



RN8209 用户手册

Data: 2009-5-13

Rev: 1.0



目录

1 芯片介绍.....	3
1.1 芯片特性.....	3
1.2 功能简介.....	3
1.3 功能框图.....	4
1.4 管脚定义.....	4
1.5 典型应用.....	6
2 系统功能.....	7
2.1 电源监测.....	7
2.2 系统复位.....	7
2.3 模数转换.....	7
2.4 有功功率.....	8
2.5 无功功率.....	9
2.6 有效值.....	9
2.7 能量计算.....	10
2.8 通道切换.....	11
2.9 频率测量.....	11
2.10 过零检测.....	11
2.11 中断.....	11
2.12 寄存器.....	13
3 校表方法.....	25
3.1 概述.....	25
3.2 校表流程和参数计算.....	25
3.3 举例.....	28
4 通信接口.....	30
4.1 SPI接口.....	30
4.2 RSIO接口.....	32
5 电气特性.....	33
6 芯片封装.....	34



1 芯片介绍

1.1 芯片特性

- ✓ 计量
 - 提供三路 Σ - Δ ADC
 - 有功电能误差在 1500:1 动态范围内 $<0.1\%$ ，支持 IEC62053-22: 2003 标准要求
 - 无功电能误差在 1500:1 动态范围内 $<0.1\%$ ，支持 IEC62053-23: 2003 标准要求
 - 提供两路电流和一路电压有效值测量，在 400:1 动态范围内，有效值误差 $<0.5\%$
 - 潜动阈值可调
 - 提供反相功率指示
 - 提供电压通道频率测量
 - 提供电压通道过零检测
- ✓ 软件校表
 - 电表常数(HFConst)可调
 - 提供增益和相位校正
 - 提供有功、无功和有效值 offset 校正
 - 提供无功相位补偿
 - 提供小信号校表加速功能
 - 提供配置参数自动校验功能
- ✓ 提供 SPI/RSIO 接口
- ✓ 具有电源监控功能
- ✓ 单+5V 电源供电，功耗典型值为 32mW
- ✓ 内置 $2.5V \pm 3\%$ 参考电压，温度系数典型值 25ppm/ $^{\circ}C$
- ✓ 采用 SSOP24 无铅封装

1.2 功能简介

RN8209 能够测量有功功率、无功功率、有功能量、无功能量，并能同时提供两路独立的有功功率和有效值、电压有效值、线频率、过零中断等，可以实现灵活的防窃电方案。

RN8209 支持全数字的增益、相位和 offset 校正。有功、无功电能脉冲分别从 PF、QF 管脚输出。

RN8209 提供两个串行接口 SPI 和 RSIO，方便与外部 MCU 之间进行通信。其中 RSIO 为锐能微专有的单线通讯接口，可以使用一根数据线实现双向通讯。

RN8209 内部的电源监控电路可以保证上电和断电时芯片的可靠工作。

1.3 功能框图

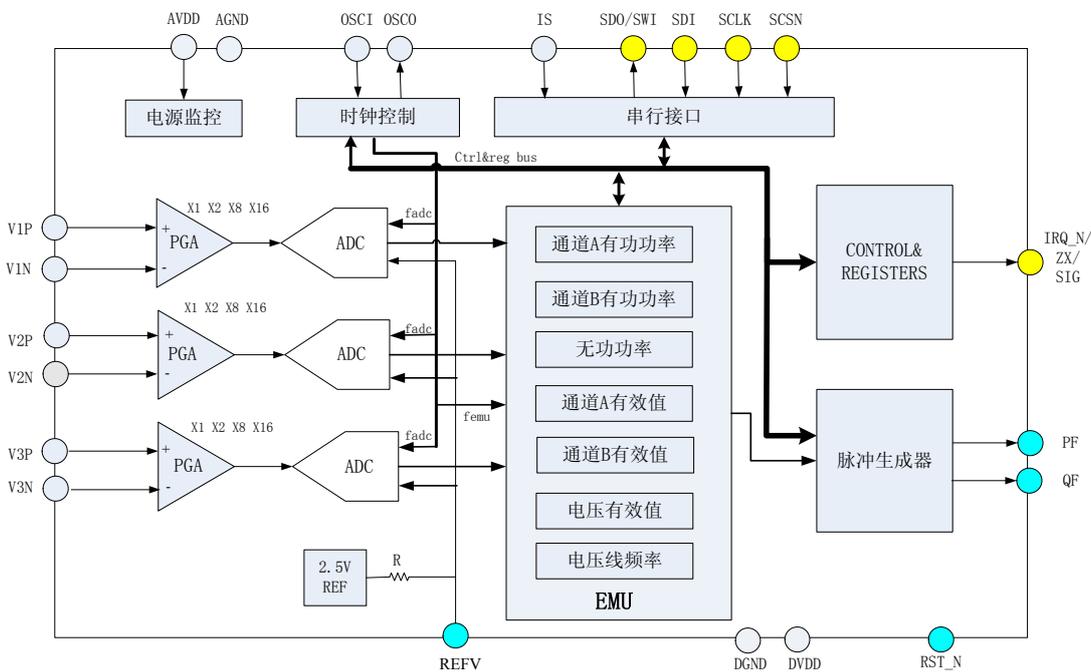


图 1-1 系统框图

1.4 管脚定义

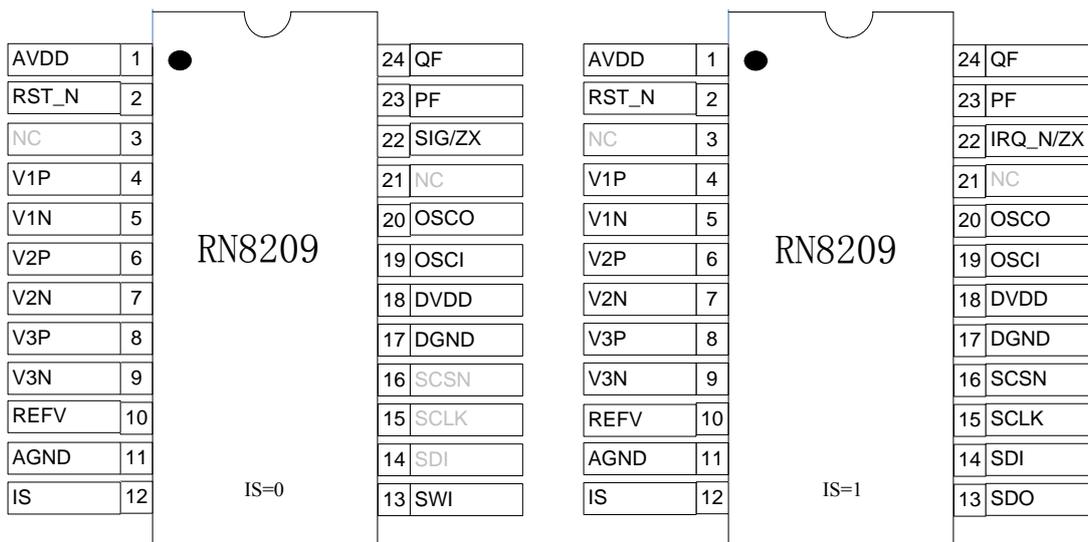


图 1-2 管脚排列图



表 1-1 RN8209 管脚功能说明

引脚	标识	特性	功能描述
1	AVDD	电源	模拟电源引脚。用于给芯片模拟部分供电。该引脚应外接 10 μ F 电容并联 0.1 μ F 电容去耦。正常应用范围：4.5V-5.5V。
2	RST_N	输入	复位引脚，低电平有效。当为低电平时，芯片处于复位状态。该引脚应外接上拉电阻。
3	NC	NC	不连接。
4, 5	V1P, V1N	输入	电流通道 A 的正、负模拟输入引脚。采用完全差分输入方式，正常工作最大输入 V _{pp} 为 ± 700 mV，最大承受电压为 ± 6 V。
6, 7	V2P, V2N	输入	电流通道 B 的正、负模拟输入引脚。采用完全差分输入方式，正常工作最大输入 V _{pp} 为 ± 700 mV，最大承受电压为 ± 6 V。
8, 9	V3P, V3N	输入	电压通道的正、负模拟输入引脚。采用完全差分输入方式，正常工作最大输入 V _{pp} 为 ± 700 mV，最大承受电压为 ± 6 V。
10	REFV	输入/ 输出	2.5V 基准电压的输入、输出引脚。外部基准源可以直接连接到该引脚上。无论使用内部还是外部基准源，该引脚都应使用 10 μ F 电容并联 0.1 μ F 电容进行去耦。
11	AGND	电源	模拟地。
12	IS	输入	串行通信类型选择引脚，确定芯片的通信接口类型。 IS=0，选择 RSIO 作为通信接口；IS=1，选择 SPI 作为通信接口。 内部悬空，由外部上拉或下拉。
13	SDO/SWI	输入/ 输出	SDO 和 SWI 复用引脚，3.3V/5V 兼容引脚。SWI 为 RSIO 总线的信号名。 当 IS=1 时，该引脚为 SPI 串行数据输出 SDO。复位后，该引脚为高阻输出。 当 IS=0 时，该引脚为单线通信的输入输出引脚 SWI。复位后，该引脚为输入，当 SWI 响应命令给 MCU 传送数据时，该引脚变为输出。内置上拉电阻。
14	SDI	输入	当 IS=1 时，该引脚为 SPI 串行数据输入引脚，3.3V/5V 兼容引脚。 当 IS=0 时，该引脚内置上拉电阻。
15	SCLK	输入	当 IS=1 时，该引脚为 SPI 串行时钟输入，3.3V/5V 兼容引脚。 当 IS=0 时，该引脚内置上拉电阻。
16	SCSN	输入	当 IS=1 时，该引脚为 SPI 片选信号，低有效，3.3V/5V 兼容引脚。 内部悬空，由外部上拉。 当 IS=0 时，该引脚内置上拉电阻。
17	DGND	电源	数字地。
18	DVDD	电源	数字电源引脚。用于给芯片数字部分供电。该引脚应外接 10 μ F 电容并联 0.1 μ F 电容去耦。正常应用范围：4.5V-5.5V。
19	OSCI	输入	外部晶体的输入端，或是外灌系统时钟输入。晶体频率典型值为 3.579545MHz。
20	OSCO	输出	外部晶体的输出端。当 OSCI 上外接时钟时，OSCO 引脚能驱动一个 CMOS 负载。

21	NC	NC	不连接。
22	IRQ_N /ZX/SIG	输出	中断/过零检测/复位标志输出管脚，复位后，为中断管脚。 Zxcfg=0(EMUCON-bit7)时并且选择为SPI时作为中断请求IRQ_N; Zxcfg=0(EMUCON-bit7)时并且选择为RSIO时作为SIG信号; Zxcfg=1(EMUCON-bit7)时作为ZX: 电压通道过零输出。
23	PF	输出	有功电能校验脉冲输出，默认状态低电平输出。其频率反映瞬时有功功率的大小。具有5mA的输出和吸电流能力。
24	QF	输出	无功电能校验脉冲输出，默认状态低电平输出。其频率反映瞬时无功功率的大小。具有5mA的输出和吸电流能力。

1.5 典型应用

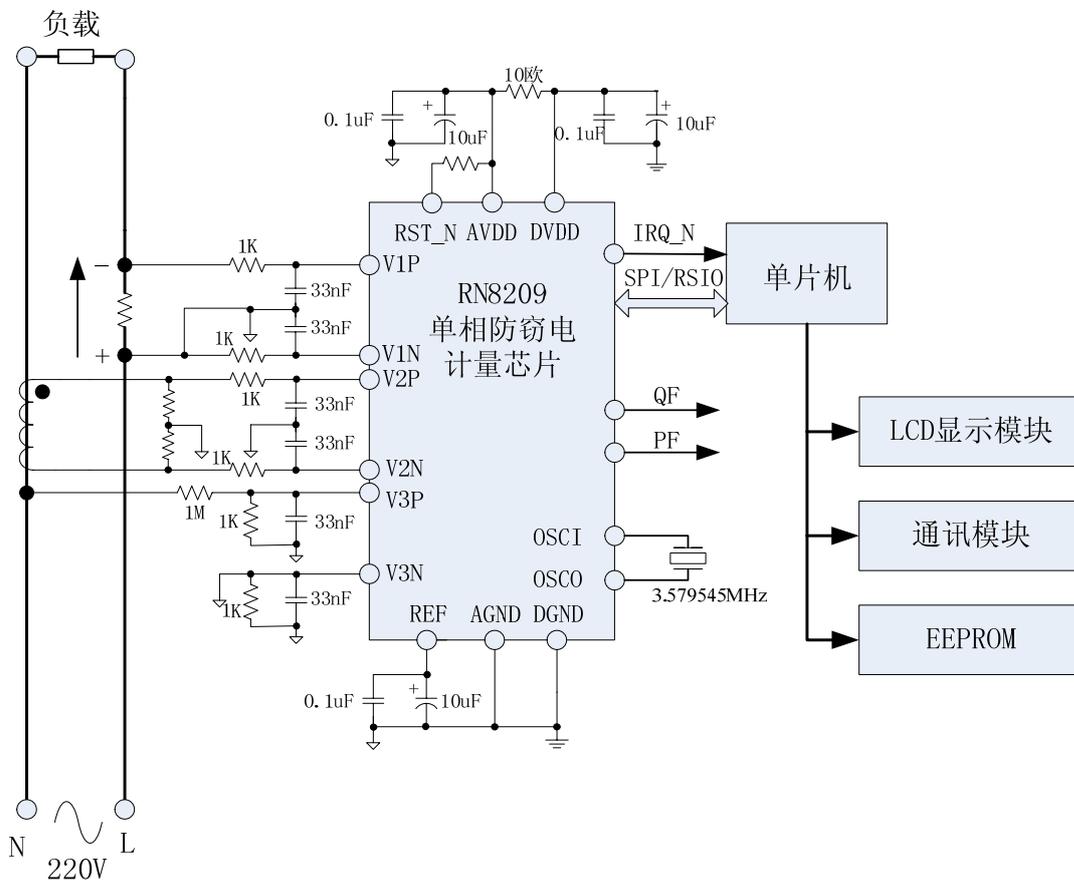


图 1-3 单相防窃电表典型应用

2 系统功能

2.1 电源监测

RN8209 片内包含一个电源监测电路，连续对模拟电源（AVDD）进行监控。当电源电压低于 $4V \pm 0.1V$ 时芯片被复位，当电源电压高于 $4.3V \pm 0.1V$ 时芯片正常工作。

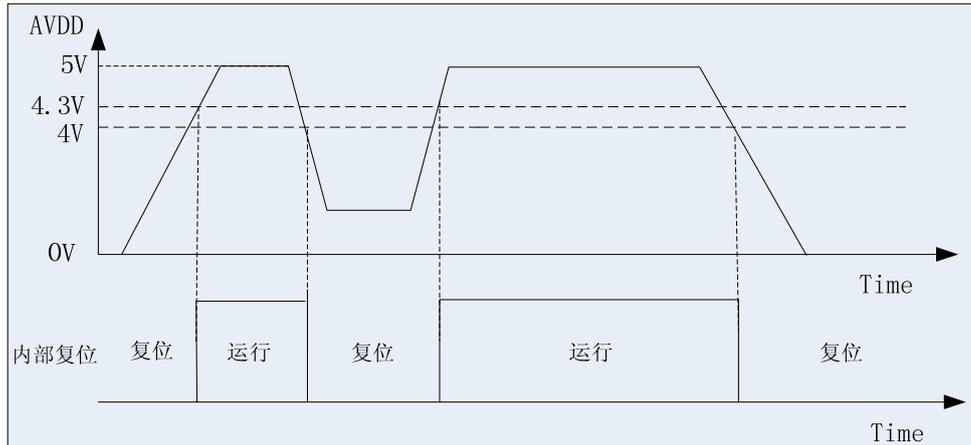


图 2-1 电源检测特性

为保证芯片正常工作，AVDD 的波动不应超过 $5V \pm 5\%$ 。

2.2 系统复位

RN8209 支持两种全局复位方式：

- 上下电
- 外部引脚复位

任一全局复位发生时，寄存器恢复到复位初值，外部引脚电平恢复到初始状态。

相关寄存器：

系统状态寄存器中的 RST 是复位标志：当外部 RST_N 引脚或者上电复位结束时，该位置 1，读后清零。可用于复位后校表数据请求。

2.3 模数转换

RN8209 包括三路 ADC，一路用于相线电流采样，一路用于零线电流采样，一路用于电压采样。配置系统控制寄存器中的 ADC2ON 寄存器位打开/关闭电流通道 B。

ADC 采用全差分方式输入，电流、电压通道最大信号输入幅度为峰值 700mv。

通过配置系统控制寄存器(SYSICON 0x00H)中的 bit5~bit0 位，可以分别对三路 ADC 配置

放大倍数，放大倍数 4 档可选：1、2、8、16。电流通道 A 的增益放大倍数默认为 16 倍。

2.4 有功功率

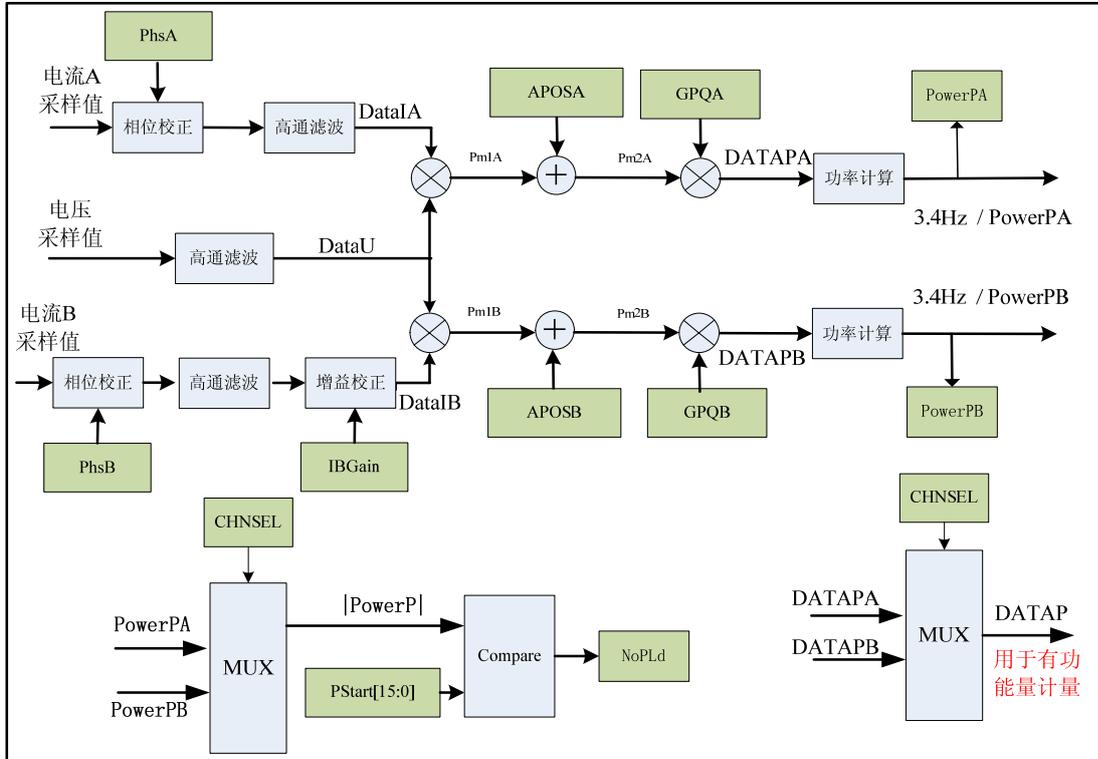


图 2-2 有功功率框图

RN8209 提供两路有功功率的计算和校正，分别为电流 A 和电压有功功率计算和校正、电流 B 和电压有功功率计算和校正。

寄存器也包含 A/B 两套相位校正、有功 Offset 校正、有功增益校正和平均功率寄存器。另外，为了保证两个通道的一致性，还提供了电流通道 B 的增益校正寄存器 IBGain。

当前用于判断潜动和启动的平均有功功率（PowerP）通道，以及当前用于计算有功电能的瞬时有功功率通道(DATAP)，来自哪个通道可以由特殊命令决定，见特殊命令章节。

用户可以通过特殊命令对通道选择进行配置，配置的结果可以通过 CHNSEL 寄存器位进行查询。

图中的数字高通滤波器主要是用于去除电流、电压采样数据中的直流分量。

2.5 无功功率

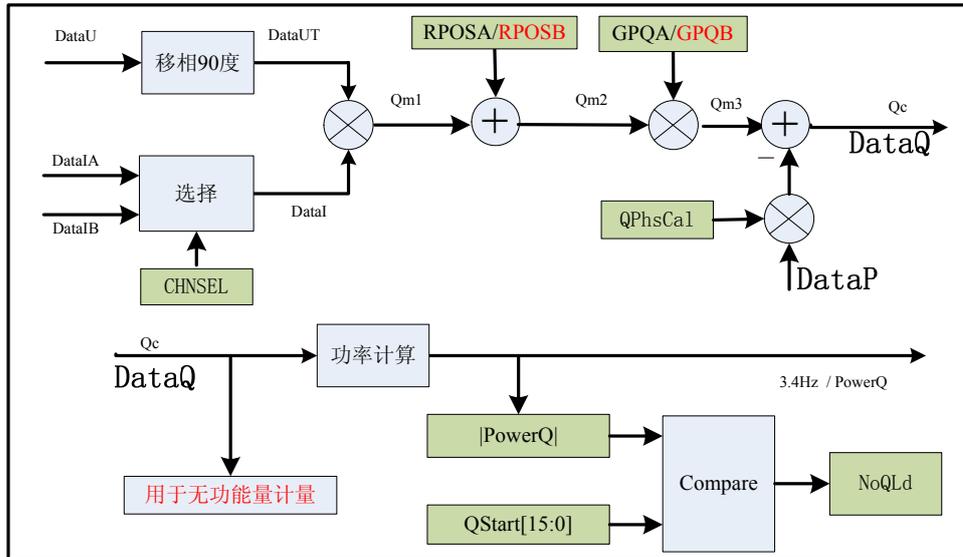


图 2-3 无功功率框图

RN8209 包含一路无功功率计量电路。其中用于计量的 DataUT 是 DataU 移相 90 度的结果；DataI 来自 DataIA 或者 DataIB，选择哪路电流可以通过特殊命令进行配置，通过寄存器位 CHNSEL 查询配置结果。

2.6 有效值

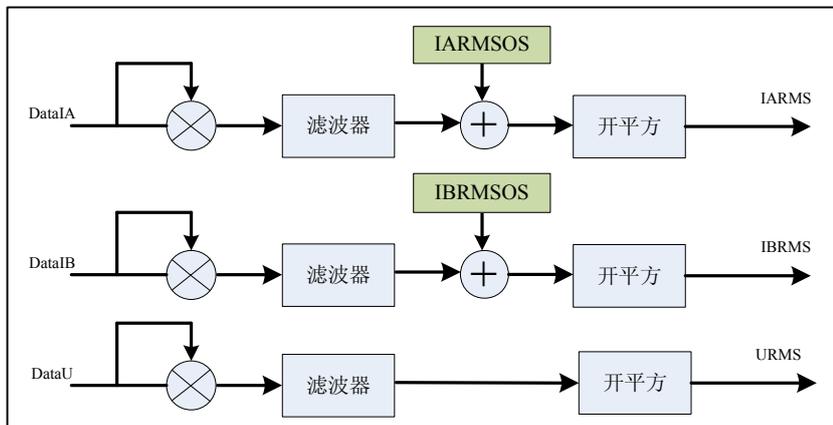


图 2-4 有效值计算框图

RN8209 提供三个通道的真有效值参数输出，包括 URMS、IARMS、IBRMS。字长为 24bit，每 3.4HZ 更新一次。此外还包括两个有效值 Offset 寄存器：IARMSOS 和 IBRMSOS。

注：通道 2 增益校正 (IBGain) 会影响到 IBRMS 的输出，其他的相位校正、功率增益校正、功率 offset 校正等不会影响有效值的计算结果。

2.7 能量计算

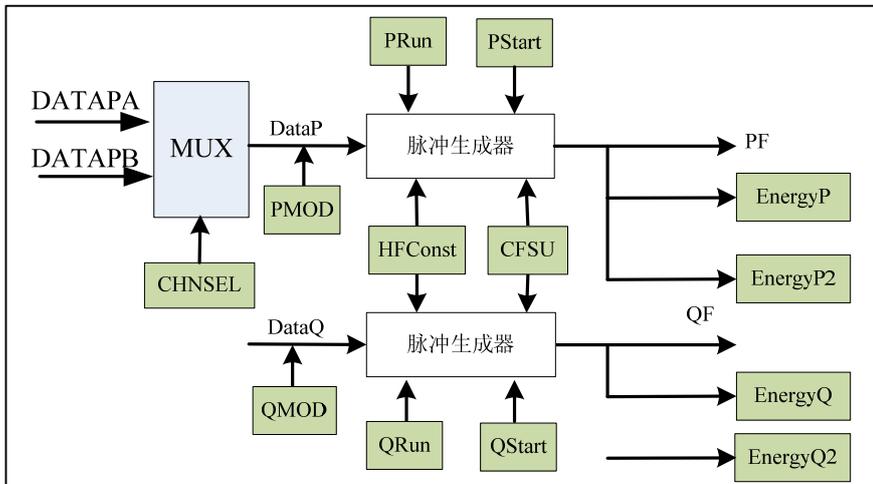
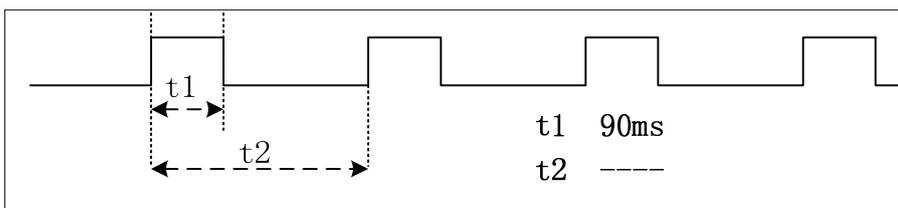


图 2-4 能量计算

能量脉冲输出:

脉冲输出，也即校表脉冲输出，可以直接接到标准电能表进行误差比对。

PF/QF 输出满足下面时序关系:



注意: 当脉冲输出周期小于 180ms 时，脉冲以等 duty 形式输出。

PFcnt、HFConst、脉冲输出、能量寄存器的关系:

当 $2 * |PFcnt| (0x20H) = HFConst (0x03H)$ 时，PF 有一个脉冲输出。同时能量寄存器 EnergyP (0x29H) 和 EnergyP2 (0x2AH) 加 1。

当 $2 * |QFcnt| (0x21H) = HFConst (0x03H)$ 时，QF 有一个脉冲输出。同时能量寄存器 EnergyQ (0x2BH) 和 EnergyQ2 (0x2CH) 加 1。

脉冲输出、能量寄存器和 PRun/QRun 以及 PStart/QStart 的关系:

有功/无功能量寄存器和 PF/QF 输出还受到 PRun/QRun 以及 PStart/QStart 的控制。

- 当 PRun=0 或者 |P| 小于 PStart 时，PF 不输出脉冲，PFcnt 和有功能量寄存器不增加。
- 当 QRun=0 或者 |Q| 小于 QStart 时，QF 不输出脉冲，QFcnt 和无功能量寄存器不增加。

脉冲输出加速:

为加快小信号校正速度，提供脉冲输出加速功能。在小信号校正时可以配置 EMUCON (0x01H) 寄存器的 CFSUEN 和 CFSU[1:0] 位，使 PF/QF 的输出频率提高，最快可以提高 16 倍。

反向指示:

当有功或无功功率为负时，EMUStatus 寄存器的 REVP 位或 REVQ 位会变为 1，REVP 位与 PF 脉冲同步更新，REVQ 位与 QF 脉冲同步更新。



2.8 通道切换

RN8209 专门提供一路 ADC 用于零线电流有效值和有功功率测量，并提供相线电流和零线电流通道的切换功能，供用户选择用某一路电流计量有功电能/无功电能/无功功率。

电流通道切换是通过特殊命令字来实现的，见特殊命令寄存器章节。通过寄存器位 CHNSEL 可以查询配置结果。

2.9 频率测量

RN8209 可以直接输出线频率参数(UFreq 0x25H)，测量基波频率，测量带宽 250Hz。

2.10 过零检测

通过配置 ZXCFC (EMUCON.7) 选择引脚 IRQ_N/ZX/SIG 开启/关闭过零输出。

通过配置 ZXD1 (EMUCON.9)、ZXD0 (EMUCON.8) 寄存器位选择四种过零输出方式。

2.11 中断

当通信接口选择为 SPI 时，RN8209 中断资源包括 1 个中断允许寄存器 IE、2 个中断状态寄存器 IF 和 RIF、一个复用的中断请求管脚 IRQ_N/ZX/SIG。

当通信接口选择为 RSIO 时，IRQ_N/ZX/SIG 引脚的中断功能被关闭，IE 和 RIF 寄存器也被关闭，但 IF 寄存器保留，定义为事件标识寄存器。

1. SPI 读 RIF 寄存器过程

MCU 读 RIF 操作的时序如图 2-5 所示：

1) 在 SCLK 时钟的驱动下，MCU 先通过 SDI 引脚发出读寄存器命令，在读命令字节最后一个比特 (LSB) 的 SCLK 下降沿清中断状态寄存器 IF，而此时 RIF 寄存器内容保持不变，同时 IRQ_N 由低电平变为高电平。

2) 芯片响应读 RIF 命令，在 SCLK 时钟的驱动下，将 RIF 寄存器内容移出 SDO 引脚。RIF 在此过程中始终保持读操作前的值，而 IF 寄存器在 SPI 该过程中能接收新的中断。

3) 在最后一个比特移出 SDO 后，SCSN 由低至高时将 RIF 寄存器的内容和 IF 同步。

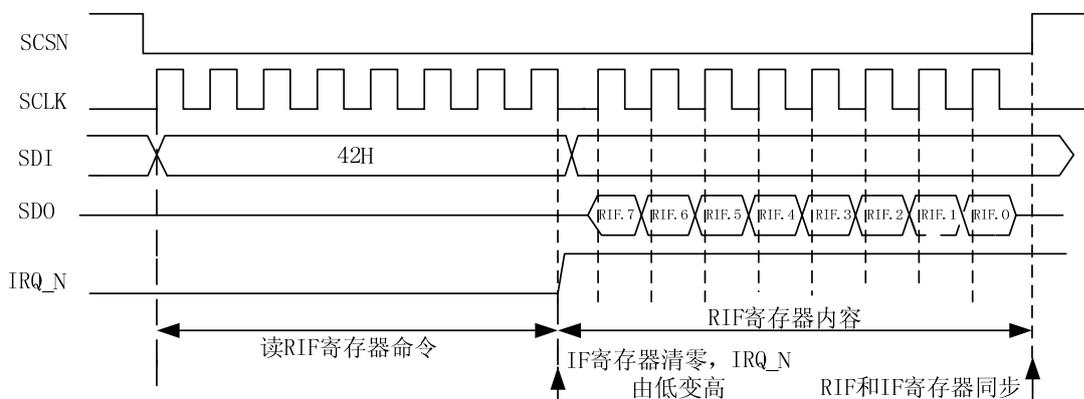


图 2-5 读 RIF 寄存器时序图

除了读 RIF 寄存器操作，其他情况下 IF 和 RIF 都保持一致。为了在 SPI 读中断标志过程中不丢失中断，在中断处理程序中推荐用户使用 RIF 寄存器。

2. 中断请求信号 IRQ_N

当 IS=1，IRQ_N/ZX/SIG 引脚为 IRQ_N 和过零检测输出 ZX 复用，通过配置 EMUCON 寄存器（0x01H）的 ZXCFG 位确定该引脚的用途。

当中断允许寄存器相应的中断允许位使能且中断事件发生时，IRQ_N 引脚为低电平。当 CPU 通过 SPI 接口读 RIF，先写命令寄存器，在写完命令字节最后一个比特（LSB）的 SCLK 下降沿，IRQ_N 引脚恢复为高电平。如图 2-5 所示。

当 IS=0，即通信接口选择为 RSIO 时，IRQ_N/ZX/SIG 引脚为 SIG 和 ZX 复用引脚，默认状态为 SIG 信号。

3. 中断处理过程

硬件：

- RN8209 的 IRQ_N 通常和 MCU 的外部中断管脚/INT 相连，当 IRQ_N 由高变低时 MCU 产生/INT 中断。
- MCU 作为 SPI 主机，RN8209 作为 SPI 从机。

中断处理程序：

步骤一：MCU 中断初始化

1. MCU 读 RN8209 RIF，清 IF 和 RIF 中断标志；
2. 配置 RN8209 IE 寄存器，使能需要的中断允许位以产生 IRQ_N；
3. MCU 使能/INT 外部中断，等待 RN8209 中断事件发生，IRQ_N 输出触发/INT 中断，跳入/INT 的中断入口地址。

步骤二：MCU 中断服务程序

1. 关闭 MCU 全局中断和/INT 中断；
2. MCU 通过 SPI 读 RIF 寄存器，清 IF 和 RIF 寄存器，将 IRQ_N 恢复到高电平。
3. MCU 通过判断 RIF 的中断标志来判断 RN8209 的中断源，转而执行相应的中断处理程序。在此过程中，RN8209 若发生新的中断事件，IF 相关标志置位，IRQ_N 也会由高变低，触发 MCU /INT 中断标志置位，记录了此事件。
4. 执行完中断处理程序，MCU 打开全局中断和/INT 中断，并恢复现场后中断返回。

中断返回后，若检测到/INT 中断标志，程序又进入到外部中断 ISR 中，重复 2。若未检测到/INT 中断标志，说明中断处理过程中未发生中断事件，程序继续运行。

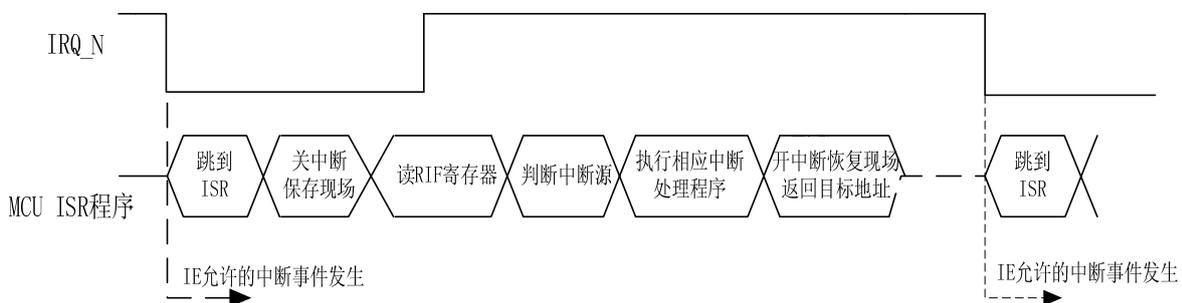


图 2-6 RN8209 中断处理过程

当通信接口选择为 RSIO 时，MCU 可通过 RSIO 接口查询 IF 寄存器确定相应事件的发生，转而执行相应的事件处理程序。



2.12 寄存器

2.12.1 寄存器列表

表 2-3 RN8209 寄存器列表

地址	名称	R/W	字长	复位值	功能描述
校表参数和计量控制寄存器					
00H	SYSCON	R/W	2	0003h	系统控制寄存器, 写保护
01H	EMUCON	R/W	2	0003h	计量控制寄存器, 写保护
02H	HFConst	R/W	2	1000h	脉冲频率寄存器, 写保护
03H	PStart	R/W	2	0060h	有功起动功率设置, 写保护
04H	QStart	R/W	2	0120h	无功起动功率设置, 写保护
05H	GPQA	R/W	2	0000h	通道A功率增益校正寄存器, 写保护
06H	GPQB	R/W	2	0000h	通道B功率增益校正寄存器, 写保护
07H	PhsA	R/W	1	00h	通道A相位校正寄存器, 写保护
08H	PhsB	R/W	1	00h	通道B相位校正寄存器, 写保护
09H	QPhsCal	R/W	2	0000h	无功相位补偿, 写保护
0AH	APOSA	R/W	2	0000h	通道A有功功率Offset校正寄存器, 写保护
0BH	APOSB	R/W	2	0000h	通道B有功功率Offset校正寄存器, 写保护
0CH	RPOSA	R/W	2	0000h	通道A无功功率Offset校正寄存器, 写保护
0DH	RPOSB	R/W	2	0000h	通道B无功功率Offset校正寄存器, 写保护
0EH	IARMSOS	R/W	2	0000h	电流通道A有效值Offset补偿, 写保护
0FH	IBRMSOS	R/W	2	0000h	电流通道B有效值Offset补偿, 写保护
10H	IBGain	R/W	2	0000h	电流通道B增益设置, 写保护
计量参数和状态寄存器					
20H	PFCnt	R/W	2	0000h	快速有功脉冲计数, 写保护
21H	QFCnt	R/W	2	0000h	快速无功脉冲计数, 写保护
22H	IARMS	R	3	000000h	通道A电流的有效值
23H	IBRMS	R	3	000000h	通道B电流的有效值
24H	URMS	R	3	000000h	电压有效值
25H	UFreq	R	2	0000h	电压频率
26H	PowerPA	R	4	00000000h	有功功率A
27H	PowerPB	R	4	00000000h	有功功率B
28H	PowerQ	R	4	00000000h	无功功率
29H	EnergyP	R	3	000000h	有功能量, 读后不清零
2AH	EnergyP2	R	3	000000h	有功能量, 读后清零
2BH	EnergyQ	R	3	000000h	无功能量, 读后不清零
2CH	EnergyQ2	R	3	000000h	无功能量, 读后清零
2DH	EMUStatus	R	3	00EE79h	计量状态及校验和寄存器
中断寄存器					
40H	IE	R/W	1	00h	中断允许寄存器, 写保护
41H	IF	R	1	00h	中断标志寄存器, 读后清零
42H	RIF	R	1	00h	复位中断状态寄存器, 读后清零
系统状态寄存器					
43H	SysStatus	R	1	--	系统状态寄存器



44H	RData	R	4	--	上一次SPI/RSIO读出的数据
45H	WData	R	2	--	上一次SPI/RSIO写入的数据
7FH	DeviceID	R	3	820900h	RN8209 Device ID

2.12.2 校表参数寄存器

系统控制寄存器

SYSTEM Control Register (SYSICON) Address: 0x00 H Default Value: 0003H																	
位	位名称	功能描述															
15-7	保留	不可写, 读出为 0。SYSICON 寄存器仍然按照 2 个 byte 寄存器操作。															
6	ADC2ON	ADC2ON=1: 表示 ADC 电流通道 B 开启; =0: 表示 ADC 电流通道 B 关闭, ADC 输出恒为 0。															
5-4	PGAIB[1:0]	电流通道 B 模拟增益选择															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>PGAIB1</th> <th>PGAIB0</th> <th>电流通道 B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>PGA=1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>PGA=2</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>PGA=8</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>PGA=16</td> </tr> </tbody> </table>	PGAIB1	PGAIB0	电流通道 B	0	0	PGA=1	0	1	PGA=2	1	0	PGA=8	1	1	PGA=16
		PGAIB1	PGAIB0	电流通道 B													
		0	0	PGA=1													
		0	1	PGA=2													
1	0	PGA=8															
1	1	PGA=16															
3-2	PGAU[1:0]	电压通道模拟增益选择, 配置选择同PGAIB。															
1-0	PGAIA[1:0]	电流通道 A 模拟增益选择, 配置选择同 PGAIB。默认值为 16 倍。															

计量控制寄存器

计量控制寄存器用于计量功能的设置。

Energy Measure Control Register (EMUCON) Address: 0x01 H Default Value: 0003H																	
位	位名称	功能描述															
15-14	保留	读出为 0															
13-12	QMOD[1:0]	无功能量累加方式选择:															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>QMOD1</th> <th>QMOD0</th> <th>累加功率 Qm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>Qm=DataQ, 正反向功率都参与累加, 负功率有 REVQ 符号指示。</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>只累加正向功率</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>Qm= DataQ , 正反向功率都参与累加, 无负功率符号指示。</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>Qm=DataQ(保留)</td> </tr> </tbody> </table>	QMOD1	QMOD0	累加功率 Qm	0	0	Qm=DataQ, 正反向功率都参与累加, 负功率有 REVQ 符号指示。	0	1	只累加正向功率	1	0	Qm= DataQ , 正反向功率都参与累加, 无负功率符号指示。	1	1	Qm=DataQ(保留)
		QMOD1	QMOD0	累加功率 Qm													
		0	0	Qm=DataQ, 正反向功率都参与累加, 负功率有 REVQ 符号指示。													
		0	1	只累加正向功率													
1	0	Qm= DataQ , 正反向功率都参与累加, 无负功率符号指示。															
1	1	Qm=DataQ(保留)															
11-10	PMOD[1:0]	有功能量累加方式选择: 同上表无功能量累加方式。															
9	ZXD1	ZX 输出初始值为 0, 根据 ZXD1 和 ZXD0 的配置输出不同的波形: ZXD1=0, 表示仅在选择的过零点处 ZX 输出发生变化; ZXD1=1, 表示在正向和负向过零点处 ZX 输出均发生变化。															
8	ZXD0	ZXD0=0, 表示选择正向过零点作为过零检测信号;															



		ZXD0=1, 表示选择负向过零点作为过零检测信号。
7	ZXCFG	ZXCFG=0: 接口为 SPI 时引脚 IRQ_N /ZX/SIG 作为 IRQ_N。 ZXCFG=0: 接口为 RSIO 时引脚 IRQ_N /ZX/SIG 作为 SIG。 ZXCFG=1: 引脚 IRQ_N /ZX/SIG 作为 ZX。
6	HPFIOFF	HPFIOFF=0: 使能 IA 和 IB 通道数字高通滤波器 HPFIOFF=1: 关闭 IA 和 IB 通道数字高通滤波器
5	HPFUOFF	HPFUOFF=0: 使能 U 通道数字高通滤波器 HPFUOFF=1: 关闭 U 通道数字高通滤波器
4	CFSUEN	CFSUEN 是 PF/QF 脉冲输出加速模块的控制位, CFSUEN=1, 使能脉冲加速模块, 脉冲的输出速率提高 $2^{(CFSU[1:0]+1)}$ 倍。CFSUEN=0, 关闭脉冲加速模块, 脉冲正常输出。
3,2	CFSU[1:0]	该位和 CFSUEN 配合使用。见 CFSUEN 说明。
1	QRUN	QRUN=1, 使能 QF 脉冲输出和无功电能寄存器累加; QRUN=0, 关闭 QF 脉冲输出和无功电能寄存器累加。默认状态为 1。
0	PRUN	PRUN=1, 使能 PF 脉冲输出和有功电能寄存器累加; PRUN=0, 关闭 PF 脉冲输出和有功电能寄存器累加。默认状态为 1。

脉冲频率寄存器

High Frequency Impulse Const Register (HFConst)				Address: 0x 02H Default Value : 1000H				
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read:	HFC15	HFC14	HFC13	HFC12	HFC11	HFC10	HFC9	HFC8
Write:								
Reset:	0	0	0	1	0	0	0	0
:	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	HFC7	HFC6	HFC5	HFC4	HFC3	HFC2	HFC1	HFC0
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

HFConst 是 16 位无符号数, 做比较时, 将其与快速脉冲计数寄存器 PFCNT/QFCNT 寄存器值的绝对值的 2 倍做比较, 如果大于等于 HFConst 的值, 那么就会有对应的 PF/QF 脉冲输出。

潜动与启动阈值寄存器

Start Power Threshold Setup Register (PStart)				Address: 0x 03h Default Value : 0060H				
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read:	PS15	PS 14	PS 13	PS 12	PS11	PS10	PS 9	PS 8
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0
:	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	PS7	PS 6	PS 5	PS 4	PS 3	PS 2	PS 1	PS 0



Write:								
Reset:	0	1	1	0	0	0	0	0

Start Power Threshold Setup Register (QStart)				Address: 0x 04h Default Value : 0120H				
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read:	QS15	QS 14	QS 13	QS 12	QS11	QS10	QS 9	QS 8
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	1
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	QS7	QS 6	QS 5	QS 4	QS 3	QS 2	QS 1	QS 0
Write:								
Reset:	0	0	1	0	0	0	0	0

启动阈值可由 PStart 和 QStart 寄存器配置。它们是 16 位无符号数，做比较时，将其分别与 PowerP 和 PowerQ (为 32bit 有符号数)的高 24 位的绝对值进行比较，以作起动判断。

|PowerP|小于 PStart 时，PF 不输出脉冲。

|PowerQ|小于 QStart 时，QF 不输出脉冲。

增益校正寄存器

Power Gain Register A(GPQA)			Address: 0x05h Default Value : 0000H				
	Bit15	14	13	12 ... 3	2	1	Bit0
Read:	GPQA_15	GPQA_14	GPQA_13	GPQA_12...GPQA_3	GPQA_2	GPQA_1	GPQA_0
Write:							
Reset:	0	0	0	0	0	0	0

Power Gain Register B(GPQB)			Address: 0x06h Default Value : 0000H				
	Bit15	14	13	12 ... 3	2	1	Bit0
Read:	GPQB_15	GPQB_14	GPQB_13	GPQB_12...GPQB_3	GPQB_2	GPQB_1	GPQB_0
Write:							
Reset:	0	0	0	0	0	0	0

包括两个寄存器：GPQA 和 GPQB，为二进制补码格式，最高位为符号位。

GPQA 用于电流通道 A 和电压通道有功/无功功率的校正。GPQB 用于电流通道 B 和电压通道有功/无功的增益校正。

校正范围为正负 100%。

校正公式为： $P1=P0(1+GPQS)$

$Q1=Q0(1+GPQS)$

其中 GPQS 为增益校正寄存器的归一化值。使用方法见第三章校表方法。

相位校正寄存器

Phase Calibration Register A(PhsA)	Address: 0x 07H Default Value : 00H
------------------------------------	-------------------------------------



	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	PhsA_7	PhsA_6	PhsA_5	PhsA_4	PhsA_3	PhsA_2	PhsA_1	PhsA_0
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

Phase Calibration Register B(PhsB)		Address: 0x08 H Default Value : 00H						
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	PhsB_7	PhsB_6	PhsB_5	PhsB_4	PhsB_3	PhsB_2	PhsB_1	PhsB_0
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

包括 IA 和 U 通道的相位校正 PhsA 以及 IB 和 U 通道的相位校正 PhsB。这两个寄存器均为带符号二进制补码，Bit0~bit7 有效，其中 bit7 为符号位。使用方法见第三章校表方法。

1 LSB代表 $1/895\text{kHz} = 1.12\mu\text{s}/\text{LSB}$ 的延时，在 50HZ 下，1 LSB代表 $1.12\mu\text{s} * 360^\circ * 50 / 10^6 = 0.02^\circ / \text{LSB}$ 相位校正。

相位校正范围：50HZ 下， $\pm 2.56^\circ$

无功相位补偿寄存器

Reactive Power Phase Calibration Register (QPhsCal)		Address: 09H Default Value : 0000H					
	Bit15	14	13	12..3	2	1	Bit0
Read:	QPC15	QPC14	QPC13	QPC12..QPC3	QPC2	QPC1	QPC0
Write:							
Reset:	0	0	0	0	0	0	0

无功相位补偿寄存器用于 U 通道 90° 移相滤波器在无功计算中的相位补偿。无功相位补偿寄存器采用十六位二进制补码形式，最高位为符号位。使用方法见第三章校表方法。

校正公式： $Q2 = Q1 - QPhs * P1$

其中 P1 为有功功率，Q1 为补偿前的无功功率，Q2 为补偿后的无功功率。

有功 Offset 校正寄存器

Active Power Offset Register A(APOSA)		Address: 0AH Default Value : 0000H					
	Bit15	14	13	12 ... 3	2	1	Bit0
Read:	APOSA_15	APOSA_14	APOSA_13	APOSA_12...APOSA_3	APOSA_2	APOSA_1	APOSA_0
Write:							
Reset:	0	0	0	0	0	0	0

Active Power Offset Register B(APOSB)		Address: 0BH Default Value : 0000H					
	Bit15	14	13	12 ... 3	2	1	Bit0
Read:	APOSB_15	APOSB_14	APOSB_13	APOSB_12...APOSB_3	APOSB_2	APOSB_1	APOSB_0
Write:							
Reset:	0	0	0	0	0	0	0



有功 OFFSET 校正适合小信号的精度校正。这两个寄存器均为二进制补码格式，最高位为符号位。使用方法见第三章校表方法。

APOSA 寄存器为电流通道 A 和 U 通道有功功率 Offset 值。APOSB 寄存器为电流通道 B 和 U 通道有功功率 Offset 值。

无功 Offset 校正寄存器

Rective Power Offset Register (RPOSA)		Address: 0CH Default Value : 0000H					
	Bit15	14	13	12 ... 3	2	1	Bit0
Read:	RPOSA_15	RPOSA_14	RPOSA_13	RPOSA_12...RPOSA_3	RPOSA_2	RPOSA_1	RPOSA_0
Write:							
Reset:	0	0	0	0	0	0	0

Rective Power Offset Register (RPOSB)		Address: 0DH Default Value : 0000H					
	Bit15	14	13	12 ... 3	2	1	Bit0
Read:	RPOSB_15	RPOSB_14	RPOSB_13	RPOSB_12...RPOSB_3	RPOSB_2	RPOSB_1	RPOSB_0
Write:							
Reset:	0	0	0	0	0	0	0

无功 Offset 校正寄存器用于无功小信号精度的校正。这两个寄存器均为二进制补码格式，最高位为符号位。使用方法见第三章校表方法。

RPOSA 寄存器为电流通道 A 和 U 通道无功功率 Offset 值。RPOSB 寄存器为电流通道 B 和 U 通道无功功率 Offset 值。

有效值 Offset 校正寄存器

IA RMS Offset Register(IARMSOS)		Address: 0EH Default Value : 0000H					
	Bit15	14	13	12 ... 3	2	1	Bit0
Read:	IARMS_15	IARMS_14	IARMS_13	IARMS_12...IARMS_3	IARMS_2	IARMS_1	IARMS_0
Write:							
Reset:	0	0	0	0	0	0	0

IB RMS Offset Register(IBRMSOS)		Address: 0FH Default Value : 0000H					
	Bit15	14	13	12 ... 3	2	1	Bit0
Read:	IBRMS_15	IBRMS_14	IBRMS_13	IBRMS_12...IBRMS_3	IBRMS_2	IBRMS_1	IBRMS_0
Write:							
Reset:	0	0	0	0	0	0	0

有效值 Offset 校正寄存器用于电流有效值小信号精度的校正。这两个寄存器均为二进制补码格式，最高位为符号位。使用方法见第三章校表方法。

IARMSOS 寄存器为电流 A 有效值 Offset 值，IBRMSOS 寄存器为电流 B 有效值 Offset 值。



电流通道 B 增益设置

Current B Gain Register (IBGain)			Address: 10H Default Value : 0000H				
	Bit15	14	13	12 ... 3	2	1	Bit0
Read:	IBG15	IBG14	IBG13	IBG12...IBG3	IBG2	IBG1	IBG0
Write:							
Reset:	0	0	0	0	0	0	0

电流通道 B 增益设置寄存器用于防窃电表两路电流通道的一致性校正。一致性校正为 100%Ib 一点校正。使用方法见第三章校表方法。

通道 B 电流增益寄存器采用二进制补码形式，最高位为符号位，表示范围(-1, +1)。

如果 $IBGain > 2^{15}$ ，则 $GainI2 = (IBGain - 2^{16}) / 2^{15}$

否则 $GainI2 = IBGain / 2^{15}$

校正之前 I2a，校正之后 I2b，两者关系为： $I2b = I2a + I2a * GainI2$

2.12.3 计量参数寄存器

快速脉冲计数器

Active Energy Counter Register (PFCNT)				Address: 0x20h			
	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 Register (QFCNT)				Address: 0x21h			
	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

为了防止上下电时丢失电能，掉电时 MCU 将寄存器 PFCnt/QFCnt 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 中去。

当快速脉冲计数寄存器 PFCnt/QFCnt 计数值的绝对值的 2 倍大于等于 HFconst 时，相应的 PF/QF 会有脉冲溢出，能量寄存器的值会相应的加 1。

电流电压有效值寄存器

Current A Rms Register (IARms)			Address: 0x22h				
	Bit23	22	21	20 ... 3	2	1	Bit0
Read:	IAS23	IAS22	IAS21	IAS20...IAS3	IAS2	IAS1	IAS0



Current B Rms Register (IBRms)			Address: 0x23h				
	Bit23	22	21	20 ... 3	2	1	Bit0
Read:	IBS23	IBS22	IBS21	IBS20...IBS3	IBS2	IBS1	IBS0

Voltage Rms Register (Urms)			Address: 0x24h				
	Bit23	22	21	20 ... 3	2	1	Bit0
Read:	US23	US22	US21	US20...US3	US2	US1	US0

有效值 Rms 是 24 位有符号数，最高位为 0 表示有效数据，最高位为 1 时读数做零处理；参数更新的频率为 3.4Hz。

电压频率寄存器

Voltage Frequency Register (UFreq)			Address: 0x25h				
	Bit15	14	13	12 ... 3	2	1	Bit0
Read:	Ufreq15	Ufreq14	Ufreq13	Ufreq12...Ufreq3	Ufreq2	Ufreq1	Ufreq0

主要测量基波频率，测量带宽 250Hz 左右。

频率值是一个 16 位的无符号数，参数格式化公式为：

$$f = \text{CLKIN} / 8 / \text{UFREQ}$$

例如，如果系统时钟为 $\text{CLKIN} = 3.579545\text{MHz}$ ， $\text{UFREQ} = 8948$ ，那么测量到的实际频率为：

$$f = 3579545 / 8 / 8948 = 49.9908\text{Hz}$$

电压频率测量值更新的周期为 0.7s。

平均有功功率寄存器

Active Power Register (PowerPA)			Address: 0x26h				
	Bit31	30	29	28 ... 3	2	1	Bit0
Read:	APA23	APA22	APA21	APA20...APA3	APA2	APA1	APA0

Active Power Register (PowerPB)			Address: 0x27h				
	Bit31	30	29	28 ... 3	2	1	Bit0
Read:	APB23	APB22	APB21	APB20...APB3	APB2	APB1	APB0

有功功率参数 PowerP 是二进制补码格式，32 位数据，其中最高位是符号位。功率参数更新的频率为 3.4Hz。

POWERPA 是 U 通道和 IA 通道的平均有功功率寄存器，POWERPB 是 U 通道和 IB 通道的平均有功功率寄存器。

平均无功功率寄存器

Reactive Power Register (PowerQ)			Address: 0x28h				
	Bit31	30	29	28 ... 3	2	1	Bit0
Read:	RP23	RP22	RP21	RP20...RP3	RP2	RP1	RP0



无功功率参数 PowerQ 是二进制补码格式，32 位数据，其中最高位是符号位。更新频率同 PowerPA 和 PowerPB。

该寄存器是 U 通道和用户选择的电流通道无功功率计算结果，默认情况下选择通道 A。

有功电能寄存器

Active Energy Register (EnergyP)		Address: 0x29h					
	Bit23	22	21	20 ... 3	2	1	Bit0
Read:	EP23	EP22	EP21	EP20...EP3	EP2	EP1	EP0

EnergyP 寄存器是累加型有功能量寄存器。在 0xFFFFFFFF 溢出到 0x000000 时，会产生溢出标志 POIF(参见 IF 0x41H)。

电能参数是无符号数，EnergyP 的寄存器值分别代表 PF 脉冲的累加个数。寄存器最小单位代表的能量为 1/EC kWh。其中 EC 为电表常数。

有功电能寄存器 2

Active Energy Register2 (EnergyP2)		Address: 0x2AH					
	Bit23	22	21	20 ... 3	2	1	Bit0
Read:	EP23_2	EP22_2	EP21_2	EP20_2...EP3_2	EP2_2	EP1_2	EP0_2

EnergyP2 寄存器是清零型有功能量寄存器。

无功电能寄存器

REActive Energy Register (EnergyQ)		Address: 0x2BH					
	Bit23	22	21	20 ... 3	2	1	Bit0
Read:	EP23	EP22	EP21	EP20...EP3	EP2	EP1	EP0

EnergyQ 寄存器是累加型无功能量寄存器。在 0xFFFFFFFF 溢出到 0x000000 时，会产生溢出标志 QOIF(参见 IF 0x41H)。

无功电能参数是无符号数，EnergyQ 的寄存器值分别代表 QF 脉冲的累加个数。寄存器最小单位代表的能量为 1/EC kVARh。其中 EC 为电表常数。

无功电能寄存器 2

REActive Energy Register2 (EnergyQ2)		Address: 0x2CH					
	Bit23	22	21	20 ... 3	2	1	Bit0
Read:	EP23_2	EP22_2	EP21_2	EP20_2...EP3_2	EP2_2	EP1_2	EP0_2

EnergyQ2 寄存器是清零型无功能量寄存器。



计量状态寄存器

此寄存器包括计量状态寄存器和校验和寄存器两部分。

EMU STATUS Register (EMUStatus) Address: 0x2D h 只读寄存器		
位	位名称	功能描述
23-22	保留	保留
21	CHNSEL	电流通道选择状态标识位。 =1 表示当前用于计算有功/无功电能的电流通道为通道 B; =0 表示当前用于计算有功/无功电能的电流通道为通道 A。 默认状态下该位为 0, 标识选择通道 A 用于电能计量。
20	Noqld	当无功功率小于起动功率时, NoPld 被置为 1; 当有功功率大于/等于起动功率时 NoPLd 清为 0。
19	Nopld	当有功功率小于起动功率时, NoPld 被置为 1; 当有功功率大于/等于起动功率时 NoPLd 清为 0。
18	REVQ	反向无功功率指示标识信号, 当检测到负无功功率时, 该信号为 1。 当再次检测到正无功功率时, 该信号为 0。在 QF 发脉冲时更新该值。
17	REVP	反向有功功率指示标识信号, 当检测到负有功功率时, 该信号为 1。 当再次检测到正有功功率时, 该信号为 0。在 PF 发脉冲时更新该值。
16	ChksumBusy	校表数据校验计算状态寄存器。 ChksumBusy =0, 表示校表数据校验和计算已经完成。校验值可用。 ChksumBusy =1, 表示校表数据校验和计算未完成。校验值不可用。
15:0	Chksum	校验和输出

EMUStatus [15:0]是RN8209专门提供一个寄存器来存放校表参数配置寄存器的16位校验和, 外部MCU可以检测这个寄存器来监控校表数据是否错乱。

校验和的算法为双字节累加后取反。对于单字节寄存器PHSA/PHSB, 将其扩展为双字节后累加, 扩展的字节为00H。

RN8209参与校验和计算的寄存器地址是00H-10H, 根据RN8209默认值计算得到的校验和为0xEE79。

以下三种情况下, 重新开始一次校验和计算: 系统复位、00H-10H 某个寄存器发生写操作、EMUStatus 寄存器发生读操作。一次校验和计算需要 11.2us。

2.12.4 中断寄存器

中断配置和允许寄存器

该寄存器适用于SPI和RSIO。当中断允许位配置为1且中断产生时, IRQ_N引脚输出低电平。写保护寄存器, 配置该寄存器前需将写使能打开。

Interrupt Enable Register (IE) Address: 0x40H 默认值: 0x00H 可读可写		
位	位名称	功能描述
7-6	保留	保留, 读数为 0



5	ZXIE	ZXIE=0: 关闭过零中断; ZXIE=1: 使能过零中断。
4	QEOIE	QEOIE=0: 关闭无功电能寄存器溢出中断; QEOIE=1: 使能无功电能寄存器溢出中断。
3	PEOIE	PEOIE=0: 关闭有功电能寄存器溢出中断; PEOIE=1: 使能有功电能寄存器溢出中断。
2	QFIE	QFIE=0: 关闭QF中断; QFIE=1: 打开QF中断。
1	PFIE	PFIE=0: 关闭PF中断; PFIE=1: 打开PF中断。
0	DUPDIE	DUPDIE=0: 关闭数据更新中断; DUPDIE=1: 使能数据更新中断。 数据 PowerPA/PowerPB、PowerQ、IARMS/IBRMS、URMS 寄存器刷新的频率为 3.4HZ, 当上述数据更新时, IRQ_N 引脚输出低电平。

中断状态寄存器

Interrupt Flag Register (IF) Address: 0x41H 只读		
位	位名称	功能描述
7-6	Reserved	保留。
5	ZXIF	ZXIF =0: 未发生过零事件; ZXIF =1: 发生过零事件。
4	QEOIF	QEOIF=0: 未发生无功电能寄存器溢出事件; QEOIF=1: 发生无功电能寄存器溢出事件。
3	PEOIF	PEOIF=0: 未发生有功电能寄存器溢出事件; PEOIF=1: 发生有功电能寄存器溢出事件。
2	QFIF	QFIF =0: 未发生 QF 脉冲输出事件; QFIF =1: 发生 QF 脉冲输出事件。
1	PFIF	PFIF =0: 未发生 PF 脉冲输出事件; PFIF =1: 发生 PF 脉冲输出事件。
0	DUPDIF	DUPDIF =0: 未发生数据更新事件; DUPDIF =1: 发生数据更新事件。

IF 适用于 SPI 和 RSIO 接口。当某中断事件产生时, 硬件会将相应的中断标志置 1。
IF 中断标志的产生不受中断允许寄存器 IE 的控制, 只由中断事件是否发生决定。
IF 为只读寄存器, 读后清零。

复位中断状态寄存器

Reset Interrupt Flag Register (RIF)		Address: 0x42H						
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	0	0	RZXIF	RQEOIF	RPEOIF	RQFIF	RPFIF	RDUPDIF

对于 SPI, RIF 的位定义和 IF 相同, 当某中断事件产生时, 相应的中断标志也置 1。读后清零, 读 RIF 可以同时清 IF 和 RIF 寄存器。

RIF 为在 SPI 读中断标志寄存器过程中仍然能接收新的中断而设计, 见中断章节说明。
对于 RSIO, 该寄存器只读, 读数为 0, 读 RIF 不会清 IF。



2.12.5 系统状态寄存器

系统状态寄存器

System Status Register (SysStatus)		Address: 0x43H	只读
位	位名称	功能描述	
7-5	Reserved	保留。	
4	WREN	写使能标志: =1 允许写入带写保护的寄存器; =0 不允许写入带写保护的寄存器	
3	Reserved	保留。	
2	IS	串行通信类型选择引脚状态位, 确定芯片的通信接口类型。 IS=0, 表示选择 RSIO 作为通信接口; IS=1, 表示选择 SPI 作为通信接口。	
1	Reserved	保留。	
0	RST	硬件复位标志。当外部 RST_N 引脚或者上电复位结束时, 该位置 1。读后清零。可用于复位后校表数据请求。	

SPI/RSIO 读校验寄存器

RData(0x44H)寄存器保存前次 SPI/RSIO 读出的数据, 可用于 SPI/RSIO 读出数据时的校验。

SPI/RSIO 写校验寄存器

WData(0x45H)寄存器保存前次 SPI/RSIO 写入的数据, 可用于 SPI/RSIO 写入数据时的校验。

2.12.6 特殊命令

命令名称	命令寄存器	数据	描述
写使能命令	0xEA	0xE5	使能写操作
写保护命令	0xEA	0xDC	关闭写操作
电流通道 A 选择命令	0xEA	0x5A	电流通道 A 设置命令, 指定当前用于计算有功电能/无功电能/无功功率的电流通道为通道 A; 当写使能之后, 系统才接受该命令; 计量状态寄存器中的 CHNSEL 寄存器位反映了该命令的执行结果。
电流通道 B 选择命令	0xEA	0xA5	电流通道 B 设置命令, 指定当前用于计算有功电能/无功电能/无功功率的电流通道为通道 B; 当写使能之后, 系统才接受该命令; 计量状态寄存器中的 CHNSEL 寄存器位反映了该命令的执行结果。

写保护的范

0x00h-0x10h 校表参数配置寄存器、0x20h-0x21h 快速脉冲寄存器、0x40h 中断允许寄存器, 用特殊命令写使能后才能写入修改, 具体命令格式如上表。



3 校表方法

3.1 概述

RN8209 提供了丰富的校正手段实现软件校表，经过校正的仪表，有功和无功精度均可达 0.5S 级。RN8209 的校正手段包括：

- 电表常数(HFConst)可调
- 提供 A/B 通道的增益校正和一致性校正
- 提供 A/B 通道的相位校正
- 提供 A/B 通道的有功、无功和有效值 offset 校正
- 提供无功相位补偿
- 提供小信号加速校正功能
- 提供校表数据自动校验功能

3.2 校表流程和参数计算

在对 RN8209 设计的单相液晶表进行校正时，必须提供标准电能表。利用标准电能表校表时，有功/无功能量脉冲 PF/QF 可以通过光耦直接连接到标准表上去，然后根据标准电能表的误差读数对 RN8209 进行校正。

3.2.1 校表流程

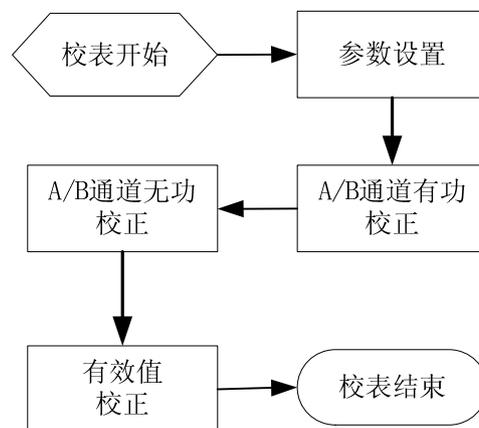


图 3-1 校表流程

3.2.2 参数设置

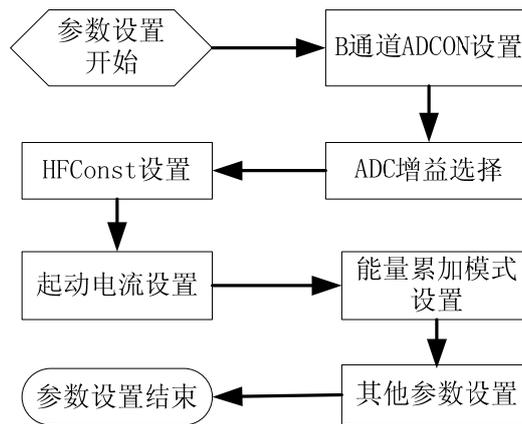


图 3-2 参数设置流程

HFConst 参数计算:

osci=3.579545MHz 时, HFConst 的计算公式如下:

$$HFConst = INT[23.2075 * Vu * Vi * 10^{11} / (EC * Un * Ib)]$$

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

HFConst 参数查表:

在典型应用: 1) 锰铜采用 400 微欧; 2) IA PGA 配置 16 倍; 3) 电压采样 220mV 的输入条件下, 可根据电表常数 EC 按下表直接查 HFConst 值填入寄存器:

EC	HFConst	EC	HFConst
800	0x4000	12800	0x0400
1600	0x2000	25600	0x0200
3200	0x1000	51200	0x0100
6400	0x0800		

3.2.3 有功校正

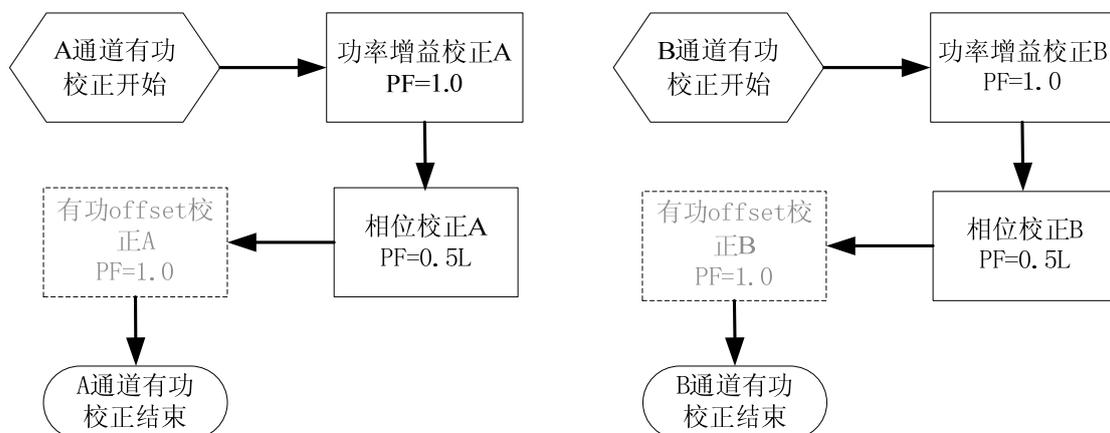


图 3-3 有功校正流程



1. A 通道功率增益校正可通过配置 GPQA 寄存器实现，GPQA 的计算方法如下：
若标准表在 A 通道 100%Ib、PF=1 上读出误差为 err:

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

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

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

B 通道功率增益校正可通过配置 GPQB 寄存器实现，方法同 GPQA。

2. A/B 通道相位校正寄存器的计算方法：
若标准表在 A/B 通道，100%Ib，PF=0.5L 上读出误差为 err，则相位补偿公式：

$$\theta = \text{Arcsin} \frac{-err}{\sqrt{3}}$$

对 50HZ，PHSA/B 有 $0.02^{\circ}/\text{LSB}$ 的关系，则有

如果 $\theta \geq 0$ ， $PHSA/B = INT(\theta / 0.02^{\circ})$

如果 $\theta < 0$ ， $PHSA/B = INT(2^8 + \theta / 0.02^{\circ})$

3. 有功 offset 校正是在外部噪声（PCB 噪声，变压器噪声等等）较大，积分所得能量影响到小信号精度的情况下，提高小信号有功精度的一种有效手段。若外部噪声对小信号有功精度影响较小，该步骤可忽略。

3.2.4 无功校正

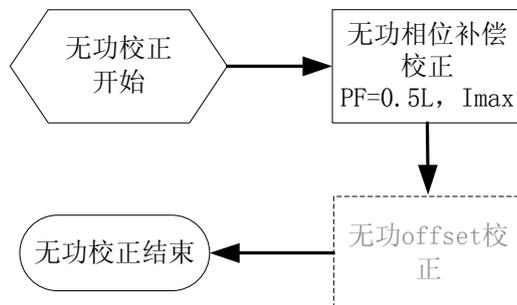


图 3-4 无功校正流程

1. 无功相位补偿寄存器用于大信号条件下，U 通道 90° 移相滤波器在无功计算中的相位补偿。无功相位补偿寄存器计算方法如下：

若标准表在 A 通道、 I_{max} 、PF=0.5L(30°)上读出误差为 err，则：

$$\alpha = -error / \cot(\theta) = -error * 0.5774。$$

如果 $\alpha \geq 0$ ，则 $Q_{phs} = INT[\alpha * 2^{15}]$ ； 如果 $\alpha < 0$ ，则 $Q_{phs} = INT[2^{16} + \alpha * 2^{15}]$

注意由于 Q_{phs} 计算需要 A 通道有功功率，所以该步校正必须在有功校正之后进行。

2. 在外部噪声（PCB 噪声，变压器噪声等等）较大，噪声积分所得能量影响到小信号无功精度的情况下，无功 offset 校正是提高小信号无功精度的一种有效手段。若外部噪声对小信号有功精度影响较小，该步骤可忽略。

3.2.5 有效值校正

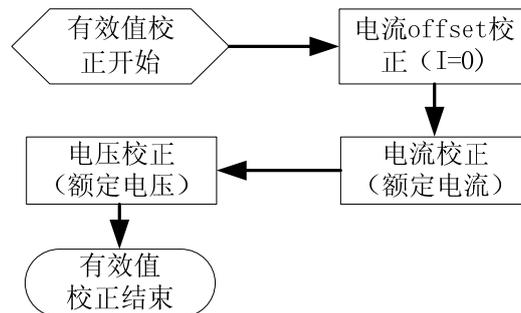


图 3-5 有效值校正流程

说明:

1. 电流 offset 校正可提高小信号电流有效值精度

IARMSOS 寄存器计算过程:

- 1) 配置标准表台, 使 $U=U_n$ 、电流通道输入 $V_i=0$;
- 2) 等待 DUPDIF 标识位更新 (每秒 3.4Hz 左右刷新);
- 3) MCU 取 IARMS 寄存器值, 暂存;
- 4) 重复步骤 2 和 3 十一次, 第一个数据可不要, MCU 取后十个数据求平均得 I_{ave} ;
- 5) 求 I_{ave} 的平方 I_{ave}^2 ;
- 6) 求其 32 位二进制补码, 取符号位填入 IARMSOS 寄存器的 bit15, 取 bit23~bit8 填入 IRMSOS bit14~bit0 得 IRMSOS;
- 5) 有效值 offset 校正结束

IBRMS 校正公式和 IBRMSOS 寄存器计算过程与此相同。

2. 校好电流 offset 后, 再进行 A/B 通道电流转换系数 K_{iA}/K_{iB} 以及电压转换系数 K_u 的校正, 该步由 MCU 完成, 计算过程如下:

若额定电流 I_b 下 IARMS 寄存器读数为 $RMSI_{Areg}$, 则

$$K_{iA} = I_b / RMSI_{Areg}$$

其中 K_{iA} 为额定输入时额定值与相应寄存器的比值。

B 通道转换系数 K_{iB} 和电压转换系数 K_u 的计算过程相同。

3.3 举例

假设设计一块 220v (U_n)、5A (I_b) 额定输入、表常数为 3200 (EC) 的样表。A 通道电流采样使用 350 微欧的锰铜, 通道 A 模拟通道增益为 16 倍; B 通道电流采样使用互感器, 选择通道 B 模拟增益为 1 倍; 电压采用电阻分压输入, 模拟通道增益为 1 倍, 芯片引脚上电压值为 0.22v。

1. 计算 HFConst

$$V_u = 0.22V; \quad V_i = 5 * 0.00035 * 16 = 0.028V; \quad EC = 3200; \quad U_n = 220; \quad I_b = 5.$$

$$HFConst = [23.2075 * V_u * V_i * 10^{11} / (EC * U_n * I_b)] = 4061.1$$

取整后 HFConst 为 FDDH(4061)。将该值写入 HFCONST 寄存器即可。



2. A 通道有功校正

1) A 通道增益校正

功率源上输出 220V、5A、功率因数为 1 的信号，标准表上显示的误差为 1.2%，则

$$P_{\text{gain}} = -0.012 / (1 + 0.012) = -0.01186$$

该数小于 0，需转换为补码，则 $-0.01186 * 2^{15} + 2^{16} = 0x\text{FE7BH}$

将 FE7Bh 写入 GPQA 寄存器，完成 A 通道增益校正。

2) A 通道相位校正

校正完阻性增益后，将功率因数改为 0.5L，标准表显示的误差为 -0.4%，则

$$\theta = \text{ArcSin}(-(-0.004) / 1.732) = \text{ArcSin} 0.0023 = 0.1323^\circ$$

$$\text{phs} = \text{INT}[0.1323 / 0.02] = 6$$

取整后为 0x06H，写入角度校正寄存器 PHSA 即可。

3) A 通道有功 OFFSET 校正

在电流输入为零的条件下，读取有功功率寄存器的值，0Xffff50f，（可以读若干次取平均值），其 32 位补码为 0x00000AF1，取后 4 位数 0X0AF1 写入有功偏置校正寄存器。

B 通道有功校正和 A 通道类似。

3. 无功校正

1) 无功相位补偿

有功校正完成后，无功只需进行相位补偿的校正。在无功 0.5L (30°) 点，标准表显示的误差为 -0.04%，则

$$\alpha = -0.0004 * 0.577 = -0.0002308 < 0, \quad Q_{\text{phs}} = \text{INT}(2^{16} - 0.0002308 * 2^{15}) = 65528 = 0x\text{fff8}$$

将十六进制数 FFF8 写入无功相位补偿寄存器。

2) 无功 Offset

在电流输入为零的条件下，读取无功功率寄存器的值，0XFFFFFF47D，（可以读若干次取平均值），其 32 位补码为 0x00000B83，取后 4 位数 0X0B83 写入无功偏置校正寄存器。

4. 有效值校正

芯片提供了电流有效值偏置校正寄存器，在电流输入为零的条件下，读取电流有效值寄存器的值为 0x000483，（可以读若干次取平均值）十进制数为 1155。

将其平方后求其补码： $1155 * 1155 = 1334025 = 0x145B09$ ，32 位补码为 0Xffeba4f7。

取中间 4 位数 0xeba4 写入电流有效值偏置校正寄存器。

转换系数计算由 MCU 完成。



4 通信接口

- 支持两种串行通信接口：SPI 和 RSIO。工作在从属方式；
- 串行通信接口选择通过外部引脚 IS 设置；
- SPI 和 RSIO 接口均为 5V/3.3V 兼容；

4.1 SPI 接口

4.1.1 SPI 接口信号说明

SCSN: SPI 从设备片选信号，低电平有效，输入信号，内部悬空，建议外接上拉电阻。

SCSN 由高电平变为低电平时，表示当前芯片被选中，处于通讯状态；SCSN 由低电平变为高电平时，表示通讯结束，通讯口复位处于空闲状态。

SCLK: 串行时钟输入脚，决定数据移出或移入 SPI 口的传输速率。

所有的数据传输操作均与 SCLK 同步，RN8209 在上升沿将数据从 SDO 引脚输出；主机在上升沿将数据从 SDI 引脚输出。RN8209 和主机都在下降沿读取数据。

SDI: 串行数据输入脚。用于把主设备数据传输到 RN8209 内部。

SDO: 串行数据输出脚，用于把 RN8209 数据输出给主设备。SCSN 为高时，为高阻。

4.1.2 SPI 帧格式

SPI 帧包括读操作帧、写操作帧和特殊命令帧。每一帧的传输过程如下：

当 RN8209 检测到 SCSN 下降沿，SPI 进入通信方式，在此模式下，RN8209 等待 MCU 向命令寄存器传送命令字节。

命令寄存器是一个 8bit 宽的寄存器。对于读写操作，命令寄存器的 bit7 用来确定本次数据传输操作的类型是读操作还是写操作，命令寄存器的 bit6-0 是读写的寄存器的地址。对于特殊命令操作，命令寄存器的 bit7-0 固定为 0xEA H。

写完命令寄存器，芯片解析和响应命令，开始本次数据传输。数据传输结束后，SPI 又进入通信模式，等待 CPU 向命令寄存器传送新的命令字节。

这三种类型 SPI 帧格式说明见表 4-1。

表 4-1 SPI 帧格式

命令名称	命令寄存器	数据	描述
读命令	{0,REG_ADR[6:0]}	RDATA	从地址为 REG_ADR[6:0]的寄存器中读数据。 注意：读无效地址，返回值为 00h。
写命令	{1,REG_ADR[6:0]}	WDATA	向地址为 REG_ADR[6:0]的寄存器中写数据。
写使能命令	0xEA	0xE5	参见 2.12.6 特殊命令章节。
写保护命令	0xEA	0xDC	
电流通 A 选	0xEA	0x5A	

择命令		
电流通道 B 选	0xEA	0xA5
择命令		

4.1.3 SPI 写操作

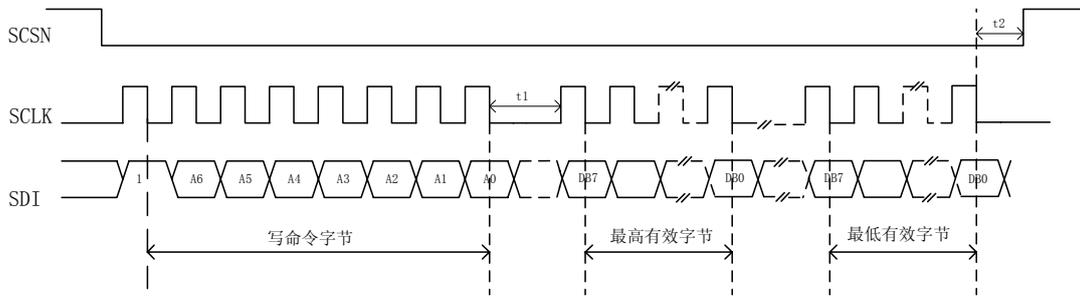


图 4-1 SPI 写时序

工作过程:

主机在 SCSN 有效后, 先通过 SPI 写入命令字节 (8bit, 包含寄存器地址), 再写入数据字节。注意:

1. 以字节为单位传输, 高比特在前, 低比特在后;
2. 多字节寄存器, 先传输高字节内容, 再传输低字节内容;
3. 主机在 SCLK 上升沿写数据, 从机在 SCLK 下降沿取数据;
4. 数据字节之间的时间 t_1 要大于等于半个 SCLK 周期;
5. 最后一个字节的 LSB 传送完毕, SCSN 由低变高结束数据传输。SCLK 下降沿和 SCSN 上升沿之间的时间 t_2 要大于等于半个 SCLK 周期。

注意: 有写保护功能的寄存器在写操作之前要先写入写使能命令。

4.1.4 SPI 读操作

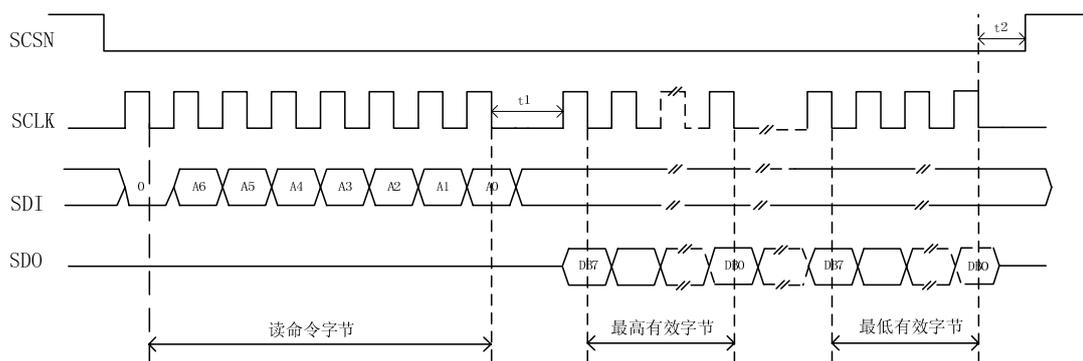


图 4-2 SPI 读时序

工作过程:

主机在 SCSN 有效后, 先通过 SPI 写入命令字节 (8bit, 包含寄存器地址), 从机收到读命令后, 在 SCLK 的上升沿将数据按位从 SDO 引脚输出。注意:

1. 以字节为单位传输, 高比特在前, 低比特在后;

2. 多字节寄存器，先传输高字节内容，再传输低字节内容；
3. 主机在 SCLK 上升沿写命令字节，从机在 SCLK 上升沿将数据从 SDO 输出；
4. 数据字节的时间 t_1 要大于等于半个 SCLK 周期；
5. 最后一个字节的 LSB 传送完毕，SCSN 由低变高结束数据传输。SCLK 下降沿和 SCSN 上升沿之间的时间 t_2 要大于等于半个 SCLK 周期。

4.1.5 SPI 接口可靠性设计

SPI 接口可靠性设计包括以下方面：

- 校验功能

1. 提供校验寄存器 EMUStatus(0x2DH)用于存放内部校表寄存器的校验和。
2. 提供 SPI 读校验寄存器 RData(0x44H)，保存前次 SPI 读出的数据。
3. 提供 SPI 写校验寄存器 WData (0x45H)，保存前次 SPI 写入的数据。

- 写保护功能

对所有可读可写寄存器有写保护功能。

- 应用电路设计

SPI 传输信号线有可能受到干扰而出现抖动，需要外接电阻电容进行滤波。参数的选择可根据需要确定。

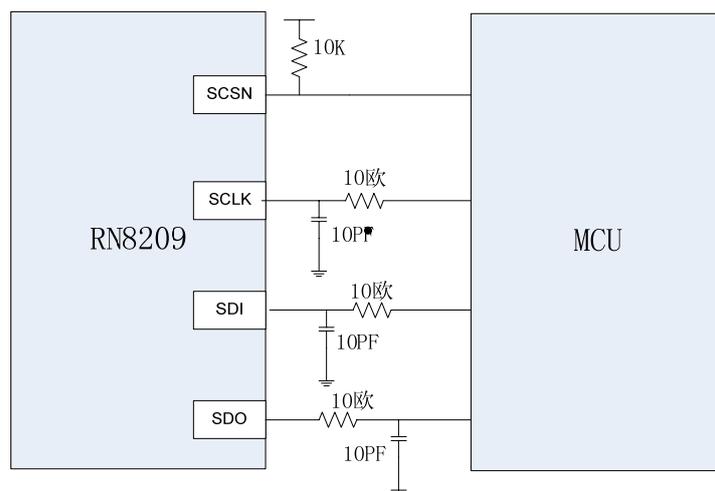


图 4-3 SPI 典型接线图

4.2 RSIO 接口

RN8209 支持锐能微专有的 RSIO 总线。RSIO 总线只需要一根线即可实现 CPU 与计量芯片之间的双向通讯。

详见<锐能微单线通讯协议>文档说明。

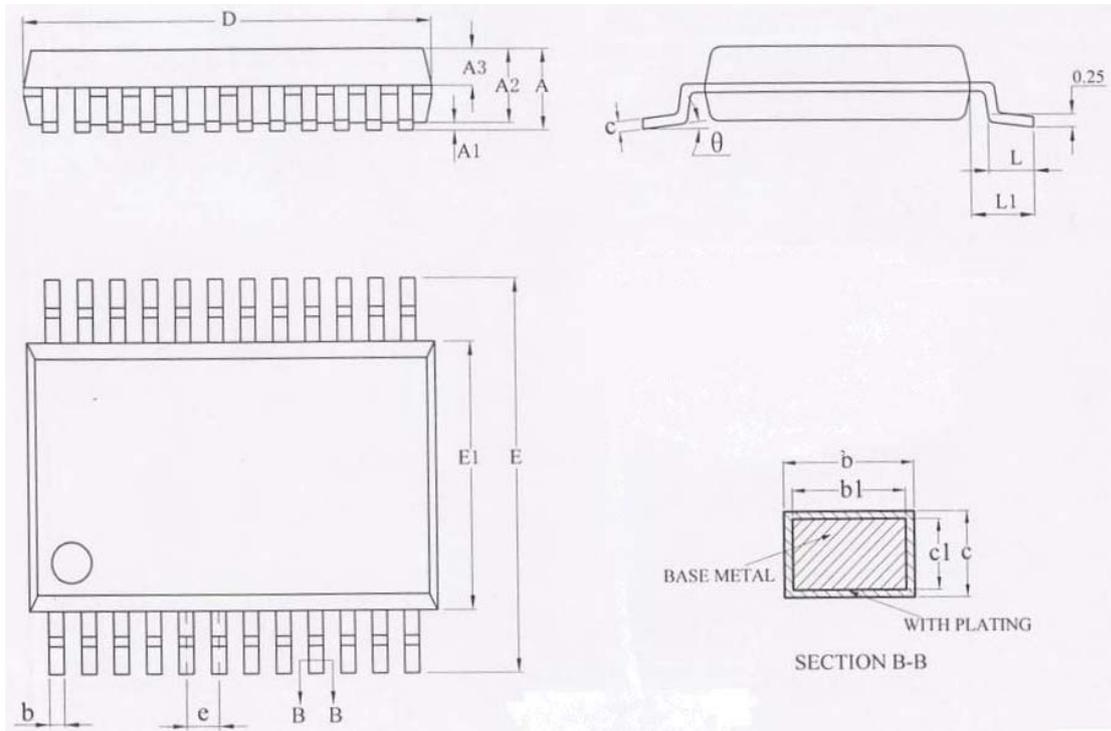


5 电气特性

精度 ($V_{dd}=AV_{dd}=5V\pm 5\%$, 室温)						
测量项目	符号	最小	典型	最大	单位	测试条件和注释
有功电能测量误差	Err			$\pm 0.1\%$		常温1500:1的动态范围
有功电能测量带宽	BW		14		kHz	OSCI=3.579545MHz
无功电能测量误差	Err			$\pm 0.1\%$		常温1500:1的动态范围
有效值测量误差	Err			$\pm 0.5\%$		常温400:1的动态范围
模拟输入						
最大信号电平	V_{xn}			± 700	mV	
直流输入阻抗	Z_{DC}	300			k Ω	
ADC失调误差	DC_{off}		10		mV	
-3dB带宽	B_{-3dB}		14		kHz	OSCI=3.579545MHz
基准电压 ($V_{dd}=AV_{dd}=5V\pm 5\%$, 温度范围: $-40^{\circ}C\sim+85^{\circ}C$)						
输出电压	V_{ref}	2.45	2.5	2.55	V	标准偏差 $<0.01V$
温度系数	T_c		25		ppm/ $^{\circ}C$	
输入阻抗			4		k Ω	
时钟输入						
输入时钟频率范围	OSCI	1	3.58	4	MHz	
接口速度						
SPI接口速率		1K		1.2M	Hz	
单线接口速率		500		10K	Hz	
电源						
模拟电源	AV_{DD}	4.5		5.5	V	$5V\pm 10\%$
数字电源	DV_{DD}	4.5		5.5	V	$5V\pm 10\%$
模拟电流1	A_{Idd1}		2.7		mA	通道B ADC不打开
模拟电流2	A_{Idd2}		3.6		mA	通道B ADC打开
数字电流	D_{Idd}		2.9		mA	OSCI=3.579545MHz
极限参数						
数字电源电压	DV_{DD}	-0.3	--	+7	V	
模拟电源电压	AV_{DD}	-0.3	--	+7	V	
DV_{DD} to DGND		-0.3	--	+7	V	
DV_{DD} to AV_{DD}		-0.3	--	+0.3	V	
V1P,V1N,V2P,V2N		-6	--	+6	V	
数字输入电压相对于GND	V_{IND}	-0.3	--	$DV_{DD}+0.3$	V	
数字输出电压相对于GND	V_{outD}	-0.3	--	$DV_{DD}+0.3$	V	
模拟输入电压相对于AGND	V_{INA}	-0.3	--	$AV_{DD}+0.3$	V	
工作温度范围	T_A	-40	--	85	$^{\circ}C$	
存储温度范围	T_{stg}	-65	--	150	$^{\circ}C$	



6 芯片封装



SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	---	---	1.85
A1	0.05	0.15	0.25
A2	1.30	1.50	1.70
A3	0.57	0.67	0.77
b	0.29	---	0.37
b1	0.28	0.30	0.33
c	0.15	---	0.20
c1	0.14	0.15	0.16
D	8.00	8.20	8.40
E	7.60	7.80	8.00
E1	5.10	5.30	5.50
e	0.65BSC		
L	0.75	0.90	1.05
L1	1.25BSC		
θ	0	----	8°