



RN8207G 用户手册

Data: 2012-9-05

Rev: 1.2

目录

1 芯片介绍.....	3
1.1 芯片特性.....	3
1.2 功能简介.....	3
1.3 功能框图.....	4
1.4 管脚定义.....	4
1.5 典型应用.....	7
2 系统功能.....	8
2.1 电源监测.....	8
2.2 系统复位.....	8
2.3 模数转换.....	8
2.4 有功功率.....	9
2.5 无功功率.....	9
2.6 有效值.....	10
2.7 能量计算.....	10
2.8 频率测量.....	11
2.9 过零检测.....	11
2.10 中断.....	11
2.11 寄存器.....	13
3 校表方法.....	25
3.1 概述.....	25
3.2 校表流程和参数计算.....	25
3.3 举例.....	28
4 通信接口.....	30
4.1 SPI 接口.....	30
4.2 UART 接口.....	33
5 电气特性.....	38
6 芯片封装.....	40

1 芯片介绍

1.1 芯片特性

- ✓ 计量
 - 提供两路 Σ - Δ ADC
 - 有功电能误差在 1500:1 动态范围内 $<0.1\%$ ，支持 IEC62053-22: 2003 标准要求
 - 无功电能误差在 1500:1 动态范围内 $<0.1\%$ ，支持 IEC62053-23: 2003 标准要求
 - 提供电流和电压有效值测量，在 400:1 动态范围内，有效值误差 $<0.5\%$
 - 潜动阈值可调
 - 提供反相功率指示
 - 提供电压通道频率测量
 - 提供电压通道过零检测
- ✓ 软件校表
 - 电表常数(HFConst)可调
 - 提供增益和相位校正
 - 提供有功、无功和有效值 offset 校正
 - 提供无功相位补偿
 - 提供小信号校表加速功能
 - 提供配置参数自动校验功能
- ✓ 提供 SPI/UART 接口
- ✓ 具有电源监控功能
- ✓ 单+5V 电源供电，功耗典型值为 28mW
- ✓ 内置 $2.5V \pm 5\%$ 参考电压，温度系数典型值 25ppm/ $^{\circ}C$
- ✓ 采用 SSOP24 绿色环保封装

1.2 功能简介

RN8207G 是一颗带 SPI/UART 通信接口的高精度单相电能计量芯片,能够测量有功功率、无功功率、有功能量、无功能量、电流有效值、电压有效值、线频率、过零中断等。

RN8207G 支持全数字的增益、相位和 offset 校正。有功、无功电能脉冲分别从 PF、QF 管脚输出。

RN8207G 提供两个串行接口 SPI 和 UART，方便与外部 MCU 之间进行通信。

RN8207G 内部的电源监控电路可以保证上电和断电时芯片的可靠工作。

1.3 功能框图

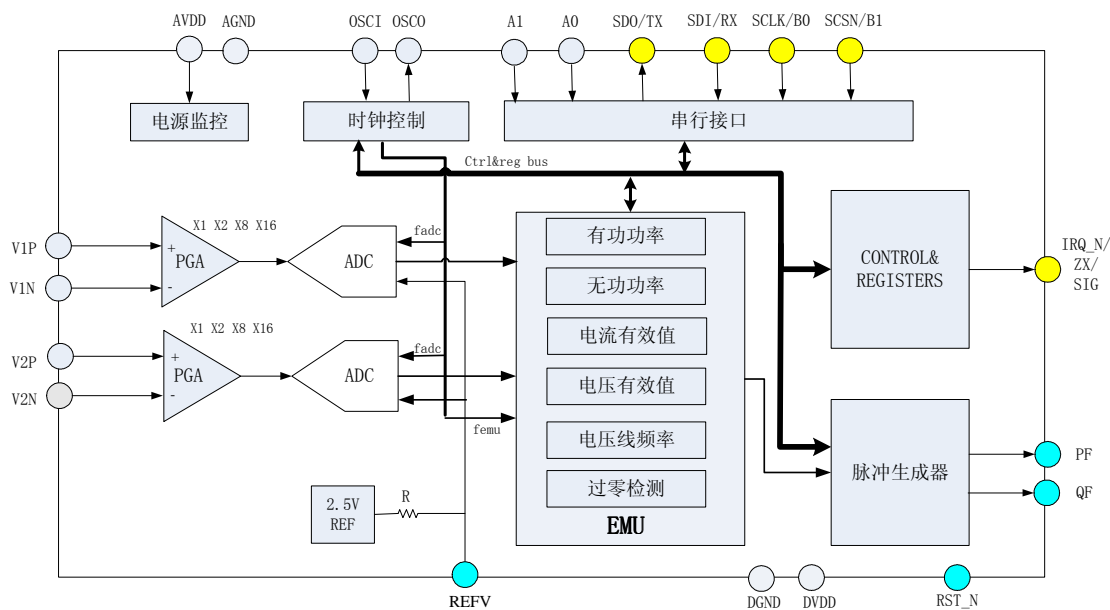


图 1-1 系统框图

1.4 管脚定义

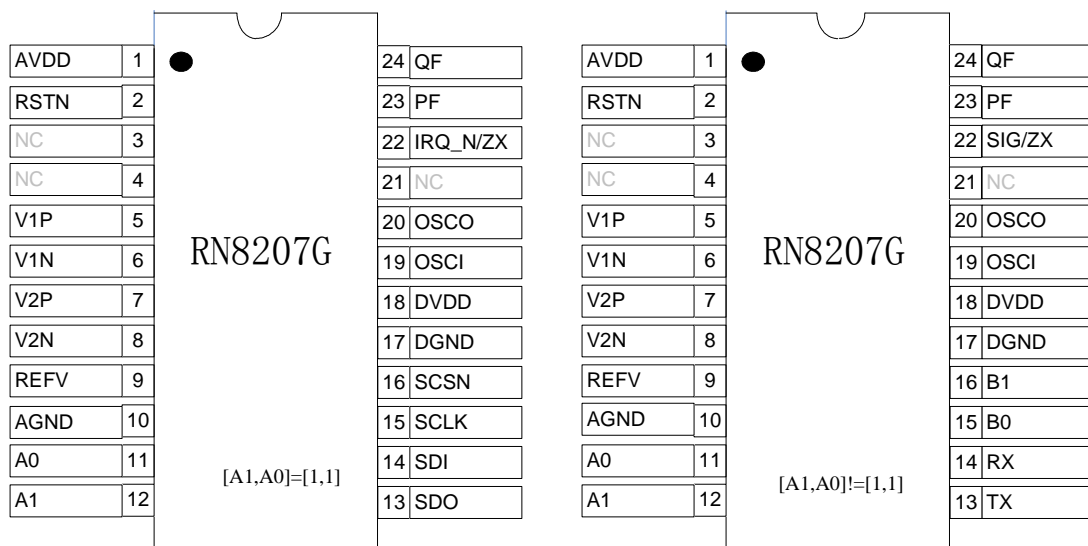


图 1-2 管脚排列图

表 1-1 RN8207G 管脚功能说明

引脚	标识	特性	功能描述	
1	AVDD	电源	模拟电源引脚。用于给芯片模拟部分供电。该引脚应外接 10 μ F 电容并联 0.1 μ F 电容去耦。正常应用范围：4.5V-5.5V。	
2	RST_N	输入	复位引脚，低电平有效。当为低电平时，芯片处于复位状态。该引脚应外接上拉电阻。	
3, 4	NC	NC	不连接。	
5, 6	V1P, V1N	输入	电流通道 A 的正、负模拟输入引脚。采用完全差分输入方式，正常工作最大输入 V_{pp} 为 $\pm 800mV$ ，最大承受电压为 $\pm 6V$ 。	
7, 8	V2P, V2N	输入	电流通道 B 的正、负模拟输入引脚。采用完全差分输入方式，正常工作最大输入 V_{pp} 为 $\pm 800mV$ ，最大承受电压为 $\pm 6V$ 。	
9	REFV	输入/输出	2.5V 基准电压的输入、输出引脚。外部基准源可以直接连接到该引脚上。无论使用内部还是外部基准源，该引脚都应使用 10 μ F 电容并联 0.1 μ F 电容进行去耦。	
10	AGND	电源	模拟地。	
11	A0	输入	串行通信类型和地址选择引脚 A0、A1，用于确定芯片的通信接口类型和地址。内部悬空，不做上拉处理，由外部上拉或下拉。	
			{A1,A0}=11 SPI	{A1,A0}=10 UART，地址为 2
			{A1,A0}=01 UART，地址为 1	{A1,A0}=00 UART，地址为 0
12	A1	输入	见 A0 说明	
13	SDO/TX	输入/输出	SDO 和 TX 复用引脚，3.3V/5V 兼容引脚。 SDO：SPI 串行数据输出，复位后为高阻输出； TX：UART 和红外的数据输出端。	
			SDI 和 RX 复用引脚，3.3V/5V 兼容引脚。 SDI：SPI 串行数据输入； RX：UART 和红外的数据输入端。	
15	SCLK/B0	输入	SCLK 和 B0 复用引脚，3.3V/5V 兼容引脚。 SCLK：SPI 串行时钟输入； B0 和 B1，选择为 UART 接口时作为波特率选择引脚：	
			{B1,B0}=00 2400 波特率	{B1,B0}=01 9600 波特率
			{B1,B0}=10 19200 波特率	{B1,B0}=11 38400 波特率
16	SCSN/B1	输入	SCSN 和 B1 复用引脚，3.3V/5V 兼容引脚。 SCSN：SPI 片选信号，低电平有效； B0：见 B1 说明。	
17	DGND	电源	数字地。	
18	DVDD	电源	数字电源引脚。用于给芯片数字部分供电。该引脚应外接 10 μ F 电容并联 0.1 μ F 电容去耦。正常应用范围：4.5V-5.5V。	
19	OSCI	输入	外部晶体的输入端，或是外灌系统时钟输入。晶体频率典型值为 3.579545MHz。	
20	OSCO	输出	外部晶体的输出端。当 OSCI 上外接时钟时，OSCO 引脚能驱动一	



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

1.5 典型应用

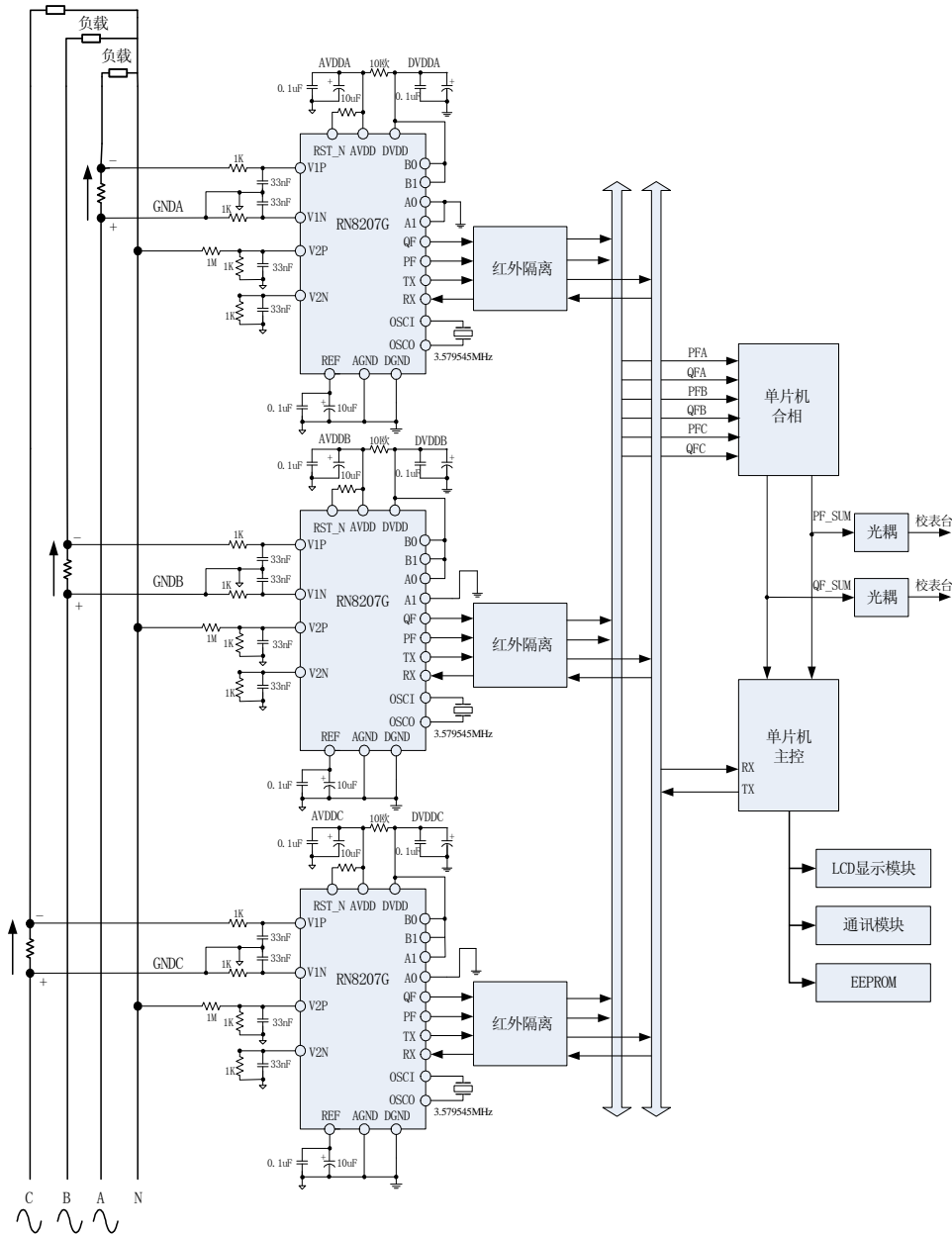


图 1-3 RN8207G 直入式三相表典型应用

2 系统功能

2.1 电源监测

RN8207G 片内包含一个电源监测电路，连续对模拟电源（AVDD）进行监控。当电源电压低于 $4V \pm 0.1V$ 时芯片被复位，当电源电压高于 $4.3V \pm 0.1V$ 时芯片正常工作。

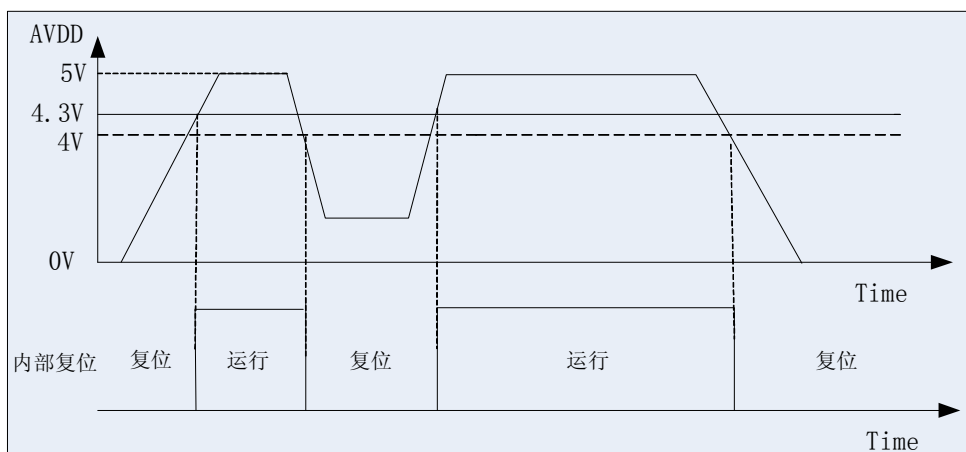


图 2-1 电源检测特性

为保证芯片正常工作，AVDD 的波动不应超过 $5V \pm 5\%$ 。

2.2 系统复位

RN8207G 支持两种全局复位方式：

- 上下电
- 外部引脚复位
- 软件复位

任一全局复位发生时，寄存器恢复到复位初值，外部引脚电平恢复到初始状态。

相关寄存器：

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

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

2.3 模数转换

RN8207G 包括两路 ADC，一路用于电流采样，一路用于电压采样。ADC 采用全差分方

式输入，电流、电压通道最大信号输入幅度为峰值 800mv。

通过配置系统控制寄存器(SYSCON 0x00H)中的 bit3~bit0 位，可以分别对两路 ADC 配置放大倍数，放大倍数 4 档可选：1、2、8、16。电流通道的增益放大倍数默认为 16 倍。

2.4 有功功率

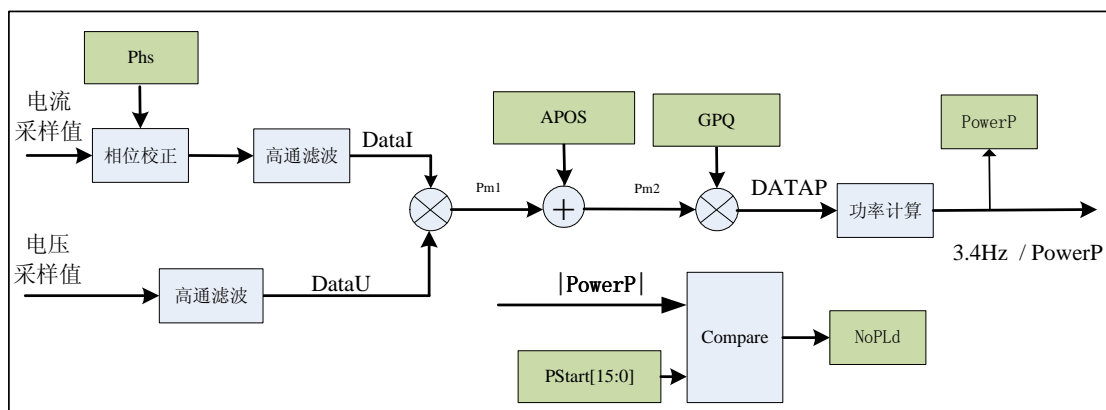


图 2-2 有功功率框图

RN8207G 提供有功功率的计算和校正，相关寄存器包括相位校正、有功 Offset 校正、有功增益校正和平均功率寄存器。

平均功率 PowerP 还用于判断潜动和启动。启动阈值可以通过 PStart 寄存器配置。

图中的数字高通滤波器主要是用于去除电流、电压采样数据中的直流分量。

2.5 无功功率

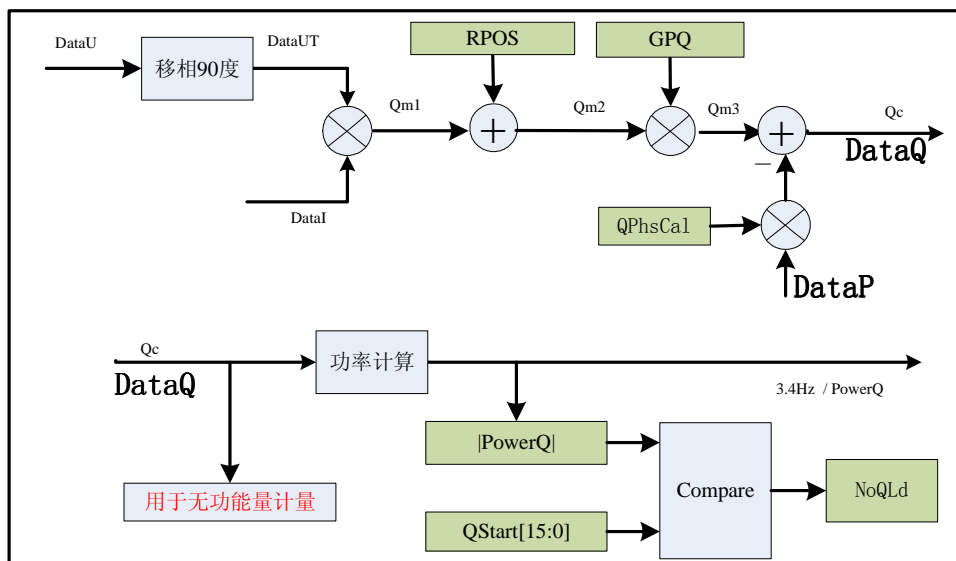


图 2-3 无功功率框图

RN8207G 包含无功功率计量电路。其中用于计量的 DataUT 是 DataU 移相 90 度的结果；平均无功功率 PowerQ 还用于判断启动和潜动，启动阈值可以通过 QStart 寄存器配置。

2.6 有效值

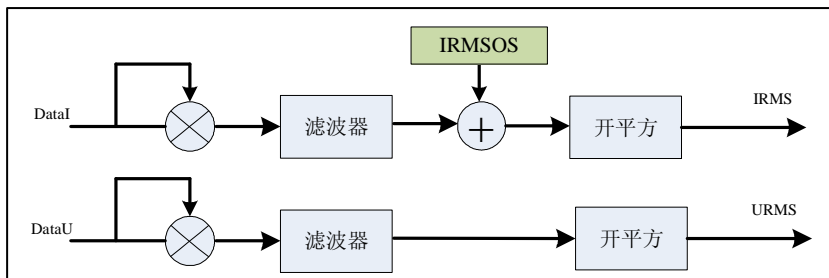


图 2-4 有效值计算框图

RN8207G 提供两个通道的真有效值参数输出，包括 URMS 和 IRMS。字长为 24bit，每 3.4HZ 更新一次。此外还包括有效值 Offset 寄存器 IRMSOS。

2.7 能量计算

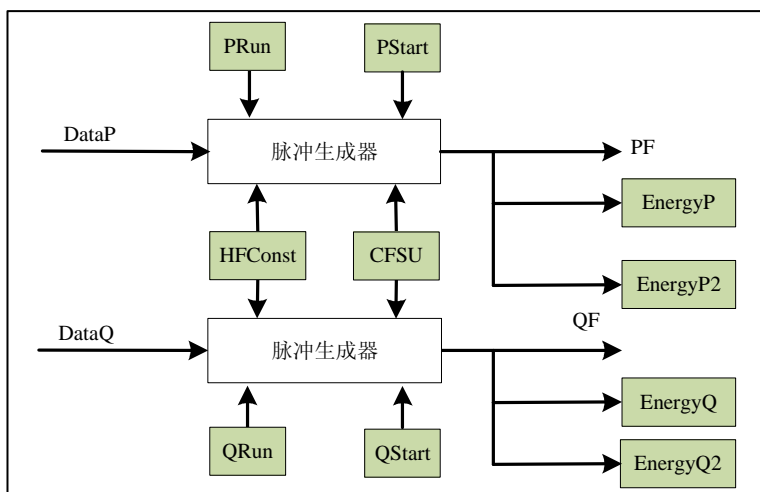
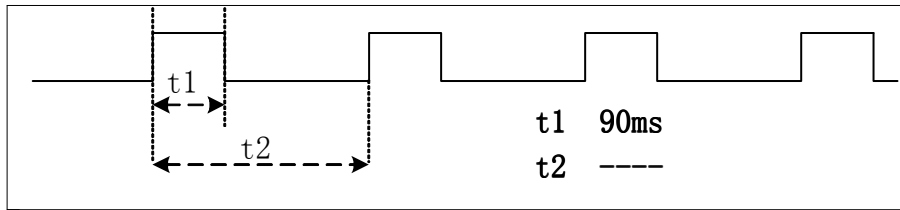


图 2-4 能量计算

能量脉冲输出：

脉冲输出，也即校表脉冲输出，可以直接接到标准电能表进行误差比对。

PF/QF 输出满足下面时序关系：



注意：当脉冲输出周期小于 180ms 时，脉冲以等 duty 形式输出。

PFcnt、HFConst、脉冲输出、能量寄存器的关系：

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

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

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

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

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

脉冲输出加速：

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

反向指示：

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

2.8 频率测量

RN8207G 可以直接输出线频率参数(UFreq 0x25H)，测量基波频率，测量带宽 250Hz。

2.9 过零检测

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

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

2.10 中断

当通信接口选择为 SPI 时，RN8207G 中断资源包括 1 个中断允许寄存器 IE、2 个中断状态寄存器 IF 和 RIF、一个复用的中断请求管脚 IRQ_N/ZX/SIG。

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

1. SPI 读 RIF 寄存器过程

MCU 读 RIF 操作的时序如图 2-5 所示：

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

同时 IRQ_N 由低电平变为高电平。

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

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

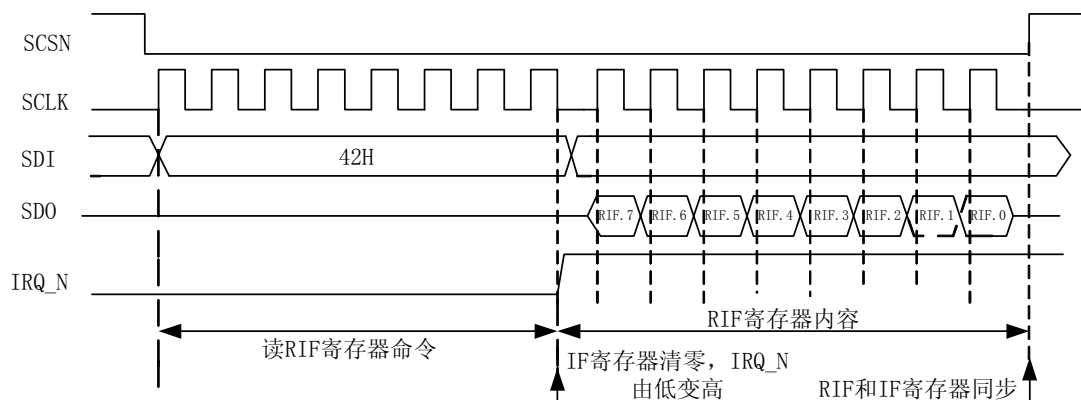


图 2-5 读 RIF 寄存器时序图

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

2. 中断请求信号 IRQ_N

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

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

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

3. 中断处理过程

硬件：

- RN8207G 的 IRQ_N 通常和 MCU 的外部中断管脚/INT 相连，当 IRQ_N 由高变低时 MCU 产生/INT 中断。
- MCU 作为 SPI 主机，RN8207G 作为 SPI 从机。

中断处理程序：

步骤一：MCU 中断初始化

1. MCU 读 RN8207G RIF，清 IF 和 RIF 中断标志；
2. 配置 RN8207G 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 RN8207G 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 RN8207G 的中断源，转而执行相应的中断处理程序。在此过程中，RN8207G 若发生新的中断事件，IF 相关标志置位，IRQ_N 也会由

高变低，触发 MCU /INT 中断标志置位，记录了此事件。

4. 执行完中断处理程序，MCU 打开全局中断和/INT 中断，并恢复现场后中断返回。

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

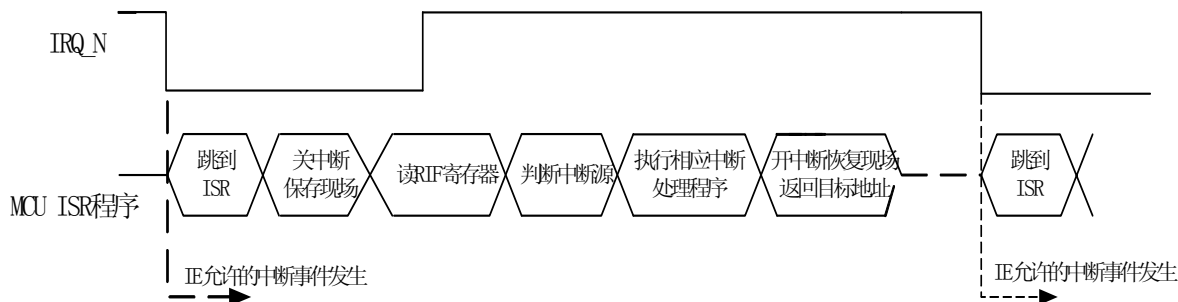


图 2-6 RN8207G 中断处理过程

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

2.11 寄存器

2.11.1 寄存器列表

表 2-3 RN8207G 寄存器列表

地址	名称	R/W	字长	复位值	功能描述
校表参数和计量控制寄存器					
00H	SYSCON	R/W	2	0003h	系统控制寄存器，写保护
01H	EMUCON	R/W	2	0003h	计量控制寄存器，写保护
02H	HFCnst	R/W	2	1000h	脉冲频率寄存器，写保护
03H	PStart	R/W	2	0060h	有功起动功率设置，写保护
04H	QStart	R/W	2	0120h	无功起动功率设置，写保护
05H	GPQ	R/W	2	0000h	功率增益校正寄存器，写保护
07H	Phs	R/W	1	00h	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	APOS	R/W	2	0000h	有功功率Offset校正寄存器，写保护
0CH	RPOS	R/W	2	0000h	无功功率Offset校正寄存器，写保护
0EH	IRMSOS	R/W	2	0000h	电流通道有效值Offset补偿，写保护
计量参数和状态寄存器					
20H	PFCnt	R/W	2	0000h	快速有功脉冲计数，写保护
21H	QFCnt	R/W	2	0000h	快速无功脉冲计数，写保护
22H	IRMS	R	3	000000h	电流有效值
24H	URMS	R	3	000000h	电压有效值
25H	UFreq	R	2	0000h	电压频率
26H	PowerP	R	4	00000000h	有功功率
28H	PowerQ	R	4	00000000h	无功功率
29H	EnergyP	R	3	000000h	有功能量，读后不清零



2AH	EnergyP2	R	3	000000h	有功能量, 读后清零
2BH	EnergyQ	R	3	000000h	无功能量, 读后不清零
2CH	EnergyQ2	R	3	000000h	无功能量, 读后清零
2DH	EMUStatus	R	3	00EE79h	计量状态及校验和寄存器
中断寄存器					
40H	IE	R/W	1	00h	中断允许寄存器, 写保护
41H	IF	R	1	00h	中断标志寄存器, 读后清零
42H	RIF	R	1	00h	复位中断状态寄存器, 读后清零
系统状态寄存器					
43H	SysStatus	R	1	--	系统状态寄存器
44H	RData	R	4	--	上一次SPI/UART读出的数据
45H	WData	R	2	--	上一次SPI/UART写入的数据
7FH	DeviceID	R	3	820700h	RN8207G Device ID

2.11.2 校表参数寄存器

系统控制寄存器

SYSTEM Control Register (SYSCON)				Address: 0x00 H Default Value: 0003H				
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read	Uartdbm	Uartbr6	Uartbr5	Uartbr4	Uartbr3	Uartbr2	Uartbr1	Uartbr0
Write:		x	x	x	x	x	x	x
:	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read	保留	保留	保留	保留	PGAU1	PGAU0	PGAI1	PGAI0
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	1	1

位	位名称	功能描述												
15	Uartdbm	UART debug mode, 只在通信口选择为 UART 时可读可写, 在选择为 SPI 时读数为 0.												
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'h0B, 9600 波特率 {B1,B0}=10, Uadrbr=7'h05, 19200 波特率 {B1,B0}=11, Uadrbr=7'h02, 38400 波特率 只在通信口选择为 UART 时有意义, 在选择为 SPI 时读数为 0.												
7-4	保留	不可写, 读数为 0.												
3-2	PGAU[1:0]	电压通道模拟增益选择, 配置选择如下:												
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>PGAU1</th> <th>PGAU0</th> <th>电压通道</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>PGA=1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>PGA=2</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>PGA=8</td> </tr> </tbody> </table>	PGAU1	PGAU0	电压通道	0	0	PGA=1	0	1	PGA=2	1	0	PGA=8
		PGAU1	PGAU0	电压通道										
		0	0	PGA=1										
0	1	PGA=2												
1	0	PGA=8												



		1	1	PGA=16	
1-0	PGAI[1:0]	电流通道模拟增益选择，配置选择同 PGAU。			

计量控制寄存器

Energy Measure Control Register (EMUCON)			Address: 0x01 H Default Value: 0003H					
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bit8
Read:	保留	保留	QMOD1	QMOD0	PMOD1	PMOD0	ZXD1	ZXD0
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0
:	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read	ZXCFG	HPFIOFF	HPFUOFF	CFSUEN	CFSU1	CFSU0	QRun	PRun
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	1	1

计量控制寄存器用于计量功能的设置。

位	位名称	功能描述															
15-14	保留	读出为 0															
13-12	QMOD[1:0]	无功能量累加方式选择： <table border="1"> <tr> <td>QMOD1</td> <td>QMOD0</td> <td>累加功率 Qm</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>Qm=DataQ，正反向功率都参与累加，负功率有 REVQ 符号指示。</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>只累加正向功率</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>Qm= DataQ ，正反向功率都参与累加，无负功率符号指示。</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>Qm=DataQ(保留)</td> </tr> </table>	QMOD1	QMOD0	累加功率 Qm	0	0	Qm=DataQ，正反向功率都参与累加，负功率有 REVQ 符号指示。	0	1	只累加正向功率	1	0	Qm= DataQ ，正反向功率都参与累加，无负功率符号指示。	1	1	Qm=DataQ(保留)
		QMOD1	QMOD0	累加功率 Qm													
		0	0	Qm=DataQ，正反向功率都参与累加，负功率有 REVQ 符号指示。													
		0	1	只累加正向功率													
		1	0	Qm= DataQ ，正反向功率都参与累加，无负功率符号指示。													
1	1	Qm=DataQ(保留)															
11-10	PMOD[1:0]	有功能量累加方式选择：同上表无功能量累加方式。															
9	ZXD1	ZX 输出初始值为 0，根据 ZXD1 和 ZXD0 的配置输出不同的波形： ZXD1=0，表示仅在选择的过零点处 ZX 输出发生变化； ZXD1=1，表示在正向和负向过零点处 ZX 输出均发生变化。															
8	ZXD0	ZXD0=0，表示选择正向过零点作为过零检测信号； ZXD0=1，表示选择负向过零点作为过零检测信号。															
7	ZXCFG	ZXCFG =0：接口为 SPI 时引脚 IRQ_N /ZX/SIG 作为 IRQ_N。 ZXCFG =0：接口为 UART 时引脚 IRQ_N /ZX/SIG 作为 SIG。 ZXCFG =1：引脚 IRQ_N /ZX/SIG 作为 ZX。															
6	HPFIOFF	HPFIOFF=0：使能电流通道数字高通滤波器 HPFIOFF=1：关闭电流通道数字高通滤波器															
5	HPFUOFF	HPFUOFF=0：使能电压通道数字高通滤波器 HPFUOFF=1：关闭电压通道数字高通滤波器															
4	CFSUEN	CFSUEN 是 PF/QF 脉冲输出加速模块的控制位，CFSUEN=1，使能脉冲加速模块，脉冲的输出速率提高 2 ^(CFSU[1:0]+1) 倍。CFSUEN=0，关闭脉冲加速模块，脉冲正常输出。															



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

脉冲频率寄存器

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

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

潜动与启动阈值寄存器

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

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



Reset:	0	0	1	0	0	0	0	0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---

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

|PowerP|小于 PStart 时，PF 不输出脉冲。

|PowerQ|小于 QStart 时，QF 不输出脉冲。

增益校正寄存器

Power Gain Register (GPQ)			Address: 0x05h Default Value : 0000H				
	Bit15	14	13	12 ... 3	2	1	Bit0
Read:	GPQ_15	GPQ_14	GPQ_13	GPQ_12...GPQ_3	GPQ_2	GPQ_1	GPQ_0
Write:							
Reset:	0	0	0	0	0	0	0

GPQ 为二进制补码格式，最高位为符号位。

GPQ 用于有功/无功功率的校正。校正范围为正负 100%。

校正公式为： $P1=P0(1+GPQS)$

$Q1=Q0(1+GPQS)$

其中 GPQS 为增益校正寄存器的归一化值。使用方法见第三章校表方法。

相位校正寄存器

Phase Calibration Register (Phs)			Address: 0x 07H Default Value : 00H					
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	Phs_7	Phs_6	Phs_5	Phs_4	Phs_3	Phs_2	Phs_1	Phs_0
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

Phs 寄存器为带符号二进制补码，Bit0~bit7 有效，其中 bit7 为符号位。使用方法见第三章校表方法。

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

相位校正范围：50HZ 下， $\pm 2.54^\circ$

无功相位补偿寄存器

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

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

校正公式： $Q2 = Q1-QPhs*P1$

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

有功 Offset 校正寄存器

Active Power Offset Register(APOS)			Address: 0AH Default Value : 0000H				
	Bit15	14	13	12 ... 3	2	1	Bit0
Read:	APOS_15	APOS_14	APOS_13	APOS_12...APOS_3	APOS_2	APOS_1	APOS_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。该寄存器为二进制补码格式，最高位为符号位。使用方法见第三章校表方法。

无功 Offset 校正寄存器

Rective Power Offset Register(RPOS)			Address: 0CH Default Value : 0000H				
	Bit15	14	13	12 ... 3	2	1	Bit0
Read:	RPOS_15	RPOS_14	RPOS_13	RPOS_12...RPOS_3	RPOS_2	RPOS_1	RPOS_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。该寄存器为二进制补码格式，最高位为符号位。使用方法见第三章校表方法。

有效值 Offset 校正寄存器

IRMS Offset Register(IRMSOS)			Address: 0EH Default Value : 0000H				
	Bit15	14	13	12 ... 3	2	1	Bit0
Read:	IRMS_15	IRMS_14	IRMS_13	IRMS_12...IRMS_3	IRMS_2	IRMS_1	IRMS_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。该寄存器为二进制补码格式，最高位为符号位。使用方法见第三章校表方法。

2. 11. 3 计量参数寄存器

快速脉冲计数器

Active Energy Counter Register (PFCNT)				Address: 0x20h			
	Bit15	14	13	12 ... 3	2	1	Bit0
Read:	PFC15	PFC14	PFC13	PFC12...PFC3	PFC2	PFC1	PFC0
Write:							
Reset:	0	0	0	0	0	0	0

Reactive Energy Counter Register (QFCNT)				Address: 0x21h			
	Bit15	14	13	12 ... 3	2	1	Bit0
Read:	QFC15	QFC14	QFC13	QFC12...QFC3	QFC2	QFC1	QFC0
Write:							
Reset:	0	0	0	0	0	0	0

为了防止上下电时丢失电能，掉电时 MCU 将寄存器 PFCnt/QFCnt 值读回并进行保存，然后在下次上电时 MCU 将这些值重新写入到 PFCnt/QFCnt 中去。

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

电流电压有效值寄存器

Current Rms Register (IRMS)				Address: 0x22h			
	Bit23	22	21	20 ... 3	2	1	Bit0
Read:	IS23	IS22	IS21	IS20...IS3	IS2	IS1	IS0

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

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

电压频率寄存器

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

主要测量基波频率，测量带宽 250Hz 左右。

频率值是一个 16 位的无符号数，参数格式化公式为：

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

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

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

电压频率测量值更新的周期为 0.7s。

平均有功功率寄存器

Active Power Register (PowerP)				Address: 0x26h			
	Bit31	30	29	28 ... 3	2	1	Bit0
Read:	AP31	AP30	AP29	AP28...AP3	AP2	AP1	AP0

有功功率参数 PowerP 是二进制补码格式，32 位数据，其中最高位是符号位。功率参数更

新的频率为 3.4Hz。

平均无功功率寄存器

Reactive Power Register (PowerQ)		Address: 0x28h					
	Bit31	30	29	28 ... 3	2	1	Bit0
Read:	RQ31	RQ30	RQ29	RQ28...RP3	RQ2	RQ1	RQ0

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 PowerP。

有功电能寄存器

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

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

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

有功电能寄存器 2

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

EnergyP2 寄存器是清零型有功能量寄存器。

无功电能寄存器

REActive Energy Register (EnergyQ)		Address: 0x2BH					
	Bit23	22	21	20 ... 3	2	1	Bit0
Read:	EQ23	EQ22	EQ21	EQ20...EQ3	EQ2	EQ1	EQ0

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

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

无功电能寄存器 2

REActive Energy Register2 (EnergyQ2)		Address: 0x2CH					
	Bit23	22	21	20 ... 3	2	1	Bit0
Read:	EQ23_2	EQ22_2	EQ21_2	EQ20_2...EQ3_2	EQ2_2	EQ1_2	EQ0_2

EnergyQ2 寄存器是清零型无功能量寄存器。

计量状态寄存器

此寄存器包括计量状态寄存器和校验和寄存器两部分。

EMU STATUS Register (EMUStatus)		Address: 0x2DH						
	Bit23	22	21	20	19	18	17	Bit16
Read:	0	0	0	NoQld	NoPld	REVQ	REVP	ChksumBusy
Write:	x	x	x	x	x	x	x	x
Reset:	0	0	0	x	x	x	x	0
	Bit15	14	13	12	11	10	9	Bi8
Read:	Chksum15	Chksum 14	Chksum13	Chksum 12	Chksum 11	Chksum 10	Chksum 9	Chksum 8
Write:	x	x	x	x	x	x	x	x
Reset:	1	1	1	0	1	1	1	0
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	Chksum7	Chksum 6	Chksum 5	Chksum 4	Chksum 3	Chksum 2	Chksum 1	Chksum 0
Write:	x	x	x	x	x	x	x	x
Reset:	0	1	1	1	1	0	0	1

位	位名称	功能描述
23-21	保留	保留
20	Noqld	当无功功率小于起动功率时, NoPld 被置为 1; 当有功功率大于/等于起动功率时 NoPLd 清为 0。
19	NoPld	当有功功率小于起动功率时, NoPld 被置为 1; 当有功功率大于/等于起动功率时 NoPLd 清为 0。
18	REVQ	反向无功功率指示标识信号, 当检测到负无功功率时, 该信号为 1。当再次检测到正无功功率时, 该信号为 0。在 QF 发脉冲时更新该值。
17	REVP	反向有功功率指示标识信号, 当检测到负有功功率时, 该信号为 1。当再次检测到正有功功率时, 该信号为 0。在 PF 发脉冲时更新该值。
16	ChksumBusy	校表数据校验计算状态寄存器。 ChksumBusy =0, 表示校表数据校验和计算已经完成。Chksum 寄存器的值可用。 ChksumBusy =1, 表示校表数据校验和计算未完成。Chksum 寄存器的值不可用。



15:0	Chksum	校验和输出
------	--------	-------

EMUStatus [15:0]是 RN8207G 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 PHS，将其扩展为双字节后累加，扩展的字节为 00H。

RN8207G 参与校验和计算的寄存器地址是 00H-10H，根据 RN8207G 默认值计算得到的校验和为 0xEE79。

以下三种情况下，重新开始一次校验和计算：系统复位、00H-0EH 某个寄存器发生写操作、EMUStatus 寄存器发生读操作。一次校验和计算需要 11.2us。

2.11.4 中断寄存器

中断配置和允许寄存器

Interrupt Enable Register (IE)			Address: 0x40H					
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	0	0	ZXIE	QEOIE	PEOIE	QFIE	PFIE	DUPDIF
Write:	x	x						
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

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。

位	位名称	功能描述
7-6	保留	保留
5	ZXIE	ZXIE=0: 关闭过零中断; ZXIE=1: 使能过零中断。
4	QEOIE	QEOIE=0: 关闭无功电能寄存器溢出中断; QEOIE=1: 使能无功电能寄存器溢出中断。
3	PEOIE	PEOIE=0: 关闭有功电能寄存器溢出中断; PEOIE=1: 使能有功电能寄存器溢出中断。
2	QFIE	QFIE=0: 关闭QF中断; QFIE=1: 打开QF中断。
1	PFIE	PFIE=0: 关闭PF中断; PFIE=1: 打开PF中断。
0	DUPDIE	DUPDIE=0: 关闭数据更新中断; DUPDIE=1: 使能数据更新中断。 数据 PowerP、PowerQ、IRMS、URMS 寄存器刷新的频率为 3.4HZ, 当上述数据更新时, IRQ_N 引脚输出低电平。

中断状态寄存器

Interrupt Flag Register (IF)			Address: 0x41H					
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	0	0	ZXIF	QEOIF	PEOIF	QFIF	PFIF	DUPDIF

位	位名称	功能描述
---	-----	------



7-6	Reserved	保留。
5	ZXIF	ZXIF =0: 未发生过零事件; ZXIF =1: 发生过零事件。
4	QEOIF	QEOIF=0: 未发生无功电能寄存器溢出事件; QEOIF=1: 发生无功电能寄存器溢出事件。
3	PEOIF	PEOIF=0: 未发生有功电能寄存器溢出事件; PEOIF=1: 发生有功电能寄存器溢出事件。
2	QFIF	QFIF =0: 未发生 QF 脉冲输出事件; QFIF =1: 发生 QF 脉冲输出事件。
1	PFIF	PFIF =0: 未发生 PF 脉冲输出事件; PFIF =1: 发生 PF 脉冲输出事件。
0	DUPDIF	DUPDIF=0: 未发生数据更新事件; DUPDIF=1: 发生数据更新事件。

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

复位中断状态寄存器

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

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

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

2.11.5 系统状态寄存器

系统状态寄存器

System Status Register (SysStatus)		Address: 0x43H						
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	0	0	0	WREN	A1	A0	0	RST

位	位名称	功能描述
7-5	Reserved	保留。
4	WREN	写使能标志: =1 允许写入带写保护的寄存器; =0 不允许写入带写保护的寄存器
3	A1	表征串行通信类型和地址选择引脚 A1 的状态，只读。
2	A0	表征串行通信类型和地址选择引脚 A0 的状态，只读。



1	SOFTRST	软件复位标志。当软件复位结束时，该位置 1。读后清零。可用于复位后校表数据请求。
0	RST	硬件复位标志。当外部 RST_N 引脚或者上电复位结束时，该位置 1。读后清零。可用于复位后校表数据请求。

SPI/UART 读校验寄存器

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

SPI/UART 写校验寄存器

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

2.11.6 特殊命令

命令名称	命令寄存器	数据	描述
写使能命令	0xEA	0xE5	使能写操作
写保护命令	0xEA	0xDC	关闭写操作
软件复位命令	0xEA	0xFA	软件复位命令，等效于外部 PIN 复位；当写使能之后，系统才接受该命令；建议客户 CPU 对计量初始化前先进行软件复位或者 PIN 复位；

写保护的范围：

0x00h-0x0Eh 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

RN8207G 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。RN8207G 的校正手段包括：

- 电表常数(HFConst)可调
- 提供增益校正
- 提供相位校正
- 提供有功、无功和有效值 offset 校正
- 提供无功相位补偿
- 提供小信号加速校正功能
- 提供校表数据自动校验功能

3.2 校表流程和参数计算

在对 RN8207G 设计的单相液晶表进行校正时，必须提供标准电能表。利用标准电能表校表时，有功/无功能量脉冲 PF/QF 可以通过光耦直接连接到标准表上去，然后根据标准电能表的误差读数对 RN8207G 进行校正。

3.2.1 校表流程

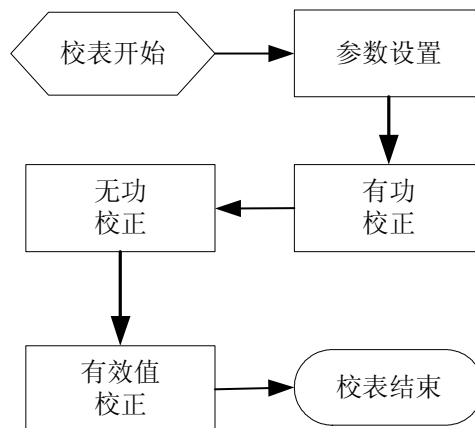


图 3-1 校表流程

3.2.2 参数设置

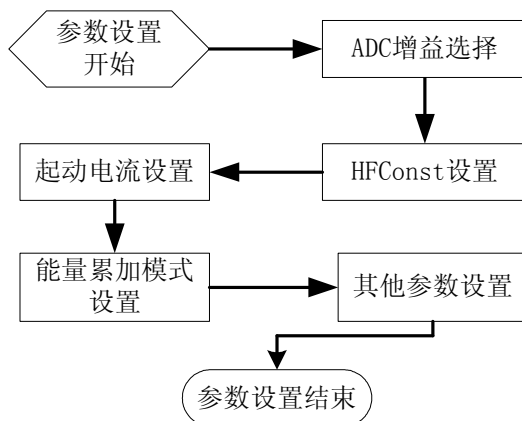


图 3-2 参数设置流程

HFConst 参数计算:

osci=3.579545MHz 时, HFConst 的计算公式如下:

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

Vu: 额定电压输入时, 电压通道的电压 (引脚上电压×放大倍数)

Vi: 额定电流输入时, 电流通道的电压 (引脚上电压×放大倍数)

Un: 额定输入的电压; Ib: 额定输入的电流; EC: 电表常数

HFConst 参数查表:

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

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

3.2.3 有功校正

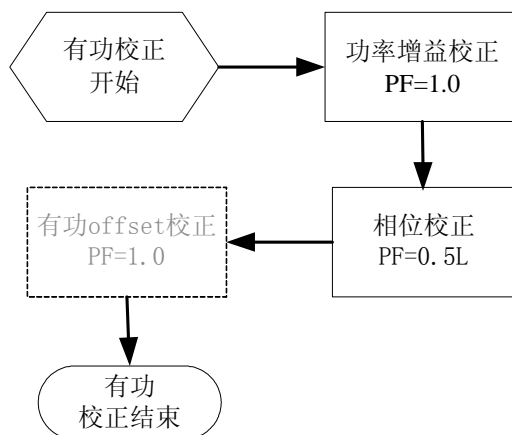


图 3-3 有功校正流程

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

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

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

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

2. 相位校正寄存器的计算方法:

若标准表在 100%Ib, PF=0.5L 上读出误差为 err, 则相位补偿公式:

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

对 50HZ, PHS 有 0.02⁰/LSB 的关系, 则有

如果 θ ≥ 0, PHS = INT(θ / 0.02⁰)

如果 θ < 0, PHS = INT(2⁸ + θ / 0.02⁰)

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

3.2.4 无功校正

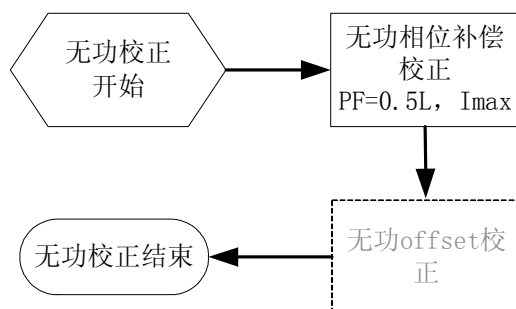


图 3-4 无功校正流程

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 I_{max}、PF=0.5L(30°)上读出误差为 err, 则:

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

如果 α ≥ 0, 则 Q_{phs} = INT[α * 2¹⁵]; 如果 α < 0, 则 Q_{phs} = INT[2¹⁶ + α * 2¹⁵]

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

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

3.2.5 有效值校正

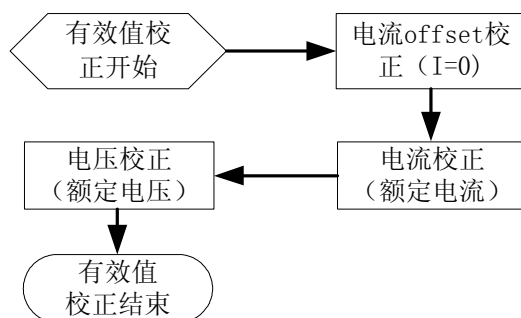


图 3-5 有效值校正流程

说明：

1. 电流 offset 校正可提高小信号电流有效值精度

IRMSOS 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 IRMS 寄存器值，暂存；
- 4) 重复步骤 2 和 3 十一次，第一个数据可不要，MCU 取后十个数据求平均得 I_{ave} ；
- 5) 求 I_{ave} 的平方 I_{ave}^2 ；
- 6) 求其 32 位二进制补码，取符号位填入 IRMSOS 寄存器的 bit15，取 bit23~bit8 填入 IRMSOS bit14~bit0 得 IRMSOS；
- 5) 有效值 offset 校正结束

2. 校好电流 offset 后，再进行电流转换系数 K_i 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 IRMS 寄存器读数为 RMSIreg，则

$$K_i = I_b / \text{RMSIreg}$$

其中 K_i 为额定输入时额定值与相应寄存器的比值。

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。电流采样使用 350 微欧的锰铜，模拟通道增益为 16 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

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

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

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

2. 有功校正

1) 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

$$Pgain = -0.012 / (1 + 0.012) = -0.01186$$

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

将 FE7Bh 写入 GPQ 寄存器，完成增益校正。

2) 相位校正

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

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

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

取整后为 0x06H，写入角度校正寄存器 PHS 即可。

3) 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。

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

$$\alpha = -0.0004 * 0.577 = -0.0002308 < 0, \quad Qphs = \text{INT}(2^{16} - 0.0002308 * 2^{15}) = 65528 = 0xffff8$$

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 0x00000B83，取后 4 位数 0X0B83 写入无功偏置校正寄存器。

4. 有效值校正

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

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

取中间 4 位数 0xeba4 写入电流有效值偏置校正寄存器。

转换系数计算由 MCU 完成。

4 通信接口

- 支持两种串行通信接口：SPI 和 UART。工作在从属方式；
- 串行通信接口选择通过外部引脚 A1 和 A0 设置；
- SPI 和 UART 接口均为 5V/3.3V 兼容；

4.1 SPI 接口

4.1.1 SPI 接口信号说明

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

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

SCLK: 串行时钟输入脚，决定数据移出或移入 SPI 口的传输速率。

所有的数据传输操作均与 SCLK 同步，RN8207G 和主机都在低电平读取数据。

SDI: 串行数据输入脚。用于把主设备数据传输到 RN8207G 内部。

SDO: 串行数据输出脚，用于把 RN8207G 数据输出给主设备。SCSN 为高时，为高阻。

4.1.2 SPI 帧格式

SPI 帧包括读操作帧、写操作帧和特殊命令帧。每一帧的传输过程如下：

当 RN8207G 检测到 SCSN 下降沿，SPI 进入通信方式，在此模式下，RN8207G 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。

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

这三种类型 SPI 帧格式说明见表 4-1。

表 4-1 SPI 帧格式

命令名称	命令寄存器	数据	描述
读命令	{0,REG_ADR[6:0]}	RDATA	从地址为 REG_ADR[6:0]的寄存器中读数据。 注意：读无效地址，返回值为 00h。
写命令	{1,REG_ADR[6:0]}	WDATA	向地址为 REG_ADR[6:0]的寄存器中写数据。
写使能命令	0xEA	0xE5	参见 2.11.6 特殊命令章节。
写保护命令	0xEA	0xDC	
软件复位命令	0xEA	0xFA	软件复位命令，等效于外部 PIN 复位；当写使能之后，系统才接受该命令；

			建议客户 CPU 对计量初始化前先进行软件复位或者 PIN 复位;
--	--	--	-----------------------------------

4.1.3 SPI 写操作

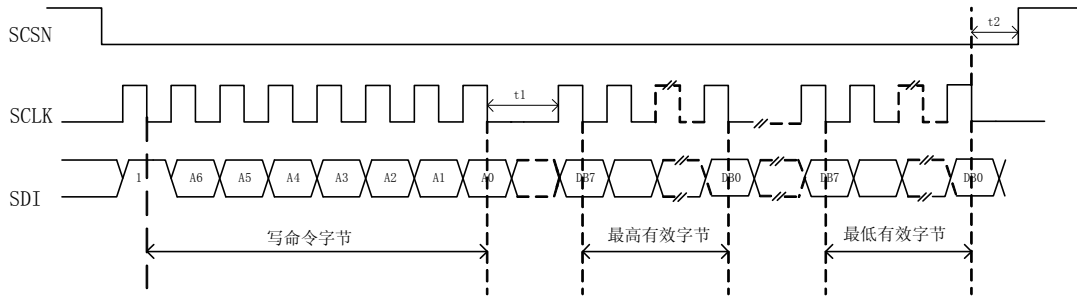


图 4-1 SPI 写时序

工作过程:

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

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

注意: 有写保护功能的寄存器在写操作之前要先写入写使能命令。

4.1.4 SPI 读操作

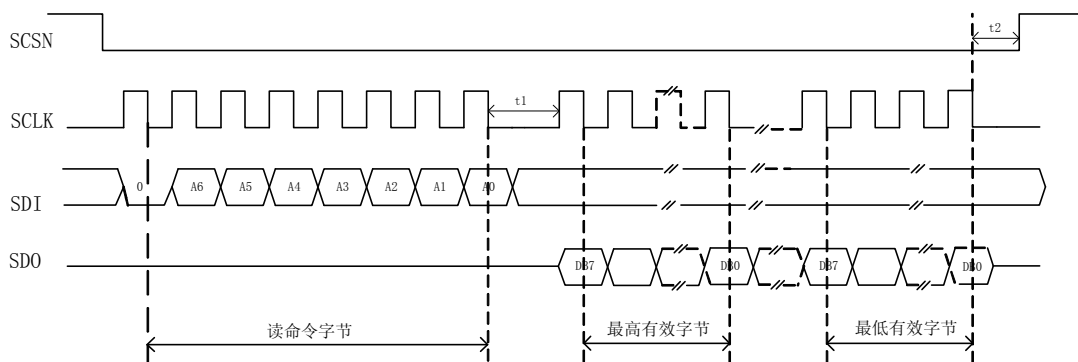


图 4-2 SPI 读时序

工作过程:

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

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

4.1.5 SPI 接口可靠性设计

SPI 接口可靠性设计包括以下方面：

- 校验功能
 1. 提供校验寄存器 EMUStatus(0x2DH)用于存放内部校表寄存器的校验和。
 2. 提供 SPI 读校验寄存器 RData(0x44H)，保存前次 SPI 读出的数据。
 3. 提供 SPI 写校验寄存器 WData (0x45H)，保存前次 SPI 写入的数据。
- 写保护功能
对所有可读可写寄存器有写保护功能。
- 应用电路设计
SPI 传输信号线有可能受到干扰而出现抖动，需要外接电阻电容进行滤波。参数的选择可根据需要确定。

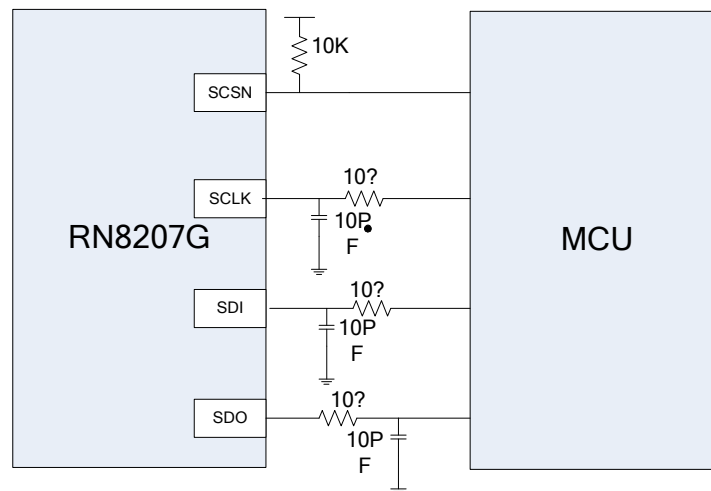


图 4-3 SPI 典型接线图

4.2 UART 接口

- 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
- 支持多从机通讯模式，通过硬件管脚配置从机片选地址：0/1/2 三档可选
- 通过硬件管脚配置波特率：2400/9600/19200/38400bps 四档可选
- 支持单播/广播两种通信方式
- 帧结构包含 CHIPID 字节和校验和字节，安全可靠
- 5V/3.3V 兼容

4.2.1 UART 接口信号说明

TX: UART 从机（RN8207G）数据发送管脚；

RX: UART 从机（RN8207G）数据接收管脚；

B1/B0: 波特率选择管脚，用于配置 RN8207G 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；

A1/A0: 通讯口选择和片选地址配置管脚，A1/A0 不等于 11 时，用于配置当前 RN8207G 芯片的片选地址 CID[1:0]；A1/A0 的值也映射在系统状态寄存器 SysStauts[3:2]中。

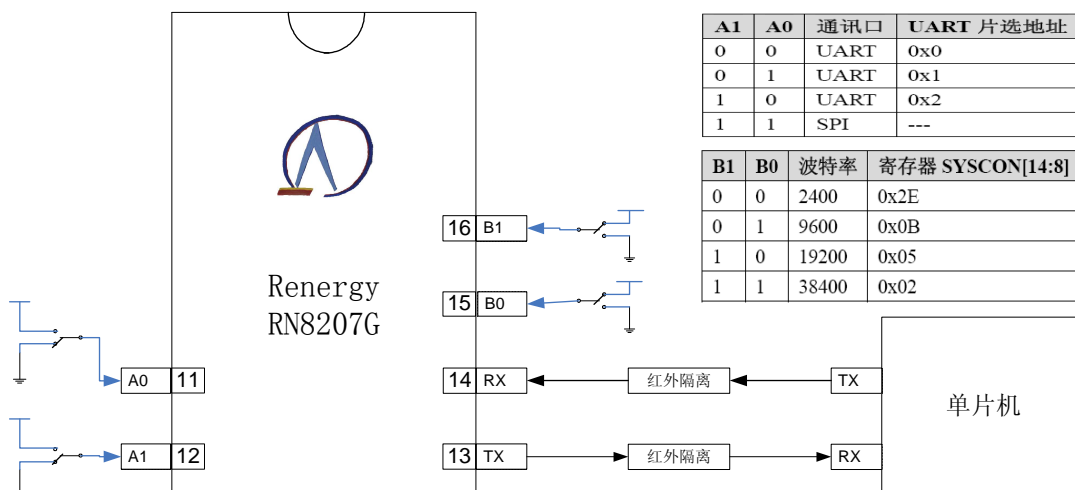


图 4-4 UART 典型接线图

4.2.2 UART 多从机通讯

RN8207G UART 支持多从机总线通信模式，总线上最多可支持三个从机（RN8207G）与主机（单片机）通讯，RN8207G 通过 A1/A0 配置成不同的片选地址，单片机根据片选地址区分不同的从机（RN8207G）芯片；典型应用如图 4-5 所示：

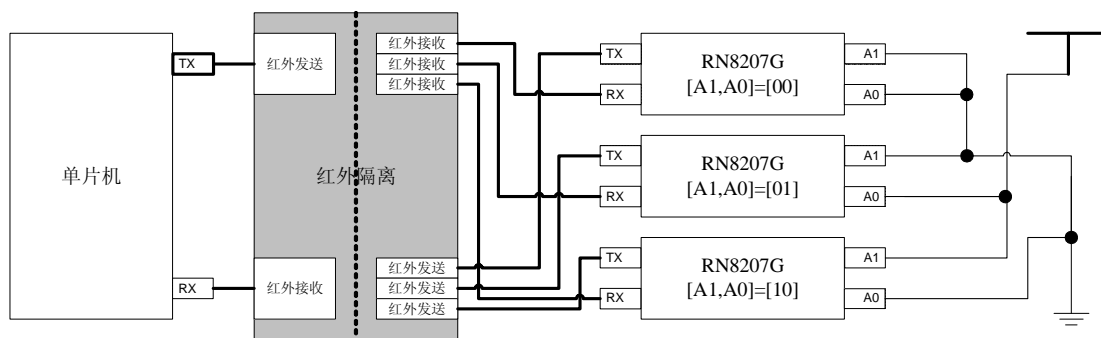


图 4-5 UART 多从机通讯示意图

4.2.3 UART 数据字节格式

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

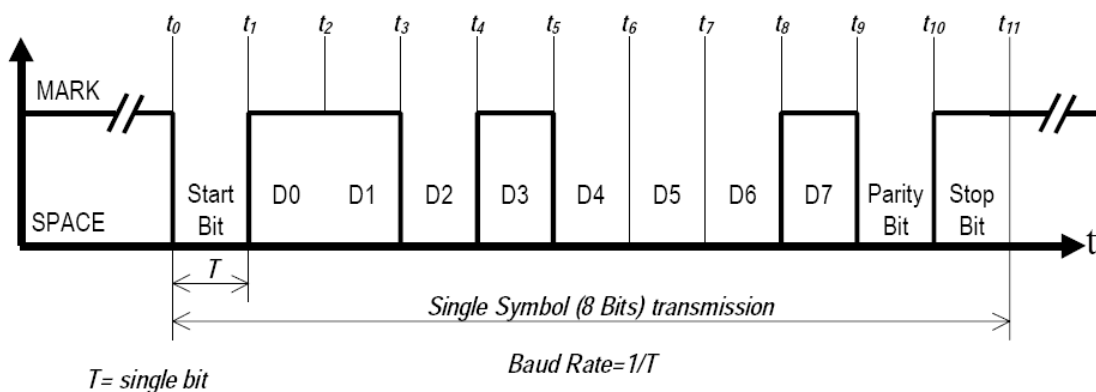


图 4-6 UART 数据字节格式

4.2.4 UART 帧格式



RN8207G UART 通讯帧格式如下图和表格所示：

名称	解释
CHIPID	片选地址字节，由主机端发送； ChipID[7:6]=CID[1:0]=[10]； ChipID[5:4]=CID[1:0]=片选地址 与主机端发送的片选地址匹配的 RN8207G 器件将接受后面的命令 若主机发送的片选地址为 11，表示广播地址，如果是写命令，那么写操作对总线上

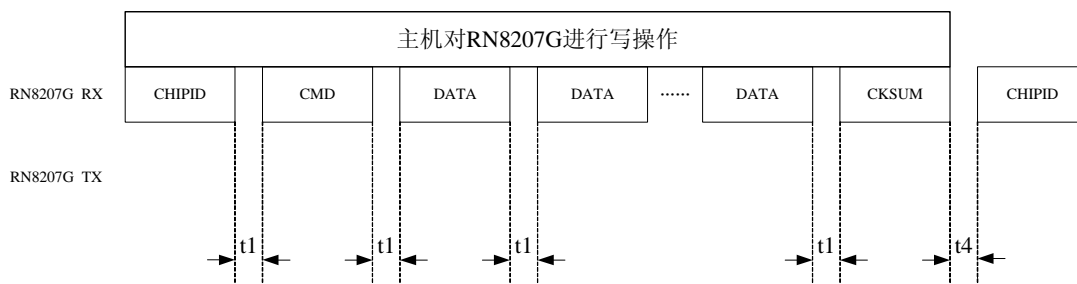
	所有的从器件都有效；如果是读命令，命令无效，所有的从器件都不做任何反馈
CMD	命令字节，由主机端发送， CMD[7]: 表示命令类别；0，读操作，1: 写操作； CMD[6:0]: 表示被选中 RN8207G 器件的内部寄存器地址 若 CMD[7]=1，而 CMD[6:0]=0x6A，表示本次操作是特殊命令；
DATA	数据字节；读操作由从机端发送，写操作由主机端发送 若寄存器地址对应寄存器是多字节寄存器，先传最高有效字节；
CKSM	校验和字节；读操作由从机端发送，写操作由主机端发送 校验和算法如下： $Checksum[7:0] = \sim(ChipID + CMD[7:0] + DATA_n[7:0] + \dots + DATA_1[7:0])$ 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	片选地址字节	命令字节	数据字节	描述
读命令	{10,CID[1:0], 10,CID[1:0]}	{0,REG_ADR[6:0]}	RDATA	从片选地址为 CID [1:0] 的 RN8207G 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	{10,CID[1:0], 10,CID[1:0]}	{1,REG_ADR[6:0]}	WDATA	若 CID[1:0]! = 0x3: 向片选地址为 CID[1:0] 的 RN8207G 器件中的地址为 REG_ADR[6:0]的寄存器写数据。 若 CID[1:0]=0x3: 向所有的从机中的地址为 REG_ADR[6:0]的寄存器写数据。
写使能命令	{10,CID[1:0], 10,CID[1:0]}	0xEA	0xE5	若 CID[1:0]! = 0x3，命令针对地址匹配的 RN8207G 器件
写保护命令	{10,CID[1:0], 10,CID[1:0]}	0xEA	0xDC	若 CID[1:0]=0x3，命令针对总线上所有的 RN8207G 器件 命令描述“参见 2.12.6 特殊命令章节。”
软件复位命令	{10,CID[1:0], 10,CID[1:0]}	0xEA	0xFA	软件复位命令，等效于外部 PIN 复位；当写使能之后，系统才接受该命令； 建议客户 CPU 对计量初始化前先进进行软件复位或者 PIN 复位；

4.2.5 UART 写操作

写操作由主机端发起，主机端先发送片选地址字节，总线上的 RN8207G 器件均接收片选地址字节；被选中的 RN8207G 器件会进命令接收状态；接收主机随后发送的命令字节，如果

是写命令，从机继续接收主机随后依次发送的数据字节和校验和字节。如下图所示：

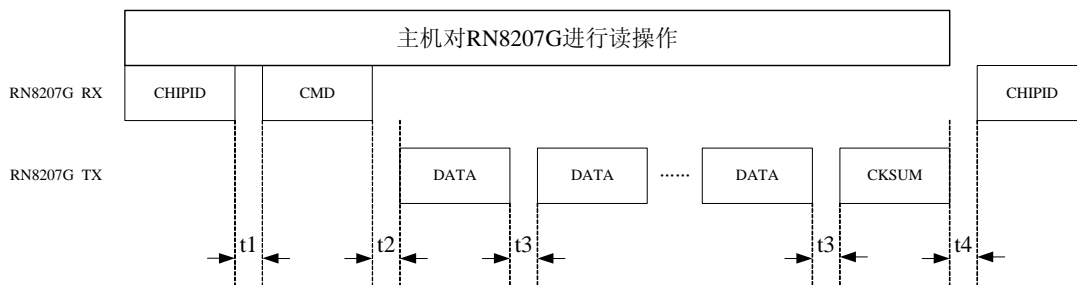


注意事项：

1. 9 位 UART，字节信息由 11 位组成，即起始位（0）、数据位（低位在先）、1 位偶校验位（第 9 数据位）和 1 位停止位（1）。
2. 字节发送端计算并发送校验位，字节接收端根据校验位判断字节传送是否有效；如果字节错误，随后的字节被认为是新的帧的开始；
3. 多字节寄存器，先传输高字节内容，再传输低字节内容；
4. 主机发送字节之间的时间 t_1 ，由主机端控制，RN8207G 没有限制， t_1 大于等于 0ns；
5. 帧之间的时间 t_4 ，由主机端控制，RN8207G 没有限制， t_4 大于等于 0ns；
6. 有写保护功能的寄存器在写操作之前要先写入写使能命令。
7. 主机计算并发送校验和，从机根据校验和判断帧传送是否成功

4.2.5 UART 读操作

读操作由主机端发起，主机端先发送片选地址字节，总线上的 RN8207G 器件均接收片选地址字节；被选中的 RN8207G 器件会进命令接收状态；接收主机随后发送的命令字节，如果是读命令，RN8207G 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，RN8207G 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，RN8207G 没有限制， t_4 大于等于 0ns 即可；
8. 主机计算并发送校验和，从机根据校验和判断帧传送是否成功

4.2.6 UART 接口可靠性设计

UART 接口可靠性设计包括以下方面：

- 硬件管脚配置波特率，安全可靠
- UART 数据字节传送具有位校验（偶校验）功能
- UART 通讯帧传输具有校验和功能
- 硬件管脚的配置的结果反映在寄存器中；
- 寄存器校验功能
 1. 提供校验寄存器 EMUStatus 用于存放内部校表寄存器的校验和。
 2. 提供读校验寄存器 RData，保存前次读出的数据。
 3. 提供写校验寄存器 WData，保存前次写入的数据。
- 写保护功能
对所有可读可写寄存器有写保护功能。

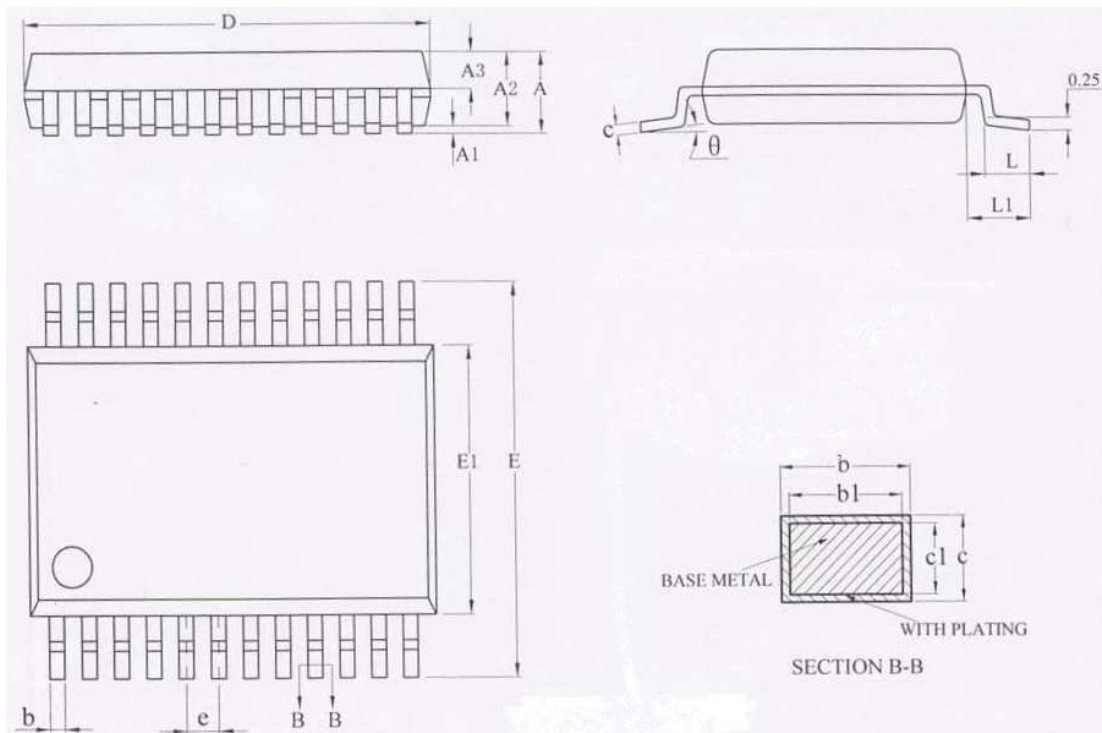
5 电气特性

精度 ($V_{dd}=AV_{dd}=5V\pm 5\%$, 室温)						
测量项目	符号	最小	典型	最大	单位	测试条件和注释
有功电能测量误差	Err			$\pm 0.1\%$		常温1500:1的动态范围
有功电能测量带宽	BW		14		kHz	OSCI=3.579545MHz
无功电能测量误差	Err			$\pm 0.1\%$		常温1500:1的动态范围
有效值测量误差	Err			$\pm 0.5\%$		常温400:1的动态范围
模拟输入						
最大信号电平	V_{xn}			± 800	mV	
直流输入阻抗	Z_{DC}	300			k Ω	
ADC失调误差	DC_{off}		10		mV	
-3dB带宽	B_{-3dB}		14		kHz	OSCI=3.579545MHz
基准电压 ($V_{dd}=AV_{dd}=5V\pm 5\%$, 温度范围: $-40^{\circ}C\sim +85^{\circ}C$)						
输出电压	V_{ref}		2.5		V	$\pm 5\%$
温度系数	T_c		25		ppm/ $^{\circ}C$	
输入阻抗			4		k Ω	
时钟输入						
输入时钟频率范围	OSCI		3.58		MHz	
数字输入输出接口						
SPI接口速率		1K		1.2M	Hz	
UART接口速率		2.4K		384K	Hz	波特率四档可选
RSTN、A0、A1 输入高电平	V_{IH}	3.7	--	DV_{DD}	V	$DV_{dd}=5V$, $-40-85^{\circ}C$
RSTN、A0、A1输入低电平	V_{IL}	DGND	--	1.3	V	$DV_{dd}=5V$, $-40-85^{\circ}C$
SDI/RX、SCLK/B0、SCSN/B0输入高电平	V_{IH}	2.6	--	DV_{DD}	V	$DV_{dd}=5V$, $-40-85^{\circ}C$
SDI/RX、SCLK/B0、SCSN/B0 输入低电平	V_{IL}	DGND	--	1	V	$DV_{dd}=5V$, $-40-85^{\circ}C$
IRQN/ZX 输出高电平	V_{OH}	4	--	DV_{DD}	V	$DV_{dd}=5V$, 室温; $I_{source}=3.5mA$
IRQN/ZX 输出低电平	V_{OL}	--	--	0.5	V	$DV_{dd}=5V$, 室温; $I_{sink}=8mA$
PF、QF、SDO输出高电平	V_{OH}	4	--	DV_{DD}	V	$DV_{dd}=5V$, 室温; $I_{source}=5mA$
PF、QF、SDO输出低电平	V_{OL}	DGND	--	0.5	V	$DV_{dd}=5V$, 室温; $I_{sink}=12mA$
电源						
模拟电源	AV_{DD}	4.5		5.5	V	$5V\pm 10\%$
数字电源	DV_{DD}	4.5		5.5	V	$5V\pm 10\%$



模拟电流	A _{Idd}		2.7		mA	OSCI=3.579545MHz
数字电流	D _{Idd}		2.9		mA	OSCI=3.579545MHz
极限参数						
数字电源电压	DV _{DD}	-0.3	--	+7	V	
模拟电源电压	AV _{DD}	-0.3	--	+7	V	
DV _{DD} to DGND		-0.3	--	+7	V	
DV _{DD} to AV _{DD}		-0.3		+0.3	V	
V _{1P} ,V _{1N} ,V _{2P} ,V _{2N}		-6		+6	V	
数字输入电压相对于GND	V _{IND}	-0.3	--	DV _{DD} +0.3	V	
数字输出电压相对于GND	V _{outD}	-0.3	--	DV _{DD} +0.3	V	
模拟输入电压相对于AGND	V _{INA}	-0.3	--	AV _{DD} +0.3	V	
工作温度范围	T _A	-40	--	85	°C	
存储温度范围	T _{stg}	-65	--	150	°C	

6 芯片封装



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