



杭州万高科技股份有限公司

V9160_V9180

数据手册



V91XX 是一款三相计量芯片，支持多种模式的全波和基波能量计量，并支持监测多种电网事件。同时，采样数据可通过 DMA 以 SPI 协议传输出去。

特点

- 电源：3.3V 电源供电，电压输入范围 3.0~3.6V
- 基准电压：1.2V（典型温度系数 10 ppm/°C）
- 功耗：
 - 常温正常工作时芯片典型功耗: 8.5 mA（系统时钟为 26.2144 MHz）
- 计量特点：
 - 6 路独立的过采样 Σ/Δ ADC：3 路电压，3 路电流
 - 支持电压/电流通道的任意映射，可通过配置寄存器调整
 - 计量精度：
 - 满足 IEC 62053-21:2020/ IEC 62053-22:2020 和 IEC 62053-23:2020 的要求
 - 10000:1 动态范围内，全波/基波有功能量计量误差小于 0.2%
 - 10000:1 动态范围内，全波/基波无功能量计量误差小于 0.2%
 - 2000:1 动态范围内，全波/基波电压/电流有效值误差小于 0.2%
 - 测量数据：
 - 全波/基波的电流/电压有效值瞬时值/平均值
 - 全波/基波有功/无功分相/合相功率瞬时值/平均值
 - 全波视在功率瞬时值/平均值
 - 三相线电压值
 - 三相电流矢量和值
 - 频率和相位
 - 支持软件校表
 - 支持小信号加速校表
- 支持过流、过压、欠流、欠压、电压骤升、电压骤降检测
- 支持采样数据 DMA 发送，最大支持 512 点/周波
- 电流采样：支持 CT 和罗氏线圈
- 支持 UART 接口
- 工作温度：-40 ~ +105°C
- 储存温度：-55 ~ +150°C
- 封装：
 - V9160（SOP16）
 - V9180（SSOP24）

目录

| | |
|-----------------------|----|
| 特点..... | 2 |
| 目录..... | 3 |
| 表目录..... | 5 |
| 图目录..... | 6 |
| 历史版本..... | 7 |
| 声明..... | 8 |
| 1 引脚排布..... | 9 |
| 2 管脚描述..... | 10 |
| 3 性能参数..... | 11 |
| 4 电源系统..... | 13 |
| 4.1 掉电监测电路..... | 13 |
| 5 复位..... | 14 |
| 5.1 RX 复位..... | 14 |
| 5.2 软件复位..... | 14 |
| 6 通用异步收发器 (UART)..... | 15 |
| 6.1 概述..... | 15 |
| 6.2 通信协议..... | 15 |
| 6.3 读操作..... | 16 |
| 6.4 写操作..... | 18 |
| 6.5 块读操作..... | 19 |
| 7 测量数据处理单元..... | 22 |
| 7.1 概述..... | 22 |
| 7.2 特点..... | 22 |
| 7.3 校表..... | 22 |
| 8 采样数据主动上传..... | 25 |

| | | |
|------|----------------|----|
| 8.1 | 概述..... | 25 |
| 8.2 | 时序和格式..... | 25 |
| 9 | 电能质量处理单元..... | 27 |
| 9.1 | 概述..... | 27 |
| 9.2 | 特征..... | 27 |
| 9.3 | 电压骤升骤降..... | 27 |
| 9.4 | 过压欠压和过流欠流..... | 27 |
| 9.5 | 过零点检测..... | 28 |
| 10 | 信号输出口..... | 30 |
| 10.1 | 概述..... | 30 |
| 10.2 | 功能描述..... | 30 |
| 11 | 罗氏线圈处理..... | 33 |
| 12 | 封装尺寸图..... | 34 |

表目录

| | | |
|-------|---|----|
| 表 1. | 历史版本 | 7 |
| 表 2. | 管脚描述 | 10 |
| 表 3. | 模拟性能参数 | 11 |
| 表 4. | 计量性能参数 | 11 |
| 表 5. | 极限参数 | 11 |
| 表 6. | 功耗 | 12 |
| 表 7. | UART 通讯错误..... | 15 |
| 表 8. | UART 接口时序参数说明 | 16 |
| 表 9. | 读操作 MCU 向 V91XX 发送的命令帧结构（仅列出各字节的数据位 B7:B0） | 17 |
| 表 10. | 读操作 V91XX 向 MCU 发送的应答帧结构（仅列出各字节的数据位 B7:B0） | 17 |
| 表 11. | 写操作 MCU 向 V91XX 发送的命令帧结构（仅列出各字节的数据位 B7:B0） | 18 |
| 表 12. | 写操作 V91XX 向 MCU 发送的应答帧结构（仅列出各字节的数据位 B7:B0） | 19 |
| 表 13. | 块读数据顺序 | 19 |
| 表 14. | 块读操作 MCU 向 V91XX 发送的命令帧结构（仅列出各字节的数据位 B7:B0） | 20 |
| 表 15. | 块读操作 V91XX 向 MCU 发送的应答帧结构（仅列出各字节的数据位 B7:B0） | 20 |
| 表 16. | 角差校正说明 | 23 |
| 表 17. | 采样点数和传输速率关系 | 25 |
| 表 18. | 主动采样数据上传数据格式 | 25 |

图目录

| | | |
|-------|--|----|
| 图 1. | 掉电监测 | 13 |
| 图 2. | UART 通讯时 RX 复位时序图 | 14 |
| 图 3. | 11-Bit 字节数据格式 (LSB 到 MSB) | 15 |
| 图 4. | 读/写操作时外部 MCU 对计量芯片发送的命令帧 (8 个字节) | 15 |
| 图 5. | 计量芯片的 UART 接口接收与发送一个字节帧的时序 | 16 |
| 图 6. | 读操作通讯协议 | 16 |
| 图 7. | 写操作通讯协议 | 18 |
| 图 8. | 块读操作通讯协议 | 20 |
| 图 9. | DMA SPI 传输时序 | 25 |
| 图 10. | 电信号检测示意图 | 27 |
| 图 11. | 电压/电流过零点输出图 | 28 |
| 图 12. | 信号输出口功能框图 | 30 |
| 图 13. | V9160 封装尺寸图 | 34 |
| 图 14. | V9180 封装尺寸图 | 34 |

历史版本

表1. 历史版本

| 日期 | 版本 | 表述 |
|------------|------|--------------------------------|
| 2024.10.22 | V1.0 | 初始版本； |
| 2025.01.21 | V1.1 | 删除 POR 上电复位功能； |
| 2025.04.09 | V1.2 | 修改 RCH 性能参数值； |
| 2025.05.21 | V1.3 | 更正采样数据主动上传采样点数； |
| 2025.06.24 | V1.4 | 增加 V9180 型号； |
| 2025.12.03 | V1.5 | V9180 支持一个周报 64 和 128 点传输波形数据； |

声明

尊敬的用户，在您完整阅读并理解本产品的全部使用说明后，请仔细阅读并充分知悉本公司基于该产品的以下重要提示和声明。

用户应自主承担产品选型、使用及合规性评估责任，并按照产品技术规格书及使用手册要求实施部署。因产品选型、应用场景适配或操作不当引发的直接或间接后果，以及超出使用范围的改装或非授权使用所导致的后果，由用户自行承担。

本产品并非为以下使用目的设计，不适用于以下用途：

- (A) 对安全有特定要求的应用，如生命支持、主动植入装置或对产品功能安全有特殊要求的系统；
- (B) 航空航天应用；
- (C) 环境应用；
- (D) 武器或其他军事装备系统以及核能设施控制系统应用；
- (E) 其他可能造成人身伤害或重大财产损失的应用。

如果用户将产品用于上述用途，不管向本公司发出任何形式的通知或说明，均不构成本公司对用户该行为的明示或默示认可，由此产生的潜在风险、使用后果和法律责任由用户自行承担。

用户购买本产品不构成对本公司对该产品任何知识产权的许可授权，包括但不限于专利、商标、著作权等。产品使用说明中如提及第三方产品信息，仅作参考，不构成本公司对第三方知识产权的背书或保证。

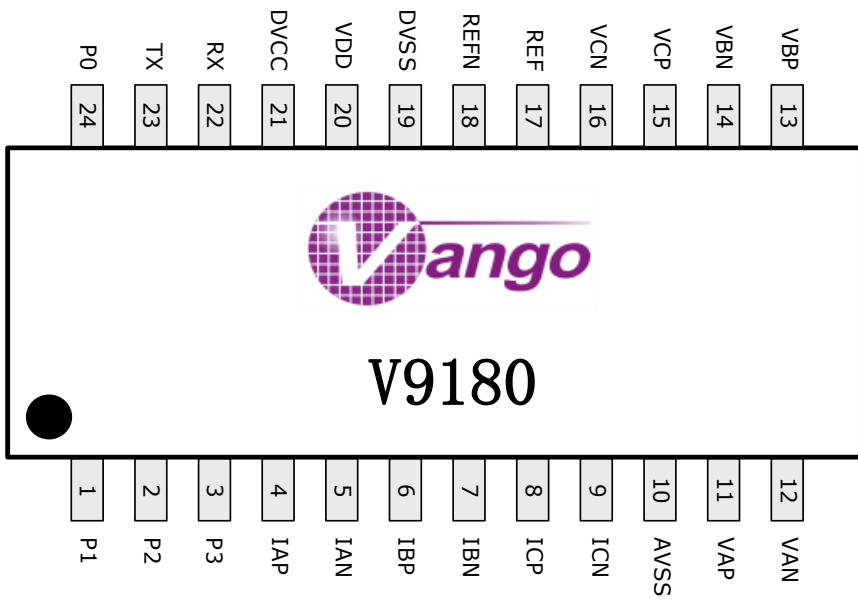
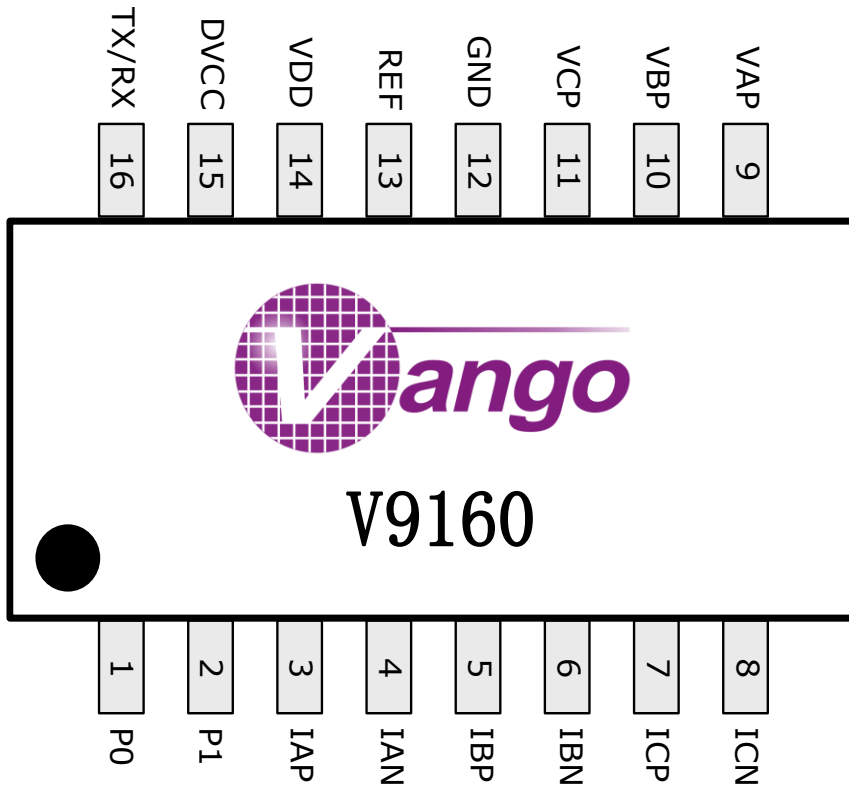
在法律允许的最大范围内，本公司提供的质量保证仅限于产品销售合同约定条款。除明确书面承诺外，本公司不提供任何默示保证（包括但不限于适销性保证、特定用途适用性保证）。对因下列情形导致的损失，本公司不承担赔偿责任：

- (A) 未按产品手册进行操作或维护；
- (B) 擅自更改产品设计参数或运行环境；
- (C) 与其他未经认证的配套设备集成使用；
- (D) 不可抗力或第三方侵权行为。

用户对产品进行二次开发、逆向工程、硬件 / 固件修改或参数调整等行为，可能无法满足原厂性能标准或安全要求，存在导致产品性能不稳定、功能异常、兼容性失效或安全漏洞的风险，本公司不保证其功能完整性、兼容性及长期稳定性，由此将可能导致质量保证、售后服务及技术支持承诺失效。由此引发的产品自身损坏、数据丢失、人身伤害或第三方索赔以及因此衍生的直接或间接经济损失，均由用户自行承担，本公司不承担任何形式的赔偿责任。

本声明的解释与争议解决均以中国法律为准。

1 引脚排布



2 管脚描述

表2. 管脚描述

| 引脚编号 | | Pin 脚名称 | 输入/输出 | 功能 |
|-------|-------|---------|-------|-----------------------------|
| V9160 | V9180 | | | |
| 1 | 24 | P0 | O | 可配置输出 |
| 2 | 1 | P1 | O | 可配置输出 |
| | 2 | P2 | O | 可配置输出 |
| | 3 | P3 | O | 可配置输出 |
| 3 | 4 | IAP | I | 电流 A 通道 P 端输入 |
| 4 | 5 | IAN | I | 电流 A 通道 N 端输入 |
| 5 | 6 | IBP | I | 电流 B 通道 P 端输入 |
| 6 | 7 | IBN | I | 电流 B 通道 N 端输入 |
| 7 | 8 | ICP | I | 电流 C 通道 P 端输入 |
| 8 | 9 | ICN | I | 电流 C 通道 N 端输入 |
| | 10 | AVSS | P | 模拟地 |
| 9 | 11 | VAP | I | 电压 A 通道 P 端输入 |
| | 12 | VAN | I | 电压 A 通道 N 端输入 |
| 10 | 13 | VBP | I | 电压 B 通道 P 端输入 |
| | 14 | VCN | I | 电压 B 通道 N 端输入 |
| 11 | 15 | VCP | I | 电压 C 通道 P 端输入 |
| | 16 | VCN | I | 电压 C 通道 N 端输入 |
| 12 | | GND | P | 地 |
| 13 | 17 | REF | O | 参考电压, REF 和 REFN 之间接 1uF 电容 |
| | 18 | REFN | O | 参考电压地 |
| | 19 | DVSS | P | 数字地 |
| 14 | 20 | VDD | P | 主电源 |
| 15 | 21 | DVCC | O | 数字电源输出 |
| 16 | 22 | RX | I | UART 通信接收 |
| 16 | 23 | TX | O | UART 通信发送 |

3 性能参数

表3. 模拟性能参数

| 参数 | 最小 | 典型 | 最大 | 单位 | 说明 |
|-----------------|--------|------|-------|---------|----|
| 模拟输入信号 | | | | | |
| 单端输入信号 | 电压通道 | -200 | 200 | mV (峰值) | |
| | 电流通道 | -400 | +400 | | |
| 信号带宽 (-3dB) | | 2 | | kHz | |
| 片上基准电压 | | | | | |
| 温度系数 | | 10 | | ppm/°C | |
| 输出电压 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | V | |
| VDD 上电速率 | 3.3V/s | | 1V/ms | | |
| 低电压检测门限 (PWRDN) | 2.7 | 2.8 | 2.9 | V | |
| 回差 | | 30 | | mV | |
| 时钟频率 | | | | | |
| RCH | | 6.5 | | MHz | |

表4. 计量性能参数

| 参数 | 典型 | 单位 | 说明 | |
|-------------------------|------|-----|---------------------|---|
| 全波有功能量计量误差 | 0.2 | % | 动态范围 10000:1 @ 25°C | |
| 全波有功能量计量带宽 | 2 | kHz | | |
| 全波无功能量计量误差 | 0.2 | % | 动态范围 10000:1 @ 25°C | |
| 全波无功能量计量带宽 | 2 | kHz | | |
| 基波有功能量计量误差 | 0.2 | % | 动态范围 10000:1 @ 25°C | |
| 基波有功能量计量带宽 | 65 | Hz | | |
| 基波无功能量计量误差 | 0.2 | % | 动态范围 10000:1 @ 25°C | |
| 基波无功能量计量带宽 | 65 | Hz | | |
| 全波视在能量计量误差 | 0.2 | % | 动态范围 2000:1 @ 25°C | |
| 基波视在能量计量误差 | 0.2 | % | 动态范围 2000:1 @ 25°C | |
| 电压有效值误差 | 0.2 | % | 动态范围 2000:1 @ 25°C | |
| 电压有效值带宽 | 2 | kHz | | |
| 电流有效值误差 | 0.2 | % | 动态范围 2000:1 @ 25°C | |
| 电流有效值带宽 | 2 | kHz | | |
| 数字 IO | | | | |
| 驱动能力 | | 4 | mA | |
| 输出高电平, V _{OH} | 2.4 | | V | |
| 输出低电平 V _{OL} | | 0.4 | V | |
| 输入高电平, V _{INH} | 2.0 | 3.6 | V | |
| 输入低电平, V _{INL} | -0.3 | 0.8 | V | |
| 电源输入 | | | | |
| AVDD | 3.0 | 3.3 | 3.6 | V |
| 数字电源输出 (DVCC) | | | | |
| 电压 | | 1.2 | V | |

表5. 极限参数

| 参数 | 最小 | 典型 | 最大 | 单位 | 说明 |
|-------------|------|----|------|----|------|
| 模拟电源电压 AVDD | -0.3 | | 3.63 | V | 相对于地 |

| | | | | | |
|------------|------|--|----------|----|------|
| 电流采样通道输入电压 | -0.4 | | AVDD+0.3 | V | 相对于地 |
| 电压采样通道输入电压 | -0.2 | | AVDD+0.3 | V | 相对于地 |
| 工作温度 | -40 | | +105 | °C | |
| 存储温度 | -55 | | +150 | °C | |

表6. 功耗

| 工作模式/电路模块 | 功耗 | 单位 | 说明 |
|-----------|-----|----|---|
| 正常工作模式 | 8.5 | mA | 系统时钟频率为 26.2144MHz，ADC 时钟频率为 6.5536MHz，开启 A/B/C 三相电压/电流通道 ADC 时的芯片消耗电流数据。 |

4 电源系统

V91XX 电源系统有以下几个特点：

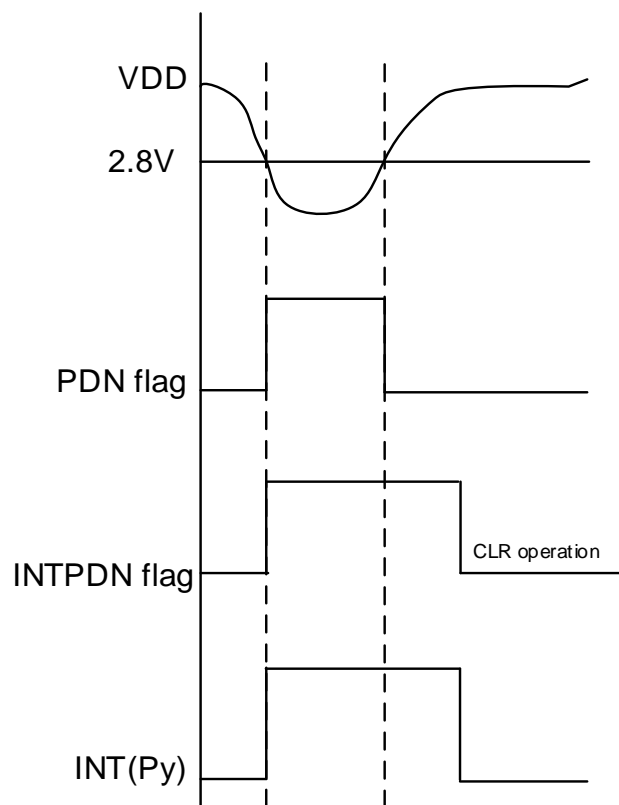
- 3.3V 电源供电，电压输入范围：2.8~3.6V；
- 支持掉电监测；

4.1 掉电监测电路

V91XX 内置掉电监测电路，可以实时监测引脚 VDD 的输入信号。当 VDD 引脚上的电平低于 2.8V 时，产生掉电中断。此时计量精度无法保证，仍可正常通讯。

掉电监测电路始终工作。

图1. 掉电监测



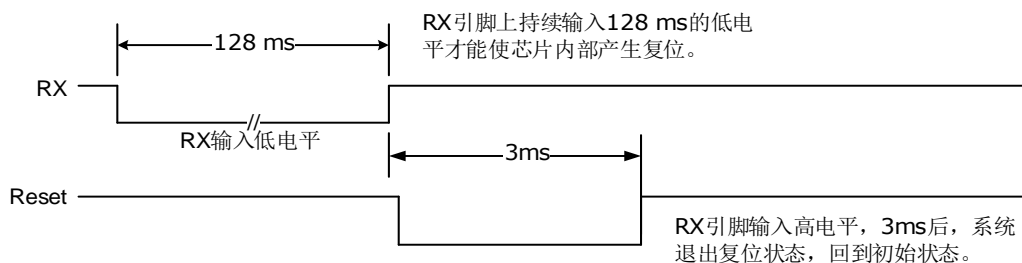
5 复位

5.1 RX 复位

当“RX”引脚持续输入 128 ms 的低电平时，芯片内部会产生复位。之后，“RX”引脚输入高电平大于 3ms 完成芯片复位。

注意：芯片上电后需做一次 RX 复位操作。

图2. UART 通讯时 RX 复位时序图



5.2 软件复位

运行软复位函数可以使芯片内部产生复位，1ms 后完成复位。

系统通信正常才可执行软件复位函数。

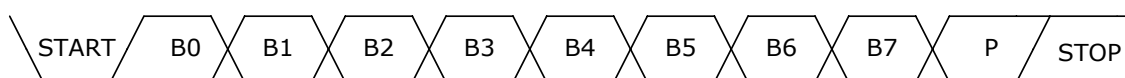
6 通用异步收发器 (UART)

6.1 概述

V91XX 支持 UART 通信。

V91XX UART 是一个带奇校验的标准 8 位 UART。UART 采用低字节先发，低位先发。下图是一个 UART 字节的标准格式。

图3. 11-Bit 字节数据格式 (LSB 到 MSB)



UART 协议是一个半双工协议，MCU 发送命令结束之后 1ms（与系统时钟的准确度有关），V91XX 才会上传数据。

UART 支持波特率自适应，推荐使用 1200bps~19200bps 的波特率。V91XX 通过接收到的第一个帧头来自动适应通信波特率。该波特率也会通过接下来的通信进行微调。如果通信波特率变动较大，则需要重新进行波特率自适应。

V91XX 支持连续写的通信命令，这个模式可节省参数配置时间。

在下面条件下，V91XX 的 UART 接收会被停止。

表7. UART 通讯错误

| 编号 | 条件 | UART_ERR 置 1 |
|----|--|--------------|
| 1 | UART 接收的帧头错误。 | 否 |
| 2 | UART 接收超时，连续两个字节的時間间隔大于 20ms（与系统时钟的准确度有关）。 | 是 |
| 3 | UART 接收的奇校验位错误。 | 是 |
| 4 | UART 接收的校验和字节错误。 | 是 |

6.2 通信协议

外部 MCU 对 V91XX 进行读/写操作均需要发送一个由 8 个字节组成的命令帧（结构如下图所示）。

图4. 读/写操作时外部 MCU 对计量芯片发送的命令帧（8 个字节）

| | | | | | | | |
|----|------|------|-------|-------|-------|-------|------|
| 帧头 | 控制字节 | 地址字节 | 数据字节0 | 数据字节1 | 数据字节2 | 数据字节3 | 校验字节 |
|----|------|------|-------|-------|-------|-------|------|

进行读/写操作时，在收到外部 MCU 发送的命令帧后，V91XX 会针对不同的操作向外部 MCU 发送不同结构的应答帧。

下图是 V91XX 的 UART 接口 (RX 和 TX) 接收与发送一个字节帧的时序。

图5. 计量芯片的 UART 接口接收与发送一个字节帧的时序

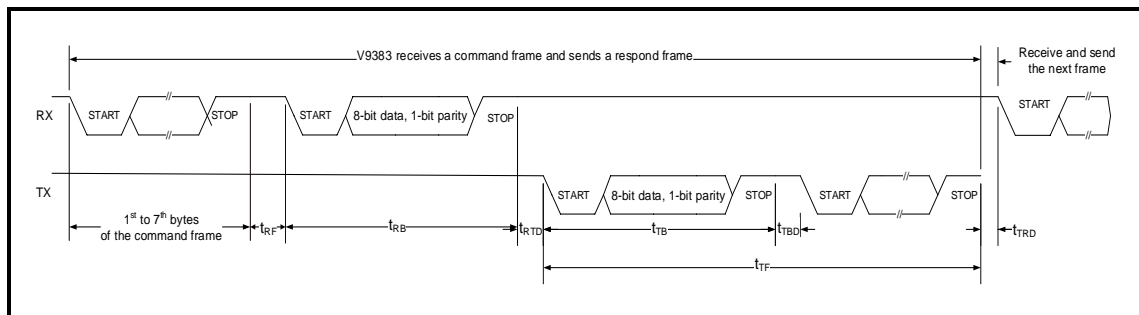


表8. UART 接口时序参数说明

| 时序参数 | 说明 |
|-----------|---|
| t_{RB} | RX 引脚接收完一个字节实际所需的时间。 $T_{RB} = \frac{11}{\text{baudrate}}$ 其中，baudrate 为 UART 接口实际的波特率。 |
| t_{RF} | $t_{RF} = 20\text{ms}$ 如果 RX 引脚接收一个命令帧，该命令帧中的字节间，存在大于等于 20ms 的时间间隔，则认为发生字节超时。发生超时后，UART 接口进入 IDLE 模式，等待下一个命令帧。 |
| t_{RTD} | RX 引脚完成一个命令帧的接收与 TX 引脚开始发送应答帧之间的延时。 $1\text{ms} \leq t_{RTD} \leq 20\text{ms}$ 注意：广播写操作时，不发送应答帧。外部 MCU 对计量芯片进行连续两次广播写操作之间，建议至少等待 1ms。 |
| t_{TF} | TX 引脚发送一个应答帧实际所需的时间。进行读操作或写操作时， t_{TF} 由读操作与写操作的应答帧的结构决定。 |
| t_{TB} | 计量芯片的 TX 引脚发送完一个字节实际所需的时间。 $T_{TB} = \frac{11}{\text{baudrate}}$ 其中，baudrate 为 UART 接口实际的波特率。 |
| t_{TBD} | 计量芯片的 TX 引脚发送的一个应答帧里连续两个字节之间的延时。 $0\text{ms} \leq t_{TBD} \leq 20\text{ms}$ |
| t_{TRD} | 计量芯片的 TX 引脚完成一个应答帧的发送与 RX 引脚开始接收下一个命令帧之间的延时。 建议大于 1ms。 |

6.3 读操作

- 支持对 1~16 个地址连续的寄存器进行读操作。
- V91XX 会应答。

图6. 读操作通讯协议



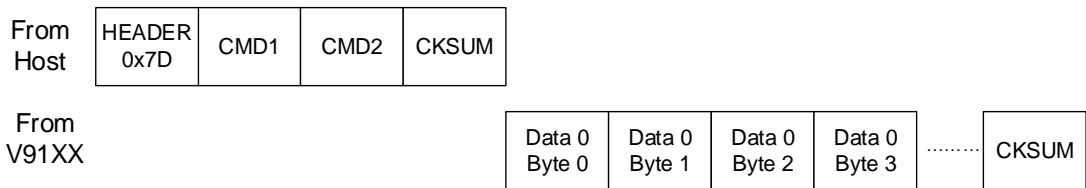


表9. 读操作 MCU 向 V91XX 发送的命令帧结构 (仅列出各字节的数据位 B7:B0)

| 顺序 | 字节 | B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|----|--------|--|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | HEADER | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 2 | CMD1 | 读操作长度选择 (N) 0: 读 1 个 32 Bits 数据。 1: 读 2 个 32 Bits 数据。 ... 15: 读 16 个 32 Bits 数据。 | | | | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 3 | CMD2 | 读操作起始地址 (D ₀) | | | | | | | |
| 4 | CKSUM | 校验和。计算方法: 将 CMD1 和 CMD2 按照字节累加并对累加和进行取反操作再加 0x33 后得到。公式如下: CKSUM = 0x33 + ~(CMD1 + CMD2) | | | | | | | |

表10. 读操作 V91XX 向 MCU 发送的应答帧结构 (仅列出各字节的数据位 B7:B0)

| 顺序 | 字节 | B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---|------------------|--|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | Data 0 Byte 0 | 从寄存器 (地址 D ₀) 读出的目标数据的 Bit[7:0] | | | | | | | |
| 2 | Data 0 Byte 1 | 从寄存器 (地址 D ₀) 读出的目标数据的 Bit[15:8] | | | | | | | |
| 3 | Data 0 Byte 2 | 从寄存器 (地址 D ₀) 读出的目标数据的 Bit[23:16] | | | | | | | |
| 4 | Data 0 Byte 3 | 从寄存器 (地址 D ₀) 读出的目标数据的 Bit[31:24] | | | | | | | |
| ... | ... | ... | | | | | | | |
| 4xN+1 | Data N Byte 0 | 从寄存器 (地址 D _N =D ₀ +N) 读出的目标数据的 Bit[7:0] | | | | | | | |
| 4xN+2 | Data N Byte 1 | 从寄存器 (地址 D _N =D ₀ +N) 读出的目标数据的 Bit[15:8] | | | | | | | |
| 4xN+3 | Data N Byte 2 | 从寄存器 (地址 D _N =D ₀ +N) 读出的目标数据的 Bit[23:16] | | | | | | | |
| 4xN+4 | Data N Byte 3 | 从寄存器 (地址 D _N =D ₀ +N) 读出的目标数据的 Bit[31:24] | | | | | | | |
| 4xN+5 | CKSUM | 校验和。计算方法: 将上述 4x(N+1) 个目标数据字节 (Data 0~N Byte 0~3, 来自 V91XX) 与 CMD1 和 CMD2 (来自 MCU) 按照字节累加并对累加和进行取反操作再加 0x33 后得到。公式如下: CKSUM = 0x33 + ~(CMD1 + CMD2 + Data 0 Byte 0 + Data 0 Byte 1 + Data 0 Byte 2 + Data 0 Byte 3 + + Data N Byte 0 + Data N Byte 1 + Data N Byte 2 + Data N Byte 3) | | | | | | | |
| 读操作长度 N 等于 0 时, V91XX 只会向 MCU 发送 5 个字节的应答帧。 | | | | | | | | | |

6.4 写操作

- 支持对 1~16 个地址连续的寄存器进行写操作。
- V91XX 会应答。

图7. 写操作通讯协议

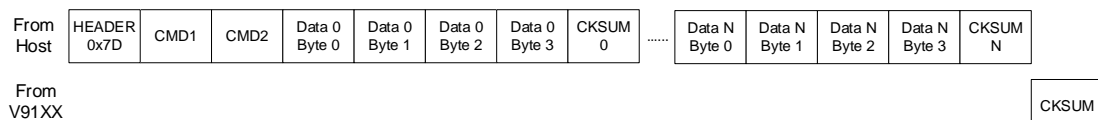


表11. 写操作 MCU 向 V91XX 发送的命令帧结构 (仅列出各字节的数据位 B7:B0)

| 顺序 | 字节 | B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|-------|---------------|--|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | HEADER | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 2 | CMD1 | 写长度选择 (N) 0: 写 1 个 32 Bits 数据。 1: 写 2 个 32 Bits 数据。 ... 15: 写 16 个 32 Bits 数据。 | | | | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 3 | CMD2 | 写操作起始地址 (D ₀) | | | | | | | |
| 4 | Data 0 Byte 0 | 写入寄存器 (地址 D ₀) 的目标数据的 Bit[7:0] | | | | | | | |
| 5 | Data 0 Byte 1 | 写入寄存器 (地址 D ₀) 的目标数据的 Bit[15:8] | | | | | | | |
| 6 | Data 0 Byte 2 | 写入寄存器 (地址 D ₀) 的目标数据的 Bit[23:16] | | | | | | | |
| 7 | Data 0 Byte 3 | 写入寄存器 (地址 D ₀) 的目标数据的 Bit[31:24] | | | | | | | |
| 8 | CKSUM 0 | 校验和 0。计算方法: 将上述 4 个目标数据字节 (Data 0 Byte 0~3) 与 CMD1 和 CMD2 按照字节累加并对累加和进行取反操作再加 0x33 后得到。公式如下: $CKSUM\ 0 = 0x33 + \sim(CMD1 + CMD2 + Data\ 0\ Byte\ 0 + Data\ 0\ Byte\ 1 + Data\ 0\ Byte\ 2 + Data\ 0\ Byte\ 3)$ | | | | | | | |
| ... | ... | ... | | | | | | | |
| 5xN+4 | Data N Byte 0 | 写入寄存器 (地址 D _N =D ₀ +N) 的目标数据的 Bit[7:0] | | | | | | | |
| 5xN+5 | Data N Byte 1 | 写入寄存器 (地址 D _N =D ₀ +N) 的目标数据的 Bit[15:8] | | | | | | | |
| 5xN+6 | Data N Byte 2 | 写入寄存器 (地址 D _N =D ₀ +N) 的目标数据的 Bit[23:16] | | | | | | | |
| 5xN+7 | Data N Byte 3 | 写入寄存器 (地址 D _N =D ₀ +N) 的目标数据的 Bit[31:24] | | | | | | | |
| 5xN+8 | CKSUM N | 校验和 N (来自 MCU)。计算方法: 将上述 4x(N+1) 个目标数据字节 (Data 0~N Byte 0~3) 与 CMD1 和 CMD2 按照字节累加并对累加和进行取反操作再加 0x33 后得到。公式如下: $CKSUM\ N = 0x33 + \sim(CMD1 + CMD2 + Data\ 0\ Byte\ 0 + Data\ 0\ Byte\ 1 + Data\ 0\ Byte\ 2 + Data\ 0\ Byte\ 3 + \dots + Data\ N\ Byte\ 0 + Data\ N\ Byte\ 1 + Data\ N\ Byte\ 2 + Data\ N\ Byte\ 3)$ | | | | | | | |

写操作长度 N 等于 0 时，MCU 只需要向 V91XX 发送前 8 个字节的命令帧。

表12. 写操作 V91XX 向 MCU 发送的应答帧结构（仅列出各字节的数据位 B7:B0）

| 顺序 | 字节 | B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|----|-------|---|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | CKSUM | 校验和（来自 V91XX）。用于检验写操作是否成功。 CKSUM 与 CKSUM N（来自 MCU）相等，则本次写操作成功。 CKSUM 与 CKSUM N（来自 MCU）不相等，则本次写操作失败。 | | | | | | | |

6.5 块读操作

为了方便用户一次性读取所需要的数据，提高通信效率，V91XX 提供固定的连续读功能。

特点如下：

- 支持对固定的地址不连续的寄存器进行块读操作。
- 当前相位测量模式为单次相位测量模式时，在 UART 块读结束之后，自动触发一次单次相位测量
- V91XX 会应答。
- 块读寄存器的固定返回数据顺序如下表所示

表13. 块读数据顺序

| 序号 | 数据项 |
|----|--------------|
| 0 | A 相全波平均有功功率值 |
| 1 | B 相全波平均有功功率值 |
| 2 | C 相全波平均有功功率值 |
| 3 | A 相全波平均无功功率值 |
| 4 | B 相全波平均无功功率值 |
| 5 | C 相全波平均无功功率值 |
| 6 | A 相全波平均视在功率值 |
| 7 | B 相全波平均视在功率值 |
| 8 | C 相全波平均视在功率值 |
| 9 | A 相全波平均电压有效值 |
| 10 | B 相全波平均电压有效值 |
| 11 | C 相全波平均电压有效值 |
| 12 | A 相全波平均电流有效值 |
| 13 | B 相全波平均电流有效值 |
| 14 | C 相全波平均电流有效值 |
| 15 | A 相全波平均频率值 |
| 16 | B 相全波平均频率值 |
| 17 | C 相全波平均频率值 |
| 18 | B 相电压相角 |
| 19 | C 相电压相角 |
| 20 | A 相电流相角 |
| 21 | B 相电流相角 |
| 22 | C 相电流相角 |
| 23 | 芯片状态寄存器 STS1 |

| | |
|----|---------------------|
| 24 | 波特率测量值 DAT_BAUDCNT8 |
|----|---------------------|

图8. 块读操作通讯协议

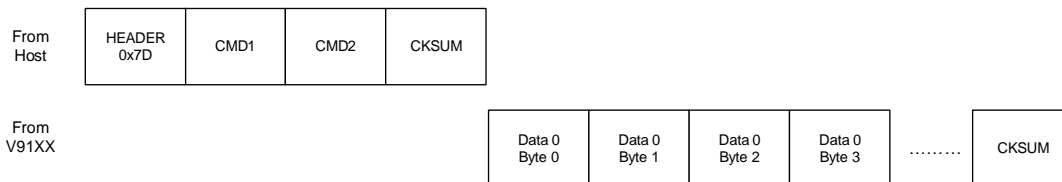


表14. 块读操作 MCU 向 V91XX 发送的命令帧结构 (仅列出各字节的数据位 B7:B0)

| 顺序 | 字节 | B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|----|--------|--|----|----|---|----|----|----|----|
| 1 | HEADER | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 2 | CMD1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 3 | CMD2 | 0 | 0 | 0 | 块读操作的起始序号选择 (M) 例如: 若 M=3, 第一个返回的数据为 A 相全波平均无功功率值。 若 M=0, 第一个返回的数据为 A 相全波平均有功功率值。 | | | | |
| 4 | CKSUM | 校验和。计算方法: 将 CMD1 和 CMD2 按照字节累加并对累加和进行取反操作再加 0x33 后得到。公式如下: $CKSUM = 0x33 + \sim(CMD1 + CMD2)$ | | | | | | | |

表15. 块读操作 V91XX 向 MCU 发送的应答帧结构 (仅列出各字节的数据位 B7:B0)

| 顺序 | 字节 | B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|-------|---------------|--|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | Data 0 Byte 0 | 从块读寄存器序号 M 读出的目标数据的 Bit[7:0] | | | | | | | |
| 2 | Data 0 Byte 1 | 从块读寄存器序号 M 读出的目标数据的 Bit[15:8] | | | | | | | |
| 3 | Data 0 Byte 2 | 从块读寄存器序号 M 读出的目标数据的 Bit[23:16] | | | | | | | |
| 4 | Data 0 Byte 3 | 从块读寄存器序号 M 读出的目标数据的 Bit[31:24] | | | | | | | |
| ... | ... | ... | | | | | | | |
| 4xN+1 | Data N Byte 0 | 从块读寄存器序号(M+N)读出的目标数据的 Bit[7:0] | | | | | | | |
| 4xN+2 | Data N Byte 1 | 从块读寄存器序号(M+N)读出的目标数据的 Bit[15:8] | | | | | | | |
| 4xN+3 | Data N Byte 2 | 从块读寄存器序号(M+N)读出的目标数据的 Bit[23:16] | | | | | | | |
| 4xN+4 | Data N Byte 3 | 从块读寄存器序号(M+N)读出的目标数据的 Bit[31:24] | | | | | | | |
| 4xN+5 | CKSUM | 校验和。 计算方法: 将上述 4x(N+1)个目标数据字节 (Data 0~N Byte 0~3, 来自 V91XX) 与 CMD1 和 CMD2 (来自 MCU) 按照字节累加并对累加和进行取反操作再加 0x33 后得到。公式如下: $CKSUM = 0x33 + \sim(CMD1 + CMD2 + Data\ 0\ Byte\ 0 + Data\ 0\ Byte\ 1 + Data\ 0\ Byte\ 2 + Data\ 0\ Byte\ 3 + \dots + Data\ N\ Byte\ 0 + Data\ N\ Byte\ 1 + Data\ N\ Byte\ 2 + Data\ N\ Byte\ 3)$ | | | | | | | |

| 顺序 | 字节 | B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|--|----|--|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 0 + Data N Byte 1 + Data N Byte 2 + Data N Byte 3) | | | | | | | |
| 读操作序号大于等于 24 时，V91XX 只会向 MCU 发送 5 个字节的应答帧。 | | | | | | | | | |

7 测量数据处理单元

7.1 概述

测量数据处理单元主要用于计算全波和基波有功功率、全波和基波无功功率、全波和基波视在功率、全波和基波有效值、全波和基波合相功率、线电压，并提供电网事件监测功能。

提供原始波形数据，波形数据可通过 DMA 输出。

7.2 特点

- 支持 3 路电压和 3 路电流同时计量。
- 提供各种测量数据：
 - 6 路电压/电流信号原始波形（22-bit），DMA 模式输出
 - 6 路电压/电流信号直流分量合相和各相全波/基波电压/电流有效值和有功/无功/视在功率
 - 3 路线电压
 - 频率/相位/功率因数
 - 各相之间线电压测量数据
- 全波带宽可选。
- 支持软件校表：
 - 支持波形前校准
 - 支持全波/基波的有功功率和无功功率和基波有功功率比差校正和二次补偿（offset 校正）
- 平均功率值或平均有效值的刷新时间可选
- 提供 10 个周波或 12 个周波的平均有效值用于电压闪变检测。
- 支持电压骤升骤降、过压欠压、过流欠流判断。

7.3 校表

7.3.1 角差校正

角差校正值为：

$$N = \text{Round}(C \times E)$$

其中：

C 为角差校正常数系数；

N 为写入角差校正相关寄存器的值，带符号。用二进制补码表示。

E 为台体显示的误差。

表16. 角差校正说明

| MODE | 校准精度 (度) | 校准范围 (度) |
|------|------------------|-------------------|
| 0x00 | 0.00274658203125 | ±1.93084716796875 |

对于 MODE=0x00, 0~63 范围内偏移, 精调精度 0.00274658203125°, 精调范围 ±0.17303466796875° ;对于中调,0-3 范围偏移,中调精度 0.3515625° ,中调范围 ±1.0546875° ;对于粗调,0-1 范围偏移,粗调精度 0.703125° 粗调范围 ±0.703125° 。

IA 角差校正值 = 待校正角度/校准精度

IB 角差校正值 = 待校正角度/校准精度

IA 角差校正值和 IB 角差校正值以补码形式组合后写入角差校正寄存器。

7.3.2 比差校正

$$S = 2^{31} \left(\frac{1}{1+e} - 1 \right) + S1 \left(\frac{1}{1+e} \right)$$

其中:

S: 写入有效值/功率比差校正寄存器的值，二进制补码；

S1: 原始比差值，即未校正有效值/功率比差校正寄存器显示的原始值，二进制补码；

e: 误差，进行功率比差校正时，e 为台体显示的误差值 (E)。

7.3.3 功率小信号校正

$$C = -E \times P \times a\%$$

其中:

E: 当功率因数为 1.0 时，向校表台体通 a%lb 时台体显示的误差；

P: 功率寄存器的值。

7.3.4 频率测量

频率测量是对基波信号进行过零检测和计数。每当发生正向过零事件时，锁存当前计数值为瞬时频率测量值（1 个周波点数），并根据配置决定是否将计数器重置为 1，重新进行计数，若直接重置则为瞬时频率测量值，否则为平均频率测量值。

瞬时频率测量值通过配置寄存器计数器进行累积，可以得到任意要求的周波数的平均频率。



$$f = \text{result_freq} \times (\text{cfg_frq_unit_sel} + 1) / f_clk$$

其中，

f_clk: 系统时钟频率。

result_freq: 输出频率计数结果

cfg_frq_unit_sel: 测量频率平均周期选择

8 采样数据主动上传

8.1 概述

V91XX 支持 DMA 模式的数据传输方式，并通过 SPI 协议主机模式向外部 MCU 发送最大 6 路原始采样数据。数据上传速率根据采样点数的不同而不同。在开启采样数据主动上传功能前，需要打开对应通道的采样数据上传开关，每一路通道之间的开关都是独立的。通过 IO 配置主动采样数据上传 IO 口 P0/ P1。

表17. 采样点数和传输速率关系

| 采样点数 | 传输速率 |
|----------|------------|
| 512 点/周波 | 主频 1/2 分频 |
| 256 点/周波 | 主频 1/4 分频 |
| 128 点/周波 | 主频 1/8 分频 |
| 64 点/周波 | 主频 1/16 分频 |

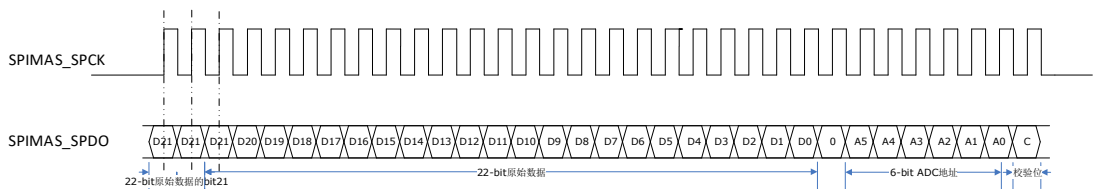
其中，V9160 支持 256/512 点/周波采样点数，V9180 支持 64/128/256/512 点/周波采样点数。

V91XX 采样数据上传触发方式支持命令触发和事件触发，事件触发包括以下所有情况 UA/ UB/ UC 骤升骤降事件，UA/ UB/ UC 的过压欠压事件，IA/ IB/ IC 的过流欠流事件。

8.2 时序和格式

V91XX 可通过 DMA SPI 接口向外围器件传输信号的原始采样数据。SPI 极性和相位可配置，当极性为 0、相位为 0 的时候传输时序如下图：

图9. DMA SPI 传输时序



传输方式：一次完成 32-Bit 数据的传送，每次传输的数据帧格式如下表所示：

表18. 主动采样数据上传数据格式

| Bit | 内容 |
|-----|----|
|-----|----|

| | |
|------|------------------------------------|
| 31 | 同 Bit29 值 |
| 30 | 同 Bit29 值 |
| 29:8 | 各通道 ADC 信号原始采样数据, 22-Bit |
| 7 | 0 |
| 6 | 指示当前采样数据是否来自 UA 通道 0: 否 1: 是 |
| 5 | 指示当前采样数据是否来自 IA 通道 0: 否 1: 是 |
| 4 | 指示当前采样数据是否来自 UB 通道 0: 否 1: 是 |
| 3 | 指示当前采样数据是否来自 IB 通道 0: 否 1: 是 |
| 2 | 指示当前采样数据是否来自 UC 通道 0: 否 1: 是 |
| 1 | 指示当前采样数据是否来自 IC 通道 0: 否 1: 是 |
| 0 | 奇偶校验位, 校验范围为前 31 位 |

9 电能质量处理单元

9.1 概述

电能质量处理单元主要包括电压/电流的过压、过流、欠压、欠流的检测以及电压通道的骤升骤降的检测。

9.2 特征

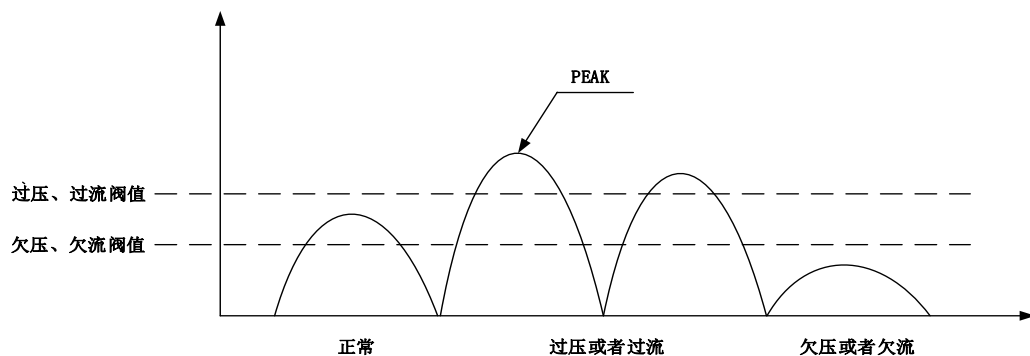
- 骤升/骤降
 - 检测 A、B、C 三相电压瞬时有效值的骤升和骤降
 - 产生电压有效值的骤升和骤降的标志位以及中断，和骤升骤降结束标志位以及中断
 - 记录最大骤升和骤降的时间
 - 最大骤升和骤降时的值记录
- 过压/欠压/过流/欠流
 - 实现瞬时值电流过流和欠流检测以及瞬时电压的过压和欠压检测
 - 实现过压欠压过流欠流的标志位和中断

9.3 电压骤升骤降

V91XX 可以通过编程的方式来指示三路电压通道的骤升骤降。

9.4 过压欠压和过流欠流

图10. 电信号检测示意图



超上限阈值采样点数：比如设置值为 4，表示如果半个周波采样点中有大于 4 个点超过阈值，则认为该半周波波形超限。

超上限阈值半周波数：比如设置为 2，表示如果连续有两个半周波都超限，则认为过压或者过流事件发生。

低于下限阈值采样点数：比如设置为 4，如果发现半个周波采样点中小于或等于 4 个点高于下限阈值，则认为该半波低于下限。

低于下限值半波数：比如设置为 2，表示如果连续有两个半周波都低于下限，则认为欠压或者欠流事件发生。

9.5 过零点检测

V91XX 支持 3 路电压通道过零点检测和 3 路电流通道过零点检测，可选择过零点方向。当电压/电流通道信号发生过零点事件时，电压过零点标志位/电流过零点标志位会置 1。用户需要写 1 清零。

使能电压/电流过零点中断输出时，通过配置 IO 配置电压/电流过零点中断输出。引脚 Px 的输出电平自动根据电压过零点标志位/电流过零点标志位翻转。

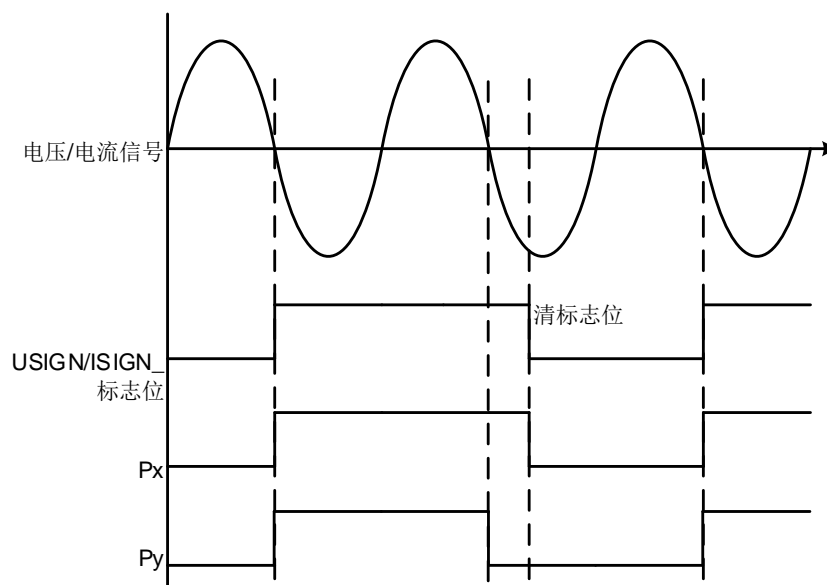
过零点检测精度与采样点数选择有关，如果是一个周波 256 点，则精度为 360/256。

通过配置 IO 配置电压/电流过零点输出方波。引脚 Py 的输出电平自动根据电压/电流过零点状态实时翻转。每发生一次过零点事件，IO 口翻转一次，由于过零方波经过带通滤波器，因此输出和输入之间会有相位迟滞，延迟时间为 8ms 左右（与基波频率有关）。

当进行电压/电流过零点检测时，系统将同时提供电压/电流阈值检测功能，系统将自动对比电压/电流瞬时有效值是否超过阈值，如果未超过阈值，将被判定为无效输入，电压/电流过零点的中断输出和过零点输出都将被屏蔽，直到电压/电流瞬时有效值超过阈值。

下图配置为使能过零点中断输出，过零点检测方式选择为负向过零点时，电压过零点标志位/电流过零点标志位、过零点中断输出以及过零点输出方波波形。

图11. 电压/电流过零点输出图



10 信号输出口

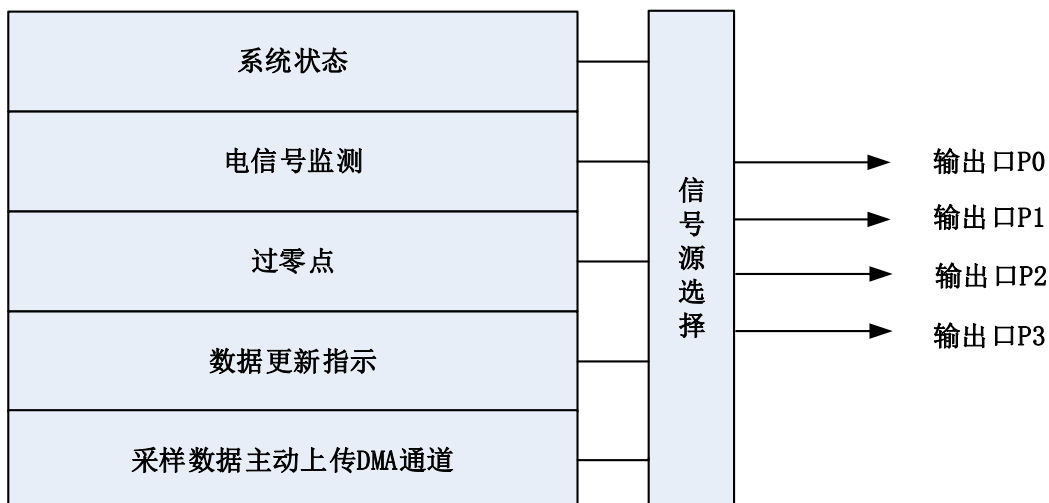
10.1 概述

V91XX 最多提供 4 个输出信号（P0~P3）用于映射内部的输出信号源。

10.2 功能描述

4 个信号输出口可以配置为采样数据主动上传 DMA 通道接口、过零点方波以及四大种类中断输出。信号输出口可以设置为输出某个单独信号，也可以设置为输出某几类中断信号。

图12. 信号输出口功能框图



说明：

1. 作为中断事件输出口时，输出口默认为低电平输出，如果事件发生，则输出高电平，直到用户清除事件标志位，输出状态才恢复默认电平。
2. 当作为过零点方波输出时，输出口默认为低电平输出，如果配置为正向过零点，则当信号从负信号过渡到正信号时，IO 口翻转。
3. 当作为 DMA 输出口时，使用 SPI 协议，需要用户选择 SPCK、SPDO 口。
4. IO 输出配置有 8bit，输出的中断类型根据以下表格确认

| Bit6~Bit3 | Bit2~Bit0 | 功能 |
|-----------|-----------|-----|
| 0 | 0 | 高阻态 |
| 0 | 1 | 高阻态 |
| 0 | 2 | 高阻态 |
| 0 | 3 | 高阻态 |
| 0 | 4 | 高阻态 |

| | | |
|---|---|-----------------------------|
| 0 | 5 | 高阻态 |
| 0 | 6 | UA 电压骤降中断 |
| 0 | 7 | UA 电压骤升中断 |
| 1 | 0 | UB 电压骤降中断 |
| 1 | 1 | UB 电压骤升中断 |
| 1 | 2 | UC 电压骤降中断 |
| 1 | 3 | UC 电压骤升中断 |
| 1 | 4 | UA 电压骤降结束中断 |
| 1 | 5 | UA 电压骤升结束中断 |
| 1 | 6 | UB 电压骤降结束中断 |
| 1 | 7 | UB 电压骤升结束中断 |
| 2 | 0 | UC 电压骤降结束中断 |
| 2 | 1 | UC 电压骤升结束中断 |
| 2 | 2 | UA 过压中断 |
| 2 | 3 | UA 欠压中断 |
| 2 | 4 | UB 过压中断 |
| 2 | 5 | UB 欠压中断 |
| 2 | 6 | UC 过压中断 |
| 2 | 7 | UC 欠压中断 |
| 3 | 0 | IA 过流中断 |
| 3 | 1 | IA 欠流中断 |
| 3 | 2 | IB 过流中断 |
| 3 | 3 | IB 欠流中断 |
| 3 | 4 | IC 过流中断 |
| 3 | 5 | IC 欠流中断 |
| 3 | 7 | UART 错误中断 |
| 4 | 0 | 采样数据主动上传完成中断 |
| 4 | 1 | 检验和错误中断 |
| 4 | 3 | Reference 错误中断 |
| 4 | 4 | Bist 错误中断 |
| 4 | 5 | UA 过零点中断 |
| 4 | 6 | UB 过零点中断 |
| 4 | 7 | UC 过零点中断 |
| 5 | 0 | IA 过零点中断 |
| 5 | 1 | IB 过零点中断 |
| 5 | 2 | IC 过零点中断 |
| 5 | 6 | 采样数据更新中断 |
| 5 | 7 | 瞬时有效值更新中断 |
| 6 | 0 | 平均有效值更新中断 |
| 6 | 1 | 瞬时功率更新中断 |
| 6 | 2 | 平均功率更新中断 |
| 6 | 3 | 掉电中断 |
| 6 | 4 | 高阻态 |
| 6 | 7 | 相序检测错误中断 |
| 7 | 1 | 采样数据主动上传 SPI 时钟 SPIMAS_SPCK |
| 7 | 2 | 采样数据主动上传 SPI 数据 SPIMAS_SPDO |
| 7 | 3 | UA 断相中断 |
| 7 | 4 | UB 断相中断 |
| 7 | 5 | UC 断相中断 |
| 7 | 6 | 1 类中断 |

| | | |
|----|----|----------------|
| 7 | 7 | 2类中断 |
| 8 | 0 | 3类中断 |
| 8 | 1 | 4类中断 |
| 8 | 2 | 1类中断和2类中断 |
| 8 | 3 | 1类中断和3类中断 |
| 8 | 4 | 1类中断和4类中断 |
| 8 | 5 | 2类中断和3类中断 |
| 8 | 6 | 2类中断和4类中断 |
| 8 | 7 | 3类中断和4类中断 |
| 9 | 0 | 1类中断和2类中断和3类中断 |
| 9 | 1 | 1类中断和2类中断和4类中断 |
| 9 | 2 | 2类中断和3类中断和4类中断 |
| 9 | 3 | 1、2、3、4类中断 |
| 10 | 1 | UA 过零点缺失中断 |
| 10 | 2 | UB 过零点缺失中断 |
| 10 | 3 | UC 过零点缺失中断 |
| 10 | 4 | IA 过零点缺失中断 |
| 10 | 5 | IB 过零点缺失中断 |
| 10 | 6 | IC 过零点缺失中断 |
| 其他 | 其他 | 高阻 |

其中，IO口在不配置时（即全0，或其他未定义的配置），输出高阻。

1类中断：电流过零点中断、电压过零点中断。

2类中断：采样数据刷新中断、瞬时有效值刷新中断、平均有效值刷新中断、瞬时功率值刷新中断、平均功率值刷新中断、主动采样数据上传完成中断。

3类中断：电流通道欠流中断、电流通道过流中断、电压通道欠压中断、电压通道过压中断、电压骤降中断、电压骤升中断、电压骤降结束中断、电压骤升结束中断、UA断相中断、UB断相中断、UC断相中断，UA/UB/UC/IA/IB/IC过零点缺失中断。

4类中断：UART通信错误中断、参数自检错误中断、掉电中断、Reference错误中断、RAM自检错误中断、相序检测错误中断。

11 罗氏线圈处理

当外部采样电路采用罗氏线圈的方式时，需要对输入的电流信号进行积分处理，才能真正还原采样的电流信号，

罗氏线圈的感应电压与被测电流的关系如下：

$$U_{\text{out}} = M \frac{di}{dt}$$

M 表示电流对时间的微分与被测电压成正比关系，通过调整 M 的取值（线圈匝数，种类等），Uout 控制在合理的范围内(ADC 的 1%-100%量程)，可以得到较为准确的结果，将输出的电压再次进行积分就可以得到待测量的电流，同时罗氏线圈输出的电压应与电压通道呈 90° 相位关系(罗氏输出的线圈电压滞后电压通道 90°)。

12 封装尺寸图

图13. V9160 封装尺寸图

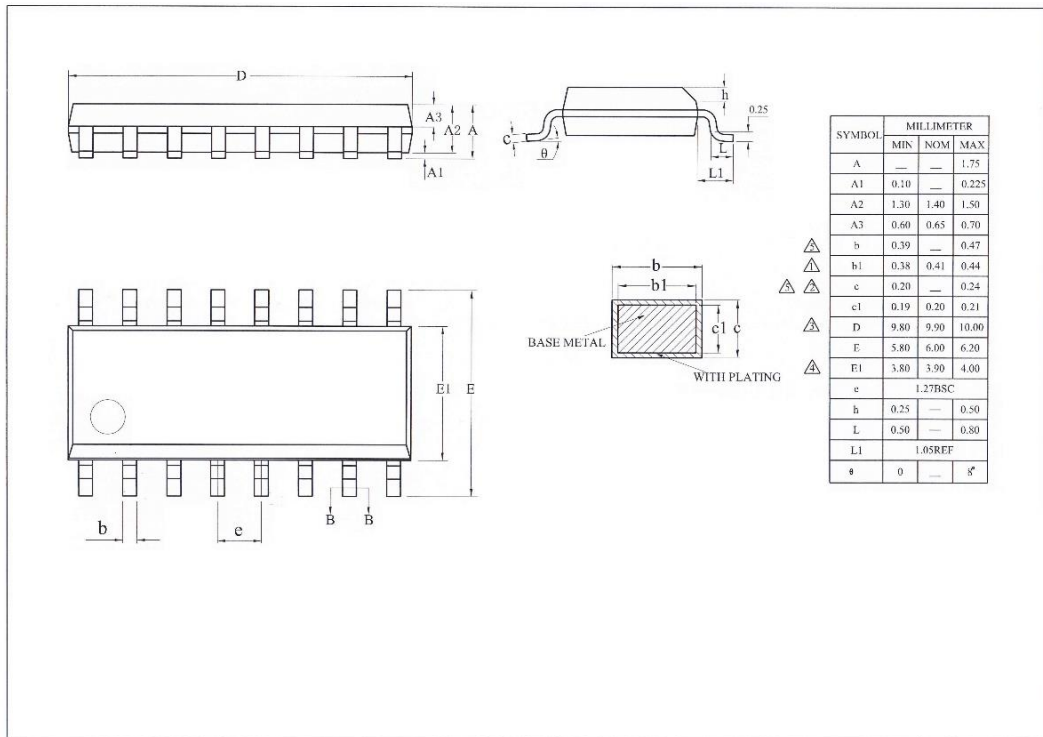
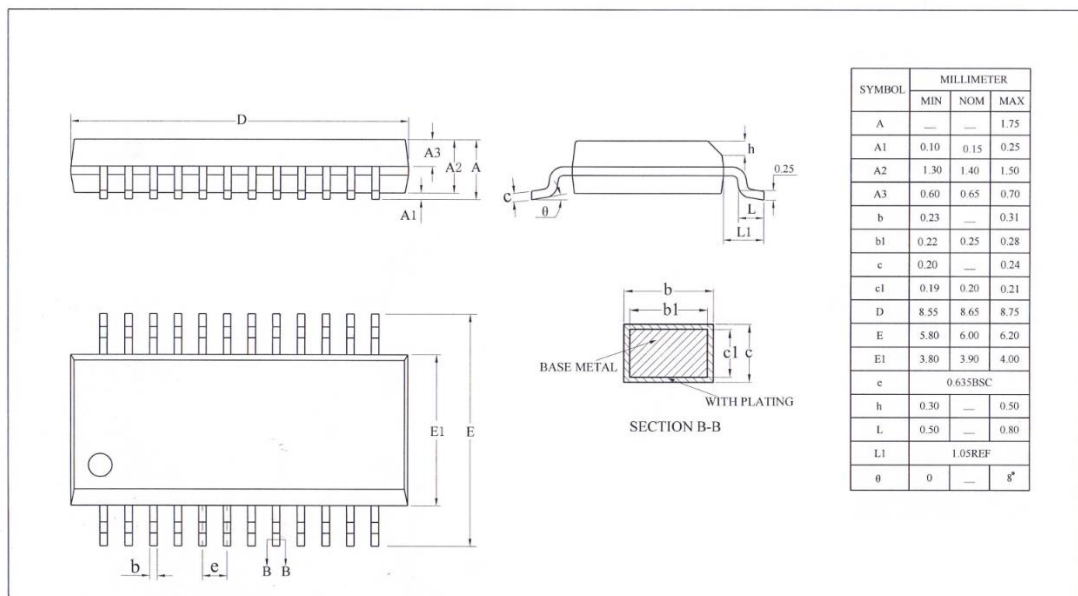


图14. V9180 封装尺寸图



Innovates for the Internet of Energy

杭州万高科技股份有限公司

地址: 杭州市滨江区六和路 368 号海创基地北楼 A4070室

电话: +86-571-88157065

传真: +86-571-88157067

邮箱: service@vangotech.com

网址: <http://www.vangotech.com>

微信公众号

