

ATT7053BU 用户手册

1. 版本修改说明

| 版本号 | 修改记录 |
|------|---|
| V0.1 | 创建初稿 |
| V0.2 | 修改 SPI 通讯章节的说法上的一些笔误 |
| V0.3 | 修改了提供给用户的原理图 芯片框图修改，芯片引脚图增加串口通讯波特率选择位的说明 |

Tel: 021-51035886

Fax: 021-50277833

Email: sales@hitrendtech.com

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

目 录

| | |
|------------------------------------|----|
| 1. 版本修改说明 | 2 |
| 2. 综述 | 6 |
| 3. 整体框图 | 7 |
| 4. 引脚定义 | 7 |
| 4.1. PIN脚封装图 | 7 |
| 4.2. PIN脚功能说明 | 8 |
| 4.3. PIN脚在Reset下的默认状态 | 8 |
| 4.4. I/O口高低电平定义 | 9 |
| 4.5. 电气特性 | 10 |
| 5. ATT7053BU各模块描述 | 11 |
| 5.1. ADC模块 | 11 |
| 5.2. VREF参数说明 | 11 |
| 5.3. 系统电源检测 | 11 |
| 5.4. EMU模块功能说明 | 11 |
| 5.4.1. 采样波形功能 | 11 |
| 5.4.2. 功率、有效值, 频率 | 12 |
| 5.4.3. 电能、快速脉冲 | 12 |
| 5.4.4. EMU状态指示 | 12 |
| 5.4.5. 功率增益校正, 相位校正 | 12 |
| 5.4.6. 电流通道 2 增益校正 | 12 |
| 5.4.7. 有效值Offset, 功率Offset校正 | 12 |
| 5.4.8. 中断输出 | 12 |
| 6. SPI通讯功能 | 13 |
| 6.1. 概述 | 13 |
| 6.2. ATT7053BU的SPI接口说明 | 13 |
| 6.3. ATT7053BU的SPI通讯定义 | 13 |
| 6.4. ATT7053BU的SPI 通讯波形 | 13 |
| 6.5. ATT7053BU的SPI通讯示例 | 14 |
| 6.6. ATT7053BU的SPI通讯错误定义 | 15 |
| 6.7. ATT7053BU的校验和 | 16 |
| 6.8. ATT7053BU的SPI I/O口状态 | 16 |
| 6.9. ATT7053BU的SPI通讯CS一直拉低的方式..... | 16 |
| 7. UART通讯功能..... | 17 |
| 7.1. 概述 | 17 |
| 7.2. UART接口说明 | 17 |
| 7.3. UART接口图示 | 17 |
| 7.4. UART单个字节格式 | 18 |
| 7.5. ATT7053BU串口通讯命令帧格式 | 18 |
| 7.6. ATT7053BU串口通讯写操作格式 | 19 |

| | | |
|---------|--|----|
| 7.7. | ATT7053BU串口通讯读操作格式 | 19 |
| 8. | 寄存器功能 | 21 |
| 8.1. | 计量参数寄存器列表 | 21 |
| 8.2. | 计量参数寄存器说明 | 22 |
| 8.2.1. | ADC波形寄存器 (SPLI1, SPLI2, SPLU) | 22 |
| 8.2.2. | 有效值输出 (I1Rms, I2Rms, URms) | 22 |
| 8.2.3. | 电压频率测量 (UFREQ) | 23 |
| 8.2.4. | 功率参数输出 (PowerP1, PowerQ1, PowerS) | 23 |
| 8.2.5. | 电能参数输出 (EnergyP, EnergyQ, EnergyS) | 24 |
| 8.2.6. | 功率参数输出 (PowerP2, PowerQ2) | 25 |
| 8.2.7. | 数据备份寄存器 (BCKREG) | 25 |
| 8.2.8. | 通讯校验核寄存器 (Ccheck) | 26 |
| 8.2.9. | 参数校验和寄存器 (Scheck) | 26 |
| 8.2.10. | EMU 状态寄存器(EMUSR) | 26 |
| 8.2.11. | 系统状态寄存器 (SYSSTA) | 27 |
| 8.2.12. | 芯片IDCode..... | 27 |
| 8.3. | 校表参数寄存器列表 | 29 |
| 8.4. | 校表参数寄存器说明 | 31 |
| 8.4.1. | 中断使能寄存器 (EMUIE) | 31 |
| 8.4.2. | 中断标志寄存器 (EMUIF) | 31 |
| 8.4.3. | 写保护寄存器 (WPCFG) | 32 |
| 8.4.4. | 软件复位寄存器 (SRSTREG) | 33 |
| 8.4.5. | EMU配置寄存器 (EMUCFG) | 33 |
| 8.4.6. | 时钟配置寄存器 (FreqCFG) | 34 |
| 8.4.7. | 模式控制寄存器 (ModuleEn) | 35 |
| 8.4.8. | ADC开关寄存器 (ANAEN) | 36 |
| 8.4.9. | 输出引脚配置寄存器 (IOCFG) | 36 |
| 8.4.10. | 通道 1 有功功率校正 (GP1) | 37 |
| 8.4.11. | 通道 1 无功功率校正 (GQ1) | 37 |
| 8.4.12. | 通道 1 视在功率校正 (GS1) | 37 |
| 8.4.13. | 通道 2 有功功率校正 (GP2) | 38 |
| 8.4.14. | 通道 2 无功功率校正 (GQ2) | 38 |
| 8.4.15. | 通道 2 视在功率校正 (GS2) | 38 |
| 8.4.16. | 无功相位校正 (QPhsCal) | 39 |
| 8.4.17. | ADC通道增益 (ADCCON) | 39 |
| 8.4.18. | 电流通道 2 增益设置 (I2Gain) | 40 |
| 8.4.19. | 电流通道 1 直流偏置校正寄存器 (I1Off) | 40 |
| 8.4.20. | 电流通道 2 直流偏执校正寄存器 (I2Off) | 41 |
| 8.4.21. | 电压通道直流偏执校正寄存器 (UOff) | 41 |
| 8.4.22. | 潜动与启动 (PQStart) | 41 |
| 8.4.23. | 脉冲频率设置寄存器 (HFConst) | 42 |
| 8.4.24. | 通道间窃电阈值 P 或者IRMS的域值设置 (Chk) | 42 |
| 8.4.25. | 窃电检测阈值 P 或者IRMS的域值设置 (IPTAMP) | 42 |

| | | |
|---------|---------------------------------------|----|
| 8.4.26. | 第一通道小信号有功功率校正 (P1OFFSET) | 43 |
| 8.4.27. | 第二通道小信号有功功率校正 (P2OFFSET) | 43 |
| 8.4.28. | 第一通道小信号无功功率校正 (Q1OFFSET) | 43 |
| 8.4.29. | 第二通道小信号无功功率校正 (Q2OFFSET) | 44 |
| 8.4.30. | 电流通道 1 有效值偏置校正寄存器 (I1RMSOFFSET) | 44 |
| 8.4.31. | 电流通道 2 有效值偏置校正寄存器 (I2RMSOFFSET) | 44 |
| 8.4.32. | 电流过零域值设定寄存器 (ZCrossCurrent)..... | 45 |
| 8.4.33. | PQ方式相位校正寄存器 (GPhs1) | 45 |
| 8.4.34. | PQ方式相位校正寄存器(GPhs2) | 45 |
| 8.4.35. | 快速脉冲计数器 (PFCNT, QFCNT, SFCNT) | 46 |
| 8.5. | 推荐校表过程 | 46 |
| 9. | 应用原理图 | 50 |
| 10. | 封装 | 51 |

2. 综述

ATT7053BU 是一颗带 SPI, UART 通讯接口的单相多功能计量芯片 (EMU)。
芯片的工作电压范围是 4.5 ~ 5.5V。
工作晶振为 6MHz。

Feature:

- 三路 19 bit sigma-delta ADC
- 支持 2000: 1 的动态范围
- 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、视在功率和电能脉冲输出
- 能够同时得到三路 ADC 通道的有效值, 及电压通道的频率
- 支持 SPI 或串口 (UART) 通讯方式
- 中断支持: 过零中断, 采样中断, 电能脉冲中断, 校表中断等
- NORMAL 全速运行时功耗<4.5mA;断相防窃电降频运行模式功耗<2mA
- 电源监测功能: LBOR 功能
- SSOP 24 (ATT7053BU)

3. 整体框图

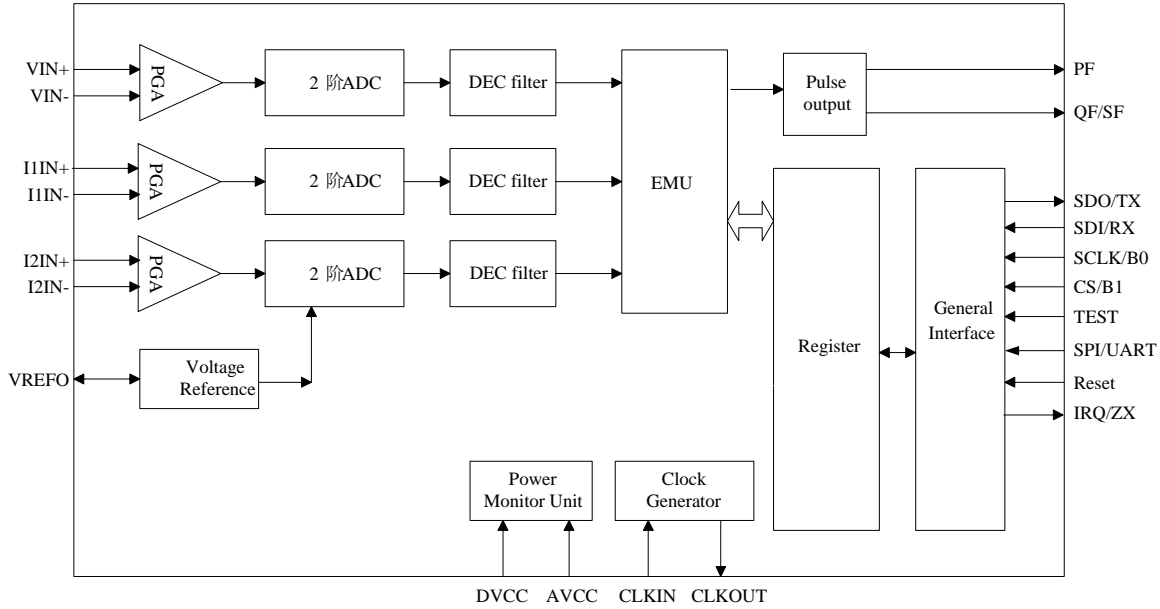
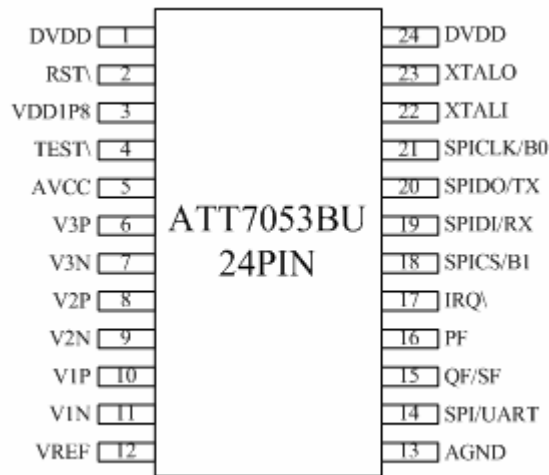


图 2-1 芯片整体框图

4. 引脚定义

4.1. PIN 脚封装图

(1) ssop24, 3 路 ADC+2 路 CF



4.2. PIN 脚功能说明

| ATT7053BU | PIN 名字 | PIN 说明 |
|-----------|-----------|---|
| 1 | DVDD | 数字电源输入: 4.5v~5.5v |
| 2 | RST\ | 芯片复位, 低电平有效, 该引脚默认内部强上拉, 当该引脚出现大于 200us 低电平时, 7053B 复位。 |
| 3 | VDD1P8 | 数字 1.8V 输出, 外部接 0.1uf+1uf 电容 |
| 4 | Test\ | 测试模式引脚; 该引脚默认内部强上拉, 建议该引脚接 DVDD。 |
| 5 | AVCC | 模拟电源输入, 4.5v~5.5v |
| 6 | V3P | 电压输入通道正; (VP-VN) 范围+-700mv 峰值, 共模 0V。 |
| 7 | V3N | 电压输入通道负 |
| 8 | V2P | 电流通道 2 输入正; (VP-VN) 范围+-700mv 峰值, 共模 0V。 |
| 9 | V2N | 电流通道 2 输入负 |
| 10 | V1P | 电流通道 1 输入正; (VP-VN) 范围+-700mv 峰值, 共模 0V。 |
| 11 | V1N | 电流通道 1 输入负 |
| 12 | VREF | ADC 参考电压输出, 典型值 2.5V, 外接 0.1uF 电容 |
| 13 | AGND | 模拟地 |
| 14 | SPI/UART | 默认输入上拉, 高电平表明采用 SPI 通讯方式。当外部输入低电平, 则采用 UART 通讯方式。 |
| 15 | QF/SF | Q 脉冲输出 (默认) /S 脉冲输出 |
| 16 | PF | P 脉冲输出 |
| 17 | IRQ\ | 中断信号输出, 中断产生, 该引脚输出为 “0” |
| 18 | SPICS/B1 | SPI 片选信号, 当通讯方式为 UART 时, 该引脚为波特率选择位 |
| 19 | SPIDI/RX | SPI 数据输入 |
| 20 | SPIDO/TX | SPI 数据输出 |
| 21 | SPICLK/B0 | SPI 时钟信号, 该引脚 Floating, , 当通讯方式为 UART 时, 该引脚为波特率选择位 |
| 22 | XTALI | 晶振 6MHz 输入 |
| 23 | XTALO | 晶振 6MHz 输出 |
| 24 | DGND | 数字地 |

4.3. PIN 脚在 Reset 下的默认状态

| 24PIN | PIN 名字 | Reset |
|-------|--------|------------|
| 1 | DVDD | |
| 2 | RST\ | 输入引脚, 内部上拉 |
| 3 | VDD1P8 | |
| 4 | Test | 输入引脚, 内部上拉 |

| | | |
|----|----------|------------|
| 5 | AVCC | |
| 6 | V3P | |
| 7 | V3N | |
| 8 | V2P | |
| 9 | V2N | |
| 10 | V1P | |
| 11 | V1N | |
| 12 | VREF | |
| 13 | AGND | |
| 14 | SPI/UART | 输入引脚, 内部上拉 |
| 15 | QF/SF | 输出低电平 |
| 16 | PF | 输出低电平 |
| 17 | IRQ\ | 输出高电平 |
| 18 | SPICS | |
| 19 | SPIDI | |
| 20 | SPIDO | 输出高阻态 |
| 21 | SPICLK | Floating |
| 22 | XTALI | |
| 23 | XTALO | |
| 24 | DGND | |

4.4. I/O 口高低电平定义

| Parameter | | Symbol | Min | Type | Max |
|---------------------------|-----------------------------|------------------|--|------|---|
| High-level Input voltage | All Pins Except Reset | V _{IH} | 0.7V _{cc} | | |
| | Reset PIN | V _{IH} | 0.8V _{cc} | | |
| Low level Input Voltage | All Pins | V _{IL} | | | 0.2V _{cc} |
| High level Output voltage | PF,QF/SF | V _{OH} | 0.9V _{cc} (I _{source} >4mA) | | |
| | Other Pins | V _{OH} | 0.9V _{cc} (I _{source} >1mA) | | |
| Low level Output voltage | PF,QF/SF | V _{OL} | | | 0.1V _{cc} (I _{sink} >4mA) |
| | Other Pins | V _{OL} | | | 0.1V _{cc} (I _{sink} >1mA) |
| ESD | V1P,V1N,V2P, V2N,V3P,V3N | V _{esd} | 4KV | | |
| | Other Pins | V _{esd} | 8KV | | |

4.5. 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 | | 0.1% | | | 常温 3000:1 范围 |
| 无功电能测量误差 | | 0.1% | | | 常温 3000:1 范围 |
| 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 | | | | | |
| 最大信号电平 | | | +800 | mV | 客户可用为+-800mv 峰值 |
| 直流输入阻抗 | | 250 | | 千欧 | |
| 信噪比 | | 75 | | dB | |
| 带宽 (-3dB) | | 14 | | KHz | ADC 2MHz |
| | | 7 | | | ADC 1MHz |
| ADC 输出参考电压 | | 2.5 | | V | |
| ADV Vref 温度系数 | | +25 | +50 | PPM | |
| 功耗数据 | | | | | |
| EMU 频率 1M, 默认 ADC 配置 | | 3.02 | 4.5 | mA | 3 路 ADC 全部打开 |
| | | 2.38 | | mA | U, I1 打开 |
| DC 参数 | | | | | |
| 数字电源电压 | 4.5 | 5 | 5.5 | V | |
| 模拟电源电压 | 4.5 | 5 | 5.5 | V | |
| CF 口输出驱动电流 | | 5 | 8 | mA | |
| 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 (I _{source} >4mA) | | | | PF,QF/SF |
| | 0.9Vcc (I _{source} >1mA) | | | | Other Pins |
| 低电平输出电压 | | | 0.1Vcc (I _{sink} >4mA) | | PF,QF/SF |
| | | | 0.1Vcc (I _{sink} >1mA) | | Other Pins |

5. ATT7053BU 各模块描述

5.1. ADC 模块

| 参数名称 | Min | Type | Max | 参数单位 |
|--------|-----|------|-----|---------------------------|
| 满量程 | | 800 | | mv |
| ADC 频率 | | 1 | | MHz |
| 电流通道增益 | | | | 1 倍, 4 倍, 8 倍, 16 倍, 24 倍 |
| 电压通道增益 | | | | 1 倍, 2 倍, 4 倍 |

5.2. VREF 参数说明

| 参数名称 | Min | Type | Max | 参数单位 |
|------|-----|------|-----|------|
| 中心值 | | 2.5 | | V |
| 温度系数 | | 25 | 50 | PPM |

5.3. 系统电源检测

| 参数名称 | Min | Type | Max | 参数单位 |
|------------------------|-----|------|-----|------|
| Detect voltag(failing) | | 4.1 | | V |
| Release volta(Rising) | | 4.2 | | V |

5.4. EMU 模块功能说明

5.4.1. 采样波形功能

支持三通道的 ADC 采样数据输出

5.4.2. 功率、有效值，频率

同时支持三路 ADC 通道有效值计量
同时支持两路计量的有功功率、两路无功功率/视在功率计量
支持电压频率测量

5.4.3. 电能、快速脉冲

支持有功、无功/视在电能脉冲输出
提供有功，无功，视在快速脉冲读/写

5.4.4. EMU 状态指示

能够指示功率反向、潜动

5.4.5. 功率增益校正，相位校正

支持两通道的增益，相位单独校正，PQ 相位校正方式

5.4.6. 电流通道 2 增益校正

由于两通道的外围不可能完全一致，该寄存器使两通道的电流有效值一致

5.4.7. 有效值 Offset，功率 Offset 校正

支持两个电流通道的有效值 offset 校正
支持两路计量的有功、无功功率 offset 校正
视在功率的 offset 在有效值 offset 补偿后，不需要单独补偿

5.4.8. 中断输出

支持将中断标志通过 IRQ 引脚输出

6. SPI 通讯功能

6.1. 概述

SPI 接口定义与标准的 SPI 接口相同，同时接口的通讯时钟 SCLK 最高为 500K。

6.2. ATT7053BU 的 SPI 接口说明

- (1) SPI/UART: 选择引脚通讯模式。0: 选择 UART 功能 1: 选择 SPI 功能
- (2) SPIDI (RX): SPI 模式下, ATT7053BU 的串行数据接收引脚。
- (3) SPIDO (TX): SPI 模式下, ATT7053BU 的串行数据发送引脚。
- (4) SPICLK (B0): SPI 模式下, ATT7053BU 的串行时钟引脚, 决定数据移出或者移入 SPI 口的传输速度, 上升沿放数据, 下降沿取数据。SCLK 上升沿时将 ATT7053BU 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 ATT7053BU 中。
- (5) SPICS (B1): SPI 模式下, 作为 ATT7053BU 的片选信号, 低电平有效。用户可以通过 SPICS 引脚的高低来启动 / 终止一次 SPI 传输, 也可以在 SPICS 一直拉低的情况下, 按照固定的 8bit 通讯地址, 24bit 通讯数据这样的通讯帧方式来判断寄存器的写入 / 读出完成。

6.3. ATT7053BU 的 SPI 通讯定义

- (1) 固定长度的数据传输 (一共 4 个字节), 即每次数据通讯都是 1 个字节命令和 3 个字节的数据。
- (2) 通讯中从机输出是以 SCK 上升沿输出数据, 从机输入是从 SCK 下降沿采样数据, MSB 在前, LSB 在后。
- (3) 命令寄存器的接收会清 0 内部的 SPI 数据传输的数据寄存器。
- (4) SPI 通讯的帧结构:
 - 命令寄存器: 读写位+7 位要访问的寄存器地址 (接收主机的命令)
 - 数据寄存器: 3 字节 (24bit) (接收主机送来的数据)

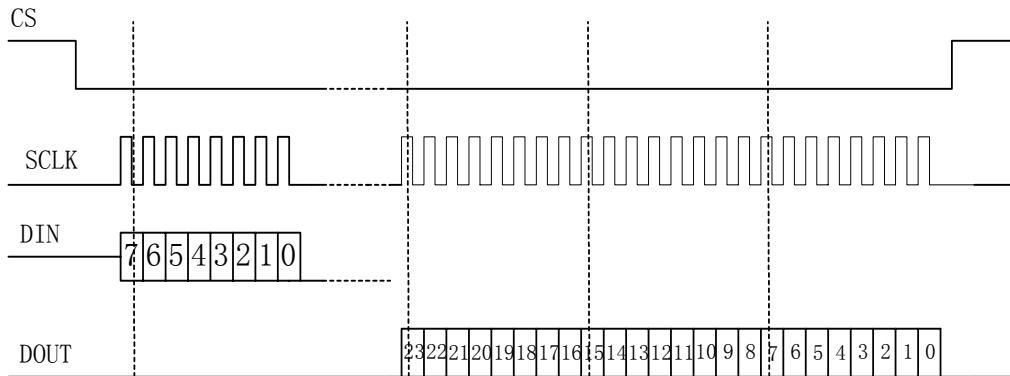
6.4. ATT7053BU 的 SPI 通讯波形

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。

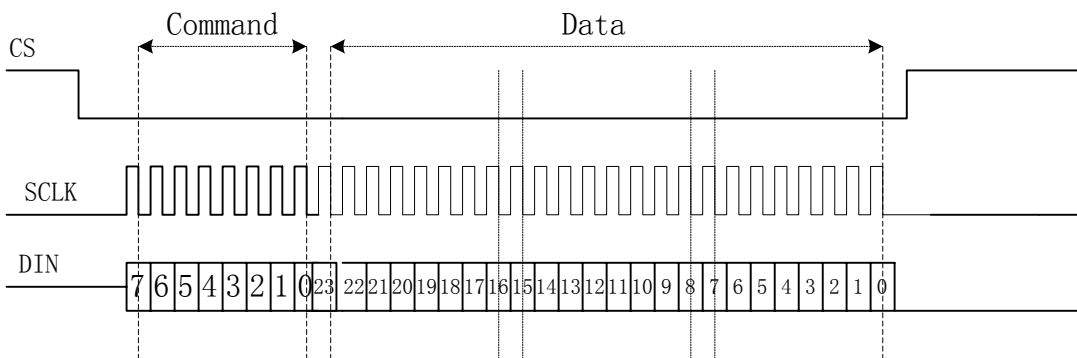
DIN: 串行数据输入 (INPUT), 用于把数据传输到 ATT7053BU 中。

DOUT: 串行数据输出 (OUTPUT), 用于从 ATT7053BU 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 ATT7053BU 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 ATT7053BU 中。



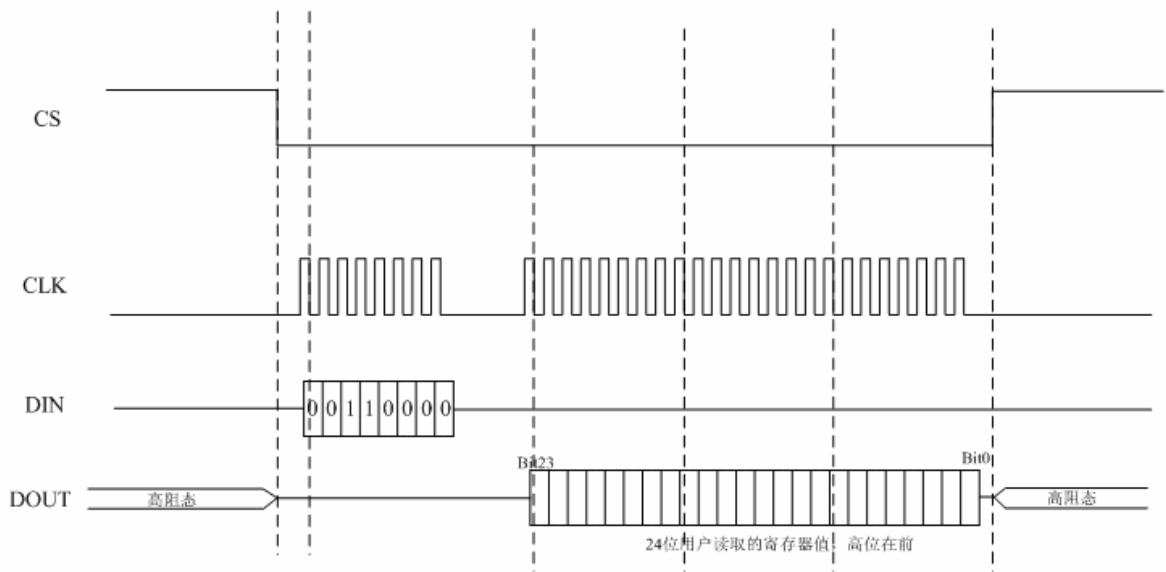
读操作时序



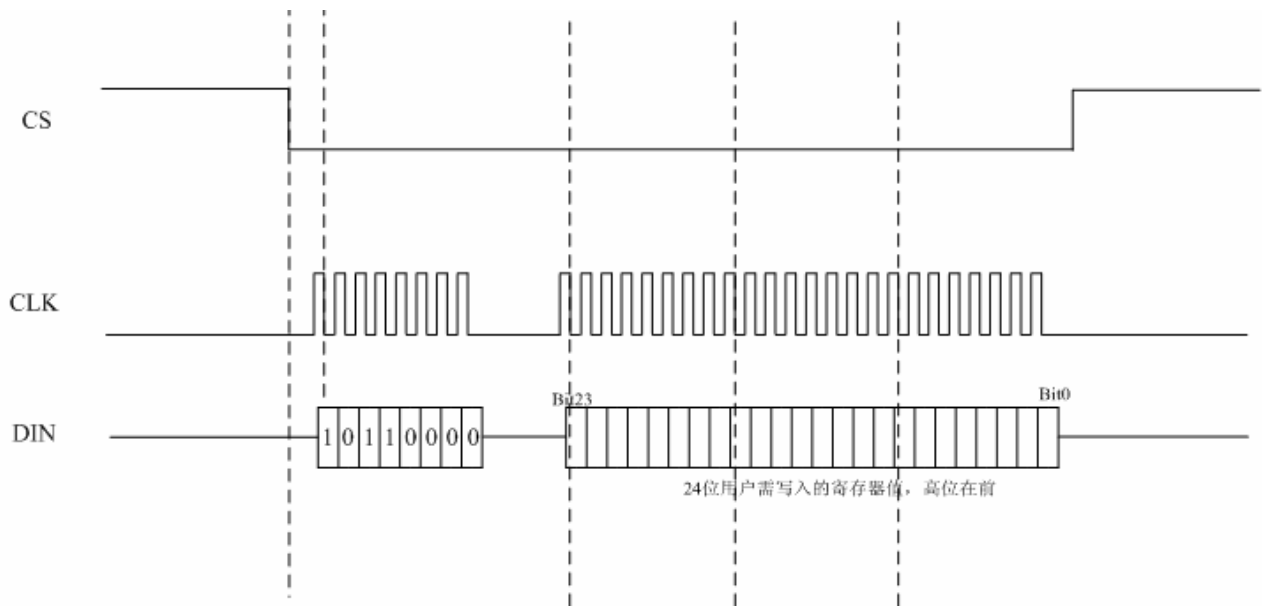
写操作时序

6.5. ATT7053BU 的 SPI 通讯示例

读寄存器则该命令寄存器读写位为 0，写寄存器则该命令寄存器读写位为 1，举例子说明：
若用户希望读取寄存器 EMUIE(30H)则应该发送数据如下：



若用户希望写寄存器 EMUIE(30H)则应该发送数据如下:



6.6. ATT7053BU 的 SPI 通讯错误定义

- (1) 如果在通讯过程中发生 CS 信号拉高的情况，则会给出相应的错误标志，同时置位 SPIWrongIE，并通过 IRQ 放出。
- (2) 如果用户写入小于 24 字节的数据，则操作无效，给出错误标志。
- (3) SPI 数据传输以 8bit (1 个字节) 为单位，所以在 SPI 数据传输的时候，一旦用户只写入 1 字节+4bit 的数据后就将 CS 拉起来则会造成写入失败同时给出错误标志。如果用户只给出 1 字节+4bit 的时钟想要读取寄存器数据，也会造成读取失败，同时给出错误标志。
- (4) 所有的错误标志均可产生 IRQ 给出中断信号通知主机，中断是否由 IRQ 引脚发出可以由寄存器使

能控制，同时该次错误不会影响到下一次的数据传输。

6.7. ATT7053BU 的校验和

- (1) BCKREG: 会保存上一次 SPI 通讯的 BUFF 数据的值 (该寄存器为了保证 SPI 通讯的准确性)。
- (2) ComChecksum: 对 SPI 传输数据帧校验和寄存器的读取会导致该校验和寄存器的重新计算，每次 SPI 通讯的命令和数据都被累加放入 ComChecksum 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。(该寄存器为了保证 SPI 通讯的准确性)。
- (3) BCKREG 与 ComChecksum 通讯校验寄存器在用户使用的时候任选其一即可。
- (4) SumChecksum: 将所有的校表寄存器做累加，累加后的结果放入一个 3 字节的参数和寄存器，参数和寄存器固定时间更新，这样用户可以通过查询这个寄存器的数据是否改变来判断是否出错。

6.8. ATT7053BU 的 SPI I/O 口状态

- (1) 对于 SPI 口的状态，对于只做为从机的 ATT7053BU 而言，正常模式，当 ATT7053BU 未被选中的时候，输出口 SPIDO 为高阻态，输入口 SPIDI 为输入状态。
- (2) 在芯片 Reset 和进入 Sleep 模式的时候，输出口 SPIDO 为高阻态，输入口 SPIDI, SPICLK, SPICSCS 为输入状态。

6.9. ATT7053BU 的 SPI 通讯 CS 一直拉低的方式

CS 一直拉低的通讯方式和 CS 拉高拉低的通讯方式时序上是相同的。

7. UART 通讯功能

7.1. 概述

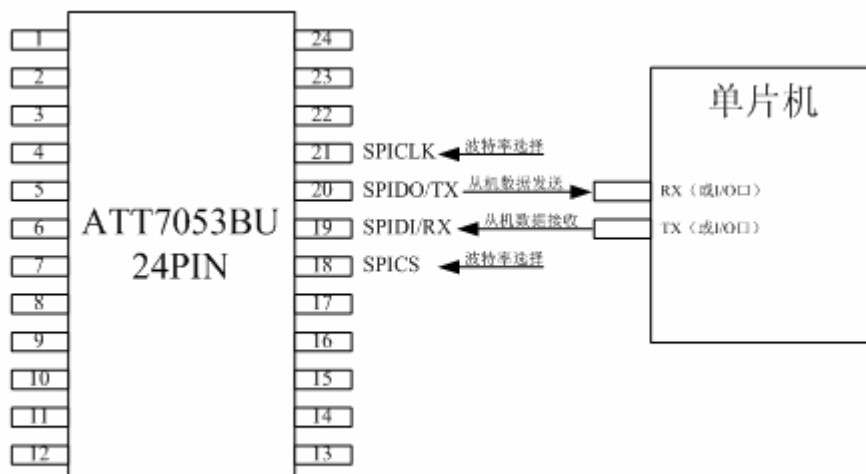
- (1) 工作在从模式，半双工通讯，9 位 UART（含偶校验位），符合标准 UART 协议。
- (2) 通过硬件管脚配置波特率：1200/2400/9600/38400 四档可以选择
- (3) 帧结构包含校验字节和 ACK 反馈字节

7.2. UART 接口说明

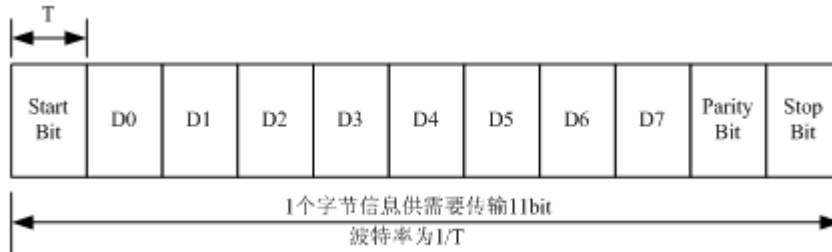
- (1) SPI/UART：选择引脚通讯模式。0：选择 UART 功能 1：选择 SPI 功能
- (2) SPIDI (RX)：UART 模式下，ATT7053BU 的数据接收引脚。
- (3) SPIDO (TX)：UART 模式下，ATT7053BU 的数据发送引脚。
- (4) SPICLK (B0)，SPICS (B1)：UART 模式下，波特率配置引脚。

| B1 | B0 | 波特率 |
|----|----|-------|
| 0 | 0 | 1200 |
| 0 | 1 | 2400 |
| 1 | 0 | 9600 |
| 1 | 1 | 38400 |

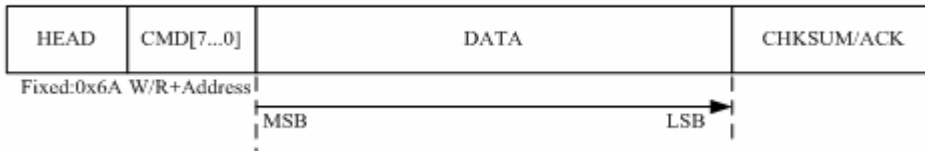
7.3. UART 接口图示



7.4. UART 单个字节格式

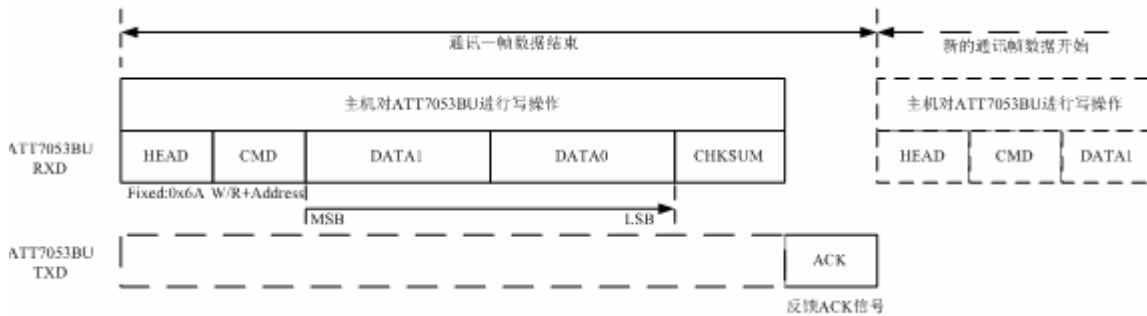


7.5. ATT7053BU 串口通讯命令帧格式



| 名称 | 解释 |
|--------------|---|
| HEAD | 传输字节帧头，固定为 0x6A |
| 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 ATT7053BU 寄存器地址 |
| DATA[23...0] | 数据字节，读操作由从机端（ATT7053BU）发送，写操作由主机端发送。 读寄存器为固定 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（H1010）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，如果不一致则 ACK 为 0x63 |

7.6. ATT7053BU 串口通讯写操作格式



| 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 字节固定长度传输 | 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 ATT7053BU 寄存器，同时会给出 ACK 信号。如果校验和一致则 ACK 为 0x54，如果不一致则 ACK 为 0x63 |
| 字节传输顺序 | 对于双字节的寄存器，数据帧写入时，高位在前，低位在后。 对于单字节的寄存器，数据帧写入时，高位补 0，低位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：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，同时返回相应的 ACK 信号 (0x63)。 |

7.7. ATT7053BU 串口通讯读操作格式



| 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 字节固定长度传输 | 每一个读操作数据帧都是 6 个字节固定长度, 从机接收到命令后返回 4 个字节表明该读操作结束, 这 4 个字节包含 3 个寄存器数据字节和 1 个校验和字节。 |
| 字节传输顺序 | 对于多字节的寄存器, 数据帧输出时, 高位在前, 低位在后。对于不足 3 个字节的寄存器, ATT7053BU 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。 错误二: 从机在寄存器校验和 CHECKSUM 比对错误 |

8. 寄存器功能

8.1. 计量参数寄存器列表

| 地址 | 名称 | 字节长度 | 功能描述 |
|-----|-------------|------|----------------------|
| 00H | Spl_I1 | 3 | 电流通道 1 的 ADC 采样数据 |
| 01H | Spl_I2 | 3 | 电流通道 2 的 ADC 采样数据 |
| 02H | Spl_U | 3 | 电压通道的 ADC 采样数据 |
| 06H | Rms_I1 | 3 | 电流通道 1 的有效值 |
| 07H | Rms_I2 | 3 | 电流通道 2 的有效值 |
| 08H | Rms_U | 3 | 电压通道的有效值 |
| 09H | Freq_U | 2 | 电压频率 |
| 0AH | PowerP1 | 3 | 第一通道有功功率 |
| 0BH | PowerQ1 | 3 | 第一通道无功功率 |
| 0CH | Power_S | 3 | 视在功率 |
| 0DH | Energy_P | 3 | 有功能量 |
| 0EH | Energy_Q | 3 | 无功能量 |
| 0FH | Energy_S | 3 | 视在能量 |
| 10H | PowerP2 | 3 | 第二通道有功功率 |
| 11H | PowerQ2 | 3 | 第二通道无功功率 |
| 16H | BackupData | 3 | 通讯数据备份寄存器 |
| 17H | COMChecksum | 2 | 通讯校验和寄存器 |
| 18H | SUMChecksum | 3 | 校表参数校验和寄存器 |
| 19H | EMUSR | 1 | EMU 状态寄存器 |
| 1AH | SYSSTA | 1 | 系统状态寄存器 |
| 1BH | IDCode | 3 | 芯片 ID, 默认值 ATT7053B0 |

表 6-1 计量参数寄存器列表(Read Only)

8.2. 计量参数寄存器说明

8.2.1. ADC 波形寄存器 (SPLI1, SPLI2, SPLU)

| Current 1 wave Register (SPLI1) | | | | Address: 00H | | | |
|---------------------------------|---------|---------|---------|------------------|--------|--------|--------|
| | Bit18 | 17 | 16 | 15 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | SPLI118 | SPLI117 | SPLI116 | SPLI115...SPLI13 | SPLI12 | SPLI11 | SPLI10 |
| Write: | X | X | X | X | X | X | X |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Current 2 wave Register (SPLI2) | | | | Address: 01H | | | |
|---------------------------------|---------|---------|---------|------------------|--------|--------|--------|
| | Bit18 | 17 | 16 | 15 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | SPLI218 | SPLI217 | SPLI216 | SPLI215...SPLI23 | SPLI22 | SPLI21 | SPLI20 |
| Write: | X | X | X | X | X | X | X |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Voltage wave Register (SPLU) | | | | Address: 02H | | | |
|------------------------------|--------|--------|--------|----------------|-------|-------|-------|
| | Bit18 | 17 | 16 | 15 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | SPLU18 | SPLU17 | SPLU16 | SPLU15...SPLU3 | SPLU2 | SPLU1 | SPLU0 |
| Write: | X | X | X | X | X | X | X |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

波形寄存器的更新速度由时钟配置寄存器 *FreqCFG*. [2: 0] 的 3 个 bit 控制, 此 3 个寄存器有效位数为 19 位, bit18 为符号位, 同时该符号位扩展到 24 位, 也就是说 SPI 口读出的数据位中 bit18—bit23 都是符号位。

8.2.2. 有效值输出 (I1Rms, I2Rms, URms)

| Current 1 Rms Register (I1Rms) | | | | Address: 06H | | | |
|--------------------------------|-------|-------|-------|--------------|------|------|------|
| | Bit23 | 22 | 21 | 20 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | I1S23 | I1S22 | I1S21 | I1S20...I1S3 | I1S2 | I1S1 | I1S0 |
| Write: | X | X | X | X | X | X | X |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Current 2 Rms Register (I2Rms) | | | | Address: 07H | | | |
|--------------------------------|-------|-------|-------|--------------|------|------|------|
| | Bit23 | 22 | 21 | 20 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | I2S23 | I2S22 | I2S21 | I2S20...I2S3 | I2S2 | I2S1 | I2S0 |

| | | | | | | | |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|
| Write: | X | X | X | X | X | X | X |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Voltage Rms Register (Urms) | | | | Address: 08H | | | |
|-----------------------------|-------|------|------|--------------|-----|-----|------|
| | Bit23 | 22 | 21 | 20 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | US23 | US22 | US21 | US20...US3 | US2 | US1 | US0 |
| Write: | X | X | X | X | X | X | X |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

有效值 Rms 是 24 位的无符号数, 最高位恒为 0。参数更新频率为 1.9Hz (EMU 时钟频率为 1M)

8.2.3. 电压频率测量 (UFREQ)

| Voltage Frequency Register (UFREQ) | | | | Address: 09H | | | |
|------------------------------------|---------|---------|---------|------------------|--------|--------|--------|
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | Ufreq15 | Ufreq14 | Ufreq13 | Ufreq12...Ufreq3 | Ufreq2 | Ufreq1 | Ufreq0 |
| Write: | X | X | X | X | X | X | X |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

频率值是一个 16 位的无符号数, 参数格式化公式为:

$$Frequency = CLKIN / 6 / 2 / UFREQ$$

例如, 如果系统时钟选择 CLKIN = 6MHz, EMU 时钟选择为 1M, 寄存器 UFREQ = 10000, 那么测量到的实际频率为: $Frequency = 6M / 6 / 2 / 10000 = 50Hz$ 。

8.2.4. 功率参数输出 (PowerP1, PowerQ1, PowerS)

| Active Power Register (PowerP1) | | | | Address: 0AH | | | |
|---------------------------------|-------|------|------|--------------|-----|-----|------|
| | Bit23 | 22 | 21 | 20 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | AP31 | AP30 | AP29 | AP28...AP3 | AP2 | AP1 | AP0 |
| Write: | X | X | X | X | X | X | X |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Reactive Power Register (PowerQ1) | | | | Address: 0BH | | | |
|-----------------------------------|-------|------|------|--------------|-----|-----|------|
| | Bit23 | 22 | 21 | 20 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | RP31 | RP30 | RP29 | RP28...RP3 | RP2 | RP1 | RP0 |
| Write: | X | X | X | X | X | X | X |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Apparent Power Register (PowerS) | | | | Address: 0CH | | | |
|----------------------------------|--|--|--|--------------|--|--|--|
|----------------------------------|--|--|--|--------------|--|--|--|

| | Bit23 | 22 | 21 | 20 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
|--------|-------|------|------|------------|-----|-----|------|
| Read: | SP31 | SP30 | SP29 | SP28...SP3 | SP2 | SP1 | SP0 |
| Write: | X | X | X | X | X | X | X |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

功率都为 32 位二进制补码格式, 最高位为符号位, 参数更新频率为 1.9Hz (EMU 时钟频率为 1M)

第一路功率参数 PowerP1、PowerQ1 是二进制补码格式, 24 位数据, 其中最高位是符号位。

PowerS 根据用户的选择的通道, 输出第一路或者第二路的视在功率。

设寄存器中的数据为 PowerP1, 则供计算用的 Preg 为:

$Preg = PowerP1$; 如果 $PowerP1 < 2^{23}$

$Preg = PowerP1 - 2^{24}$; 如果 $PowerP1 \geq 2^{23}$

设显示的有功功率为 P, 转换系数为 Kpqs, 则:

$P = Preg \times Kpqs$

Kpqs 为额定有功功率功率输入时, 额定功率与 PowerP1 读数的比值。

无功功率和视在功率做显示时的系数与有功功率的系数 Kpqs 相同。

例:

输入 1000w 有功功率, PowerP1 读数平均为 0x00C9D9(51673), 则

$Kpqs = 1000/51673 = 0.01935$

当 PowerP1 读数为 0xFF4534 时, 其代表的功率值为:

$P = Kpqs * Preg = 0.01935 * (-47820) = -925.3 w$

其中 $Preg = PowerP1 - 2^{24} = -47820$

8.2.5. 电能参数输出 (EnergyP, EnergyQ, EnergyS)

| Active Energy Register (EnergyP) | | | | Address: 0DH | | | |
|----------------------------------|-------|------|------|--------------|-----|-----|------|
| | Bit23 | 22 | 21 | 20 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | EP23 | EP22 | EP21 | EP20...EP3 | EP2 | EP1 | EP0 |
| Write: | X | X | X | X | X | X | X |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

该能量累加寄存器默认配置为读后不清 0, 可以通过寄存器 EMUCFG.13(EnergyClr)将该寄存器配置为读后清 0 型, 该寄存器的最小单位代表的能量为 1/EC kWh。

| Reactive Energy (EnergyQ) | | | | Address: 0EH | | | |
|---------------------------|-------|------|------|--------------|-----|-----|------|
| | Bit23 | 22 | 21 | 20 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | EQ23 | EQ22 | EQ21 | EQ20...EQ3 | EQ2 | EQ1 | EQ0 |
| Write: | X | X | X | X | X | X | X |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

该能量累加寄存器默认配置为读后不清 0, 可以通过寄存器 EMUCFG.13(EnergyClr)将该寄存器配置为读后清 0 型, 该寄存器的最小单位代表的能量为 1/EC kWh。

| Apparent Energy (EnergyS) | | | | Address: 0FH | | | |
|---------------------------|-------|------|------|---------------------|-----|-----|------|
| | Bit23 | 22 | 21 | 20 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | ES23 | ES22 | ES21 | ES20...ES3 | ES2 | ES1 | ES0 |
| Write: | X | X | X | X | X | X | X |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

该能量累加寄存器默认配置为读后不清0，该寄存器的最小单位代表的能量为1/EC kWh。

能量寄存器默认读后不清零，也可修改EnergyClr=1，使能量寄存器读后清零。

例：脉冲常数为3200imp/kWh，寄存器读数为0x001000（4096）时，其代表的能量为

$$E = 4096 / 3200 = 1.28 \text{ kWh}$$

8.2.6. 功率参数输出 (PowerP2, PowerQ2)

| Active Power Register (PowerP2) | | | | Address: 10H | | | |
|---------------------------------|-------|------|------|---------------------|-----|-----|------|
| | Bit23 | 22 | 21 | 20 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | AP31 | AP30 | AP29 | AP28...AP3 | AP2 | AP1 | AP0 |
| Write: | X | X | X | X | X | X | X |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Reactive Power Register (PowerQ2) | | | | Address: 11H | | | |
|-----------------------------------|-------|------|------|---------------------|-----|-----|------|
| | Bit23 | 22 | 21 | 20 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | RP31 | RP30 | RP29 | RP28...RP3 | RP2 | RP1 | RP0 |
| Write: | X | X | X | X | X | X | X |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

8.2.7. 数据备份寄存器 (BCKREG)

| BackupData Register (BCKREG) | | | | Address: 16H | | | |
|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|----------|----------|----------|
| | Bit23 | 22 | 21 | 20...3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | BCKData23 | BCKData22 | BCKData21 | BCKData20....BCKData3 | BCKData2 | BCKData1 | BCKData0 |
| Write: | X | X | X | X | X | X | X |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

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

8.2.8. 通讯校验核寄存器 (Ccheck)

| ComChecksum Register (Ccheck) | | Address: 17H | | | | | |
|-------------------------------|----------|--------------|-----------|------------------------|----------|----------|----------|
| | Bit23 | 22 | 21 | 20...3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | Ccheck23 | Ccheck 22 | Ccheck 21 | Ccheck20..... Ccheck 3 | Ccheck 2 | Ccheck 1 | Ccheck 0 |
| Write: | X | X | X | X | X | X | X |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

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 ComChecksum 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。

8.2.9. 参数校验和寄存器 (Scheck)

| SumChecksum Register (Scheck) | | Address: 18H | | | | | |
|-------------------------------|----------|--------------|----------|-----------------------|---------|---------|---------|
| | Bit23 | 22 | 21 | 20...3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | Scheck23 | Scheck22 | Scheck21 | Scheck20..... Scheck3 | Scheck2 | Scheck1 | Scheck0 |
| Write: | X | X | X | X | X | X | X |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

参数和校验寄存器为所有校表参数寄存器的和, 40H---6EH, 其中连续地址中没有分配寄存器的部分不计算之内。Default 值为 0x0100BD。

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。

8.2.10. EMU 状态寄存器(EMUSR)

| EMU Status Register (EMUSR) | | Address: 19H | | | | | | |
|-----------------------------|--------------|--------------|------------|---|-------|-------|------|------|
| | Bit7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | Chanelstatus | TAMP | I2PPXGTI1P | | NoQLd | NoPLd | REVQ | REVP |
| Write: | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位名称 | 描述 |
|--------------|--|
| Chanelstatus | 计量通道选择标志 (0: 使用电流通道 1 计量 1: 使用电流通道 2 计量) |
| TAMP | 窃电发生标志 |
| I2PPXGTI1P | 第二通道有效值 (功率) 大于第一通道有效值 (功率) 标志 |
| NOQLD | 用户选择的计量通道的无功功率潜动标志 |
| NOPLD | 用户选择的计量通道的有功功率潜动标志 |
| REVP | 有功功率反向标志, PF 发脉冲时更新 |
| REVQ | 无功功率反向标志, QF 发脉冲时更新 |

TAMP 窃电指示标志说明:

如果选择有效值做为防窃电的判断依据 ($tampsel=0$): 当 $I1Rms > I2Rms * (1 + IChk)$ 或者 $I2Rms > I1Rms * (1 + IChk)$ 时, 这个标志起作用。

如果选择有功功率 ($PowerP$) 做为防窃电的判断依据 ($tampsel=1$): 当 $|PowerP| > |PowerP1| * (1 + IChk)$ 或者 $|PowerP1| > |PowerP| * (1 + IChk)$ 时, 这个标志起作用。

$=0$ 表示未发生窃电, $I1Rms$ 与 $I2Rms$ 相差不到设定的 $IChk$ 范围或者 $|PowerP|$ 和 $|PowerPPX|$ 相差不超过 $Ichk$ 范围。

I2PPXGTIIP 说明:

如果选择有效值做为防窃电的判断依据 ($tampsel=0$):

$=1$ 表示 $I2Rms > I1Rms$; $=0$ 表示 $I2Rms \leq I1Rms$ 。

如果选择有功功率 ($|PowerP|$) 的绝对值做为防窃电的判断依据 ($tampsel=1$):

$=1$ 表示 $|PowerPPX| > |PowerP|$; $=0$ 表示 $|PowerPPX| \leq |PowerP|$ 。

8.2.11. 系统状态寄存器 (SYSSTA)

| System status Register (SYSSTA) | | | | Address: 1AH | | | | |
|---------------------------------|------|---|---|--------------|----------|-------|------|------|
| | Bit7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | | | | | TEST_RST | E_RST | LBOR | WREN |
| Write: | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

| 位名称 | 描述 |
|----------|-----------------------------------|
| TEST_RST | TEST 引脚变化导致芯片发生复位, 则该标志置位, 读后清 0 |
| E_RST | RESET 引脚变化导致芯片发生复位, 则该标志置位, 读后清 0 |
| LBOR | 系统电源掉落引起芯片发生复位, 则该标志置位, 读后清 0 |
| WREN | 写使能标志 (0: 表示写使能关闭 1: 表示写使能打开) |

注意:

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。

8.2.12. 芯片 IDCode

| IDCode | | Address: 1BH | | | | | | |
|--------|--------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Bit23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | Bit16 |
| Read: | Code23 | Code22 | Code21 | Code20 | Code19 | Code18 | Code17 | Code16 |

| | | | | | | | | |
|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Write: | | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | |
|---------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | Bit8 |
| Read: | Code15 | Code14 | Code13 | Code12 | Code11 | Code10 | Code9 | Code8 |
| Write: | | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |

| | | | | | | | | |
|---------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| | Bit7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | Code7 | Code6 | Code5 | Code4 | Code3 | Code2 | Code1 | Code0 |
| Write: | | | | | | | | |
| Reset: | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

寄存器默认值为 HEX 数据: ATT7053B0

8.3. 校表参数寄存器列表

| 地址 (ECADR) | 名称 | 复位值 | 字节 长度 | 功能描述 |
|---------------|----------|------|----------|----------------------------|
| 30H | EMUIE | 0000 | 2(15bit) | EMU 中断使能寄存器 |
| 31H | EMUIF | 8000 | 2(16bit) | EMU 中断标志寄存器 |
| 32H | WPREG | 00 | 1(8bit) | 写保护寄存器 |
| 33H | SRSTREG | 00 | 1(8bit) | 软件复位寄存器 |
| | | | | |
| 40H | EMUCFG | 0000 | 2(15bit) | EMU 配置寄存器 |
| 41H | FreqCFG | 0088 | 2(9bit) | 时钟/更新频率配置寄存器 |
| 42H | ModuleEn | 007E | 2(14bit) | EMU 模块使能寄存器 |
| 43H | ANAEN | 0003 | 1(7bit) | ADC 开关寄存器 |
| 44H | | | | |
| 45H | IOCFG | 0000 | 2(10bit) | IO 输出配置寄存器 |
| | | | | |
| 50H | GP1 | 0000 | 2(16bit) | 通道 1 的有功功率校正 |
| 51H | GQ1 | 0000 | 2(16bit) | 通道 1 的无功功率校正 |
| 52H | GS1 | 0000 | 2(16bit) | 通道 1 的视在功率校正 |
| 53H | | | | |
| 54H | GP2 | 0000 | 2(16bit) | 通道 2 的有功功率校正 |
| 55H | GQ2 | 0000 | 2(16bit) | 通道 2 的无功功率校正 |
| 56H | GS2 | 0000 | 2(16bit) | 通道 2 的视在功率校正 |
| 57H | | | | |
| 58H | QPhsCal | FF00 | 2(16bit) | 无功相位补偿 |
| 59H | ADCCON | 0000 | 2(12bit) | ADC 通道增益选择 |
| 5AH | | | | |
| 5BH | I2Gain | 0000 | 2(16bit) | 电流通道 2 增益补偿 |
| 5CH | I1Off | 0000 | 2(16bit) | 电流通道 1 的偏置校正 |
| 5DH | I2Off | 0000 | 2(16bit) | 电流通道 2 的偏置校正 |
| 5EH | UOff | 0000 | 2(16bit) | 电压通道的偏置校正 |
| 5FH | PQStart | 0040 | 2(16bit) | 起动功率设置 |
| 60H | | | | |
| 61H | HFCnst | 0040 | 2(15bit) | 输出脉冲频率设置 |
| 62H | CHK | 0010 | 1(8bit) | 窃电阈值设置 |
| 63H | IPTAMP | 0020 | 2(16bit) | 窃电检测电流量值 |
| 64H | | | | |
| 65H | P1OFFSET | 00 | 1(8bit) | 通道 1 有功功率偏执校正参数, 为 8bit 补码 |

| | | | | |
|-----|---------------|------|----------|----------------------------|
| 66H | P2OFFSET | 00 | 1(8bit) | 通道 2 有功功率偏执校正参数, 为 8bit 补码 |
| 67H | Q1OFFSET | 00 | 1(8bit) | 通道 1 无功功率偏执校正参数, 为 8bit 补码 |
| 68H | Q2OFFSET | 00 | 1(8bit) | 通道 2 无功功率偏执校正参数, 为 8bit 补码 |
| 69H | I1RMSOFFSET | 00 | 1(8bit) | 通道 1 有效值补偿寄存器, 为 8bit 无符号数 |
| 6AH | I2RMSOFFSET | 00 | 1(8bit) | 通道 2 有效值补偿寄存器, 为 8bit 无符号数 |
| 6BH | | | | |
| 6CH | ZCrossCurrent | 0004 | 2(16bit) | 电流过零阈值设置寄存器 |
| 6DH | GPhs1 | 0000 | 2(16bit) | 通道 1 的相位校正 (PQ 方式) |
| 6EH | GPhs2 | 0000 | 2(16bit) | 通道 2 的相位校正 (PQ 方式) |
| 6FH | PFCnt | 0000 | 2(16bit) | 快速有功脉冲计数 |
| 70H | QFCnt | 0000 | 2(16bit) | 快速无功脉冲计数 |
| 71H | SFCnt | 0000 | 2(16bit) | 快速视在脉冲计数 |

表 6-2 校表参数寄存器列表: (Read/Write)

8.4. 校表参数寄存器说明

8.4.1. 中断使能寄存器 (EMUIE)

| EMU Interrupt Enable Register (EMUIE) | | | | Address: 30H | | | | |
|---------------------------------------|-------|------------|------------|--------------|-------------------|--------|--------|--------|
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | Bit8 |
| Read: | | CZCROS2_IE | CZCROS1_IE | | PRms UpdatesIE | PEOFIE | QEOFIE | SEOFIE |
| Write: | | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | Bit7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Bit0 |
|--------|------|--------|------|------|------|-------|------|-----------|
| Read: | | TampIE | PFIE | QFIE | SFIE | SPLIE | ZXIE | SPIWrngIE |
| Write: | | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位名称 | 描述 |
|----------------|-----------------------------------|
| CZCROS2_IE | 使能电流通道 2 过零中断 (0: 禁止 1: 使能) |
| CZCROS1_IE | 使能电流通道 1 过零中断 (0: 禁止 1: 使能) |
| PRms_UpdatesIE | 功率寄存器, 有效值寄存器更新中断使能 (0: 禁止 1: 使能) |
| PEOFIE | 使能有功电能寄存器溢出时的中断 (0: 禁止 1: 使能) |
| QEOFIE | 使能无功电能寄存器溢出时的中断 (0: 禁止 1: 使能) |
| SEOFIE | 使能视在电能寄存器溢出时的中断 (0: 禁止 1: 使能) |
| TampIE | 使能窃电中断 (0: 禁止 1: 使能) |
| PFIE | 使能 PF 发脉冲时的中断 (0: 禁止 1: 使能) |
| QFIE | 使能 QF 发脉冲时的中断 (0: 禁止 1: 使能) |
| SFIE | 使能 SF 发脉冲时的中断 (0: 禁止 1: 使能) |
| SPLIE | 使能波形寄存器更新时的中断 (0: 禁止 1: 使能) |
| ZXIE | 使能电压发生用户指定的过零方式时的中断 (0: 禁止 1: 使能) |
| SPIWrngIE | SPI 通讯错误中断使能 |

8.4.2. 中断标志寄存器 (EMUIF)

| EMU Interrupt Flag Register (EMUIF) | | | | Address: 31H | | | | |
|-------------------------------------|-------|------------|------------|--------------|-------------------|--------|--------|--------|
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | Bit8 |
| Read: | RSTIF | CZCROS2_IF | CZCROS1_IF | | PRms UpdatesIF | PEOFIF | QEOFIF | SEOFIF |
| Write: | | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | Bit7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Bit0 |
|--------|------|--------|------|------|------|-------|------|------------|
| Read: | | TampIF | PFIF | QFIF | SFIF | SPLIF | ZXIF | SPIWrongIF |
| Write: | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位名称 | 描述 |
|----------------|------------------------------|
| RSTIF | 芯片发生复位时, 该标志置位, 读后清 0 |
| CZCROS2_IF | 电流通道 2 正向过零中断标志, 读后清 0 |
| CZCROS1_IF | 电流通道 1 正向过零中断标志, 读后清 0 |
| PRms_UpdatesIE | 功率寄存器, 有效值寄存器更新中断标志, 读后清 0 |
| PEOFIF | 有功电能寄存器溢出时, 该标志置位, 读后清 0 |
| QEOFIF | 无功电能寄存器溢出时, 该标志置位, 读后清 0 |
| SEOFIF | 视在电能寄存器溢出时, 该标志置位, 读后清 0 |
| TampIF | 窃电发生时, 该标志置位, 读后清 0 |
| PFIF | PF 发脉冲时, 该标志置位, 读后清 0 |
| QFIF | QF 发脉冲时, 该标志置位, 读后清 0 |
| SFIF | SF 发脉冲时, 该标志置位, 读后清 0 |
| SPLIF | 波形寄存器更新时, 该标志置位, 读后清 0 |
| ZXIF | 电压发生用户指定的过零方式时, 该标志置位, 读后清 0 |
| SPIWrongIF | SPI 通讯错误中断标志信号, 读后清 0 |

8.4.3. 写保护寄存器 (WPCFG)

| Written protect Register (WPCFG) | | Address: 32H | | | | | | |
|----------------------------------|---------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Bit7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | WPCFG7* | WPCFG6 | WPCFG5 | WPCFG4 | WPCFG3 | WPCFG2 | WPCFG1 | WPCFG0 |
| Write: | | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

WPCFG = 0xA6: 表示写保护打开, 只能操作 50H 到 71H 的校表参数寄存器, 不可操作 40H 到 45H 的校表参数寄存器。

WPCFG = 0xBC: 表示写保护打开, 只能操作 40H 到 45H 的校表参数寄存器, 不可操作 50H 到 71H 的校表参数寄存器。

WPCFG = 其他值: 表示写保护关闭, 对校表参数寄存器操作无效
写保护打开后, 只要不改变 WPCFG 寄存器的值, 那么写保护打开就一直有效。

8.4.4. 软件复位寄存器 (SRSTREG)

| Soft reset Register (SRSTREG) | | Address: 33H | | | | | | |
|-------------------------------|-------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Bit7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | SRST7 | SRST 6 | SRST 5 | SRST 4 | SRST 3 | SRST 2 | SRST 1 | SRST 0 |
| Write: | | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

SRSTREG 寄存器如果写入 0x55 会导致芯片发生复位, 复位后该寄存器清 0。

8.4.5. EMU 配置寄存器 (EMUCFG)

| EMUCFG | | Address: 40H | | | | | | |
|--------|-------|---------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|----------|
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | Bit8 |
| Read: | | | EnergyClr | QMOD1 | QMOD0 | PMOD1 | PMOD0 | QSSelect |
| Write: | | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | Bit7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Bit0 |
|--------|------|------|---|---|-------|---------|--------|---------|
| Read: | Zxd1 | Zxd0 | | | FLTON | CHNSEL* | CIADD* | TampSel |
| Write: | | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位名称 | 描述 |
|-------------|--|
| EnergyClr | 设置是否能量寄存器读后清 0 (0: 读后不清 0; 1: 读后清 0) |
| QMOD[1...0] | 无功能量寄存器 EnergyQ 累加模式选择, 详细配置见表 7-1 |
| PMOD[1...0] | 有功能量寄存器 EnergyQ 累加模式选择, 详细配置见表 7-2 |
| QSSelect | 无功电能/视在电能输出选择 (0: 无功电能输出 1: 视在电能输出) |
| Zxd1 | 电压中断过零的选择, 详细配置见表 7-3 |
| Zxd0 | 电压中断过零的选择, 详细配置见表 7-3 |
| FLTON | 防窃电模块开关 (0: 防窃电关闭 1: 防窃电开启), 详细见表 7-5 |
| CHNSEL | 选择通道计量 (0: 选择通道 1 计量 1: 选择通道 2 计量), 详细见表 7-5 |
| CIADD | 单相三线累加模式选择 (0: 单通道方式 1: 电流累加和模式) |
| TampSel | 防窃电源头选择 (0: 选择电流有效值做防窃电 1: 选择功率做防窃电) |

注意:

电流相加模式下, 采用通道一的校表数据。在 FLTON=1 时, 即开启防窃电模块时, CIADD 可

以读写，但是无效；只有 FLTON=0 时 CIADD 可有效读写。

| QMOD1 | QMOD0 | 无功功率累加模式 |
|-------|-------|-----------------------|
| 0 | 0 | 计算能量时，按照代数和方式对功率累加 |
| 0 | 1 | 计算能量时，只累加正向功率，不累加负向功率 |
| 1 | 0 | 计算能量时，按照绝对值方式对功率累加 |
| 1 | 1 | 计算能量时，按照代数和方式对功率累加 |

表 7-1

| PMOD1 | PMOD0 | 有功功率累加模式 |
|-------|-------|-----------------------|
| 0 | 0 | 计算能量时，按照代数和方式对功率累加 |
| 0 | 1 | 计算能量时，只累加正向功率，不累加负向功率 |
| 1 | 0 | 计算能量时，按照绝对值方式对功率累加 |
| 1 | 1 | 计算能量时，按照代数和方式对功率累加 |

表 7-2

| ZXD1 | ZXD0 | 电压过零输出选择，电压过零中断选择 |
|------|------|---------------------------------|
| 0 | 0 | 正向过零中断产生，当 ZXCFG=1 时，引脚输出正向过零波形 |
| 0 | 1 | 负向过零中断产生，当 ZXCFG=1 时，引脚输出负向过零波形 |
| 1 | X | 双向过零中断产生，当 ZXCFG=1 时，引脚输出双向过零波形 |

表 7-3

| 输入信号 | | | 输出信号 | |
|-------|-------|--------|----------------|--------------------------------|
| FLTON | CIADD | CHNSEL | Chanelstatus | 能量累加 |
| 1 | X | X | 指示自动防窃电的通道选择结果 | 根据 Chanelstatus 来决定采用哪一路功率参与计量 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 选择通道 1 参与计量 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 选择通道 2 参与计量 |
| 0 | 1 | x | 0 | 单相三线模式 |

表 7-4

8.4.6. 时钟配置寄存器 (FreqCFG)

| FreqCFG | | | Address: 41H | | | | | |
|---------|-------|----|--------------|----|----|----|---|------|
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | Bit8 |
| Read: | | | | | | | | CFP1 |
| Write: | | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | Bit7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Bit0 |
|--------|------|---|---|--------------|--------------|------|------|------|
| Read: | CFP0 | | | Emuclk_ctrl1 | Emuclk_ctrl0 | SPL2 | SPL1 | SPL0 |
| Write: | | | | | | | | |
| Reset: | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

| 位名称 | 描述 |
|------------|---------------------------|
| SPL[2...0] | ADC 波形寄存器采样速率选择, 详细见表 7-6 |

| Emuclk_Ctrl1 | Emuclk_Ctrl0 | EMU 时钟频率 |
|--------------|--------------|----------|
| 0 | 0 | 2M |
| 0 | 1 | 1M |
| 1 | X | 1M |

| 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) |

表 7-6

| EMU 时钟频率选择为 2M 的时候 | | | | |
|--------------------|------|-----------|-------------|--------------|
| CFP[1:0] | 00 | 01 | 10 | 11 |
| 脉宽 | 90ms | 90/2=45ms | 90/4=22.5ms | 90/8=11.25ms |

| EMU 时钟频率选择为 1M 的时候 | | | | |
|--------------------|-------|------------|------------|--------------|
| CFP[1:0] | 00 | 01 | 10 | 11 |
| 脉宽 | 180ms | 180/2=90ms | 180/4=45ms | 180/8=22.5ms |

8.4.7. 模式控制寄存器 (ModuleEn)

| ModuleEn | | Address: 42H | | | | | | |
|----------|-------|--------------|------|----|----|------------|------------|-------|
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | Bit8 |
| Read: | | | AUTO | | | Rosi_i2_en | Rosi_i1_en | WDTEN |
| Write: | | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | Bit7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Bit0 |
|--|------|---|---|---|---|---|---|------|
|--|------|---|---|---|---|---|---|------|

| | | | | | | | | |
|---------------|---|------|------|------|--------|---------|---------|---|
| Read: | | SRun | QRun | PRun | HPFONU | HPFONI2 | HPFONI1 | |
| Write: | | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

| 位名称 | 描述 |
|------------|--|
| AUTO | 自动直流偏执校正, 校正结束时自动清 0, 交流应用时, 不要使用该寄存器 |
| Rosi_i2_en | 使能电流通道 2 支持罗氏线圈 (0: 关闭 Rosi 1: 使能 Rosi) |
| Rosi_i1_en | 使能电流通道 1 支持罗氏线圈 (0: 关闭 Rosi 1: 使能 Rosi) |
| WDTEN | 当 SPI 一直拉低的时候使能此功能, 则当用户 300ms 不操作 SPI 接口, SPI 模块自动恢复到复位状态 (0: 该功能关闭 1: 该功能使能) |
| SRun | 视在能量累加使能 (0: 停止计量 1: 允许计量) |
| QRun | 无功能量累加使能 (0: 停止计量 1: 允许计量) |
| PRun | 有功能量累加使能 (0: 停止计量 1: 允许计量) |
| HPFONU | 电压通道高通滤波器开关 (0: 关闭 1: 开) |
| HPFONI2 | 电流通道 2 高通滤波器开关 (0: 关闭 1: 开) |
| HPFONI1 | 电压通道 1 高通滤波器开关 (0: 关闭 1: 开) |

8.4.8. ADC 开关寄存器 (ANAEN)

| | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| Analog Enable Register (ANAEN) | | Address: 43H | | | | | | |
| | Bit7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | | | | | | Adc_i2on | Adc_i1on | Adc_uon |
| Write: | | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |

| 位名称 | 描述 |
|----------|----------------------------------|
| Adc_i2on | 电流通道 I2 的 ADC 开关信号 (0: 关闭 1: 打开) |
| Adc_i1on | 电流通道 I1 的 ADC 开关信号 (0: 关闭 1: 打开) |
| Adc_uon | 电压通道 U 的 ADC 开关信号 (0: 关闭 1: 打开) |

8.4.9. 输出引脚配置寄存器 (IOCFG)

| | | | | | | | | |
|---------------|--------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|
| IOCFG | | Address: 45H | | | | | | |
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | Bit8 |
| Read: | | | | | | | | |
| Write: | | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | Bit7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Bit0 |
|--------|------|--------|---|---|---|---|---|------|
| Read: | POS | IRQCFG | | | | | | |
| Write: | | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位名称 | 描述 |
|--------|---------------------------------------|
| POS | 0: PF/QF/SF 为高电平有效 1: PF/QF/SF 为低电平有效 |
| IRQCFG | 0: 低电平有效 1: 高电平有效 |

8.4.10. 通道 1 有功功率校正 (GP1)

| Active Power Gain 1 Register (GP1) | | Address: 50H | | | | | |
|------------------------------------|--------|--------------|--------|----------------|-------|-------|-------|
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | GP1_15 | GP1_14 | GP1_13 | GP1_12...GP1_3 | GP1_2 | GP1_1 | GP1_0 |
| Write: | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

该寄存器为 16 位有符号数, 最高位为符号位。

功率因数为 1 的情况下, 用户在校表过程中测得的误差为: $Err\%$

$$P_{gain} = -Err\% / (1 + Err\%)$$

如果 P_{gain} 为正数, 则 GP1 的写入值为: $P_{gain} * 32768$

如果 P_{gain} 为负数, 则 GP1 的写入值为: $65536 - P_{gain} * 32768$

8.4.11. 通道 1 无功功率校正 (GQ1)

| Reactive Power Gain Register (GQ1) | | Address: 51H | | | | | |
|------------------------------------|--------|--------------|--------|----------------|-------|-------|-------|
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | GQ1_15 | GQ1_14 | GQ1_13 | GQ1_12...GQ1_3 | GQ1_2 | GQ1_1 | GQ1_0 |
| Write: | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

16 位有符号数, 最高位为符号位。

用户校表过程中, 一般 GQ1 写入值与 GP1 计算后的写入值相同。

8.4.12. 通道 1 视在功率校正 (GS1)

| Apparent Power Gain 1 Register (GS1) | | Address: 52H | | | | | |
|--------------------------------------|-------|--------------|----|----------|---|---|------|
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |

| | | | | | | | |
|---------------|--------|--------|--------|----------------|-------|-------|-------|
| Read: | GS1_15 | GS1_14 | GS1_13 | GS1_12...GS1_3 | GS1_2 | GS1_1 | GS1_0 |
| Write: | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

16 位有符号数，最高位为符号位。

用户校表过程中，GS1 写入值与 GP1 计算后的写入值相同。

8.4.13. 通道 2 有功功率校正 (GP2)

| | | | | | | | |
|---|--------------|-----------|---------------------|-----------------|----------|----------|-------------|
| Active Power Gain 2 Register (GP2) | | | Address: 54H | | | | |
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | GP2_15 | GP2_14 | GP2_13 | GP2_12...GP2_3 | GP2_2 | GP2_1 | GP2_0 |
| Write: | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

与 GP1 的计算公式相同。

8.4.14. 通道 2 无功功率校正 (GQ2)

| | | | | | | | |
|---|--------------|-----------|---------------------|-----------------|----------|----------|-------------|
| Reactive Power Gain 2 Register (GQ2) | | | Address: 55H | | | | |
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | GQ2_15 | GQ2_14 | GQ2_13 | GQ2_12...GQ2_3 | GQ2_2 | GQ2_1 | GQ2_0 |
| Write: | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

用户在校正过程中，一般与 GP2 的写入值相同。

8.4.15. 通道 2 视在功率校正 (GS2)

| | | | | | | | |
|---|--------------|-----------|---------------------|-----------------|----------|----------|-------------|
| Apparent Power Gain 2 Register (GS2) | | | Address: 56H | | | | |
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | GS2_15 | GS2_14 | GS2_13 | GS2_12...GS2_3 | GS2_2 | GS2_1 | GS2_0 |
| Write: | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

用户在校正过程中，一般与 GP2 的写入值相同。

8.4.16. 无功相位校正 (QPhsCal)

| QPhsCal | | | Address: 58H | | | | |
|---------|-------|-------|---------------------|--------------|------|------|------|
| | Bit15 | 14 | 13 | 12...3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | QPC15 | QPC14 | QPC13 | QPC12...QPC3 | QPC2 | QPC1 | QPC0 |
| Write: | | | | | | | |
| Reset: | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

无功相位补偿寄存器也采用二进制补码形式, 最高位为符号位。

该寄存器默认值 FF00H。

默认值对应于 $f_{emu}=1M$ 时的情况, 50Hz 信号频率下不需要再校正; 当信号为其他频率时需要按照下面的公式进行校正:

无功 $0.5L$, 在 U, I 夹角为 30 度时进行校正, 功率 Q 的误差值为: $Err\%$

$QPhasCal$ 的计算公式为:

$$Result = Err\% * 32768 / 1.732 - 256$$

如果 $Result$ 为正数则 $QphsCal = Result$;

如果 $Result$ 为负数则 $QphsCal = 65536 + Result$;

8.4.17. ADC 通道增益 (ADCCON)

| ADC Channel Gain Register (ADCCON) | | | Address: 59H | | | | | |
|------------------------------------|-------|----|---------------------|--------|------|------|------|------|
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | Bit8 |
| Read: | | | PGA242 | PGA241 | DGI3 | DGI2 | DGI1 | DGI0 |
| Write: | | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | Bit7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Bit0 |
|--------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Read: | DGU1 | DGU0 | PGA3 | PGA2 | PGA1 | PGA0 | UPGA1 | UPGA0 |
| Write: | | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| PGA242 | PGA3 | PGA2 | I2Gain | PGA241 | PGA1 | PGA0 | I1Gain | UPGA1 | UPGA0 | UGAIN |
|--------|------|------|--------|--------|------|------|--------|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0 | PGA=1 | 0 | 0 | 0 | PGA=1 | 0 | 0 | PGA=1 |
| 0 | 0 | 1 | PGA=4 | 0 | 0 | 1 | PGA=4 | 0 | 1 | PGA=2 |
| 0 | 1 | 0 | PGA=8 | 0 | 1 | 0 | PGA=8 | 1 | 0 | PGA=4 |
| 0 | 1 | 1 | PGA=16 | 0 | 1 | 1 | PGA=16 | 1 | 1 | PGA=4 |
| 1 | X | X | PGA=24 | 1 | X | X | PGA=24 | | | |

注意:

这里的 $I1Gain$, $I2Gain$, $UGain$ 分别指的是 ADC 模拟部分的电流通道 1 增益, 电流通道 2 增益, 电压通道增益。

| DGU 1 | DGU 0 | 电压通道 | DGI1 | DGI0 | 电流通道 1 | DGI3 | DGI2 | 电流通道 2 |
|-------|-------|------|------|------|--------|------|------|--------|
| 0 | 0 | DG=1 | 0 | 0 | DG=1 | 0 | 0 | DG=1 |
| 0 | 1 | DG=2 | 0 | 1 | DG=2 | 0 | 1 | DG=2 |
| 1 | 0 | DG=4 | 1 | 0 | DG=4 | 1 | 0 | DG=4 |
| 1 | 1 | DG=8 | 1 | 1 | DG=8 | 1 | 1 | DG=8 |

注意:

数字增益是通过移位放大 ADC 后的数字信号来实现的, 放大倍率为 1/2/4/8。数字增益可以用于小信号加倍, 有效值也随之一起加倍。

8.4.18. 电流通道 2 增益设置 (I2Gain)

| Current 2 Gain Register (I2Gain) | | Address: 5BH | | | | | |
|----------------------------------|-------|--------------|-------|--------------|------|------|------|
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | I2G15 | I2G14 | I2G13 | I2G12...I2G3 | I2G2 | I2G1 | I2G0 |
| Write: | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

通道 2 电流增益寄存器采用二进制补码形式, 最高位为符号位。定义参见 校表过程。在相同输入时, 使两路的电流有效值输出一致。

8.4.19. 电流通道 1 直流偏置校正寄存器 (I1Off)

| Current 1 Offset Register (I1Off) | | Address: 5CH | | | | | |
|-----------------------------------|--------|--------------|--------|----------------|-------|-------|-------|
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | I1OS15 | I1OS14 | I1OS13 | I1OS12...I1OS3 | I1OS2 | I1OS1 | I1OS0 |
| Write: | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

在高通关闭的情况下使用, 当输入通道信号为 0 的时候, 使用 AUTODC 自动计算得到 $I1Off$, $I2Off$, $UOff$ 寄存器的值, 用户得到后将这些寄存器的值储存起来, 以后在使用过程中不用再使用 AUTODC 功能, 只需要在关闭高通的情况下将之前存储的 $I1Off$, $I2Off$, $UOff$ 的值重新写入这 3 个寄存器。

8.4.20. 电流通道 2 直流偏执校正寄存器 (I2Off)

| Current 2 Offset Register (I2Off) | | Address: 5DH | | | | | |
|-----------------------------------|--------|--------------|--------|----------------|-------|-------|-------|
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | I2OS15 | I2OS14 | I2OS13 | I2OS12...I2OS3 | I2OS2 | I2OS1 | I2OS0 |
| Write: | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

8.4.21. 电压通道直流偏执校正寄存器 (UOff)

| Voltage Offset Register (UOff) | | Address: 5EH | | | | | |
|--------------------------------|-------|--------------|-------|--------------|------|------|------|
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | UOS15 | UOS14 | UOS13 | UOS12...UOS3 | UOS2 | UOS1 | UOS0 |
| Write: | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

其最小单位与 ADC 输出的 16 位数据的最小单位一致。通道直流偏置校正只在高通环节关闭后使用。I1/I2/U 必需一起关高通，否则会引入相位误差。

8.4.22. 潜动与启动 (PQStart)

| PQStart | | Address: 5FH | | | | | | |
|---------|-------|--------------|--------|----------------|-------|---------------|-------|-------|
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 ... 7 | 6 | 5...2 | 1 | Bit0 |
| Read: | PQS15 | PQS 14 | PQS 13 | PQS 12...PQS 7 | PQS 6 | PQS 5...PQS 2 | PQS 1 | PQS 0 |
| Write: | | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

注意:

PQStart 是 16 位无符号数，做比较时，将其作为低 16 位与 P/Q (PowerP 0x0AH / PowerQ 0x0BH, 均为 24bit 有符号数) 的绝对值进行比较，以作起动判断。

|P| 小于 PQStart 时，PF 不输出脉冲。

|Q| 小于 PQStart 时，QF 不输出脉冲。

(|P| \wedge |Q| 同时都小于 PQStart) 时，SF 不输出脉冲。

应用方式:

1, 校表结束后，输入 Ib, Un。

2, 读出 PowerP 的值为 24bit 补码 x1, 取其原码值为 x2。

3, 设写入 PQStart 的值为 Y, 假如要求 0.4%Ib 电表能够启动，则:

$$Y = x2 * 0.2 \%$$

8.4.23. 脉冲频率设置寄存器 (HFConst)

| HFConst | | Address: 61H | | | | | | |
|---------|-------|--------------|-------|--------------|------|-------------|------|------|
| | Bit15 | 14 | 13 | 12...7 | 6 | 5...2 | 1 | Bit0 |
| Read: | 0 | HFC14 | HFC13 | HFC12...HFC7 | HFC6 | HFC5...HFC2 | HFC1 | HFC0 |
| Write: | X | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

注意:

HFConst 是 15 位无符号数, 做比较时, 将其作为低 15 位与快速脉冲计数寄存器 0x6FH~0x71H 寄存器值的绝对值做比较, 如果大于等于 HFConst 的值, 那么就会有对应的 PF/QF/SF 脉冲输出。

HFConst 的默认值是 0x0040。

8.4.24. 通道间窃电阈值|P|或者 IRMS 的域值设置 (Chk)

| Check Register (Chk) | | Address: 62H | | | | | | |
|----------------------|------|--------------|------|------|------|------|------|------|
| | Bit7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | CHK7 | CHK6 | CHK5 | CHK4 | CHK3 | CHK2 | CHK1 | CHK0 |
| Write: | | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

窃电阈值电流寄存器采用二进制补码形式, 表示范围(0,+1)。

$$ICHK = ICK7 * 2^1 + ICK6 * 2^2 + ICK5 * 2^3 + \dots + ICK2 * 2^6 + ICK1 * 2^7 + ICK0 * 2^8$$

默认为: 0.0625 也即 6.25%。

开启自动防窃电后, 当选择电流有效值作为防窃电的源头时, 电流 1 和电流 2 两者之差相差比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。如果电流 2 大于电流 1, 则将标志位 I2GTI1 置为 1, 否则标志位 I2GTI1 为 0。

当选择功率作为防窃电的源头时, 功率 PowerP1 和功率 PowerP2 两者之差比超过窃电值, 则自动选择大的功率值参与功率计量, 同时 TAMP=1。

8.4.25. 窃电检测阈值|P|或者 IRMS 的域值设置 (IPTAMP)

| IPTAMP | | Address: 63H | | | | | |
|--------|----------|--------------|----------|--------------------|---------|---------|---------|
| | Bit15 | 14 | 13 | 12...3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | IPTAMP15 | IPTAMP14 | IPTAMP13 | IPTAMP12...IPTAMP3 | IPTAMP2 | IPTAMP1 | IPTAMP0 |
| Write: | X | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

该寄存器默认值为 0x0020。

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。

注意: *IPtamp* 的最高位 bit15 用户写入无效, 一致是 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:

若选择使用电流有效值做为防窃电的判断, 当通道 1 和 2 的电流有效值都低于 *IPTAMP* 时, 始终选择通道 1 作为有效输入, *TAMP*、*I2PPXGTIIP* 和 *CHNSEL* 均为 0。

若选择使用功率 *P* 的绝对值做为防窃电的判断, 当 *PowerP1* 和 *PowerP2* 都低于 *IPtamp* 时, 始终选择通道 1 做为有效输入, *TAMP*、*I2PPXGTIIP* 和 *CHNSEL* 均为 0。

8.4.26. 第一通道小信号有功功率校正 (P1OFFSET)

| Power offset 1 (P1OFFSET) | | Address: 65H | | | | | | |
|---------------------------|--------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Bit7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | P1OFF7 | P1OFF6 | P1OFF5 | P1OFF4 | P1OFF3 | P1OFF2 | P1OFF1 | P1OFF0 |
| Write: | | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

有功功率通道 1 校正寄存器采用二进制补码形式。

P1OFFSET 与 24 位寄存器 *PowerP1* 的低 8 位对齐。

8.4.27. 第二通道小信号有功功率校正 (P2OFFSET)

| Power offset 2 (P2OFFSET) | | Address: 66H | | | | | | |
|---------------------------|--------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Bit7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | P2OFF7 | P2OFF6 | P2OFF5 | P2OFF4 | P2OFF3 | P2OFF2 | P2OFF1 | P2OFF0 |
| Write: | | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

有功功率通道 2 校正寄存器采用二进制补码形式。

P2OFFSET 与 24 位寄存器 *PowerP2* 的低 8 位对齐。

注: *P-offset* 校验方法详见“推荐校表过程”第 4 步。

8.4.28. 第一通道小信号无功功率校正 (Q1OFFSET)

| Reactive Power offset (Q1OFFSET) | | Address: 67H | | | | | | |
|----------------------------------|--------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Bit7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | Q1OFF7 | Q1OFF6 | Q1OFF5 | Q1OFF4 | Q1OFF3 | Q1OFF2 | Q1OFF1 | Q1OFF0 |
| Write: | | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

无功功率通道1 校正寄存器采用二进制补码形式
 Q1OFFSET 与 24 位寄存器 PowerQ1 的低 8 位对齐。

8.4.29. 第二通道小信号无功功率校正 (Q2OFFSET)

| Reactive Poweroffset (Q2OFFSET) | | Address: 68H | | | | | | |
|---------------------------------|--------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Bit7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | Q2OFF7 | Q2OFF6 | Q2OFF5 | Q2OFF4 | Q2OFF3 | Q2OFF2 | Q2OFF1 | Q2OFF0 |
| Write: | | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

无功功率通道2 校正寄存器采用二进制补码形式
 Q2OFFSET 与 24 位寄存器 PowerQ2 的低 8 位对齐。

注: 同小信号有功功率校正

8.4.30. 电流通道 1 有效值偏置校正寄存器 (I1RMSOFFSET)

| I1RMSOFFSET | | Address: 69H | | | | | | |
|-------------|---------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Bit7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | I1RMS | I1RMS | I1RMS | I1RMS | I1RMS | I1RMS | I1RMS | I1RMS |
| Write: | OFFSET7 | OFFSET6 | OFFSET5 | OFFSET4 | OFFSET3 | OFFSET2 | OFFSET1 | OFFSET0 |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

电流通道 1 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 I1RMS, 取平均值后, 然后按照下面的公式计算。

$$I1RMSOFFSET = (I1RMS^2) / (2^{15})$$

8.4.31. 电流通道 2 有效值偏置校正寄存器 (I2RMSOFFSET)

| I2RMSOFFSET | | Address: 6AH | | | | | | |
|-------------|---------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Bit7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | I2RMS | I2RMS | I2RMS | I2RMS | I2RMS | I2RMS | I2RMS | I2RMS |
| Write: | OFFSET7 | OFFSET6 | OFFSET5 | OFFSET4 | OFFSET3 | OFFSET2 | OFFSET1 | OFFSET0 |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

电流通道 2 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 I2RMS，取平均值后，然后按照下面的公式计算。

$$I2RMSOFFSET = (I2RMS^2) / (2^{15})$$

8.4.32. 电流过零域值设定寄存器 (ZCrossCurrent)

| ZCrossCurrent | | Address: 6CH | | | | | |
|---------------|-------|--------------|------|------------|-----|-----|------|
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | ZC15 | ZC154 | ZC13 | ZC12...ZC3 | ZC2 | ZC1 | ZC0 |
| Write: | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

电流有效值与 ZCrossCurrent 相比较。ZCrossCurrent 对应 IRMS 的低 16 位 Bit15...bit0。
 过零电流域值设置寄存器，当电流有效值小于用户设定的电流过零域值设置寄存器的时候，则不输出电流过零信号，内部输出恒为 0。同时相应通道的角度寄存器输出为 0，不进行角度计算。

8.4.33. PQ 方式相位校正寄存器 (GPhs1)

| Phase Calibration 1 Register (GPhs1) | | Address: 6DH | | | | | |
|--------------------------------------|---------|--------------|---------|------------------|--------|--------|--------|
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | GPS1_15 | GPS1_14 | GPS1_13 | GPS1_12...GPS1_3 | GPS1_2 | GPS1_1 | GPS1_0 |
| Write: | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

PQ 方式校相位计算公式如下:

用户在信号输入为阻性的时候通过 PGain 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%

如果 Err 为负数:

$$Gphs1 = -Err\% * 32768 / 1.732$$

如果 Err 为正数:

$$Gphs1 = 65536 - Err\% * 32768 / 1.732$$

8.4.34. PQ 方式相位校正寄存器(GPhs2)

| Phase Calibration 2 Register (GPhs2) | | Address: 6EH | | | | | |
|--------------------------------------|---------|--------------|---------|------------------|--------|--------|--------|
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | GPS2_15 | GPS2_14 | GPS2_13 | GPS2_12...GPS2_3 | GPS2_2 | GPS2_1 | GPS2_0 |
| Write: | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

与 Gphs1 相同。

8.4.35. 快速脉冲计数器 (PFCNT, QFCNT, SFCNT)

| Active Energy Counter Register (PFCNT) | | | Address: 6FH | | | | |
|--|-------|-------|---------------------|--------------|------|------|------|
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | PFC15 | PFC14 | PFC13 | PFC12...PFC3 | PFC2 | PFC1 | PFC0 |
| Write: | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Reactive Energy Counter (QFCNT) | | | Address: 70H | | | | |
|---------------------------------|-------|-------|---------------------|--------------|------|------|------|
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | QFC15 | QFC14 | QFC13 | QFC12...QFC3 | QFC2 | QFC1 | QFC0 |
| Write: | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Apparent Energy Counter (SFCNT) | | | Address: 71H | | | | |
|---------------------------------|-------|-------|---------------------|--------------|------|------|------|
| | Bit15 | 14 | 13 | 12 ... 3 | 2 | 1 | Bit0 |
| Read: | SFC15 | SFC14 | SFC13 | SFC12...SFC3 | SFC2 | SFC1 | SFC0 |
| Write: | | | | | | | |
| Reset: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注意:

为了防止上下电时丢失电能，掉电时 MCU 将寄存器 PFCnt/QFCnt/SFCnt 值读回并进行保存，然后在下次上电时 MCU 将这些值重新写入到 PFCnt/QFCnt/SFCnt 中去。

当快速脉冲计数寄存器 PFCnt/QFCnt/SFCnt 计数的值大于等于 HFconst 时，相应的 PF/QF/SF 会有脉冲溢出，能量寄存器 0x0DH~0x0FH 寄存器的值会相应的加 1。

8.5. 推荐校表过程

1. 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: $HFCNST = 0x0040 * (1 + Err\%)$

计算得到: $HFCNST = 0x0040 * (1 + 52.8\%) = 0x0061$

使用 MCU 通过 SPI 口将 0x0061 写入 ATT7053BU 的 HFCNST (61H) 寄存器:

格式: SPI_Write(寄存器地址, 写入数据)

实际: SPI_Write(0x61, 0x0061), 写入后标准表的显示误差应该在 10% 以内

方案二:

femu=1MHz 时

$HFCNST = 6.96 * Vu * Vi * 10^{10} / (EC * Un * Ib)$

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

femu 为其他值时, HFCNST 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, $Vi * 16 = 28mV$

根据公式: $HFCNST = 6.96 * Vu * Vi * 10^{10} / (EC * Un * Ib)$ 计算得到

$HFCNST = 6.96 * 0.22 * 0.028 * 10^{10} / (3200 * 220 * 5) = 0x0079$

使用 MCU 通过 SPI 口将 0x0079 写入 ATT7053BU 的 HFCNST (61H) 寄存器:

格式: SPI_Write(寄存器地址, 写入数据)

实际: SPI_Write(0x61, 0x0079), 写入后标准表的显示误差应该在 10% 以内

2. 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:

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

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

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

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 HFCNST 调整过后, 标准表上读出的误差显示为 -2.18%

根据公式: $Pgain = -(-2.18\%) / (1 - 2.18\%) = 0.022$

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

使用 MCU 通过 SPI 口将 0x02DA 写入 ATT7053BU 的 GP1(50H), GQ1(51H), GS1(52H) 寄存器:

格式: SPI_Write(寄存器地址, 写入数据)

实际: SPI_Write(0x50, 0x02DA) ; GP1

SPI_Write(0x51, 0x02DA) ; GQ1

SPI_Write(0x52, 0x02DA) ; GS1

写入后标准表的显示误差应该在 0 附近

3. 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%

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

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

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

使用 MCU 通过 SPI 口将 0xFF96 写入 ATT7053BU 的 Gphs1(6DH)寄存器:

格式: SPI_Write(寄存器地址, 写入数据)

实际: SPI_Write(0x6D, 0xFF96)

写入后标准表的显示误差应该在 0 附近。

4. 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 $I_b = 100\%$ 的时候电表误差校正到0附近, 观察小信号 $x\%I_b$ (5%, 2%) 点的电表误差为 Err%

$x\%I_b$ 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 = $(Preal * EC * HFCONST * 2^{23} * (-Err\%)) / (6.27 * 10^{10})$

举例说明:

额定电压220V, 额定电流(I_b)5A, 表常数为3200, 快速脉冲寄存器 (HFCONST) 读取为0x61, 电表在 $I_b = 100\%$ 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 = $(Preal * EC * HFCONST * 2^{23} * (-Err\%)) / (6.27 * 10^{10})$ 计算得到

注: 如果 femu=2MHz, 上述公式计算结果需要除以2, 如 femu=500KHz, 上述公式计算结果需要乘以2。

Poffset = $(Preal * EC * HFCONST * 2^{23} * (-Err\%)) / (6.27 * 10^{10})$

$$= (55.2 * 3200 * 97 * 2^{23} * (-0.5\%)) / (6.27 * 10^{10})$$

$$= -10$$

由于 Poffset < 0, 所以写入寄存器 P1offset 的值为 $2^8 + Poffset = 246$

取个整数 246(0Xf6)

使用 MCU 通过 SPI 口将 0xF5 写入 ATT7053BU 的 P1offset(65H)寄存器:

格式: SPI_Write(寄存器地址, 写入数据)

实际: SPI_Write(0x65, 0xF6)

写入后电表在 5%点的显示误差应该在 0 附近。

5. 电流通道2增益校正 (做防窃电时必需)

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 I1rms, 电流通道 2 有效值寄存器读数为 I2rms, 则

$$\text{Gain} = I1rms/I2rms - 1$$

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

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

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: $\text{Gain} = I1rms/I2rms - 1 = 0x03BA55/0x025A76 - 1 = 244309/154230 - 1 = 0.584$

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

使用 MCU 通过 SPI 口将 0x4AC2 写入 ATT7053BU 的 I2Gain(5BH)寄存器:

格式: SPI_Write(寄存器地址, 写入数据)

实际: SPI_Write(0x5B, 0x4AC2)

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。

6. 第二通道增益校正、相位校正

与第一通道校正方式相同。

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。

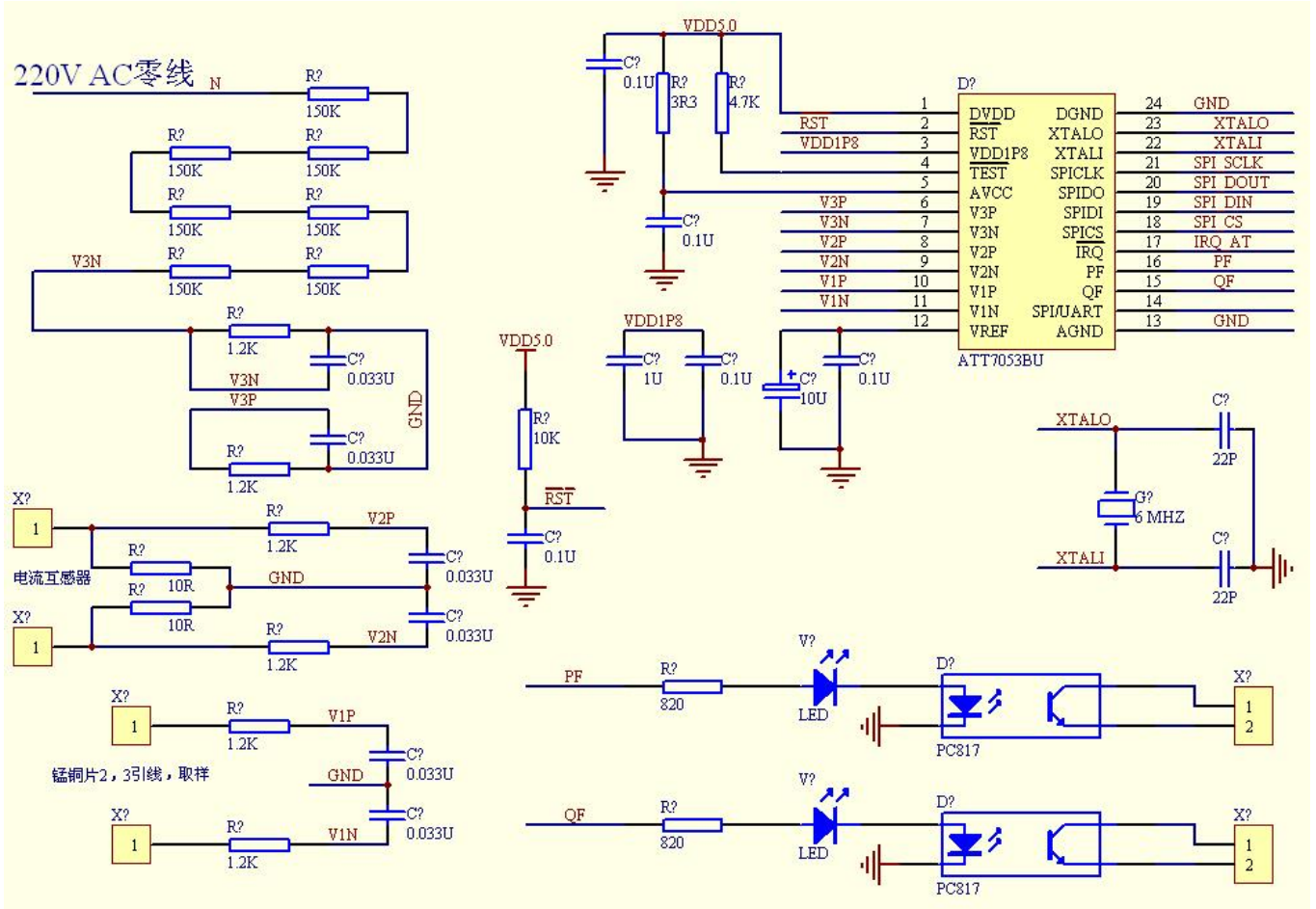
举例说明:

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。

9. 应用原理图



10. 封装

SSOP24:

Dimensions shown in inches and (mm)

