ATT7022B 的应用笔记

本应用笔记介绍了用 ATT7022B 做多功能电能表的设计方法，供大家参考，在阅读该应用笔记前，建议先仔细阅读 ATT7022B 的用户手册。

概述

ATT7022B 是一颗精度高且功能强的多功能防窃电基波谐波三相电能专用计量芯片，它集成了七路二阶 sigma-delta ADC，其中三路用于三相电压采样，三路用于三相电流采样，还有一路可用于零线电流或其他防窃电参数的采样，输出采样数据和有效值，使用十分方便，该芯片适用于三相三线和三相四线应用。

该芯片还集成了参考电压电路以及所有包括基波、谐波和全波(**基波+谐波，以下简称全波**)的各项电参数测量的数字信号处理电路，能够测量各相及合相包括基波、谐波和全波有功功率、无功功率、视在功率、有功能量以及无功能量，同时还能测量频率、各相电流及电压有效值、功率因数、相角等参数，提供两种视在电能（PQS、RMS），充分满足三相多功能电能表以及基波谐波电能表制作的需求。

ATT7022B 内部的电压监测电路可以保证加电和断电时正常工作，提供一个 SPI 接口，方便与外部 MCU 之间进行计量参数以及校表参数的传递。支持全数字域的增益、相位校正，即纯软件校表。有功、无功电能脉冲输出 CF1、CF2，可以直接接到标准表，进行误差校正，而 CF3、CF4 输出基波/谐波下的有功和无功电能脉冲或者 RMS、PQS 视在电能脉冲。

一、 硬件电路设计

ATT7022B 封装为 44 脚 QFP 形式，外围硬件电路主要包括电源、电压及电流模拟输入、脉冲输出及 SPI 通讯接口等电路。

摸拟输入电路

ATT7022B 内部集成了 7 路 16 位 A/D 转换器，电流通道有效值在 2mV 至 1V 的范围内线性误差小于 0.5%；电压通道有效值在 10mV 至 1V 的范围内线性误差小于 0.5%；电压取值在 0.2V 到 0.6V（放大后的电压值，建议电压取样信号为 0.1V，电压通道的放大倍数选 4 倍），电流取值在 2mV 至 1V， 电能线性误差小于 0.1%。

每路 ADC 的交流输入由管脚 VxP 和 VxN 输入，同时要求 VxP、VxN 迭加 2.4V 左右直流偏置电压，该偏置电压可以由芯片的参考电压输出 REFOUT 获得，也可以由外部基准电压提供。

三相表计量芯片的采样电压输入可采用电阻分压方式（如图 1 和图 2）或电压互感器方式（如图 3），也可先将电压转换成电流，通过电流互感器，再将电流转换成电压的方式（如图 4），后两种方式采用了互感器，将芯片与电网进行了隔离，从而可以获得良好的抗干扰性能。图 1 将零线 VN 与芯片的参考电压输出 REFO 连起来，方便地实现了将交流采样信号迭加在 2.4V 的偏置直流上，图 2 的电路将零线与芯片的地连接，适用于电源采用自耦变压器的应用场合。

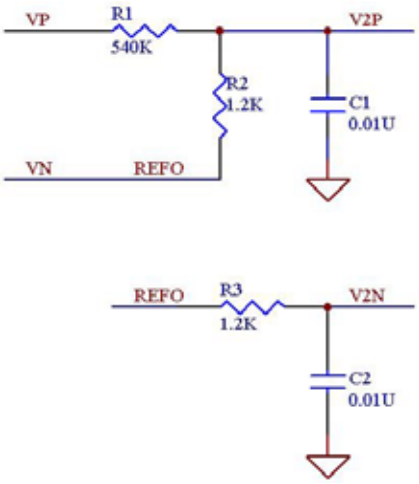


图 1 电压采样采用电阻分压输入（零线接参考输出）

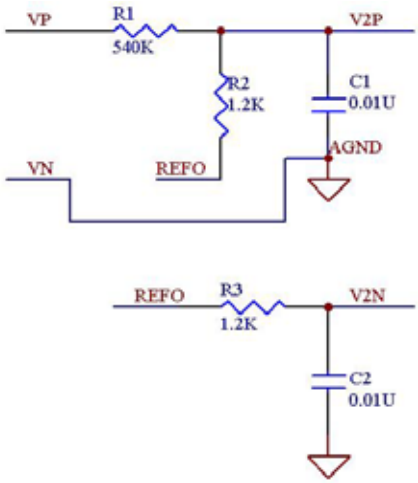


图 2 电压采样采用电阻分压输入（零线接地）

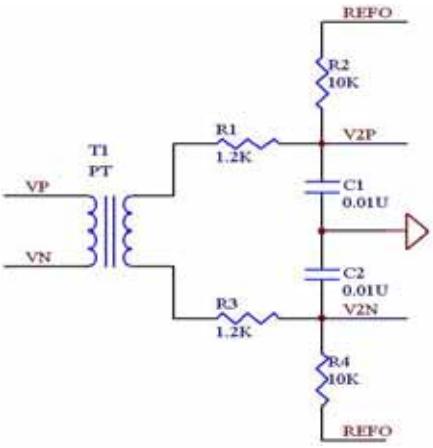


图 3 电压采样采用电压互感器输入

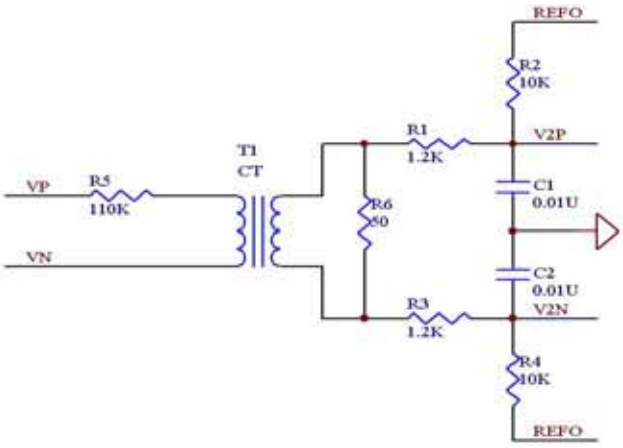


图 4 电压采样采用电流互感器输入

图 1、图 2 中 VP 与 VN 为是电网电压，图中的参数是对 220V 为参考电压而设计的，图 3 中的 PT 将电网电压（如 220V）变换为采样电压，图 4 中的 CT 是 1：1 的变换器（如 2mA 到 2mA）。

电流采样都是通过电流互感器完成的，有以下几种接线方式。

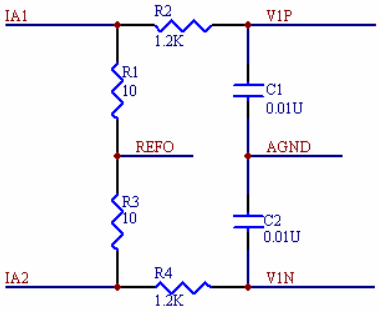


图 5 电流采样差分输入

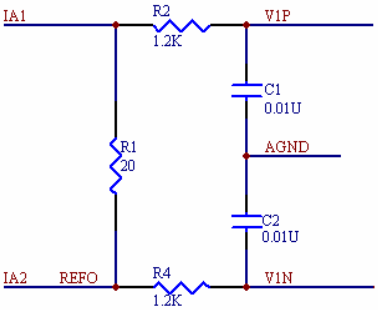


图 6 电流采样单端输入

图 5 与图 6 中 IA1、IA2 是电流互感器的二次侧信号。第七路 ADC 输入也可参考这种接法。

在采样输入信号设计时应注意以下几点：

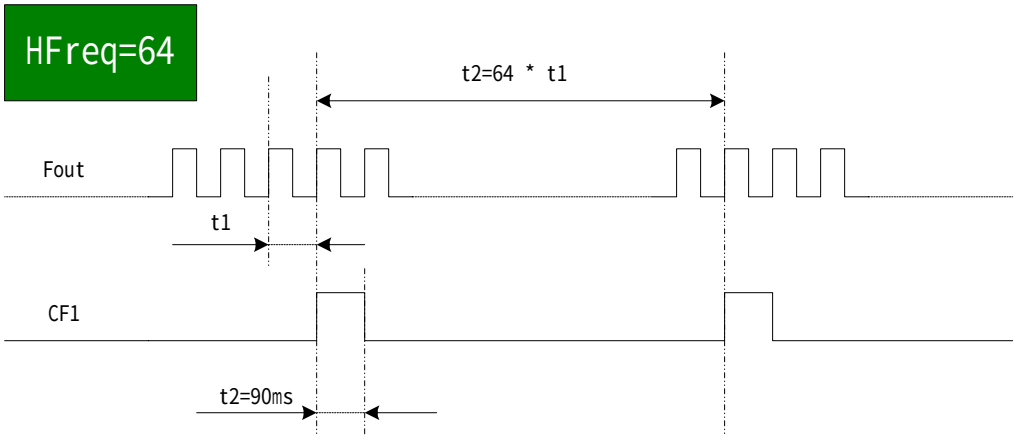
1、 无论任何输入方式，输入引脚的 VxP 和 VxN 的直流偏置电压为 2.45V 左右，偏置电压由芯片的第 11 脚 REFOUT 提供，否则不能准确计量。
2、 为保证测量精度，芯片第 5 脚外接滤波电容应尽量靠近管脚处，走线粗短，远离其它信号线，且两个电容均不可省去。电容的接地点应与采样信号的地线尽可能短的连在一起。
3、 VxP 和 VxN 输入电路中电阻 1.2K 和电容 0.01uF 构成了抗混叠滤波器，其结构和参数要讲究对称，并采用温度性能较好的元器件，从而保证电表获得良好的温度特性。
4、 任意一相电流与电压反向时，芯片第 40 脚 REVP 输出高电平，据此可以判断接线是否有错。
6、芯片的输入脚 SEL 接高电平为选择三相四线接线方式，接低电平为选择三相三线接线方式。
7、三相三线电表采用两元件测量方式，B 相不参与电能计量，端子接线上用 VB 替代三相四线的 VN。电压采样输入 V4P 与 V4N、电流采样输入 V3P 与 V3N 可做为独立的信号输入，其电压、电流、功率、功率因数值可读 B 相相应的寄存器。

电能脉冲输出电路

下面是有功电能脉冲信号生成的过程框图：

电压、电流信号经变换后在 DSP 中相乘得到瞬时功率，对时间积分后成为电能信号，根据设定的合相能量累加模式将三相电能做绝对值相加或代数值相加运算，并将结果变换为频率信号，然后按照用户设定的分频系数进行分频，得到可用于校表的电能脉冲输出信号。

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



无功电能脉冲信号则是 DSP 中得到的无功瞬时功率，对时间积分后成为无功电能信号，再去生成无功电能脉冲信号，基波、谐波有功和无功也是同样，它们都需要根据设定的合相能量累加模式将三相电能做绝对值相加或代数值相加运算，并将结果变换为频率信号，然后按照用户设定的分频系数进行分频，得到可用于校表的电能脉冲输出信号。脉宽和周期部分的生成都是一样的，其生成的过程总体框图如下：

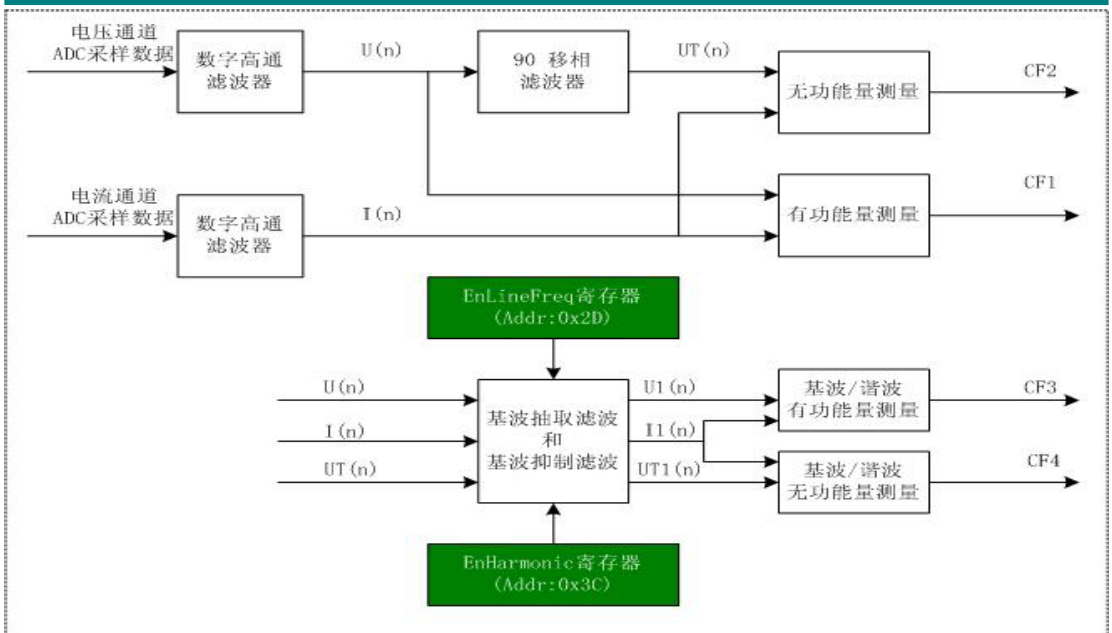
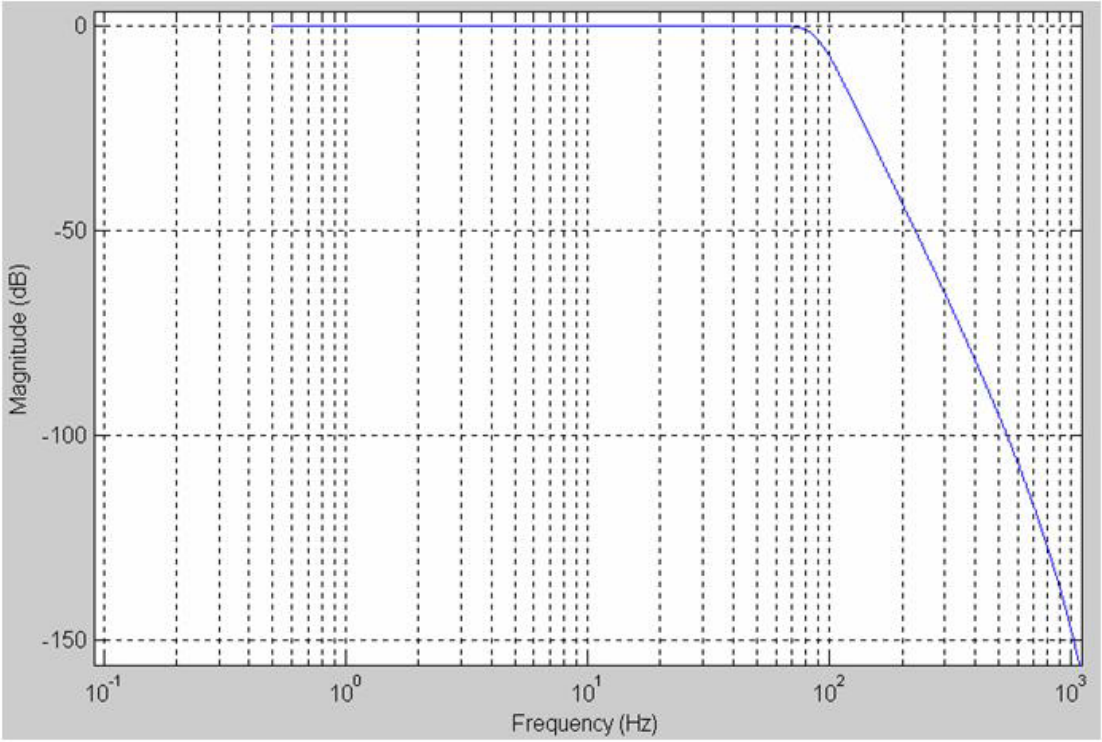


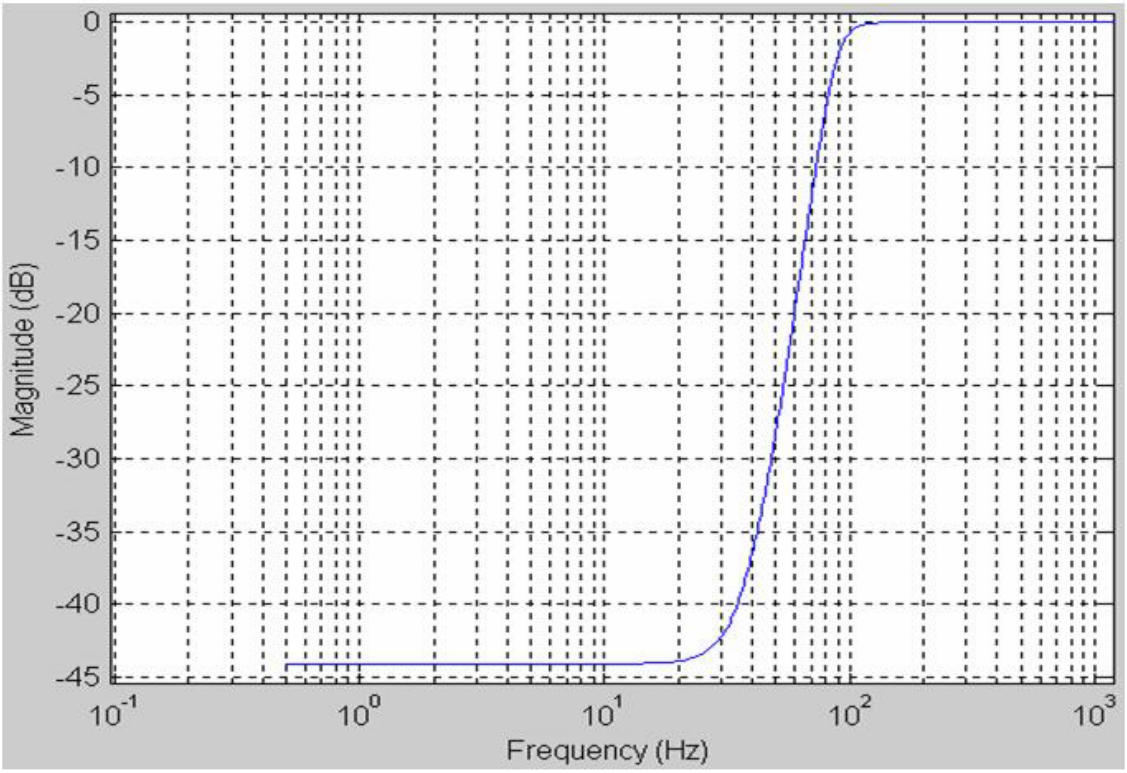
图2-23-1 基波/谐波能量测量

由上图可见，通过两个寄存器（0x2D 和 0x3C）的设置，可以开通基波或谐波电能的计量功能。基波测量使能控制寄存器 EnLineFreq=0x007812，基波测量与谐波测量切换选择寄存器 EnHarmonic≠0x0055AA 时，选择基波表模式，此时 CF3/CF4 分别输出基波有功脉冲和基波无功脉冲; EnLineFreq=0x007812, EnHarmonic=0x0055AA 时，选择谐波表模式，此时 CF3/CF4 分别输出谐波有功脉冲和谐波无功脉冲。

基波抽取滤波器和基波抑制器完成基波或者谐波信号处理功能。其中基波抽取滤波器对高于 3 次(150Hz)以上的谐波信号进行衰减，仅保留基波成分，谐波衰减率在-30dB 以上；基波抑制器对基波信号进行衰减，仅保留谐波成分，基波衰减率在-30dB 以上，如下图：



说明：基波抽取滤波器对高于 3 次(150Hz)以上的谐波信号进行衰减，仅保留基波成分，谐波衰减率在-30dB 以上；



说明：基波抑制滤波器对基波信号进行衰减，仅保留谐波成分，
基波衰减率在-30dB 以上

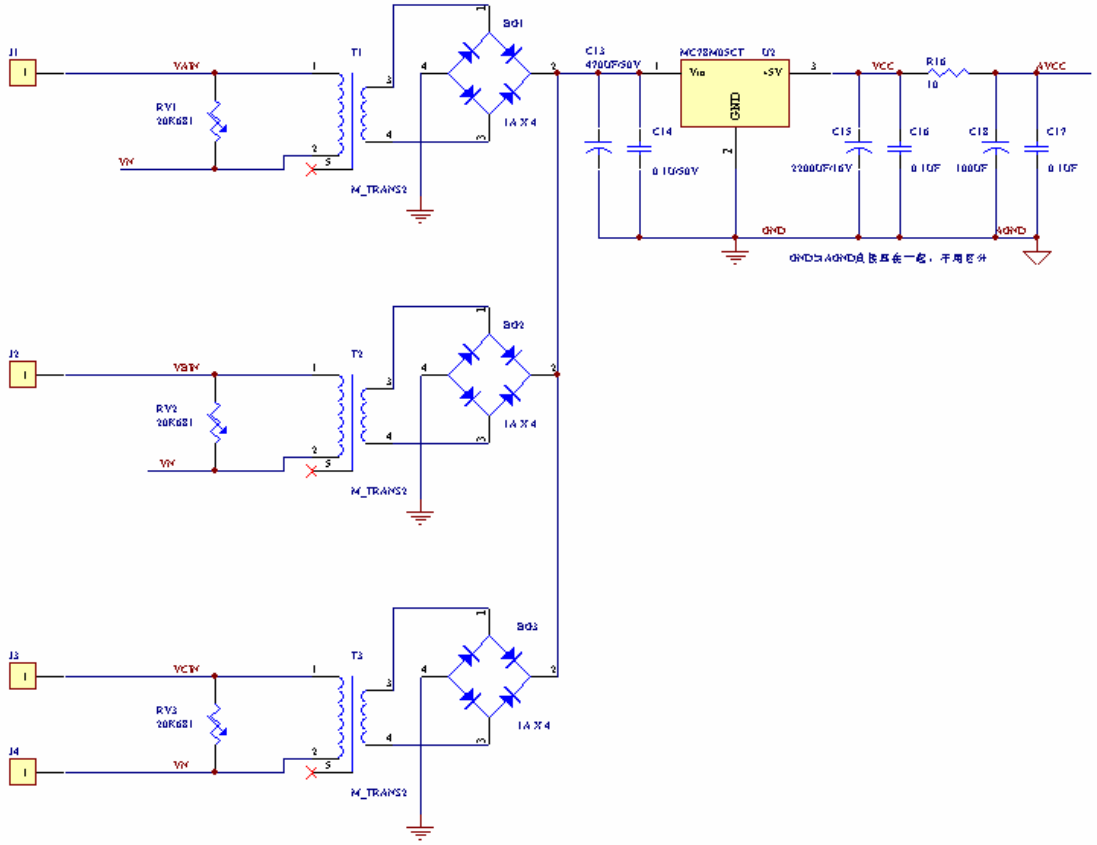
在进行电能脉冲输出信号设计时应注意以下几点：

1、选择合适的合相能量累加方式：三相电能以代数和或以绝对值和方式累加。ATT7022B 复位后对三相四线表（SEL 接高电平或浮空），合相能量累加方式默认为绝对值和，对三相三线表（SEL 接地），合相能量累加方式默认为代数和。通过写校表寄存器 0x2A，可以改变合相能量累加方式。

2、电能脉冲输出口 CF1、CF2、CF3、CF4 上所串电阻靠近管脚，如引线较长，可考虑在脉冲输出口管脚处接去耦电容，对电表获得良好的电磁兼容性有好处。

电源电路

下图是一个三相电源供电的原理图：



电源电路的设计对电表的性能尤为重要，为了保证良好的电磁兼容性，请注意以下几点：

1、电源电压 VCC、AVCC 应在 5V±5%以内。

2、建议在 7805 的输出端接 2200uF 的滤波电容。

3、GND 与 AGND 为数字和模拟电源参考点，在 PCB 布线时应将他们就近接大面积地，不要区分 GND 和 AGND，更不要在 GND 和 AGND 之间接电感、电阻和磁珠等元件。

4、大面积铺地不要铺到整流元件之前，电压采样的固定电阻下面也不要铺地，做到强、弱电分开。

5、去耦电阻 R16 及电容 C17、C18 靠近 IC 模拟部分保证较好的滤波效果。

6、用电阻网络分压取样电路，VN 应经压敏电阻后接内部电路。

与单片机的接口

ATT7022B 与单片机一般有 6 条连线，其中 4 条是 SPI 口线 CS、SCLK、DIN、DOUT，一条 ATT7022B 的复位控制线，一条握手信号线 SIG，在应用中应注意：

1、ATT7022B 采用 5V 电源供电，在与 3V 电源工作的单片机连线时要做电平转换。

2、SPI 通讯连线应尽可能短，并且周围用地线包起来，否则， SPI 传输信号线可能受到干扰。可以在 SPI 信号线上串联一个 10Ω电阻并在信号输入端加一个去耦电容，这个电阻靠近 IC 的输入端并与所接去耦电容结合起来可构成一个低通滤波器，从而可以消除接受信号的高频干扰。在保证 SPI 通讯速率正常的情况下，去耦电容可适当选大，以增强抗干扰能力，注意 CS、SCLK、DIN 所串电阻和所并电容要尽量靠近芯片，DOUT 所串电阻和所并电容要靠近单片机。虽然 ATT7022B 本身 SPI 读写有很完善的校验手段，其信号线加强抗干扰能力还是很重要的。

3、单片机必须对 SIG 信号或其状态进行监控。在上电或者 ATT7022B 受干扰复位，必须由外部 MCU 通过 SPI 口对校表数据进行更新，以保证计量的准确性。SIG 信号就是用来通知外部 MCU 的一个握手信号。在单片机的 SIG 输入口处接 0.01uF 的去耦电容，增强其抗干扰能力。当然也可以检测标志状态寄存器(地址：0x2C)的 bit.7 是否置位，以确定校表数据是否需要更新。

4、为了在上电和单片机复位后，ATT7022B 能与单片机同步的工作，ATT7022B 的 RESET 信号需要由单片机控制，复位过程为 RESET 信号保持大于 20uS 低电平，芯片复位，此时 SIG 输出高电平，然后单片机将 RESET 信号拉高，大约经 500uS 左右，ATT7022B 完成初始化，SIG 输出低电平信号，此后才能进行 SPI 操作。在 ATT7022B 的 RESET 端口处接 0.1uF 的去耦电容，增强其抗干扰能力。

判断芯片工作是否正常

在给 ATT7022B 上电后，如何判断芯片是否正常工作了呢？应该从下面几个方面进行检查：

1、 芯片上的电压是否正常。通电后 VCC、AVCC 应加 5V 电压，VDD（芯片第 33 脚和第 39 脚）是由芯片内部产生，这两个引脚主要用于外接滤波电容，不要做它用，也不要外灌电压，正常时为 3.0V。芯片的第 5 脚为内部用参考电压，第 11 脚为参考电压输出，用于为外部输入电路提供直流偏置，这两个引脚的正常电压在 2.3V 到 2.7V，是由内部电路产生的。

2、 由于 ATT7022B 计量部分采用了数字滤波器结构，所以为了保证测量精度，建议选用 24.576MHz 的晶振，检查晶体振荡是否正常，频率及幅度是否符合要求。

3、 RESET 信号（第 1 脚），正常工作时为高电平，如为低电平则芯片一直处于复位状态。

4、 SIG 信号在复位后处于低电位，当正确接受到单片机的任意一次写操作约 5uS 后，SIG 就成为高电平。

以上信号检查正常，说明芯片处在正常的工作状态，否则，应检查接线是否正确，有无短路、虚焊等故障。

二、电磁兼容设计

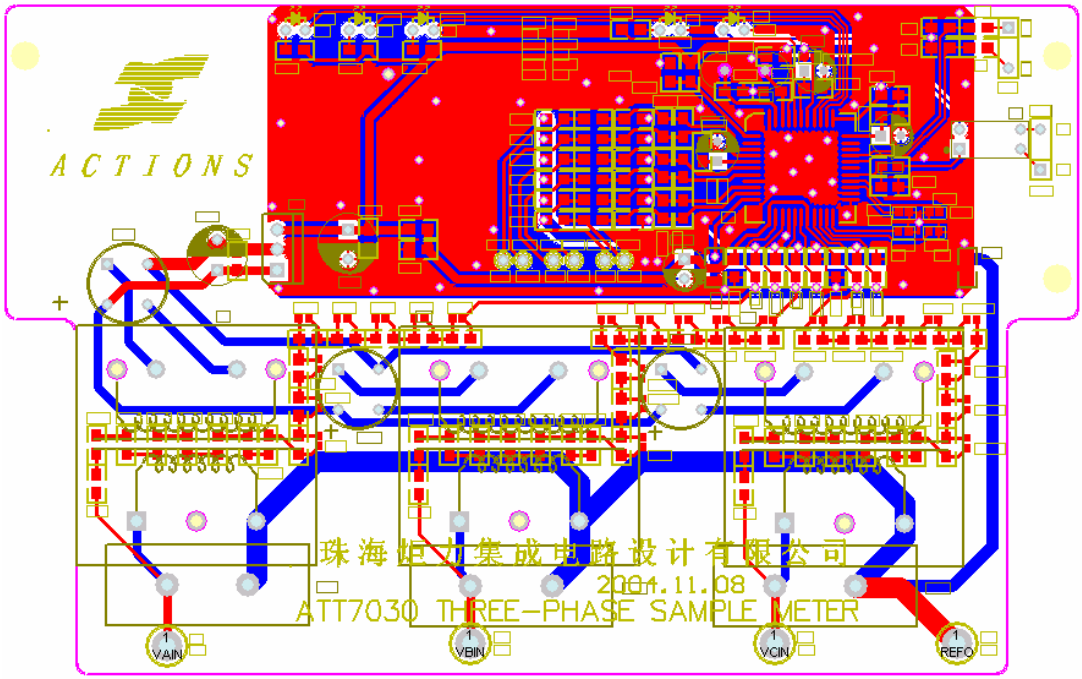
电表的电磁兼容设计是保证电表可靠性的重要环节。针对 ATT7022B 的应用，在此给出

几点建议，供大家参考。

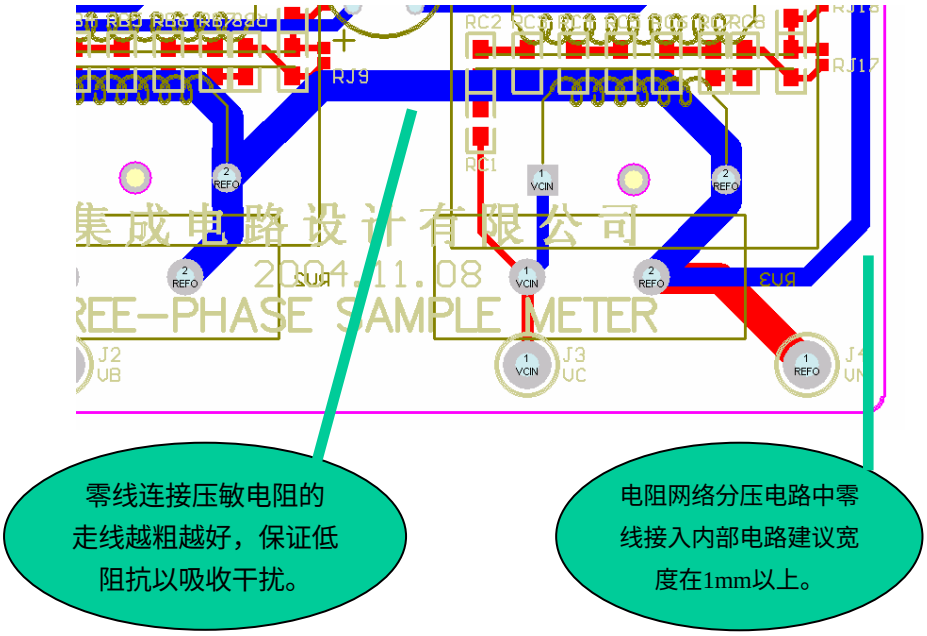
PCB 布线的说明

当正确的原理图设计完成后，需要将其转化为印刷线路板图，好的 PCB 设计，是获得良好的电磁兼容性能的基本保证。下图为应用 ATT7030A 的一款 PCB。

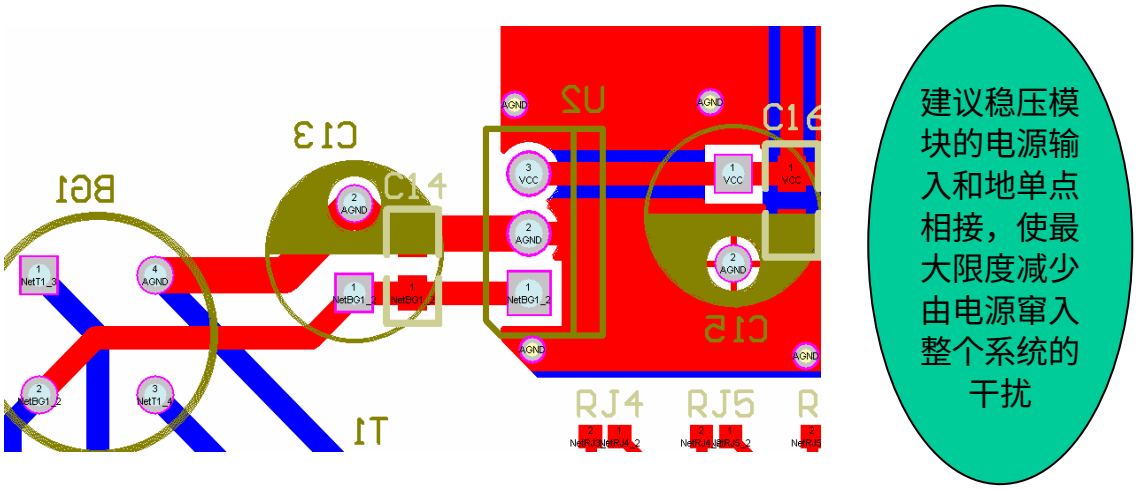
1、首先在元器件的布局上应注意强、弱电信号分开。



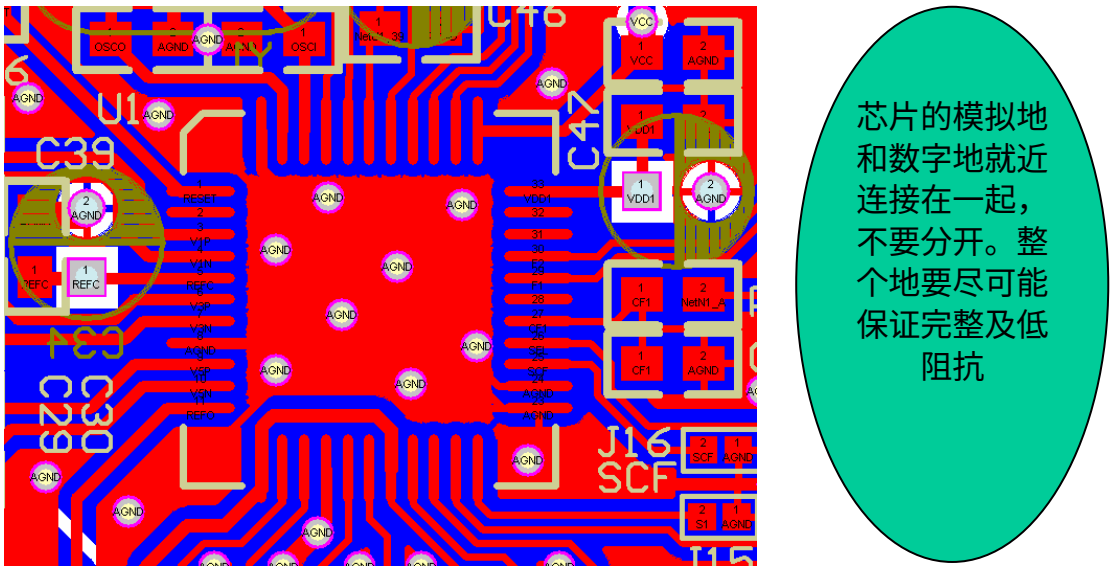
2、火线、零线首先应接入压敏电阻，从而使内部器件得到保护，在 EFT 测试时零线是一个很重要的干扰传导途径，走线要特别注意，在经过压敏电阻后，与电源变压器的连接和采样公共端的连接要很清晰的分开走，不要混在一起，这点很重要。



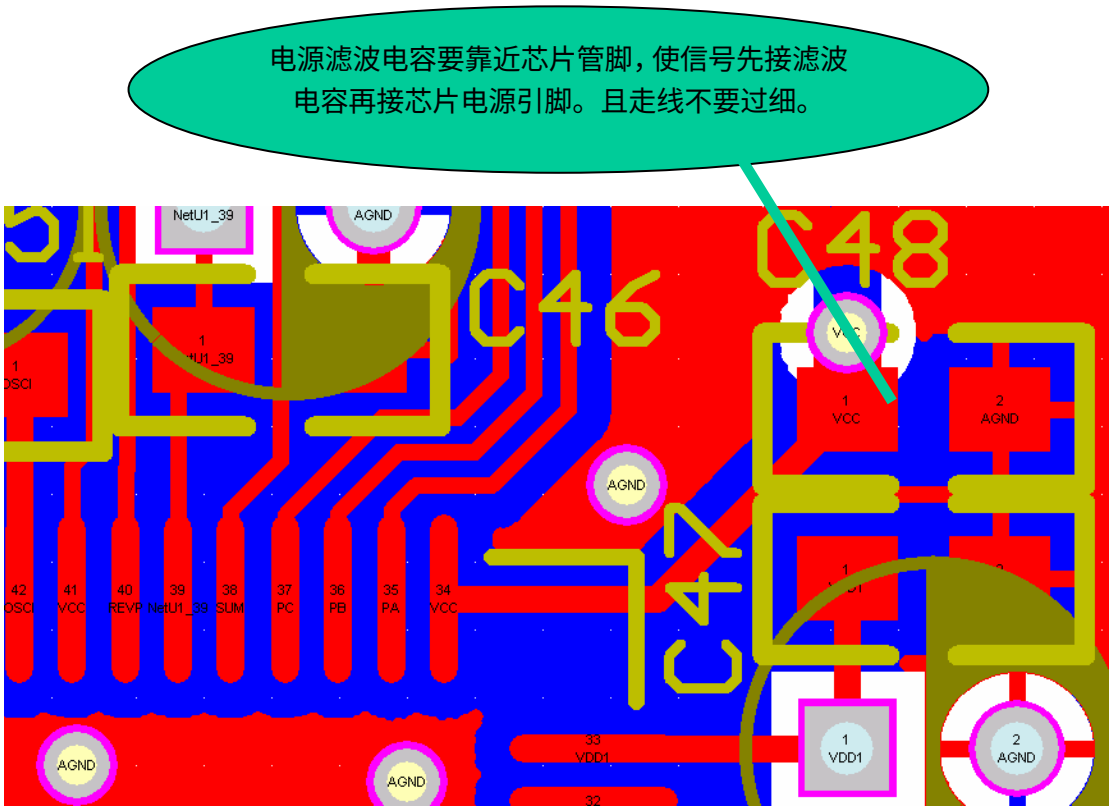
3、**地线的连接**对电磁兼容的性能有重要的作用，注意电源的地与信号的地的接入点。



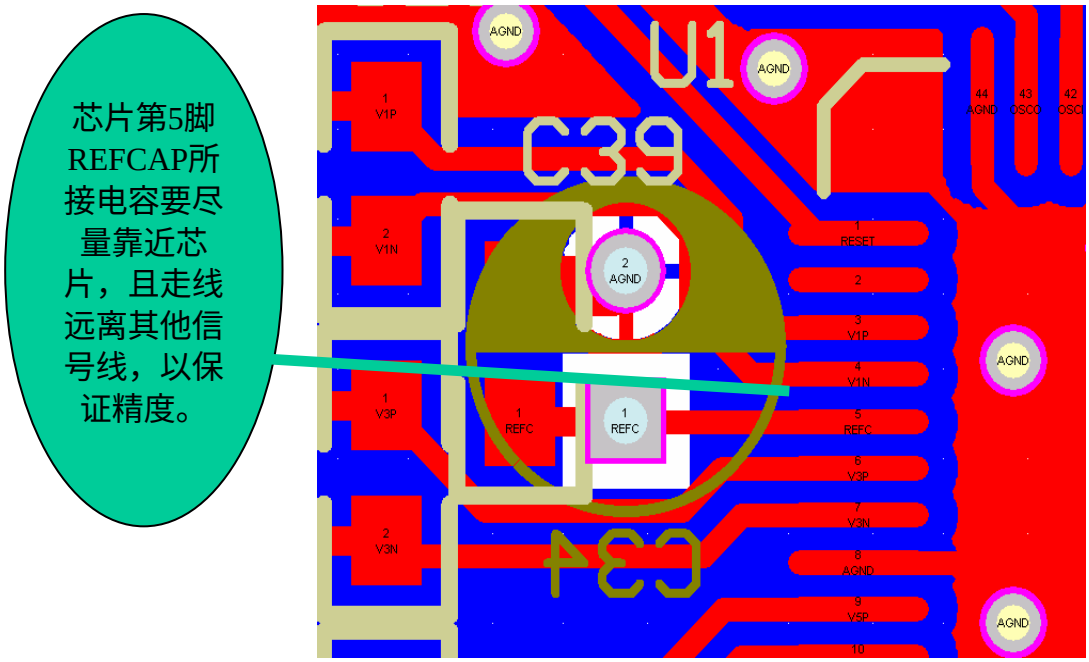
4、ATT7022B 有多种电源 VCC、AVCC，在布线时，注意芯片的模拟地和数字地应就近接，不要区分，尽可能减小地线上的电阻、电感及分布电容。



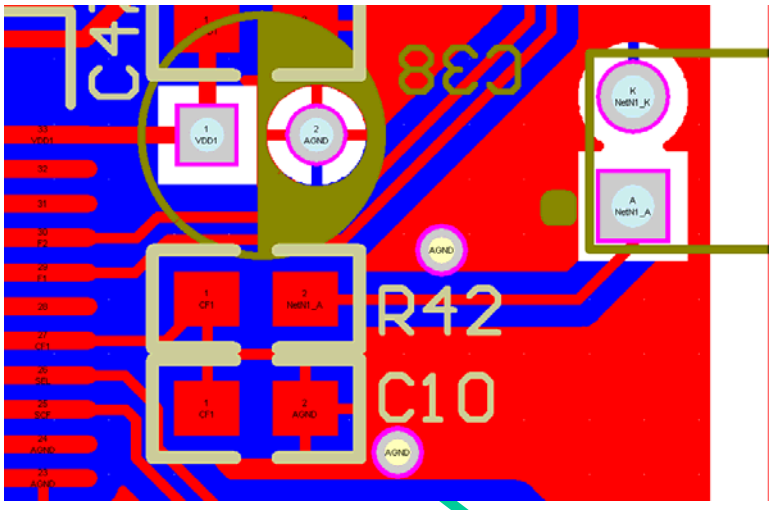
5、注意芯片电源引脚上滤波电容的位置。



6、芯片 REFCAP 脚为芯片内部模拟部分参考电压引脚，其对精度的影响非常大，外接滤波电容可以提高参考电压的稳定性。



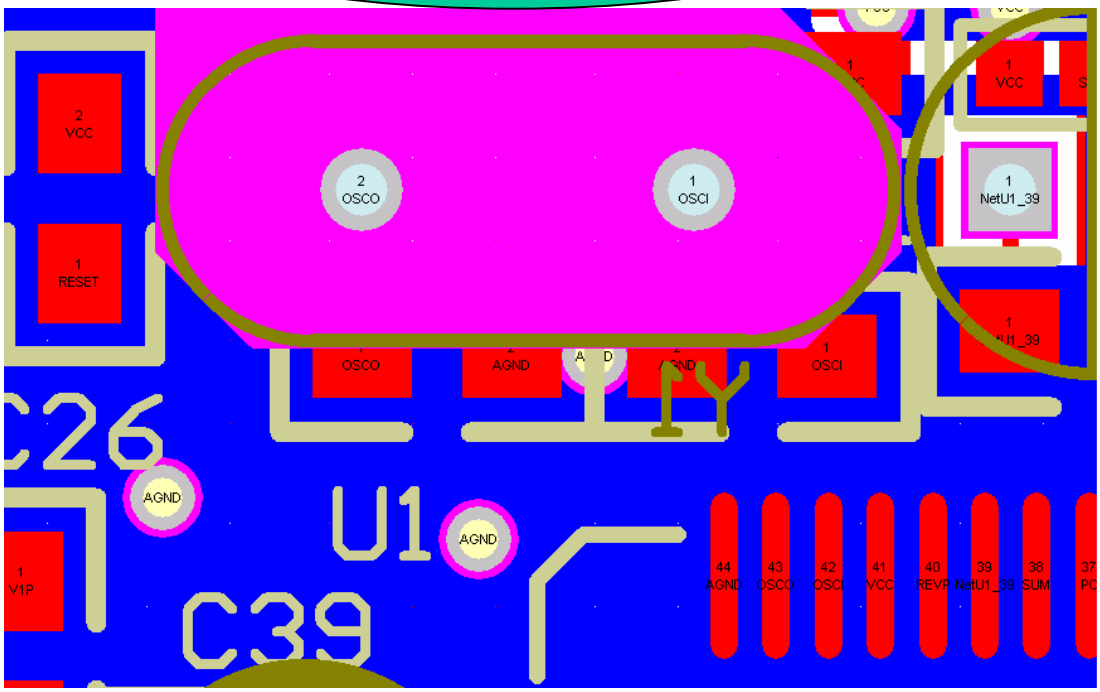
7、通常脉冲输出线的走线较长，所串限流电阻应靠近芯片。



芯片高频脉冲输出口所串电阻要尽量靠近芯片，靠近输出口应并一个0.01uF去耦电容

8、晶振是高频器件，在它的信号线附近布大面积地，不要有其他信号线从中穿过。

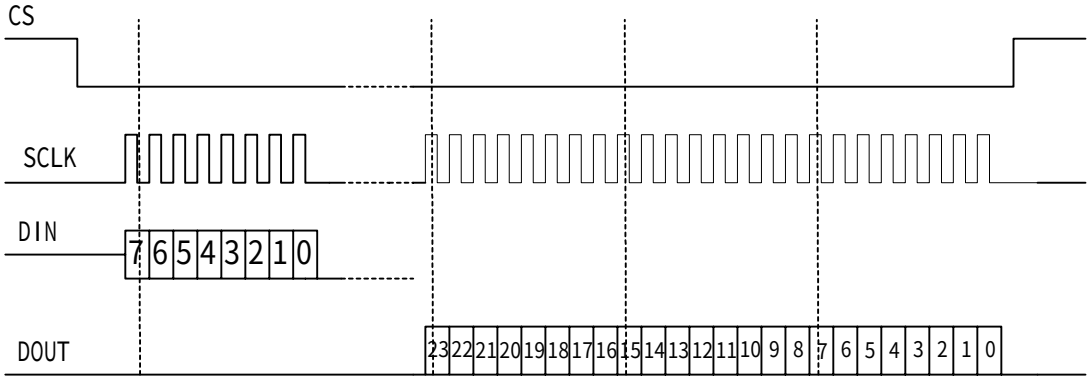
晶体外壳要良好接地，以保证其振荡不容易受干扰，从而保证整个系统的稳定。



通讯

ATT7022B 的 SPI 通讯格式是相同的，8 位地址，24 位数据，MSB 在前，LSB 在后，对每个寄存器的读写 CS 信号需动作一次，换句话说，通讯开始时 SCLK 为低电平，CS 由高到低，经过 32 个时钟脉冲 SCLK，CS 由低到高，完成一个寄存器的读或写操作。ATT7022B 在时钟的下降沿从 DIN 线上取单片机送出的数据，在上升沿从 DOUT 线上向单片机送出数据。

下面是读操作时序：



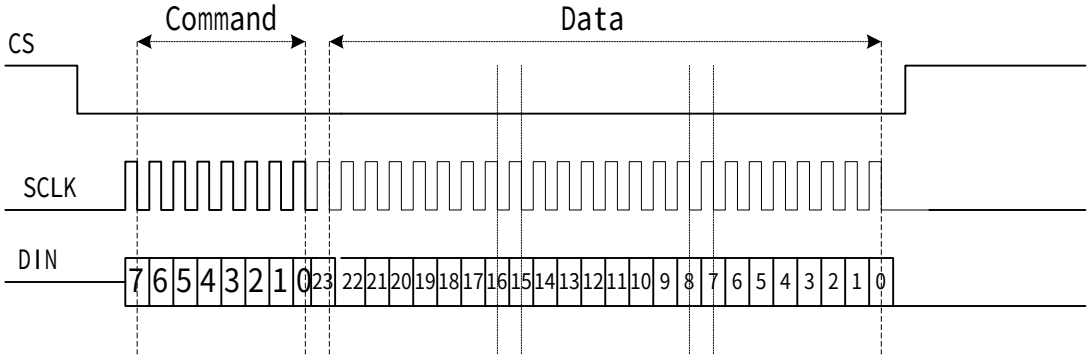
单片机送出 8 位地址后，至少等待 3 微秒后可以从 DOUT 线上读取数据。

SPI 读时序：

```
ReadSpi(Com)
{
    ; Enable SPI
    CS=1;
    SCLK=0;
    CS=0;
    ; Send 8-bits Command to SPI
    for(n=7;n>=0;n--)
    {
        SCLK=1;
        DIN=Com.n;
        NOP
        NOP
        NOP
        SCLK=0;
    }
    ; waiting 3us
    delay(3);
    ; Read 24-bits Data From SPI
    for(n=23,Data=0;n>=0;n--)
    {
        SCLK=1;
        nop
        nop
```

```
            nop
            Data.n=DOUT;
            SCLK=0;
        }
        ; Disable SPI
        CS=1;
        ; Return Data From SPI
        return(Data);
    }
```

下面是写操作时序：



SPI 读写操作要掌握几个要点：

1、 每次操作完毕要将 CS 拉高，下一次读写操作时再拉低。
2、 CS 在拉低之前，SCLK 应处于低电平状态。
3、 在写命令字或地址或数据时，在 SCLK 的高电平把要写进入的数据准备好，DIN 在 SCLK 的下降沿把数据采进去，读数据时则是 SCLK 上升沿 DOUT 把数据放出来。
4、 数据放到口线上，经过几个 NOP，等待数据稳定后读入单片机或写入计量芯片。

SPI 写时序：

```
    WriteSpi(Com,Data)
    {
        ; Enable SPI
        CS=1;
        SCLK=0;
        CS=0;
        ; Send 8-bits Command to SPI
        for(n=7;n>=0;n--)
        {
            SCLK=1;
            DIN=Com.n;
            NOP
            NOP
```

```
            NOP
            SCLK=0;
        }
        ; Send 24-bits Data to SPI
        for(n=23,Data=0;n>=0;n--)
        {
            SCLK=1;
            DIN=Data.n;
            NOP
            NOP
            NOP
            SCLK=0;
        }
        ; Disable SPI
        CS=1;
}
```

计量参数输出寄存器中，0x2D、0x2E 为上一次 SPI 写入的数据，0x28 为上一次读出的数据，在编写 SPI 读和写的程序时，用到这几个寄存器做比对，可提高通讯的可靠性。另外建议在做完 SPI 写操作后，发送命令 0xC9，数据 0x000001，关闭 SPI 校表寄存器的写操作，防止校表数据寄存器被 SPI 误写，如要进行 SPI 写操作时，发送命令 0xC9，数据 0x000000，再进行 SPI 的写操作。ATT7022B 还专门提供两个寄存器 ChkSum1(0x3E)和 ChkSum2(0x5F)，用于存放 ATT7022B 内部所有校表数据的校验和，每秒做 3 次更新，定时读取校验和寄存器的值，与单片机保存的校验和值做比较，如相等则说明校表数据寄存器的数据正确，如不等说明校表数据寄存器的数据受干扰改变，需要重新送校表数据。

使用好读、写校验寄存器，校验和寄存器，以及 SIG 信号，可以从软件设计上提高产品的抗干扰能力。

计量参数

ATT7022B 的所有测量值都可以从计量参数寄存器中读取，每秒做三次数据更新（0x3f 第七路 ADC 采样数据输出更新速率为 3.2K），这些参数有：

功率：　基波、谐波、全波有功功率、无功功率、视在功率，其中有分各相的和合相的值。功率是有符号的量，所有的有功和无功功率都有方向，寄存器里以补码形式存放，数据的最高位表示功率的方向，0 表示正向，1 表示反向。合相功率是各分相功率的代数和，利用合相有功功率、无功功率的方向，可以做四象限功率测量。ATT7022B 专门设置了功率方向寄存器，将各相和合相的有功、无功的功率方向集于其中，便于用户使用。

功率的计算，对分相参数是寄存器读数还原为原码（即寄存器的读数是二进制数，在读数最高位为 1 时，需寄存器读数进行取反加 1 的操作。读数最高位为 0 时，读数本身就是原码）后除以 2^8，对合相参数是寄存器读数还原为原码后除以 2^6,计算出的值还应乘以系数 3200/N（N 是脉冲常数），当完成功率增益补偿的校正后，这就是实际的功率了。

无功测量中采用了数字移相滤波器，完成对电压信号移相 90 度的信号处理，在保证信号幅频响应不衰减的前提下，能够对 30-1500Hz 的采样信号进行移相 90

度的处理。

功率因数和相角：基波、谐波、全波分相和合相的功率因数及相角。功率因数和相角都是有符号的值,在寄存器里以补码形式存放,数据的最高位表示功率因数或相角的方向，其定义与无功功率方向定义相同，0 表示正，1 表示负。将功率因数寄存器读数还原为原码后除以 2^23 就得到功率因数值，当校表完成相位补偿后，这就是电网实际的功率因数值。

相角的计算是将寄存器读数还原为原吗α后，Φ=（α/2^23）*2*180/π。在不同的象限中，表示的角度需做如下转换：当有功功率为正，无功为正时，实际角度是Φ；当有功功率为正，无功为负时，实际角度是360－Φ；当有功功率为负，无功为正时，实际角度是180°－Φ；当有功功率为负，无功为负时，实际角度是180°＋Φ。

功率因数和相角参数都不需要校正。

电压夹角： ATT7022B 给出各分相的电压的夹角，只有全波的参数,提供三个寄存器 YUaUb 、YUaUc、YUbUc 分别表示 AB/AC/BC 电压的夹角。需将电压相角测量功能开启才能测到，读取寄存器值除以 2^13,即为测量值。

电压夹角参数不需要校正，但只有当电压夹角测量使能控制寄存器 EnUAngle=0x003584 时，ATT7022B 才能够对电压相角测量进行测量，从而可以得到电压夹角参数；而当 EnUAngle 寄存器为其他不等于 0x003584 的内容时 ATT7022B 则电压夹角测量功能被关闭。在基波、谐波电能计量功能开启时，电压夹角测试功能不能长期打开。

有效值： ATT7022B 提供基波、谐波和全波的各分相电压有效值和三相的电压矢量和有效值，以及全波的电流有效值，三相电流矢量和有效值。读取寄存器值除以 2^13，即为测量值。由 ATT7022B 信号处理流程可以看出有效值的增益补偿与功率增益补偿是分别进行的，即使电能误差校准了，有效值还需一一进行校正。

通常第 7 路 ADC 用于检测零线电流大小，其有效值计算公式与其它电压电流的计算公式相同，但第 7 路 ADC 需由寄存器 GCtrlT7Adc 的 bit0 控制是否开启，Bit0=1 开启，Bit0=0 则关闭。

三相电流矢量和：ATT7022B 提供三相电流的矢量和的有效值输出，在三相四线的应用中可以用它检测出零线电流的大小。为了保证该矢量和计算的精度，建议校正后的电流值与采样值接近，在单片机中将校正值乘以一个系数，得到测量值。

举例来说，在电流 Ib 输入条件下，如 Ib 为 1.5A，校正前 A 相电流寄存器的值为 66A，B 相电流寄存器的值为 63A，C 相电流寄存器的值为 61A，做电流校正时将 A、B、C 相电流值均校正到 60A，这样，做矢量和时就能保证参与计算的数据的有足够的有效位数，从而保证三相电流矢量和的精度。单片机将校正后的电流值读出后，乘以系数 1.5/60=0.025，即可得到测量值 1.5A。

电压及电流相序的检测：在三相四线的应用中，通过检测电压、电流信号的过零点的顺序来判断电压、电流的相序是否正常。只要有一相电压失压，电压逆相序标志就置位；同样只要有一相电流为零，电流逆相序标志就置位。在三相三线的应用中，电压相序是通过电压夹角的大小来做判断，这时不提供电流相序的判断功能。注意电流相序的测量需要先使能其控制器，即将校表寄存器 0x30 赋值 0x005678。在基波、谐波电能计量功能开启时，电流逆相序检测功能不能长期打开。在计量参数寄存器 0x2C 中，bit3、bit4 给出了电压逆相序和电流逆相序的状态标志。

失压检测：ATT7022B 有一个断相阈值寄存器，当检测到电压有效值寄存器的值低于断相阈值寄存器的值，在计量参数寄存器 0x2C 中的 bit0、bit1、bit2 就给出了 A、B、C

各相失压状态标志。

频率： 由电压信号的过零点，ATT7022B 测量出电网的基波的频率，以补码存放在寄存器中，因频率值不可能为负,所以最高位不可能为 1。读取寄存器值除以 2^13，就是频率值，该参数不需要校正。

电能： ATT7022B 提供各种电能记录数据：全波正向有功电能记录、全波反向有功电能记录、全波正向无功电能记录、全波反向无功电能记录、基波（谐波）有功电能记录、基波（谐波）无功电能记录，RMS 视在电能和 PQS 视在电能。而每种记录都会提供相应的读后不清零的电能寄存器及读后清零的电能寄存器（标有 2 的寄存器）。

电能记录与校表脉冲同步更新，即 CF 口发一个电能脉冲，相应的电能寄存器数值加一。因此将能量寄存器的值，除以脉冲常数，即为实际用电度数。

有功电能寄存器（0x1E 到 0x21，0x31 到 0x34）记录了正向和反向全波有功电能的绝对值和，同样无功电能寄存器（0x22 到 0x25，0x35 到 0x38）记录了正向和反向全波无功电能的绝对值和。

基波有功电能寄存器（0x50 到 0x53，0x70 到 0x73）记录了基波或谐波或 RMS 正向和反向有功电能的绝对值和，同样基波无功电能寄存器（0x54 到 0x57，0x74 到 0x77）记录了基波或谐波或 PQS 正向和反向无功电能的绝对值和。

合相电能（寄存器 0x21、0x25、0x34、0x38、0x43、0x47、0x4B、0x4F、0x53、0x57、0x63、0x67、0x6B、0x6F、0x73、0x77 的值）是根据设定的能量累加模式，将三相电能进行绝对值求和或代数求和的计算得到。如果取绝对值求和模式累加三相电能，则合相的反向电能值（寄存器 0x47、0x4F、0x67、0x6F）总为零。

从读后清零的各相及合相电能寄存器（标有 2 的寄存器）读数后，其对应的未标 2 的寄存器也会在新的脉冲来到时被清零。当芯片复位时，电能寄存器被清零。

温度： ATT7022B 内置温度传感器，并提供一个 8 位的 ADC 对温度进行采样输出，分辨率在 1℃左右。寄存器低 8 位有效，该值需校正，真实温度值为 TC-TM，TC 为校正值，TM 为寄存器所读数据，计算后的值要转换成原码，如高位为 1 则取反加 1。

温度传感器需通过寄存器 GCtrlT7Adc(Addr: 0x2C)进行使能控制，只有当 GCtrlT7Adc 的 Bit2/1=10 开启，Bit2/1=00/01/11 时则关闭温度传感器。

计量状态的选择

ATT7022B 可以设置成五种计量状态：全波计量状态、RMS 视在电能计量状态、PQS 视在计量状态、基波计量状态、谐波计量状态。在 ATT7022B 工作时全波计量是基本功能，而其余四种状态只能选择一种或都不选择。其选择方法请参考如下表格：

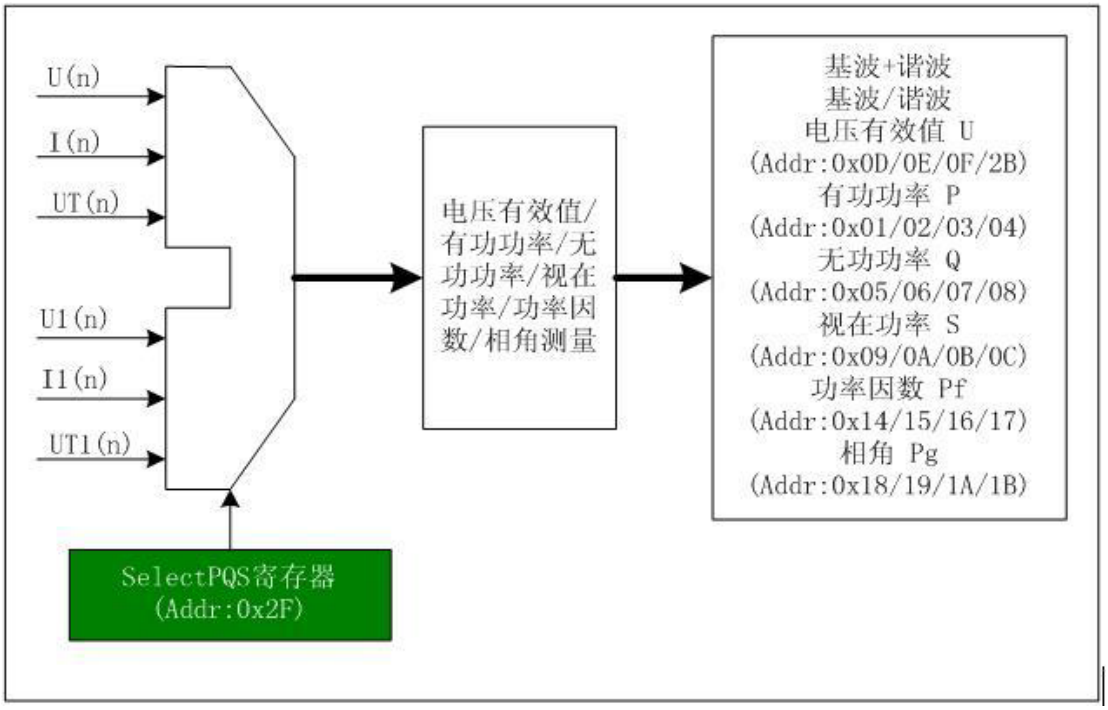
EnLineFreq 寄存器内容	EnHarmonic 寄存器内容	功能
0x007812	不等于 0x0055AA	基波表
	0x0055AA	谐波表
0x008127	------	RMS 视在能量表
0x005523	------	PQS 视在能量表
其他任何值	------	禁止以上功能

注意在选择谐波表方式时要先在 EnLineFreq 寄存器中填写数据 0x007812，然后再往 EnHarmonic 寄存器填写数据 0x0055AA，使芯片处于谐波计量状态,如 EnHarmonic 寄存器所

填写数据不是 0x0055AA，则芯片处于基波计量状态。

ATT7022B 的全波计量状态是基本功能，电能脉冲输出 CF1、CF2 始终有效，其频率反映全波合相平均有功和无功功率的大小，常用于仪表有功和无功功率的校验，也可以用作全波有功和无功电能计量。当打开 RMS 视在电能计量状态时，RMS 视在电能脉冲由 CF3 输出，CF4 无效；在打开 PQS 视在电能计量状态时，PQS 视在电能脉冲由 CF4 输出，CF3 无效；在打开基波电能计量状态时，CF3、CF4 有效，其电能脉冲输出频率反映基波的合相平均有功和无功功率的大小，可以用于仪表基波有功和无功功率的校验，也可以用作基波有功和无功电能计量；在打开谐波电能计量状态时，CF3、CF4 有效，其电能脉冲输出频率反映谐波的合相平均有功和无功功率的大小，可用于仪表谐波有功和无功功率的校验，也可以用作谐波有功和无功电能计量。

ATT7022B 提供全波状态的功率、电压、频率、电压夹角、功率因数、相角等计量参数，当 ATT7022B 打开基波或谐波计量状态时，这些寄存器通过参数选择寄存器 SelectPQSU（Addr：0x3C），还可以提供相应的基波或谐波功率、电压、功率因数以及相角等参数，其框图如下:



由上图可见，寄存器 SelectPQSU 控制了参与电压有效值、功率、功率因数、相角运算的信号源，SelectPQSU≠0x001228 时，由 U（n）、I（n）、UT（n）这些全波采样信号进行运算，得到全波的电压有效值、功率、功率因数、相角等参数，当 SelectPQSU=0x001228 时，由 U1（n）、I1（n）、UT1（n）这些基波或谐波采样信号进行运算（由 EnLineFreq 和 EnHarmonic 寄存器确定是基波信号还是谐波信号），相应得到基波或谐波的电压有效值、功率、功率因数、相角等参数。在 EnLineFreq 未选择基波或谐波表时，SelectPQSU 的选择不起作用。

当 ATT7022B 处于基波或谐波计量状态时，电压夹角、电流相序、这两项功能在平时尽量关闭，更不要同时开启，以免影响精度。

校表参数

校表是对各相电流增益、电压增益、功率增益、相位进行补偿，**功率增益补偿建议不要分段**。相位校正可根据精度要求，考虑分段或不分段进行。分段是按电流的大小来分，对相位校正，最多可分五段进行。

ATT7022B 的起动电流与断相阈值电压可用软件设置。

ATT7022B 做软件校表时，一般来说电压、电流校正，起动电流设置，断相阈值电压设置，均没有顺序上的要求。但在进行功率增益校正时，请注意先设置合相能量累加模式（如缺省值为你所需要则可省去此步骤）、电压通道 ADC 增益和高频输出参数，这是功率校正的条件，而后先做功率增益校正，再进行相位校正，相位校正是在完成功率增益校正后进行的。

所有的校正都是在相应的校表寄存器参数为零的条件下进行的。

ATT7022B 在设置成基波表，谐波表或者视在电能计量功能时，建议校表时先设置成全波表状态校正，既将基波测量使能控制寄存器 EnLineFreq=0x000000，校正好后将该寄存器根据需要填相应值使芯片进入基波表，谐波表或者视在电能计量功能状态，一般校正后无需再做基波、谐波表或者视在电能计量误差校正，w_LineFreqPg（0x31）寄存器中缺省值所提供的增益校正系数可保证足够的精度。

设置电压通道 ADC 增益 UADCPga

通过填写电压通道 ADC 增益 UADCPga（0x3F）设置电压通道 ADC 放大倍数，建议保证电压额定 Un 时的取样信号 Vu*放大倍数 UADCPgain 等于 0.5V 左右。

设置高频输出参数 HFreq

这是关于输出校表脉冲频率的分频系数。

Hfreq=

$$INT\left[5760000000\times\frac{G\times G\times V_u\times V_i}{U_n\times I_b\times N}\right]$$

式中：Un 为参比电压，Ib 为额定电流，N 为脉冲常数， Vu 是在参比电压输入下，芯片电压采样管脚上（V2p 与 V2n、V4p 与 V4n、V6p 与 V6n、）对应的电压（如果设置了电压通道的增益，应为经过放大后的电压），Vi 是额定电流输入时芯片电流采样管脚上（V1p 与 V1n、V3p 与 V3n、V5p 与 V5n、）对应的电压，G 是常数 0.648，Hfreq 为高频输出常数。

将 Hfreq 值写入校表寄存器 20H，芯片就按设计的脉冲常数发出 CF 信号。注意该参数取值不应小于 0x000004，同时不应大于 0x000D00。

设置比差补偿区域

按照前面推荐的电流电压采样参数，ATT7022B 具有 1000：1 的线性范围，功率增益校正不需要分段，可以简化生产的校表过程，此时比差补偿区域寄存器（0x1E）不需设置，保持为零（即复位时的默认值）。

设置相位补偿区域

相位的误差主要由互感器的角差和采样电路的参数不对称，信号走线不一致等引起，通常不需分段即可满足 1 级、0.5 级电能表的要求，即相位补偿区域设置寄存器 0x02、0x03、0x04、0x05 的值保持为零。

对于高精度的电能表，如 0.5S 或 0.2S，需要对相位精度做分段校正，其分段也是按电流大小设置，从相位补偿区域设置 4 开始设置，电流最小分段点写入相位补偿区域设置 4，

电流最大的分段点写入相位补偿区域设置 1。如果分段点不足 4 个，应从相位补偿区域设置 4 开始依次设置，其余的设置点参数保持为零。比如相位补偿区域要分两段进行，分段点设在 15%Ib 处，即 Is4=15%Vi=0.15*0.1=0.015V，Iregion4=INT（G*Is4*2^23）=0x013E81，只要将 0x013E81 写入相位补偿区域设置 4（地址 0x05）即可，其余相位补偿区域设置寄存器的数值为零。

功率增益校正

功率增益校正是在功率因数为 1 的条件下进行的。建议在 Ib 电流点校正，并将功率增益 0 和功率增益 1 寄存器值写同样的校正值。

校正公式：Pgain= $\frac{-err}{1+err}$

如果 Pgain≥0，Pgain=INT（Pgain*2^23）
Pgain <0，Pgain=INT（2^24+Pgain*2^23）

注意计算公式中的电能误差 err 为不含%号的误差。

相位校正

相位校正是在功率因数为 0.5L 的条件下进行的。根据设置的相位补偿区域选择合适的校正点的电流，使得在这个区域上能得到满意的功率精度。如果不分段，建议将区域 0 至区域 4 相位校正寄存器值写同样的校正值。

校正公式：θ=acos((1+err)*0.5)-π/3

如果θ≥0，Phsreg=INT（θ*2^23）
θ <0，Phsreg =INT（2^24+θ*2^23）

相位校正公式中计算单位为弧度。

基波/谐波（视在电能）校正

ATT7022B 的基波、谐波以及 RMS 视在电能、PQS 视在电能额校正都使用基波功率校正寄存器 LineFreqPg（Addr：0x31），在功率因数 cos(Φ)=1 时进行基波功率增益校正，任一相均可。

校正公式：

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

如果LineFreqPg >=0，则LineFreqPg =INT[LineFreqPg *2^{23}]
否则LineFreqPg <0，则LineFreqPg =INT[2^{24}+ LineFreqPg *2^{23}]

LineFreqPg 寄存器的缺省值为 0x0020C4，一般情况下不用另外对基波/谐波（视在电能）校正，用其缺省值可满足精度要求，同时也要注意在基波/谐波（视在电能）功率校正之前先将 LineFreqPg 寄存器进行清零操作。

设置脉冲常数放大倍率

在实际的校表过程中的小电流输入情况下，由于电能脉冲的速度很慢而导致校表时间长，ATT7022B 提供脉冲常数放大倍率寄存器 HFDouble，通过填写 HFDouble 寄存器内容不同值，可将功率放大 2、4、8、16 倍，从而提高小电流的校表速度。为避免功率放大所造成的数值溢出，该功能一般在 5%Ib 以下电流的测试中使用。注意脉冲常数放大倍率在校表完

成后改回为 1，以免引起计量错误。

电压通道 ADC 增益选择

为了减少通道之间串扰以及增加电压采样通道输入电压的范围和灵活性，ATT7022B 提供电压通道 ADC 增益选择寄存器 UADCPga，用于控制电压通道的 ADC 放大倍数，有 1、2、4、8、16 等放大倍数的选择，但要注意在填写这个控制寄存器时数据 0xA5xxxx 是禁止写入的。建议在参比电压 Un 时的取样信号 Vu 为 0.1V，放大倍数 UADCPgain=4，这样可获得良好的线性特性，保证计量精度。

设置启动电流

复位后启动电流寄存器的默认值为 0x280，对应的启动电流为 0.1%Ib（Ib 输入时，采样输入为 0.1V），即当读到未做电流校正前的电流寄存器的值大于或等于 0x280 时，电表处于启动状态，可以输出电能脉冲，反之，当读到电流寄存器的值小于 0x280 时，电表处于潜动状态，不输出电能脉冲。功率增益不做分段时，启动电流的设置可按以下计算公式：

Istartup=INT（G*Io*2^23）

式中：G 为 0.648，Io 是启动电流输入时，芯片端口的采样电压，例如启动电流为 0.4%Ib，Ib 输入时采样电压为 0.1V，则 Io=0.1*0.4/100=0.0004V。

当功率增益做分段校正时，启动电流的设定值为 Istartup=INT（0.8*G*Io*2^23）,即在原计算值上乘以系数 0.8。

启动电流的设置与 Ib 输入时采样电压的大小、与输入线路在小电流下的非线性程度有关，用户可根据自己的设计，调整设定的启动电流值。

电压校正

电压校正相对于功率增益和相位校正是独立的，电压校正值作为一个变换系数将采样电压变换为标准电压值。**在开启谐波电压测试的条件下，为了提高电压信号的分辨度，建议在 ATT7022B 中将电压校正到 400V 以上，最后由单片机处理成实际的电压信号。**如 Un 为 220V 输入时，通过电压校正使 ATT7022B 输出 440V，在单片机中将测得的信号除以 2，得到最后的测量值 220V。如果 Un 是 100V 输入时，校正到 400V，由单片机将测得的信号除以 4，得到最后的测量值 100V。如果 Un 是 57.7V 输入时，校正到 461.6V，由单片机将测得的信号除以 8，得到最后的测量值 57.7V。

电流校正

与电压校正相似，电流校正相对于功率增益和相位校正是独立的，电流校正值作为一个变换系数将采样电压变换为标准电流值。电流通道采样电压在额定电流时为 0.1V，在未做校正时对应的电流有效值寄存器的值约 60A 左右，**在需要用到合相电流值的情况下，为了保证合相电流的计算准确度,校正后的各相电流值应保证一定的分辨度。建议输入电流为额定电流时在 ATT7022B 中将电流校正到接近 60A 的值。考虑到计算方便性,可将电流校正到接近 60A 的 Ib X 2^N，最后由单片机处理成实际的电流信号。**如 Ib 为 1.5A 输入时，通过电流校正使 ATT7022B 输出 96A，在单片机中将测得的信号除以 64，得到最后的测量值 1.5A。如果 Ib 是 5A 输入时，校正到 80A，由单片机将测得的信号除以 16，得到最后的测量值 5A。如果 Ib 是 20A 输入时，校正到 80A，由单片机将测得的信号除以 4，得到最后的测量值 20A。

设置断相阈值

在电压校正完成之后进行断相阈值的设置。

四、 软件校表程序示例

软件校表流程如下：(写操作时，将校表寄存器地址最高位置 1，称其为命令，如写寄存器 20H，命令为 0A0H)

⑴ 复位 ATT7022B，检测到 SIG 为低时送校表数据，这步可省略。

⑵填写电压通道 ADC 增益 UADCPga（0x3F）设置电压通道 ADC 放大倍数。

⑶写高频脉冲输出参数到校表寄存器 20H(命令 0A0H)。

⑷写启动电流到校表寄存器 1FH(命令 9FH)，若不做此步，默认的启动电流值为基本电流的 0.1%。

⑸写断相阈值电压到校表寄存器 29H(命令 0A9H)，若不做此步，默认的断相阈值电压为参比电压的 10%（对三相四线而言）或 60%（对三相三线而言）。

⑹写相位补偿区域设置到校表寄存器 02H、03H、04H、05H（命令 82H、83H、84H、85H），若不做此步，表示不分段进行相位校准，此时相位校正值默认取区域 0 相位校正寄存器的值。若写了相位补偿区域设置寄存器（分段按电流大小进行设置，从相位补偿区域设置 4 开始设置，电流最小分段点写入相位补偿区域设置 4），则低于相位补偿区域设置 4 分段点电流的相位校正值写入区域 4 相位校正寄存器；低于相位补偿区域设置 3 分段点电流的相位校正值写入区域 3 相位校正寄存器；依次类推，最后高于相位补偿区域设置 1 分段点电流的相位校正值写入区域 0 相位校正寄存器。若相位分段不足 5 段，则从相位补偿区域设置 4 开始设置，不足的寄存器设置值为零。

⑺电表在输入三相电压，分别给 A、B、C 相输入基本电流，功率因数为 1 的条件下，根据测得的各相电能误差值，写功率增益值到到相应相的校表寄存器 06H、07H、08H（命令 86H、87H、88H）和 09H、0AH、0BH 中（命令 89H、8AH、8BH）。

⑻电表在输入三相电压，分别给 A、B、C 相输入基本电流，功率因数为 0.5L 的条件下，根据测得的各相电能误差值，写相位校正值到到校表寄存器 0CH、11H、16H。若不分段做相位校准，则将相位校正值同时写到校表寄存器 0DH、0EH、0FH、10H、12H、13H、14H、15H、17H、18H、19H、1AH 中。若分段做相位校准，则电表在输入三相电压，根据相位补偿区域的划分，分别给 A、B、C 相输入补偿区域中点的电流（即校正点远离分段点，避免误差跳动），功率因数为 0.5L 的条件下，根据测得的各相电能误差值，写相位校正值到校表寄存器 10H、15H、1AH 等等。

⑼输入参考电压，根据电压显示值，分别写校正值到校表寄存器 1BH、1CH、1DH 中。

⑽输入基本电流，根据电流显示值，分别写校正值到校表寄存器 26H、27H、28H 中。

⑾填写基波测量使能控制寄存器 EnLineFreq，使 ATT7022B 处于所需要的计量工作状态。

⑿如要选择谐波计量工作状态，在填写基波测量使能控制寄存器 EnLineFreq=0x007812，使 ATT7022B 处于所基波计量工作状态后，再填写基波测量与谐波测量切换选择寄存器 EnHarmonic=0x0055AA，使 ATT7022B 处于谐波计量工作状态，如填写其它值则 ATT7022B 处于基波计量工作状态，如不选择谐波计量状态，则此步跳过。

注意： *校表是在相应的校表寄存器内容为零的条件下进行。

软件校表应用举例：

以 1.5(6)A，220V 三相四线表为例，设计参数如下：

脉冲常数 N 为 3200imp/kWh，额定电流输入时，电流通道的输入电压 Vi 为 0.1V，参比电压输入时，电压通道的输入电压 Vu 为 0.1V，将该表设置成谐波计量状态。

以下子程序用 8051 的汇编语言写成，入口：A 寄存器放命令（对于写操作）或地址（对于读操作），20H、21H、22H 为存放写数据的寄存器，30H、31H、32H 为存放读出数据的寄存器，R0 寄存器存放写入或读出的内容的首地址，R3 寄存器放写或读的字节数。WR_SPI 为写

ATT7022B 的子程序，RE_SPI 为读 ATT7022B 的子程序。

⑴复位 ATT7022B

```
RESET7022B:
        CLR   ATT7022B_RST
        MOV R7,#20H              ；延时
DELAY1: NOP
        DJNZ R7,DELAY1
        SETB  ATT7022B_RST
        MOV R7,#0FFH             ；延时

DELAY2: NOP
        DJNZ R7,DELAY2
        RET
```

⑵填写电压通道 ADC 增益 UADCPga（0x3F）设置电压通道 ADC 放大倍数为 4：

```
MOV 20H，#46H
MOV 21H，#55H
MOV 22H，#01H
MOV A，#0BFH
LCALL WR_SPI
```

⑶写 HFConst:

Hfreq=

$$INT\left[5760000000\times\frac{G\times G\times V_u\times V_i}{U_n\times I_b\times N}\right]$$

=5760000000*0.648*0.648*0.5*0.1/(220*1.5*3200)

=114=72H

```
MOV 20H，#00H
MOV 21H，#00H
MOV 22H，#72H
MOV A，#0A0H
LCALL WR_SPI
```

⑷写起动电流：

Io=0.4%*Vi=0.004*0.1=0.0004

Istartup=G* Io=0.648*0.0004=0.0002592

Istartup=0.0002592*2^23=2174=87EH

```
MOV 20H，#00H
MOV 21H，#08H
MOV 22H，#7EH
```

```
MOV A，#9FH
LCALL WR_SPI
```

⑸写 A 相功率增益：

三相电压输入 220 伏，仅输入 A 相电流 1.5 安培，功率因数为 1.0，标准表的电能误差读数为－0.74%，即 err=-0.0074，则：

$$Pgain=\frac{-err}{1+err}=0.0074/(1-0.0074)=0.00745516$$

Pgain= Pgain*2^23=0.00745516*2^23=62538=0F44AH

```
MOV 20H，#00H
MOV 21H，#0F4H
MOV 22H，#4AH
MOV A，#86H
LCALL WR_SPI
MOV A，#89H                    ；不分段，将各段的寄存器写同样的校正值
LCALL WR_SPI
```

⑹写 A 相相位校正：

三相电压输入 220 伏，仅输入 A 相电流 1.5 安培，功率因数为 0.5L，标准表的电能误差读数为 1.74%,err=0.0174，则:

θ=acos((1+err)*0.5)-π/3

=acos((1+0.0174)*0.5)-π/3

= acos(0.5087) -π/3= -0.01007537<0

Phsreg=2^24+θ*2^23=16692697=FEB5D9H

```
MOV 20H，#0FEH
MOV 21H，#0B5H
MOV 22H，#0D9H
MOV A，#8CH
LCALL WR_SPI
MOV A，#8DH                    ；不分段，将各段的寄存器写同样的校正值
LCALL WR_SPI
MOV A，#8EH
LCALL WR_SPI
MOV A，#8FH
LCALL WR_SPI
MOV A，#90H
LCALL WR_SPI
```

⑺写 B 相功率增益：

三相电压输入 220 伏，仅输入 B 相电流 1.5 安培，功率因数为 1.0，标准表的电能误差，标准表的电能误差读数为 1.26%,err=0.0126，则：

$$Pgain=\frac{-err}{1+err}= -0.0126/(1+0.0126)= -0.01244322<0$$

Pgain=2^24+Pgain*2^23
=2^24 - 0.01244322*2^23=16672834=FE6842H

```
MOV 20H，#0FEH
MOV 21H，#68H
MOV 22H，#42H
MOV A，#87H
LCALL WR_SPI
MOV A，#8AH                    ；不分段，将各段的寄存器写同样的校正值
LCALL WR_SPI
```

⑻写 B 相相位校正

三相电压输入 220 伏，仅输入 B 相电流 1.5 安培，功率因数为 0.5L，标准表的电能误差读数是-1.74%,err=-0.0174，则:

θ=acos((1+err)*0.5)-π/3

=acos((1-0.0174)*0.5)-π/3
= acos(0.4913) -π/3= 0.01001709>0

Phsreg=θ*2^23=84029=1483DH

```
MOV 20H，#01H
MOV 21H，#48H
MOV 22H，#3DH
MOV A，#91H
LCALL WR_SPI
MOV A，#92H                    ；不分段，将各段的寄存器写同样的校正值
LCALL WR_SPI
MOV A，#93H
LCALL WR_SPI
MOV A，#94H
LCALL WR_SPI
MOV A，#95H
LCALL WR_SPI
```

⑼写 C 相功率增益

三相电压输入 220 伏，仅输入 C 相电流 1.5 安培，功率因数为 1.0，标准表测得的电能误差是 0.5%,ERR=0.005,则：

Pgain=$\frac{-err}{1+err}$= -0.005/(1+0.005)= -0.00497512<0

Pgain=2^24+Pgain*2^23==2^24 - 0.00497512*2^23=16735481=FF5CF9H

```
MOV 20H，#0FFH
MOV 21H，#5CH
MOV 22H，#0F9H
MOV A，#88H
LCALL WR_SPI
MOV A，#8BH                    ；不分段，将各段的寄存器写同样的校正值
LCALL WR_SPI
```

⑽写 C 相相位校正

三相电压输入 220 伏，仅输入 C 相电流 1.5 安培，功率因数为 0.5L，标准表的电能误差读数是-1.74%,err=-0.0174，则:

θ=acos((1+err)*0.5)-π/3

=acos((1-0.0174)*0.5)-π/3

=acos(0.4913) -π/3= 0.01001709>0

Phsreg=θ*2^23=84029=1483DH

```
MOV 20H，#01H
MOV 21H，#48H
MOV 22H，#3DH
MOV A，#96H
LCALL WR_SPI
MOV A，#97H                    ；不分段，将各段的寄存器写同样的校正值
LCALL WR_SPI
MOV A，#98H
LCALL WR_SPI
MOV A，#99H
LCALL WR_SPI
MOV A，#9AH
LCALL WR_SPI
```

⑾写 A、B、C 相电压校正:

三相电压输入 220 伏，三相电流输入 1.5 安培，功率因数 1.0，电压寄存器的值 Vu 分别为 0x2A8000=2785280，0x2AE305=2810629，0x2B00F1=2818289,经有效值计算:

Urms=Vu*2^10/2^23=Vu/2^13

电能表上的电压读数分别为 340V、343.09V、344.03V，电压校正值为:

Ugain=Ur/Urms -1

其中 Ur 为标准表的电压读数。因为开启谐波电压测试功能，校表时 Ur 的值用 2

倍的标准表的电压值代入计算。校表完成后，在测量时，MCU 应将读出的电压有效值做除以 2 的操作，即 Urms=Vu*/2^13/2=Vu/2^14

A 相电压校正值 Ugain =440/340-1=0.2941176>0
Ugain=INT(Ugain*2^23)=0x25A5A5

```
MOV 20H，#25H
MOV 21H，#0A5H
MOV 22H，#0A5H
MOV A，#9BH
LCALL WR_SPI
```

B 相电压校正值 Ugain=440/343.09-1=0.278958>0
Ugain=INT(Ugain*2^23)=0x23B4E7

```
MOV 20H，#23H
MOV 21H，#0B4H
MOV 22H，#0E7H
MOV A，#9CH
LCALL WR_SPI
```

C 相电压校正值 Ugain= 440/344.03-1=0.278958>0
Ugain=INT(Ugain*2^23)=0x23B4E7

```
MOV 20H，#23H
MOV 21H，#0B4H
MOV 22H，#0E7H
MOV A，#9DH
LCALL WR_SPI
```

⑿写 A、B、C 相电流校正：

三相电压输入 220 伏，三相电流输入 1.5 安培，功率因数 1.0,读电流寄存器的值 Ii 分别为 0x7C000=507904,0x75CCC=482508，0x78000=491520，经有效值计算 ：

Irms=Ii*2^10/2^23=Ii/2^13

电能表上的电压读数分别为 62A，58.9A，60A，电流校正值为

Igain=Ir/Irms -1

如果不需要读取合相电流值，校表时 Ir 可直接用的值用标准表的电流值 1.5A 代入计算。如果需要读取合相电流值，校表时 Ir 用 2^6 倍的标准表的电流值代入计算，即 Ir=1.5*2^6=96,校表完成后,在测量时,MCU 应将读出的电流有效值做除以 2^6 的操作，即 Urms=Vi*/2^13/2^6=Vi/2^19

A 相电流校正值 Igain=96/62-1=0.548387>0
Igain=INT(Igain*2^23)=0x46318C

```
MOV 20H，#46H
MOV 21H，#31H
MOV 22H，#8CH
MOV A，#0A6H
LCALL WR_SPI
```

B 相电流校正值 Igain=96/58.9-1=0.629881
Igain=INT(Igain*2^23)=0x509FF2

```
MOV 20H，#50H
MOV 21H，#9FH
MOV 22H，#0F2H
MOV A，#0A7H
LCALL WR_SPI
```

C 相电流校正值 Igain=96/60-1=0.6
Igain=INT(Igain*2^23)=0x4CCCCC

```
MOV 20H，#4CH
MOV 21H，#0CCH
MOV 22H，#0CCH
MOV A，#0A8H
LCALL WR_SPI
```

⑿填写基波测量使能控制寄存器 EnLineFreq，使 ATT7022B 处于基波计量工作状态。

```
MOV 20H，#00H
MOV 21H，#78H
MOV 22H，#12H
MOV A，#0ADH
LCALL WR_SPI
```

⒁填写基波测量与谐波测量切换选择寄存器 EnHarmonic，使 ATT7022B 处于谐波计量工作状态。

```
MOV 20H，#00H
MOV 21H，#55H
MOV 22H，#0AAH
MOV A，#0BCH
LCALL WR_SPI
```

子程序：

```
WR_SPI:
        MOV R0，#20H
        MOV R3，#03H
        SETB SPI_CS
        CLR SPI_CK
        CLR SPI_CS
        ACALL OTB
WR_SPI1:MOV A,@R0
        INC R0
        ACALL OTB
        DJNZ R3,WR_SPI1
```

```
            SETB SPI_CS
            RET
```

读寄存器操作：

入口：A 寄存器为读计量参数寄存器的地址

出口：R0 所指的连续三个寄存器存放所读计量参数寄存器的内容

```
            MOV A,#04H
            LCALL RE_SPI

    RE_SPI: MOV R3,#03H
            MOV R0,#30H
            SETB SPI_CS
            CLR SPI_CK
            CLR SPI_CS
            ACALL OTB
            SETB SPI_DO
    RE_SPI1:MOV A,#00H
            ACALL INB
            MOV @R0,A
            INC R0
            DJNZ R3,RE_SPI1
            SETB SPI_CS
            RET

    OTB:    MOV R2, #08H
    OTB1:   SETB SPI_CK
            RLC A
            MOV SPI_DI,C
            NOP
            NOP
            NOP
            CLR SPI_CK
            DJNZ R2, OTB1
            RET
    INB:    MOV R2, #08H
    INB1:   SETB SPI_CK
            NOP
            NOP
            NOP
            MOV C, SPI_DO
            RLC A
            CLR SPI_CK
            DJNZ R2, INB1
            RET
```