

MCS202H2

RS485/SDI-12 双接口土壤水分温度一体传感器

(V3.0)



北京微果草通信技术有限公司

2024. 10

1. 概述

MCS202 是一款 RS485/SDI-12 双接口的土壤水分、温度一体式在线传感器，该传感器基于高频传输理论，采用高防腐的 316L 不锈钢作为探针，配备黑色 PPO 外壳，具有高精度、高可靠、长寿命等特点，能够埋设在土壤中长期使用。高等级的防静电、防浪涌、防雷电路则保证了传感器在运输、实验室测试以及野外安装之后工作的可靠性和稳定性。

MCS202 可以通过参数设置来选择 RS485 和 SDI-12 接口，支持 MODBUS RTU 协议和 SDI-12 V1.3 协议，可以适应各种数据采集系统。

1.1 技术指标

1. 土壤水分（Volumetric Water Content）：

- 测量指标：土壤体积含水量（ m^3/m^3 , %）
- 测量范围：0-100%（ m^3/m^3 ）
- 分辨率：0.01%（ m^3/m^3 ）
- 精度：0-40%： $\pm 2\%$ （ m^3/m^3 ）
 >40%： $\pm 5\%$ （ m^3/m^3 ）

2. 温度（Temperature）

- 测量范围：-30℃到 55℃
- 分辨率：0.0625℃
- 精度：15-55℃： $\pm 0.1^\circ\text{C}$
 0-20℃： $\pm 0.3^\circ\text{C}$
 -30℃-0℃： $\pm 0.6^\circ\text{C}$

1.2 供电及连接

1. 线序

序号	颜色	RS485 模式	SDI-12 模式
1	棕色	电源+, 9-16V	电源+, 9-16V
2	黑色	电源-	电源-
3	白色	A	不使用（必须悬空）
4	蓝色	B	SDI 数据线

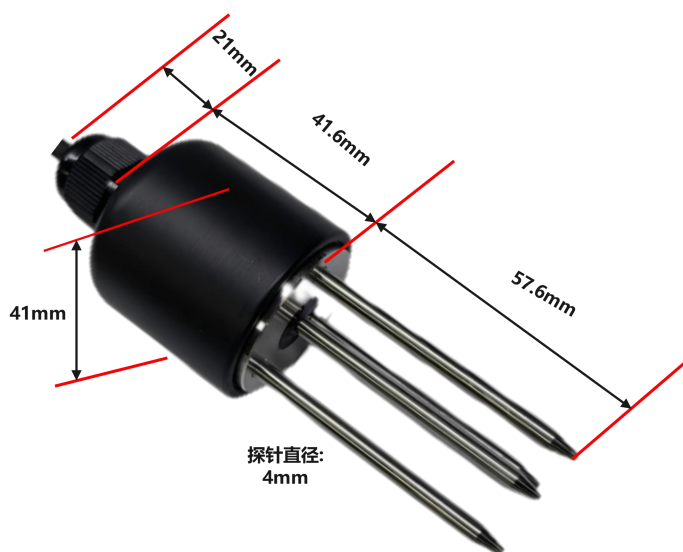
2. 线缆

- 线缆型号：4 芯 0.3 平方聚氨酯（PUR）电缆
- 线缆尺寸：外径 4.5mm/5.0mm
- 线缆标准长度：5 米

3. 功耗

- 电压：9V-16V, 典型 12V
- 电流：供电电压 12V, 温度 25℃条件下的典型值
 - ◆ RS485 模式：空闲：3.70mA, 通信增加 1.5mA, 测量增加 2.3mA
 - ◆ SDI-12 模式：空闲：0.13mA, 通信增加 3.5mA, 测量增加 2.3mA
- 测量时间：<1 秒

1.3 体积及重量



- 带 5 米线缆重量：290g
- 不带线缆重量：190g

2. 理论

MCS202 使用 4 根不锈钢探针和 1 个半导体感温元件测量土壤水分和温度，每次测量时，传感器依次测量温度和水分，然后根据温度对传输电压进行校正，并计算被测对象的复介电常数，进一步计算土壤含水量。

2.1 体积水分

MCS202 采用 4 根 316L 不锈钢作为测量探针, 4 根探针形成传输线结构, 高频信号在该传输线上传输。当探针插入土壤后, 土壤进入 4 根探针形成的传输线内部, 变成了传输线的“填充物”。高频信号在该传输线中传输时, “填充物”的介电常数会成为影响传输信号的主要因素, 从而引起传输线传输特性的改变。通过测量传输线上 3 个节点的电压值 (V_1, V_2, V_3), 计算获得“填充物”的复介电常数 (实部 R , 虚部 I), 其中 R 主要受被测物介电常数影响, 而 I 主要受被测物的电导率影响, 通过 R 和 I 进而获得土壤含水量 (VWC) 和土壤体电导率 (EC)。

本传感器 EC 未经过校正, 因此, 传感器输出的 EC 值仅供参考, 无精度保证。

2.2 温度

MCS202 使用了一个半导体测温元件进行温度测量, 该部件位于传感器探针根部的不锈钢底座上, 因此, 测量时必须将传感器紧贴土壤或埋入土壤中, 测量时传感器应该与土壤接触时间超过 5 分钟才能达到标称的精度。因此, 该传感器并不适合作为快速测量工具, 而应该长期埋设到土壤中做连续观测使用。应该注意, 如果测量时将传感器安装在地面上, 阳光的照射可能导致传感器温度升高, 因此, 应该避免阳光直射传感器。

3. 通信

MCS202 支持 RS485 和 SDI-12 两种接口, 用户在两种模式下都可以通过修改参数切换到另一种模式下。

- RS485->SDI-12: 将保持寄存器 4 的值修改为 1, 重新上电后生效。
- SDI-12->RS485: 扩展命令 $\langle a \rangle XS3=0!$ 设置, 重新上电后生效。其中 $\langle a \rangle$ 为传感器 SDI-12 地址。

3.1 RS485 模式

MCS202 支持 MODBUS RTU 协议, 支持输入寄存器 (操作码 04) 和保持寄存器 (读入操作码 03, 写入操作码 06 和 16)。

RS485 模式默认通信参数为: 地址 1, 波特率 9600, 无校验。

通信响应时间: 1 秒, 建议主机通信超时时间设置为 2 秒。

3.1.1 读取测量数据

输入寄存器 (操作码 04), 有效寄存器地址 1-40, 用来读取测量数据。

1. 寄存器定义

地址	类别	参数	含义	单位	数据类型	输出数值范围
1	测量值	体积含水量 VWC	100*含水量	m3/m3%	16 位有符号数	0-10000
2		电导率 EC	100*电导率	dS/m	16 位有符号数	0-2300
3		温度 T	100*温度	℃	16 位有符号数	-4000 到 8000
4	原始值	介电常数实部 R	100*R		16 位有符号数	0-10000
5		介电常数虚部 I	100*I		16 位有符号数	0-5000
6	电压	修正传输电压 V1	1000*V1	V	16 位有符号数	0-3300
7		修正传输电压 V2	1000*V2	V	16 位有符号数	0-3300
8		修正传输电压 V3	1000*V3	V	16 位有符号数	0-3300
9		修正传输电压比 P1	1000*V2/V1		16 位有符号数	0-1000
10		修正传输电压比 P2	1000*V3/V1		16 位有符号数	0-1000
11		修正传输电压比 P3	1000*V3/V2		16 位有符号数	0-1000
12		原始传输电压 RV1	1000*RV1	V	16 位有符号数	0-3300
13		原始传输电压 RV2	1000*RV2	V	16 位有符号数	0-3300
14		原始传输电压 RV3	1000*RV3	V	16 位有符号数	0-3300
15		温补传输电压 TV1	1000*TV1	V	16 位有符号数	0-3300
16		温补传输电压 TV2	1000*TV2	V	16 位有符号数	0-3300
17		温补传输电压 TV3	1000*TV3	V	16 位有符号数	0-3300
18	保留	原始温度 RT	100*原始温度	℃	16 位有符号数	-4000 到 8000
19		空闲				
20		空闲				
21		空闲				
22		空闲				
23		空闲				
24		空闲				
25		通信计数 COM_TIMER	成功通信次数	次	16 位无符号数	0-65535
26	传感器相关	版本号 VER	高字节: 硬件版本 低字节: 软件版本		16 进制 (Hex)	
27		SN 号 1			16 进制, 共 4 个偏移地址组成的传感器 SN。SN4 的低字节 (00) 无效	
28		SN 号 2				
29		SN 号 3				
30		SN 号 4				
31	保留	空闲				
32		空闲				
33		空闲				
34		空闲				
35		空闲				

36		空闲				
37		空闲				
38		空闲				
39		空闲				
40		空闲				

2. Modbus Poll 中读取设置示例

使用 Modbus 协议测试工具 Modbus poll 测试时，相关设置如下：（地址 1，波特率 9600，无校验）

Connection Setup

Connection: Serial Port

Serial Settings: Silicon Labs CP210x USB to UART Bridge (COM4)

9600 Baud

8 Data bits

None Parity

1 Stop Bit

Advanced...

Mode: ☒ RTU ☐ ASCII

Response Timeout: 2000 [ms]

Delay Between Polls: 1000 [ms]

Remote Modbus Server

IP Address or Node Name: 115.28.214.176

Server Port: 3001

Connect Timeout: 3000 [ms]

☒ IPv4 ☐ IPv6

Read/Write Definition

Slave ID: 1

Function: 04 Read Input Registers (3x)

Address: 0 Protocol address. E.g. 30011 -> 10

Quantity: 30

Scan Rate: 1000 [ms]

Disable: ☐ Read/Write Disabled ☐ Disable on error

Read/Write Once

View: Rows ☒ 10 ☐ 20 ☐ 50 ☐ 100 ☐ Fit to Quantity

☐ Hide Alias Columns ☐ PLC Addresses (Base 1)

☐ Address in Cell ☐ Enron/Daniel Mode

寄存器 1-25 数据格式设置:

Modbus Poll - [Mbpoll1]

File Edit Connection Setup Functions Display View Window Help

05 06 15 16 17 22 23 TC ? ?

Tx = 100: Err = 0: ID = 1: F = 04: SR = 1000ms

	Alias	00000	Alias	00010	Alias	00020
0		0		986		0
1		0		2823		0
2		2568		2690		0
3		209		2649		0
4		19		2821		791
5		3073		2689		0x0202
6		2937		2648		0xF74C
7		2896		2568		0xC3DC
8		955		0		0x048E
9		942		0		0x5600

Format

Read/write Definition... F8

Cut Ctrl+X

Copy Ctrl+C

Paste Ctrl+V

Select All Ctrl+A

Colors... Alt+Shift+C

Font... Alt+Shift+F

☒ Signed Alt+Shift+S

☐ Unsigned Alt+Shift+U

☐ Hex Alt+Shift+H

☐ Binary Alt+Shift+B

Long AB CD

Long CD AB

Long BA DC

Long DC BA

Float AB CD

Float CD AB

Float BA DC

Float DC BA

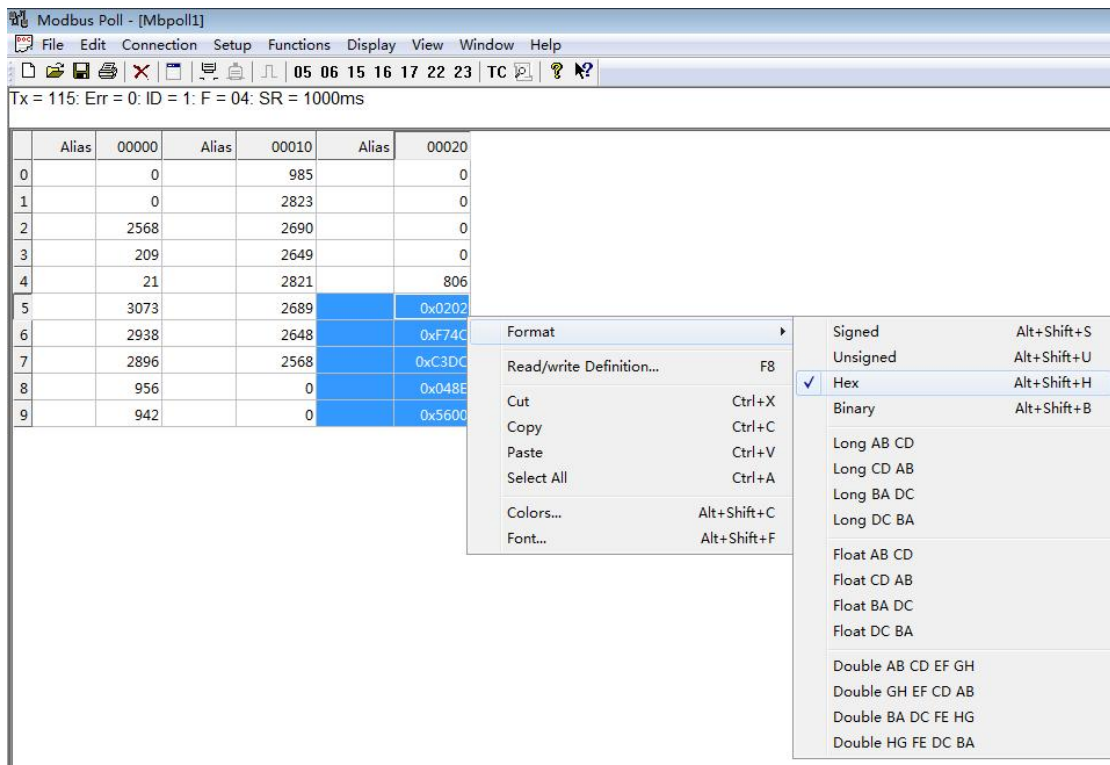
Double AB CD EF GH

Double GH EF CD AB

Double BA DC FE HG

Double HG FE DC BA

寄存器 25-30 格式设置：



3.1.2 参数设置

保持寄存器 1-40 用于保存参数。读参数用操作码 03，写入参数可以用操作码 06 和 16。寄存器 1-10 为 16 位有符号数，每个参数占用 1 个寄存器地址，其中备用字节禁止写入。寄存器 11-40 为浮点数，字节顺序为 AB CD,每个参数占用 2 个寄存器地址，建议使用 16 命令写入。

通信参数修改后，传感器重上电后才生效。传感器校正参数修改后，立即生效。

1. 参数定义

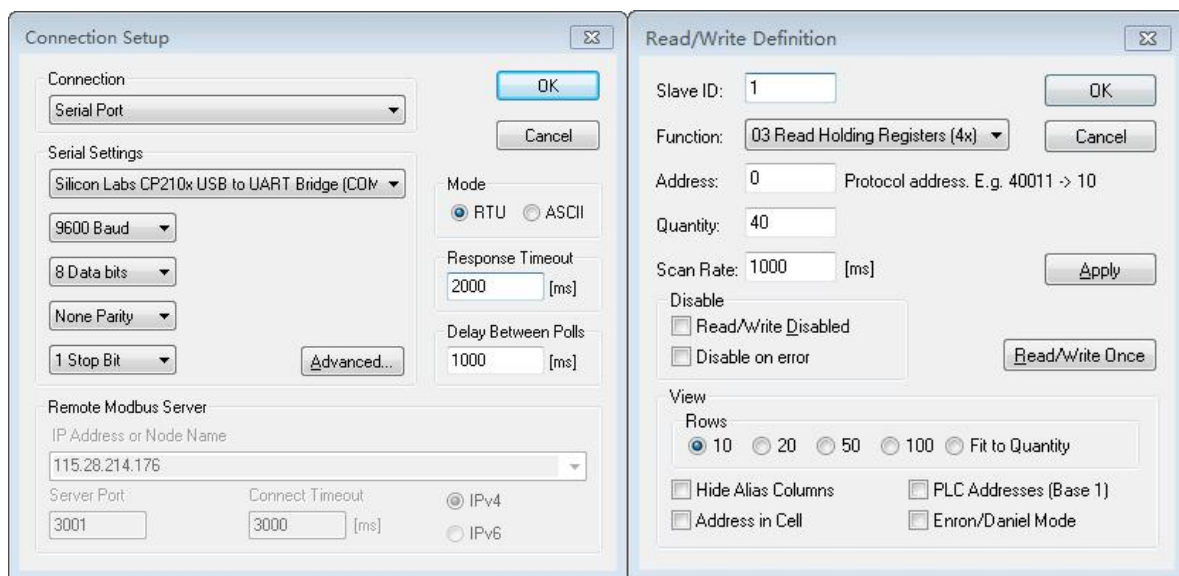
类别	寄存器	参数	含义	修改后生效时间	数据类型	数值范围	默认值
通信参数	1	ADDR	MODBUS 地址	重启后	16 位有符号数	1-247	1
	2	BPS	波特率	重启后	16 位有符号数	0=1200 1=2400 2=4800 3=9600 4=19200 5=38400 6=57600 7=115200	3 (9600)

	3	PARITY	校验位	重启后	16 位有符号数	0=无校验 1=奇校验 2=偶校验	0 (无校验)
	4	MODE	工作模式	重启后	16 位有符号数	0=RS485 1=SDI	0 (RS485)
备用	5		备用			禁止写入	
	6		备用			禁止写入	
	7		备用			禁止写入	
	8		备用			禁止写入	
控制参数	9	SDI ADDR	SDI-12 地址	×	16 位有符号数	禁止写入	48
	10	WRKEY	写入设置	立即	16 位有符号数	写入不同值触发对应操作 读出总是 0 202: 恢复校正参数为出厂值 300: 打开测量电路 301: 关闭测量电路	0
水分 校正公式	11	WK0	水分校正公式 常数项	立即	32 位浮点数 字节顺序: AB CD		-6.396
	13	WK1	水分校正公式 一次方系数	立即	32 位浮点数 字节顺序: AB CD		1.8033
	15	WK2	水分校正公式 二次方系数	立即	32 位浮点数 字节顺序: AB CD		-0.0167
	17	WK3	水分校正公式 三次方系数	立即	32 位浮点数 字节顺序: AB CD		0.00006
EC 校正公式	19	WZ	零点截距	立即	32 位浮点数 字节顺序: AB CD		3
	21	EK0	EC 校正公式 常数项	立即	32 位浮点数 字节顺序: AB CD		0
	23	EK1	EC 校正公式 一次方系数	立即	32 位浮点数 字节顺序: AB CD		0.02
	25	EK2	EC 校正公式 二次方系数	立即	32 位浮点数 字节顺序: AB CD		0
温度 校正公式	27	EK3	EC 校正公式 三次方系数	立即	32 位浮点数 字节顺序: AB CD		0
	29	EZ	EC 备用	立即	32 位浮点数 字节顺序: AB CD		0
	31	TK0	温度校正公式 常数项	立即	32 位浮点数 字节顺序: AB CD		0
	33	TK1	温度校正公式 一次方系数	立即	32 位浮点数 字节顺序: AB CD		1

	35	TK2	温度校正公式 二次方系数	立即	32 位浮点数 字节顺序: AB CD		0
	37	TK3	温度校正公式 三次方系数	立即	32 位浮点数 字节顺序: AB CD		0
	39	TZ	温度备用	立即	32 位浮点数 字节顺序: AB CD		0

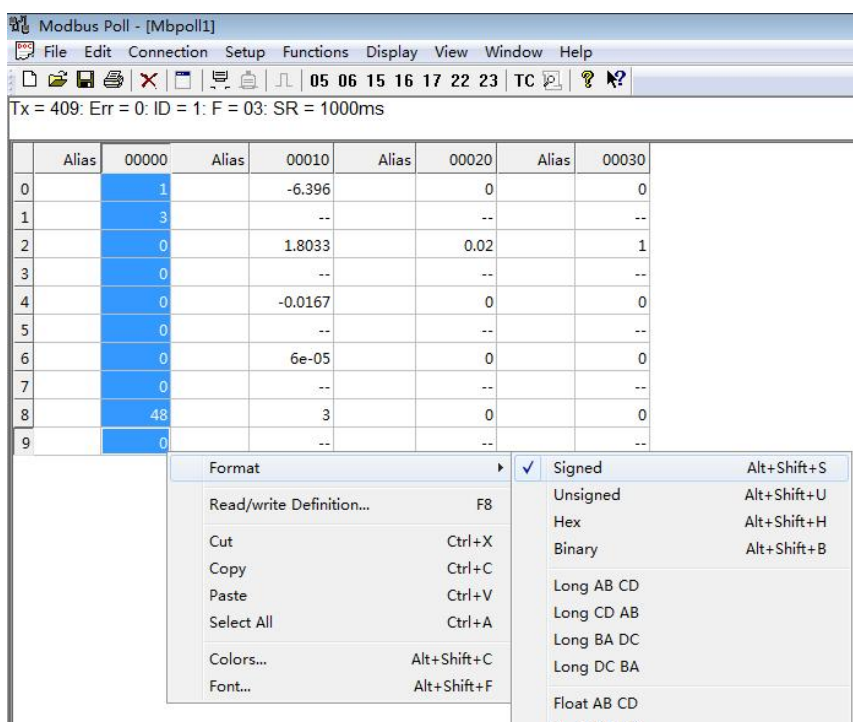
2. Modbus Poll 读取示例

使用 Modbus 协议测试工具 Modbus poll 测试时, 相关设置如下: (地址 1, 波特率 9600, 无校验)



The image shows two screenshots of the Modbus Poll software interface. The left screenshot is the 'Connection Setup' dialog, showing settings for a serial connection: Serial Port (COM4), Baud Rate (9600), Data Bits (8), Parity (None), Stop Bits (1), and Mode (RTU). The right screenshot is the 'Read/Write Definition' dialog, showing settings for reading holding registers: Slave ID (1), Function (03 Read Holding Registers (4x)), Address (0), Quantity (40), and Scan Rate (1000 ms).

寄存器 1-10 数据格式设置:



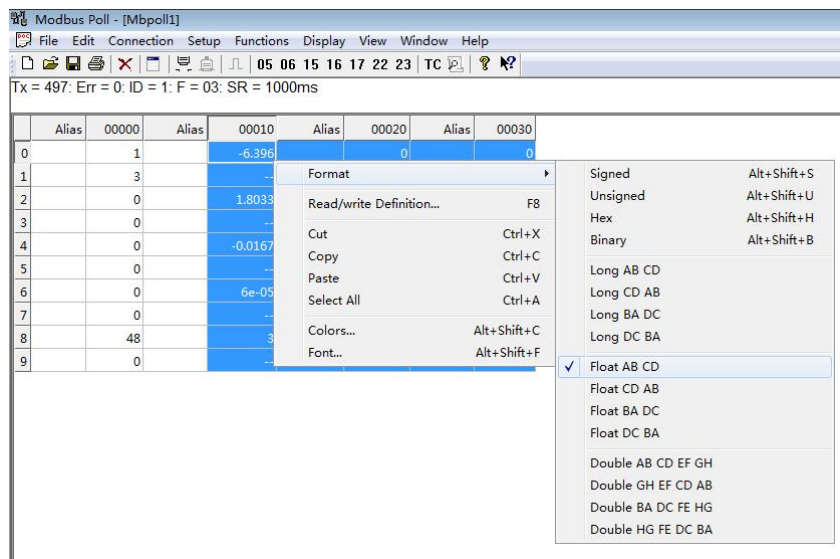
The image shows the Modbus Poll main window displaying a table of data for registers 0 to 9. The table has columns for Alias, Address, and Value. The values are displayed in decimal format. A context menu is open over the table, showing the 'Format' option, which is currently set to 'Signed'.

	Alias	00000	Alias	00010	Alias	00020	Alias	00030
0		1		-6.396		0		0
1		3		--		--		--
2		0		1.8033		0.02		1
3		0		--		--		--
4		0		-0.0167		0		0
5		0		--		--		--
6		0		6e-05		0		0
7		0		--		--		--
8		48		3		0		0
9		0		--		--		--

Format menu options:

- Signed (selected)
- Unsigned
- Hex
- Binary
- Long AB CD
- Long CD AB
- Long BA DC
- Long DC BA
- Float AB CD

寄存器 11-40 数据格式设置：



3.2 SDI-12 模式

MCS202 支持三线制 SDI-12 总线协议，通信时采集器的供电电源连接传感器的棕色线，电源负端连接传感器的黑色线，蓝色线用于数据传输，白色线要悬空，不要连接任何信号。SDI-12 协议给每个传感器一个唯一的地址，通信时，只有该地址的传感器才会应答，理论上，一条 SDI-12 总线上可以连接 62 个传感器。有关 SDI-12 协议的更多信息，访问 www.sdi-12.org。

MCS202 出厂时默认地址为 0，用户可通过协议命令修改地址，微果草的 MCP13 调试器可以用来进行传感器的地址设置、测试和参数配置。MCS202 支持 M 和 C 命令，不支持 R 命令。测量时，先发送 M/C 命令启动测量，在接收到测量完成通知或等待测量时间后，使用 D 命令依次读取数据。

3.2.1 测量命令示例

1. 查询传感器地址

[采集器]?!

[传感器]0

2. 读取传感器信息

[采集器]0I!

[传感器]013mcs202H201F74CC3DC048E56

其中，H2 为硬件版本，01 为固件版本；最后的 14 位 F74CC3DC048E56 为传感器唯一 SN。

3. 测量命令：

[采集器]0M!

[传感器]00019

[传感器]0

[采集器]0D0!

[传感器]0+33.5879+1.1817+25.0625

4.测量命令：

[采集器]0C!

[传感器]000118

[等待 1 秒]

[采集器]0D0!

[传感器]0+33.5879+1.1817+25.0625

3.2.2 数据读取

1. M 和 C 命令：

M 命令返回下表中的 1-8 号参数；C 命令返回下表中的 1-17 号参数

序号	符号	参数	单位	取值	读取命令
1	VWC	体积含水量	m ³ /m ³ %		D0
2	EC	电导率	dS/m		
3	T	温度	℃		
4	R	介电常数实部			D1
5	I	介电常数虚部			
6	RT	原始温度	℃		
7	V1	修正传输电压	V		D2
8	V2	修正传输电压	V		
9	V3	修正传输电压	V		
10	P1	修正传输电压比		V2/V1	D3
11	P2	修正传输电压比		V3/V1	
12	P3	修正传输电压比		V3/V2	
13	RV1	原始传输电压	V		D4
14	RV2	原始传输电压	V		
15	RV3	原始传输电压	V		
16	TV1	温补传输电压	V		D5
17	TV2	温补传输电压	V		
18	TV3	温补传输电压	V		

3.2.3 参数设置

使用扩展的命令进行参数读取和修正，扩展参数读取和设置命令不符合 SDI-12 V1.3 规范。

1. 读取参数

使用<a>XG<n>!命令来读取参数，其中：

<a>:传感器地址

XG: 读参数命令

<n>:参数序号，取值如下：

0: 水分公式参数，WK0,WK1,WK2,WK3,WZ

1: EC 公式参数，EK0,EK1,EK2,EK3,EZ

2: 温度公式参数，TK0,TK1,TK2,TK3,TZ

3: 工作模式，MODE

1) 水分参数

[采集器]0XG0!

[传感器]0-6.396000+1.803300-0.016700+0.000060+3.000000

2) 读取 EC 参数

[采集器]0XG1!

[传感器]0+0.000000+0.020000+0.000000+0.000000+0.000000

3) 读取温度参数：

[采集器]0XG2!

[传感器]0+0.000000+1.000000+0.000000+0.000000+0.000000

4) 读取工作模式

[采集器]0XG3!

[传感器]0+1

2. 设置参数

命令: <a>XS<n>=c[,c,c,c,c]!

应答:

正确: <a><n>:c[,c,c,c,c]

错误: <a>

其中:

<a>: 传感器地址

XS: 设置命令, 固定

<n>: 参数序号, 取值如下:

0: 水分公式参数, WK0,WK1,WK2,WK3,WZ

1: EC 公式参数, EK0,EK1,EK2,EK3,EZ

2: 温度公式参数, TK0,TK1,TK2,TK3,TZ

3: 工作模式, MODE

F: 强制打开或关闭测量电路, 该设置不保存, 电路状态保持到下一个 M 或 C 命令或重启

=: 等号, 必须使用

c,c,c,c,c: 要设置的数值, 两个数值之间用逗号分割。

参数序号 0-2: 必须同时输入 5 个数值, 分别是对应转换公式的常数项到 3 次方项、零点值

参数序号 3: 必须输入 1 个数值, 其中:

0: RS485 模式

1: SDI-12 模式

参数序号 F: 必须输入 1 个数值, 其中:

0: 关闭测量电路

1: 打开测量电路

3. 恢复出厂设置

命令: <a>XRS<n>!

应答:

参数正确: <a>:1

错误: 不应答

其中:

<a>: 传感器地址

1) 水分参数:

[采集器]0XS0=6.396,1.8033,-0.0167,0.00006,3.0!

[传感器]00:6.396,1.8033,-0.0167,0.00006,3.0

2) 设置 EC 参数:

[采集器]0XS1=0,0.02,0,0,0!

[传感器]01:0,0.02,0,0,0

3) 设置温度参数:

[采集器]0XS2=0,1,0,0,0!

[传感器]02:0,1,0,0,0

4) 设置工作模式为 MODBUS

[采集器]0XS3=0!

[传感器]03:1

5) 恢复出厂校正参数

[采集器]0XRS0!

[传感器]0:1

3.3 校正参数定义

序号	名称	符号	关联值	转换公式
1	介电常数实部	R	P1,P2,P3	
2	介电常数虚部	I	P1,P2,P3	
3	水分公式的常数项	WK0	R	$VWC = WK0 + WK1 * R + WK2 * R^2 + WK3 * R^3$ WZ 含义: 如果 VWC 小于 WZ, 则 VWC 输出 0
4	水分公式的一次方项	WK1		
5	水分公式的二次方项	WK2		
6	水分公式的三次方项	WK3		
7	水分转换后的 0 点修正	WZ		
8	EC 公式的常数项	EK0	I	$EC = EK0 + EK1 * I + EK2 * I^2 + EK3 * I^3$
9	EC 公式的一次方项	EK1		
10	EC 公式的二次方项	EK2		
11	EC 公式的三次方项	EK3		
12	备用	EZ		
13	温度公式的常数项	TK0	RT	$T = TK0 + TK1 * RT + TK2 * RT^2 + TK3 * RT^3$
14	温度公式的一次方项	TK1		
15	温度公式的二次方项	TK2		
16	温度公式的三次方项	TK3		
17	备用	TZ		

4. 固件更新

MCS202 支持用户更新固件，支持用户定制固件。当有新固件发布或用户定制需求时，可以从供应商处获得新固件，按以下操作进行升级。

4.1 工具

特别注意：更新固件会把传感器参数恢复为出厂设置，如有必要，请提前保存自定义参数。

1. 运行 Windows 7/8/10 系统的计算机
2. USB 转 RS485 转换器（如果计算机上有 RS232 口，则使用 RS232 转 RS485 转换器）
3. DC 12V 电源
4. 需要更新的固件程序，注意每个更新固件都是一个 EXE 可执行程序，标题栏显示固件版本号。

4.2 操作步骤

1. 将传感器按照 RS485 模式的接线顺序连接到 USB-RS485 转换器上。
2. 将 USB-RS485 转换器的 USB 口插入计算机，计算机上必须已经安装好转换器的驱动程序。
3. 启动要更新的固件程序，如图。
4. 选择对应的串口，点击开始升级按钮。
5. 传感器接通 12V 电源，开始传输固件。
6. 等待程序传输和更新完成，注意这个过程中不要断电。
7. 更新完毕，重新给传感器上电。





5. 安装

1. 传感器接线时应特别注意电源电压和极性。
2. 安装时应将传感器探针插入测量坑的侧面，如下图所示。传感器探针一定要完全插入土壤中，并压实确保与土壤紧密接触。如果在较坚硬的地表测量时，应先钻孔（孔径应小于探针直径），再插入土壤中测量。
3. 被测点应尽量避免开穴、石子、根茎较多的地方。
4. 传感器应防止剧烈振动和冲击，更不能用硬物敲击。

