

杭州棣硕科技有限公司

智能仪表TS-485通信协议

<原自定义RS485协议>

1、默认通信参数

波特率 115200、8 位数据位、1 位停止位、无校验

另支持可选波特率 9600、19200、38400、57600

从机仪表地址默认为 出厂编号最后两位数字按 10 进制加 1

例如 17060110，则地址是 $10 + 1 = 11 = 0x0B$

2、通信指令格式

指令内容包含 3 部分，分别是

- 1. 帧头/指令固定起始标记，2 字节，`0xAA 0x55`
- 2. 指令内容，N字节， $N \geq 4$ ，该部分第 1 个字节表示指令部分长度，第 2 字节表示指令码，第 3 字节表示接收方地址编号，第 4 字节表示发送方地址编号，第 5 字节起为不定长指令数据，由具体指令决定
- 3. 指令内容所有字节校验和，2 字节，高位在前，后续解释将用 `sumH sumL` 表示

单次读取数据命令举例：发送内容：`AA 55 04 FE 02 80 01 84` 其中指令长度 `0x04`，指令码 `0xFE`，接收方/从机仪表地址为 `0x02`，发送方/主机地址固定为 `0x80`，校验和 `0x0184 = 0x04 + 0xFE + 0x02 + 0x80`

返回内容：`AA 55 06 F6 80 02 E8 03 02 69` 其中指令长度 `0x06`，指令码 `0xF6`，接收方/主机地址为 `0x80`，发送方/从机仪表地址为 `0x02`，指令数据 `0xE8 0x03`，校验和 `0x0269 = 0x06 + 0xF6 + 0x80 + 0x02 + 0xE8 + 0x03`

3、指令详解

3.1 0xF3 指令接收应答

- 应答指令，仪表正确收到设置指令后进行应答，非请求指令

◦ 应答格式 `AA 55 04 F3 80 sa sumH sumL`

◦ 应答示例 `AA 55 04 F3 80 02 01 79`

其中 `sa` 表示 Slave Address 从机仪表地址（下同），所举示例地址为 `0x02`，`sumH sumL` 表示命令校验和（下同），此处校验和 `sum`

$$\text{sum} = \text{sumH} * 256 + \text{sumL} = 0x04 + 0xF3 + 0x80 + \text{sa}$$

所举示例为

$$0x0179 = 0x01 * 256 + 0x79 = 0x04 + 0xF3 + 0x80 + 0x02$$

3.2 0xF4/0xF5 获取/返回仪表量程信息及编号

- 0xF4 获取仪表量程信息及编号

- 0xF5 返回仪表量程信息及编号

◦ 发送内容 `AA 55 04 F4 sa 80 sumH sumL`

◦ 返回内容 `AA 55 0A F5 80 sa rr cc s4 s3 s2 s1 sumH sumL`

其中 `rr` 表示量程码，`cc` 表示类别码，见附录1 `s1s2s3s4` 表示出厂序列号，比如 `19120123`，`s1` 为年份，`s2` 为月份

3.3 0xF6 回传测量数据

- 测量值回传/应答指令，非请求指令

◦ 回传格式 `AA 55 06 F6 80 sa vL vH sumH sumL`

◦ 回传示例 `AA 55 06 F6 80 02 E8 03 02 69`

◦ 回传示例 `AA 55 06 F6 80 02 F8 FF 03 75`

其中 `vL` `vH` 表示测量值，双字节有符号 signed short 类型整数，低位在前，组合起来即是

$$vHvL = (vH \ll 8) \mid vL = vH * 256 + vL$$

所举例的回读值分别为

$$0x03E8 = 0x03 * 256 + 0xE8 = 1000$$

$$0xFFFF8 = 0xFF * 256 + 0xF8 = 65528$$

signed short 数据类型的取值范围为 -32768 ~ 32767，很多用户都当正数处理，所以当读回值大于 32767 时，该值所表示的实际是一个负数，即读回值是一个补码，最高位表示符号位，负数换算值可以表示为

$$\text{换算值} = \text{读回值} - 65536$$

即

$$0xFFFF8 = 65528 - 65536 = -8$$

特殊值说明，当 `vHvL = 0x8000` 时，表示超量程 OL (Over Load 过载)

另外，实际值跟读回换算值有一定比例，为 10 的 N 次方倍，即

$$\text{实际值} = \text{读回换算值} \div 10^N$$

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。比如直流四位半 `cc = 0x11` 量程 20V 电压表 `rr = 0xC2`，N = 3，读回值 1000 表示的电压就是

$$U = 1000 \div 10^3 = 1.000 \text{ V}$$

3.4 0xF7 设置小数点显示位置

- 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，即显示值和通信读回值都保持不变。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。

◦ 发送内容 `AA 55 05 F7 sa 80 dp sumH sumL`

◦ 返回内容 `AA 55 04 F3 80 sa sumH sumL`

其中 `dp` 表示需要调整的设置值（见下表），另外，新版本软件除只显示表 TDISP 外不再支持硬件小数点，设置值 0 改为无显示

| dp | 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 |

3.5 0xF8 设置采样率

- 采样率设置，即每秒更新测量值次数

◦ 发送内容 `AA 55 05 F8 sa 80 sps sumH sumL`

◦ 返回内容 `AA 55 04 F3 80 sa sumH sumL`

其中 `sps` 表示需要调整的设置值（见下表）

| sps = 1 | sps = 2 | sps = 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 |
| 四位半数显直流电压表: | 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 |

| sps = 1 | sps = 2 | sps = 3 | sps = 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_V1 | | |

| sps = 1 | sps = 2 | sps = 3 | sps = 4 | sps = 5 |
|--------------|------------|----------|----------|----------|
| 5次/秒 | 10次/秒 | 20次/秒 | 40次/秒 | 80次/秒 |
| 适用型号 | | | | |
| 四位半电阻表、电阻模块: | TRM10X1_V2 | TRMD1002 | | |
| 四位半隔离数显表: | TDM1001E | TDM2001E | TDM3001E | TDM4001E |
| 五位半隔离数显表: | TDM1001P | TDM2001P | | |
| 五位半测量模块: | TMD1003 | TMD2003 | TMD1002P | TMD2002P |
| 双量程电流模块: | TMDD2003 | | | |

3.6 0xF9 设置波特率

- 波特率设置, 需要断电重启才会生效, 避免当前通信错误
 - 发送内容 `AA 55 05 F9 sa 80 br sumH sumL`
 - 返回内容 `AA 55 04 F3 80 sa sumH sumL`
- 其中 **br** 表示需要调整的设置值 (见下表)

| br = 1 | br = 2 | br = 3 | br = 4 | br = 5 |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| 115200 | 57600 | 38400 | 19200 | 9600 |

3.7 0xFA 设置通信地址

- 地址/站号设置
 - 发送内容 `AA 55 05 FA sa 80 addr sumH sumL`
 - 返回内容 `AA 55 04 F3 80 sa sumH sumL`
- 其中 **sa** 为原地址, **addr** 为新地址

3.8 0xFD 读取、应答带量程信息的测量值

- 读取带量程信息的测量数据, 在个别多量程型号中可读取当前使用量程
 - 发送内容 `AA 55 04 FD sa 80 sumH sumL`
 - 返回内容 `AA 55 08 FD 80 sa rr cc vL vH sumH sumL`
- 其中 **rr**、**cc** 表示当前测量值对应的量程和类别, 详情见附录1, **vL vH** 表示当前测量值, 具体解析见前面 3.3 回传测量数据

3.9 0xFE 单次读取测量值

- 读取当前最近一次更新的测量值, 只应答一次
 - 发送内容 `AA 55 04 FE sa 80 sumH sumL`

- 返回内容 `AA 55 06 F6 80 sa vL vH sumH sumL`
其中 `vL vH` 表示当前测量值，具体解析见前面 3.3 回传测量数据

3.10 0xA0 设置显示值

- 设置显示值仅对只显示表 **TDISP** 型号有效
 - 发送内容 `AA 55 06 A0 sa 80 v0 v1 sumH sumL`
对四位只显示仪表，显示范围 -1999 ~ 9999
对五位只显示仪表，显示范围 0 ~ 65535 或者 -19999 ~ 32767，购买时沟通确认
 - 发送内容 `AA 55 08 A0 sa 80 v0 v1 v2 v3 sumH sumL`
对五位只显示仪表，显示范围 -19999 ~ 99999，购买时沟通确认
 - 返回内容 `AA 55 04 F3 80 sa sumH sumL`
 - 发送示例 `AA 55 06 A0 02 80 E8 03 02 13` 显示值为 1000
 - 发送示例 `AA 55 08 A0 02 80 39 30 00 00 01 93` 显示值为 12345
- 其中 `v0 v1 v2 v3` 表示需要显示的值 双字节显示值 signed short 或者 unsigned short

$$\text{value} = v1 * 256 + v0 = (v1 \ll 8) | v0$$

四字节显示值 signed long

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

3.11 0xA1 修改量程

- 修改量程命令仅对部分直流分流器专配表、交流互感器换算表及三位半全量程电阻表 **TRM12X1-F** 有效
 - 发送内容 `AA 55 05 A1 sa 80 rr sumH sumL`
 - 返回内容 `AA 55 04 F3 80 sa sumH sumL`
- 其中 `rr` 表示需要调整的设置值 当修改电阻表时，对应值为

| <code>rr = 0</code> | <code>rr = 1</code> | <code>rr = 2</code> | <code>rr = 3</code> | <code>rr = 4</code> |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 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时，对应值为

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

3.12 0xE1 单次读取、应答四字节测量值

- 因为五位半分辨率仪表理论最大值是 199999，超过 2 字节可以表示的范围，所以增加 4 字节读取命令
 - 发送内容 `AA 55 04 E1 sa 80 sumH sumL`
 - 返回内容 `AA 55 08 E1 80 sa v0 v1 v2 v3 sumH sumL`
 - 回传示例 `AA 55 08 E1 80 02 A0 86 01 00 02 92`
 - 回传示例 `AA 55 08 E1 80 02 60 79 FE FF 04 41`
- 其中 `v0 v1 v2 v3` 表示当前测量值，4 字节有符号数 signed long，低位在前，即

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

$$\text{value} = v3 * 2^{24} + v2 * 2^{16} + v1 * 2^8 + v0$$

$$\text{value} = v3 * 16777216 + v2 * 65536 + v1 * 256 + v0$$

特殊值说明，当 $vHvL = 0x80008000$ 时，表示超量程 OL (Over Load 过载)

负值换算，当 $value > 0x80000000$ 即 $value > 2147483648$ 时值为负，需要减去 $0x100000000$ 即 4294967296

所举例的读回值分别为

$$0x000186A0 = (0x00 \ll 24) \mid (0x01 \ll 16) \mid (0x86 \ll 8) \mid 0xA0 = 100000$$

$$0xFFFFE7960 = (0xFF \ll 24) \mid (0xFE \ll 16) \mid (0x79 \ll 8) \mid 0x60 = -100000$$

$$0xFFFFE7960 = 4294867296 \implies 0xFFFFE7960 - 0x100000000 = -100000$$

| 适用型号 | | | | |
|-----------|----------|----------|----------|----------|
| 四位半隔离数显表： | TDM1001E | TDM2001E | TDM3001E | TDM4001E |
| 五位半隔离数显表： | TDM1001P | TDM2001P | | |
| 五位半测量模块： | TMD1003 | TMD2003 | TMD1002P | TMD2002P |
| 双量程电流模块： | TMDD2003 | | | |

3.13 0xE2 单次读取、应答四字节测量值带量程信息

- 类似 3.13 0xE1，增加量程信息内容，适用型号范围同3.12

◦ 发送内容 AA 55 04 E2 sa 80 00 E4

◦ 返回内容 AA 55 0A E2 80 sa rr cc v0 v1 v2 v3 sumH sumL

◦ 回传示例 AA 55 0A E2 80 02 D9 13 A0 86 01 00 03 81

◦ 回传示例 AA 55 0A E2 80 02 D5 13 60 79 FE FF 05 2C

其中 rr 表示量程码， cc 表示类别码，见附录1， $v0 v1 v2 v3$ 表示当前测量值，具体解释请参考 3.13，所举例的解析值分别为

$$rr = 0xD9 = 200\mu A, cc = 0x13 = \text{五位半}, N = 3, \text{即 } 100.000 \mu A$$

$$rr = 0xD5 = 2A, cc = 0x13 = \text{五位半}, N = 5, \text{即 } -1.00000 A$$

附录1：量程码、类别码、比例 N 查表

类别码 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

类别码 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

类别码 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: 量程代码主要应用于主机进行量程的分辨率换算, 因此部分量程会使用同一代码进行表示

| 代码 | 量程 | 单位 | 四位半 | 三位半 | 五位半 |
|------|----------------------|-----|-----------|-----------|-----------|
| rr | 部分量程共用代码 | | cc = 0x_1 | cc = 0x_2 | cc = 0x_3 |
| 0x6C | T0D001 | ℃ | N = 3 | N = 3 | N = 3 |
| 0x6D | T0D01 | ℃ | N = 2 | N = 2 | N = 2 |
| 0x6E | T0D1 | ℃ | N = 1 | N = 1 | N = 1 |
| 0x6F | T1D | ℃ | N = 0 | N = 0 | N = 0 |
| 0x7C | 100Hz | Hz | ----- | N = 1 | ----- |
| 0x7D | 1KHz | KHz | ----- | N = 3 | ----- |
| 0x7E | 10KHz | KHz | ----- | N = 3 | ----- |
| 0x7F | 100KHz | KHz | ----- | N = 2 | ----- |
| 0x98 | 200MR | MΩ | N = 2 | N = 1 | N = 3 |
| 0x99 | 2GR | GΩ | N = 4 | N = 3 | N = 5 |
| 0x9A | 20GR | GΩ | N = 3 | N = 2 | N = 4 |
| 0x9B | 200GR | GΩ | N = 2 | N = 1 | N = 3 |
| 0x9C | 2TR | TΩ | N = 4 | N = 3 | N = 5 |
| 0x9D | 20TR | TΩ | N = 3 | N = 2 | N = 4 |
| 0x9E | 200TR | TΩ | N = 2 | N = 1 | N = 3 |
| 0x9F | 2000TR | TΩ | N = 1 | N = 0 | N = 2 |
| 0xA0 | 20uR | μΩ | N = 3 | N = 2 | N = 4 |
| 0xA1 | 200uR | μΩ | N = 2 | N = 1 | N = 3 |
| 0xA2 | 2mR | mΩ | N = 4 | N = 3 | N = 5 |
| 0xA3 | 20mR | mΩ | N = 3 | N = 2 | N = 4 |
| 0xA4 | 200mR / 300mR | mΩ | N = 2 | N = 1 | N = 3 |
| 0xA5 | 600mR / 2R / 3R | Ω | N = 4 | N = 3 | N = 5 |
| 0xA6 | 6R / 20R / 30R | Ω | N = 3 | N = 2 | N = 4 |
| 0xA7 | 6MR / 20MR / 30MR | MΩ | N = 3 | N = 2 | N = 4 |
| 0xA8 | 600KR / 2MR / 3MR | KΩ | N = 4 | N = 3 | N = 5 |
| 0xA9 | 60KR / 200KR / 300KR | KΩ | N = 2 | N = 1 | N = 3 |
| 0xAA | 6KR / 20KR / 30KR | KΩ | N = 3 | N = 2 | N = 4 |
| 0xAB | 600R / 2KR / 3KR | Ω | N = 4 | N = 3 | N = 5 |
| 0xAC | 60R / 200R / 300R | Ω | N = 2 | N = 1 | N = 3 |

| 代码 | 量程 | 单位 | 四位半 | 三位半 | 五位半 |
|------|---------------|----|-----------|-----------|-----------|
| rr | 部分量程共用代码 | | cc = 0x_1 | cc = 0x_2 | cc = 0x_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 |
| 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 |
| 0xC1 | 1V / 2V | V | N = 4 | N = 3 | N = 5 |
| 0xC2 | 10V / 20V | V | N = 3 | N = 2 | N = 4 |
| 0xC3 | 10mV / 20mV | mV | N = 3 | N = 2 | N = 4 |
| 0xC4 | 100V / 200V | V | N = 2 | N = 1 | N = 3 |
| 0xC5 | 100mV / 200mV | 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 |

| 代码 | 量程 | 单位 | 四位半 | 三位半 | 五位半 |
|------|---------------|----|-----------|-----------|-----------|
| rr | 部分量程共用代码 | | cc = 0x_1 | cc = 0x_2 | cc = 0x_3 |
| 0xD0 | 6V | V | N = 3 | N = 2 | N = 4 |
| 0xD1 | 60V | V | N = 2 | N = 1 | N = 3 |
| 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 | 1A / 2A | A | N = 4 | N = 3 | N = 5 |
| 0xD6 | 1mA / 2mA | mA | N = 4 | N = 3 | N = 5 |
| 0xD7 | 10mA / 20mA | mA | N = 3 | N = 2 | N = 4 |
| 0xD8 | 100mA / 200mA | mA | N = 2 | N = 1 | N = 3 |
| 0xD9 | 100uA / 200uA | 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 | 1KV / 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：常见问题

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 3½ 分辨率的仪表理论值最大不超过 1999，四位半 4½ 理论值不超过 19999，另外还有三又四分之三 3¾ 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，从而会影响到测量的准确性，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 |
|--------|-------------|--------------------------|
| V4.0.0 | 2020年2月12日 | 1、文档重新编排、整理 |
| V4.1.0 | 2023年11月20日 | 1、补充修改地址命令 2、更新部分命令描述 |
| V4.1.1 | 2024年02月22日 | 1、补充测量值描述 |