



RN8209G 用户手册

Data: 2012-6-13

Rev: 2.1

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 有效值.....	9
2.6 能量计算.....	9
2.7 通道切换.....	10
2.8 频率测量.....	10
2.9 过零检测.....	10
2.10 中断.....	11
2.11 寄存器.....	12
3 校表方法.....	26
3.1 概述.....	26
3.2 校表流程和参数计算.....	26
3.3 举例.....	29
4 通信接口.....	30
4.1 SPI 接口.....	30
4.2 UART 接口.....	32
5 电气特性.....	37
6 芯片封装.....	39

升级说明:

V2.1: 第 5 页补充晶振管脚的外围电路说明, 负载电容典型值为 15pF, 芯片内部已有约 4M 欧姆的跨接电阻。

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 5000:1 动态范围内 $<0.1\%$ ，支持 IEC62053-22: 2003 标准要求
 - 提供两路电流和一路电压有效值测量，在 1000:1 动态范围内，有效值误差 $<0.1\%$
 - 提供一路脉冲频率发生器，可用于对用户自定义功率进行电能累加积分；
 - 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
 - 提供参考基准监测功能
- ✓ 软件校表
 - 电表常数(HFConst)可调
 - 提供增益和相位校正
 - 提供有功、有效值 offset 校正
 - 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/UART 接口
- ✓ 具有电源监控功能
- ✓ 单+5V 电源供电，功耗典型值为 15mW
- ✓ 内置 $2.5V \pm 1\%$ 参考电压，温度系数典型值 5ppm/ $^{\circ}C$
- ✓ 采用 SSOP24 绿色封装

1.2 功能简介

RN8209G 能够测量有功功率、有功能量，并能同时提供两路独立的有功功率和电流有效值、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。

RN8209G 支持全数字的增益、相位和 offset 校正。有功电能脉冲从 PF 管脚输出，用户自定义电能脉冲频率从 QF 引脚输出。

RN8209G 提供两个串行接口 SPI 和 UART，方便与外部 MCU 之间进行通信。

RN8209G 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

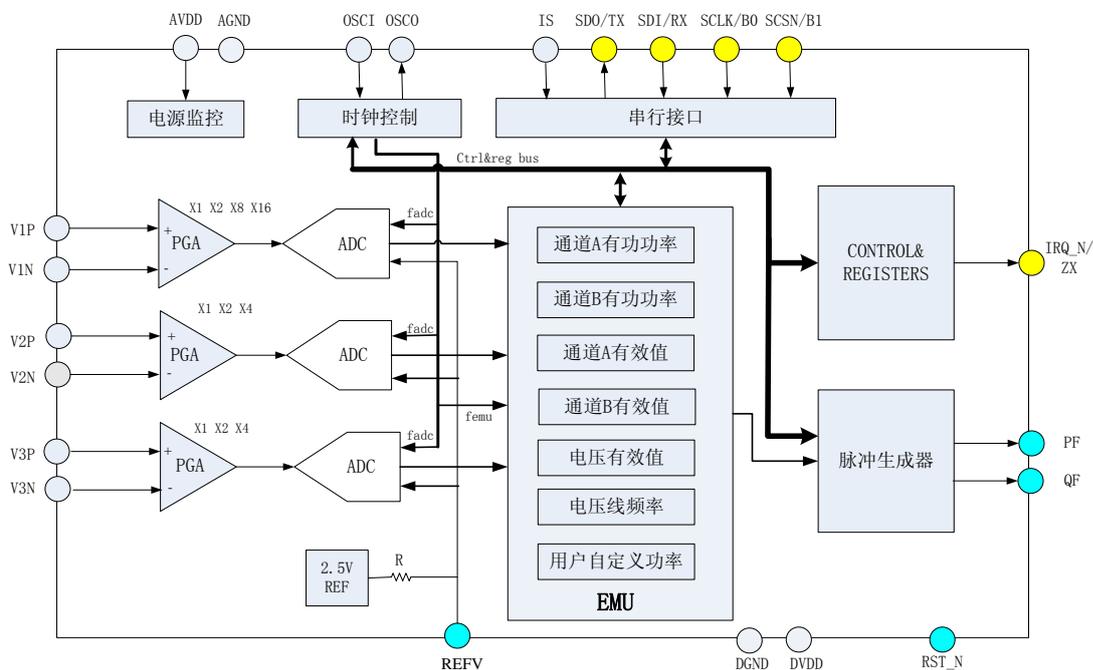


图 1-1 系统框图

1.4 管脚定义

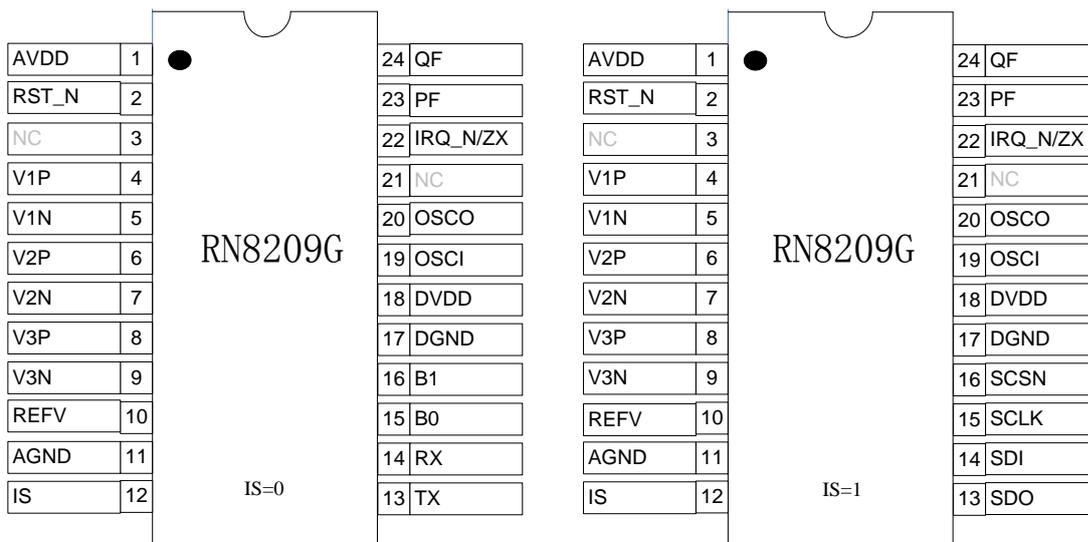


图 1-2 管脚排列图

表 1-1 RN8209G 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，或者由 CPU 进行控制。				
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 ± 1000 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 ± 1000 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 ± 1000 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 UART 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/TX	输出	SDO 和 TX 复用引脚，3.3V/5V 兼容引脚。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 UART 的数据输出端 TX。				
14	SDI/RX	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，该引脚为 UART 输入端 RX，3.3V/5V 兼容引脚。。				
15	SCLK/B0	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，B0 和 B1，选择为 UART 接口时作为波特率选择引脚： <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">{B1,B0}=00 2400 波特率</td> <td style="padding: 2px;">{B1,B0}=01 4800 波特率</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">{B1,B0}=10 9600 波特率</td> <td style="padding: 2px;">{B1,B0}=11 19200 波特率</td> </tr> </table>	{B1,B0}=00 2400 波特率	{B1,B0}=01 4800 波特率	{B1,B0}=10 9600 波特率	{B1,B0}=11 19200 波特率
{B1,B0}=00 2400 波特率	{B1,B0}=01 4800 波特率						
{B1,B0}=10 9600 波特率	{B1,B0}=11 19200 波特率						
16	SCSN/B1	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，作为 B1，见 B0 说明。				
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。负载电容典型值为 15pF，内部已有约 4M 欧姆的跨接电阻。				
20	OSCO	输出	外部晶体的输出端。				
21	NC	NC	不连接。				

22	IRQ_N/ZX	输出	中断/过零检测输出管脚，复位后，为中断管脚。 Zxcfg=0 (EMUCON-bit7) 时作为中断请求 IRQ_N; 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	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。

1.5 典型应用

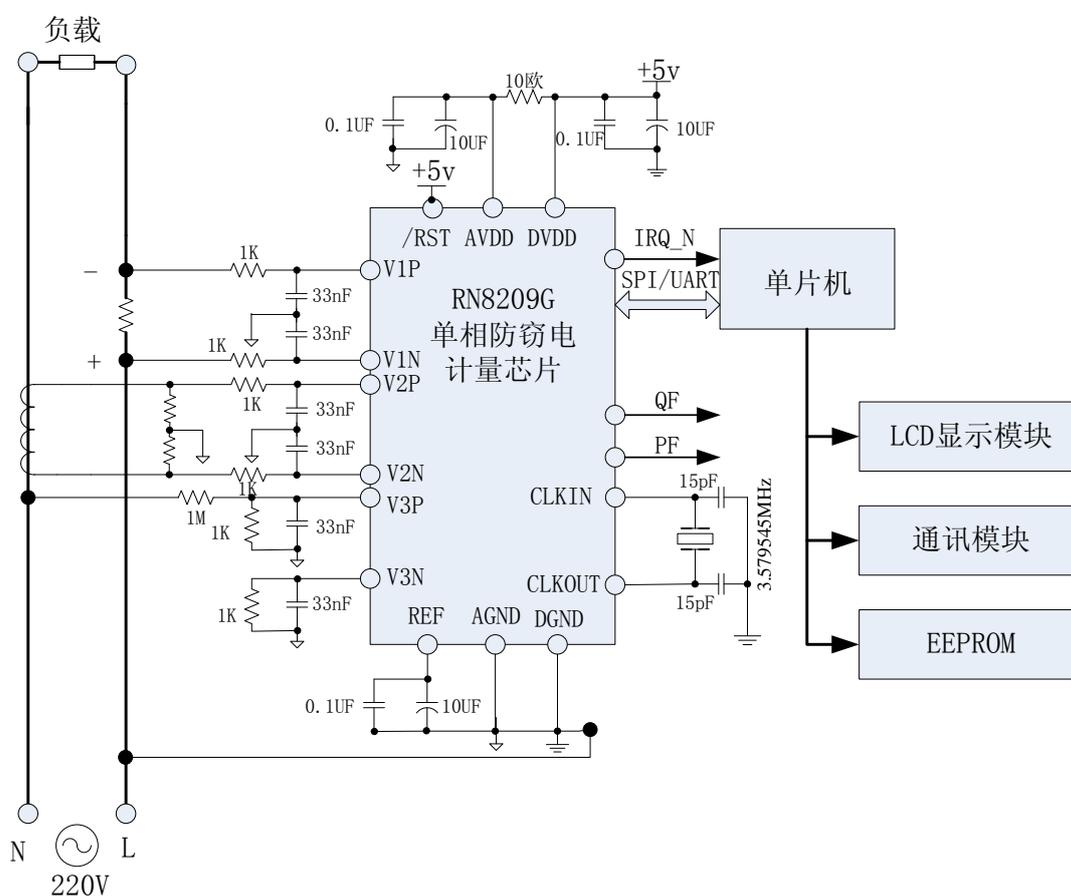


图 1-3 单相防窃电表典型应用

2 系统功能

2.1 电源监测

RN8209G 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。

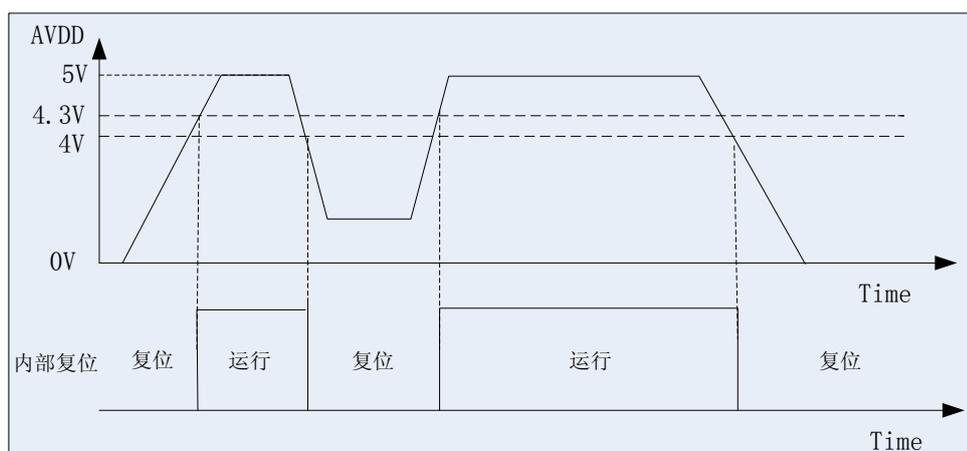


图 2-1 电源检测特性

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

RN8209G 支持三种全局复位方式：

- 上下电
- 外部引脚复位
- 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。

CPU 可在初始化计量芯片前使用 PIN 复位或者软件复位对计量芯片进行一次复位操作。

2.3 模数转换

RN8209G 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 1000mv。

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，电流通道 A 的 ADC 放大倍数 4 档可选：1、2、8、16；电流通道 B 和电压通道 ADC 放大倍数 3 档可选：1、2、4。电流通道 A 的增益放大倍数默认为 16 倍。

2.4 有功功率

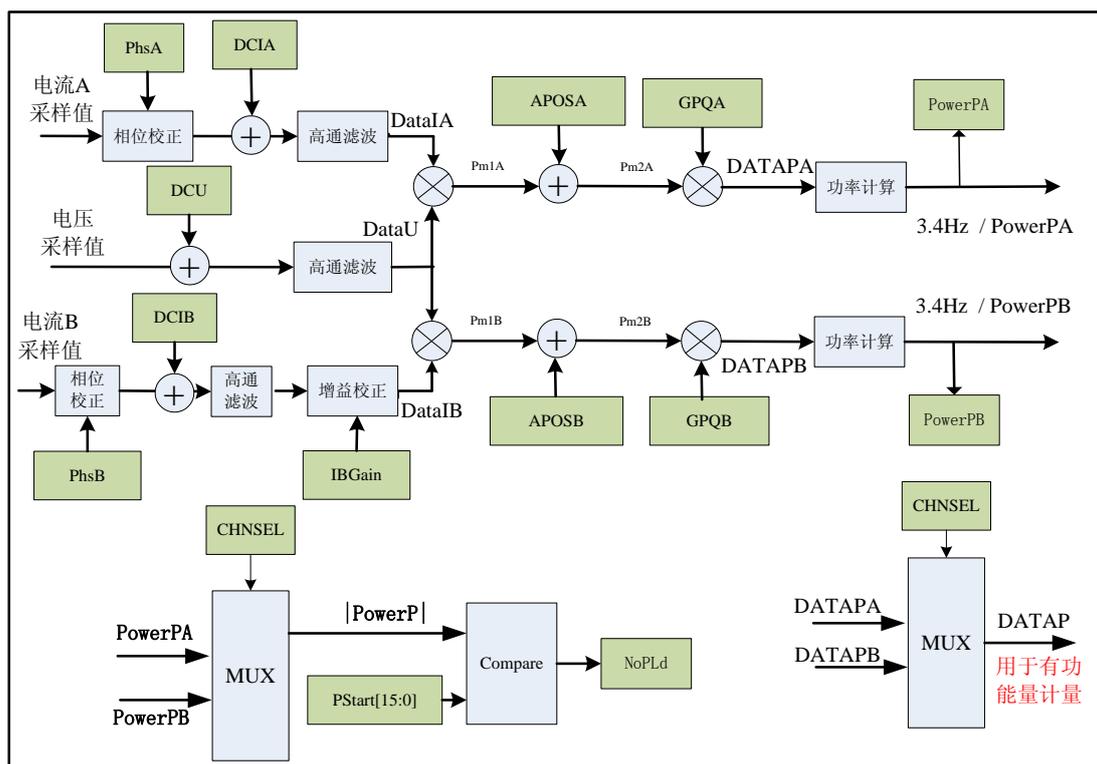


图 2-2 有功功率框图

RN8209G 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。电流通道 B 还包含增益校正寄存器 IBGain，该寄存器会影响通道 B 有功功率、通道 B 电流有效值。

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。

图中的 DCIA、DCIB、DCU 用于对 ADC 通道的直流偏置进行校正，RN8209G 用于直流测量应用时，需要对直流偏置进行校正，同时需要将高通滤波器关闭。

2.5 有效值

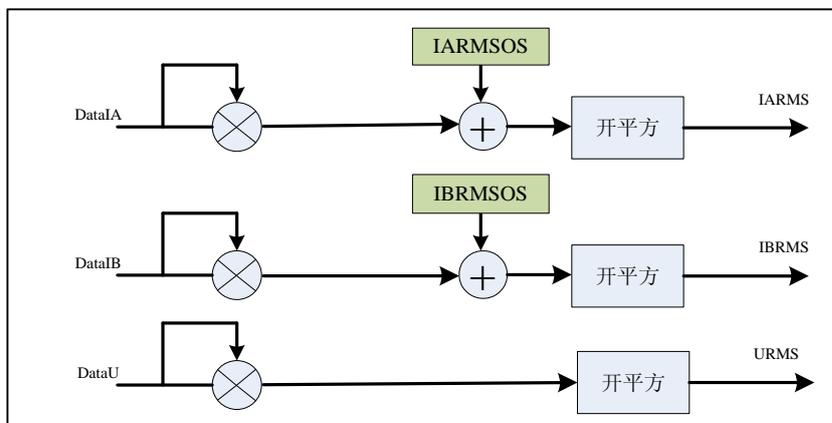


图 2-3 有效值计算框图

RN8209G 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。

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。

2.6 能量计算

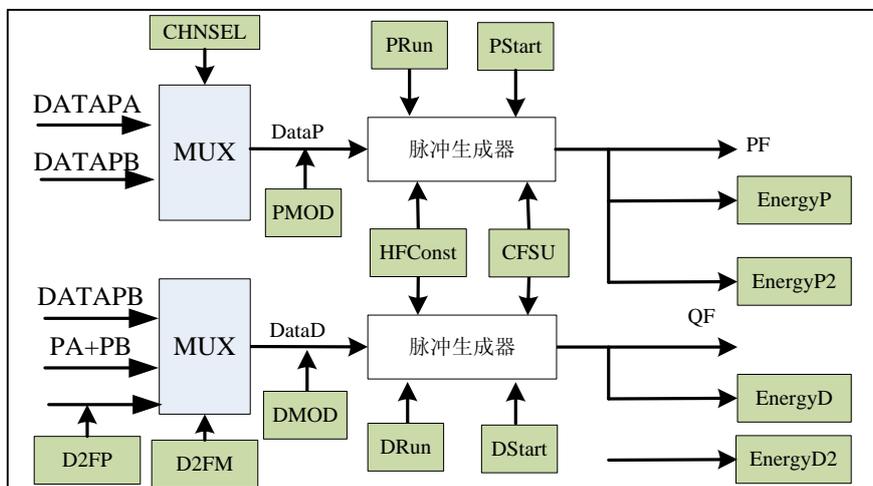


图 2-4 能量计算

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：

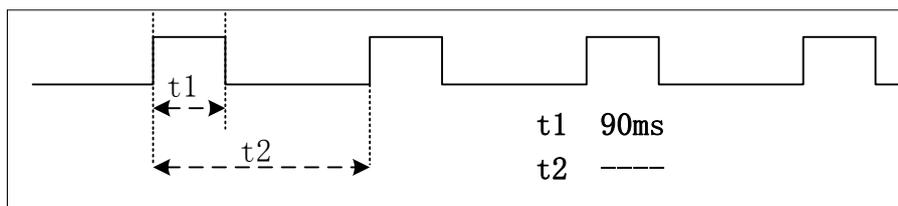


图 2-5 输出脉冲宽度

注意：当脉冲输出周期小于 180ms 时，脉冲以等 duty 形式输出。

PFcnt/DFcnt、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 $2 * |DFcnt| (0x21H) = HFConst (0x03H)$ 时，QF 有一个脉冲输出。同时能量寄存器 EnergyD (0x2BH) 和 EnergyD2 (0x2CH) 加 1。

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

有功/自定义能量寄存器和 PF/QF 输出还受到 PRun/DRun 以及 PStart/DStart 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 $DRun=0$ 或者 $|DataD|$ 小于 DStart 时，QF 不输出脉冲，DFcnt 和自定义能量寄存器不增加。

自定义脉冲输出：

DataD 的来源可以是 DADAPA（第二路有功功率）、DADAPA+DADAPB（两路功率矢量和）、D2FP（用户写入），通过 D2FM 寄存器来选择具体使用哪个功率。

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：

当有功或自定义功率为负时，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。

2.7 通道切换

RN8209G 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。

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。

2.8 频率测量

RN8209G 可以直接输出线频率参数(UFreq 0x25H)，测量基波频率，测量带宽 250Hz。

2.9 过零检测

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

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

2.10 中断

RN8209G 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。其中 RIF 同 IF，读 RIF 可清 IF，读 IF 也可清 RIF。

1. 中断请求信号 IRQ_N

IRQ_N/ZX 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 ZXCFCG 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 或 IF，在发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。

2. 中断处理过程

硬件：

- RN8209G 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 或 UART 主机，RN8209G 作为 SPI 或 UART 从机。

中断处理程序：

步骤一：MCU 中断初始化

1. MCU 读 RN8209G RIF，清 IF 和 RIF 中断标志；
2. 配置 RN8209G 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 RN8209G 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 RN8209G 的中断源，转而执行相应的中断处理程序。
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。

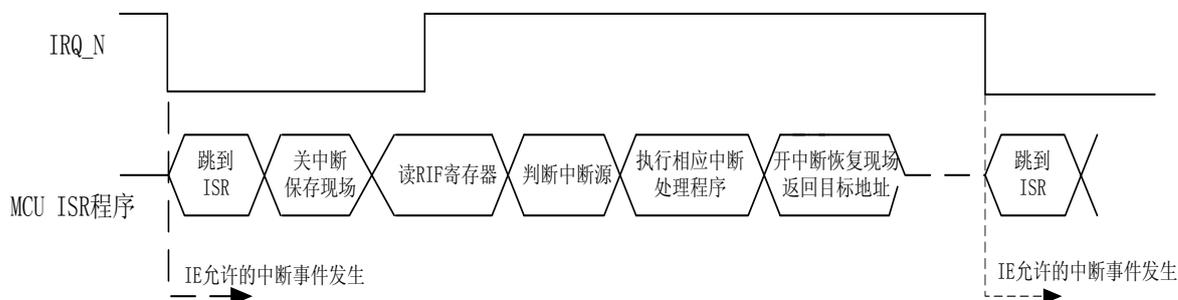


图 2-6 RN8209G 中断处理过程

2.11 寄存器

2.11.1 寄存器列表

表 2-3 RN8209G 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	--	--	00h	RN8209G老版无功相位补偿寄存器，新版不支持
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	保留	--	--	00h	RN8209G老版通道A无功功率Offset校正寄存器，新版不支持
0DH	保留	--	--	00h	RN8209G老版通道B无功功率Offset校正寄存器，新版不支持
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
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	自定义电能快速脉冲计数，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	--	--	00h	RN8209G老版无功功率寄存器, 新版不支持
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, 默认为读后不清零
2CH	EnergyD2	R	3	000000h	保留, 该寄存器功能等同于EnergyD。
2DH	EMUStatus	R	3	00EE79h	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
32H	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SPI/UART读出的数据
45H	WData	R	2	--	上一次SPI/UART写入的数据
7FH	DeviceID	R	3	820900h	RN8209G Device ID

2.11.2 校表参数寄存器

系统控制寄存器 SYSCON(0x00)

SYSTEM Control Register (SYSCON) Address: 0x00 H Default Value: 0003H		
位	位名称	功能描述
15	保留	----
14-8	Uartbr[6:0]	UART 波特率选择, 只读, 其值由硬件管脚 B1 和 B0 决定。 {B1,B0}=00, Uadrbr=7'h2E, 2400 波特率 {B1,B0}=01, Uadrbr=7'h16, 4800 波特率 {B1,B0}=10, Uadrbr=7'h0B, 9600 波特率 {B1,B0}=11, Uadrbr=7'h05, 19200 波特率 只在通信口选择为 UART 时有意义, 在选择为 SPI 时读数为 0。
7	保留	----
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:		
		PGAIB1	PGAIB0	电流通道 B
		0	0	PGA=1
		0	1	PGA=2
		1	0	PGA=4
		1	1	PGA=1
3-2	PGAU[1:0]	电压通道模拟增益选择:		
		PGAU1	PGAU0	电压通道
		0	0	PGA=1
		0	1	PGA=2
		1	0	PGA=4
		1	1	PGA=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
		0	0	PGA=1
		0	1	PGA=2
		1	0	PGA=8
		1	1	PGA=16

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	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: 同上表自定义能量累加方式。		
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: 引脚 IRQ_N /ZX 作为 IRQ_N。 ZXCFG =1: 引脚 IRQ_N /ZX 作为 ZX。
6	HPFIAOFF	HPFIAOFF=0: 使能 IA 通道数字高通滤波器 HPFIAOFF=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 $2^{(CFSU[1:0]+1)}$ 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	DRUN	DRUN=1, 使能 QF 脉冲输出和自定义电能寄存器累加; DRUN=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 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/DFCNT 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 (DStart)				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 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 DadaD (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。

|DadaD|小于 DStart 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 和电压通道有功功率的校正。GPQB 用于电流通道 B 和电压通道有功的增益校正。

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， $\pm 2.56^\circ$

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。

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:							
Write:							
Reset:							



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。一致性校正点在 100%I_b 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 $IBGain \geq 2^{15}$ ，则 $GainI2 = (IBGain - 2^{16}) / 2^{15}$

否则 $GainI2 = IBGain / 2^{15}$

校正之前 I_{2a}，校正之后 I_{2b}，两者关系为：I_{2b} = I_{2a} + I_{2a} * GainI2

自定义功率寄存器

自定义功率寄存器是 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 16bi。D2FPH 的最高位是符合位。

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，RN8209G 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

RN8209G 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。直流偏置校正的方法见 RN8209 应用笔记。

计量控制寄存器 2

Energy Measure Control Register2 (EMUCON2) Address: 0x17 H Default Value: 0000H		
位	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
3~0	保留	----

2.11.3 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 (DFCNT)				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/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

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。

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 寄存器是累加型或清零型有功能量寄存器。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 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 寄存器地址保留，功能等同 EnergyP。

自定义电能寄存器

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

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

UserDEFINE Energy Register2 (EnergyD2)	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

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) Address: 0x2D h 只读寄存器		
位	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	电流通道选择状态标识位。 =1 表示当前用于计算有功电能的电流通道为通道 B; =0 表示当前用于计算有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	当自定义功率小于起动功率时, NoPld 被置为 1; 当自定义功率大于/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, 当检测到负功率时, 该信号为 1。 当再次检测到正功率时, 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 RN8209G 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。

RN8209G 参与校验和计算的寄存器地址是 00H-17H, 根据 RN8209G 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-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。

2.11.4 中断寄存器

中断配置和允许寄存器

该寄存器适用于 SPI 和 UART。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 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 和 UART 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 UART，该寄存器只读，读数为 0，读 RIF 不会清 IF。

2.11.5 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 UART 作为通信接口；IS=1，表示选择 SPI 作为通信接口。	
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/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 写校验寄存器

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。

2.11.6 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, 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或者 PIN 复位;

写保护的范围:

0x00h-0x17h 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

RN8209G 提供了丰富的校正手段实现软件校表, 经过校正的仪表, 有功精度可达 0.5S 级。RN8209G 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

3.2 校表流程和参数计算

可利用标准电能表进行校表, 有功和自定义能量脉冲 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 RN8209G 进行校正。

3.2.1 校表流程

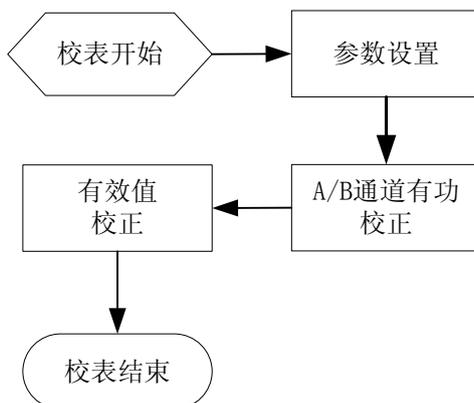


图 3-1 校表流程

3.2.2 参数设置

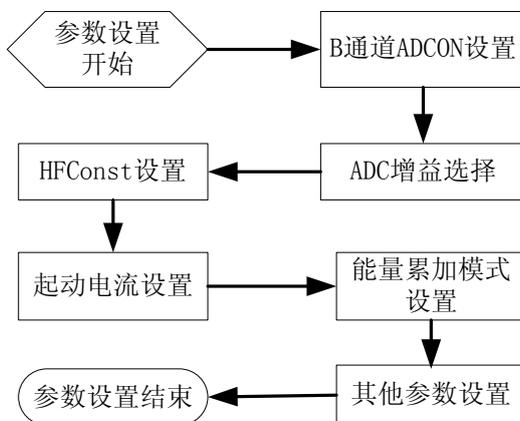


图 3-2 参数设置流程

HFConst 参数计算:

osci=3.579545MHz 时, HFConst 的计算公式如下:

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

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

3.2.3 有功校正

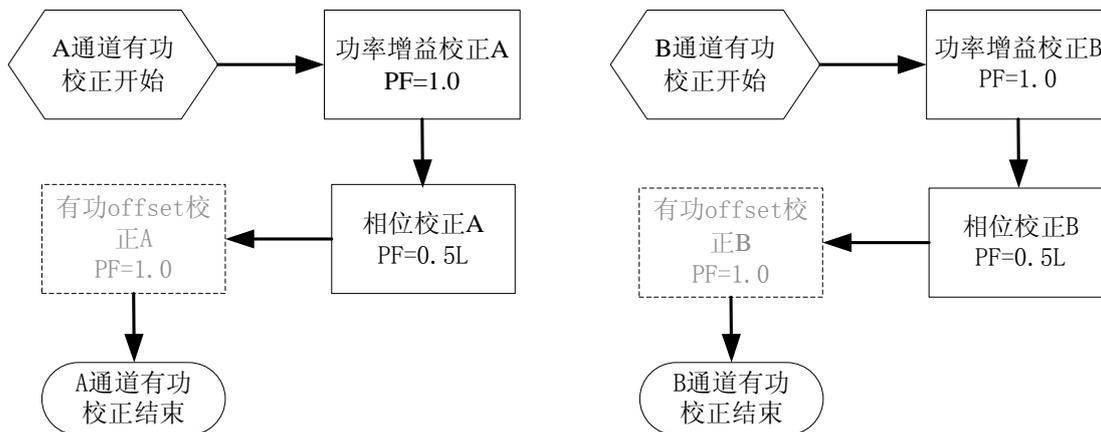


图 3-3 有功校正流程

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:

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

如果 Pgain ≥ 0, 则 GPQA = INT[Pgain * 2¹⁵]

否则 Pgain < 0, 则 GPQA = INT[2¹⁶ + Pgain * 2¹⁵]

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%I_b，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 0.02⁰/LSB 的关系，则有

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

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

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 有效值校正

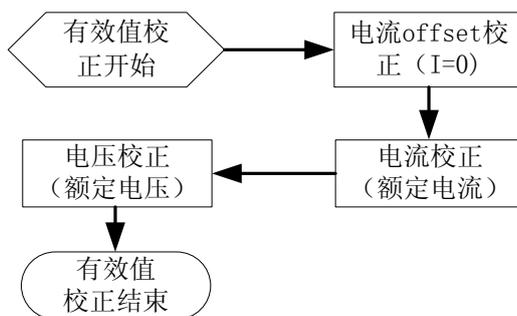


图 3-5 有效值校正流程

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 位二进制反码，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 KiA/KiB 以及电压转换系数 Ku 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 RMSIA_{reg}，则

$$KiA = I_b / RMSIA_{reg}$$

其中 KiA 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

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

$HFConst=[14.8528*V_u*V_i*10^{11}/(EC*U_n*I_b)]=2599$

取整后 HFConst 为 A27 H(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

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

该数小于 0，需转换为补码，则 $-0.01186*2^{15}+2^{16}=0xFE7BH$

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

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

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

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. 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。

将其平方后求其反码： $1155*1155=1334025=0x145B09$ ，32 位反码为 0Xffeba4f6。

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 UART。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 UART 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，RN8209G 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。RN8209G 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 RN8209G 内部。

SDO: 串行数据输出脚，用于把 RN8209G 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 RN8209G 检测到 SCSN 下降沿，SPI 进入通信方式，在此模式下，RN8209G 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 2.11.6 特殊命令章节。
写保护命令	0xEA	0xDC	
电流通道 A 选	0xEA	0x5A	

择命令		
电流通道 B 选 择命令	0xEA	0xA5
软件复位命令	0xEA	0xFA

4.1.3 SPI 写操作

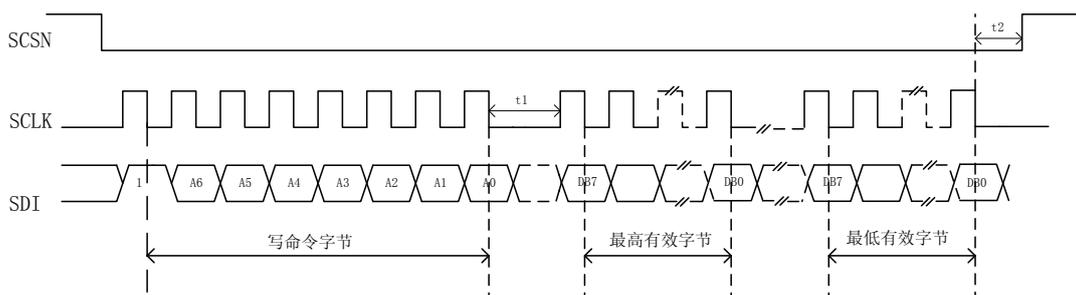


图 4-1 SPI 写时序

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 高电平写数据, 从机在 SCLK 低电平取数据;
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

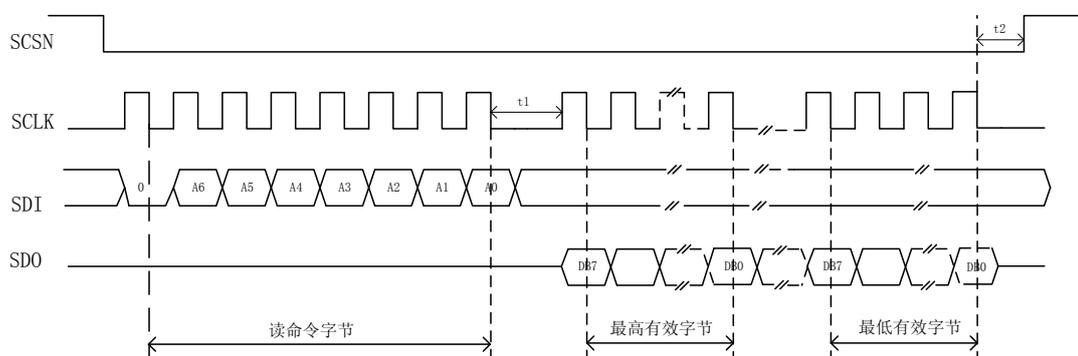


图 4-2 SPI 读时序

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 的下降沿将数据按位从 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 高电平写命令字节，从机在 SCLK 高电平将数据从 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。

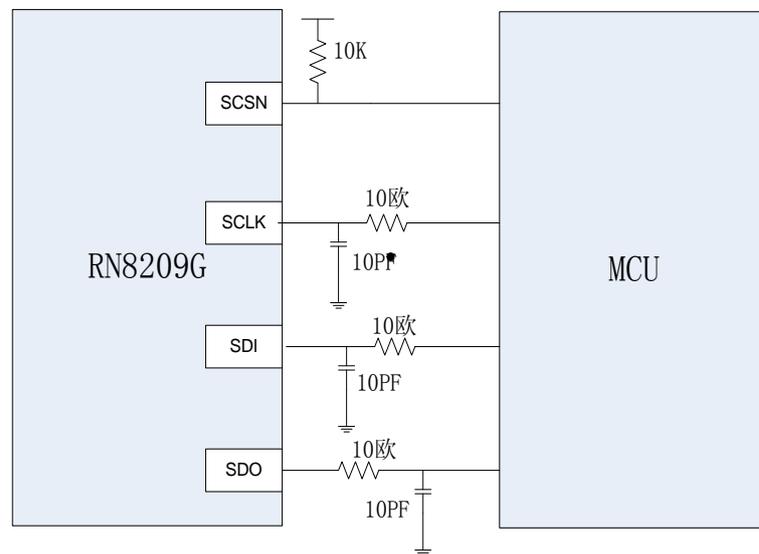


图 4-3 SPI 典型接线图

4.2 UART 接口

RN8209G 的 UART 接口主要特点如下：

- 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
- 通过硬件管脚配置波特率：2400/4800/9600/19200bps 四档可选

- 帧结构包含校验和字节，安全可靠
- 5V/3.3V 兼容

4.2.1 UART 接口信号说明

TX: UART 从机 (RN8209G) 数据发送管脚;

RX: UART 从机 (RN8209G) 数据接收管脚;

B1/B0: 波特率选择管脚，用于配置 RN8209G UART 波特率，B1/B0 不同的配置会导致系统控制寄存器 SYSCON[14:8] 的值不同，对应关系如下图所示;

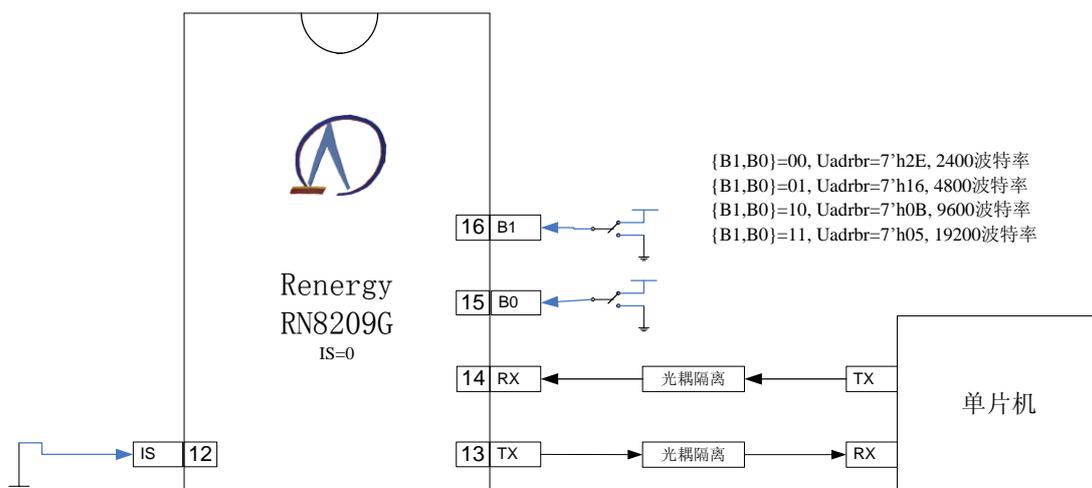


图 4-4 UART 典型接线图

4.2.2 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:

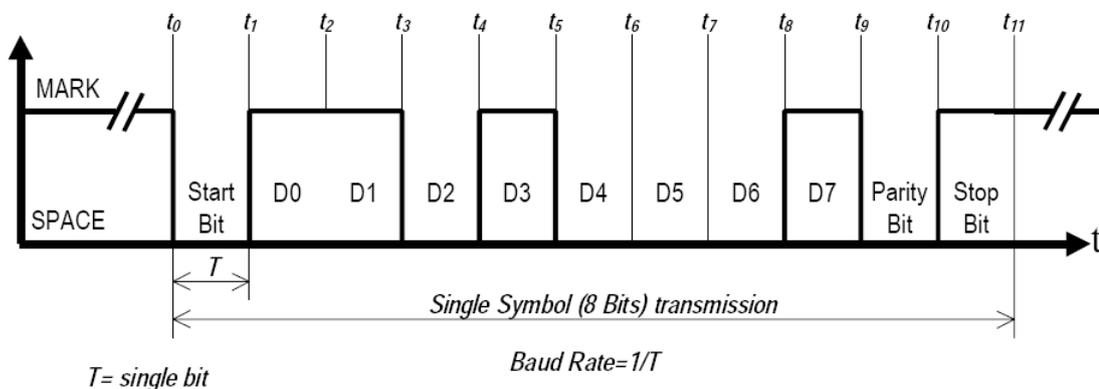


图 4-6 UART 数据字节格式

4.2.3 UART 帧格式

RN8209G UART 通讯帧格式如下图和表格所示：

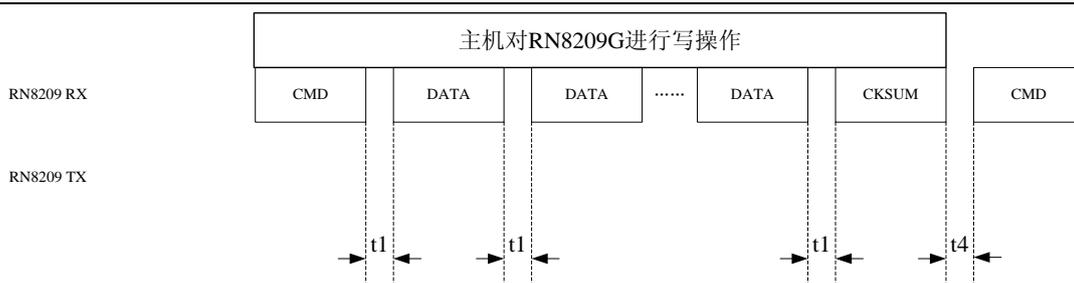


名称	解释
CMD	命令字节，由主机端发送， CMD[7]: 表示命令类别；0，读操作，1：写操作； CMD[6:0]: 表示被选中 RN8209G 器件的内部寄存器地址 若 CMD[7]=1，而 CMD[6:0]=0x6A，表示本次操作是特殊命令；
DATA	数据字节；读操作由从机端发送，写操作由主机端发送 若寄存器地址对应寄存器是多字节寄存器，先传最高有效字节；
CKSM	校验和字节；读操作由从机端发送，写操作由主机端发送 校验和算法如下： $Checksum[7:0] = \sim(CMD[7:0] + DATAn[7:0] + \dots + DATA1[7:0])$ 即将 CMD 和数据相加，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 2.11.6 特殊命令章节。”
写保护命令	0xEA	0xDC	
软件复位命令	0xEA	0xFA	

4.2.4 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：

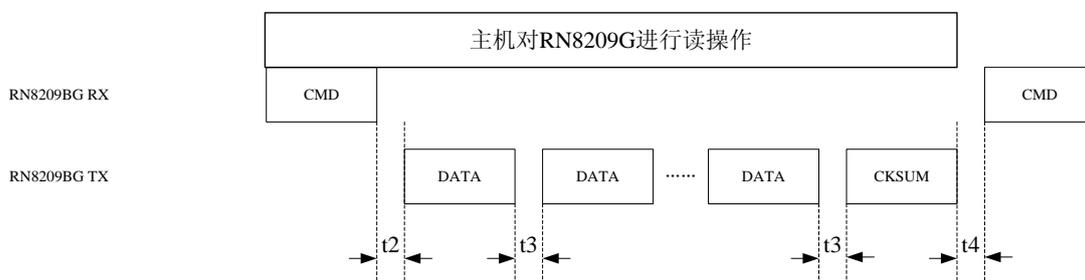


注意事项:

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，RN8209G 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，RN8209G 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

4.2.5 UART 读操作

读操作由主机端发起，主机端先发送读命令字节，RN8209G 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，RN8209G 没有限制， t_1 大于等于 0ns 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，RN8209G 没有限制， t_4 大于等于 0ns 即可；
8. 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

4.2.6 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。

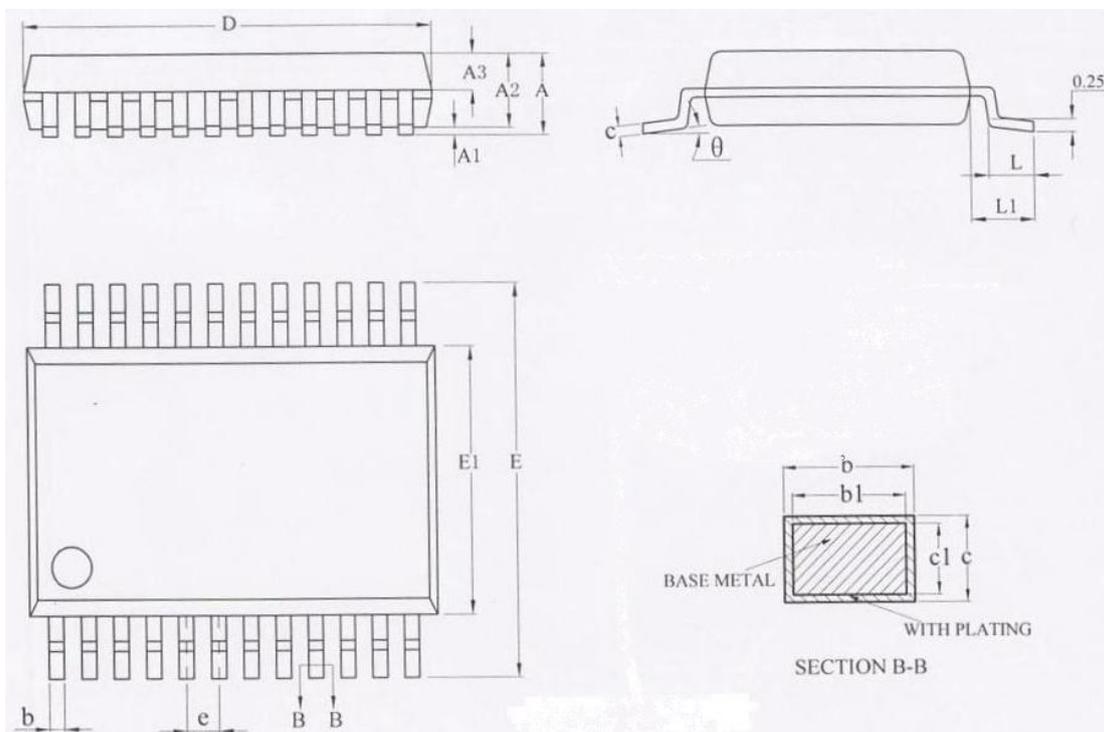
5 电气特性

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5000:1的动态范围
有功电能测量带宽	BW		14		kHz	OSCI=3.579545MHz
有效值测量误差	Err			$\pm 0.1\%$		常温1000:1的动态范围
模拟输入						
最大信号电平	V_{xn}			± 1000	mV	
直流输入阻抗	Z_{DC}	300			k Ω	
ADC失调误差	DC_{off}		1		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}		2.5		V	
温度系数	T_c		5		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	
数字输入输出接口						
SPI接口速率				1.2M	Hz	
UART接口速率		2400		192000	Hz	
RSTN、A0、A1 输入高电平	V_{IH}	3.7	--	DV_{DD}	V	$DV_{dd}=5V$, $-40-85^{\circ}C$
RSTN、A0、A1输入低电平	V_{IL}	DGND	--	1.3	V	$DV_{dd}=5V$, $-40-85^{\circ}C$
SDI/RX、SCLK/B0、SCSN/B0输入高电平	V_{IH}	2.6	--	DV_{DD}	V	$DV_{dd}=5V$, $-40-85^{\circ}C$
SDI/RX、SCLK/B0、SCSN/B0 输入低电平	V_{IL}	DGND	--	1	V	$DV_{dd}=5V$, $-40-85^{\circ}C$
IRQN/ZX 输出高电平	V_{OH}	4	--	DV_{DD}	V	$DV_{dd}=5V$, 室温; $I_{source}=3.5mA$
IRQN/ZX 输出低电平	V_{OL}	--	--	0.5	V	$DV_{dd}=5V$, 室温; $I_{sink}=8mA$
PF、QF、SDO输出高电平	V_{OH}	4	--	DV_{DD}	V	$DV_{dd}=5V$, 室温; $I_{source}=5mA$
PF、QF、SDO输出低电平	V_{OL}	DGND	--	0.5	V	$DV_{dd}=5V$, 室温 $I_{sink}=12mA$
电源						



模拟电源	AV _{DD}	4.5		5.5	V	5V±10%
数字电源	DV _{DD}	4.5		5.5	V	5V±10%
模拟电流1	A _{Idd1}		1.5		mA	通道B ADC不打开
模拟电流2	A _{Idd2}		1.8		mA	通道B ADC打开
数字电流	D _{Idd}		1.3		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,V3P, V3N		-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	°C	
存储温度范围	T _{stg}	-65	--	150	°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°