

钜泉 单相多功能电能计量芯片 FAQ

——ATT705xAU

V1.0

版本号	修改时间	修改内容
V0.1	2010-01-25	初始版本
V0.2	2010-01-26	勘误； 增加 FAQ1 和 3，以及顺序调整
V0.3	2010-01-26	勘误； 增加 FAQ2，以及顺序调整
V0.4	2010-02-23	增加 FAQ 15、16、17、18
V0.5	2010-03-11	增加 FAQ19；修改措辞。
V0.6	2010-07-08	题目修改为 ATT705x，即 ATT7051/53/59； 修改 SPI，增加例程；修改自动防 窃电方式； 增加 FAQ20：7059vs7053AU AU
V0.7	2010-08-02	去掉原 FAQ4：E 版以后 VDD1P8 和 VREF 管脚外接滤波电容 10uF 经过验证可以不加；
V0.8	2010-10-19	修改 FAQ16 的措辞，便于理解；
V0.9	2010-12-6	增加 FAQ6，7，21，22，23，24， 25，26
V1.0	2011-6-1	增加 FAQ 27； 将 7053/59 改为 7053AU/59AU

目 录

1. 外部晶振必须增加 10Mohm 偏置电阻.....	3
2. 推荐的电压输入信号。(电流信号幅度根据实际情况而定)	3
3. ADC 通道采样的推荐.....	3
4. ATT7051/53/59AU 和 MCU 的 IO 口线连接.....	3
5. 5VDC 工作系统中如何与 ATT7051/53/59AU 的 3.3V 工作电压进行电平转换	4
6. ATT7051/53/59AU 工作晶振的选择与应用以及晶振布线原则	5
7. ATT7051/53/59AU 在各种情况下的复位时间?	6
8. ATT7051/53/59AU 上电后多久会出脉冲?	6
9. 如果只使用 2 路 ADC, 第二路电流通道怎样处理最好?	6
10. ATT7059 AUVS ATT7053AU	6
11. P-offset 和 RMS-offset 应用以及对视在功率的影响	6
12. 如何使用第二路电流通道设计防窃电功能	7
13. ATT7051/53/59AU 适用的计量交流电频率范围是多少	7
14. 断相防窃电功能设计	8
15. SPI 通讯设计	8
16. 能否选用第二路电流通道作为首选计量通道.....	9
17. 功率及有效值(RMS) 折计算公式	10
18. 考虑到 P-offset 和使用第二路电流通道的校表流程	11
19. AllGain 的计算公式	11
20. 精度重复校验公式	12
21. P_offset 采用功率法校验的换算公式	13
22. AUTODC 可以长期打开吗?	14
23. 7053AU 无功相位补偿校正.....	14
24. 如何通过射频辐射抗扰度试验?	14
25. 如何解决脉冲群试验中 IRMS 不为零的现象?	15
26. 7053AU/7059AU 怎样做直流表.....	15
27. 7053AU 的电源电压抑制比特性.....	16

1. 外部晶振必须增加 10Mohm 偏置电阻

A: 如图 1,

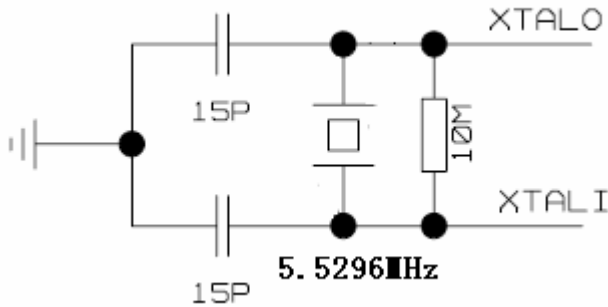


图 1

2. 推荐的电压输入信号。（电流信号幅度根据实际情况而定）

A: 电压通道推荐采样 200mV 有效值，内部开 1 倍增益。电压信号太大，会导致串扰，以及量程溢出；太小会影响小信号精度。

可选择范围为 143mV~350mV，此推荐的电压范围可以保证 70%Un 以及 60%Un 输入时的精度符合国标要求。

3. ADC 通道采样的推荐

A: 由于猛铜的信号小，容易受到电压通道的干扰，而互感器的采样信号比较大，不存在此问题，故推荐：第一通道接猛铜采样，内部开 16 倍增益，第二通道接互感器采样，1 倍增益。

4. ATT7051/53/59AU 和 MCU 的 IO 口线连接

A: ATT7051/53/59AU 和 MCU 连接的口线有 4 个；

ATT7053/59AU 可选择连接 MCU 的口线有 2 个；

ATT7051 可选择连接 MCU 的口线有 6 个；

➤ ATT7051/53/59AU 和 MCU 连接的 4 个口线：SPI_CLK/ SPI_DIN/ SPI_DOUT/ SPI_CS

SPI_CS 必需连接，以保证 CLK 时序的正确，CS 每次拉低后 SPI 需要操作 4 个字节，不足 4 个字节的部分补充 0 或 0xFF；

➤ ATT7053/59AU 可以选择连接的口线：

1. /RST: ATT7051/53AU 硬件复位 PIN，可以实现 MCU 对 ATT7051/53AU 的硬件复位功能。

/RST 如果不连接 MCU，应该外接 RC 电路（如图 2），10Kohm 上拉到 3.3Vcc，0.1uF 滤波电容接地；当 ATT7051/53AU 的 Vcc 受到干扰时，芯片内部的 BOR/LBOR 功能（0x43H BOREN）能较好的保证芯片被复位住；同时可采用 ATT7051/53AU 内部的软件复位功能（33H）SRSTREG=0x55；

2. IRQ: ATT7051/53AU 中断输出 PIN，可用作过零中断输出 PIN。

➤ ATT7051AU 增加的 4 个 PIN 为：

1. **SLEEP:** 睡眠模式控制 PIN，可直接控制计量芯片进入睡眠状态，此时芯片功耗 $<2\mu\text{A}$ 。
SLEEP 如果不连接 MCU，应作外部上拉处理。(ATT7053/59AU 没有 SLEEP 模式)
2. **VDCIN/ADCIN:** 外部电压检测 PIN；
3. **STATUS:** 可以配置为输出 ATT7051 的状态 PIN，或保持默认 I/O 输出功能(0x45H, GICFG=0)；
4. **PWM:** 可以输出系统分频的方波；

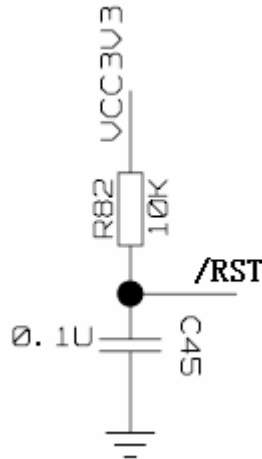


图 2

5. 5VDC 工作系统中如何与 ATT7051/53/59AU 的 3.3V 工作电压进行电平转换

A: 在 5V 系统中，除了需要增加稳定的 3.3V 的电压输出给 ATT7053AU 工作外，SPI（和/RST）和 MCU 通信也需要进行电平转换，根据电表的不同需求分两种情况

- **隔离系统:** 带有 CPU 卡的隔离系统，可直接通过光耦隔离实现电平转换；
- **非隔离系统:** ATT7051/53AU 和 MCU 可以直接连接。
 - **5V 转 3.3V** 可以通过电阻分压方式实现（如图 3）；

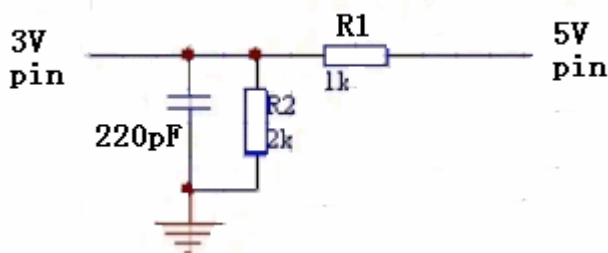


图 3

- **3.3V 转 5V** 可利用三极管反相器电路实现（如图 4），考虑到 SPI 的数据反相问题，需要在软件中进行取反操作；
- **3.3V 转 5V** 也可采用两级三极管反相电路（如图 5）而不用软件取反。

注：图中三极管可取 2N2904 或 9014 等高速小功率管， $\beta > 100$ 为佳。RC 数值视应用需要可调整，下图取值支持信号频率上限 $<1\text{MHz}$ ，扇出能力 $>10\text{CMOS gate}$ 。

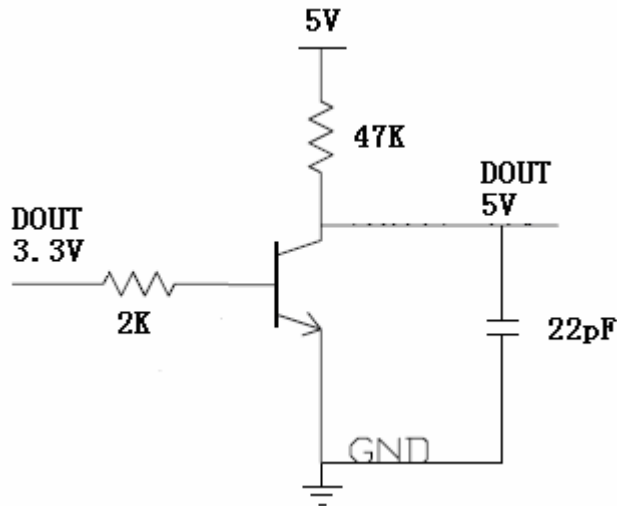


图 4

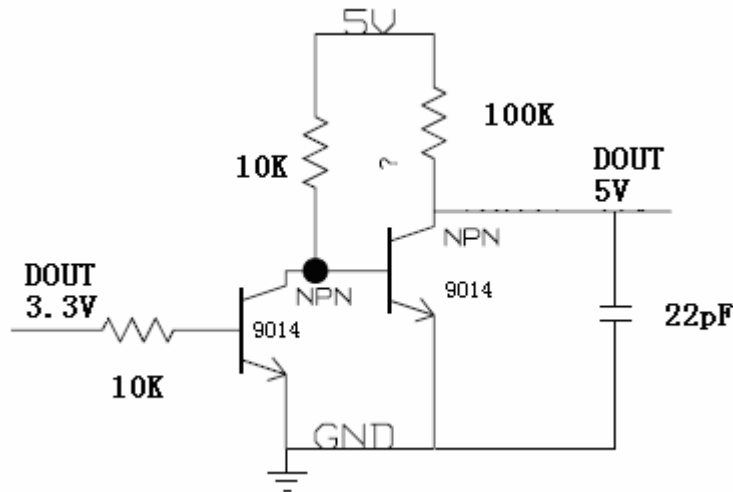


图 5

6. ATT7051/53/59AU 工作晶振的选择与应用以及晶振布线原则

A: ATT7051/53AU 以 5.5296MHz 作为芯片的系统时钟进行设计的，系统启动后 EMU（计量单元）时钟为 921kHz，ADC 时钟为 921kHz。

➤ 5.5296MHz 外部晶振：

当用户重新配置 EMU 时钟 (FrqCFG 0x41H)，EMU 时钟和 ADC 时钟还可以选择同时为 1.8MHz 或同时为 450kHz，这时 P-offset 计算结果需要相应减半或加倍；

➤ 除了 5.5296MHz 以外，只能选用 6MHz 的晶振，需要如下修改：

- 1，EMU 时钟和 ADC 时钟需要相应乘以系数 6M/5.5M；
- 2，电压频率测量需乘上系数 6M/5.5M；
- 3，有功、无功相位校正计算公式中 1.732 需乘上系数 6M/5.5M（只针对移采样点方式）；
- 4，CF 脉宽减小为 80ms 左右。

➤ 晶振布线原则：时钟信号走线长度尽可能短，线宽尽可能大，与其它印制线间距尽可能大，紧靠器件布局布线，必要时可以走内层，以及用地线包围。

7. ATT7051/53/59AU 在各种情况下的复位时间？

A:

- **冷复位:** 系统晶体起振需要 9ms, 上电复位模块 (POR) 在系统电源达到 3.3V 时, 延时 20ms 后芯片正常工作, 两个时间重叠, 所以在系统电源达到 3.3V 后, 再等待 20ms 用户才可以操作寄存器。
- **热复位 (RST 脚拉高) 和软复位 (SRSTREG=0x55):** 由于此类复位系统电源正常, 晶振正常工作, Vref 参考电压正常工作, 复位后需要等待 2ms 才可以操作寄存器。

8. ATT7051/53/59AU 上电后多久会出脉冲？

A: 如果电流加 350uohm 锰铜, Ib=5A, 对应到电流通道的采样值是 1.75mv, 如果电压通道采样是 220mv, 脉冲常数为 3200imp/kWh, 在默认模拟增益为 1 倍时, 经过 3.3VCC 的 800us 稳定时间后, 需要再等待 16 秒左右才会出一个脉冲;

在使用锰铜的方案中, 一般建议用户选择电流通道采用 16 倍增益, 故 MCU 只有在完成对 ATT7051/53/59AU 的初始化已后, 才会根据脉冲常数和电流的大小以相应时间出脉冲, 不会出现电表还没有初始化就冒脉冲的现象。

9. 如果只使用 2 路 ADC, 第二路电流通道怎样处理最好？

A: ATT7051/53AU 的采样通道输入的是差分信号, 最好把两个 PIN 连接在一起拉到 AGND, 以避免可能存在过高的共模信号。也可以将差分 PIN 连接后再串联 10ohm 电阻到地, 以提高可靠性。

10. ATT7059 AUVS ATT7053AU

A:

- ATT7059AU 与 ATT7053AU 除了第二路电流的 ADC 输入 pin 外, 其余管脚兼容, 寄存器上也完全兼容 (第二路 ADC 相关的功能没有), SUMChecksum (18H) 默认值也和 ATT7053AU 相同, 为 0x010169。
- 由于外部 pin 上未提供第二路电流 ADC 输入, 建议客户将第二路电流 ADC 保持其默认关闭状态。
- ATT7053AU 的程序和硬件关闭第二电流通道相关功能, 可以完全兼容 ATT7059AU。

11. P-offset 和 RMS-offset 应用以及对视在功率的影响

A:

- **P-offset:** ATT7051/53/59AU 的 P-offset 功能可以改善因板级噪声引起的小电流误差大的问题。一般 5%Ib 精度不大于 3% 时可以通过 P-offset 进行校正, 否则应检查 Ib 时的精度误差, 以及改善电源、布板, 降低板级噪声。
- **RMS-offset:** 因上述同样原因导致小信号 RMS 误差大时, 可以通过 RMS-offset 进行校正。建议用户在输入为 0 时读取 IRMS 的多次平均值, 乘上 0.5, 然后根据公式 $(I_{rms}^2)/(2^{15})$ 计算写入 RMSOFFSET 寄存器。
- **输入为零或者干扰试验时, 视在功率有大值或者冒脉冲的现象:**
正常情况下, 在 RMS-offset 补偿后, 0 输入下视在功率不会出现很大的值或者冒 S 脉冲的现象。根据公式 $S = URMS * IRMS$, 如果有较大的噪声干扰到电流通路, 此时会影响 IRMS, 进而会影响到视在功率。但此时不应该发脉冲, 因为 S 视在是通过 P 和 Q 均小于启动阈值来完成潜动的。

如果有 S 脉冲, 说明 P 或者 Q 未被潜住, 这时用户应检查:

- 看有功功率寄存器是否大于启动阈值, 如果有, 进行 P-offset 校正;
- 看无功功率寄存器是否大于启动阈值, 如果有, 进行 Q-offset 校正;

12. 如何使用第二路电流通道设计防窃电功能

A: 用户可以手动选择相应的通道进行计量, 也可设置自动防窃电功能, 自动切换电流通道。

➤ **手动方式:** 用户在程序中判断是否发生窃电。

- 开启第二电流 ADC 通道: `Adc_I2on=1`;
- 使能第二路功率计算: `PPXEN=1`;
- 通过 `I2GAIN` 对第二通道的输出进行校正, 保证同样的输入电流时, 两个通道的有效值和功率输出一致;
- 设置 `CHNSEL` (`EMUCFG.5`) 选择当前的计量通道;
- 设置 `CIADD` 确定是否选择两路电流代数和相加模式;
- 在应用程序中设置窃电的判定方式。

➤ **自动防窃电方式:**

- 开启 ADC2 通道: `Adc_I2on=1`; (`43H.2`)
- 使能第二路功率计算: `PPXEN=1`; (`42H.0`)
- 选择防窃电的判断依据: 有效值 (`tampsel=0`, default) 或有功功率 (`tampsel=1`); (`40H.0`)
- 设置检测窃电的最低门限: 根据电流或功率值, 设置 `IPTAMP`; (`63H`)
- 设置通道间窃电阈值: `Chk` 表示两通道差值相对于电流或功率较大通道的百分比, 值域为 ± 1 ; (`62H`)
- 通过 `I2GAIN` 对第二通道的输出校正, 保证同样的输入电流时, 两个通道的有效值和功率输出一致;
- 开启防窃电功能: `FLTON=1`; (`40H`)
- 定时察看窃电标致: `TAMP` (`EMUSR`) = 1 表示发生窃电;
- ATT7051/53/59AU 会根据窃电情况自动选择当前的计量通道, 并且指示在 `ChanelStatus/I2PPXGTI1P` (`EMUSR`) 中。
- 窃电恢复正常后的计量通道选择: 如果 `I1` 接火线, `I2` 接零线, 以有效值为例, $I2 > I1 * (1 + \text{CHK})$ 时, 自动判断发生窃电, 窃电标志 `TAMP` 置位, 采用 `I2` 计量; $I2 \leq I1 * (1 + \text{CHK})$ 时, `TAMP=0`, 仍采用 `I2` 计量; $I1 > I2 * (1 + \text{CHK})$ 时, 恢复 `I1` 计量。

注, 这里采用一个滞回区域, 是为了防止电流在 $I1 * (1 + \text{CHK})$ 点抖动, 导致计量通道频繁切换而不能正常计量。如果采用功率作为防窃电判定依据, 方法同理。

13. ATT7051/53/59AU 适用的计量交流电频率范围是多少

A: ATT7051/53/59AU 设计的计量交流电频率范围是 45Hz 到 65Hz, 在此频率范围内能够保证所有精度的正确性与精确性。

例如 0.5L 采用 PQ 方式校验, 频率影响量试验, 精度没有变化; 0.5L 采用移采样点方式校验, 在 45Hz 到 55Hz 的频率影响量试验中, 0.5L 的精度变化量在 0.1% 以内。

但在此频率范围以外, 例如中频 1KHz, 如果频率稳定, 计量参数会输出一个相对稳定的值, 还需要软件进行补偿; 如果输入信号频率跳动, 将无法适用。

14. 断相防窃电功能设计

A:

- ATT7053AU 的三路 ADC 可以控制分别打开;
- 当发生断相窃电时, 即检测到主电源已经丢失, 但电流通道有电流信号时, 用户可选择关闭电压通道 ADC, 只保留一路计量电流 ADC 通道, 并使用校表时写入寄存器 UCONST (64H) 的固定电压值来计算视在功率, 用来替代有功功率作惩罚性能量记录, 此时功耗也最小;
- 并且, 只有关闭电压通道 ADC, UCONST 才有效;
- 当启用断相防窃电功能时, 关闭电压通道 ADC, Rms_U (08H) 寄存器会一直为 0, 参与视在功率运算的电压为常数 $128 * UCONST$ 。

15. SPI 通讯设计

A: SPI 特点:

- ATT7051/53/59AU 作为 SPI 从机;
- ATT7051/53/59AU 以 SCK 上升沿输出数据, SCK 下降沿采样数据到 ATT7053AU, MSB 在前, LSB 在后;
- 通讯速率最高可达 1.4Mbps;
- 每次通讯为固定 1byte 命令+ 3bytes 数据, 处理完这 4bytes 后 CS 必需拉高一次, 数据部分不足 3 个字节的补 0 或 0xFF;
- SPI 对命令操作格式: 1byte 命令最高位 bit7 表示读写控制位, bit[6:0]表示数据地址:
bit7=0 ; 表示读命令, 用于 MCU 读取 ATT7053AU 的寄存器;
bit7=1 ; 表示写命令, 用于 MCU 更新 ATT7053AU 的寄存器;
- 当 SPI 速率为 500Kbps 时, 发送 1byte 命令与等待 3bytes 返回数据之间的 Δt 为 3 个 CLK 时间, 低于这个速度时不用考虑等待时间。
- **SPI 通讯可靠性:**
芯片提供 SPI 通讯数据备份寄存器 (0x16H) 和通讯校验和寄存器 (0x17H) 可以检测 SPI 的通讯数据正确与否。如果在通讯过程中发生 CS 拉高的情况, 会置位 SPIWrngIF (31H) 中断标志, 并通过 IRQ PIN 放出。

例程:

Unsigned long ReadSpi(unsigned char Com)

```
{  
    unsigned char n;  
    unsigned long data;  
  
    data=0;  
    //enable SPI  
    CS=1;  
    SCLK=0;  
    CS=0;  
    //send 1byte command, bit7 default with 0  
    for(n=7;n>=0;n--)  
    {
```



```
SCLK=1;
DIN=Com.n;
SCLK=0;
}
/* Delay(10); //if speed over 500bps, delay 3us */
//received 24bits data
for(n=23;n>=0;n--)
{
    SCLK=1;
    Data.n=DOUT;
    SCLK=0;
}
CS=1;
return(data);
}

void WriteSpi(unsigned char Com, unsigned long data)
{
//enable SPI
CS=1;
SCLK=0;
CS=0;
//send 1byte command,bit7=1
Com|=0x80;
for(n=7;n>=0;n--)
{
    SCLK=1;
    DIN=Com.n;
    SCLK=0;
}
//send 24bits data
for(n=23;n>=0;n--)
{
    SCLK=1;
    DIN=data.n;
    SCLK=0;
}
CS=1;
}
```

16. 能否选用第二路电流通道作为首选计量通道

A: 可以。

➤ 可以选择 I2 作为主计量通道，打开第二路 ADC 通道 (Adc_I2on=1)，使能 I2 计量功能 (PPXEN=1)

即可;

- 如果还需要保证 I1 与 I2 一致, 通过 I2GAIN 对第二通道的输出进行校正, 保证同样的输入电流时, 两个通道的有效值和功率输出一致;
- **此时的防窃电:** 可以使用手动防窃电, 不能使用自动防窃电功能, 因为用自动防窃电时, 当 I1、I2 均小于 IPTAMP 时, 系统默认 I1 通道计量。

17. 功率及有效值(RMS) 折计算公式

A: 功率、有效值的显示可以直接乘上相应的系数 Kx 即可。为了检验 Kx 是否正确, 可参照下面的近似折算公式。

有功功率折算公式:

$$P_x = \frac{Pr_{eg} * 51840 * 10^6}{2^{23} * EC * HFConst}$$

- Px —— 为计算出的实际的功率值, 单位: w
Preg —— 为从功率寄存器 PowerP 读取的功率值
EC —— 为电表的脉冲常数
HFconst —— 为 ATT7053AU 的 HFConst 寄存器

- 无功功率折算公式:

$$P_x = \frac{Pr_{eg} * 51840 * 10^6}{2^{23} * EC * HFConst}$$

- Px —— 为计算出的实际的功率值, 单位: Var
Preg —— 为从功率寄存器 PowerQ 读取的功率值
EC —— 为电表的脉冲常数
HFconst —— 为 ATT7053AU 的 HFConst 寄存器

- **IRMS 折算公式:**

$$I_x = \frac{I_t}{R_{is} * Gain * 1.11 * 2^{23}}$$

- Ix —— 为计算出的实际的电流值, 单位: A
It —— 从 IRMS 读取的电流有效值数据
Ris —— 电流取样电阻阻值
Gain —— 电流通道增益

注: 如果使用电流互感器取样, 还需要乘以互感器的变比

- **URMS 折算公式:**

$$U_x = \frac{U_t * R_t}{R_{us} * Gain * 1.11 * 2^{23}}$$

Ux	—— 为计算出的实际的电压值，单位：V
Ut	—— 从 URMS 读取的电压有效值数据
Rt	—— 电压通道电阻串的总电阻值
Rus	—— 为电压取样的分压电阻阻值
Gain	—— 电压通道增益

注：以上公式计算出的功率值是比较精确的，但有效值只能作为粗调，还需要参考用户手册最后推荐的校表流程第 7 步进行精确校验。

18. 考虑到 P-offset 和使用第二路电流通道的校表流程

A: 参看如下简单的过程，校表细节和公式请参考用户手册。

校表开始

- 1, 高频脉冲常数 HFConst 校正;
- 2, 第一通道增益 GP1、GQ1、GS1 校正;
- 3, 第一通道相位 GPhase1 校正;
- 4, 有效值转换系数 K_I1rms, K_Urms 校正;
- 5, 功率增益转换系数 Kpqs1 校正;

检查小信号误差，如果误差略大，执行 6，否则可以跳过;

- 6, 进行 P1-offset, Q1-offset 校正;

第二路电流通如道校正：果初始化打开第二电流通道，校表还要执行 7~11，否则可以跳过；（注意 I1、I2 的切换）

- 7, 校验 I2GAIN;
- 8, 第二通道增益 GP2、GQ2、GS2 校正;
- 9, 第二通道相位 GPhase2 校正;
- 10, 第二路电流 K_I2rms 校正;
- 11, 第二路功率增益转换系数 Kpqs2 校正;

如果校验了 P1offset，执行 12，否则可以跳过;

- 12, 进行 P2-offset, Q2-offset, 校正;

结束

19. AllGain 的计算公式

A: ALLGain 是同时对电压/电流进行补偿的，主要用于补偿温度引起的 Vref 变化。由于 Vref 的变化同时影响电压和电流，因此 vref 引起的功率误差为 Err，电压/电流变化为 Err/2，则：

➤ 精确公式：

Vref0 为常温参考电压，Vref1 为其他温度下参考电压，则，

$$Err = 1 - \frac{Vref1}{Vref0}, \quad Gain = -\frac{Err}{1 + Err}$$

若 Gain > 0, 则 AllGain = Gain * 2^15;

若 $\text{Gain} < 0$ ，则 $\text{AllGain} = 2^{16} + \text{Gain} * 2^{15}$;

➤ 粗略公式：假设所有误差都是由芯片引起， Err 为功率的误差，则：

$$\text{Gain} = -\frac{\text{Err}}{2(1 + \text{Err})}$$

若 $\text{Gain} > 0$ ，则 $\text{AllGain} = \text{Gain} * 2^{15}$;

若 $\text{Gain} < 0$ ，则 $\text{AllGain} = 2^{16} + \text{Gain} * 2^{15}$;

注：整表温度影响量不仅与芯片 vref 的温度系数相关，与外围也相关，**ALLGAIN** 主要针对芯片本身受温度引起的误差变化。

20. 精度重复校验公式

A:

➤ **PGain** 的重复校验公式

名称定义：

PGain1 为第一次写入的增益寄存器值;

PGain2 为第二次写入的增益寄存器值;

Gain2 为第二次写入的实际增益（小数）;

Err 为用户第二次看到的误差值（小数表示，1%为 0.01）;

注：由于该寄存器为 16 位，最高位为符号位，所以存在正负的区别。

公式如下：

■ 如果 $\text{PGain1} < 2^{15}$ 则：

$$\text{Gain2} = \frac{1 + \text{PGain1}/2^{15}}{1 + \text{Err}} - 1$$

如果 $\text{Gain2} \geq 0$ ，则 $\text{PGain2} = \text{Gain2} * 2^{15}$

如果 $\text{Gain2} < 0$ ，则 $\text{PGain2} = 2^{16} + \text{Gain2} * 2^{15}$

■ 如果 $\text{PGain1} \geq 2^{15}$ ，则：

$$\text{Gain2} = \frac{1 + \frac{\text{PGain1} - 2^{16}}{2^{15}}}{1 + \text{Err}} - 1$$

如果 $\text{Gain2} \geq 0$ ，则 $\text{PGain2} = \text{Gain2} * 2^{15}$

如果 $\text{Gain2} < 0$ ，则 $\text{PGain2} = 2^{16} + \text{Gain2} * 2^{15}$

➤ **PQ 方式 Gphs1 重复校验公式：**

名称定义：

Gphs1 为第一次写入的增益寄存器值，

Gphs2 为第二次写入的增益寄存器值，

Gain2 为第二次写入的实际增益（小数），

Err（小数表示，1%为 0.01）为用户第二次看到的误差值

注：由于该寄存器为 16 位，最高位为符号位，所以存在正负的区别。

公式如下：

如果 $Gphs1 < 2^{15}$ 则：

$$Gain2 = \frac{1 + Gphs1 / 2^{15}}{1 + Err} - 1$$

如果 Gain2 大于等于 0，则 $Gphs2 = Gain2 * 2^{15}$

如果 Gain2 小于 0，则 $Gphs2 = 2^{16} + Gain2 * 2^{15}$

如果 $Gphs1 \geq 2^{15}$ ，则：

$$Gain2 = \frac{1 + \frac{Gphs1 - 2^{16}}{2^{15}}}{1 + Err} - 1$$

如果 Gain2 大于等于 0，则 $Gphs2 = Gain2 * 2^{15}$

如果 Gain2 小于 0，则 $Gphs2 = 2^{16} + Gain2 * 2^{15}$

21. P_offset 采用功率法校验的换算公式

A:

➤ P_offset 的公式如下：

$$P_offset = \frac{Preal * EC * HFConst * 2^{23} * (-Err\%)}{5.184 * 10^{10}}$$

其中：

- Preal 是标准表上的功率值；
- EC 是表常数；
- HFConst 是高频脉冲常数。

➤ Err 的计算方法：

$$Err = \frac{Pdisp - Preal}{Preal} \times 100\%$$

其中：

- Pdisp 是液晶上面显示的功率值；

➤ 代入 P_offset 计算公式可得：

$$P_offset = \frac{EC \times HFConst \times 2^{23} \times (Preal - Pdisp)}{5.184 * 10^{10}}$$

其中：

- 注意，Pdisp 是寄存器值乘以了 Kpqs 系数后的值；
- 建议客户多读几次 Pdisp 做平均后再代入公式计算；

注：若 Femu 选择 1.8MHz，上式结果除以 2；
450KHz，结果乘以 2；

22. AUTODC 可以长期打开吗？

A：建议客户不要长期打开 AUTODC，即 AUTO=1，ModuleEn（42H）Bit13。

AUTO=1：表示使能直流偏置校正，一般直流电表应用或 I、U 通道都接互感器的方式需要用到该功能，必须在前端同时关闭 3 个通道的高通（否则会引入相位差），使输入为 0，自动校正直流偏执，校正结束后，此位自动清 0；关闭高通使 DC 信号进入芯片内部运算环节，通过 I1off、I2off、Uoff 将直流成分减掉。

一般计量交流电的电表不需要修改此位。

23. 7053AU 无功相位补偿校正

A：无功相位校正（QPhsCal）：

默认值对应于 femu=900K 时的情况，不需要再校正；EM 为其他频率时需要按照下面的公式进行校正：
在无功 0.5L（无功 U，I 夹角为 30 度）时进行校正，功率 Q 的误差值为：Err

QPhsCal 的计算公式为：

$$\text{Result} = \frac{\text{Err} \times 2^{15}}{1.732} - 256$$

如果 Result 为正数，则 QphsCal = Result；

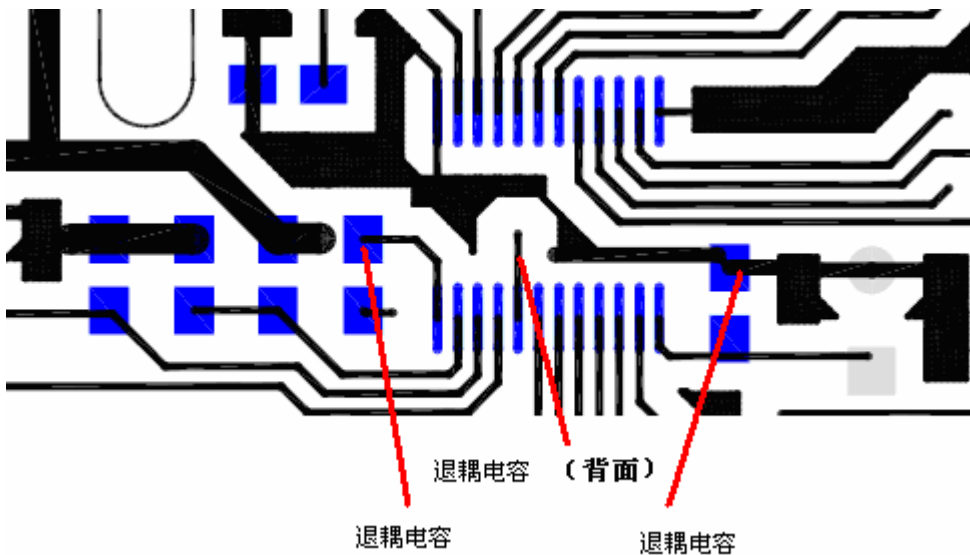
如果 Result 为负数，则 QphsCal = 65536+Result；

24. 如何通过射频辐射抗扰度试验？

A：

- 1、AVCC/DVDD 再增加 30pF(npo 材质最好)退耦电容，并靠近芯片管脚，电容最好是 NPO 材质，因 NPO 材质具有更好的 RF 特性；
- 2、Vref 加 0.1uF 退耦电容，并靠近芯片管脚；
- 3、AGND 与 Vref 退耦电容共 GND，不能切割；
- 4、AGND/GND 做到大面积铺。

如图所示：



25. 如何解决脉冲群试验中 IRMS 不为零的现象？

A: 对于 EFT 的噪声较难滤掉而表现出的 Irms 不为零的现象，可以用软件的方法规避：

已验证：

功率 P 在 EFT 实验的时候的变化为 0.1% 以下

功率 Q 在 EFT 实验的时候变化更小。

软件的判断标注是：

当有功功率值 大于 0.3% 或者 无功功率值 大于 0.3%

此时显示电流有效值

当然用户可以把条件反过来判断：

当有功功率值 小于 0.3% 并且 无功功率值 小于 0.3%

此时不显示电流有效值

在 EFT 实验的过程中没有看到视在 S 发脉冲的情况，说明有功无功被潜住了，视在功率也就被潜住。

26. 7053AU/7059AU 怎样做直流表

A:

- 关闭芯片内部的数字高通滤波器，让直流信号进入内部运算环节，42H [1: 3]=000；
- 使能直流偏执校正，即校正前设置 AUTO=1 (42H.13)；
- 应用时，保证在输入为 0、高通关闭的情况下，做 Offset 校正，AUTODC 自动校正的结果放在 I1off (5CH)、I2off (5DH)、Uoff (5EH)，读出这些寄存器中的校正值保存在非易失性存储器中（例如 EEPROM），芯片再次复位后，只需在关闭高通的情况下将之前保存的校验结果重新写回 I1off、I2off、Uoff；
- 在自动偏执校正结束后，检查 Irms 的精度，在出现偏差的小信号（例如 5%Ib）进行 IRMS-Offset 校正；
- 做直流计量，ADC 输入的信号在 >2mV 时，Err<0.3%

27. 7053AU 的电源电压抑制比特性

A: 7053 的 AVCC 在 3.0V~3.6V 范围内, 每变化 0.1V, 会引起精度误差 0.2% 的变化。
所以, 建议在电源设计时充分考虑此特性, 采用稳压设计给 AVCC 供电。

注: 7053BU 不存在此问题, 在整个工作电压范围内 4.5V~5.5V, 误差呈线性变化, 并<0.2%。