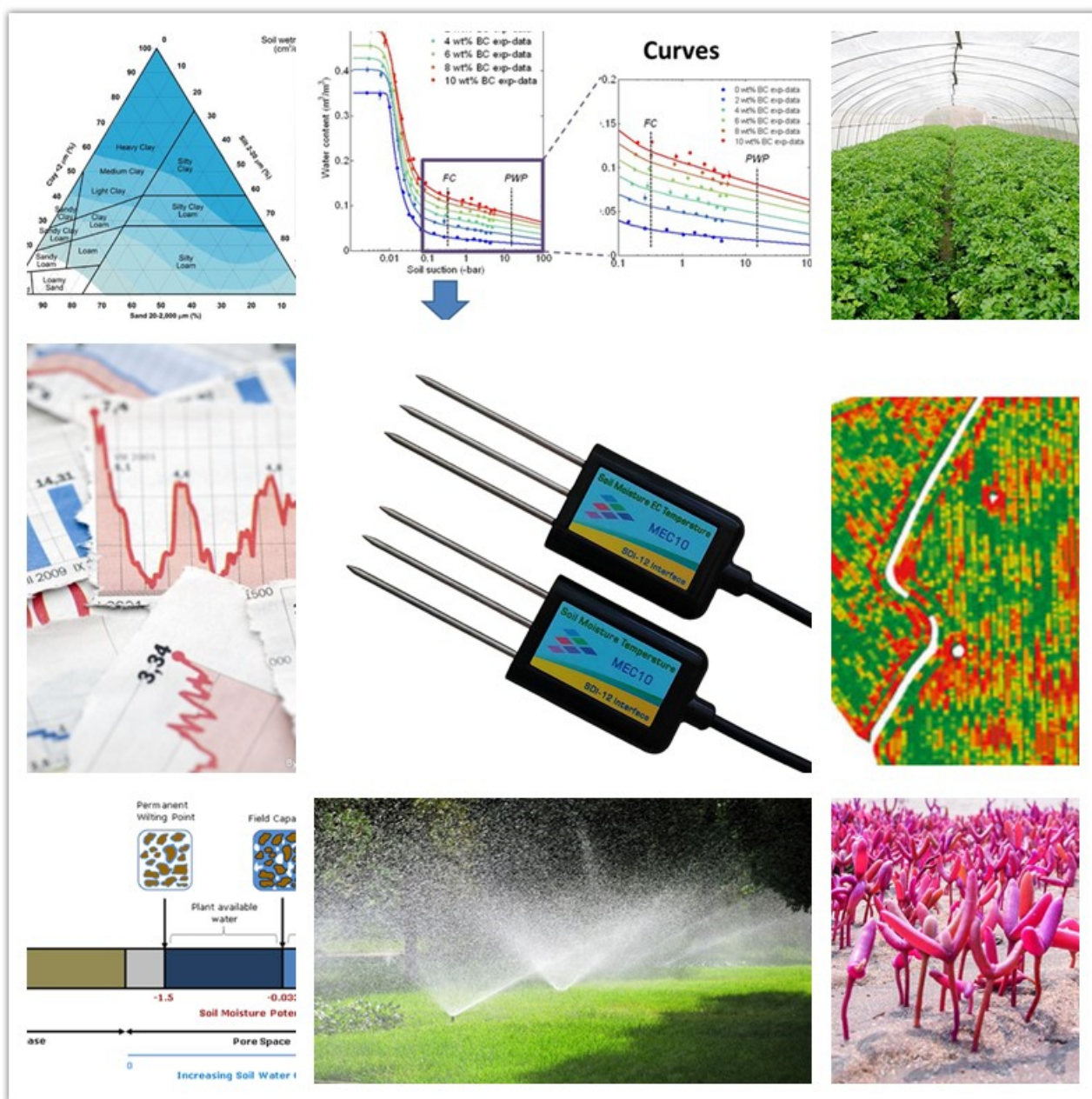


# MEC10 (SDI-12接口) 土壤水分、温度、电导率传感器 (MEC10-E) 土壤水分、温度传感器 (MEC10-F) 用户手册



# 目 录

1	技术支持 .....	3
2	产品介绍 .....	4
2.1	产品介绍 .....	4
3	传感器接线 .....	7
3.1	SDI-12 接口.....	7
4	外型尺寸、选型订购 .....	8
4.1	外型尺寸 .....	8
4.2	选型订购 .....	9
5	安装与测量 .....	10
5.1	安全.....	10
5.2	安装与测量 .....	10
6	SDI-12 与 ADI 接口 .....	11
6.1	数据转换 .....	12
6.1.1	土壤的水分换算.....	12
6.1.2	非土壤类的基质的水分换算.....	13
6.1.3	介电常数计算.....	13
6.2	SDI-12 接口与通讯协议 .....	14
6.2.1	SDI-12 接口 .....	14
6.2.2	协议解析.....	14
6.3	串行 ADI 接口 .....	18
6.3.1	ADI 接口.....	18
6.3.2	协议解析.....	19
7.	体积含水率的用户标定流程.....	23
附录 A	SDI-12 传感器通信测试与参数设置 .....	24
A.1	使用 SDI12ELF20 进行 SDI-12 传感器调试.....	24
A.2	传感器 SDI-12 通信测试实例.....	25
	版权与商标 .....	27
	文档控制 .....	27

# 1 技术支持

感谢您选择并使用我公司产品，此用户手册协助您了解并正确使用传感器。如需订购产品、技术支持、以及产品信息反馈，请通过以下方式联系我们。请在联系时附注设备的购买时间，购买方式，联系人信息，地址以及电话等相关信息，便于我们为您服务。

## 网址

<http://www.infwin.com.cn>

## E-Mail

[infwin@163.com](mailto:infwin@163.com)

## 电话

+86-411-66831953, 4000-511-521

## 传真

+86-411-66831953

## 2 产品介绍

### 2.1 产品介绍

MEC10 水分、温度和电导率传感器是监测土壤和无土基质的体积含水量（VWC）、温度以及电导率的精确工具。使用树脂密封，可以直接插入土壤或基质中，具有长期稳定性。该传感器适用于无土栽培、科研、灌溉、温室、智慧农业等。

#### 特点

- 测量土壤水分、温度、电导率。
- 数字传感器通过SDI-12串行接口通信
- 电源输入电压范围宽
- 低功耗设计，支持电池供电的数据记录仪
- 盐度敏感性低
- 坚固的环氧树脂封装，可抵抗腐蚀性环境
- 精度高，稳定性好
- 具有电源反向保护和内置TVS/ESD保护

#### 应用



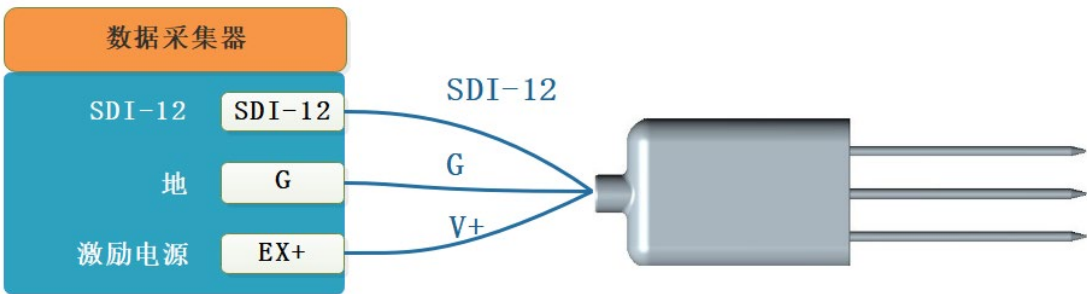
- 智慧农业、水培和园艺
- 温室监测
- 土壤/基质水平衡
- 灌溉管理
- 溶质/肥料运动
- 参考蒸散量计算

技术参数	
输出接口	SDI-12, V1.3
电源电压	3.9-28V/DC
功耗	SDI-12: 静态电流 <30uA 测量电流: 在 150ms 测量时间内 <20mA
水分测量	介电常数: 量程:1-81 (空气- 水), 分辨率: 1-40.00: 0.1, 40.00-81.88: 0.5 典型精度: 1.00-40.00: +/-1.5, 40.00-81.00: +/-10% (读数的百分比)  体积含水率 (VWC): 量程:0-100%, 分辨率: 0.1% 典型精度: 3%
电导率测量	量程: 0-23000ms/cm; 分辨率: 10us/cm; 典型精度: 0-7000us/cm, +/-5%; 7000-23000us/cm, +/-15% (读数的百分比) 温度补偿范围: 0-50°C
温度测量	量程: -40-80°C, 分辨率:0.1°C, 典型精度: +/-0.5°C
防护等级	IP68
工作温度	-40-80°C
传感器密封	环氧树脂
传感器安装	表面安装或埋入安装
线缆长度	2 米或定制
外形尺寸	46*15*146mm
电极长度	70mm

电气与时间特性			
名称	最小值	典型值	最大值
供电电源 (V+到 G), 3.9-28V DC	3.9 V DC	N/A	28 V DC
数字输入电压 (高电平), SDI-12	3.0 V	3.3 V	5.0 V
数字输入电压 (低电平), SDI-12	-0.3 V	0.0 V	0.5 V
数字输出电压 (高电平), SDI-12	N/A	3.3 V	3.6V
电源输入电压摆率	1.0 V/ms	N/A	N/A
电流 (测量时), SDI-12	3.0 mA	3.6 mA	20mA
电流 (休眠时), SDI-12	N/A	30 uA	N/A
上电预热时间 (至 ADI 输出工作)	80 ms	N/A	100ms
上电预热时间 (至 SDI-12 输出工作)	N/A	300 ms	N/A
测量时间	N/A	150 ms	N/A

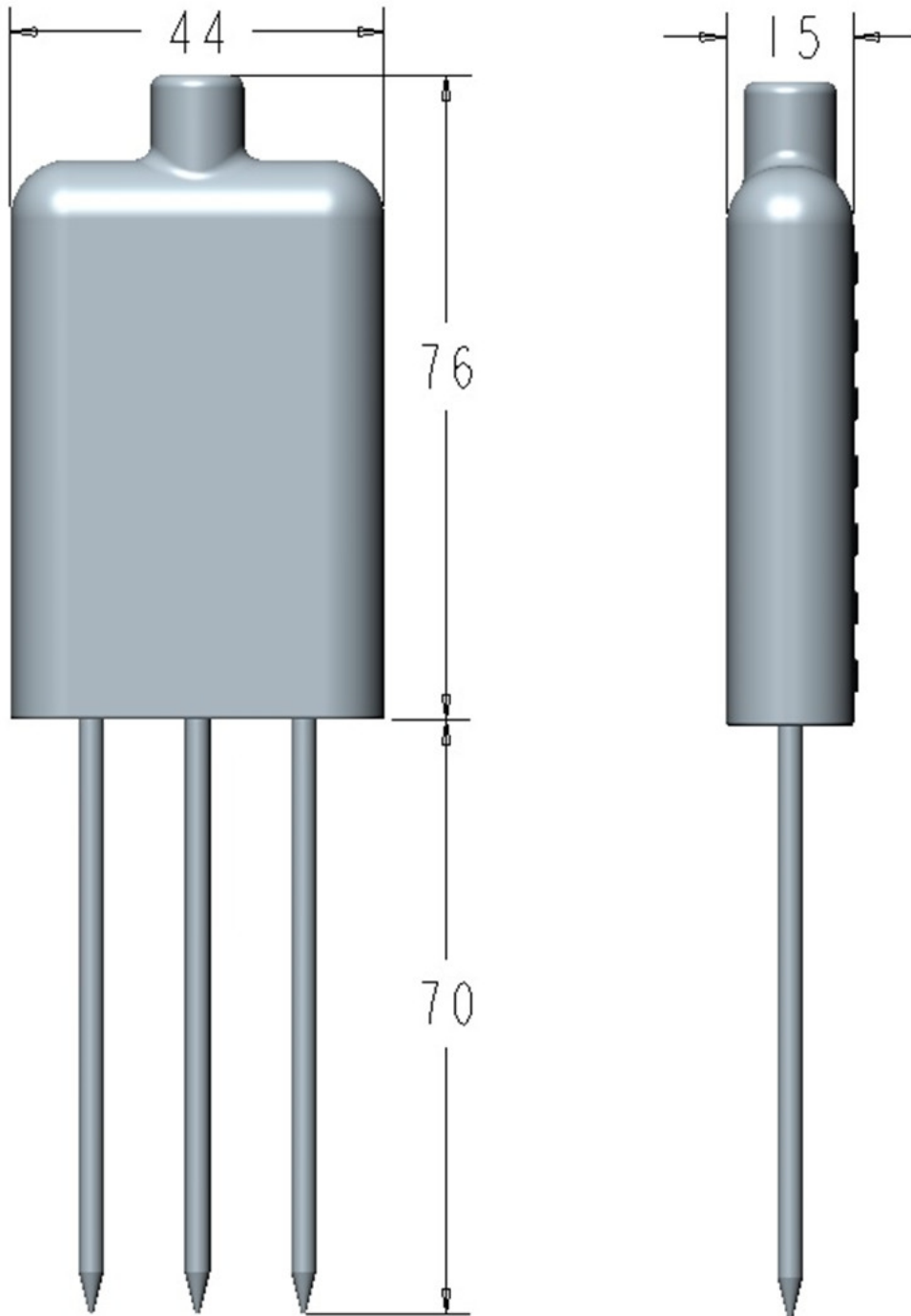
### 3 传感器接线

#### 3.1 SDI-12 接口

型号	接线图
SDI-12 接口	<div data-bbox="288 524 1417 591" style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">冷压端子</div>  <p style="margin-left: 600px;"> <span style="color: red;">←</span> 红色: V+电源正  <span style="color: black;">←</span> 黑色: G 电源地  <span style="color: gray;">←</span> 白色: SDI12信号         </p> <div data-bbox="288 904 1417 972" style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 5px; margin-top: 10px;">裸线浸锡</div>  <p style="margin-left: 600px;"> <span style="color: red;">←</span> 红色: V+电源正  <span style="color: black;">←</span> 黑色: G 电源地  <span style="color: gray;">←</span> 白色: SDI12信号         </p>
SDI-12 连接图	<div data-bbox="288 1263 1417 1330" style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">传感器接线-SDI-12接口</div> 

## 4 外型尺寸、选型订购

### 4.1 外型尺寸





## 4.2 选型订购

代码编号	代码	代码说明
代码1: 产品系列	MEC10	MEC10 土壤水分、温度、(电导率)传感器
代码2: 测量参数	E	土壤水分、电导率、温度测量, 协议兼容 METER-TEROS12
	F	土壤水分、温度测量, 协议兼容 METER-TEROS11
	J	土壤水分、电导率、温度测量, 协议兼容 DECAGON-5TE
	K	土壤水分、温度测量, 协议兼容 DECAGON-5TM <b>注意: 对于代码为J, K的产品请参见其独立的用户手册</b>
代码3: 土壤水分量程	B	0-100%
代码4: 电导率量程	C	0-23000us/cm
	X	无电导率测量
代码5: 供电电压	F	3.9-28V DC
代码6: 输出信号	F	SDI-12接口
代码7: 接线方式	B	冷压端子接线
	C	蘸焊锡裸线
代码8: 线长	002	2米线长
	XXX	客户定制, XXX为任意线长(单位: 米)
<p>举例: MEC10-EBCFFB002            产品系列: MEC10土壤水分、温度、(电导率)传感器;            测量参数: 土壤水分、电导率、温度测量, 协议兼容 METER-TEROS12            土壤水分量程: 0-100%            电导率量程: 0-23000us/cm            供电电源: 3.9-28V DC;            输出接口: SDI-12接口;            接线方式: 冷压端子接线;            线缆长度: 2米</p>		

## 5 安装与测量

### 5.1 安全

- 传感器钢针前端锋利便于插入，必须小心处理并预防对人体的伤害。
- 避免钢针暴露在静电损坏源中，尤其是在通电时。
- 请勿通过电缆将传感器从土壤或基质中拉出。
- 如果您在将传感器插入土壤时感到任何阻力，请停止推动并在新位置重新插入。

### 5.2 安装与测量

- 清除所有石块，在插入之前在非常坚硬的土壤中预先打孔。
- 将传感器推入基质或土壤中，直到钢针完全插入，确保良好的基质或土壤接触。
- 如果您在将传感器插入土壤时感到任何阻力，请停止推动并在新位置重新插入。

## 6 SDI-12 与 ADI 接口

传感器有两种类型的串行接口和协议，ADI 协议（主动输出数字接口）和 SDI-12 协议。下表列出了本章中使用的描述和术语：

参数	单位	描述
+/-	-	数据符号
a	-	SDI-12 地址
n	-	测量值数量（固定宽度1）
nn	-	带前导0的测量值数量（固定宽度2）
ttt	秒	最大测量时间（固定宽度3）
tttt	秒	最大测量时间（固定宽度4）
<TAB>	-	Tab字符
<SPACE>	-	空格字符
<CR>	-	回车字符
<LF>	-	换行字符
<Checksum>	-	和校验
<CRC_ADI>		ADI协议的CRC校验
<CRC>	-	SDI-12协议的CRC校验
<VERIFY_STATUS>	-	传感器验证状态
<sensorType>	-	传感器特征字符，标识传感器型号 对于MEC10-E，字符为‘g’ 对于MEC10-F，字符为‘h’
<±SubstrateTemp>	°C °F	基质温度，数值单位由温度单位设置决定
<+SubstrateVWC>	%	基质体积含水率
<+SubstrateECBulk>	us/cm	基质Bulk EC
<+SubstrateCalibratedRawCounts> or <RAW>	-	基质含水率的原始AD数据值
<+SubstrateEpsilon>	-	基质含水率的介电常数值
<+SubstrateECPore>	us/cm	基质PoreEC

当发生传感器异常或测量失败时，将返回以下数值作为错误指示：

错误值	描述
-999	传感器损坏
-996	传感器不支持此数据的测量

## 6.1 数据转换

输出接口	参数	数值范围
ADI 接口	<SubstrateCalibratedRawCounts> or <RAW>	+0.00 - +4095.00
	<SubstrateTemp>	-40.0 - +80.0°C
	<SubstrateECBulk>	+0 - +23000 us/cm
SDI-12 接口	<SubstrateCalibratedRawCounts> or <RAW>	+0.00 - +4095.00
	<SubstrateTemp>	-40.0 - +80.0°C
	<SubstrateEpsilon>	0.00 - +200.00
	<SubstrateVWC>	0.00 - +100.00%
	<SubstrateECBulk>	+0 - +23000 us/cm
	<SubstrateECPore>	+0 - +32000 us/cm
定制	请联系我们	

注意: <SubstrateVWC>可根据后续章节中的公式从<calibratedCountsVWC>计算得到。

### 6.1.1 土壤的水分换算

使用以下线性公式适计算土壤在 0%至饱和时水分换算。放置在水中的体积含水率输出最大约 70%:

$$VWC = 3.879 * 10^{-4} * RAW - 0.6956$$

使用以下公式时，放置在水中的体积含水率换算输出可达100%:

当 RAW<3200 时:

$$VWC = 1.1033765 * 10^{-10} * RAW^3 - 7.7895464 * 10^{-7} * RAW^2 + 2.1949004 * 10^{-3} * RAW - 2.0970717$$

当 RAW>=3200 时:

$$VWC = 4.0263182 * 10^{-8} * RAW^3 - 3.8868517 * 10^{-4} * RAW^2 + 1.2516687 * RAW - 1343.9820$$

其中，VWC：体积含水率 0-100%，RAW：体积含水率校正 AD 值，

<SubstrateCalibratedRawCounts>。

## 6.1.2 非土壤类的基质的水分换算

非土壤基质采用以下公式进行水分换算，此公式的目的在于创建一个适用于多种非土壤基质的、精度优于 5% 的通用的计算公式。如果需要实现更高精度，用户可针对使用的基质进行标定。非土壤基质包括：盆栽基质（**Potting Soil**），珍珠岩（**Perlite**），泥炭（**Peat Moss**），岩棉（**RockWool**），椰壳土（**Cocopeat**）等：

$$VWC = 6.771 * 10^{-10} * RAW^3 - 5.105 * 10^{-6} * RAW^2 + 1.302 * 10^{-2} * RAW - 10.848, \quad \text{其中:}$$

其中，VWC：体积含水率 0-100%，RAW：体积含水率校正 AD 值，  
<SubstrateCalibratedRawCounts>。

## 6.1.3 介电常数计算

$\xi_a$  可用于根据其他常见公式（如 TOPP 公式），进行土壤水分的换算。

$$\xi_a = (2.887 * 10^{-9} * RAW^3 - 2.080 * 10^{-5} * RAW^2 + 5.276 * 10^{-2} * RAW - 43.39)^2, \quad \text{其中:}$$

$\xi_a$ ：介电常数，RAW：体积含水率校正 AD 值，<SubstrateCalibratedRawCounts>。

## 6.2 SDI-12 接口与通讯协议

### 6.2.1 SDI-12 接口

请参见 SDI-12 V1.3 手册。

### 6.2.2 协议解析

请求	响应	描述
a!	a<CR><LF> 确认传感器在线。 a:传感器地址	<b>举例:</b> 请求: 0! 响应: 0<CR><LF>
a!	allccccccmmmmmmvvvxxxxxxxxx xxxx<CR><LF> 读取传感器信息。 a:传感器地址 ll:SDI-12版本 ccccccc:公司名称代码 mmmmmm:传感器标识符 vvv:版本信息 xxxxxxxxxxxxx:产品序列号 <CR><LF>:响应结束符	<b>举例 MEC10-E:</b> 请求: 0! 响应: 013INFWIN MEC10E8.1MEC10-E-44000  <b>举例 MEC10-F:</b> 请求: 0! 响应: 013INFWIN MEC10F8.1MEC10-F-44000
?!	a<CR><LF> 获取传感器地址。 a:传感器地址	<b>举例:</b> 请求: ?! 响应: 0<CR><LF>
aAb!	b<CR><LF> 修改传感器地址。 a:当前传感器地址 b:修改后的传感器地址	<b>举例:</b> 请求: 0A1! 响应: 1<CR><LF>
aM!, aMC!	<b>MEC10-E:</b> a0013<CR><LF> a: 传感器地址 001: 传感器将在001秒内完成测量 3: 本次测量将返回的数据个数为3 <CR><LF>:响应结束符  aD0! 响应的数据格式: a<+SubstrateCalibratedRawCounts>< ±SubstrateTemp><+SubstrateECBul k>[<CRC>]<CR><LF>	<b>举例 MEC10-E:</b> 请求: 0M! 响应: 00013<CR><LF> 响应: 0<CR><LF> 请求: 0D0! 响应: 0+2888.55+24.1+1620<CR><LF>  <b>举例 MEC10-F:</b> 请求: 0M! 响应: 00012<CR><LF> 响应: 0<CR><LF> 请求: 0D0!

	<p><b>MEC10-F:</b> a0012&lt;CR&gt;&lt;LF&gt; a: 传感器地址 001: 传感器将在001秒内完成测量 2: 本次测量将返回的数据个数为3 &lt;CR&gt;&lt;LF&gt;:响应结束符</p> <p>aD0! 响应的数据格式: a&lt;+SubstrateCalibratedRawCounts&gt;&lt; ±SubstrateTemp&gt;[&lt;CRC&gt;]&lt;CR&gt;&lt;L F&gt;</p>	<p>响应: 0+2888.55+24.1&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;</p>
<p>aM1!, aMC1! aM6!, aMC6! aM9!, aMC9!</p>	<p>a0016&lt;CR&gt;&lt;LF&gt; a: 传感器地址 001: 传感器将在001秒内完成测量 6: 本次测量将返回的数据个数为6 &lt;CR&gt;&lt;LF&gt;:响应结束符</p> <p>aD0! 响应的数据格式: a&lt;±SubstrateTemp&gt;&lt;+SubstrateVW C&gt;&lt;+SubstrateECBulk&gt;[&lt;CRC&gt;]&lt;C R&gt;&lt;LF&gt;</p> <p>aD1! 响应的数据格式: a&lt;+SubstrateCalibratedRawCounts&gt;&lt; +SubstrateVWCEpsilon&gt;&lt;+ Substrate ECPore&gt;[&lt;CRC&gt;]&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;</p> <p><b>注意: 对于 MEC10-F, &lt;+SubstrateE CBulk&gt;与&lt;+ SubstrateECPore&gt;数据 总为 0</b></p>	<p><b>举例 MEC10-E:</b> 请求: 0M1! 响应: 00016&lt;CR&gt;&lt;LF&gt; 响应: 0&lt;CR&gt;&lt;LF&gt; 请求: 0D0! 响应: 0+24.1+40.50+1620&lt;CR&gt;&lt;LF&gt; 请求: 0D1! 响应: 0+2888.77+25.47+5972&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;</p> <p><b>举例 MEC10-F:</b> 请求: 0M1! 响应: 00016&lt;CR&gt;&lt;LF&gt; 响应: 0&lt;CR&gt;&lt;LF&gt; 请求: 0D0! 响应: 0+24.1+40.50+0&lt;CR&gt;&lt;LF&gt; 请求: 0D1! 响应: 0+2888.77+25.47+0&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;</p>
<p>aC!, aCC!</p>	<p><b>MEC10-E:</b> a00103&lt;CR&gt;&lt;LF&gt; a: 传感器地址 001: 传感器将在001秒内完成测量 03: 本次测量将返回的数据个数为3 &lt;CR&gt;&lt;LF&gt;:响应结束符</p> <p>aD0! 响应的数据格式: a&lt;+SubstrateCalibratedRawCounts&gt;&lt; ±SubstrateTemp&gt;&lt;+SubstrateECBul k&gt;[&lt;CRC&gt;]&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;</p> <p><b>MEC10-F:</b> a00102&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;</p>	<p><b>举例 MEC10-E:</b> 请求: 0C! 响应: 000103&lt;CR&gt;&lt;LF&gt; 请求: 0D0! 响应: 0+2888.55+24.1+1620&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;</p> <p><b>举例 MEC10-F:</b> 请求: 0C! 响应: 000102&lt;CR&gt;&lt;LF&gt; 请求: 0D0! 响应: 0+2888.55+24.1&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;</p>

	<p>a: 传感器地址 001: 传感器将在001秒内完成测量 02: 本次测量将返回的数据个数为3 &lt;CR&gt;&lt;LF&gt;:响应结束符</p> <p>aD0! 响应的数据格式: a&lt;+SubstrateCalibratedRawCounts&gt;&lt; ±SubstrateTemp&gt;[&lt;CRC&gt;]&lt;CR&gt;&lt;L F&gt;</p>	
<p>aC1!, aCC1! aC6!, aCC6! aC9!, aCC9!</p>	<p>a00106&lt;CR&gt;&lt;LF&gt; a: 传感器地址 001: 传感器将在001秒内完成测量 06: 本次测量将返回的数据个数为6 &lt;CR&gt;&lt;LF&gt;:响应结束符</p> <p>aD0! 响应的数据格式: a&lt;±SubstrateTemp&gt;&lt;+SubstrateVW C&gt;&lt;+SubstrateECBulk&gt;[&lt;CRC&gt;]&lt;C R&gt;&lt;LF&gt;</p> <p>aD1! 响应的数据格式: a&lt;+SubstrateCalibratedRawCounts&gt;&lt; +SubstrateVWCEpsilon&gt;&lt;+ Substrate ECPore&gt;[&lt;CRC&gt;]&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;</p> <p><b>注意: 对于 MEC10-F, &lt;+SubstrateE CBulk&gt;与&lt;+ SubstrateECPore&gt;数据 总为 0</b></p>	<p><b>举例 MEC10-E:</b> 请求: 0C1! 响应: 000106&lt;CR&gt;&lt;LF&gt; 请求: 0D0! 响应: 0+24.1+40.50+1620&lt;CR&gt;&lt;LF&gt; 请求: 0D1! 响应: 0+2888.77+25.47+5972&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;</p> <p><b>举例 MEC10-F:</b> 请求: 0C1! 响应: 000106&lt;CR&gt;&lt;LF&gt; 请求: 0D0! 响应: 0+24.1+40.50+0&lt;CR&gt;&lt;LF&gt; 请求: 0D1! 响应: 0+2888.77+25.47+0&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;</p>
<p>aD0!, aD1!, aD2!</p>	<p>a[&lt;saaaa&gt;][&lt;sbbbb&gt;][&lt;scccc&gt;][&lt;CR C&gt;]&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;</p>	<p>读取数据命令, 传感器将根据命令返回相应的数据 [&lt;saaaa&gt;]: 数据1 [&lt;sbbbb&gt;]: 数据2 [&lt;scccc&gt;]: 数据3 [&lt;CRC&gt;]: 可选的3字符CRC校验, &lt;CR&gt;&lt;LF&gt;: 命令结束符</p>
<p>aR0!, aRC0!</p>	<p><b>MEC10-E:</b> 响应的数据格式: a&lt;+SubstrateCalibratedRawCounts&gt;&lt; ±SubstrateTemp&gt;&lt;+SubstrateECBul k&gt;[&lt;CRC&gt;]&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;</p> <p><b>MEC10-F:</b> 响应的数据格式: a&lt;+SubstrateCalibratedRawCounts&gt;&lt; ±SubstrateTemp&gt;[&lt;CRC&gt;]&lt;CR&gt;&lt;L</p>	<p><b>举例 MEC10-E:</b> 请求: 0R0! 响应: 0+2888.55+24.1+1620&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;</p> <p><b>举例 MEC10-F:</b> 请求: 0R0! 响应: 0+2888.55+24.1&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;</p>



<p>aR1!, aRC1! aR6!, aRC6! aR9!, aRC9!</p>	<p>F&gt; 响应的数据格式: a&lt;±SubstrateTemp&gt;&lt;+SubstrateVW C&gt;&lt;+SubstrateECBulk&gt;&lt;+SubstrateC alibratedRawCounts&gt;&lt;+SubstrateVW CEpsilon&gt;&lt;+SubstrateECPore&gt;[&lt;CR C&gt;]&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;  <b>注意: 对于 MEC10-F, &lt;+SubstrateE CBulk&gt;与&lt;+ SubstrateECPore&gt;数据 总为 0</b></p>	<p><b>举例 MEC10-E:</b> 请求: 0R1! 响应: 0+24.1+40.50+1620+2888.77+25.47+5972&lt;C R&gt;&lt;LF&gt;  <b>举例 MEC10-F:</b> 请求: 0R1! 响应: 0+24.1+40.50+0+2888.77+25.47+0&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;</p>
<p>aR3!, aRC3! aR4!, aRC4!</p>	<p><b>MEC10-E:</b> 响应的数据格式: a&lt;TAB&gt;&lt;SubstrateCalibratedRawCou nts&gt;&lt;SPACE&gt;&lt;±SubstrateTemp&gt;&lt;SP ACE&gt;&lt;SubstrateECBulk&gt;&lt;CR&gt;&lt;sens orType&gt;&lt;Checksum&gt;&lt;CRC_ADI&gt;&lt;C R&gt;&lt;LF&gt;  <b>MEC10-F:</b> 响应的数据格式: a&lt;TAB&gt;&lt;SubstrateCalibratedRawCou nts&gt;&lt;SPACE&gt;&lt;±SubstrateTemp&gt;&lt;C R&gt;&lt;sensorType&gt;&lt;Checksum&gt;&lt;CRC_ ADI&gt;&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;</p>	<p><b>举例 MEC10-E:</b> 测量数据并以ADI格式返回数据. <b>举例:</b> 请求: 0R3! 响应: 0&lt;TAB&gt;2749.0&lt;SPACE&gt;23.8&lt;SPACE&gt;660&lt;C R&gt;g8o&lt;CR&gt;&lt;LF&gt; 请求: 0R4! 响应: 0&lt;TAB&gt;2749.0&lt;SPACE&gt;23.8&lt;SPACE&gt;660&lt;C R&gt;g8o&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;  <b>举例 MEC10-F:</b> 测量数据并以ADI格式返回数据. <b>举例:</b> 请求: 0R3! 响应: 0&lt;TAB&gt;3193.8&lt;SPACE&gt;19.4&lt;CR&gt;h@k&lt;CR&gt; &lt;LF&gt; 请求: 0R4! 响应: 0&lt;TAB&gt;3193.8&lt;SPACE&gt;19.4&lt;CR&gt;h@k&lt;CR&gt; &lt;LF&gt;</p>
<p>aXR_TUNIT!</p>	<p>aTUNIT=&lt;X&gt;&lt;CR&gt;&lt;LF&gt; &lt;X&gt; 为以下温度单位: C: 摄氏 F: 华氏</p>	<p><b>查询温度单位</b> <b>举例:</b> 命令: 0XR_TUNIT! 响应: 0TUNIT=C&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;</p>
<p>aXW_TUNIT_&lt;X&gt;!</p>	<p>aTUNIT=&lt;X&gt;&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;</p>	<p><b>设定温度单位</b> <b>举例:</b> 命令: 0XW_TUNIT_C! 响应: 0TUNIT=C&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;</p>
<p>aXR_SUBSTR ATETYPE!</p>	<p>aSUBSTRATETYPE=&lt;X&gt;&lt;CR&gt;&lt;L F&gt; &lt;X&gt; 为基质类型: 0: 土壤 1: 非土壤基质 2: UDF(用户定义曲线)</p>	<p><b>查询基质类型</b> <b>举例:</b> 命令: 0XR_SUBSTRATETYPE! 响应: 0SUBSTRATETYPE=0&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;</p>

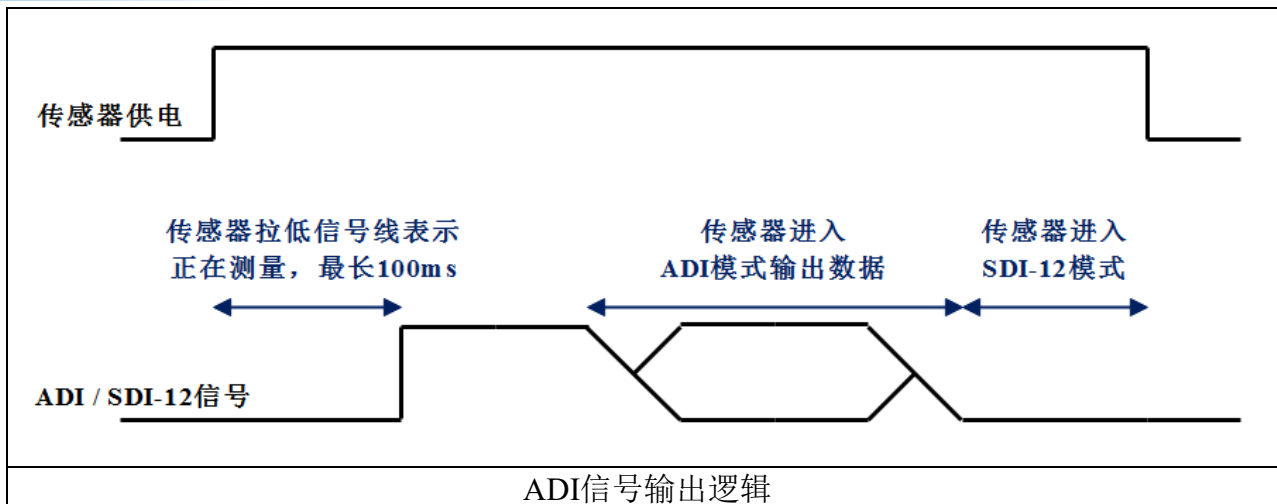
	基质类型仅用于计算<SubstrateVWC>数值时进行相应的换算。	
aXW_SUBSTRATETYPE_<X>!	aSUBSTRATETYPE=<X><CR><LF>	<b>设定基质类型</b> 举例： 命令: 0XW_SUBSTRATETYPE_0! 响应: 0SUBSTRATETYPE=0<CR><LF>
aXR_ADIEN!	aADIEN=<v><CR><LF> <v>: ADI 主动输出开启/关闭。在传感器的 SDI-12 地址为 0 时: <v>=0 则传感器上电时禁止输出 ADI 协议数据。 <v>=1 则传感器上电时将会输出 ADI 协议数据。	<b>查询 ADI 主动输出开启/关闭</b> 举例： 命令: 0XR_ADIEN! 响应: 0ADIEN=1<CR><LF>
aXW_ADIEN_<v>!	aADIEN=<v><CR><LF>	<b>设定 ADI 主动输出开启/关闭</b> 举例： 命令: 0XW_ADIEN_0! 响应: 0ADIEN=0<CR><LF>
aXR_SN!	aSN=<ssssssss><CR><LF> <ssssssss>是用户设置的 8 位字符序列号	<b>查询序列号</b> 举例： 命令: 0XR_SN! 响应: 0SN=12345678<CR><LF>
aXW_SN_<ssss>!	aSN=<ssssssss><CR><LF>	<b>设定序列号</b> 举例： 命令: 0XW_SN_ABCDEFGH! 响应: 0SN=ABCDEFGH<CR><LF>

## 6.3 串行 ADI 接口

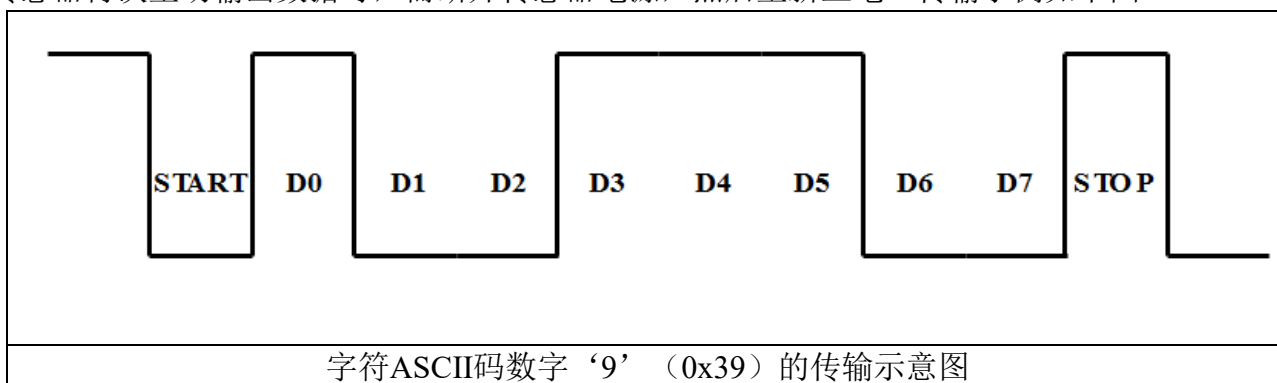
### 6.3.1 ADI 接口

串行ADI接口（TTL信号标准），以下简称ADI接口（Active Digital Interface，主动输出数字接口）。

当传感器上电时如果SDI-12地址设置的是0，则传感器在上电后首先进入ADI接口模式，同时传感器将信号线拉低100ms表示传感器正在进行测量，数据测量后（约100ms时间）进行一次主动的ADI数据输出，输出后传感器进入SDI-12接口模式。



ADI接口数据流输出为串行TTL信号输出标准（0-3.6V），以ASCII码表示字符，串行波特率1200bps，无校验，8个数据位，1个停止位。数据输出后，传感器进入休眠功耗。当需要传感器再次主动输出数据时，需断开传感器电源，然后重新上电。传输示例如下图



### 6.3.2 协议解析

ADI 协议数据格式以及说明如下：

<TAB><SubstrateCalibratedRawCounts><SPACE><±SubstrateTemp><SPACE><SubstrateECBulk><CR><sensorType><Checksum><CRC\_ADI>

参数	说明
<TAB>	Tab 字符
<SubstrateCalibratedRawCounts>	基质含水率的原始AD数据值
<SPACE>	空格
<±SubstrateTemp>	基质温度，单位℃
<SPACE>	空格
<SubstrateECBulk>	基质Bulk EC，单位us/cm <b>注意：此输出仅针对MEC10-E有效</b>
<CR>	回车字符
<sensorType>	传感器类型字符，对于 MEC10-E 为 ‘g’ 传感器类型字符，对于 MEC10-F 为 ‘h’

<Checksum>	和校验，从<TAB>开始到<sensorType>的和校验
< CRC_ADI >	ADI 协议的 CRC-6 校验，从<TAB>开始到< Checksum> 的 CRC-6 校验

举例: “<TAB>2749.0<SPACE>23.8<SPACE>660<CR>g8o”

参数	说明
<TAB>	Tab 字符
2749.0	基质含水率的原始AD数据值2749.0
<SPACE>	空格
23.8	基质温度，23.8℃
<SPACE>	空格
660	基质Bulk EC，660us/cm
<CR>	回车字符
g	传感器类型字符，对于 MEC10-E 为 ‘g’
8	和校验，从<TAB>开始到<sensorType>的和校验
o	ADI 协议的 CRC-6 校验，从<TAB>开始到< Checksum> 的 CRC-6 校验

ADI接口的校验和<Checksum>算法如下，将字符串

“<TAB>2749.0<SPACE>23.8<SPACE>660<CR>g” 作为参数Response传入以上方法后，将得到返回值‘8’

```

uint8_t CalcADIChecksum (const char * response)
{
    uint16_t length;
    uint16_t i;
    uint16_t sum = 0;
    // Finding the length of the response string
    length = strlen (response) ;
    // Adding characters in the response together
    for (i = 0; i < length; i++)
    {
        sum += response[i];
        if (response[i] == '\r')
        {
            // Found the beginning of the metadata section of the response
            break;
        }
    }
    // Include the sensor type into the checksum
    sum += response[++i];
    // Convert checksum to a printable character
    sum = sum % 64 + 32;
    return sum;
}

```

ADI接口的校验和<CRC\_ADI>算法如下，将字符串

“<TAB>2749.0<SPACE>23.8<SPACE>660<CR>g8” 作为参数Response传入以上方法后，将得到返回值‘o’

```
uint8_t CRC6_Offset (const char *buffer)
{
    uint16_t byte;
    uint16_t i;
    uint16_t bytes;
    uint8_t bit;
    uint8_t crc = 0xfc; // Set upper 6 bits to 1's
    // Calculate total message length—updated once the metadata section is found
    bytes = strlen (buffer) ;
    // Loop through all the bytes in the buffer
    for (byte = 0; byte < bytes; byte++)
    {
        // Get the next byte in the buffer and XOR it with the crc
        crc ^= buffer[byte];
        // Loop through all the bits in the current byte
        for (bit = 8; bit > 0; bit--)
        {
            // If the uppermost bit is a 1...
            if (crc & 0x80)
            {
                // Shift to the next bit and XOR it with a polynomial
                crc = (crc << 1) ^ 0x9c;
            }
            else
            {
                // Shift to the next bit
                crc = crc << 1;
            }
        }
        if (buffer[byte] == '\r')
        {
            // Found the beginning of the metadata section of the response
            // both sensor type and legacy checksum are part of the crc6
            // this requires only two more iterations of the loop so reset
            // "bytes"
            // bytes is incremented at the beginning of the loop, so 3 is added
            bytes = byte + 3;
        }
    }
    // Shift upper 6 bits down for crc
    crc = (crc >> 2) ;
}
```

```
// Add 48 to shift crc to printable character avoiding \r \n and !  
return (crc + 48) ;  
}
```

## 7. 体积含水率的用户标定流程

传感器支持自定义基质类型的体积含水率标定。用户可针对使用的基质，进行自定义体积含水率标定以达到最佳精度。详见应用说明“基质体积含水率的用户标定流程”。

## 附录 A SDI-12 传感器通信测试与参数设置

用户可使用以下方式与SDI-12接口的传感器进行通信测试或参数设置。

- 使用任何一种支持SDI-12接口的主设备（如数据采集器，数据记录仪等）与传感器进行通信，并进行参数设置。
  - 使用电脑通过SDI-12转换器（如SDI12ELF20转换器）与传感器进行通信，并进行参数设置。
- 本章主要介绍电脑通过SDI-12转换器（SDI12ELF20）与传感器进行通信或参数设置。

### A.1 使用 SDI12ELF20 进行 SDI-12 传感器调试

SDI12ELF20是用于USB主设备与SDI-12传感器之间的通信转换器，支持SDI-12通信数据的双向透明传输，用于控制或测试SDI-12兼容的传感器或设备。其中USB主设备可以为电脑、树莓派等支持USB接口的主机。

#### SDI12ELF20转换器说明书

<https://www.infwin.com/sdi12elf20-sdi-12-to-usb-converter/>

本示例中采用电脑作为USB主机，通过SDI12ELF20转换器，连接传感器进行SDI-12通信测试。



#### 安装步骤:

- 在PC、笔记本或其他USB主设备上安装USB虚拟串口驱动程序，转换器使用CH340C作为USB桥接芯片，请下载并安装CH340C驱动程序并安装。安装后将转换器与电脑连接，系统端口会新增一个COM端口，请在调试软件中使用此端口号与转换器进行通信调试。

#### 驱动程序下载链接

<http://www.infwin.com.cn/1906.html>

- 通过 USB 接口将转换器连接至 PC，笔记本或其他 USB 主设备。
- 将 SDI-12 接口的传感器连接至转换器。
- 可使用转换器自带的电源输出为传感器供电，或通过外部电源为传感器供电，并将外部电源与转换器电源共地。



- 用户可使用任何串行通信调试软件进行 SDI-12 通信，如串口调试助手，SDI12ELF20 转换器出厂通信参数为 9600bps，无校验，8 个数据位，1 个停止位。请使用 ASCII 码模式进行数据收发。

调试软件下载	
Terminal（通用串口调试软件）	<a href="http://www.infwin.com.cn/2141.html">http://www.infwin.com.cn/2141.html</a>
串口调试助手（通用串口调试软件）	<a href="http://www.infwin.com.cn/2141.html">http://www.infwin.com.cn/2141.html</a>
SensorOneSetSDI12（传感器设置软件）	<a href="http://www.infwin.com.cn/2170.html">http://www.infwin.com.cn/2170.html</a>

## A.2 传感器 SDI-12 通信测试实例

此示例使用电脑的 USB 接口连接 SDI12ELF20 转换器，与坚固型温度传感器 DigiTEMP 进行 SDI-12 通信，SDI12ELF20 转换器为传感器提供电源供电，通过串口调试软件读取设备信息以及数据。

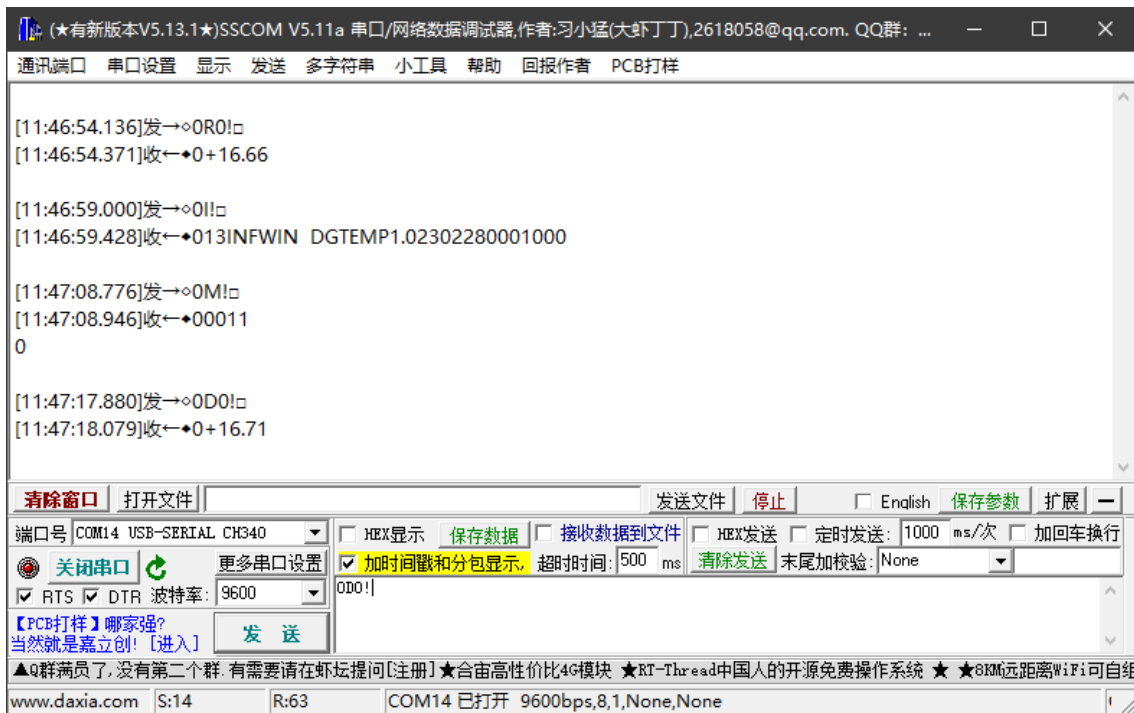
DigiTEMP 坚固型温度传感器说明书
<a href="http://www.infwin.com.cn/2011.html">http://www.infwin.com.cn/2011.html</a>

### ■ 实物连接



### ■ 使用串口调试软件进行传感器调试

以串口调试助手为例，调试时请选择对应的串口端口号，波特率设置为 9600bps，无校验，8 个数据位，1 个停止位（SDI12ELF20 的出厂默认通信设置），打开串口后输入 SDI-12 命令并发送。请注意使用 ASCII 格式进行数据发送。



## ■ 使用 SensorOneSetSDI12 传感器设置软件进行调试

安装软件后，选择相应的产品界面 DigiTEMP，点击“开始通信”后选择对应的串口端口号，波特率设置为 9600bps，无校验，8 个数据位，1 个停止位（SDI12ELF20 的出厂默认通信设置）并开始通信。



## 版权与商标

本文件大连哲勤科技有限公司版权所有。保留所有权利。有限公司保留随时对本手册所述产品进行改进的权利，恕不另行通知。未经事先书面许可，不得以任何形式或手段复制、复制、翻译或传播本手册的任何部分。本手册中提供的信息应准确可靠，但对其使用不承担任何责任，也不对其使用可能导致的任何侵犯第三方权利的行为承担任何责任。INFWIN®是大连哲勤科技有限公司的商标。

## 文档控制

日期	版本号	说明	完成人
2024-02-07	V1.0	创建	sl51930