

单相计量芯片 RN8209D_RN8209L V5 版 用户手册

Rev1.3

V5 版本相对 V4 版本升级说明

注：V4 版本为动态范围 20000:1 的高性能版本

升级点	RN8209D V5/RN8209L V5	RN8209D V4
兼容性	硬件及软件向下兼容 V4 版本	/
ADC 性能	未修改	/
基准电压	未修改	/
计量	支持双向计量（潮流快速改变）	不支持
	支持半波计量	不支持
	支持基波计量	不支持
	支持有功功率相位校正	不支持
	支持独立无功功率增益校正	不支持
	支持快速漏电检测	不支持
	支持直流检测	不支持
	支持电压电流瞬态事件检测	不支持
	支持单相三线运算	不支持
	新增支持电流启动方式	不支持
	提供 $I_{a\pm Ib}$ 有效值计算功能	不支持
波形缓存	SRAM 256*20bit	SRAM 156*20bit
	支持交叉缓存方式	不支持
	支持同步采样率、固定采样率选择	仅支持固定采样率
系统	配置寄存器支持 CRC 校验	不支持
	支持电能脉冲宽度可调，电平可翻转	不支持
	单独的功能引脚支持漏电检测快速响应模式	不支持
	支持误差自监测功能	不支持
	新增 PF/QF/IRQ 引脚功能复用	不支持
通信	支持 UART 波特率软件可调	不支持
	新增 HSTX 接口功能（高速 UART 口）	不支持
	新增 IIC 通信接口功能（外接 IIC 测温芯片）	不支持
DeviceID	寄存器 DeviceID2=0x820904	寄存器 DeviceID2=0x820903
功耗	典型 5V 供电，功耗 5.1mA 左右	典型 5V 供电，功耗 4.8mA 左右

版本更新说明

版本号	修改时间	修改内容
V1.0	2023-09-22	首次发布
Rev1.1	2023-10-27	1、修改推荐的典型晶振 6.5536MHz 为 5.5296MHz; 2、新增 GFS 寄存器推荐值为 0xFFE8@5.5296MHz; 3、新增 GQx 寄存器推荐值为 GPQx+0x11@5.5296MHz; 4、新增 QPhsCalx 寄存器推荐值为 0x12C@5.5296MHz; 5、增加包装信息
Rev1.2	2024-01-31	1、修改描述, 统一手册命名规范; 2、修改笔误, 湿敏等级缩写为 MSL; 3、删除重复特殊命令; 4、修改笔误, EmuStatus2 寄存器地址是 0x2e, 不是 0x48; 5、修改描述, EmuStatus2 寄存器的 VREF_OK 位描述; 6、增加描述, 电气特性中增加功耗值; 7、修改自动测温时间间隔 ATTM 描述 8、修改不同时钟频率下外部晶体的 ESR 9、增加 5.5296MHz 芯片功耗
Rev1.3	2024-05-22	1、增加晶振为 5.5296MHz, HFCONST 和 Kp 的描述 2、修改 WAVE_ERR_IF,WAVE_HF_IF 描述, 为读后清零 3、增加 RN8209L 的产品信息 4、修改错误: 电气特性 VIL/VIH 电压 5、统一校验和简称 CHKSUM

目录

V5 版本相对 V4 版本升级说明	2
注：V4 版本为动态范围 20000:1 的高性能版本	2
1 芯片介绍	7
1.1 芯片特性	7
1.2 功能简介	8
1.3 功能框图	9
1.4 管脚定义	10
1.5 典型应用	15
1.5.1 国网单相 20 版	15
1.5.2 单相物联网分离器件解决方案	16
2 系统功能	17
2.1 电源监测	17
2.2 系统复位	17
2.3 模数转换	18
2.4 有功功率	18
2.5 无功功率	19
2.6 有效值	20
2.7 能量计算	20
2.8 通道切换	21
2.9 频率测量	21
2.10 启动潜动	22
2.11 事件检测	22
2.12 中断	22
2.13 波形缓存	23
2.13.1 波形缓存特点	24
2.13.2 波形缓存方式	24
2.13.3 缓存地址映射	26
2.13.4 缓存和读取命令	28
2.13.5 波形缓存应用说明	31
2.14 Checksum 校验和 CRC 校验	32
2.14.1 校验范围	32
2.14.2 Checksum 校验方式	34
2.14.3 CRC 校验方式	34
2.14.4 Checksum 和 CRC16 校验方式切换	35
2.15 寄存器	35
2.15.1 寄存器列表	35
2.15.2 校表参数寄存器	41
2.15.3 计量参数寄存器	62
2.15.4 中断寄存器	70
2.15.5 系统状态寄存器	72
2.15.6 拓展寄存器	73

2.13.7 特殊命令	83
3 校表方法	86
3.1 概述	86
3.2 校表流程和参数计算	86
3.2.1 校表流程	86
3.2.2 参数设置	87
3.2.3 有功校正	87
3.3 举例	89
4. 有效值校正	90
4 直流应用说明	91
4.1 概述	91
4.2 基本参数	91
4.3 直流 OFFSET 校正	91
4.3.1 寄存器配置	91
4.3.2 求有效值平均值	91
4.3.3 直流 OFFSET 校正	91
4.4 有效值 OFFSET 校正	92
4.5 转换系数	92
4.6 功率增益校正	92
4.7 有功偏置 OFFSET 校正	93
4.7.1 功率法校正	93
4.7.2 误差法校正	93
5 通信接口	94
5.1 SPI 接口	94
5.1.1 SPI 接口信号说明	94
5.1.2 SPI 帧格式	94
5.1.3 SPI 写操作	95
5.1.4 SPI 读操作	96
5.1.5 SPI 接口可靠性设计	96
5.2 UART 接口	97
5.2.1 UART 接口信号说明	97
5.2.2 UART 数据字节格式	97
5.2.3 UART 帧格式	98
5.2.4 UART 写操作	99
5.2.5 UART 读操作	99
5.2.6 UART 接口可靠性设计	100
5.3 HSTX 接口	100
5.3.1 HSTX 接口概述	100
5.3.2 HSTX 接口特点	101
5.3.3 HSTX 数据格式	101
5.3.4 HSTX 帧格式	107
5.3.5 HSTX 相关寄存器	107
5.3.6 HSTX 应用流程	107

5.4 IIC 接口	108
5.4.1 IIC 接口概述	108
5.3.2 IIC 接口特点	108
5.4.3 IIC 接口通用协议	109
5.4.4 IIC 接口特定时序说明	109
5.4.5 IIC 相关寄存器	111
5.3.6 IIC 应用流程	111
6 电气特性	114
7 芯片封装及焊接条件	118
8 芯片外观	121
9 包装信息	122
9.1 料管规格	122
9.2 编带规格	122

1 芯片介绍

锐能微单相计量芯片 RN8209D V5 版及 RN8209L V5 是一款高精度、高可靠性的单相计量专用芯片，可广泛适用于智能电表、能耗分析、电力监测、电气安全等领域的多种表型设计。

1.1 芯片特性

✓ 计量

- 提供三路 Σ - Δ ADC，分别为电压通道(U 通道)、电流通道 A(IA 通道)、电流通道 B(IB 通道)^①
- IA 通道 PGA 支持 4、8、12、16(缺省)、24、32 倍，不支持 1、2 倍；IB 和 U 通道 PGA 支持 1、2、4 倍^②
- 火线(A 路)有功计量性能，在 20000:1 动态范围内，非线性误差<0.1%^③
- 火线无功计量性能，在 20000:1 动态范围内，非线性误差<0.1%
- 提供三路有效值测量，IA 通道在 2000:1 动态范围内，非线性误差<0.1%；IB 和 U 通道在 1000:1 动态范围内，非线性误差<0.1%
- 提供火线、零线(B 路)两路有功及无功功率输出，支持双路有功及无功计量
- 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量累加积分
- 提供三路 ADC 的瞬时采样值，支持瞬时采样值更新中断
- 潜动阈值可调
- 提供反向有功功率指示，并可通过 QF 引脚输出 REVP 反向指示信号
- 提供 U 通道频率测量
- 提供 U 通道过零检测
- 支持 IA 通道过零信号通过 UART 口 TX 引脚输出
- 支持基准电压监测功能，见 VREF_OK
- 支持双向计量，满足潮流快速改变测试要求
- 有功分别支持全波计量和基波计量
- 无功支持基波计量
- 有功及无功均支持半波计量

✓ 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、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
- ✓ 支持任意单通道、双通道或三通道 ADC 波形缓存功能，通过 SPI/UART 口可实现连续波形读取。
- ✓ UART 的 RX 输入引脚兼备管脚复位(全局复位)和 UART 模块复位(局部复位)功能
- ✓ 具有电源监控功能

- ✓ 具备电能寄存器定时冻结功能
- ✓ 支持同步采样
- ✓ 支持快速漏电检测功能
- ✓ 支持直流检测
- ✓ 支持电压电流瞬态事件检测
- ✓ 支持单相三线， $\pm P1 \pm P2$ ， $\pm Q1 \pm Q2$ 积分运算
- ✓ 配置寄存器支持 CRC16
- ✓ 支持电能脉冲宽度可调，电平翻转
- ✓ 支持 $Ia \pm Ib$ 有效值计算功能
- ✓ 支持非对称波特率 UART 通信，TX 支持 HSTX 功能，波特率为晶振频率 $F_{osc}/4$ ，HSTS 可自动打包发送实时波形、计量参数、电能脉冲、中断等数据；RX 波特率及通信保持不变
- ✓ 支持 IIC 主机，方便向片外温度传感器芯片通信，用于端子测温
- ✓ 支持误差自监测功能
- ✓ 支持软件可调 UART 波特率
- ✓ RN8209D/RN8209L +5V/3.3V 电源供电，功耗典型值为

晶振频率 \ 电源电压	5V	3.3V
3.579545MHz	27mW	15mW
5.5296MHz	30 mW	16 mW

- ✓ 内置 $1.25V \pm 1\%$ 参考电压，温度系数典型值 $5\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ ，最大 $15\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$
- ✓ RN8209D 采用 SSOP24 绿色封装；RN8209L 采用 SOP16 绿色封装。

- ① 电流通道 A 简称 IA 通道、电流通道 B 简称 IB 通道、电压通道简称 U 通道。
 ② 本文红色字体表示 V5 新增功能或升级功能，后文不再赘述。
 ③ 火线简称 A 路、零线简称 B 路。

1.2 功能简介

RN8209D V5/RN8209L V5 能够测量全波/基波有功功率、全波/基波无功功率、全波/基波电压与电流有效值、电压线频率、半周期更新有功/无功功率、半周期更新电压/电流有效值，能同时提供两路独立的有功功率、无功功率和电流有效值等，能够提供有功电能计量、无功电能计量、基波计量、半波计量、双向计量，满足当前所有计量标准要求。

RN8209D V5/RN8209L V5 持全数字的增益、相位和 OFFSET 校正。有功电能脉冲从 PF/QF/IRQ 管脚输出，无功电能脉冲/用户自定义电能脉冲频率/REVP 可从 PF/QF/IRQ 引脚输出。

RN8209D V5/RN8209L V5 提供串行接口 SPI 和 UART，方便与外部 MCU 之间进行通信。

RN8209D V5/RN8209L V5 提供 IIC 主机接口，方便向片外温度传感器芯片通信，用于端子测温。

RN8209D V5/RN8209L V5 提供 HSTX 接口(高速 UART TX 接口)，能够自动发送实时波形、计量参数、脉冲等数据。

RN8209D V5/RN8209L V5 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

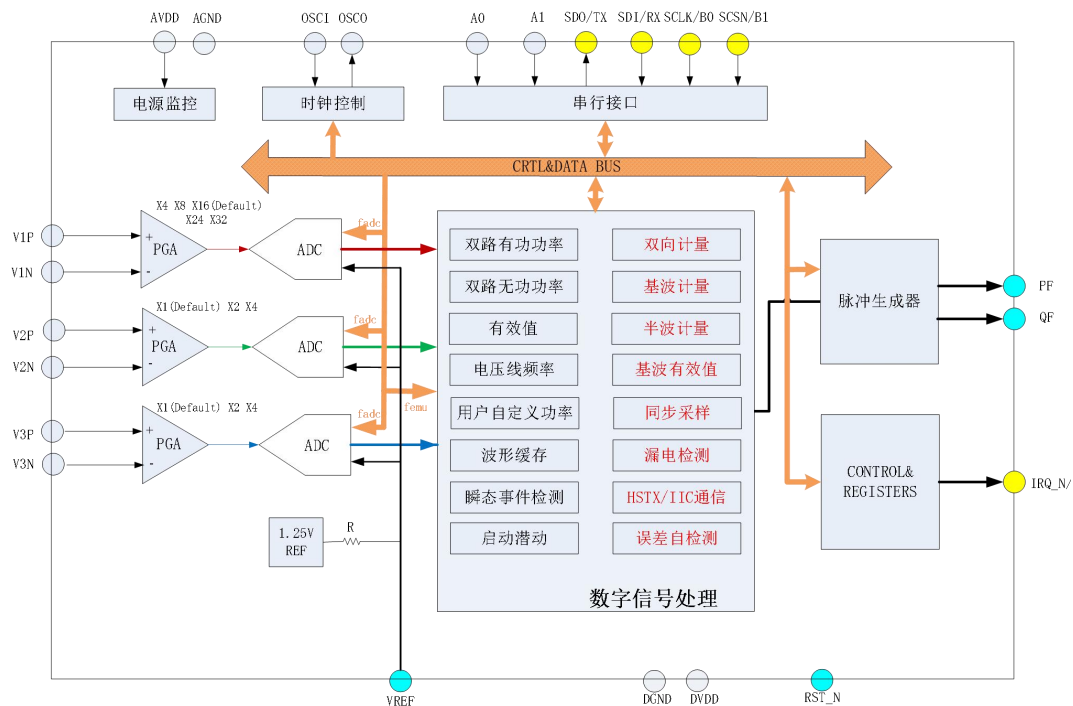


图 1-1 功能框图

1.4 管脚定义

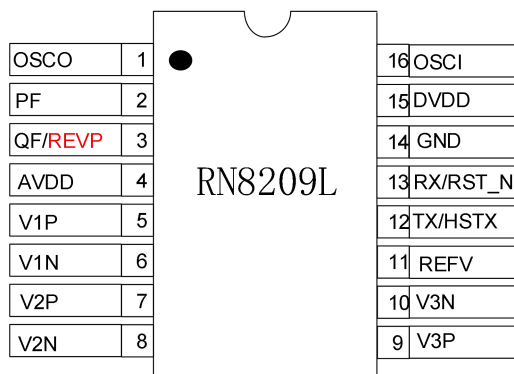


图 1-2 RN8209L-SOP16L 管脚排列图

引脚	标识	特性	功能描述
1	OSCO	输出	外部晶体的输出端。
2	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。
3	QF/REVP	输出	该引脚为 QF 和 REVP 复用引脚（默认为 QF 引脚）。 EMUCON2.QFCFG=0 时作为 QF 引脚，无功电能校验脉冲或者用户自定义校验脉冲输出，默认状态低电平输出。其频率反映无功功率或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。 EMUCON2.QFCFG=1 时作为负向功率指示 REVP 管脚。
4	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 10μF 电容并联 0.1μF 电容去耦。正常应用范围：2.97V~5.5V，选定典型供电电压（如 5V 或 3.3V）后，应保证电源波动在±10%范围内。
5, 6	V1P, V1N	输入	IA 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±1000mV，最大承受电压为±6V。 外部采样电路，在做普通全波计量时，要求的抗混叠电阻为 1k，抗混叠电容可选择 10nF~33nF；在做谐波计量或者电能质量分析时，要求抗混叠电阻为 1k，抗混叠电容为 3.3nF。
7, 8	V2P, V2N	输入	IB 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±1000mV，最大承受电压为±6V。 外部采样电路，在做普通全波计量时，要求的抗混叠电阻为 1k，抗混叠电容可选择 10nF~33nF；在做谐波计量或者电能质量分析时，要求抗混叠电阻为 1k，抗混叠电容为 3.3nF。
9, 10	V3P, V3N	输入	U 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±1000mV，最大承受电压为±6V。 外部采样电路，在做普通全波计量时，要求的抗混叠电阻为 1k，

			抗混叠电容可选择 10nF~33nF；在做谐波计量或者电能质量分析时，要求抗混叠电阻为 1k，抗混叠电容为 3.3nF。
11	REFV	输入/输出	1.25V 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，该引脚应使用最少 1μF 电容并联 0.1μF 电容进行去耦。
12	TX	输出	该引脚为 UART 的数据输出端 TX，可通过特殊命令让该引脚输出 IA 通道过零信号，典型信号为 10ms 翻转的方波，详情可见特殊命令章节。 TX 可复用成 HSTX 功能，TX 引脚以波特率 Fosc/4（895K@Fosc3.579545MHz，1382K@Fosc5.5296MHz），自动发送实时波形、计量参数、脉冲等数据。
13	RX/RST_N	输入	该引脚为 UART 输入端 RX，同时也是复位引脚。当输入信号低电平超过 10ms 小于 20ms 时认为是局部复位即 UART 模块复位；当输入信号低电平超过 20ms 时认为是全局复位即整个芯片复位。 RN8209 内部复位电路与 UART 通信电路完全独立，该管脚复位功能完全等同独立的管脚复位。
14	GND	地	芯片地，注意该引脚不应与 DVDD 去耦电容等数字噪声大的接地点直接连接，而是应尽量距离远一些。
15	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 10μF 电容并联 0.1μF 电容去耦。正常应用范围：2.97V~5.5V，选定典型供电电压（如 5V 或 3.3V）后，应保证电源波动在±10%范围内。
16	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。外接电容典型值为 15pF~22pF，内部已有约 4M 欧姆的跨接电阻，外部不需要加跨接电阻。3.579545MHz 要求外部晶体的 ESR 小于 120 欧姆；5.5296MHz 要求外部晶体的 ESR 小于 80 欧姆。

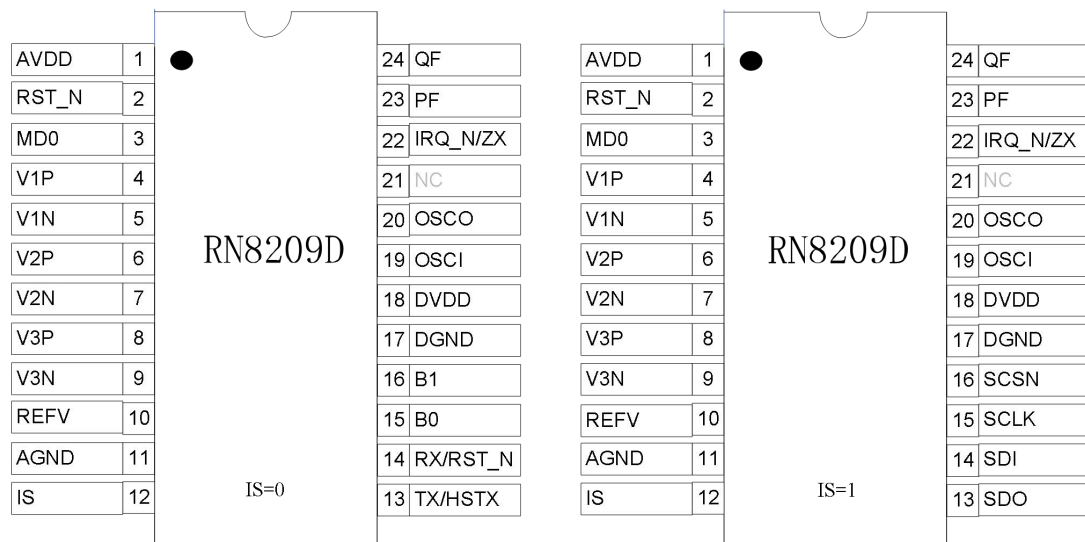


图 1-3 RN8209D V5-SSOP24 管脚排列图

表 1-2 RN8209D V5-SSOP24 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 10μF 电容并联 0.1μF 电容去耦。正常应用范围：2.97V-5.5V，选定典型供电电压（如 5V 或 3.3V）后，应保证电源波动在±10%范围内。
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。该引脚建议外接 10K 上拉电阻，并外接 0.1uF 的去耦电容。
3	MD0	输入	快速响应模式引脚，内部下拉，默认正常模式。当为高电平时，为快速响应模式；当输入为低电平时，为正常模式。
4, 5	V1P, V1N	输入	IA 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 Vpp 为±1000mV，最大承受电压为±6V。 外部采样电路，在做普通全波计量时，要求的抗混叠电阻为 1k，抗混叠电容可选择 10nF~33nF；在做谐波计量或者电能质量分析时，要求抗混叠电阻为 1k，抗混叠电容为 3.3nF。
6, 7	V2P, V2N	输入	IB 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 Vpp 为±1000mV，最大承受电压为±6V 外部采样电路，在做普通全波计量时，要求的抗混叠电阻为 1k，抗混叠电容可选择 10nF~33nF；在做谐波计量或者电能质量分析时，要求抗混叠电阻为 1k，抗混叠电容为 3.3nF。。
8, 9	V3P, V3N	输入	U 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 Vpp 为±1000mV，最大承受电压为±6V。 外部采样电路，在做普通全波计量时，要求的抗混叠电阻为 1k，抗混叠电容可选择 10nF~33nF；在做谐波计量或者电能质量分析时，要求抗混叠电阻为 1k，抗混叠电容为 3.3nF。
10	REFV	输入/输出	1.25V 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，该引脚应使用最少 1μF 电容并联 0.1μF 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。 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，可通过特殊命令让该引脚输出 IA 通道过零信号，典型信号为 10ms 翻转的方波，详情可见特殊命令章节；TX 可复用成 HSTX 功能，TX 引脚以波特率 $F_{osc}/4$ （895K@Fosc3.579545MHz，1382K@Fosc5.5296MHz），自动发送实时波形、计量参数、脉冲等数据。				
14	SDI/RX /RST_N	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，同时也具备管脚复位功能。当输入信号低电平超过 10ms 小于 20ms 时认为是局部复位即 UART 模块复位；当输入信号低电平超过 20ms 时认为是全局复位即整个芯片复位。				
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><tr><td>{B1,B0}=00 $F_{osc}/(15*47+41)$ 波特率</td><td>{B1,B0}=01 $F_{osc}/(15*24+1)$ 波特率</td></tr><tr><td>{B1,B0}=10 $F_{osc}/(15*12+6)$ 波特率</td><td>{B1,B0}=11 $F_{osc}/(15*6+3)$ 波特率</td></tr></table>	{B1,B0}=00 $F_{osc}/(15*47+41)$ 波特率	{B1,B0}=01 $F_{osc}/(15*24+1)$ 波特率	{B1,B0}=10 $F_{osc}/(15*12+6)$ 波特率	{B1,B0}=11 $F_{osc}/(15*6+3)$ 波特率
{B1,B0}=00 $F_{osc}/(15*47+41)$ 波特率	{B1,B0}=01 $F_{osc}/(15*24+1)$ 波特率						
{B1,B0}=10 $F_{osc}/(15*12+6)$ 波特率	{B1,B0}=11 $F_{osc}/(15*6+3)$ 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 10μF 电容并联 0.1μF 电容去耦。正常应用范围：2.97V-5.5V，选定典型供电电压（如 5V 或 3.3V）后，应保证电源波动在±10%范围内。				
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。外接电容典型值为 15pF~22pF，内部已有约 4M 欧姆的跨接电阻，外部不需要加跨接电阻。3.579545MHz 要求外部晶体的 ESR 小于 120 欧姆；5.5296MHz 要求外部晶体的 ESR 小于 80 欧姆。				
20	OSCO	输出	外部晶体的输出端。				
21	NC	NC	不连接。				

22	IRQ_N /ZX	输出	该引脚默认为 IRQ_N 中断引脚，默认输出高电平。 该引脚可复用关系同 PF 引脚，参考 PF 引脚描述。(该引脚不建议复用为 IIC 引脚)
23	PF	输出	该引脚默认为 PF(CF1)引脚，有功电能校验脉冲输出，默认高阻态。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。 该引脚可复用为：(配置见 PINCFG 引脚功能控制寄存器) CF1~CF9 (D2F 积分脉冲输出) IBTH (IB 通道有效值与阈值比较输出) REVP (负功指示) IRQ (中断输出) ZX (过零输出) HSTX (高速 UART TX 输出) SCL (IIC 时钟输出) SDA (IIC 数据输入/输出)
24	QF	输出	该引脚默认为 QF(CF2)引脚，无功电能校验脉冲或者用户自定义校验脉冲输出，默认高阻态。其频率反映无功功率或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。 该引脚可复用关系同 PF 引脚，参考 PF 引脚描述。

1.5 典型应用

1.5.1 国网单相 20 版

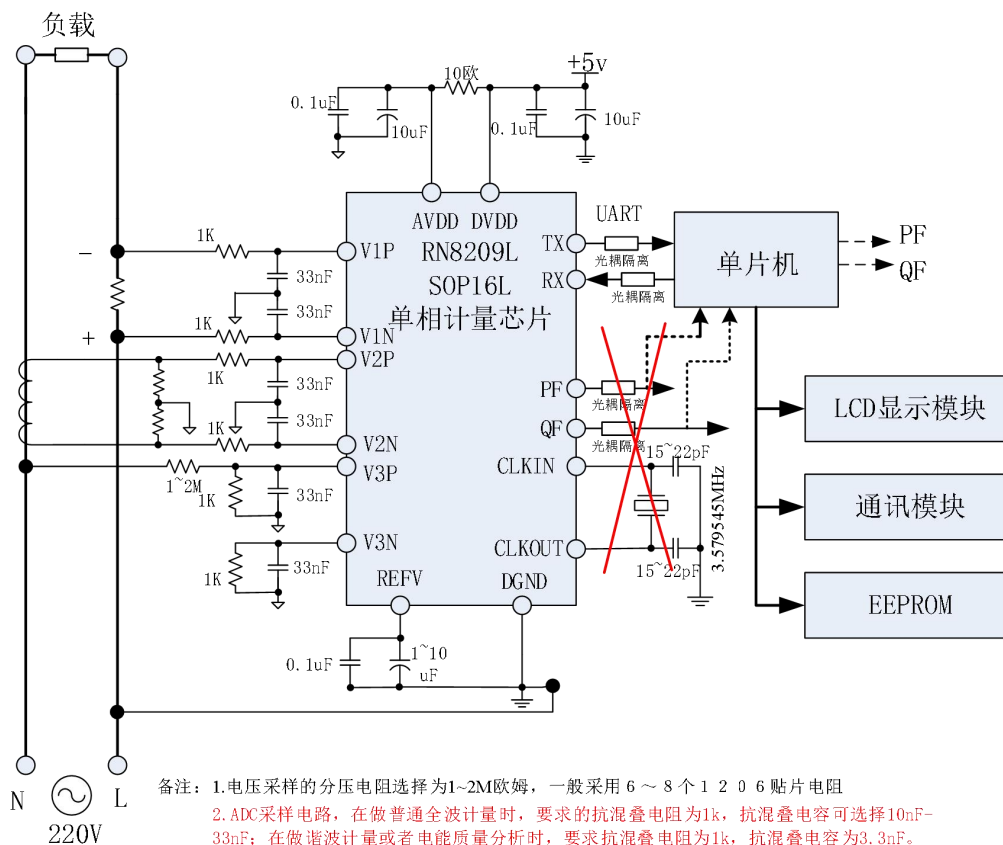
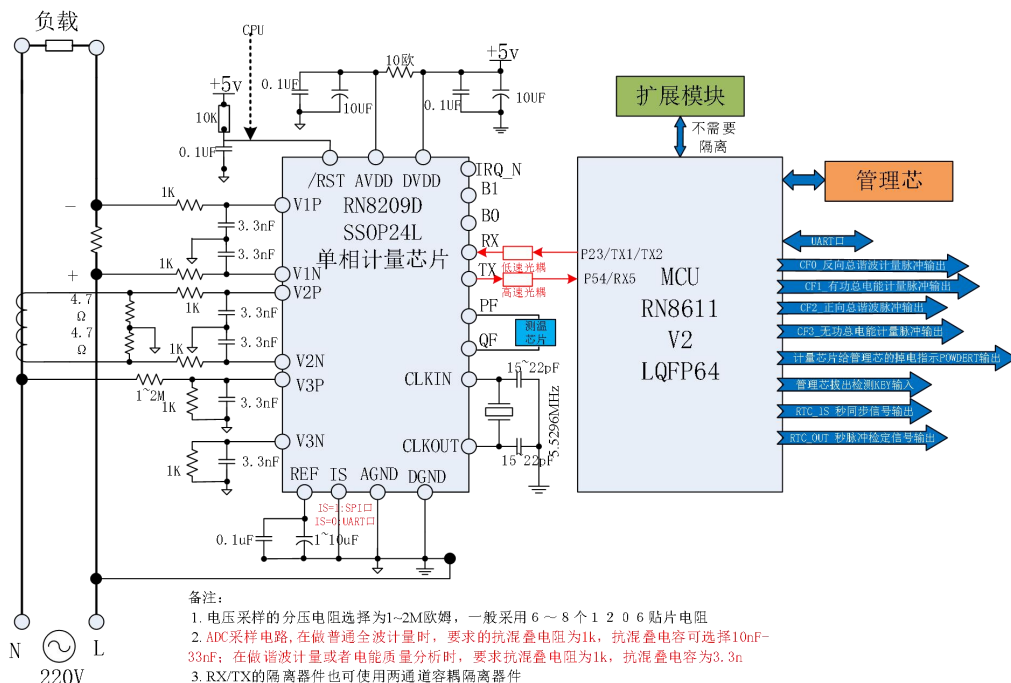


图 1-5 国网单相电表典型应用

1.5.2 单相物联网分离器件解决方案



RN8209D V5/RN8209L V5 包含 3 路 Σ - Δ ADC，IA 通道 ADC（V1P/V1N 输入）为火线锰铜采样输入，IB 通道 ADC（V2P/V2N 输入）为零线互感器采样输入，U 通道 ADC（V3P/V3N 输入）为电压采样输入。其中高性能 IA 通道 ADC 锰铜采样输入信号小，默认配置为 16 倍 PGA；IB 通道 ADC 和 U 通道 ADC 输入信号大，默认配置为 1 倍 PGA。

2 系统功能

2.1 电源监测

RN8209D V5/RN8209L V5 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 $2.6V \pm 0.1V$ 时芯片被复位，当电源电压高于 $2.8V \pm 0.1V$ 时芯片正常工作。

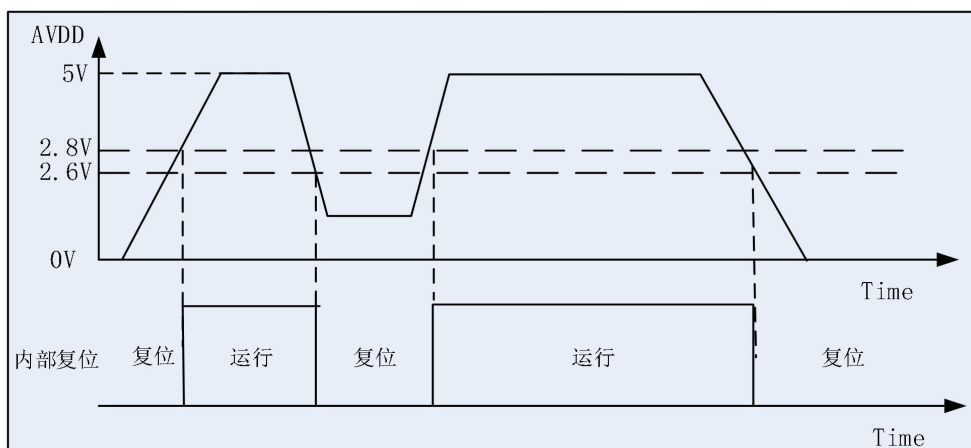


图 2-1 电源检测特性

正常应用范围：2.97V-5.5V，选定典型供电电压（如 5.0V 或 3.3V）后，应保证电源波动在 $\pm 10\%$ 范围内。

2.2 系统复位

RN8209D V5/RN8209L V5 支持三种全局复位方式：

- 上下电
- 外部引脚复位或 RX 引脚复位
- 命令复位

RN8209D V5/RN8209L V5 支持一种局部复位方式：

- UART 模块复位

➤全局复位

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。

命令复位命令之后 15us，芯片完成复位。

RN8209D V5/RN8209L V5 的外部复位引脚高电平变低电平并保持 50us 以上，再由低电平变高电平 300us 以上后释放复位。

RN8209D V5/RN8209L V5 的 RX 引脚同时也是复位引脚，当输入信号低电平超过 $20ms@Fosc3.579545MHz$ 、 $13ms@Fosc5.5296MHz$ 时计量芯片认为是复位有效。此功能可在隔离应用情况下节省光耦数量。RN8209D V5/RN8209L V5 内部复位电路与 UART 通信电路完全独立，该管脚复位功能完全等同独立的管脚复位。

建议的 RX 引脚复位操作方式是：先将 RX 引脚置低 25ms@Fosc3.579545MHz、17ms@Fosc5.5296MHz，然后再将 RX 引脚置高 20ms，最后再开始正常的 UART 通信。

➤局部复位

RN8209D V5/RN8209L V5 的 RX 引脚支持 UART 通信口复位功能，当 RX 引脚输入信号低电平超过 10ms@Fosc3.579545MHz、6.5ms@Fosc5.5296MHz 时会复位计量芯片的 UART 通信模块。

只有当 MCU 检测到 UART 通信异常时才建议使用此功能，如果要单独复位 UART 接口，建议 RX 引脚输入低电平时间为 15ms@Fosc3.579545MHz、10ms@Fosc5.5296MHz，注意一旦超过 20ms@Fosc3.579545MHz、13ms@Fosc5.5296MHz 就会引起整个芯片复位。

➤相关寄存器：

系统状态寄存器中的 RST 是硬件复位标志：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。

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

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

2.3 模数转换

RN8209D V5/RN8209L V5 包括三路 ADC，IA 通道用于火线电流采样，IB 通道用于零线电流采样，U 通道用于电压采样。配置系统控制寄存器(SYSCON 0x00H)中的 SYSCON[6]可打开或关闭 IB 通道。

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 1000mVpp。

通过配置 SYSCON 寄存器中的 SYSCON[5:0]和系统控制寄存器 2(SYSCON2 0x19H)中的 SYSCON2[1:0]，可以分别配置三个通道 ADC 的 PGA，IA 通道 PGA 可选：4、8、12、16(缺省)、24、32；IB 和 U 通道 PGA 可选：1(缺省)、2、4。

2.4 有功功率

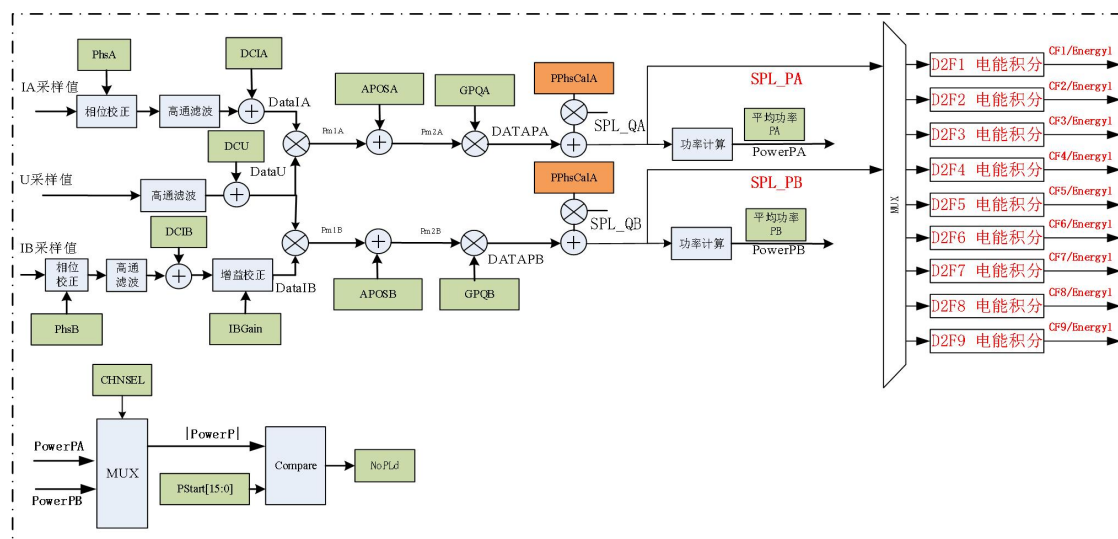


图 2-2 有功功率框图

RN8209D V5/RN8209L V5 提供两路有功功率的计算与校正，分别为 A 路有功功率计算与校正、B 路有功功率计算与校正。功率更新频率 $F_{osc}/2/2^{19}$ (默认值)，

3.414Hz@Fosc3.579545MHz、5.27Hz@ Fosc 5.5296MHz，可配置成其它更新频率，详情见 EMUCON2.UPMODE 描述。

寄存器也包含 A 路和 B 路两套相位校正、有功 OFFSET 校正、有功增益校正和平均功率寄存器。IB 通道包含增益校正寄存器 IBGain，该寄存器会影响 B 路有功功率、IB 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)，由特殊命令决定选择 A 路还是 B 路，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 2-2 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 2-2 中的 DCIA、DCIB、DCU 用于对 ADC 通道的直流偏置进行校正，RN8209D V5/RN8209L V5 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 无功功率

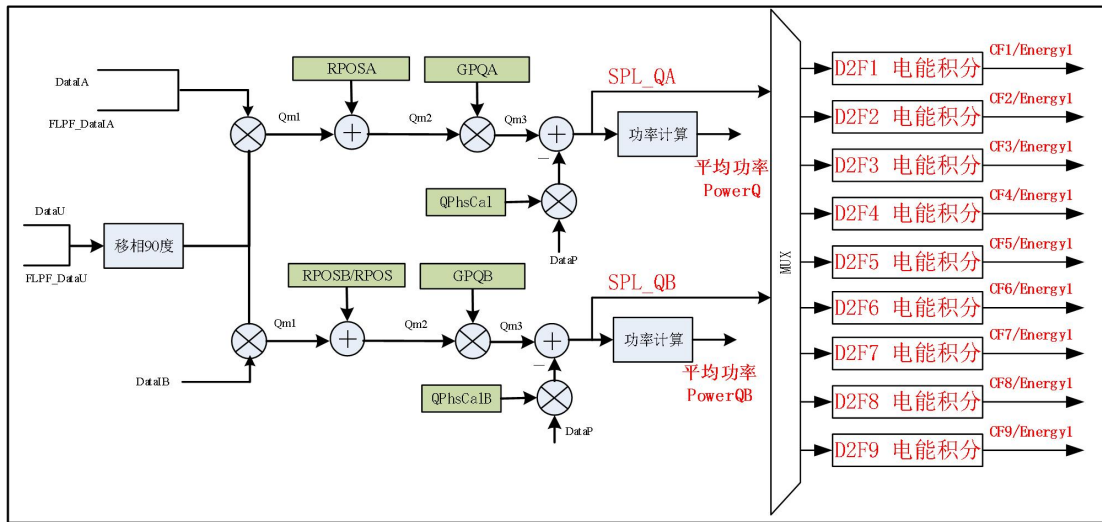


图 2-3 无功功率框图

RN8209D V5/RN8209L V5 包含两路无功功率和无功电能计算电路，用于计算 PowerQ/PowerQB 以及两路无功电能。功率更新频率 $F_{osc}/2/2^{19}$ （默认值），3.414Hz@Fosc3.579545MHz、5.27Hz@ Fosc 5.5296MHz，可配置成其它更新频率，详情见 EMUCON2.UPMODE 描述。

RN8209D V5/RN8209L V5 包括一路基波无功功率和电能的计算，基波无功不能同时支持两路，默认输出 A 路基波无功，可通过特殊命令切换输出 B 路基波无功。

2.6 有效值

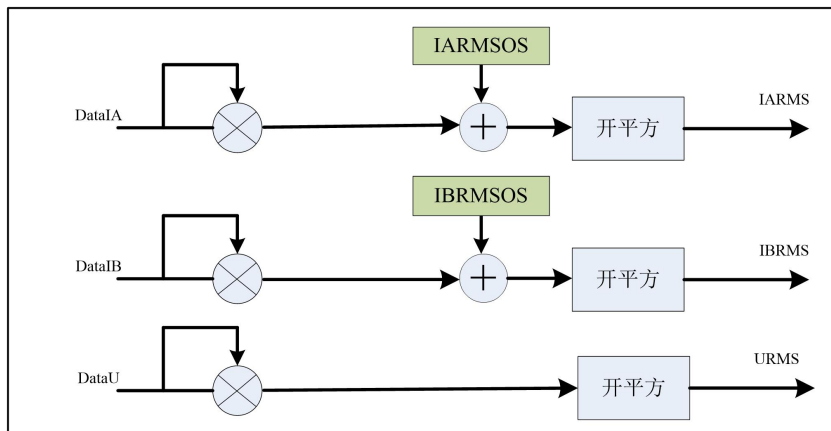


图 2-4 有效值计算框图

RN8209D V5/RN8209L V5 提供三个通道的真有效值参数输出，包括 URMS、IARMS、IBRMS。字长为 24bit，有效值更新频率 $F_{osc}/2/2^{19}$ (默认值)， $3.414\text{Hz}@F_{osc}3.579545\text{MHz}$ 、 $5.27\text{Hz}@F_{osc}5.5296\text{MHz}$ ，可配置成其它更新频率，详情见 EMUCON2.UPMODE 描述。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。

2.7 能量计算

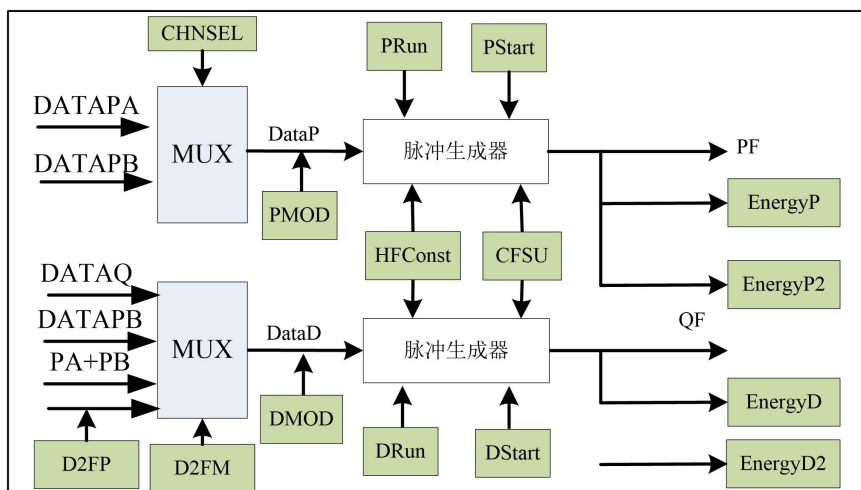


图 2-5 能量计算

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：

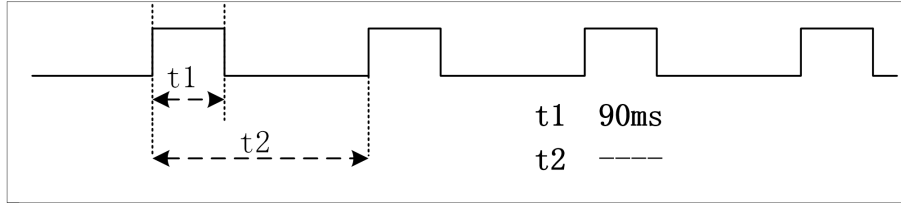


图 2-6 输出脉冲宽度

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 $2 * |PFcnt| (0x20H) = HFConst (0x02H)$ 时，PF 有一个脉冲输出。同时能量寄存器 EnergyP (0x29H) 和 EnergyP2 (0x2AH) 加 1。

当 $2 * |DFcnt| (0x21H) = HFConst (0x02H)$ 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 的来源默认是 DATAQ（无功功率），也可以选择为 DATAPB（第二路有功功率）、DATAPA+DATAPB（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。

2.8 通道切换

RN8209D V5/RN8209L V5 专门提供一路 ADC 用于零线电流有效值和功率测量，并提供 A 路和 B 路的切换功能，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。

2.9 频率测量

RN8209D V5/RN8209L V5 可以直接输出线频率参数(UFreq 0x25H)，测量基波频率，最小测量频率为 6.8Hz@Fosc3.579545MHz、4.4Hz@Fosc5.5296MHz，测量带宽 250Hz。

RN8209D V5/RN8209L V5 同时提供另外一个线频率参数寄存器(UFreq2 0x35)，测量基波频率，最小测量频率为 1Hz@Fosc3.579545MHz、0.65Hz@Fosc5.5296MHz，测量带宽 250Hz。

2.10 启动潜动

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 DataD (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。

|DataD| 小于 DStart 时，QF 不输出脉冲。

PStart 的复位初值为：0x0060H；DStart 的复位初值为：0x0120H。

当 PowerP 小于启动功率时，EMUStatus 寄存器的 NoPld 位被置为 1；当有功功率大于/等于启动功率时 NoPld 清为 0。

当 DataD 小于启动功率时，NoPld 被置为 1；当自定义功率大于/等于启动功率时 NoPld 清为 0。

2.11 事件检测

RN8209D V5/RN8209L V5 通过配置 ZXCFC (EMUCON.7) 选择引脚 IRQ_N/ZX 开启/关闭过零输出。

RN8209D V5/RN8209L V5 通过配置 ZXD1 (EMUCON.9)、ZXD0 (EMUCON.8) 寄存器位选择四种过零输出方式。

RN8209D V5/RN8209L V5 支持 UART TX 引脚复用输出 IA 过零信号输出，在 UART 通信模式，设置特殊命令可以让 TX 引脚输出 IA 过零信号，典型信号为 10ms 翻转的方波；通道特殊命令或 UART RX 引脚拉低超过 10ms 复位 UART 模块关闭过零输出功能，恢复为 UART 通信口的 TX 功能，详情可参见特殊命令章节。

RN8209D V5/RN8209L V5 支持电压和电流事件检测功能，事件包括电压跌落、电流通道 A 过载、电流通道 B 过载和电压通道过载事件。

事件阈值寄存器包括：电压跌落阈值寄存器 USAG、电流通道 A 峰值检测阈值寄存器、电流通道 B 峰值检测阈值寄存器、电压通道峰值检测阈值寄存器。

电压跌落阈值寄存器，16 位无符号数。当值为 0 时不使能该功能；当写入不为 0 的值后启动跌落检测，将阈值与电压同步采样通道 24 位波形采样值的高 16 位进行比较，检测的半周期数由 SYSCON2.USAG_CFG[7:0] 决定，当跌落持续时间超过 USAG_CFG，触发电压跌落事件，检测结果有中断报出。

峰值检测阈值寄存器，16 位无符号数。当值为 0 时不使能该功能；当写入不为 0 的值后启动跌落检测，将阈值与电流同步采样通道 24 位波形采样值的高 16 位进行比较，当检测到波形采样值大于阈值，触发过载事件，检测结果有中断报出。

注意：同步采样通道 24 位波形采样值约为： $0.5 * V_{in} * 2^{23}$ ，其中 V_{in} 为输入信号归一化值，幅值 1V 时归一化值为 1。

2.12 中断

RN8209D V5/RN8209L V5 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。

RN8209D V5/RN8209L V5 波形缓存相关中断资源包括 1 个波形缓存中断使能寄存器

WAVE_IE 和 1 个波形缓存状态寄存器 WAVE_IF, 写 WAVE_IF 标志位可清标志并清相应中断。

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 ZXCFC 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:

- RN8209D V5/RN8209L V5 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, RN8209D V5/RN8209L V5 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 RN8209D V5/RN8209L V5 RIF, 清 IF 和 RIF 中断标志;
2. 配置 RN8209D V5/RN8209L V5 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 RN8209D V5/RN8209L V5 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 RN8209D V5/RN8209L V5 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。

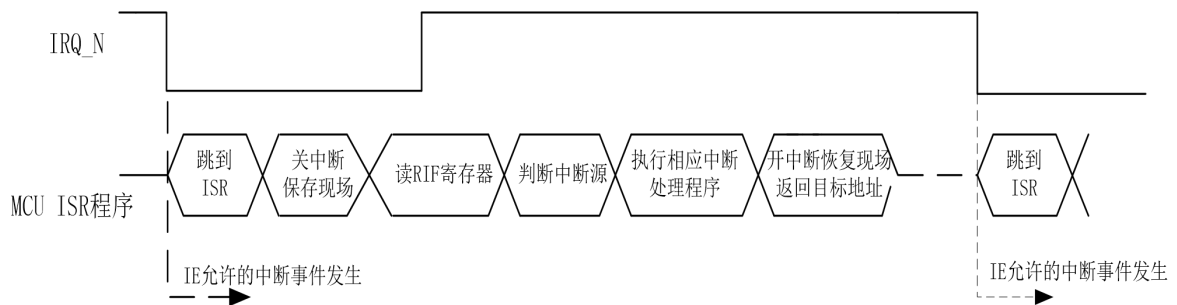


图 2-7 RN8209D V5/RN8209L V5 中断处理过程

2.13 波形缓存

RN8209D V5/RN8209L V5 内置 256*20bit SRAM 的波形缓存模块, 用于缓存 ADC 采样波形, 供用户进行 FFT 分析、电能质量分析。

波形缓存源头可选择计量全波数据($F_{osc}/2/128$ 的采样率)、计量基波数据($F_{osc}/2/128$ 的采样率)、同步采样数据(由同步相关配置决定), 可选择缓存 IA/IB/U 三通道波形数据中的任意

单通道/双通道/三通道缓存。

用户可通过多种读取缓存命令读取缓存的内容，每读一个点，读指针会自动加 1，地址大于缓存长度后，回到起始地址。

用户可通过特殊命令（配置读波形指针地址）改变读指针的位置。每次启动波形缓存，读指针都会自动回到首地址。

2.13.1 波形缓存特点

- 波形缓存规格最大为 256*20，缓存深度为 256 个地址，每个缓存波形数据长度为 20bit
- 波形缓存的数据源头可选择为计量全波数据、计量基波数据、同步采样通道
- 支持连续缓存和单次缓存
- 可选择缓存 I1/I2/U 三通道波形数据，每次缓存的数据源可配置为单通道/双通道/三通道缓存。三通道缓存为每通道缓存 64 点
- 多通道缓存时可选择通道连续缓存和通道交叉缓存两种缓存模式
- 可配置间隔缓存，选择二倍或四倍间隔缓存
- 波形数据可通过 SPI、UART、HSTX 三种接口读出，数据读出时，可选择读出 24bit/16bit 波形数据，不同通道可独立选择
- 波形数据输出支持高字节先发/低字节先发
- 每次启动波形缓存，读指针自动回到首地址
- 连续缓存采用乒乓操作，可缓存并输出实时波形
- 软件可读忙标志或通过中断，获取波形缓存的状态
- 每次缓存半满后可通过 SPI、HSTX 接口将半块 SRAM 波形数据读出
- 软件可读忙标志或数据覆盖中断，获取波形缓存的状态

2.13.2 波形缓存方式

数据缓存速度

波形缓存的数据量及半满时间如下表所示，每次启动缓存 256 点的波形。

通道数	间隔缓存配置	SRAM 大小(点)	缓存半满时间 (ms)	缓存全满时间 (ms)
1	4 倍间隔缓存	256	40	80
2	4 倍间隔缓存	256	20	40
3	4 倍间隔缓存	192	10	20
1	2 倍间隔缓存	256	20	40
2	2 倍间隔缓存	256	10	20
3	2 倍间隔缓存	192	5	10
1	缓存所有	256	10	20
2	缓存所有	256	5	10
3	缓存所有	192	2.5	5

由于缓存的波形数据长度为 20bit，不是 8 的倍数，在接收数据后不方便组帧，因此本芯片在发送时一般把波形数据处理为 24bit 或 16bit。

数据输出速度

波形数据处理成 16bit 发送，其数据量以及发送时间分析如下表所示，其中 HSTX 发送速度为 $F_{osc}/4$ ，894.886KHz@Fosc3.579545MHz、1382.4KHz@Fosc5.5296MHz，由于 HSTX 使用 UART 协议，每 8bit 数据需要发送 11bit，因此 HSTX 实际发送速度为 $F_{osc}/4/11*8$ ，650826@Fosc3.579545MHz：

通道数	间隔缓存配置	发送位宽	半满点数	半满数据量 (bit)	半满中断时间 (ms)	SPI 速度	半满数据 SPI 发送时间(ms)	HSTX 速度 @Fosc3.579545 MHz	半满数据 HSTX 发送时间 (ms)
1	4 倍间隔缓存	16	128	2048	40	1200000	1.71	650826	3.15
2	4 倍间隔缓存	16	128	2048	20	1200000	1.71	650826	3.15
3	4 倍间隔缓存	16	96	1536	10	1200000	1.28	650826	2.36
1	2 倍间隔缓存	16	128	2048	20	1200000	1.71	650826	3.15
2	2 倍间隔缓存	16	128	2048	10	1200000	1.71	650826	3.15
3	2 倍间隔缓存	16	96	1536	5	1200000	1.28	650826	2.36
1	缓存所有	16	128	2048	10	1200000	1.71	650826	3.15
2	缓存所有	16	128	2048	5	1200000	1.71	650826	3.15
3	缓存所有	16	96	1536	2.5	1200000	1.28	650826	2.36

波形数据处理成 16bit 发送，其数据量以及发送时间分析如下表所示：

通道数	间隔缓存配置	发送位宽	半满点数	半满数据量 (bit)	半满中断时间 (ms)	SPI 速度	半满数据 SPI 发送时间(ms)	HSTX 速度 @Fosc 3.579545MHz	半满数据 HSTX 发送时间 (ms)
1	4 倍间隔缓存	24	128	3072	40	120000	2.56	650826	4.72
2	4 倍间隔缓存	24	128	3072	20	120000	2.56	650826	4.72
3	4 倍间隔缓存	24	96	2304	10	120000	1.92	650826	3.54
1	2 倍间隔缓存	24	128	3072	20	120000	2.56	650826	4.72

2	2 倍间隔缓存	24	128	3072	10	12000 00	2.56	650826	4.72
3	2 倍间隔缓存	24	96	2304	5	12000 00	1.92	650826	3.54
1	缓存所有	24	128	3072	10	12000 00	2.56	650826	4.72
2	缓存所有	24	128	3072	5	12000 00	2.56	650826	4.72
3	缓存所有	24	96	2304	2.5	12000 00	1.92	650826	3.54

由上表可见，在使用三通道最高速度缓存时，若发送波形长度为 24bit，使用 HSTX 接口无法实现乒乓操作输出实时波形。

若是使用缓存电流和电压两个通道波形数据，且电流通道发送 24bit，电压通道发送 16bit（HSTX 接口常规应用方案），则发送数据量及时间分析如下表所示：

通道数	波形频率 (Hz)	半满点数	半满数据量 (bit)	半满中断时间 (ms)	SPI 速度	半满数据 SPI 发送时间(ms)	HSTX 速度 @Fosc3.579545 MHz	半满数据 HSTX 发送时间(ms)
2	4 倍间隔缓存	128	2560	20	12000 00	2.13	650826	3.93
2	2 倍间隔缓存	128	2560	10	12000 00	2.13	650826	3.93
2	缓存所有	128	2560	5	12000 00	2.13	650826	3.93

由上分析可见，无论使用哪种缓存以及发送方案，使用 SPI 和 HSTX 均可实现乒乓操作输出实时波形。

2.13.3 缓存地址映射

单通道缓存

地址映射	BANK	WAVECON[3:0], WAVECON[4]=X		
		0x2	0x3	0x1
00H	BANK0	IA	IB	UA
3FH				
40H				
7FH				
80H	BANK1			
BFH				
C0H				
FFH				

双通道缓存

通道间隔缓存

地址映射	BANK	WAVECON[3:0], WAVECON[4]=1		
		0x6	0x7	0x8
00H	BANK0	IA	IA	IB
3FH				
40H		UA	IB	UA
7FH	BANK1			
80H		IA	IA	IB
BFH				
C0H		UA	IB	UA
FFH				

通道交叉缓存

地址映射	BANK	WAVECON[3:0], WAVECON[4]=0		
		0x6	0x7	0x8
00H	BANK0	IA0	IA0	IB0
01H		UA0	IB0	UA0
...		...	...	...
7EH		IA63	IA63	IB63
7FH	BANK1	UA63	IB63	UA63
80H		IA64	IA64	IB64
81H		UA64	IB64	UA64
...		...	...	...
FEH		IA127	IA127	IB127
FFH		UA127	IB127	UA127

上表为通道交叉缓存地址映射，其中 IAn 表示 IA 通道第 n 个采集数据，IBn 表示 IB 通道第 n 个采集数据，UAN 表示 UA 通道第 n 个采集数据

三通道缓存

通道间隔缓存

地址映射	BANK	WAVECON[3:0], WAVECON[4]=1		
		0xD		
00H	BANK0	IA		
...				
1FH				
20H		IB		
...				
3FH				
40H		UA		
...				
5FH				
60H	BANK1	IA		

...		
7FH		
80H		IB
...		
9FH		
A0H		UA
...		
BFH		
...		
FFH		

通道交叉缓存

地址映射	BANK	WAVECON[3:0], WAVECON[4]=0
		0xD
00H	BANK0	IA0
01H		IB0
02H		UA0
...		...
5CH		IA31
5EH		IB31
5FH		UA31
60H	BANK1	IA32
61H		IB32
62H		UA32
...		...
BCH		IA63
BEH		IB63
BFH		UA63
...		
FFH		

2.13.4 缓存和读取命令

波形缓存启动停止命令

启动波形缓存操作由主机端发起，主机端发送特殊命令字节(2Byte)+通道选择(1Byte)+读校验和字节(1Byte)，RN8209D V5/RN8209L V5 接收到命令后将按照 WAVECOM 配置启动或停止缓存。如下图所示：

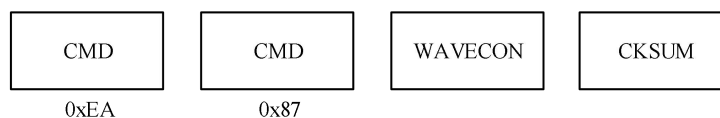


图 2-11 启动停止命令帧格式

其中波形缓存命令中的命令字 WAVECON 定义如下：

- WAVECON[7]: =0, 启动波形缓存, =1, 停止波形缓存。=1 时, WAVECON[6:0]的值不起作用。
- WAVECON[6]: =0, 选择单次缓存, 存完停止; =1, 选择连续缓存。
- WAVECON[5]: 保留位
- WAVECON[4]: 缓存模式选择。仅在双通道缓存时有效。=0: 选择通道交叉缓存; =1: 选择通道间隔缓存。
- WAVECON[3:0]: 缓存通道及缓存顺序选择。对应的缓存通道及顺序如下表所示:

WAVECON[3:0]	缓存通道及顺序（缓存顺序从左到右）		
0x0	不启动缓存		
0x1	UA	-	-
0x2	IA	-	-
0x3	IB	-	-
0x4	UA	IA	-
0x5	UA	IB	-
0x6	IA	UA	-
0x7	IA	IB	-
0x8	IB	UA	-
0x9	IB	IA	-
0xA	UA	IA	IB
0xB	UA	IB	IA
0xC	IA	UA	IB
0xD	IA	IB	UA
0xE	IB	IA	UA
0xF	IB	UA	IA

注意事项:

- 1、写入启动命令前, 需要通过时钟控制寄存器 CLKCON 开启 ADC 波形缓存时钟门控;
- 2、当波形缓存正在工作时, 主机发起该命令, 读无效, 返回数据 0, 读指针不变;
- 3、切换单次或连续波形缓存方式时, 须先停止波形缓存才能进行切换。

读波形缓存指针地址配置命令

配置读波形指针地址操作由主机端发起, 主机端发送特殊命令字节(2Byte)+读指针地址(1Byte)+读校验和字节(1Byte), RN8209D V5/RN8209L V5 接收到命令后将读缓存指针地址配置为 RP_ADDR。如下图所示:

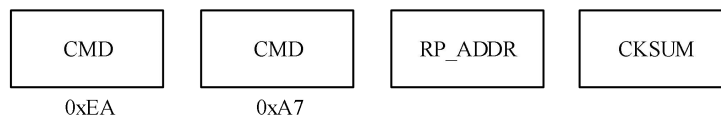


图 2-12 指针地址配置命令帧格式

配置了读指针地址之后, 若后续主机发起“单次读波形数据”, 从机将返回相应的缓存地址数据, 读完之后, 指针自动加 1, 其中 RP_ADDR 为 SRAM 的读指针地址。

单次读波形命令

单次读波形操作由主机端发起，主机端先发送特殊命令字节(2Byte)，RN8209D V5/RN8209L V5 接收到命令后发送读数据字节(2Byte)、读校验和字节(1Byte)。如下图所示：

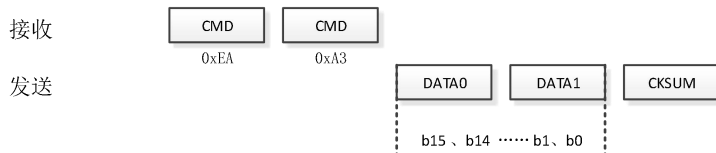


图 2-13 单次读波形命令帧格式

注意事项：

- 1、每次读波形完成，对应的读指针加 1，当读最后一个地址时，读指针返回起始位置。

连续读波形命令

连续读波形操作由主机端发起，主机端先发送特殊命令字节（2Byte）+起始地址（1Byte）+结束地址（1Byte）+校验和（1Byte）。

RN8209D V5 判断命令校验是否通过，如果通过，则反馈接收命令成功（0x54），随后发送读数据字节（nByte）、最后发送读校验和字节。如果判断命令校验失败，则反馈接收命令失败（0x7F），不再发后续的数据。如下图所示：

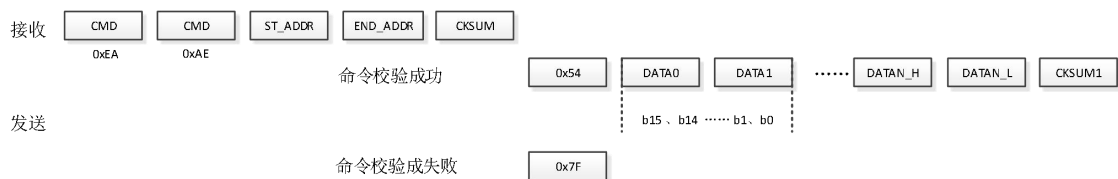


图 2-14 连续读波形命令帧格式

注意事项：

- 1、主机在命令后面发送的校验和 $CHKSUM(CHKSUM = \sim(0xEA+0xAE+ST_ADDR+END_ADDR))$ ，从机根据校验和判断命令接收是否成功，如果成功，发送成功响应 ACK(0x54)，紧接着发送读数据，长度根据 ST_ADDR 和 END_ADDR 决定，最后再发送校验和 CHKSUM1；
- 2、CHKSUM1($CHKSUM1 = \sim(DATA0+.....+DATAn)$)校验的范围不包括 ACK 在内，仅对波形数据进行校验；
- 3、如果从机判断主机发送的命令校验和失败，则返回失败响应 ACK（0x7F），然后结束该次命令；
- 4、当地址越界时，也判定为传输失败，反馈失败标志 0x7F；
- 5、从机计算并发送数据帧校验和，主机根据校验和判断数据帧传送是否成功；
- 6、ST_ADDR 和 END_ADDR 的范围为 0~155，且 $END_ADDR \geq ST_ADDR$ ；
- 7、当该命令成功执行完后，读指针停留在 END_ADDR+1 的位置。

半块读波形命令

半块读波形命令仅 SPI 通信方式下有效，主机在 SCSN 有效后，先通过 SPI 写入特殊命

令字节（2Byte），最后写入校验和（1Byte）。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，如下图所示：

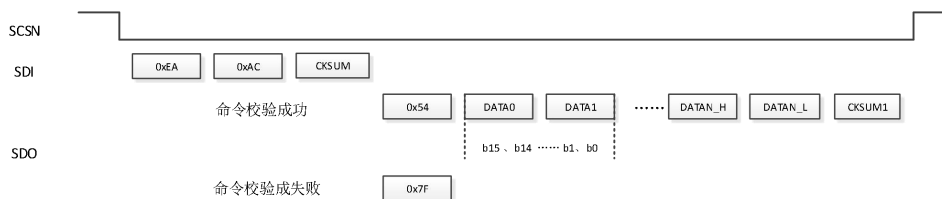


图 2-15 半块读波形命令帧格式

注意事项：

1. 主机发送命令后面跟着 8 位校验和 CHKSUM，从机根据 CHKSUM 判断命令传输是否成功，如果成功，返回成功标志 0x54，紧接着发送波形数据和校验和，如果校验失败，则返回失败标志 0x7F。
2. 从机校验成功后，连续输出 78 点波形数据，每读一个数据，读指针自动加 1，假设命令启动前读指针地址为 RP_ADDR，命令启动后读出 RP_ADDR~(RP_ADDR+77) 地址的波形，命令结束后指针停留在 (RP_ADDR+78) 地址。采用回环设计，若指针超过了边界 0x9B，则回到 0x00 继续读出。
3. 发送完指定长度的波形之后，紧接着发送 8 位校验和，校验的范围不包括 ACK 在内，仅对波形数据进行校验；
4. 每 16 位波形数据，先发送高 bit，再发送低 bit；

2.13.5 波形缓存应用说明

●SPI 通信波形缓存应用：

- 1、配置时钟控制寄存器 CLKCON 开启 ADC 波形缓存时钟门控；
- 2、配置波形缓存半满中断和数据覆盖错误中断；
- 3、配置 WAVECOM 缓存方式，如 U/IA 双通道连续缓存波形，启动波形缓存；
- 4、波形缓存半满时产生半满中断，IRQ_N 由高变低 MCU 产生 INT 中断；
- 5、MCU 通过 SPI 读 WAVE_HF_IF 寄存器，清 WAVE_HF_IF 寄存器，将 IRQ_N 恢复到高电平；
- 6、MCU 通过特殊命令连续或半块方式读取连续的波形数据(建议 SPI_SCLK 不低于 600kHz)；
- 7、MCU 根据波形缓存格式进行数据处理分别得到 U/IA 通道完整波形；
- 8、MCU 通过完整的连续波形可进行电能质量分析，如 FFT、骤升骤降、闪变等等；
- 9、配置 WAVECOM 的 WAVECOM[7]可停止波形缓存。

●UART 通信波形缓存应用：

- 1、配置时钟控制寄存器 CLKCON 开启 ADC 波形缓存时钟门控；
- 2、配置 WAVECOM 缓存方式，如 IA 通道单次缓存波形(UART 接口仅支持单次单通道缓存)，启动波形缓存；
- 3、等待缓存全满后(参考缓存时间表)，波形缓存满自动停止；
- 4、MCU 通过特殊命令配置读缓存的指针地址，并用过单次或连续的方式将波形数据读出；
- 5、用户可对输出的半周波或全周波数据进行波形分析。

●HSTX 通信波形缓存应用:

待续

2.14 Checksum 校验和 CRC 校验

2.14.1 校验范围

地址	名称	R/W	字长	复位值	校验和范围	CRC 校验范围	CRC 校验顺序
校表配置和计量控制寄存器					RN8209	RN8209	RN8209
00H	SYSCON	R/W	2	0003h	√	√	1
01H	EMUCON	R/W	2	0003h	√	√	2
02H	HFConst	R/W	2	1000h	√	√	3
03H	PStart	R/W	2	0060h	√	√	4
04H	DStart	R/W	2	0120h	√	√	5
05H	GPQA	R/W	2	0000h	√	√	6
06H	GPQB	R/W	2	0000h	√	√	7
07H	PhsA	R/W	1	00h	√	√	8
08H	PhsB	R/W	1	00h	√	√	9
09H	QPhsCal	R/W	2	0000h	√	√	10
0AH	APOSA	R/W	2	0000h	√	√	11
0BH	APOSB	R/W	2	0000h	√	√	12
0CH	RPOSA	R/W	2	0000h	√	√	13
0DH	RPOSB	R/W	2	0000h	√	√	14
0EH	IARMSOS	R/W	2	0000h	√	√	15
0FH	IBRMSOS	R/W	2	0000h	√	√	16
10H	IBGain	R/W	2	0000h	√	√	17
13H	DCIAH	R/W	2	0000h	√	√	18
14H	DCIBH	R/W	2	0000h	√	√	19
15H	DCUH	R/W	2	0000h	√	√	20
16H	DCL	R/W	2	0000h	√	√	21
17H	EMUCON2	R/W	2	0000h	√	√	22
18H	QPhsCalB	R/W	2	0000h	√	√	23
19H	SYSCON2	R/W	2	0000h	√	√	24
1AH	CLKCON	R/W	2	0000h	√	√	25
1BH	HFConst2	R/W	2	0000h	√	√	26
1CH	HFConst3	R/W	2	0000h	√	√	27
5EH	GFS	R/W	2	0000h	√	√	28
60H	EMUCON3	R/W	2	0000h	√	√	29
61H	EMUCON4	R/W	2	0000h	√	√	30

62H	EMUCON5	R/W	2	0000h	√	√	31
63H	EMUCON6	R/W	2	0000h	√	√	32
64H	PINCFG	R/W	2	0000h	√	√	33
67H	PPhsCalA	R/W	2	0000h	√	√	34
68H	PPhsCalB	R/W	2	0000h	√	√	35
69H	HWCFG	R/W	2	0000h	√	√	36
6BH	SWAVECFG1	R/W	2	0000h	√	√	37
6CH	SWAVECFG2	R/W	2	0000h	√	√	38
6DH	Swave_PHSIA	R/W	2	0000h	√	√	39
6EH	Swave_PHSIB	R/W	2	0000h	√	√	40
6FH	Swave_PHSU	R/W	2	0000h	√	√	41
70H	Swave_GSIA	R/W	2	0000h	√	√	42
71H	Swave_GSIB	R/W	2	0000h	√	√	43
72H	Swave_GSU	R/W	2	0000h	√	√	44
73H	GFP	R/W	2	0000h	√	√	45
74H	FPOS	R/W	2	0000h	√	√	46
75H	IBTH	R/W	2	0000h	√	√	47
拓展寄存器组，通过拓展命令进行操作							
00H(拓展)	IIC_CFG	RW	2	0014h	×	√	55
20H(拓展)	WAVECFG	RW	1	00h	×	√	56
21H(拓展)	HSTX_CTL	RW	3	000000h	×	√	57, 58 (高位先算)
22H(拓展)	HSTX_RES_OE	RW	2	0000h	×	√	59
23H(拓展)	HSTX_EN	RW	1	00h	×	√	60
24H(拓展)	HSTX_PFDAT	RW	4	800A20AAh	×	√	61, 62 (高位先算)
25H(拓展)	HSTX_QFDAT	RW	4	800C40CCh	×	√	63, 64 (高位先算)
26H(拓展)	HSTX_FPFDA T	RW	4	800E60EEh	×	√	65, 66 (高位先算)
27H(拓展)	HSTX_IRQDA T	RW	4	800820A8h	×	√	67, 68 (高位先算)
28H(拓展)	保留	RW	2	0000h	×	√	69
29H(拓展)	保留	RW	1	07h	×	√	70
2AH(拓展)	保留	RW	1	00h	×	√	71
2BH(拓展)	HSTX_TXOUT	RW	1	00h	×	√	72

2CH(拓展)	HSTX_IOCFCG	RW	4	00000610h	×	√	73,74 (高位先算)
32H(拓展)	ZXOTU	R/W	2	0000h	√	√	48
33H(拓展)	USAG	R/W	2	0000h	√	√	49
34H(拓展)	IAPEAK	R/W	2	0000h	√	√	50
35H(拓展)	IBPEAK	R/W	2	0000h	√	√	51
36H(拓展)	UPEAK	R/W	2	0000h	√	√	52
37H(拓展)	GQA	R/W	2	0000h	√	√	53
38H(拓展)	GQB	R/W	2	0000h	√	√	54

2.14.2 Checksum 校验方式

EMUStatus[15:0]提供一个寄存器来存放校表参数配置寄存器的 16bit 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，校验范围参考 2.14.1 章节描述。

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。

不同的通信方式以及通信速率，校验和上电默认值不同，如下表。

通信方式	速率	上电默认值
SPI	1.7Mbps	0xEE79
UART	Fosc/2/(15*47+41)bps	0xC079
	Fosc/2/(15*24+13)bps	0xD879
	Fosc/2/(15*12+6)bps	0xE379
	Fosc/2/(15*6+3)bps	0xE979

以下三种情况下，重新开始一次校验和计算：系统复位、校验范围内寄存器发生写操作、EMUStatus 寄存器发生读操作。一次校验和计算需要 11.2us。

2.14.3 CRC 校验方式

循环冗余校验（Cyclic redundancy check，CRC）主要用来检测或校验数据传输或者存储的完整性。CRC 计算单元使用多项式发生器从一个 16bit 的数据中产生 CRC 码。

在通过 SPI 或 UART 对计量关键寄存器写和读 CRC 结果时对寄存器的值重新进行 CRC16 计算。

- 支持选择校验和方式或 CRC-16 校验方式对校表数据进行校验
- 支持 CRC-16/XMODEM 多项式（计算公式为 $CRC16 = X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$ ，校验初始值为 16'h0000，余数异或值为 16'h0000，不进行输入数据反转和输出数据反转）
- 参与校验的寄存器共 68 个，需要进行 74 轮 CRC16 计算
- 支持 16 位 CRC
- 对于单字节寄存器，将其扩展为双字节后计算，扩展的字节为 00H

对于四字节寄存器，将其拆分成高 16 位和低 16 位两个双字节，分两次进行计算，高位双字节先算，不足双字节的部分用 00H 扩展参与校验的寄存器共 68 个，需要进行 74 轮 CRC16

计算，地址范围及计算顺序：非扩展寄存器 0x00~0x10 / 0x13~0x1C / 0x5E / 0x60~0x64 / 0x67~0x69 / 0x6B~0x75 以及扩展寄存器 0x32~0x38/0x00/0x20~0x2C，其中扩展寄存器 0x21/0x24~0x27/0x2C 需要分两轮计算。对于单字节寄存器，将其扩展为双字节后计算，扩展的字节为 00H。对于四字节寄存器，将其拆分成高 16 位和低 16 位双字节，分两次进行计算，高位双字节先算。

通信方式	速率	上电默认值	使能 CRC 后默认值
SPI	1.7Mbps	0xA639	0x6B30
UART	$F_{osc}/2/(15*47+41)bps$	0xDB7D	0x1674
	$F_{osc}/2/(15*24+13)bps$	0xC6C1	0x0BC8
	$F_{osc}/2/(15*12+6)bps$	0x9645	0x5B4C
	$F_{osc}/2/(15*6+3)bps$	0x912A	0x5C23

2.14.4 Checksum 和 CRC16 校验方式切换

一般情况下，校验方式根据系统控制寄存器 2SYSCON2[14]. CHKSUM_CRC_SEL 选择校表数据的校验方式，写参与校验的寄存器和读校验结果时对寄存器的值重新进行校验计算。但在每次 CHKSUM_CRC_SEL 切换时，Checksum 和 CRC16 会同时进行一次寄存器数据校验。

2.15 寄存器

2.15.1 寄存器列表

表 2-1 RN8209D V5/RN8209L V5 寄存器列表

地址	名称	R/W	字长	复位值	功能描述
校表配置和计量控制寄存器					
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	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
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
18H	QPhsCalB	R/W	2	0000h	无功相位补偿，写保护；专门针对无功功率 PowerQB 进行补偿，通道切换不影响此补偿值。
19H	SYSCON2	R/W	2	0000h	系统控制寄存器，写保护，与 SYSCON 使用同一个写保护
1AH	CLKCON	R/W	2	0000h	模块时钟配置寄存器
1BH	HFCnst2	R/W	2	0000h	脉冲频率寄存器 2，写保护，对应 D2F3、D2F4、D2F8 这三套电能积分单元。
1CH	HFCnst3	R/W	2	0000h	脉冲频率寄存器 3，写保护，对应 D2F5、D2F6、D2F9 这三套电能积分单元。
5EH	GFS	R/W	2	0000h	基波电压和基波电流的增益寄存器
5FH	EXTEND REG	R/W			拓展寄存器操作地址
60H	EMUCON3	R/W	2	0000h	计量控制寄存器 3，写保护，用于配置脉冲积分单元相关功能
61H	EMUCON4	R/W	2	0000h	计量控制寄存器 4，写保护，用于配置脉冲积分单元相关功能
62H	EMUCON5	R/W	2	0000h	计量控制寄存器 5，写保护，用于配置脉冲积分单元相关功能

63H	EMUCON6	R/W	2	0000h	计量控制寄存器 6，写保护，用于配置脉冲积分单元及基波相关功能，详情见寄存器描述
64H	PINCFG	R/W	2	0000h	用于控制 PF/QF/IRQ 三个管脚的输出每个引脚使用 4 个 bit 控制。
65H	D2FP2L	R/W	2	0000h	自定义功率寄存器 D2FP2 的低 16bit，写保护，不参与校验和
66H	D2FP2H	R/W	2	0000h	自定义功率寄存器 D2FP2 的高 16bit，用户需要先写 D2FP2H，再写 D2FP2L，然后 D2FP2 才进行电能积分，写保护。不参与校验和
67H	PPhsCalA	R/W	2	0000h	通道 A 有功相位补偿，补偿方式为功率相位补偿，写保护
68H	PPhsCalB	R/W	2	0000h	通道 B 有功相位补偿，补偿方式为功率相位补偿，写保护
69H	HWCFG	R/W	2	0000h	半波功率及半波有效值控制寄存器，详见寄存器描述
6AH	SPCMD	R/W	2	0000h	特殊命令寄存器
6BH	SWAVECFG1	R/W	2	0000h	同步采样通道控制寄存器 1，详见寄存器描述
6CH	SWAVECFG2	R/W	2	0000h	同步采样通道控制寄存器 2，详见寄存器描述
6DH	Swave_PHSIA	R/W	2	0000h	同步采样通道 IA 相位校正
6EH	Swave_PHSIB	R/W	2	0000h	同步采样通道 IB 相位校正
6FH	Swave_PHSU	R/W	2	0000h	同步采样通道 U 相位校正
70H	Swave_GSIA	R/W	2	0000h	同步采样通道 IA 增益校正
71H	Swave_GSIB	R/W	2	0000h	同步采样通道 IB 增益校正
72H	Swave_GSU	R/W	2	0000h	同步采样通道 U 增益校正
73H	GFP	R/W	2	0000h	基波有功功率增益校正寄存器
74H	FPOS	R/W	2	0000h	基波有功功率 offset 校正寄存器
75H	IBTH	R/W	2	0000h	IB 通道半波有效值阈值寄存器，该寄存器为 16bit 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/UART 读出的数据
45H	WData	R	2	--	上一次 SPI/UART 写入的数据
46H	WAVE_IF	RC	1	00h	波形缓存状态标志寄存器
47H	WAVE_IE	RW	1	00h	波形缓存中断使能寄存器

7EH	DeviceID2	R	3	820904h	Device ID2
7FH	DeviceID	R	3	820900h	Device ID
拓展寄存器组，通过拓展命令 0x5FH 进行操作					
00H(拓展)	IIC_CFG	RW	2	0014h	IIC 配置寄存器
01H(拓展)	IIC_CTL	RW	2	0000h	IIC 控制寄存器
02H(拓展)	IIC_STA	RW	2	0000h	IIC 状态控制寄存器
03H(拓展)	IIC_SADDR	RW	2	0000h	IIC 从设备地址寄存器
04H(拓展)	IIC_TRDAT0	RW	2	0000h	IIC 收发数据寄存器 0
05H(拓展)	IIC_TRDAT1	RW	2	0000h	IIC 收发数据寄存器 1
06H(拓展)	IIC_TRDAT2	RW	2	0000h	IIC 收发数据寄存器 2
07H(拓展)	IIC_TRDAT3	RW	2	0000h	IIC 收发数据寄存器 3
08H(拓展)	IIC_TRDAT4	RW	2	0000h	IIC 收发数据寄存器 4
09H(拓展)	IIC_TRDAT5	RW	2	0000h	IIC 收发数据寄存器 5
20H(拓展)	WAVE_CTL	RW	1	00h	波形输出控制寄存器
21H(拓展)	HSTX_CTL0	RW	3	000000h	HSTX 控制寄存器 0
22H(拓展)	HSTX_REG_OE	RW	2	0000h	HSTX 计量寄存器输出使能寄存器
23H(拓展)	HSTX_EN	RW	1	00h	HSTX 使能寄存器
24H(拓展)	HSTX_PFDAT	RW	4	800A20AAh	HSTX PF 参考值寄存器
25H(拓展)	HSTX_QFDAT	RW	4	800C40CCh	HSTX QF 参考值寄存器
26H(拓展)	HSTX_FPFDAT	RW	4	800E60EEh	HSTX FPF 参考值寄存器
27H(拓展)	HSTX_IRQDAT	RW	4	800820A8h	HSTX 中断数据参考值寄存器
28H(拓展)	保留	RW	2	0000h	保留
29H(拓展)	保留	RW	1	07h	保留
2AH(拓展)	保留	RW	1	00h	保留
2BH(拓展)	HSTX_TXOUT	RW	1	00h	HSTX 引脚功能使能寄存器
2CH(拓展)	HSTX_IOCFCG	RW	4	00000610h	HSTX 输出脉冲选择寄存器
30H(拓展)	IBDET_CFG	RW	4	00000003h	漏电保护配置寄存器
31H(拓展)	IBDET_FLG	RW	4	00000000h	漏电检测标志寄存器
32H(拓展)	ZXOTU	R/W	2	0000h	过零阈值设置寄存器，当有效值的高 16 位大于该值时才会产生过零信号，电压线频率才会有正确的值。默认值为 0，代表的值为 16'h100
33H(拓展)	USAG	R/W	2	0000h	电压跌落阈值寄存器
34H(拓展)	IAPEAK	R/W	2	0000h	IA 通道电流过载阈值寄存器
35H(拓展)	IBPEAK	R/W	2	0000h	IB 通道电流过载阈值寄存器
36H(拓展)	UPEAK	R/W	2	0000h	U 通道电压过压阈值寄存器
37H(拓展)	GQA	R/W	2	0000h	通道 A 无功功率增益寄存器
38H(拓展)	GQB	R/W	2	0000h	通道 B 无功功率增益寄存器
参数寄存器					
地址	名称	R/W	字长	复位值	功能描述

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 PA
27H	PowerPB	R	4	00000000h	有功功率 PB
28H	PowerQ	R	4	00000000h	无功功率 QA
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，由 EnergyCLR 寄存器位控制。
2AH	EnergyP2	R	3	000000h	有功能量，读后清零寄存器、冻结电能寄存器可选，默认为读后清零寄存器
2BH	EnergyD	R	3	000000h	无功能量或自定义能量，读后清零、不清零可选，默认为读后不清零，由 EnergyCLR 寄存器位控制。
2CH	EnergyD2	R	3	000000h	无功能量或自定义能量，读后清零寄存器、冻结电能寄存器可选，默认是读后清零寄存器
2DH	EMUStatus	R	3	00EE79h	计量状态及校验和寄存器
2EH	EMUStatus2	R	3	000000h	计量状态寄存器 2 {CRC[15:0],3'h0,IBTH_FLAG,hwfrms_up,hwrms_up,bgrok,vref_ok} 详见后文
2FH	EMUStatus3	R	4	0000000H	计量状态寄存器 3，详见后文 {swave_time[9:0],CF9,CF8,CF7,CF6,CF5,CF4,CF3,Nopld9,Nopld8,Nopld7,Nopld6,Nopld5,Nopld4,Nopld3,REVP9,REVP8,REVP7,REVP6,REVP5,REVP4,REVP3,1'b1}
30H	SPL_IA	R	3	000000h	IA 通道 ADC 采样值，20 位有符号数，采用补码格式，高两位为符号位。数据刷新率为 $F_{osc}/2/128$ ，21.6KHz@5.5296MHz
31H	SPL_IB	R	3	000000h	IB 通道 ADC 采样值，20 位有符号数，采用补码格式，高两位为符号位。数据刷新率为 $F_{osc}/2/128$ ，21.6KHz@5.5296MHz
32H	SPL_U	R	3	000000h	U 通道 ADC 采样值，20 位有符号数，采用补码格式，高两位为符号位。数

					据刷新率为 $F_{osc}/2/128$, 21.6KHz@5.5296MHz
34H	ZXFCNT	R	2	0000h	当软件使用过零测量特殊命令 (0xEA/0x7C) 时, 计量芯片将收到该命令的时刻作为时间基准, 测量出电压过零与该时间基准的时间差, 时间差保存在该寄存器
35H	UFreq2	R	3	000000h	电压频率寄存器 2, 扩展了测频范围, 50Hz 时读出值同 UFreq(0x25H)
36H	PowerQB	R	4	00000000h	无功功率 QB
37H	Energy3	R	3	000000h	第三套积分单元 D2F3 的能量寄存器, 读后清零、不清零可选, 默认为读后不清零, 由 EnergyCLR 寄存器位控制。
38H	Energy4	R	3	000000h	第四套积分单元 D2F4 的能量寄存器, 读后清零、不清零可选, 默认为读后不清零, 由 EnergyCLR 寄存器位控制。
39H	Energy5	R	3	000000h	第五套积分单元 D2F5 的能量寄存器, 读后清零、不清零可选, 默认为读后不清零, 由 EnergyCLR 寄存器位控制。
3AH	Energy6	R	3	000000h	第六套积分单元 D2F6 的能量寄存器, 读后清零、不清零可选, 默认为读后不清零, 由 EnergyCLR 寄存器位控制。
3BH	Energy7	R	3	000000h	第七套积分单元 D2F7 的能量寄存器, 读后清零、不清零可选, 默认为读后不清零, 由 EnergyCLR 寄存器位控制。
3CH	Energy8	R	3	000000h	第八套积分单元 D2F8 的能量寄存器, 读后清零、不清零可选, 默认为读后不清零, 由 EnergyCLR 寄存器位控制。
3DH	Energy9	R	3	000000h	第九套积分单元 D2F9 的能量寄存器, 读后清零、不清零可选, 默认为读后不清零, 由 EnergyCLR 寄存器位控制。
3EH	PFcnt3	R/W	2	0000h	第三套积分单元 D2F3 的快速脉冲计数, 写保护
3FH	PFcnt4	R/W	2	0000h	第四套积分单元 D2F4 的快速脉冲计数, 写保护
48H	PFcnt5	R/W	2	0000h	第五套积分单元 D2F5 的快速脉冲计数, 写保护
49H	PFcnt6	R/W	2	0000h	第六套积分单元 D2F6 的快速脉冲计数, 写保护
4AH	PFcnt7	R/W	2	0000h	第七套积分单元 D2F7 的快速脉冲计数, 写保护

4BH	PFcnt8	R/W	2	0000h	第八套积分单元 D2F8 的快速脉冲计数，写保护
4CH	PFcnt9	R/W	2	0000h	第九套积分单元 D2F9 的快速脉冲计数，写保护
4DH	HW_PA	R	4	00000000h	半周期更新的全波有功功率 A，可选输出同步采样通道计算的半波功率和计量通道计算的半波功率
4EH	HW_QA	R	4	00000000h	半周期更新的全波无功功率 A，数据源头是计量通道计算的半波功率。
4FH	HW_IA	R	3	000000h	半周期更新的全波 IA 通道有效值
76H	HW_IBTH	R	3	000000h	IB 通道的半波有效值超过阈值 IBTH 时，其值被缓存在该寄存器中
77H	HW_IB	R	3	000000h	半周期更新的全波 IB 通道效值
78H	HW_U	R	3	000000h	半周期更新的全波 U 通道有效值
79H	HW_FU	R	3	000000h	半周期更新的基波 U 通道有效值
7AH	HW_FI	R	3	000000h	半周期更新的基波 I 通道有效值
7BH	HW_FP	R	4	00000000h	半周期更新的基波有功功率
7CH	SPL_FU	R	4	00000000h	受 splf_mode[1:0]控制，分别可输出基波瞬时采样波形或者过零前后两个电压采样点的数据，详见寄存器描述
7DH	SPL_FI	R	4	00000000h	

2.15.2 校表参数寄存器

系统控制寄存器 SYSCON/SYSCON2(0x00/0x19)

SYSTEM Control Register (SYSCON) Address: 0x00 H Default Value: 0003H		
位	位名称	功能描述
15	保留	默认为 0，不要对该位写 1
[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, Fosc/2/(15*47+41)波特率 {B1,B0}=01, Uadrbr=7'h16, Fosc/2/(15*24+13)波特率 {B1,B0}=10, Uadrbr=7'h0B, Fosc/2/(15*12+6)波特率 {B1,B0}=11, Uadrbr=7'h05, Fosc/2/(15*6+3)波特率 只在通信口选择为 UART 时有意义，在选择为 SPI 时读出为 0。 请注意：Uartbr[6:0]参与校验和和 CRC 计算，在通信口选择为 uart 时会影响到校验和和 CRC 计算结果。
7	保留	默认为 0，不要对该位写 1
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=4		
[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=4		
[1:0]	PGAIA[1:0]	电流通道 A 模拟增益选择，默认值为 16 倍，其中 PGAIA[3:2]参见寄存器 SYSCON2[1:0]。				
		PGAIA3	PGAIA2	PGAIA1	PGAIA0	IA 通道增益
		0	0	0	0	PGA = 4
		0	0	0	1	PGA = 8
		0	0	1	0	PGA = 12
		0	0	1	1	PGA = 16（默认）
		0	1	0	1	PGA = 24
		1	0	1	1	PGA = 32
		其他值				保留

SYSTEM Control Register (SYSCON2) Address: 0x19 H Default Value: 0000H		
位	位名称	功能描述
15	保留	默认为 0
14	CHKSUM_CRC_SEL	配置寄存器校验方式选择位 0: 使用 CHKSUM 校验和方式校验; 1: 使用 CRC-16/XMODEM 方式校验; 注: 在切换校验方式时, 两种校验方式都会开始校验计算。
13	ISUM_MOD	=0: ia 和 ib 矢量和有效值计算公式是 ia+ib =1: ia 和 ib 矢量和有效值计算公式是 ia-ib
12	ISUM_EN	=0: IBRMS (23H) 寄存器输出的是 IB 通道的有效值; =1: IBRMS (23H) 寄存器输出 ia 和 ib 矢量和有效值;
[11:4]	USAG_CFG	usag_cfg[7:0]用于配置电压跌落检测的半周期数
3	SAG_EN	SAG_EN=1: 启动 SAG/SWELL 相关功能, 漏电相关寄存器功能起作用; SAG_EN=0: 不启动 SAG/SWELL 相关功能, 相关寄存器为保留功能。
2	Sag_Freq_sel	=0: SAG (电压骤降) 周期为 50Hz 应用, =1: SAG (电压骤降) 周期为 60Hz 应用

1	PGAIA3	与 SYSCON 寄存器的最低两位 PGAIA[1:0]共同组成 4 位的寄存器，决定 IA 通道的 PGA。
0	PGAIA2	

计量控制寄存器 EMUCON/EMUCON2(0x01/0x17)

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 EnergyCLR=0: 29/2B 电能寄存器为累加型; EnergyCLR=1: 29/2B 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, 代数和方式, 正反向功率都参与累加, 正向功率时 Dfcnt 加, 反向功率时 Dfcnt 减, 负功率有 REVQ 符号指示。
		0	1	只累加正向功率, 正向电能方式, 正向功率是 Dfcnt 加, 反向功率不参与积分
		1	0	Qm= DataQ , 绝对值方式, 正反向功率都参与累加, 不论正向和反向 Dfcnt 均加, 无负功率符号指示。
		1	1	反向电能方式, 只累加反向功率, 反向功率时 Pfcnt 减, 正向功率不参与积分
[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。 当 DRUN 为 1, 并且对 EMUCON4 (0x61H) 发起一次写操作或者对任何寄存器发起一次读操作, 计量才会真正开启; 如果只是对 DRUN 写为 1, 那么不会开始进行计量。
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。 当 PRUN 为 1, 并且对 EMUCON4 (0x61H) 发起一次写操作或者对任何寄存器发起一次读操作, 计量才会真正开启; 如果只是对 PRUN 写为 1, 那么不会开始进行计量。 这样可以多个积分器能够同时进行积分, 保证多套积分器的积分一致性, 同时也可实现 RN820x 系列软件向下兼容, 因为 MCU 一定会在配置完成后发起读操作。

Energy Measure Control Register2 (EMUCON2) Address: 0x17 H Default Value: 0000H		
位	位名称	功能描述
15	QFCFG	QF 引脚输出复用配置 =0: 默认输出为 QF 功能; =1: 输出为 REVP 功能;
14	保留	保留
[13:12]	FreqCnt	=00: 频率测量的时间为 32 个周波; =01: 频率测量的时间为 4 个周波; =10: 频率测量的时间为 8 个周波; =11: 频率测量的时间为 16 个周波;
11	FreqMode1	=0: 选择电压通道作为 ZXCNT 过零事件检测的源头。 =1: 选择电流通道 A 作为 ZXCNT 过零事件检测的源头;
10	FreqMode0	=0: 选择电压通道低通滤波后的数据作为频率测量源头; =1: 选择电压通道原始波形数据作为频率测量源头。
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° @Fosc3.579745MHz、0.013° @Fosc5.5296MHz 提高到 0.01° @Fosc3.579745MHz、0.0065° @Fosc5.5296MHz。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° @Fosc3.579745MHz、0.013° @Fosc5.5296MHz 提高到 0.01° @Fosc3.579745MHz、0.0065° @Fosc5.5296MHz。当该寄存器为 0 时, 对相位校正不起作用。
7	UPMODE	=0, 功率及有效值寄存器更新速度为 Fosc/2/2 ¹⁹ ; =1, 功率及有效值寄存器更新速度为 Fosc/2/2 ¹⁷ ;
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无功功率; =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; =10:自定义电能输入选择为自定义功率寄存器 D2FP; =11:自定义电能输入选择为通道 B 有功功率;
3	Energy_fz	=0, 电能寄存器 2 不启用定时冻结功能, 默认为读后清零寄存器。 =1, 电能寄存器 2 (地址 2A 和 2C) 启用定时冻结功能, 每隔 $2048 \times 1024 / F_{osc}$, $581.8711ms @ F_{osc} 3.579545MHz$ 将电能寄存器 1 (地址 29 和 2B) 的值装载到电能寄存器 2, 同时将电能寄存器 1 清零。
[2:0]	UPMODE	UPMODE1[2:0]=3'h0 : 功率及有效值寄存器更新速度以 EMUCON2.bit7 为准; UPMODE1[2:0]=3'h1 : 功率及有效值寄存器更新速度为 $F_{osc}/2/2^{15}$; UPMODE1[2:0]=3'h2 : 功率及有效值寄存器更新速度为 $F_{osc}/2/2^{16}$; UPMODE1[2:0]=3'h3 : 功率及有效值寄存器更新速度为 $F_{osc}/2/2^{17}$ 更新, 等同于 EMUCON2.bit7=1; UPMODE1[2:0]=3'h4 : 功率及有效值寄存器更新速度为 $F_{osc}/2/2^{18}$; UPMODE1[2:0]=3'h5 : 功率及有效值寄存器更新速度为 $F_{osc}/2/2^{19}$, 等同于 EMUCON2.bit7=0; UPMODE1[2:0]=3'h6 : 功率及有效值寄存器更新速度为 $F_{osc}/2/2^{20}$; UPMODE1[2:0]=3'h7 : 功率及有效值寄存器更新速度为 $F_{osc}/2/2^{21}$;

脉冲频率寄存器 HFconst/HFconst2/HFconst3(0x02/0x1B/0x1C)

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
High Frequency Impulse Const Register (HFConst2)				Address: 0x 1BH 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
High Frequency Impulse Const Register (HFConst3)				Address: 0x 1CH 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

HFCConst 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/PFCNT7 寄存器值的绝对值的 2 倍做比较, 如果大于等于 HFCConst 的值, 那么就会有对应的 PF/QF 脉冲输出。即 HFCConst 对应 D2F1 (PF)、D2F2 (QF)、D2F7 这三套电能积分单元。

HFCConst2 和 HFCConst3 的作用与 HFCConst 类似, 参与校验和计算, 这两个寄存器默认值为 0x0000H, HFCConst2 对应 D2F3、D2F4、D2F8 这三套电能积分单元, HFCConst3 对应 D2F5、D2F6、D2F9 这三套电能积分单元。

每三个电能积分单元构成一个完整的积分电路, 每个积分单元可根据配置分别完成正向电能、反向电能、正反向合并电能的独立计量, 真正实现双向实时精准计量。

推荐的配置: D2F1/D2F3/D2F5 配置为全波有功电能; D2F2/D2F4/D2F6 配置为无功电能; D2F7/D2F8/D2F9 配置为基波有功电能;

潜动与启动阈值寄存器 PStart/DStart(0x03/0x04)

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 DataD (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。

|DataD|小于 DStart 时，QF 不输出脉冲。

PStart 对应积分单元 D2F1（默认的 PF）/D2F3/D2F5 以及 D2F7/D2F8/D2F9，当该积分单元的功率绝对值小于 PStart 时，对应的积分单元就不会输出电能脉冲。

DStart 对应积分单元 D2F2（默认的 QF）/D2F4/D2F6，当该积分单元的功率绝对值小于 DStart 时，对应的积分单元不会输出电能脉冲。

增益校正寄存器 GPQA/GPQB(0x05/0x06)

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 PhsA/PhsB(0x07~0x08)

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，Bit[7:0]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。

相位校正分辨率：50Hz 下， $0.02^\circ @\text{Fosc}3.579545\text{MHz}$ 、 $0.013^\circ @\text{Fosc}5.5296\text{MHz}$

相位校正范围：50Hz 下， $\pm 2.56^\circ @\text{Fosc}3.579545\text{MHz}$ 、 $\pm 1.65^\circ @\text{Fosc}5.5296\text{MHz}$

请注意：计量控制寄存器 2（EMUCON2 0x17H）的 EMUCON2[9:8]位，可将相位校正刻度提升至 $0.01^\circ @\text{Fosc}3.579545\text{MHz}$ 、 $0.0065^\circ @\text{Fosc}5.5296\text{MHz}$

无功功率相位补偿寄存器 QPhsCal/QPhsCal2(0x09/0x18)

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	0

Reactive Power Phase Calibration Register (QPhsCal2)				Address: 18H 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	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，也可用于对无功功率的相位误差进行校正。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。

注意：当外部晶振为 5.5296MHz 时，在有功 1.0 和 0.5L 均已校正的前提下，建议 QPhsCalx 写推荐值 0x12C 进行无功相位补偿。

有功 Offset 校正寄存器 APOSA/APOSB(0x0A/0x0B)

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 RPOSA/RPOSB(0x0C/0x0D)

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 IARMSOS/IBRMSOS(0x0E/0x0F)

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。

当 EMUCON4 (0x61H) 的 frmsi_os_en(bit7)=0 时，IBRMSOS 寄存器作为 IB 通道的有效值 Offset 校正寄存器，可以对 IBRMS (0x23) 寄存器进行校正；当 EMUCON4 (0x61H) 的 frmsi_os_en(bit7)=1 时，IBRMSOS 寄存器作为基波有效值 Offset 校正寄存器，可以对 HW_FI (0x7A) 基波电流有效值寄存器进行校正。

电流通道 B 增益设置 IBGain(0x10)

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。一致性校正在一 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 ≥ 2¹⁵，则 GainI2=(IBGain-2¹⁶)/2¹⁵

否则 GainI2=IBGain/2¹⁵

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 D2FPL/D2FPH/D2FP2L/D2FP2H(0x11~0x12/0x65H~0x66H)

自定义功率寄存器是 32 位有符号数，一共有两组，分别由 D2FPH(0x12H)/D2FPL(0x11H) 以及 D2FP2H(0x66H)/D2FP2L(0x65H)组成，其中 D2FPH/D2FP2H 为高 16bit，D2FPL/D2FP2L 为低 16bit。D2FPH/D2FP2H 的最高位是符号位。

如 D2FMx 寄存器(比如 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，RN8209D V5/RN8209L V5 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。用户可利用该功能实现视在电能的计量，D2FP2 功能类似。

该寄存器不参与校验和计算。

直流偏置校正寄存器(0x13~0x16)

RN8209D V5/RN8209L V5 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第 4 章直流应用说明。

时钟控制寄存器 CLKCON(0x1A)

SYSTEM Control Register (CLKCON) Address: 0x1A H Default Value: 0000H		
位	位名称	功能描述

[15:4]	保留	默认为 0
3	PSM1_clk_en	同步采样模块时钟门控 1.当漏电检测模式引脚 MD0 为高，即快速响应漏电检测模式时，默认时钟打开，当配置 CLKCON 寄存器后，时钟使能由寄存器控制。 2.当漏电检测模式引脚 MD0 为低，即普通计量模式时，默认时钟关闭
2	IIC_clk_en	IIC 时钟门控 0: 关闭 1: 打开
1	HSTX_clk_en	HSTX 时钟门控 0: 关闭 1: 打开
0	SWAVE_CLK_EN	波形缓存模块时钟使能， 0: 关闭 1: 打开

计量控制寄存器 3(0x60)

Energy Measure Control Register3 (EMUCON3) Address: 0x60 H Default Value: 0000H Bytes: 2		
位	位名称	功能描述
15	start_cfg3	配置 D2F5/6/9 的启动潜动比较方式 =0: 该积分器的输入功率大于启动阈值时，启动电能积分。 =1: 该积分器的输入功率大于启动阈值，或者配对积分器的输入功率大于启动阈值，都会启动电能积分，典型应用为有功功率或无功功率大于阈值即启动计量，等效于用电流有效值作为启动阈值。D2F5（有功功率）与 D2F6（无功功率）为一对，D2F6（无功功率）与 D2F9（基波有功功率）为一对。
14	start_cfg2	配置 D2F3/4/8 的启动潜动比较方式 =0: 该积分器的输入功率大于启动阈值时，启动电能积分。; =1: 该积分器的输入功率大于启动阈值，或者配对积分器的输入功率大于启动阈值，都会启动电能积分，典型应用为有功功率或无功功率大于阈值即启动计量，等效于用电流有效值作为启动阈值。D2F3（有功功率）与 D2F4（无功功率）为一对，D2F4（无功功率）与 D2F8（基波有功功率）为一对。
13	start_cfg1	配置 D2F1/2/7 的启动潜动比较方式 =0: 该积分器的输入功率大于启动阈值时，启动电能积分。 比如 D2F1 设置为有功功率，当有功功率大于启动阈值时，D2F1 就启动电能积分; =1: 该积分器的输入功率大于启动阈值，或者配对积分器的

		输入功率大于启动阈值，都会启动电能积分，典型应用为有功功率或无功功率大于阈值即启动计量，等效于用电流有效值作为启动阈值。D2F1（有功功率）与 D2F2（无功功率）为一对，D2F2（无功功率）与 D2F7（基波有功功率）为一对。
[12:8]	cf_time[4:0]	用于配置电能脉冲的高电平脉宽。控制脉宽的是一个 18 位的计数器，计数时钟是 Fosc/2，{cf_time[4:0], 13'h0} 为计数目标值，当计数器大于该值时，脉冲从高变低。当 cf_time=0 时，默认的计数目标值为 {5'h13H, 13'h0}=18'h26000，脉宽典型值为 87ms@Fosc3.579545MHz。
[7:6]	q2sum_mode[1:0]	单相三线运算，当 D2F 的输入选择为 q1+q2 时，该寄存器决定 q1+q2 运算的符号，q2 在相加时可以选择原值、取反以及置零。 =2'b00: 两路无功相加时，q2 选择为原值 =2'b01: 两路无功相加时，q2 选择为取反后的值 =其他: 两路无功相加时，q2=0
[5:4]	q1sum_mode[1:0]	单相三线运算，当 D2F 的输入选择为 q1+q2 时，该寄存器决定 q1+q2 运算的符号，q1 在相加时可以选择原值、取反以及置零。 =2'b00: 两路无功相加时，q1 选择为原值 =2'b01: 两路无功相加时，q1 选择为取反后的值 =其他: 两路无功相加时，q1=0
[3:2]	p2sum_mode[1:0]	单相三线运算，当 D2F 的输入选择为 p1+p2 时，该寄存器决定 p1+p2 运算的符号，p2 在相加时可以选择原值、取反以及置零。 =2'b00: 两路无功相加时，p2 选择为原值 =2'b01: 两路无功相加时，p2 选择为取反后的值 =其他: 两路无功相加时，p2=0
[1:0]	p1sum_mode[1:0]	单相三线运算，当 D2F 的输入选择为 p1+p2 时，该寄存器决定 p1+p2 运算的符号，p1 在相加时可以选择原值、取反以及置零。 =2'b00: 两路无功相加时，p1 选择为原值 =2'b01: 两路无功相加时，p1 选择为取反后的值 =其他: 两路无功相加时，p1=0

计量控制寄存器 4(0x61)

Energy Measure Control Register4 (EMUCON4) Address: 0x61 H Default Value: 0000H Bytes: 2		
位	位名称	功能描述
[15:14]	pmode6[1:0]	控制 D2F6 积分器的积分方式 定义同 pmode3
[13:12]	pmode5[1:0]	控制 D2F5 积分器的积分方式

		定义同 pmode3
[11:10]	pmode4[1:0]	控制 D2F4 积分器的积分方式 定义同 pmode3
[9:8]	pmode3[1:0]	控制 D2F3 积分器的积分方式 =2'b00: 代数和方式, 正向功率时 Pfcnt3 加, 反向功率时 Pfcnt3 减; =2'b01: 正向电能方式, 正向功率是 Pfcnt3 加, 反向功率不参与积分; =2'b10: 绝对值方式, 不管是正向功率还是反向功率, Pfcnt3 均加; =2'b11: 反向电能方式, 反向功率时 Pfcnt3 减, 正向功率不参与积分。
7	frmsi_os_en	=0: IB RMSOS (0x0F) 作为 IB 通道的有效值 offset 寄存器使用; =1: IB RMSOS (0x0F) 作为基波电流通道的有效值 offset 寄存器使用;
[6:0]	Prun9~prun3	Prun9~prun3 分别控制 D2F9~D2F3 这 7 个积分器是否使能电能积分 =0: 不使能积分 =1: 使能积分

计量控制寄存器 5(0x62)

Energy Measure Control Register4 (EMUCON5) Address: 0x62 H Default Value: 0000H Bytes: 2		
位	位名称	功能描述
15	udc_off	=0: 计量通道的 U 路开启 DC offset 校正, 当 DC offset 寄存器不为 0 时, 校正起作用; =1: 计量通道的 U 路关闭 DC offset 校正, 不管寄存器是否为 0, 校正都不起作用;
14	iadc_off	=0: 计量通道的 IA 路开启 DC offset 校正, 当 DC offset 寄存器不为 0 时, 校正起作用; =1: 计量通道的 IA 路关闭 DC offset 校正, 不管寄存器是否为 0, 校正都不起作用;
13	ibdc_off	=0: 计量通道的 IB 路开启 DC offset 校正, 当 DC offset 寄存器不为 0 时, 校正起作用; =1: 计量通道的 IB 路关闭 DC offset 校正, 不管寄存器是否为 0, 校正都不起作用;
12	IRQ_REV	=0: IRQ 引脚为默认输出电平; =1: IRQ 引脚电平取反后输出
11	QF_REV	=0: QF 引脚为默认输出电平; =1: QF 引脚电平取反后输出
10	PF_REV	=0: PF 引脚为默认输出电平;

		=1: PF 引脚电平取反后输出
[9:8]	d2fm6[1:0]	=00:D2F6 电能积分单元的输入选择为无功功率, 该功率受通道选择特殊命令控制, 默认为通道 A 无功功率; =01:D2F6 电能积分单元的输入选择为 D2FP2 自定义功率; =10:D2F6 电能积分单元的输入选择为通道 B 无功功率; =11:D2F6 电能积分单元的输入选择为通道 A 和通道 B 无功功率的矢量和;
[7:6]	d2fm5[1:0]	D2F5 电能积分单元的输入选择, 定义同 d2fm1
[5:4]	d2fm4[1:0]	=00:D2F4 电能积分单元的输入选择为无功功率, 该功率受通道选择特殊命令控制, 默认为通道 A 无功功率; =01:D2F4 电能积分单元的输入选择为 D2FP 自定义功率; =10:D2F4 电能积分单元的输入选择为通道 B 无功功率; =11:D2F4 电能积分单元的输入选择为通道 A 和通道 B 无功功率的矢量和;
[3:2]	d2fm3[1:0]	D2F3 电能积分单元的输入选择, 定义同 d2fm1
[1:0]	d2fm1[1:0]	=00:D2F1 电能积分单元的输入选择为有功功率, 该功率受通道选择特殊命令控制, 默认为通道 A 有功功率; =01:D2F1 电能积分单元的输入选择为通道 A 有功功率; =10:D2F1 电能积分单元的输入选择为通道 B 有功功率; =11:D2F1 电能积分单元的输入选择为通道 A 和通道 B 有功功率的矢量和;

计量控制寄存器 6(0x63)

Energy Measure Control Register4 (EMUCON6) Address: 0x63 H Default Value: 0000H Bytes: 2		
位	位名称	功能描述
15	qsel	全波无功和基波无功选择位: =0: 无功电压选择为全波电压移相 90 度的结果, 与 RN820x 系列芯片其他版本向下兼容; 在该配置下, 无功功率可以同时得到 A 路和 B 路两路值。 =1: 无功电压选择为基波电压移相 90 度的结果, 所计量的是基波无功, 配置该选项后, 无功功率同时只能得到一路值。
[14:13]	splf_mode[1:0]	=00:SPL_FU (0x7C) 输出基波电压瞬时采样波形, SPL_FI (0x7D) 输出基波电流瞬时采样波形, 更新速度为 13.982kHz@3.579545MHz。4 字节数据的高 3 字节为有效数据, 低字节固定为 0。 =01: 每周波输出基波电压正向过零前后两个采样点的采样值以及上一个周波的采样点数, 具体定义为: SPL_FI[31:8] 为正向过零前一个采样点数值, SPL_FU[31:8] 为正向过零后一个采样点数值, {SPL_FU[7:0],SPL_FI[7:0]} 为过零前一个周波的采样点数; =10: 过零计数特殊命令 (0xEA,0x7C) 起作用后, 将该命令

		后第一个过零点前后两个采样值记录下来，定义同 01。 =11：保留
12	flpf_sell	=0：基波计量通道选择的是 A 路； =1：基波计量通道选择的是 B 路；
[11:10]	d2fm9[1:0]	=00:D2F9 电能积分单元的输入选择为基波有功功率，该功率受 flpf_sell 控制，默认为通道 A 基波有功功率，选择基波计量时，同时需要配置 GFS 寄存器，详情请参考 GFS 寄存器描述。 =01:D2F9 电能积分单元的输入选择为自定义功率输入 D2FP2； =其他值：保留；
[9:8]	d2fm8[1:0]	=00:D2F8 电能积分单元的输入选择为基波有功功率，该功率受 flpf_sell 控制，默认为通道 A 基波有功功率，选择基波计量时，同时需要配置 GFS 寄存器，详情请参考 GFS 寄存器描述。 =01:D2F8 电能积分单元的输入选择为自定义功率输入 D2FP； =其他值：保留；
[7:6]	d2fm7[1:0]	=00:D2F7 电能积分单元的输入选择为基波有功功率，该功率受 flpf_sell 控制，默认为通道 A 基波有功功率，选择基波计量时，同时需要配置 GFS 寄存器，详情请参考 GFS 寄存器描述。 =01:D2F7 电能积分单元的输入选择为自定义功率输入 D2FP； =其他值：保留；
[5:4]	pmode9[1:0]	对应电能脉冲积分单元 D2F9，定义同 pmode7[1:0]
[3:2]	pmode8[1:0]	对应电能脉冲积分单元 D2F8，定义同 pmode7[1:0]
[1:0]	pmode7[1:0]	对应电能脉冲积分单元 D2F7。控制 D2F7 积分器的积分方式 =2'b00：代数和方式，正向功率时 Pfcnt7 加，反向功率时 Pfcnt7 减； =2'b01：正向电能方式，正向功率是 Pfcnt7 加，反向功率不参与积分； =2'b10：绝对值方式，不管是正向功率还是反向功率，Pfcnt7 均加； =2'b11：反向电能方式，反向功率时 Pfcnt7 减，正向功率不参与积分。

引脚功能控制寄存器(0x64)

PIN Control Register4 (PINCFG) Address: 0x64 H Default Value: 0000H Bytes: 2		
位	位名称	功能描述
[15:12]	---	保留
[11:8]	PINCFG[11:8]	当 IBDET_CFG.IB_Trigo_en=0 时，IRQ/ZX 引脚输出由如

		下配置决定： =4'h0: IRQ 输出 IRQ =4'h1: IRQ 输出 CF2（默认的 QF） =4'h2: IRQ 输出 CF3 =4'h3: IRQ 输出 CF4 =4'h4: IRQ 输出 CF5 =4'h5: IRQ 输出 CF6 =4'h6: IRQ 输出 CF7 =4'h7: IRQ 输出 CF8 =4'h8: IRQ 输出 CF9 =4'h9: IRQ 输出 IBTH（IB 通道有效值与阈值比较输出） =4'hA: IRQ 输出 REVP（负功指示） =4'hB: IRQ 输出 CF1(即默认的 PF) =4'hC: IRQ 输出 ZX（过零输出） =4'hD: IRQ 输出 HSTX（高速 UART 口） =4'hE: IRQ 选择为 SCL =4'hF: IRQ 选择为 SDA 当 IBDET_CFG.IB_Trigo_en=1 时，IRQ/ZX 引脚复用为 IB_Trig 功能
[7:4]	PINCFG[7:4]	=4'h0: QF 输出 CF2（默认的 QF） =4'h1: QF 输出 CF1（默认的 PF） =4'h2: QF 输出 CF3 =4'h3: QF 输出 CF4 =4'h4: QF 输出 CF5 =4'h5: QF 输出 CF6 =4'h6: QF 输出 CF7 =4'h7: QF 输出 CF8 =4'h8: QF 输出 CF9 =4'h9: QF 输出 IBTH（IB 通道有效值与阈值比较输出） =4'hA: QF 输出 REVP（负功指示） =4'hB: QF 输出 IRQ（中断输出） =4'hC: QF 输出 ZX（过零输出） =4'hD: QF 输出 HSTX（高速 UART 口） =4'hE: 选择为 SCL =4'hF: 选择为 SDA
[3:0]	PINCFG[3:0]	=4'h0: PF 输出 CF1（默认的 PF） =4'h1: PF 输出 CF2（默认的 QF） =4'h2: PF 输出 CF3 =4'h3: PF 输出 CF4 =4'h4: PF 输出 CF5 =4'h5: PF 输出 CF6 =4'h6: PF 输出 CF7 =4'h7: PF 输出 CF8

		=4'h8: PF 输出 CF9 =4'h9: PF 输出 IBTH (IB 通道有效值与阈值比较输出) =4'hA: PF 输出 REVP (负功指示) =4'hB: PF 输出 IRQ (中断输出) =4'hC: PF 输出 ZX (过零输出) =4'hD: PF 输出 HSTX (高速 UART 口) =4'hE: 选择为 SCL =4'hF: 选择为 SDA
--	--	---

有功功率相位补偿寄存器 PPhsCalA/PPhsCalB(0x67/0x68)

Reactive Power Phase Calibration Register (PPhsCalA)				Address: 67H Default Value : 0000H				
	Bit15	14	13	12..3		2	1	Bit0
Read:	PPC15	PPC14	PPC13	PPC12.. QPC3		PPC2	PPC1	PPC0
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

Reactive Power Phase Calibration Register (PPhsCalB)				Address: 68H Default Value : 0000H				
	Bit15	14	13	12..3		2	1	Bit0
Read:	PPC15	PPC14	PPC13	PPC12.. QPC3		PPC2	PPC1	PPC0
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

有功功率相位补偿寄存器用于对有功功率进行相位补偿，与通道相位补偿 (0x07~0x08) 不同，功率相位补偿的刻度更细、范围更宽。有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： $P2 = P1 - PPhs * Q1$

其中 Q1 为无功功率，P1 为补偿前的有功功率，P2 为补偿后的有功功率。

半波功率及半波有效值控制寄存器 HWCFG(0x69)

HW Control Register (HWCFG) Address: 0x69 H Default Value: 0000H Bytes: 2		
位	位名称	功能描述
15	hw_zx_sel	半波功率或者半波有效值计算时过零信号选择 =1: 选择为全波过零 =0: 选择为基波过零，建议选择为基波过零
14	qbhw_d2f_sel	可选择关闭 B 路无功计量的 100Hz 低通滤波器 LPF1 =1: 关闭 qb 通道的 LPF1 =0: 开启 qb 通道的 LPF1
13	pbhw_d2f_sel	可选择关闭 B 路有功计量的 100Hz 低通滤波器 LPF1 =1: 关闭 pb 通道的 LPF1 =0: 开启 pb 通道的 LPF1
12	qahw_d2f_sel	A 路无功功率半波功率计量选择 =1: A 路无功计量选用半波功率进行电能计算;

		=0: A 路无功选用 LPF1 后的瞬时功率进行电能计算; A 路有功功率半波功率计量选择 =1: A 路有功计量选用半波功率进行电能计算; =0: A 路有功选用 LPF1 后的瞬时功率进行电能计算;
11	pahw_d2f_sel	
10	hw_qa_mode	A 路无功功率半波计量方式选择 =1: A 路无功功率选择过零方式计算半波值, 即两次过零之间的瞬时功率值累加后再除以两次过零点之间的采样点数; =0: A 路无功功率选择固定点数累加计算半波值, 即固定点数的瞬时功率值累加后再除以固定点数。
9	hw_pa_mode	A 路有功功率 (含全波有功和基波有功) 半波计量方式选择 =1: A 路有功功率选择过零方式计算半波值, 即两次过零之间的瞬时功率值累加后再除以两次过零点之间的采样点数; =0: A 路有功功率选择固定点数累加计算半波值, 即固定点数的瞬时功率值累加后再除以固定点数。
[8:0]	hw_num[8:0]	半周期更新的功率或者有效值采用固定点数计算时, 该寄存器设置计算的点数。 = 9'b0, 按半周波 140 点累加求平均计算; = 9'b1, 按半周期 1 点累加求平均计算; = 9'b1x, 按半周期 2 点累加求平均计算; = 9'b1xx, 按半周期 4 点累加求平均计算; = 9'b1xxx, 按半周期 8 点累加求平均计算; = 9'b1xxxx, 按半周期 16 点累加求平均计算; = 9'b1xxxxx, 按半周期 32 点累加求平均计算; = 0x40~0x1FF, 若期望的半周期累加求平均点数为 N, 则 hw_num = N。

同步采样通道控制寄存器 1 SWAVECFG1(0x6B)

SWAVE Control Register1 (SWAVECFG1) Address: 0x6B H Default Value: 0000H Bytes: 2		
位	位名称	功能描述
[15:10]	保留	保留
9:8	swave_div[1:0]	决定同步采样波形输出时的分频系数。 =2'b00: 不分频 =2'b01: 2 分频 =2'b10: 4 分频 =2'b11: 8 分频 比如由 SWAVECFG2 寄存器决定的同步采样点数为 256 点, 典型采样率为 F*256, 如果 swave_div[1:0]=2'b01, 那么最终输出的波形采样率为 F*256/2。
7	swave_p_en	=0: HW_PA (0x4DH) 输出的是同步采样通道计算的半波功率, 该寄存器的理论值与 PowerPA (0x26) 相等。 =1: HW_PA (0x4DH) 输出的是计量通道计算的半波功率。

		该寄存器的理论值与 PowerPA (0x26) 相等。
6	Swave_out_en	=0: 波形寄存器 (0x30/0x31/0x32) 输出为 14KHz 固定采样率数据, 20 位有效位数, 最高位是符号位; =1: 波形寄存器 (0x30/0x31/0x32) 输出为同步采样数据, 采样率根据工频变化自动调整, 24 位有效位数, 最高位是符号位
5	Aac_off	AAC 校正主要对同步采样通道的谐波进行增益补偿, 以弥补 sigma-delta ADC 常用的 CIC 梳状滤波器带来的谐波衰减, 保证带宽内所有谐波的增益误差基本一致。 =0: 开启同步采样通道的 AAC 校正功能; =1: 关闭同步采样通道的 AAC 校正功能;
4	Agc_off	AGC 校正主要对同步采样通道不同采样率时造成的 CIC 滤波器固定增益差异进行补偿, 保证不同采样率时其增益值都是一致的。 =0: 开启同步采样通道的 AGC 校正功能; =1: 关闭同步采样通道的 AGC 校正功能;
3	Swave_dc_en	=0: 关闭同步采样通道的 DC offset 校正; =1: 开启同步采样通道的 DC offset 校正; 只有开启 DC offset 校正, 0x13~0x16 寄存器才会对同步采样通道起作用。
2	Swave_hpfu_on	=0: 关闭同步采样通道 U 的高通滤波器; =1: 开启同步采样通道 U 的高通滤波器;
1	Swave_hpfib_on	=0: 关闭同步采样通道 IB 的高通滤波器; =1: 开启同步采样通道 IB 的高通滤波器;
0	Swave_hpfia_on	=0: 关闭同步采样通道 IA 的高通滤波器; =1: 开启同步采样通道 IA 的高通滤波器;

同步采样通道控制寄存器 2 SWAVECFG2(0x6C)

SWAVE Control Register2 (SWAVECFG2) Address: 0x6C H Default Value: 0000H Bytes: 2		
位	位名称	功能描述
[15:13]	swave_hw[2:0]	swave_hw[2:0] 决定同步采样通道半波有效值 (地址为 0x4F/0x77/0x78) 以及同步采样通道半波功率的累加点数, 定义如下: swave_hw[2:0]=3'b000: 128 点累加 swave_hw[2:0]=3'b001: 64 点累加 swave_hw[2:0]=3'b010: 32 点累加 swave_hw[2:0]=3'b011: 256 点累加 swave_hw[2:0]=3'b100: 512 点累加 swave_hw[2:0]=3'b101: 1024 点累加 swave_hw[2:0]=其他值: 保留 该累加点数与同步采样点数需要独立设置。

		比如同步采样设置为每周波 256 点，那么半波有效值的累加点数至少设置为 128 点（典型值 10ms 更新），也可设置为 256 点累加（典型值 20ms 更新），如果设置为 64 点更新，那么将得不到正确的有效值。
[12:10]	swavecfg[2:0]	当 wavecnt[9:0]=0 时，采用硬件自动适应的同步采样，即硬件自动根据工频变化调整采样率，以满足采样点数要求，采样点数由 swavecfg 定义。
[9:0]	wavecnt[9:0]	Swavecfg[2:0]=3'b000: 每周波 256 点同步采样 Swavecfg[2:0]=3'b001: 每周波 128 点同步采样 Swavecfg[2:0]=3'b010: 每周波 64 点同步采样 Swavecfg[2:0]=3'b011: 每周波 512 点同步采样 Swavecfg[2:0]=3'b100: 10 周波 1024 点同步采样 Swavecfg[2:0]=3'b101: 10 周波 2048 点同步采样 Swavecfg[2:0]=其他: 保留 当 wavecnt[9:0]≠0 时，采样点数由 wavecnt 决定。 最终的采样率为: $f_{osc}/2/(wavecnt+1)$

同步采样通道相位校正寄存器 Swave_PHSIA/PHSIB/PHSU (0x6D/0x6E/0x6F)

地址	名称	读写	字节	默认值	功能说明
6DH	Swave_PHSIA	R/W	2	0000h	同步采样通道IA相位校正
6EH	Swave_PHSIB	R/W	2	0000h	同步采样通道IB相位校正
6FH	Swave_PHSU	R/W	2	0000h	同步采样通道U相位校正

同步采样通道的三个相位校正寄存器，全部按照 2 字节进行操作，实际有效位数都是 7 位。

1 个刻度代表的相移延迟是 $360 \text{ 度}/(f_{osc}/2/F)$ ，举例如下：

50Hz 时，相移刻度为: $360 \text{ 度}/(3579545/2/50)=0.010057 \text{ 度}$ 。

最大相移为 128 倍的相移刻度。

同步采样通道增益校正寄存器 Swave_GSIA/GSIB/GSU (0x70/0x71 /0x72)

地址	名称	读写	字节	默认值	功能说明
70H	Swave_GSIA	R/W	2	0000h	同步采样通道IA增益校正
71H	Swave_GSIB	R/W	2	0000h	同步采样通道IB增益校正
72H	Swave_GSU	R/W	2	0000h	同步采样通道U增益校正

包括三个寄存器，为二进制补码格式，最高位为符号位。分别用于三个同步采样通道的增益校正。

校正公式为: $Swave1=Swave0(1+GS)$

其中 GS 为增益校正寄存器的归一化值，表示的范围是±1。

基波有功功率增益校正寄存器 GFP(0x73)

地址	名称	读写	字节	默认值	功能说明
73H	GFP	R/W	2	0000h	基波有功功率增益校正寄存器

GFP 为二进制补码格式，最高位为符号位。用于基波有功功率的增益校正。

校正公式为: $FP1=FP0(1+GFP)$

其中 GFP 为增益校正寄存器的归一化值，表示的范围是±1。

基波有功功率 OFFSET 校正寄存器 FPOS(0x74)

地址	名称	读写	字节	默认值	功能说明
74H	FPOS	R/W	2	0000h	基波有功功率offset校正寄存器

基波有功 OFFSET 校正适合小信号的精度校正。该寄存器为二进制补码格式，最高位为符号位。使用方法同有功 offset 校正寄存器 APOSA 和 APOSB。

IB 通道半波有效值阈值寄存器 IBTH(0x75)

地址	名称	读写	字节	默认值	功能说明
75H	IBTH	R/W	2	0000h	IB通道半波有效值阈值寄存器，该寄存器为16bit寄存器。 半波有效值 HW_IB[23:0] 的高 16bit HW_IB[23:8] 与该寄存器 {IBTH[15:2], 2'h0} 进行比较，当 HW_IB 超过阈值时，将 HW_IB 的值缓存在 0x76H(HW_IBTH) 寄存器中，并产生一个读后清零的标志信号 IBTH_FLAG 到 0x31H(拓展寄存器 IBDET_FLG)，同时也可输出到外部管脚。IBTH[15:2] = 0 时，IBTH 门限为缺省值 0x147； IBTH[1:0]决定超过阈值的半周波数量， =2'b00: 一次超过阈值； =2'b01: 两次超过阈值； =2'b10: 三次超过阈值； =2'b11: 四次超过阈值。

基波电压电流增益寄存器 GFS(0x5E)

地址	名称	读写	字节	默认值	功能说明
5EH	GFS	R/W	2	0000h	基波电压和基波电流的增益寄存器，如果该寄存器为0，默认使用内部的硬件增益校正，这个校正主要是为了补偿60Hz应用时基波滤波器的衰减；如果该寄存器不为0，那么使用该寄存器作为增益补偿值，由软件指定校正。该寄存器位二进制补码格式。 校正的公式为： $F2 = F1 * (1 + GFS)$，其中 GFS 为归一化值，GFS 范围是±1，F1 为校正前的基波采样值，F2 为校正后的基波采样值。 注意：推荐配置 0x0 @3.579545MHz, 0xFFE8@5.5296MHz

2.13.3 计量参数寄存器

快速脉冲计数器 PFCNT/DFCNT(0x20/0x21)

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 可将寄存器 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。

假设电表的脉冲常数为 EC，那么 PF/QF 一个脉冲代表 1/EC 的能量，PFcnt/DFcnt 的最小刻度代表 1/(EC*HFconst*2)的能量。

电流电压有效值寄存器 IARMS/IBRMS/URMS(0x22/0x23/0x24)

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；有效值参数默认更新频率为 3.414Hz@Fosc3.579545MHz、5.27Hz@Fosc 5.5296MHz，可配置成其它更新频率，详情见 EMUCON2.UPMODE 描述。

寄存器最低三位为标志位，其中 bit[0]固定为 1，bit[2:0]为更新数据从 001-011-101-111 循环变化。

电压频率寄存器 UFreq(0x25)

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 CLKIN=3.579545MHz，UFREQ=8948，那么测量到的实际频率为：

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

电压频率测量值默认更新的周期为 0.64s，可通过计量控制寄存器 2 调整更新时间。

同时提供 UFreq2 电压频率寄存器 2，地址为 0x35H，字长为 3 字节，测量基波频率。输入 50Hz 时读出值同 UFreq(0x25H)

平均有功功率寄存器 PowerPA/PowerPB(0x26/0x27)

Active Power Register (PowerPA)			Address: 0x26h				
	Bit31	30	29	28 ... 3	2	1	Bit0
Read:	APA31	APA30	APA29	APA28...APA3	APA2	APA1	APA0

Active Power Register (PowerPB)			Address: 0x27h				
	Bit31	30	29	28 ... 3	2	1	Bit0
Read:	APB31	APB30	APB29	APB28...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。功率参数默认更新频率为 3.414Hz@Fosc3.579545MHz、5.27Hz@ Fosc 5.5296MHz，可配置成其它更新频率，详情见 EMUCON2.UPMODE 描述。

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。

寄存器最低三位为标志位，其中 bit[0]固定为 1，bit[2:0]为更新数据从 001-011-101-111 循环变化。

平均无功功率寄存器 PowerQ/PowerQB(0x28/0x36)

Reactive Power Register (PowerQ)			Address: 0x28h				
	Bit31	30	29	28 ... 3	2	1	Bit0
Read:	RP31	RP30	RP29	RP28...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。PowerQ 无功功率，为通道 A 无功功率。

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。

寄存器最低三位为标志位，其中 bit[0]固定为 1，bit[2:0]为更新数据从 001-011-101-111 循环变化。

Reactive Power Register (PowerQB)			Address: 0x36h				
	Bit31	30	29	28 ... 3	2	1	Bit0
Read:	RP31	RP30	RP29	RP28...RP3	RP2	RP1	RP0

无功功率参数 PowerQB 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。PowerQB 无功功率，为通道 B 无功功率。

寄存器最低三位为标志位，其中 bit[0]固定为 1，bit[2:0]为更新数据从 001-011-101-111 循环变化。

有功电能寄存器 EnergyP/ EnergyP2 (0x29/0x2A)

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 PEOIF(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。

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

当计量控制寄存器 2 的 energy_fz 位等于 0 时，该寄存器是读后清零型有功电能寄存器；当计量控制寄存器 2 的 energy_fz 位等于 1 时，该寄存器启用定时冻结功能，每隔 2048*1024*Fosc，572.1397ms@3.579545MHz 将有功电能寄存器（地址 29）的值装载到该寄存器，同时将有功电能寄存器清零。

无功或自定义电能寄存器 EnergyD/EnergyD2 (0x2B~0x2C)

UserDEFINE (EnergyD)	Energy	Register	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 QEOIF(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。

EnergyD 默认是无功电能寄存器。可通过 EMUCON2 寄存器进行配置。

UserDEFINE (EnergyD2)	Energy	Register2	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

当计量控制寄存器 2 的 energy_fz 位等于 0 时，该寄存器是读后清零型自定义电能寄存器；当计量控制寄存器 2 的 energy_fz 位等于 1 时，该寄存器启用定时冻结功能，每隔 $2048 \times 1024 \times F_{osc}$ ，572.1397ms@3.579545MHz 将自定义电能寄存器（地址 2B）的值装载到该寄存器，同时将自定义电能寄存器清零。

计量状态寄存器 EMUStatus/EMUStatus2/EMUStatus3 (0x2D/0x2E/0x2F)

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 只读寄存器		
位	位名称	功能描述
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

EMU STATUS Register (EMUStatus2) Address: 0x2E 只读寄存器		
位	位名称	功能描述
[23:8]	CRC	CRC[15:0]：计量配置寄存器的 16 位 CRC 计算结果，计算的地址范围同 EMUStatus（2DH）
7	CRCBusy	CRC 数据校验计算状态寄存器。 CRCBusy =0，表示校表数据 CRC 计算已经完成。校验值可用。 CRCBusy =1，表示校表数据 CRC 计算未完成。校验值不可用。
6:4	----	保留，读出一直为 0
3	HUFRMS_UP	半周期更新的基波有效值更新标志，读后清零；来自计量通道更

		新的基波数据计算的有效值
2	HWRMS_UP	半周期更新的全波有效值更新标志，读后清零；来自同步采样通道计算的全波数据计算的有效值
1	BGR_OK	只读寄存器，表征 BGR 工作状态(施密特方式) =1，表示 BGR 引脚的电压高电平输出 OK； =0，表示 BGR 引脚的电压值过低；
0	VREF_OK	只读寄存器，指示基准电压 VREF 的状态(比较器方式，电流比较) =1，表示 REFV 引脚的输出的基准电压 VREF 正常； =0，表示 REFV 引脚的输出的基准电压 VREF 偏低；

EMU STATUS Register3 (EMUStatus3) Address: 0x2F 4 字节只读寄存器		
位	位名称	功能描述
[31:22]	swave_time[9:0]	只读寄存器，表示当前同步采样通道的实际降频比例，该值与 wavecnt[9:0]意义相同。
21	CF9	对应 D2F9，定义同 CF3
20	CF8	对应 D2F8，定义同 CF3
19	CF7	对应 D2F7，定义同 CF3
18	CF6	对应 D2F6，定义同 CF3
17	CF5	对应 D2F5，定义同 CF3
16	CF4	对应 D2F4，定义同 CF3
15	CF3	电能积分单元 D2F3 的 CF3 脉冲指示信号，读后清零，=1 表示 CF3 脉冲产生，=0 表示 CF3 脉冲没有产生
14	Nopld9	对应 D2F9，定义同 Nopld3
13	Nopld8	对应 D2F8，定义同 Nopld3
12	Nopld7	对应 D2F7，定义同 Nopld3
11	Nopld6	对应 D2F6，定义同 Nopld3
10	Nopld5	对应 D2F5，定义同 Nopld3
9	Nopld4	对应 D2F4，定义同 Nopld3
8	Nopld3	电能积分单元 D2F3 的潜动启动指示信号，只读位，=1 表示 D2F3 正处于启动状态，=0 表示 D2F3 正处于潜动状态
7	REVP9	对应 D2F9，定义同 REVP3
6	REVP8	对应 D2F8，定义同 REVP3
5	REVP7	对应 D2F7，定义同 REVP3
4	REVP6	对应 D2F6，定义同 REVP3
3	REVP5	对应 D2F5，定义同 REVP3
2	REVP4	对应 D2F4，定义同 REVP3
1	REVP3	电能积分单元 D2F3 的反向功率指示信号，只读位，=1 表示当前脉冲为反向，=0 表示当前脉冲为正向，与 CF3 脉冲同步更新
0	保留	读出一直为 1

瞬时采样值寄存器 SPL_IA/IB/U(0x30/0x31/0x32)

IA 瞬时采样值 Register SPL_IA)		Address: 0x30h				
	Bit23~Bit20	19	18 ... 3	2	1	Bit0
Read:	0	SPL_IA 19	SPL_IA 18...SPL_IA 3	SPL_IA 2	SPL_IA 1	SPL_IA 0

SPL_IA 为 IA 通道高通后 ADC 瞬时采样值，20 位有符号数，采用补码格式，高两位为符号位。数据刷新率约为 $F_{osc}/2/128, 21.6\text{KHz}@5.5296\text{MHz}$ 。

IB 瞬时采样值 Register SPL_IB)		Address: 0x31h				
	Bit23~Bit20	19	18 ... 3	2	1	Bit0
Read:	0	SPL_IB 19	SPL_IB 18...SPL_IB 3	SPL_IB 2	SPL_IB 1	SPL_IB 0

SPL_IB 为 IB 通道高通后 ADC 瞬时采样值，20 位有符号数，采用补码格式，高两位为符号位。数据刷新率约为 $F_{osc}/2/128, 21.6\text{KHz}@5.5296\text{MHz}$ 。

U 瞬时采样值 Register SPL_U)		Address: 0x32h				
	Bit23~Bit20	19	18 ... 3	2	1	Bit0
Read:	0	SPL_U 19	SPL_U 18...SPL_U 3	SPL_U 2	SPL_U 1	SPL_U 0

SPL_U 为 U 通道高通后 ADC 瞬时采样值，20 位有符号数，采用补码格式，高两位为符号位。数据刷新率约为 $F_{osc}/2/128, 21.6\text{KHz}@5.5296\text{MHz}$ 。

过零计数寄存器 ZXCNT(0x34)

ZX CNT Register (ZXCNT)		Address: 0x34h					
	Bit15	14	13	12 ... 3	2	1	Bit0
Read:	ZXCNT 23	ZXCNT 22	ZXCNT 21	ZXCNT 20...ZXCNT 3	ZXCNT 2	ZXCNT 1	ZXCNT 0

当软件使用过零测量特殊命令 (0xEA/0x7C) 时，计量芯片将收到该命令的时刻作为时间基准，测量出电压过零与该时间基准的时间差，时间差保存在 ZXCNT(0x34H)寄存器。

该寄存器存放的是时间基准与真实电压过零的时间计数值，最小单位是 256 个晶振周期，即 $71.517\mu\text{s}@3.579545\text{MHz}$ 。启动特殊命令后一个周波完成测量，在下次特殊命令发出前，测量值一直不变。

电能寄存器 Energy3~9 (0x37~0x3D)

Energy Register (Energy3~9)		Address: 0x37h~0x3D					
	Bit23	22	21	20 ... 3	2	1	Bit0
Read:	E23	E22	E21	E20...EP3	E2	E1	E0

Energy3~9 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 PEOIF(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，Energy3~9 的寄存器值分别代表 CF3~CF9 脉冲的累加个数，对应 D2F3~D2F9 电能脉冲积分单元。寄存器最小单位代表的能量为 $1/EC \text{ kWh}$ 。其中 EC 为电表常数。

快速脉冲计数器 Pfcnt3~9 (0x3E/3F,0x48~0x4C)

Energy Counter Register(Pfcnt3~9)			Address: 0x3E/3F,0x48~0x4C				
	Bit23	22	21	20 ... 3	2	1	Bit0
Read:	PFC23	PFC22	PFC21	PFC20...PFC3	PFC2	PFC1	PFC0

Pfcnt3~9 分别对应 D2F3~P2F9 这 7 个电能积分单元。快速脉冲计数器负责对输入的快速脉冲进行计数，当快速脉冲计数寄存器 PFCnt 计数值的绝对值的 2 倍大于等于 HFconst 时，相应的 CF 会有脉冲溢出，能量寄存器的值会相应的加 1。

假设电表的脉冲常数为 EC，那么 CF 一个脉冲代表 1/EC 的能量，PFCnt 的最小刻度代表 1/(EC*HFconst*2)的能量。

半周波更新全波有功功率 HW_PA (0x4D)

地址	名称	读写	字节	默认值	功能说明
4DH	HW_PA	R	4	00000000h	半周期更新的全波有功功率A，32位有符号数，二进制补码格式，其理论值与 PowerPA（0x26）寄存器一致。 该寄存器的输出参数有两种，受 swave_p_sel 控制： =0：HW_PA（0x4DH）输出的是同步采样通道计算的半波功率；默认关闭高通，可以得到更快速的动态响应。 =1：HW_PA（0x4DH）输出的是计量通道计算的半波功率。默认开启高通，响应时间会因为高通滤波器而延长。

半周波更新无功功率 HW_PA (0x4E)

地址	名称	读写	字节	默认值	功能说明
4EH	HW_QA	R	4	00000000h	半周期更新的全波无功功率A，数据源头是计量通道计算的半波无功功率。该寄存器是32位有符号数，二进制补码格式，其理论值与PowerQA（0x27）寄存器一致。

半周波更新有效值 HW_IA/ HW_IBTH/ HW_IB/ HW_U (0x4F/0x76/0x77/0x78)

地址	名称	读写	字节	默认值	功能说明
4FH	HW_IA	R	3	000000	半周期更新的全波IA通道有效值，24位无符号数，其理论值=0.900316316*IARMS（0x22）。
76H	HW_IBTH	R	3	000000	IB通道的半波有效值超过阈值IBTH（0x75）时，其值HW_IB被缓存在该寄存器中，24位无符号数。
77H	HW_IB	R	3	000000	半周期更新的全波IB通道效值，24位无符

					号数，其理论值=0.900316316*IBRMS (0x23)。
78H	HW_U	R	3	000000	半周期更新的全波U通道有效值，24位无符号数，其理论值=0.900316316*URMS (0x24)。

半周期更新基波有效值 HW_FU/HW_FI(0x79/0x7A)

地址	名称	读写	字节	默认值	功能说明
79H	HW_FU	R	3	000000	半周期更新的基波U通道有效值，24位无符号数，只有基波情况下，其理论值同URMS (0x24)。
7AH	HW_FI	R	3	000000	半周期更新的基波I通道有效值，24位无符号数，只有基波情况下，其理论值同IRMS (0x22或0x23)。

半周期更新基波有功功率 HW_FP(0x7B)

地址	名称	读写	字节	默认值	功能说明
7BH	HW_FP	R	4	000000	半周期更新的基波有功功率，32位有符号数，只有基波情况下，其理论值同PowerPA (0x26)

半周期更新基波瞬时采样值 SPL_FU/SPL_FI(0x7C/0x7D)

地址	名称	读写	字节	默认值	功能说明
7CH	SPL_FU	R	4	000000	受splf_mode[1:0]控制，分别可输出基波瞬时采样波形值或者过零前后两个电压采样点的数据。 splf_mode[1:0] =00:SPL_FU 输出基波电压瞬时采样波形，SPL_FI 输出基波电流瞬时采样波形，更新速度为 Fosc/2/128, 21.6KHz @5.5296MHz。4 字节数据的高 3 字节为有效数据，低字节固定为 0。 =01: 每周波输出基波电压正向过零前后两个采样点的采样值以及上一个周波的采样点数，具体定义为：SPL_FI[31:8]为正向过零前一个采样点数值，SPL_FU[31:8]为正向过零后一个采样点数值，{SPL_FU[7:0],SPL_FI[7:0]}为过零前一个周波的采样点数； =10: 过零计数特殊命令 (0xEA 0x7C) 起作用时，将该命令后第一个过零点前后两个采样值记录下来，定义同 01。 =11: 保留
7DH	SPL_FI	R	4	00	

2.13.4 中断寄存器

中断配置和允许寄存器 IE(0x40)

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	SPLIE	SPLIE=0: 关闭波形数据更新中断; SPLIE=1: 使能波形数据更新中断, 波形数据更新的速度为 $F_{osc}/2/128$
6	FZIE	FZIE=0: 关闭电能冻结中断; =1: 使能电能冻结中断
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 3.414Hz 或 13.655Hz, 当上述数据更新时, IRQ_N 引脚输出低电平。

中断状态寄存器 IF(0x41)

Interrupt Flag Register (IF) Address: 0x41H 只读		
位	位名称	功能描述
7	SPLIF	SPLIF=0: 未发生波形更新事件; =1: 发生波形更新中断。
6	FZIF	FZIF=0: 未发生电能冻结事件; =1: 发生过电能冻结事件
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 RIF(0x42)

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

该寄存器功能等同 IF。

波形缓存状态寄存器 WAVE_IF(0x46)

Wave Interrupt Flag (WAVE_IF) Address: 0x46H 读写		
位	位名称	功能描述
7	Reserved	只读，读出为 0.
6	USAGIF	U 通道跌落事件标志， =0: U 通道跌落事件未发生； =1: U 通道跌落事件发生。读后清零
5	UpeakIF	U 通道过载事件标志， =0: U 通道过载事件未发生； =1: U 通道过载事件发生。读后清零
4	IApeakIF	IA 通道过载事件标志， =0: IA 通道过载事件未发生； =1: IA 通道过载事件发生。读后清零
3	IBpeakIF	IB 通道过载事件标志， =0: IB 通道过载事件未发生； =1: IB 通道过载事件发生。读后清零
2	WAVE_ERR_IF	数据覆盖错误标志， =0: 数据覆盖错误未发生； =1: 数据覆盖错误发生。读后清零
1	WAVE_HF_IF	波形半满标志， 启动 SPI 读半块波形命令会清该标志 =0: 波形半满标志未发生； =1: 波形半满标志发生。读后清零
0	WAVE_BUSY	波形缓存忙标志： =1: 表示波形缓存正忙； =0: 标志波形缓存空闲

波形缓存中断使能寄存器 WAVE_IE(0x47)

Wave Interrupt Enable (WAVE_IE) Address: 0x47H 读写		
位	位名称	功能描述
7	IBTH_Flag_IE	0: 关闭 IBTH_flag 中断

		1: 使能 IBTH_flag 中断 上电复位为 0
6	USAGIE	=0: 关闭 U 通道跌落中断; =1: 使能 U 通道跌落中断。
5	UpeakIE	=0: 关闭 U 通道过载中断; =1: 使能 U 通道过载中断。
4	IApeakIE	=0: 关闭 IA 通道过载中断; =1: 使能 IA 通道过载中断。
3	IBpeakIE	=0: 关闭 IB 通道过载中断; =1: 使能 IB 通道过载中断。
2	WAVE_ERR_IF	数据覆盖错误中断使能
1	WAVE_HF_IF	波形半满中断使能
0	Reserved	只读, 读出为 0

2.13.5 系统状态寄存器

系统状态寄存器 SysStatus(0x43)

System Status Register (SysStatus) Address: 0x43H 只读		
位	位名称	功能描述
7	U_dc_en	U 通道正在进行自动 DC offset 校正, 特殊命令使能后该位置 1, offset 自动校正完成后自动清零
6	Ib_dc_en	IB 通道正在进行自动 DC offset 校正, 特殊命令使能后该位置 1, offset 自动校正完成后自动清零
5	Ia_dc_en	IA 通道正在进行自动 DC offset 校正, 特殊命令使能后该位置 1, offset 自动校正完成后自动清零
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	只读, 读出为 0.
2	IS	RN8209D V5 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	SOFT_RST	命令复位标志。当命令复位结束时, 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(0x44)

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(0x45)

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。

2.13.6 拓展寄存器

在保留原来读写寄存器方案的同时,新增一套新的寄存器地址,地址位宽为 7 位。每个寄存器长度不一致,长度最大为 32bit。在收到新的特殊命令时将读写信号,寄存器地址传输到新的寄存器模块中,实现对拓展寄存器的访问。

命令名称	CMD	CMD	DATA	描述
拓展寄存器写	0xDF	{0, addr}	Write data	对拓展寄存器进行写操作
拓展寄存器读	0x5F	{0, addr}	Read data	对拓展寄存器进行读操作

IIC 配置寄存器 IIC_CFG(0x0)

比特位	名称	描述	读/写	复位值
15	BCHG	专用模式读数据时,接收到的数据按照 byte 两两调换存储位置选择。 0: 接收到的 byte0 存放在 IIC_TRDAT0[7:0] 接收到的 byte1 存放在 IIC_TRDAT0[15:8]; 接收到的 byte2 存放在 IIC_TRDAT1[7:0] 接收到的 byte3 存放在 IIC_TRDAT1[15:8]; 依次类推。即 IIC_TRDAT0={byte1, byte0}; IIC_TRDAT1={byte3, byte2}; IIC_TRDAT2={byte5, byte4}; IIC_TRDAT3={byte7, byte6}; IIC_TRDAT4={byte9, byte8}; IIC_TRDAT5={byte11, byte10}; 1: 接收到的 byte0 存放在 IIC_TRDAT0[15:8] 接收到的 byte1 存放在 IIC_TRDAT0[7:0]; 接收到的 byte2 存放在 IIC_TRDAT1[15:8] 接收到的 byte3 存放在 IIC_TRDAT1[7:0]; 依次类推。即 IIC_TRDAT0={byte0, byte1}; IIC_TRDAT1={byte2, byte3}; IIC_TRDAT2={byte4, byte5}; IIC_TRDAT3={byte6, byte7}; IIC_TRDAT4={byte8, byte9};	R/W	0

		IIC_TRDAT5={byte10, byte11};		
14:12	ATTM	自动测温时间间隔(IIC 自动发起读取命令的时间间隔,以波形缓存全满为时间单位,即两个 HSTX 发送帧(芯片固定半满发送一次 HSTX 帧)。例如:25 分频,半满时间间隔为 2.96ms。测温间隔为 2.96ms*2*25=148ms。) 000: 25 分频 001: 50 分频 010: 100 分频 011: 200 分频 100: 250 分频 101: 300 分频 110: 400 分频 111: 500 分频	R/W	0x0
11:9	BYTNUM	专用模式多字节读的 byte 数选择: 000: 2 001: 4 010: 6 011: 8 100: 10 101: 12 其他: 保留	R/W	0x0
8:7	CMDM	专用模式发送单次时序的模式选择。 00: 选择 8bit 写时序 01: 选择 16bit 写时序 10: 选择 8 bit 读时序 11: 选择 多 byte 读时序 (byte 数由 BTNUM 决定)	R/W	0
6	AUTO	专用模式自动循环模式选择。当=1 时,写 ONCE_KICK 不能触发 IIC 向总线发起特定时序,只能靠 HSTX 接口自动触发 IIC 发起发起特定时序,不需要 MCU 干预。 =0, 专用模式单次模式; =1, 专用模式自动循环模式。	R/W	0
5:2	CLKDIV	IIC 时钟频率选择位: 0000: Fosc/2/8 0001: Fosc/2/10 0010: Fosc/2/12 0011: Fosc/2/14 0100: Fosc/2/16 0101: Fosc/2/18 0110: Fosc/2/20 0111: Fosc/2/36 1000: Fosc/2/72	R/W	0x5

		1001: Fosc/2/144 其他: Fosc/2/18		
1	SP_MODE	IIC 专用模式选择: 0: 通用模式 1: 专用模式	R/W	0
0	IIC_EN	IIC 模块使能位 1: IIC 打开 0: IIC 关闭	R/W	0

IIC 控制寄存器 IIC_CTL(0x1)

比特位	名称	描述	读/写	复位值
15:10	---	保留	R	0
9	SDA_PHEN	SDA IO 内部上拉 0: 上拉使能 1: 上拉不使能	R/W	0
8	SCL_PHEN	SCL IO 内部上拉 0: 上拉使能 1: 上拉不使能	R/W	0
7:4	--	保留	R/W	0
3	ACK	ACK 信号的接受和发送位 接收数据时: 1: 在接收到第九个 SCL 的时候, 产生 ACK 信号 0: 在接收到第九个 SCL 的时候, 不产生 ACK 信号	R/W	0
2:1	BUSCON	总线控制产生位, 开始命令在总线为空闲状态或者主机是发送状态时有效。结束命令在主机是发送状态时有效。 当检测到 start 或者 stop 时序时, 对命令位清零, 00: 没有动作 01: 产生 START 时序 10: 产生 STOP 时序 11: 保留	R/W	0
0	ONCE_KICK	专用模式单次启动 软件写 1, IIC 启动发送 1 次时序 (4 种时序的任意一种: 8bit 写, 16bit 写, 8bit 读, 16bit 读) 软件写 0 无效。硬件自动清零。 当 AUTO 为 1 时, 写该位无效。	WO	0

IIC 状态寄存器 IIC_STA(0x2)

比特位	名称	描述	读/写	复位值
15:6	---	保留	R	0

5	SP_ACK_ERR	专用模式，从机 ACK 异常标志。软件写 1 清零。 0: 正常; 1: 异常; (只要置 1 后, 硬件不会自动清零, 需要软件清零)	R/W	0
4	BUSY	IIC 总线忙状态标志位 0: 空闲; 1: 忙碌;	R	0
3	DIR	读写方向标志位 1: 读。 0: 写。	R	0
2	MATCH	地址匹配位, 检测到 start 或者 stop 时序后会清零 0: 地址不匹配 1: 地址匹配	R	0
1	RX_ACK	收到 ACK 标志位 对该位写 1 清零 1: 没有收到 ack 0: 接收到 ack	R/W	0
0	TRANC	传输完成标志位 对该位写 1 将清零; 发送数据时发送缓存为空或者接收数据时接收缓存满, 触发传输完成中断 0: 传输未完成 1: 传输已完成 也可作为专用模式传输完成标志位, 专用模式发送完一次数据, 该位为 1。	R/W	0

IIC 从设备地址寄存器 IIC_SADDR(0x3)

比特位	名称	描述	读/写	复位值
15: 8	SM_ADDR	SM_ADDR[7:1]:设备地址位, 在传输期间不能向该寄存器写入地址。表示从设备的地址; SM_ADDR[0]:主机读写方向控制位 0: 写 1: 读 (注意: 使用专用模式时, SM_ADDR[0]应固定配置为 0)	R/W	0
7:0	SR_ADDR	从机寄存器地址。 在传输期间不能向该寄存器写入地址。	R/W	0

注意: 使用通用模式时, 只能操作 SM_ADDR;

IIC 收发数据寄存器 IIC_TRDATx(0x4~0x9)

IIC 收发数据寄存器(共 6 套, x 表示 0~5)

比特位	名称	描述	读/写	复位值
15:8	BYTE1	接收/发送数据 BYTE1。 (8bit 写/读时序, 没有用到该寄存器)	R/W	0
7:0	BYTE0	接收/发送数据 BYTE0。	R/W	0

注意：使用通用模式时, 只能操作 BYTE0。

波形输出控制寄存器 WAVE_CTL(0x20)

位	位名称	功能描述	读/写	默认值
7	Reserved	保留	-	-
6:5	Div_sel	间隔缓存配置 =00: 缓存所有点; =01: 2 倍间隔缓存 =10: 4 倍间隔缓存 =11: 保留	R/W	0
4:3	wave_sel	数据源选择: =00: 计量全波数据 =01: 计量基波数据 =10: 同步采用数据 =11: 保留	R/W	0
2	INV_BYTE	数据发送顺序配置 =0: 波形数据高字节先发 =1: 波形数据低字节先发 注意: 仅对 SPI/UART 输出方式有效	R/W	0
1:0	WAVE_WIDTH	通道数据发送长度配置 =00: 16bit 发送 (发送 wave_data[19:4]) =01: 16bit 发送 (发送 wave_data[17:2]) =1X: 24bit 发送 (低四位补 {wave_data, 4'h0}) 注意: 仅对 SPI/UART 输出方式有效	R/W	0

HSTX 控制寄存器 HSTX_CTL(0x21)

位	位名称	功能描述	读/写	默认值
23:20	保留		R	0
19	IRQ_OE	中断数据输出使能 =0: 不输出中断数据 =1: 输出中断数据	R/W	1
18	Word_chksum	波形数据校验和计算方式配置 =0: 按 byte 累加结算 =1: 按 word 累加计算	R/W	0
17:16	BANK_NUM1	全满时发送 bank 数量配置 =00: 不发送 =01: 发送 1 个 bank	R/W	0

		=10: 发送 2 个 bank =11: 发送 3 个 bank		
15:14	BANK_NUM0	半满时发送 bank 数量配置 =00: 不发送 =01: 发送 1 个 bank =10: 发送 2 个 bank =11: 发送 3 个 bank	R/W	0
13:8	OUT_WAIT_CNT	HSTX 输出使能等待配置: 等待时间为 (OUT_WAIT_CNT+1) ms	R/W	0
7	PULSE_WAIT	脉冲数据发送等待时间配置 =0: 脉冲产生后等待 12.292us 后发送 (一字节发送时间) =1: 脉冲产生后等待 49.168us 后发送 (四字节发送时间)	R/W	0
6:5	IB_WIDTH	IB 通道长度配置 =00:16bit (IB[19:4]) =01:16bit (IB[17:2]) =1X:24bit ({IB,IBcnt[1:0],1,1})	R/W	0
4:3	IA_WIDTH	IA 通道长度配置 =00:16bit (IA[19:4]) =01:16bit (IA[17:2]) =1X:24bit ({IA,Iacnt[1:0],1,0})	R/W	0
2:1	U_WIDTH	U 通道长度配置 =00:16bit (U[19:4]) =01:16bit (U[17:2]) =1X:24bit ({U,Ucnt[1:0],0,1})	R/W	0
0	INV_BYTE	数据发送顺序配置 =0: 低字节先发; =1: 高字节先发	R/W	0

HSTX BANK 使能寄存器 HSTX_REG_OE(0x22)

位	位名称	功能描述	读/写	默认值
15:12	BANK8_num	BANK8 发送数目	WR	0
11:10	BANK10_EN	BANK10 输出使能信号: =00: 不输出 =01: 仅在每次波形缓存半满时输出 =10: 仅在每次波形缓存全满时输出 =11: 半满、全满时均输出	WR	0
9:8	BANK9_EN	BANK9 输出使能信号: =00: 不输出 =01: 仅在每次波形缓存半满时输出 =10: 仅在每次波形缓存全满时输出	WR	0

		=11: 半满、全满时均输出		
7	BANK11_EN	BANK11 输出使能信号	WR	0
6	BANK7_EN	BANK7 输出使能信号	R/W	0
5	BANK6_EN	BANK6 输出使能信号	R/W	0
4	BANK5_EN	BANK5 输出使能信号	R/W	0
3	BANK4_EN	BANK4 输出使能信号	R/W	0
2	BANK3_EN	BANK3 输出使能信号	R/W	0
1	BANK2_EN	BANK2 输出使能信号	R/W	0
0	BANK1_EN	BANK1 输出使能信号	R/W	0

- 用户使用时，若需要输出 bank9、bank10 寄存器，用户根据波形缓存的模式（单通道/双通道）配置 BANK9_EN 和 BANK10_EN，以达到半波时间发送一次的目的。
- 该寄存器在 HSTX_EN 使能后不可修改

HSTX 使能寄存器 HSTX_EN(0x23)

位	位名称	功能描述	读/写	默认值
7:1	保留		R	0
0	HSTX_EN	HSTX 使能信号	WR	0

HSTX PF 参考值寄存器 HSTX_PFDAT(0x24)

位	位名称	功能描述	读/写	默认值
31:0	HSTX_PFDAT	PF 脉冲来临时输出的脉冲数据值	WR	0x800A20AA

- 该寄存器在 HSTX_EN 使能后不可修改

HSTX QF 参考值寄存器 HSTX_QFDAT(0x25)

位	位名称	功能描述	读/写	默认值
31:0	HSTX_QFDAT	QF 脉冲来临时输出的脉冲数据值	WR	0x800C40CC

- 该寄存器在 HSTX_EN 使能后不可修改

HSTX FPF 参考值寄存器 HSTX_FPFDAT(0x26)

位	位名称	功能描述	读/写	默认值
31:0	HSTX_FPFDAT	FPF 脉冲来临时输出的脉冲数据值	WR	0x800E60EE

- 该寄存器在 HSTX_EN 使能后不可修改

HSTX 中断数据参考值寄存器 HSTX_IRQDAT(0x27)

位	位名称	功能描述	读/写	默认值
31:0	HSTX_IRQDAT	中断来临时输出的脉冲数据值	WR	0x800820A8

- 该寄存器在 HSTX_EN 使能后不可修改

HSTX 引脚功能使能寄存器 HSTX_TXOUT(0x2B)

位	位名称	功能描述	读/写	默认值
7:1	保留		R	0
0	HSTX_TX_OUT_SEL	TX 引脚复用 HSTX 功能使能信号 0: TX 引脚为 UART 正常 TX 功能 1: TX 引脚为 HSTX 功能, 当使能 HSTX 模块时为 HSTX 功能	WR	0

HSTX 输出脉冲选择寄存器 HSTX_IOCFCG(0x2C)

地址: 0x2C; 字长 4 字节; 默认值: 0x610

位	位名称	功能描述	读/写	默认值
31:12	保留		R	0
11:8	FPF_SEL	HSTX 的 FPF 输入信号源头选择 =4'h0: FPF 输出 CF1 (PF) =4'h1: FPF 输出 CF2 (QF) =4'h2: FPF 输出 CF3 =4'h3: FPF 输出 CF4 =4'h4: FPF 输出 CF5 =4'h5: FPF 输出 CF6 =4'h6: FPF 输出 CF7 (default: FPF) =4'h7: FPF 输出 CF8 =4'h8: FPF 输出 CF9 =4'h9: FPF 输出 IRQ (中断输出) =4'hA: FPF 输出 ZX (过零输出) =Others: 保留 =4'hF: FPF 不输出	RW	6
7:4	QF_SEL	HSTX 的 QF 输入信号源头选择 =4'h0: QF 输出 CF1 (PF) =4'h1: QF 输出 CF2 (default: QF) =4'h2: QF 输出 CF3 =4'h3: QF 输出 CF4 =4'h4: QF 输出 CF5 =4'h5: QF 输出 CF6 =4'h6: QF 输出 CF7 =4'h7: QF 输出 CF8 =4'h8: QF 输出 CF9 =4'h9: QF 输出 IRQ (中断输出) =4'hA: QF 输出 ZX (过零输出) =Others: 保留 =4'hF: QF 不输出	RW	1

3:0	PF_SEL	HSTX 的 PF 输入信号源头选择 =4'h0: PF 输出 CF1 (default: PF) =4'h1: PF 输出 CF2 (QF) =4'h2: PF 输出 CF3 =4'h3: PF 输出 CF4 =4'h4: PF 输出 CF5 =4'h5: PF 输出 CF6 =4'h6: PF 输出 CF7 =4'h7: PF 输出 CF8 =4'h8: PF 输出 CF9 =4'h9: PF 输出 IRQ (中断输出) =4'hA: PF 输出 ZX (过零输出) =Others: 保留 =4'hF: PF 不输出	RW	0
-----	--------	--	----	---

漏电保护配置寄存器 IBDET_CFG(0x30)

位	位名称	功能描述	读写	复位值
31:4	---	保留	R	0
3	IB_Trigo_en	IB_Trig 输出复用 IRQ 控制 0: IB_Trig 不复用到 IRQ(PINCFG 默认控制模式) 1: IB_Trig 复用到 IRQ 功能描述: 1) 快速响应模式, 上电默认值是 1, trig 复用到 IRQ, MCU 可更改控制模式 2) 普通模式, 上电默认值是 0, trig 不复用到 IRQ 注: 当 MOD 引脚为 1 时, IRQ 上电默认复位为 IB_Trig	R/W	0
2	IB_Trig_SW	MCU 触发 Trig 信号状态寄存器 0: 无效电平 1: 有效电平 MCU 写置位和复位, 不读清	R/W	0
1	IB_Trig_hw_off	IB 通道硬件半周波阈值检测 IB_Trig 信号触发功能屏蔽控制 0: 使能 1: 关闭 快速响应模式上电后自动切换到 0。	R/W	1
0	IBTH_Det_en	IB 通道阈值检测使能控制 0: 关闭 1: 使能 硬件阈值检测有效时自动对该信号复位 0。	R/W	1

		MCU 通过写操作使能、关闭。		
--	--	-----------------	--	--

漏电检测标志寄存器 IBDET_FLG(0x31)

位	位名称	功能描述	读写	复位值
31:3	保留	保留	R	0
2	IB_Trig	IB Trig 输出状态信号（非寄存器信号），快速响应模式输出到 IRQ 引脚	R	0
1	IB_Trig_HW	IB 硬件检测触发 Trig 信号状态寄存器 0: 无效电平 1: 有效电平 硬件有效检测触发置位； MCU 写 1 清 0（不读清）	R/W	0
0	IBTH_Flag	IB 硬件检测状态寄存器 0: 表示 IB 通道的半波有效值未超过阈值 1: 表示 IB 通道的半波有效值超过阈值 硬件有效检测触发置位 1，MCU 写 1 清 0	R/W	0

过零阈值设置寄存器 ZXOTU(0x32)

地址	名称	读写	字节	默认值	功能说明
32H	ZXOTU	R/W	2	0000h	过零阈值设置寄存器，当有效值的高16位大于该值时才会产生过零信号，电压线频率才会有正确的值。 默认值为 0，代表的值为 16'h100

事件检测阈值寄存器 USAG/xPEAK(0x33~0x36)

偏移地址	33H	34H	35H	36H
寄存器	USAG	UPEAK	IAPEAK	IBPEAK
默认值	0	0	0	0

事件阈值寄存器包括：电压跌落阈值寄存器 USAG、电流通道 A 峰值检测阈值寄存器、电流通道 B 峰值检测阈值寄存器、电压通道峰值检测阈值寄存器。

电压跌落阈值寄存器，16 位无符号数。当值为 0 时不使能该功能；当写入不为 0 的值后启动跌落检测，将阈值与电压同步采样通道 ADC 的 24 位波形采样值的高 16 位进行比较，检测的半周期数由 SYSCON2.usag_cfg[7:0]决定，SYSCON.Sag_Freq_sel=0，sag 为周期 50Hz 应用，1 个半周期时间固定为 10ms；EMUCON.Sag_Freq_sel=1，sag 为周期 60Hz 应用，1 个半周期时间固定为 8.333ms。当跌落持续时间超过 usag_cfg，触发电压跌落事件，检测结果有中断报出。

峰值检测阈值寄存器，16 位无符号数。当值为 0 时不使能该功能；当写入不为 0 的值后

启动跌落检测，将阈值与同步采样通道的 24 位波形采样值的高 16 位进行比较，当检测到波形采样值大于阈值，触发过载事件，检测结果有中断报出。

无功功率增益寄存器 GQA/GQB (0x37~0x38)

Power Gain Register A(GQA)			Address: 0x37h Default Value : 0000H				
	Bit15	14	13	12 ... 3	2	1	Bit0
Read:	GQA_15	GQA_14	GQA_13	GQA_12...GQA_3	GQA_2	GQA_1	GQA_0
Write:							
Reset:	0	0	0	0	0	0	0
Power Gain Register A(GQB)			Address: 0x38h Default Value : 0000H				
	Bit15	14	13	12 ... 3	2	1	Bit0
Read:	GQB_15	GQB_14	GQB_13	GQB_12...GQB_3	GQB_2	GQB_1	GQB_0
Write:							
Reset:	0	0	0	0	0	0	0

包括两个寄存器：GQA 和 GQB，为二进制补码格式，最高位为符号位。

GQA 用于电流通道 A 和电压通道无功功率的校正。GQB 用于电流通道 B 和电压通道无功的增益校正。

校正公式为： $Q1=Q0(1+GQS)$

其中 GQS 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。

注意：若寄存器 GQA/GQB(扩展 0x37/0x38)为默认值 0，则无功功率校正使用增益校正寄存器 GPQA/GPQB(0x5/0x6)校正；若寄存器 GQA/GQB(扩展 0x37/0x38)为非 0 值，则无功功率校正使用寄存器 GQA/GQB(扩展 0x37/0x38)校正。

当外部晶振为 5.5296MHz 时，建议使用 GQA/GQB 进行无功增益校正，校正值为 $GQx = GPQx + 0x11$ ，其中 GPQx 为有功 1.0 的校正值。

2.13.7 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无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无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。
命令复位	0xEA	0xFA	命令复位,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命令复位或者 PIN 复位；
TX 引脚过零输出使能	0xEA	0x6C	在 UART 通信模式，设置该命令可以让 TX 引脚输出 IA 过零信号，典型信号为 10ms 翻转的方波；计量状态寄存器的 TXCFG 位反映了该命令的执行结果，TXCFG=1 表示过零输出使能，TXCFG=0 表示过零输出关闭。
TX 引脚过零输出关闭	0xEA	0xC4	关闭过零输出功能，恢复为 UART 通信口的 TX 功能。通过 UART RX 引脚 12ms 低电平也可复位该特殊命令寄存器到关闭状态。
启动过零计数	0xEA	0x7C	计量芯片将收到该命令的时刻作为时间基准，测量出电压过零与该时间基准的时间差，时间差保存在 ZXCNT(0x34H)寄存器。
启动波形缓存	0xEA	0x87	启动或停止波形缓存
配置读波形指针	0xEA	0xA7	配置读波形指针的地址
单次读波形	0xEA	0xA3	单次读波形数据，一次读取 16bit 波形数据，读完之后读指针自动累加
连续读波形	0xEA	0xAE	连续读波形数据，把起始地址到结束地址之间的波形一次读出，读完之后读指针停留在 (END_ADDR+1) 的位置
读半块 SRAM 波形	0xEA	0xAC	启动命令之后，读半块 SRAM 波形
IA 通道 DC offset 自动校正	0xEA	0xEA	启动 IA 通道的直流偏置自动校正功能，校正点数为 16384 个同步采样通道的采样点数，直接将 16384 个采样点累加后求平均，得到的结果存放在 20bit DC offset 校正寄存器 DCIA 中。
IB 通道 DC offset 自动校正	0xEA	0xEB	启动 IB 通道的直流偏置自动校正功能，校正点数为 16384 个同步采样通道的采样点数，直接将 16384 个采样点累加后求平均，得到的结果存放在 20bit DC offset 校正寄存器 DCIA 中。
U 通道 DC offset 自动校正	0xEA	0xEC	启动 U 通道的直流偏置自动校正功能，校正点数为 16384 个同步采样通道的采样点数，直接将 16384 个采样点累加后求平均，得到的结果存放在 20bit DC offset 校正寄存器 DCIA 中。
UART 波特率切换	0xEA	0xB3	0x24 切换 UART 波特率为 $F_{osc}/2/(15*47+41)$ 0x48 切换 UART 波特率为 $F_{osc}/2/(15*12+6)$ 0x96 切换 UART 波特率为 $F_{osc}/2/(15*12+6)$ 0x19 切换 UART 波特率为 $F_{osc}/2/(15*6+3)$ 0xaa UART 的波特率由硬件决定 其他值 波特率保持不变
PAD 透传使	0xEA	0x66	0x24 从 RX 引脚输入从 IRQ 输出

能			0x48 从 RX 引脚输入从 PF 输出 0x96 从 RX 引脚输入从 QF 输出 其他值 配置无效
---	--	--	--

写保护的范围：

0x00H-0x1AH 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。

注意：所有特殊命令包括波形缓存的读写命令均属于 **Wdata** 的可靠性范围内。

3 校表方法

3.1 概述

RN8209D V5/RN8209L V5 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。RN8209D V5/RN8209L V5 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

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 RN8209D V5/RN8209L V5 进行校正。

3.2.1 校表流程

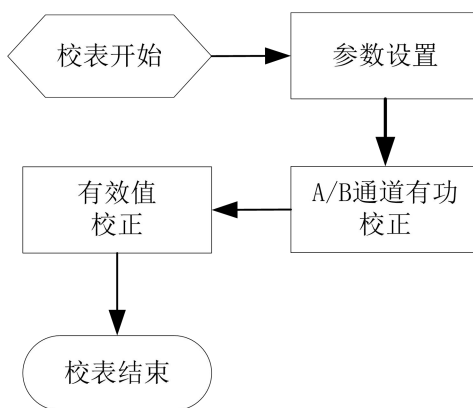


图 3-1 校表流程

3.2.2 参数设置

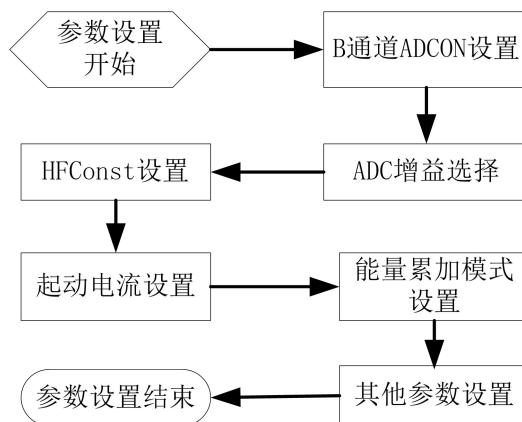


图 3-2 参数设置流程

HFConst 参数计算：

HFConst 的计算公式如下：

$HFConst = INT[16.1079 * V_u * V_i * 10^{11} / (EC * U_n * I_b)]$ @Fosc3.579545MHz

$HFConst = INT[24.8832 * V_u * V_i * 10^{11} / (EC * U_n * I_b)]$ @Fosc5.5296MHz

V_u ：额定电压输入时，电压通道的电压（引脚上电压×PGA）

V_i ：额定电流输入时，电流通道的电压（引脚上电压×PGA）

U_n ：额定输入的电压； I_b ：额定输入的电流； EC ：电表常数

3.2.3 有功校正

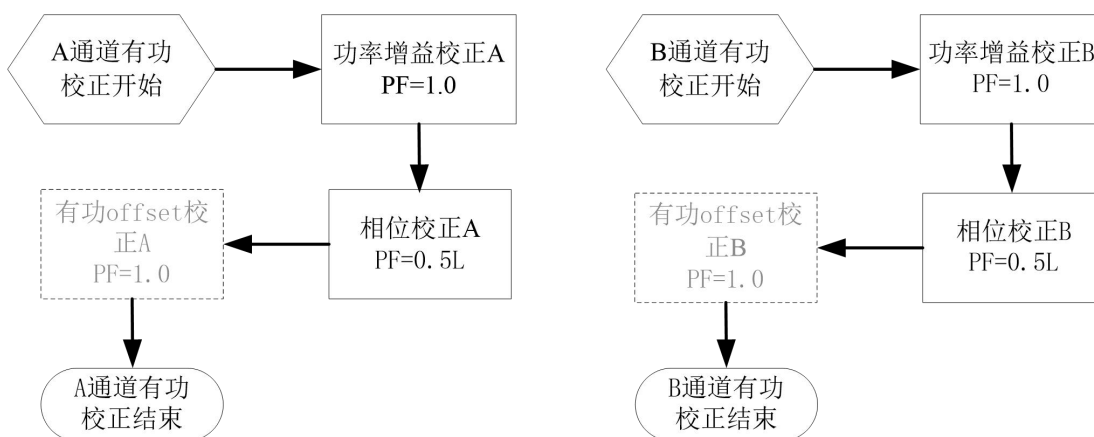


图 3-3 有功校正流程

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% I_b 、PF=1 上读出误差为 err ：

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

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

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% 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， $0.02^\circ / \text{LSB}$ @Fosc3.579545MHz、 $0.013^\circ / \text{LSB}$ @Fosc5.5296MHz 的关系，则有

Fosc3.579545MHz

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

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

Fosc5.5296MHz

如果 $\theta \geq 0$ ， $PHSA/B = INT(\theta / 0.013^\circ)$

如果 $\theta < 0$ ， $PHSA/B = INT(2^8 + \theta / 0.013^\circ)$

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

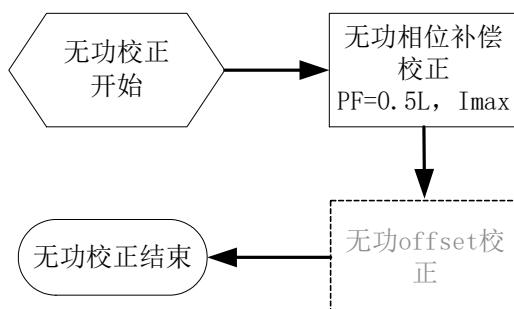


图 3-4 无功校正流程

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：

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

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无功精度影响较小，该步骤可忽略。

3.2.5 有效值校正

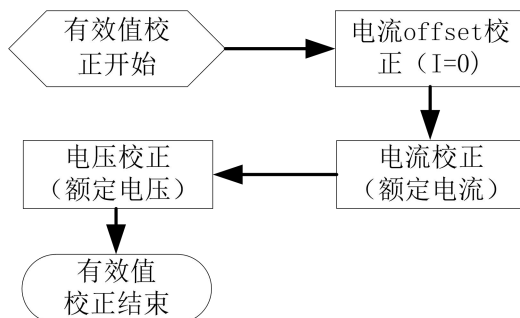


图 3-5 有效值校正流程

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；
- 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 bit23~bit8 填入 IRMSOS bit15~bit0 得 IRMSOS；
- 7) 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 RMSIAreg，则

$$K_{iA} = I_b / \text{RMSIAreg}$$

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；晶振使用 3.579545MHz。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

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

$$\text{HFConst} = [16.1079 * V_u * V_i * 10^{11} / (EC * U_n * I_b)] = 2818$$

取整后 HFConst 为 B02 H(2818)。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 $-0.01186 * 2^{15} + 2^{16} = 0xFE7BH$

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

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

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

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

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 0x0000AF1，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

$$\alpha = -0.0004 * 0.577 = -0.0002308 < 0, \quad Q_{\text{phs}} = \text{INT}(2^{16} - 0.0002308 * 2^{15}) = 65528 = 0xff8$$

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，0xFFFFF47D，（可以读若干次取平均值），其 32 位补码为 0x0000B83，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 直流应用说明

4.1 概述

使用 RN8209D V5/RN8209L V5 能够实现直流测量,与交流测量的不同点在于需要增加直流偏置校正,实现方法如下文。

4.2 基本参数

HFconst 确定公式:

$$HFconst = INT[(16.1079 * Vu * Vi * 10^{11}) / (Un * Ib * Ec)] \quad @Fosc 3.579545MHz$$

Vu: 电压通道 ADC 输入信号 (引脚上电压×PGA), 一般选择为 0.1~0.22v 左右;

Vi: 电流通道 ADC 输入信号 (引脚上电压×PGA), 一般选择为 0.075V;

EC: 电表脉冲常数 (用户自定义), 如 3200

Un: 额定电压 V,

Ib: 额定电流 A

其他校表参数清为默认值。

注: 根据用户自定义的 EC 及其他参数确定的 HFConst 的值应不大于 65535。

4.3 直流 OFFSET 校正

4.3.1 寄存器配置

SYSCON 寄存器中的 SYSCON[5:4]和 SYSCON[3:2]写入 0x0, 配置 U 和 IB 通道 ADC 为 1 倍增益; SYSCON[1:0]写入 0x3、SYSCON2[1:0]写入 0x0, 配置 IA 通道 ADC 为 16 倍增益 (也可配置成其他倍数, 用户应根据自己的信号大小确定, 保证信号在 ADC 的测量范围 0-1V 以内)。EMUCON 寄存器中将 IA/IB/U 三路的 ADC 的高通使能关闭, 配置 EMUCON[14]=0x1、EMUCON[6:5]=0x3。

4.3.2 求有效值平均值

输入接地, 读 IA、IB、U 三路的有效值 10 次, 分别计算有效值的平均值:

IARMS 平均值

IBRMS 平均值

URMS 平均值

4.3.3 直流 OFFSET 校正

由于有效值读出来为正, 而直流 OFFSET 可能为正, 也可能为负, 因此写入直流 OFFSET 后需要有一验证过程: 写入后稳定 2s 后读出有效值与写入前的有效值进行比较, 如写入后的值变小趋向 0, 则校正完成; 如写入后的值变大趋向 2 倍, 则前面写入值取反后重新写入。如

下:

1、第一次写入

IARMS1 平均值的 BIT[23:8]先写入 DCIAH 寄存器(0x13), BIT[7:4]后写入 DCL 寄存器(0x16)的 DCL[3:0];

IBRMS1 平均值的 BIT[23:8]写入 DCIBH 寄存器(0x14), BIT[7:4]写入 DCL 寄存器(0x16)的 DCL[7:4];

URMS1 平均值的 BIT[23:8]写入 DCUH 寄存器(0x15), BIT[7:4]写入 DCL 寄存器(0x16)的 DCL[11:8];

2、验证

等待 2S 后读 IA、IB、U 三路的有效值 10 次, 计算有效值的平均值 IARMS2、IBRMS2、URMS2, 若有效值相对于未校正前变小, 则校正完成, 若值变大为原来的约为 2 倍, 则需继续进行下一步操作;

3、取反重新写入

~IARMS1 平均值的 BIT[23:8]写入 DCIAH 寄存器, BIT[7:4]写入 DCL 寄存器的 DCL[3:0];

~IBRMS1 平均值的 BIT[23:8]写入 DCIBH 寄存器, BIT[7:4]写入 DCL 寄存器的 DCL[7:4];

~URMS1 平均值的 BIT[23:8]写入 DCUH 寄存器, BIT[7:4]写入 DCL 寄存器的 DCL[11:8];

4.4 有效值 OFFSET 校正

在直流 OFFSET 校正完成后, 稳定 2s 中, 读 IA、IB 电流的有效值 10 次, 求各自平均值进行有效值 OFFSET 校正, 公式如下:

$IARMSOS = \sim [(IARMS \text{ 多次平均}) ^ 2 / 2 ^ 8] \text{ 低 } 16 \text{ 位}$

$IBRMSOS = \sim [(IBRMS \text{ 多次平均}) ^ 2 / 2 ^ 8] \text{ 低 } 16 \text{ 位}$

将校正值 IARMSOS 写入电流通道 A 有效值 Offset 补偿寄存器 IARMSOS(0x0E)

将校正值 IBRMSOS 写入电流通道 B 有效值 Offset 补偿寄存器 IBRMSOS(0x0F)

4.5 转换系数

标准源加 U_n 、 I_b 读出计量芯片电压有效值测量值 V 、电流有效值测量值 I , 计算:

$K_v = U_n / V$;电压转换系数, 该系数与寄存器测量值相乘即得到输入的电压(v)

$K_i = I_b / I$;电流转换系数, 该系数与寄存器测量值相乘即得到输入的电流(A)

$K_p = 3.6 * 3.5795 / 4 * 10^{12} / (2^{32} * HFConst * EC) @ Fosc 3.579545MHz$

$K_p = 3.6 * 5.5296 / 4 * 10^{12} / (2^{32} * HFConst * EC) @ Fosc 5.5296MHz$

功率转换系数, 该系数与寄存器测量值相乘即得到输入的功率(w)

4.6 功率增益校正

标准源加 U_n 、 I_b , 读出有功功率值 (可读多点平均) $P_{测}$, 按校正公式计算: $ERR = (P_{测} * K_p - U_n * I_b) / (U_n * I_b)$

$P_{测}$: 有功功率寄存器 PowerPA/B (0x26/0x27) 值

K_p : 上一步确定的功率转换系数

U_n : 标准源加的电压

I_b : 标准源加的电流 $PGAIN = -ERR / (1 + ERR)$

如果 $PGAIN > 0$, 校正值是 $PGAIN * 2^{15}$; 如果 $PGAIN < 0$, 校正值是 $PGAIN * 2^{15} + 2^{16}$; 将校正值写入功率增益校正寄存器 GPQA/B(0x05/0x06)。

4.7 有功偏置 OFFSET 校正

4.7.1 功率法校正

标准源加 5%Ib 电流、Un，读出计量芯片的功率寄存器值，求至少 20 次平均值 P，与标准表的功率值 P0，计算功率 OFFSET 值：

$$APOSA = [P_0 * (1/K_p) - P] / (1 + GPQA_{\text{归一化}})$$

P： 芯片测量值平均值

P0： 标准表显示功率

Kp： 功率转换系数

GPQA_{归一化}： 功率增益归一化值

如果 APOSA>0，校正值是 APOSA 如果 APOSA<0，校正值是 APOSA+2¹⁶

4.7.2 误差法校正

标准源加 5%Ib 电流、Un，读出计量芯片的功率寄存器值，求至少 20 次平均值 P，与标准表的误差 err，计算功率 OFFSET 值：

$$APOSA = (P_0 * 1/K_p) * (-err) / (1 + GPQA_{\text{归一化}}) \quad (err < 0 \text{ 时})$$
$$= 2^{16} + (P_0 * 1/K_p) * (-err) / (1 + GPQA_{\text{归一化}}) \quad (err > 0 \text{ 时})$$

APOSA： 有功功率 offset 校正值

P0： 标准表显示功率

err： 标准表显示误差

Kp： 功率转换系数

GPQA_{归一化}： 功率增益归一化值

将校正值写入有功功率 Offset 校正寄存器 APOSA (0x0A)

注 1)： GPQA_{归一化} 计算式：

$$GPQA_{\text{归一化}} = GPQA / 2^{15} ; GPQA(0x05) \text{ 寄存器最高位} = 0$$

$$GPQA_{\text{归一化}} = (GPQA - 2^{16}) / 2^{15} ; GPQA(0x05) \text{ 寄存器最高位} = 1$$

2)： B 路有功偏置 Offset 校正同 A 路。

5 通信接口

- RN8209D V5 支持两种串行通信接口：SPI 和 UART。
- RN8209D V5 的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
- RN8209L V5 仅支持 UART 串行通信接口。

5.1 SPI 接口

5.1.1 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，RN8209D V5 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。RN8209D V5 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 RN8209D V5 内部。

SDO：串行数据输出脚，用于把 RN8209D V5 数据输出给主设备。SCSN 为高时，为高阻。

5.1.2 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 RN8209D V5 检测到 SCSN 下降沿，SPI 进入通信方式，在此模式下，RN8209D V5 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	

写保护命令	0xEA	0xDC	参见 2.13.6 特殊命令章节。
电流通道 A 选择命令	0xEA	0x5A	
电流通道 B 选择命令	0xEA	0xA5	
命令复位	0xEA	0xFA	
启动波形缓存	0xEA	0x87	参见 2.12.3 波形缓存和读取命令章节。
配置读波形指针	0xEA	0xA7	
单次读波形	0xEA	0xA3	
连续读波形	0xEA	0xAE	
半块读波形	0xEA	0xAC	

5.1.3 SPI 写操作

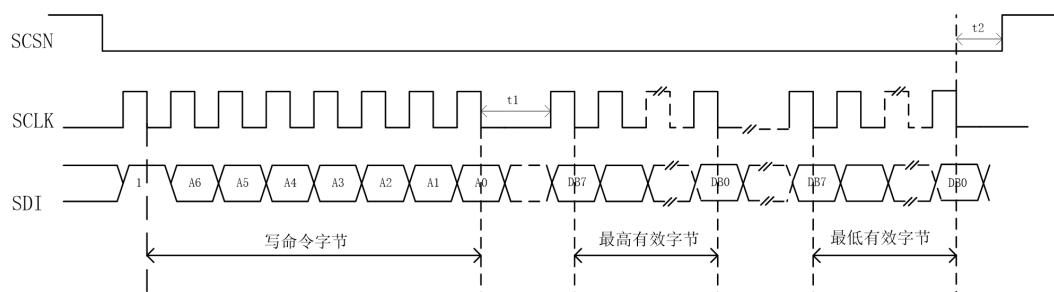


图 4-1 SPI 写时序

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。

5.1.4 SPI 读操作

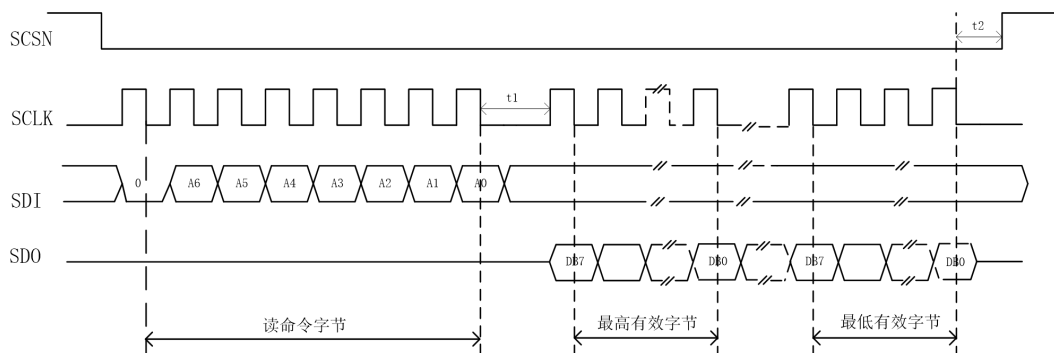


图 4-2 SPI 读时序

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 2.3us（HOSC 为 3.579545MHz）；
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。

5.1.5 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。

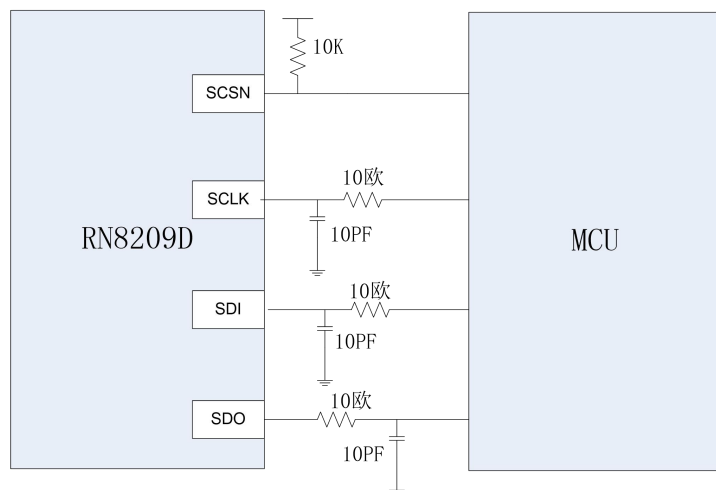


图 4-3 SPI 典型接线图

5.2 UART 接口

RN8209D V5 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
- RN8209D V5 通过硬件管脚配置波特率：2400/4800/9600/19200bps@Fosc3.579545MHz 四档可选
- 帧结构包含校验和字节，安全可靠
- 5V/3.3V 兼容

5.2.1 UART 接口信号说明

TX: UART 从机（RN8209D V5/RN8209L V5）数据发送管脚；

RX: UART 从机（RN8209D V5/RN8209L V5）数据接收管脚；

B1/B0: 波特率选择管脚，用于配置 RN8209D V5 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。RN8209L V5 的 UART 波特率默认为 4800bps@Fosc3.579545MHz，可通过软件配置寄存器修改波特率，具体寄存配置参见特殊命令章节。

5.2.2 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（Start Bit, 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：

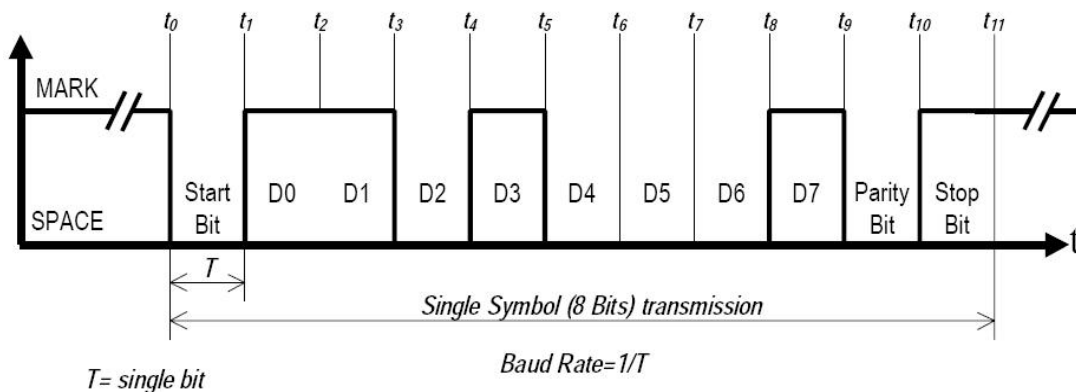


图 4-5 UART 数据字节格式

5.2.3 UART 帧格式

RN8209D V5/RN8209L V5 UART 通讯帧格式如下图和表格所示：

CMD	DATA		DATA	CHKSUM
-----	------	-------	------	--------

最高有效字节

最低有效字节

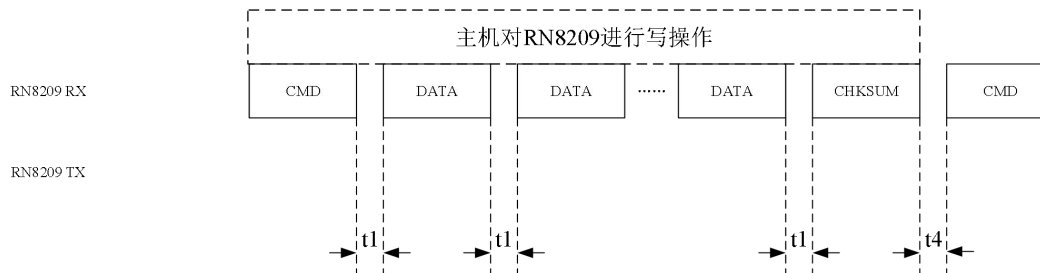
名称	解释
CMD	命令字节，由主机端发送， CMD[7]: 表示命令类别；0，读操作，1：写操作； CMD[6:0]: 表示被选中 RN820D V5 器件的内部寄存器地址 若 CMD[7]=1，而 CMD[6:0]=0x6A，表示本次操作是特殊命令；
DATA	数据字节；读操作由从机端发送，写操作由主机端发送 若寄存器地址对应寄存器是多字节寄存器，先传最高有效字节；
CHKSUM	校验和字节；读操作由从机端发送，写操作由主机端发送 校验和算法如下： $\text{Checksum}[7:0] = \sim(\text{CMD}[7:0] + \text{DATA}_n[7:0] + \dots + \text{DATA}_1[7:0])$ 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	参见 2.13.6 特殊命令章节。
写保护命令	0xEA	0xDC	
命令复位	0xEA	0xFA	
启动波形缓存	0xEA	0x87	参见 2.12.3 波形缓存和读取命令章节。
配置读波形指针	0xEA	0xA7	

单次读波形	0xEA	0xA3	
连续读波形	0xEA	0xAE	

5.2.4 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：

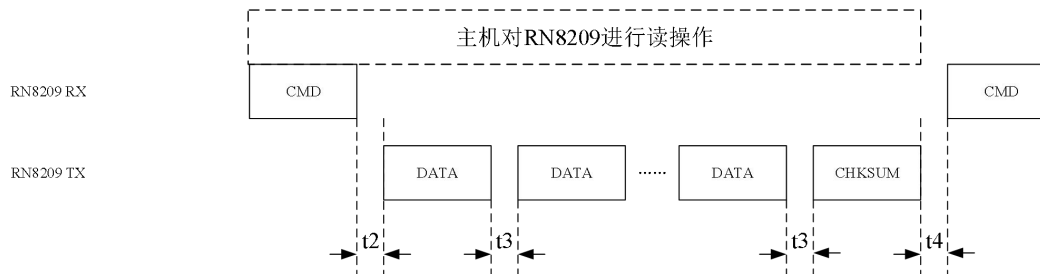


注意事项：

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 t1，由主机端控制，RN8209D V5/RN8209L V5 没有限制，t1 大于等于 0ns；
5. 帧之间的时间 t4，由主机端控制，RN8209D V5/RN8209L V5 没有限制，t4 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

5.2.5 UART 读操作

读操作由主机端发起，主机端先发送读命令字节，RN8209D V5/RN8209L V5 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，RN8209D V5/RN8209L V5 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，RN8209D V5/RN8209L V5 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

5.2.6 UART 接口可靠性设计

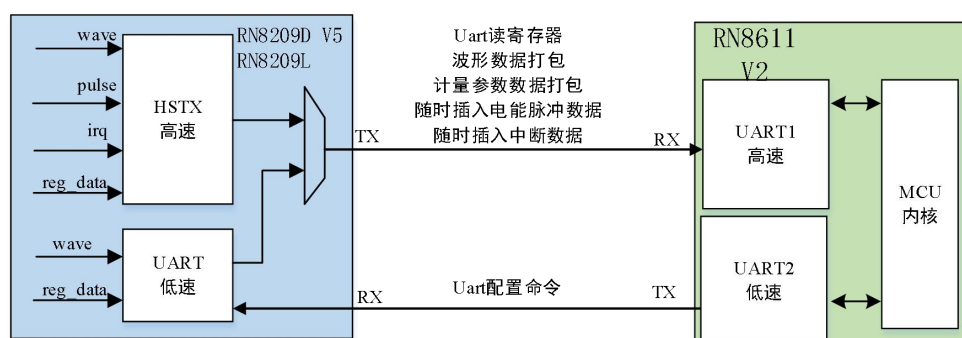
UART 接口可靠性设计包括以下方面：

- 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。

5.3 HSTX 接口

5.3.1 HSTX 接口概述



HSTX 接口功能主要替换 UART 口 TX, 使用 $F_{osc}/4$ 波特率主动循环向 RN8611 V2 发送数据，可发送的数据包括：波形数据、计量寄存器数据、脉冲数据、中断数据。

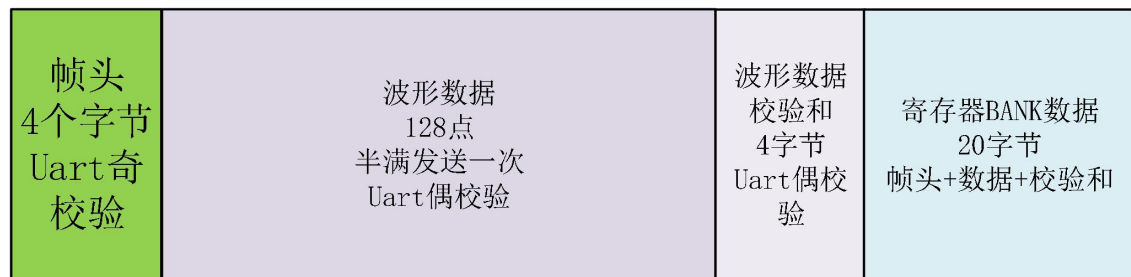
- 复用 UART 的 TX 接口，用于传输实时波形，波特率 $F_{osc}/4$ ；

- 复用 UART 的 TX 接口，用于发送脉冲和过零；
- 由于 UART 的 TX 口被上述方案占用，所以计量参数也通过 TX 口定时主动外发；
- 由于 UART 的 TX 引脚波特率与 RX 不同，所以 MCU 需要两个不同波特率的 UART 接口分别与计量芯片的 TX 和 RX 对接；
- 由于 TX 主动外发的数据包括计量参数、波形、过零和脉冲；
- HSTX 模块还可以选择使用 PF/QF/IRQ 引脚主动外发数据。

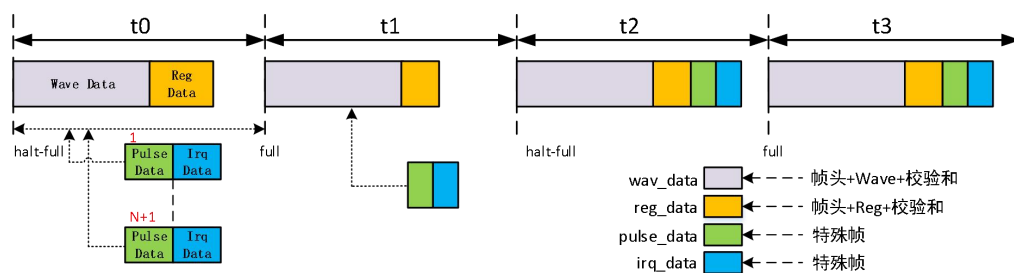
5.3.2 HSTX 接口特点

- 支持 UART 通信协议连续发送，传输数据宽度为 8bit；
- 通信波特率为系统时钟四分频 1.3824MHz@Fosc5.5296MHz；
- 支持偶校验数据发送；
- 数据发送顺序可选择高字节先发/低字节先发；
- 使能后模块输出时间可配置；
- 支持 24bit/16bit 波形数据发送；
- 支持计量寄存器按照 bank（20 字节）发送；
- 支持三种脉冲数据发送，脉冲数据发送等待时间可配置；
- 支持中断数据发送，中断数据发生发送冲突时（即产生时有数据正在发送），可配置等待时间；
- 寄存器数据每次发送长度可配置；
- 模块输出可以选择 TX/PF/QF/IRQ 引脚。

5.3.3 HSTX 数据格式



HSTX 发送数据格式：波形数据(4 字节帧头奇校验，数据、四字节校验和偶校验)+寄存器数据（20 字节，帧头奇校验，数据、校验和偶校验）+脉冲和中断数据(4 字节特殊帧奇校验，最高优先级穿插在 t0~t3 的任意时刻)。



物联表典型应用格式：

- 1) 电压通道设置为 16bit，电流通道设置为 24bit;
- 2) 典型采样率 21.6k, 50Hz 时每周波 432 点，发送一个完整的双通道周波，需要（6~7 次半满）；
- 3) 计量数据包括 BANK1（BANK1+BANK2（有效值、功率、频率、checksum 校验、CRC 校验），BANK6（标志位），BANK9（半周期更新的全波参数），BANK10（半周期更新的基波参数），BANK11（IIC 接口温度传感器数据）。
- 4) 设置为每次半满发送 2 个 BANK 计量参数数据；

计量参数	Bank1	Bank2	Bank6	Bank11	Bank1	Bank2	Bank6	Bank11
信道分配	Bank9	Bank10	Bank9	Bank10	Bank9	Bank10	Bank9	Bank10
波形数据	64 点 U	64 点 U	64 点 U	64 点 U	64 点 U	64 点 U	64 点 U	64 点 U
	64 点 I	64 点 I	64 点 I	64 点 I	64 点 I	64 点 I	64 点 I	64 点 I
发送间隔	2.96ms	2.96ms	2.96ms	2.96ms	2.96ms	2.96ms	2.96ms	2.96ms

波形数据

波形缓存大小为 256*20。波形数据有三路，一般应用下仅缓存一路或两路波形数据，原始数据为 20bit，发送时可拓展为 24bit 或缩减为 16bit，校验方式为偶校验。拓展时在低 4 位插入特殊字符，U 通道数据定义为{cnt[1:0],0,1}，IA 通道数据定义为{cnt[1:0],1,0}，IB 通道数据定义为{cnt[1:0],1,1}。其中 cnt 为 0/1/2/3 周期循环计数器，每个通道独立计数。低 4bit 可以让 mcu 实现通道识别以及判断数据是否连续。另外一个目的，这是为了保证 ADC 采样数据永远不可能出现连续 5 个字节的全 0。16bit 波形数据发送则缩减波形数据的最高和最低 2 位后进行发送。

HSTX 模块使能后，每次波形缓存半满后发送半块 SRAM 的波形数据。发送时，首先发送 4 字节帧头，每个字节的校验方式为奇校验。帧头结构为 0x68+0x31+1 字节周波序号+1 字节数据长度（按字计算，包括波形数据和脉冲数据），通过帧头，结合接收的波形数据，mcu 可以判断波形数据是否正确且连续。在波形数据发送完毕后，发送 4 字节校验和（仅对波形数据做校验）以便接收方做数据校验。

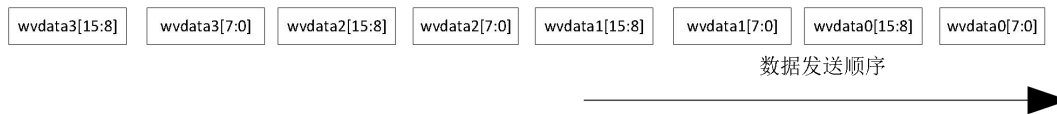
按 word 累加取反：

按 word 累加计算校验和的设计遵循一个原则：先发送的数据放在低字节，凑齐 32bit（1 个 word）进行一次累加。累加完毕后按位取反。帧头不参与校验和的计算。

下图为单通道 16bit 波形数据低字节先发数据发送示意图。若是配置为按 word 累加取反计算校验和，则校验和的计算按照发送顺序组成多个 word 再累加取反，计算公式如下：

$$\text{Chksum}[31:0]=\sim$$

({wvdata1[15:8],wvdata1[7:0],wvdata0[15:8],wvdata0[7:0]}+{wvdata3[15:8],wvdata3[7:0],wvdata2[15:8],wvdata2[7:0]}+.....)



下图为双通道交叉波形缓存，HSTX 配置一个通道 16bit 输出，一个通道 24bit 输出，低字节先发。HSTX 波形数据发送示意图如下：



则校验和计算公式如下：

Chksum[31:0]=
({wvdata1[15:8],wvdata1[7:0],wvdata0[15:8],wvdata0[7:0]}+{wvdata3[7:0],wvdata2[15:8],wvdata2[7:0],wvdata1[23:16]}+.....)

按 byte 累加取反：

若是配置为波形数据校验和按 byte 累加取反计算，则将所有波形数据以 byte 为单位进行累加，累加完毕后取反得出校验和结果。结果保留 32bit。

计量寄存器数据

HSTX 模块将单相芯片所有计量寄存器分为 10 个 bank，每个 bank 数据量为 20byte；BANK 分配如下表所示。其中帧头的校验方式为奇校验，其余字节校验方式为偶校验。

寄存器地址	名称	读写属性	寄存器字节数	内容	
	帧头	R	1	B1H	BANK1 20 个字节 国网 21 版应用上必须
22H	IARMS	R	3	xxxxxx	
23H	IBRMS	R	3	xxxxxx	
24H	URMS	R	3	xxxxxx	
25H	UFreq	R	2	xxxx	
26H	PowerPA	R	4	xxxxxxxx	
2DH	EMUStatus	R	3	xxxxxx	
	校验和	R	1	该 BANK 所有数据的校验和	
	帧头	R	1	B2H	BANK2 20 个字节 国网 21 版应用上部分必须
27H	PowerPB	R	4	xxxxxxxx	
28H	PowerQ	R	4	xxxxxxxx	
36H	PowerQB	R	4	xxxxxxxx	
2EH	EMUStatus2	R	3	EMUStatus2	
7FH	DeviceID	R	3	820900	

	校验和	R	1	该 BANK 所有数据的校验和	
	帧头	R	1	B3H	BANK3 20 个字节 双向计量时需要
	地址	R	1	29H	
29H	EnergyP	R	3	xxxxxx	
	地址	R	1	2BH	
2BH	EnergyD	R	3	xxxxxx	
	地址	R	1	2AH	
2AH	EnergyP2	R	3	xxxxxx	
	地址	R	1	2CH	
2CH	EnergyD2	R	3	xxxxxx	
	保留	R	2	填充值 xxx1H	
	校验和	R	1	该 BANK 所有数据的校验和	
	帧头	R	1	B4	BANK4 20 个字节 基波计量及冻结电能需要
	地址	R	1	37H	
37H	Energy3	R	3	xxxxxx	
	地址	R	1	38H	
38H	Energy4	R	3	xxxxxx	
	地址	R	1	39H	
39H	Energy5	R	3	xxxxxx	
	地址	R	1	3AH	
3AH	Energy6	R	3	xxxxxx	
	保留	R	2	填充值 0001H	
	校验和	R	1	该 BANK 所有数据的校验和	
	帧头	R	1	B5	BANK5 20 个字节 基波计量及冻结电能需要
	地址	R	1	3BH	
3BH	Energy7	R	3	xxxxxx	
	地址	R	1	3CH	
3CH	Energy8	R	3	xxxxxx	
	地址	R	1	3DH	
3DH	Energy9	R	3	xxxxxx	
	地址	R	1	35H	
35H	UFreq2	R	3	xxxxxx	
	保留	R	2	填充值 0001H	
	校验和	R	1	该 BANK 所有数据的校验和	
	帧头	R	1	B6	BANK6 20 个字节 状态寄存器，需要读后清
76H	HW_IBTH	R	3	xxxxxx	
2FH	EMUStatus3	R	4	xxxxxxxx	
41H	IF	R	1	x	

42H	RIF	R	1	x	零，漏电相关寄存器
43H	SysStatus	R	1	x	
20H	PFcnt	R/W	2	xxxx	
30H（拓展）	IBDET_CFG	R/W	1	xx	
21H	DFcnt	R/W	2	xxxx	
31H（拓展）	IBDET_FLG	R/W	1	xx	
3EH	PFcnt3	R/W	2	xxxx	
	校验和	R	1	该 BANK 所有数据的校验和	BANK7 20 个字节 快速脉冲寄存器，必要性不大
	帧头	R	1	B7	
	地址	R	1	3FH	
3FH	PFcnt4	R/W	2	xxxx	
	地址	R	1	48H	
48H	PFcnt5	R/W	2	xxxx	
	地址	R	1	49H	
49H	PFcnt6	R/W	2	xxxx	
	地址	R	1	4AH	
4AH	PFcnt7	R/W	2	xxxx	
	地址	R	1	4BH	
4BH	PFcnt8	R/W	2	xxxx	
	地址	R	1	4CH	
4CH	PFcnt9	R/W	2	xxxx	
	校验和	R	1	该 BANK 所有数据的校验和	
	帧头	R	1	B9	BANK9 20 个字节 全波相关，半周期更新
4DH	HW_PA	R	4	xxxxxxxx	
4EH	HW_QA	R	4	xxxxxxxx	
4FH	HW_IA	R	3	xxxxxx	
77H	HW_IB	R	3	xxxxxx	
78H	HW_U	R	3	xxxxxx	
46H	WAVE_IF	RWC	1	x	
	校验和	R	1	该 BANK 所有数据的校验和	BANK10 20 个字节 基波相关，半周期更新或周期更新
	帧头	R	1	BA	
7AH	HW_FI	R	3	xxxxxx	
7BH	HW_FP	R	4	xxxxxxxx	
79H	HW_FU	R	3	xxxxxx	
7CH	SPL_FU	R	4	xxxxxxxx	
7DH	SPL_FI	R	4	xxxxxxxx	
	校验和	R	1	该 BANK 所有数据的校验和	
		合计	20		

	帧头	R	1	BB	BANK11 IIC 模块相关 寄存器
01H(拓展)	IIC_CTRL	R	2	xxxx	
02H(拓展)	IIC_STA	R	2	xxxx	
03H(拓展)	IIC_SADDR	R	2	xxxx	
04H(拓展)	IIC_TRDAT0	R	2	xxxx	
05H(拓展)	IIC_TRDAT1	R	2	xxxx	
06H(拓展)	IIC_TRDAT2	R	2	xxxx	
07H(拓展)	IIC_TRDAT3	R	2	0x0001	
08H(拓展)	IIC_TRDAT4	R	2	0x0001	
09H(拓展)	IIC_TRDAT5	R	3	0x0001	
	校验和	R	1	该 BANK 所有 数据的校验和	
		合计	20		

其中 bank8 是保留 bank，值为全 0，自动输出使能，用于保持每个周波时间输出的数据总量。其余每个 bank 有独立的输出使能位控制其是否读出。在波形数据输出完毕后，可以选择输出 0/1/2 个 bank 计量寄存器数据。

bank9、bank10 为半波更新寄存器，输出使能后，需要每个半波时间发送一次。其中 bank9 优先级最高。其余 bank 在使能后按照 bank 顺序发出。

每个 bank 的校验和为整个 bank 数据按 byte 累加取反结果（包括帧头、地址、填充值）。此外，寄存器数据可配置发送顺序为低字节/高字节。发送顺序配置仅对 bank 中寄存器数据有效，对帧头、地址、填充值无效。

脉冲数据

脉冲数据长度为 4 字节，脉冲产生周期为 1 个/10ms，最快情况下为 1 个/ms。脉冲数据有三种：PF 脉冲数据、QF 脉冲数据、FPF 脉冲数据。为了防止数据混淆，因此使用四字节的固定数据（该固定数据不与处理后的参数寄存器数据或波形数据重复，最后一个字节为校验和）表示脉冲信号的输出。其中每一字节数据最后插入奇校验码以增加区分度。

中断数据长度为 4 字节，表示内部中断信号拉起。与脉冲数据同理，中断数据为四字节固定数据，该固定数据不与处理后的参数寄存器数据或波形数据重复，其中每一字节数据最后插入奇校验码以增加区分度。

脉冲/中断数据输出具体数据如下图所示（该数据可通过寄存器进行配置，下表展示为默认值）：

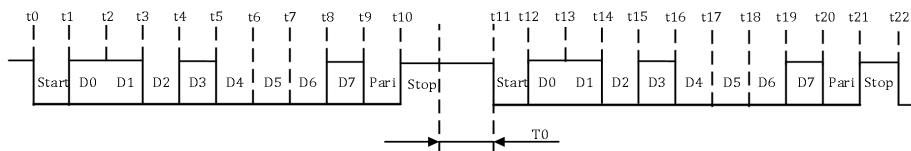
脉冲类型	数据 0	数据 1	数据 2	数据 3
PF	80H	0AH	20H	AAH
QF	80H	0CH	40H	CCH
FPF	80H	0EH	60H	EEH
IRQ	80H	08H	20H	A8H

为了保持脉冲周期一致，每次脉冲产生后等待 12.292us（一个字节发送时间）或 49.168us（一个字发送时间）后发送脉冲数据。在等待时间内，HSTX 模块仅把当前字节/字数据发送完毕后进入空闲状态，不接收新的数据。等待时间结束后，开始发送脉冲数据。发送脉冲数据完毕，HSTX 重新开始接收新的数据。

三种脉冲优先级为 PF>QF>FPF>IRQ，即三种脉冲与中断同时来临时，优先发送 PF 数据，最

后发送中断数据。

5.3.4 HSTX 帧格式



图为 HSTX 模块连续两帧数据发送示意图。和 UART8 比特通信一致，每一帧数据包括起始位 START，8bit 数据，校验位 PARI 以及停止位 STOP。帧与帧之间间隔 T_0 大于等于 0。在连续发送时（波形数据、寄存器数据输出） T_0 等于 0。由上图可见，发送一个字节的数数据算上协议开销需要 HSTX 接口需要发送 11bit，按照 894886 波特率计算，即发送一个字节数据需要 0.0123ms。

5.3.5 HSTX 相关寄存器

见 2.13.6 扩展寄存器

5.3.6 HSTX 应用流程

- 初始化计量芯片 UART 模块，配置波特率；
- 初始化 MCU 芯片 UART 接口功能，配置 UART 接口通信波特率，与计量芯片进行通信；
- MCU 芯片通过 UART 接口读取计量配置寄存器信息，检查计量芯片运行是否正常；
- MCU 芯片通过 UART 接口配置计量芯片开启波形缓存；

使用 UART 接口依次写入 0xEA、0x87，1<<6|6,chksum（启动波形缓存连续缓存，缓存 U/IB 两通道）
- MCU 芯片通过 UART 配置 HSTX 模块控制寄存器，根据需求配置计量寄存器使能，配置 HSTX 输出的数据格式，使能 HSTX 模块，切换计量芯片 TX 功能为 HSTX 功能；通过 UART 接口读取计量芯片参数寄存器或 HSTX 模块控制寄存器，检查计量芯片 HSTX 模块是否配置成功；

HSTX->HSTX_CTL=1<<16|2<<14|20<<8|1<<6|1；//半满时输出两个 Bank，全满时输出 1 个 BANK，开启后 20ms 开始发送数据。IB 通道波形数据输出 24bit，数据高字节先发。

HSTX->HSTX_REG_OE=0x7；//使能 BANK1、BANK2、BANK3

HSTX->HSTX_EN=1；

HSTX->HSTX_LSTX_TXOUT=1；
- MCU 芯片将 UART 接口通信波特率配置 $F_{osc}/4$ ，使能 UART-DMA 功能；
- MCU 芯片配置 UART 模块为 UART_CF 模式，配置对应的脉冲数据中断使能、超时；
- 计量芯片开始通过 TX 引脚使用 $F_{osc}/4$ 波特率发送参数寄存器数据、波形数据中断脉冲数据。
- MCU 芯片接收并处理数据，通过收到数据对单相芯片运行情况进行判断并做下一步操作：

异常情况后续操作如下：

 - 1)发现计量参数寄存器和波形数据的校验和出错，关闭 HSTX 模块。检查 HSTX 与波形

缓存模块配置信息；

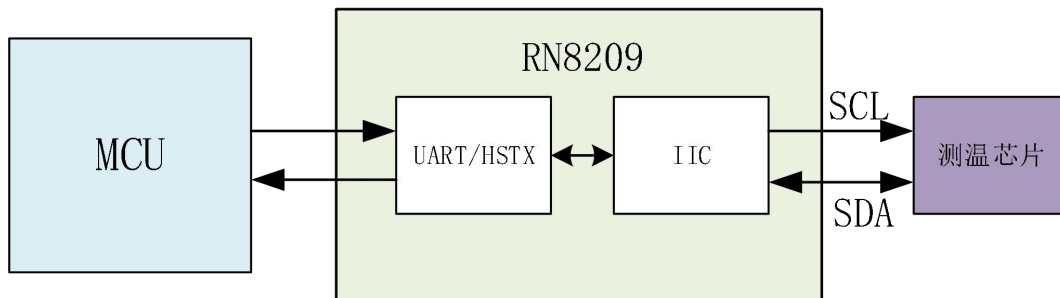
- MCU 芯片接收数据完毕后，清除中断标志，关闭 DMA 使能；退出 UART_CF 模式，恢复常规 UART 功能，配置波特率写指令给单相芯片，切换计量芯片 HSTX 功能为 UART 功能。

5.4 IIC 接口

5.4.1 IIC 接口概述

IIC（Inter-Integrated Circuit），即集成电路总线，是一种两线式串行总线，用于连接微控制器及其外围设备。IIC 总线由串行时钟线（SCL）和串行数据线（SDA）构成通信线路，既可用于发送数据，也可接收数据，是一种半双工通信协议。总线上的主设备与从设备之间以字节(8 位)为单位进行双向的数据传输。通信都是由主设备发起，从设备被动响应，实现数据的传输。

基于市场对端子测温的需求，单相计量芯片需要具备与外部温度传感器通信获取端子温度的能力，因此增加 IIC 接口，能够与市面上通用的温度传感器通信。



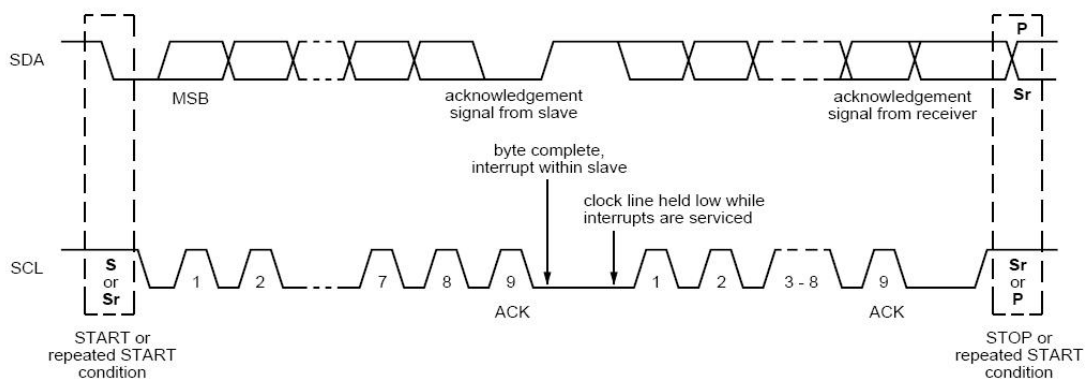
5.3.2 IIC 接口特点

- Uart 读写总线接口；
- 支持选择内部上拉；
- 只支持 Master；
- 支持 7-bit 地址位；
- 传输速度：支持标准模式 100kbps 和快速模式（220kbps）；
- 支持通用模式和专用模式；
- 专用模式有以下特点：
 - 专用模式支持 4 种特定时序，分别为： 8bit 写， 16bit 写， 8bit 读， 多字节读；
 - 支持多字节读，字节数可配（即支持自动测温通道数可配：1~6）；
 - 专用模式：支持单次发送和自动发送。
 - 自动发送模式可以用于自动测温模式，测温间隔寄存器可配。
- 通用模式有以下特点：
 - 支持开始位，应答位，停止位灵活配置；
 - 支持标志位查询：传输完成标志位，收到 NACK 标志位，读写方向标志位

注意：温度传感器芯片建议使用带总线复位的温度传感芯片。

5.4.3 IIC 接口通用协议

IIC 总线由 SDA，SCL 两个信号组成，SDA 是串行数据线，SCL 是串行时钟线。一个完整的 IIC 传输由几部分组成：起始位 S，结束位 P，传输响应位 ACK 以及传输地址/数据字节。传输总是以起始位开始，以结束位结束或者继续以起始位开始新的传输，传输过程中每个字节需要对应的响应位。



5.4.4 IIC 接口特定时序说明

RN8209D V5/RN8209L V5 只支持主机模式，且只支持一主一从或一主多从模式（不支持多主模式）属于专用的 IIC。通用的 IIC 起始位，传输数据，应答位，停止位都是灵活配置的。

RN8209D V5/RN8209L V5 支持通用模式和专用模式。RN8209D V5/RN8209L V5 IIC 为了满足自动测温功能，和减少用户频繁的操作，做了一套专用模式，通过对特定寄存器配置，发送特定的时序。总共 4 种时序，分别为：8bit 写，16bit 写，8bit 读，16bit 读。

发送特定的时序之前，用户可以根据需要写入从机设备地址等。

写时序时，用户能控制的只有从机设备地址，从机寄存器地址，写入的数据。

读时序时，用户能控制的只有从机设备地址，从机寄存器地址。

8 bit 写数据时序									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
开始标志位	START								
从机设备地址								Wr(0)	slave(0)
从机寄存器地址									slave(0)
发送数据byte0									slave(0)
停止标志位	STOP								



5.4.5 IIC 相关寄存器

见 2.13.6 扩展寄存器

5.3.6 IIC 应用流程

引脚复用示例

1. 配置 IIC 模块的 IIC_CTRL[9:8]=0, 将 SDA, SCL IO 内部上拉; (IIC_CTRL[9:8]默认值是 0, 这步可以省略)
2. 配置引脚功能控制寄存器 7 (地址 0x64) =0xF0, 将 QF 管脚复用成 SDA 功能;
3. 配置引脚功能控制寄存器 7 (地址 0x64) =0xFE, 将 PF 管脚复用成 SCL 功能;
4. 之后再正常使用 IIC 模块。

通用模式示例

初始化:

1. 配置 IIC_CFG.SP_MODE=0, 选择通用模式; 配置 IIC_CFG.CLKDIV, 选择 IIC 的传输速率; 配置 IIC_CFG.IIC_EN=1, 使能 IIC。

发送:

1. 配置 IIC_SADDR.SM_ADDR 寄存器, 配置从机设备地址和主机读写方向控制位;
2. 配置 IIC_CTRL.BUSCON=01, 产生开始位;
3. 读 RX_NACK, TRANC, 等待发送完成;
4. 配置 TRDAT0[7:0]寄存器, 选择要读取的从机寄存器地址;
5. 读 RX_NACK, TRANC, 等待发送完成;
6. 配置 TRDAT[7:0]寄存器, 配置要发送的数据;
7. 读 RX_NACK, TRANC, 等待发送完成;
8. 配置 IIC_CTRL.BUSCON=10: 产生 STOP 时序

接收:

1. 配置 IIC_SADDR.SM_ADDR 寄存器, 配置从机设备地址和主机写方向控制位;
2. 配置 IIC_CTRL.BUSCON=01, 产生开始位;
3. 读 RX_NACK, TRANC, 等待发送完成;
4. 配置 TRDAT0[7:0]寄存器, 选择要读取的从机寄存器地址;
5. 读 RX_NACK, TRANC, 等待发送完成;
6. 配置 IIC_SADDR.SM_ADDR 寄存器, 配置从机设备地址和主机读方向控制位;
7. 配置 IIC_CTRL.BUSCON=01, 产生开始位;
8. 读 RX_NACK, TRANC, 等待发送完成但不清除标志;
9. 配置 IIC_CTRL.ACK, 选择接收到第九个 SCL 的时候, 要不要产生 ACK 信号;
10. 清 TRANC 标志, 然后读 RX_NACK, TRANC, 等待接收完成, 若只接收 1byte 则跳到步骤 15;
11. 配置 IIC_CTRL.ACK, 选择接收到第九个 SCL 的时候, 要不要产生 ACK 信号;
12. 配置 IIC_CTRL..RX_SCL_KICK, 启动发送 9 个 SCL;

13. 读 RX_NACK, TRANC, 等待接收完成;
14. 根据需要重复步骤 11~13;
15. 配置 IIC_CTRL.BUSCON=10: 产生 STOP 时序

专用模式示例

初始化:

1. 配置 IIC_CFG.SP_MODE=1, 选择专用模式; 配置 IIC_CFG.CLKDIV, 选择 IIC 的传输速率; 配置 IIC_CFG.IIC_EN=1, 使能 IIC。

单次模式:

写操作时序

1. 配置 TRDAT 寄存器, 配置要发送的数据;
2. 配置 IIC_SADDR.SR_ADDR 寄存器, 配置从机寄存器地址; 配置 IIC_SADDR.SM_ADDR 寄存器, 配置从机设备地址; (注意: SM_ADDR[0]应固定配置为 0)
3. 配置 IIC_CFG.CMDM, 选择发送时序模式为 01 (16bit 写) 或 00 (8bit 写); 配置 IIC_CTRL.ONCE_KICK=1;

(位于同一个寄存器的参数控制位, 可以同时配置, 即写一次 IICCTL 配置完以上参数)

读操作时序

1. 配置 IIC_SADDR.SR_ADDR 寄存器, 配置从机寄存器地址; 配置 IIC_SADDR.SM_ADDR 寄存器, 配置从机设备地址; (注意: SM_ADDR[0]应固定配置为 0)
2. 配置 IIC_CTRL1.CMDM, 选择发送时序模式为 10 (8bit 读) 或 11 (多字节读); 配置 INN_CTRL.ONCE_KICK=1;
3. 配置 IIC_CTRL1.BYTNUM, 选择读 byte 个数;
4. 读取 IIC_STA.TRANC, 为 1 时 IIC, 即可接收到测温结果。
5. TRDATx 寄存器中, UART 口通过读 TRDATx 寄存器, 即可得到温度值。

(补充说明: 每次发起一次读命令, 即可得到一个通道的温度值, 具体是哪个通道的温度值, 由用户配置的 IIC_SADDR.SM_ADDR 寄存器决定)

自动模式:

1. 配置 IIC_SADDR.SR_ADDR 寄存器, 配置从机寄存器地址; 配置 IIC_SADDR.SM_ADDR 寄存器, 配置从机设备地址;
2. 配置 IIC_CFG.BYTNUM, 选择读 byte 个数;
3. 配置 IIC_CFG.CMDM, 选择发送时序模式为 11 (多字节读); 配置 IIC_CFG.AUTO=1, 使能自动模式;
4. 接收到的温度值将会存放在 TRDATx 寄存器中, 且硬件会自动转存更新到 bank11 中。

注意:

单通道自动测温必须满足以下条件:

1. 如果传感芯片测温结果放在两个寄存器中, 则要求两个寄存器必须要支持多字节读功能。
(如果测温结果只放在一个寄存器中, 则可以不支持多字节读)

多通道自动测温必须满足以下条件:

1. 传感芯片要支持多字节读时序, 或者至少温度寄存器要支持多字节读。
2. 所有通道 (支持 1~6 通道) 的测温结果必须放在连续的寄存器地址中。

IIC 数据通过 HSTX 上传示例

通用模式：

可以配置读取多个通道；最多支持 5 通道。读取的数据依次放在 IIC_TRDAT1[15:0]，IIC_TRDAT2[15:0]，IIC_TRDAT3[15:0]，IIC_TRDAT4[15:0]，IIC_TRDAT5[15:0]中；（注意：此功能需要测温芯片支持连续读的功能，且温度结果是存放在连续的寄存器地址中）

1. 配置 IIC_SADDR.SM_ADDR 寄存器，配置从机设备地址和主机读写方向控制位；
2. 配置 IIC_CTRL.BUSCON=01,产生开始位；
3. 等待发送完成；
4. 配置 TRDAT0[7:0]寄存器，选择要读取的从机寄存器地址；
5. 等待发送完成；
6. 配置 IIC_SADDR.SR_ADDR 寄存器，配置从机地址和主机读写方向控制位；
7. 配置 IIC_CTRL.BUSCON=01,产生开始位；
8. 等待发送完成，但不清标志；
9. 配置 IIC_CTRL.ACK，选择接收到第九个 SCL 的时候，要不要产生 ACK 信号；
10. 清标志，等待发送完成，若只接收 1 byte 则跳到步骤 14；
11. 配置 IIC_CTRL.ACK，选择接收到第九个 SCL 的时候，要不要产生 ACK 信号；
12. 配置 IIC_CTRL.RX_SCL_KICK，启动发送 9 个 SCL
13. 根据要接收的 byte 数，重复步骤 11~12，注意读取的最大 byte 数不能超过 10byte。超过 10byte 时，接收数据会错误。
14. 配置 IIC_CTRL.BUSCON=10：产生 STOP 时序

专用模式：

可以配置一次读取多个通道；最多支持 6 通道。读取的数据依次放在 IIC_TRDAT0[15:0]，IIC_TRDAT1[15:0]，IIC_TRDAT2[15:0]，IIC_TRDAT3[15:0]，IIC_TRDAT4[15:0]，IIC_TRDAT5[15:0]中；（注意：此功能需要测温芯片支持连续读的功能，且温度结果是存放在连续的寄存器地址中）

单次：

- 1.启动一次多 byte 读操作。
- 2.读取的数据依次存放在 IIC_TRDAT0[15:0]，IIC_TRDAT1[15:0]，IIC_TRDAT2[15:0]，IIC_TRDAT3[15:0]，IIC_TRDAT4[15:0]，IIC_TRDAT5[15:0]中；
- 3.等上传完 HSTX；
- 4.不断重复步骤 1~3

自动：

- 1.配置自动模式，由 HSTX 触发“启动多 byte 读操作”。
 - 2.读取的数据依次存放在 IIC_TRDAT0[15:0]，IIC_TRDAT1[15:0]，IIC_TRDAT2[15:0]，IIC_TRDAT3[15:0]，IIC_TRDAT4[15:0]，IIC_TRDAT5[15:0]中；
- 整个测温过程就是全自动的，不再需要软件干预。

6 电气特性

计量精度

除非另有说明，典型测试条件：DVDD=AVDD=3.3V 或 5V，TA=25°C

参数	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
火线电能测量误差					
有功	20000:1 的动态范围	-0.1		+0.1	%
无功	20000:1 的动态范围	-0.1		+0.1	%
零线电能测量误差					
有功	8000:1 的动态范围	-0.1		+0.1	%
无功	8000:1 的动态范围	-0.1		+0.1	%
有效值测量					
IARMS	2000:1 的动态范围	-0.1		+0.1	%
IBRMS	1000:1 的动态范围	-0.1		+0.1	%
URMS	1000:1 的动态范围	-0.1		+0.1	%
电能测量带宽	F _{osc} =3.579545MHz		7		kHz
频率测量					
范围		1		250	Hz
分辨率	32 周波 50Hz 测频		0.001		Hz
	4/8/16 周波 50Hz 测频		0.01		Hz
脉冲输出脉宽	高电平		90		ms
电源抑制比					
DC PSRR	DVDD=AVDD=4.5V~5.0V	-0.15		0.16	%
	DVDD=AVDD=2.97V~3.63V	-0.07		0.06	%
AC PSRR	0~80MHz; 200mV _{pp}			0.01	%

ADC 参数

除非另有说明，典型测试条件：DVDD=AVDD=5V，TA=25°C

参数	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
PGA 增益选择(GAIN)					
IA	PGA=4、8、12、16、24、32	4	16	32	V/V
IB/U	PGA=1、2、4	1		4	V/V
满量程摆幅(V _{xP} -V _{xN})					
IA/IB/U	RMS=0.707V; V _{ref} =1.25V	-1000		+1000	V _{pp}
直流输入阻抗(DC)					
IA	PGA=16、24、32		1000		kΩ
IB/U	PGA=1		250		kΩ
失调误差(OFFSET)					
IA	PGA=8		0.2		mV
	PGA=16		0.5		mV
IB	PGA=1		1.2		mV

U	PGA=1		0.9		mV
输出带宽(-3dB)	Fosc3.579545MHz				
IA/IB/U	ADC_CLK=Fosc/2		6.991		kHz
信噪比(SNR)					
IA	PGA=16		90		dB
IB/U	PGA=1		75.4		dB
ADC 串扰					
IA	$f_{(input)}=50\text{Hz}$		-120		dB
IB/U			-90		dB

基准电压

除非另有说明，典型测试条件：DVDD=AVDD=5V，TA=25°C

参数	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
电压基准	TA=25°C; DVDD=AVDD=5V		1.25		V
温度系数	TA=-40°C~85°C DVDD=AVDD=3.3V/5.0V	5	10	15	ppm/°C
电源抑制比					
DC PSRR	DVDD=AVDD=4.5V~5.5V		±0.5		mV
	DVDD=AVDD=2.97V~3.63V		±0.4		mV
AC PSRR	0~80MHz; 200mVpp		±0.2		mV
负载能力	外接 1uF+0.1uF 电容; 3.97V 3.3V 5.0V 5.5V		0.75 0.95 2.5 3.05		mA mA mA mA
离散度	TA=25°C; DVDD=AVDD=5V	1.244	1.25	1.256	mV

时钟输入

除非另有说明，典型测试条件：DVDD=AVDD=3.3V 或 5V，TA=25°C

参数	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
输入时钟频率	CL=10pF~18pF、 <u>ESR=120 Ω</u> <u>ESR=80 Ω</u>		3.579545 5.5296		MHz
起振裕度	负载电容 15pF~30pF ; DVDD=AVDD=2.6V~5.5V ; TA=-40°C~+85°C;		5		倍

数字逻辑

除非另有说明，典型测试条件：DVDD=AVDD=3.3V 或 5V，TA=25°C

参数	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
SPI 最大时钟速率 (SCLK)	t1>2.3us(t1 定义参见图 4-2); Fosc =3.579545MHz			2.8	MHz
UART 波特率容限	2400bps@Fosc3.579545MHz	-4		+4	%

	4800bps@Fosc3.579545MHz	-4		+4	%
	9600bps@Fosc3.579545MHz	-4		+4	%
	19200bps@Fosc3.579545MHz	-4		+4	%
	Z				
TTL 逻辑输入(RSTN、A0、A1、SDI/RX、SCLK/B0、SCSN/B1)					
输入高电平, V_{INH}	DVDD=AVDD=5V	2.0			V
	DVDD=AVDD=3.3V	1.5			V
输入低电平, V_{INL}	DVDD=AVDD=5V			0.8	V
	DVDD=AVDD=3.3V			0.6	V
CMOS 逻辑输出(PF、QF、SDO、IRQN/ZX)					
输出高电平, V_{OH}	DVDD=AVDD=3.3V; $I_{SOURCE}=5mA$	2.97			V
输出低电平, V_{OL}	$I_{SINK}=14mA$			0.33	V
CMOS 逻辑输出(PF、QF、SDO、IRQN/ZX)					
输出高电平, V_{OH}	DVDD=AVDD=5.0V; $I_{SOURCE}=9mA$	4.5			V
输出低电平, V_{OL}	$I_{SINK}=25mA$			0.5	V

电源电压输入和功耗

除非另有说明, 典型测试条件: DVDD=AVDD= 5V, $T_A=25^{\circ}C$

参数	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
模拟电源电压	5.0V $\pm$ 10%应用	4.50	5.0	5.5	V
	3.3V $\pm$ 10%应用	2.97	3.3	3.63	V
数字电源电压	5.0V $\pm$ 10%应用	4.50	5.0	5.5	V
	3.3V $\pm$ 10%应用	2.97	3.3	3.63	V
功耗	DVDD=AVDD=5V;				
I_{AVDD}	关 IB 通道 ADC		3.59		mA
	开 IB 通道 ADC		4.00		mA
I_{DVDD}	Fosc=3.579545MHz;		1.29		mA
	Fosc= 5.5296MHz;		1.81		mA
I_{AVDD}	DVDD=AVDD=3.3V;				
	关 IB 通道 ADC		3.32		mA
	开 IB 通道 ADC		3.72		mA
I_{DVDD}	Fosc=3.579545MHz;		0.68		mA
	Fosc= 5.5296MHz;		0.98		mA

极限参数

参数	
DVDD 到 DGND	-0.3V~+7V
AVDD 到 AGND	-0.3V~+7V
DGND 到 AGND	-0.3V~+0.3V
模拟输入到 AGND; V1P、V1N、V2P、V2N、V3P、	-6V~+6V

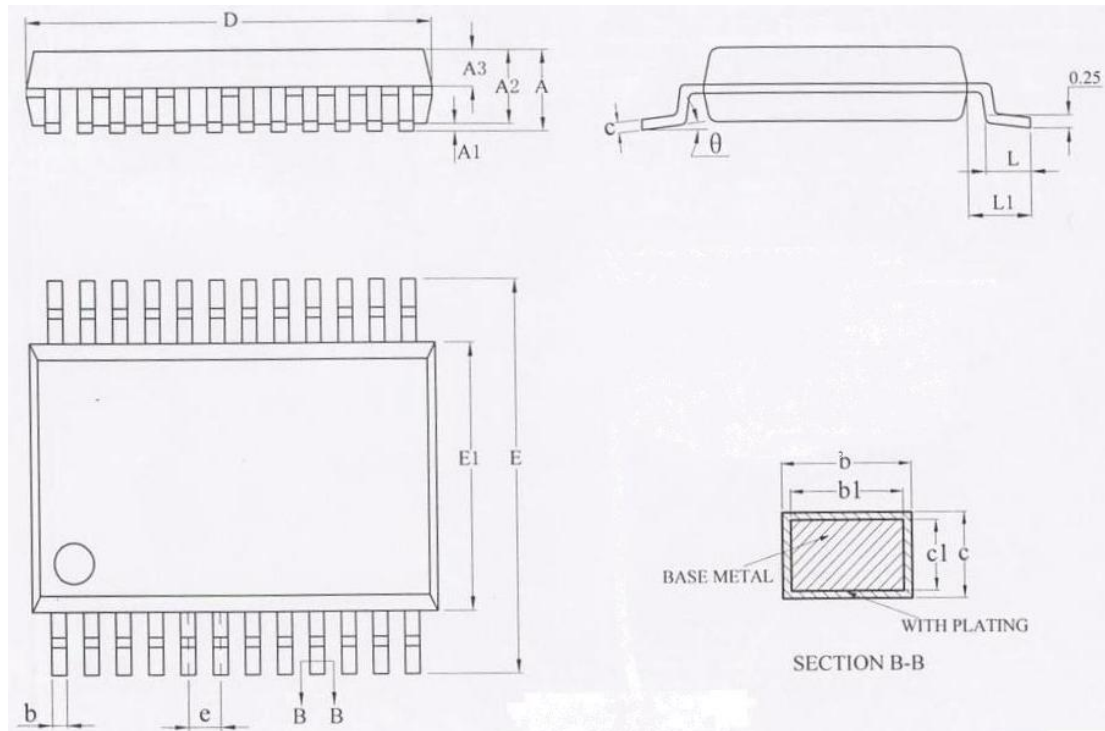
V3N	
数字输入电压相对于 DGND	-0.3V~DVDD+0.3V
数字输出电压相对于 DGND	-0.3V~DVDD+0.3V
工作温度范围	-40°C~+85°C
存储温度范围	-65°C~150°C
最大结温	150°C

ESD 参数

参数	测试条件/注释	值	单位
静电放电 (ESD)	人体模型 (HBM), 按照标准JEDEC EIA/JESD22-A114,在所有引脚上进行	4500	V
	机械模型 (MM), 按照标准JEDEC EIA/JESD22-A115C, ,在所有引脚上进行	400	V
湿度敏感性(MSL)	按照标准IPC/JEDEC J-STD-020D.1评定	3级	/
闩锁实验 (LatchUP)	按照标准JEDEC STANDARD NO.78D NOVEMBER 2001,在所有引脚上进行	200	mA

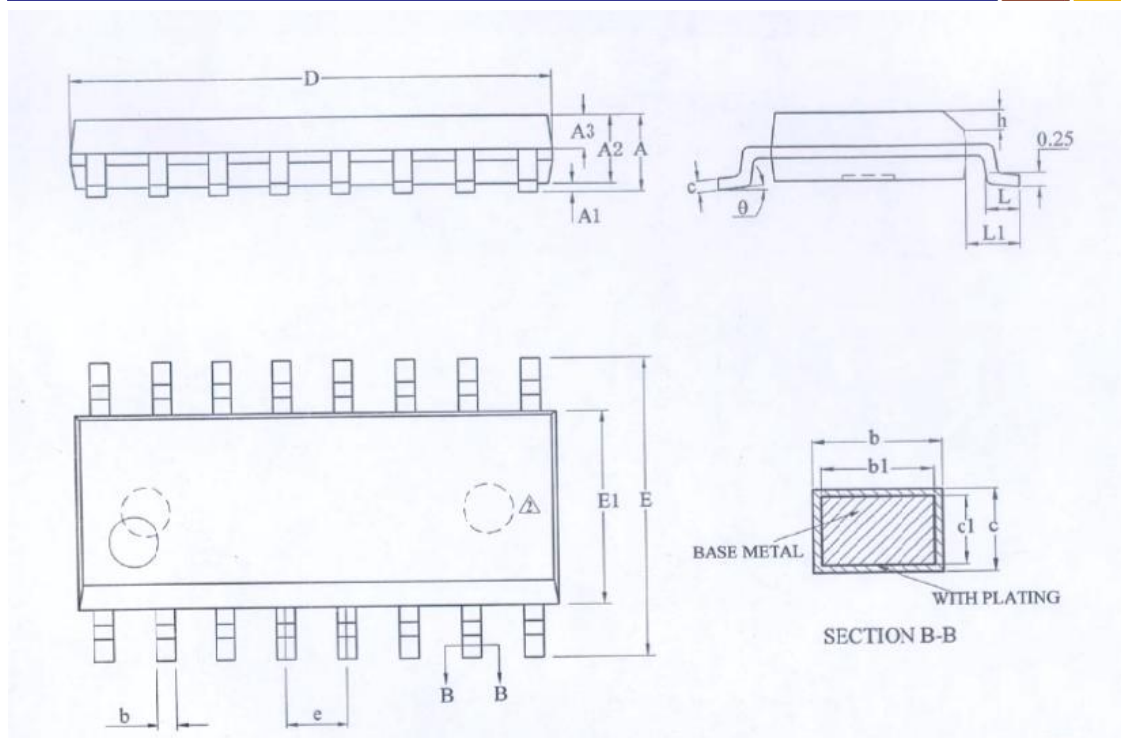
7 芯片封装及焊接条件

RN8209D V5-SSOP24 芯片封装尺寸:



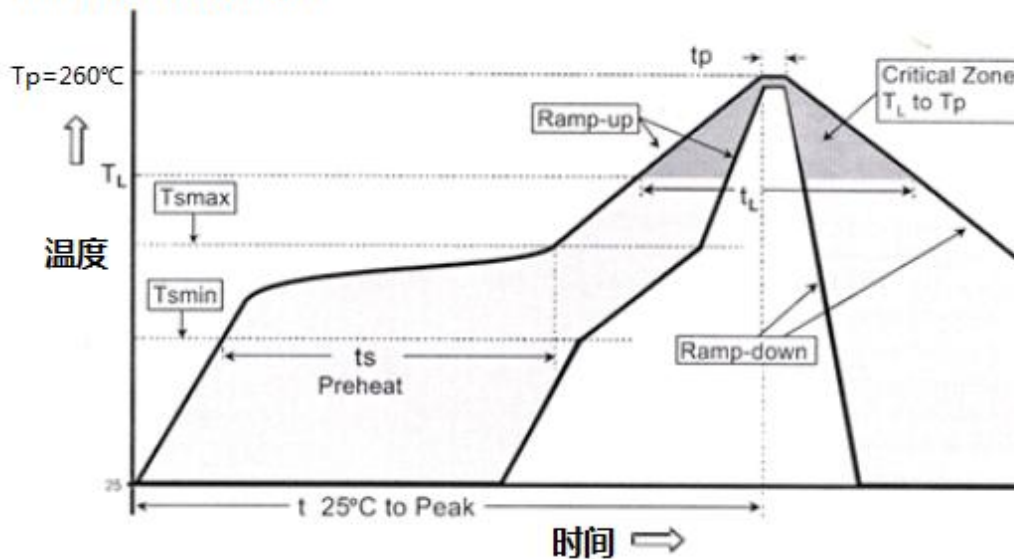
SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	---	---	1.85
A1	0.05	0.15	0.25
A2	1.30	1.50	1.70
A3	0.57	0.67	0.77
b	0.29	---	0.37
b1	0.28	0.30	0.33
c	0.15	---	0.20
c1	0.14	0.15	0.16
D	8.00	8.20	8.40
E	7.60	7.80	8.00
E1	5.10	5.30	5.50
e	0.65BSC		
L	0.75	0.90	1.05
L1	1.25BSC		
θ	0	----	8°

RN8209L V5-SOP16L 芯片封装尺寸:



SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	---	---	1.75
A1	0.05	---	0.225
A2	1.30	1.40	1.50
A3	0.6	0.65	0.70
b	0.39	---	0.48
b1	0.38	0.41	0.43
c	0.21	---	0.26
c1	0.19	0.20	0.21
D	9.70	9.90	10.10
E	5.80	6.00	6.20
E1	3.70	3.90	4.10
e	1.27BSC		
h	0.25	---	0.5
L	0.5	---	0.8
L1	1.05BSC		
θ	0	-----	8°

回流焊炉温度设定条件



回流焊炉的温度设定曲线

分布图特征	值
平均倾斜上升率 (T_L to T_p)	最大 $3^{\circ}\text{C}/\text{秒}$
预热 最小温度 ($T_{s\ min}$) 最大温度 ($T_{s\ max}$) 时间 (最小-最大) (t_s)	150°C 200°C 60-180 秒
$T_{s\ max} - T_L$ 倾斜上升率($T_{s\ max}$ to T_L)	最大 $3^{\circ}\text{C}/\text{秒}$
保持以上时间 -温度 (T_L) -时间 (t_L)	217°C 60-150 秒
峰值温度 (T_p)	$260+5/-0^{\circ}\text{C}$
实际峰值温度 5°C 内的时间 (t_p)	20-40 秒
倾斜下降率	最大 $6^{\circ}\text{C}/\text{秒}$
25°C到峰值温度的时间	最大 8 分钟
保温温度 T_L 峰值温度 T_p 平均倾斜上升率(T_L to T_p)	217°C 260°C 最大 $3^{\circ}\text{C}/\text{秒}$

8 芯片外观

RN8209D V5



- 黑色圆点: 1 脚标识。
-  Renergy: 锐能微识别标识。
- RN8209D: 产品型号。
- LLLLLLLLLL: 生产批次

RN8209L V5



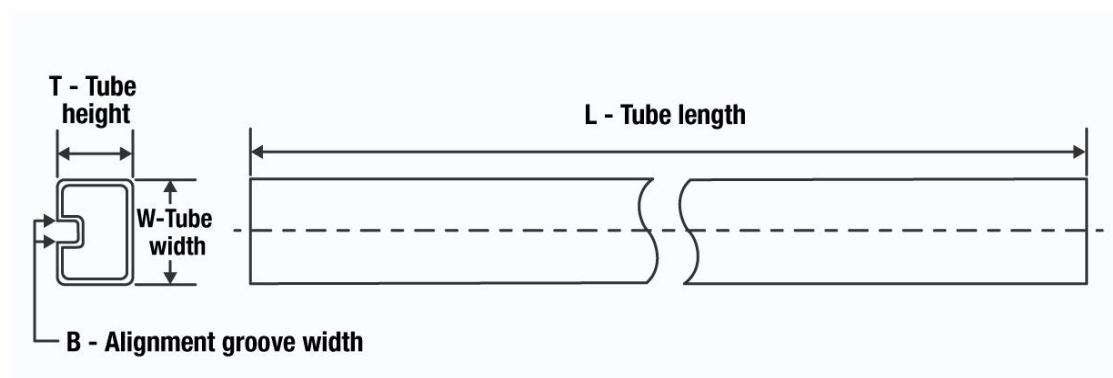
- 黑色圆点: 1 脚标识。
-  Renergy: 锐能微识别标识。
- RN8209L: 产品型号。
- LLLLLLLLLL: 生产批次

9 包装信息

该芯片出货提供管装和编带两种包装方式，具体规格如下。

9.1 料管规格

封装形式	管装						
	每管数量	B(mm)	T(mm)	W(mm)	L(mm)	每盒数量	每箱数量
SSOP24	60	5.0±0.15	3.5±0.1	10.8±0.1	520±1.0	10000	60000
SOP16	50	2.4±0.1	3.4±0.1	7.8±0.1	520±1.0	10000	60000



9.2 编带规格

封装形式	编带									
	每盘数量	卷盘直径(mm)	卷盘宽度(mm)	A0(mm)	B0(mm)	K0(mm)	P1(mm)	W(mm)	Pin1 象限	每箱数量
SSOP24	2000	330±1	16.4±0.2	8.4±0.1	8.7±0.1	2.5±0.1	12.0±0.1	16.0±0.1	左上	20000
SOP16	3000	330±1	16.4±0.2	6.7±0.1	10.4±0.1	2.0±0.1	8.0±0.1	16.0±0.1	左上	30000

