

RN8209C/RN8209D/RN8209E V4 版

用户手册

Rev1.4

RN8209C_D_E V4 版相对 RN8209C_D_E V3 版升级说明

注：RN8209C_D_E V3 为动态范围 8000:1 的批量版本

升级点	RN8209C_D_E V4 版	RN8209C_D_E V3 版
兼容性	硬件及软件向下兼容 V3 版	/
ADC 性能提升	动态范围 20000:1	动态范围 8000:1
	IA 通道默认 16 倍 PGA, 5%Ib 点跳差减小为 V3 版本的大约一半	/
	IA 通道 PGA 可选择 4、8、12、16(缺省)、24、32 倍, 不再支持 1 倍和 2 倍 PGA=24 倍时, 小信号跳差相对于默认的 16 倍 PGA 有进一步提升, 客户软件可预留支持 24 倍 PGA。 PGA=24 或 32 倍时, 更有利于宽量程表使用小阻值锰铜, 客户软件也可预留支持 32 倍 PGA。	IA 通道 PGA 可选择 1、2、8、16 倍
基准电压	提升基准电压监测功能, 新增两种基准电压监测标志	仅一种基准电压监测标志
采样通道	新增瞬时波形更新中断	不支持
无功功率	支持火线和零线双路无功功率	支持火线或零线无功功率
过零检测	新增 IA 通道过零从 TX 引脚输出, 可辅助继电器拉合闸操作	不支持
波形缓存	支持 ADC 波形缓存功能, 通过 UART 口可以得到完整周波数据用于谐波分析; 通过 SPI 口可以得到连续更新的实时采样波形。	不支持
UART 接口	新增配置、读波形缓存相关命令	不支持
	新增 UART 模块复位功能	不支持
SPI 接口	新增配置、读波形缓存相关命令	不支持
引脚	新增 QF 引脚复用输出有功功率负向指示 REVP 信号	不支持
DeviceID	新增寄存器 DeviceID2=0x820903	仅寄存器 DeviceID=0x820900
功耗	典型 5V 供电, 功耗 5mA 左右	典型 5V 供电, 功耗 3mA 左右

RN8209C_D_E V4 版应用指南: 请参考《RN8209C_D_E V4 简介 v1.1》

版本更新说明

版本号	修改时间	修改内容
V1.0	2022-12-20	首次发布
V1.1	2023-02-14	新增 2.12.4 章节波形缓存应用说明； 新增 4 章节直流应用说明；
V1.2	2023-09-25	新增采样电路抗混叠参数说明
Rev1.3	2024-1-30	1、修改手册名称，统一手册命名规范 2、修改笔误，湿敏等级缩写为 MSL 3、修改笔误，EmuStatus2 寄存器地址是 0x2e，不是 0x48 4、修改描述，EmuStatus2 寄存器的 VREF_OK 位描述 5、增加最大结温描述
Rev1.4	2024-7-18	1、修改 UART 口的 VIL 阈值 2、增加包装信息

目录

RN8209C_D_E V4 版相对 RN8209C_D_E V3 版升级说明	2
1 芯片介绍	6
1.1 芯片特性	6
1.2 功能简介	7
1.3 功能框图	7
1.4 管脚定义	8
1.5 典型应用	12
2 系统功能	13
2.1 电源监测	13
2.2 系统复位	13
2.3 模数转换	14
2.4 有功功率	14
2.5 无功功率	15
2.6 有效值	16
2.7 能量计算	16
2.8 通道切换	17
2.9 频率测量	17
2.10 过零检测	18
2.11 中断	18
2.12 波形缓存	19
2.13 寄存器	25
3 校表方法	43
3.1 概述	43
3.2 校表流程和参数计算	43
3.3 举例	46
4 直流应用说明	48
4.1 概述	48
4.2 基本参数	48
4.3 直流 OFFSET 校正	48
4.4 有效值 OFFSET 校正	49
4.5 转换系数	49
4.6 功率增益校正	49
4.7 有功偏置 OFFSET 校正	50
5 通信接口	51
5.1 SPI 接口	51
5.2 UART 接口	54
6 电气特性	58
7 芯片封装及焊接条件	62
8 芯片外观	66
9 包装信息	67
9.1 料管规格	67

9.2 编带规格	67
----------------	----

1 芯片介绍

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)两路无功功率输出，支持双路无功功率
- 提供一路脉冲频率发生器，可用于对用户自定义功率进行电能累加积分
- 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

✓ 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
- ✓ 支持任意单通道或双通道 ADC 波形缓存功能，通过 SPI 口可实现连续波形读取，通过 UART 口可实现整周波数据读取。
- ✓ 提供 SPI 和 UART 通信接口
- ✓ 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
- ✓ RN8209 +5V/3.3V 电源供电，功耗典型值为 25mW@5V、14mW@3.3V
- ✓ 内置 1.25V $\pm$ 1% 参考电压，温度系数典型值 5ppm/ $^{\circ}$ C，最大 15ppm/ $^{\circ}$ C
- ✓ 采用 SSOP24 (RN8209D) /SOP16L (RN8209C) /SSOP16L(RN8209E)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 V4 版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

RN8209 能够测量有功功率、无功功率、电压与电流有效值、电压线频率，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和无功电能计量，可以实现灵活的防窃电方案。

RN8209 支持全数字的增益、相位和 OFFSET 校正。有功电能脉冲从 PF 管脚输出，无功电能脉冲/用户自定义电能脉冲频率/REVP 可从 QF 引脚输出。

RN8209C 和 RN8209E 提供串行接口 UART，固定波特率 4800，管脚全局复位和局部复位与 UART 输入引脚 RX 复用。

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

RN8209 内部的电源监控电路可以保证上电和断电时芯片的可靠工作。

1.3 功能框图

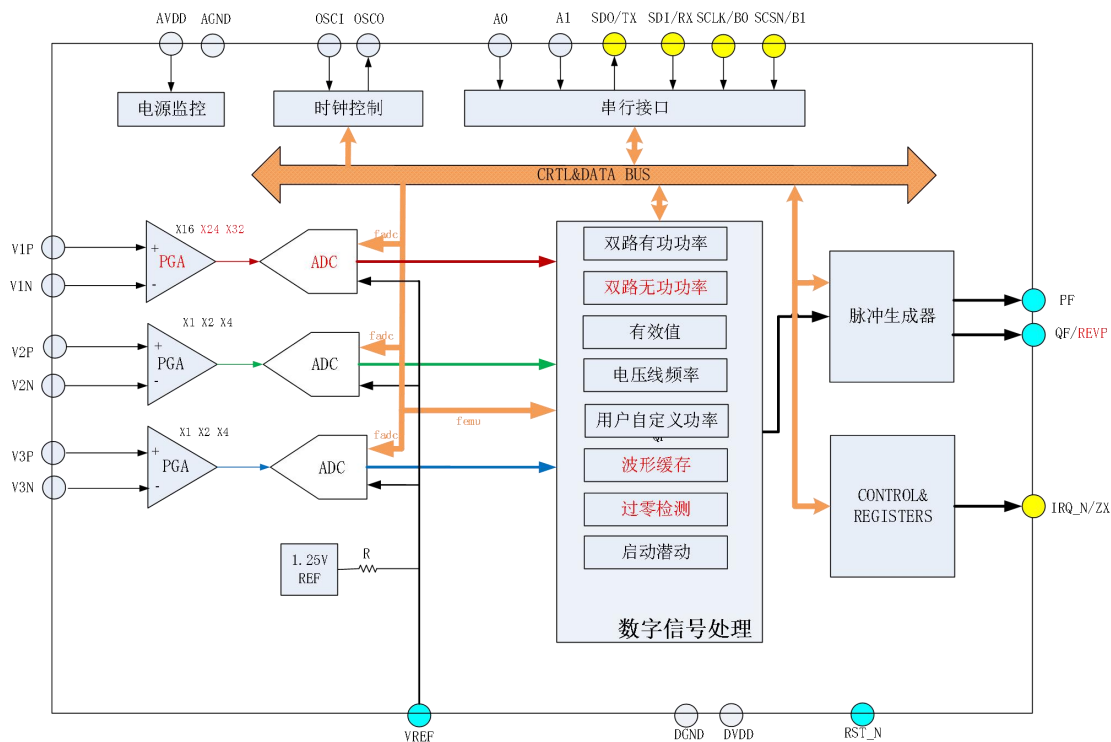


图 1-1 功能框图

1.4 管脚定义

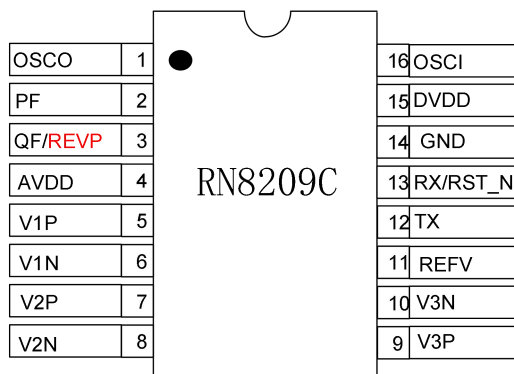


图 1-2 RN8209C-SOP16L 管脚排列图

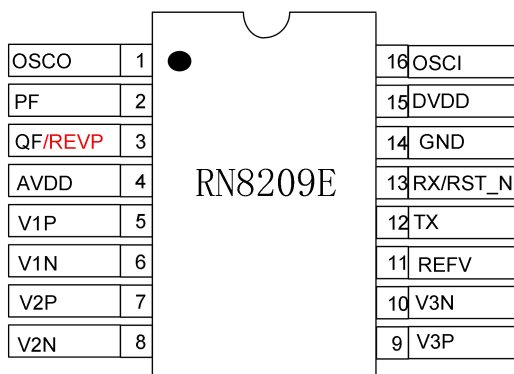


图 1-3

RN8209E-SSOP16L 管脚排列图

表 1-1 RN8209C_E 管脚功能说明

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：3V-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 $\pm 1000\text{mV}$ ，最大承受电压为 $\pm 6\text{V}$ 。 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 $\pm 1000\text{mV}$ ，最大承受电压为 $\pm 6\text{V}$ 。 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 $1\mu\text{F}$ 电容并联 $0.1\mu\text{F}$ 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。
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 $10\mu\text{F}$ 电容并联 $0.1\mu\text{F}$ 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 $\pm 10\%$ 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 或 22pF，内部已有约 4M 欧姆的跨接电阻，外部不需要加跨接电阻。要求外部晶体的 ESR 小于 50 欧姆。

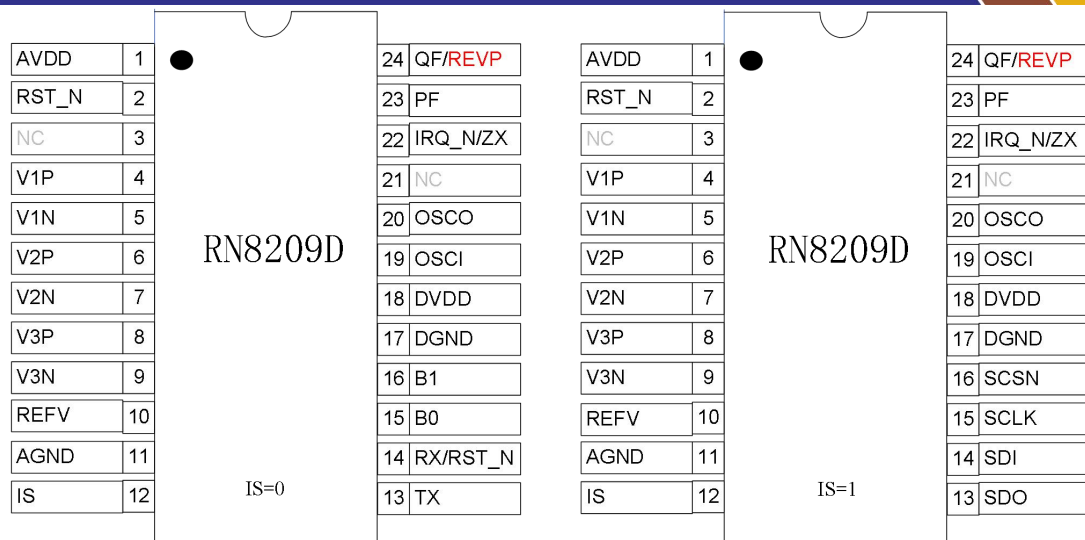


图 1-4 RN8209D-SSOP24 管脚排列图

表 1-2 RN8209D-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 10 μ F 电容并联 0.1 μ F 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 $\pm 10\%$ 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 0.1 μ F 的去耦电容。
3	NC	NC	不连接。
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 V _{pp} 为 ± 1000 mV，最大承受电压为 ± 6 V。 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 V _{pp} 为 ± 1000 mV，最大承受电压为 ± 6 V。 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 V _{pp} 为 ± 1000 mV，最大承受电压为 ± 6 V。 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 1 μ F 电容并联 0.1 μ F 电容进行去耦。
11	AGND	电源	模拟地。
12	IS	输入	串行通信类型选择引脚，确定芯片的通信接口类型。

			IS=0，选择 UART 作为通信接口； IS=1，选择 SPI 作为通信接口。 内部悬空，由外部上拉或下拉。				
13	SDO/TX	输出	SDO 和 TX 复用引脚。 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。				
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 2400 波特率</td><td>{B1,B0}=01 4800 波特率</td></tr><tr><td>{B1,B0}=10 9600 波特率</td><td>{B1,B0}=11 19200 波特率</td></tr></table>	{B1,B0}=00 2400 波特率	{B1,B0}=01 4800 波特率	{B1,B0}=10 9600 波特率	{B1,B0}=11 19200 波特率
{B1,B0}=00 2400 波特率	{B1,B0}=01 4800 波特率						
{B1,B0}=10 9600 波特率	{B1,B0}=11 19200 波特率						
16	SCSN/B1	输入	当 IS=1 时，该引脚为 SPI 片选信号，低有效，3.3V/5V 兼容引脚。 内部悬空，由外部上拉。 当 IS=0 时，作为 B1，见 B0 说明。				
17	DGND	电源	数字地。				
18	DVDD	电源	数字电源引脚。用于给芯片数字部分供电。该引脚应外接 10μF 电容并联 0.1μF 电容去耦。正常应用范围：3V-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。要求外部晶体的 ESR 小于 50 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	中断/过零检测输出管脚，复位后，为中断管脚。 Zxcfg=0（EMUCON-bit7）时作为中断请求 IRQ_N； Zxcfg=1（EMUCON -bit7）时作为 ZX：电压通道过零输出。				
23	PF	输出	有功电能校验脉冲输出，默认状态低电平输出。其频率反映瞬时有功功率的大小。具有 5mA 的输出和吸电流能力。				
24	QF/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。				

1.5 典型应用

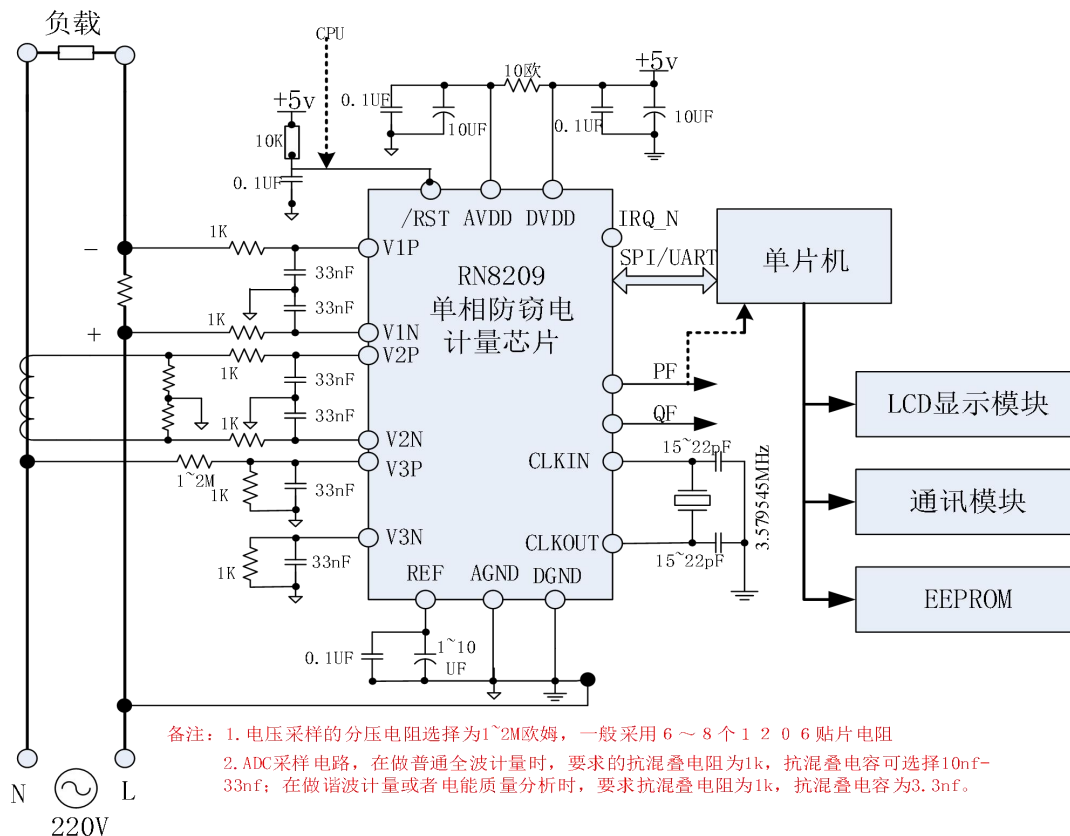


图 1-5 单相防窃电表典型应用

RN8209 包含 3 路 $\Sigma\text{-}\Delta$ 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

RN8209 片内包含一个电源监测电路，连续对模拟电源（AVDD）进行监控。当电源电压低于 $2.6V \pm 0.1V$ 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。

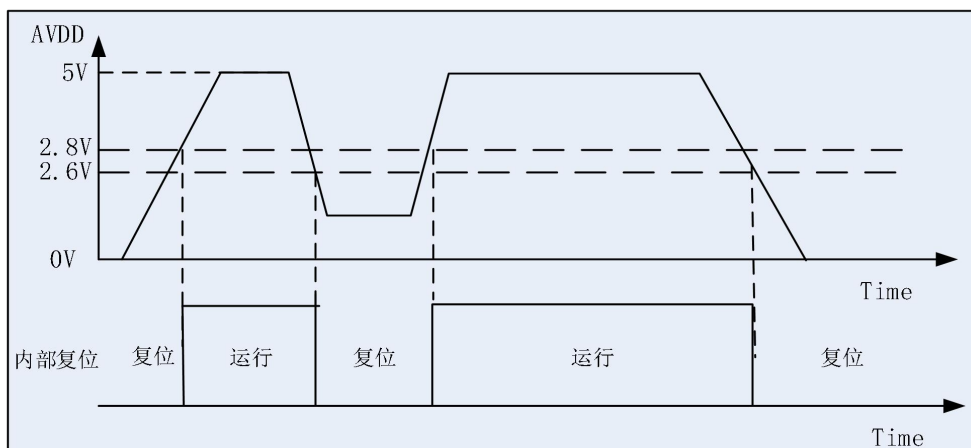


图 2-1 电源检测特性

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

RN8209 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

RN8209 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 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 以上后完成复位动作。

RN8209C/D/E 的 RX 引脚同时也是复位引脚，当输入信号低电平超过 20ms 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。RN8209C/D/E 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，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

RN8209C/D/E 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 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，注意一旦超过 20ms 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

RN8209 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

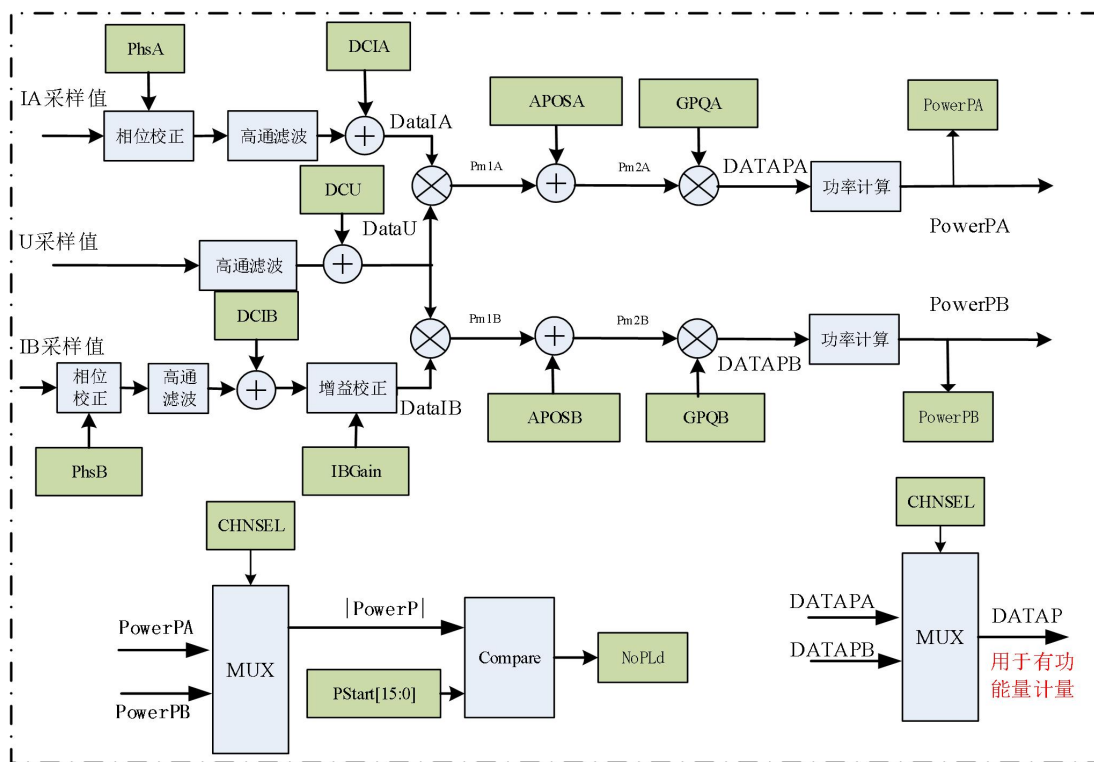


图 2-2 有功功率框图

RN8209 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。

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, RN8209 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

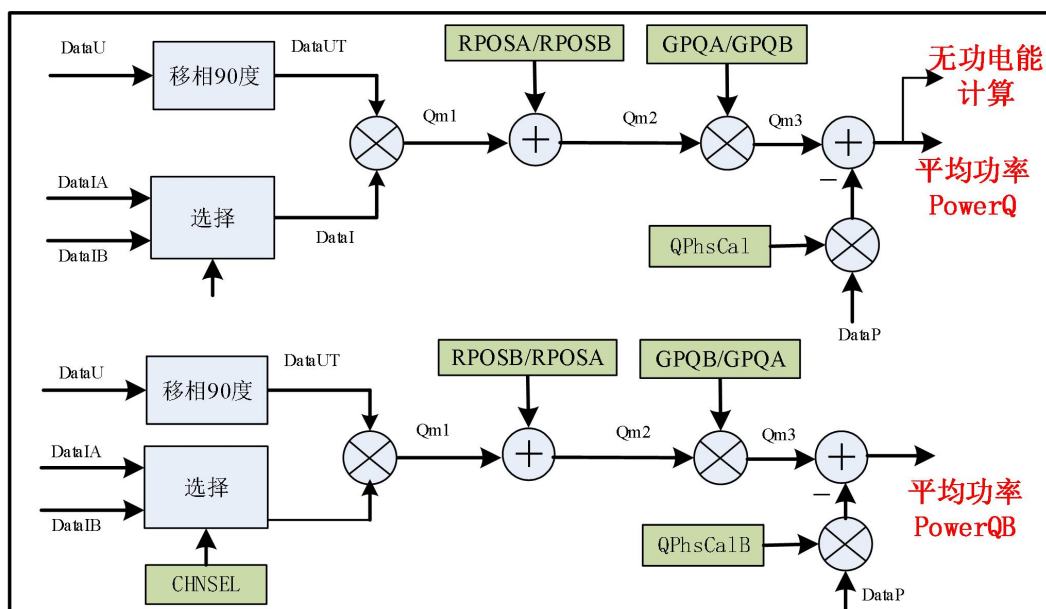


图 2-3 无功功率框图

RN8209 包含一路无功功率和无功电能计算电路, 用于计算 PowerQ 以及无功电能, 其中用于计量的 DataUT 是 DataU 移相 90 度的结果; DataI 来自 DataIA 或者 DataIB, 选择 A 路或者 B 路电流可以通过特殊命令进行配置, 通过寄存器位 CHNSEL 查询配置结果。

RN8209 包括另外一路无功功率计算电路, 默认计算通道 B 无功功率。

PowerQ	无功功率, 默认选择为 A 路无功功率。受通道切换命令的控制, 可选择为 A 路或 B 路无功功率。通道切换时, 功率增益、功率 offset 校正也会选择对应通道。PowerQ 一直采用无功相位补偿 QPhsCal 寄存器, 不受通道切换影响。
PowerQB	无功功率 B, 默认为 B 路无功功率, 受通道切换命令的控制, 可选择为 A 路或 B 路无功功率。通道切换时, 功率增益、功率 offset 校正也会选择对应通道。PowerQB 一直采用无功相位补偿 QPhsCal2 寄存器, 不受通道切换影响。

2.6 有效值

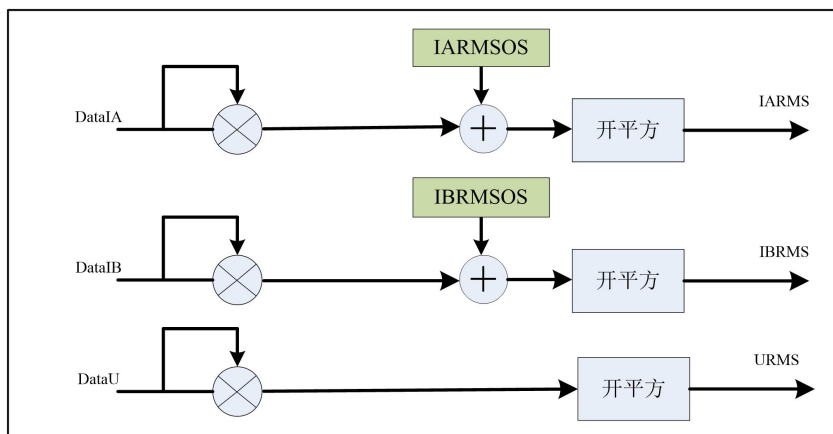


图 2-4 有效值计算框图

RN8209 提供三个通道的真有效值参数输出，包括 URMS、IARMS、IBRMS。字长为 24bit，每 3.414Hz 或 13.655Hz 更新一次。此外还包括两个有效值 offset 寄存器：IARMSOS 和 IBRMSOS。

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

2.7 能量计算

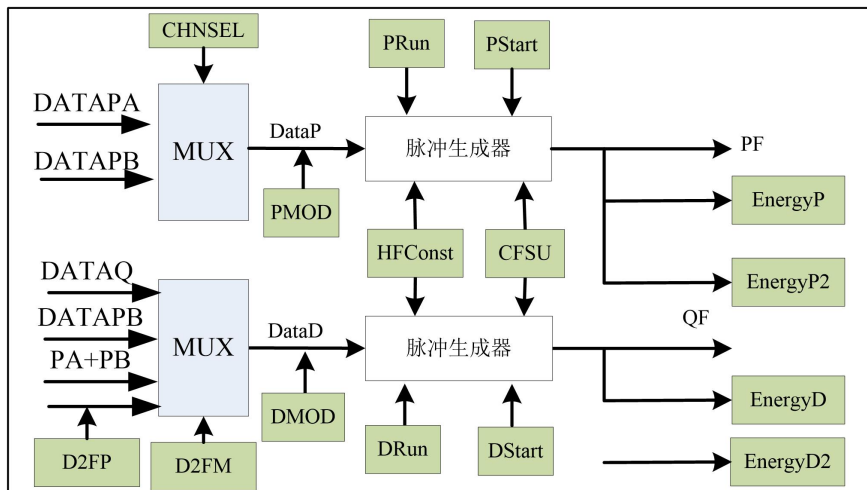


图 2-5 能量计算

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：

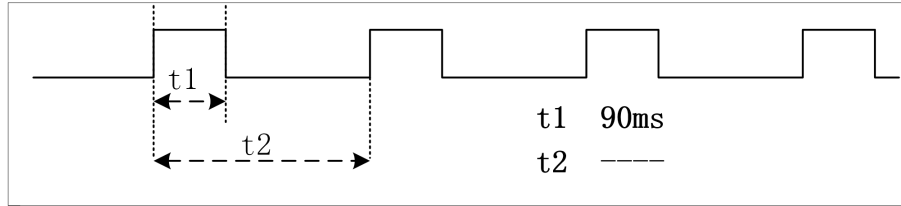


图 2-6 输出脉冲宽度

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

RN8209 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

RN8209 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，测量带宽 250Hz。

RN8209 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，测量带宽 250Hz。

2.10 过零检测

RN8209 通过配置 ZXCFCF (EMUCON.7) 选择引脚 IRQ_N/ZX 开启/关闭过零输出。

RN8209 通过配置 ZXD1 (EMUCON.9)、ZXD0 (EMUCON.8) 寄存器位选择四种过零输出方式。

RN8209 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。

2.11 中断

RN8209 中断资源包括 1 个中断允许寄存器 IE、2 个中断状态寄存器 IF 和 RIF、一个复用的中断请求管脚 IRQ_N/ZX。其中 RIF 同 IF，读 RIF 可清 IF，读 IF 也可清 RIF。

RN8209 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 ZXCFCF 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：

- RN8209 的 IRQ_N 通常和 MCU 的外部中断管脚/INT 相连，当 IRQ_N 由高变低时 MCU 产生/INT 中断。
- MCU 作为 SPI 或 UART 主机，RN8209D 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 RN8209 RIF，清 IF 和 RIF 中断标志；
2. 配置 RN8209 IE 寄存器，使能需要的中断允许位以产生 IRQ_N；
3. MCU 使能/INT 外部中断，等待 RN8209 中断事件发生，IRQ_N 输出触发/INT 中断，跳入/INT 的中断入口地址。

步骤二：MCU 中断服务程序

1. 关闭 MCU 全局中断和/INT 中断；
2. MCU 通过 SPI 读 RIF 寄存器，清 IF 和 RIF 寄存器，将 IRQ_N 恢复到高电平。
3. MCU 通过判断 RIF 的中断标志来判断 RN8209 的中断源，转而执行相应的中断处理程序。
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。

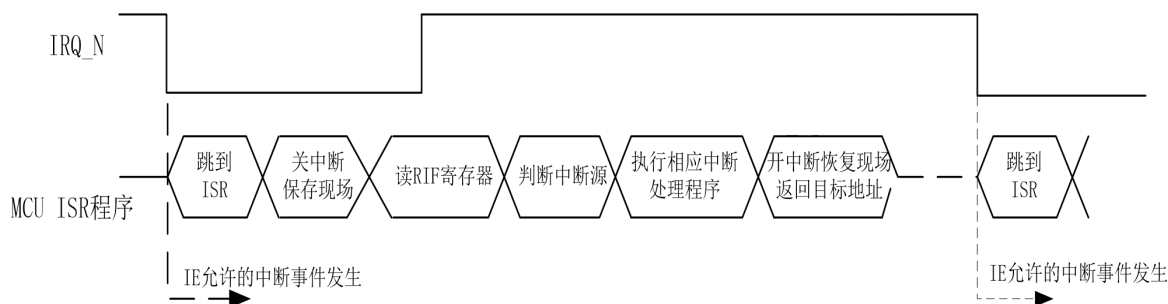


图 2-7 RN8209D 中断处理过程

2.12 波形缓存

RN8209 新增内置 156*16bit 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。

波形缓存源头可选择 IA/IB/U 通道中的任意 1 个或任 2 个，并可配置单次或连续缓存，采样率 13.9824kHz/6.991kHz/3.495kHz 可选，其中 13.9824kHz 采样率为外接晶振频率的 256 倍分频。

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。

2.12.1 波形缓存特点

- 支持连续缓存和单次缓存
- 每次缓存的数据源可配置为任一通道或任意两个通道
- 13.9824kHz/6.991kHz/3.495kHz 采样率可选
- 原始波形为 24 位，只缓存原始波形的高 16 位
- 内部 SRAM 大小 156*16，固定缓存 156 点数据
- 采样率为 6.991kHz/3.495kHz 时，保证至少可以缓存一个周波数据
- 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

2.12.2 波形缓存方式

单次缓存

单次缓存每次启动之后固定缓存 156 点的波形，存满即止。缓存时间如下：

通道数	采样率 (Hz)	SRAM 大 小	缓存半满时间 (ms)	缓存全满时间 (ms)

		(点)		
1	3495	156	22.286	44.571
2	3495	156	11.143	22.286
1	6991	156	11.146	22.286
2	6991	156	5.571	11.143
1	13982	156	5.571	11.143
2	13982	156	2.786	5.571

建议用户根据缓存方式等待缓存完成之后再读取缓存的内容，每读一次缓存后，读地址指针会自动加 1，地址大于缓存长度后，读指针回到起始地址。

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。

连续缓存

启动连续缓存之后，读指针自动回到首地址，并且从首地址开始缓存波形数据。

当存满半块 SRAM 数据时产生半满标志，如果使能了中断，则产生半满中断，并且接着另外的 SRAM 进行波形存储。此时用户可通过读波形命令开始读取已存满的半块 SRAM 的波形，读波形命令会自动清半满标志。当另外半块存满后，也会产生标志和中断，并且接着循环存储，此时用户可读取该半块 SRAM 的波形。

当用户还未来得及读走 SRAM 数据而发生波形覆盖时，会产生数据覆盖错误标志，如果使能了中断，则会产出数据覆盖错误中断。

建议用户根据缓存方式选择合适 SPI 速度来读取半满的波形缓存数据，保证得到连续的波形数据，防止发生数据覆盖。当采样率选择为 13.982kHz 时，建议的 SPI 接口速度不低于 600kHz，这样可以保证得到连续的不间断的两通道 ADC 采样数据。

调整采样率

当采样率为 13.9824kHz，按照 50Hz 的基波频率，则每个周波大约 280 点，内部缓存不能一次性存储整个周波的数据。可以选择降低采样率，当采样率选择为 6.991kHz 时，每周波大约为 140 个点，内部缓存可以保证存储整个周波的数据，而且考虑基波频率偏差±5%时也能满足要求。

单通道缓存

当选择只缓存一个通道时，按顺序先后每次将一个通波形数据缓存至 SRAM 中，缓存单通道数据存储格式如下：

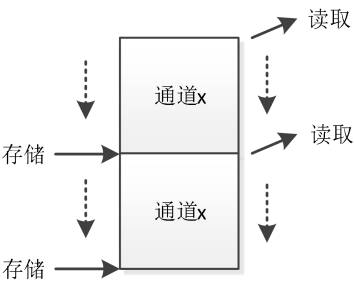


图 2-8 单通道存储

双通道缓存

当选择同时缓存两个通道时，按先后顺序每次同时缓存两个通道波形数据在相应 SRAM 地址，缓存双通道数据存储格式如下：

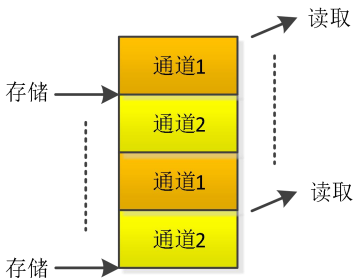


图 2-9 双通道存储

缓存地址映射

地址映射	BANK	WAVECON[2:0]							
		3'b001	3'b010	3'b100	3'b011	3'b101	3'b110	其他	
00H	BANK0	IA	IB	UA	IA	IA	IB	命令无效	
26H									
27H	BANK0				IB	UA	UA		
4DH									
4EH	BANK1				IA	IA	IB		
74H									
75H	BANK1				IB	UA	UA		
9BH									

图 2-10 地址映射

2.12.3 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)，RN8209 接收到命令后将按照 WAVECON 配置启动或停止缓存。如下图所示：

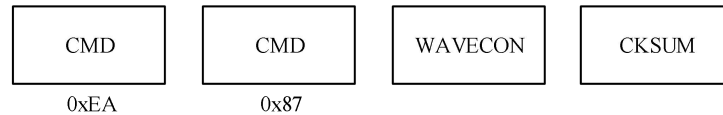


图 2-11 启动停止命令帧格式

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; UART 接口该位只能配置为 0。
- WAVECON[5:4]: =b00, 采样率为 13.982kHz; =b01, 采样率为 6.991kHz; =b10, 采样率为 3.495kHz; =b11 命令无效。
- WAVECON[3]: =0: 所有通道都缓存原始波形数据[23:0]的高 16bit 数据 BIT[23:8]; =1: U 通道仍然缓存原始波形数据的高 16bit, IA/IB 通道去掉高 2 位后再缓存 16bit 数据 BIT[21:6]。
- WAVECON[2:0]: 分别对应 3 个通道的使能, WAVECON[0]对应 IA, WAVECON[1]对应 IB、WAVECON[2]对应 UA; 高电平表示通道有效。SPI 接口, 每次最多使能两个通道, 使能 3 通道命令不起作用。UART 接口每次最多一个通道使能, 配置为多通道时命令不起作用。

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)，RN8209 接收到命令后将读缓存指针地址配置为 RP_ADDR。如下图所示：

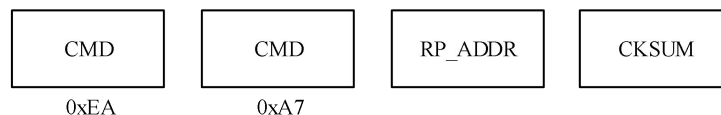


图 2-12 指针地址配置命令帧格式

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)，RN8209 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：

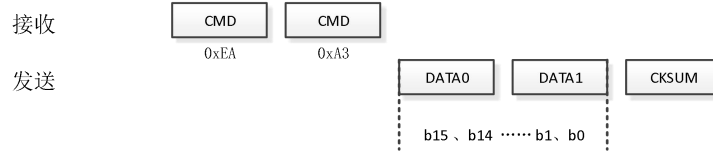


图 2-13 单次读波形命令帧格式

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）。

RN8209 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：

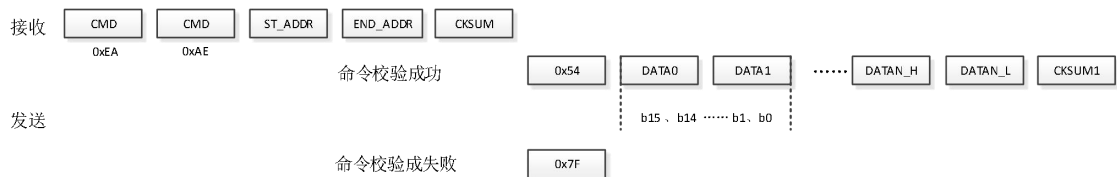


图 2-14 连续读波形命令帧格式

注意事项：

- 1、主机在命令后面发送的校验和 $CKSUM(cksum = \sim(0xEA + 0xAE + ST_ADDR + END_ADDR))$ ，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 CKSUM1；
- 2、 $CKSUM1(cksum1 = \sim(DATA0 + \dots + DATAn))$ 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：

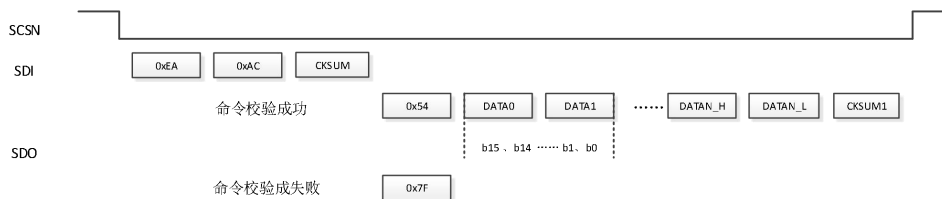


图 2-15 半块读波形命令帧格式

注意事项：

1. 主机发送命令后面跟着 8 位校验和 CKSUM，从机根据 CKSUM 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；

2.12.4 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，如采样率为 13.982kHz、高 16bit 数据、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 写 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，如采样率为 6.991kHz、高 16bit 数据、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。

2.13 寄存器

2.13.1 寄存器列表

表 2-1 RN8209 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	QPhsCal2	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	时钟配置
计量参数和状态寄存器					

20H	PFCnt	R/W	2	0000h	快速有功脉冲计数，写保护
21H	DFcnt	R/W	2	0000h	自定义电能快速脉冲计数，写保护
22H	IARMS	R	3	000000h	通道A电流的有效值
23H	IBRMS	R	3	000000h	通道B电流的有效值
24H	URMS	R	3	000000h	电压有效值
25H	UFreq	R	2	0000h	电压频率
26H	PowerPA	R	4	00000000h	有功功率A
27H	PowerPB	R	4	00000000h	有功功率B
28H	PowerQ	R	4	00000000h	无功功率
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
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，最高位为符号位。数据刷新率约为13.982kHz
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，最高位为符号位。数据刷新率约为13.982kHz
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，最高位为符号位。数据刷新率约为13.982kHz
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B，默认为通道B无功功率，受通道切换命令的控制，可选择为通道A或通道B无功功率。通道切换时，功率增益、功率offset校正也会选择对应通道。PowerQB一直采用无功相位补偿QPhsCal2寄存器，不受通道切换影响。
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
46H	WAVE_IF	RW	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
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

7EH	DeviceID2	R	3	820903h	RN8209 Device ID2
7FH	DeviceID	R	3	820900h	RN8209 Device ID

2.13.2 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, 2400 波特率 {B1,B0}=01, Uadrbr=7'h16, 4800 波特率 {B1,B0}=10, Uadrbr=7'h0B, 9600 波特率 {B1,B0}=11, Uadrbr=7'h05, 19200 波特率 只在通信口选择为 UART 时有意义，在选择为 SPI 时读出为 0。 请注意：Uartbr[6:0]参与校验和计算，在通信口选择为 UART 时会影响到校验和计算结果。RN8209C 及 RN8209E 固定为 4800 波特率。																																	
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: <table><tr><td>PGAIB1</td><td>PGAIB0</td><td>电流通道 B</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>PGA=1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>PGA=2</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>PGA=4</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>PGA=4</td></tr></table>				PGAIB1	PGAIB0	电流通道 B	0	0	PGA=1	0	1	PGA=2	1	0	PGA=4	1	1	PGA=4															
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: <table><tr><td>PGAU1</td><td>PGAU0</td><td>电压通道</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>PGA=1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>PGA=2</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>PGA=4</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>PGA=4</td></tr></table>				PGAU1	PGAU0	电压通道	0	0	PGA=1	0	1	PGA=2	1	0	PGA=4	1	1	PGA=4															
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]。 <table><tr><td>PGAIA3</td><td>PGAIA2</td><td>PGAIA1</td><td>PGAIA0</td><td>IA 通道增益</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>PGA = 4</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>PGA = 8</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>PGA = 12</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>PGA = 16（默认）</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>PGA = 24</td></tr></table>				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
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
[15:2]	保留	默认为 0
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。 注意：该寄存器参与校验和计算。
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, 正反向功率都参与累加, 负功率有 REVQ 符号指示。
		0	1	只累加正向功率
		1	0	Qm= DataQ , 正反向功率都参与累加, 无负功率符号指示。
		1	1	Qm=DataQ(保留)
[11:10]	PMOD[1:0]	有功能量累加方式选择: 同上表自定义能量累加方式。		
9	ZXD1	ZX 输出初始值为 0,根据 ZXD1 和 ZXD0 的配置输出不同的波形: ZXD1=0, 表示仅在选择的过零点处 ZX 输出发生变化; ZXD1=1, 表示在正向和负向过零点处 ZX 输出均发生变化。		
8	ZXD0	ZXD0=0, 表示选择正向过零点作为过零检测信号; ZXD0=1, 表示选择负向过零点作为过零检测信号。		
7	ZXCFG	ZXCFG =0: 引脚 IRQ_N /ZX 作为 IRQ_N。 ZXCFG =1: 引脚 IRQ_N /ZX 作为 ZX。		
6	HPFIAOFF	HPFIAOFF=0: 使能 IA 通道数字高通滤波器 HPFIAOFF=1: 关闭 IA 通道数字高通滤波器		
5	HPFUOFF	HPFUOFF=0: 使能 U 通道数字高通滤波器 HPFUOFF=1: 关闭 U 通道数字高通滤波器		
4	CFSUEN	CFSUEN 是 PF/QF 脉冲输出加速模块的控制位, CFSUEN=1, 使能脉冲加速模块, 脉冲的输出速率提高 2 ^{2*(CFSU[1:0]+1)} 倍。 CFSUEN=0, 关闭脉冲加速模块, 脉冲正常输出。		

[3:2]	CFSU[1:0]	该位和 CFSUEN 配合使用。见 CFSUEN 说明。
1	DRUN	DRUN=1, 使能 QF 脉冲输出和自定义电能寄存器累加; DRUN=0, 关闭 QF 脉冲输出和自定义电能寄存器累加。默认状态为 1。
0	PRUN	PRUN=1, 使能 PF 脉冲输出和有功电能寄存器累加; PRUN=0, 关闭 PF 脉冲输出和有功电能寄存器累加。默认状态为 1。

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 度提高到 0.01 度。当该寄存器为 0 时, 对相位校正不起作用。
8	PhsA0	可作为最低位与 PhsA(0x07H)寄存器共同组成一个 9 位的相位校正寄存器, 将相位校正分辨率从 0.02 度提高到 0.01 度。当该寄存器为 0 时, 对相位校正不起作用。
7	UPMODE	=0, 功率及有效值寄存器更新速度为 3.414Hz; =1, 功率及有效值寄存器更新速度为 13.655Hz;
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 581.8711 毫秒 (2048*1024 个晶振周期) 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]	保留	默认为 0, 用户不可写 1

脉冲频率寄存器 HFconst(0x02)

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

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

潜动与启动阈值寄存器 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。

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。

相位校正范围：50HZ 下， $\pm 2.56^\circ$

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°

无功相位补偿寄存器 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。无功相位补偿寄存器采用十六位二进制补码形式，最高位为符号位。使用方法见第三章校表方法。

校正公式： $Q2 = Q1 - QPhs * P1$

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

有功 Offset 校正寄存器 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
--------	---	---	---	---	---	---	---

Reactive 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。

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。一致性校正在于 100%I_b 一点校正。使用方法见第三章校表方法。

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

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

否则 GainI2=IBGain/ 2^{15}

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

自定义功率寄存器 D2FPL/D2FPH(0x11~0x12)

自定义功率寄存器是 32 位有符号数，由 D2FPH(0x12H)和 D2FPL(0x11H)共同组成，其中 D2FPH 为高 16bit，D2FPL 为低 16bit。D2FPH 的最高位是符号位。

如 D2FM 寄存器(EMUCON2 的 bit5~4)配置为自定义功率，当用户往自定义功率寄存器写入功率值，RN8209 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。

直流偏置校正寄存器(0x13~0x16)

RN8209 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
[15:1]	保留	默认为 0
0	SWAVE_CLK_EN	波形缓存模块时钟使能 =0：表示关闭波形缓存模块的时钟 =1：表示打开波形缓存模块的时钟

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; 参数更新的频率为 3.414HZ 或 13.655Hz 可选。

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, 最小测量频率为 1Hz, 测量带宽 250Hz。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。功率参数更新的频率为 3.414Hz 或 13.655Hz 可选。

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

平均无功功率寄存器 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，默认选择为通道 A 无功功率。受通道切换命令的控制，可选择为通道 A 或通道 B 无功功率。通道切换时，功率增益、功率 offset 校正也会选择对应通道。PowerQ 一直采用无功相位补偿 QPhsCal 寄存器，不受通道切换影响。

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。

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 B，默认为 B 通道无功功率，受通道切换命令的控制，可选择为 B 通道或 A 通道无功功率。通道切换时，功率增益、功率 offset 校正也会选择对应通道。PowerQB 一直采用无功相位补偿 QPhsCal2 寄存器，不受通道切换影响。

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 B 通道。

注意：当通道切换命令选择为 A 通道时，PowerQ 输出 A 通道无功功率、PowerQB 输出 B 通道无功功率；当通道切换命令选择为 B 通道时，PowerQ 输出 B 通道无功功率、PowerQB 输出 A 通道无功功率。

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 572.1397 毫秒（2048*1024 个晶振周期）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 0xFFFFF 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 572.1397 毫秒（2048*1024 个晶振周期）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(0x2D/0x48)

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

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

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

RN8209 参与校验和计算的寄存器地址是 00H-1AH，RN8209D（选择为 SPI 时）默认值计算得到的校验和为 0xEE79，当选择为 UART 口时，00H 寄存器的高位只读位也参与校验和计算，如果波特率为 2400，那么校验和默认值为 0xC079；如果波特率为 4800，那么校验和默认值为 0xD879；如果波特率为 9600，那么校验和默认值为 0xE379；如果波特率为 19200，那么校验和默认值为 0xE979。

RN8209C 和 RN8209E 的校验和默认值为：0xD879。

以下三种情况下，重新开始一次校验和计算：系统复位、00H-1AH 某个寄存器发生写操作、EMUStatus 寄存器发生读操作。一次校验和计算需要 11.2us。

EMU STATUS Register (EMUStatus2) Address: 0x2E 只读寄存器		
位	位名称	功能描述
23~3	Reserved	只读，读出为 0
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；

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，最高位为符号位。数据刷新率约为 13.982kHz。

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_IB18...SPL_IB 3	SPL_IB2	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，最高位为符号位。数据刷新率约为 13.982kHz。

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，最高位为符号位。数据刷新率约为 13.982kHz。

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 13.982kHz
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
7-3	Reserved	只读，读出为 0.
2	WAVE_ER R_IF	数据覆盖错误标志，写 1 清 0，清中断
1	WAVE_HF_ IF	波形半满标志，写 1 清 0，清中断 启动 SPI 读半块波形命令会清该标志
0	WAVE_BU SY	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
7-3	Reserved	只读，读出为 0.
2	WAVE_ER R_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	
7-5	Reserved	只读，读出为 0.	
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 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。 RN8209C 和 RN8209E：该位读出为 0.	
1	SOFTTRST	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 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。

			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

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。

3 校表方法

3.1 概述

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

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

3.2 校表流程和参数计算

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 RN8209 进行校正。

3.2.1 校表流程

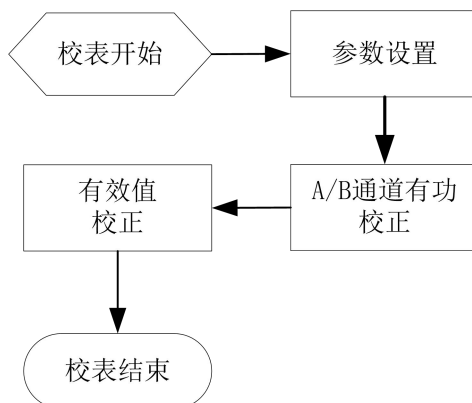


图 3-1 校表流程

3.2.2 参数设置

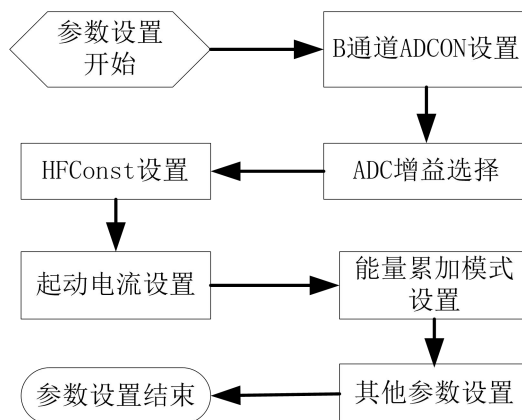


图 3-2 参数设置流程

HFCnst 参数计算：

osci=3.579545MHz 时，HFCnst 的计算公式如下：

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

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

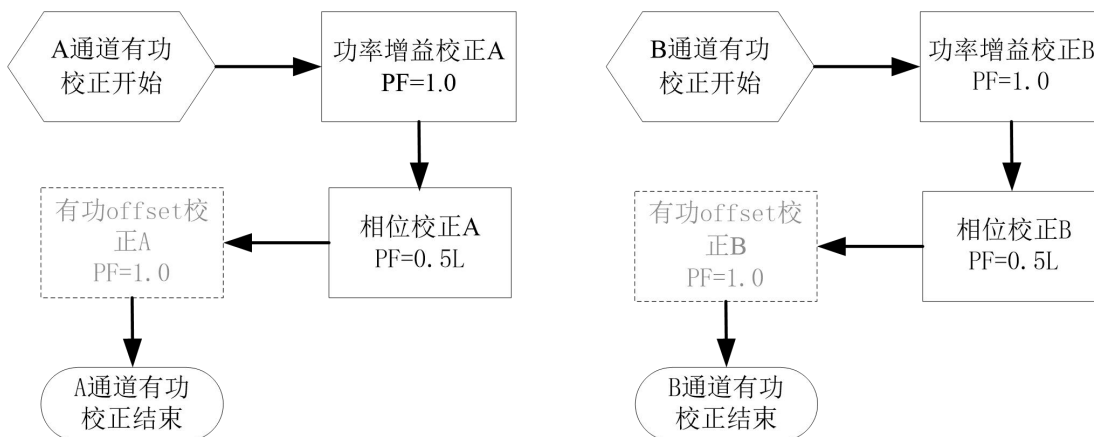


图 3-3 有功校正流程

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：

$$Pg_{\text{gain}} = \frac{-err}{1 + err}$$

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

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

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°/LSB 的关系，则有

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

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

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

3.2.4 无功校正

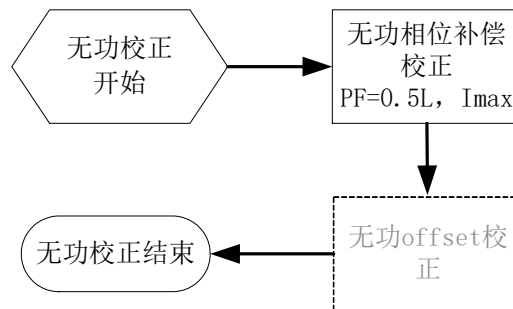


图 3-4 无功校正流程

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

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

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

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. 无功相位补偿 2 (QPhsCal2) 寄存器补偿 B 路无功相位时，需在 A 通道和 B 通道有功已校正之后进行，如下所示进行无功补偿：

通过命令切换通道使 PowerQ 输出 B 通道无功功率和计量脉冲，校正无功计量并记录功率值 PowerQ = Q1；

再切换通道 PowerQB 输出 B 通道无功功率 PowerQB = Q2；

以 Q1 为基准计算 Q2 与 Q1 之间的误差 err，根据 err 可计算 PowerQB 无功相位补偿值 QPhsCal2 进行无功相位补偿，可以得到准确的 B 路无功功率值 PowerQB。

其中 QPhsCal2 的计算公式如下：

$$QPhsCal2 = \frac{-err}{1 + err}$$

3. 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

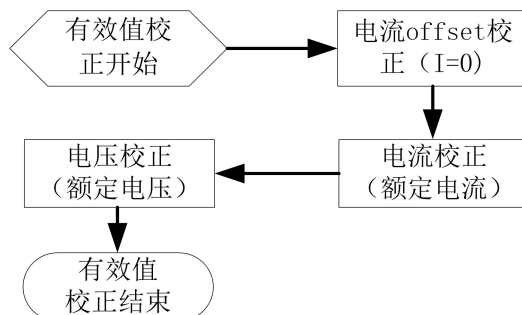


图 3-5 有效值校正流程

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（每秒 3.4Hz 左右刷新）；
- 3) MCU 取 IARMS 寄存器值，暂存；
- 4) 重复步骤 2 和 3 十一次，第一个数据可不要，MCU 取后十个数据求平均得 I_{ave} ；
- 5) 求 I_{ave} 的平方 I_{ave}^2 ；
- 6) 求其 32 位二进制反码，取 bit23~bit8 填入 IRMSOS bit15~bit0 得 IRMSOS；
- 5) 有效值 offset 校正结束

IBRMS 校正公式和 IBRMSOS 寄存器计算过程与此相同。

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

若额定电流 I_b 下 IARMS 寄存器读数为 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。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

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

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

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

取整后为 0x06H，写入角度校正寄存器 PHSA 即可。

3) A 通道有功 OFFSET 校正

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

B 通道有功校正和 A 通道类似。

3. 无功校正

1) 无功相位补偿

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

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

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，0XFFFF47D，（可以读若干次取平均值），其 32 位补码为 0x00000B83，取后 4 位数 0X0B83 写入无功偏置校正寄存器。

4. 有效值校正

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

将其平方后求其反码： $1155 * 1155 = 1334025 = 0x145B09$ ，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 RN8209 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：

$$\text{HFconst} = \text{INT}[(16.1079 * V_u * V_i * 10^{11}) / (U_n * I_b * E_c)]$$

V_u ：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；

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

E_c ：电表脉冲常数（用户自定义），如 3200

U_n ：额定电压 V，

I_b ：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 E_c 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

SYSICON 寄存器中的 SYSICON[5:4]和 SYSICON[3:2]写入 0x0，配置 U 和 IB 通道 ADC 为 1 倍增益；SYSICON[1:0]写入 0x3、SYSICON2[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 Un 、 Ib 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：

$Kv = Un/V$;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)

$Ki = Ib/I$;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)

$Kp = 3.22155 * 10^{12} / (2^{32} * HFCnst * EC)$;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 Un 、 Ib ，读出有功功率值（可读多点平均） $P_{测}$ ，按校正公式计算： $ERR = (P_{测} * Kp - Un * Ib) / (Un * Ib)$

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

Kp ：上一步确定的功率转换系数

Un: 标准源加的电压

Ib: 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:

$$APOSA = [P0 * (1/Kp) - P] / (1 + GPQA_{\text{归一化}})$$

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 $APOSA + 2^{16}$

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:

$$APOSA = (P0 * 1/Kp) * (-err) / (1 + GPQA_{\text{归一化}}) \quad (err < 0 \text{ 时})$$
$$= 2^{16} + (P0 * 1/Kp) * (-err) / (1 + GPQA_{\text{归一化}}) \quad (err > 0 \text{ 时})$$

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:

$$GPQA_{\text{归一化}} = GPQA / 2^{15}; \quad GPQA(0X05) \text{ 寄存器最高位} = 0$$

$$GPQA_{\text{归一化}} = (GPQA - 2^{16}) / 2^{15}; \quad GPQA(0X05) \text{ 寄存器最高位} = 1$$

2): B 路有功偏置 Offset 校正同 A 路。

5 通信接口

- RN8209D 支持两种串行通信接口：SPI 和 UART。RN8209C 和 RN8209E 仅支持 UART 接口。工作在从属方式
- RN8209D 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

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 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 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 内部。

SDO: 串行数据输出脚，用于把 RN8209D 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 检测到 SCSN 下降沿，SPI 进入通信方式，在此模式下，RN8209D 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

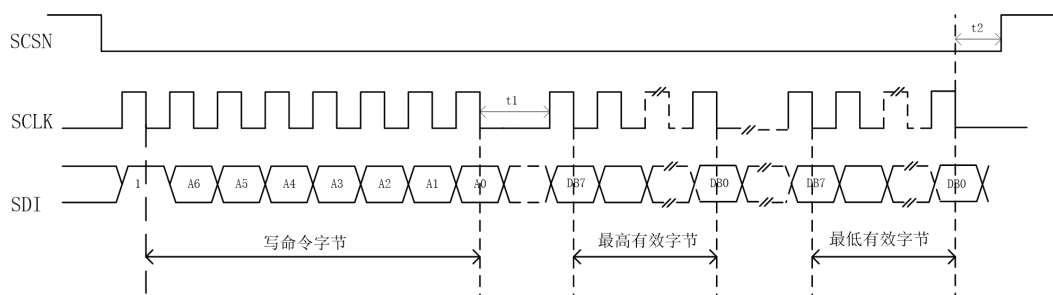


图 4-1 SPI 写时序

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

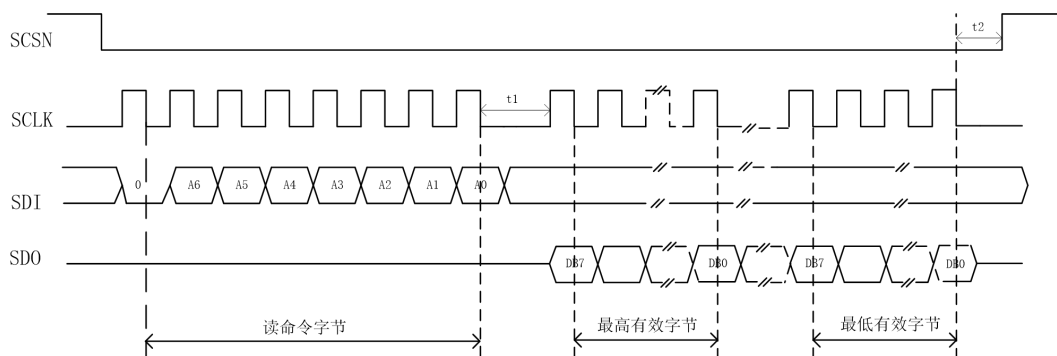


图 4-2 SPI 读时序

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。

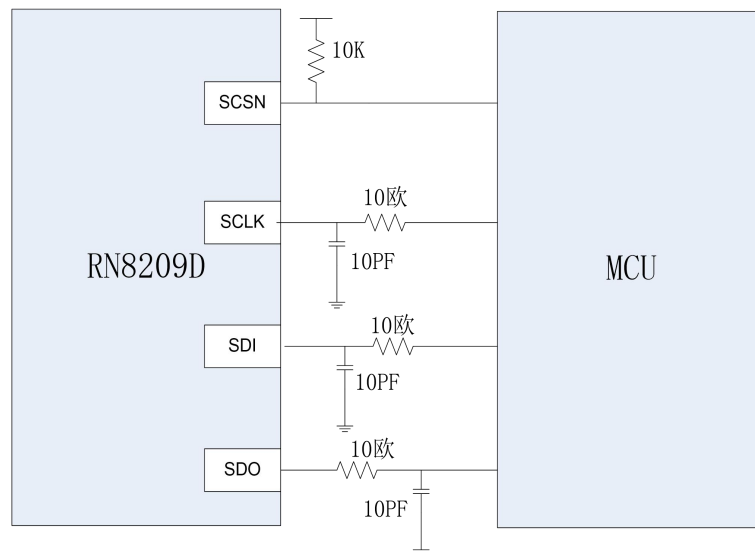


图 4-3 SPI 典型接线图

5.2 UART 接口

RN8209 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 通过硬件管脚配置波特率：2400/4800/9600/19200bps 四档可选
- RN8209C 和 RN8209E 的波特率固定为 4800
- 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（RN8209）数据发送管脚；

RX：UART 从机（RN8209）数据接收管脚；

B1/B0：波特率选择管脚，用于配置 RN8209D UART 波特率，B1/B0 不同的配置会导致系统控制寄存器 SYSCON[14:8]的值不同，对应关系如下图所示；

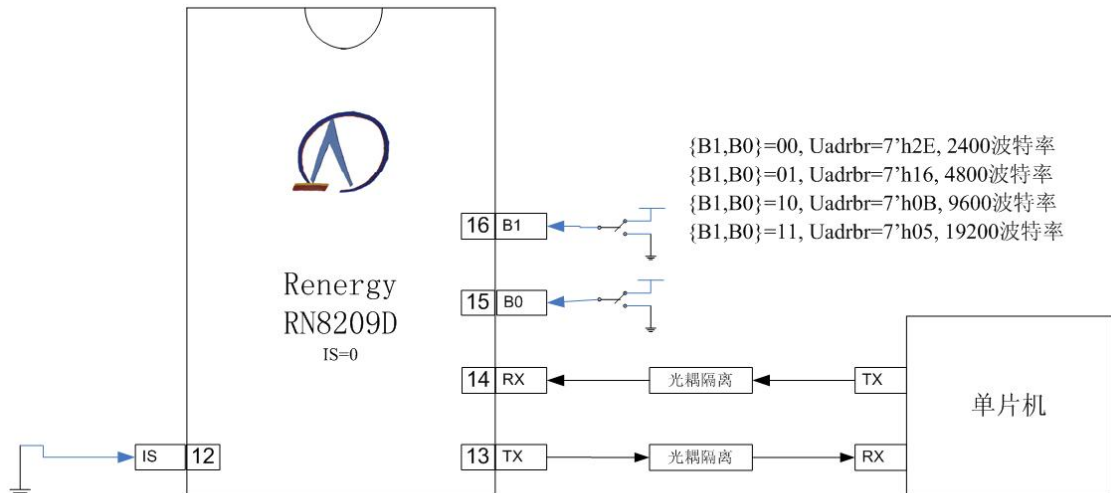


图 4-4 RN8209D UART 典型接线图

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（StartBit，0）、数据位（低位在先）、1 位偶校验位（Parity Bit，第 9 数据位）和 1 位停止位（Stop Bit，1）。如下图所示：

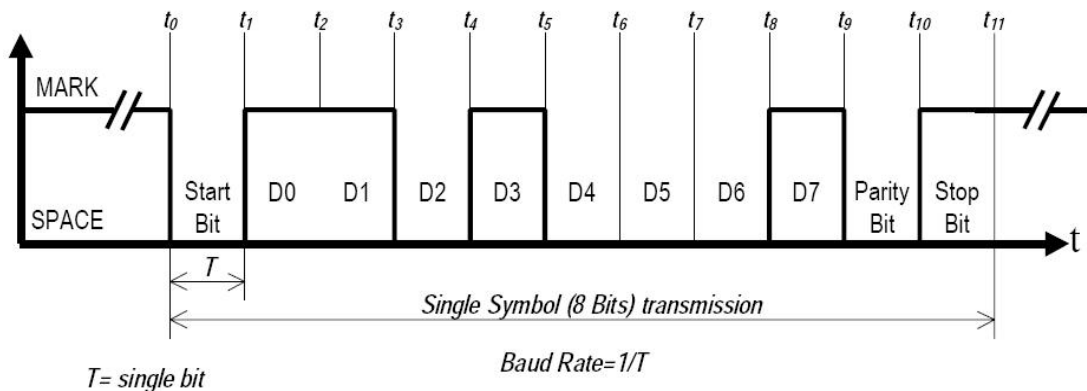


图 4-5 UART 数据字节格式

5.2.3 UART 帧格式

RN8209 UART 通讯帧格式如下图和表格所示：



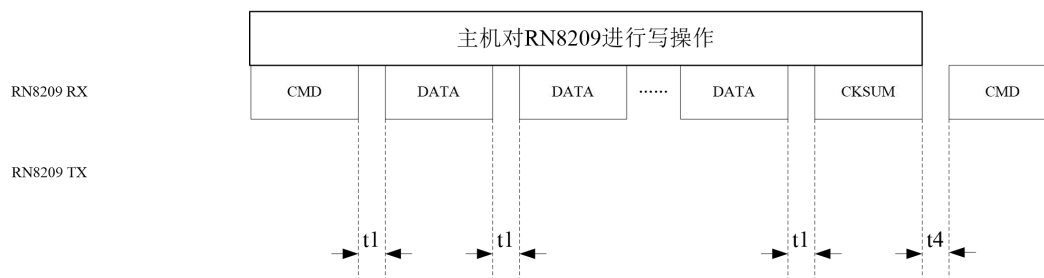
名称	解释
CMD	命令字节，由主机端发送， CMD[7]: 表示命令类别；0，读操作，1：写操作； CMD[6:0]: 表示被选中 RN8209 器件的内部寄存器地址

	若 CMD[7]=1, 而 CMD[6:0]=0x6A, 表示本次操作是特殊命令;
DATA	数据字节; 读操作由从机端发送, 写操作由主机端发送 若寄存器地址对应寄存器是多字节寄存器, 先传最高有效字节;
CKSM	校验和字节; 读操作由从机端发送, 写操作由主机端发送 校验和算法如下: $Checksum[7:0] = \sim(CMD[7:0] + DATA_n[7:0] + \dots + DATA_1[7:0])$ 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:



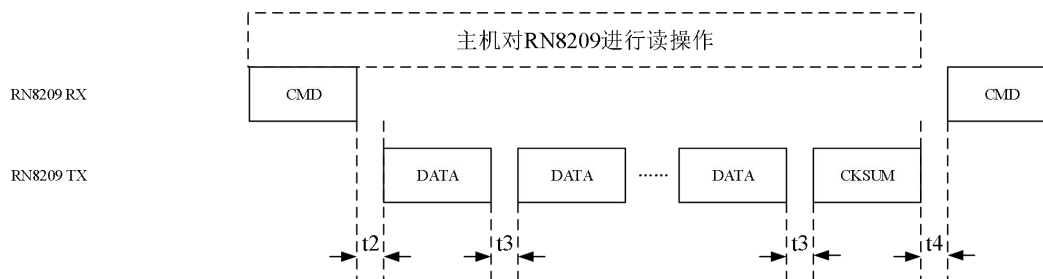
注意事项:

- 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)。
- 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;
- 多字节寄存器, 先传输高字节内容, 再传输低字节内容;
- 主机发送字节之间的时间 t1, 由主机端控制, RN8209 没有限制, t1 大于等于 0ns;
- 帧之间的时间 t4, 由主机端控制, RN8209 没有限制, t4 大于等于 0ns;
- 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，RN8209 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，RN8209 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，RN8209 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。

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 _{OSCI} =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; 200mVpp			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) IA/IB/U	ADC_CLK=1.7897725MHz		6.991		kHz
信噪比(SNR) IA	PGA=16		90		dB
IB/U	PGA=1		75.4		dB
ADC 串扰 IA	$f_{\text{input}}=50\text{Hz}$		-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			3.5795 45		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)	$t_1 > 2.3\mu\text{s}$ (t_1 定义参见图 4-2); $F_{\text{OSCI}} = 3.579545\text{MHz}$			2.8	MHz
UART 波特率容限	2400bps 4800bps 9600bps 19200bps	-4 -4 -4 -4		+4 +4 +4 +4	% % % %

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)	DVDD=AVDD=3.3V;				
输出高电平, V_{OH}	$I_{SOURCE}=5mA$	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)	DVDD=AVDD=5.0V;				
输出高电平, V_{OH}	$I_{SOURCE}=9mA$	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;				
	$F_{OSCI}=3.579545MHz$;				
I_{AVDD}	关 IB 通道 ADC		3.59		mA
	开 IB 通道 ADC		4.00		mA
I_{DVDD}			0.91		mA
	DVDD=AVDD=3.3V;				
	$F_{OSCI}=3.579545MHz$;				
I_{AVDD}	关 IB 通道 ADC		3.32		mA
	开 IB 通道 ADC		3.72		mA
I_{DVDD}			0.45		mA

极限参数

参数	额定最值
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、V3N	-6V~+6V
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 $^{\circ}C$ ~+85 $^{\circ}C$
存储温度范围	-65 $^{\circ}C$ ~150 $^{\circ}C$

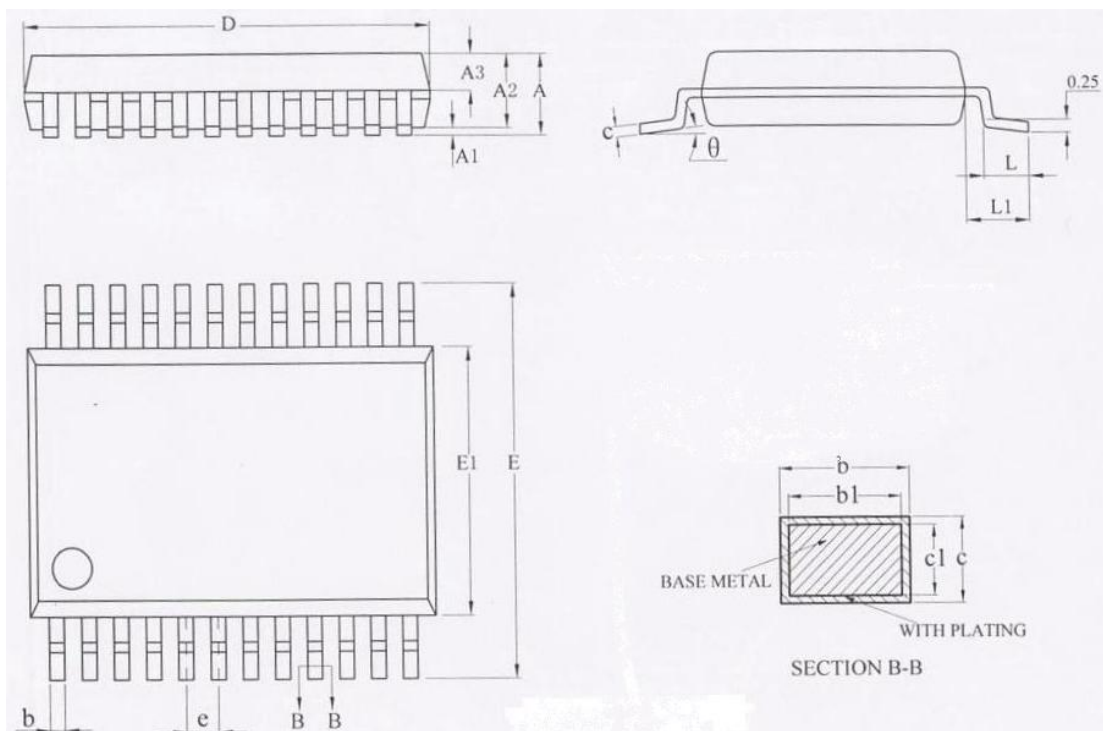
最大结温	150°C
------	-------

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

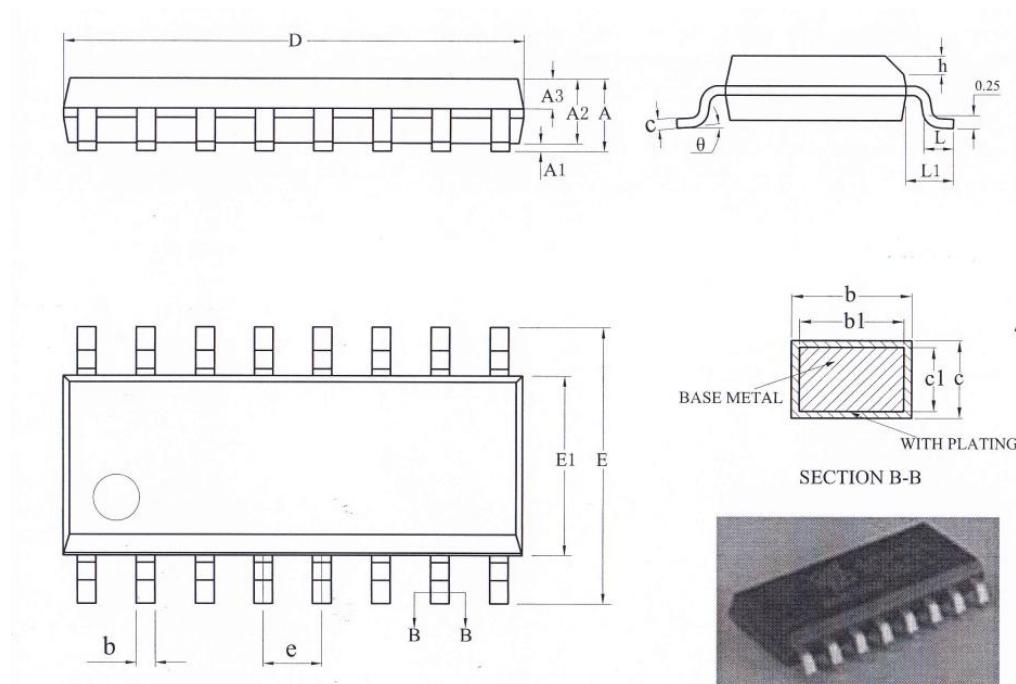
7 芯片封装及焊接条件

RN8209D-SSOP24 芯片封装尺寸:



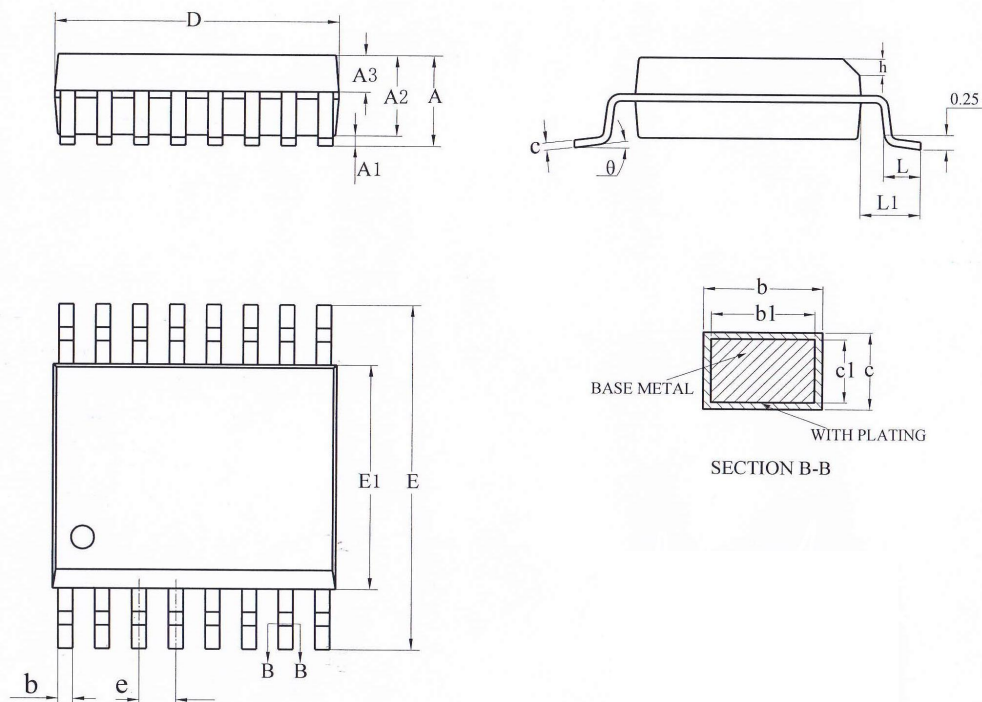
SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	---	---	1.85
A1	0.05	0.15	0.25
A2	1.30	1.50	1.70
A3	0.57	0.67	0.77
b	0.29	---	0.37
b1	0.28	0.30	0.33
c	0.15	---	0.20
c1	0.14	0.15	0.16
D	8.00	8.20	8.40
E	7.60	7.80	8.00
E1	5.10	5.30	5.50
e	0.65BSC		
L	0.75	0.90	1.05
L1	1.25BSC		
θ	0	----	8°

RN8209C-SOP16L 芯片封装尺寸:



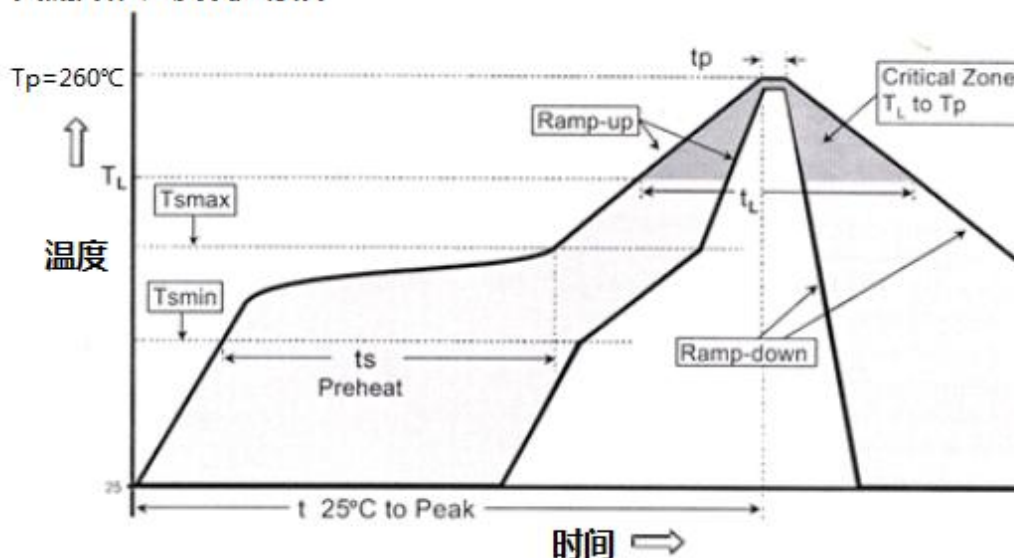
SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	---	---	1.75
A1	0.05	---	0.225
A2	1.30	1.40	1.50
A3	0.6	0.65	0.70
b	0.39	---	0.48
b1	0.38	0.41	0.43
c	0.21	---	0.26
c1	0.19	0.20	0.21
D	9.70	9.90	10.10
E	5.80	6.00	6.20
E1	3.70	3.90	4.10
e	1.27BSC		
h	0.25	---	0.5
L	0.5	---	0.8
L1	1.05BSC		
θ	0	-----	8°

RN8209E-SSOP16L 芯片封装尺寸:



SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	---	---	1.75
A1	0.10	---	0.225
A2	1.30	1.40	1.50
A3	0.55	0.60	0.65
b	0.23	---	0.31
b1	0.22	0.25	0.28
c	0.20	---	0.24
c1	0.19	0.20	0.21
D	4.80	4.90	5.00
E	5.80	6.00	6.20
E1	3.80	3.90	4.00
e	0.635BSC		
h	0.25	---	0.5
L	0.5	0.65	0.8
L1	1.05REF		
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 (TL to Tp)	最大 3°C/秒
预热 最小温度 (Ts min)	150°C
最大温度 (Ts max)	200°C
时间 (最小-最大) (ts)	60-180 秒
Ts max - TL 倾斜上升率(Ts max to TL)	最大 3°C/秒
保持以上时间 -温度 (TL)	217°C
-时间 (tL)	60-150 秒
峰值温度 (Tp)	260+5/-0°C
实际峰值温度 5°C内的时间 (tp)	20-40 秒
倾斜下降率	最大 6°C/秒
25°C到峰值温度的时间	最大 8 分钟
保温温度 TL	217°C
峰值温度 Tp	260°C
平均倾斜上升率(TL to Tp)	最大 3°C/秒

8 芯片外观

1、RN8209D



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

2、RN8209C



黑色圆点: 1 脚标识。

 Renergy: 锐能微识别标识。

RN8209C: 产品型号。

LLLLLLLLLL: 生产批次

3、RN8209E



黑色圆点: 1 脚标识。

 Renergy: 锐能微识别标识。

RN8209E 产品型号。

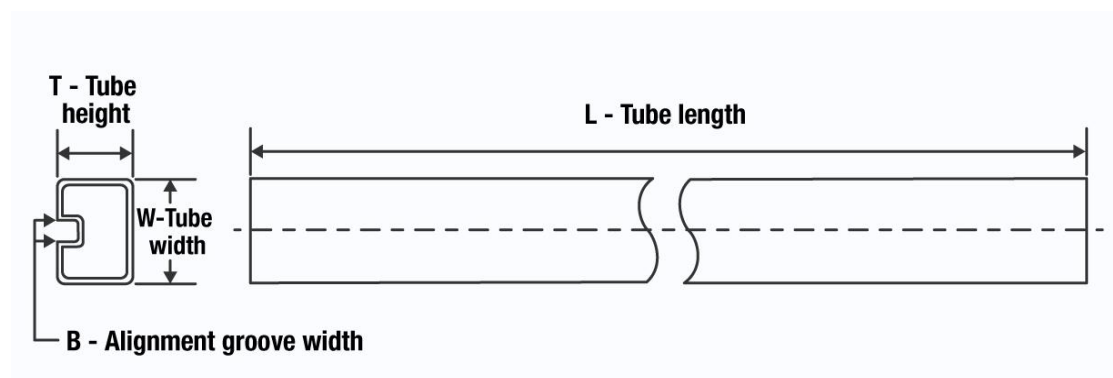
XXXXXXXXXX: 生产批次

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
SSOP16	100	2.4±0.1	3.4±0.1	7.8±0.1	520±1.0	20000	120000



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
SSOP16	3000	330±1	12.4±0.2	6.6±0.1	5.3±0.1	1.9±0.1	8.0±0.1	12.0±0.1	左上	30000

