



SDI7768

单相多功能防窃电专用计量芯片

产品说明书

说明书发行履历:

版本	发行时间	新制/修订内容
2010-01-A	2010-01	更换新模板
2012-01-B1	2012-01	增加说明书编号及发行履历



1、概述

SDI7768 能够测量有功功率、无功功率、有功能量、无功能量，并能同时提供两路独立的有功功率和有效值、电压有效值、线频率、过零中断等，可以实现灵活的窃电方案。

SDI7768 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。

SDI7768 提供两个串行接口SPI 和RSIO，方便与外部MCU 之间进行通信。其中RSIO 为锐能微专有的单线通讯接口，可以使用一根数据线实现双向通讯。

SDI7768 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。

其主要特点如下：

- 计量
 - ◆ 提供三路 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
 - ◆ 提供两路电流和一路电压有效值测量，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/RSIO 接口
- 具有电源监控功能
- 单+5V 电源供电，功耗典型值为32mW
- 内置 $2.5V \pm 3\%$ 参考电压，温度系数典型值 $25\text{ppm}/^\circ\text{C}$
- 封装形式：SSOP24



2、功能框图及引脚说明

2.1、功能框图

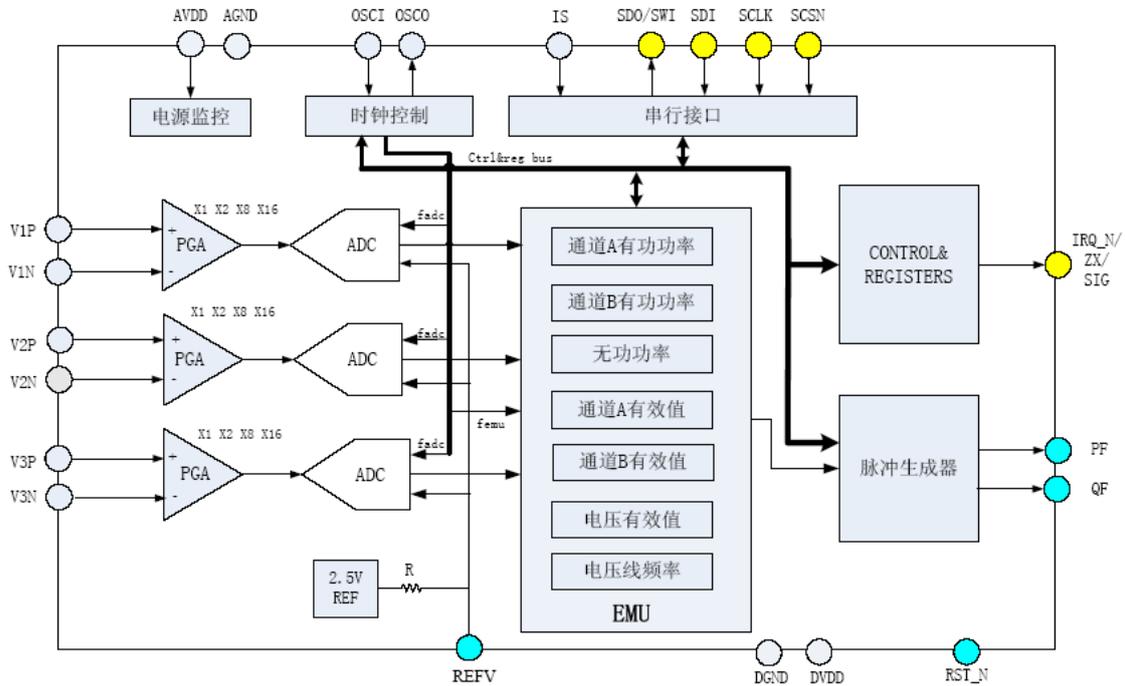


图 2-1 系统框图

2.2、引脚排列图

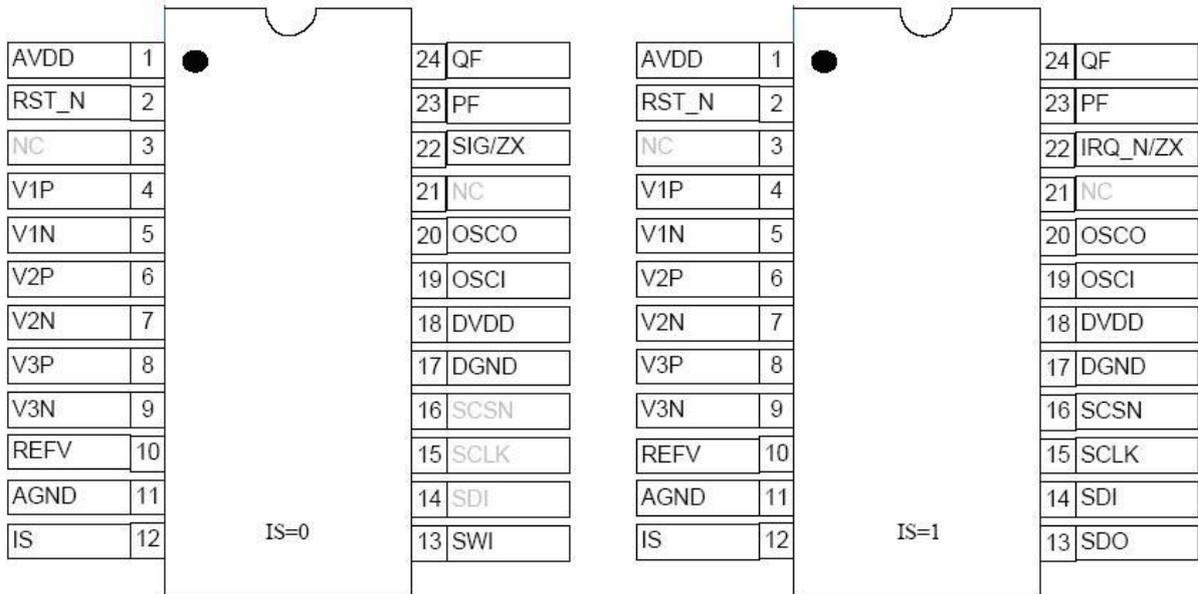


图 2-2 管脚排列图



2.3、引脚说明及结构原理图

引脚	符号	属性	功能
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	NC	NC	不连接。
4, 5	V1P, V1N	输入	电流通道A 的正、负模拟输入引脚。采用完全差分输入方式，正常工作最大输入V _{pp} 为 \pm 700mV，最大承受电压为 \pm 6V。
6, 7	V2P, V2N	输入	电流通道B 的正、负模拟输入引脚。采用完全差分输入方式，正常工作最大输入V _{pp} 为 \pm 700mV，最大承受电压为 \pm 6V。
8, 9	V3P, V3N	输入	电压通道的正、负模拟输入引脚。采用完全差分输入方式，正常工作最大输入V _{pp} 为 \pm 700mV，最大承受电压为 \pm 6V。
10	REFV	输入/输出	2.5V 基准电压的输入、输出引脚。外部基准源可以直接连接到该引脚上。无论使用内部还是外部基准源，该引脚都应使用10 μ F 电容并联0.1 μ F 电容进行去耦。
11	AGND	电源	模拟地。
12	IS	输入	串行通信类型选择引脚，确定芯片的通信接口类型。 IS=0，选择RSIO 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/SWI	输入/输出	SDO 和SWI 复用引脚，3.3V/5V 兼容引脚。SWI 为RSIO 总线的信号名。 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，该引脚为单线通信的输入输出引脚SWI。复位后，该引脚为输入，当SWI 响应命令给MCU 传送数据时，该引脚变为输出。 内置上拉电阻。
14	SDI	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，该引脚内置上拉电阻。
15	SCLK	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，该引脚内置上拉电阻。
16	SCSN	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，该引脚内置上拉电阻。
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RSIO 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。

3、电特性

3.1、极限参数

除非另有规定， $T_{amb}=25^{\circ}\text{C}$

参数名称	符号	条件	最小	最大	单位
数字电源电压	DVDD		-0.3	+7	V
模拟电源电压	AVDD		-0.3	+7	V
DVDD到 DGND			-0.3	+7	V
DVDD 到 AVDD			-0.3	+0.3	V
V1P,V1N,V2P,V2N			-6	+6	V
数字输入电压相对于GND	V_{IND}		-0.3	DVDD+0.3	V
数字输出电压相对于GND	V_{outD}		-0.3	DVDD+0.3	V
模拟输入电压相对于AGND	V_{INA}		-0.3	AVDD +0.3	V
工作环境温度	T_{amb}		-40	85	$^{\circ}\text{C}$
贮存温度	T_{stg}		-65	150	$^{\circ}\text{C}$
焊接温度	T_L	10 秒	250		$^{\circ}\text{C}$

3.2、电气特性

直流参数（除非另有规定， $T_{amb}=25^{\circ}\text{C}$ ， $AVDD=DVDD=5V\pm 5\%$ ）



参数名称	符号	测试条件	规范值			单位
			最小	典型	最大	
有功电能测量误差	Err	常温1500:1 的动态范围			±0.1%	
有功电能测量带宽	BW	OSCI=3.579545MHz		14		kHz
无功电能测量误差	Err	常温1500:1 的动态范围		±0.1%		
有效值测量误差	Err	常温400:1 的动态范围		±0.5%		
模拟输入						
最大信号电平	V _{xn}				±700	mV
直流输入阻抗	Z _{DC}		300			kΩ
ADC失调误差	DC _{off}			10		mV
-3dB带宽	B-3dB	OSCI=3.579545MHz		14		kHz
基准电压(温度范围: -40℃~+85℃)						
输出电压	V _{ref}	标准偏差<0.01V	2.45	2.5	2.55	V
温度系数	T _c			25		ppm/℃
输入阻抗				4		kΩ
时钟输入						
输入时钟频率范围	OSCI		1	3.58	4	MHz
接口速度						
SPI接口速率			1K		1.2M	Hz
单线接口速率			500		10K	Hz
电源						
模拟电源	AVDD	5V±10%	4.5		5.5	V
数字电源	DVDD	5V±10%	4.5		5.5	V
模拟电流1	AI _{dd1}	通道B ADC不打开		2.7		mA
模拟电流2	AI _{dd2}	通道B ADC打开		3.6		mA
数字电流	DI _{dd}	OSCI=3.579545MHz		2.9		mA

4、系统功能介绍

4.1、电源监测

SDI7768 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±0.1V 时芯片被复位，当电源电压高于4.3V±0.1V 时芯片正常工作。

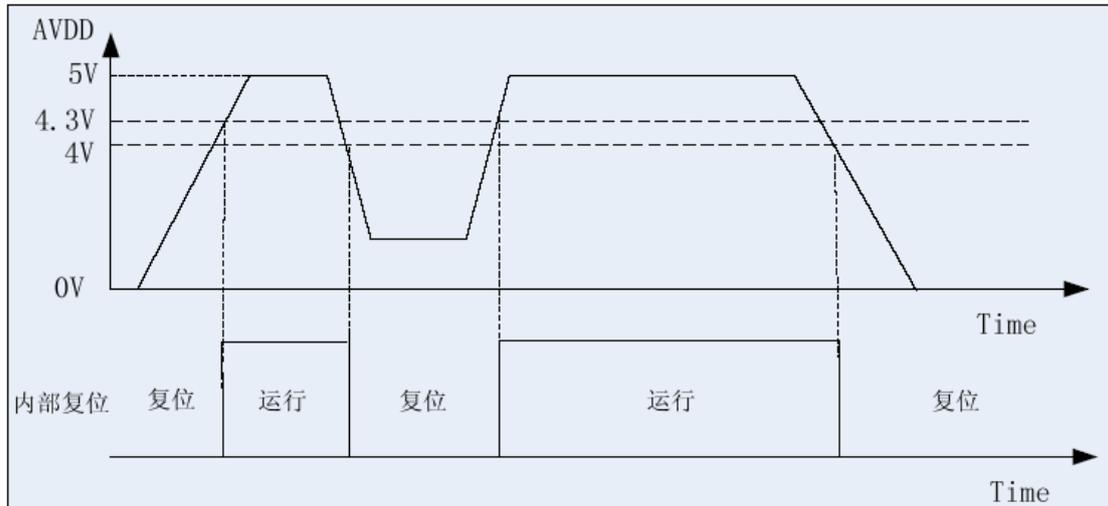


图4-1 电源检测特性

为保证芯片正常工作，AVDD 的波动不应超过 $5V \pm 5\%$ 。

4.2、系统复位

SDI7768支持两种全局复位方式：

- 上下电
- 外部引脚复位

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。

4.3、模数转换

SDI7768包括三路ADC，一路用于相线电流采样，一路用于零线电流采样，一路用于电压采样。配置系统控制寄存器中的ADC2ON 寄存器位打开/关闭电流通道B。

ADC 采用全差分方式输入，电流、电压通道最大信号输入幅度为峰值700mv。

通过配置系统控制寄存器(SYSCON 0x00H)中的bit5~bit0 位，可以分别对三路ADC 配置放大倍数，放大倍数4 档可选：1、2、8、16。电流通道A 的增益放大倍数默认为16 倍。

4.4、有功功率

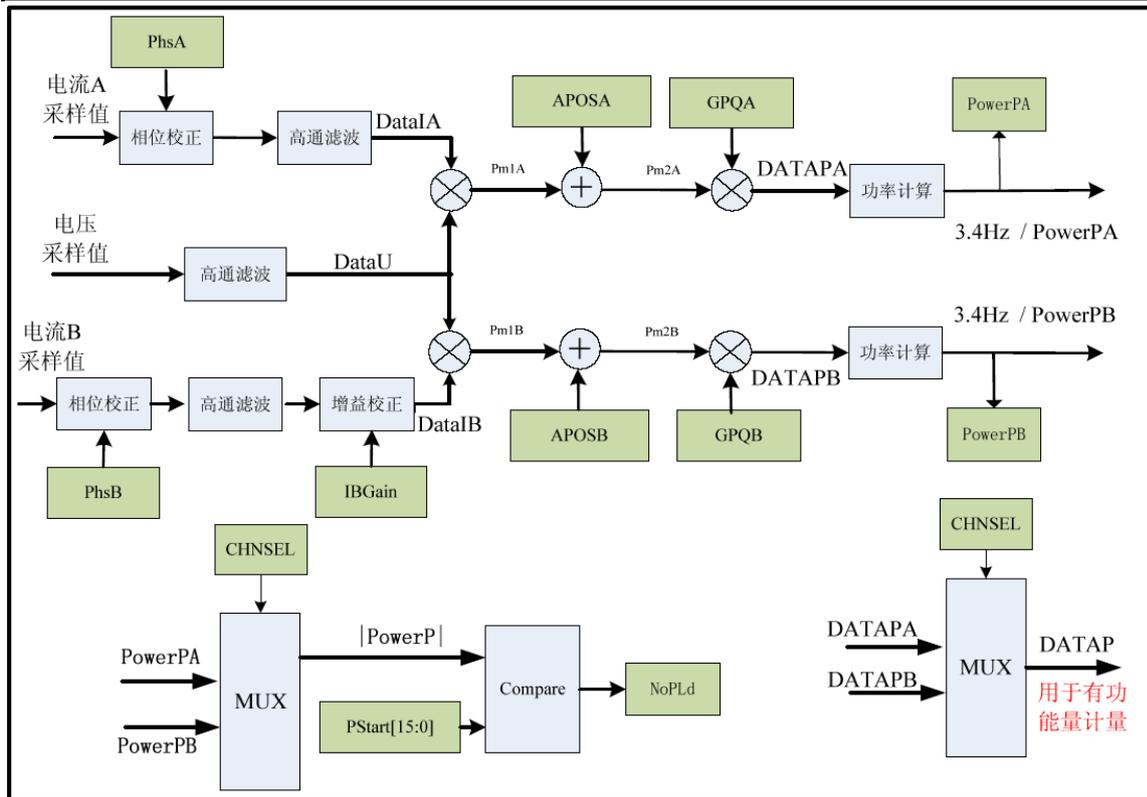


图4-2 有功功率框图

SDI7768 提供两路有功功率的计算和校正，分别为电流A 和电压有功功率计算和校正、电流B 和电压有功功率计算和校正。

寄存器也包含A/B 两套相位校正、有功Offset 校正、有功增益校正和平均功率寄存器。另外，为了保证两个通道的一致性，还提供了电流通B 的增益校正寄存器IBGain。

当前用于判断潜动和启动的平均有功功率（PowerP）通道，以及当前用于计算有功电能的瞬时有功功率通道(DATAP)，来自哪个通道可以由特殊命令决定，见特殊命令章节。

用户可以通过特殊命令对通道选择进行配置，配置的结果可以通过CHNSEL 寄存器位进行查询。

图中的数字高通滤波器主要是用于去除电流、电压采样数据中的直流分量。

4.5、无功功率

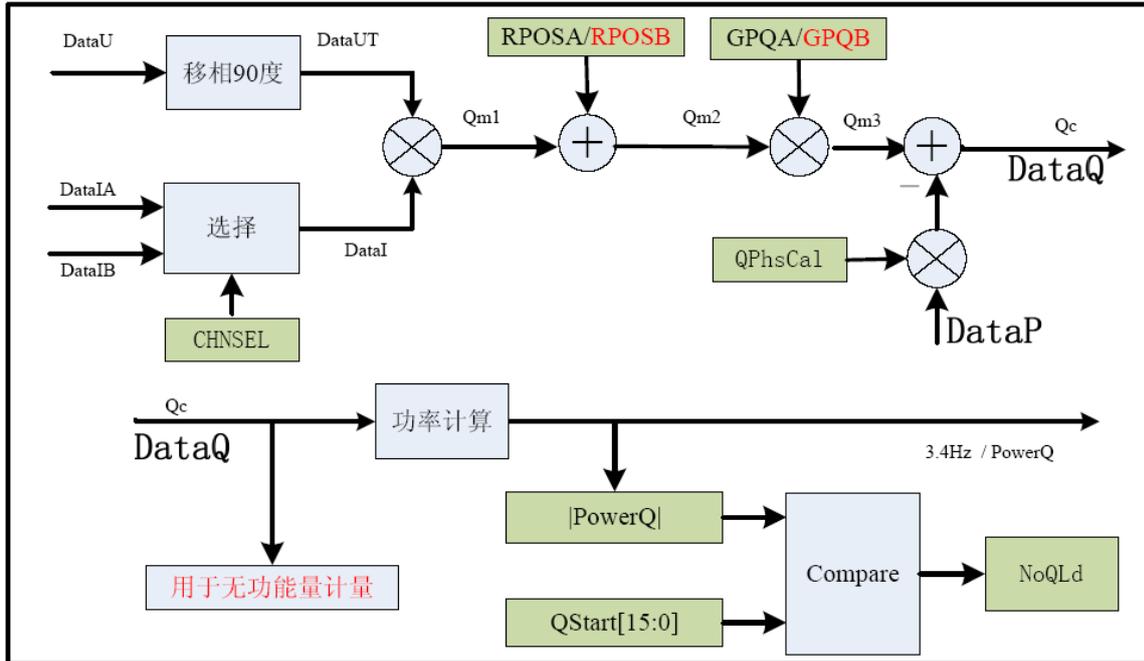


图4-3 无功功率框图

SDI7768包含一路无功功率计量电路。其中用于计量的DataUT是DataU移相90度的结果；DataI来自DataIA 或者DataIB，选择哪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。

4.6、有效值

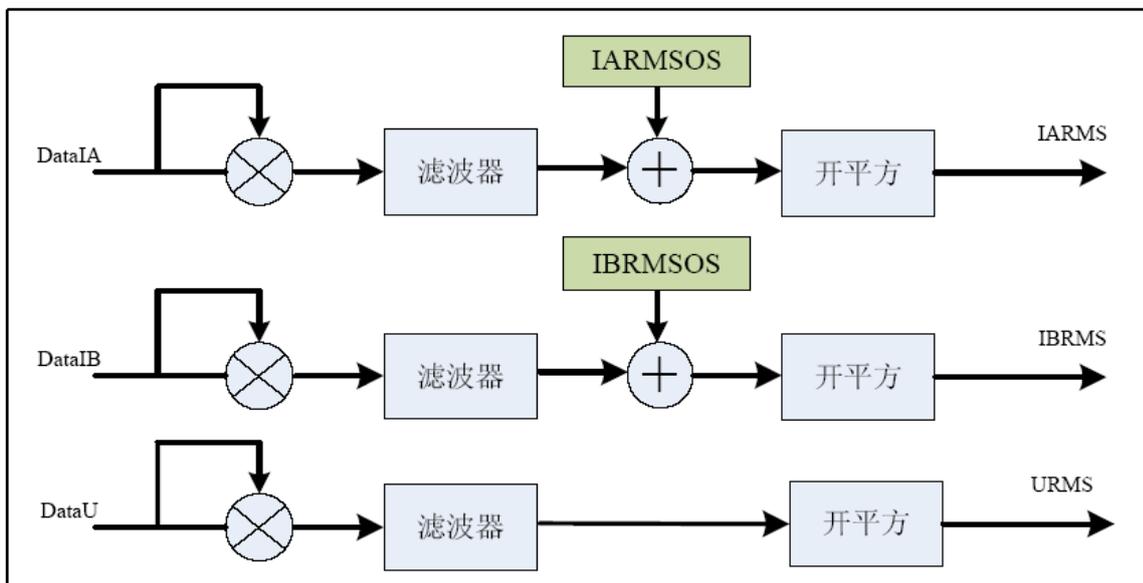


图4-4 有效值计算框图

SDI7768 提供三个通道的真有效值参数输出，包括URMS、IARMS、IBRMS。字长为24bit，每3.4HZ 更新一次。此外还包括两个有效值Offset 寄存器：IARMSOS 和IBRMSOS。

注：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。

4.7、能量计算

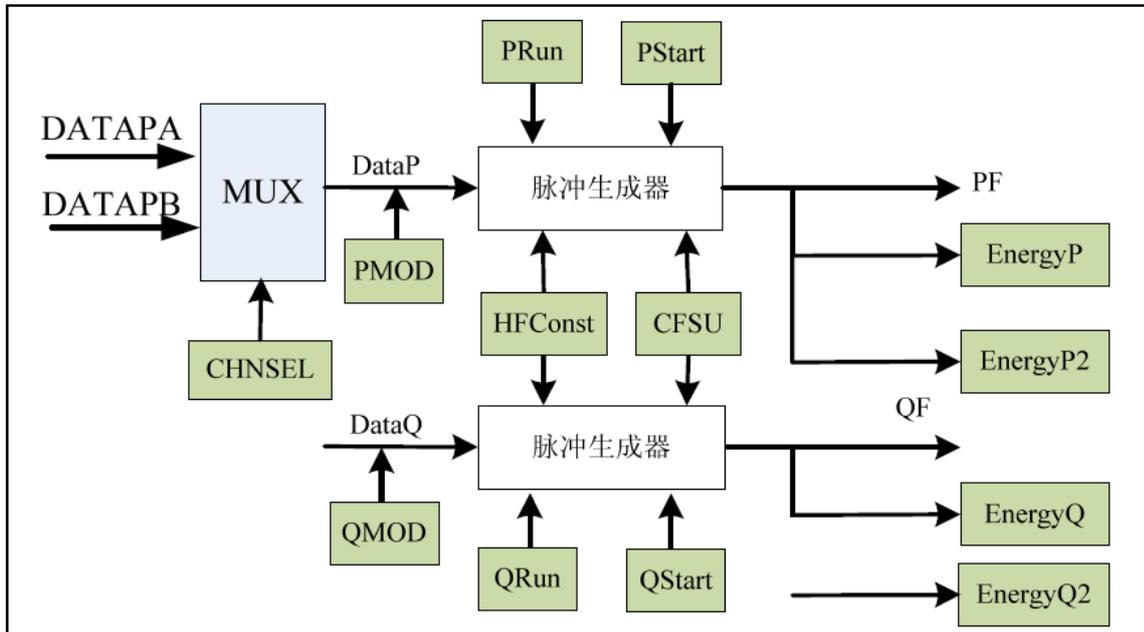
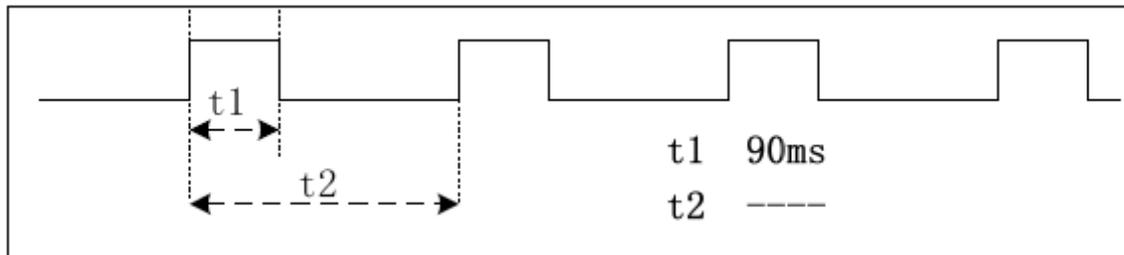


图4-5 能量计算

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：



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。

4.8、通道切换

SDI7768专门提供一路ADC 用于零线电流有效值和有功功率测量，并提供相线电流和零线电流通道的切换功能，供用户选择用某一路电流计量有功电能/无功电能/无功功率。

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。

4.9、频率测量

SDI7768可以直接输出线频率参数(UFreq 0x25H)，测量基波频率，测量带宽250Hz。

4.10、过零检测

通过配置ZXCFG（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。

4.11、中断

当通信接口选择为SPI 时，SDI7768 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RSIO 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。

4.11.1、SPI 读RIF 寄存器过程

MCU 读RIF 操作的时序如图4-6 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。

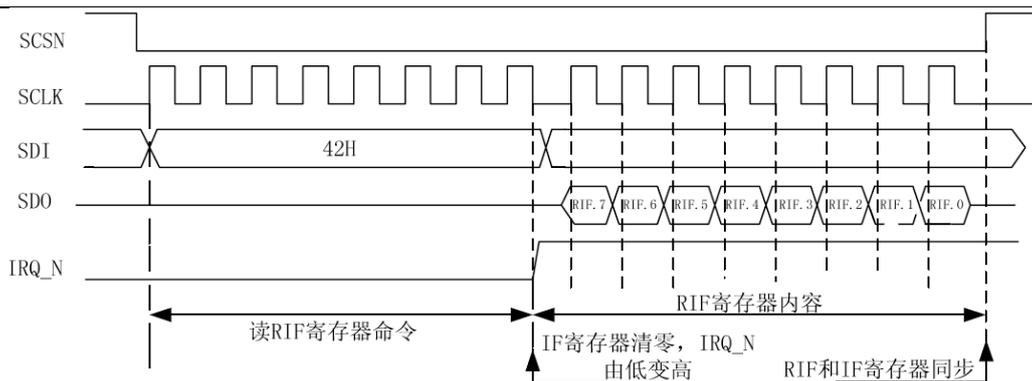


图4-6 读RIF 寄存器时序图

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。

4.11.2、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ZXCFG 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4-6 所示。

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

4.11.3、中断处理过程

硬件：

- SDI7768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，SDI7768 作为SPI 从机。

中断处理程序：

步骤一：MCU中断初始化

1. MCU 读SDI7768RIF，清IF 和RIF 中断标志；
2. 配置SDI7768IE 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SDI7768 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SDI7768的中断源，转而执行相应的中断处理程序。在此过程中，SDI7768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。

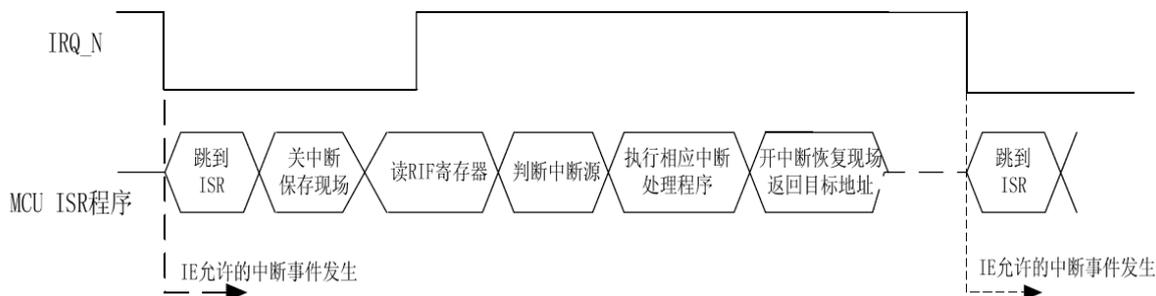


图4-7 SDI7768 中断处理过程

当通信接口选择为RSIO时，MCU可通过RSIO 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。

4.12、寄存器

4.12.1、SDI7768寄存器列表, 见表4-1

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	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
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	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	22f5h	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/RSIO读出的数据
45H	WData	R	2	--	上一次SPI/RSIO写入的数据
7FH	DeviceID	R	3	820900h	SDI7768 Device ID

表 4-1 寄存器列表

4.12.2、校表参数寄存器

系统控制寄存器

SYSTEM Control Register		(SYSICON)	Address: 0x00 H	Default Value: 0003H
位	位名称	功能描述		
15-7	保留	不可写，读出为0。SYSICON 寄存器仍然按照2个byte 寄存器操作。		
6	ADC2ON	ADC2ON =1 : 表示ADC 电流通道B 开启; =0: 表示ADC 电流通道B 关闭, ADC 输出恒为0。		
5--4	PGAIB[1:0]	电流通道B 模拟增益选择		
		PGAIB1	PGAIB0	电流通道B



		0	0	PGA=1
		0	1	PGA=2
		1	0	PGA=8
		1	1	PGA=16
3-2	PGAU[1:0]	电压通道模拟增益选择，配置选择同PGAIB。		
1-0	PGAIA[1:0]	电流通道A 模拟增益选择，配置选择同PGAIB。默认值为16 倍。		

计量控制寄存器：计量控制寄存器用于计量功能的设置。

Energy Measure Control Register (EMUCON) Address: 0x01 H Default Value: 0003H				
位	位名称	功能描述		
15-14	保留	读出为 0		
13-12	QMOD[1:0]	无功能量累加方式选择：		
		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RSIO 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IA 和IB 通道数字高通滤波器 HPFIOFF=1: 关闭IA 和IB 通道数字高通滤波器		
5	HPFUOFF	HPFUOFF=0: 使能U 通道数字高通滤波器 HPFUOFF=1: 关闭U 通道数字高通滤波器		
4	CFSUEN	CFSUEN 是PF/QF 脉冲输出加速模块的控制位，CFSUEN=1，使能脉冲加速模块，脉冲的输出速率提高2 ^{^(CFSU[1:0]+1)} 倍。CFSUEN=0，关闭脉冲加速模块，脉冲正常输出。		
3,2	CFSU[1:0]	该位和CFSUEN 配合使用。见CFSUEN 说明。		



1	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	HFC 14	HFC 13	HFC 12	HFC 11	HFC 10	HFC 9	HFC 8
Write:								
Reset:	0	0	0	1	0	0	0	0
:	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	HFC 7	HFC6	HFC 5	HFC 4	HFC 3	HFC 2	HFC 1	HFC 0
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	PS14	PS13	PS12	PS11	PS10	PS9	PS8
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0
:	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	PS7	PS6	PS5	PS4	PS3	PS2	PS1	PS0
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 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/无功功率的校正。GPQB 用于电流通道B 和电压通道有功/无功的增益校正。

校正范围为正负100%。

校正公式为: $P1=P0(1+GPQS)$ $Q1=Q0(1+GPQS)$ 。

其中GPQS 为增益校正寄存器的归一化值。使用方法见校表方法。

相位校正寄存器

Phase Calibration Register A(PhsA)			Address: 0x 07H Default Value : 00H					
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	PhsA_7	PhsA_6	PhsA_5	PhsA_4	PhsA_3	PhsA_2	PhsA_1	PhsA_0
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0
Phase Calibration Register B(PhsB)			Address: 0x08 H Default Value : 00H					
	Bit7	6	5	4	3	2	1	Bit0
Read:	PhsB_7	PhsB_6	PhsB_5	PhsB_4	PhsB_3	PhsB_2	PhsB_1	PhsB_0
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

包括IA 和U 通道的相位校正PhsA 以及IB 和U 通道的相位校正PhsB。这两个寄存器均为带符号二进制补码, Bit0~bit7 有效, 其中bit7 为符号位。使用方法见第三章校表方法。

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



相位校正范围：50HZ下，±2.56°

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。

$$\text{校正公式: } Q2 = Q1 - QPhs * P1$$

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 A(APOSA)			Address: 0AH 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
Active Power Offset Register B(APOSB)			Address: 0BH Default Value : 0000H				
	Bit15	14	13	12 ...3	2	1	Bit0
Read:	POSB_15	APOSB	APOSB	APOSB	APOSB	APOSB	APOSB
Write:			_14	_13	_12...APOSB_3	_2	_1
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

Rective Power Offset Register (RPOSA)	Address: 0CH Default Value : 0000H
---------------------------------------	------------------------------------



	Bit15	14	13	12 ...3	2	1	Bit0
Read:	RPOSA_15	RPOSA	RPOSA	RPOSA	RPOSA	RPOSA	RPOSA
Write:		_14	_13	_12...RPOSA_3	_2	_1	_0
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:	RPOSB_15	RPOSB	RPOSB	RPOSB	RPOSB	RPOSB	RPOSB
Write:		_14	_13	_12...RPOSB_3	_2	_1	_0
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

IA RMS Offset Register(IARMSOS)			Address: 0EH Default Value : 0000H				
	Bit15	14	13	12 ...3	2	1	Bit0
Read:	IARMS_15	IARMS	IARMS	IARMS	IARMS	IARMS	IARMS
Write:		_14	_13	_12...IARMS_3	_2	_1	_0
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	IBRMS	IBRMS	IBRMS	IBRMS	IBRMS
Write:		_14	_13	_12...IBRMS_3	_2	_1	_0
Reset:	0	0	0	0	0	0	0

有效值Offset 校正寄存器用于电流有效值小信号精度的校正。这两个寄存器均为二进制补码格式，最高位为符号位。使用方法见第三章校表方法。

IARMSOS 寄存器为电流A 有效值Offset 值，IBRMSOS 寄存器为电流B 有效值Offset值。

电流通道B 增益设置

Current B Gain Register (IBGain)			Address: 10H Default Value : 0000H				
	Bit15	14	13	12 ...3	2	1	Bit0



Read:	IBG15	IBG14	IBG13	IBG12...IBG3	IBG2	IBG1	IBG0
Write:							
Reset:	0	0	0	0	0	0	0

电流通道B 增益设置寄存器用于防窃电表两路电流通道的一致性校正。一致性校正点在100%I_b 一点校正。使用方法见校表方法。

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

如果IBGain>=2¹⁵，则GainI2=(IBGain-2¹⁶)/2¹⁵

否则GainI2=IBGain/2¹⁵，校正之前I_{2a}

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

4.12.3、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:							
Write:	PFC15	PFC14	PFC13	PFC12...PFC3	PFC2	PFC1	PFC0
Reset:	0	0	0	0	0	0	0

Reactive Energy Counter Register (QFCNT)			Address: 0x21h				
	Bit15	14	13	12 ... 3	2	1	Bit0
Read:							
Write:	QFC15	QFC14	QFC13	QFC12...QFC3	QFC2	QFC1	QFC0
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 A Rms Register (IARms)			Address: 0x22h				
	Bit23	22	21	20 ... 3	2	1	Bit0
Read:	IAS23	IAS22	IAS21	IAS20...IAS3	IAS2	IAS1	IAS0

Current B Rms Register (IBRms)			Address: 0x23h				
	Bit23	22	21	20 ... 3	2	1	Bit0
Read:	IBS23	IBS22	IBS21	IBS20...IBS3	IBS2	IBS1	IBS0



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

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

电压频率寄存器

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

主要测量基波频率，测量带宽250Hz 左右。

频率值是一个16 位的无符号数，参数格式化公式为： $f=CLKIN/8/UFREQ$ 。

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：

$$f=3579545/8/8948=49.9908Hz。$$

电压频率测量值更新的周期为0.7s。

平均有功功率寄存器

Active Power Register (PowerPA)			Address: 0x26h				
	Bit31	30	29	28 ... 3	2	1	Bit0
Read:	APA23	APA22	APA21	APA20...APA3	APA2	APA1	APA0
Active Power Register (PowerPB)			Address: 0x27h				
	Bit31	30	29	28 ... 3	2	1	Bit0
Read:	APB23	APB22	APB21	APB20...APB3	APB2	APB1	APB0

有功功率参数PowerP 是二进制补码格式，32 位数据，其中最高位是符号位。功率参数更新的频率为3.4Hz 。

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

平均无功功率寄存器

Reactive Power Register (PowerQ)			Address: 0x28h				
	Bit31	30	29	28 ... 3	2	1	Bit0
Read:	RP23	RP22	RP21	RP20...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。

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。



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:	EP23	EP22	EP21	EP20...EP3	EP2	EP1	EP0

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:	EP23_2	EP22_2	EP21_2	EP20_2...EP3_2	EP2_2	EP1_2	EP0_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: 0x2D h	只读寄存器
--	------------------------	-------



位	位名称	功能描述
23-22	保留	保留
21	CHNSEL	电流通道选择状态标识位。 =1 表示当前用于计算有功/无功电能的电流通道为通道B； =0 表示当前用于计算有功/无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。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SDI7768 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。

SDI7768参与校验和计算的寄存器地址是00H-10H，根据SDI7768 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-10H 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。

4.12.4、中断寄存器

中断配置和允许寄存器

该寄存器适用于SPI 和RSIO。当中断允许位配置为1 且中断产生时，IRQ_N 引脚输出低电平。写保护寄存器，配置该寄存器前需将写使能打开。

Interrupt Enable Register (IE) Address: 0x40H 默认值: 0x00H 可读可写

位	位名称	功能描述
---	-----	------



7-6	保留	保留，读出为0
5	ZXIE	ZXIE=0: 关闭过零中断; ZXIE=1: 使能过零中断。
4	QEOIE	QEOIE=0: 关闭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PowerPA/PowerPB 、 PowerQ、 IARMS/IBRMS、 URMS 寄存器刷新的频率为3.4HZ , 当上述数据更新时, IRQ_N 引脚输出低电平。

中断状态寄存器

Interrupt Flag Register (IF) Address: 0x41H 只读		
位	位名称	功能描述
7-6	Reserved	保留。
5	ZXIF	ZXIF =0 : 未发生过零事件; ZXIF =1: 发生过零事件。
4	QEOIF	QEOIF=0: 未发生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RSIO 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, 见中断说明。

对于RSIO, 该寄存器只读, 读出为0, 读RIF 不会清IF。

4.12.5、系统状态寄存器

系统状态寄存器

System Status Register (SysStatus)		Address: 0x43H	只读
位	位名称	功能描述	
7-5	Reserved	保留。	
4	WREN	写使能标志: =1 允许写入带写保护的寄存器; =0 不允许写入带写保护的寄存器	
3	Reserved	保留。	
2	IS	串行通信类型选择引脚状态位, 确定芯片的通信接口类型。IS=0, 表示选择RSIO 作为通信接口; IS=1, 表示选择SPI 作为通信接口。	
1	Reserved	保留。	
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/RSIO 读校验寄存器

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

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

4.12.6、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
电流通道的A 选择命令	0xEA	0x5A	电流通道的A 设置命令, 指定当前用于计算有功电能/ 无功电能/无功功率的电流通道为通道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 B 设置命令，指定当前用于计算有功电能/ 无功电能/无功功率的电流通道为通道 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。
--------------------	------	------	--

写保护的范围：

0x00h-0x10h 校表参数配置寄存器、0x20h-0x21h 快速脉冲寄存器、0x40h 中断允许寄存器，用特殊命令写使能后才能写入修改，具体命令格式如上表。

4.13、校表方法

4.13.1、概述

SDI7768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。

SDI7768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 道的相位校正
- 提供A/B 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

4.13.2、校表流程和参数计算

在对SDI7768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SDI7768 进行校正。

4.13.2.1、校表流程

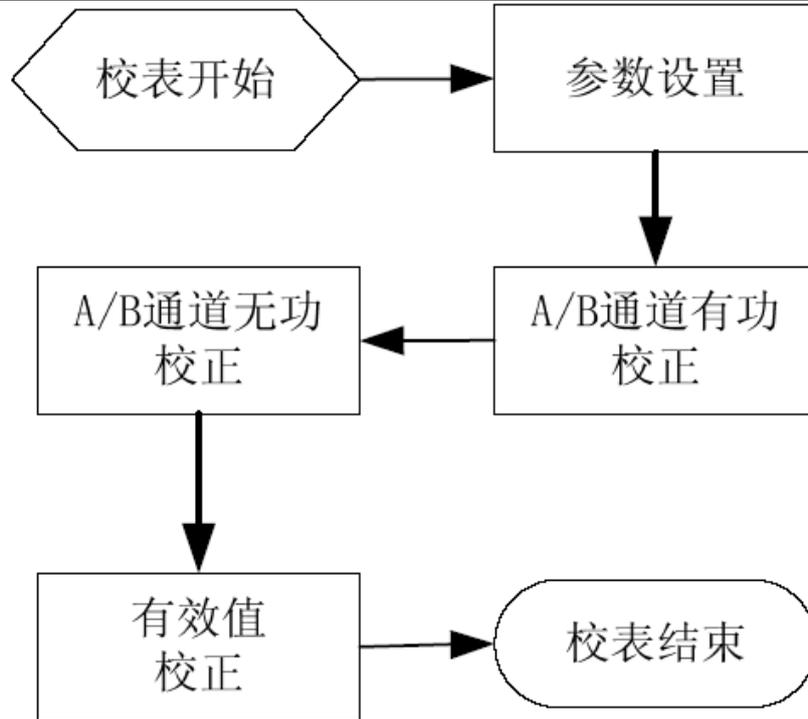


图 4-8 校表流程

4.13.2.2、参数设置

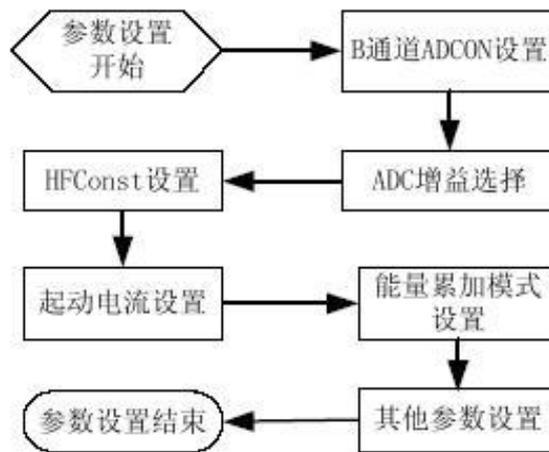


图4-9 参数设置流程

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



HFCConst 参数查表:

在典型应用: 1) 锰铜采用400 微欧; 2) IA PGA 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HFCConst 值填入寄存器:

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

4.13.2.3、有功校正

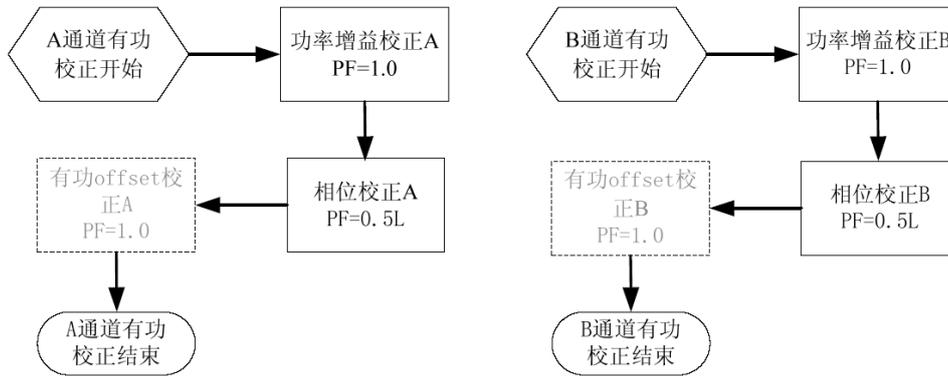


图 4-9 有功校正流程

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

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

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

B 通道功率增益校正可通过配置GPQB 寄存器实现, 方法同GPQA。

2. A/B 通道相位校正寄存器的计算方法: 若标准表在A/B 通道, 100%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, PHSA/B有0.02⁰/LSB的关系, 则有如果 $\theta \geq 0$, PHSA/B = INT($\theta / 0.02^0$), 如果 $\theta < 0$, PHSA/B =INT(2⁸+ $\theta / 0.02^0$)

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

4.13.2.4、无功校正

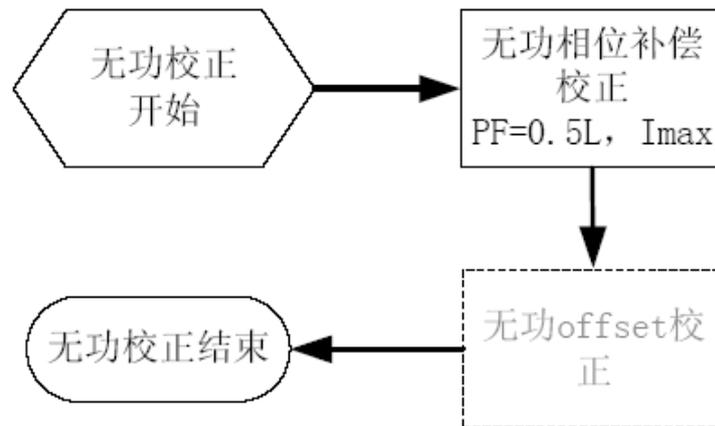


图4-10 无功校正流程

- 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} 、 $PF=0.5L(30^\circ)$ 上读出误差为err，则： $\alpha = -error / \cot(\theta) = -error * 0.5774$ 。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。

- 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。

4.13.2.5、有效值校正

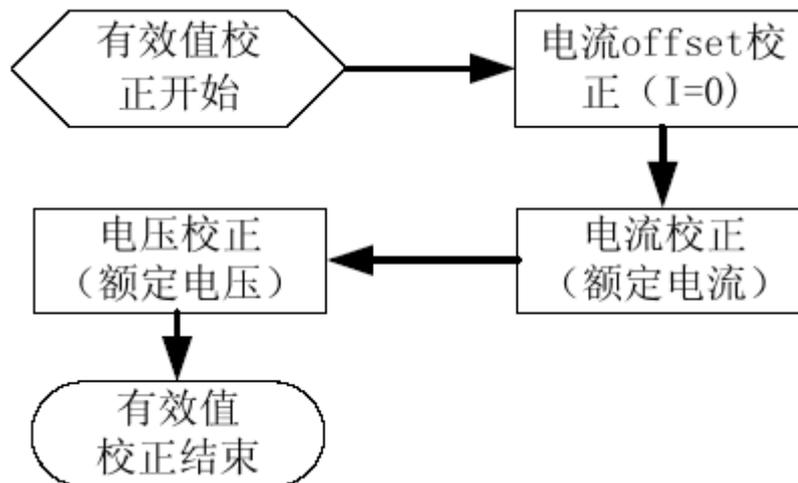


图4-11 有效值校正流程

说明：

- 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Iave；
- 5) 求Iave 的平方Iave^2；
- 6) 求其32 位二进制补码，取符号位填入IARMSOS 寄存器的bit15，取bit23~bit8 填入IRMSOS bit14~bit0 得IRMSOS；
- 7) 有效值offset 校正结束

IBRMS 校正公式和IBRMSOS 寄存器计算过程与此相同。

2. 校好电流offset 后，再进行A/B 通道电流转换系数KiA/KiB 以及电压转换系数Ku 的校正，该步由MCU 完成，计算过程如下：若额定电流Ib 下IARMS 寄存器读数为RMSIAreg，则KiA = b/RMSIAreg 其中KiA 为额定输入时额定值与相应寄存器的比值。

B 通道转换系数KiB 和电压转换系数Ku 的计算过程相同。

4.13.3、举例

假设设计一块220v（Un）、5A（Ib）额定输入、表常数为3200（EC）的样表。A 通道电流采样使用350 微欧的锰铜，通道A 模拟通道增益为16 倍；B 通道电流采样使用互感器，选择通道B 模拟增益为1 倍；电压采用电阻分压输入，模拟通道增益为1 倍，芯片引脚上电压值为0.22v。

1. 计算HFConst

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

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

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

2. A 通道有功校正

1) A 通道增益校正

功率源上输出220v、5A、功率因数为1 的信号，标准表上显示的误差为1.2%，则

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

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

将FE7Bh 写入GPQA 寄存器，完成A 通道增益校正。

2) A 通道相位校正

校正阻性增益后，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 $\alpha = -0.0004 * 0.577 = -0.0002308 < 0$, $Q_{\text{phs}} = \text{INT}(2^{16} * -0.0002308 * 2^{15}) = 65528 = 0\text{xffff8}$ ，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，0XFFFFFF47D，（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：

$1155 * 1155 = 1334025 = 0\text{x145B09}$ ，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。

4.14、通信接口

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

4.14.1、SPI 接口

4.14.1.1、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，SDI7768 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。SDI7768 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SDI7768 内部。

SDO: 串行数据输出脚，用于把SDI7768 数据输出给主设备。SCSN 为高时，为高阻。

4.14.1.2、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SDI7768 检测到 SCSN 下降沿，SPI 进入通信方式，在此模式下，SDI7768 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0xEAH。

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4-2。

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4.12.6 特殊命令章节。
写保护命令	0xEA	0xDC	
电流通道A 选择命令	0xEA	0x5A	
电流通道B 选 择命令	0xEA	0xA5	

表4-2 SPI 帧格式

4.14.1.3、SPI 写操作

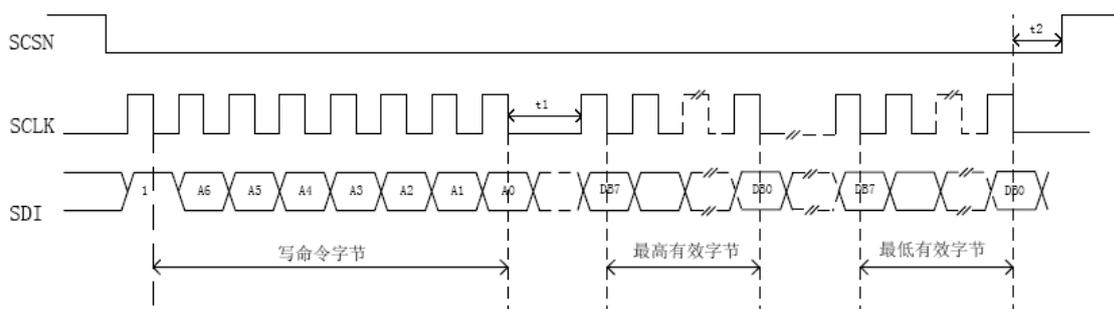


图4-12 SPI 写时序

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 上升沿写数据，从机在SCLK 下降沿取数据；
4. 数据字节之间的时间t1 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t2 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。

4.14.1.4、SPI 读操作

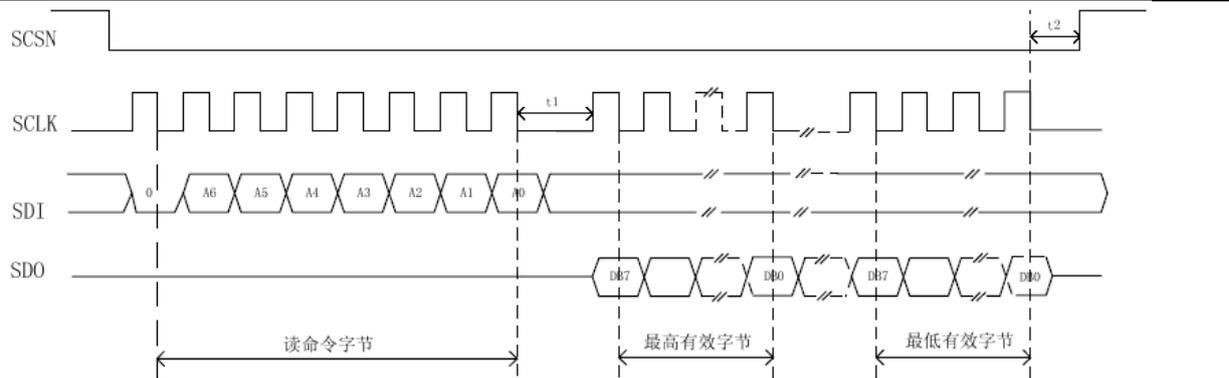


图4-13 SPI 读时序

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 上升沿写命令字节，从机在SCLK 上升沿将数据从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。

4.14.1.5、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。

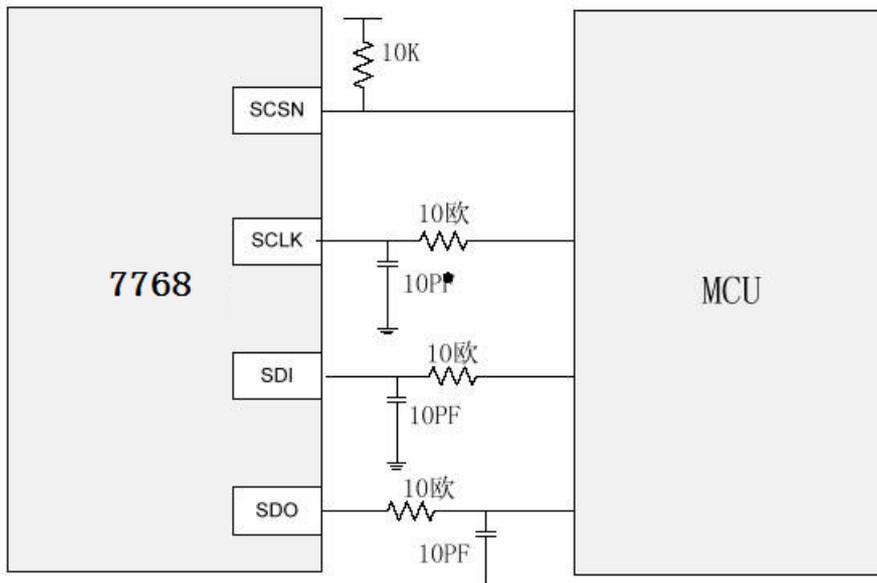


图 4-14 SPI 典型接线图

4.14.2、RSIO 接口

SDI7768 支持锐能微专有的RSIO 总线。RSIO 总线只需要一根线即可实现CPU 与计量芯片之间的双向通讯。

详见<锐能微单线通讯协议>文档说明。



5、典型应用线路与应用说明

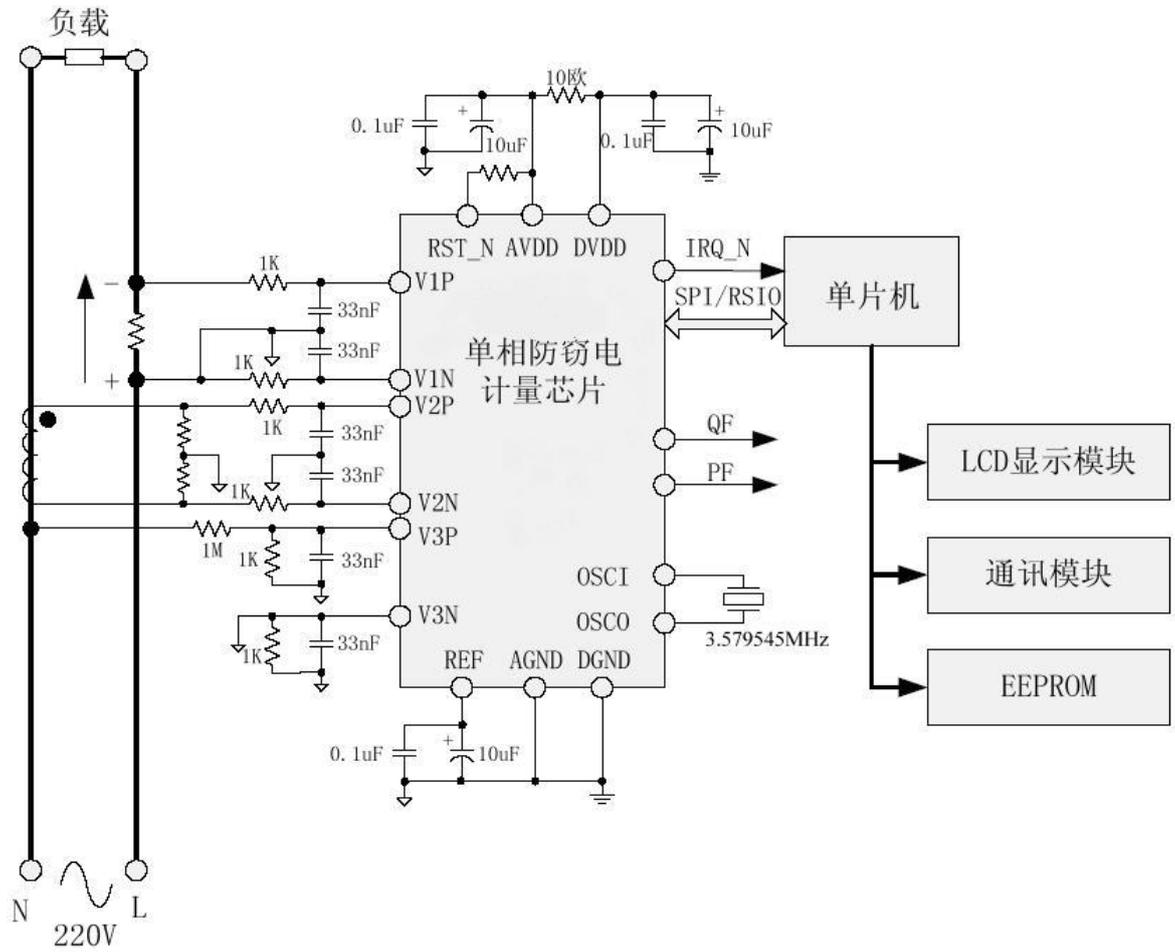
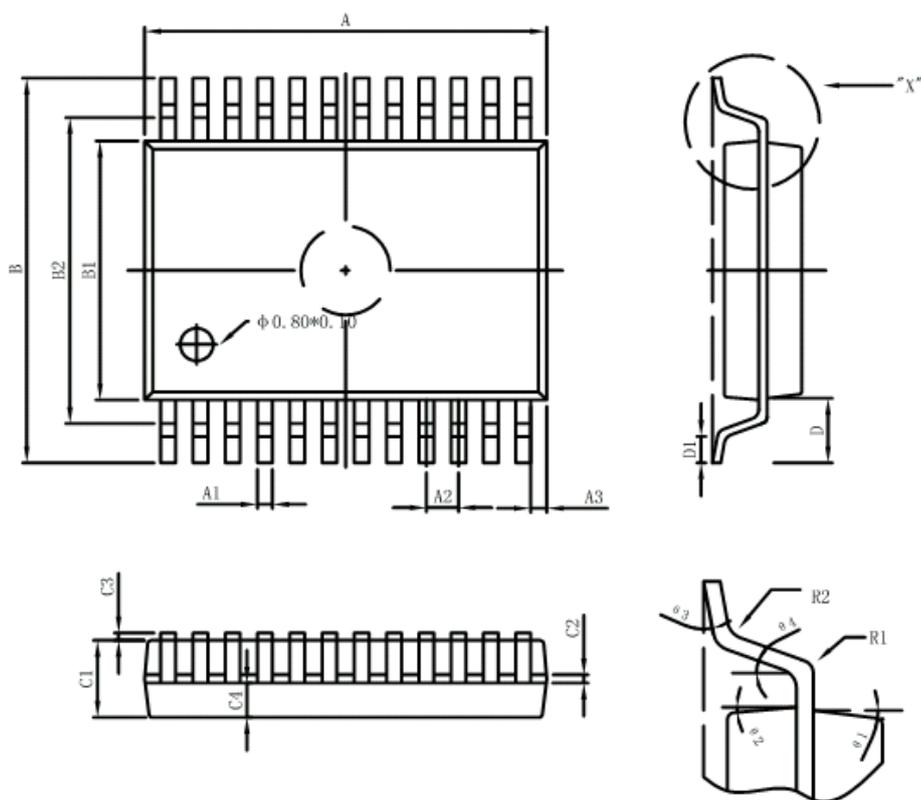


图 5-1 单相防窃电表典型应用



6、封装尺寸与外形图

SSOP24 外形图与封装尺寸



DETAIL "X"

标注	尺寸	最小 (mm)	最大 (mm)	标注	尺寸	最小 (mm)	最大 (mm)
A		8.05	8.25	C4		0.8TYP	
A1		0.3TYP		D		1.25TYP	
A2		0.65TYP		D1		0.70	0.90
A3		0.35TYP		R1		0.12TYP	
B		7.70	7.90	R2		0.12TYP	
B1		5.20	5.40	θ1		12° TYP	
B2		6.6TYP		θ2		12° TYP	
C1		1.65	1.85	θ3		4° TYP	
C2		0.102	0.252	θ4		17° TYP	
C3		0.05	0.20				



7、声明及注意事项：

7.1、产品中有毒有害物质或元素的名称及含量

部件名称	有毒有害物质或元素					
	铅 (Pb)	汞 (Hg)	镉 (Cd)	六价铬 (Cr(VI))	多溴联苯 (PBBs)	多溴联苯醚 (PBDEs)
引线框	○	○	○	○	○	○
塑封树脂	○	○	○	○	○	○
芯片	○	○	○	○	○	○
内引线	○	○	○	○	○	○
装片胶	○	○	○	○	○	○
说明	○：表示该有毒有害物质或元素的含量在 SJ/T11363-2006 标准的检出限以下。 ×：表示该有毒有害物质或元素的含量超出 SJ/T11363-2006 标准的限量要求。					

7.2 注意

在使用本产品之前建议仔细阅读本资料；

本资料中的信息如有变化，恕不另行通知；

本资料仅供参考，本公司不承担任何由此而引起的任何损失；

本公司也不承担任何在使用过程中引起的侵犯第三方专利或其它权利的责任。