

杭州棣硕科技有限公司

智能仪表TS-Serial通信协议

<原TTL-RS232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

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， $N \geq 2$ ，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 02 FE 01 00` 其中指令长度 `0x02`，指令码 `0xFE`，校验和 `0x0100 = 0x02 + 0xFE`

返回内容 `AA 55 04 F6 E8 03 01 E5` 其中指令长度 `0x04`，指令码 `0xF6`，指令数据 `0xE8 0x03`，校验和

`0x01E5 = 0x04 + 0xF6 + 0xE8 + 0x03`

3、指令详解

3.1 0xF1 请求连续数据

- 发送该命令成功后，仪表每采样更新一次，就主动上传一次测量值

◦ 发送内容 `AA 55 02 F1 00 F3`

◦ 返回内容 `AA 55 02 F3 00 F5`

3.2 0xF2 断开连续数据

- 发送该命令成功后，将停止主动上传测量值

◦ 发送内容 `AA 55 02 F2 00 F4`

◦ 返回内容 `AA 55 02 F3 00 F5`

3.3 0xF3 指令接收应答

- 应答指令，正确收到设置指令后进行应答

◦ 应答格式 `AA 55 02 F3 00 F5`

3.4 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 02 F4 00 F6`

◦ 返回内容 `AA 55 08 F5 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

`sumH sumL` 表示命令校验和（下同），此处校验和 `sum`

$sum = sumH * 256 + sumL = 0x08 + 0xF5 + rr + cc + s4 + s3 + s2 + s1$

3.5 0xF6 回传测量数据

- 测量值回传指令

◦ 回传格式 `AA 55 04 F6 vL vH sumH sumL`

◦ 回传示例 `AA 55 04 F6 E8 03 01 E5`

◦ 回传示例 `AA 55 04 F6 F8 FF 02 F1`

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

$$vHvL = vH * 256 + vL$$

所举例的读回值分别为

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

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

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

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

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

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

3.6 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 03 F7 dp sumH sumL`

◦ 返回内容 `AA 55 02 F3 00 F5`

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

3.7 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 03 F8 sps sumH sumL`
 - 返回内容 `AA 55 02 F3 00 F5`

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

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		

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				
双量程电流模块: TMDD2003				

3.8 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 03 F9 br sumH sumL

◦ 返回内容 AA 55 02 F3 00 F5

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

3.9 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 02 FD 00 FF

◦ 返回内容 AA 55 06 FD 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 3.5 回传测量数据

3.10 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 02 FE 01 00

◦ 返回内容 AA 55 04 F6 vL vH sumH sumL

其中 vL vH 表示当前测量值, 具体解析见前面 3.5 回传测量数据

3.11 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 04 A0 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 06 A0 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 02 F3 00 F5

◦ 发送示例 AA 55 04 A0 E8 03 01 8F 显示值为 1000

◦ 发送示例 AA 55 06 A0 39 30 00 00 01 0F 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

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

3.12 0xA1 修改量程

- 修改量程命令只对分流器专配表 TDM80X1/TDM82X1 及三位半全量程电阻表 TRM12X1-F-S 有效

◦ 发送内容 AA 55 03 A1 rr sumH sumL

◦ 返回内容 AA 55 02 F3 00 F5

其中 rr 表示需要调整的设置值

当修改电阻表时，对应值为

$rr = 0$	$rr = 1$	$rr = 2$	$rr = 3$	$rr = 4$
自动量程	固定 2K Ω	固定 20K Ω	固定 200K Ω	固定 2000K Ω

当修改分流器专配表时，对应值为

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

3.13 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，**当前适用型号为 TMDD2003 双量程电流表**

- 发送内容 `AA 55 02 E1 00 E3`
- 返回内容 `AA 55 06 E1 v0 v1 v2 v3 sumH sumL`
- 回传示例 `AA 55 06 E1 A0 86 01 00 02 0E`
- 回传示例 `AA 55 06 E1 60 79 FE FF 03 BD`

其中 $v0 v1 v2 v3$ 表示当前测量值，4 字节有符号数 unsigned long，低位在前，即

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

所举例的读回值分别为

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

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

3.14 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，**当前适用型号为 TMDD2003 双量程电流表**

- 发送内容 `AA 55 02 E2 00 E4`
- 返回内容 `AA 55 08 E2 rr cc v0 v1 v2 v3 sumH sumL`
- 回传示例 `AA 55 08 E2 D9 13 A0 86 01 00 02 FD`
- 回传示例 `AA 55 08 E2 D5 13 60 79 FE FF 04 A8`

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

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

代码	量程	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	-----	N = 1	-----
0x7D	1KHz	-----	N = 3	-----
0x7E	10KHz	-----	N = 3	-----
0x7F	100KHz	-----	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
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

代码	量程	四位半	三位半	五位半
rr		cc = 0x_1	cc = 0x_2	cc = 0x_3
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	-----	N = X	N = X	N = X
0xA4	-----	N = X	N = X	N = X
0xA5	2R	N = 4	N = 3	N = 5
0xA6	20R	N = 3	N = 2	N = 4
0xA7	20MR	N = 3	N = 2	N = 4
0xA8	2000KR	N = 1	N = 0	N = 2
0xA9	200KR	N = 2	N = 1	N = 3
0xAA	20KR	N = 3	N = 2	N = 4
0xAB	2KR	N = 4	N = 3	N = 5
0xAC	200R	N = 2	N = 1	N = 3
0xAD	1000A	N = 1	N = 0	N = 2
0xAE	1500A	N = 1	N = 0	N = 2
0xAF	800A	N = 1	N = 0	N = 2
0xB0	750A	N = 1	N = 0	N = 2
0xB1	600A	N = 1	N = 0	N = 2
0xB2	500A	N = 1	N = 0	N = 2
0xB3	400A	N = 1	N = 0	N = 2
0xB4	300A	N = 1	N = 0	N = 2
0xB5	100A	N = 2	N = 1	N = 3
0xB6	10A	N = 3	N = 2	N = 4
0xB7	30A	N = 2	N = 1	N = 3
0xB8	40A	N = 2	N = 1	N = 3
0xB9	50A	N = 2	N = 1	N = 3

代码	量程	四位半	三位半	五位半
rr		cc = 0x_1	cc = 0x_2	cc = 0x_3
0xBA	60A	N = 2	N = 1	N = 3
0xBB	75A	N = 2	N = 1	N = 3
0xBC	80A	N = 2	N = 1	N = 3
0xBD	150A	N = 2	N = 1	N = 3
0xBE	20A	N = 3	N = 2	N = 4
0xBF	200A	N = 2	N = 1	N = 3
0xC0	25A	N = 2	N = 1	N = 3
0xC1	2V	N = 4	N = 3	N = 5
0xC2	20V	N = 3	N = 2	N = 4
0xC3	20mV	N = 3	N = 2	N = 4
0xC4	200V	N = 2	N = 1	N = 3
0xC5	200mV	N = 2	N = 1	N = 3
0xC6	4V	N = 3	N = 2	N = 4
0xC7	40V	N = 2	N = 1	N = 3
0xC8	40mV	N = 2	N = 1	N = 3
0xC9	400V	N = 1	N = 0	N = 2
0xCA	400mV	N = 1	N = 0	N = 2
0xCB	5V	N = 3	N = 2	N = 4
0xCC	50V	N = 2	N = 1	N = 3
0xCD	50mV	N = 2	N = 1	N = 3
0xCE	500V	N = 1	N = 0	N = 2
0xCF	500mV	N = 1	N = 0	N = 2
0xD0	6V	N = 3	N = 2	N = 4
0xD1	60V	N = 2	N = 1	N = 3
0xD2	60mV	N = 2	N = 1	N = 3
0xD3	600V	N = 1	N = 0	N = 2
0xD4	600mV	N = 1	N = 0	N = 2
0xD5	2A	N = 4	N = 3	N = 5
0xD6	2mA	N = 4	N = 3	N = 5
0xD7	20mA	N = 3	N = 2	N = 4
0xD8	200mA	N = 2	N = 1	N = 3
0xD9	200uA	N = 2	N = 1	N = 3
0xDA	4mA	N = 3	N = 2	N = 4
0xDB	40mA	N = 2	N = 1	N = 3
0xDC	400mA	N = 1	N = 0	N = 2
0xDD	400uA	N = 1	N = 0	N = 2
0xDE	5mA	N = 3	N = 2	N = 4
0xDF	50mA	N = 2	N = 1	N = 3
0xE0	500mA	N = 1	N = 0	N = 2

代码	量程	四位半	三位半	五位半
rr		cc = 0x_1	cc = 0x_2	cc = 0x_3
0xE1	500uA	N = 1	N = 0	N = 2
0xE2	6mA	N = 3	N = 2	N = 4
0xE3	60mA	N = 2	N = 1	N = 3
0xE4	600mA	N = 1	N = 0	N = 2
0xE5	600uA	N = 1	N = 0	N = 2
0xE6	-----	N = X	N = X	N = X
0xE7	5A	N = 3	N = 2	N = 4
0xE8	-----	N = X	N = X	N = X
0xE9	2KV	N = 4	N = 3	N = 5
0xEA	NKV	N = 3	N = 2	N = 4
0xEB	2mV	N = 4	N = 3	N = 5
0xEC	20uA	N = 3	N = 2	N = 4
0xED	2KA	N = 4	N = 3	N = 5
0xEE	NKA	N = 3	N = 2	N = 4
0xEF	700V	N = 1	N = 0	N = 2
0xF0	2uA	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。