



低功耗、多功能、多相AFE

MAXQ3180

概述

MAXQ3180是专用的电气参数测量前端，它采集并计算多相负载的多相电压、电流、功率、电能、以及其它多种计量参数和功率品质参数。外部主处理器通过片内串行外设接口(SPI™)总线读出计算结果，还通过该总线来对MAXQ3180进行配置，并监测其工作状态。

MAXQ3180采用集成ADC进行电压和电流测量，最多可测量7个外部差分信号对，第8个差分信号对用于测量管芯温度。内部放大器自动调整电流通道增益，以补偿小电流通道信号电平。

应用

3相多功能电表

订购信息

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAXQ3180-RAN+	-40°C to +85°C	28 TSSOP

+表示无铅(Pb)/符合RoHS标准的封装。

引脚配置和典型应用电路在数据资料的最后给出。

MAXQ是Maxim Integrated Products, Inc.的注册商标。

SPI是Motorola, Inc.的商标。

注意：该器件某些版本的规格可能与发布的规格不同，会以勘误表的形式给出。通过不同销售渠道可能同时获得器件的多个版本。欲了解器件勘误表信息，请点击：china.maxim-ic.com/errata。



Maxim Integrated Products 1

本文是英文数据资料的译文，文中可能存在翻译上的不准确或错误。如需进一步确认，请在您的设计中参考英文资料。有关价格、供货及订购信息，请联系Maxim亚洲销售中心：16800 852 1249 (北中国区)，10800 152 1249 (南中国区)，或访问Maxim的中文网站：china.maxim-ic.com。

特性

- ◆ 兼容于3相/3线、3相/4线及其它3相配置
- ◆ 测量每相及3相有功功率和电能(kWh)，正向和反向
- ◆ 测量每相及3相无功功率和电能，正向和反向
- ◆ 测量每相及3相视在功率和电能
- ◆ 零相电流测量
- ◆ 电网频率(Hz)
- ◆ 功率因数
- ◆ 电压矢量角度
- ◆ 相序指示
- ◆ 相电压丢失检测
- ◆ 电压和电流谐波测量
- ◆ 基波和总功率及电能
- ◆ 两路脉冲输出：可配置有功功率、无功功率和视在功率
- ◆ 可编程脉冲宽度
- ◆ 可编程潜动抑制电流门限
- ◆ 可编程电表常数
- ◆ 可编程欠压和过压检测门限
- ◆ 可编程过流检测门限
- ◆ 可计算没有电压信号时的安时数
- ◆ 片上数字温度传感器
- ◆ 精密的内部电压基准2.048V (30ppm/°C，典型值)，支持外部电压基准输入
- ◆ 支持软件校表
- ◆ 多达3点的多点校准，补偿传感器的非线性
- ◆ 电源失效检测
- ◆ 双向复位输入/输出
- ◆ SPI兼容串行接口，提供中断请求($\overline{\text{IRQ}}$)输出
- ◆ 3.3V单电源供电，低功耗(典型值为35mW)

低功耗、多功能、多相AFE

目录

Absolute Maximum Ratings	.10
Metering Specifications	.10
Electrical Characteristics	.10
SPI从机模式时序	.12
方框图	.13
引脚说明	.14
详细说明	.15
模拟前端	.15
数字信号处理器	.15
精密脉冲发生器	.15
SPI外设	.15
工作模式	.15
运行模式	.15
停止模式	.15
复位源	.16
外部复位	.16
上电复位	.17
看门狗复位	.17
软件复位	.17
电源供电监视	.18
时钟源	.18
外部高频晶体	.18
外部高频时钟	.19
内部RC振荡器	.19
主处理器通信	.19
SPI通信速率和格式	.19
SPI通信协议	.21
主处理器软件设计	.24
寄存器组	.25
基于RAM的寄存器	.28
通用操作寄存器	.28
全局状态寄存器(STATUS) (0x000)	.28
操作模式寄存器0 (OPMODE0) (0x001)	.29
操作模式寄存器1 (OPMODE1) (0x002)	.29
操作模式寄存器2 (OPMODE2) (0x003)	.31

低功耗、多功能、多相AFE

MAXQ3180

目录(续)

全局中断寄存器	33
中断申请标志寄存器(IRQ_FLAG) (0x004)	33
中断屏蔽寄存器(IRQ_MASK) (0x006)	34
电表脉冲配置	35
脉冲配置—CFP输出(PLSCFG1) (0x01E)	35
脉冲配置—CFQ输出(PLSCFG2) (0x01F)	36
CFP脉冲宽度(PLS1_WD) (0x020)	36
CFP脉冲阈值(THR1) (0x022)	37
CFQ脉冲宽度(PLS2_WD) (0x026)	37
CFQ脉冲阈值(THR2) (0x028)	38
校准寄存器	38
电流增益, 相X = A/B/C/N (X.I_GAIN) (A: 0x130, B: 0x21C, C: 0x308, N: 0x12E)	38
电压增益, 相X = A/B/C (X.V_GAIN) (A: 0x132, B: 0x21E, C: 0x30A)	39
电能增益, 相X = A/B/C (X.E_GAIN) (A: 0x134, B: 0x220, C: 0x30C)	39
相角补偿, 大电流范围, 相X = A/B/C (X.PA0) (A: 0x13E, B: 0x22A, C: 0x316)	39
相角补偿, 中等电流范围, 相X = A/B/C (X.PA1) (A: 0x140, B: 0x22C, C: 0x318)	40
相角补偿, 小电流范围, 相X = A/B/C (X.PA2) (A: 0x142, B: 0x22E, C: 0x31A)	40
限制寄存器	40
过流电平(OCLVL) (0x044)	40
过压电平(OVLVL) (0x046)	41
欠压电平(UVLVL) (0x048)	41
潜动抑制电平(NOLOAD) (0x04A)	41
相位状态寄存器	42
中断标志, 相X = A/B/C (X.FLAGS) (A: 0x144, B: 0x230, C: 0x31C)	42
中断屏蔽, 相X = A/B/C (X.MASK) (A: 0x145, B: 0x231, C: 0x31D)	43
电能溢出标志, 相X = A/B/C (X.EOVER) (A: 0x146, B: 0x232, C: 0x31E)	43
测量	44
电网频率(LINEFR) (0x062)	44
功率因数, 相X = A/B/C (X.PF) (A: 0x1C6, B: 0x2B2, C: 0x39E)	44
RMS电压, 相X = A/B/C (X.VRMS) (A: 0x1C8, B: 0x2B4, C: 0x3A0)	44
RMS电流, 相X = A/B/C (X.IRMS) (A: 0x1CC, B: 0x2B8, C: 0x3A4)	45
电能, 正向有功, 相X = A/B/C (X.EAPOS) (A: 0x1E8, B: 0x2D4, C: 0x3C0)	45
电能, 反向有功, 相X = A/B/C (X.EANEG) (A: 0x1EC, B: 0x2D8, C: 0x3C4)	46
电能, 正向无功, 相X = A/B/C (X.ERPOS) (A: 0x1F0, B: 0x2DC, C: 0x3C8)	46
电能, 反向无功, 相X = A/B/C (X.ERNEG) (A: 0x1F4, B: 0x2E0, C: 0x3CC)	47
电能, 视在, 相X = A/B/C (X.ES) (A: 0x1F8, B: 0x2E4, C: 0x3D0)	47

低功耗、多功能、多相AFE

目录(续)

虚拟寄存器转换系数	.48
电压单位转换系数(VOLT_CC) (0x014)	.48
电流单位转换系数(AMP_CC) (0x016)	.48
功率单位转换系数(PWR_CC) (0x018)	.49
电能单位转换系数(ENR_CC) (0x01A)	.50
虚拟寄存器	.51
功率	.51
有功功率, 相X = A/B/C/T (PWRP.X) (A: 0x801, B: 0x802, C: 0x804, T: 0x807)	.51
无功功率, 相X = A/B/C/T (PWRQ.X) (A: 0x811, B: 0x812, C: 0x814, T: 0x817)	.52
视在功率, 相X = A/B/C/T (PWRS.X) (A: 0x821, B: 0x822, C: 0x824, T: 0x827)	.52
电压和电流	.53
RMS电压, 相X = A/B/C (V.X) (A: 0x831, B: 0x832, C: 0x834)	.53
RMS电流, 相X = A/B/C/N (I.X) (A: 0x841, B: 0x842, C: 0x844, N: 0x840)	.53
功率因数	.53
功率因数(PF.T) (0x867)	.53
电能	.54
有功电能, A/B/C/T相(ENRP.X) (A: 0x8C1, B: 0x8C2, C: 0x8C4, T: 0x8C7)	.54
无功电能, A/B/C/T相(ENRQ.X) (A: 0x8D1, B: 0x8D2, C: 0x8D4, T: 0x8D7)	.54
视在电能, A/B/C/T相(ENRS.X) (A: 0x871, B: 0x872, C: 0x874, T: 0x877)	.54
工作原理	.55
模拟前端	.55
数字信号处理(DSP)术语	.55
数字处理	.55
每一采样操作	.56
每一DSP周期操作	.56
电能累加	.58
无过零检测	.59
相序状态	.59
RMS电压、RMS电流和电能计算	.59
功率计算(有功、无功、视在)	.59
电能累加启动延时	.60
潜动抑制特性	.60
按需计算	.60
RMS电压, RMS电流	.60
功率	.61
功率因数	.61

低功耗、多功能、多相AFE

MAXQ3180

目录(续)

电网频率	.61
相角	.61
电能	.61
计量脉冲	.62
产生脉冲	.62
电表常数	.62
中断	.62
过压和过流检测	.63
电表单位到实际单位的转换	.63
单位转换示例	.65
校准过程	.65
校准综述	.65
校准电压	.66
校准电流	.66
校准相位失调	.67
连接MAXQ3180和外部硬件	.68
连接至电源	.68
传感器选择	.68
电压传感器	.68
分压器	.68
电压互感器	.69
电流传感器	.69
分流器	.69
电流互感器	.69
高级操作	.69
修改ADC操作	.69
微调DSP控制	.70
微调电网频率测量	.70
基波模式寄存器	.70
谐波测量	.70
低功耗测量模式(LOWPM)	.71
温度	.71
高级校准	.71
校准电流失调	.71
校准线性度	.72
校准功率/电能增益	.72
多点相位失调校准	.72

低功耗、多功能、多相AFE

目录(续)

高级寄存器配置	73
模拟扫描配置寄存器	73
时隙分配—电流通道X = A/B/C (SCAN_IX) (A: 0x008, B: 0x00C, C: 0x00A)	73
时隙分配—电压通道X = A/B/C (SCAN_VX) (A: 0x009, B: 0x00D, C: 0x00B)	74
时隙分配—零相电流通道(SCAN_IN) (0x00E)	75
时隙分配—温度通道(SCAN_TE) (0x00F)	76
零相电流谐波	77
辅助通道配置(AUX_CFG) (0x010)	77
DSP系统配置	77
系统时钟频率(SYS_KHZ) (0x012)	77
周期计数(CYCNT) (0x01C)	78
每一DSP周期的扫描帧数(NS) (0x040)	78
滤波器系数	79
电网周期噪声抑制滤波器(REJ_NS) (0x02C)	79
电网周期平均滤波器(AVG_NS) (0x02E)	79
电表测量平均滤波器(AVG_C) (0x030)	80
电表测量高通滤波器(HPF_C) (0x032)	80
基波滤波器前馈系数(B0FUND) (0x034)	81
基波滤波器反馈系数(A1FUND) (0x036)	81
谐波滤波器前馈系数(B0HARM) (0x03A)	82
谐波滤波器反馈系数(A1HARM) (0x03C)	82
过零低通滤波器(ZC_LPF) (0x05A)	82
硬件镜像寄存器	83
ADC配置(R_ACFG) (0x04C)	83
ADC转换率(R_ADCRATE) (0x04E)	83
ADC建立时间(R_ADCACQ) (0x050)	84
SPI配置(R_SPICF) (0x052)	84
超时	85
过零超时(NZX_TIMO) (0x054)	85
通信超时(COM_TIMO) (0x056)	85
电能累加超时(ACC_TIMO) (0x058)	85
相角补偿	86
相位失调电流阈值1 (I1THR) (0x05C)	86
相位失调电流阈值2 (I2THR) (0x05E)	86
各种增益	86
零相电流增益(N.I_GAIN) (0x12E)	86
增益, 基波电能, 相X = A/B/C (X.EF_GAIN) (A: 0x136, B: 0x222, C: 0x30E)	87

低功耗、多功能、多相AFE

MAXQ3180

目录(续)

线性补偿	.87
线性失调, 大电流范围, 相X = A/B/C (X.OFFS_HI) (A: 0x138, B: 0x224, C: 0x310)	.87
线性增益系数, 小电流范围, 相X = A/B/C (X.GAIN_LO) (A: 0x13A, B: 0x226, C: 0x312)	.87
线性失调, 小电流范围, 相X = A/B/C (X.OFFS_LO) (A: 0x13C, B: 0x228, C: 0x314)	.88
测量—RAM寄存器	.88
按需RMS结果(N.IRMS) (0x11C)	.88
基波电能	.89
基波电能溢出标志, 相X = A/B/C (X.EFOVER) (A: 0x147, B: 0x233, C: 0x31F)	.89
电能, 基波, 正向有功, 相X = A/B/C (X.EAFPOS) (A: 0x1FC, B: 0x2E8, C: 0x3D4)	.89
电能, 基波, 反向有功, 相X = A/B/C (X.EAFNEG) (A: 0x200, B: 0x2EC, C: 0x3D8)	.90
电能, 基波, 正向无功, 相X = A/B/C (X.ERFPOS) (A: 0x204, B: 0x2F0, C: 0x3DC)	.90
电能, 基波, 反向无功, 相X = A/B/C (X.ERFNEG) (A: 0x208, B: 0x2F4, C: 0x3E0)	.91
电能, 基波, 视在, 相X = A/B/C (X.ESF) (A: 0x20C, B: 0x2F8, C: 0x3E4)	.91
最近一个DSP周期中累加的电能	.92
有功电能, 相X = A/B/C (X.ACT) (A: 0x1D0, B: 0x2BC, C: 0x3A8)	.92
无功电能, 相X = A/B/C (X.REA) (A: 0x1D4, B: 0x2C0, C: 0x3AC)	.92
视在电能, 相X = A/B/C (X.APP) (A: 0x1D8, B: 0x2C4, C: 0x3B0)	.93
最近一个DSP周期中累加的基波电能	.93
基波有功电能, 相X = A/B/C (X.ACTF) (A: 0x1DC, B: 0x2C8, C: 0x3B4)	.93
基波无功电能, 相X = A/B/C (X.REAF) (A: 0x1E0, B: 0x2CC, C: 0x3B8)	.94
基波视在电能, 相X = A/B/C (X.APPF) (A: 0x1E4, B: 0x2D0, C: 0x3BC)	.94
校验和(CHKSUM) (0x060)	.95
测量—虚拟寄存器	.96
基波有功功率, A/B/C/T相(PWRPF.X) (A: 0x881, B: 0x882, C: 0x884, T: 0x887)	.96
基波无功功率, A/B/C/T相(PWRQF.X) (A: 0x891, B: 0x892, C: 0x894, T: 0x897)	.96
基波视在功率, A/B/C/T相(PWRSF.X) (A: 0x8A1, B: 0x8A2, C: 0x8A4, T: 0x8A7)	.97
基波有功电能, A/B/C/T相(ENRPF.X) (A: 0x8E1, B: 0x8E2, C: 0x8E4, T: 0x8E7)	.97
基波无功电能, A/B/C/T相(ENRQF.X) (A: 0x8F1, B: 0x8F2, C: 0x8F4, T: 0x8F7)	.97
基波视在电能, A/B/C/T相(ENRSF.X) (A: 0x8B1, B: 0x8B2, C: 0x8B4, T: 0x8B7)	.97
相角	.98
B相相角(VBPH: 0x852)	.98
C相相角(VCPH: 0x854)	.98
谐波	.98
RMS电压, 谐波(V.HARM) (0x830)	.98
RMS电流, 谐波/零相(I.N, I.HARM) (0x840)	.98
谐波/基波比(HARM_NF) (0x850)	.98

低功耗、多功能、多相AFE

MAXQ3180

目录(续)

特殊命令 .....	.98
应用信息 .....	.98
接地和旁路 .....	.98
基于MAXQ3180系统的特殊设计考虑 .....	.99
补充文档 .....	.99
技术支持 .....	.99
引脚配置 .....	.99
封装信息 .....	.99
典型应用电路 .....	.100
修订历史 .....	.101

低功耗、多功能、多相AFE

MAXQ3180

图目录

图1. 外部复位	.16
图2. 欠压复位	.17
图3. 简化后的时钟源	.18
图4a. SPI接口时序(CKPHA = 0)	.20
图4b. SPI接口时序(CKPHA = 1)	.20
图5. 读SPI传送	.24
图6. 写SPI传送	.24
图7. 读取MAXQ3180的流程图	.25
图8. 写入MAXQ3180的流程图	.25
图9. 每一采样操作	.56
图10. RMS值的计算	.57
图11. 电能计算的相位补偿	.58
图12. 视在和无功电能计算	.59
图13. 采样电压输入电路	.65
图14. 采样电流输入电路	.65
图15. 失调测试设置	.67
图16. 相位失调和输入电流校准	.72

表目录

表1. SPI寄存器读命令格式	.22
表2. SPI寄存器写命令格式	.23
表3. RAM寄存器映射	.26
表4. 虚拟寄存器映射	.27
表5. 电表单位定义	.64
表6. 虚拟寄存器系数	.64
表7. 启动特殊命令的虚拟寄存器	.98

MAXQ3180

低功耗、多功能、多相AFE

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Voltage Range on DVDD Relative to DGND-0.3V to +4.0V
 Voltage Range on AVDD Relative to AGND-0.3V to +4.0V
 Voltage Range on AGND Relative to DGND-0.3V to +0.3V
 Voltage Range on AVDD Relative to DVDD-0.3V to +0.3V
 Voltage Range on Any Pin Relative to
 DGND except VxP, VN Pins-0.3V to +4.0V

Voltage Range on VxP, VN Relative to AGND-4.0V to +4.0V
 Operating Temperature Range-40°C to +85°C
 Junction Temperature+150°C
 Storage Temperature Range-65°C to +150°C
 Lead Soldering TemperatureRefer to the IPC/
 JEDEC J-STD-020 Specification.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

METERING SPECIFICATIONS

($V_{AVDD} = V_{DVDD} = V_{RST}$ to 3.6V, Current Channel Dynamic Range 1000:1 at $T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.) (Note 1)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Active Energy Linearity Error	DR 1000:1		0.1		%
Reactive Energy Linearity Error	DR 1000:1		0.2		%
Apparent Energy Linearity Error	DR 1000:1		0.5		%
RMS Voltage Linearity Error	DR 20:1		0.5		%
RMS Current Linearity Error	DR 500:1		1.0		%
	DR 20:1		0.5		
Line Frequency Error			0.5		%
Power Factor Error			1.0		%

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

($V_{AVDD} = V_{DVDD} = V_{RST}$ to 3.6V, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
POWER-SUPPLY SPECIFICATIONS						
Digital Supply Voltage	V_{DVDD}		V_{RST}		3.6	V
Power-Fail Interrupt Trip Point	V_{PFW}	Active mode, EPWRF = 1	2.84		3.13	V
Power-Fail Reset Trip Point	V_{RST}	Active mode	2.70		2.99	V
Analog Supply Voltage	V_{AVDD}		V_{RST}		3.6	V
Analog Supply Current	I_{AVDD}	$f_{CLK} = 8\text{MHz}$		0.9	1.8	mA
Digital Supply Current	I_{DVDD}	$f_{CLK} = 8\text{MHz}$		8.5	13	mA
Low-Power Measurement Mode Current	I_{LOWPM}	LOWPM = 1 (Note 1)		4.2		mA
Stop-Mode Current				0.2	12	μA
DIGITAL I/O SPECIFICATIONS						
Input High Voltage	V_{IH}		$0.7 \times V_{DVDD}$			V
Input Low Voltage	V_{IL}				$0.3 \times V_{DVDD}$	V
Input Hysteresis	V_{IHYS}	$V_{DVDD} = 3.3\text{V}$		500		mV
Input Leakage	I_L	$V_{IN} = \text{DGND or } V_{DVDD}$, pullup off		± 0.01	± 1	μA

低功耗、多功能、多相AFE

MAXQ3180

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

($V_{AVDD} = V_{DVDD} = V_{RST}$ to 3.6V, $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to $+85^{\circ}\text{C}$, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Low Current	I_{IL}	$V_{IN} = 0.4\text{V}$, weak pullup on	-50			μA
$\overline{\text{RESET}}$ Pullup Resistance	R_{RESET}		50	150	200	$\text{k}\Omega$
Output High Voltage (Except $\overline{\text{RESET}}$)	V_{OH}	$I_{OH} = -4\text{mA}$	$V_{DVDD} - 0.4$			V
		$I_{OH} = -6\text{mA}$	$V_{DVDD} - 0.5$			
Output Low Voltage	V_{OL}	$I_{OL} = 4\text{mA}$	0.4			V
		$I_{OL} = 6\text{mA}$	0.5			
SYSTEM CLOCK SOURCES						
External Clock Input Frequency			0		8.12	MHz
External Clock Input Duty Cycle			45		55	%
External HF Crystal Frequency	f_{SYS}	Fundamental mode			8.12	MHz
XTAL1, XTAL2 Internal Load Capacitance				16		pF
Internal RC Oscillator Frequency			7.4	7.6	8.6	MHz
Internal RC Oscillator Accuracy				± 2		%
Internal RC Oscillator Current				50	120	μA
Internal RC Oscillator Startup Delay		(Note 1)		0.45		μs
ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER						
Input Voltage Range			0		V_{REF}	V
Common-Mode Bias	V_{COMM}			1.14		V
Offset Error				± 2		mV
Offset Error Drift				± 8		$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
Gain Error ($G = 1$)				0.05		%
Spurious-Free Dynamic Range	SFDR			90		dB
Total Harmonic Distortion	THD			90		dB
Input Bandwidth (-3dB)		(Note 1)		7		kHz
INTERNAL VOLTAGE REFERENCE						
Temperature Coefficient		(Note 1)		30		ppm/ $^{\circ}\text{C}$
Output Voltage	V_{REF}			2.048		V
INTERNAL TEMPERATURE SENSOR						
Temperature Error		(Note 1)	-4		+4	$^{\circ}\text{C}$
SPI SLAVE-MODE INTERFACE TIMING						
Maximum SPI Clock Rate					$f_{\text{SYS}}/4$	MHz
SCLK Input Pulse-Width High	t_{SCH}	(Note 3)	$4 \times t_{\text{SYS}}$			ns
SCLK Input Pulse-Width Low	t_{SCL}	(Note 3)	$4 \times t_{\text{SYS}}$			ns

低功耗、多功能、多相AFE

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

($V_{AVDD} = V_{DVDD} = V_{RST}$ to 3.6V, $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to $+85^{\circ}\text{C}$, unless otherwise noted.) (Note 2)

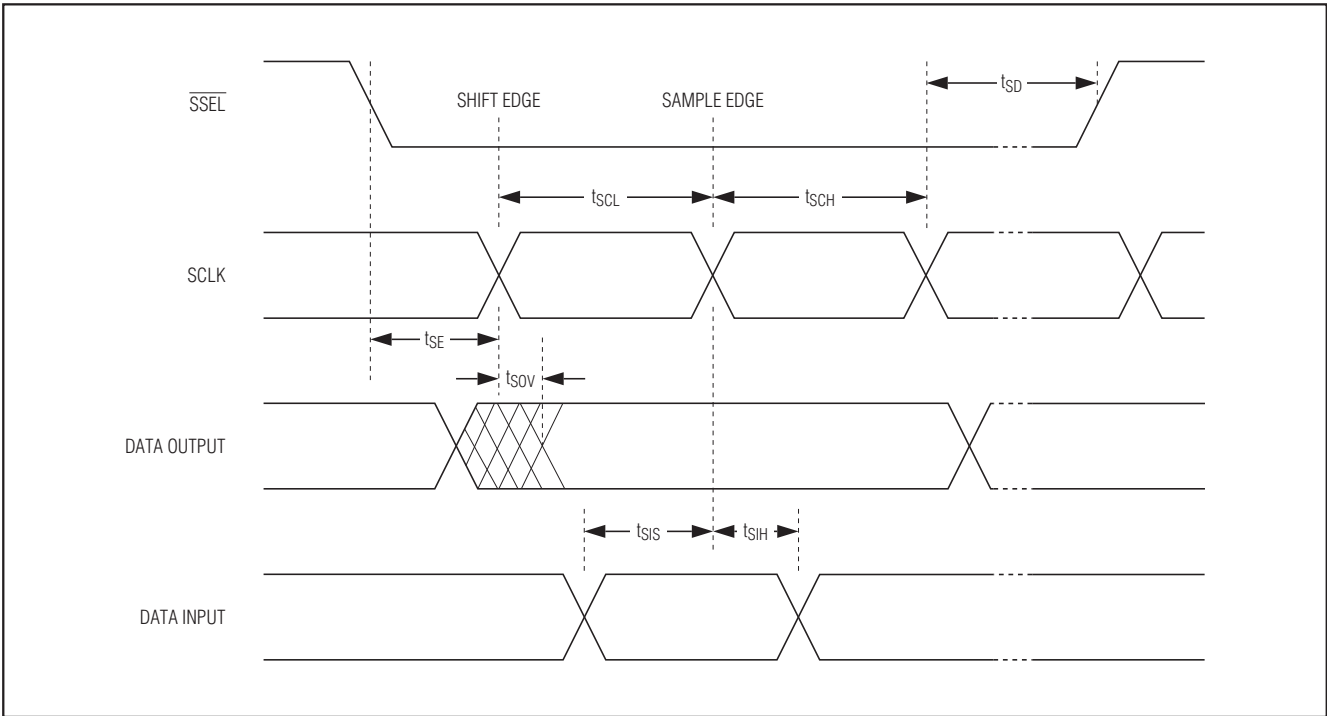
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$\overline{\text{SSEL}}$ Low to First SCLK Edge (Slave Enable)	t_{SE}	(Note 3)	$4t_{SYS}$			ns
Last SCLK Edge to $\overline{\text{SSEL}}$ High (Slave Disable)	t_{SD}		$t_{SYS} + 5$			ns
MOSI Valid to SCLK Sample Edge (MOSI Setup)	t_{SIS}		5			ns
SCLK Sample Edge to MOSI Change (MOSI Hold)	t_{SIH}		$t_{SYS} + 5$			ns
SCLK Shift Edge to MISO Valid (MISO Hold)	t_{SOV}				$3t_{SYS} + 5$	ns

Note 1: Specifications guaranteed by design but not production tested.

Note 2: Specifications to -40°C are guaranteed by design and are not production tested.

Note 3: $t_{SYS} = 1/f_{SYS}$.

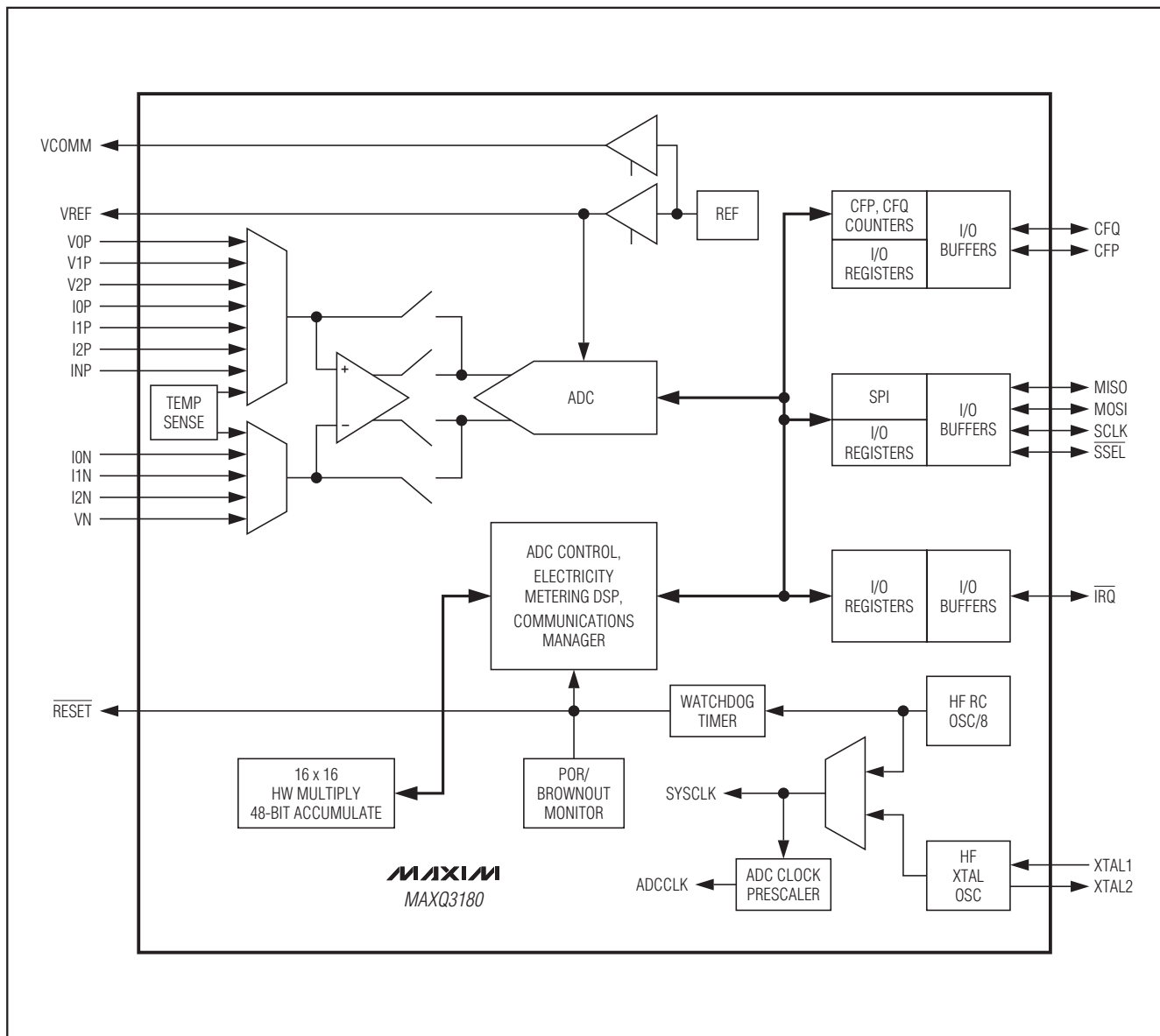
SPI从机模式时序



低功耗、多功能、多相AFE

方框图

MAXQ3180



低功耗、多功能、多相AFE

引脚说明

引脚	名称	功能
电源引脚		
17, 22	DVDD	数字电源。
25	AVDD	模拟电源。
18	DGND	数字地。
9	AGND	模拟地。
23	VCOMM	电压偏置。该引脚可以用于为ADC通道转换建立一个输入共模直流偏置。
24	VREF	电压基准。ADC的基准电压。当需要非常高的精度时，可以在该引脚连接外部基准电压。
电压和电流引脚		
26, 3, 4	V0P, I0P, I0N	A相电压和电流模拟输入。
27, 5, 6	V1P, I1P, I1N	B相电压和电流模拟输入。
28, 7, 8	V2P, I2P, I2N	C相电压和电流模拟输入。
1	VN	公共电压模拟输入。
2	INP	零相电流模拟输入。
时钟引脚		
10	XTAL2	高频晶体输入/输出。当使用外部高频晶体时，晶振电路应连接在XTAL1和XTAL2之间。当使用外部驱动时钟(EXTCLK = 1)时，应在XTAL1输入时钟，XTAL2不连接。
11	XTAL1	
12	\overline{IRQ}	中断请求输出。器件将该线驱动为低电平，向主处理器指示发生了非屏蔽中断。
13	\overline{SSEL}	从机选择输入。该线是SPI接口的低电平有效从机选择输入。
14	SCLK	从机时钟输入。该线是SPI接口的时钟输入。
15	MOSI	主处理器输出/从机输入。主处理器利用该线通过SPI接口将数据传送给从机(MAXQ3180)。
16	MISO	主处理器输入/从机输出。MAXQ3180 (从机)利用该线通过SPI接口将数据回传给主处理器。
19	CFP	脉冲输出1。可配置为代表电能值、RMS电压值或者电流值。
20	CFQ	脉冲输出2。可配置为代表电能值、RMS电压值或者电流值。
21	\overline{RESET}	低电平有效复位输入/输出。外部主处理器将该引脚驱动为低电平，复位MAXQ3180。该引脚含有一个弱上拉电阻，以支持使用线或的外部复位源。上电时不需要RC电路，该功能已经由内部提供。当复位源在器件内部时(电源失效、看门狗复位等)，该引脚还可以用作复位输出。在这种情况下，器件在退出复位状态前， \overline{RESET} 引脚保持为低电平，退出复位状态后，释放 \overline{RESET} 引脚。

低功耗、多功能、多相AFE

详细说明

MAXQ3180由四个主要部分构成：模拟前端、数字信号处理器、精密脉冲发生器以及用于和主处理器进行通信的SPI外设。

模拟前端

模拟前端(AFE)是一个8通道模数转换器(ADC)。它在标准配置下独立工作，把8个通道中的三个通道分配给A相、B相和C相电压；三个通道分配给A相、B相和C相电流；一个通道分配给零相电流；最后一个通道分配给温度传感器。

每个通道还含有一个可编程增益放大器，为输入信号提供1、2、4、8、16和32倍增益。只有电压通道支持主处理器进行增益调整，MAXQ3180 DSP固件自动设置电流通道的增益。

数字信号处理器

DSP代码永久性地嵌入在掩模ROM中，处理三相中每一相的原始电流和电压采样，连续计算大量的数据，包括RMS电压、RMS电流、有功电能、无功电能、视在电能、基波和谐波电能以及功率因数等。

MAXQ3180的DSP内核根据用户配置处理来自模拟前端的采样数据。主处理器通过器件RAM空间中的地址来设置这些工作参数。完成一个计算周期后，结果被放回RAM中。因此，DSP内核把RAM模块同时用作输入(用于工作参数)和输出(用于计算结果)介质。请参考SPI外设部分，了解主处理器怎样写入工作参数，以及怎样从RAM读取结果。

只有在主处理器要求下，DSP才会计算电网频率、有功功率和无功功率等某些数值。

精密脉冲发生器

MAXQ3180含有两个精密脉冲发生器，当满足某些条件时，可产生脉冲。在MAXQ3180中，可以选择多种电表测量值进行转换，产生包括绝对电能、净电能、无功电能、电压和电流在内的脉冲。

脉冲发生器是累加器。在每个DSP周期中，无论测量哪个参数—有功电能、无功电能、电流还是其它量，都被加

到脉冲累加器中。然后测试脉冲累加器，以确定累加器中的数值是否大于阈值。如果大于，则从累加器数值中减去阈值，启动电表脉冲。

SPI外设

SPI控制器只能用作从机器件，可以读写数据RAM中的任何位置。此外，它可以按所需寄存器中申请数据。

MAXQ3180可实现真正的全双工通信，而不是其它SPI外设使用的伪半双工模式。换句话说，MAXQ3180每接收到一个字符，便向主处理器返回一个有意义的字符，这通常是协议字符。以这种方式，主处理器可以确定命令已经接收到，并且有效。另外还可以使能可选的错误校验功能，进一步确保能够正常工作。

工作模式

MAXQ3180有两个基本工作模式，下面几节对每一模式进行说明。初始化模式是上电或者复位后的默认模式；只有当主处理器发送命令后才能进入或者退出其它工作模式。

运行模式

该模式是MAXQ3180的正常工作模式。在这一模式下，MAXQ3180连续执行以下工作：

- 扫描模拟前端通道，收集原始电压和电流采样。
- 通过已使能并配置好的DSP滤波器来处理电压和电流采样。
- 计算功率、电能和其它需要的参量，将这些值存储到RAM寄存器中。
- 响应来自主处理器的寄存器读写命令。
- 在配置好的CFP和CFQ上输出功率脉冲。
- 当探测到中断条件，并且中断没有被屏蔽时，驱动 $\overline{\text{IRQ}}$ 。

停止模式

该模式使MAXQ3180进入节电状态，尽可能降低电流消耗。在停止模式下，所有功能都被挂起，包括ADC以及功率、电压测量和处理等。在这一工作状态下，MAXQ3180不会响应来自主处理器的任何命令。

低功耗、多功能、多相AFE

MAXQ3180只有在主处理器请求时才进入停止模式。要使其进入停止模式，主处理器必须读取ENTER STOP (0xC02) 寄存器。一旦读取该寄存器，MAXQ3180将在发送最后的ACK字节之前，立即进入停止模式。

有三种方式可使MAXQ3180退出停止模式。

- **重新上电。**如果出现上电复位，MAXQ3180自动退出停止模式。从停止模式退出后，所有寄存器被清除到默认状态，MAXQ3180转换到初始化模式。
- **外部复位。**如果驱动RESET为低电平，触发了外部复位，MAXQ3180退出停止模式。一旦RESET引脚被释放以返回至高电平状态，MAXQ3180退出复位状态，进入初始化模式。以这种方式退出停止模式时，所有寄存器被清除至默认状态。
- **外部中断。**将SSEL引脚驱动为低电平，导致MAXQ3180退出停止模式而不需要经过复位周期。当以这种方式退出停止模式时，保持所有寄存器和配置设置，MAXQ3180自动恢复电表测量功能和采样处理。

请注意，当主处理器和MAXQ3180进行通信时，SSEL线通常在SPI命令开始时被驱动为低电平。这意味着如果主

处理器在MAXQ3180进入停止模式后发送一个SPI命令，MAXQ3180会自动退出停止模式。

复位源

有几种不同的源会导致MAXQ3180经历复位周期。对于任意类型的硬件复位，当出现复位时，RESET引脚被驱动为低电平。

外部复位

外部源(例如，主处理器或者手动按下按钮)将MAXQ3180的RESET引脚驱动为低电平，启动硬件复位。RESET线必须至少保持在4个当前所选时钟周期内为低电平，才能使外部复位有效。一旦外部复位有效，只要RESET保持为低电平，它将一直保持有效。一旦释放了外部复位，MAXQ3180将所有的寄存器清除至默认状态，重新开始执行初始化模式。

在停止模式之外出现外部复位时，在当前所选时钟(运行模式时为外部高频晶体，LOWPM模式时为1MHz内部RC振荡器)的4个周期后，重新开始工作(在初始化模式中)。由于MAXQ3180进入初始化模式时，LOWPM位总是被清0，

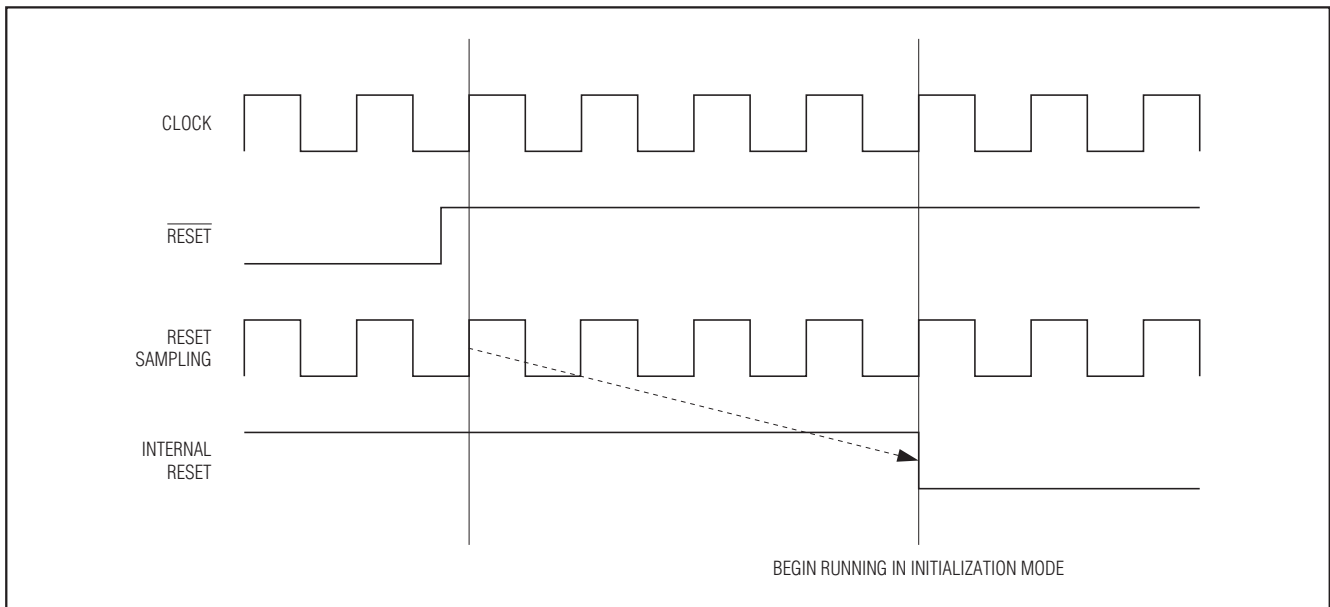


图1. 外部复位

低功耗、多功能、多相AFE

这意味着在初始化模式中，MAXQ3180开始接收命令之前总是要切换到高频时钟。

当在停止模式出现外部复位时，MAXQ3180在经历128个内部RC振荡器周期(即大约128 μ s)后，重新开始工作(在初始化模式中)。

上电复位

当MAXQ3180第一次上电，或者电源 V_{DVDD} 低于 V_{RST} 电源失效触发点(在停止模式之外)时，MAXQ3180会保持在上电复位状态。一旦电源上升至 V_{RST} 电平以上，上电复位状态被释放，所有寄存器被复位至默认状态，并在初始化模式下重新开始执行。上电复位或者欠压复位之后，总是选择高频外部晶体(LOWPM = 0)为时钟源。

在停止模式中，欠压检测被关闭，因此，在 V_{DVDD} 下降到低电平(V_{POR})之前不会出现上电复位。从主处理器的角度看，上电复位和欠压复位都会使MAXQ3180以相同的方式复位。

看门狗复位

MAXQ3180含有一个硬件看门狗定时器，它经过设置，在正常工作时周期性地自动复位。在正常条件下，MAXQ3180以足够的频度复位看门狗定时器，防止它溢出。然而，如果某种内部错误导致MAXQ3180锁定或者进入死循环，看门狗定时器超时会触发自动硬件复位。没有对应的寄存器标志向主处理器指示出现了看门狗复位，但是 \overline{RESET} 线会被置为短时间的低电平。

在停止模式期间，看门狗定时器不会运行。

软件复位

主处理器通过设置SWRES (OPMODE0.3)位为1启动软件复位。当出现软件复位时，MAXQ3180将所有的寄存器清除至默认状态，以与外部复位相同的方式返回初始化模式。但是，与硬件复位不同，软件复位不会导致MAXQ3180将 \overline{RESET} 线驱动为低电平。

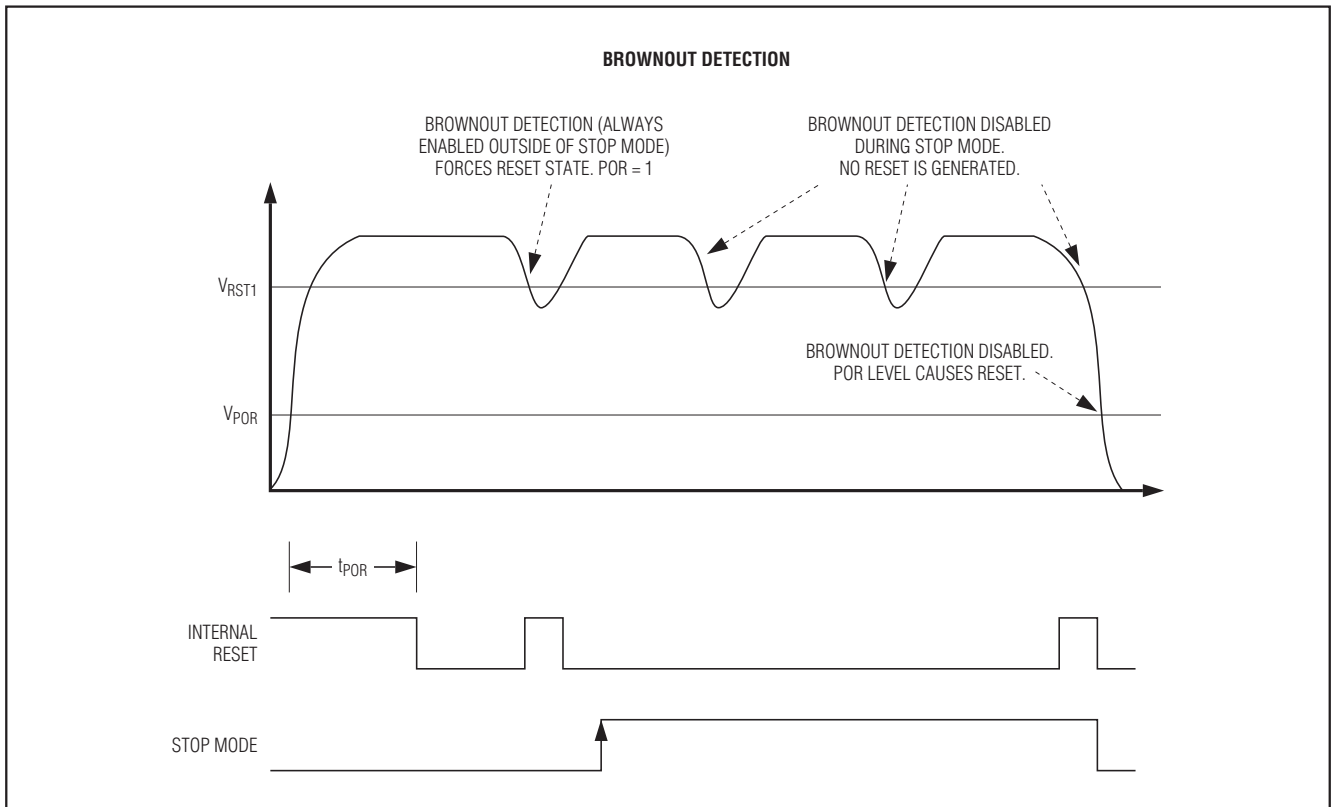


图2. 欠压复位

低功耗、多功能、多相AFE

电源供电监视

除了上电复位和欠压复位电路提供的硬件复位之外，MAXQ3180还能够探测到DVDD引脚上的电源过低，在出现硬件复位之前，通过中断(IRQ)机制向主处理器发出报警。这一功能用在停止模式之外。当 V_{DVDD} 下降到 V_{PFW} 触发点以下时，该功能将RAM状态寄存器标志PWRF(IRQ_FLAG.0)被置为1。一旦PWRF被硬件置为1，它只能由主处理器(或者系统复位)清除。当PWRF = 1时，如果EPWRF中断屏蔽位也被置为1，MAXQ3180将IRQ驱动为低电平，通知主处理器出现了中断状态(这里即是电源失效报警)，需要注意。

时钟源

包括ADC采样和SPI通信在内的所有操作都与一个系统时钟同步。可以从三个可选源中任选一个作为该时钟，如图3所示。

外部高频晶体

MAXQ3180的默认系统时钟源是外部高频晶体振荡器电路，它连接在XTAL1和XTAL2之间。当采用外部晶体作为时钟时，需要使用并联谐振AT切割并且振荡于基波模式的晶体。

当使用高频晶体时，基波振荡模式晶体呈感性，以便与外部电容C1和C2产生并联谐振。这些外部电容的典型值一般与所采用的晶体类型有关，应根据晶体生产商建议的负载电容进行选择。

由于XTAL1和XTAL2的噪声会对器件时序有不利影响，因此，晶体和电容应尽量靠近XTAL1和XTAL2引脚放置，晶体和器件之间的连接线应尽量短，并且走直线。对于多层电路板，尽可能避免在晶体振荡器电路下面通过其它高速数字信号，因为这样会在时钟电路中引入噪声。

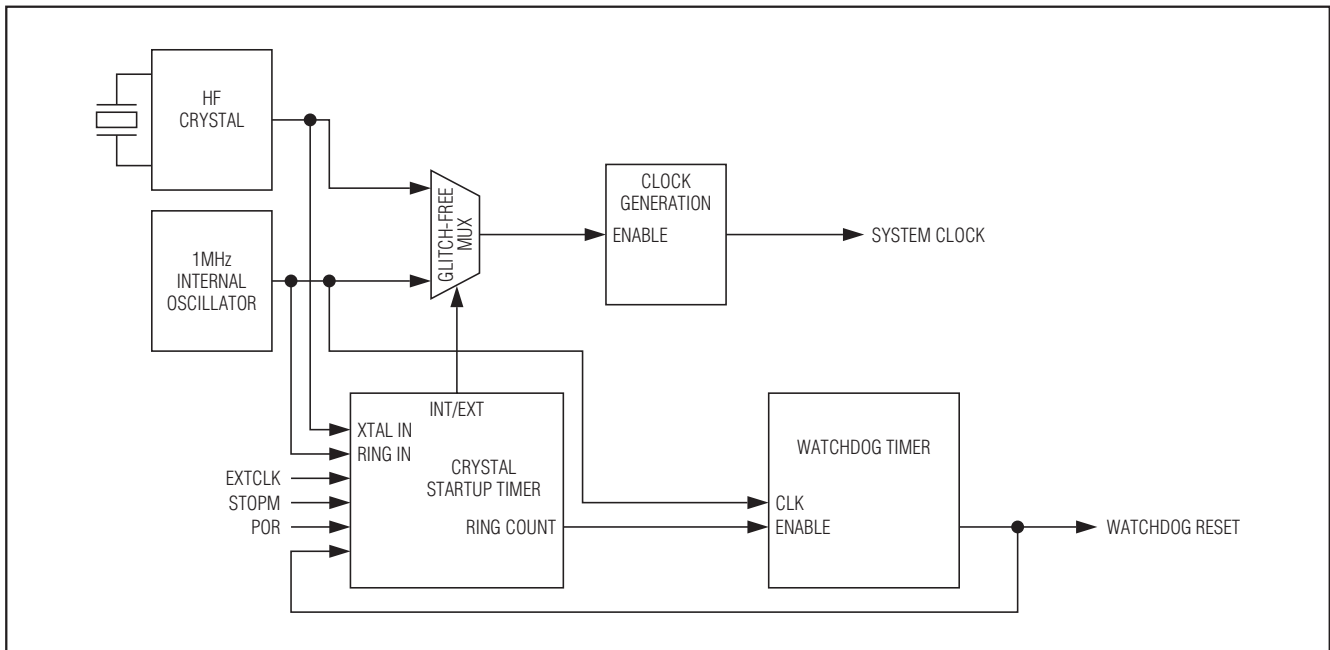


图3. 简化后的时钟源

低功耗、多功能、多相AFE

主处理器通信

上电或者系统复位后，MAXQ3180自动选择高频时钟为系统时钟源。然而，在系统运行采用该时钟之前，晶体预热定时器必须计数65,536个高频时钟周期。在预热定时周期期间，系统运行继续采用内部1MHz振荡器。一旦完成了65,536个周期计数(8MHz时大概需要8.2ms)，器件自动切换到高频时钟。从停止模式退出时也用到这一晶体预热定时器，这是因为高频晶体振荡器在停止模式期间是被关闭的。

外部高频时钟

除了采用晶体振荡器来产生高频时钟外，还可以将其它源(例如，数字振荡器IC)产生的高频时钟直接输入到MAXQ3180的XTAL1引脚。

当采用外部高频时钟作为系统时钟源时，XTAL1引脚应为时钟输入，XTAL2引脚应断开。主处理器应设置EXTCLK位(OPMODE0.4)为1，关断内部晶体振荡器电路。只有上电或者欠压复位时，该位才被MAXQ3180清除，不受其它复位的影响。

当使用外部高频时钟时，应由CMOS驱动器产生时钟信号。如果时钟驱动器是TTL门，其输出必须通过上拉电阻连接至DVDD，以确保产生正确的逻辑电平。为降低时钟电路的系统噪声，外部时钟源必须满足*Electrical Characteristics*表中规定的时钟源最大上升和下降时间，以及高电平和低电平的最小周期。

内部RC振荡器

外部高频晶体预热期间，或者当MAXQ3180进入LOWPM模式后，系统时钟源自内部RC振荡器。这一内部振荡器为系统提供大约1MHz的时钟，而实际的频率随温度和供电电压而变化。

如果不采用外部晶体电路或者高频时钟，可以把XTAL1接地，迫使MAXQ3180一直采用内部振荡器。这样可以确保晶体预热计数永远不会结束，MAXQ3180会在所有有效模式中都采用内部振荡器。

在MAXQ3180可以进行电表计量操作之前，主处理器必须初始化一些配置参数。由于MAXQ3180不含有内部非易失存储器，这些参数(存储在内部寄存器中)必须由主处理器在每次上电或经历复位周期时、或者在LOWPM模式和运行模式之间切换时进行设置。

外部主处理器通过标准SPI总线与MAXQ3180通信，通过命令对MAXQ3180的内部寄存器进行读写操作。这些寄存器包括：

- 工作模式设置(停止模式、LOWPM模式、外部时钟模式等)
- 状态和中断标志(电源失效、过流/过压检测等)
- 中断的屏蔽控制，确定哪些条件导致 \overline{IRQ} 被驱动为低电平
- 配置设置，以便进行模拟通道扫描
- 功率脉冲输出配置
- 滤波器系数和配置
- 含有累积功率和电能数据的只读寄存器

MAXQ3180在运行模式或者LOWPM模式中测量电压和电流，它对所采集的数据进行累加、滤波和各种计算处理。由主处理器写入寄存器的设置来配置这些操作(包括各种滤波级)。主处理器通过各种只读寄存器来读取输出结果，同时进行测量和处理工作。

SPI通信速率和格式

SPI是器件间总线协议，提供指定主处理器和一个或者多个从机器件之间的快速、同步、全双工通信。在基于MAXQ3180的设计中，MAXQ3180是与指定主处理器相连接的从机器件。

外部主处理器启动所有的通信传送过程。中断申请线 \overline{IRQ} 虽然不是SPI总线接口的组成部分，但由于它允许MAXQ3180通知主处理器出现了中断条件，因此，也可以用于主处理器/从机通信。某些SPI外设以牺牲速率来模拟半双工工作，而MAXQ3180没有采用这种方式，它是真正的全双工SPI从机。

低功耗、多功能、多相AFE

在SPI传送期间，利用一个串行移位时钟(SCLK)在两条串行数据线(MISO和MOSI)上同时进行数据发送和接收。串行移位时钟的极性和相位是定义SPI数据传送格式的主要因素。串行时钟的极性对应时钟线的空闲逻辑状态，因此，也定义了哪一时钟沿为有效沿。要定义一个在逻辑低电平状态空闲(有效时钟沿 = 上升沿)的串行移位时钟信号，时钟极性选择(CKPOL; R_SPICF.0)位应配置为0，而设置CKPOL = 1使移位时钟在逻辑高电平状态时空闲(有效时钟沿 = 下降沿)。串行时钟的相位选择采用哪一边沿来对串行移位数据进行采样，时钟相位选择(CKPHA; R_SPICF.1)位控制采用有效还是无效时钟沿来锁存数据。

当CKPHA设置为逻辑1时，在无效时钟沿(时钟返回到空闲状态)采样数据。当CKPHA设置为逻辑0时，在有效时钟沿(时钟转换到有效状态)采样数据。CKPOL和CKPHA位一共支持四种SPI数据传送格式。

通过SPI接口进行传送时，总是以最高有效位开始，以最低有效位结束。MAXQ3180的所有SPI数据传送长度都是8位(一个字节)。MAXQ3180 SPI接口不支持16位字符长度。

MAXQ3180 SPI接口的默认格式(上电或系统复位时)如图4a (CKPOL = 0; CKPHA = 0)所示。在这一格式中，SPI时钟空闲状态为低电平，数据在SCLK上升沿移入移出。一旦

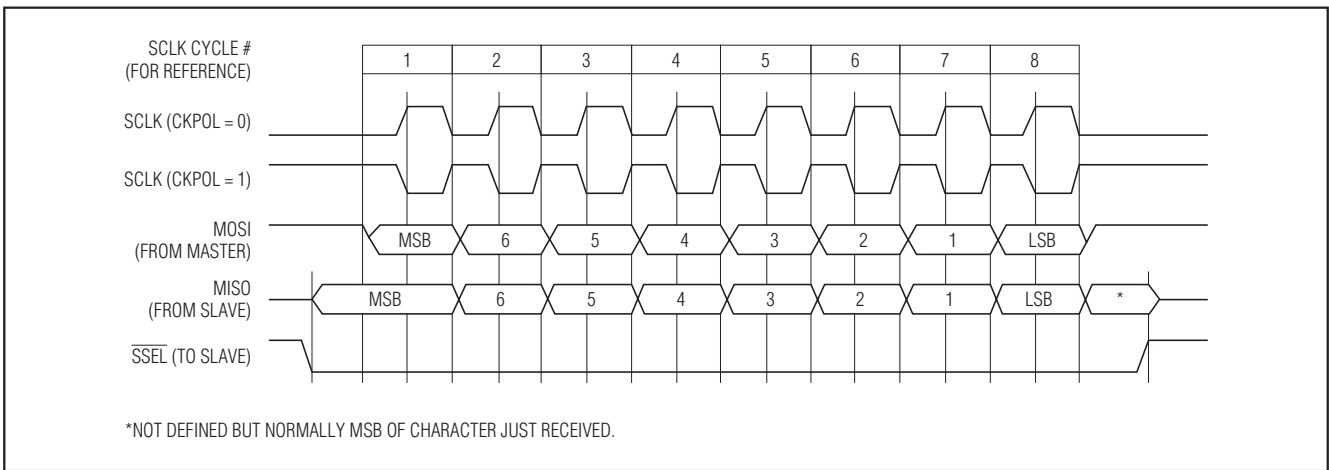


图4a. SPI接口时序(CKPHA = 0)

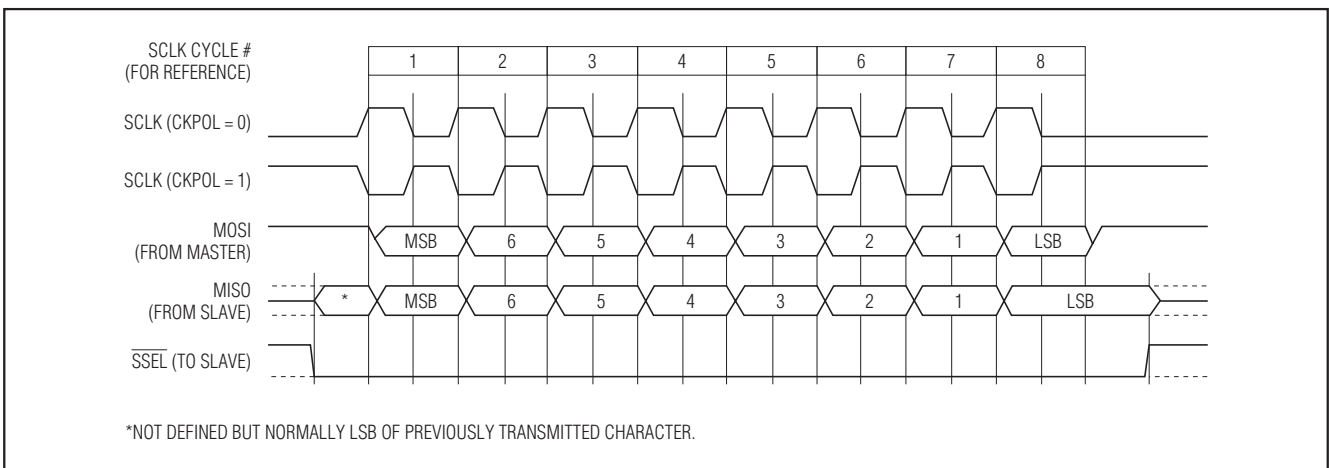


图4b. SPI接口时序(CKPHA = 1)

低功耗、多功能、多相AFE

建立了与MAXQ3180的SPI通信，写入R_SPICF镜像寄存器，然后读取特殊命令寄存器UPD_SFR，将R_SPICF值复制到内部SPI配置寄存器中，可以修改CKPOL和CKPHA格式设置(也可以将SSEL信号从低电平有效改为高电平有效)。

当采用有效时钟沿采样(CKPHA = 0)时，必须置位SSEL信号以启动传送周期。这一要求意味着SSEL信号在两次连续传送期间必须被解除置位和重新置位。相反，当采用无效沿采样(CKPHA = 1)时，SSEL信号在两次连续传送期间保持低电平，允许有效时钟沿发出信号，启动新的传送过程。

由于MAXQ3180总是为SPI从机，因此，SPI接口使用的时钟速率由总线主处理器确定。然而，MAXQ3180的系统时钟频率限制了最大时钟速率。为正常通信，主处理器使用的SPI时钟频率必须低于或者等于4分频后的MAXQ3180的时钟频率。例如，当MAXQ3180运行在8MHz时，SPI时钟频率必须小于等于2MHz。如果MAXQ3180运行在LOWPM模式(或者晶体还在预热时)，SPI时钟频率必须保持在250kHz或者低于250kHz，以实现正常的通信。

除了限制SPI总线时钟速率之外，主处理器还必须在每个字节传输/接收周期之后提供通信延时。这一延时为MAXQ3180提供了时间来处理一次ADC采样，它最小应为400个系统时钟。在默认设置以及采用8MHz运行时，延时时间为50μs。将系统时钟频率降低到1MHz (LOWPM模式)会增大这一延时周期，延时时间会增加到原来的8倍而达到400μs。

SPI通信协议

主处理器和MAXQ3180之间所有的会话通过主处理器和MAXQ3180的寄存器之一进行读写操作来完成。对于主处理器，MAXQ3180看起来象一个存储器阵列，同时含有RAM和ROM。这是因为MAXQ3180中的ROM固件从RAM读取其工作参数，也将结果放到RAM中。因此，配置MAXQ3180只需要简单地对RAM位置进行块写入即可。

MAXQ3180中的某些只读存储器位置可触发器件工作，在运行中计算计量结果，这些特殊功能和用途的RAM和虚拟ROM也用寄存器映射的方式给出。MAXQ3180含有几种不同类型的内部寄存器。

- **RAM寄存器。**这些寄存器中的数值被存储在MAXQ3180的内部RAM中。有些可以被主处理器读取和写入，而其它的为只读。RAM寄存器长度为两字节或者四字节(16或者32位)，尽管一些寄存器并不是所有的位都定义了数值。读/写寄存器一般是状态/标志寄存器(由MAXQ3180或者主处理器写入)、配置寄存器(由主处理器写入，由MAXQ3180固件读取)、或者数据寄存器(只读，由MAXQ3180固件写入，由主处理器读取)。
- **虚拟寄存器。**这些只读寄存器并没有存储在RAM中；当主处理器读取这些寄存器时，它们含有MAXQ3180固件实时计算的数值。主处理器利用这些寄存器来获得A、B和C相有功、无功以及视在功率、功率因数以及RMS电压和电流等数值，根据需要，从当前采集到的数据中计算出这些数值。大多数虚拟寄存器的长度为8字节。
- **硬件寄存器。**这些寄存器控制MAXQ3180的核心功能，包括ADC和SPI从机总线控制器等。这些寄存器中的每一个(R_ACFG、R_ADCRATE、R_ADCACQ、R_SPICF和OPMODE0(第4位，EXTCLK))都有位于RAM中的寄存器，用来“映射”硬件寄存器的数值。要读取硬件寄存器，主处理器必须首先读取特殊命令寄存器UPD_MIR(A00h)，将数值从硬件寄存器复制到RAM中的镜像寄存器，然后才能读取RAM中的镜像寄存器。要写入硬件寄存器时则相反，主处理器写入镜像RAM寄存器，然后读取特殊命令寄存器UPD_SFR(900h)，把镜像寄存器中的数值复制到硬件寄存器中。
- **特殊命令寄存器。**读取时，这些寄存器(UPD_SFR和UPD_MIR)不返回有意义的数，而是触发操作。读取UPD_SFR导致将数值从镜像寄存器复制到硬件，读取UPD_MIR导致将数值从硬件复制到镜像寄存器。

低功耗、多功能、多相AFE

MAXQ3180中每一个定义的寄存器都有12位地址(从0到4095)。当寻址寄存器,进行读或者写操作时,会用到这些地址。地址0至1023(000h至3FFh)用于寻址RAM寄存器。地址1024至4095(400h至FFFh)的寄存器用于虚拟寄存器和特殊命令寄存器。

每一条命令都含有读/写命令代码、数据长度(1、2、4或者8字节)、12位寄存器地址以及指定数量的数据字节,最后是可选的循环冗余校验(CRC)。由于SPI是全双工接口,主处理器和从机必须在命令期间发送相同数量的字节。当读取或者写入多个字节(2/4/8字节长度)时,在命令中首先读取或者写入最低有效字节。

每次会话过程以主处理器发送2个字节开始,这些字节含有命令(读或者写)、要访问的地址和传送的字节数,每个SPI外设对接收到的每个字节必须返回一个字节。如果主处理器从MAXQ3180读取一个或者多个字节,它必须在接收申请多字节响应周期中发送空字节,以达到“发送一个

字节,得到一个字节”的要求。但是MAXQ3180可以申请时间来计算结果,当主处理器发送空字节时,它可能还没有准备好。出于这一原因,MAXQ3180总是在发送数据之前发送零或者多个字节的NAK字符(0x4E或者ASCII 'N'),随后是一个ACK字符(0x41或者ASCII 'A')。

如果主处理器写入一个或者多个字节,发送命令后,立即发送要写入的数据。MAXQ3180为每一个数据字节返回ACK(0x41)。然后,它返回NAK(0x4E),直到写周期完成,随后返回最终ACK。

发送最终ACK之后,MAXQ3180立即准备开始下一次会话,不需要进行任何其它等待,甚至不需要触发SSEL以开始下一次会话。MAXQ3180知道第一次会话已经完成后,准备进行下一会话。

不论什么原因,如果需要复位主处理器和MAXQ3180之间的通信(例如,同步丢失)时,在第一个命令字节重新启动通信之前,主处理器只需要等待SPI超时。MAXQ3180接

表1. SPI寄存器读命令格式

BYTE	TRANSFERS	BIT	DESCRIPTION
1st byte	Master sends command; Slave sends 0xC1 byte	7:6	Command Code: 00 Read 01 Reserved 10 Write 11 Reserved
		5:4	Data Length: 00 1 Byte 01 2 Bytes 10 4 Bytes 11 8 Bytes
		3:0	MSB portion of data address.
2nd byte	Master sends address; Slave sends 0xC2 byte	7:0	LSB portion of data address.
Sync bytes	Master sends dummy; Slave sends ACK (0x41) or NACK (0x4E) byte	7:0	Master sends dummy byte; Slave responds with NACK if busy, or with ACK when processing complete. Master must receive ACK, then receive data.
3rd byte (1st data byte)	Master sends dummy; Slave sends data	7:0	Data, LSB
...
Nth byte (Last data byte)	Master sends dummy; Slave sends data	7:0	Data, MSB
(N + 1) byte	Master sends dummy; Slave sends CRC	7:0	Optional CRC

低功耗、多功能、多相AFE

表2. SPI寄存器写命令格式

BYTE	TRANSFERS	BIT	DESCRIPTION
1st byte	Master sends command; Slave sends 0xC1 byte	7:6	Command code: 00 Read 01 Reserved 10 Write 11 Reserved
		5:4	Data Length: 00 1 Byte 01 2 Bytes 10 4 Bytes 11 8 Bytes
		3:0	MSB portion of data address.
2nd byte	Master sends address; Slave sends 0xC2 byte	7:0	LSB portion of data address.
3rd byte (1st data byte)	Master sends data; Slave sends ACK (0x41)	7:0	Data, LSB
...
Nth byte (Last data byte)	Master sends data; Slave sends ACK (0x41)	7:0	Data, MSB
(N + 1) byte	Master sends CRC; Slave sends ACK (0x41)	7:0	Optional CRC
Sync bytes	Master sends dummy; Slave sends ACK (0x41) or NACK (0x4E) byte	7:0	Master sends dummy byte; Slave responds with NACK if busy, or with ACK when processing complete. Master must receive ACK before starting the next transaction.

收来自主处理器的第一个命令字节后(第一个字节的第8个SPI时钟之后), 启动SPI超时计数。接收到会话过程最后一个字节后(最后一个字节的第8个SPI时钟之后), 停止并清除计数。

如果超时计数在会话完成之前超时(超过COM_TIMO), MAXQ3180会放弃未完成的会话, 复位SPI逻辑, 准备进行下一次会话。默认的SPI超时是320ms。

在每一次传送中, 可以选择附加一个CRC字节。对于写命令, 主处理器发送CRC字节, 对于读命令, 由MAXQ3180发送CRC字节。当OPMODE1寄存器中的CRCEN位被置为

1时, 使能CRC模式, 否则, MAXQ3180认为没有采用CRC字节。从主处理器发送的第一个命令字节到除了同步字节以外的最后一个数据字节, 使用多项式 $P = x^8 + x^5 + x^4 + 1$, 对传送的所有字节进行8位CRC计算。如果传送的CRC字节与计算得到的CRC字节(对于写命令)不匹配, 则MAXQ3180忽略该命令。

传送长度由第一个命令字节和OPMODE1寄存器中CRCEN位的状态定义。这一简单协议并不提供专门的同步机制, 因此, 主处理器负责发送/接收正确数量的字节。如果主处理器出错而发送多于当前命令要求的字节数, MAXQ3180

低功耗、多功能、多相AFE

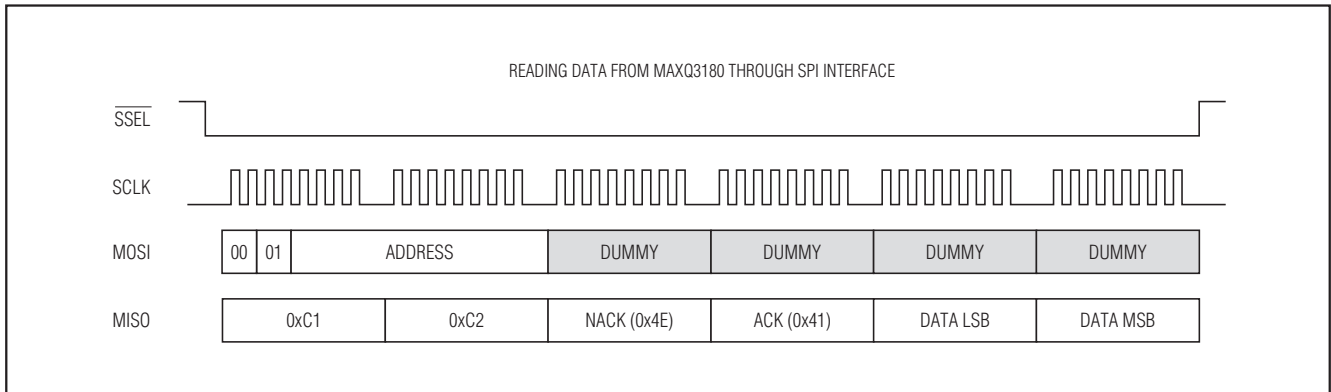


图5. 读SPI传送

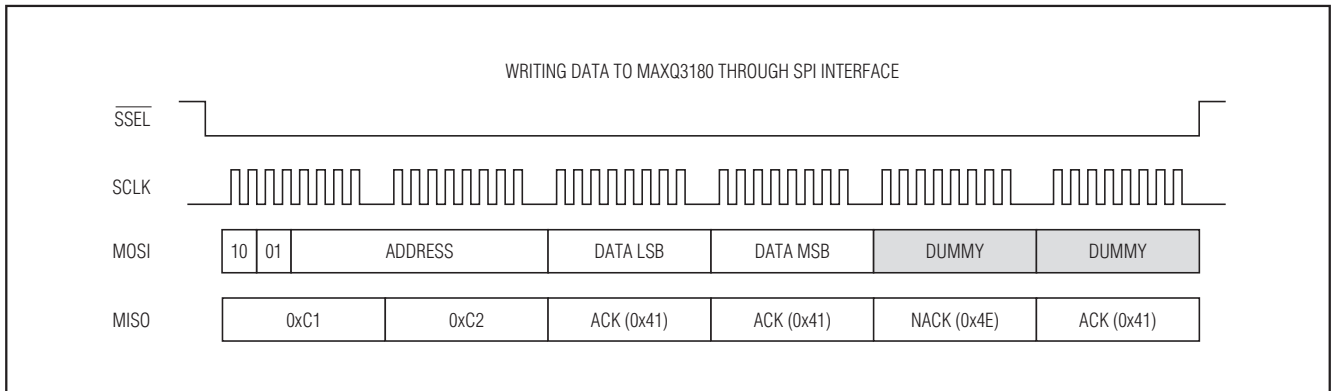


图6. 写SPI传送

要么忽略多余的字节(如果MAXQ3180忙于处理前面的命令), 要么将其作为新命令的开始。如果主处理器发送的字节数少于当前命令要求的字节数, MAXQ3180等待一个SPI超时时间, 然后停止传送, 复位通信通道。可以通过COM_TIMO寄存器来配置超时时间。

图5和图6所示为典型的2字节读写传送(没有CRC字节)。

主处理器软件设计

ROM固件中的软件程序处理通过SPI发送的每一消息字节。出于这一原因, 连续字节之间需要有延时。这一字节间隔不得小于400个系统时钟, 以确保MAXQ3180能够在下一字节到达之前读取并处理字节。

在读取任意虚拟功率寄存器时, 主处理器必须先确认IRQ_FLAG寄存器中的DSPRDY位被置位, 这表示上一个DSP周期已经结束, 接下来可以读取所有需要的虚拟功率寄存器。为提高通信效率, 建议应该在读取其它寄存器前完成虚拟功率寄存器的读取。虚拟功率寄存器的读取应该在DSPRDY位置位开始时刻后50%的DSP周期时间内完成。不要忘记清除DSPRDY位, 否则主处理器软件将不能检测到新的DSP周期结束。MAXQ3180并不会清除该位, 它只是在DSP周期处理结束时将该位置位, 用户可以在确认该位置位后直接将其清除。清除DSPRDY不会影响DSP的操作。

低功耗、多功能、多相AFE

MAXQ3180

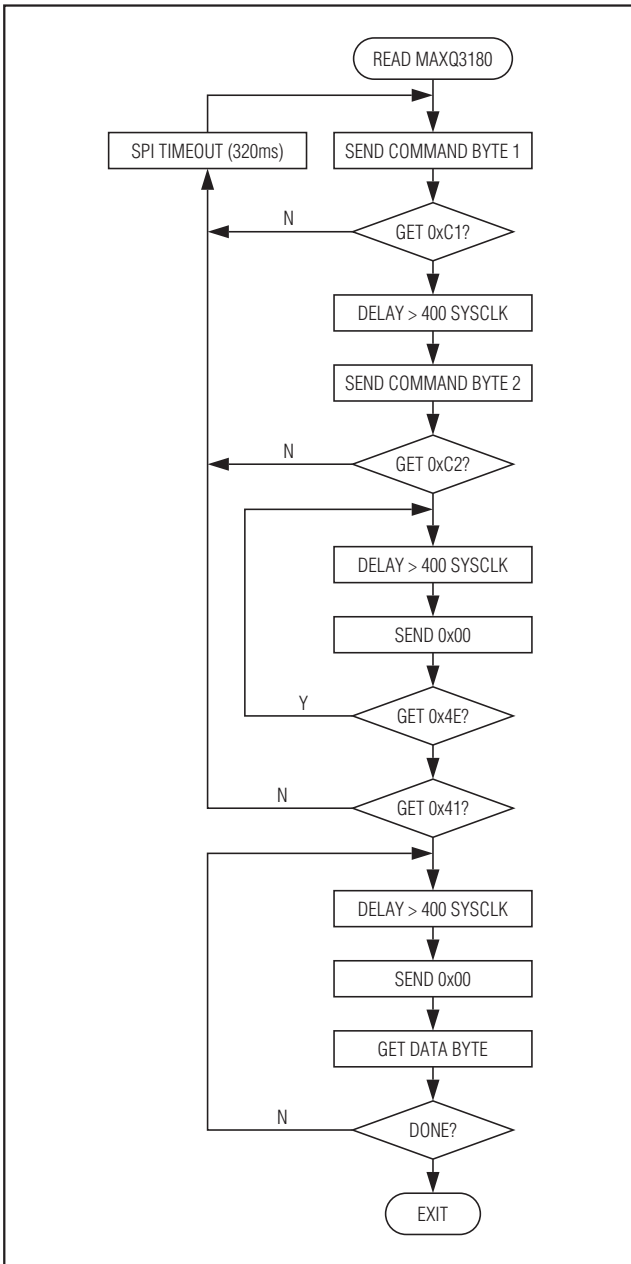


图7. 读取MAXQ3180的流程图

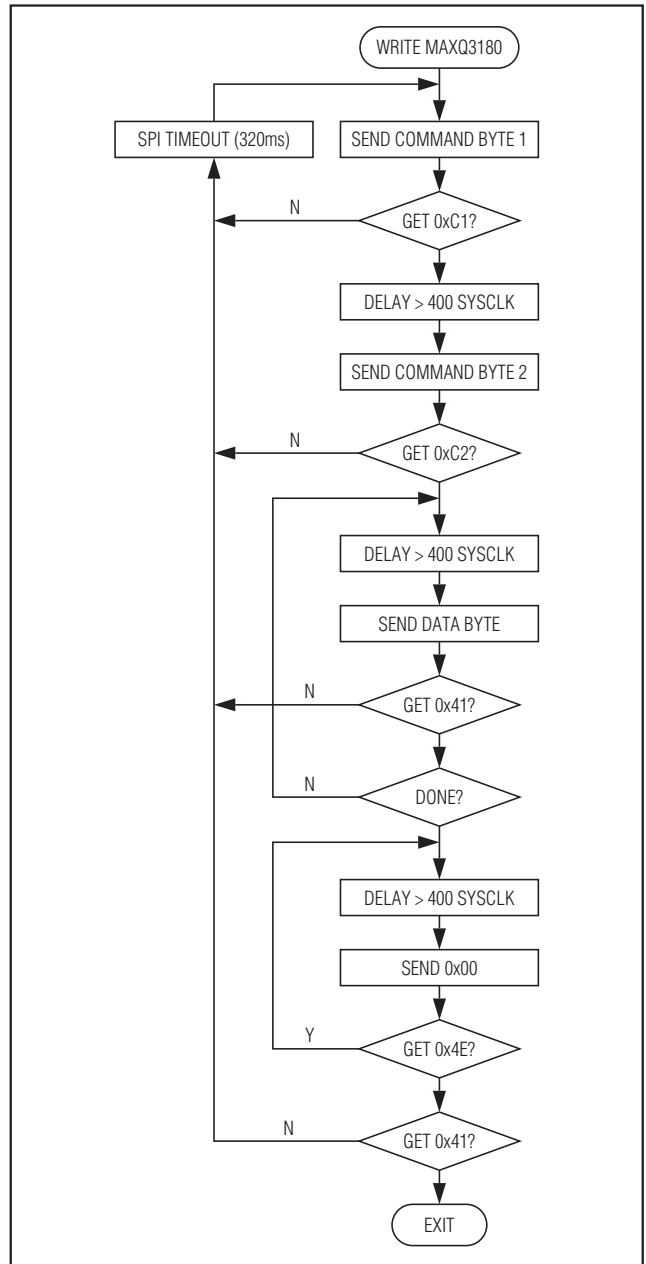


图8. 写入MAXQ3180的流程图

寄存器组

数据和器件命令以及控制信息位于内部寄存器中。寄存器长度在8位到64位之间，被分成基于RAM的寄存器和虚拟寄存器。基于RAM的寄存器含有操作参数和测量结果。

虚拟寄存器含有来自一个或者多个实际寄存器的计算值。在申请时计算这些值，因此，需要更多的时间来返回一个数值。大多数虚拟寄存器长度为8字节，首先传送最低有效字节。

低功耗、多功能、多相AFE

表3. RAM寄存器映射

	x0h	x1h	x2h	x3h	x4h	x5h	x6h	x7h	x8h	x9h	xAh	xBh	xCh	xDh	xEh	xFh
0x00	STATUS	OP MODE0	OP MODE1	OP MODE2	IRQ_FLAG		IRQ_MASK		SCAN _IA	SCAN _VA	SCAN _IC	SCAN _VC	SCAN _JB	SCAN _VB	SCAN _IN	SCAN _TE
0x01	AUX_CFG		SYS_KHZ		VOLT_CC		AMP_CC		PWR_CC		ENR_CC		CYCNT		PLSCFG 1	PLSCFG 2
0x02	PLS1_WD		THR1				PLS2_WD		THR2				REJ_NS		AVG_NS	
0x03	AVG_C		HPF_C		B0FUND		A1FUND				B0HARM		A1HARM			
0x04	NS				OCLVL		OVLVL		UVLVL		NOLOAD		R_ACFG		R_ADCRATE	
0x05	R_ADCACQ		R_SPICF		NZX_TIMO		COM_TIMO		ACC_TIMO		ZC_LPF		I1THR		I2THR	
0x06	CHKSUM		LINEFR													
0x11															N.IRMS	
0x12															N.I_GAIN	
PHASE A CALIBRATION AND STATUS REGISTERS																
0x13	A.I_GAIN		A.V_GAIN		A.E_GAIN		A.EF_GAIN		A.OFFS_HI		A.GAIN_LO		A.OFFS_LO		A.PA0	
0x14	A.PA1		A.PA2		A. FLAGS	A. MASK	A. EOVER	A. EFOVER								
PHASE B CALIBRATION AND STATUS REGISTERS																
0x21													B.I_GAIN		B.V_GAIN	
0x22	B.E_GAIN		B.EF_GAIN		B.OFFS_HI		B.GAIN_LO		B.OFFS_LO		B.PA0		B.PA1		B.PA2	
0x23	B. FLAGS	B. MASK	B. EOVER	B. EFOVER												
PHASE C CALIBRATION AND STATUS REGISTERS																
0x30									C.I_GAIN		C.V_GAIN		C.E_GAIN		C.EF_GAIN	
0x31	C.OFFS_HI		C.GAIN_LO		C.OFFS_LO		C.PA0		C.PA1		C.PA2		C. FLAGS	C. MASK	C. EOVER	C. EFOVER
0x32																
PHASE A MEASUREMENT REGISTERS*																
0x1C							A.PF		A.VRMS				A.IRMS			
0x1D	A.ACT				A.REA				A.APP				A.ACTF			
0x1E	A.REAF				A.APPF				A.EAPOS				A.EANEG			
0x1F	A.ERPOS				A.ERNEG				A.ES				A.EAFPOS			
0x20	A.EAFNEG				A.ERFPOS				A.ERFNEG				A.ESF			
PHASE B MEASUREMENT REGISTERS*																
0x2B			B.PF		B.VRMS		B.IRMS		B.ESF				B.ACT			
0x2C	B.REA				B.APP				B.ACTF				B.REAF			
0x2D	B.APPF				B.EAPOS				B.EANEG				B.ERPOS			
0x2E	B.ERNEG				B.ES				B.EAFPOS				B.EAFNEG			
0x2F	B.ERFPOS				B.ERFNEG				B.ESF							
PHASE C MEASUREMENT REGISTERS*																
0x39															C.PF	
0x3A	C.VRMS				C.IRMS				C.ACT				C.REA			
0x3B	C.APP				C.ACTF				C.REAF				C.APPF			
0x3C	C.EAPOS				C.EANEG				C.ERPOS				C.ERNEG			
0x3D	C.ES				C.EAFPOS				C.EAFNEG				C.ERFPOS			
0x3E	C.ERFNEG				C.ESF											

*只读。

低功耗、多功能、多相AFE

MAXQ3180

表4. 虚拟寄存器映射

	x0	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
0x80		PWRP.A	PWRP.B		PWRP.C			PWRP.T
0x81		PWRQ.A	PWRQ.B		PWRQ.C			PWRQ.T
0x82		PWRS.A	PWRS.B		PWRS.C			PWRS.T
0x83	V.HARM	V.A	V.B		V.C			
0x84	I.N, I.HARM	I.A	I.B		I.C			
0x85	HARM_NF		VBPH		VCPH			
0x86								PF.T
0x87		ENRS.A	ENRS.B		ENRS.C			ENRS.T
0x88		PWRPF.A	PWRPF.B		PWRPF.C			PWRPF.T
0x89		PWRQF.A	PWRQF.B		PWRQF.C			PWRQF.T
0x8A		PWRSF.A	PWRSF.B		PWRSF.C			PWRSF.T
0x8B		ENRSF.A	ENRSF.B		ENRSF.C			ENRSF.T
0x8C		ENRP.A	ENRP.B		ENRP.C			ENRP.T
0x8D		ENRQ.A	ENRQ.B		ENRQ.C			ENRQ.T
0x8E		ENRPF.A	ENRPF.B		ENRPF.C			ENRPF.T
0x8F		ENRQF.A	ENRQF.B		ENRQF.C			ENRQF.T
SPECIAL FUNCTION REGISTERS								
0xC0	DSPVER	RAWTEMP	ENTER STOP	ENTER LOWPM	EXIT LOWPM			

注：所有虚拟寄存器为只读。

低功耗、多功能、多相AFE

基于RAM的寄存器

基于RAM的寄存器同时含有操作参数和测量结果。它们被分成几类，在下面的章节中进行说明。

通用操作寄存器 全局状态寄存器(STATUS) (0x000)

位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	—	CROFF	PORF	WDTR	—	PHSEQ	REVCFQ	REVCFP
复位:	0	0	0	0	0	0	0	0

该寄存器含有反映器件全局状态的位。

位	名称	功能
7, 3	—	保留。
6	CROFF	置位时，高频晶体失效，MAXQ3180采用内部环型振荡器工作。在这种情况下，电能累加不精确，SPI总线没有全速工作。
5	PORF	置位时，表明最近一次复位由上电复位引起。主处理器应清除该位，以允许下一次POR复位检测。
4	WDTR	置位时，表明最近一次复位由看门狗超时引起。主处理器应清除该位(置为0)，以允许下一次看门狗超时复位检测。
2	PHSEQ	0 = 电压输入上出现的电压相序为(-A-B-C)。 1 = 电压输入上出现的电压相序被置反(-A-C-B-)。 只有连接包括所有三相电压的系统时，该位才有意义。
1	REVCFQ	0 = CFQ引脚上输出的计量值为正(正向)。 1 = CFQ引脚上输出的计量值为负(反向)。
0	REVCFP	0 = CFP引脚上输出的计量值为正(正向)。 1 = CFP引脚上输出的计量值为负(反向)。

低功耗、多功能、多相AFE

操作模式寄存器0 (OPMODE0) (0x001)

位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	—	—	—	EXTCLK	SWRES	DSPDIS	LOWPM	—
复位:	0	0	0	0	0	0	0	0

位	名称	功能
7:5, 0	—	保留。
4	EXTCLK	置位时，禁用高频晶振，XTAL1引脚被配置为器件时钟输入。当多个器件使用同一时钟源工作以达到维持同步目的时，采用该方式。
3	SWRES	置位时，强制内部软件从复位矢量重新启动。这与上电复位有相同的效果，但是不专门复位任何硬件外设。复位后，该位自动清除。
2	DSPDIS	置位时，禁止信号处理软件例程。CPU依然全速连续运行，但只执行监视功能(例如，服务SPI端口)。
1	LOWPM	置位时，导致CPU将其时钟源从外部晶体切换到内部环型振荡器，工作在1MHz标称频率上。在这种模式下，CPU连续运行，但是主处理器必须重新配置晶体工作所需的参数(例如，滤波器设置、超时和脉冲宽度等)。

操作模式寄存器1 (OPMODE1) (0x002)

位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	—	—	—	—	CRCEN	POPOL	CONCFG	
复位:	0	0	0	0	0	0	0x0	

位	名称	功能
7:4	—	保留。
3	CRCEN	如果置位，1字节CRC被附加到每一SPI读操作最后，也应出现在每一SPI写操作的最后。请参考SPI通信协议部分，了解怎样使用CRC字节以及对SPI总线进行错误检查的详细信息。
2	POPOL	该位设置输出脉冲发生器的极性。如果清零，脉冲输出为低电平有效；即在出现脉冲前，它们保持在高电平状态，出现脉冲时它们切换到低电平状态，并保持一个脉冲宽度间隔，然后返回到高电平状态。如果置位，脉冲输出为高电平有效；即在出现脉冲前，它们保持在低电平状态，出现脉冲时它们切换到高电平状态，并保持一个脉冲宽度间隔，然后返回到低电平状态。

低功耗、多功能、多相AFE

操作模式寄存器1 (OPMODE1) (0x002) (续)

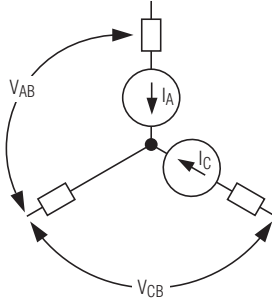
位	名称	功能			
1:0	CONCFG	这些位确定怎样计算三相中每一相的功率。			
		00	$P_A = I_A \times V_A$ $P_B = I_B \times V_B$ $P_C = I_C \times V_C$	当负载以Y形连接，零相连接至MAXQ3180的地，或者负载以三角形连接，采用了隔离电压和电流传感器时，使用这一配置。这种排列方式测量每一负载支路的功率，而不是每一源支路的功率。	
		01	$P_A = I_A \times V_A$ $P_B = I_B \times (-V_C)$ $P_C = I_C \times V_C$	负载以四线三角形连接时，使用这种配置。在这种排列方式下，BC脚被分开， V_{B-N} 应等于 $-V_{C-N}$ 。电压以零相为基准。	
		10	$P_A = I_A \times V_A$ $P_B = I_B \times (-V_A - V_C)$ $P_C = I_C \times V_C$	负载以四线Y形连接时，使用这种配置，但只有两个电压传感器。以这种方式连接时，设定B相为地。	
	11	$P_A = I_A \times V_A$ $P_B = I_B \times (V_A - V_C)$ $P_C = I_C \times V_C$	负载以三线三角形连接时，使用这种配置，需要测量三角形臂上的电压和电流，计算每个源电路的功率。以这种方式连接时，源B相为地。		

低功耗、多功能、多相AFE

操作模式寄存器2 (OPMODE2) (0x003)

位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	—	DHARA	DFUNA	DFUN	LINFRM	WIRSYS	APPSEL	
复位:	0	0	0	0	0	0	0	0

MAXQ3180

位	名称	功能
7	—	保留。
6	DHARA	置位时，禁止谐波滤波器系数的滤波参数自动确定功能。如果被主处理器软件置位，在使用了谐波模式计算时，主处理器必须设置A1HARM滤波器系数寄存器中的数值，以建立该滤波器的工作频率。清零后，MAXQ3180根据测得的电网频率以及请求的谐波阶次(AUX_CFG.ORDH)，自动确定谐波滤波器系数值。
5	DFUNA	置位时，禁止上面介绍的基波模式滤波器的滤波参数自动确定功能。如果被主处理器软件置位，在使用了基波模式计算时，主处理器必须设置A1FUND滤波器系数寄存器中的数值，以建立该滤波器的工作频率。清零后，MAXQ3180根据测得的电网频率，自动确定基波模式滤波器系数值。
4	DFUN	置位时，禁止基波模式计算。基波模式计算提供仅在电网基波频率下消耗的功率和电能，而排除可能出现的所有谐波。置位该位将禁用所有的基波频率相关的寄存器，但是允许MAXQ3180以更高的速率计算其它参数。在以下条件下置位该位：(1) 不需要读取基波模式数值，(2) 需要把R_ADCRATE降到其默认值以下。
3	LINFRM	选择电流线性度失调校准方法。请参考校准电流失调部分，了解详细信息。 $0 = \sqrt{IRMS^2 + OFFS}$ $1 = IRMS + OFFS$
2:1	WIRSYS	<p>这些位选择计算视在功率所使用的系数。 00 = 1相、3线(1P3W)，或者3相、4线(3P4W) (C = 1) 01 = 3相、3线(3P3W) (C = $\sqrt{3}/2$) 10 = 三电压、三电流(3V3A) (C = $\sqrt{3}/3$)</p>  <p>3P3W线(01)</p>

低功耗、多功能、多相AFE

操作模式寄存器2 (OPMODE2) (0x003) (续)

位	名称	功能		
2:1	WIRSYS	3P4W线(00)		
		3V3A (10)		
		1P3W (00)		
0	APPSEL	选择用于计算视在功率的方法。		
		0: $S = V_{RMS} \times I_{RMS}$	在每个DSP周期基础上, 由RMS电压和RMS电流乘积计算出视在功率。	
		1: $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$	通过找到功率矢量的长度来计算视在功率。	

低功耗、多功能、多相AFE

MAXQ3180

全局中断寄存器

中断申请标志寄存器(IRQ_FLAG) (0x004)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	DSPOR	DSPRDY	DCHR	DCHA	NOZX	UV	OV	OC
复位:	0	0	0	0	0	0	0	0

位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	—	—	—	—	—	EOVF	CHSCH	PWRF
复位:	0	0	0	0	0	0	0	0

中断申请标志寄存器中的位说明了IRQ引脚变为有效的原因。主处理器必须清除有效位，以避免MAXQ3180连续触发中断。

位	名称	功能
15	DSPOR	置位时，表明当另一周期要开始时，DSP还没能完成处理前一个周期。这表明R_ADCRATE被设置得太小，采样速率快于其处理速率。增大R_ADCRATE寄存器值或者置位OPMODE2寄存器中的DFUN位禁止基波频率计算，都可以减小DSP负荷。
14	DSPRDY	当DSP周期结束时置位。
13	DCHR	置位时，表明无功电能流方向改变(即，从容性到感性或者从感性到容性)。
12	DCHA	置位时，表明有功电能流方向改变(即，从流进负载变为流出负载，或者从流出负载变为流进负载)。
11	NOZX	置位时，表明在NZX_TIMO寄存器定义的时间内，MAXQ3180没有探测到一个或者多个电压通道上的过零事件。
10	UV	置位时，表明在一个DSP周期内，一个或者多个电压通道上的绝对瞬时电压电平低于UVLVL(欠压电平)寄存器设置的触发电平。
9	OV	置位时，表明一个或者多个电压通道上的绝对瞬时电压电平超过了OVLVL(过压电平)寄存器设置的触发电平。
8	OC	置位时，表明一个或者多个电流通道上的绝对瞬时电流超过了OCLVL(过流电平)寄存器设置的触发电平。
7:3	—	保留。
2	EOVF	置位时，表明一个或者多个电能累加器出现了MSB溢出状态。
1	CHSCH	置位时，表明CHKSUM有变化。CHKSUM是对配置和校准数据进行计算而得来的，由于配置或者校准数据出现任何变化都会影响电表操作和精度，因此，主处理器应检查CHKSUM的变化。
0	PWRF	置位时，表明即将出现电源失效，监控处理器应开始采取措施保存其状态，为掉电作准备。

低功耗、多功能、多相AFE

中断屏蔽寄存器(IRQ_MASK) (0x006)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	EDSPOR	EDSPRDY	EDCHR	EDCHA	ENOZX	EUV	EOV	EOC
复位:	0	0	0	0	0	0	0	0
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	—	—	—	—	—	EEOVF	ECHSCH	EPWRF
复位:	0	0	0	0	0	0	0	0

位	名称	功能
15	EDSPOR	置位时, 该标志导致 $\overline{\text{IRQ}}$ 引脚有效。
14	EDSPRDY	置位时, 该标志会导致 $\overline{\text{IRQ}}$ 引脚有效。
13	EDCHR	置位时, 当观察到无功电流动向发生了变化(即, 从容性到感性或者从感性到容性)时, 该标志导致 $\overline{\text{IRQ}}$ 引脚有效。
12	EDCHA	置位时, 当观察到有功电流动向发生了变化(即, 从流进负载变为流出负载, 或者从流出负载变为流进负载)时, 该标志导致 $\overline{\text{IRQ}}$ 引脚有效。
11	ENOZX	置位时, 在一个DSP周期内, 当MAXQ3180没有探测到一个或者多个电压通道上的过零事件时, 该标志导致 $\overline{\text{IRQ}}$ 引脚有效。
10	EUV	置位时, 在一个DSP周期内, 当一个或者多个电压通道上的绝对瞬时电压电平低于UVLVL (欠压电平)寄存器中设置的触发电平时, 该标志导致 $\overline{\text{IRQ}}$ 引脚有效。
9	EOV	置位时, 当一个或者多个电压通道上的绝对瞬时电压电平超过OVLVL (过压电平)寄存器中设置的触发电平时, 该标志导致 $\overline{\text{IRQ}}$ 引脚有效。
8	EOC	置位时, 当一个或者多个电流通道上的绝对瞬时电流超过OCLVL (过流电平)寄存器中设置的触发电平时, 该标志导致 $\overline{\text{IRQ}}$ 引脚有效。
7:3	—	保留。
2	EEOVF	置位时, 当一个或者多个电能累加器MSB出现溢出状态时, 该标志导致 $\overline{\text{IRQ}}$ 引脚有效。
1	ECHSCH	置位时, 当探测到CHKSUM变化时, 该标志使能 $\overline{\text{IRQ}}$ 引脚。
0	EPWRF	置位时, 当即将出现电源失效, 监控处理器应采取措施保存其状态, 为掉电作准备时, 该标志导致 $\overline{\text{IRQ}}$ 引脚有效。

低功耗、多功能、多相AFE

电表脉冲配置

MAXQ3180

脉冲配置—CFP输出(PLSCFG1) (0x01E)

位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	QNSEL					PHASEC	PHASEB	PHASEA
复位:	0x0					0	0	0

该寄存器选择哪些相包含在CFP脉冲输出中，还选择累加哪些量来驱动脉冲输出。

位	名称	功能
7:3	QNSEL	CFP脉冲输出源选择。这5位决定在每一相中累加哪些计量值以产生CFP脉冲输出。所有其它值保留。 00000 = 净有功电能 00001 = 绝对有功电能 00010 = 净无功电能 00011 = 绝对无功电能 00100 = 视在电能 00110 = I_{RMS} 00111 = V_{RMS} 01000 = 流向负载的有功电能 01001 = 流向电网的有功电能 01010 = 无功电能, I象限。 01011 = 无功电能, II象限。 01100 = 无功电能, III象限。 01101 = 无功电能, IV象限。
2	PHASEC	CFP相位C内含。该位置位时, C相包含在产生的CFP脉冲中。
1	PHASEB	CFP相位B内含。该位置位时, B相包含在产生的CFP脉冲中。
0	PHASEA	CFP相位A内含。该位置位时, A相包含在产生的CFP脉冲中。

低功耗、多功能、多相AFE

脉冲配置—CFQ输出(PLSCFG2) (0x01F)

位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	QNSEL					PHASEC	PHASEB	PHASEA
复位:	0x0					0	0	0

该寄存器选择哪些相包含在CFQ脉冲输出中，还选择累加哪些量以驱动脉冲输出。

位	名称	功能
7:3	QNSEL	CFQ脉冲输出源选择。这5位决定在每一相中累加哪些计量值以产生CFQ脉冲输出。所有其它值保留。 00000 = 净有功电能 00001 = 绝对有功电能 00010 = 净无功电能 00011 = 绝对无功电能 00100 = 视在电能 00110 = I_{RMS} 00111 = V_{RMS} 01000 = 流向负载的有功电能 01001 = 流向电网的有功电能 01010 = 无功电能, I象限。 01011 = 无功电能, II象限。 01100 = 无功电能, III象限。 01101 = 无功电能, IV象限。
2	PHASEC	CFQ相位C内含。该位置位时, C相包含在产生的CFQ脉冲中。
1	PHASEB	CFQ相位B内含。该位置位时, B相包含在产生的CFQ脉冲中。
0	PHASEA	CFQ相位A内含。该位置位时, A相包含在产生的CFQ脉冲中。

CFP脉冲宽度(PLS1_WD) (0x020)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	CFP脉冲宽度高位字节							
复位:	0x00							

位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	CFP脉冲宽度低位字节							
复位:	0x9C							

该寄存器设定CFP脉冲的宽度, 即CFP脉冲在有效状态时的持续时间。该数值以ADC帧时间的形式给出(大约320 μ s)。默认值0x9C (十进制156)提供大约50ms的脉冲宽度。

低功耗、多功能、多相AFE

MAXQ3180

CFP脉冲阈值(THR1) (0x022)

位:	31	30	29	28	27	26	25	24
名称:	THR1字节3							
复位:	0x00							
位:	23	22	21	20	19	18	17	16
名称:	THR1字节2							
复位:	0x10							
位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	THR1字节1							
复位:	0x00							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	THR1字节0							
复位:	0x00							

该寄存器设定CFP脉冲的阈值。该数值用于设置CFP脉冲输出的电表常数。当CFP脉冲累加器超出该寄存器中设置的数值时，CFP脉冲输出有效，同时从CFP脉冲累加器中减去该寄存器中的数值。

CFQ脉冲宽度(PLS2_WD) (0x026)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	CFQ脉冲宽度高位字节							
复位:	0x00							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	CFQ脉冲宽度低位字节							
复位:	0x9C							

该寄存器设定CFQ脉冲的宽度；即CFQ脉冲处于有效状态的持续时间。该数值以ADC帧时间的形式给出(大约320 μ s)。默认值0x9C(十进制156)提供大约50ms的脉冲宽度。

低功耗、多功能、多相AFE

CFQ脉冲阈值(THR2) (0x028)

位:	31	30	29	28	27	26	25	24
名称:	THR2字节3							
复位:	0x00							
位:	23	22	21	20	19	18	17	16
名称:	THR2字节2							
复位:	0x10							
位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	THR2字节1							
复位:	0x00							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	THR2字节0							
复位:	0x00							

该寄存器设定CFQ脉冲的阈值。该数值用于设置CFQ脉冲输出的电表常数。当CFQ脉冲累加器超出该寄存器中设置的数值时，CFQ脉冲输出有效，同时从CFQ脉冲累加器中减去该寄存器中的数值。

校准寄存器

电流增益，相X = A/B/C/N (X.I_GAIN) (A: 0x130, B: 0x21C, C: 0x308, N: 0x12E)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	电流增益系数高位字节							
复位:	0x40							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	电流增益系数低位字节							
复位:	0x00							

该寄存器含有相X电流通道的增益系数。原始值来自所选的测量值，采用下面的因子进行调整：

$$\frac{X.I_GAIN}{2^{14}}$$

注：该寄存器中的第15位必须被置为零才能正常工作。

低功耗、多功能、多相AFE

电压增益, 相X = A/B/C (X.V_GAIN) (A: 0x132, B: 0x21E, C: 0x30A)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	电压增益系数高位字节							
复位:	0x40							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	电压增益系数低位字节							
复位:	0x00							

该寄存器含有相X电压通道的增益系数。原始值来自所选的测量值，采用下面的因子进行调整：

$$\frac{X.V_GAIN}{2^{14}}$$

注：该寄存器中的第15位必须被置为零才能正常工作。

电能增益, 相X = A/B/C (X.E_GAIN) (A: 0x134, B: 0x220, C: 0x30C)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	电能增益系数高位字节							
复位:	0x40							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	电能增益系数低位字节							
复位:	0x00							

该寄存器含有相X电能的增益系数。原始值来自所选的测量值，采用下面的因子进行调整：

$$\frac{X.E_GAIN}{2^{14}}$$

注：该寄存器中的第15位必须被置为零才能正常工作。

相角补偿, 大电流范围, 相X = A/B/C (X.PA0) (A: 0x13E, B: 0x22A, C: 0x316)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	相角失调高位字节							
复位:	0x00							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	相角失调低位字节							
复位:	0x00							

这一带符号寄存器含有以弧度的分式表示的角度，当测得的电流大于I1THR中给出的数值时，加到测得的相角中。这一符号值的范围在-0.5弧度(数值0x8000)至+(0.5 - 2⁻¹⁶)弧度(数值0x7FFF)之间。

低功耗、多功能、多相AFE

相角补偿，中等电流范围，相X = A/B/C (X.PA1) (A: 0x140, B: 0x22C, C: 0x318)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	相角失调高位字节							
复位:	0x00							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	相角失调低位字节							
复位:	0x00							

这一带符号寄存器含有以弧度的分式表示的角度，当测得的电流在I1THR和I2THR给出的数值之间时，加到测得的相角中。这一符号值的范围在-0.5弧度(数值0x8000)至+(0.5 - 2⁻¹⁶)弧度(数值0x7FFF)之间。

相角补偿，小电流范围，相X = A/B/C (X.PA2) (A: 0x142, B: 0x22E, C: 0x31A)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	相角失调高位字节							
复位:	0x00							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	相角失调低位字节							
复位:	0x00							

这一带符号寄存器含有以弧度的分式表示的角度，当测得的电流低于I2THR给出的数值时，加到测得的相角中。这一符号值的范围在-0.5弧度(数值0x8000)至+(0.5 - 2⁻¹⁶)弧度(数值0x7FFF)之间。

限制寄存器

过流电平(OCLVL) (0x044)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	过流电平高位字节							
复位:	0xFF							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	过流电平低位字节							
复位:	0xFF							

该寄存器设定满幅电流的分数值，电流超出该值则声明为过流状态。当X.IRMS超过该电平达一个DSP周期时，X.FLAGS寄存器中的OCF标志被置位。如果X.MASK寄存器中的OCM标志被置位，置位OCF标志将导致IRQ_FLAG寄存器中的中断位OC置位。如果中断被使能，中断引脚变为有效。满幅以0x10000表示。该寄存器的最大值是0xFFFF。

低功耗、多功能、多相AFE

过压电平(OVLVL) (0x046)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	过压电平高位字节							
复位:	0xFF							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	过压电平低位字节							
复位:	0xFF							

该寄存器设定满幅电压的分数值，电压超出该值则声明为过压状态。当X.VRMS超过该电平达一个DSP周期时，X.FLAGS寄存器中的OVF标志被置位。如果X.MASK寄存器中的OVM标志被置位，置位OVF标志将导致IRQ_FLAG寄存器中的中断位OV置位。如果中断被使能，中断引脚变为有效。满幅以0x10000表示。该寄存器的最大值是0xFFFF。

欠压电平(UVLVL) (0x048)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	欠压电平高位字节							
复位:	0x00							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	欠压电平低位字节							
复位:	0x00							

该寄存器设定满幅电压的分数值，电压低于该值则声明为欠压状态。当X.VRMS降低到低于该电平达一个DSP周期时，X.FLAGS寄存器中的UVF标志被置位。如果X.MASK寄存器中的UVM标志被置位，置位UVF标志将导致IRQ_FLAG寄存器中的中断位UV置位。如果中断被使能，中断引脚变为有效。满幅以0x10000表示。该寄存器的最大值是0xFFFF。

潜动抑制电平(NOLOAD) (0x04A)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	潜动抑制高位字节							
复位:	0x00							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	潜动抑制低位字节							
复位:	0x03							

该寄存器设定满幅电流的分数值，电流低于该值则声明为潜动抑制状态。当X.IRMS降低到低于该电平时，MAXQ3180不再为相X累加功率。满幅以0x10000表示，该寄存器的最大值是0xFFFF。

低功耗、多功能、多相AFE

相位状态寄存器

中断标志, 相X = A/B/C (X.FLAGS) (A: 0x144, B: 0x230, C: 0x31C)

位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	—	—	DCHRF	DCHAF	NOZXF	UVF	OVF	OCF
复位:	0	0	0	0	0	0	0	0

X.FLAGS寄存器含有与相X(A/B/C)测量功能相关的状态标志。一旦置位, 只能由主处理器清除这些位。

位	名称	功能
7:6	—	保留。
5	DCHRF	无功电能方向变化。当无功功率流方向变化(从容性到感性或者从感性到容性)时, 该位被置位。如果DCHRM位被置位, 则该位会置位IRQ_FLAG寄存器中的DCHR标志。
4	DCHAF	有功电能方向变化。当有功功率流方向变化(从流向负载变为流向电网, 或者从流向电网变为流向负载)时, 该位被置位。如果DCHAM位被置位, 则该位会置位IRQ_FLAG寄存器中的DCHA标志。
3	NOZXF	没有过零。在ADC采样周期的NZX_TIMO期间, 相X中的电压波形没有出现过零时, 该位被置位。如果NOZXM位被置位, 该位会置位IRQ_FLAG寄存器中的NOZX标志。
2	UVF	欠压。当相X中的RMS电压降低到低于UVLVL中设置的欠压阈值时, 该位被置位。如果UVM位被置位, 该位会置位IRQ_FLAG寄存器中的UV标志。
1	OVF	过压。当相X中的RMS电压超过OVLVL中设置的过压阈值时, 该位被置位。如果OVM位被置位, 该位会置位IRQ_FLAG寄存器中的OV标志。
0	OCF	过流。当相X中的RMS电流超过OCLVL中设置的过流阈值时, 该位被置位。如果OCM位被置位, 该位会置位IRQ_FLAG寄存器中的OC标志。

低功耗、多功能、多相AFE

中断屏蔽，相X = A/B/C (X.MASK) (A: 0x145, B: 0x231, C: 0x31D)

位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	DIR_R	DIR_A	DCHRM	DCHAM	NOZXM	UVM	OVM	OCM
复位:	0	0	0	0	0	0	0	0

位	名称	功能
7	DIR_R	无功电能方向状态 0 = 正 1 = 负
6	DIR_A	有功电能方向状态 0 = 正 1 = 负
5	DCHRM	无功电能方向变化屏蔽。如果置位，相X上无功功率方向变化将导致IRQ_FLAG寄存器中的DCHR标志被置位。
4	DCHAM	有功电能方向变化屏蔽。如果置位，相X上有功功率方向变化将导致IRQ_FLAG寄存器中的DCHA标志被置位。
3	NOZXM	没有过零屏蔽。如果置位，相X上没有出现过零将导致IRQ_FLAG寄存器中的NOZX标志被置位。
2	UVM	欠压屏蔽。如果置位，相X上的欠压状态将导致IRQ_FLAG寄存器中的UV标志被置位。
1	OVM	过压屏蔽。如果置位，相X上的过压状态将导致IRQ_FLAG寄存器中的OV标志被置位。
0	OCM	过流屏蔽。如果置位，相X上的过流状态将导致IRQ_FLAG寄存器中的OC标志被置位。

电能溢出标志，相X = A/B/C (X.EOVER) (A: 0x146, B: 0x232, C: 0x31E)

位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	—	—	—	SOV	RNOV	RPOV	ANOV	APOV
复位:	0	0	0	0	0	0	0	0

这些位表示电能累加器出现溢出状态。溢出状态不是错误状态，而只是表示由于计数器溢出，导致电能累加器中的数值小于前一读数。为获得前一读数以后的实际电能使用情况，必须将0x10000000加到差值上。这些位一旦置位后，只能由主处理器清除。

位	名称	功能
7:5	—	保留。
4	SOV	置位时，表示视在电能累加器出现溢出状态。
3	RNOV	置位时，表示反向无功电能累加器出现溢出状态。
2	RPOV	置位时，表示正向无功电能累加器出现溢出状态。
1	ANOV	置位时，表示反向有功电能累加器出现溢出状态。
0	APOV	置位时，表示正向有功电能累加器出现溢出状态。

测量

		电网频率(LINEFR) (0x062)							
位:		15	14	13	12	11	10	9	8
名称:		电网频率高位字节							
复位:									
位:		7	6	5	4	3	2	1	0
名称:		电网频率低位字节							
复位:									

电网频率, LSB = 0.001Hz。

		功率因数, 相X = A/B/C (X.PF) (A: 0x1C6, B: 0x2B2, C: 0x39E)							
位:		15	14	13	12	11	10	9	8
名称:		功率因数高位字节							
复位:		0x00							
位:		7	6	5	4	3	2	1	0
名称:		功率因数低位字节							
复位:		0x00							

A/B/C相功率因数, LSB = $1/2^{14}$ 。注意, 功率因数是带符号整数, 负值表示反向功率流。

		RMS电压, 相X = A/B/C (X.VRMS) (A: 0x1C8, B: 0x2B4, C: 0x3A0)							
位:		31	30	29	28	27	26	25	24
名称:		RMS电压字节3							
位:		23	22	21	20	19	18	17	16
名称:		RMS电压字节2							
位:		15	14	13	12	11	10	9	8
名称:		RMS电压字节1							
位:		7	6	5	4	3	2	1	0
名称:		RMS电压字节0							

该寄存器提供最近一个DSP周期上的原始RMS电压, $LSB = V_{FS}/2^{24}$ 。

低功耗、多功能、多相AFE

MAXQ3180

		RMS电流, 相X = A/B/C (X.IRMS) (A: 0x1CC, B: 0x2B8, C: 0x3A4)							
位:		31	30	29	28	27	26	25	24
名称:		RMS电流字节3							
位:		23	22	21	20	19	18	17	16
名称:		RMS电流字节2							
位:		15	14	13	12	11	10	9	8
名称:		RMS电流字节1							
位:		7	6	5	4	3	2	1	0
名称:		RMS电流字节0							

该寄存器提供最近一个DSP周期上的原始RMS电流, $LSB = I_{FS}/2^{24}$ 。

		电能, 正向有功, 相X = A/B/C (X.EAPOS) (A: 0x1E8, B: 0x2D4, C: 0x3C0)							
位:		31	30	29	28	27	26	25	24
名称:		有功电能字节3							
位:		23	22	21	20	19	18	17	16
名称:		有功电能字节2							
位:		15	14	13	12	11	10	9	8
名称:		有功电能字节1							
位:		7	6	5	4	3	2	1	0
名称:		有功电能字节0							

在每个DSP周期中, 测试X.ACT寄存器内容, 如果为正, 则加到该寄存器中。当该寄存器溢出时, X.EOVER寄存器中的APOV位被置位。

低功耗、多功能、多相AFE

电能，反向有功，相X = A/B/C (X.EANEG) (A: 0x1EC, B: 0x2D8, C: 0x3C4)

位:	31	30	29	28	27	26	25	24
名称:	有功电能字节3							
位:	23	22	21	20	19	18	17	16
名称:	有功电能字节2							
位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	有功电能字节1							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	有功电能字节0							

在每个DSP周期中，测试X.ACT寄存器内容，如果为负，其绝对值加到该寄存器中。当该寄存器溢出时，X.EOVER寄存器中的ANOV位被置位。

电能，正向无功，相X = A/B/C (X.ERPOS) (A: 0x1F0, B: 0x2DC, C: 0x3C8)

位:	31	30	29	28	27	26	25	24
名称:	无功电能字节3							
位:	23	22	21	20	19	18	17	16
名称:	无功电能字节2							
位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	无功电能字节1							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	无功电能字节0							

在每个DSP周期中，测试X.REA寄存器内容，如果为正，加到该寄存器中。当该寄存器溢出时，X.EOVER寄存器中的RPOV位被置位。

低功耗、多功能、多相AFE

MAXQ3180

		电能, 反向无功, 相X = A/B/C (X.ERNEG) (A: 0x1F4, B: 0x2E0, C: 0x3CC)							
位:		31	30	29	28	27	26	25	24
名称:		无功电能字节3							
位:		23	22	21	20	19	18	17	16
名称:		无功电能字节2							
位:		15	14	13	12	11	10	9	8
名称:		无功电能字节1							
位:		7	6	5	4	3	2	1	0
名称:		无功电能字节0							

在每个DSP周期中, 测试X.REA寄存器内容, 如果为负, 其绝对值加到该寄存器中。当该寄存器溢出时, X.EOVER寄存器中的RNOV位被置位。

		电能, 视在, 相X = A/B/C (X.ES) (A: 0x1F8, B: 0x2E4, C: 0x3D0)							
位:		31	30	29	28	27	26	25	24
名称:		视在电能字节3							
位:		23	22	21	20	19	18	17	16
名称:		视在电能字节2							
位:		15	14	13	12	11	10	9	8
名称:		视在电能字节1							
位:		7	6	5	4	3	2	1	0
名称:		视在电能字节0							

在每个DSP周期中, X.APP寄存器内容被加到该寄存器中。当该寄存器溢出时, X.EOVER寄存器中的SOV位被置位。

低功耗、多功能、多相AFE

虚拟寄存器转换系数

电压单位转换系数(VOLT_CC) (0x014)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	电压单位转换系数高位字节							
复位:	0x00							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	电压单位转换系数低位字节							
复位:	0x01							

该寄存器中的数值与每一相原始电压值(A.VRMS、B.VRMS和C.VRMS)相乘，相乘的结果放在虚拟RMS电压寄存器(V.A、V.B和V.C)中。

为确定VOLT_CC值，必须为V.X寄存器的最低有效位(VOLT_LSB)选择一个电压值，其典型值在1mV到1nV之间。为避免出现明显的转换损耗，所选择的VOLT_LSB应使VOLT_CC > 1000。确定了VOLT_LSB之后，按照下面的公式计算VOLT_CC：

$$VOLT_CC = \frac{V_{FS}}{2^{24} \times VOLT_LSB}$$

电流单位转换系数(AMP_CC) (0x016)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	电流单位转换系数高位字节							
复位:	0x00							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	电流单位转换系数低位字节							
复位:	0x01							

该寄存器中的数值与每一相原始电流值(A.IRMS、B.IRMS、C.IRMS和N.IRMS)相乘，相乘的结果放在虚拟RMS电流寄存器(I.A、I.B、I.C和I.N)中。为确定AMP_CC值，必须为I.X寄存器的最低有效位(AMP_LSB)选择一个电流值，其典型值在1nA至10μA之间。为避免出现明显的转换损耗，所选择的AMP_LSB应使AMP_CC > 1000。确定之后，按照下面的公式计算AMP_CC：

$$AMP_CC = \frac{I_{FS}}{2^{24} \times AMP_LSB}$$

低功耗、多功能、多相AFE

MAXQ3180

功率单位转换系数(PWR_CC) (0x018)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	功率单位转换系数高位字节							
复位:	0x00							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	功率单位转换系数低位字节							
复位:	0x01							

该寄存器中的数值与每一相原始功率值相乘，相乘的结果放在虚拟功率寄存器中。下表列出了原始功率寄存器和相应的虚拟寄存器。

说明	原始	虚拟
有功功率, A相。	A.ACT	PWRP.A
有功功率, B相。	B.ACT	PWRP.B
有功功率, C相。	C.ACT	PWRP.C
有功功率, 总计。	—	PWRP.T
无功功率, A相。	A.REA	PWRQ.A
无功功率, B相。	B.REA	PWRQ.B
无功功率, C相。	C.REA	PWRQ.C
无功功率, 总计。	—	PWRQ.T
视在功率, A相。	A.APP	PWRS.A
视在功率, B相。	B.APP	PWRS.B
视在功率, C相。	C.APP	PWRS.C
视在功率, 总计。	—	PWRS.T
有功功率, A相, 仅基波。	A.ACTF	PWRPF.A
有功功率, B相, 仅基波。	B.ACTF	PWRPF.B
有功功率, C相, 仅基波。	C.ACTF	PWRPF.C
有功功率, 总计, 仅基波。	—	PWRPF.T
无功功率, A相, 仅基波。	A.REAF	PWRQF.A
无功功率, B相, 仅基波。	B.REAF	PWRQF.B
无功功率, C相, 仅基波。	C.REAF	PWRQF.C
无功功率, 总计, 仅基波。	—	PWRQF.T
视在功率, A相, 仅基波。	A.APPF	PWRSF.A
视在功率, B相, 仅基波。	B.APPF	PWRSF.B
视在功率, C相, 仅基波。	C.APPF	PWRSF.C
视在功率, 总计, 仅基波。	—	PWRSF.T

PWR_CC建立了功率寄存器中一个PWR_LSB所表示的功率。为避免出现明显的转换损耗，所选择的PWR_LSB应使PWR_CC > 1000。按照下面的公式计算PWR_CC值：

$$PWR_CC = \frac{I_{FS} \times V_{FS}}{2^{32} \times PWR_LSB}$$

低功耗、多功能、多相AFE

电能单位转换系数(ENR_CC) (0x01A)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	电能单位转换系数高位字节							
复位:	0x00							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	电能单位转换系数低位字节							
复位:	0x01							

该寄存器中的数值与每一相原始累加电能值相乘，相乘的结果放在虚拟电能寄存器中。下表列出了原始电能累加器和相应的虚拟寄存器。

说明	原始	虚拟
有功电能, A相, 正向。	A.EAPOS	ENRP.A*
有功电能, A相, 反向。	A.EANEG	
有功电能, B相, 正向。	B.EAPOS	ENRP.B*
有功电能, B相, 反向。	B.EANEG	
有功电能, C相, 正向。	C.EAPOS	ENRP.C*
有功电能, C相, 反向。	C.EANEG	
有功电能, 总计。	—	ENRP.T
无功电能, A相, 正向。	A.ERPOS	ENRQ.A*
无功电能, A相, 反向。	A.ERNeg	
无功电能, B相, 正向。	B.ERPOS	ENRQ.B*
无功电能, B相, 反向。	B.ERNeg	
无功电能, C相, 正向。	C.ERPOS	ENRQ.C*
无功电能, C相, 反向。	C.ERNeg	
无功电能, 总计。	—	ENRQ.T
视在电能, A相。	A.ES	ENRS.A
视在电能, B相。	B.ES	ENRS.B
视在电能, C相。	C.ES	ENRS.C
视在电能, 总计。	—	ENRS.T
有功电能, A相, 正向, 仅基波。	A.EAFPOS	ENRPF.A*
有功电能, A相, 反向, 仅基波。	A.EAFNEG	
有功电能, B相, 正向, 仅基波。	B.EAFPOS	ENRPF.B*
有功电能, B相, 反向, 仅基波。	B.EAFNEG	
有功电能, C相, 正向, 仅基波。	C.EAFPOS	ENRPF.C*
有功电能, C相, 反向, 仅基波。	C.EAFNEG	
有功电能, 总计, 仅基波。	—	ENRPF.T
无功电能, A相, 正向, 仅基波。	A.ERFPOS	ENRQF.A*
无功电能, A相, 反向, 仅基波。	A.ERFNEG	
无功电能, B相, 正向, 仅基波。	B.ERFPOS	ENRQF.B*
无功电能, B相, 反向, 仅基波。	B.ERFNEG	

*这些寄存器代表这两个“原始”寄存器中的正向和反向电能代数和。因此，返回到这些虚拟寄存器中的电能代表净电能。

低功耗、多功能、多相AFE

电能单位转换系数(ENR_CC) (0x01A) (续)

说明	原始	虚拟
无功电能, C相, 正向, 仅基波。	C.ERFPOS	ENRQF.C*
无功电能, C相, 反向, 仅基波。	C.ERFNEG	
无功电能, 总计, 仅基波。	—	ENRQF.T
视在电能, A相, 仅基波。	A.ESF	ENRSF.A
视在电能, B相, 仅基波。	B.ESF	ENRSF.B
视在电能, C相, 仅基波。	C.ESF	ENRSF.C
视在电能, 总计, 仅基波。	—	ENRSF.T

*这些寄存器代表这两个“原始”寄存器中的正向和反向电能代数和。因此, 返回到这些虚拟寄存器中的电能代表净电能。

为避免出现明显的转换损耗, 所选择的ENR_LSB应使ENR_CC > 1000。按照下面的公式计算ENR_CC值:

$$ENR_CC = \frac{I_{FS} \times V_{FS} \times t_{FR}}{2^{16} \times ENR_LSB}$$

虚拟寄存器

虚拟寄存器中为一个或者多个实际寄存器计算得到的数值, 在申请时进行计算, 因此可能需要额外的时间来返回数值。大多数虚拟寄存器长度为8字节, 最低有效字节在前。

功率

有功功率, 相X = A/B/C/T (PWRP.X) (A: 0x801, B: 0x802, C: 0x804, T: 0x807)

这一带符号寄存器含有送到A/B/C相或者所有相中的有功瞬时功率。按照下面的公式从瞬时电能测量值中计算功率:

$$PWRP.X = \frac{X.ACT \times PWR_CC \times 2^{16}}{NS}$$

该寄存器长度为8字节, 但是没有使用2个高位字节。请参考PWR_CC寄存器说明, 了解详细信息。

字节7 (MSByte未使用)	字节6 (未使用)
字节5	字节4
字节3	字节2
字节1	字节0 (LSByte)

注意, 所有8字节带符号虚拟寄存器的符号位是第47位。

低功耗、多功能、多相AFE

无功功率，相X = A/B/C/T (PWRQ.X) (A: 0x811, B: 0x812, C: 0x814, T: 0x817)

这一带符号寄存器含有送到A/B/C相或者所有相中的无功瞬时功率。按照下面的公式从瞬时电能测量值中计算功率：

$$PWRQ.X = \frac{X.REA \times PWR_CC \times 2^{16}}{NS}$$

该寄存器长度为8字节，但是没有使用2个高位字节。请参考PWR_CC寄存器说明，了解详细信息。

字节7 (MSByte未使用)	字节6 (未使用)
字节5	字节4
字节3	字节2
字节1	字节0 (LSByte)

视在功率，相X = A/B/C/T (PWRS.X) (A: 0x821, B: 0x822, C: 0x824, T: 0x827)

该寄存器含有送到A/B/C相或者所有相中的视在瞬时功率。按照下面的公式从瞬时电能测量值中计算功率：

$$PWRS.X = \frac{X.APP \times PWR_CC \times 2^{16}}{NS}$$

该寄存器长度为8字节，但是没有使用2个高位字节。请参考PWR_CC寄存器说明，了解详细信息。

字节7 (MSByte未使用)	字节6 (未使用)
字节5	字节4
字节3	字节2
字节1	字节0 (LSByte)

低功耗、多功能、多相AFE

电压和电流

RMS电压, 相X = A/B/C (V.X) (A: 0x831, B: 0x832, C: 0x834)

该寄存器含有A/B/C相上的RMS电压。VOLT_CC设置定义了单位, 即V.X = X.VRMS x VOLT_CC。在这一公式中, VOLT_CC是转换系数。请参考VOLT_CC寄存器, 了解详细信息。

字节7 (MSByte未使用)	字节6 (未使用)
字节5	字节4
字节3	字节2
字节1	字节0 (LSByte)

RMS电流, 相X = A/B/C/N (I.X) (A: 0x841, B: 0x842, C: 0x844, N: 0x840)

该寄存器含有A/B/C相或零相上的RMS电流。AMP_CC设置定义了单位, 即I.X = X.IRMS x AMP_CC。在这一公式中, AMP_CC是转换系数。请参考AMP_CC寄存器, 了解详细信息。

字节7 (MSByte未使用)	字节6 (未使用)
字节5	字节4
字节3	字节2
字节1	字节0 (LSByte)

功率因数

功率因数(PF.T) (0x867)

这一带符号寄存器含有所有相上总功率的功率因数。按照下式计算功率因数:

$$PF.T = \frac{A.ACT + B.ACT + C.ACT}{A.APP + B.APP + C.APP}$$

它以0.00001单位表示, 因此, 单位功率因数以十进制100,000 (0x00000000000186A0)表示。该寄存器以二进制补码值表示, 可以认为向电网上传送有功功率(即, 反向功率)的负载的功率因数为-1 (0x0000FFFFFFFE7960)。

字节7 (MSByte未使用)	字节6 (未使用)
字节5	字节4
字节3	字节2
字节1	字节0 (LSByte)

低功耗、多功能、多相AFE

电能

有功电能, A/B/C/T相(ENRP.X) (A: 0x8C1, B: 0x8C2, C: 0x8C4, T: 0x8C7)

这一带符号寄存器含有A/B/C相或者所有相上的有功累加电能。按照下式计算该寄存器:

$$\text{ENRP.X} = \text{ENR_CC} \times (\text{X.EAPOS} - \text{X.EANEG})$$

字节7 (MSByte未使用)	字节6 (未使用)
字节5	字节4
字节3	字节2
字节1	字节0 (LSByte)

无功电能, A/B/C/T相(ENRQ.X) (A: 0x8D1, B: 0x8D2, C: 0x8D4, T: 0x8D7)

这一带符号寄存器含有A/B/C相或者所有相上的无功累加电能。按照下式计算该寄存器:

$$\text{ENRQ.X} = \text{ENR_CC} \times (\text{X.ERPOS} - \text{X.ERNEG})$$

字节7 (MSByte未使用)	字节6 (未使用)
字节5	字节4
字节3	字节2
字节1	字节0 (LSByte)

视在电能, A/B/C/T相(ENRS.X) (A: 0x871, B: 0x872, C: 0x874, T: 0x877)

该寄存器含有A/B/C相或者所有相上的视在累加电能。该寄存器是ENR_CC和X.ES寄存器的乘积。

字节7 (MSByte未使用)	字节6 (未使用)
字节5	字节4
字节3	字节2
字节1	字节0 (LSByte)

低功耗、多功能、多相AFE

工作原理

模拟前端

当MAXQ3180处于有效工作模式之一(运行模式或者LOWPM模式)时,模拟前端连续工作,根据所选的前端配置来扫描8个扫描时隙。在已使能的每一模拟扫描时隙中,测量8个差分输入对之一。

SCAN_IX和SCAN_VX(X = A/B/C)、SCAN_IN和SCAN_TE寄存器含有每一时隙的设置,包括该时隙是否被使能以及扫描时隙期间要测量的差分输入对。时隙的逻辑映射顺序如下所示:

- 时隙0—A相电流(IA)
- 时隙1—A相电压(VA)
- 时隙2—C相电流(IC)
- 时隙3—C相电压(VC)
- 时隙4—B相电流(IB)
- 时隙5—B相电压(VB)
- 时隙6—零相电流(IN)—默认为禁止
- 时隙7—温度测量—默认为禁止

每一模拟扫描时隙测量所需要的时间(t_C)由MAXQ3180系统时钟频率以及R_ADCRATE硬件寄存器的设置决定,如下所示:

$$t_C = 1/f_{CLK} \times (R_ADCRATE[8:0] + 1)$$

使用默认的寄存器设置($R_ADCRATE = 13Fh = 319d$),当MAXQ3180运行在8MHz时,每一模拟时隙测量时间(t_C)为40 μs 。由于在测量帧中有8个模拟扫描时隙,总测量时间(t_{FR})为 $t_C \times 8$ 。MAXQ3180运行在8MHz时,利用默认设置,整个测量过程需要320 μs 才能完成,例如,在A相当前一次电流测量和下一次电流测量之间会有320 μs 的时间。

即使通过设置时隙寄存器的DADCNV位为1,跳过某些模拟测量时隙(例如零相电流或者温度测量),在帧中仍然保留该时隙的时间周期,不论哪个时隙被使能或者禁止,都保证帧的总时间为 $t_C \times 8$ 。

数字信号处理(DSP)术语

准确定义本文档中的某些术语将有助于理解DSP的工作原理。

采样周期: 测量一个数据所需要的时间量;默认为40 μs 。

ADC帧周期: ADC采样所有模拟输入所需要的时间量;总是等于8个采样周期。该数值的倒数为帧速率;默认为每秒3125个采样。这是MAXQ3180采样任一信号的速率。

电网周期: 电压通道上正向过零点到下一正向过零点的时间周期。50Hz时,这一般是20ms;60Hz时,一般是16.67ms。

周期数: 一个DSP周期中含有的电网周期数。这是一个整数,通常设置为大于1的数值,以减小负载变化的影响,这种变化不一定出现在每个电网周期中。周期数默认值是16。

DSP周期: 计算电网参数的时间周期。每个DSP周期累加一次电能和其它参数。一个DSP周期是电网周期与周期数的乘积。

NS: 该数值表示一个DSP周期中的ADC帧周期数。这是一个计算得出的非整数。例如,如果周期数被设置为单位值,电网频率恰好是50Hz,则NS值是20ms/320 $\mu s = 62.5$ 。

数字处理

采集了电压和电流后,MAXQ3180进行相应的数字滤波、累加和处理计算,得到测量读数值(例如电网频率、RMS电压和电流、有功和无功功率等),然后由主处理器读取这些数值。MAXQ3180计算并检测的数值和状态有:

- 过零检测
- 电网频率和周期计算
- RMS电压(A相、B相、C相)
- RMS电流(A相、B相、C相、零相电流)

低功耗、多功能、多相AFE

- 每一相的功率(有功、无功和视在功率)
- 电能累加(包括能量脉冲输出功能)
- 过压检测
- 过流检测
- 欠压检测

每一采样操作

在每个ADC帧中，按以下步骤处理输入采样：

- 读取电压和电流采样。移位电流采样数据以反映PGA增益的变化，将相位和增益校正后的采样传送给下一级。
- 电流和电压信号均通过HPF_C变量设定的高通滤波器(HPF)。
- 电流和电压信号现在被分成几个部分。对第一部分进行平方与累加，开始处理RMS电流和电压。对第二部分进行处理累加，开始有功/无功功率计算。第三部分通过一个峰值滤波器(由B0FUND和A1FUND寄存器设定)，然后累加，提供基波功率计算的信息。

结果是一组累加值，含有整个可用频谱或经过峰值滤波器滤波后的平方电压、平方电流、有功(有效)和无功(P和

Q)电能。在这一点，电能的实部和虚部还并不代表有功和无功功率，需要进一步处理才能获得可用功率值，在每个DSP周期的最后进一步处理这些数值。

每一DSP周期操作

在每个DSP周期的最后，用于计算电表中的所有其它运算结果的累加信息就可以提供了。DSP周期跟踪电网频率，并持续CYCNT寄存器所设定的周期数。在每一相位，计算完成CYCNT周期所需要的时间，该数值用于更新NS寄存器中所设定的一个DSP周期的持续时间。

NS含有一个DSP周期中的ADC帧周期数。由于电网频率每个周期都稍有变化，ADC帧时钟与电网不同步，因此，NS值并不是整数，每个DSP周期都稍有不同。

NS值对于精确计算电能是非常重要的，所以有必要确定它在每个周期中都是正确的。有两种方式来管理NS在每个周期中的这种微小变化：第一，在每个DSP周期中，可以用最新计算的数值替代以前的NS值。这意味着NS(以及电表中所有其它值，这是因为它们取决于NS)会有明显的不确定性。更好的方法是使用每一最新计算的NS值作为滤波器输入，那么，滤波器输出将是计算中实际使用的NS值。在MAXQ3180中，由AVG_NS寄存器控制该滤波器。

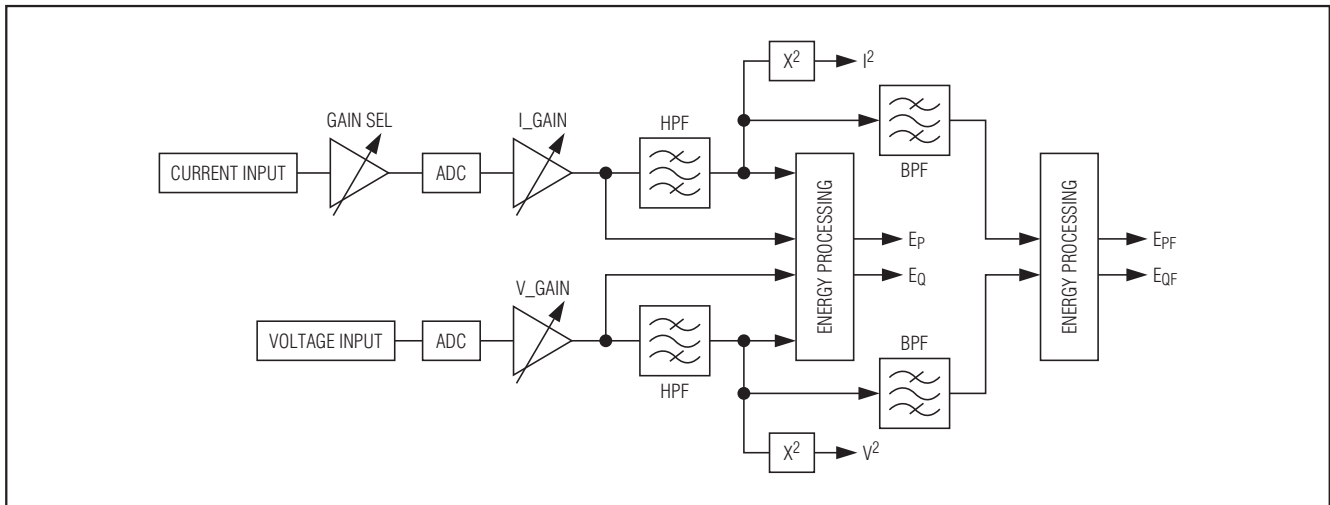


图9. 每一采样操作

低功耗、多功能、多相AFE

在每一电网周期更新NS的另一问题是噪声脉冲几乎会与过零点同时出现，导致过零点移动，影响之前周期中测量的电能精度。出于这一原因，第二个寄存器REJ_NS含有的数值设定某一采样值在偏离平均值多少的情况下仍然有效。如果最新得到DSP周期偏离前面累加平均值的时间超过REJ_NS个ADC帧，则不以新周期更新NS（但仍然累加电能）。

通过这些讨论之后，可以查看所报告的各个参数的信号路径。

RMS电压和RMS电流：首先，平方电压累加值除以NS，完成“均方根”计算中的“均值”部分。然后，对结果进行平方根运算，得到原始RMS计算值。

在电压通道上，信号准备好进行增益补偿。但在电流通道上，还要采用其它的调整：根据电流的幅度，在获得原始采样前，可能需要先使用增益因子。为补偿放大器增益因子误差，以及高增益设置通道上出现的噪声，可能需要提供线性补偿。

有三个寄存器用来管理电流信号的线性度调整：X.OFFS_HI (X = A/B/C)寄存器含有一个带符号的数值，它加到原始RMS电流信号上，然后再进行处理；X.OFFS_LO寄存器

含有一个带符号的数值，当电流信号低于小电流阈值(满幅的1/32)时，加到原始RMS电流信号上；X.GAIN_LO寄存器含有一个增益调整值，当电流信号低于阈值时，施加上到电流信号上。这样的实际效果是以两段近似的方法提高电流传感器非线性响应曲线的线性度。

在DSP周期中，只要瞬时电流超过小电流阈值，则使用“大电流”校准项X.OFFS_HI。DSP周期中只要越过该阈值，X.OFFS_HI中的数值就控制失调电流。

当输入保持在低于小电流阈值一个DSP周期时，采用X.OFFS_LO和X.GAIN_LO。低电流校准项(X.GAIN_LO和X.OFFS_LO)一直保持有效，直到在DSP周期的任意时间输入电流峰值超过满幅电流的1/32为止。

作为最后一步，电压和电流通过平均滤波器，对信号进行平滑处理。在AVG_C中给出滤波量。

电能：每一采样处理会产生一对代表复数电能信号的数字信号。从这一复数信号中，需要提取出有功部分和无功部分。乍看起来非常简单：有功部分是复数信号的实部，无功部分是复数信号的虚部。视在功率(以伏安表示)是复数信号的大小，功率角是复数信号的幅角。

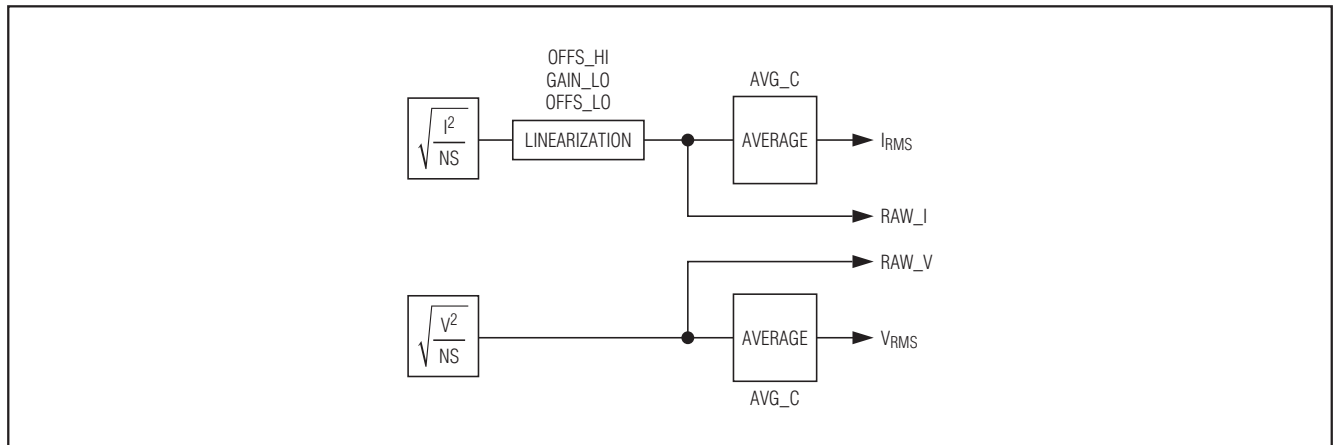


图10. RMS值的计算

低功耗、多功能、多相AFE

但是，电流传感器和其它外部电路元件在电流信号中引入了相位失真，对于所有电流值，这一相位失真可能不是常数。因此，要实现最精确的测量，必须补偿电压和电流信号之间的相位。在MAXQ3180中，将信号与对应相位失调寄存器中的数值进行复数乘，以补偿电能信号的相位失调。

在确定应采用哪一相位失调寄存器时，需要对比各相输入RMS电流与I1THR和I2THR寄存器中的数值。监控软件的责任是要确保I1THR大于或者等于I2THR。如果原始RMS电流大于等于I1THR中的数值，那么，PA0中表示的角度被用于补偿相角。如果原始RMS电流小于I2THR，那么，PA2中表示的角度被用于补偿相角。如果原始RMS电流降到I1THR和I2THR之间，那么，PA1被用于补偿相角。通过这种方式，实现了电流传感器相位响应的三段渐进式逼近。

$$PA = \begin{cases} PA0, I_{RMS} \geq I1THR \\ PA1, I1THR > I_{RMS} \geq I2THR \\ PA2, I_{RMS} < I2THR \end{cases}$$

使用一个常数相位补偿时，设置I1THR和I2THR为零，将相位补偿值放到PA0中。

可以进行同样的处理来计算无功电能值。也可以通过另一种方式来计算无功电能：将原始RMS电压和原始RMS电流相乘得到视在电能，对其平方，然后减去有功功率的平方。这一数值的平方根就是无功电能。

同样的，可以采用以下两种方式之一来计算视在电能：采用原始RMS电压和电流积，或者采用有功和无功电能平方和的平方根。选择哪一方式取决于OPMODE2寄存器中的APPSEL位：如果是0，那么视在电能是原始RMS电压和电流的乘积，采用平方差的方法来计算无功电能；如果是1，使用平方和的方法来计算视在电能，直接从复数电能中计算无功电能。

电网频率和相角：可以从NS值中直接得到电网频率。NS是一个DSP周期中的帧数，由于每一帧是320μs，NS乘以320μs，除以CYCNT就可以得到电网周期，其倒数是电网频率。

计算相角时，采用了A相和B相过零点之间以及A相和C相过零点之间的采样数。由于NS是一个完整DSP周期内的采样数，因此，很容易计算一个完整周期的分数，然后用软件将该数值转换成度，对其进行调整，不出现负角。计算电网频率和相角时不需要进行校准。

电能累加

一旦计算出最近一个DSP周期上的有功和无功电能后，就需要累加结果。

对于无功电能，任一DSP周期内累加的结果可以是正(对于感性负载)，也可以是负(对于容性负载)。对这些值分别进行累加。这意味着，在任一DSP周期内，只累加正或者负无功电能。

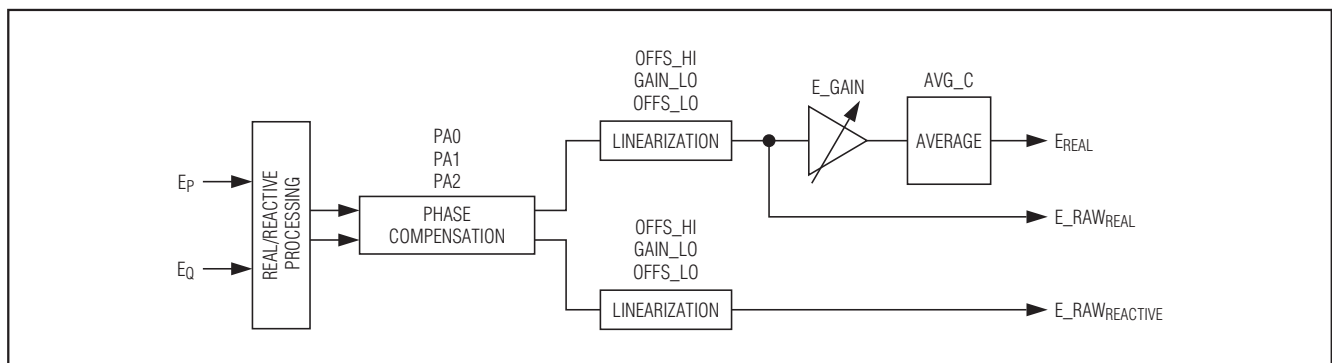


图11. 电能计算的相位补偿

低功耗、多功能、多相AFE

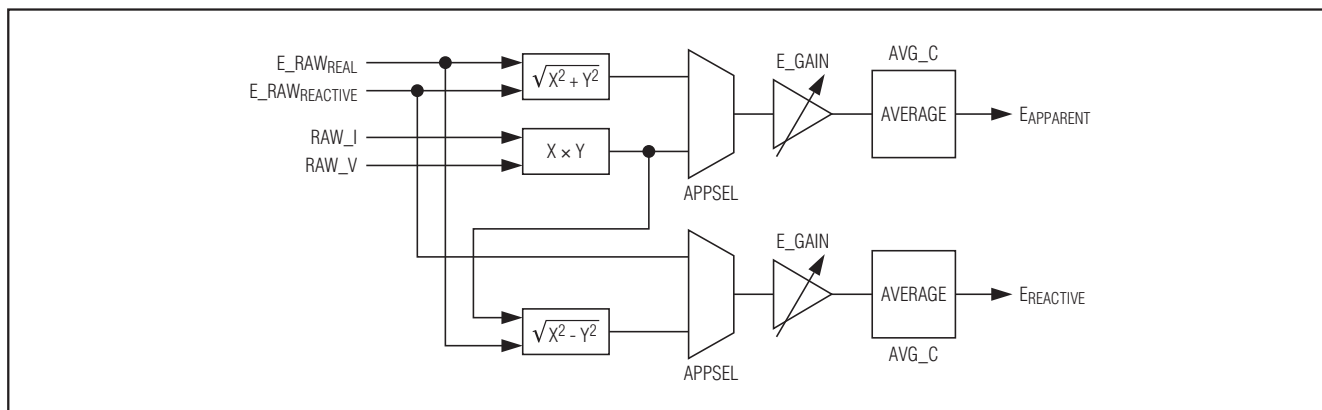


图12. 视在和无功电能计算

同样的，对于有功电能，任一DSP周期内累加的结果可以是正(即，电能被传送给负载)或者负(即，电能被返回到电网中)。同处理无功电能相同，对这些值分别累加。

同时还要对视在电能进行累加，但是，由于这一数值总是为正或者零，因此，只有一个视在电能累加器。

累加器有时会产生溢出。出现这种情况时，溢出状态寄存器X.EOVER中的对应位被置位。

当出现溢出时，主处理器中运行的监控软件必须在所报告的电能中进行适当调整。在很多情况下，这仅仅涉及到增加一个溢出计数器。然后，主处理器必须清除溢出标志。

无过零检测

MAXQ3180监视每一相电压信号的过零事件。如果在一定数量(NZX_TIMO)的模拟扫描采样周期中没有检测到上穿过零事件，MAXQ3180置位NOZXF (X.FLAGS)标志，提醒主处理器出现这一状态。如果NOZXM位被置位，则该标志置位IRQ_FLAG中的NOZX位。如果中断使能位ENOZX被置为1，只要NOZX = 1，则中断信号 $\overline{\text{IRQ}}$ 被MAXQ3180驱动为低电平。主处理器可以清除NOZXF和NOZX为零，以消除中断状态。

相序状态

相序状态位PHSEQ指示检测到的过零事件的顺序。A相电压信号上出现过零事件，随后是B相和C相，然后又是A相，则该位清零。如果A相上出现过零事件，随后是C相和B相上的过零事件，则该位被置为1。

RMS电压、RMS电流和电能计算

对于三相中的每一相，MAXQ3180利用基于电网周期的积分处理来计算RMS电压和RMS电流值，确定有功和无功电能。

功率计算(有功、无功、视在)

功率、电能和RMS计算过程包括两个任务：每一CYCNT电网周期触发的连续累加和后续处理。累加任务累加在CYCNT电网周期中由AFE获得的原始数据，MAXQ3180在后台连续执行该任务。当完成一个CYCNT电网周期累加阶段(由专用帧计数器决定，超过NS时完成一个累加阶段)时，存储原始积分累加器数值，以便进行后续处理，然后将其清除，开始下一周期的累加任务。然后，触发DSP后续处理，处理保存的积分值，计算电能和功率等数值。注意，在进行前台后续处理的同时也在进行后台累加任

低功耗、多功能、多相AFE

务，共享CPU时间来同时执行两个任务。DSP后续处理计算应在下一DSP触发之前完成，以避免丢失累加数据。主处理器通过调整R_ADCRATE寄存器来实现足够的处理时间。默认设置为两个任务都提供了足够的CPU时间。

MAXQ3180分别针对每一电压电流对来累加原始和，计算电网周期积分。每一功率累加器为：

- $P_A = V_A \times I_A$
- $P_B = I_B \times V_B$ 或者 $-I_B \times V_C$ 或者 $-I_B \times (V_A + V_C)$ 或者 $-I_B \times (V_A - V_C)$
- $P_C = V_C \times I_C$

P_A 和 P_C 累加器总是工作在单一模式： P_A 累加器为($V_A \times I_A$)， P_C 累加器为($V_C \times I_C$)。而 P_B 累加器的工作模式通过设置OPMODE1寄存器中的CONCFG[1:0]位来定义。

电能累加启动延时

在累加得到精确的电能读数之前，所有滤波器都需要一定的建立时间。为避免在滤波器建立期间累加无效数据，在ACC_TIMO寄存器中设置了电能累加超时周期。当ACC_TIMO > 0时，ACC_TIMO个DSP周期内的电能并不进行累加计算。MAXQ3180在每个DSP周期中会递减ACC_TIMO寄存器，直到它变为0。当ACC_TIMO达到0时，开始电能累加(或者继续，如果ACC_TIMO被主处理器设置为非零值)。当ACC_TIMO > 0时，脉冲输出也被禁止。ACC_TIMO默认值是0x05。

潜动抑制特性

为避免“电表潜动”，当测得的电流小于某一门限值时，不应进行电能累加。可以设置NOLOAD寄存器，使能并配置这一特性。如果某一相(A、B或者C)测得的X.IRMS值低于NOLOAD门限，则不递增该相的电能累加器。设置NOLOAD = 0会禁止该特性。满量程表示为0x10000。

按需计算

讨论到目前为止，MAXQ3180中计算并处理的数值都是基于基础单位，仅对器件本身有意义：电压为满幅电压的二进制分数；电流为满幅电流的二进制分数，时间为ADC帧时间的非整数倍。

但实际的电表必须报告其标准单位结果，例如，伏特、安培和瓦等。MAXQ3180提供一种机制，将内部单位(“电表单位”)转换为实际单位(“显示单位”)。这一转换在转换常数(CC)寄存器中进行。

有些值(电压、电流)的计算比较简单：乘以转换常数。对于其它值(功率、电能)，计算要复杂一些。在任何情况下，CC寄存器中的值只影响从电表单位到显示单位的转换；对于每个记录值，在增益调整寄存器中单独进行校准。

所有按需计算的结果都以8字节(64位)值的形式报告，其中有效字节不超过6字节(48位)。8个字节是通用长度；但是对于最大值较小的那些寄存器可以申请更少的字节。例如，功率因数虚拟寄存器的最大值表示只有3字节，因此，该寄存器可以申请4字节长度，而不会丢失数据。

RMS电压，RMS电流

将计算得到的RMS值(A.VRMS、B.VRMS、C.VRMS、A.IRMS、B.IRMS、C.IRMS)与VOLT_CC或者AMP_CC寄存器中的数值相乘就可以计算出这些寄存器(V.A、V.B、V.C、I.A、I.B、I.C)。由于RMS电压和RMS电流在32位寄存器中给出，转换系数在16位寄存器中给出，因此，乘积结果是48位。

不论采用了哪种内部单位，可以调整VOLT_CC和AMP_CC，使虚拟寄存器的LSB是任意值。例如，如果希望该32位值表示毫安，可以乘以一个值，调整寄存器，使LSB为 2^{-16} mA。然后，忽略低阶16位，结果是精度为32位的毫安数，这样，可以表示的最大电流为4,294,967,296mA，即大于4MA。

低功耗、多功能、多相AFE

可以通过满幅电压或者满幅电流以及显示寄存器中所需的一个LSB值来计算VOLT_CC和AMP_CC值:

$$\text{AMP_CC} = \frac{I_{FS}}{2^{24} \times \text{AMP_LSB}}$$

$$\text{VOLT_CC} = \frac{V_{FS}}{2^{24} \times \text{VOLT_LSB}}$$

例子: 假设满幅电流是102.4A, 我们需要1nA LSB。以下计算将提供AMP_CC值:

$$102.4 / (2^{24} \times 10^{-9}) = 6104 = 0x17D8$$

功率

MAXQ3180测量电能。而功率是单位时间的电能, MAXQ3180总是在一定的时间单位跟踪电能的累加。NS值即为组成一个DSP周期的采样数。因此, 电能转换为功率非常简单, 将一个DSP周期上累加的电能除以NS即可。乘以转换常数(PWR_CC)就得出用户设定单位的功率值。

将累加电能(A.ACT、A.REA、A.APP、B.ACT、B.REA、B.APP、C.ACT、C.REA、C.APP)和转换系数(PWR_CC)相乘, 然后除以NS, 计算得到功率寄存器(PWRP.A、PWRP.B、PWRP.C、PWRQ.A、PWRQ.B、PWRQ.C、PWR.S.A、PWR.S.B、PWR.S.C)。结果是最近一个DSP周期的48位平均功率, 以转换系数建立的单位表示。

可以通过满幅电压、满幅电流和显示寄存器中所需的一个LSB值来计算PWR_CC值:

$$\text{PWR_CC} = \frac{I_{FS} \times V_{FS}}{2^{32} \times \text{PWR_LSB}}$$

例子: 对于此例, 假设满幅电流是102.4A, 满幅电压是558.1V, 忽略16个LSB后, 所需的LSB是毫瓦; 即, 所需的LSB是 2^{-16} 毫瓦。进行以下计算:

$$102.4 \times 558.1 / (2^{32} \times 2^{-16} \times 10^{-3}) = 872 = 0x0368$$

功率因数

有功功率除以视在功率得到功率因数。但注意, 可以采用以下两种方式之一来计算视在功率: 有功和无功功率

平方和的平方根, 或者更常用的RMS电压和电流测量值的乘积。采用上述两种方法计算时, 功率因数可能会发生变化。

在报告前, 功率因数乘以 2^{14} ; 因此, 单位功率因数以十进制16,384 (0x4000)表示。

电网频率

直接从三相平均NS值得到电网频率。以毫赫兹的形式报告; 即, 50Hz电网频率以十进制50,000 (0xC350)表示。

相角

直接从每一DSP周期中确定的角度测量值中得出相角。以0.01度单位的形式报告角度; 这样, 以十进制12,000 (0x2EE0)报告 120° 相角。

电能

电能作为净电能直接从相应的寄存器中按比例读出。例如, ENRP.A寄存器(有功电能, A相)读出的电能由A.EAPOS(有功电能, 正向, A相)和A.EANEG(有功电能, 负向, A相)寄存器之差组成, 并被ENR_CC寄存器进行调整。

注意, 电能寄存器(ENRP.A、ENRP.B、ENRP.C、ENRP.T、ENRQ.A、ENRQ.B、ENRQ.C、ENRQ.T、ENRS.A、ENRS.B、ENRS.C、ENRS.T)在任何情况下都代表从最近溢出事件后开始累加的电能。出于这一原因, 使用该寄存器组时, 软件必须跟踪溢出事件, 进行相应的调整。

计算ENR_CC寄存器值时, 先确定满幅电压和满幅电流, 帧时间和所需的电能LSB值。然后, 进行以下计算:

$$\text{ENR_CC} = \frac{I_{FS} \times V_{FS} \times t_{FR}}{2^{16} \times \text{ENR_LSB}}$$

例子: 在计算过程中, 保证一直使用正确的单位是非常重要的。在这个例子中, 假设满幅电压是558.1V, 满幅电流是102.4A, 帧时间是默认的 $320\mu\text{s}$, 所需的LSB是100毫瓦时, 32位以后的忽略; 即, LSB是 0.1×2^{-32} 瓦时。但是要注意, 帧时间以微秒给出, 在计算前必须转换成小时: $320\mu\text{s}$ 是 88.9×10^{-9} 小时。这样, 按下式进行计算:

$$102.4 \times 558.1 \times 88.9 \times 10^{-9} / (2^{16} \times 0.1 \times 2^{-32}) = 3329 = 0x0D01$$

低功耗、多功能、多相AFE

计量脉冲

计量脉冲输出的目的—般是由于要使用机械计数器来进行显示。由于能够以很高的精度来测量时间间隔，因此，也可以在校准期间使用计量脉冲。

MAXQ3180支持两个计量脉冲输出。这些输出可以通过OPMODE1寄存器中的POPOL位配置为正有效或者负有效脉冲。触发时，脉冲变为有效状态，并保持一段由PLS1_WD或者PLS2_WD寄存器定义的时间，然后返回其无效状态(除非再次触发)。

PLS1_WD和PLS2_WD寄存器含有以ADC帧周期为单位的时间，脉冲触发后在该时间内保持其有效状态。默认情况下，采用默认帧速率时，这些寄存器含有的十进制156(0x9C)表示脉冲宽度为50ms。

每个脉冲发生器可以针对三相的任意组合选择累加一个参数。例如，可以选择脉冲输出1为所有三相的累加有功电能，脉冲输出2为所有三相的累加无功电能。寄存器表给出了可以累加的特殊参数。

脉冲子系统可以累加的量包括算术有效电能(即，累加正有功电能减去累加负有功电能)和绝对有效电能(即，累加正有功电能加上累加负有功电能)。其它量包括RMS电压和电流、正反向有功电能和四个象限的无功电能。在PLSCFG1和PLSCFG2寄存器的QNSEL区中选择所需的累加值。

同样在脉冲配置寄存器中，可以选择哪一相包含在累加中。设置PLSCFG1或者PLSCFG2寄存器中的任一或者所有PHASEA、PHASEB和PHASEC位都能够使其包含在累加中。

产生脉冲

在每一个DSP周期上，MAXQ3180把所选寄存器(或者一组寄存器)中的值加到脉冲累加器中。如果脉冲累加器中的数值大于相关阈值寄存器(THR1或者THR2)中的数值，那么，启动一个脉冲，从脉冲累加器值中减去阈值寄存器中的数值。

电表常数

电表常数是在标准测量间隔期间产生的脉冲数。例如，电表会设定电表常数为每千瓦时1600个脉冲。THR1和THR2寄存器用于按照以下公式来设定电表常数：

$$\text{THR} = \frac{2^{16}}{K_M \times I_{FS} \times V_{FS} \times t_{FR}}$$

在这一公式中，THR是要写入到阈值寄存器中的数值， K_M 是所需的电表常数(以每千瓦时脉冲数表示)， I_{FS} 和 V_{FS} 分别是满幅电压和电流， t_{FR} 是以小时为单位表示的帧周期，和前面的计算一致。

作为一个例子，再假设满幅电压值是558.1V = 0.5581kV，满幅电流值是102.4A，所需的电表常数为每千瓦时1600个脉冲，默认帧时间为320 μ s(88.9 x 10⁻⁹小时)。可以按下式计算阈值寄存器值：

$$65,536 / (1600 \times 102.4 \times 0.5581 \times 88.9 \times 10^{-9}) = 8,063,071 = 0x7B085F$$

增加阈值寄存器值会减小电表常数(即，每千瓦时产生更少的脉冲数)；减小阈值寄存器会增加电表常数(即，每千瓦时产生更多的脉冲数)。

中断

MAXQ3180含有中断子系统，可以帮助主处理器减轻对器件状态进行不断轮询的负荷。在某些环境下，MAXQ3180可以启动外部引脚向主处理器发出报警，以告知出现了需要主处理器注意的状态。

由IRQ_MASK和IRQ_FLAG寄存器对中断进行全局管理。一般而言，当IRQ_FLAG寄存器中的一个位置位时，如果IRQ_MASK寄存器中相应的位置位，则产生中断。

可以针对以下状态来配置中断：

PWRF：该标志指示MAXQ3180的 V_{DVDD} 降到标称工作阈值(大约2.85V)以下。可以认为即将出现电源失效，主处理器应开始采取措施，保证按顺序关断。

CHSCH：该标志指示CHKSUM寄存器值出现了变化。

低功耗、多功能、多相AFE

EOVF: 电能溢出。该标志指示一个或者多个电能累加器(X.EAPOS、X.EANEG等)出现溢出。在传统电表中,主处理器会轮询MAXQ3180,确定哪一电能累加器出现溢出,相应地调整其内部记录寄存器。

OC: 最近一个DSP周期上一个或者多个相位的RMS电流值超过了OCLVL寄存器中设置的值。

OV: 最近一个DSP周期上一个或者多个相位的RMS电压值超过了OVLVL寄存器中设置的值。

UV: 最近一个DSP周期上一个或者多个相位的RMS电压值未能超过UVLVL寄存器中设置的值。

NOZX: 在一个或者多个相位上未探测到过零事件。在NZX_TIMO寄存器中定义了探测时间。NZX_TIMO寄存器的分辨率是一个ADC采样持续时间(通常为40 μ s)。

DCHA: 告知主处理器,与前面的DSP周期相比,在当前DSP周期中,三相中的一相上的净有功电能流方向发生了变化。

DCHR: 告知主处理器,与前面的DSP周期相比,在当前DSP周期中,三相中的一相上的净无功电能流方向发生了变化。

DSPRDY: 指示上一个DSP周期刚刚结束。

DSPOR: 指示在开始处理当前DSP周期之前,前一DSP周期还没有处理完毕。默认配置中不应出现这一溢出指示;但是,在某些条件(较快的ADC速率、较慢的CPU时钟)下,处理可能会需要超过为DSP处理所提供的CPU周期数。在这种情况下,可以提高时钟速率、降低ADC速率(即,增大R_ADCRATE寄存器)、或者去掉功能负载(例如,基波模式计算等)。

注意,当DSPOR置位时,所有DSP计算和所有脉冲输出无效。所期望的主处理器响应是采取上面描述的补救措施,而忽略当前的DSP结果。

每一相都有一个本地寄存器,它复制了OC、OV、UV、NOZX、DCHA和DCHR位。这样,为确定哪一相出现例外状态时需要进行四次读操作:IRQ_FLAG寄存器确定哪一状态有效,导致出现中断,然后读取A.FLAGS、B.FLAGS和C.FLAGS,确定哪一相出现了所指示的状态。

最后,每一相都有一对本地寄存器,为每一电能累加器提供溢出标志。如果IRQ_FLAG寄存器中的EOVF位被置位,主处理器应读取A.EOVER、B.EOVER和C.EOVER寄存器,确定哪一相出现溢出状态。如果使能了基波模式工作,主处理器还应读取A.EFOVER、B.EFOVER和C.EFOVER。这些寄存器中的每一个都为正向和反向的每一有功和无功电能以及视在电能提供了一个位。

过压和过流检测

MAXQ3180检测过压和过流事件,当这些事件出现时,向主处理器发出中断请求信号。过压电平可以设置到OVLVL寄存器中,而过流电平由OCLVL寄存器确定。OVLVL和OCLVL寄存器都表示VRMS或者IRMS寄存器的23:8位。MAXQ3180一旦探测到RMS值超过了门限,OV或者OC中断标志被置位。被使能后,这些中断标志都可以发出中断请求。所有中断标志都是“粘性”位—MAXQ3180无法清除它们,除非进行复位。中断标志应通过主处理器写入相应的寄存器来清除。

电表单位到实际单位的转换

包括各种门限检查在内的所有能量计算都是在内部以电表单位按照固定的格式进行的。因此,用户也应该以电表单位来提供门限。这一部分总结了怎样将实际单位(V、A、kWh、W和kAh)转换为电表单位及其逆转换。

转换因子基于由用户设计所定义的 t_{FR} 、 V_{FS} 和 I_{FS} 的设置。

t_{FR} 是模拟扫描帧时间,该参数由R_ADCRATE的设置和系统时钟频率 f_{SYS} 决定:

$$t_{FR} = (R_ADCRATE + 1) \times 8 / f_{SYS}$$

默认情况下, $R_ADCRATE = 319$, $f_{SYS} = 8\text{MHz}$ 。

低功耗、多功能、多相AFE

V_{FS} 是满量程电压，是对应于满量程ADC输出的输入电压，由硬件电压转换比 V_{TR} 和ADC满量程输入电压 V_{FSADC} 决定：

$$V_{FS} = V_{FSADC} \times V_{TR}$$

默认情况下， $V_{FSADC} = 1.024V$ ， V_{TR} 视设计而定。

I_{FS} 是满量程电流，是对应于满量程ADC输出的输入电流，由硬件电流转换比 I_{TR} 和ADC满量程输入电压 V_{FSADC} 决定：

$$I_{FS} = V_{FSADC} \times I_{TR}$$

默认情况下， $V_{FSADC} = 1.024V$ ， I_{TR} 视设计而定。

根据表5所示的基本参数来定义电表单位。

读取虚拟寄存器时，MAXQ3180使用可配置的转换系数AMP_CC、VOLT_CC、PWR_CC和ENR_CC来返回有意义的的数据。表6说明了怎样设置这些系数。

表5. 电表单位定义

REGISTER OR ACCUMULATOR	METER UNIT (1 LSB)
Current RMS: X.IRMS	MU_AMP = $I_{FS}/2^{24}$
Pulse output current RMS	
THR1 or THR2, when pulse output configured to IRMS	
Voltage RMS: X.VRMS	MU_VOLT = $V_{FS}/2^{24}$
Pulse output RMS voltage	
THR1, or THR2 when pulse output configured to VRMS	
Energy: X.ACT, X.REA, X.APP, X.EAPOS, X.EANEG, X.ERPOS, X.ERNEG, X.ES Fundamental Energy: X.ACTF, X.REAF, X.APPF, X.EAFPOS, X.EAFNEG, X.ERFPOS, X.ERFNEG, X.ESF Pulse Output Energy: THR1 or THR2	MU_ENR = $V_{FS} \times I_{FS} \times t_{FR}/2^{16}$
Power: PWRP.X, PWRQ.X, PWRS.X	MU_PWR = $V_{FS} \times I_{FS}/2^{32}$
When X.ESF Contains Amp-Hours: X.ESF	MU_AH = $I_{FS} \times t_{FR}/2^{16}$
OCLVL, NOLOAD, I1THR, I2THR	$I_{FS}/2^{16}$
OVLVL, UVLVL	$V_{FS}/2^{16}$

表6. 虚拟寄存器系数

VIRTUAL REGISTER	OUTPUT RESOLUTION (1 LSB), DEFINED BY USER	COEFFICIENT
Power: PWRP.X, PWRQ.X, PWRS.X, PWRPF.X, PWRQF.X, PWRSF.X	PWR_LSB	PWR_CC = MU_PWR/PWR_LSB
Voltage: V.X	VOLT_LSB	VOLT_CC = MU_VOLT/VOLT_LSB
Current: I.X	AMP_LSB	AMP_CC = MU_AMP/AMP_LSB
Energy: ENRP.X, ENRQ.X, ENRS.X, ENRPF.X, ENRQF.X, ENRSF.X	ENR_LSB	ENR_CC = MU_ENR/ENR_LSB

低功耗、多功能、多相AFE

MAXQ3180

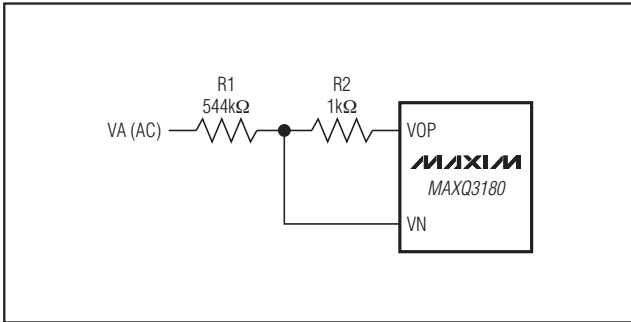


图13. 采样电压输入电路

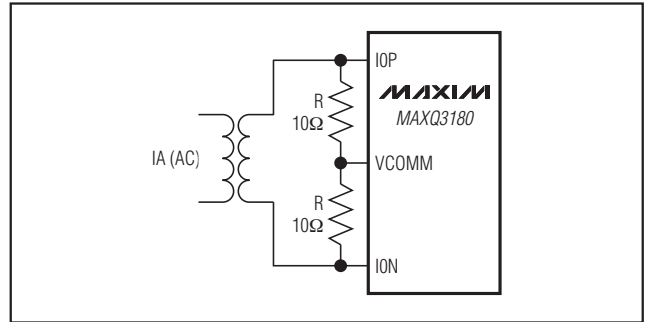


图14. 采样电流输入电路

单位转换示例

图13和图14所示的简化输入电路示意了从电表单位到物理单位的转换。电压输入电路是一个分压器。电流通过电流互感器输入，变流比是2000:1。

电压转换比是 $(V_{TR}) = (R1 + R2)/R2 = 545$, $V_{FS} = 558.1V$ 。

电流转换比是 $(I_{TR}) = CT_N/(2 \times R) = 2000/(2 \times 10) = 100$ (A/V), $I_{FS} = 102.4A$ 。

所设计的输入电路在最大额定值时应避免靠近ADC满幅输入。因此，对于上面的电路，我们应设定最大输入电流 = 70A (RMS)，最大电压 = 390V (RMS)，以确保正弦波峰值不会超过 I_{FS} 或者 V_{FS} 。

使用默认的ADC时序 $t_{FR} = 320\mu s$ ，得到下面的电表单位到物理单位转换系数(这些系数并不是MAXQ3180寄存器的一部分)：

$$MU_AMP = I_{FS}/2^{24} = 6.1E-6 (A)$$

$$MU_VOLT = V_{FS}/2^{24} = 33.3E-6 (V)$$

$$MU_PWR = V_{FS} \times I_{FS}/2^{32} = 13.3E-6 (W)$$

$$MU_ENR = V_{FS} \times I_{FS} \times t_{FR}/2^{16} = 77.5E-9 (Wh)$$

例如，如果读取0x1CC寄存器(A相电流RMS)得到0x07654AF0，它表示的电流值是：

$$0x07654AF0 \times MU_AMP = 47.33 (A)$$

对于一些低端主机微控制器，很难完成上面的数学乘法运算。出于这一原因，MAXQ3180通过VOLT_CC、AMP_CC、PWR_CC和ENR_CC寄存器提供一些常用参数的转换。

例如，如果希望以1mA的分辨率显示电流，而不使用乘法运算转换电表单位值0x07654AF0，则应该将AMP_CC设置

为0x0190，读取虚拟寄存器0x831 (A相RMS电流)。输出是0xB8E45170。取出低位2字节(右移16位)得到0xB8E4，即十进制的47332 (47332mA)。

按下面公式计算AMP_CC：

$$AMP_CC = (I_{FS}/2^{24})/AMP_LSB = MU_AMP/AMP_LSB$$

$$AMP_LSB = 0.001/2^{16} (A)$$

$$I_{FS} = 102.4A$$

$$AMP_CC = (102.4/2^{24})/(0.001/2^{16}) = 400d = 0x0190$$

校准过程

校准综述

校准可以确保所记录的电压、电流、电能和功率符合设计标准要求。在开始正式校准前，首先建立计量基本单位：满幅电压和满幅电流。然后，使用计算的校准常数来调整增益寄存器，产生所需要的原始电流、电压、电能和功率因数寄存器读数。

校准常数应由主处理器将其存储在非易失存储器中。出现任何复位或者掉电时，主处理器必须将常数重新装入MAXQ3180。

总是按以下基本步骤来进行校准：

- 给电表加一个已知信号(电压/电流/功率)。
- 读取电表。
- 根据所施加的信号电平和电表读数之差来计算校准因子。
- 把校准因子写入相应的寄存器。
- 再次读取电表读数，验证校准。

低功耗、多功能、多相AFE

注意，对于某一信号类型，可能需要重复进行这一步骤，以验证不同信号电平的读数。

上面第二步中，有两种方法来读取电表。第一种方法是读取与待校准数值相关的原始寄存器，例如，A相电压通道的A.VRMS、A相电流通道的A.IRMS、A相有功功率的A.ACT。

第二种校准方法给要校准的数值分配一个脉冲输出，测量脉冲周期。在实际使用中，该方法的选择取决于特定的应用以及可用的设备。例如，在某些应用中，电压和电流无关紧要，但是电能累加必须非常精确。对于这些应用，最好使用带有内置脉冲测量功能的仪器进行校准。

校准过程涉及到以下常用步骤：

- 校准某相电压，首先施加一个已知电压，然后调整电压增益(A相是A.V_GAIN)，直到RMS电压(A相是A.VRMS)读取到以设定单位表示的所施加的电压。
- 校准电流，首先施加一个已知电流，然后调整电流增益(A相是A.I_GAIN)，直到RMS电流(A相是A.IRMS)读取到以设定单位表示的所施加的电流。如果需要，可以在两点校准电流(低电平范围和高电平范围)，以提高精度。
- 校准完电流增益和电压增益后，虽然还提供一个单独的功率增益寄存器进一步微调功率/电能的精度，但是大部分情况下不再需要对功率/电能进行任何其它校准。必须记住，任何时候重新校准电压或者电流后，功率或者电能精度自然会受到影响。因此，应重新校准功率增益以获得所需的电压、电流和功率增益累加效果。
- 校准相位失调，首先施加一个有一定功率因数的负载，然后调整相应的相角失调。如果需要，可以在三点校准相位失调，以提高精度。

在每一相校准完这些参数后，所有其它信息(功率因数、无功功率、视在功率等)也就实现了相应的校准。下面章节的说明专门针对A相，相同的过程也适用于B相和C相。

校准电压

设置增益寄存器A.V_GAIN为0x4000，确定该寄存器中没有以前的数值。

- 施加一个已知电压，其RMS值接近所需的最大工作电压(小于 $V_{FS}/\sqrt{2}$)。
- 读取A.VRMS寄存器，记录该数值。
- 将该数值除以MU_VOLT ($= V_{FS}/2^{24}$)，转换为电表单位。
- 将得到的数值(以电表单位表示)除以从MAXQ3180读取的数值。结果应在0到2之间。如果数值不在此范围之内，可能错误地计算了 V_{FS} 。
- 把计算值乘以 2^{14} 。结果就是要设置到A.V_GAIN中的增益值，确定最高有效位是0。

设置增益值后，等待2至3秒，从A.VRMS重新读取RMS值。对比A.VRMS和以电表单位表示的所加电压，检验测量值是否正确。

电压校准示例

假设： V_{FS} 是558.1V。所加电压是240VRMS。

- 将所加电压转换为电表单位。这一计算得到 $240 \times 2^{24}/558.1 = 7,214,714 = 0x006E1679$ 。
- 读取A.VRMS寄存器。读出0x0708029，这是十进制7,372,841。
- 所加电压除以从电表读取的电压。结果是 $7,214,714/7,372,841 = 0.97855$ 。
- 乘以 2^{14} ，转换为整数： $16,384 \times 0.97855 = 16,033 = 0x3EA1$ 。把这一数值写入A.V_GAIN寄存器。

校准电流

设置增益寄存器A.I_GAIN为0x4000，确定该寄存器中没有以前的数值。

- 施加一个已知电流，其RMS值接近所需的最大工作电流(远远小于 $I_{FS}/\sqrt{2}$)。
- 读取A.IRMS寄存器。记录该数值。
- 将该数值除以MU_AMP ($= I_{FS}/2^{24}$)，转换为电表单位。
- 将所得到的数值(以电表单位表示)除以从MAXQ3180读取的数值。结果应在0到2之间。如果数值不在此范围之内，可能错误地计算了 I_{FS} 。

低功耗、多功能、多相AFE

- 把计算值乘以 2^{14} 。结果就是要设置到A.I_GAIN中的增益值，确定最高有效位是0。

设置增益值后，等待大约2至3秒，从A.IRMS重新读取RMS值。对比A.IRMS和以电表单位表示的所加电流，检验测量值是否正确。

电流校准示例

假设 I_{FS} 是102.4A，电表基本电流为10A，最大电流为60A。

- 以10A基本电流校准电表。
- 把所加电流转换为电表单位。这一计算得到 $10 \times 2^{24}/102.4 = 1,638,400 = 0x00190000$ 。
- 读取A.IRMS寄存器。读出0x0017DC85，这是十进制1,563,781。
- 用所加电流除以从电表读取的电流。结果是 $1,638,400/1,563,781 = 1.0477$ 。
- 乘以 $2^{14} \times 1.0477 = 17,166 = 0x430E$ 。把这一数值写入A.I_GAIN寄存器。

校准相位失调

在这一校准步骤中，需要一块能够测量相角的功率因数参考表，和MAXQ3180表连在同一电路中。注意，可以采用任意精度的功率因数设置来进行校准。我们使用纯阻性负载(PF = 1.0)来解释这一过程。

- 把一个阻性负载加在电表上，负载吸收的电流应与电表的基本电流相对应。
- 记录功率因数参考表上报告的相角和方向(容性或者感性)。
- 从X.ACT和X.REA寄存器读取并记录有功和无功电能。无功电能除以有功电能，这是功率相角的正切。
- 读取X.REA寄存器。如果高阶位被置位，上面步骤中报告的功率因数为容性。如果高阶位被清零，上面步骤中报告的功率因数为感性。

- 接下来确定校准因子：容性值作为负，感性值作为正，从参考表中读取的角度中减去从MAXQ3180中读取的角度，结果就是补偿角。

- 补偿角(弧度)乘以65,536，这就是要写入X.PA0的值。

如果I1THR和I2THR保持其默认值(0x0000)，则X.PA0中的值用在整个测量范围中。或者，可以把相同的数值写入X.PA0、X.PA1和X.PA2，这样，不论I1THR和I2THR如何设置，在整个测量范围内采用相同的补偿。如果需要，在三个不同电流电平校准相角，以补偿电流传感器的非线性。请参考高级操作部分，了解详细信息。

相位失调校准示例

假设电表是10/60表；即，基本电流是10A，最大额定电流是60A。 I_{FS} 是102.4A， V_{FS} 是558.1V。测试点是10A和240V。

- 串行连接基于MAXQ3180的电表和实验室级参考电表。请参考下面的配置。
- 电表加电，采用10A阻性负载。
- 确定I1THR、I2THR、A.PA0、A.PA1和A.PA2寄存器为零。
- 读取参考电表的功率因数，读数为 1.5° 容性。这很常见，因为负载可能不是纯电阻或者测试配置中的电抗可能出现反射。
- 从寄存器A.ACT (0x1D0)读取有功电能。读数为0x2865D6 (2,646,510电表单位)。
- 从寄存器A.REA (0x1D4)读取无功电能。读数为0xFFFFA5C0 (-23,104电表单位)。
- 无功功率除以有功功率： $-23,104/2,646,510 = -0.009$ 。

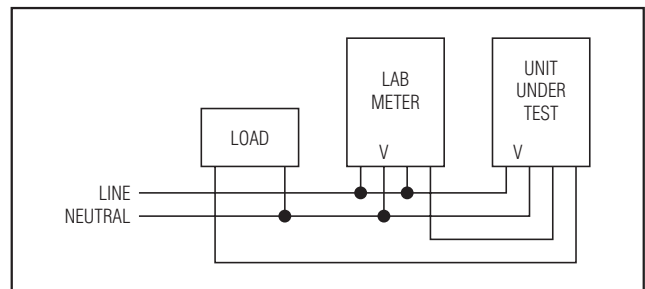


图15. 失调测试设置

低功耗、多功能、多相AFE

- 取该数值的反正切。得到 -0.5° ，即 0.5° 容性。
- 从参考表相位失调中减去UUT相位失调。在这一例子中，相位需要向容性移动 1° 。将这一数值转换为弧度： $1^\circ \times \pi/180^\circ = 0.0175$ 弧度。
- 该数值乘以65,536。结果是572 (0x023C)。
- 由于相位向容性校正，必须补足该数值。0x023C的二进制补码是0xFDC4。这是应写入PA0相位补偿寄存器的数值。

这样，就对电表进行了一个单相相位失调补偿。如果相位失调在所有电流值上都非常平坦，这样也就足够了(对于很多电流传感器，特别是分流器，一点就足够了)。

连接MAXQ3180和外部硬件

MAXQ3180含有复杂电表需要的所有内部电路，但是在配置电表进行某些应用时，仍需要一些特殊的外部硬件。必须要做出的重要决定是负载怎样与电源连接，以及怎样连接电表以测量负载消耗的功率。这一部分讨论怎样为MAXQ3180电表选择硬件元件。

连接至电源

一般而言，流向设备的三相功率包括四线：三个电压相线和一个零相线。在典型三相供电系统中，从零相测量任一相都得到120V，而从任一相测量其它相则得到208V。连接负载，使负载电流来自相线，返回至零相，这称为Y形连接负载。连接负载，使负载电流来自一相，返回至另一相，这称为三角形连接负载。MAXQ3180可以测量Y形连接或者三角形连接的负载功率。

如果负载以Y形连接，通常从零相至任一相测量电压，电流测量元件通常在火线上与负载串联。传感器没有放置在零相线上，以防止用户将电流返回至地，而不是零相，从而骗过电表。电流传感器放在火线上，使得更难进行欺骗。

可以采用两种方式来测量三角形连接负载的电流。如果主要是想知道负载功率是多少，可以把负载电路中的电流传感器放在两相之间。如果主要想知道从每一供电相位吸收了多少电流，那么，每个电流传感器应放置在每个相位的电网电路中。

大部分设备只关心所消耗的总电能。如果不需要知道每一相的功率，则不必测量所有三个电压。只需要知道两个电压和三个电流就足以测量总电能。

对此有几种方法。在Y形连接中，可以采用其中一相(通常是B相)代替零相作为电压参考点。然后，测量从A相到B相和从C相到B相的电压。通过使用一些简单的算法，即使只有两个电压也可以计算出A相、B相和C相的功率。

第二种方法是针对三角形连接的负载，但是有一臂(通常是BC臂)，分成两个相等的负载。把负载分开的点定义为参考点。在这种连接中，由于 $V_C = -V_A$ ，因此只需要知道C相和分开点、A相和分开点之间的电压。

最后，还有一种连接方式，针对负载连接成三角形，每个负载上有电流传感器，但仍然需要确定每一供电支路上的电流大小。MAXQ3180支持所有这些连接方式。

传感器选择

MAXQ3180支持各种电压和电流传感单元。这一部分将介绍这些传感器件。

电压传感器

分压器

不需要进行电压隔离时，分压器是理想的电压传感单元。现代电阻在电表使用频率范围内基本没有杂散电容或者电感，而且随温度变化很小。在为分压器选择电阻时，应使分压比足够高，使峰值电压不会超过最大允许输入电压。在MAXQ3180中，峰值输入电压大约为1V；相应地，400:1至600:1的分压比较为合适。

低功耗、多功能、多相AFE

另一考虑是电阻的总功耗以及电压耐压要求。采用400:1分压比的400kΩ电阻和1kΩ电阻串联是不错的设计，但是，400kΩ电阻的功耗会达到140mW以上。这一功耗并不是很大，可是，如果设计使用较小的SMT元件，就需要采用大于1/10W的SMT电阻。所以最好串联使用几个较小的元件，以提高系统的可靠性。

电压互感器

如果电表和电网之间需要进行隔离，则要采用电压互感器。电压互感器设计用于将初级交流电压正确地传送给次级的传感器。在初级，采用分压器把电压降到可承受的水平。在次级，选择负载电阻，使电压互感器线圈中的电流处于其线性工作范围内。

由于电压互感器初级等效阻抗等于次级电路负载电阻加上工作频率下电压互感器次级线圈阻抗，因此，很容易计算初级所需要的分压器电阻值。例如，假设需要500:1的分压比，负载电阻为600Ω，电压互感器次级阻抗为200Ω。初级需要的电阻为：

$$(600 + 200) \times 500 = 400\text{k}\Omega$$

通常，这一电阻由多个小阻值电阻构成；在这个例子中，可以使用8个50kΩ电阻。这样可以降低电阻链上的电压要求，降低由于单点失效导致灾难性后果的可能性。

电流传感器

分流器

分流器是一个小阻值(大约100μΩ至100mΩ)电阻，将大电流转换成小电压。由于分流器输出能够很好地线性表示测量电流，因此它是较好的电流传感器，分流器有非常低的温度系数，而且价格低。

分流器的功耗与其阻抗成反比，与输出电压平方成正比。因此，非常有必要降低分流器的阻抗(由此，降低输出电压)。分流器的满幅电流一般只能产生几毫伏的输出，所以有必要采用前端放大器。MAXQ3180在电流通道中提供一个32倍增益的放大器，根据电流通道的输入电压，自动地循环切换。

分流器工作在电网电压下，因此，AFE必须与电网隔离。这意味着在Y形连接的电表中，必须在零相回路上检测电流(这样，所有进入电流检测放大器中的电压都以零相为参考)。同时也说明，三角形连接电表不能使用分流器，MAXQ3180不能承受通道间的电网电压差。

电流互感器

在电流互感器中，初级一般采用一匝粗线，或者母线，次级一般采用1000匝或者更多的磁线圈。铁氧体磁芯实现二者的磁耦合，因此，初级绕组中的大电流会在次级线圈中产生较小的电流，较大的电压。

例如，假设电流互感器次级有1000匝，初级线圈中的10A电流会在次级产生10mA电流。这一电流流向被称为“负载”的电阻，通常是10Ω至20Ω。假设为20Ω负载，则初级的10A电流会在次级产生200mV的信号。

高级操作

修改ADC操作

有几个寄存器会直接影响AFE功能，这些寄存器直接影响硬件功能，只有出现明确需求时，才对其进行修改。例如，如果MAXQ3180的工作频率超出了额定的8MHz系统时钟，需要通过监控程序修改这些寄存器，以维持320μs的帧时间。

- **R_ACFG**：该寄存器含有的位可以完全禁用ADC，禁用电压基准缓冲放大器，禁用ADC中断。修改该寄存器可能会禁用MAXQ3180内部固件或者对其工作有影响。
- **R_ADCRATE**：修改该寄存器改变MAXQ3180采样速率。默认情况下，R_ADCRATE含有十进制319，意味着ADC每320个系统时钟进行一次采样。采用8MHz时钟，这相当于40μs。如果系统时钟较慢，最好减小该数值，以保持40μs的采样常数。

低功耗、多功能、多相AFE

- **R_ADCACQ**: 修改该寄存器以改变采样时间。采样时间是从ADC上电到开始转换的时间,用于建立输入放大器。默认状态下,8MHz系统时钟时,设置为十进制47,即6 μ s。如果系统时钟速率出现了变化,应改变R_ADCACQ,使该数值保持在6 μ s。

微调DSP控制

微调电网频率测量

电网频率测量基于过零检测。对此,每个电压信号通过由ZC_LPF寄存器控制的数字低通滤波器。该寄存器使用以下公式,设定一阶LPF的 b_0 系数:

$$b_0 = \frac{ZC_LPF}{2^{16}}$$

该寄存器的MSB必须是零。

对A、B、C中的每一相,MAXQ3180对一个DSP周期中过零点之间的扫描帧(NS)进行计数。每一A相、B相和C相过零事件都对原始NS计数都有贡献,它作为低通滤波器的输入:

$$Y_n = Y_{n-1} + (AVG_NS/65,536) \times (X_n - Y_{n-1})$$

滤波器系数是带符号的16位值,由主处理器进行配置。这里,Y表示全局NS值,X表示A相、B相或者C相电压通道上探测到的由过零事件引起的每一NS测量。注意,如果每一DSP周期出现了所有三相电压,上面的滤波器接收三个输入。全局NS值用于触发DSP处理。注意,可以通过主处理器配置NS值。如果所有三个电压信号都丢失,没有探测到过零,则需要这样做。NS和扫描帧 t_{FR} 相乘计算得到电网周期,该数值的倒数是电网频率,可以通过读取LINEFR寄存器获得这一定点数值,1 LSB = 0.001Hz。

基波模式寄存器

MAXQ3180还提供另一组实际和虚拟寄存器来跟踪基波电网频率的功率和电能。这些“基波模式”寄存器的工作方式与标准功率和电能寄存器一致,但是先进行预滤波,以去掉谐波功率。

在B0FUND和A1FUND寄存器中设定基波模式滤波器。B0FUND是前馈系数,设定基波模式滤波器的带宽;A1FUND是反馈系数,设定基波模式滤波器的中心频率。

在大多数情况下,这些滤波器采用其默认值就可以了。如果需要改变滤波器参数,首先选择所需的带宽:

$$b_0 = \pi \times bw \times t_{FR}$$

在这一公式中,bw是所需的带宽,以赫兹表示; t_{FR} 是帧周期,一般是320 μ s。将B0FUND设置为 $b_0 \times 2^{16}$ 。默认情况下,B0FUND含有十进制145 (0x91),带宽大约为2.2Hz。

设置中心频率时,按照以下公式来计算 a_1 :

$$a_1 = 2 - 2(1 - b_0) \times \cos(2\pi \times f_{PK} \times t_{FR})$$

在这一公式中, b_0 是前面计算的前馈系数, f_{PK} 是所需的中心频率,以赫兹表示, t_{FR} 是ADC帧周期。设置A1FUND为 $a_1 \times 2^{16}$ 。默认情况下,A1FUND含有十进制950 (0x3B6),中心频率为50Hz。

默认情况下,基波模式滤波器带宽非常窄,中心频率3dB点只有1.1Hz。这意味着,如果频率稍有偏移,基波模式功率测量都有可能出现明显的错误。

MAXQ3180提供跟踪频率的方法,在每一DSP周期更新A1FUND寄存器。在默认情况下,自动使能该方法。

在某些情况下,可能需要禁用自动跟踪功能,特别是定义了比默认设置更宽的带宽,频率不会偏出通带。为禁用滤波器,置位OPMODE2寄存器中的DFUNA位。

还可以选择完全禁止基波模式工作。对此,置位OPMODE2寄存器中的DFUN位。

谐波测量

除了能够测量基波频率下的功率和电能,MAXQ3180还提供了隔离电压或者电流通道上某一谐波的方法,并能够测量这一谐波的振幅。

使能谐波测量时,首先选择要监视的电压或者电流通道,可以在AUX_CFG寄存器中完成这一操作。AUX_MUX区是3位数值,选择三个电压通道之一或者四个电流通道之一来进行监视。

低功耗、多功能、多相AFE

在AUX_CFG寄存器中的ORDH区设置谐波阶次。

AUX_CFG寄存器中还有两个位用于使能辅助通道、使能辅助通道上的谐波测量。使能辅助通道时，置位ENAUX位。置位后，MAXQ3180对所选的通道进行RMS计算。由于默认情况下其它电压和电流已经进行了RMS计算，因此，这通常只用于 I_N (零相电流)通道(应清除SCAN_IN寄存器中的DADCNV位，以便使能 I_N 通道采样)。

使能谐波测量时，置位ENHARM位。现在，所选的电压或者电流信号通过与二阶基波滤波器相同的一个滤波器，但其参数不同(A1HARM、B0HARM)。

低功耗测量模式(LOWPM)

该模式使能部分电表功能，工作时采用低频内部RC振荡器，以降低功耗。使用的实际系统时钟频率是RC振荡器输出频率的8分频，得到大约1MHz的系统时钟频率。

LOWPM中提供的参数有：

- 电压RMS
- 电流RMS
- 安时

可以从X.ESF寄存器($X = A/B/C$)读取安时值。只有主处理器申请时才能进入LOWPM模式。主处理器必须设置LOWPM_E位(寄存器地址0xC03)为1，使MAXQ3180进入LOWPM模式。进入LOWPM模式将改变时钟频率，从而使一些配置寄存器无效。所以在继续进行电表测量工作之前，主处理器必须立即以更新后的数值重新装入配置寄存器和滤波器。

主处理器读取LOWPM_X位(寄存器地址0xC04)，使MAXQ3180退出LOWPM模式。

温度

MAXQ3180含有一个温度传感器，主处理器软件可以利用它来完成很多工作，包括补偿温度对功率读数的影响等。使用虚拟寄存器命令(RAWTEMP, 0xC01)来完成温度转换。MAXQ3180返回由温度传感器产生的原始ADC电压读数。

从专有单位转换到实用单位(例如，摄氏度)需要进行一次单点校准，并将转换常数存储在主处理器中。转换常数实际上就是一个LSB值所对应的温度值(以绝对度表示)。

计算LSB值时，在已知温度下读取一个数值，用已知温度值除以该读数。例如，假设在室温(23°C)下读取一个数值，读数是0x7F00。那么，每LSB对应的度数为：

$$(23 + 273.15)/0x7F00 = 0.00911K$$

现在，假设以后读取温度值时，得到0x84F0。为获得以摄氏度表示的温度值，将读数乘以每LSB代表的度数，再减去273.15：

$$0x84F0 \times 0.00911 - 273.15 = 36.8^\circ C$$

高级校准

校准电流失调

理想的硬件应产生与输入电流成线性比例关系的电流读数。但是，由于噪声或者其它因素的影响，电表读取的RMS电流线性度不一定非常好。电流失调(X.OFFS_HI, $X = A/B/C$)可以用于补偿电流通道的非线性。

由于MAXQ3180跟踪输入电流以确定使用哪些线性补偿因子，因此，用户必须选择远远大于小电流阈值的两点(i_{l0} 和 i_{hi})，才能获得X.IRMS电流读数(r_{l0} 和 r_{hi})。然后，计算两点间线段的Y截距，即失调。使用下面的公式来计算失调寄存器值。如果LINFRM = 0：

$$\text{offs} = \frac{r_{hi}^2 i_{l0}^2 - i_{hi}^2 r_{l0}^2}{2^2 (i_{hi}^2 - i_{l0}^2)}$$

如果LINFRM = 1：

$$\text{offs} = \frac{r_{hi} i_{l0} - i_{hi} r_{l0}}{2^4 (i_{l0} - i_{hi})}$$

在这一公式中， i_{hi} 和 r_{hi} 分别是施加的电流和电流读数，是以电表单位表示的两个参考电流中较高的一个； i_{l0} 和 r_{l0} 分别是施加的电流和电流读数，是以电表单位表示的两个参考电流中较低的一个。

失调寄存器更新后，需要重新校准增益(X.I_GAIN)。

低功耗、多功能、多相AFE

校准线性度

电流通道含有一个可变增益放大器，当电流降低于小电流阈值(大约为满幅电流 I_{FS} 的1/32)以下时，可提供32倍的增益。由于不能以任意精度来控制放大器增益，而且高增益会增大噪声，因此，需要校准MAXQ3180，以维持最小输入时的线性度。

有两种设置可以管理小电流线性度：失调设置OFFS_LO以及增益设置GAIN_LO。设置失调比较简单。确定电流电路中没有电流流过，读取X.IRMS。使用下面的公式来计算失调：

如果LINFRM = 0：

$$\text{offs} = -\frac{(X.IRMS)^2}{2^{16}}$$

如果LINFRM = 1：

$$\text{offs} = -X.IRMS$$

将offs设置到OFFS_LO寄存器中。

因此，如果用户从X.IRMS寄存器读到0x0113并且LINFRM = 1，就应该将0xFEED设置到OFFS_LO寄存器中。设置GAIN_LO寄存器意味着施加一个小于小电流阈值的电流，从MAXQ3180读取该数值，相应地调整增益。注意，与失调不同，低端增益加到L_GAIN寄存器所提供的总增益上。

施加一个峰值小于小电流阈值的已知电流。设置小电流增益寄存器A.GAIN_LO为0x4000，以确保该寄存器中没有以前的数值。读取A.IRMS寄存器(0x1CC)，记录该数值。将已知值(单位为安培)乘以 2^{24} ，除以 I_{FS} ，将其转换为电表单位。将这一计算结果除以从MAXQ3180读取的数值，结果应在0到2之间，再将结果乘以 2^{14} ，转换成整数，并确定MSB是零。最后得到的结果就是要设置到A.GAIN_LO中的增益值。

校准功率/电能增益

一旦校准电压和电流之后，电能和功率计算自动反映了校准后的电压和电流。如果需要，还可以进一步调整电能增益因子(X.E_GAIN, X = A/B/C)，以获得更精确的功率和电能结果。例如，如果电压和电流校准源不如功率/电能校准源精确，则需要附加增益校准。下面列出了A相功率/电能增益校准的过程。

- 施加精确的单位功率因数功率(所施加的值)，它应接近所需的标称工作点。
- 读取PWRP.A寄存器，记录该数值。
- 将所施加的值除以MU_PWR，转换为电表单位。
- 将所施加的值(用电表单位表示)除以从MAXQ3180读取的值。结果应在0到2之间。如果数值不在此范围内，则可能错误地计算了 I_{FS} 和/或 V_{FS} 。
- 将计算得到的值乘以 2^{14} ，确定MSB是零，其结果就是要设置到A.E_GAIN中的增益值。
- 设置好增益值后，等待1至2秒，然后从PWRP.A重新读取功率值。对比PWRP.A与以电表单位表示的所施加功率值，检验测量值是否正确。

多点相位失调校准

以三个电流电平进行校准时，记录每一点的原始电流值(X.IRMS)。从最高到最低标出电流值 I_0 、 I_1 和 I_2 。按照校准相位失调部分所介绍的，分别以在 I_0 、 I_1 和 I_2 计算得到的相位失调值设置X.PA0、X.PA1和X.PA2。最后，以 I_0 和 I_1 平均值设置I1THR，以 I_1 和 I_2 的几何平均值设置I2THR。这样，当电流变化时就相应地调整了相位失调。请参考图16。

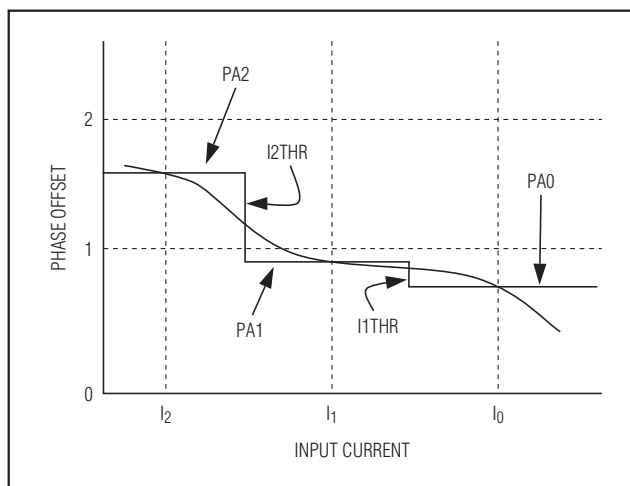


图16. 相位失调和输入电流校准

低功耗、多功能、多相AFE

高级寄存器配置

模拟扫描配置寄存器

时隙分配—电流通道X = A/B/C (SCAN_IX) (A: 0x008, B: 0x00C, C: 0x00A)

MAXQ3180

位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	ADCMX			DADCNV	—	—	—	—
复位A:	0x3			0	0	0	0	0
复位B:	0x4			0	0	0	0	0
复位C:	0x5			0	0	0	0	0

这些寄存器配置正常分配给A/B/C电流通道的时隙，建议这些寄存器保持其默认值。如果必须重新分配，则需要保证所有电流和电压通道都能够相应地重新正确分配，这样MAXQ3180才能按照设置要求计算功率/电能参数。

位	名称	功能
7:4	ADCMX	模拟转换选择。这一4位区域决定在此时隙期间对下列哪些模拟输入进行采样。 0000 = V0P - VN 0001 = V1P - VN 0010 = V2P - VN 0011 = I0P - I0N (A相电流: 0011) 0100 = I1P - I1N (B相电流: 0100) 0101 = I2P - I2N (C相电流: 0101) 0110 = INP - VN 1xxx = 温度 所有其它值保留。
3	DADCNV	ADC禁用。置位时，禁用该时隙ADC。
2:0	—	保留。

低功耗、多功能、多相AFE

时隙分配—电压通道X = A/B/C (SCAN_VX) (A: 0x009, B: 0x00D, C: 0x00B)

位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	ADCMX				DADCNV		PGG	
复位A:	0x0				0		0x0	
复位B:	0x1				0		0x0	
复位C:	0x2				0		0x0	

这些寄存器配置正常分配给A/B/C电压通道的时隙。用户可能需要改动PGG设置，以匹配电压传感器。但是，建议用户不要修改ADCMX设置。

位	名称	功能
7:4	ADCMX	模拟转换选择。这一4位区域决定在此时隙期间对下列哪些模拟输入进行采样。 0000 = V0P - VN (A相电压: 0000) 0001 = V1P - VN (B相电压: 0001) 0010 = V2P - VN (C相电压: 0010) 0011 = I0P - I0N 0100 = I1P - I1N 0101 = I2P - I2N 0110 = INP - VN 1xxx = 温度
3	DADCNV	ADC禁用。置位时，禁用该时隙ADC。
2:0	PGG	可编程增益放大器选择。这一3位区域配置模拟输入前端的可编程增益放大器。该区域具有以下值： 000 = 1倍增益 001 = 2倍增益 010 = 4倍增益 011 = 8倍增益 100 = 16倍增益 101 = 32倍增益 所有其它值保留，如果进行了选择，则有可能导致无法预测的行为。

低功耗、多功能、多相AFE

MAXQ3180

时隙分配—零相电流通道(SCAN_IN) (0x00E)

位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	ADCMX			DADCNV	—	—	—	—
复位:	0x6			1	0	0	0	0

该寄存器配置正常分配给零相电流通道的时隙。用户可以改变DADCNV位，以使能/禁止零相电流采样。建议将该寄存器的其它位保留为默认值。

位	名称	功能
7:4	ADCMX	模拟转换选择。这一4位区域决定在此时隙期间对下列哪些模拟输入进行采样。 0000 = V0P - VN 0001 = V1P - VN 0010 = V2P - VN 0011 = I0P - I0N 0100 = I1P - I1N 0101 = I2P - I2N 0110 = INP - VN 1xxx = 温度 所有其它值保留。
3	DADCNV	ADC禁用。置位时，禁用该时隙ADC。
2:0	—	保留。

低功耗、多功能、多相AFE

时隙分配—温度通道(SCAN_TE) (0x00F)

位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	ADCMX				DADCNV	PGG		
复位:	0x8				1	0x2		

该寄存器配置正常分配给温度测量器件的时隙。该寄存器由固件管理，不应通过主处理器修改。

位	名称	功能
7:4	ADCMX	模拟转换选择。这一4位区域决定在此时隙期间对下列哪些模拟输入进行采样。 0000 = VOP - VN 0001 = VIP - VN 0010 = V2P - VN 0011 = IOP - ION 0100 = IIP - IIN 0101 = I2P - I2N 0110 = INP - VN 0111 = 自动零ADC 1xxx = 温度 默认情况下，该寄存器被设置为1000。
3	DADCNV	ADC禁用。置位时，禁用该时隙ADC。
2:0	PGG	可编程增益放大器选择。这一3位区域配置模拟输入前端的可编程增益放大器。该区域具有以下值： 000 = 1倍增益 001 = 2倍增益 010 = 4倍增益 011 = 8倍增益 100 = 16倍增益 101 = 32倍增益 所有其它值保留，如果进行了选择，则有可能导致无法预测的行为。该寄存器由固件管理，不应通过主处理器修改。

低功耗、多功能、多相AFE

零相电流和谐波 辅助通道配置(AUX_CFG) (0x010)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	—	—	—	ORDH				
复位:	0	0	0	0	0	0	0	0

位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	ENHARM	EN AUX	—	—	—	AUX_MUX		
复位:	0	0	0	0	0	0	0	0

除了正常的工作，MAXQ3180还可以监视一个辅助通道的RMS值。辅助通道配置寄存器选择辅助通道处理哪一输入，以及对辅助通道进行哪些处理。

位	名称	功能
15:13, 5:3	—	保留。
12:8	ORDH	谐波阶次(1至21)。通过虚拟寄存器0x830读取谐波电压输出，通过0x840读取电流。
7	ENHARM	使能辅助通道谐波滤波器。置位时，通过谐波滤波器处理辅助通道。可以在BOHARM和A1HARM寄存器中设置该滤波器的参数。
6	EN AUX	使能辅助通道。置位时，使能辅助通道处理。
2:0	AUX_MUX	辅助通道输入选择。这一3位区域选择辅助通道要处理的输入。 001 = I_N 010 = V_A 011 = I_A 100 = V_B 101 = I_B 110 = V_C 111 = I_C

DSP系统配置 系统时钟频率(SYS_KHZ) (0x012)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	系统时钟频率高位字节							
复位:	0x1F							

位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	系统时钟频率低位字节							
复位:	0x40							

该寄存器含有以kHz单位表示的系统时钟频率。由于默认频率是8MHz，该寄存器默认值是0x1F40。

低功耗、多功能、多相AFE

周期计数(CYCNT) (0x01C)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	周期计数高位字节							
复位:	0x00							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	周期计数低位字节							
复位:	0x10							

该寄存器含有在一个DSP周期中要累加的电网周期数。当累加CYCNT电网周期后，DSP执行功率、功率因数和电能计算。默认情况下，周期数是0x10 (十进制16)。

每一DSP周期的扫描帧数(NS) (0x040)

位:	31	30	29	28	27	26	25	24
名称:	整数部分, 高位字节							
复位:	0x03							
位:	23	22	21	20	19	18	17	16
名称:	整数部分, 低位字节							
复位:	0xE8							
位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	小数部分, 高位字节							
复位:	0x00							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	小数部分, 低位字节							
复位:	0x00							

NS寄存器定义电表的基波定时，它依据ADC扫描帧周期来定义DSP周期。一般而言，不论是否使能了噪声抑制(REJ_NS)和平均(AVG_NS)功能，MAXQ3180固件会根据过零检测来自动计算并更新该寄存器。主处理器程序可以写入该寄存器，以设置所需的DSP周期持续时间。一个扫描帧的持续时间(t_{FR})表示为0x00010000。

低功耗、多功能、多相AFE

滤波器系数

电网周期噪声抑制滤波器(REJ_NS) (0x02C)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	电网周期噪声抑制滤波器高位字节							
复位:	0x00							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	电网周期噪声抑制滤波器低位字节							
复位:	0xC8							

该寄存器设定NS抑制滤波器设置的灵敏度。NS用以衡量电网频率，如果电网周期小于或者大于NS寄存器中表示的电网周期，该滤波器确定是否使用该周期来更新NS值。如果需要了解详细信息，请参考NS寄存器的说明。如果该寄存器是零，则禁用电网周期计数器的噪声抑制。

电网周期平均滤波器(AVG_NS) (0x02E)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	电网周期平均滤波器高位字节							
复位:	0x40							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	电网周期平均滤波器低位字节							
复位:	0x00							

该寄存器确定NS值是否与之前的值取平均，或者是否直接使用最近测量的值。如果该寄存器值非零，使用下面的公式对NS值进行平均：

$$y_n = y_{n-1} + \text{AVG_NS} \frac{x_n - y_{n-1}}{2^{16}}$$

如果该寄存器值是零，不对NS取平均。该寄存器的MSB必须是零。

低功耗、多功能、多相AFE

电表测量平均滤波器(AVG_C) (0x030)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	电表测量平均滤波器高位字节							
复位:	0x40							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	电表测量平均滤波器低位字节							
复位:	0x00							

该寄存器确定是否对电表中所有其它测得值按时间取平均。如果该寄存器值非零，使用下面的公式对所有测得的电表值取平均：

$$y_n = y_{n-1} + \text{AVG_C} \frac{x_n - y_{n-1}}{2^{16}}$$

如果该寄存器值是零，不进行平均。该寄存器的MSB必须是零。

电表测量高通滤波器(HPF_C) (0x032)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	电表测量高通滤波器高位字节							
复位:	0x00							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	电表测量高通滤波器低位字节							
复位:	0xC8							

该寄存器使用下面的公式设定一阶巴特沃兹滤波器的 b_0 系数：

$$b_0 = \frac{\text{HPF_C}}{2^{16}}$$

该寄存器的MSB必须是零。

低功耗、多功能、多相AFE

MAXQ3180

基波滤波器前馈系数(B0FUND) (0x034)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	基波滤波器前馈系数高位字节							
复位:	0x00							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	基波滤波器前馈系数低位字节							
复位:	0x91							

该寄存器使用下面的公式设定基波模式滤波器的 b_0 (前馈)系数:

$$b_0 = \frac{B0FUND}{2^{16}}$$

该寄存器的MSB必须是零。

基波滤波器反馈系数(A1FUND) (0x036)

位:	31	30	29	28	27	26	25	24
名称:	基波滤波器反馈系数字节3							
复位:	0x00							
位:	23	22	21	20	19	18	17	16
名称:	基波滤波器反馈系数字节2							
复位:	0x00							
位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	基波滤波器反馈系数字节1							
复位:	0x03							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	基波滤波器反馈系数字节0							
复位:	0xB6							

该寄存器使用下面的公式设定基波模式滤波器的 a_1 (反馈)系数:

$$a_1 = \frac{A1FUND}{2^{16}}$$

低功耗、多功能、多相AFE

谐波滤波器前馈系数(BOHARM) (0x03A)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	谐波滤波器前馈系数高位字节							
复位:	0x00							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	谐波滤波器前馈系数低位字节							
复位:	0x91							

该寄存器使用下面的公式设定谐波模式滤波器的 b_0 (前馈)系数:

$$b_0 = \frac{BOHARM}{2^{16}}$$

该寄存器的MSB必须是零。

谐波滤波器反馈系数(A1HARM) (0x03C)

位:	31	30	29	28	27	26	25	24
名称:	谐波滤波器反馈系数字节3							
复位:	0x00							
位:	23	22	21	20	19	18	17	16
名称:	谐波滤波器反馈系数字节2							
复位:	0x00							
位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	谐波滤波器反馈系数字节1							
复位:	0x18							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	谐波滤波器反馈系数字节0							
复位:	0x31							

该寄存器使用下面的公式设定谐波模式滤波器的 a_1 (反馈)系数:

$$a_1 = \frac{A1HARM}{2^{16}}$$

过零低通滤波器(ZC_LPF) (0x05A)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	过零低通滤波器高位字节							
复位:	0x0B							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	过零低通滤波器低位字节							
复位:	0x00							

该寄存器设定用于过零检测的低通滤波器。该寄存器的MSB必须是零。

低功耗、多功能、多相AFE

硬件镜像寄存器
ADC配置(R_ACFG) (0x04C)

位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	ADCASD	ADCRY	ADCCD	ADCBY	ADCIE	ARBE	ADCE	
复位:	0	0	0x0	0	1	1	1	

该寄存器是MAXQ3180中CPU寄存器的镜像。监控程序不应修改该寄存器。

位	名称	功能
7	ADCASD	禁止ADC自动关断。通常情况下，每次转换后ADC模拟部分被关断以节省功耗。如果该位被置位，转换后ADC的模拟部分依然保持上电状态。
6	ADCRY	ADC数据就绪。转换完成后，该位被置位，指示数据已准备好。如果ADCIE被置位，该位将产生一个中断。
5:4	ADCCD	ADC时钟分频器。设置CPU主处理器和ADC时钟之间的分频比。 00 = 1分频 01 = 2分频 10 = 4分频 11 = 保留
3	ADCBY	ADC忙。置位时，表明正在执行一次ADC转换周期。转换周期结束后，该位被清零。
2	ADCIE	ADC中断使能。如果置位，在转换周期完成时，ADC向CPU发出中断。
1	ARBE	基准缓冲器使能。如果置位，使能基准缓冲器以驱动REFO引脚。
0	ADCE	ADC使能。如果置位，激活ADC硬件。

ADC转换率(R_ADCRATE) (0x04E)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	ADC转换率高位字节							
复位:	—	—	—	—	—	—	—	1

位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	ADC转换率低字节							
复位:	0x3F							

该寄存器设定两个连续ADC转换之间的系统时钟周期数。它默认为0x13F(十进制319)，设定相邻转换之间有320个CPU时钟周期。该寄存器是MAXQ3180中CPU寄存器的镜像。

低功耗、多功能、多相AFE

ADC建立时间(R_ADCACQ) (0x050)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	ADC建立时间高位字节							
复位:	—	—	—	—	—	—	—	—
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	ADC建立时间低位字节							
复位:	—	0x2F						

该寄存器是MAXQ3180中CPU寄存器的镜像，监控程序不应修改该寄存器。该寄存器以CPU时钟为单位，设定切换到模拟复用输入后，在开始转换前ADC必须等待的时间。该寄存器默认值为0x2F（十进制47），它设定了从模拟复用切换到开始转换之间有48个CPU时钟周期延时。

SPI配置(R_SPICF) (0x052)

位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	ESPII	SAS	—	—	—	CHR	CKPHA	CKPOL
复位:	1	0	0	0	0	0	0	0

该寄存器是MAXQ3180中CPU寄存器的镜像。该寄存器配置MAXQ3180的SPI端口。

位	名称	功能
7	ESPII	使能SPI中断。如果置位，SPI总线上出现的字符将导致CPU中断。
6	SAS	SPI从机选择极性。如果清零，认为 \overline{SSEL} 为低电平有效；如果置位，认为 \overline{SSEL} 为高电平有效。
5:3	—	保留。
2	CHR	SPI字符长度。如果清零，认为SPI总线上的字符是8位；如果置位，认为SPI总线上的字符是16位。
1	CKPHA	SPI时钟相位。如果清零，在时钟前沿对数据进行采样(如果时钟是高电平有效，则为低电平到高电平；如果时钟是低电平有效，则为高电平到低电平)。如果置位，在时钟后沿对数据进行采样(如果时钟是高电平有效，则为高电平到低电平；如果时钟是低电平有效，则为低电平到高电平)。
0	CKPOL	SPI时钟极性。如果清零，认为时钟为高电平有效；如果置位，认为时钟为低电平有效。

低功耗、多功能、多相AFE

超时

过零超时(NZX_TIMO) (0x054)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	过零超时高位字节							
复位:	0x23							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	过零超时低位字节							
复位:	0x28							

该寄存器定义了以ADC采样周期为单位(默认为40 μ s), 在出现过零事件后到MAXQ3180声明“没有过零”故障之前所需要的时间。该故障被声明后, X.FLAGS寄存器中的NOZXF位被置位。

通信超时(COM_TIMO) (0x056)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	通信超时高位字节							
复位:	0x03							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	通信超时低位字节							
复位:	0xE8							

该寄存器设定以ADC帧扫描时间为单位(默认为320 μ s)的SPI超时时间。

电能累加超时(ACC_TIMO) (0x058)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	电能累加超时高位字节							
复位:	0x00							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	电能累加超时低位字节							
复位:	0x05							

该寄存器设定在累加电能之前, 以DSP周期为单位的MAXQ3180等待时间。如果该寄存器非零, 它在每一DSP周期中递减。如果递减结果非零, 则忽略DSP周期结果, 不累加到电能寄存器中。在上电启动时或者改动某些硬件功能后, 该寄存器可用于延时启动电能累加。

低功耗、多功能、多相AFE

相角补偿

相位失调电流阈值1 (I1THR) (0x05C)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	相位累加器电流阈值1高位字节							
复位:	0x00							

位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	相位累加器电流阈值1低位字节							
复位:	0x00							

该寄存器设定导致MAXQ3180从PA0切换到PA1的满幅电流分数值，以提供相应的相角补偿。更多信息，请参见PA0、PA1和PA2寄存器说明。满幅电流以0x10000表示。

相位失调电流阈值2 (I2THR) (0x05E)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	相位累加器电流阈值2高位字节							
复位:	0x00							

位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	相位累加器电流阈值2低位字节							
复位:	0x00							

该寄存器设定导致MAXQ3180从PA1切换到PA2的满幅电流分数值，以提供相应的相角补偿。更多信息，请参见PA0、PA1和PA2寄存器说明。满幅电流以0x10000表示。

各种增益

零相电流增益(N.I_GAIN) (0x12E)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	补偿系数高位字节							
复位:	0x40							

位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	补偿系数低位字节							
复位:	0x00							

该寄存器含有零相电流通道测量的增益补偿系数。原始值来自所选的测量值，通过N.I_GAIN/2¹⁴进行了调整。

低功耗、多功能、多相AFE

增益，基波电能，相X = A/B/C (X.EF_GAIN) (A: 0x136, B: 0x222, C: 0x30E)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	增益系数高位字节							
复位:	0x40							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	增益系数低位字节							
复位:	0x00							

该寄存器含有相位X基波电能增益系数。原始值来自所选的测量值，采用以下因子进行了调整：

$$\frac{X.EF_GAIN}{2^{14}}$$

线性失调，大电流范围，相X = A/B/C (X.OFFS_HI) (A: 0x138, B: 0x224, C: 0x310) 线性补偿

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	线性失调高位字节							
复位:	0x00							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	线性失调低位字节							
复位:	0x00							

这一带符号寄存器含有当可编程增益放大器设置为单位增益时，相X电流通道的线性失调(即，测得的电流大于小电流阈值)。按照以下公式，将该寄存器表示的带符号值加到电流值中：

如果LINFRM = 0: $\sqrt{X.IRMS^2 + X.OFFS_HI \times 2^{24}}$

如果LINFRM = 1: $X.IRMS + X.OFFS_HI \times 2^4$

线性增益系数，小电流范围，相X = A/B/C (X.GAIN_LO) (A: 0x13A, B: 0x226, C: 0x312)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	线性系数高位字节							
复位:	0x40							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	线性系数低位字节							
复位:	0x00							

该寄存器含有当可编程增益放大器设置为32倍增益时，相X电流通道的线性系数(即，测得的电流低于小电流阈值)。下面的公式给出了有效增益：

$$\frac{X.GAIN_LO}{2^{14}}$$

低功耗、多功能、多相AFE

线性失调，小电流范围，相X = A/B/C (X.OFFS_LO) (A: 0x13C, B: 0x228, C: 0x314)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	线性失调高位字节							
复位:	0x00							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	线性失调低位字节							
复位:	0x00							

该带符号寄存器含有当可编程增益放大器设置为32倍增益时，相X电流通道的线性失调(即，测得的电流低于小电流阈值)。将该寄存器表示的带符号值加到电流值中。总线性补偿如下所示：

$$\text{如果LINFRM} = 0: X.GAIN_LO/2^{14} \times \sqrt{X.IRMS^2 + X.OFFS_LO \times 2^{16}}$$

$$\text{如果LINFRM} = 1: X.GAIN_LO/2^{14} \times (X.IRMS + X.OFFS_LO)$$

测量—RAM寄存器

按需RMS结果(N.IRMS) (0x11C)

位:	31	30	29	28	27	26	25	24
名称:	RMS结果, 字节3							
复位:								
位:	23	22	21	20	19	18	17	16
名称:	RMS结果, 字节2							
复位:								
位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	RMS结果, 字节1							
复位:								
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	RMS结果, 字节0							
复位:								

该寄存器含有AUX通道上的RMS计算结果。这通常是零相电流通道，但也可以设置为AUX_CFG寄存器中的AUX_MUX位定义的任意值的谐波RMS平均值。

低功耗、多功能、多相AFE

基波电能

基波电能溢出标志，相X = A/B/C (X.EFOVER) (A: 0x147, B: 0x233, C: 0x31F)

位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	—	—	—	SFOV	RNFOV	RPFOV	ANFOV	APFOV
复位:	0	0	0	0	0	0	0	0

这些位指示基波频率电能累加器中出现溢出。溢出不是错误状态，而只是表示由于计数器出现溢出，电能累加器中的数值可能会小于前面的读数。为获得前一读数以后的实际电能使用情况，0x100000000必须加到差值上。这些位一旦置位后，只能由主处理器清除。

位	名称	功能
7:5	—	保留。
4	SFOV	置位时，表示视在基波模式电能累加器上出现溢出状态。
3	RNFOV	置位时，表示反向无功基波模式电能累加器上出现溢出状态。
2	RPFOV	置位时，表示正向无功基波模式电能累加器上出现溢出状态。
1	ANFOV	置位时，表示反向有功基波模式电能累加器上出现溢出状态。
0	APFOV	置位时，表示正向有功基波模式电能累加器上出现溢出状态。

电能，基波，正向有功，相X = A/B/C (X.EAFPOS) (A: 0x1FC, B: 0x2E8, C: 0x3D4)

位:	31	30	29	28	27	26	25	24
名称:	有功电能字节3							
位:	23	22	21	20	19	18	17	16
名称:	有功电能字节2							
位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	有功电能字节1							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	有功电能字节0							

在每一DSP周期中，测试X.ACTF寄存器内容，如果为正，则加到该寄存器中。当该寄存器溢出时，X.EFOVER寄存器中的APFOV位被置位。

低功耗、多功能、多相AFE

电能，基波，反向有功，相 $X = A/B/C$ ($X.EAFNEG$) ($A: 0x200, B: 0x2EC, C: 0x3D8$)

位:	31	30	29	28	27	26	25	24
名称:	有功电能字节3							
位:	23	22	21	20	19	18	17	16
名称:	有功电能字节2							
位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	有功电能字节1							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	有功电能字节0							

在每一DSP周期中，测试X.ACTF寄存器内容，如果为负，其绝对值被加到该寄存器中。当该寄存器溢出时，X.EFOVER寄存器中的ANFOV位被置位。

电能，基波，正向无功，相 $X = A/B/C$ ($X.ERFPOS$) ($A: 0x204, B: 0x2F0, C: 0x3DC$)

位:	31	30	29	28	27	26	25	24
名称:	无功电能字节3							
位:	23	22	21	20	19	18	17	16
名称:	无功电能字节2							
位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	无功电能字节1							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	无功电能字节0							

在每一DSP周期中，测试X.REAF寄存器内容，如果为正，则加到该寄存器中。当该寄存器溢出时，X.EFOVER寄存器中的RPFOV位被置位。

低功耗、多功能、多相AFE

MAXQ3180

电能，基波，反向无功，相X = A/B/C (X.ERFNEG) (A: 0x208, B: 0x2F4, C: 0x3E0)

位:	31	30	29	28	27	26	25	24
名称:	无功电能字节3							
位:	23	22	21	20	19	18	17	16
名称:	无功电能字节2							
位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	无功电能字节1							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	无功电能字节0							

在每一DSP周期中，测试X.REAF寄存器内容，如果为负，其绝对值被加到该寄存器中。当该寄存器溢出时，X.EFOVER寄存器中的RNFOV位被置位。

电能，基波，视在，相X = A/B/C (X.ESF) (A: 0x20C, B: 0x2F8, C: 0x3E4)

位:	31	30	29	28	27	26	25	24
名称:	视在电能字节3							
位:	23	22	21	20	19	18	17	16
名称:	视在电能字节2							
位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	视在电能字节1							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	视在电能字节0							

在每一DSP周期中，X.ESF寄存器的内容被加到该寄存器中。当该寄存器溢出时，X.EFOVER寄存器中的SFOV位被置位。当MAXQ3180工作在低功耗模式时，不累加电能。但是，在低功耗模式下，电流值会被累加到该寄存器中，使得寄存器累加安时数。

低功耗、多功能、多相AFE

最近一个DSP周期中累加的电能

有功电能, 相X = A/B/C (X.ACT) (A: 0x1D0, B: 0x2BC, C: 0x3A8)

位:	31	30	29	28	27	26	25	24
名称:	有功电能字节3							
位:	23	22	21	20	19	18	17	16
名称:	有功电能字节2							
位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	有功电能字节1							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	有功电能字节0							

这一带符号寄存器提供最近一个DSP周期中累加的原始有功电能。对于每一ADC采样周期，从累加的瞬时电压和电流中计算得到瞬时有功功率。在每一DSP周期的最后，DSP周期中的累加结果被复制到该寄存器中，并且根据累加电能的符号而累加到X.EAPOS或者X.EANEG中。

电能寄存器的LSB是 $V_{FS} \times I_{FS} \times t_{FR}/2^{16}$ 。

无功电能, 相X = A/B/C (X.REA) (A: 0x1D4, B: 0x2C0, C: 0x3AC)

位:	31	30	29	28	27	26	25	24
名称:	无功电能字节3							
位:	23	22	21	20	19	18	17	16
名称:	无功电能字节2							
位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	无功电能字节1							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	无功电能字节0							

这一带符号寄存器提供最近一个DSP周期中累加的原始无功电能。对于每一ADC采样周期，从累加的瞬时电压和电流中计算得到瞬时无功功率。在每一DSP周期的最后，DSP周期中的累加结果被复制到该寄存器中，并且根据累加电能的符号而累加到X.ERPOS或者X.ERNNEG中。

低功耗、多功能、多相AFE

视在电能, 相X = A/B/C (X.APP) (A: 0x1D8, B: 0x2C4, C: 0x3B0)

位:	31	30	29	28	27	26	25	24
名称:	视在电能字节3							
位:	23	22	21	20	19	18	17	16
名称:	视在电能字节2							
位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	视在电能字节1							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	视在电能字节0							

这一带符号寄存器提供最近一个DSP周期中累加的原始视在电能。

最近一个DSP周期中累加的基波电能

基波有功电能, 相X = A/B/C (X.ACTF) (A: 0x1DC, B: 0x2C8, C: 0x3B4)

位:	31	30	29	28	27	26	25	24
名称:	有功电能字节3							
位:	23	22	21	20	19	18	17	16
名称:	有功电能字节2							
位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	有功电能字节1							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	有功电能字节0							

这一带符号寄存器以与X.ACT寄存器同样的方式累加电能, 但只针对基波电网频率。

低功耗、多功能、多相AFE

基波无功电能, 相X = A/B/C (X.REAF) (A: 0x1E0, B: 0x2CC, C: 0x3B8)

位:	31	30	29	28	27	26	25	24
名称:	无功电能字节3							
位:	23	22	21	20	19	18	17	16
名称:	无功电能字节2							
位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	无功电能字节1							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	无功电能字节0							

这一带符号寄存器以与X.REA寄存器同样的方式累加电能, 但只针对基波电网频率。

基波视在电能, 相X = A/B/C (X.APPF) (A: 0x1E4, B: 0x2D0, C: 0x3BC)

位:	31	30	29	28	27	26	25	24
名称:	视在电能字节3							
位:	23	22	21	20	19	18	17	16
名称:	视在电能字节2							
位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	视在电能字节1							
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	视在电能字节0							

该寄存器以与X.APP寄存器同样的方式累加电能, 但只针对基波电网频率。

低功耗、多功能、多相AFE

MAXQ3180

校验和(CHKSUM) (0x060)

位:	15	14	13	12	11	10	9	8
名称:	校验和高位字节							
复位:								
位:	7	6	5	4	3	2	1	0
名称:	校验和低位字节							
复位:								

该寄存器含有关键配置和校准寄存器计算得到的16位算术校验和。在每一DSP周期对其进行更新。使用时，主处理器记录CHKSUM寄存器中的数值，然后周期性地对其进行检查，以确认配置或者校准寄存器没有出现变化。当该寄存器值变化时，MAXQ3180置位CHSCH位。

参与校验和计算的寄存器包括：

SYS_KHZ	THR2	R_ADCRATE	A.I_GAIN	B.I_GAIN	C.I_GAIN
VOLT_CC	REJ_NS	R_ADCACQ	A.V_GAIN	B.V_GAIN	C.V_GAIN
AMP_CC	AVG_NS	R_SPICF	A.E_GAIN	B.E_GAIN	C.E_GAIN
PWR_CC	AVG_C	NZX_TIMO	A.EF_GAIN	B.EF_GAIN	C.EF_GAIN
ENR_CC	HPF_C	COM_TIMO	A.OFFS_HI	B.OFFS_HI	C.OFFS_HI
CYCNT	B0FUND	ACC_TIMO	A.GAIN_LO	B.GAIN_LO	C.GAIN_LO
PLSCFG1	OCLVL	I1THR	A.OFFS_LO	B.OFFS_LO	C.OFFS_LO
PLSCFG2	OVLVL	I2THR	A.PA0	B.PA0	C.PA0
PLS1_WD	UVLVL	ZC_LPF	A.PA1	B.PA1	C.PA1
THR1	NOLOAD		A.PA2	B.PA2	C.PA2
PLS2_WD	R_ACFG				

低功耗、多功能、多相AFE

测量—虚拟寄存器

基波有功功率, A/B/C/T相(PWRPF.X) (A: 0x881, B: 0x882, C: 0x884, T: 0x887)

这一带符号寄存器含有A/B/C相或者所有相在基波电网频率下的瞬时有功功率。按照下面的公式, 从瞬时电能测量中计算得到功率:

$$PWRPF.X = \frac{X.APPF \times PWR_CC \times 2^{16}}{NS}$$

字节7 (MSByte未使用)	字节6 (未使用)
字节5	字节4
字节3	字节2
字节1	字节0 (LSByte)

基波无功功率, A/B/C/T相(PWRQF.X) (A: 0x891, B: 0x892, C: 0x894, T: 0x897)

这一带符号寄存器含有A/B/C相或者所有相在基波电网频率下的瞬时无功功率。按照下面公式, 从瞬时电能测量中计算得到功率:

$$PWRQF.X = \frac{X.REAF \times PWR_CC \times 2^{16}}{NS}$$

字节7 (MSByte未使用)	字节6 (未使用)
字节5	字节4
字节3	字节2
字节1	字节0 (LSByte)

低功耗、多功能、多相AFE

基波视在功率, A/B/C/T相(PWRSF.X) (A: 0x8A1, B: 0x8A2, C: 0x8A4, T: 0x8A7)

该寄存器含有A/B/C相或者所有相在基波电网频率下的瞬时视在功率。按照下面公式, 从瞬时电能测量中计算得到功率:

$$PWRSF.X = \frac{X.APPF \times PWR_CC \times 2^{16}}{NS}$$

字节7 (MSByte未使用)	字节6 (未使用)
字节5	字节4
字节3	字节2
字节1	字节0 (LSByte)

基波有功电能, A/B/C/T相(ENRPF.X) (A: 0x8E1, B: 0x8E2, C: 0x8E4, T: 0x8E7)

这一带符号寄存器含有A/B/C相或者所有相中的有功累加电能。按照下面公式计算该寄存器:

$$ENRPF.X = ENR_CC \times (X.EAFPOS - X.EAFNEG)$$

字节7 (MSByte未使用)	字节6 (未使用)
字节5	字节4
字节3	字节2
字节1	字节0 (LSByte)

基波无功电能, A/B/C/T相(ENRQF.X) (A: 0x8F1, B: 0x8F2, C: 0x8F4, T: 0x8F7)

这一带符号寄存器含有A/B/C相或者所有相中的无功累加电能。按照下面公式计算该寄存器:

$$ENRQF.X = ENR_CC \times (X.ERFPOS - X.ERFNEG)$$

字节7 (MSByte未使用)	字节6 (未使用)
字节5	字节4
字节3	字节2
字节1	字节0 (LSByte)

基波视在电能, A/B/C/T相(ENRSF.X) (A: 0x8B1, B: 0x8B2, C: 0x8B4, T: 0x8B7)

该寄存器含有A/B/C相或者所有相中的视在累加电能。该寄存器是ENR_CC和X.ESF寄存器的乘积。

字节7 (MSByte未使用)	字节6 (未使用)
字节5	字节4
字节3	字节2
字节1	字节0 (LSByte)

低功耗、多功能、多相AFE

相角

B相相角(VBPH: 0x852)

该寄存器报告B相电压相对于A相电压的相角。以0.01度为单位表示数值；因此，标称值是十进制12000 (0x2EE0)。该数值的计算基于过零检测。电压通道上出现谐波时，可能会出现明显的错误。该寄存器为2字节宽。

C相相角(VCPH: 0x854)

该寄存器报告C相电压相对于A相电压的相角。以0.01度为单位表示数值；因此，标称值是十进制24000 (0x5DC0)。该数值的计算基于过零检测。电压通道上出现谐波时，可能会出现明显的错误。该寄存器为2字节宽。

谐波

RMS电压, 谐波(V.HARM) (0x830)

该寄存器报告RMS电压值。单位由VOLT_CC的设置来定义。使用AUX_CFG配置相位(A/B/C)和要求的谐波阶次。

RMS电流, 谐波/零相(I.N, I.HARM) (0x840)

该寄存器报告所选中的相位(A/B/C)以及谐波阶次的谐波电流RMS值，零相电流通道的谐波或RMS电流。单位由

AMP_CC的设置来定义。使用AUX_CFG配置相位(A/B/C)和要求的谐波阶次。

谐波/基波比(HARM_NF) (0x850)

该寄存器报告同一信号(除了IN)所选谐波RMS和基波RMS之比。在读取该寄存器之前，主处理器必须配置AUX_CFG寄存器，以使能AUX通道、使能谐波、选择相应的AUX_MUX。该寄存器为4字节宽，分辨率为1/2¹⁶。

特殊命令

表7列出了当主处理器读取时，只读虚拟寄存器使用的特殊命令。有些命令返回空数值。

应用信息

接地和旁路

仔细的PCB布板能够显著降低模拟输入噪声，使得数字I/O噪声减小，以避免误操作。建议使用多层电路板，以便采用专用电源层。如果可能的话，数字元件下方的区域应尽可能是连续地平面。缩短旁路电容引脚，以最大限度地抑制噪声，并将电容尽可能靠近器件引脚放置。

表7. 启动特殊命令的虚拟寄存器

NAME	ADDRESS	DESCRIPTION	DATA LENGTH (BYTES)
UPD_SFR	0x900	Reading this register copies the mirror registers (R_ADCF, R_ADCRATE, R_ADCACQ, R_SPICF) into hardware SFR registers. The read returns dummy data.	1
UPD_MIR	0xA00	Reading this register copies hardware SFR registers into mirror registers (R_ADCF, R_ADCRATE, R_ADCACQ, R_SPICF). The read returns dummy data.	1
DSPVER	0xC00	Reading this register returns the DSP firmware version number.	2
RAWTEMP	0xC01	Reading this register initiates the sampling and averaging of two internal temperature readings. The result in internal temperature units is read from this register LSB first. Use the following equation to convert a raw temperature reading to Celsius: $T[c] = T[raw] \times TempFactor - 273.15$ where TempFactor is a value to be determined by calibration. Note that the final value may be slightly higher than ambient due to internal die heating.	2
ENTER STOP	0xC02	Reading this register places the device into Stop Mode.	1
ENTER LOWPM	0xC03	Reading this register places the device into LOWPM Mode.	1
EXIT LOWPM	0xC04	Reading this register exits LOWPM Mode.	1

低功耗、多功能、多相AFE

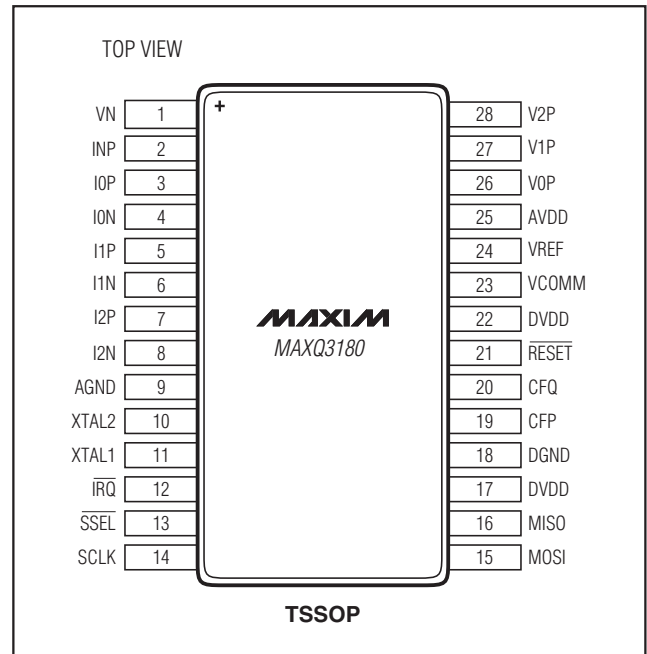
补充文档

设计人员应拥有最新的MAXQ3180勘误文档。勘误表列出了与已发布规范的差别。可从 china.maxim-ic.com/errata 上获取MAXQ3180所有器件型号的勘误表。

技术支持

如需技术支持，请访问 <https://support.maxim-ic.com/cn/micro>。

引脚配置



封装信息

如需最近的封装外形信息和焊盘布局，请查询 china.maxim-ic.com/packages。

封装类型	封装编码	文档编号
28 TSSOP	U28+3	21-0066

MAXQ3180的模拟(AGND)和数字(DGND)部分必须有单独的地，在单点将其连接起来。

所有半导体的CMOS设计指南都要求不能有引脚电平在DVDD之上或者在DGND之下。违反这一规则会导致硬件失效(对器件内的硅片造成损害)或者软件失效(对存储器内容无意的改动)。高于或者低于器件绝对最大额定值的电压尖峰有可能导致破坏性的IC闭锁。

微控制器一般会在电源引脚或者通用I/O引脚上出现负电压尖峰。电源引脚的负电压尖峰问题尤其严重，因为它会直接耦合到内部电源总线上。键盘等设备会直接将静电放电传导到微控制器内部，造成器件严重损害。系统设计人员必须保护元件不受这些瞬时现象的损害，以避免损害系统存储器。

基于MAXQ3180系统的特殊设计考虑

为减小耦合到微控制器中的噪声，系统在设计上应采用金属壳晶体或者振荡器，并将外壳连接至数字地平面。这样，减小了系统对快速瞬变噪声的敏感度。

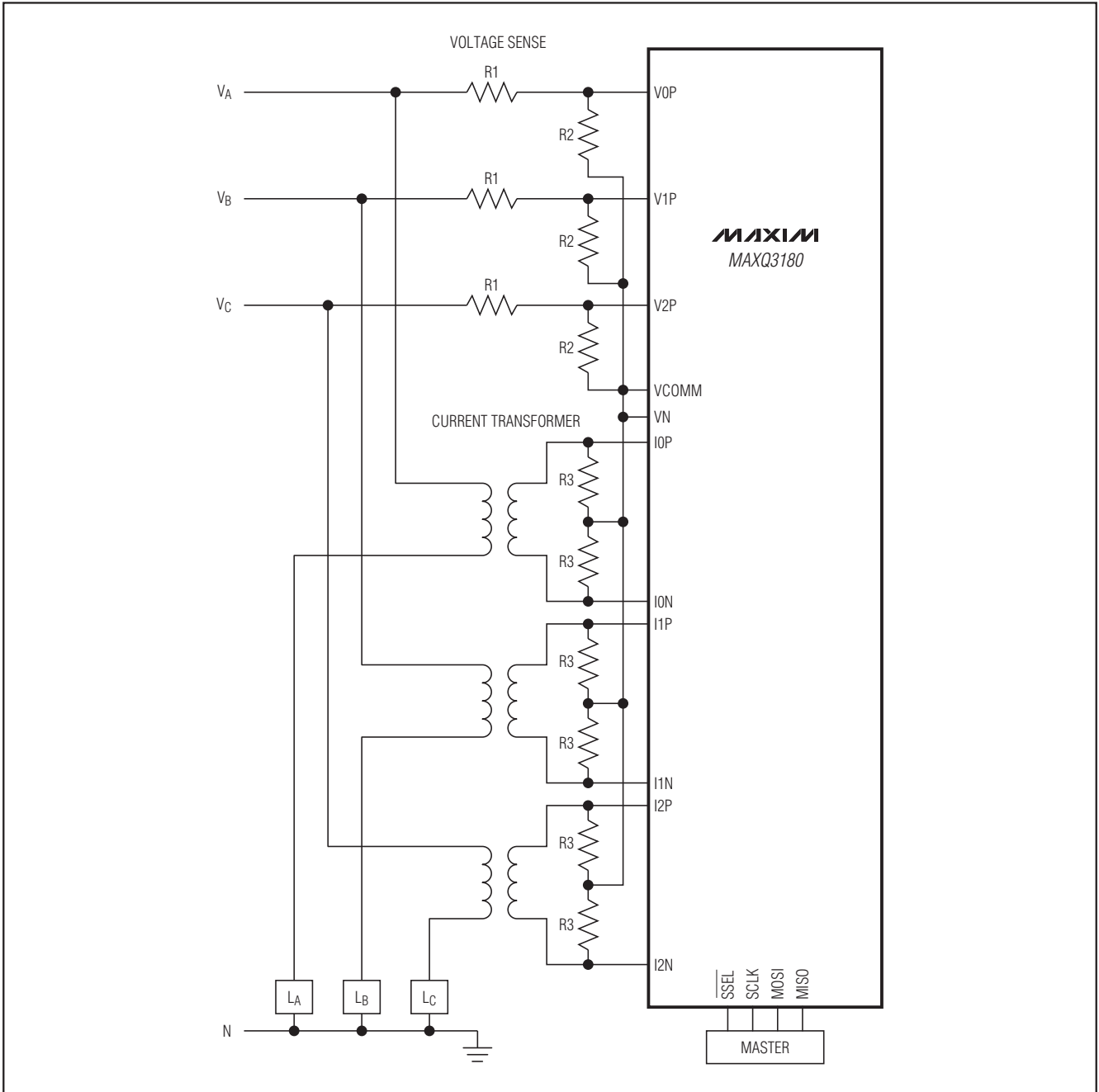
由于MAXQ3180设计用于电压较高的系统，应仔细对所有信号通路进行布线，包括模拟和数字信号，信号通路应尽可能避开高压元件。

可以使用多个MAXQ3180来开发测量精度更高的设计。要实现这种设计，应使用一条SPI总线连接所有的MAXQ3180器件，但是要使用不同的从机片选线来分别选择每一个MAXQ3180。

低功耗、多功能、多相AFE

MAXQ3180

典型应用电路



低功耗、多功能、多相AFE

修订历史

MAXQ3180

修订次数	修订日期	说明	修改页
0	2/08	最初版本。	—
1	1/09	更新了数据资料,使其与附加的器件特性一致。	全部
2	8/09	删除了特性部分中关于器件支持IEC标准的内容;将内部精密电压基准值由1.23V更改为2.048V。	1
		在 <i>Electrical Characteristics</i> 表中,将停止模式电流的典型值和最大值分别由1 μ A和0 μ A更改为0.2 μ A和12 μ A;将输入电压范围的最大值由2V改为V _{REF} V;增加了V _{REF} 作为输出电压的符号;将t _{SCH} 和t _{SCL} 的最小值更改为4 x t _{SYS} ,并在条件中增加了注释3;将内部电压基准的输出电压值由1.23V (典型值)更改为2.048V (典型值);将SPI从机模式接口时序的SPI时钟速率最大值由2MHz (最大值)更改为f _{SYS} /4MHz (最大值),并修改了t _{SE} 、t _{SD} 、t _{SIS} 、t _{SIH} 和t _{SOV} 的值;更新了SPI从机模式时序图。	10, 11, 12
		更新了引脚说明表中的CFP和CFQ说明。	14
		删除了看门狗复位部分中关于复位时器件进入初始化模式将拉低 \overline{TRQ} 线的内容。	17
		在主处理器软件设计部分中,增加了关于读取虚拟寄存器的段落。	24
		删除了示例程序部分。	26, 27, 28
		更新了全局状态寄存器(<i>STATUS</i>) (0x000)部分中的PORF和WDTR位的功能说明。	28
		为IRQ_FLAG寄存器的第14位增加了功能(DSPRDY)。	33
		为IRQ_MASK寄存器的第14位增加了功能(EDSPRDY),并更新了EDSPOR的功能说明。	34
		修正了OCLVL、OVLVL以及SYS_KHZ寄存器的复位值。	40, 41, 77
		将单位转换示例部分的电流转换比(I _{TR})公式中的V/A修正为A/V。	65
		更新了ADCMX (SCAN_IX.7:4, SCAN_VX.7:4, SCAN_IN.7:4)和PGG的位说明。	73, 74
		更新了SCAN_IN和SCAN_TE寄存器的说明。	75, 76
将R_ADCRATE寄存器中第8位的复位值修正为1。	83		
更新了B相相角和C相相角的标称值。	98		

Maxim不对Maxim产品以外的任何电路使用负责,也不提供其专利许可。Maxim保留在任何时间、没有任何通报的前提下修改产品资料和规格的权利。

Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600 _____ 101

© 2009 Maxim Integrated Products

Maxim是Maxim Integrated Products, Inc.的注册商标。

项目开发 芯片解密 零件配单 TEL:15013652265 QQ:38537442