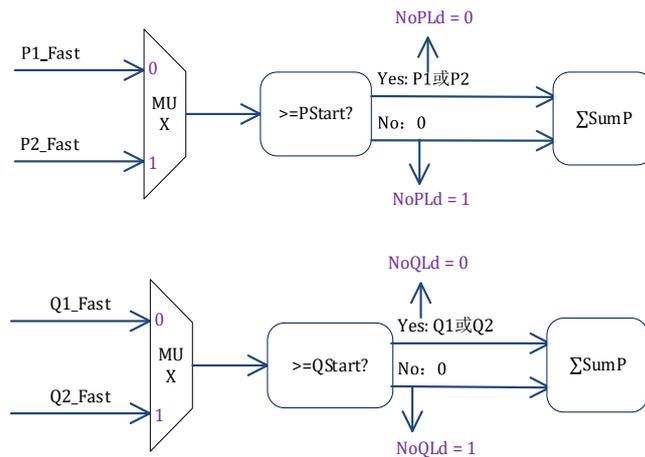
移采样点的方式相位校，其直接作用于采样数据，因此相对于 PQ 方式校正响应速度更快。

以 emuclk=1M 为例，假设采样电网为准确 50Hz，一信号周期采样点数为 $1000000/50 = 20000$ 个，一周期为 360° ，因此移动 1 个 onebit 将会移动相位： $1/20000 * 360 = 0.018^\circ$ ，而移动 1 个 DEC 将会移动 $0.018^\circ * OSR = 2.304^\circ$ (设 OSR=128)，等效为移动 128 个 onebit 的结果。

详见 Dec_Shift 寄存器说明。

3.10. 起动/潜动

通过设置校表寄存器 PStart/QStart，用户可以灵活的完成起动潜动的功能。起动阈值的数据源为：同源电能累计的功率数据。



$|P|$ 小于 PStart 时，有功功率停止累计电能与输出脉冲。

$|Q|$ 小于 QStart 时，无功功率停止累计电能与输出脉冲。

EMUSR 状态寄存器中 NoQLD1、NoPLD1、NoQLD2、NoPLD2 能够实时显示两路电能是否起动 (MODECFG.En_NewStatus=1 时有效)，NoPLd、NoQLd 当前计量功率的有功、无功潜动标志 (含单相三线)。

当前计量路有功，无功有两种起动潜动方式，通过寄存器 EMUCFG.StartSel 选择。

(1) 功率方式 1 (独立判断):

$|P|$ 根据 PStart 判断潜动， $|Q|$ 根据 QStart 判断潜动，即如果 $|P| \geq PStart$ 则 P 起动， $|Q| \geq QStart$ 则 Q 起动，P 与 Q 各自独立。

(2) 功率方式 2 (联合判断):

PQ 联合判断潜动，即如果满足 $|P| \geq PStar$ 和 $|Q| \geq QStar$ 任一条件，P 和 Q 都会起动其通路计量。

(3) 视在功率的起动:

视在的启动将交给该通道 P|Q 决定。只要 P|Q 有一个启动，该通道的 PowerS 电能也需要启动。

(4) 常数功率的启动:

常数功率 PowerConst 用于累计电能时，不受到 P/QStart 的影响。

3.11. 计量可靠性机制

该机制可以防止 MCU 在初始化完成之前，计量芯片已经按默认配置，错误计量电能。当 HT7017 上电启动或者发生复位后，用户需要对 ADC 通道增益寄存器 ADCCON 进行一次写操作后，能量才会计量。

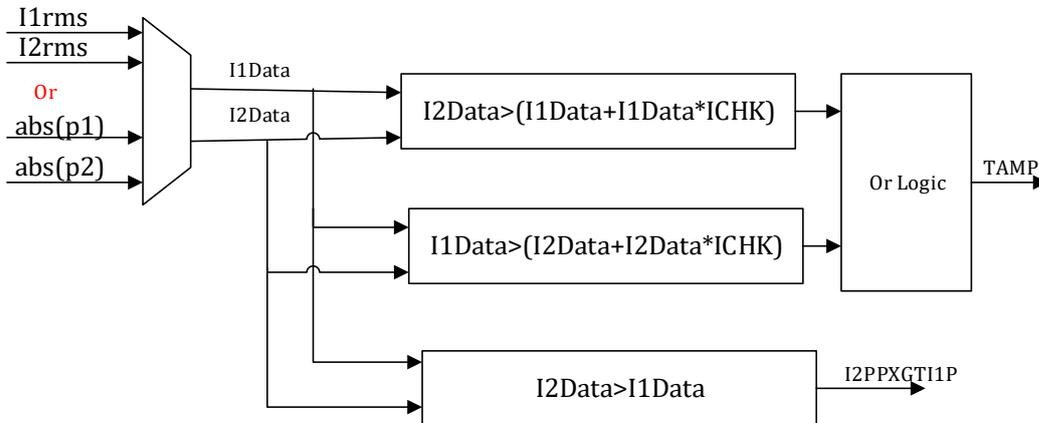
3.12. 锰铜掉线检测功能

芯片内部实现了对锰铜断线的检测功能，用户可通过 ANAEN.ShuntFail_DET_EN 使能该功能，当锰铜发生火线地掉落事件时，芯片会给出指示标志位 EMUIF2.ShuntFail_IF。

用户可配合使用 VIP 与 VIN 跨接电阻（抗混叠电路前端），实现掉信号线时功率潜动。

3.13. 自动防窃电功能

可以通过防窃电模块对两路电流或者两路功率大小进行比较，选用较大的一路电流或功率进行计量。



FTLON = 1, 任何一路大于 IPTAMP:

CHNSEL	TAMP	I2PPXGT1P	CHNSEL_INNER	说明
X	0	X		-> 保持上一次计量状态
X	1	0		-> 0(取大的计量路)
X	1	1		-> 1(取大的计量路)

可以通过 EMUCFG.FLTON 设置是否开启自动防窃电功能。EMUCFG.FLTON=0 时，可以根据 EMUCFG.CHNSEL 选择当前有效计量通道；EMUCFG.FLTON=1 时，防窃电单元根据 IPTAMP 和 ICHK 的设置，自动选择相应的通道进行计量。

(1) 当两路计量通道至少有一路大于等于 IPTAMP 时，可进行自动防窃电的判断。

(2) 通过 ICHK 可以设置发生窃电的比例，默认为 0x10H，表示当两路电流有效值或功率值相对误差到 6.25% 时，同时满足 1) 的条件下，认为发生了窃电。

(3) 当两路的电流的有效值或者功率值均小于 IPTAMP 设置的值时, 可通过配置 CHNFix=0 表示选择通道 1 为计量单元; CHNFix=1 表示不切换, 选择之前的计量通道。

(4) 窃电的相关状态标识:

I2PPXGTI1P: 如果电流 2 有效值或者第 2 路有功功率大于电流 1 有效值或者第 1 路有功功率, 则将标志位 I2PPXGTI1P=1, 否则标志位 I2PPXGTI1P=0。

TAMP: 两路电流有效值或者功率相比超过了设定的防窃电阈值, TAMP=1 表示发生了窃电, 否则标志位 TAMP=0。

3.14. 过零

3.14.1. 过零有效

支持电压和电流通道过零有效阈值可设置, 寄存器 ZCrossVoltage (35H) 和 ZCrossCurrent (6CH), 分别与电压有效值和电流有效值低位对齐进行比较。

当电压有效值大于等于 ZCrossVoltage 时, 则电压通道过零有效, 否则电压通道过零无效。

当电流有效值大于等于 ZCrossCurrent 时, 则电流通道过零有效, 否则电流通道过零无效。

受过零有效限制的功能:

- ① 电压频率寄存器的更新
- ② I1 和 I2 两路电流通道的过零中断
- ③ 电流 I1 通道的过零翻转

注意, 电压通道的过零中断、过零翻转并不受电压过零有效限制。

3.14.2. 过零翻转

过零翻转的采样数据选择 DEC 后, 电压或电流 I1 (I2 不支持过零翻转) 可通过 EMUCFG.Zxd[1:0]选择正向过零, 反向过零和双向过零。

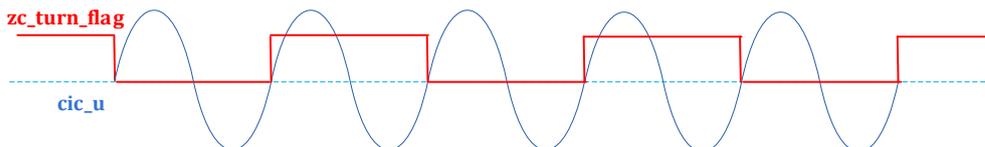
通过 IOCFG.ZXCFG=1 设置 IRQ 引脚输出为过零翻转信号。

通过 ModuleEn.ZC_TurnChannel 选择过零翻转的信号源为电压过零或电流 I1 过零。

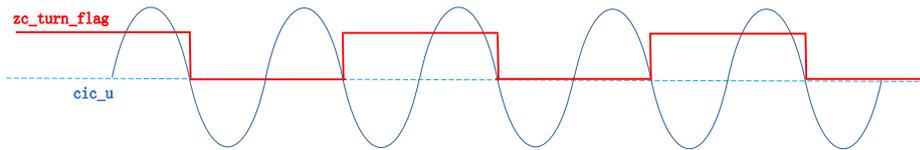
通过 IOCFG.IRQCFG 设置 IRQ 引脚输出初始化电平信号。

由于 HT7017 没有封出 IRQ Pin, 用户可通过 UART 命令将 TX 复用为 IRQ 来实现上述功能。以选择电压通道过零翻转为例:

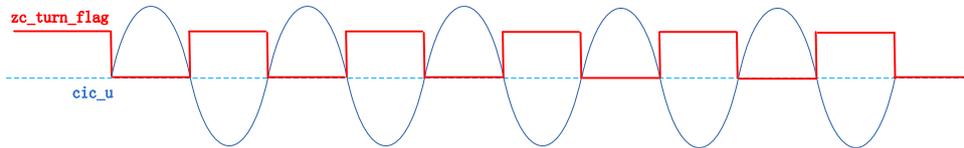
(1) 正向过零



(2) 反向过零



(3) 双向过零



3.14.3. 过零中断

提供 3 路通道过零中断标志寄存器 EMUIF.ZC_U_IF/EMUIF.ZC_I1_IF/EMUIF.ZC_I2_IF，读后清零。

过零中断判断数据源头使用 DEC 后数据，电压和两路电流过零中断方式可通过 EMUCFG.Zxd[1:0]选择正向过零，反向过零和双向过零。

3.15. 半波峰值

HT7017 提供 3 路半波峰值寄存器 MAXUWAVE (12H) /MAXI1WAVE (1FH) /MAXI2WAVE (20H)。

半波峰值是以信号两次过零之间的最大采样数据作为寄存器更新依据。

3 路半波峰值的数据源头使用各自通道的高通后数据。

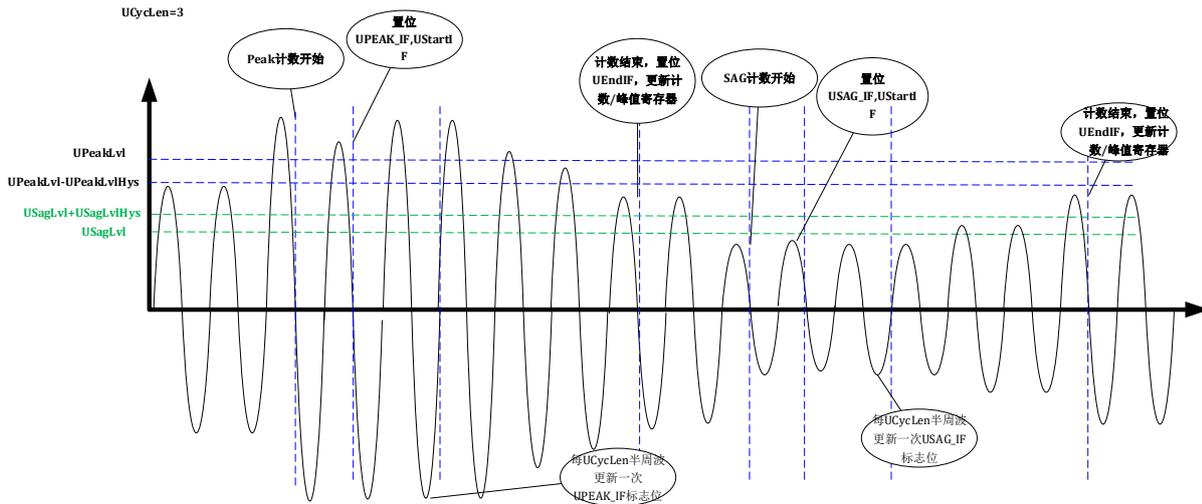
两次过零判断的数据源头选择：电压不可选；两路电流通道可通过 AlgCfg. IHalfVp_ZC_Sel 选择使用同电压通道或自身通道高通后数据。

半波峰值用于电压通道 SGA/PEAK 事件和电流通道过流事件判断数据源头。

3.16. 电压 Sag/Peak 事件检测

电压通道支持 Sag/Peak 事件判断，给出 Sag/Peak 事件相关中断标志 EMUIF.UStartIF/UEndIF/UPEAK_IF/USAG_IF，中断标志读后清零，期间最值 UdetVp (21H) 和持续周期个数 UdetCNT (0FH)。

检测周期、检测阈值和检测阈值迟滞可设置寄存器 UCycLen (7CH)、UPeakLvl (7AH)、USagLvl (7BH)、UPeakLvlHys (7DH) 和 USagLvlHys (7EH)，UCycLen=0 则 Sag/Peak 事件检测功能关闭，否则开启检测功能。半个周波为单位，每半周波进行一次判别，以电压半波峰值作为参考，与半波峰值绝对值高位对齐。



PEAK 功能:

电压半波峰值 MAXUWAVE 为检测的输入信号，当电压波形采样值第一个半波峰值的绝对值峰值大于设定的 PEAK 阈值 $U_{PeakLvl}$ ，记为事件判断开始。只要电压波形半波峰值的绝对值不小于设定的阈值与阈值迟滞差值 ($U_{PeakLvl} - U_{PeakLvlHys}$)，则一直处于 PEAK 状态，当计数值等于 $UCycLen$ 设定的半周波数，则判定发生 PEAK 事件，并给出标志位 $UPEAK_IF$ 及 $UStartIF$ 标志位，之后每个半周波继续判别，每 $Ucyc$ 个半周波更新标志位 $UPEAK_IF$ 。当电压波形半波峰值的绝对值小于设定的阈值与阈值迟滞差值 ($U_{PeakLvl} - U_{PeakLvlHys}$)，则停止当前计数，并给出 $UEndIF$ 标志位，更新计数寄存器 $UdetCNT$ 和期间最大值 $UdetVP$ 。

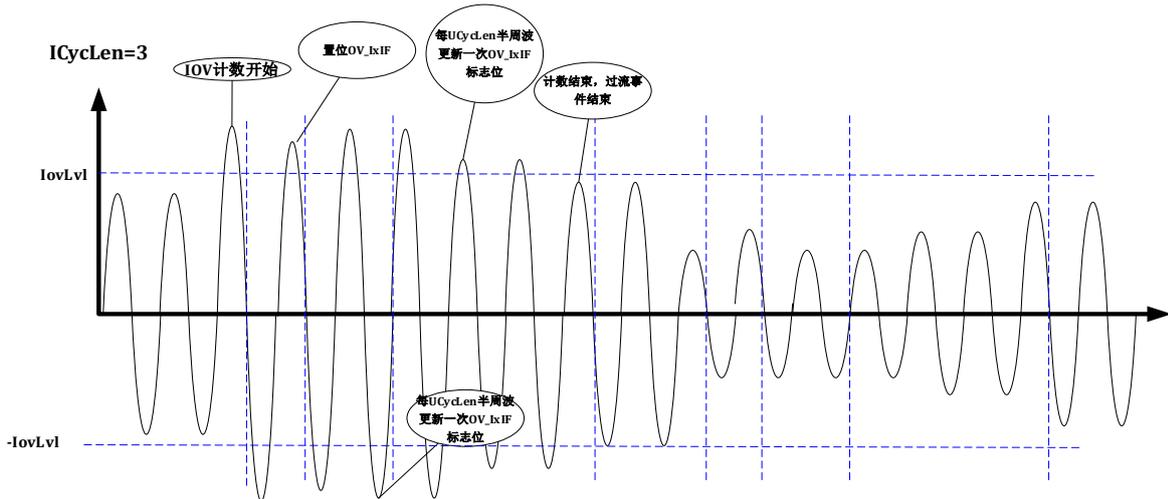
SAG 功能:

以半周波为单位，每半周波进行一次判别，电压半波峰值 MAXUWAVE 为检测的输入信号，当电压波形采样值第一个半波峰值的绝对值峰值小于设定的 SAG 阈值 $USagLvl$ ，记为事件判断开始。只要电压波形半波峰值的绝对值不大于设定的阈值与阈值迟滞加值 ($USagLvl + USagLvlHys$)，则一直处于 SAG 状态，当计数值等于 $UCycLen$ 设定的半周波数，则判定发生 SAG 事件，并给出标志位 $USAG_IF$ 及 $UStartIF$ 标志位，之后每个半周波继续判别，每 $UCycLen$ 个半周波更新标志位 $USAG_IF$ 。当电压波形半波峰值的绝对值大于设定的阈值与阈值迟滞加值 ($USagLvl + USagLvlHys$)，则停止当前计数，并给出 $UEndIF$ 标志位，更新计数寄存器 $UdetCNT$ 和期间最大值 $UdetVP$ 。

3.17. 电流过流事件检测

2 路电流支持过流事件判断，只给出过流中断标志 $EMUIF2.OV_IxIF$ ，过流中断标志读后清零。

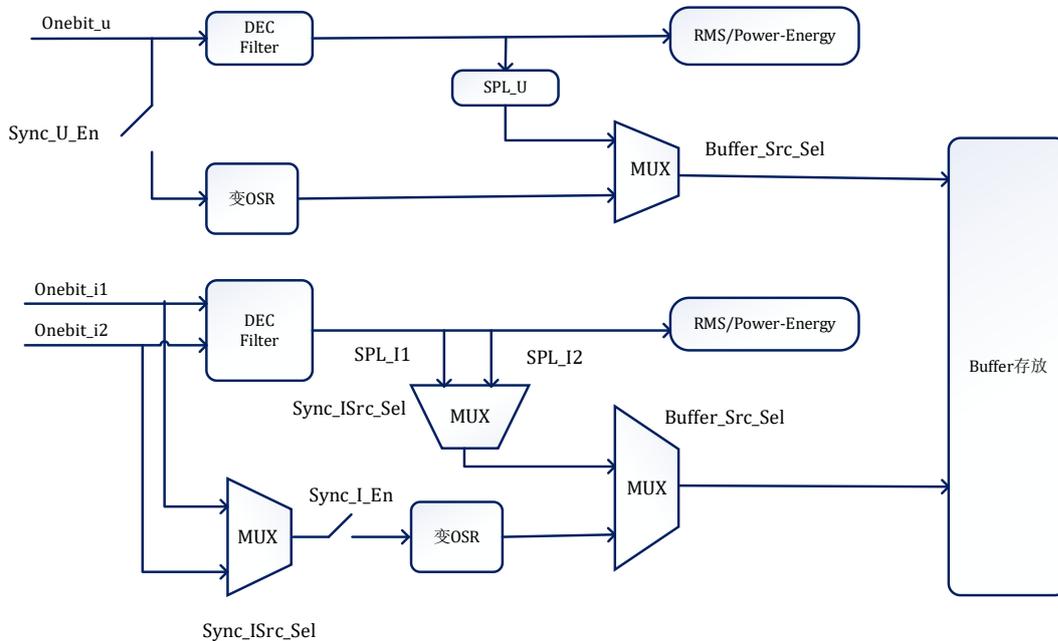
检测周期和检测阈值可设置寄存器 $ICycLen$ (37H) 和 $IovLvl$ (36H)，当 $ICycLen=0$ 则电流过流事件检测功能关闭；当 $ICycLen \neq 0$ 则开启检测功能。以半个周波为单位，每半周波进行一次判别，以电流半波峰值作为参考，与半波峰值绝对值高位对齐。



电流半波峰值 MAXIxWAVE 为检测的输入信号，当电流波形采样值第一个半波峰值的绝对值峰值大于设定的过流阈值 IovLvl，记为事件判断开始。只要电流波形半波峰值的绝对值不小于设定的阈值 IovLvl，则一直处于过流状态，当计数值等于 ICycLen 设定的半周波数，则判定发生过流事件，并给出标志位 OV_IxIF，之后每个半周波继续判别，每 ICycLen 个半周波更新标志位 OV_IxIF。当电流波形半波峰值的绝对值小于设定的阈值 IovLvl，则结束过流事件。

3.18. 随频采样（变 OSR）

用户可通过配置 SyncCFG.Buffer_Src_Sel=1，把 2 路随频采样数据存放在 BUFF 中，再通过 UART 特殊命令读取缓存数据，从而获取随频采样数据。



随频采样系数可配置寄存器 SyncCoff，有效位为 9Bit，用户使用时需注意系数下限制。
 电压通道随频采样的通道使能为 SyncCFG.Sync_U_En，通道增益通过寄存器 SyncCFG.SyncGain_U[3:0]配置。
 电流通道随频采样的通道使能为 SyncCFG.Sync_I_En，通过寄存器 SyncCFG.Sync_I_Src_Sel

选择计算电流 1 通道或者电流 2 通道，通道增益通过寄存器 SyncCFG.SyncGain_I[3:0]配置。

3.19. ADC 波形缓存功能

HT7017 内置 256*16bit 的缓存 buffer，用于存放 ADC 采样数据，供用户做进一步的分析。

发送启动缓存命令后，在每一个波形更新周期，将相应 ADC 数据(高 16bit 补码形式)保存到缓存中，只要不发送新的命令，缓存的数据会一直保持上一次的数据。启动缓存命令后，读指针自动归 0。

数据源头选择可通过 SyncCFG.Buffer_Src_Sel 选择 SPL 波形数据或者 Sync 随频采样数据。电流通道可通过配置 SyncCFG.Sync_ISrc_Sel(同时控制 SPL 和 Sync)，选择电流缓存使用 I1 还是 I2 通道。默认启动缓存命令时，缓存电流为 I1 通道。

波形缓存命令说明如下：

CS: checksum 即校验字节；

6A: 帧头，6A 命令同样适用于 69/65 的帧头地址

LEN: 用于指定连续读缓存命令后返回的波形点数（数据的长度字节数值+1 为实际返回的波形点数）

1) UART 启动缓存命令

命令帧格式	功能	分配
6A C8 CC CX CS		
6A C8 CC C0 41	启动电压 U 通道缓存	电压缓存 256 点
6A C8 CC C1 40	启动电流 I 通道缓存	电流缓存 256 点
6A C8 CC C2 3F	启动电压电流 UI 通道缓存	电压 U 电流 I 交错存放

返回格式：命令正确则启动缓存，并返回 0x54；命令错误则不启动缓存，并返回 0x63

2) 广播启动缓存命令

广播命令帧格式	广播功能	分配
A5 C8 CC CX CS 00		
A5 C8 CC C0 06 00	启动电压 U 通道缓存	电压缓存 256 点
A5 C8 CC C1 05 00	启动电流 I1 通道缓存	电流 I1 缓存 256 点
A5 C8 CC C2 04 00	启动电压电流 U&I1 通道缓存	电压 U 电流 I1 交错存放

命令正确则启动缓存，无返回

3) 指定缓存地址

命令	功能
6A C7 00 XX CS	指定从 XX 地址开始读取

A5 C7 00 XX CS 00	广播方式指定从 XX 地址开始读取
-------------------	-------------------

由于缓存地址扩大，XX 范围为 00~FF，代表返回点数 1~256

4) 读缓存命令 (数据 3/4Bytes 取决于通信字节控制位)

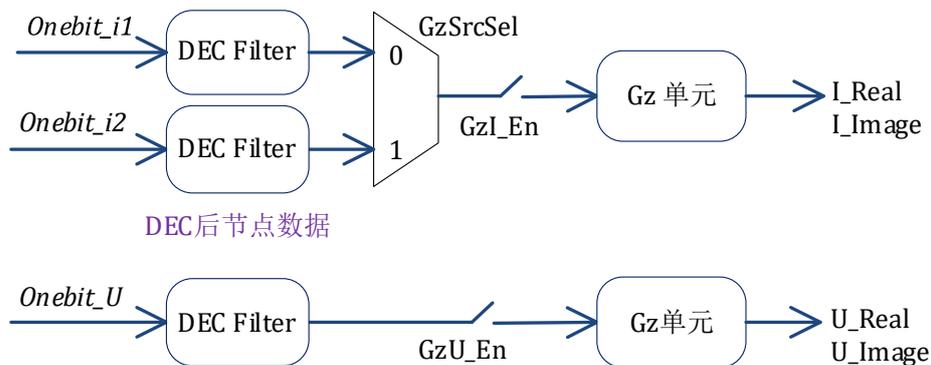
命令	功能
6A 7F	UART 单次读取，每读一次，缓存地址自动加 1，指针+1 为 0x100 时自动回 0。 返回格式与 UART 读命令一致
6A C6 7F LEN CS	UART 连续读缓存，返回格式 ACK = 0x54 + X0H+X0L + X1H+ X1L ++ XnH + XnL+ CS (正确) ACK = 0x63 (错误)。 因为缓存长度增加至 256 (0x100)，LEN 一字节不能表示 0x100，所以将 0 定义为 length=1，即 LEN=读取长度-1，LEN=0xFF，则表示读取 0x100 长度的缓存数据。

3.20. Gz 计算

HT7017 提供电压和 1 路电流 Gz 计算实部和虚部寄存器，地址 22H~25H。

用户可通过寄存器 AlgCfg.GzU_En/ GzI_En 控制通道 Gz 计算的使能，并通过寄存器 AlgCfg.GzContinueCal_En 选择单次计算模式还是连续计算模式，电流通道可通过 AlgCfg.GzSrcSel 选择计算 I1 或者 I2。

UART 发送起动 Gz 命令，通道使能打开，则进行计算，然后输出计算实部和虚部数据存于寄存器。



4. 通信接口

4.1. UART 接口

4.1.1. 概述

(1) 工作在从模式，半双工通信，11 位 UART (1Start+8bit 数据+1bit Parity+1Stop)，符合标准 UART 协议。

(2) 固定波特率：4800bps，可通过软件特殊命令修改波特率。

(3) 通信帧结构包含 6A/A5 帧头、校验字节和 ACK 反馈字节。

(4) 读数据时数据为 3 字节/4 字节可选(寄存器控制位选择)。

(5) 新增 Gz 启动的特殊命令（单次和连续）。

(6) HT7017 定义将所有 6 字节通信或者读的 7 字节通信都统一校验格式：将上一次通信命令保存到 COMChecksum (17H) 的高字节，将帧头+命令+数据字节（不包括校验字节）的和保存到 COMChecksum 的低两个字节。

4.1.2. UART 接口说明

(1) RX: UART 模式下，数据接收引脚。输入上拉。

(2) TX: UART 模式下，数据发送引脚。默认输出高。

(3) TX 在 RX 接收后 1bit 开始发送，TX 发送数据字节之间为 1.5 Stop bit，即每个 Stop bit 持续的高电平时间为 1.5bit 长度。

软件可配置波特率如下表：

B1	B0	波特率	OSC 时钟分频
0	0	2400	OSC/2500
0	1	9600	OSC/625
1	0	38400	OSC/156
1	1	4800	OSC/1250

通用串口波特率根据 B1B0 状态位值确定，B1B0 状态位固定为 11，可以通过特殊命令修改。

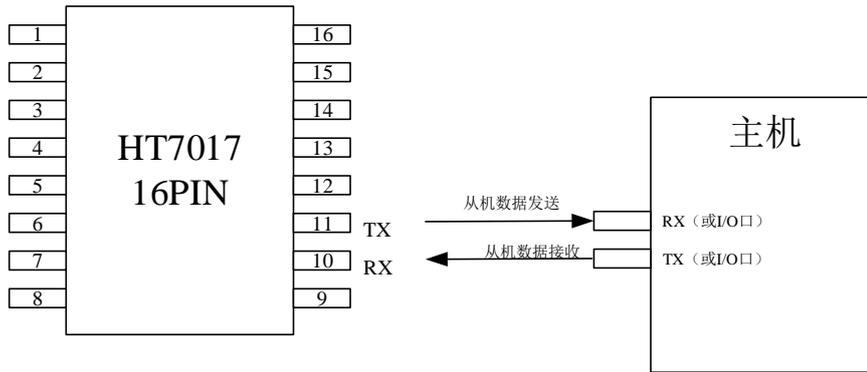
特殊命令：

6A C7 01 0X CS, X 决定 B1:B0 的数值

广播方式：A5 C7 01 0X CS 00

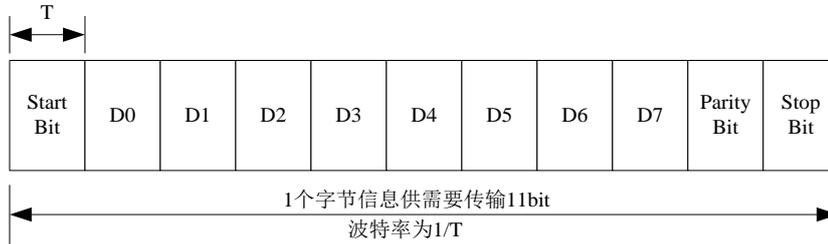
只要通过特殊命令更改过 B1B0 数值，则 B1B0 就在此次上电过程中保持为软件控制，波特率不在固定为 4800bps，由软件命令设置命令决定。芯片复位或者 UART 模块复位后，恢复为固定波特率为 4800bps。

4.1.3. UART 接口图示

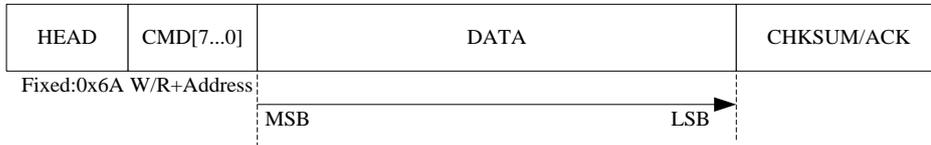


HT7017 UART 接口图示

4.1.4. UART 单个字节格式

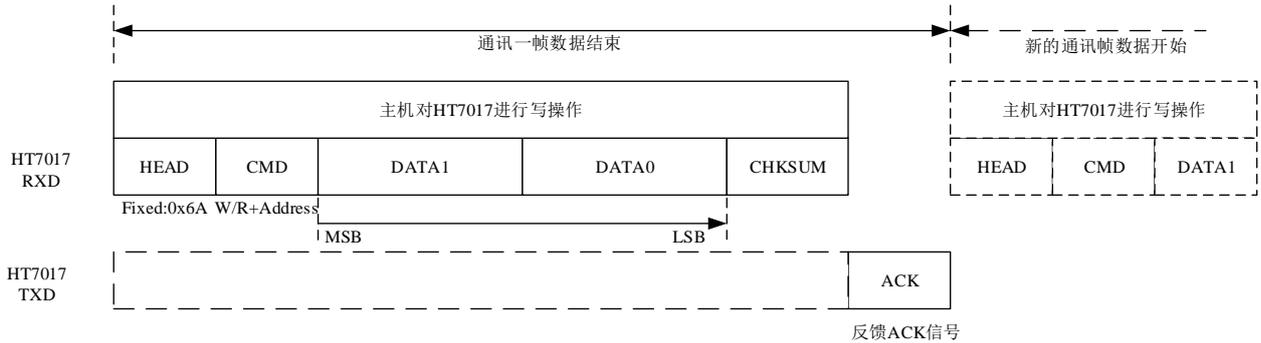


4.1.5. UART 通信命令帧格式



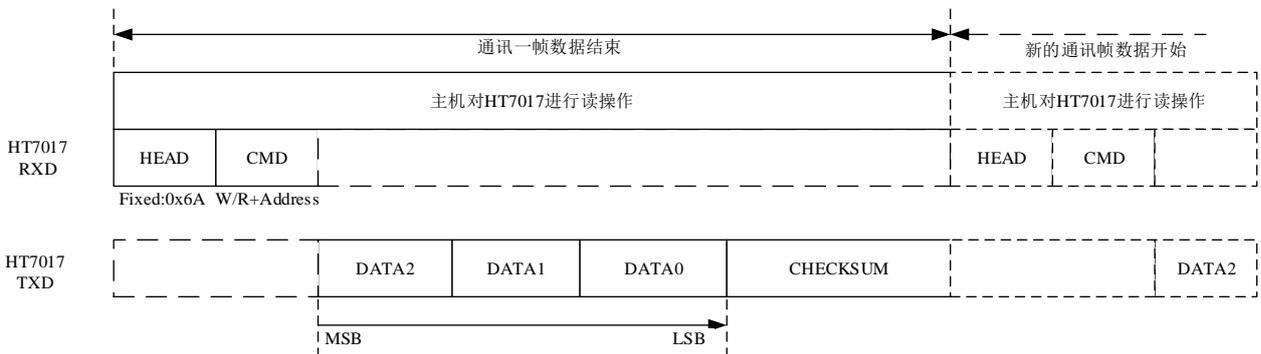
名称	解释
HEAD	传输字节帧头 HT7017 的帧头由 S0 决定，即 S0=1:帧头 0x6A (Default); S0=0:帧头 0x69; S0=Rx:帧头 0x65。
CMD[7...0]	命令字节，由主机端发送 CMD[7]为命令类别：0：读操作 1：写操作 CMD[6:0]为需要操作的 HT7017 寄存器地址
DATA	数据字节，读操作由从机端（HT7017）发送，写操作由主机端发送。 读寄存器一般为 3 字节传输；写寄存器是固定 2 字节传输，高字节在前。
CHKSUM	校验和：读操作时由从机端（HT7017）发送，写操作时由主机端发送。 校验和算法如下： $CHKSUM[7...0] = \overline{HEAD[7...0] + CMD[7...0] + DATA_n[7...0] + \dots + DATA_1[7...0]}$ 即将命令帧的各数据相加，抛弃进位，最后的结果按位取反。
ACK	写操作时由从机端（HT7017）表示用户发送的校验和与从机内部计算的校验和是否一致，如果一致则 ACK 为 0x54，不一致则 ACK 为 0x63。 ACK 的响应时间为从机端（HT7017）接收完数据后等 1 个 bit 时间。

4.1.6. UART 通信写操作格式



写操作特点	说明
9 位 UART	单个字节信息由 11bit 组成，分别为：起始位+数据位+奇偶校验位+停止位
6 字节默认长度传输	每一个写操作数据帧都是 6 个字节固定长度，如果主机发送校验和后从机检测发现和接收的校验和不一致，则该帧数据也不会被写入 HT7017 寄存器，同时会给出 ACK=0X63 信号。
字节传输顺序	对于双字节的寄存器，数据帧写入时，高字节在前，低字节在后。 对于单字节的寄存器，数据帧写入时，高字节补 0，低字节为用户需要写入的数据。
写保护	用户在对寄存器写操作前，需要写入写使能命令。
出错处理	错误一：帧头 HEAD 如果为 6A/69/65 但是与 HT7017 的帧头选择不匹配，如果判断为写操作，则丢弃帧头开始的 5 个字节后从新开始判断。如果接收的首字节为非 HEAD 数值，则从下一字节开始重新判断。 错误二：校验和 CHECKSUM 比对错误，则从机放弃该帧数据，同时返回相应的 ACK 信号 (0x63)。

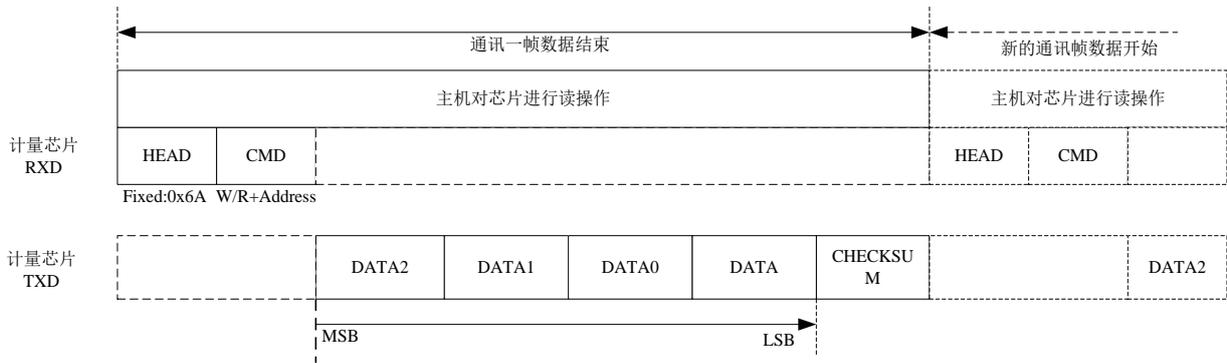
4.1.7. UART 通信读操作格式



读操作特点	说明
9 位 UART	单个字节信息由 11bit 组成，分别为：起始位+数据位+奇偶校验位+停止位
6 字节默认长度传输	每一个读操作数据帧都是 6 个字节默认长度，从机接收到命令后返回 4 个字节，包含 3 个寄存器数据字节和 1 个校验和字节，读操作结束。
字节传输	数据帧输出时，高字节在前，低字节在后。

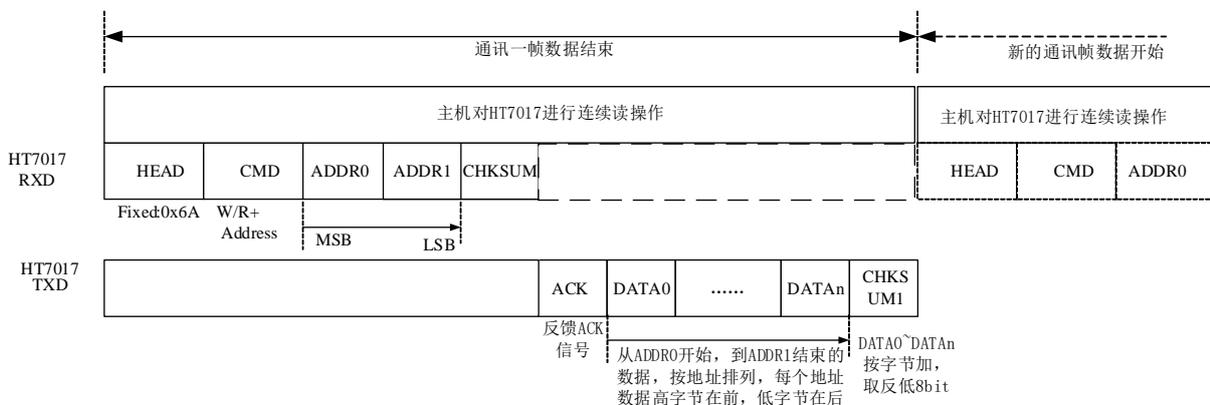
顺序	对于不足 3 个字节的寄存器，返回数据的高字节补 0 当读数据为 4 字节时，如果寄存器不足 4 字节，则低 1 个字节补 00，高 3 字节与 3 字节通信一致
出错处理	错误一：帧头 HEAD 如果为 6A/69/65 但是与 HT7017 的帧头选择不匹配，如果判断为读操作，则抛弃 HEAD 和 CMD 字节，从接收的第三个字节开始重新判断。如果接收的首字节为非 HEAD 数值，则从下一字节开始重新判断。

用户可通过使能 4 数据字节通信功能 (IOCFG.UartCFG) 来读取 4 字节寄存器。



读操作特点	说明
9 位 UART	单个字节信息由 11bit 组成，分别为：起始位+数据位+奇偶校验位+停止位
7 字节长度传输	使能 4 数据字节通信模式后，每一个读操作数据帧是 7 个字节长度。从机接收到命令后返回 5 个字节：包含 4 个寄存器数据字节和 1 个校验和字节，对于不满 4 字节的寄存器，低字节会补 00 返回。
字节传输顺序	对于多字节的寄存器，数据帧输出时，高字节在前，低字节在后。对于不足 3 个字节的寄存器 (DATA2-DATA0)，HT7017 的内部寄存器与数据帧的低位对齐。
出错处理	错误一：数据头 HEAD 错误，则该字节被放弃，从下个字节开始重新判断是否正确收到数据头。

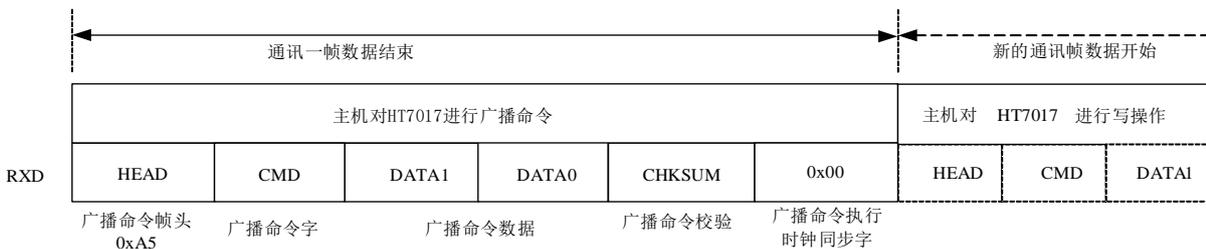
4.1.8. UART 通信连续读操作格式



连续读操作	说明
11 位 UART	单个字节信息由 11bit 组成，分别为：起始位+数据位+奇偶校验位+停止位
命令字格式	连续读操作数据帧命令由 5 个字节组成： 1、帧头(0x6A)+ 特殊命令(0xC6)+数据(ADDR0 为起始地址， ADDR1 为结束地址)+

	CheckSum (CS) 从机接收到命令后返回 1 个字节 ACK 表明命令字是否正确; 2、如果 ADDR0=0x7F 则为连续读取缓存数据命令, 命令帧为: 帧头(0x6A) + 特殊命令(0xC6)+数据(0x7F+length 读取数据长度) + CheckSum 从机接收到命令后返回 1 个字节 ACK 表明命令字是否正确;
回送数据格式	接收 5 个字节数据后, 检查 CheckSum 是否正确: 1) 正确则返回 ACK=0x54, 并发送起始地址到结束地址的数据, 数据格式按照每个地址 3 字节或 4 字节(控制位决定), 即地址 0 的高字节~地址 0 的低字节,地址 1 的高字节~地址 1 的低字节.....地址 n 的高字节~地址 n 的低字节; 内部寄存器与数据帧的低字节对齐, 高字节补 0 原则, 空闲地址补 0; 2) ADDR0=0x7F, 正确则返回 ACK=0x54, 然后继续输出缓存数据, 每个数据 2 字节, 高字节在前, 低字节在后, 数据长度为 LEN+1。 3) 错误则返回 ACK=0x63;
出错处理	错误一: 数据头 HEAD 错误, 则该字节被放弃, 从下个字节开始重新判断是否正确收到数据头。 错误二: 校验和 CHECKSUM 比对错误, 则从机放弃该帧数据, 并返 ACK=0x63

4.1.9. UART 通信广播命令格式



广播命令	说明
11 位 UART 命令字格式	单个字节信息由 11bit 组成, 分别为: 起始位+数据位+奇偶校验位+停止位 广播命令操作数据帧命令由 6 个字节组成: 帧头(0xA5)+广播命令字 +广播命令数据 + CheckSum+时钟同步字 (00) 广播命令字与写操作完全一致。
命令格式说明	接收 5 个字节数据后, 检查 CheckSum 是否正确: 正确则以下一个同步时钟下降沿为基准时刻, 进行命令字操作; 错误则舍弃。
出错处理	错误一: 数据头 HEAD 错误, 则该字节被放弃, 从下个字节开始重新判断是否正确收到数据头。 错误二: 校验和 CHECKSUM 比对错误, 则从机放弃该帧数据, 不返 ACK

注意: (1)广播命令帧头 0xA5 的操作, 只可用于写操作, 不可进行读操作。同时以广播命令帧头的写操作, 芯片也不会返回 ACK。

(2)用户在使用广播命令时, 必须添加广播命令执行同步字 0x00。如果未添加或者命令字非 0x00, 计量芯片不会执行广播命令的相应操作。

4.1.10. UART 通信超时保护机制

HT7017 的 UART 通信提供了超时保护机制，规定 Byte 与 Byte 间的间隔不得超过一定值（20ms，上一字节结束到下一字节开始），否则 UART 模块将之前接收但未处理的数据丢弃，重新开始新的数据帧接收和判断。

具体步骤如下：

- (1) 每一 Byte 的 Start Bit，计数器清零并开始计数；
- (2) 当计数器发生溢出（超过 20ms），则 UART 模块自动复位，计数器清零并停止计数；
- (3) 完整数据帧发送/接收完成后，计数器清零并停止计数。

4.1.11. UART 通信备份寄存器

芯片设置 16H 为数据备份寄存器，备份上一次通信（所有标准的 6 字节通信和使能后的 7 字节通信）的通信数据，初始值为 0。

设置 17H 为通信校验和寄存器，将上一次通信（所有标准的 6 字节通信和使能后的 7 字节通信）的命令字节保存在 bit16~bit23，将通信后的寄存器数值和帧头、命令字节的字节运算之和存放于低 2 字节。

4.1.12. UART 波特率兼容范围

芯片有一定的波特率容错兼容，理论兼容范围：4800 兼容 4571~5052，2400 兼容 2285~2526，9600 兼容 9143~10105，38400 兼容 36571~40421。

虽然芯片设计理论上下兼容各 5%，实际使用因高低温异步偏差等因素，边界不好保证。需要用户将波特率容错范围设定在±3%以内以保证通信可靠性。

4.1.13. UART 启动 Gz

单次计算命令：6A C9 DD D0 CS，命令正常则开始计算并返 ACK=0x54，异常则返 0x63

广播启动：A5 C9 DD D0 CS 00

连续计算命令：由 57H 寄存器位控制，不要由特殊命令控制。

4.1.14. UART 特殊命令

特殊命令	帧头	命令字	数据	命令说明
启动缓存	6A	C8	CC CX CS	C0 C1 C2 分别用于启动电压通道缓存，电流通道的缓存，电压电流交错缓存
广播启动缓存	A5	C8	CC CX CS 00	C0 C1 C2 分别用于广播启动电压通道缓存，电流通道的缓存，电压电流交错缓存
指定读缓存地址	6A	C7	00 XX CS	指定缓存数据的地址指针，Addr 为用户指定的相对缓存起始地址的

				偏移地址
广播指定读缓存地址	A5	C7	00 XX CS 00	广播指定缓存数据的地址指针，Addr 为用户指定的相对缓存起始地址的偏移地址
单次读缓存	6A	7F		每读一次，缓存地址自动加一供用户下次读取。返回值和 UART 读命令一致。（数据 3/4Bytes 取决于通信字节控制位）
连续读缓存	6A	C6	7F LEN CS	连续读缓存，返回数据长度为 LEN+1
连续读寄存器	6A	C6	Addr0 Addr1 CS	Addr0 为起始地址，Addr1 为结束地址。 Tx 返回： ACK+DATA0~DATAn+Checksum
广播电量备份	A5	C9	00 5A CS 00	将当前能量寄存器的高 2 字节和快速脉冲计数的低 2 字节分别保存到 13H 14H
广播写寄存器	A5	CMD	D1 D0 CS 00	进行写操作。从机不返回 ACK 以避免时序冲突
TX 复用 IRQ	A5	C9	CC A5 CS 00	此命令可将芯片 TX 复用为 IRQ 输出。非此命令的任何读写操作均会切回 TX 功能。
修改波特率	6A	C7	01 0X CS	软件方式修改波特率，命令接收完后将 UART 模块的波特率按软件配置进行修改。
广播修改波特率	A5	C7	01 0X CS 00	广播软件方式修改波特率，命令接收完后将 UART 模块的波特率按软件配置进行修改。
启动 Gz	6A	C9	DD D0 CS	命令正常则开始计算并返 ACK=0x54，异常则返 0x63
广播启动 Gz	A5	C9	DD D0 CS 00	命令正常则开始运算。

5. 寄存器

5.1. 计量参数寄存器

5.1.1. 计量参数寄存器列表

地址	名称	读写方式	有效字长	复位值	功能描述
00H	Spl_I1	RO	3	0x000000	电流 1 通道的 ADC 采样数据
01H	Spl_I2	RO	3	0x000000	电流 2 通道的 ADC 采样数据
02H	Spl_U	RO	3	0x000000	电压通道的 ADC 采样数据
03H	DC_I	RO	3	0x000000	当前计量通道直流均值
04H	DC_U	RO	3	0x000000	电压通道直流均值
06H	Rms_I1	RO	3	0x000000	电流 1 通道的有效值
07H	Rms_I2	RO	3	0x000000	电流 2 通道的有效值
08H	Rms_U	RO	3	0x000000	电压通道的有效值
09H	Freq_U	RO	2	0x2710	电压频率, 最高位恒为 0
0AH	PowerP1	RO	3/4	0x00000000	第 1 通道有功功率, 默认 3Bytes,可配为 4Bytes
0BH	PowerQ1	RO	3/4	0x00000000	第 1 通道无功功率, 默认 3Bytes,可配为 4Bytes
0CH	PowerS	RO	3/4	0x00000000	视在功率
0DH	EnergyP	RO	3	0x000000	第 1 电能通路有功能量寄存器
0EH	EnergyQ	RO	3	0x000000	第 2 电能通路无功能量寄存器
0FH	UdetCNT	RO	3	0x000000	SAG/Peak 工况持续时间计数寄存器, 最高位为 0
10H	PowerP2	RO	3/4	0x00000000	第 2 通道有功功率, 默认 3Bytes,可配为 4Bytes
11H	PowerQ2	RO	3/4	0x00000000	第 2 通道无功功率, 默认 3Bytes,可配为 4Bytes
12H	MAXUWAVE	RO	3	0x000000	电压半波波形峰值寄存器
13H	EnergyP_Bak	RO	4	0x00000000	第 1 路能量备份寄存器: 能量+快速脉冲 (2+2)
14H	EnergyQ_Bak	RO	4	0x00000000	第 2 路能量备份寄存器: 能量+快速脉冲 (2+2)
15H	CRCChecksum	RO	3	0x007C2A	校表参数校验和寄存器(CRC16), 参与计算地址和顺序: 35H~37H,3F~45H,4AH~59H,5BH~6EH,75H~7EH
16H	BackupData	RO	4	0x00000000	通信数据备份寄存器, 包括 UART 通信
17H	COMChecksum	RO	3	0x000000	通信校验和寄存器, 包括 UART 通信
18H	SUMChecksum	RO	3	0x03EEB7	校表参数校验和寄存器(累加和), 参与计算地址: 35H~37H,3F~45H,4AH~59H,5BH~6EH,75H~7EH
19H	EMUSR	RO	2	0x6000	EMU 状态寄存器, 有效位 15bit
1AH	SYSTA	RO	1	0x02	系统状态寄存器
1BH	ChipID	RO	3	0x7053F0	芯片 ID, 默认值 0x7053F0
1CH	DeviceID	RO	3	0x705327	芯片 ID, 默认值 0x705327
1DH	EnergyP_Neg	RO	3	0x000000	第 1 电能通路反向有功电能寄存器
1EH	EnergyQ_Neg	RO	3	0x000000	第 2 电能通路反向无功电能寄存器

1FH	MAXI1WAVE	RO	3	0x000000	电流 1 通道半波波形峰值寄存器
20H	MAXI2WAVE	RO	3	0x000000	电流 2 通道半波波形峰值寄存器
21H	UdetVp	RO	3	0x000000	SAG/Peak 工况持续时间最值
22H	U_Real	RO	3	0x000000	Gz 计算的 U 实部
23H	U_Image	RO	3	0x000000	Gz 计算的 U 虚部
24H	I_Real	RO	3	0x000000	Gz 计算的 I 实部, I1 或者 I2 可选择
25H	I_Image	RO	3	0x000000	Gz 计算的 I 虚部, I1 或者 I2 可选择
26H	GzDownCnt	RO	1	0x00	Gz 启动时刻的 DEC 计数
27H	EMUIF2	RO	2	0x0010	新增 EMU 中断标志寄存器 2
28H	UCnt	RO	2	0x0000	电压通道能量备份指令过零正向计数 Cnt, 选择 PH90_U 数据, 发生第一次正向过零期间计数
29H	ICnt	RO	2	0x0000	电流通道能量备份指令正向过零计数 Cnt, 选择 HPF_I1 数据, 发生第一次正向过零期间计数

5.1.2. 计量参数寄存器说明

5.1.2.1. ADC 波形寄存器

Spl_I1/ Spl_I2/ Spl_U ADC 波形寄存器	地址: 00H / 01H / 02H
	Bit23...Bit0
Read:	DAT[23:0]
Write:	X
Reset:	0x000000

位	功能描述
[23:0]	波形寄存器有效位数为 19 位数据 (6.18) Bit[23:18]符号+ Bit[17:0]数据。 波形寄存器的更新速度由时钟配置寄存器 FreqCFG.SPL[2:0]控制, ADC 波形寄存器可通过 EMUCFG.SPLSel 选择的数据来源。 0: ADC 波形数据为 DEC 之后的原始数据; 1: ADC 数据电压为经过高通后的数据。 计算公式: $((Spl_I1)/2^{18}/PGA_I1)*ADCFullScale$, 即为外部 Pin 脚的模拟采样实时信号。注: if (Spl_I1)大于等于 2^{18} 则为负数, 用 $(Spl_I1)-2^{19}$ 替代计算实时采样信号)

5.1.2.2. 直流均值寄存器

DC_I / DC_U 直流均值寄存器	地址: 03H / 04H
	Bit23...Bit0
Read:	DAT[23:0]
Write:	X
Reset:	0x000000

位	功能描述
[23:0]	DC_I 电流通道表示当前计量路电流直流均值，即为 I1 或 I2，Bit23 为符号位。 更新频率默认为 12.5Hz，通过 AVG_PRMS 和 FreqCFG.PRFCFG[1:0]组合，可更改直流均值更新频率。

5.1.2.3. 有效值寄存器

Rms_I1 / Rms_I2 / Rms_U 有效值寄存器	地址：06H / 07H / 08H
	Bit23...Bit0
Read:	DAT[23:0]
Write:	X
Reset:	0x000000

位	功能描述
[23:0]	有效值数据为无符号，最高位恒为 0。 更新频率由 AVG_PRMS 和 FreqCFG.PRFCFG[1:0]组合配置，即 EMUCLK/OSR/PowerRMS_AVG/ PRFCFG[1:0]。 如果用户需要在小信号时得到更加准确的有效值寄存器值，则需要通过 I1RMSOFFSET\I2RMSOFFSET\URMSOFFSET 寄存器对有效值进行零漂校正。

5.1.2.4. 电压频率寄存器

Freq_U 电压频率寄存器	地址：09H
	Bit15...Bit0
Read:	DAT[15:0]
Write:	X
Reset:	0x2710

位	功能描述
[15:0]	16 位的无符号数，最高位恒为 0，默认值为 0x2710。 实际频率计算公式为： $Frequency = \frac{femu * 32}{(Freq_U \times OSR)}$ 举例： 若系统时钟 CLKIN = 6MHz，EMU 时钟 (femu) 选择为 1MHz，OSR 选择 64，寄存器 Freq_U=0x2710，那么测量到的实际频率为： $Frequency=(1000000*32)/64/0x2710=50Hz$ 。 电压频率寄存器的更新频率为 1.5625Hz/3.125Hz

5.1.2.5. 功率寄存器

PowerP1/Q1/S PowerP2/Q2 功率参数寄存器	地址: 0AH / 0BH / 0CH 10H / 11H
	Bit31...Bit0
Read:	DAT[31:0]
Write:	X
Reset:	0x00000000

位	功能描述
[31:0]	功率寄存器默认为 24 位二进制补码格式，最高位为符号位。 默认配置下读取功率寄存器高 3Bytes 的数据。用户也可通过配置 UART 通信帧为 4 字节数据格式，读取功率寄存器 4Bytes 的数据。 参数默认更新频率为 3.125Hz。可配置 FreqCFG.PRFCFG[1:0]到最高 12.5Hz。 PowerS 表示当前有效计量通道的视在功率，即输出第一路或者第二路的视在功率。

5.1.2.6. 电能寄存器

EnergyP /EnergyQ EnergyP_Neg /EnergyQ_Neg 能量寄存器	地址: 0DH / 0EH 1DH / 1EH
	Bit23...Bit0
Read:	DAT[23:0]
Write:	X
Reset:	0x000000

位	功能描述
[23:0]	正反向电能寄存器 24 无符号数，并且默认为读后不清零，EMUCFG. EnergyClr 可配置为读后清零。

EnergyP_Bak / EnergyQ_Bak 备份能量寄存器	地址: 13H / 14H
	Bit31...Bit0
Read:	DAT[31:0]
Write:	X
Reset:	0x00000000

位	功能描述
[31:0]	用于保存备份广播电量备份命令基准时刻的电能计数值及快速脉冲增量：高 2Bytes 能量+低 2Bytes 快速脉冲。

	电量备份由广播命令启动, A5 C9 00 5A CS 00, 在 00 同步字节接收时刻将当前电能和快速脉冲计数进行备份。
--	--

5.1.2.7. Sag/Peak 事件寄存器

UdetCNT Sag/Peak 工况持续时间计数	地址: 0FH
	Bit23...Bit0
Read:	DAT[23:0]
Write:	X
Reset:	0x000000

位	功能描述
[23:0]	Sag/Peak 工况持续时间计数寄存器。当发生 Sag 或 Peak 事件后, 芯片会把发生事件期间持续的 MAXUWAVE 半周波的个数赋与此寄存器记录。

UdetVp Sag/Peak 工况持续期间最大值	地址: 21H
	Bit23...Bit0
Read:	DAT[23:0]
Write:	X
Reset:	0x000000

位	功能描述
[23:0]	bit23~21 为符号位, 当发生 Sag 或 Peak, 半波峰值个数满足 UCycLen, 工况结束时更新最大(Peak)或者最小(Sag)电压半波峰值到寄存器。

5.1.2.8. 半波峰值寄存器

MAXUWAVE/MAXI1WAVE/ MAXI2WAVE 半波波形峰值寄存器	地址: 12H/1FH/20H
	Bit23...Bit0
Read:	DAT[23:0]
Write:	X
Reset:	0x000000

位	功能描述
[23:0]	每半个周波该寄存器更新一次, 得到 ADC 波形峰值, 该寄存器取自高通后的数据, 为了和 ADC 的位数对齐, 该寄存器为 22bit, bit21 为符号位, 同时该符号位扩展到 24 位, 即读出的数据位中 bit23~bit21 都是符号位。数据采用二进制补码格式。

5.1.2.9. 参数校验寄存器

CRCChecksum CRC 校验和寄存器	地址: 15H
	Bit23...Bit0
Read:	DAT[23:0]
Write:	X
Reset:	0x007C2A

位	功能描述
[23:0]	CRC 参数校验寄存器为校表参数寄存器的 CRC-CCITT 运算结果。 参与计算地址: 35H~37H,3F~45H,4AH~59H,5BH~6EH,75H~7EH

SUMChecksum 参数校验和	地址: 18H
	Bit23...Bit0
Read:	DAT[23:0]
Write:	X
Reset:	0x03EEB7

位	功能描述
[23:0]	参数和校验寄存器为所有校表参数寄存器的和, 计算地址如下: 35H~37H,3F~45H,4AH~59H,5BH~6EH,75H~7EH。 SUMChecksum 寄存器的计算方式为: 对所有的校验寄存器采用三字节的无符号数加法, 两/单字节寄存器高位补 0。

5.1.2.10. 通信数据备份寄存器

BackupData 通信数据备份寄存器	地址: 16H
	Bit31...Bit0
Read:	DAT[31:0]
Write:	X
Reset:	0x00000000

位	功能描述
[31:0]	备份上一次 UART 有效通信传输的数据, 共 4 个字节。 1) 默认 3 字节通信时: 上一次 Uart 通信读返回的 3 字节数据或上一次 Uart 写入的数据在高字节补 00 后, 存储在该寄存器高 3 字节。 2) 使能 4 字节通信时:

	<p>上一次 Uart 通信读返回的 4 字节数据或上一次 Uart 写入的数据在高字节补 00 后再在低字节补 00，存储在寄存器。</p> <p>3) 备份的通信帧包括： 所有的 Uart 6 字节通信帧（和使能 4 字节通信的 7 字节通信帧），即正常的寄存器读写操作、返回 1 字节 ACK 的特殊命令帧、7F 单次读缓存和带同步字节的广播命令帧。连续读寄存器和连续读缓存的特殊命令帧不备份，保持上一次有效通信时的备份值。</p> <p>4) 寄存器复位： 该寄存器在 Uart 模块复位、RST 复位、软复位和上电复位后会恢复为 0。</p> <p>5) 异常处理： 如果上一次通信帧格式错误，HT7017 没有进行正常接收处理的，则不备份上一次的通信数据。如写操作的 checksum 错误，ACK=0x63，不备份；广播命令缺少同步字节 00 的，不备份。不备份的通信帧，16H 寄存器要保持上次有效通信时的备份数据。</p>
--	--

5.1.2.11. 通信校验和寄存器

COMChecksum 通信校验和寄存器	地址：17H
	Bit23...Bit0
Read:	DAT[23:0]
Write:	X
Reset:	0x000000

位	功能描述
[23:0]	<p>3 字节，高 1 个字节保存上一次 UART 通信的命令，低 2 个字节保存上一次通信后的校验和。</p> <p>1) 读操作校验和格式：帧头+命令+返回数据按字节的和；</p> <p>2) 写操作校验和格式：帧头+命令+通信后相应地址的数据按字节的和。</p> <p>3) 校验的通信帧包括：所有的 UART 6 字节通信帧（或者使能 4 字节通信的 7 字节通信帧），即正常的寄存器读写操作、返回 1 字节 ACK 的特殊命令帧、7F 单次读缓存和带同步字节的广播命令帧。连续读寄存器和连续读缓存的特殊命令帧不校验，保持上一次有效通信时的校验值。如果为 CX 特殊命令，按照写格式，但特殊命令对应的地址的数据为 0，则校验和为帧头+命令+0。</p> <p>4) 寄存器复位：该寄存器在 UART 模块复位、RST 复位、软复位和上电复位后会恢复为 0。</p> <p>5) 异常处理：如果上一次通信帧格式错误，HT7017 没有进行正常接收处理的，则该次通信不校验。如写操作的 checksum 错误，则 ACK=0x63，不校验；广播命令缺少同步字节 00 的，不校验。不校验的通信帧，17H 寄存器保持上次校验数值。</p>

5.1.2.12. EMUSR 状态寄存器

EMUSR	地址：19H
-------	--------

EMU 状态寄存器								
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read:	x	Uart_speed_stau[1:0]		ChecksumErr	NoQLd2	NoPLd2	NoQLd1	NoPLd1
Write:		x		x	x	x	x	x
Reset:	0	1	1	0	0	0	0	0
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	Chanelstatus	TAMP	I2PPXG TIIP	Reserved	NoQLd	NoPLd	REVQ	REVP
Write:	x	x	x	x	x	x	x	x
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

位	位名称	功能描述
14:13	Uart_speed_stau[1:0]	Uart 串口波特率状态位(与 B1B0 组合对应) 00: 2400bps 01: 9600bps 10: 38400bps 11: 4800bps(default)
12	Checksum Err	使能内部校验和比较功能后, 内部计算的校验和与用户写入到 SUMCHECKH 和 SUMCHECKL 组合的值比较会否一致, 不一致则置此 bit 为 1。 0: 校验正确 1: 校验和出错
11	NOQLD2	第 2 通道无功功率潜动标志 0: 起动状态 1: 潜动状态 若 MODECFG.En_NewStatus=0, 此 bit 为一直为 0, 不进行起动潜动判断; 若 MODECFG.En_NewStatus=1, 进行功率起动潜动判断。
10	NOPLD2	第 2 通道有功功率潜动标志 0: 起动状态 1: 潜动状态 若 MODECFG.En_NewStatus=0, 此 bit 为一直为 0, 不进行起动潜动判断; 若 MODECFG.En_NewStatus=1, 进行功率起动潜动判断。
9	NOQLD1	第 1 通道无功功率潜动标志 0: 起动状态 1: 潜动状态 若 MODECFG.En_NewStatus=0, 此 bit 为一直为 0, 不进行起动潜动判断; 若 MODECFG.En_NewStatus=1, 进行功率起动潜动判断。
8	NOPLD1	第 1 通道有功功率潜动标志 0: 起动状态 1: 潜动状态

		若 MODECFG.En_NewStatus=0, 此 bit 为一直为 0, 不进行启动潜动判断; 若 MODECFG.En_NewStatus=1, 进行功率启动潜动判断。
7	Chanelstatus	计量通道状态标志: 0: 指示使用电流通道 1 计量 1: 指示使用电流通道 2 计量
6	TAMP	窃电发生标志: 0: 未发生窃电 1: 发生窃电
5	I2PPXGTI1P	第二通道有效值 (功率) 大于第一通道有效值 (功率) 标志: 0: 第 1 通道大于第 2 通道 1: 第 2 通道大于第 1 通道
4	Reserved	保留
3	NOQLD	当前计量通道无功功率潜动标志(第二能量通路潜动标志) 0: 启动状态 1: 潜动状态 当前计量路为第 1 通路, 则 NOQLD = NOQLD1; 当前计量路为第 1 通路, 则 NOQLD = NOQLD2; 当前计量为单相三线模式, 则 NOQLD = NOQLD1&NOQLD2
2	NOPLD	当前计量通道有功功率潜动标志(第一能量通路潜动标志) 0: 启动状态 1: 潜动状态 当前计量路为第 1 通路, 则 NOPLD = NOPLD1; 当前计量路为第 1 通路, 则 NOPLD = NOPLD2; 当前计量为单相三线模式, 则 NOPLD = NOPLD1&NOPLD2
1	REVQ	第 2 路能量反向标志, QF 发脉冲时更新该标志。 0: 未反向 1: 第 2 路 QFCNT 小于等于 (-HFConst)
0	REVP	第 1 路能量反向标志, PF 发脉冲时更新该标志。 0: 未反向 1: 第 1 路 PFCNT 小于等于 (-HFConst)

5.1.2.13. 系统状态寄存器

SYSSTA 系统状态寄存器		地址: 1AH						
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	x	x	x	x	TEST_RST	E_RST	LBOR	WREN
Write:					x	x	x	x
Reset:	0	0	0	0	0	0	1	0

位	位名称	功能描述
3	TEST_RST	TEST 引脚变化导致芯片发生复位状态标志，读后清 0 0: 未发生复位 1: 发生复位
2	E_RST	RESET 引脚变化导致芯片发生复位状态标志，读后清 0 0: 未发生复位 1: 发生复位
1	LBOR	系统电源掉落引起芯片发生复位状态标志，读后清 0 0: 未发生复位 1: 发生复位
0	WREN	写使能状态标志 0: 表示写使能关闭 1: 表示写使能打开
注	BOR 复位为最高优先级，发生 LBOR 复位会将 TEST_RST 和 E_RST 标志清 0，但是发生 TEST_RST 和 E_RST 不会将 LBOR 标志清 0，该标志只能通过读后清 0。	

5.1.2.14. 芯片 ID 寄存器

ChipID	地址: 1BH
	Bit23...Bit0
Read:	DAT[23:0]
Write:	X
Reset:	0x7053F0

位	功能描述
[23:0]	0x7053F0

DeviceID	地址: 1CH
	Bit23...Bit0
Read:	DAT[23:0]
Write:	X
Reset:	0x705327

位	功能描述
[23:0]	0x705327

5.1.2.15. Gz 数据寄存器

U_Real / I_Real Gz 计算的实部	地址: 22H /24H
-----------------------------	--------------

	Bit23...Bit0
Read:	DAT[23:0]
Write:	X
Reset:	0x000000

位	功能描述
[23:0]	24bit 有符号数据, 通过 AlgCfg. GzContinueCal_En 可选择是否连续更新或更新一次数据。电流通道可通过 AlgCfg. GzSrcSel 选择更新电流 1 通道或电流 2 通道。

U_Image / I_Image Gz 计算的虚部	地址: 23H /25H
	Bit23...Bit0
Read:	DAT[23:0]
Write:	X
Reset:	0x000000

位	功能描述
[23:0]	24bit 有符号数据, 通过 AlgCfg. GzContinueCal_En 可选择是否连续更新或更新一次数据。电流通道可通过 AlgCfg. GzSrcSel 选择更新电流 1 通道或电流 2 通道。

GzDownCnt Gz 启动时刻的 DEC 计数	地址: 26H
	Bit7...Bit0
Read:	DAT[7:0]
Write:	X
Reset:	0x00

位	功能描述
[7:0]	有效位 7bit, bit7 无效, 用于不同芯片之间相位校正预留。

5.1.2.16. EMU 中断寄存器

EMUIF EMU 中断标志寄存器	地址: 31H							
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read:	UEndIF	ZC_I1_I	ZC_I2_I	USAG_I	PRMSUp	OV_Ener	OV_Ener	Reserved
Write:		F	F	F	d_IF	gyP_IF	gyQ_IF	
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	UPEAK_	Tamp_IF	PF_IF	QF_IF	ZCLostU	SPL_IF	ZC_U_IF	UStartIF
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

位	位名称	功能描述
15	UEndIF	电压通道 SAG/PEAK 结束标志(读后清零) 0: 事件未结束 1: 事件结束
14	ZC_I1_IF	电流通道 1 过零中断标志 (读后清零) 0: 未发生过零 1: 发生过零
13	ZC_I2_IF	电流通道 2 过零中断标志 (读后清零) 0: 未发生过零 1: 发生过零
12	USAG_IF	电压通道信号 SAG 中断标志 (读后清零) 0: 未发生 SAG 1: 发生 SAG
11	PRMSUpd_IF	功率寄存器, 有效值寄存器更新中断标志 (读后清零) 0: 未更新 1: 已更新
10	OV_EnergyP_IF	第 1 通路电能寄存器溢出时的中断标志 (读后清零) 0: 未溢出 1: 已溢出
9	OV_EnergyQ_IF	第 2 通路电能寄存器溢出时的中断标志 (读后清零) 0: 未溢出 1: 已溢出
8	Reserved	保留
7	UPEAK_IF	电压通道信号 PEAK 中断标志 (读后清零) 0: 未发生 PEAK 1: 发生 PEAK
6	Tamp_IF	窃电中断标志 (读后清零) 0: 未发生窃电 1: 发生窃电
5	PF_IF	第 1 通路 PF 发脉冲时的中断标志 (读后清零) 0: 未发脉冲 1: 发出脉冲
4	QF_IF	第 2 通路 QF 发脉冲时的中断标志 (读后清零) 0: 未发脉冲 1: 发出脉冲
3	ZCLostU_IF	电压过零丢失的中断标志 (读后清零)) 0: 未过零丢失 1: 发生过零丢失
2	SPL_IF	波形寄存器更新时的中断标志 (读后清零) 0: 未更新 1: 已更新
1	ZC_U_IF	电压发生用户指定的过零方式时的中断标志 (读后清零) 0: 未发生过零 1: 发生过零

0	UStartIF	电压通道 SAG/PEAK 进入中断标志（读后清零） 0: 事件未开始 1: 事件已开始
备注	1.过零中断标志：选择 dec 之后数据，电压不判断过零有效，2 路电流需要判断过零有效。 2.电压过零丢失标志：电压过低通滤波器数据过零判断点数大于 0x15f 点，则置过零丢失标志。	

EMUIF2 中断标志寄存器 2			地址：27H					
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read:	x	x	x	x	x	x	Reserved	Gz_Update_IF
Write:							x	x
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	SPLI2OV_IF	SPLI1OV_IF	SPLUOV_IF	Reserved	ShuntFail_IF	EnergyBak_IF	OV_I2IF	OV_I1IF
Write:	x	x	x	x	x	x	x	x
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	位名称	功能描述
9	Reserved	保留
8	Gz_Update_IF	Gz Real/image 的更新中断标志（读后清零） 0: 未更新 1: 已更新
7	SPLI2OV_IF	电流 2 通道 spl 波形数据高于电流波形阈值中断标志（读后清零） 0: 不高于阈值 1: 高于阈值
6	SPLI1OV_IF	电流 1 通道 spl 波形数据高于电流波形阈值中断标志（读后清零） 0: 不高于阈值 1: 高于阈值
5	SPLUOV_IF	电压通道 spl 波形数据高于电压波形阈值中断标志（读后清零） 0: 不高于阈值 1: 高于阈值
4	Reserved	保留
3	ShuntFail_IF	锰铜断火线指示标志位 VDC_Det_En 为 使能锰铜掉线检测功能，使能后模拟比较器以 Vref 为阈值线对 VIN 的信号进行比较器与翻转。并将结果经数模接口送中断标志寄存器 VDCDet_Out_IF，同时计数累计到 10 个后则置位中断标志 ShuntFail_IF
2	EnergyBak_IF	广播电量备份指令完成标志位 0: 未完成

		1: 已完成
1	OV_I2IF	电流 2 通道发生过流中断标志 (读后清零) 0: 未发生过流 1: 发生过流
0	OV_I1IF	电流 1 通道发生过流中断标志 (读后清零) 0: 未发生过流 1: 发生过流

5.1.2.17. 能量备份指令正向过零计数寄存器

UCnt / ICnt 能量备份指令正向过零计数寄存器	地址: 28H / 29H
	Bit15...Bit0
Read:	DAT[15:0]
Write:	X
Reset:	0x0000

位	功能描述
[15:0]	<p>16 位无符号数, 当发生广播冻结能量备份命令时, 在广播电量冻结的同步字节 00 接收后开始计数到下一次正向过零的波形点数, 然后分别将电压和电流 1 通道的过零点分别存储在寄存器 Ucnt 和 Icnt。</p> <p>在读取 Ucnt 和 Icnt 数值之后的还原过程: 以 2M/64 的一周波 625 点为例, 计算 $\delta = Icnt - Ucnt$, 如果 $\delta < 0$, 则 $\delta += 625$; 如果 $\delta \leq 312.5$, 则为 u 超前 i, 角度为 $\delta / 625 * 360$; 如果 $\delta > 313$, 则为 i 超前 u, 角度为 $(625 - \delta) / 625 * 360$。</p>

5.2. 校表参数寄存器

5.2.1. 校表参数寄存器列表

地址	名称	读写方式	字节长度	复位值	功能描述
30H	EMUIE	R/W	2	0x0000	EMU 中断使能寄存器
31H	EMUIF	RO	2	0x0000	EMU 中断标志寄存器
32H	WPREG	R/W	1	0x00	写保护寄存器，写入 0xBC 可更改地址为 35H~45H 和 4AH~4FH 寄存器值，写入 0xA6 可更改地址为 50H~7EH 寄存器值。
33H	SRSTREG	R/W	1	0x00	软件复位寄存器，写 0x55 导致芯片发生复位，复位后该寄存器清 0
34H	EMUIE2	R/W	2	0x0000	EMU 中断使能寄存器 2
35H	ZCrossVoltage	R/W	2	0xA300	电压通道过零有效阈值寄存器，16 位无符号数，与电压有效值低位对齐
36H	IovLvl	R/W	2	0x0000	过流阈值寄存器，16 位无符号数，与半波峰值绝对值的高位对齐，bit15 恒为 0
37H	ICycLen	R/W	2	0x0000	电流过流事件检测周期
38H	SyncCFG	R/W	2	0x0000	随频采样配置寄存器（不参与校验和）
39H	SyncCoff	R/W	2	0x0064	随频采样系数寄存器（不参与校验和）
3AH	PowerConstPH	R/W	2	0x0000	第 1 通路电能自定义有功功率高 16bit（不参与校验和）
3BH	PowerConstPL	R/W	2	0x0000	第 1 通路电能自定义有功功率低 16bit（不参与校验和）
3CH	PowerConstQH	R/W	2	0x0000	第 2 通路电能自定义无功功率高 16bit（不参与校验和）
3DH	PowerConstQL	R/W	2	0x0000	第 2 通路电能自定义无功功率低 16bit（不参与校验和）
3EH	QFCntN	R/W	2	0x0000	第 2 通路电能反向快速脉冲（不参与校验和）
3FH	AVG_PRMS	R/W	2	0x04E2	快速功率和有效值平均点数配置寄存器，有效位为 14bit，下限设置需要大于等于 2，上限 0x2C88
40H	EMUCFG	R/W	2	0x0000	EMU 配置寄存器
41H	FreqCFG	R/W	2	0x0088	时钟/更新频率配置寄存器
42H	ModuleEn	R/W	2	0x007E	EMU 模块使能寄存器
43H	ANAEN	R/W	1	0x0003	ADC 开关寄存器
44H	ANACFG	R/W	2	0x9409	模拟配置寄存器
45H	IOCFG	R/W	1	0x00	IO 输出配置寄存器
4AH	Reserved	R/W	2	0x00C0	保留，保持默认，参与校验和计算
4BH	GzSCoeffH	R/W	2	0x0292	Gz 滤波器系数 S 高 16bit
4CH	GzSCoeffL	R/W	2	0xCB9B	Gz 滤波器系数 S 低 16bit

4DH	GzCCoefH	R/W	2	0x7FF9	Gz 滤波器系数 C 高 16bit
4EH	GzCCoefL	R/W	2	0x6078	Gz 滤波器系数 C 低 16bit
4FH	GzNum	R/W	2	0x0271	Gz 滤波器点数最大 1023, 用户设置点数需要大于等于 6
50H	GP1	R/W	2	0x0000	通道 1 的有功功率校正
51H	GQ1	R/W	2	0x0000	通道 1 的无功功率校正
52H	GS1	R/W	2	0x0000	通道 1 的视在功率校正
53H	SPL_THO	R/W	2	0x0000	SPL 寄存器大于该阈值给出中断标志 Bit[15:9]分给电压通道的 SPLU_THO, Bit[8:0]分给电流通道的 SPLI_THO。和 SPL 寄存器的绝对值高对齐。SPL 采样点大于阈值则给中断
54H	GP2	R/W	2	0x0000	通道 2 的有功功率校正
55H	GQ2	R/W	2	0x0000	通道 2 的无功功率校正
56H	GS2	R/W	2	0x0000	通道 2 的视在功率校正
57H	AlgCfg	R/W	2	0x0000	算法控制寄存器
58H	QphsCal	R/W	2	0xFF00	无功相位补偿
59H	ADCCON	R/W	2	0x0000	ADC 通道增益选择
5BH	I2Gain	R/W	2	0x0000	电流 2 通道增益补偿
5CH	I1Off	R/W	2	0x0000	电流 1 通道的直流偏置校正
5DH	I2Off	R/W	2	0x0000	电流 2 通道的直流偏置校正
5EH	UOff	R/W	2	0x0000	电压通道的直流偏置校正
5FH	PStart	R/W	2	0x0040	有功功率起动阈值
60H	QStart	R/W	2	0x0040	无功功率起动阈值
61H	HFCnst	R/W	2	0x0040	输出脉冲频率设置, 用户需设置大于等于 4
62H	ICLK	R/W	1	0x10	窃电阈值寄存器
63H	IPTAMP	R/W	2	0x0020	窃电检测阈值寄存器
64H	Dec_Shift	R/W	1	0x00	相位校正(移采样点方式): Bit6~0 为 I1 的小拍移动, Bit7 为 I2 和 U 的大拍移动。
65H	P1OFFSETH	R/W	1/2	0x0000	通道 1 有功功率偏置校正参数高 8/16 位, 和 P1OFFSETL 组成为 16bit /24bit 补码
66H	P2OFFSETH	R/W	1/2	0x0000	通道 2 有功功率偏置校正参数高 8/16 位, 和 P2OFFSETL 组成为 16bit /24bit 补码
67H	Q1OFFSETH	R/W	1/2	0x0000	通道 1 无功功率偏置校正参数高 8/16 位, 和 Q1OFFSETL 组成为 16bit /24bit 补码
68H	Q2OFFSETH	R/W	1/2	0x0000	通道 2 无功功率偏置校正参数高 8/16 位, 和 Q2OFFSETL 组成为 16bit /24bit 补码
69H	I1RMSOFFSET	R/W	2	0x0000	通道 1 有效值补偿寄存器, 为 16bit 无符号数
6AH	I2RMSOFFSET	R/W	2	0x0000	通道 2 有效值补偿寄存器, 为 16bit 无符号数
6BH	URMSOFFSET	R/W	2	0x0000	通道 U 有效值补偿寄存器, 为 16bit 无符号数
6CH	ZCrossCurrent	R/W	2	0x0004	电流过零有效阈值设置寄存器
6DH	GPhs1	R/W	2	0x0000	通道 1 的相位校正 (PQ 方式)
6EH	GPhs2	R/W	2	0x0000	通道 2 的相位校正 (PQ 方式)
6FH	PFCnt	R/W	2	0x0000	第 1 通路电能快速有功脉冲计数 (不参与校

					验和)
70H	QFCnt	R/W	2	0x0000	第 2 通路电能快速无功脉冲计数 (不参与校验和)
71H	PFCntN	R/W	2	0x0000	第 1 通路电能快速脉冲反向计数器 (不参与校验和)
72H	ANACON	R/W	2	0x0031	模拟控制寄存器 (不参与校验和)
73H	SUMCHECKL	R/W	2	0x0000	校验和低 16 位, 由用户写入, 使能比较功能后, 芯片比较给出标志 (不参与校验和)
74H	SUMCHECKH	R/W	1	0x00	校验和高 8 位, 由用户写入, 使能比较功能后, 芯片比较给出标志 (不参与校验和)
75H	MODECFG	R/W	1	0x00	模式配置寄存器
76H	P1OFFSETL	R/W	1	0x00	通道 1 有功功率偏置校正参数低 8 位, 和 P1OFFSETH 组成 16bit 补码
77H	P2OFFSETL	R/W	1	0x00	通道 2 有功功率偏置校正参数低 8 位, 和 P2OFFSETH 组成 16bit 补码
78H	Q1OFFSETL	R/W	1	0x00	通道 1 无功功率偏置校正参数低 8 位, 和 Q1OFFSETH 组成 16bit 补码
79H	Q2OFFSETL	R/W	1	0x00	通道 2 无功功率偏置校正参数低 8 位, 和 Q2OFFSETH 组成 16bit 补码
7AH	UPeakLvl	R/W	2	0x0000	UPeak 阈值寄存器, 16 位无符号数, 与半波峰值绝对值的高位对齐, bit15 恒为 0 用户使用时注意和 SAG 阈值迟滞限制。
7BH	USagLvl	R/W	2	0x0000	USag 阈值寄存器, 16 位无符号数, 与半波峰值绝对值的高位对齐, bit15 恒为 0
7CH	UCycLen	R/W	2	0x0000	电压 Peak 和 Sag 检测周期
7DH	UPeakLvlHys	R/W	2	0x0000	UPEAK 阈值迟滞寄存器, 16 位无符号数, 与半波峰值绝对值的高位对齐, bit15 恒为 0
7EH	USagLvlHys	R/W	2	0x0000	USAG 阈值迟滞寄存器, 16 位无符号数, 与半波峰值绝对值的高位对齐, bit15 恒为 0

5.2.2. 校表参数寄存器说明

5.2.2.1. 中断使能寄存器

EMUIE		地址: 30H						
EMU 中断使能寄存器								
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read:	Reserved	ZC_I1_I	ZC_I2_I	USAG_I	PRMSUp	OV_Energ	OV_Energ	Reserved
Write:		E	E	E	d_IE	gyP_IE	gyQ_IE	
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	UPEAK_	Tamp_IE	PF_IE	QF_IF	ZCLostU	SPL_IE	ZC_U_I	Udet_IE

Write:	IE				<u>IE</u>		E	
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	位名称	功能描述
15	Reserved	保留
14	ZC_I1_IE	电流通道 1 过零中断使能 0: 禁止 1: 使能
13	ZC_I2_IE	电流通道 2 过零中断使能 0: 禁止 1: 使能
12	USAG_IE	电压通道信号 SAG 中断使能 0: 禁止 1: 使能
11	PRMSUpd_IE	功率寄存器, 有效值寄存器更新中断使能 0: 禁止 1: 使能
10	OV_EnergyP_IE	第 1 通路电能寄存器溢出时的中断使能 0: 禁止 1: 使能
9	OV_EnergyQ_IE	第 2 通路电能寄存器溢出时的中断使能 0: 禁止 1: 使能
8	Reserved	保留
7	UPEAK_IE	电压通道信号 PEAK 中断使能 0: 禁止 1: 使能
6	Tamp_IE	窃电中断使能 0: 禁止 1: 使能
5	PF_IE	第 1 通路 PF 发脉冲时的中断使能 0: 禁止 1: 使能
4	QF_IE	第 2 通路 QF 发脉冲时的中断使能 0: 禁止 1: 使能
3	ZCLostU_IE	电压过零丢失的中断 0: 禁止 1: 使能
2	SPL_IE	波形寄存器更新时的中断使能 0: 禁止 1: 使能
1	ZC_U_IE	电压发生用户指定的过零方式时的中断使能 0: 禁止

		1: 使能
0	Udet_IE	电压通道 SAG/PEAK 进入/退出中断使能 0: 禁止 1: 使能

EMUIE2 EMU 中断使能寄存器 2		地址: 34H						
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read:							Reserved	Gz_Update_IE
Write:	X	X	X	X	X	X		
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	SPLI2O	SPLI1O	SPLUOV	VDCDet	ShuntFail	EnergyB	OV_I2_I	OV_I1_I
Write:	V_IE	V_IE	_IE	_out_IE	_IE	ak_IE	E	E
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	位名称	功能描述
9	Reserved	保留
8	Gz_Update_IE	Gz Real/image 的更新中断使能 0: 禁止 1: 使能
7	SPLI2OV_IE	电流 2 通道 spl 波形数据高于电流波形阈值中断使能 0: 禁止 1: 使能
6	SPLI1OV_IE	电流 1 通道 spl 波形数据高于电流波形阈值中断使能 0: 禁止 1: 使能
5	SPLUOV_IE	电压通道 spl 波形数据高于电压波形阈值中断使能 0: 禁止 1: 使能
4	VDCDet_out_IE	锰铜掉火线快速指示中断使能 0: 禁止 1: 使能
3	ShuntFail_IE	锰铜断火线指示使能 0: 禁止 1: 使能
2	EnergyBak_IE	电量备份完成使能 0: 禁止 1: 使能
1	OV_I2IE	电流 2 通道发生过流中断使能 0: 禁止 1: 使能
0	OV_I1IE	电流 1 通道发生过流中断使能

	0: 禁止 1: 使能
--	----------------

5.2.2.2. 写保护寄存器

WPCFG 写保护寄存器	地址: 32H
	Bit7...0
Read:	DAT[7:0]
Write:	
Reset:	0x00

位	功能描述
[7:0]	<p>写使能打开后，只要不改变 WPCFG 寄存器的值，那么写使能状态就一直有效，该寄存器可以正常读出。</p> <p>1、WPCFG = 0xA6: 表示地址为 50H~7EH 写使能的打开，可修改 50H 到 7EH 的校表参数寄存器值，不可修改 40H~4FH 的校表参数寄存器值。</p> <p>2、WPCFG = 0xBC: 表示地址为 35H~45H,4AH~4FH 写使能的打开，可修改 35H~45H,4AH~4FH 的校表参数寄存器值，不可修改 50H~7EH 的校表参数寄存器值。</p> <p>1、WPCFG = 其他值: 表示写操作关闭，对保护的校表参数寄存器的写入无效。</p>

5.2.2.3. 软件复位寄存器

SRSTREG 软复位寄存器	地址: 33H
	Bit7...0
Read:	DAT[7:0]
Write:	
Reset:	0x00

位	功能描述
[7:0]	写入 0x55 会导致芯片发生复位，复位后该寄存器清 0。

5.2.2.4. 过零有效阈值寄存器

ZCrossVoltage 电压过零有效阈值	地址: 35H
---------------------------	---------

	Bit15...Bit0
Read:	DAT [15:0]
Write:	DAT [15:0]
Reset:	0xA300

位	功能描述
[15:0]	16 位无符号数，与电压有效值低位对齐。

ZcrossCurrent 电流过零有效阈值	地址：6CH
	Bit15...Bit0
Read:	DAT [15:0]
Write:	DAT [15:0]
Reset:	0x0004

位	功能描述
[15:0]	16 位无符号数，与电流有效值低位对齐。

5.2.2.5. 过流事件相关配置寄存器

IovLvl 过流事件阈值寄存器	地址：36H
	Bit15...Bit0
Read:	DAT [15:0]
Write:	DAT [15:0]
Reset:	0x0000

位	功能描述
[15:0]	16 位无符号数，与电流半波峰值绝对值的高位对齐，bit15 恒为 0。

ICycLen 过流检测周期	地址：37H
	Bit15...Bit0
Read:	DAT [15:0]
Write:	DAT [15:0]
Reset:	0x0000

位	功能描述
[15:0]	无符号 16bit，单位为 1 个半周波，过流事件持续多少个半周波算发生过流。

5.2.2.6. 随频采样相关配置寄存器

SyncCFG 随频采样配置寄存器		地址: 38H						
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read:	X	X	X	X	Buffer_Src_Sel	SyncGain_I[3:1]		
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	SyncGain_I[0]	SyncGain_U[3:0]				Sync_ISrc_Sel	Sync_I_En	Sync_U_En
Write:	n_I[0]							
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

位	位名称	功能描述
11	Buffer_Src_Sel	Buffer 数据源头选择: 0: 选择缓存 spl_u 和 Spl_i 数据(default) 1: 选择缓存 sync_u 和 sync_i 的数据 对 spl_i 和 sync_i 电流通道选择同时生效
[10:7]	SyncGain_I[3:0]	I 通道放大倍数 ($2^{\text{SyncGain_I}}$) 0000: 1 倍, 0001: 2 倍, 0010: 4 倍, 0011: 8 倍, 0100: 16 倍, 0101: 32 倍, 0110: 64 倍, 0111: 128 倍, 1000: 256 倍, 1001: 512 倍, 1010: 1024 倍, 1011: 2048 倍, 1100: 4096 倍 其他: 1 倍 Default:0000 当 SyncGain_I 大于 12 时, 放大倍数限制为 1 倍
[6:3]	SyncGain_U[3:0]	U 通道放大倍数($2^{\text{SyncGain_U}}$) 0000: 1 倍, 0001: 2 倍, 0010: 4 倍, 0011: 8 倍, 0100: 16 倍, 0101: 32 倍, 0110: 64 倍, 0111: 128 倍, 1000: 256 倍, 1001: 512 倍, 1010: 1024 倍, 1011: 2048 倍, 1100: 4096 倍 其他: 1 倍 Default:0000 当 SyncGain_U 大于 12 时, 放大倍数限制为 1 倍
2	Sync_ISrc_Sel	随频采样电流通道的选择: 0: 计算 I1 通道 (default) 1: 计算 I2 通道

		当 Buffer_Src_Sel 选择 SPL 数据时, 缓存的电流数据源头通过此 bit 选择, 0: 选择缓存 Spl_I1 数据; 1: 选择缓存 Spl_I2 数据。
1	Sync_I_En	随频采样电流通道开启控制位 0: 关闭 (default) 1: 开启
0	Sync_U_En	随频采样电压通道开启控制位 0: 关闭 (default) 1: 开启
注	随频采样通道开启后, 需要丢掉前十个点, 从第 11 个点数据开始稳定。	

SyncCoff 随频采样系数寄存器		地址: 39H
	Bit15...Bit9	Bit8...Bit0
Read:	X	DAT [8:0]
Write:		
Reset:	0x0064	

位	功能描述
[8:0]	设定范围是 29~511, 典型值 0x64。

5.2.2.7. 自定义常数功率寄存器

PowerConstPH/PL PowerConstQH/QL 自定义常数功率		地址: 3AH / 3BH 3CH / 3DH
	Bit15...Bit0	
Read:	DAT [15:0]	
Write:		
Reset:	0x0000	

位	功能描述
[15:0]	需要高 16bit 与低 16bit 组合。 当 Low 寄存器写入值以后, 即进行拼接, 将 High+Low 寄存器拼接。 通过 AlgCfg. PowerConstPEn/ PowerConstQEn 对各通道有常数功率使能。

5.2.2.8. 快速脉冲寄存器

PFCnt/QFCnt PFCntN/QFCntN 快速脉冲寄存器		地址: 6FH /70H 71H /3EH
---	--	--------------------------

	Bit15...Bit0
Read:	DAT [15:0]
Write:	
Reset:	0x0000

位	功能描述
[15:0]	无符号 16bit，当快速脉冲计数寄存器 PFCnt/QFCnt 计数的值大于等于 HFconst 时，相应的 PF/QF 会有脉冲溢出，能量寄存器的值会相应的加 1。

5.2.2.9. 有效值和功率快速平均点数寄存器

AVG_PRMS 有效值和功率快速平均点数			地址: 3FH		
	bit15	14	Bit13...Bit0		
Read:	X	X	DAT [13:0]		
Write:					
Reset:	0x0000				

位	功能描述
[13:0]	快速功率和有效值平均点数配置寄存器，有效位为 14 bit，下限设置需要大于等于 2，上限 0x2C88

5.2.2.10. EMU 配置寄存器 (EMUCFG)

EMUCFG EMU 配置寄存器			地址: 40H					
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read:	StartSel	SPLSel	EnergyCl r	QMOD[1:0]		PMOD[1:0]		QSrcSel[1]
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	Zxd[1:0]		QSrcSel[0]	CIADD1	FLTON	CHNSEL	CIADD	TampSel
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

位	位名称	功能描述
15	StartSel	潜动方式选择: 0: P/Q 单独判断潜动 (default) 1: P/Q 都使用 P&Q 判断潜动

14	SPLSel	波形数据选择 0: DEC 后数据 (default) 1: 高通后数据 可通过此位选择 SPL 波形寄存器与波形缓存的数据来源。
13	EnergyClr	设置是否能量寄存器读后清零 0: 读后不清零 (default) 1: 读后清零
[12:11]	QMOD[1:0]	第 2 电能通路累加模式选择 00: 代数和模式 (default) 01: 只累加正向, 不累加负向模式 10: 绝对值模式 11: 正反向电能模式
[10:9]	PMOD[1:0]	第 1 电能通路累加模式选择 00: 代数和模式 (Default) 01: 只累加正向, 不累加负向模式 10: 绝对值模式 11: 正反向电能模式
[8&5]	QSrcSel[1:0]	第 2 电能通路的功率源头选择, bit8 是高位, bit5 是低位 00: 无功功率 (Default) 01: 第二路有功功率 10: 视在功率 11: 无功功率
[7:6]	Zxd[1:0]	电压电流过零中断输出方式选择 00: 正向过零时产生中断 (Default) 01: 负向过零时产生中断 10: 双向过零时产生中断 11: 双向过零时产生中断
4	CIADD1	单相三线累加方式控制: 0: 绝对值 (Default) 1: 矢量和
3	FLTON	自动防窃电模块开关 0: 自动防窃电关闭 (Default) 1: 自动防窃电开启 在 FLTON=1 时, 即开启自动防窃电模块时, CIADD 和 CHNSEL 将失去意义, 虽可读写, 但是无效; 只有 FLTON=0 时 CIADD 和 CHNSEL 可有效读写。即 CIADD 内部使用时将强制为 0, 但是寄存器不变。
2	CHNSEL	选择通道计量 0: 选择通道 1 计量 (Default) 1: 选择通道 2 计量
1	CIADD	单相三线累加模式选择 0: 单通道方式 (Default) 1: 电流累加和模式
0	TampSel	防窃电源头选择 0: 选择电流有效值做防窃电 (Default) 1: 选择有功功率做防窃电

注	当 MODECFG.En_NewStatus = 0 时, TampSel 也控制 IPTAMP 的源头选择; 当 MODECFG.En_NewStatus = 1 时, MODECFG.IPTamp_Sel 控制 IPTAMP 的源头选择。
---	--

5.2.2.11. 时钟/更新频率配置寄存器 (FreqCFG)

FreqCFG 配置寄存器		地址: 41H						
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read:	X	X	X	X	CFDouble[2:0]			CFP[1]
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	CFP[0]	PRFCFG[1:0]		Reserved	Emuclk_Sel	SPL[2:0]		
Write:								
Reset:	1	0	0	0	1	0	0	0

位	位名称	功能描述															
[11:9]	CFDouble[2:0]	脉冲加倍功能: 000: 1 倍 (Default) 001: 2 倍 010: 4 倍 011: 8 倍 100: 16 倍 其他: 1 倍															
[8:7]	CFP[1:0]	CFP 脉宽选择 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>CFP[1:0]</td> <td>00</td> <td>01(Default)</td> <td>10</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>2M 脉宽</td> <td>80ms</td> <td>40ms</td> <td>20ms</td> <td>10ms</td> </tr> <tr> <td>1M 脉宽</td> <td>160ms</td> <td>80ms</td> <td>40ms</td> <td>20ms</td> </tr> </table>	CFP[1:0]	00	01(Default)	10	11	2M 脉宽	80ms	40ms	20ms	10ms	1M 脉宽	160ms	80ms	40ms	20ms
CFP[1:0]	00	01(Default)	10	11													
2M 脉宽	80ms	40ms	20ms	10ms													
1M 脉宽	160ms	80ms	40ms	20ms													
[6:5]	PRFCFG[1:0]	慢速功率&有效值更新速度选择: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>PRFCFG1</td> <td>PRFCFG0</td> <td>功率&有效值更新速度 (Femu=1MHz, OSR=64) Fs_fast= femu/OSR/AVG_PRMS</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>4 分频, Fs_fast /4(3.125Hz) (default)</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1 分频, Fs_fast /1 (12.5Hz)</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>8 分频, Fs_fast /8(1.5625Hz)</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>16 分频, Fs_fast /16(0.78125Hz)</td> </tr> </table>	PRFCFG1	PRFCFG0	功率&有效值更新速度 (Femu=1MHz, OSR=64) Fs_fast= femu/OSR/AVG_PRMS	0	0	4 分频, Fs_fast /4(3.125Hz) (default)	0	1	1 分频, Fs_fast /1 (12.5Hz)	1	0	8 分频, Fs_fast /8(1.5625Hz)	1	1	16 分频, Fs_fast /16(0.78125Hz)
PRFCFG1	PRFCFG0	功率&有效值更新速度 (Femu=1MHz, OSR=64) Fs_fast= femu/OSR/AVG_PRMS															
0	0	4 分频, Fs_fast /4(3.125Hz) (default)															
0	1	1 分频, Fs_fast /1 (12.5Hz)															
1	0	8 分频, Fs_fast /8(1.5625Hz)															
1	1	16 分频, Fs_fast /16(0.78125Hz)															
4	Reserved	保留															
3	Emuclk_Sel	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Emuclk_Sel</td> <td>EMU 时钟频率 (Femu) (系统时钟为 6MHz)</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>2MHz</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1MHz (default)</td> </tr> </table>	Emuclk_Sel	EMU 时钟频率 (Femu) (系统时钟为 6MHz)	0	2MHz	1	1MHz (default)									
Emuclk_Sel	EMU 时钟频率 (Femu) (系统时钟为 6MHz)																
0	2MHz																
1	1MHz (default)																

[2:0]	SPL[2:0]	波形采样频率选择:			
		SPL2	SPL1	SPL0	波形采样频率 (Femu=1MHz, OSR=64) Fs=emuclk/osr
		0	0	0	Fs/16 (0.976k Hz) (default)
		0	0	1	Fs/8 (1.953k Hz)
		0	1	0	Fs/4 (3.906k Hz)
		0	1	1	Fs/2 (7.812k Hz)
		1	x	x	Fs/1 (15.62k Hz)

5.2.2.12. EMU 模块使能寄存器 (ModuleEn)

ModuleEn EMU 模块使能寄存器		地址: 42H						
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read:	X	X	PoffsetC	X	X	Rosi_I2_en	Reserved	Reserved
Write:			FG					
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	LPFSel	Reserved	QRun	PRun	HPFEn_U	HPFEn_I2	HPFEn_I1	HpfSel
Write:								
Reset:	0	1	1	1	1	1	1	0

位	位名称	功能描述
13	PoffsetCFG	Poffset 扩位控制位 0: Poffset 保持 16bit (default) 1: Poffset 扩位位 24bit
10	Rosi_I2_en	电流 2 通道罗氏使能 0: 关闭(default) 1: 使能
9	Reserved	保留, default = 0
8	Reserved	保留, default = 0
7	LPFSel	功率通道低通第二级系数选择 0: 8(default) 1: 9
6	Reserved	保留, Default =1
5	QRun	第 2 通道能量累加使能 0: 停止计量 1: 允许计量(default)
4	PRun	第 1 通道能量累加使能 0: 停止计量 1: 允许计量(default)
3	HPFEn_U	电压通道高通滤波器开关 0: 关闭

		1: 打开(default)
2	HPFEn_I2	电流通道 2 高通滤波器开关 0: 关闭 1: 打开(default)
1	HPFEn_I1	电流通道 1 高通滤波器开关 0: 关闭 1: 打开(default)
0	HpfSel	高通系数选择 0: 11(default) 1: 10
备注		

5.2.2.13. ADC 开关寄存器 (ANAEN)

ANAEN ADC 开关寄存器			地址: 43H					
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read:	Reserved					Vref_TC2_ADJ[5:3]		
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	Vref_TC2_ADJ [2:0]		Vref_TC	ShuntFail	ADC_I2	ADC_I1	ADC_U_	
Write:			2_DIS	_DET_E	_En	_En	En	
Reset:	0	0	0	0	0	0	1	1

位	位名称	功能描述
[15:11]	Reserved	保留, Default =00000
[10:5]	Vref_TC2_ADJ[5:0]	Vref 二阶曲线调整, Vref 二阶温度补偿曲率调节信号: Default =000000
4	Vref_TC2_DIS	Vref 只使用一阶的配置开关。 0: 一阶与二阶同时作用 (Default) 1: 只使用一阶 Vref 曲线调整
3	ShuntFail_DET_EN	锰铜掉火线检测使能 0: 关闭 (Default) 1: 打开
2	ADC_I2_En	电流通道 I2 的 ADC 开关信号 0: 关闭 (Default) 1: 打开
1	ADC_I1_En	电流通道 I1 的 ADC 开关信号 0: 关闭 1: 打开 (Default)

0	ADC_U_En	电压通道 U 的 ADC 开关信号 0: 关闭 1: 打开 (Default)
备注		

5.2.2.14. 模拟配置寄存器 (ANACFG)

ANACFG 模拟配置寄存器		地址: 44H						
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read:	ADC_RD0	ADC_RD1	ADC_RD2[1:0]		ADC11_FullScale_SEL	ADC_RD3[10:8]		
Write:								
Reset:	1	0	0	1	0	1	0	0
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	ADC_RD3[7:0]							
Write:								
Reset:	0	0	0	0	1	0	0	1

位	位名称	功能描述
15	ADC_RD0	ADC 相关功能配置 Bit Default=1
14	ADC_RD1	ADC 相关功能配置 Bit Default=0
[13:12]	ADC_RD2[1:0]	ADC 相关功能配置 Bit Default=01
11	ADC11_FullScale_SEL	I1 通道 ADC 的输入范围选择信号 0: 输入范围 700mV 1: 输入范围扩大至 1200mV
[10:0]	ADC_RD2[1:0]	需保持默认为'100 0000 1001'

5.2.2.15. 输出引脚配置寄存器 (IOCFG)

IOCFG IO 配置寄存器		地址: 45H						
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	POS	Reserved	Reserved	ParityCFG	Reserved	UartCFG	CFMOD_CFG	Reserved
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

位	位名称	功能描述
---	-----	------

7	POS	电能脉冲输出有效电平选择 0: PF/QF 为高电平有效(default) 1: PF/QF 为低电平有效
6	Reserved	保留, default = 0
5	Reserved	保留, default = 0
4	ParityCFG	UART 通信接收偶校验功能 0: 不校验 (default) 1: 使能偶校验
3	Reserved	保留, default = 0
2	UartCFG	UART 通信帧格式控制: 0: 数据为 3 字节, 超过 3 字节, 低字节不读 (default) 1: 数据为 4 字节
1	CFMODCFG	PFCnt 与 HFconst 移位的移位对齐关系控制 0: Pfcnt 内部++, 其 Bit4 与 HFConst 的 Bit0 对齐; (default) 1: Pfcnt 内部++, 其 Bit0 与 HFConst 的 Bit0 对齐
0	Reserved	保留, default = 0
备注		

5.2.2.16. Gz 滤波器系数寄存器

GzSCoefH/L GzCCoefH/L Gz 滤波器系数	地址: 4BH/4CH 4DH/4EH
	Bit15...Bit0
Read:	DAT [15:0]
Write:	
Reset:	0x0292/0xCB9B 0x7FF9/0x6078

位	功能描述
[15:0]	GzSCoefH 默认为 0x0292, GzSCoefL 默认为 0xCB9B, GzCCoefH 默认为 0x7FF9, GzCCoefL 默认为 0x6078。

5.2.2.17. Gz 滤波器点数寄存器

GzNum Gz 滤波器点数	地址: 4FH
	Bit15...Bit10
Read:	X
	Bit9...Bit0
	DAT [9:0]

Write:	
Reset:	0x0271

位	功能描述
[9:0]	有效位数为 10bit, 最大 1023, 用户设置点数需要大于等于 6。

5.2.2.18. 功率校正寄存器

GP1/GQ1/GS1 GP2/GQ2/GS2 有功/无功/视在功率校正	地址: 50H / 51H / 52H 54H / 55H / 56H
	Bit15...Bit0
Read:	DAT [15:0]
Write:	
Reset:	0x0000

位	功能描述
[15:0]	16bit 有符号数, 最高位为符号位。 用于对有功/无功/视在功率进行增益校正, 计算关系为: $PowerP' = PowerP * (1 + GP/32768)$ 或 $PowerP' = PowerP * (1 + (GP - 65536)/32768)$ 当 AlgCfg.GP_Sel = 0 时, GP 寄存器同时作用于 PowerP/PowerQ/PowerS, 而 GQ/GS 寄存器已无效。 当 AlgCfg.GP_Sel = 1 时, GP/GQ/GS 寄存器分别作用于 PowerP/PowerQ/PowerS。

5.2.2.19. SPL 阈值寄存器 (SPL_THO)

SPL_THO 寄存器	地址: 53H
	Bit15...Bit9
Read:	SPL_U_THO[6:0]
Write:	SPL_I_THO[8:0]
Reset:	0x0000

位	位名称	功能描述
[15:9]	SPL_U_THO[6:0]	电压通道 SPL 阈值设置
[8:0]	SPL_I_THO[8:0]	电流通道 SPL 阈值设置

5.2.2.20. 算法控制寄存器 (AlgCfg)

AlgCfg 算法控制寄存器	地址: 57H
-------------------	---------

	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read:	GzContin	GzLshiftI[2:0]			GzLshiftU[2:0]			GzSrcSel
Write:	ueCal_En							
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	GzI_En	GzU_En	GP_Sel	IHalfVp_ZC_Sel	PowerO	PowerO	PowerCo	PowerCo
Write:					VSelQ	VSelP	nstQEn	nstPEn
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

位	位名称	功能描述
15	GzContinueCal_En	连续 Gz 计算使能 0: 单次计算, 计算后停止 (default) 1: 连续计算, 直到 GzX_En=0 后才停止计算
[14:12]	GzLshiftI[2:0]	电流通道 Gz lshift Defaultt = 000
[11:9]	GzLshiftU[2:0]	电压通道 Gz lshift Default = 000
8	GzSrcSel	Gz 电流数据源头选择 0: 选择电流 1 通道 (default) 1: 选择电流 2 通道
7	GzI_En	Gz 电流通道时钟使能 0: 关闭 (default) 1: 使能,
6	GzU_En	Gz 电压通道时钟使能 0: 关闭 (default) 1: 使能
5	GP_Sel	GQ、GS 生效控制位 0: GQ、GS 不生效, 使用 GP 同时对无功和视在功率进行校正 (default) 1: GQ、GS 生效, GP、GQ、GS 分别独立作用于有功功率、无功功率和视在功率
4	IHalfVp_ZC_Sel	电流通道半波峰值过零源头选择位 0: 电流过零 (default) 1: 电压过零 (经过 LPF3 之后的数据)
3	PowerOVSelQ	第 2 通路反向电能寄存器选择位 0: 反向无功电能在 EnergyQ 中累加。(default) 1: 反向无功电能在 EnergyQ_Neg 中累加
2	PowerOVSelP	第 1 通路反向电能寄存器选择位 0: 反向有功电能在 EnergyP 中累加。(default) 1: 反向有功电能在 EnergyP_Neg 中累加
1	PowerConstQEn	第 2 能量通路常数功率使能 0: 关闭 (default) 1: 使能

0	PowerConstPEn	第 1 能量通路常数功率使能 0: 关闭 (default) 1: 使能
备注		

5.2.2.21. 无功相位校正寄存器 (QphsCal)

QphsCal 无功相位校正	地址: 58H
	Bit15...Bit0
Read:	DAT [15:0]
Write:	
Reset:	0xFF00

位	功能描述
[15:0]	无功相位补偿寄存器为 16 位有符号数, 最高位为符号位。 校正公式: $PowerP' = PowerP + PowerQ * Gphs / 32768$ $PowerQ' = PowerQ - PowerP * (Gphs + QphsCal) / 32768$ 其中 P 和 Q 为校正前寄存器数值, P' 和 Q' 为校正后数值, 外加信号 0.5L 时校正

5.2.2.22. ADC 通道增益寄存器 (ADCCON)

ADCCON ADC 通道增益寄存器	地址: 59H							
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read:	X	X	X	PGA_I1[2]	DG_I2[1:0]		DG_I1[1:0]	
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	DG_U[1:0]		PGA_I2[1:0]		PGA_I1[1:0]		PGA_U[1:0]	
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

位	位名称	功能描述
[12&3:2]	PGA_I1[2:0]	电流 1 通道通道模拟增益控制 000: 1 倍 (Default) 001: 2 倍 010: 4 倍 011: 16 倍 100: 8 倍 101: 24 倍 110: 32 倍

		111: 24 倍
[11:10]	DG_I2[1:0]	电流 2 通道通道数字增益控制 00: 1 倍 (Default) 01: 2 倍 10: 4 倍 11: 8 倍
[9:8]	DG_I1[1:0]	电流 1 通道通道数字增益控制 00: 1 倍 (Default) 01: 2 倍 10: 4 倍 11: 8 倍
[7:6]	DG_U[1:0]	电压通道通道数字增益控制 00: 1 倍 (Default) 01: 2 倍 10: 4 倍 11: 8 倍
[5:4]	PGA_I2[1:0]	电流 2 通道通道模拟增益控制 00: 1 倍 (Default) 01: 2 倍 1x: 4 倍
[1:0]	PGA_U[1:0]	电压通道模拟增益控制 00: 1 倍 (Default) 01: 2 倍 1x: 4 倍

5.2.2.23. 电流 2 通道增益补偿寄存器 (I2Gain)

I2Gain 电流 2 通道增益	地址: 5BH
	Bit15...Bit0
Read:	DAT [15:0]
Write:	
Reset:	0x0000

位	功能描述
[15:0]	电流 2 通道增益寄存器采用二进制补码形式，最高位为符号位。 在相同外部电流通道输入时，使两路的电流有效值输出一致，主要为了调整由于两个电流通道的外部传感器不同而引入的两个电流 ADC 通道的有效值差异。 $Gain = (Rms_I1 / Rms_I2) - 1$; 若 $Gain \geq 0$, $I2Gain = Gain * (2^{15})$; 若 $Gain < 0$, $I2Gain = 2^{16} + Gain * (2^{15})$ 。

5.2.2.24. 通道直流偏置校正寄存器

I1Off / I2Off / UOff 直流偏置校正寄存器	地址: 5CH / 5DH / 5EH
	Bit15...Bit0
Read:	DAT [15:0]
Write:	
Reset:	0x0000

位	功能描述
[15:0]	有符号 16bit 数, 该寄存器的最小单位与 ADC 输出的 16 位数据的最小单位一致。 在测量直流信号的情况下使用, 先关闭高通, 当输入通道信号为 0 的时候, 连续几次读寄存器 00H 的值平均后取反, 得到 Off 寄存器的值, 一般来说交流信号不需要配置该寄存器。 注: I1Off 与 I2Off 不能同时进行校正。

5.2.2.25. 功率起动阈值寄存器

PStart / QStart 功率起动阈值寄存器	地址: 5FH / 60H
	Bit15...Bit0
Read:	DAT [15:0]
Write:	
Reset:	0x0040

位	功能描述
[15:0]	无符号 16bit 数, 与 ABS(功率) >>8 进行比较。

5.2.2.26. 输出脉冲频率寄存器 (HFConst)

HFConst 输出脉冲频率寄存器	地址: 61H
	Bit15 Bit14...Bit0
Read:	DAT [14:0]
Write:	
Reset:	0x0040

位	功能描述
[14:0]	15 位无符号数, 当快速脉冲 FCnt/QFCnt 寄存器的绝对值累加到等于 HFConst 的值, 那么就会有对应的 PF/QF 脉冲输出, 同时能量寄存器加 1。 用户设置要大于等于 4

5.2.2.27. 窃电阈值寄存器 (ICLK)

ICLK 窃电阈值寄存器	地址: 62H
	Bit7...Bit0
Read:	DAT [7:0]
Write:	
Reset:	0x10

位	功能描述																
[15:0]	<p>采用二进制补码形式, 表示范围(0~+1)。 $ICLK = ICK7 * 2^{(-1)} + ICK6 * 2^{(-2)} + ICK5 * 2^{(-3)} + \dots + ICK1 * 2^{(-7)} + ICK0 * 2^{(-8)}$ 当且仅当 Check Register 的某一个 Bit 为 1 时, 对应的阈值如下表:</p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr><td>Bit7</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>Bit6</td><td>0.25</td></tr> <tr><td>Bit5</td><td>0.125</td></tr> <tr><td>Bit4</td><td>0.0625</td></tr> <tr><td>Bit3</td><td>0.03125</td></tr> <tr><td>Bit2</td><td>0.015625</td></tr> <tr><td>Bit1</td><td>0.007813</td></tr> <tr><td>Bit0</td><td>0.003906</td></tr> </table> <p>例如: ICLK=0x1A 时, 窃电阈值为 0.0625+0.03125+0.007813=10.1563% 默认为: 0.0625 也即 6.25%。 开启自动窃电后, 当选择电流有效值作为窃电比较的源头时, 电流 1 和电流 2 两者之差比 ($Rms_I2 - Rms_I1 / Rms_I1$ 或 $Rms_I1 - Rms_I2 / Rms_I2$) 时超过窃电阈值电流值, 则自动选择大的电流值参与功率计量, 同时 TAMP=1。 当选择功率作为窃电比较的源头时, 功率 PowerP1 和功率 PowerP2 两者之差比 ($PowerP2 - PowerP1 / PowerP1$ 或 $PowerP1 - PowerP2 / PowerP2$) 超过窃电值, 则自动选择大的功率值参与功率计量, 同时 TAMP=1。</p>	Bit7	0.5	Bit6	0.25	Bit5	0.125	Bit4	0.0625	Bit3	0.03125	Bit2	0.015625	Bit1	0.007813	Bit0	0.003906
Bit7	0.5																
Bit6	0.25																
Bit5	0.125																
Bit4	0.0625																
Bit3	0.03125																
Bit2	0.015625																
Bit1	0.007813																
Bit0	0.003906																

5.2.2.28. 窃电检测阈值寄存器 (IPTAMP)

IPTAMP 窃电检测阈值寄存器	地址: 63H
	Bit15...Bit0
Read:	DAT [15:0]
Write:	
Reset:	0x0020

位	功能描述
[15:0]	格式同电流有效值寄存器或功率寄存器, IPTAMP[15:0]是高 16 位的电流有效值寄存器或功率寄存器。

<p>注意：IPTAMP 的最高位 bit15 用户写入无效，一直是 0，最大用户可以写入的值为 0x7FFF。自动防窃电处理模块开启时：</p> <p>若选择使用电流有效值做为防窃电阈值的判断，当通道 1 和 2 的电流有效值都低于 IPTAMP 时，系统默认选择通道 1 作为有效输入，TAMP、I2PPXGTI1P 和 CHNSEL 均为 0；也可通过配置 CHNFix =1 不切换保持之前的计量通道。</p> <p>若选择使用功率 P 的绝对值做为防窃电阈值的判断，当 PowerP1 和 PowerP2 都低于 IPTamp 时，系统默认选择通道 1 做为有效输入，TAMP、I2PPXGTI1P 和 CHNSEL 均为 0；也可通过配置 CHNFix =1 不切换保持之前的计量通道。</p> <p>IPTAMP 默认选择电流有效值作为防窃电阈值的判定依据，也可通过 TampSel、IPTamp_Sel 组合配置为选择功率作为防窃电阈值的判断源头。</p>
--

5.2.2.29. 移采样点方式相位校正 (DEC_Shift)

DEC_Shift 移采样点相位校正		地址：64H						
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	DEC_Shi	DEC_Shift_I1 [6:0]						
Write:	ft_UI2							
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

位	位名称	功能描述
7	DEC_Shift_UI2	电压和电流 2 通道大拍相位校正
[6:0]	DEC_Shift_I1 [6:0]	<p>电流 1 通道小拍相位校正</p> <p>移采样点寄存器提供一种快速响应的相位校正方式，长度为 1 个字节。对应相位校正公式如下：</p> <p>Femu = 2M, OSR=64 时：</p> <p>0.5L 初始误差为正 err% ，则计算 $err * 18.378 * 2$ 转换成 16 进制填入 64H 寄存器</p> <p>0.5L 初始误差为负 err% ，则计算 $err * 18.378 * 2 + 192$ 转换成 16 进制填入 64H 寄存器</p> <p>Femu = 2M, OSR=128 时：</p> <p>0.5L 初始误差为正 err% ，则计算 $err * 18.378 * 2$ 转换成 16 进制填入 64H 寄存器</p> <p>0.5L 初始误差为负 err% ，则计算 $err * 18.378 * 2 + 256$ 转换成 16 进制填入 64H 寄存器</p> <p>注意 2M64 和 2M128 下误差为正时计算公式一样，为负时不同。</p> <p>相位校正范围： 2M128 可校正 - 3.48%~ + 3.48%</p> <p>2M64 可校正 - 1.74%~ + 3.48%</p> <p>移采样点方式主要用于打分，暂不推荐 1M 时钟情况使用</p> <p>举例： Femu = 2M, OSR=64</p>

	读取 0.5L 时初始误差为+0.3% 则用 $0.3 * 18.378 * 2 = 11$ 即把 0x000B 写入 64H 寄存器即可 读取 0.5L 时初始误差为-0.3% 则用 $(-0.3) * 18.378 * 2 + 192 = 181$ 即把 0x00B5 写入 64H 寄存器即可
--	--

5.2.2.30. 通道功率偏置校正寄存器

P1OFFSETH / P2OFFSETH Q1OFFSETH/ Q2OFFSETH 高位小信号功率校正寄存器	地址: 65H / 66H 67H / 68H
	Bit15...Bit0
Read:	DAT [15:0]
Write:	
Reset:	0x0000

位	功能描述
[15:0]	为提高小信号 Offset 校正范围, P1OFFSETH 寄存器可通过配置扩展为 2Bytes(默认为 1byte)。用户使用中需注意: (1) 默认配置下, P1OFFSETH 与 24 位寄存器 PowerP1 的低 8 位对齐。(与内部运算 32 位寄存器 PowerP1'的 bit[15:8]对齐)。即: P1OFFSETH 寄存器默认为只有[bit7:bit0]起校正作用, 此时寄存器的最高位 Bit7 为符号位。 (2) 用户可以通过 ModuleEn.PoffsetCFG = 1, 使能[bit15:bit8]从而获得更宽的 Offset 校正范围, 此时 P1OFFSETH 作为 2bytes 的最高位 Bit15 为符号位, Bit7 不再承担符号位功能。

P1OFFSETL / P2OFFSETL Q1OFFSETL/ Q2OFFSETL 低位小信号功率校正寄存器	地址: 76H / 77H 78H / 79H
	Bit7...Bit0
Read:	DAT [7:0]
Write:	
Reset:	0x0000

位	功能描述
[7:0]	该寄存器与 P/QOFFSETH 组成 16bit/24bit 共同作用, 其符号位是 P/QOFFSETH 的符号位。P/QOFFSETL 与内部运算 32 位寄存器 PowerP1'的低 8 位对齐。

5.2.2.31. 通道有效值偏置校正寄存器

I1RMSOFFSET / I2RMSOFFSET/ URMSOFFSET 有效值偏置校正寄存器	地址: 69H / 6AH/6BH
	Bit15...Bit0

Read:	DAT [15:0]
Write:	
Reset:	0x0000

位	功能描述
[15:0]	有效值校正寄存器采用二进制无符号数形式。 计算公式为： 当输入信号为 0 的时候，多次读取 Rms，取平均值后，然后按照下面的公式计算。 $\text{RMSOFFSET} = (\text{Rms}^2) / (2^{15})$ 如果外部噪声很大，则会导致通过上述公式计算出的 RMSOFFSET 超限，此时就只能通过用户软件来去除板级过大的噪声，该寄存器不能完全消除这种零漂噪声。

5.2.2.32. PQ 方式相位校正寄存器

GPhs1 / GPhs2 相位校正寄存器	地址：6DH / 6EH
	Bit15...Bit0
Read:	DAT [15:0]
Write:	
Reset:	0x0000

位	功能描述
[15:0]	用户在信号输入为阻性的时候通过 GP 寄存器将输出误差校正到 0 附近，将信号输入调整为 0.5L，此时观察误差为 Err% PQ 方式校相位计算公式如下： 如果 Err 为负数： $\text{Gphs} = -\text{Err}\% * 32768 / 1.732$ 如果 Err 为正数： $\text{Gphs} = 65536 - \text{Err}\% * 32768 / 1.732$

5.2.2.33. 模拟控制寄存器 (ANACON)

ANACON 模拟控制寄存器	地址：72H							
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read:	ADC_BIAS[2:0]			PGA_CHOP_FREQ_		Vref_TC1_ADJ[2:0]		
Write:				CTRL[1:0]				
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	PGA_BIAS<2:0>			TD_DCLK<2:0>			TD_ACLK<1:0>	
Write:								

Reset:	0	0	1	1	0	0	0	1
---------------	---	---	---	---	---	---	---	---

位	位名称	功能描述
[13:15]	ADC_BIAS[2:0]	ADC 偏置电流选择 000: (default)
[11:12]	PGA_CHOP_FREQ_CTRL[1:0]	PGA Chopper 频率选择 00: (default) 当 MODECFG.PGA_CHOP_FREQ_CTRL2=1, 固定为特定值 当 MODECFG.PGA_CHOP_FREQ_CTRL2=0, 根据此 2bit 配置
[8:10]	Vref_TC1_ADJ[2:0]	Vref 一阶温度系数调整位 Default = 000
[5:7]	PGA_BIAS[2:0]	PGA 偏置电流选择 001: (default)
[2:4]	TD_DCLK [2:0]	TDDCLK 数字时钟延迟 100: (default)
[0:1]	TD_ACLK[1:0]	TDACLK 模拟时钟延迟 01: (default)
备注	该寄存器需保持默认值 0x0031	

5.2.2.34. 用户校表校验和寄存器

SUMCHECKL 用户校验和寄存器		地址: 73H
	Bit15...Bit0	
Read:	DAT [15:0]	
Write:		
Reset:	0x0000	

位	功能描述
[15:0]	校验和低 16 位, 由用户写入, 与 SUMCHECKH 一起构成 24bit 设定值。 由用户校正好校表参数后, 写入此寄存器, 比较功能使能后, 可以检测由于误操作引起的校表参数改变。芯片内部每一个 EMUCLK 累加更新 SUMChecksum 时, 内部比较两个寄存器值, 并给出相应状态标志。

SUMCHECKH 相位校正寄存器		地址: 74H
	Bit7...Bit0	
Read:	DAT [7:0]	
Write:		
Reset:	0x00	

位	功能描述
[7:0]	校验和高 8 位, 由用户写入, 与 SUMCHECKL 一起构成 24bit 设定值。

	由用户校正好校表参数后，写入此寄存器，比较功能使能后，可以检测由于误操作引起的校表参数改变。芯片内部每一个 EMUCLK 累加更新 SUMChecksum 时，内部比较两个寄存器值，并给出相应状态标志。
--	---

5.2.2.35. MODE 配置寄存器 (MODECFG)

MODECFG 寄存器		地址: 75H						
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read:	X	PGA_CHOP_FREQ_CTRL2	ADC_CHOP_DLY[2:0]			ADC_CHOP_FREQ_CTRL[1:0]		ADC_I2_CHOP_DIS
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	OSR	PHASE_ACLK_CTRL	En_NewStatus	ADC_I1_CHOP_DIS	VREF_CHOP_DIS	EN_SumCheck	CHNFix	IPTamp_Sel
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

位	位名称	功能描述
14	PGA_CHOP_FREQ_CTRL2	Frequency Control of chopper for PGA 0: 根据 ANACON.PGA_CHOP_FREQ_CTRL[1:0]配置 1: 固定为特定值
[11:13]	ADC_CHOP_DLY[2:0]	I1 & I2 ADC Chopper 延迟 Default = 000
[9:10]	ADC_CHOP_FREQ_CTRL[1:0]	I1 & I2 ADC Chopper 频率配置 00: (default)
8	ADC_I2_CHOP_DIS	I2 ADC ChopperDisEnable 信号, 0: I2 ADC Chopper 开启 (default) 1: I2 ADC Chopper 关闭
7	OSR	OSR 选择: 0: 64 (default) 1: 128
6	PHASE_ACLK_CTRL	Phase Control for Analog Clock Default = 0
5	En_NewStatus	使能 EMUSR.NoPLD1/2 和 NoQLD1/2 功能以及防窃检测电阈值设置 0: 关闭功能, EMUSR.NoPLD1/2 和 NoQLD1/2 为 0, 窃电检测阈值比较数据源头由 EMUCFG.TampSel 决定 (default) 1: 使能功能, EMUSR.NoPLD1/2 和 NoQLD1/2 正常判断, 窃电检测阈值比较数据源头由 MODECFG.IPTamp_Sel 决定
4	ADC_I1_CHOP_DIS	设置 ADC chopper 是否关闭,

		0: 开启 ADC chopper (default) 1: 关闭 ADC chopper
3	VREF_CHOP_DIS	Vref Chopper 关闭信号 0: 开启 VREF chopper (default) 1: 关闭 VREF chopper
2	EN_SumCheck	校验和自动校验比较功能使能 0: 关闭校表参数校验和自动比较功能 1: 使能校表参数校验和自动比较功能
1	CHNFix	决定在两路电路通道都降低到 IPTAMP 以下的时候, 是选择固定第一电流通道计量还是不切换通道, 保持之前的通道计量。 0: 选择固定第 1 路电流通道; 1: 不切换保持之前通道计量;
0	IPtamp_Sel	窃电检测阈值 IPTAMP 比较源头选择 0: 窃电检测阈值 IPTAMP 选择有效值进行比较 1: 窃电检测阈值 IPTAMP 选择功率进行比较 当 MODECFG.En_NewStatus = 1 时, 此 bit 才生效。
备注		

5.2.2.36. 电压 Peak/Sag 事件相关寄存器

UPeakLvl/ USagLvl 电压 Peak/Sag 阈值寄存器	地址: 7AH/7BH
	Bit15...Bit0
Read:	DAT [15:0]
Write:	
Reset:	0x0000

位	功能描述
[15:0]	16 位无符号数, 与半波峰值绝对值的高位对齐, bit15 恒为 0。 例如: 假设设置为 0.6Un, 操作步骤如下: 1) 加 Un 信号, 读取 MAXUWAVE (计量参数寄存器 0x12H) 的值, 如果 MAXUWAVE < 2 ²³ , 则 MAXUWAVE*0.6/2 ⁶ 如果 MAXUWAVE > 2 ²³ , 为负数, 则: (2 ²⁴ - MAXUWAVE)*0.6/2 ⁶ ; 2) 取整转为 HEX 写入寄存器即可。 用户使用时注意: USagLVL 小于 UPeakLvl, UPeakLvl 大于 UPeakLvlHys, (USagLVL+USagLVLHys)小于 UPeakLvl, (UPeakLVL-UPeakLVLHys)大于 USagLvl。

UCycLen 电压 Peak/Sag 检测周期寄存器	地址: 7CH
	Bit15...Bit0
Read:	DAT [15:0]
Write:	

Reset:	0x0000
---------------	--------

位	功能描述
[15:0]	16 位无符号数，单位为半个周波。

UPeakLvlHys / USagLvlHys 电压 Peak/Sag 阈值迟滞寄存器	地址: 7DH/7EH
	Bit15...Bit0
Read:	DAT [15:0]
Write:	
Reset:	0x0000

位	功能描述
[15:0]	16 位无符号数，与半波峰值绝对值的高位对齐，bit15 恒为 0。

6. 电气规格

6.1. 绝对最大额定值

参数	最大限值
AVDD to AGND	-0.3V~7V
DVDD to DGND	-0.3V~7V
Analog Input PIN (VxP VxN)	-3V~ +3V
Reference Input PIN	-0.3V~AVDD+0.3V
Digital Input PIN	-0.3V~AVDD+0.3V
Operating Temperature Range	-40°C~85°C
Storage Temperature Range	-65°C~150°C
Junction Temperature	150°C
ESD Protection to All Pins	+/-6KV

6.2. 电气特性

测量条件: $V_{cc}=AV_{cc}=5V$, 系统频率 6M, 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		0.05%			常温 20000:1 范围
无功电能测量误差		0.05%			常温 20000:1 范围
电压有效值测量误差		0.1%			1000:1
		0.5%			5000:1
电流有效值测量误差		0.1%			1000:1
		0.5%			5000:1
ADC 参数					
ADC 满量程		+900mV		Vp-p	U& I2 通道
		+500mV		Vp-p	I1 通道(PGA=1)
		+/- 900/PGA mV		Vp-p	I1 通道(PGA≠1)
直流输入阻抗		10M		Ω	I1
		350k&1Mhz 170k &2Mhz		Ω	I2& emuclk
		700k &1Mhz 350k &2Mhz		Ω	U & emuclk
信噪比		75		dB	
带宽 (-3dB)		14		KHz	ADC 采样频率 2MHz
		7			ADC 采样频率 1MHz
ADC 输出参考电压		1.17		V	

基准电压 Vref 值	1.172	1.176	1.180	V	
ADC Vref 温度系数		10	35	ppm	-40°C~85°C 平均水平
模拟功耗数据					
EMU 频率 1M, 默认 ADC 配置		3.11		mA	3 路 ADC 全部打开
		2.43		mA	U, I1 打开
DC 参数					
数字电源电压	3.0/4.5	3.3/5	3.6/5.5	V	
模拟电源电压	3.0/4.5	3.3/5	3.6/5.5	V	
CF 口输出驱动电流		5	8	mA	3.3/5V
工作温度范围	-40		85	°C	
存储温度范围	-65		150	°C	
外部引脚参数					
高电平输入电压	0.7Vcc				除了 RST 外所有 PIN
	0.8Vcc				RST 引脚
低电平输入电压			0.2Vcc		
高电平输出电压	0.9Vcc (Isource>4mA)				PF/QF
	0.9Vcc (Isource>1mA)				Other Pins
低电平输出电压			0.1Vcc (Isink>4mA)		PF/QF
			0.1Vcc (Isink>1mA)		Other Pins

7. 校表过程

1. 在精度校正之前，需要先进行电流通道2增益校正（做防窃电时必需），如果用户不需要第二通道计量，则该步骤忽略。

防窃电时，需要对两个通道的电流有效值进行比较，因而在同样电流输入下，电流通道1与电流通道2的寄存器值应该相等。

通过电流通道2增益校正寄存器 I2Gain，使同样输入电流情况下，二者寄存器的值一致。

假设同样输入额定电流，电流通道1有效值寄存器读数为 Rms_I1，电流通道2有效值寄存器读数为 Rms_I2，则

$$\text{Gain} = \text{Rms_I1} / \text{Rms_I2} - 1$$

$$\text{如果 Gain} \geq 0, \text{I2Gain} = \text{Gain} * 2^{15}$$

$$\text{如果 Gain} < 0, \text{I2Gain} = \text{Gain} * 2^{15} + 2^{16}$$

举例说明：

两路通道都加入电流信号，读取电流通道1的有效值寄存器 Rms_I1(06H)，读取电流通道2的有效值寄存器数据 Rms_I2(07H)，得到结果如下：

Rms_I1 : 0x03BA55

Rms_I2 : 0x025A76

根据公式： $\text{Gain} = \text{Rms_I1} / \text{Rms_I2} - 1 = 0x03BA55 / 0x025A76 - 1 = 244309 / 154230 - 1 = 0.584$

由于 $\text{Gain} > 0$ ， $\text{I2Gain} = 0.584 * 2^{15} = 0x4AC2$

使用 MCU 通过 UART 将 0x4AC2 写入 HT7017 的 I2Gain(5BH)寄存器

写入后读取电流 I1 有效值和电流 I2 有效值，两者应该很接近。

2. 高频脉冲常数设置（同一批表只需同样的 HFConst）

通过 HFConst 寄存器将用户样表的误差精度调整到 15%以内。有两种方式计算。

方案一：

HFConst 寄存器的默认值为 0x0040

用户观察电表的初始误差为 Err%，则按照下面公式将误差调整到 10 以内：

$$\text{HFConst} = 0x0040 * (1 + \text{Err}\%)$$

举例说明：

电表表常数（EC）设置为 3200，功率因数为 1，HFConst 寄存器为默认值 0x0040，观察标准表上显示的误差为 52.8%。

根据公式： $\text{HFConst} = 0x0040 * (1 + \text{Err}\%)$

计算得到： $\text{HFConst} = 0x0040 * (1 + 52.8\%) = 0x0061$

使用 MCU 通过 UART 将 0x0061 写入 HT7017 的 HFConst (61H) 寄存器：

写入后标准表的显示误差应该在 10%以内

方案二：

Femu = 1MHz 时

$$\text{HFConst} = 6.24 * \text{Vu} * \text{Vi} * 10^{10} / (\text{EC} * \text{Un} * \text{Ib})$$

Vu: 额定电压输入时，电压通道的电压（引脚上电压×放大倍数）

Vi: 额定电流输入时，电流通道的电压（引脚上电压×放大倍数）

Un: 额定输入的电压

Ib: 额定输入的电流

EC: 电表常数

注: Femu为其他值, HFConst按比例变化即可

举例说明:

电表表常数 (EC) 设置为 3200, 功率因数为 1。

Un (额定电压) 为 220V, Ib (额定电流) 为 5A, Vu (电压通道的电压) 为 0.22V

Vi (电流通道的电压) 为 1.75mV, 内部电流通道 16 倍增益, $V_i * 16 = 28\text{mV}$

根据公式: $\text{HFConst} = 6.24 * V_u * V_i * 10^{10} / (\text{EC} * U_n * I_b)$ 计算得到

$\text{HFConst} = 6.24 * 0.22 * 0.028 * 10^{10} / (3200 * 220 * 5) = 0x006D$

使用 MCU 通过 UART 将 0x006D 写入 HT7017 的 HFConst (61H) 寄存器:

写入后标准表的显示误差应该在 $\pm 10\%$ 以内

3. 第一通道有功、无功和视在增益校正

只需要在额定输入、功率因数为 1 时根据有功计算。通常有功、无功和视在增益写入相同的值。

已知:

标准表上读出误差为 Err%

计算公式:

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

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

否则 $P_{\text{gain}} < 0$, 则 $\text{GP1} = \text{INT}[2^{16} + P_{\text{gain}} * 2^{15}]$

举例说明:

电表表常数 (EC) 设置为 3200, 功率因数为 1, 在经过第一步 HFConst 调整过后, 标准表上读出的误差显示为 -2.18%。

根据公式: $P_{\text{gain}} = -(-2.18\%) / (1 - 2.18\%) = 0.022$

由于 $P_{\text{gain}} \geq 0$, 则 $\text{GP1} = 0.022 * 2^{15} = 0x02DA$

使用 MCU 通过 UART 将 0x02DA 写入 HT7017 的 GP1(50H), GQ1(51H), GS1(52H) 寄存器:

写入后标准表的显示误差应该在 0 附近

4. 第一通道相位校正

在增益已经校正好之后, 进行相位补偿。在功率因素 0.5L 处进行校正。

已知:

0.5L 处标准表误差读数为 Err% 是 0.5594%

方案 1: 使用 PQ 方式的 Gphs1 (6DH) 寄存器做相位补偿, 根据补偿公式:

$$\theta = \frac{-err}{1.732} = \frac{-0.00594}{1.732} = -0.00323$$

由于 $\theta < 0$, $\text{Gphs1} = 2^{16} + (-0.00323) * 2^{15} = 0xFF96$

使用 MCU 通过 UART 将 0xFF96 写入 HT7017 的 Gphs1(6DH) 寄存器:

格式: UART_Write(寄存器地址, 写入数据)

实际: UART_Write(0x6D, 0xFF96)

写入后标准表的显示误差应该在 0 附近。

方案 2: 使用移采样点方式的 Dec_Shift (64H) 寄存器做相位补偿, 根据补偿公式:

对应相位校正公式如下:

当 Femu = 2M, OSR=64 时:

0.5L 初始误差为正 err% , 则计算 $err * 18.378 * 2$ 转换成 16 进制填入 64H 寄存器

0.5L 初始误差为负 err% , 则计算 $err * 18.378 * 2 + 192$ 转换成 16 进制填入 64H 寄存器

$$Dec_Shift = 0.5594\% * 100 * 18.378 * 2 = 20.561$$

取整转成 HEX 后为 0x16,

使用 MCU 通过 UART 将 0x0016 写入 HT7017 的 Dec_Shift (64H) 寄存器:

两种校正方式, 用户根据需求选择一种即可。

5. Poffset校正 (小信号有功功率校正)

在经过步骤1, 2, 3之后, 用户在 Ib = 100% 的时候电表误差校正到 0 附近, 观察小信号 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

$$\text{应用公式来计算 } Poffset = (\text{Preal} * \text{EC} * \text{HFConst} * 2^{31} * (-\text{Err}\%)) / (5.625 * 10^{10})$$

举例说明:

额定电压 220V, 额定电流 (Ib) 5A, 表常数为 3200, 快速脉冲寄存器 (HFConst) 读取为 0x61, 电表在 Ib = 100% 时误差校正到 0 附近, 观察小信号 5% 点的电表误差为 0.5%, 从标准表上读取小信号 5% 点的输出功率为 55.2 (Preal)

根据公式 $Poffset = (\text{Preal} * \text{EC} * \text{HFConst} * 2^{31} * (-\text{Err}\%)) / (5.625 * 10^{10})$ 计算得到

注: Femu=2MHz或1MHz, 上述公式中系数不变

$$\begin{aligned} Poffset &= (\text{Preal} * \text{EC} * \text{HFConst} * 2^{31} * (-\text{Err}\%)) / (5.625 * 10^{10}) \\ &= (55.2 * 3200 * 97 * 2^{31} * (-0.5\%)) / (5.625 * 10^{10}) \\ &= -3270.68 \end{aligned}$$

由于 $Poffset < 0$, 所以写入寄存器 P1OFFSETH 和 P1OFFSETL 的值为 $2^{16} + Poffset = 62266$ (0xF33A)

使用 MCU 将 0xF3 写入 HT7017 的 P1OFFSETH(65H) 寄存器, 然后将 0x3A 写入 HT7017 的 P1OFFSETL(76H) 寄存器。

写入后电表在 5% 点的显示误差应该在 0 附近。

6. 第二通道增益校正、相位校正

增益校正及 PQ 方式校正方式与第一通道校正方式相同。

注: 第二通道不提供移采样点校正方式。

7. IRMS增益、URMS增益和两个通道的功率增益转换系数校正

这些参数没有相应的寄存器, 需要由用户根据需要自行计算获取。

举例说明:

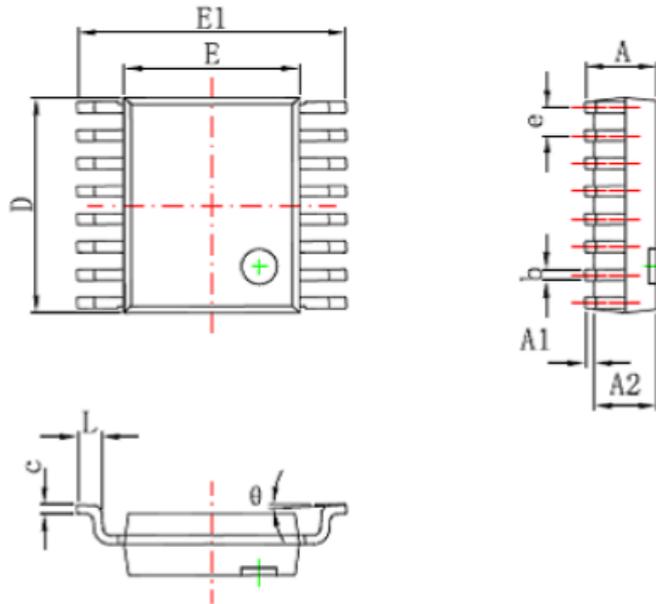
以电流通道 1 有效值为例, 电流通道 1 标准台输出 5A 电流有效值, 电流通道 1 有效值寄存器 Rms_I1 (06H) 的值读取得 0x03BA55, 如果用户希望在液晶上显示出 5A, 则需要自行计算两者之间的转换系数如下: $K = 5 / 0x03BA55 = 2.046 * 10^{-5}$

这里的 K 就是转换系数, 之后用户根据读取的 RMS_I1 的值乘这个 K, 则得到正确的电流显示值。详见有效值输出章节和功率参数输出章节。

8. 芯片信息

8.1. 封装信息

SSOP16(150mil) PACKAGE OUTLINE DIMENSIONS



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	1.350	1.750	0.053	0.069
A1	0.100	0.250	0.004	0.010
A2	1.350	1.550	0.053	0.061
b	0.200	0.300	0.008	0.012
c	0.170	0.250	0.007	0.010
D	4.700	5.100	0.185	0.200
E	3.800	4.000	0.150	0.157
E1	5.800	6.200	0.228	0.244
e	0.635 (BSC)		0.025 (BSC)	
L	0.400	1.270	0.016	0.050
theta	0°	8°	0°	8°