



8209C

单相多功能防窃电电能计量电路

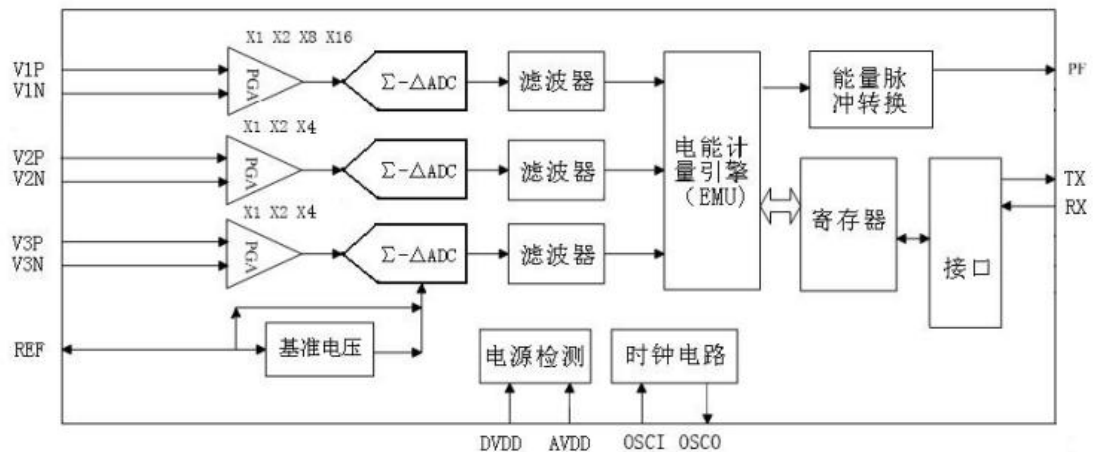
1、概述

8209C 是一个包含三个通道 sigma-delta 模-数转换器 (ADC) 的电能计量电路，它可以精确测量和计算电压、电流、有功功率、有功能量等电能参数，主要应用于各种智能电表及其它电能计量领域中。其特点如下：

- 有功能量误差常温下在 8000:1 的动态范围内优于 0.1%
- 支持 IEC687/1036、IEC62053-22:2003、IEC62053-23:2003 的标准要求
- 电压和电流有效值误差在 1000:1 的范围内优于 0.1%
- 潜动阈值可调
- 提供方便的 UART 接口
- 小信号校表加速功能
- 提供增益和相位校正补偿功能
- 片内电源监控模块
- 电压通道过零检测
- 高性能 $2.45V \pm 0.1V$ 片内基准电压源，温度系数典型值 $5ppm/^{\circ}C$ ，最大 $20ppm/^{\circ}C$
- 采用 SOP16 绿色封装

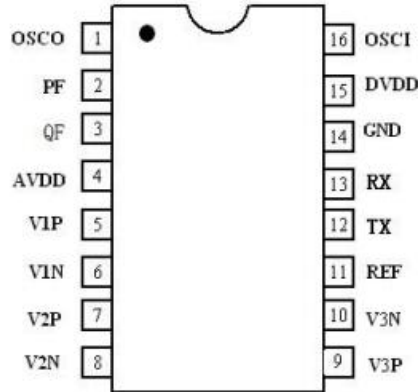
2、功能框图与引脚说明

2.1 功能框图





2.2 引脚排列图



注：UART 接口波特率为 4800.

2.3 管脚功能描述

序号	管脚名	I/O	功能描述
1	OSCO	0	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。
2	PF	0	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。
3	QF	0	用户自定义校验脉冲输出，默认状态低电平输出。其频率反映用户自定义功率值的大小，用户自定义功率值包括三种选择：第二路有功功率、两路有功功率矢量和、用户自定义功率寄存器。具有 5mA 的输出和吸电流能力。
4	AVDD	P	模拟电源引脚。用于给芯片模拟部分供电。该引脚应外接 10μF 电容并联 0.1μF 电容去耦。正常应用范围：4.75V-5.25V。
5, 6 7, 8 9, 10	V1P, V1N V2P, V2N V3P, V3N	I	电流通道的正、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 ±660mV，最大承受电压为 ±6V。
11	REF	I/O	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 10μF 电容并联 0.1μF 电容进行去耦。
12	TX	I/O	该引脚为 UART 的数据输出端 TX。SOP16 封装 UART 接口波特率为 4800。





13	RX	I	该引脚为 UART 输入端 RX，3.3V/5V 兼容引脚。也可复用为 RST 完成复位功能。
14	GND	P	地。
15	DVDD	P	数字电源引脚。用于给芯片数字部分供电。该引脚应外接10μF 电容并联0.1μF 电容去耦。正常应用范围：4.75V-5.25V。
16	OSCI	I	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。

3、电特性

3.1 极限参数

参数	符号	最小值	最大值	单位
工作电压	$V_{DD}-V_{SS}$	-0.3	7.0	V
输入电压	V_{in}	-0.3	$V_{DD}+0.3$	V
输出电流	I_{out}	-	±25	mA
储藏温度	T_{STG}	-65	+150	°C
工作温度	T_o	-40	+85	°C

3.2 电特性

除非另有规定， $T_{amb}=25^{\circ}C$ ， $AVDD=DVDD=5.0V$ $OSCI=3.579\text{ MHz}$

参数名称	符号	测试条件	规范值			单位
			最小	典型	最大	
有功电能测量误差	E_{err}	常温 8000:1 的动态范围			±0.1%	
有功能量测量带宽	$E_{v,ind}$	系统时钟 3.579MHz		14		KHz
有效值测量误差	E_{err}	常温 1000:1 的动态范围			±0.1%	
最大信号电平	V_{max}	差分输入			±660	mV
直流输入阻抗	R_{dc}		330			kΩ
ADC 失调误差	DC_{off}			1		mV





-3dB 带宽	W_{-3dB}	系统时钟 3.579MHz		14		kHz
输入时钟范围	OSCI		1	3.579	4	MHz
基准电压	V_{ref}		2.35	2.45	2.55	V
基准电压温度系数	T_c			5	20	ppm/°C
基准输入阻抗	R_{in}			4		k Ω
输入低电平					0.2 VDD	V
输入高电平			0.8 VDD			V
TX 输出低电平 ($I=5mA$)	V				0.5	V
TX 输出高电平 ($I=5mA$)	V_o		4			V
PF 输出低电平 ($I=5mA$)	V				0.3	V
PF 输出高电平 ($I=5mA$)	V_o		4.5			V
数字电源	DVDD		4.75	5.0	5.25	V
模拟电源	AVDD		4.75	5.0	5.25	V
工作电流 1	I_{dd1}	通道 2 的 ADC 不打开		3	4.5	mA
工作电流 2	I_{dd2}	通道 2 的 ADC 打开		3.5	5.5	mA





4、系统功能

4.1 功能简介

8209C内部包含一个对模拟电源（AVDD）进行监测的电路单元，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。

8209C内部包括三路 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。ADC 采用全差分方式输入，电流、电压通道最大信号输入幅度峰值为 660mV。芯片测量三个通道的真有效值参数输出，提供两路有功功率的计算和校正。同时提供频率测量、过零检测和能量脉冲输出。

4.1.1 系统复位

8209C支持两种全局复位方式：

- 上下电
- RX引脚复位
- 软件复位

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。

系统状态寄存器中的 SOFTRST 是软件复位标志：当软件复位结束时，该位置1，读后清零。可用于复位后校表数据请求。

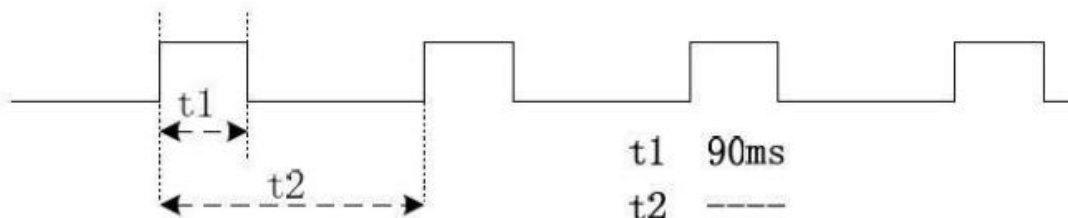
任一全局复位发生时，寄存器恢复到复位初值，外部引脚电平恢复到初始状态。发送复位命令之后 15us，芯片完成复位。

RX 引脚同时也是复位引脚，当输入信号低电平超过 20ms 时复位有效。此功能可在隔离应用情况下节省光耦数量。建议的 RX 引脚复位操作方式是：先将 RX 引脚置低 25ms，然后再将 RX 引脚置高 20ms，最后再开始正常的 UART 通信。

建议 CPU 在初始化计量芯片前使用 RX 管脚复位或者命令复位对计量芯片进行一次复位操作。

4.2 能量脉冲输出

8209C带有专用的有功能量的脉冲输出端口 PF，可以通过这个端口直接进行误差比对。PF 输出满足下面的时序关系：



注意：当脉冲输出周期小于180ms 时，脉冲以等 duty 形式输出。

为了提高生产效率，加快小信号校正速度，在小信号校正时通过配置相关





的寄存器，使 PF 的输出频率提高，最快可以提高 16 倍。

4.3 中断

8209C 内部中断资源包括一个中断允许寄存器 IE、两个中断状态寄存器 IF 和 RIF。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，可从中断状态寄存器读到。

4.3.1 中断处理过程

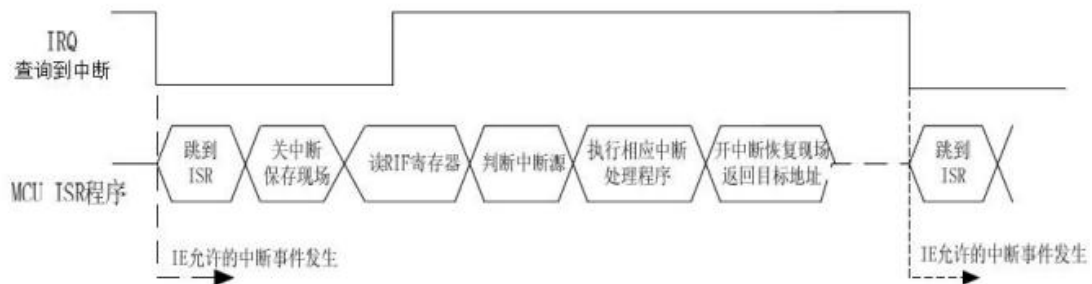
中断处理过程如下：

步骤一：中断初始化

- 1、MCU通过串口读RIF寄存器，清IF和RIF中断标志；
- 2、配置 8209C的IE寄存器，使能需要的中断允许位；
- 3、MCU查询中断状态寄存器，等待 8209C中断事件的发生，中断发生，程序跳转到/INT中断的入口地址。

步骤二：中断服务程序

- 1、关闭MCU全局中断；
- 2、MCU通过串口读RIF寄存器，清IF和RIF寄存器；
- 3、MCU通过判断RIF的中断标志来判断 8209C的中断源，转而执行相应的中断处理程序；在此过程中，8209C若发生新的中断事件，IF相关标志置位，记录了此事件；
- 4、执行完中断处理程序，MCU打开全局中断，并恢复现场后中断返回。中断返回后，若检测到中断，程序又进入到外部中断ISR中，重复2。若未检测到中断，说明中断处理过程中未发生中断事件，程序继续运行。



4.4 通信接口

- 支持串行通信接口：UART。工作在从属方式；
- UART 接口为5V/3.3V 兼容；

4.4.1 UART 通信接口主要特点：

- 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
- 波特率：4800
- 帧结构包含校验和字节，安全可靠





- 5V/3.3V 兼容

4.4.2 UART 接口信号说明

TX : UART 从机 (8209C) 数据发送管脚 (PIN 12);
 RX : UART 从机 (8209C) 数据接收管脚 (PIN 13);
 UART 接口波特率固定为 4800.

4.4.3 UART 数据字节格式

UART 为 9 位异步通信口, 发送、接收一个字节信息由 11 位组成, 即起始位 (StartBit, 0)、数据位 (低位在先)、1 位偶校验位 (Parity Bit , 第 9 数据位) 和 1 位停止位 (Stop Bit, 1)。

如下图所示:

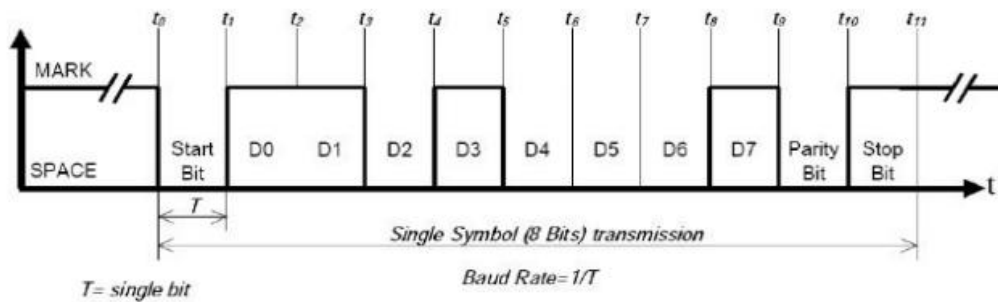
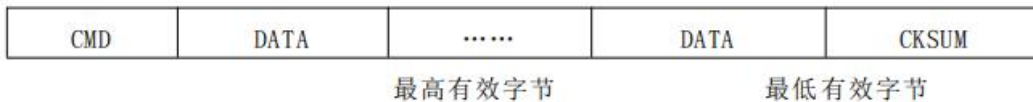


图 4-6 UART 数据字节格式

4.4.4 UART 帧格式

8209C UART 通讯帧格式如下图和表格所示:



名称	解释
CMD	命令字节, 由主机端发送, CMD[7]: 表示命令类别; 0, 读操作, 1: 写操作; CMD[6:0] : 表示被选中 8209C 器件的内部寄存器地址





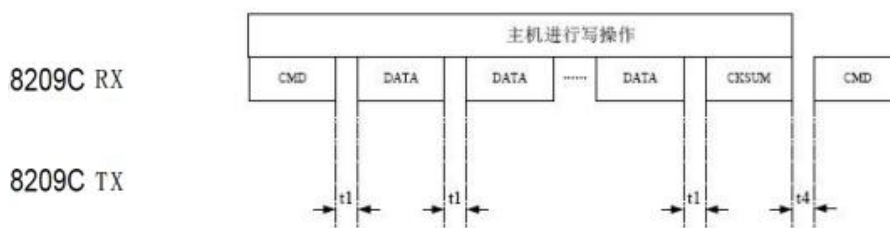
	若 $CMD[7] = 1$ ，而 $CMD[6:0]=0x6A$ ，表示本次操作是特殊命令；
DATA	数据字节：读操作由从机端发送，写操作由主机端发送 若寄存器地址对应寄存器是多字节寄存器，先传最高有效字节；
CKSM	校验和字节：读操作由从机端发送，写操作由主机端发送校验和算法如下： $Checksum[7:0] = \sim(CMD[7:0] + DATAn[7:0] + \dots + DATA1[7:0])$ 即：将 CMD 和数据相加，抛弃进位，最后的结果按位取反；

命令名称	命令字节	数据字节	描述
读命令	{0, REG_ADR[6:0]}	RDATA	从器件中的地址为 REG_ADR[6:0] 的寄存器读数据。 注意：读无效地址，返回值为 00h 。
写命令	{1, REG_ADR[6:0]}	WDATA	向器件中的地址为 REG_ADR[6:0] 的寄存器写数据。
写使能命令	0xEA	0xE5	命令描述参见特殊命令章节。
写保护命令	0xEA	0xDC	
软件复位命令	0xEA	0xFA	

4.4.5 UART 写操作

写操作由主机端发起，主机端发送命令字节。如果是写命令，从机继续接收主机随后依次

发送的数据字节和校验和字节。如下图所示：



注意事项：

1. 9 位 UART，字节信息由 11 位组成，即起始位（0）、数据位（低位在先）、1 位偶校验位（第 9 数据位）和 1 位停止位（1）。
2. 字节发送端计算并发送校验位，字节接收端根据校验位判断字节传送是否有效；如果字节错误，随后的字节被认为是新的帧的开始；
3. 多字节寄存器，先传输高字节内容，再传输低字节内容；

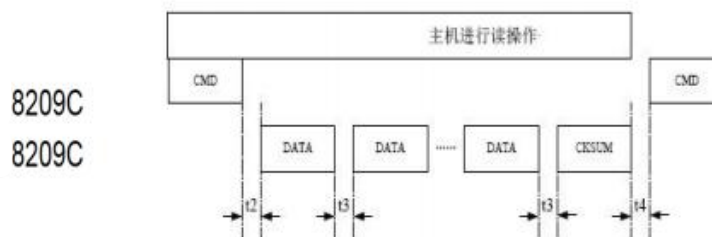




4. 主机发送字节之间的时间 t_1 ，由主机端控制，8209C 没有限制， t_1 大于等于 0ns；
5. 帧之间的时间 t_4 ，由主机端控制，8209C 没有限制， t_4 大于等于 0ns；
6. 有写保护功能的寄存器在写操作之前要先写入写使能命令。
7. 主机计算并发送校验和，从机根据校验和判断帧传送是否成功

4.4.6 UART 读操作

读操作由主机端发起，主机端先发送读命令字节，8209C 随后由 TX 发送读数据字节、读校验和字节。如下图所示：



注意事项：

1. 9 位 UART，字节信息由 11 位组成，即起始位（0）、数据位（低位在先）、1 位偶校验位（第 9 数据位）和 1 位停止位（1）。
2. 字节发送端计算并发送校验位，字节接收端根据校验位判断字节传送是否有效；如果字节校验错误，字节接收端认为当前帧错误并结束；
3. 多字节寄存器，先传输高字节内容，再传输低字节内容；
4. 主机发送字节之间的时间 t_1 ，由主机端控制，8209C 没有限制， t_1 大于等于 0 ns 即可；
5. 主机发送字节和从机发送字节之间的时间 t_2 ，由从机控制， $t_2=T/2$ （ T 是每比特的传送时间）；
6. 从机发送字节之间的时间 t_3 ，由从机控制， $t_3=T$ （ T 是每比特的传送时间）；
7. 帧之间的时间间隔 t_4 ，由主机端控制，8209C 没有限制， t_4 大于等于 0 ns 即可；
8. 从机计算并发送校验和，主机根据校验和判断帧传送是否成功。

4.4.7 UART 接口可靠性设计

UART 接口可靠性设计包括以下方面：

- 硬件管脚配置波特率，安全可靠
- UART 数据字节传送具有位校验（偶校验）功能
- UART 通讯帧传输具有校验和功能
- 硬件管脚的配置的结果反映在寄存器中；





- 寄存器校验功能
 1. 提供校验寄存器 EMUStatus 用于存放内部校表寄存器的校验和。
 2. 提供读校验寄存器 RData ， 保存前次读出的数据。
 3. 提供写校验寄存器 WData ， 保存前次写入的数据。
- 写保护功能

对所有可读可写寄存器有写保护功能。

4.5 寄存器

4.5.1 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	DStart	R/W	2	0120h	自定义电能起动功率设置，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	保留	--	-	--	--
0AH	APOSA	R/W	2	0000h	通道A有功功率偏移校正寄存器，写保护
0BH	APOSB	R/W	2	0000h	通道B有功功率偏移校正寄存器，写保护
0CH	保留	--	-	--	--
0DH	保留	--	-	--	--
0EH	IARMSOS	R/W	2	0000h	电流通道A有效值偏移补偿，写保护
0FH	IBRMSOS	R/W	2	0000h	电流通道B有效值偏移补偿，写保护
10H	IBGain	R/W	2	0000h	电流通道B增益设置，写保护
11H	D2FPL	R/W	2	0000h	自定义功率寄存器D2FP 的低16bit，写保护
12H	D2FPH	R/W	2	0000h	自定义功率寄存器D2FP 的高16bit，用户需要先写D2FPH 再写D2FPL，然后D2FP才进行电能积分，写保护。
13H	DCIAH	R/W	2	0000h	IA通道直流offset校正寄存器的高16bit，写保护。





14H	DCIBH	R/W	2	0000h	IB通道直流offset校正寄存器的高16bit, 写保护。
15H	DCUH	R/W	2	0000h	U通道直流offset校正寄存器的高16bit, 写保护。
16H	DCL	R/W	2	0000h	三个直流offset校正寄存器的低4bit : DCL[11:0]={DCU[3:0], DCIBL[3:0], DCIAL[3:0]}, 写保护。
17H	EMUCON2	R/W	2	0000h	计量控制寄存器2, 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	DFCnt	R/W	2	0000h	快速自定义电能脉冲计数, 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	保留	--	-	--	--
29H	EnergyP	R	3	000000h	有功能量, 读后清零、不清零可选, 默认为读后不清零。
2AH	EnergyP2	R	3	000000h	保留, 该寄存器功能等同于EnergyP。
2BH	EnergyD	R	3	000000h	自定义能量, 读后清零、不清零可选, 默认读后不清零。
2CH	EnergyD2	R	3	000000h	保留, 该寄存器功能等同于EnergyD。
2DH	EMUStatus	R	3	00D879h	计量状态及校验和寄存器。
30H	SPL_IA	R	3	000000h	IA通道ADC采样值。
31H	SPL_IB	R	3	000000h	IB通道ADC采样值。
33H	SPL_U	R	3	000000h	U通道ADC采样值。
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UART读出的数据。
45H	WData	R	2	--	上一次UART写入的数据。





4.5.2 寄存器介绍

系统控制寄存器

SYSTEM CONTROL REGISTER (SYSCON)			0x00H	缺省值: 0003H
位	名称	功能描述		
15	保留	不可写, 读出为0。		
14-8	UARTBR[6:0]	UART 波特率, 只读, Uadrbr=7' h16, 4800 波特率。		
7	保留	不可写, 读出为0。		
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输出为0。		
5-4	PGAIB[1: 0]	电流通道B模拟增益选择		
		PGAIB1	PGAIB0	电流通道B增益
		0	0	1
		0	1	2
		1	0	4
1	1	1		
3-2	PGAU[1: 0]	电压通道模拟增益选择。		
		PGAU1	PGAU0	电压通道增益
		0	0	1
		0	1	2
		1	0	4
1	1	1		
1-0	PGAIA[1: 0]	电流通道A模拟增益选择, 默认值为16倍。		
		PGAIA1	PGAIA0	电流通道A增益
		0	0	1
		0	1	2
		1	0	8
1	1	16		





计量控制寄存器

用于计量功能的设置。

ENERGY MEASURE CONTROL REGISTER (EMUCON)		0x01H	缺省值: 0003H	
位	名称	功能描述		
15	EnergyCLR	默认为0 =0: 电能寄存器为累加型; =1: 电能寄存器为读后清零型。		
14	HPFIBOFF	HPFIBOFF=0 : 使能IB 通道数字高通滤波器; HPFIBOFF=1 : 关闭IB 通道数字高通滤波器。		
13-12	QMOD[1: 0]	自定义能量累加方式选择:		
		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出ZX输出发生变化; ZXD1=1, 表示在正向和负向过零点出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	-	保留		
6	HPFIOFF	HPFIOFF=0: 使能IA 通道数字高通滤波器。 HPFIOFF=1: 关闭IA 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 $2^{\wedge}(CFSU[1:0] + 1)$ 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 脉冲输出和自定义电能寄存器累加; QRUN=0, 关闭QF 脉冲输出和自定义电能寄存器累加。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 FREQUENCU IMPULSE CONST REGISTER (HFConst)		0x02H	缺省值: 1000H
16 Bit		Bit15~0	
定义		HFC15~0	

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)		0x03H	缺省值: 0060H
16 Bit		Bit15~0	
定义		PS15~0	

START POWER THRESHOLD SETUP REGISTER (DStart)		0x04H	缺省值: 0120H
16 Bit		Bit15~0	
定义		QS15~0	

启动阈值可由PStart 和DStart 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PowerD (为32bit 有符号数)的高24 位的绝对值进行比较, 以作启动判断。

|PowerP|小于PStart 时, PF 不输出脉冲。

|PowerD|小于DStart 时, QF 不输出脉冲。

增益校正寄存器

POWER GAIN REGISTER A (GPQA)		0x05H	缺省值: 0000H
16 Bit		Bit15~0	
定义		GPQA15~0	





POWER GAIN REGISTER B (GPQB)		0x06H	缺省值: 0000H
16 Bit	Bit15~0		
定义	GPQB15~0		

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 用于对电流通道A 和电压通道计算得到的有功功率进行增益校正。GPQB 用于对电流通道B 和电压通道计算得到的有功功率进行增益校正。

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。

相位校正寄存器

PHASE CALIBRATION REGISTER A (PhsA)		0x07H	缺省值: 00H
8 Bit	Bit7~0		
定义	PhsA_7~0		

PHASE CALIBRATION REGISTER B (PhsB)		0x08H	缺省值: 00H
8 Bit	Bit7~0		
定义	PhsB_7~0		

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。

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, ± 2.56

有功偏移校正寄存器

ACTIVE POWER OFFSET REGISTER A (APOSA)		0x0AH	缺省值: 0000H
16 Bit	Bit15~0		
定义	APOSA_15~0		

ACTIVE POWER OFFSET REGISTER B (APOSB)		0x0BH	缺省值: 0000H
16 Bit	Bit15~0		
定义	APOSB_15~0		

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。





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。

有效值偏移校正寄存器

IA RMS OFFSET REGISTER A (IARMSOS)		0x0EH	缺省值: 0000H
16 Bit	Bit15~0		
定义	IARMS_15~0		

IB RMS OFFSET REGISTER B (IBRMSOS)		0x0FH	缺省值: 0000H
16 Bit	Bit15~0		
定义	IBRMS_15~0		

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。

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)		0x10H	缺省值: 0000H
16 Bit	Bit15~0		
定义	IBG_15~0		

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。一致性校正在于100%Ib 一点校正。

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：
 $I2b = I2a + I2a * GainI2$

自定义功率寄存器 D2FP

自定义功率寄存器D2FP 是32 位有符号数，由D2FPH(0x12H)和D2FPL(0x11H)共同组成，其中：

D2FPH 为高16bit，D2FPL 为低16bit。D2FPH 的最高位是符号位。

如D2FM 寄存器(EMUCON2 的bit5~4)配置为自定义功率，当用户往自定义功率寄存器写入功率值，XH2209会自动按照脉冲常数设置进行积分，积分得到的电能存放在 EnergyD (0x2BH) 和 EnergyD2 (0x2CH)，积分得到的脉冲从QF 管脚输出。

用户需要先写D2FPH，再写D2FPL，然后D2FP 才生效。

直流偏置校正寄存器

8209C 新增三个通道的直流偏置校正寄存器，用于不需要高通滤波器的计量





场合。每个通道的直流偏置校正寄存器为20位。

ENERGY MEASURE CONTROL REGISTER2 (EMUCON2)		0x17H	缺省值: 0000H
位	名称	功能描述	
15~10	保留	—	
9	PhsB0	可作为最低位与PhsB(0x08H)寄存器共同组成一个9位的相位校正寄存器,将相位校正分辨率从0.02度提高到0.01度。当该寄存器为0时,对相位校正不起作用。	
8	PhsA0	可作为最低位与PhsA(0x07H)寄存器共同组成一个9位的相位校正寄存器,将相位校正分辨率从0.02度提高到0.01度。当该寄存器为0时,对相位校正不起作用。	
7	保留	—	
6	ZXMODE	=0, 过零信号输出源为正常计量的电压信号,谐波没有滤除; =1, 过零信号输出源为低通滤波后的电压信号。	
5, 4	D2FM[1:0]	=00: 自定义电能输入选择为通道B有功功率; =01: 自定义电能输入选择为通道A和通道B有功功率的矢量和; =1x: 自定义电能输入选择为自定义功率寄存器D2FP	
3	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。	
2-0	保留	—	

4.5.3 计量参数寄存器

快速脉冲计数器 (0x20 0x21)

ACTIVE ENERGY COUNTER REGISTER (PFCNT)		0x20H	缺省值: 0000H
16 Bit		Bit15~0	
定义		PFC15~0	

REACTIVE ENERGY COUNTER REGISTER (DFCNT)		0x21H	缺省值: 0000H
16 Bit		Bit15~0	
定义		QFC15~0	

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





当快速脉冲计数寄存器PFCnt/DFCnt 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 (0x22 0x23 0x24)

CURRENT A RMS REGISTER (IARMS)	0x22H	缺省值: 000000H
24 Bit	Bit23~0	
定义	IAS23~0	

CURRENT B RMS REGISTER (IBRMS)	0x23H	缺省值: 000000H
24 Bit	Bit23~0	
定义	IBS23~0	

VOLTAGE RMS REGISTER (URMS)	0x24H	缺省值: 000000H
24 Bit	Bit23~0	
定义	US23~0	

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)	0x25H	缺省值: 0000H
16 Bit	Bit15~0	
定义	Ufreq15~0	

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CLKIN=3.579545MHz，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 (0x26 0x27)

ACTIVE POWER REGISTER A (PowerPA)	0x26H	缺省值: 00000000H
32 Bit	Bit31~0	
定义	APA31~0	





ACTIVE POWER REGISTER B (PowerPB)	0x27H	缺省值: 00000000H
32 Bit	Bit31~0	
定义	APA31~0	

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。

有功电能寄存器

ACTIVE ENERGY REGISTER 1 (ENERGYP)	0x29H	缺省值: 000000H
24 Bit	Bit23~0	
定义	EP_23~0	

EnergyP 寄存器是累加型有功能量寄存器。当选择为累加型时 (EMUCON寄存器 bit15=0), 在0xFFFFFFFF 溢出到0x000000 时, 会产生溢出标志POIF(参见 IF 0x41H)。当选择为清零型时 (EMUCON 寄存器bit15=1), 寄存器读后清为0。

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 REGISTER 2 (ENERGYP2)	0x2AH	缺省值: 000000H
24 Bit	Bit23~0	
定义	EP2_23~0	

EnergyP2 地址保留, 功能等同 EnergyP。

自定义电能寄存器

REACTIVE ENERGY REGISTER (ENERGYD)	0x2BH	缺省值: 000000H
24 Bit	Bit23~0	
定义	DP_23~0	

EnergyD 寄存器是累加型自定义能量寄存器。当选择为累加型时 (EMUCON 寄存器 bit15=0), 在 0xFFFFFFFF 溢出到 0x000000 时, 会产生溢出标志 QOIF(参见 IF 0x41H)。当选择为清零型时 (EMUCON 寄存器 bit15=1), 寄存器读后清为 0。

电能参数是无符号数, EnergyD 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。





自定义电能寄存器 2

REACTIVE ENERGY REGISTER 2 (ENERGYQ2)		0x2CH	缺省值: 000000H
24 Bit		Bit23~0	
定义		DP2_23~0	

EnergyD2 地址保留，功能等同 EnergyD。

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)		0x2Dh	只读寄存器
位	名称	功能描述	
23	保留	保留	
22	VREFLOW	只读寄存器，表征 VREF 工作状态。 =1，表示 REFV 引脚的电压值过低，外部电路有异常； =0，表示 REFV 引脚的电压值没有出现过低现象。	
21	CHNSEL	电流通路选择状态标识位。 =1 表示当前用于计算有功/自定义电能的电流通路为通道B； =0 表示当前用于计算有功/自定义电能的电流通路为通道A。 默认状态下该位为0，标识选择通道A 用于电能计量。	
20	NoPld	当小于起动功率时，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	反向自定义功率指示标识信号，当检测到负时，该信号为1。当再次检测到正时,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] 8209C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。

8209C 参与校验和计算的寄存器地址是00H-17H, 根据 8209C默认值计算得到的校验和 为0xD879。

以下三种情况下, 重新开始一次校验和计算: 系统复位、00H~ 17H 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。

中断寄存器

中断配置和允许寄存器

该寄存器适用于SPI。当中断允许位配置为1 且中断产生时, IRQ_N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)		0x40H	缺省值: 0x00H
位	名称	功能描述	
7-6	保留	保留, 读出为 0	
5	ZXIE	ZXIE=0: 关闭过零中断; ZXIE=1: 使能过零中断。	
4	QEOIE	QEOIE=0: 关闭自定义电能寄存器溢出中断; QEOIE=1: 使能自定义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、IARMS/IBRMS、URMS 寄存器刷新的频率为3.4HZ, 当上述数据更新时, IRQ_N 输出低电平。	

中断状态寄存器

INTERRUPT FLAG REGISTER (IF)		0x41H	只读
位	名称	功能描述	
7-6	保留	保留, 读出为 0	
5	ZXIF	ZXIF=0: 未发生过零事件; ZXIF=1: 发生过零事件。	
4	QEOIF	QEOIF=0: 未发生自定义电能寄存器溢出事件; QEOIF=1: 发生自定义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 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)						0x42H	
Bit7	6	5	4	3	2	1	0
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 UART，该寄存器只读，读出为 0，读 RIF 不会清 IF。

系统状态寄存器

SYSTEM STATUS REGISTER (SYSSTATUS)		0x43H	只读
位	名称	功能描述	
7-5	保留	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	保留	保留	
2	保留	保留	
1	SOFTTRST	软件复位标志。当软件复位结束时，该位置 1。读后清零。可用于复位后校表数据请求。	
0	RST	硬件复位标志。当上电复位结束时，该位置 1。读后清零。可用于复位后校表数据请求。	

SPI/UART 读校验寄存器

RData(0x44H) 寄存器保存前次 SPI/UART 读出的数据，可用于 SPI/UART 读出数据时





的校验。

SPI/UART 写校验寄存

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

4.5.4 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自定义电能的电流通道为通道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自定义电能的电流通道为通道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。
软件复位命令	0xEA	0xFA	软件复位命令,等效于外部PIN 复位; 当写使能之后,软件复位命系统才接受该命令; 建议客户CPU 对计量初始化前先进行软件复位;

写保护的范围:

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。





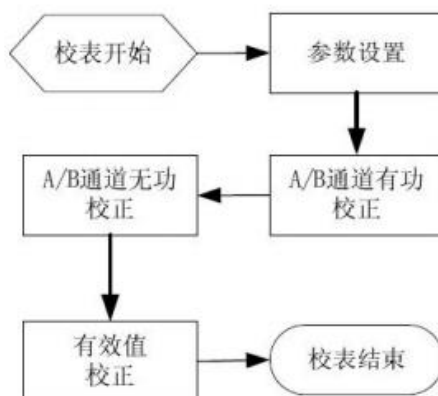
4.6 校表

8209C 提供了丰富的校正手段实现软件校表，经过校正的仪表，有功精度均可达 0.5S 级。8209C 的校正手段包括：

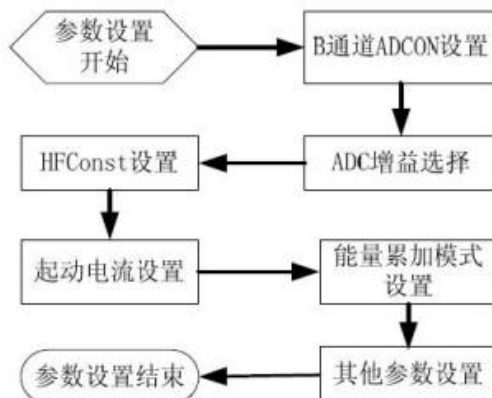
- ◇ 电表常数(HFConst)可调；
- ◇ 提供A/B 通道的增益校正和一致性校正；
- ◇ 提供A/B 通道的相位校正；
- ◇ 提供A/B 通道的有功和自定义功率、有效值offset 校正；
- ◇ 提供小信号加速校正功能；
- ◇ 提供校表数据自动校验功能。

在对 8209C 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，有功能量脉冲 PF 和自定义能量脉冲 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 8209C 进行校正。

4.6.1 校表流程



4.6.2 参数设置



HFConst 参数计算，OSCI=3.579545MHz 时，HFConst 的计算公式如下：

$$HFConst = INT[14.8528 * Vu * Vi * 10^{11} / (EC * Un * Ib)]$$

Vu: 额定电压输入时，电压通道的电压（引脚上电压×放大倍数）

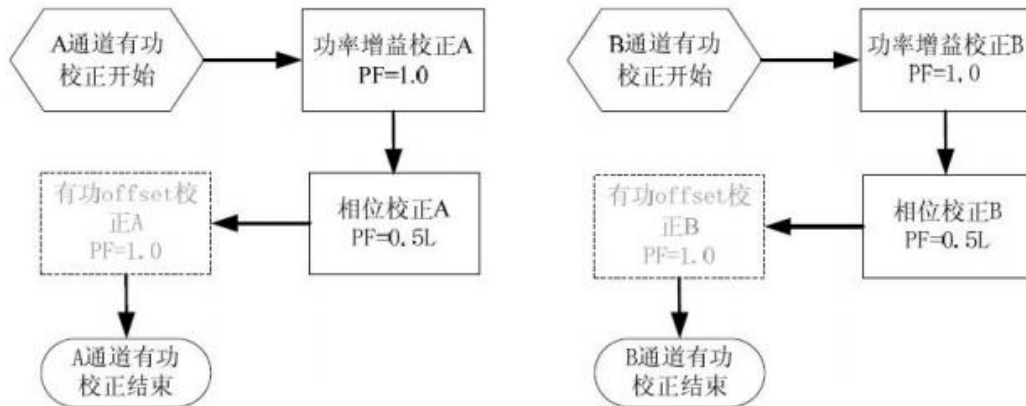
Vi: 额定电流输入时，电流通道的电压（引脚上电压×放大倍数）

Un: 额定输入的电压； Ib: 额定输入的电流； EC: 电表常数





4.6.3 有功校正



1. 通道 A 功率增益校正可通过配置 GPQA 寄存器实现，通道 B 功率增益校正可通过配置 GPQB 寄存器实现，方法同 GPQA。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：

$$Pgain = (-err) / (1 + err)$$

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

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

2. 通道 A/B 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：

$$\theta = \text{Arcsin}(-err / \sqrt{3})$$

对 50HZ，PHSA/B 有 0.020/LSB 的关系，则有

如果 $\theta \geq 0$ ， $PHSA/B = INT(\theta / 0.020)$

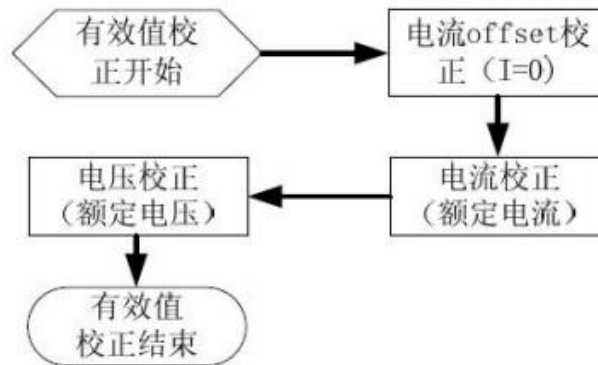
如果 $\theta < 0$ ， $PHSA/B = INT(2^8 + \theta / 0.020)$

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。





4.6.4 有效值校正



1. 电流 offset 校正可提高小信号电流有效值精度，两个通道的校正方法相同。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3.5Hz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的bit14~bit0得到IRMSOS；
 - 7) 有效值offset校正结束。
2. 校好电流 offset 后，再进行通道 A/B 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：

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

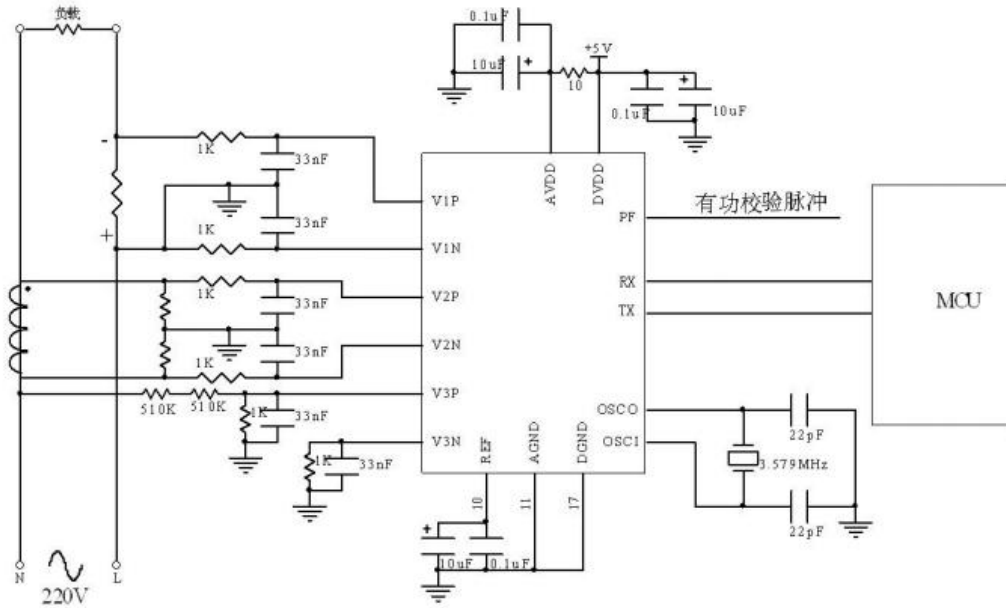
$$K_{iA} = I_b / RMSI_{Areg}$$

其中 K_{iA} 为额定输入时额定值与相应寄存器的比值。





5、典型应用线路



6、封装尺寸与外形图 (SOP16 外形尺寸)

