

杭州棣硕科技有限公司

智能仪表MODBUS-RTU通信协议

1、通信参数

默认串口参数：波特率 9600、8 位数据位、2 位停止位、无校验

另支持可选波特率 19200、38400、57600、115200，奇校验 + 1 位停止位，偶校验 + 1 位停止位

注：无校验情况下，支持主机只使用 1 位停止位，可以正常通信

默认地址 / 站号：编号最后两位字符按 16 进制加 1，例如 19120102 站号为 $0x02 + 1 = 0x03 = 3$ ，20060709 站号为 $0x09 + 1 = 0x0A = 10$ ，2102021F 站号为 $0x1F + 1 = 0x20 = 32$

MODBUS-RTU 相关具体协议请参考官方标准文档，即三份附录文档，CRC 校验算法在附录 3 Modbus_over_serial_line_V1_02.pdf 的 6.2.2 CRC Generation 章节

2、支持的功能码及寄存器范围

功能码	寄存器	描述
03H	0000H	仪表当前测量值，三位半或四位半数据
	0001H	仪表类别及量程信息
	0002H	仪表编号低四位
	0003H	仪表编号高四位
	0020H	仪表当前地址，部分仪表支持
	0021H	仪表当前波特率参数，部分仪表支持
	0022H	仪表当前校验位参数，部分仪表支持
	0023H	仪表当前采样率参数，部分仪表支持
	0024H	仪表当前量程参数，部分仪表支持
	0027H	仪表当前通信协议参数，部分仪表支持
	0064H	仪表当前软件版本，部分仪表支持
	其它	读值为零或者不支持的寄存器将以异常码返回
04H	0000H	仪表当前测量值，五位半数据高位两字节，v3 v2，部分仪表支持
	0001H	仪表当前测量值，五位半数据低位两字节，v1 v0，部分仪表支持
	0002H	仪表类别及量程信息，部分仪表支持
	其它	读值为零

功能码	寄存器	描述
06H	0000H	修改 MODBUS-RTU 地址 / 站号
	0001H	修改通信波特率
	0002H	修改通信校验方式
	0003H	修改采样率, 部分仪表无效
	0004H	修改量程, 仅用于部分多量程表
	0005H	修改小数点显示位置, 仅用于带显示的表
	0010H	修改显示值, 仅用于只显示的表TDISP
	0027H	修改仪表通信协议, 目前仅部分仪表有效
	0040H	修改TRMD电阻测量模块输出电流控制, 仅限于2020年12月1日后发货的模块
	0041H	修改TRMD电阻测量模块主副量程控制, 仅限于2020年12月1日后发货的模块
	0042H	修改TRMD电阻测量模块波特参数控制, 仅限于2020年12月1日后发货的模块
	其它	写入异常, 返回异常码
10H	0010H	修改五位只显示表显示值低两字节 (仅显示范围为 0 -> 99999 的五位只显示表有效), 必须往此寄存器地址写入连续的四个字节, 见命令详解
	0011H	修改五位只显示表显示值高两字节, 见命令详解

3、命令详解

3.1、读取测量值03H

- 发送内容(16进制): `xx 03 00 00 00 01 crcL crcH`
- 应答内容(16进制): `xx 03 02 vH vL crcL crcH`
- 发送示例: `04 03 00 00 00 01 84 5F` 【此处 xx = 0x04】
- 应答示例 1: `04 03 02 03 E8 74 FA`
- 应答示例 2: `04 03 02 FF FE B4 34`

说明: **该命令适用于读取三位半或四位半分辨率的仪表数据。** 发送内容中第 1 字节 xx 为对应设备在总线上的地址 / 站号, 第 2 字节 0x03 是功能码, 第 3、4 字节是读取的寄存器首地址, 第 5、6 字节是读取寄存器的个数, 最后两个字节为前面所有内容的 CRC 校验值。应答内容中第 1、2 字节与发送内容一致, 第 3 字节是应答数据的字节数 n, 跟读寄存器的个数 m 有关, 等于读寄存器个数的 2 倍, 即 $n = m * 2$, 第 4 字节起是 n 个字节的数据, 此处 $n = 2$, 最后两个字节是 CRC 校验值。vH vL 为当前的测量值, signed short 类型双字节有符号型数据, 高字节在前, 低字节在后, 令测量值为 value, 则

$$value = (\text{signed short}) (vH * 256 + vL)$$

示例命令中, 设备地址为 0x04, 应答数据为

1、vH vL 为 `0x03E8 = 0x03 * 256 + 0xE8 = 1000`

2、vH vL 为 `0xFFFE = 0xFF * 256 + 0xFE = 65534`

因为 signed short 类型数据表示范围是 -32768 ~ 32767 的, 仪表的数据也是有正负的, 所以当读回值大于 32768 时, 它表示的是一个负数, 负数的换算值为

$$\text{换算值} = \text{读回值} - 65536, \text{ 即应答数据 2 的换算值为 } value = 65534 - 65536 = -2$$

另外, 因为取的是整数, 读回换算值跟实际信号值之间有一个换算比例, 需要除以 10 的 N 次方, 即

$$\text{实际信号值} = \text{读回换算值} \div 10^N$$

N 与具体的仪表量程有关, 可以由量程码和分类码求得, 见附录 1, 也可以简单的看作是仪表实际分辨率的小

数位数。比如四位半 20V 量程测量范围 0.000 ~ 19.999 V，此时小数位数 $N = 3$ ，读回值 1000 表示的电压就是 $1000 \div 10^3 = 1.000 \text{ V}$ 。

特殊值说明： $0x8000 = 32768 = -32768$ 用来表示超量程。

3.2、读取测量值带量程信息03H

- 发送内容(16进制): `xx 03 00 00 00 02 crcL crcH`
- 应答内容(16进制): `xx 03 04 vH vL tt rr crcL crcH`
- 发送示例: `04 03 00 00 00 02 C4 5E` 【此处 $xx = 0x04$ 】
- 应答示例 1: `04 03 04 03 E8 11 C1 E2 83`
- 应答示例 2: `04 03 04 FF FE 12 C2 73 E6`

说明: **该命令适用于读取三位半或四位半分辨率的仪表数据，并且需要对量程进行判断的情况。** 发送内容类似于 **3.1 命令**，此处同时读取连续两个寄存器的数据，即寄存器个数 $m = 2$ ，应答命令中数据字节数 $n = m * 2 = 4$ ，除了测量值 $vH vL$ 以外，还有 tt 表示仪表分类码， rr 表示仪表当前量程，具体对应值见附录 1，主机软件可以通过 tt 和 rr 来确定当前数据的比例。

3.3、读取测量值04H

- 发送内容(16进制): `xx 04 00 00 00 02 crcL crcH`
- 应答内容(16进制): `xx 04 04 v3 v2 v1 v0 crcL crcH`
- 发送示例: `04 04 00 00 00 02 71 9E` 【此处 $xx = 0x04$ 】
- 应答示例 1: `04 04 04 00 01 86 A0 9D 5C`
- 应答示例 2: `04 04 04 FF FE 79 60 DC D8`

说明: **该命令适用于读取五位半分辨率的仪表数据。因为五位半表数值超过两个字节所能表示的最大范围，故需要用四字节数值表示。** 发送内容中第 1 字节 xx 为对应设备在总线上的地址 / 站号，第 2 字节 $0x04$ 是功能码，第 3、4 字节是读取的寄存器首地址，第 5、6 字节是读取寄存器的个数，最后两个字节为前面所有内容的 CRC 校验值。应答内容中第 1、2 字节与发送内容一致，第 3 字节是应答数据的字节数 n ，跟读寄存器的个数 m 有关，等于读寄存器个数的 2 倍，即 $n = m * 2$ ，第 4 字节起是 n 个字节的数据，此处 $n = 2$ ，最后两个字节是 CRC 校验值。 $v3 v2 v1 v0$ 为当前的测量值，signed long 类型四字节有符号型数据，高字节在前，低字节在后，令测量值为 $value$ ，则

$$value = (\text{signed long}) (v3 * 2^{24} + v2 * 2^{16} + v1 * 2^8 + v0) \text{ 或者}$$

$$value = (\text{signed long}) ((v3 \ll 24) + (v2 \ll 16) + (v1 \ll 8) + v0)$$

示例命令中，应答数据为

1、 $value = 0x000186A0 = (0x00 \ll 24) | (0x01 \ll 16) | (0x86 \ll 8) | 0xA0 = 100000$

2、 $value = 0xFFFFE7960 = (0xFF \ll 24) | (0xFE \ll 16) | (0x79 \ll 8) | 0x60 = -100000$

同 **3.1**，因为取的是整数，读回换算值跟实际信号值之间有一个换算比例，需要除以 10 的 N 次方，即

$$\text{实际信号值} = \text{读回换算值} \div 10^N$$

如五位半 2A 量程， $N = 5$ ，100000 表示的电流为 $100000 \div 10^5 = 1.00000 \text{ A}$

特殊值说明： $0x80008000 = -2147516416$ 用来表示超量程。

3.4、读取测量值带量程信息04H

- 发送内容(16进制): `xx 04 00 00 00 03 crcL crcH`
- 应答内容(16进制): `xx 04 06 v3 v2 v1 v0 tt rr crcL crcH`
- 发送示例: `04 04 00 00 00 03 B0 5E` 【此处 $xx = 0x04$ 】
- 应答示例 1: `04 04 06 00 01 86 A0 13 D5 87 C6`
- 应答示例 2: `04 04 06 FF FE 79 60 13 C2 F7 FB`

说明: **该命令适用于读取五位半分辨率的仪表数据，并且需要对量程进行判断的情况。**

3.5、修改地址 / 站号

- 发送内容(16进制): `xx 06 00 00 00 yy crcL crcH`
- 应答内容(16进制): `xx 06 00 00 00 yy crcL crcH`
- 发送示例: `04 06 00 00 00 02 08 5E` 【此处 xx = 0x04, yy = 0x02, 将地址 04 改成地址 02】
- 应答示例: `04 06 00 00 00 02 08 5E`

说明: 通过 0x06 功能码对寄存器 0x0000 写入需要修改的目标地址/站号。yy 的取值范围为 0x01 ~ 0xF7, 其它无效, 写入无效值会以相应异常码返回, 设置正确时应答命令跟发送内容一致, 返回成功后立即更新站号, 后续操作需要通过新的站号去通信。

3.6、修改通信波特率

- 发送内容(16进制): `xx 06 00 01 00 yy crcL crcH`
- 应答内容(16进制): `xx 06 00 01 00 yy crcL crcH`
- 发送示例: `04 06 00 01 00 04 D9 9C` 【此处 xx = 0x04, yy = 0x04, 将波特率改成 19200 bps】
- 应答示例: `04 06 00 01 00 04 D9 9C`

说明: 通过 0x06 功能码对寄存器 0x0001 写入对应的波特率编号值。yy 的取值范围为 0x01 ~ 0x05, 部分仪表支持 yy = 06 ~ 07, 写入无效值会以相应异常码返回。设置正确时应答命令跟发送内容一致, 返回成功后 **需要对表进行断电重启, 新的波特率设置才会生效。**

波特率编号对应值如下

yy = 1	yy = 2	yy = 3	yy = 4	yy = 5	yy = 6	yy = 7
115200	57600	38400	19200	9600	4800	2400

3.7、修改通信校验位

- 发送内容(16进制): `xx 06 00 02 00 yy crcL crcH`
- 应答内容(16进制): `xx 06 00 02 00 yy crcL crcH`
- 发送示例: `04 06 00 02 00 03 68 5E` 【此处 xx = 0x04, yy = 0x03, 将校验位改成 奇校验 + 1 位停止位】
- 应答示例: `04 06 00 02 00 03 68 5E`

说明: 通过 0x06 功能码对寄存器 0x0002 写入对应的校验位编号值。yy 的取值范围为 0x01 ~ 0x03, 其它无效, 写入无效值会以相应异常码返回, 设置正确时应答命令跟发送内容一致, 返回成功后 **需要对表进行断电重启, 新的校验位设置才会生效, 停止位会根据校验位设置自动调整。**

校验位编号对应值如下

yy = 1	yy = 2	yy = 3
无校验 + 2 位停止位	偶校验 + 1 位停止位	奇校验 + 1 位停止位

3.8、修改采样率

- 发送内容(16进制): `xx 06 00 03 00 yy crcL crcH`
- 应答内容(16进制): `xx 06 00 03 00 yy crcL crcH`
- 发送示例: `04 06 00 03 00 03 39 9E` 【此处 xx = 0x04, yy = 0x03, 将采样率设置到第3选项】
- 应答示例: `04 06 00 03 00 03 39 9E`

说明: 通过 0x06 功能码对寄存器 0x0003 写入对应的采样率编号值, yy 的取值范围如下

yy = 1	yy = 2	yy = 3
3次/秒	6次/秒	12次/秒

适用型号				
四位半数显直流电压表:	TDM10X1	TDM14X1	TDM15X1	TDM16X1
四位半数显直流电流表:	TDM20X1	TDM24X1	TDM25X1	TDM26X1
四位半数显直流电流表:	TDM80X1	TDM90X1		
四位半数显交流电压表:	TDM30X1	TDM34X1	TDM35X1	TDM36X1
四位半数显交流电流表:	TDM40X1	TDM44X1	TDM36X1	TDM46X1
四位半直流电压测量模块:	TMD1002	TMD1402	TMD1502	TMD1602
四位半直流电流测量模块:	TMD2002	TMD2402	TMD2502	TMD2602
四位半直流电流测量模块:	TMD8002	TMD9002		
四位半交流电压测量模块:	TMD3002	TMD3402	TMD3502	TMD3602
四位半交流电流测量模块:	TMD4002	TMD4402	TMD4502	TMD4602

yy = 1	yy = 2	yy = 3	yy = 4
4次、5次/秒	10次/秒	20次/秒	50次/秒

适用型号，2019年后发货，老版本部分有区别

三位半数显直流电压表、电流表:	TDM12X1	TDM22X1	TDM82X1
三位半数显交流电压表、电流表:	TDM32X1	TDM42X1	
三位半数显有效值电压表、电流表:	TDM52X1	TDM62X1	
三位半数显电阻表:	TRM12X1		
四位半数显电阻表:	TRM10X1		

yy = 1	yy = 2	yy = 3	yy = 4	yy = 5
5次/秒	10次/秒	20次/秒	40次/秒	80次/秒
5次/秒	10次/秒	20次/秒	50次/秒	100次/秒

适用型号

双量程电流模块:	TMDD2003_V1; TMDD2003_V4
单量程五位半模块:	TMD1003 TMD2003 TMD3003 TMD4003

3.9、修改小数点显示位置

- 发送内容(16进制): `xx 06 00 05 00 yy crcL crcH`
- 应答内容(16进制): `xx 06 00 05 00 yy crcL crcH`
- 发送示例: `04 06 00 05 00 03 D9 9F` 【此处 xx = 0x04, yy = 0x03, 将小数点显示改到左起第 3 位数码管】
- 应答示例: `04 06 00 05 00 03 D9 9F`

说明: 通过 0x06 功能码对寄存器 0x0005 写入对应的小数点编号值。yy 的取值范围见下表, 写入无效值会以相应异常码返回, 设置正确时应答命令跟发送内容一致, 返回成功后 **小数点显示位置立即更新**。

注1: 小数点设置只是改变显示效果, 不改变量程, 不影响实际测量值, 不影响通信读回值。例如默认 1.0000 V, 可以将小数点改成 1000.0 显示, 用以表示 1000.0 mV; 或者用户外部做了 1/10 分压可以改成 10.000 显示, 用以表示 10.000 V, 即实际测量结果 1V 表示 10V。

注2: 当前版本软件除只显示表 TDISP 外不再支持硬件小数点, 设置值为 0 改为不显示。

小数点编号对应值如下

yy	三位半	四位半	五位半
0	硬件小数点	硬件小数点	硬件小数点
1	左起第一位	左起第一位	左起第一位
2	左起第二位	左起第二位	左起第二位
3	左起第三位	左起第三位	左起第三位
4	不显示	左起第四位	左起第四位
5	-----	不显示	左起第五位
6	-----	-----	不显示

3.10、修改量程

- 发送内容(16进制): `xx 06 00 04 00 yy crcL crcH`
- 应答内容(16进制): `xx 06 00 04 00 yy crcL crcH`
- 发送示例 1: `04 06 00 04 00 02 49 9F` 【此处 xx = 0x04, yy = 0x02, 修改四量程电阻表固定在 20KΩ 档位】
- 应答示例 1: `04 06 00 04 00 02 49 9F`
- 发送示例 2: `04 06 00 04 00 B5 09 E9` 【此处 xx = 0x04, yy = 0xB5, 修改分流器专配表为 100A 换算档位】
- 应答示例 2: `04 06 00 04 00 B5 09 E9`

说明: 该命令目前仅适用于四量程电阻表、分流器专配电压表、部分 5A 互感器转换表、双量程电流模块。通过 0x06 功能码对寄存器 0x0004 写入对应的量程编号值。yy 的取值范围为见下表, 写入无效值会以相应异常码返回, 设置正确时应答命令跟发送内容一致。

量程编号对应值如下

当修改四量程电阻表时

yy = 0	yy = 1	yy = 2	yy = 3	yy = 4
自动量程	固定 2KΩ	固定 20KΩ	固定 200KΩ	固定 2000KΩ

当修改分流器专配表或者互感器换算表时

yy = 0xBF	yy = 0xBE	yy = 0xBD	yy = 0xBC	yy = 0xBB
200A	20A	150A	80A	75A
yy = 0xBA	yy = 0xB9	yy = 0xB8	yy = 0xB7	yy = 0xB6
60A	50A	40A	30A	10A
yy = 0xB5	yy = 0xB4	yy = 0xB3	yy = 0xB2	yy = 0xB1
100A	300A	400A	500A	600A
yy = 0xB0	yy = 0xAF	yy = 0xAE	yy = 0xAD	
750A	800A	1500A	1000A	

当修改双量程电流模块时, 限于2021年6月份后发货的模块

yy = 0	yy = 1	yy = 其它
自动量程	固定大量程	无效

3.11、修改通信协议

- 发送内容(16进制): `xx 06 00 27 00 yy crcL crcH`
- 应答内容(16进制): `xx 06 00 27 00 yy crcL crcH`
- 发送示例: `04 06 00 27 00 02 B8 55` 【此处 xx = 0x04, yy = 0x02, 将通信协议修改为 TS - 485 协议】
- 应答示例: `04 06 00 27 00 02 B8 55`

说明: 通过 0x06 功能码对寄存器 0x0027 写入对应的协议编号值。yy 的取值范围为 0x01 ~ 0x03, 其它无效, 写入无效值会以相应异常码返回, 设置正确时应答命令跟发送内容一致, 返回成功后 **需要对表进行断电重启, 新的协议设置才会生效。**

协议编号对应值如下

yy = 1	yy = 2	yy = 3
TS - Serial 协议	TS - 485 协议	MODBUS-RTU 协议

3.12、设置显示值06H

- 发送内容(16进制): `xx 06 00 10 vH vL crcL crcH`
- 应答内容(16进制): `xx 06 00 10 vH vL crcL crcH`
- 发送示例: `04 06 00 10 03 E8 88 E4` 【此处 xx = 0x04, 设置显示值为 0x03E8 = 1000】
- 应答示例: `04 06 00 10 03 E8 88 E4`

说明: **该命令仅适用于只显示表。**通过 0x06 功能码对寄存器 0x0010 写入需要显示的数值。当显示表为四位显示时, vH vL 的取值范围为 -1999 ~ 9999; 当显示表为五位显示时, vH vL 的取值范围为 0 ~ 65535。写入无效值会以相应异常码返回, 设置正确时应答命令跟发送内容一致。

3.13、设置显示值10H

- 发送内容(16进制): `xx 10 00 10 00 02 04 v1 v0 v3 v2 crcL crcH`
- 应答内容(16进制): `xx 10 00 10 00 02 crcL crcH`
- 发送示例: `04 10 00 10 00 02 04 38 80 00 01 2E 27` 【此处 xx = 0x04, 设置显示值为 0x00013880 = 80000】
- 应答示例: `04 10 00 10 00 02 40 58`

说明: **该命令仅适用于五位只显示表。**通过 0x10 功能码对寄存器 0x0010 写入连续的两个寄存器的数值。v3 v2 v1 v0 的取值范围为 -19999 ~ 99999。写入无效值会以相应异常码返回, 设置正确时应答命令返回去除数据部分的内容。

3.14、电阻模块电流输出控制

- 发送内容(16进制): `xx 06 00 40 00 yy crcL crcH`
- 应答内容(16进制): `xx 06 00 40 00 yy crcL crcH`
- 发送示例: `04 06 00 40 00 00 88 4B` 【此处 xx = 0x04, yy = 0x00, 关闭电流输出】
- 应答示例: `04 06 00 40 00 00 88 4B`

说明: **该命令仅适用于TRMD1002电阻测量模块。**通过 0x06 功能码对寄存器 0x0040 写入对应的协议编号值。yy 的取值范围为 0x00 [关闭] ~ 0x01 [打开, 开机默认], 其它无效, 写入无效值会以相应异常码返回, 设置正确时应答命令跟发送内容一致。

3.15、电阻模块主副量程控制

- 发送内容(16进制): `xx 06 00 41 00 yy crcL crcH`
- 应答内容(16进制): `xx 06 00 41 00 yy crcL crcH`

- 发送示例: `04 06 00 41 00 01 18 4B` 【此处 xx = 0x04, yy = 0x01, 选择副量程】
- 应答示例: `04 06 00 41 00 01 18 4B`

说明: **该命令仅适用于TRMD1002电阻测量模块**。通过 0x06 功能码对寄存器 0x0040 写入对应的协议编号值。yy 的取值范围为 0x00 [主量程, 开机默认] ~ 0x01 [副量程, 主量程10倍档位], 其它无效, 写入无效值会以相应异常码返回, 设置正确时应答命令跟发送内容一致。

3.16、电阻模块滤波效果控制

- 发送内容(16进制): `xx 06 00 42 00 yy crcL crcH`
- 应答内容(16进制): `xx 06 00 42 00 yy crcL crcH`
- 发送示例: `04 06 00 42 00 01 E8 4B` 【此处 xx = 0x04, yy = 0x01, 选择加大滤波效果】
- 应答示例: `04 06 00 42 00 01 E8 4B`

说明: **该命令仅适用于TRMD1002电阻测量模块**。通过 0x06 功能码对寄存器 0x0040 写入对应的协议编号值。yy 的取值范围为 0x00 [默认滤波效果] ~ 0x01 [加大滤波效果], 其它无效, 写入无效值会以相应异常码返回, 设置正确时应答命令跟发送内容一致。

附录1、量程码、类别码、比例 N 查表

0x_1: 四位半表, 直流四位半 0x11, 交流四位半 0x21, 有效值四位半 0x31

0x_2: 三位半表, 直流三位半 0x12, 交流三位半 0x22, 有效值三位半 0x32

0x_3: 五位半表, 直流五位半 0x13, 交流五位半 0x23, 有效值五位半 0x33

说明: 量程代码主要是用来给上位机软件做倍率换算使用, 因此会有部分量程共用代码, 比如10V/20V

代码	量程	单位	四位半	三位半	五位半
rr			cc = 0x_1	cc = 0x_2	cc = 0x_3
0x70	-----		N = X	N = X	N = X
0x71	-----		N = X	N = X	N = X
0x72	-----		N = X	N = X	N = X
0x73	-----		N = X	N = X	N = X
0x74	-----		N = X	N = X	N = X
0x75	-----		N = X	N = X	N = X
0x76	-----		N = X	N = X	N = X
0x77	-----		N = X	N = X	N = X
0x78	-----		N = X	N = X	N = X
0x79	-----		N = X	N = X	N = X
0x7A	-----		N = X	N = X	N = X
0x7B	-----		N = X	N = X	N = X
0x7C	100Hz	Hz	-----	N = 1	-----
0x7D	1KHz	Hz	-----	N = 3	-----
0x7E	10KHz	Hz	-----	N = 3	-----
0x7F	100KHz	KHz	-----	N = 2	-----
0x80	-----		N = X	N = X	N = X
0x81	-----		N = X	N = X	N = X
0x82	-----		N = X	N = X	N = X
0x83	-----		N = X	N = X	N = X
0x84	-----		N = X	N = X	N = X
0x85	-----		N = X	N = X	N = X
0x86	-----		N = X	N = X	N = X
0x87	-----		N = X	N = X	N = X
0x88	-----		N = X	N = X	N = X
0x89	-----		N = X	N = X	N = X
0x8A	-----		N = X	N = X	N = X
0x8B	-----		N = X	N = X	N = X
0x8C	-----		N = X	N = X	N = X

代码	量程	单位	四位半	三位半	五位半
0x8D	-----		N = X	N = X	N = X
0x8E	-----		N = X	N = X	N = X
0x8F	-----		N = X	N = X	N = X
0x90	-----		N = X	N = X	N = X
0x91	-----		N = X	N = X	N = X
0x92	-----		N = X	N = X	N = X
0x93	-----		N = X	N = X	N = X
0x94	-----		N = X	N = X	N = X
0x95	-----		N = X	N = X	N = X
0x96	-----		N = X	N = X	N = X
0x97	-----		N = X	N = X	N = X
0x98	-----		N = X	N = X	N = X
0x99	-----		N = X	N = X	N = X
0x9A	-----		N = X	N = X	N = X
0x9B	-----		N = X	N = X	N = X
0x9C	-----		N = X	N = X	N = X
0x9D	-----		N = X	N = X	N = X
0x9E	-----		N = X	N = X	N = X
0x9F	-----		N = X	N = X	N = X
0xA0	-----		N = X	N = X	N = X
0xA1	-----		N = X	N = X	N = X
0xA2	-----		N = X	N = X	N = X
0xA3	20mΩ / 30mΩ	mΩ	N = 3	N = 2	N = 4
0xA4	200mΩ / 300mΩ	mΩ	N = 2	N = 1	N = 3
0xA5	2Ω / 3Ω	Ω	N = 4	N = 3	N = 5
0xA6	20Ω / 30Ω	Ω	N = 3	N = 2	N = 4
0xA7	20MΩ / 30MΩ	MΩ	N = 3	N = 2	N = 4
0xA8	2MΩ / 3MΩ	MΩ	N = 4	N = 3	N = 5
0xA9	200KΩ / 300KΩ	KΩ	N = 2	N = 1	N = 3
0xAA	20KΩ / 30KΩ	KΩ	N = 3	N = 2	N = 4
0xAB	2KΩ / 3KΩ	KΩ	N = 4	N = 3	N = 5
0xAC	200Ω / 300Ω	Ω	N = 2	N = 1	N = 3
0xAD	1000A	A	N = 1	N = 0	N = 2
0xAE	1500A	A	N = 1	N = 0	N = 2
0xAF	800A	A	N = 1	N = 0	N = 2

代码	量程	单位	四位半	三位半	五位半
0xB0	750A	A	N = 1	N = 0	N = 2
0xB1	600A	A	N = 1	N = 0	N = 2
0xB2	500A	A	N = 1	N = 0	N = 2
0xB3	400A	A	N = 1	N = 0	N = 2
0xB4	300A	A	N = 1	N = 0	N = 2
0xB5	100A	A	N = 2	N = 1	N = 3
0xB6	10A	A	N = 3	N = 2	N = 4
0xB7	30A	A	N = 2	N = 1	N = 3
0xB8	40A	A	N = 2	N = 1	N = 3
0xB9	50A	A	N = 2	N = 1	N = 3
0xBA	60A	A	N = 2	N = 1	N = 3
0xBB	75A	A	N = 2	N = 1	N = 3
0xBC	80A	A	N = 2	N = 1	N = 3
0xBD	150A	A	N = 2	N = 1	N = 3
0xBE	20A	A	N = 3	N = 2	N = 4
0xBF	200A	A	N = 2	N = 1	N = 3
0xC0	25A	A	N = 2	N = 1	N = 3
0xC1	2V / 1V	V	N = 4	N = 3	N = 5
0xC1	2000mV / 1000mV	mV	N = 1	N = 0	N = 2
0xC2	20V / 10V	V	N = 3	N = 2	N = 4
0xC3	20mV	mV	N = 3	N = 2	N = 4
0xC4	200V / 100V	V	N = 2	N = 1	N = 3
0xC5	200mV / 100mV	mV	N = 2	N = 1	N = 3
0xC6	4V	V	N = 3	N = 2	N = 4
0xC7	40V	V	N = 2	N = 1	N = 3
0xC8	40mV	mV	N = 2	N = 1	N = 3
0xC9	400V	V	N = 1	N = 0	N = 2
0xCA	400mV	mV	N = 1	N = 0	N = 2
0xCB	5V	V	N = 3	N = 2	N = 4
0xCC	50V	V	N = 2	N = 1	N = 3
0xCD	50mV	mV	N = 2	N = 1	N = 3
0xCE	500V	V	N = 1	N = 0	N = 2
0xCF	500mV	mV	N = 1	N = 0	N = 2
0xD0	6V	V	N = 3	N = 2	N = 4
0xD1	60V	V	N = 2	N = 1	N = 3

代码	量程	单位	四位半	三位半	五位半
0xD2	60mV	mV	N = 2	N = 1	N = 3
0xD3	600V	V	N = 1	N = 0	N = 2
0xD4	600mV	mV	N = 1	N = 0	N = 2
0xD5	2A / 1A	A	N = 4	N = 3	N = 5
0xD6	2mA / 1mA	mA	N = 4	N = 3	N = 5
0xD7	20mA / 10mA	mA	N = 3	N = 2	N = 4
0xD8	200mA / 100mA	mA	N = 2	N = 1	N = 3
0xD9	200uA / 100uA	uA	N = 2	N = 1	N = 3
0xDA	4mA	mA	N = 3	N = 2	N = 4
0xDB	40mA	mA	N = 2	N = 1	N = 3
0xDC	400mA	mA	N = 1	N = 0	N = 2
0xDD	400uA	uA	N = 1	N = 0	N = 2
0xDE	5mA	mA	N = 3	N = 2	N = 4
0xDF	50mA	mA	N = 2	N = 1	N = 3
0xE0	500mA	mA	N = 1	N = 0	N = 2
0xE1	500uA	uA	N = 1	N = 0	N = 2
0xE2	6mA	mA	N = 3	N = 2	N = 4
0xE3	60mA	mA	N = 2	N = 1	N = 3
0xE4	600mA	mA	N = 1	N = 0	N = 2
0xE5	600uA	uA	N = 1	N = 0	N = 2
0xE6	-----		N = X	N = X	N = X
0xE7	5A	A	N = 3	N = 2	N = 4
0xE8	-----		N = X	N = X	N = X
0xE9	2KV	V	N = 4	N = 3	N = 5
0xEA	NKV	V	N = 3	N = 2	N = 4
0xEB	2mV	mV	N = 4	N = 3	N = 5
0xEC	20uA	uA	N = 3	N = 2	N = 4
0xED	2KA	A	N = 4	N = 3	N = 5
0xEE	NKA	A	N = 3	N = 2	N = 4
0xEF	700V	V	N = 1	N = 0	N = 2
0xF0	2uA	uA	N = 4	N = 3	N = 5

附录2：常见问答

什么是三位半表、四位半表？

所谓三位半的三位是指三个分位（个位、十位、百位）可以显示 0 ~ 9 的十个数字，称作全位。千位数最大显示为 1，为 0 时不显示，该位在理论上讲最大能显示 2，比如在 2V 挡，最大显示应该是 2000，但实际显示 1999，和理论值还差一。那么这位理论值最大应该显示 2，而实际只能显示 1，就叫做 1/2 位。理论值为分母，实际显示最大值为分子。四位半的也同理。

简单的说就是三位半 $3\frac{1}{2}$ 分辨率的仪表理论值最大不超过 1999，四位半 $4\frac{1}{2}$ 理论值不超过 19999，另外还有三又四分之三 $3\frac{3}{4}$ 位 3999 等。

所以，我司三位半 5A 量程的电流表最大值只能到 500 的，即 5.00 A；能显示 5.000 A 的是四位半分辨率的电流表。

什么是测量精度与误差 p % + n？

1、n 个字 是仪表的分辨率误差，也叫做最低有效位误差。

ADC 本身的测量并不是完全准确的，是存在误差的，比如一个三位半 2V 的表，ADC 的分辨率应该是 0.001 V，但是你输入了一个 1.000 V 的信号，测出来并不一定会是 1.000 V，可能是 0.998 V 或者 1.003 V，所以也就是存在几个字尾数的误差，这里的 n 就是给出了这个范围，比如 3 个字，也就是 1.000V 测出来有可能是 $1.000 \pm 3 * 0.001$ 即 0.997 ~ 1.003 之间的值。

2、p % 是读数百分比误差，也就是常说的精度。

仪表出厂前都是要经过校准的，一般是通过输入不低于仪表精度的标准信号来校对，使得测量的显示值跟输入的标准值一致。但是随着时间的推移，表内的器件参数也会产生一些微小的变化，从而会影到响测量的准确性，也就是产生了误差；还有一种是因为厂家跟用户使用的参考源是不同的，这里也会有一个相对误差。p % 给出的就是这个方面的误差范围。所以，对于一个四位半 2V、精度 0.05% 的表来说，测量一个 1.0000 V 的信号得到的结果就可能是 $1.0000 \pm 1.0000 * 0.05\%$ 即 0.9995 ~ 1.0005 之间的值；也可以说如果测量的结果为 1.0000 V，那输入的信号可能在 0.9995 ~ 1.0005 V 的范围之内。

3、p % + n 整体误差

通过前面的描述，现在就可以知道一个表的误差范围了，示例如下：

三位半 20V 表、误差 0.5% + 3，测量 15.00 V，结果可能为

$15.00 \pm (15.00 * 0.5\% + 3 * 0.01)$ 即 14.90 ~ 15.10 V

四位半 2A 表、误差 0.1% + 3，测量 1.2000 A，结果可能为

$1.2000 \pm (1.2000 * 0.1\% + 3 * 0.0001)$ 即 1.1985 ~ 1.2015 A

通信波特率与通信时间的关系？

经常有用户问，仪表读取一次测量值的时间是多少？

下面我们就以 9600 波特率计算一下：

BPS 指的是 Bits Per Second，每秒传输的比特数。忽略字节传输间隔，9600 BPS 指的就是每秒可以传输 9600 比特。一个字节的传输通常包含 1 个起始位比特、8 个数据位比特、1 个或 2 个停止位比特，此文档规定为 1 个停止位，所以一个字节总共就是 10 个比特，发送一个字节所需的时间为 $1 / 9600 * 10$ 秒。

以单次读取测量值命令为例，发送命令为 6 个字节，返回命令为 8 个字节，忽略应答延迟，所需要的时间为 $T = (6 + 8) * 10 / 9600 \approx 0.015$ 秒，即 15 毫秒。

同理，115200 波特率下为 $T = 14 * 10 / 115200 \approx 0.00122$ 秒，即 1.22 毫秒。

所以，9600 波特率下每秒可以读取测量值的次数为 $1 / 0.015 \approx 66$ 次，通常我们建议此波特率下最大读取次数为 50 次，即 20 毫秒读一次数据。

文件版本说明

版本	发布日期	更新说明
V4.0	2021年5月1日	1、文档重新编排、整理
V4.0.1	2021年10月8日	1、增加采样率设置描述 2、补充双量程设置量程命令
V4.0.2	2023年04月10日	1、增加附录1共享量程代码说明 2、增加3.11、3.14、3.15、3.16几个命令描述