

# TFmini 使用说明书



微型激光雷达模组



## 所述产品

产品型号：TFmini

产品名称：微型激光雷达模组

## 制造商

公司：北醒（北京）光子科技有限公司

地址：中国 北京 海淀区 信息路 28 号

## 版权声明

本文档受版权保护。其中涉及到的一切权利归北醒公司所有。只允许在版权法的范围内复制本文档的全部或部分内容。未经北醒公司的官方书面许可，不允许对文档进行修改、删减或翻译。

© 北醒公司版权所有

## 产品认证



EN62471 光生物安全认证





## 前言

尊敬的用户：

您好。感谢您选择北醒光子科技的产品，我们很荣幸参与您解决问题的过程。

为了让产品的使用体验更好，我们特此制定产品使用说明书，帮助您更加便捷的使用产品，从而更好的帮您解决问题。

本说明书中已涵盖常见情况下的使用说明及问题处理措施，但仍不能保证可完全解决您的问题。如果您在使用产品的过程中遇到其他问题，欢迎您咨询我们的技术支持人员 ([support@benewake.com](mailto:support@benewake.com))，我们竭诚为您解决产品使用中的任何问题。您在使用产品过程中有任何意见或建议，可以到官网的留言咨询版块 (<http://www.benewake.com/feedback.html>) 反馈给我们，我们期待您的参与。

我们是北醒，我们立志做最好的机器人眼睛！



# 目录

1	注意事项 .....	6
1.1	关于文档.....	6
1.2	产品使用.....	6
1.3	产品失效情况 .....	6
2	功能及关键参数.....	6
2.1	产品功能.....	6
2.2	测距原理.....	6
2.3	关键特性参数 .....	7
2.4	测距特性.....	7
3	外观与结构 .....	9
3.1	产品外观.....	9
3.2	产品结构.....	9
4	电气特性 .....	10
5	线序与数据通信协议 .....	10
5.1	线序连接说明 .....	10
5.2	数据通信协议 .....	10
5.3	数据输出格式及编码 .....	11
5.4	输出数据与默认数据剔除说明 .....	11
6	快速测试步骤 .....	12
6.1	产品测试所需工具 .....	12
6.2	测试步骤.....	12
7	自定义参数配置说明.....	14
7.1	功能简介.....	14
7.2	配置指令编码格式 .....	14
7.3	一般参数配置及说明 .....	14



7.4	特殊参数配置步骤及说明.....	16
8	远程升级 .....	17
9	故障-原因和处理措施.....	17
10	常见问题及解答 .....	19
附录 一	TF 系列上位机使用说明 .....	20
附录 二	TFmini 在 Arduino 上的开发例程.....	22
	步骤 1：硬件连接.....	22
	步骤 2：程序编写.....	22
	步骤 3：数据查看.....	25
附录三	TFmini 在开源飞控 pixhawk 上的应用.....	27
	a)连接 Pixhawk 的 TELEM2 接口 .....	27
	b)连接 Pixhawk 的 SERIAL4/5 接口 .....	28



## 1 注意事项

### 1.1 关于文档

- 本说明书提供产品使用过程中必需的各项信息。
- 请在使用本产品前认真阅读本说明书，并确保您已完全理解说明书内容。

### 1.2 产品使用

- 本产品只能由合格的专业人员维修，且只能使用原厂备件，以保证产品的性能和安全性。
- 产品本身无极性保护和过电压保护，请按说明书内容正确接线和供电。
- 产品的工作温度为  $0^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ ，请勿在此温度范围外使用，以免产生风险。
- 产品的存储温度为  $-20^{\circ}\text{C}\sim 75^{\circ}\text{C}$ ，请勿在此温度范围外存储，以免产生风险。
- 请勿打开外壳，进行本使用说明以外的装配或保养，以免影响产品性能。

### 1.3 产品失效情况

- 产品在探测高反射率物体，如镜面、光滑地砖时，会有失效的风险。
- 当产品与被测目标之间有透明物体，如玻璃、水时，会有失效的风险。
- 当产品发射与接收透镜被污物覆盖时，会有失效的风险，请保持透镜干净。
- 由于产品线路板直接裸露，请勿直接用手触碰线路板。如有需求，请佩戴静电手环或防静电手套。否则产品会有失效的风险，具体表现为产品无法正常工作。

## 2 功能及关键参数

### 2.1 产品功能

TFmini 是一款微型激光雷达模组。主要实现实时、无接触式的距离测量功能，具有测量准确、稳定、高速的特点。

### 2.2 测距原理

TFmini 基于 TOF (Time of Flight) 即飞行时间原理。具体为产品周期性的向外发出近红外光调制波，调制波遇物体后反射。产品通过测量调制波往返相位差，得到飞行时间，再计算出产品与被测目标之间的相对距离，如图 1 所示。

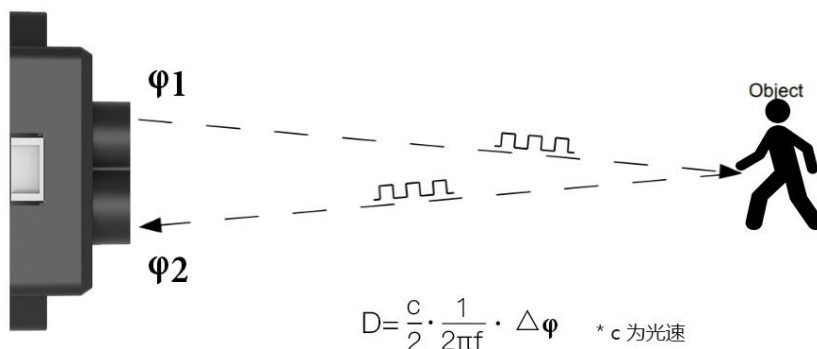


图 1 时间飞行原理示意图

## 2.3 关键特性参数

表 1 TFmini 关键特性参数指标

参数名称	参数值
测距范围	0.3m~12m <sup>①</sup>
测量准确度	±4cm@ (0.3-6m) <sup>②</sup>
	±6cm@ (6m-12m)
默认距离单位	cm
距离分辨率	5mm
接收半角	1.15°
发射半角	1.5°
测量频率	100Hz

① 室内标准白板（90%反射率）条件下所能达到的测距范围；

② 在 0.3m~2m 内由于测距档位切换，会产生个别点误差在±6cm。

## 2.4 测距特性

TFmini 产品经过光路与算法优化，已最大程度减小外界环境对测距性能的影响。但限于工作原理，测距范围仍会受到环境光照强度和被测目标反射率不同程度的影响。如图 2 所示：

序号①：代表 TFmini 的测距盲区,为 0-30cm，该范围内的数据不可信。

序号②：代表 TFmini 在极限环境下的测距范围，一般为 0.3-3m，极限条件是指室外强光（夏天正午室外的光照强度约 100klux 左右）或者是对黑色目标物（10%反射率）探测。

序号③：代表 TFmini 在一般日照条件下（70klux 左右）测量白色目标物的测距范围，包含②的范围，为 0.3-7m。

序号④：代表 TFmini 在室内或环境光很弱的情况下，测距范围为 0.3-12m。

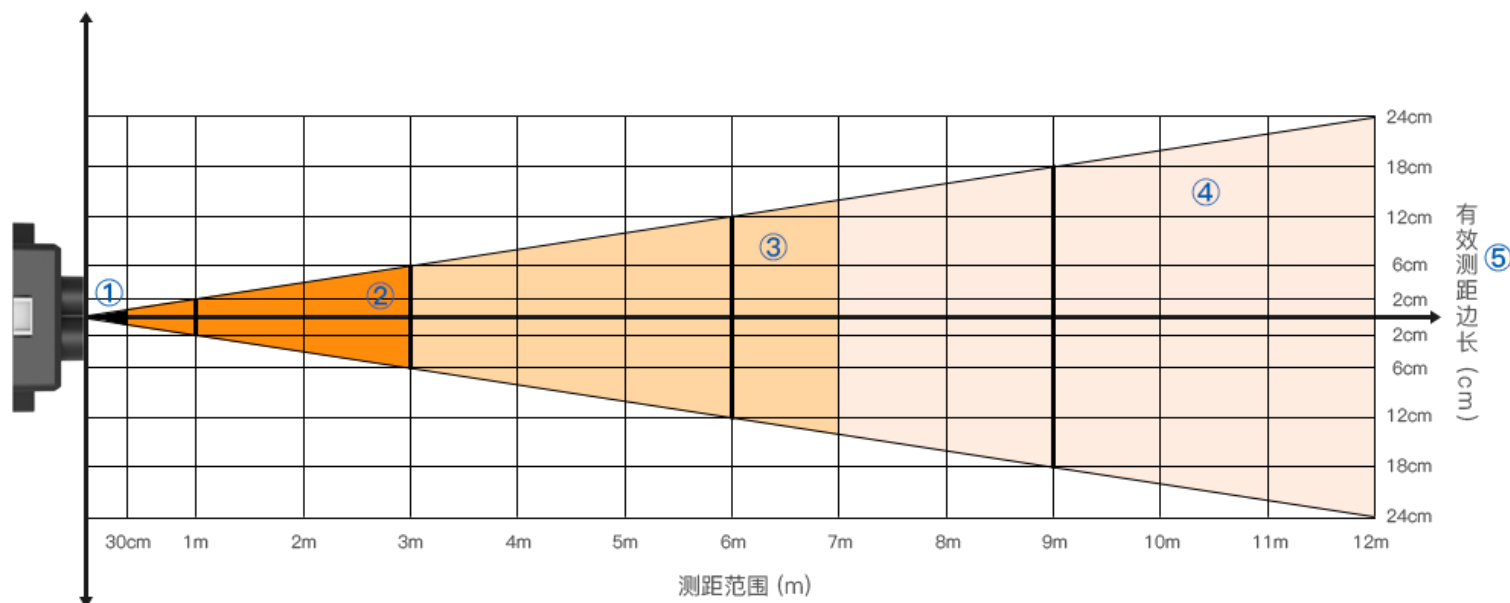


图 2 产品测距范围及有效性示意图

序号⑤：代表不同距离下 TFmini 的有效测距边长，只有当『被测目标边长』大于等于『有效测距边长』时，数据才稳定可靠。该『有效测距边长』由 TFmini 的视场角决定（视场角一般是指接受角和发射角中的较小者），计算公式为：

$$d = 2 \cdot D \cdot \tan\beta$$

其中， $d$ 表示有效测距边长， $D$ 表示探测距离， $\beta$ 为 TFmini 的接收半角  $1.15^\circ$ ，一般的有效测距边长与探测距离的对应关系，见表 2。

表 2 测距距离对应的被测目标有效边长

探测距离	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m
有效边长	4cm	8cm	12cm	16cm	20cm	24cm	28cm	32cm	36cm	40cm	44cm	48cm

当被测物体边长不满足有效测距边长时，如图 3 所示，TFmini 输出测量值（Dist）会介于两物体真实距离之间。使用过程中如果要求精度较高，应尽量避免此类情况，减小测量误差。

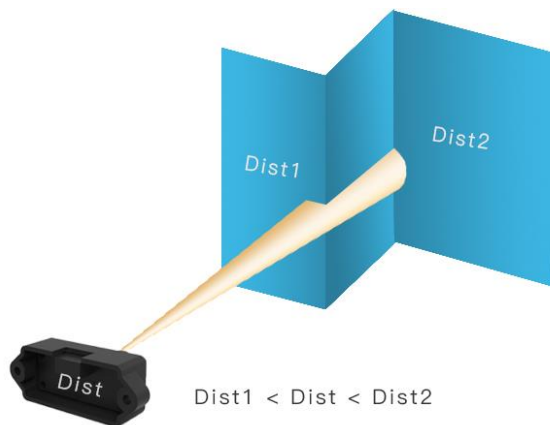
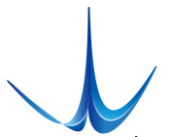


图 3 探测两个距离不一的物体





### 3 外观与结构

#### 3.1 产品外观

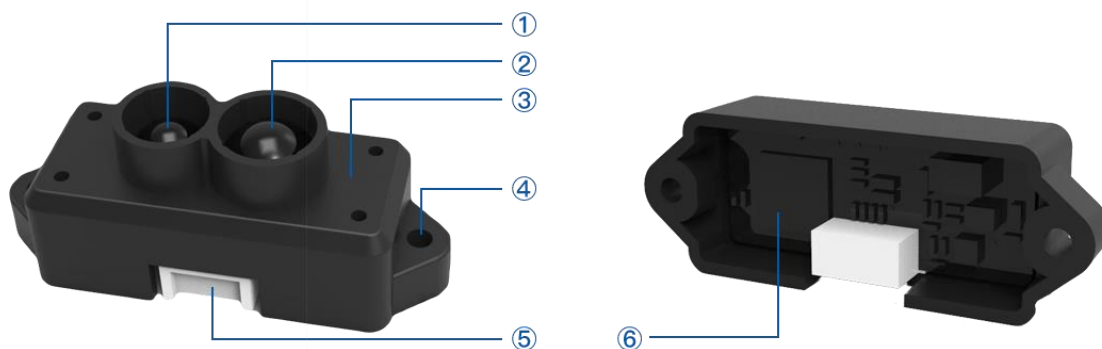


图 4 TFmini 产品外观

- ① 发射透镜。
- ② 接收透镜。
- ③ 外壳，为 ABS+PC 材质。
- ④ 安装孔为 2.35mm 通孔，建议使用 ST2.9 自攻螺丝安装固定。
- ⑤ 接线端子，为 GH1.25-4p 卧贴；产品附赠一根 10cm 长的连接线。
- ⑥ 电路板，产品后部无外壳遮蔽。

#### 3.2 产品结构

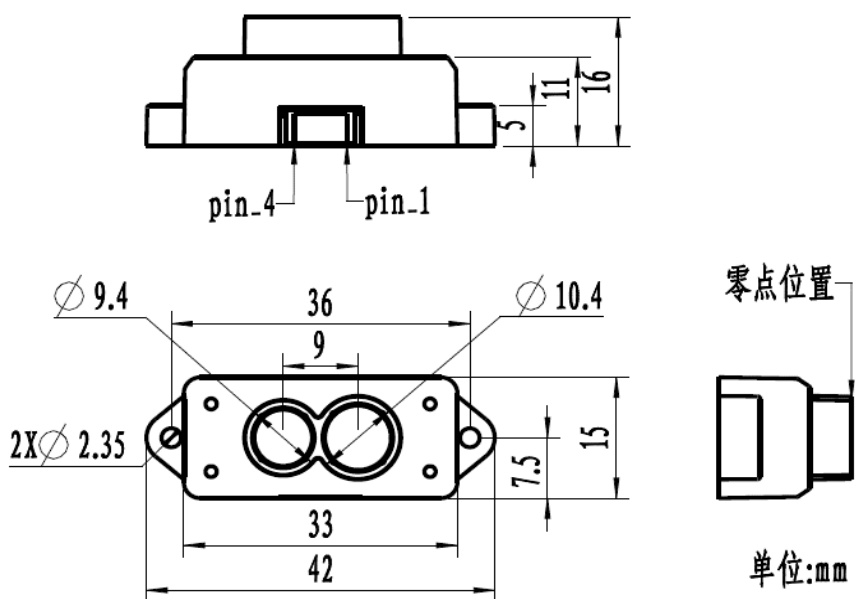


图 5 TFmini 结构尺寸图



## 4 电气特性

表 3 TFmini 主要电气参数

参数名称	参数值
供电电压	5V
平均电流	$\leq 120\text{mA}$
峰值电流	800mA
平均功率	$\leq 0.6\text{W}$
通信电平	LVTTL (3.3V)

本产品无过压保护或者极性保护，请确保接线和供电正常，供电电压允许 $\pm 0.1\text{V}$ 的波动。

平均电流有两种情况，根据产品的工作模式不同而变化，近距离模式下平均电流 70mA 左右，远距离模式下平均电流 120mA 左右。请保证供电电流能满足瞬时 800mA 的需求，供电电流不足时，产品可能无法正常工作。

## 5 线序与数据通信协议

### 5.1 线序连接说明

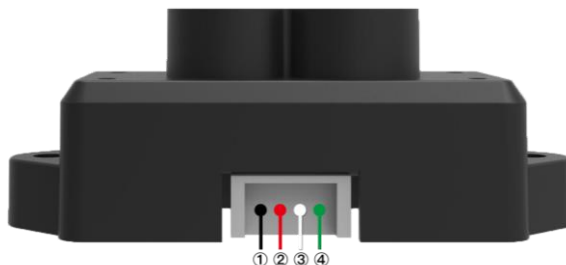


表 4 引脚功能及连接说明

编号	引脚	功能	对应连接项
①	GND	供电	电源地
②	+5V	供电	电源正极
③	TXD	发送	RXD
④	RXD	接收	TXD

接线端子型号：GH1.25-4P。产品包含 10cm 长的连接线，连接线的另一端为普通 1.25-4p 端子 (Molex510210400)。客户可自行延长连接线，为保证数据的有效传输，建议自行焊接的连接线长度不大于 1m。

### 5.2 数据通信协议

TFmini 采用串口数据通信协议，通信协议见表 5。



表 5 TFmini 数据通信协议

通信接口	UART
默认波特率	115200
数据位	8
停止位	1
奇偶校验	None

### 5.3 数据输出格式及编码

TFmini 有两种数据输出格式，标准数据输出格式和 pixhawk 数据格式，两种格式可通过指令代码相互切换。

- 标准数据输出格式（默认）：

数据结构：每个数据包为 9Byte。包含距离信息（Dist）、信号强度信息（Strength）、测距模式（Mode）、数据校验字节（CheckSum）等。数据格式为 16 进制（HEX）。具体数据编码详见表 6。

表 6 数据格式及编码解释

Byte0 -1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7	Byte8
0x59 59	Dist_L	Dist_H	Strength_L	Strength_H	Mode	0x00	CheckSum
数据编码解释							
Byte0	0x59, 帧头, 每一帧都相同						
Byte1	0x59, 帧头, 每一帧都相同						
Byte2	Dist_L 距离值低八位						
Byte3	Dist_H 距离值高八位						
Byte4	Strength_L 低八位						
Byte5	Strength_H 高八位						
Byte6	Mode 测距模式, 分别由 02 (近距离) 和 07 (远距离) 表示, 默认自动切换。						
Byte7	预留字节, 默认 00						
Byte8	CheckSum 为前 8 字节数据的累加和, 取累加和的低 8 位						

- 串口 Pixhawk 数据格式

以字符串形式输出，单位为 m，比如测距为 1.21m，则输出字符串 1.21，后跟转义字符\r\n。

### 5.4 输出数据与默认数据剔除说明

**Dist**：代表 TFmini 测量输出的距离值，默认单位为 cm，解析为十进制的值范围为 0-1200。实际使用过程中，当信号强度值 Strength<20（该值可设置）时，Dist 的测量值被认为不可信，默认输出 FFFF（pixhawk 数据格式下输出-1）。当 Strength≥20 且实际距离>12m 时，Dist 默认输出值为 1200（cm）。





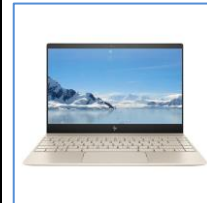



**Strength**：指信号强度，默认输出值会在 0-3000 之间。当测距模式一定时，测距越远，信号强度越低；目标物反射率越低，信号强度越低。建议当 Strength 在 20-2000 之间时，认为 Dist 的测量值可信，客户可以根据使用场景自行调整。

**Mode**：用来表征产品的测距模式的参数。分为 02 和 07 两种模式，02 为近距离工作模式，07 为远距离工作模式。默认的自动切换逻辑为：在 02 测距模式下，当 Strength 值小于某个值（一般为 70-120），则测距模式变为 07，此时 Strength 值大幅度提升；在 07 测距模式下，当 Strength 值大于某个值（一般为 1200-1600），则测距模式变为 02，此时 Strength 值大幅度降低。

## 6 快速测试步骤

### 6.1 产品测试所需工具

					
TFmini	数据线	TTL - USB 板	USB 线	PC 机	上位机软件

### 6.2 测试步骤

#### ① 上位机测试软件下载

请到北醒官网（<http://www.benewake.com/down.html>）下载 TFmini 上位机软件。

注意：解压上位机软件前请关闭杀毒软件，避免上位机软件中的文件被当成病毒删除，上位机目前仅支持在 Windows 系统上运行。详见附录一：《TF 上位机使用说明》。

#### ② 设备连接

如图 6 所示，连接『TFmini』、『数据线』、『TTL - USB 转接板』和『USB 线』，确保无松动，再将『USB 线』与『PC 机』连接。



图 6 正确连接示意图



### ③ 上位机连接与读数

如图 7，打开 TFmini 上位机，选择『① Benewake TFmini』，并选择自动识别的占用串口（这里是『② COM8』）。

然后，点击『CONNECT』进行上位机连接。连接成功后，右侧『④ TIME LINE CHART』区域会出现连续输出的数据图像，下方『⑥ REAL TIME DATA』区实时显示当前测试距离（Dist）、每秒有效数据量（Effective Points）和信号强度（Strength）。

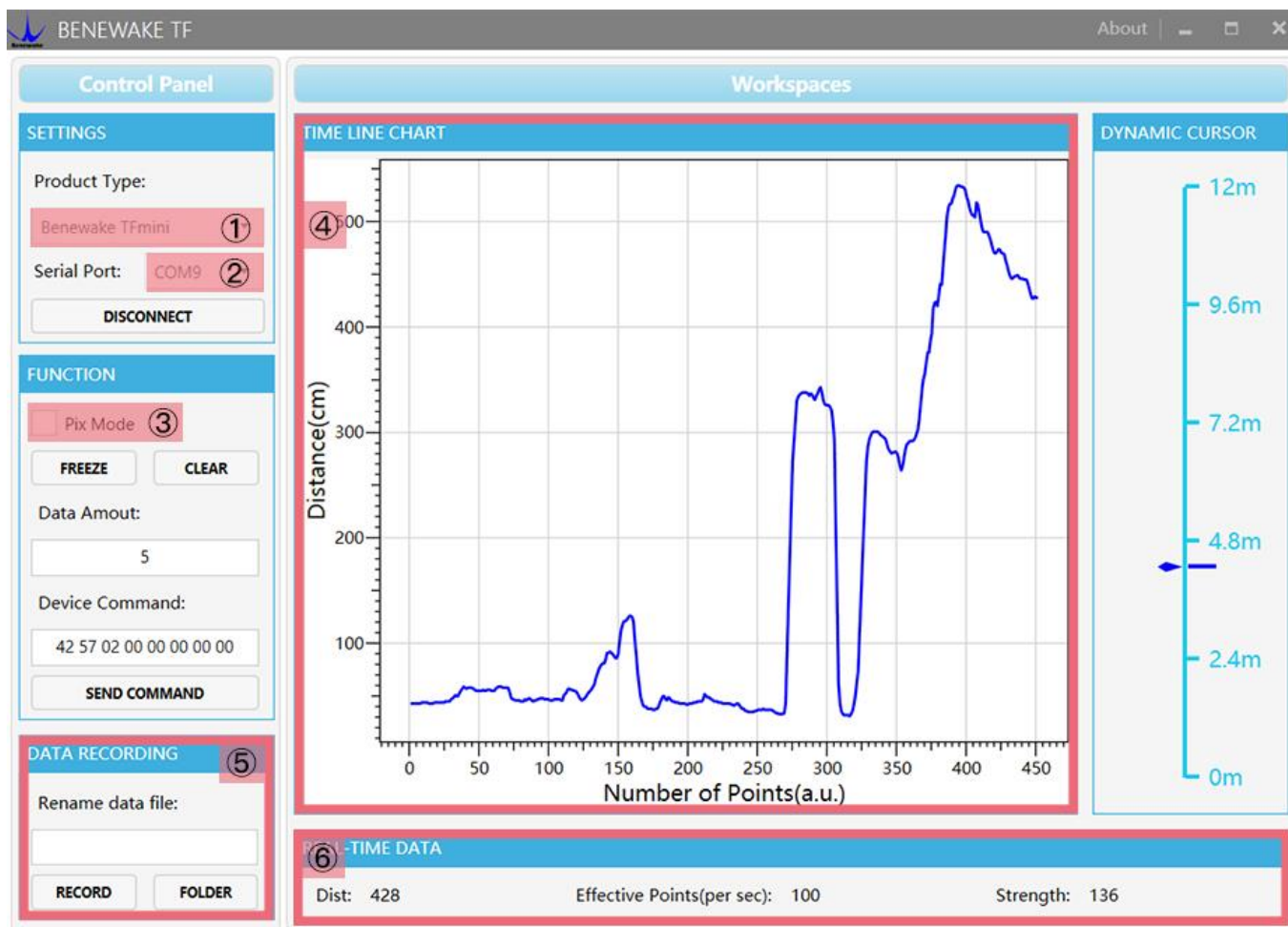


图 7 上位机界面及显示

说明：

- 如果『④ TIME LINE CHART』区没有数据，请检查连接和线序，TFmini 上电成功，正面对发射透镜内会有微弱的红光。
- 如果 TFmini 是 Pixhawk 格式输出，需先勾选『③ Pix Mode』，『④ TIME LINE CHART』区才会正常输出数据图像。勾选 Pix Mode 后，距离单位变为 m。
- 距离输出 Dist 值，跟据输出单位不同会有所区别，默认单位为 cm。如果通过指令修改 TFmini 的距离单位为 mm，上位机并不能区分，『④ TIME LINE CHART』单位仍为 cm。



## 7 自定义参数配置说明

### 7.1 功能简介

为了让 TFmini 可以更灵活的解决您的问题，特开放用户自定义配置产品参数的功能。用户可通过发送相关指令来修改产品的原有参数，如输出数据格式、输出周期等。参数配置成功后，配置参数会保存在 Flash 中，断电重启无须重新配置。

请根据需求修改产品配置，切勿频繁尝试不相关指令，以免指令发送错误造成不必要的损失；请务必按照本说明书所列指令进行产品配置，切勿发送未声明的指令。

### 7.2 配置指令编码格式

注意：所有配置指令均为 16 进制数（HEX）发送。

表 7 指令编码格式及详细描述

Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7	Byte8
0x42	0x57	0x02	DD	EE	FF	GG	HH
指令编码解释							
Byte1-2	0x42 0x57, 帧头，每一帧都相同						
Byte3	默认 0x02						
Byte4	指令发送时默认 0x00 指令发送完成后会出现回显，0x01 表示成功，0xff 表示错误指令，0x0f 表示输入参数错误						
Byte5-6	EE FF 双字节参数，EE 为低 8 位，FF 为高 8 位						
Byte7	GG 单字节参数						
Byte8	HH 指令码						

### 7.3 一般参数配置及说明

设置 TFmini 的相关参数，请先将 TFmini 与 PC 建立连接，连接方式参考 6.2 中的测试连接，通过 TF 上位机或者其他串口调试软件，给产品发送相关配置指令；客户也可以通过自己的上位机自行发送相关指令。

- 进入配置模式，发送：42 57 02 00 00 00 01 02  
回显：42 57 02 01 00 00 01 02 表示成功发送；
- 配置产品参数，发送：42 57 02 00 EE FF GG HH（表 8）  
回显：42 57 02 01 EE FF GG HH 表示成功发送；
- 退出配置模式，发送：42 57 02 00 00 00 00 02  
回显：42 57 02 01 00 00 00 02 表示成功发送；

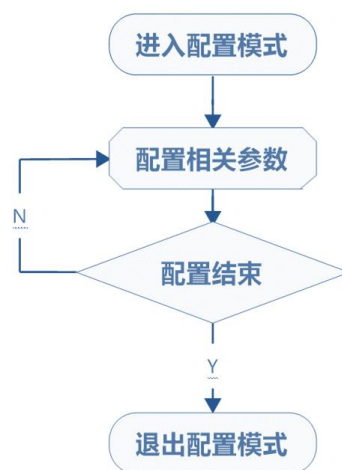


图 8 一般参数配置流程图





表 8 一般参数配置指令列表

序号	可配置项	指令列表	说明	出厂配置
①	输出数据格式	42 57 02 00 00 00 01 06	标准格式，如表 6	√
		42 57 02 00 00 00 04 06	“Pixhawk”数据格式	/
②	数据输出周期	42 57 02 00 EE FF 00 07	EE FF:输出周期设置 (ms) 仅支持 10ms 的整数倍设置	10ms/100Hz
③	距离数据单位	42 57 02 00 00 00 00 1A	距离数据输出单位为 mm	/
		42 57 02 00 00 00 01 1A	距离数据输出单位为 cm	√
④	测距模式	42 57 02 00 00 00 00 14	测距模式自动变换	√
		42 57 02 00 00 00 01 14	固定测距模式	/
	固定测距模式 档位设置	42 57 02 00 00 00 02 11	近距离档位，0-5m 适用	
		42 57 02 00 00 00 07 11	远距离档位，1-12m 适用	
⑤	量程输出限制设置	42 57 02 00 00 00 00 19	关闭量程限制	/
		42 57 02 00 EE FF 01 19	开启量程限制 EE FF:量程限制阈值(cm)	量程限制 12m
⑥	信号强度阈值最低点设置	42 57 02 00 EE 00 00 20	EE: 信号强度阈值最低点设置；当低于该值时距离值输出 FF FF,用于标志不可信。	阈值最低点 20(DEC)
⑦	信号强度阈值最高点设置	42 57 02 00 EE FF GG 21	EE FF:信号强度阈值最高点设置。 GG:输出距离值(cm)	/

解释说明：

- ① 标准数据输出格式见表 6，“Pixhawk”数据格式主要用于连接 Pixhawk 时使用，该模式下数据输出为十进制字符串。
- ② 该配置项主要用于调整产品的输出频率，注意 EE FF 的值必须是 10 的整数倍，否则指令无效。输出频率最快为 10ms 输出一次（即 100Hz），最慢为 65530ms 输出一次。该配置并不影响测量频率，仅代表输出数据的频率，无法通过该指令达到省电的目的。
- ③ 距离输出单位一般默认 cm 输出，可修改为 mm。当改成 mm 为单位后，可以在近距离感知 mm 级距离变化，一般在目标单一、测量精度要求较高的场景下使用。
- ④ TFmini 内置两种测距模式，默认自动切换不同测距模式。两种模式切换过程中误差稍大，对于精度要求较高、测距范围不大的客户，可尝试使用固定测距模式。使用过程中，请先发送固定测距模式的指令，然后再发送相应档位的配置指令。在测距模式自动切换时，档位配置指令无效。
- ⑤ 默认开启 12m 的量程输出限制，关闭限制后，距离值可输出 0-15m 的数据，但是大于 12m 后的数据为拟合数据，误差较大。量程限制的阈值可以根据客户需求修改，修改后所有测量反馈大于该阈值的值都会以设定的阈值输出。



- ⑥ 信号强度阈值最低点设置，仅在⑤开启时生效，默认是 20，即当信号强度（Strength）小于 20 时，距离值会输出 FF FF。为了提高距离测量值的可靠性，客户可适当增加该阈值，但注意最大不可超过 80，否则会引起雷达工作异常。也可以减小该阈值，从而提高 TFmini 的测量范围。
- ⑦ 信号强度阈值最高点设置，仅在⑤开启时生效，该功能可用于近距离数据锁定。当客户无法避免 TFmini 在盲区范围内使用时，为了保证数据稳定，可以通过该指令将盲区内的数据设定为一个固定值。

#### 7.4 特殊参数配置步骤及说明

特殊参数配置与一般参数配置步骤相同，但不需要发送退出配置的指令。操作步骤如下：

- a) 进入配置模式，发送 42 57 02 00 00 00 01 02  
回显：42 57 02 01 00 00 01 02 表示成功发送；
- b) 发送配置指令，发送：42 57 02 00 EE FF GG HH（具体指令见表 9）  
回显：42 57 02 01 EE FF GG HH，具体数值与发送指令对应

表 9 特殊参数配置指令列表

序号	可配置项	指令列表	说明	出厂配置
⑧	波特率设置	42 57 02 00 00 00 GG 08	GG 对应的波特率见表 10	115200
⑨	触发源设置	42 57 02 00 00 00 01 40	内部触发,默认 100Hz	√
		42 57 02 00 00 00 00 40	外部触发	/
	外部触发测量指令	42 57 02 00 00 00 00 41	单次测量触发指令	
⑩	恢复出厂配置	42 57 02 00 FF FF FF FF	所有配置恢复出厂配置	/

解释说明：

- ⑧ 波特率设置，客户可依据自己的通信需求自行配置。
- ⑨ TFmini 的测量有两种触发模式，默认是内部计时器触发，10ms 测量一次。客户可修改成外部触发模式，通过给 TFmini 发送“外部触发指令”使 TFmini 启动测距。请注意 TFmini 外部触发频率最高不可超过 80Hz。
- ⑩ 恢复出厂配置，发送该指令后，所有可调的配置将恢复成出厂默认的配置，请客户谨慎使用。

表 10 波特率设置对应表

GG	0x00	0x01	0x02	0x03	0x04	0x05	0x06
波特率	9600	14400	19200	38400	56000	57600	115200
GG	0x07	0x08	0x09	0x0a	0x0b	0x0c	/
波特率	128000	230400	256000	460800	500000	512000	/





## 8 远程升级

TFmini 支持远程升级，当用户产品不能满足当前的使用需求，且北醒官方有相应的固件更新后，用户可通过“TFmini 远程升级上位机”更新产品固件。

通过远程升级上位机可获取程序版本号和产品序列号，并自行判断产品是否需要更新，压缩包中包含升级所需要的固件，上位机可实现自动选择需要更新固件。

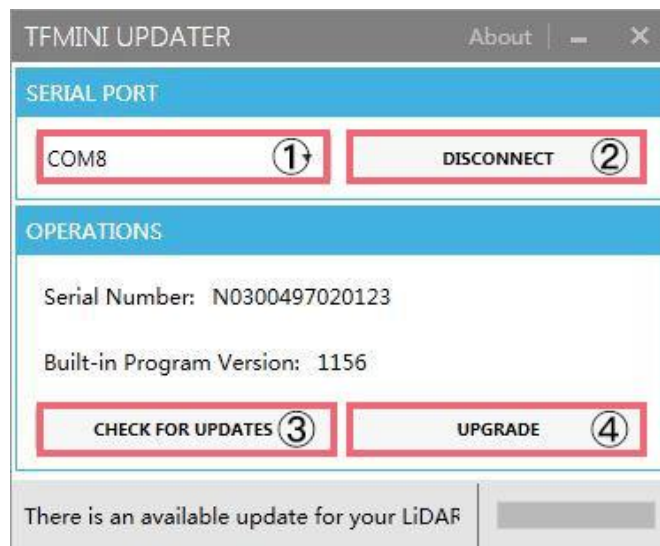


图 8 TFmini 固件升级上位机

TFmini 固件升级所需要的工具与快速测试步骤中描述的基本一致，同样需要 TTL-USB 板建立 TFmini 与 PC 机的连接。

连接好后，打开 TFmini 远程升级上位机，选择合适的端口，此处为『① COM8』，点击『② CONNECT』，建立 TFmini 与上位机通信；点击『③ CHECK FOR UPDATES』，显示窗会显示该产品的产品编号和固件版本，并提示您是否需要更新。对于某些老版本的产品可能无法读取产品编号和版本信息，但依然支持固件更新的功能。然后点击『④ UPGRADE』即可完成更新。

注意：更新固件前请确认产品通信波特率是为 115200，其他波特率情况下 TFmini 将无法升级。

## 9 故障-原因和采取措施

(1) 正常使用 TFmini 情况下，有时距离值会跳变为一个超过量程的固定值。

原因：由于测试环境不同（被测目标的反射率和环境光干扰等），TFmini 探测的信号强度会受到不同程度的影响。为保证测量数据的可靠性和稳定性，TFmini 内部做了算法剔除，当信号强度不足时，默认状态下 TFmini 会反馈极限量程 12m 作为特殊标志，该值不是 TFmini 测量数据，仅用于提示用户该数据不可信。

处理措施：请您将此类数值当作触发信号，以保证在 TFmini 输出不可信数据时，您的系统可采用其他可信数据做下一步判断决策。



## (2) 雷达输出距离值与实际距离误差较大。

原因①：TFmini 数据通信协议解析错误。

处理措施：检查数据通信解析方式，如错误，请查看数据格式，调整解析方式。

原因②：限于 TFmini 的物理原理，被测目标为高反射率（镜面、光滑瓷砖等）或透明（玻璃、水等）物质时，可能出现所述现象。

处理措施：请尽量避免在此种情况下使用。

原因③：产品透镜处有杂物遮盖。

处理措施：请用干燥的无尘布轻轻将杂物擦除。

## (3) TFmini 没有数据输出。

原因：产品出厂前会经过严格的审检，以保证出厂的产品都可正常使用。因此可能是运输或者使用过程中的意外情况导致工作异常。

处理措施：检查供电是否正常，电压是否在额定电压范围内。如供电正常，TFmini 发射镜头内会有微弱红光。

检查 TFmini 接线顺序是否正确，连接是否可靠。

检查数据解析是否正确，请按照说明书说明的数据格式进行解析。

如仍未解决问题，请联系技术支持。

## (4) 雷达连接上位机后，无数据输出。

原因①：目前上位机仅支持 Windows 操作系统，其他系统暂不支持。

处理措施：更换为 Windows 操作系统的 PC。

原因②：TTL - USB 板连接不良。

处理措施：检查 TTL -USB 板与 TFmini 和 PC 的连接是否正确可靠。

原因③：串口驱动未正确安装。

处理措施：重新插拔 USB 连接线，尝试重新安装驱动，或去网上直接搜索驱动程序下载安装。

如果仍不能正常使用上位机，请联系我司技术支持。



## 10 常见问题及解答

Q1：请问 TFmini 是否支持 3.3V 或其他电压供电？

A1：您好，目前不支持。TFmini 标准供电 5V。如您有其他需求，可联系销售人员咨询定制事宜。

Q2：请问 TFmini 工作一段时间后会发热，是坏了吗？

A2：您好，这是产品正常工作状态。芯片与电路板持续工作后，轻微发热属于正常现象。

Q3：请问 TFmini 可以与 Arduino 或树莓派连接使用吗？

A3：您好，可以。TFmini 使用串口通信协议，只要是支持串口通信的控制板即可通信使用。

## 联系方式

总部：

电话：010-57456983

邮箱：bw@benewake.com

销售合作：

邮箱：sales@benewake.com

技术支持：

邮箱：support@benewake.com



## 附录一 TF 系列上位机使用说明

该上位机目前仅支持在 windows 系统下使用，适用于北醒光子科技有限公司的 TF 系列产品，但仅限于按照串口通信协议输出的产品，具体操作细节见下列说明。

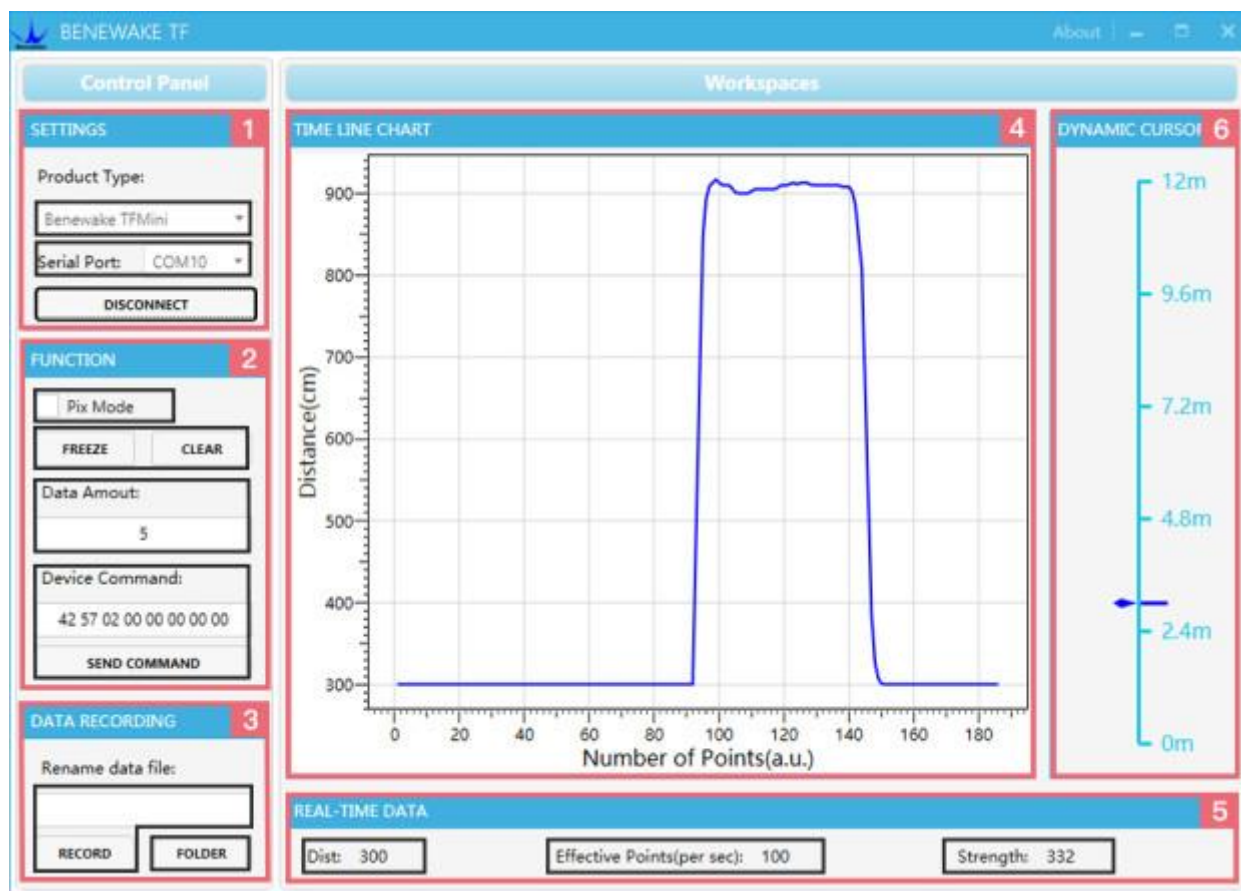


图 1 TF 系列上位机界面

### 1 产品型号/串口控制区【SETTINGS】

**Product Type** 产品型号选择：在电脑端通过 TTL-USB 转接板连接相应的雷达型号，如图使用的是公司产品 TFMMini，选择 Benewake TFMMini 即可。

**Serial Port** 串口通信的端口：选择电脑端识别雷达相应的端口号。

**CONNECT/DISCONNECT**：点击【CONNECT】按钮，建立与雷达的连接；当点击【DISCONNECT】按钮，取消连接。

### 2 功能区【FUNCTION】

**Pix Mode** 模式选择：如果是 Pixhawk 版本，勾选之后开启 PIX 模式；取消勾选，恢复默认输出格式。

**FREEZE/CLEAR** 暂停/取消按钮：点击【FREEZE】之后，可以使上位机暂停，便于分析【4】中的图像；点击【CLEAR】之后，会清除【4】内的绘图曲线，重新开始绘图。



**Date Amount** 数据总计平均：默认是 5，即上位机每接收 5 个点，把 5 个点的数值取平均后输出一个点。可按需修改（为防止上位机卡顿，数值最好 $\geq 5$ ），输入数值后，通过键盘回车键发送命令。

**Device Command** 串口指令发送区：可通过此窗口对 TF 进行 16 进制串口指令的发送，需要注意的是输入指令完成后点击回车键，然后再点击下方的【SEND COMMAND】。

### 3 数据录制区【DATA RECORDING】

**Record** 数据录制栏：在文本窗口给要保存的数据命名，输入完毕后敲下回车键，通过【RECORD】按钮录取 TF 数据，数据会保存在命名的文本文件中，再次点击该按钮【FINISHED】，数据录制结束。

**FOLDER** 打开文件夹：通过【FOLDER】打开数据保存的文件夹。

### 4 数据图像显示区【TIME LINE CHART】

上位机根据接收到的数据绘制连续的测距图像，纵坐标表示当前测距，横坐标表示有效点数。

### 5 实时数据显示区【REAL-TIME DATA】

**Dist** 测距值：默认单位 cm。

**EffectivePoint** (per sec)：表示 TF 每秒刷新的有效数据。

**Strength** 信号强度：在 pix 模式下，由于没有强度输入 Strength 默认为 0。

### 6 量程标尺【DYNAMIC CURSOR】

依据当前的产品型号实时显示探测的距离值。



## 附录 二 TFmini 在 Arduino 上的开发例程

本例程以 UNO 和 DUE 板作为示例, 主要帮助客户快速熟悉我公司雷达, 减少产品研发周期。

关于 Arduino 的详细介绍和学习请参考以下两个网站:

中文社区: <http://www.arduino.cn/>

英文官网: <https://www.arduino.cc/>

### 步骤 1: 硬件连接

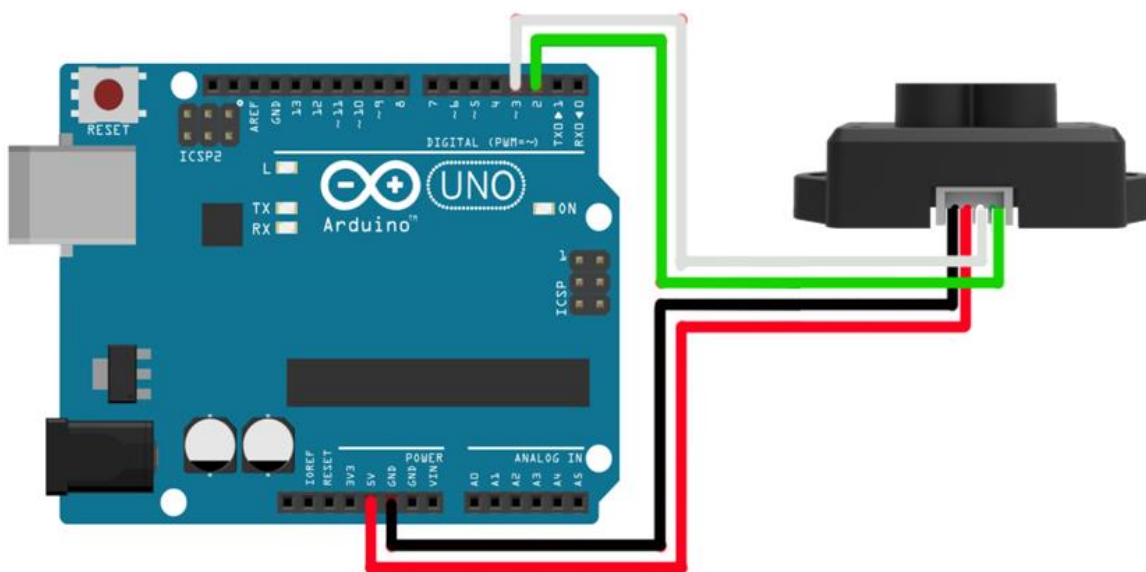


图 1 TFmini 与 uno 板的接线示意图

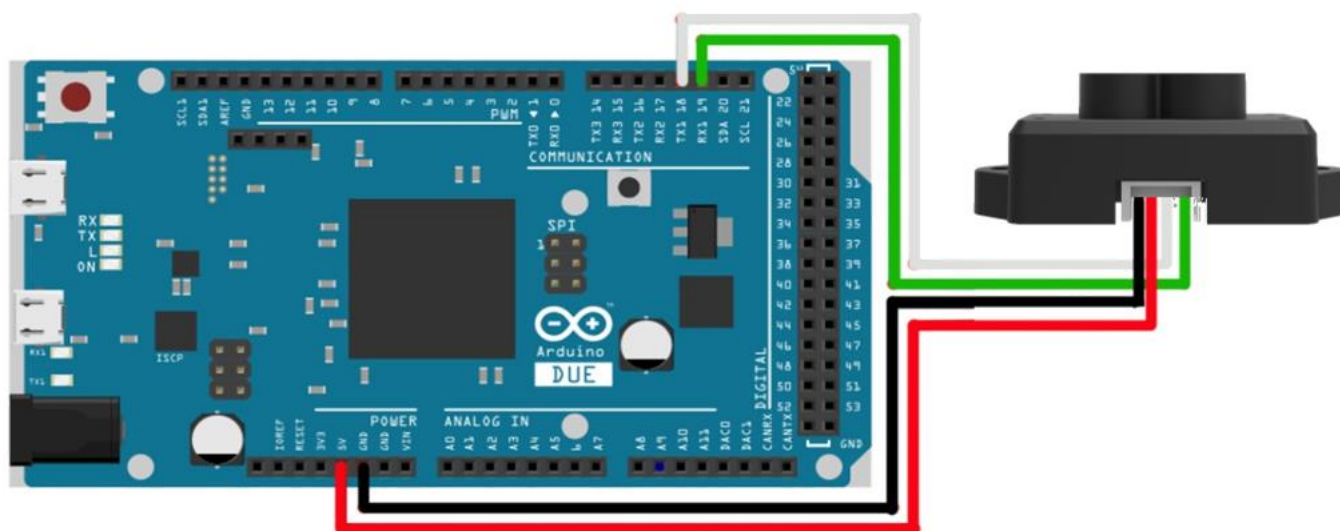


图 2 TFmini 与 DUE 板的接线示意图

### 步骤 2: 程序编写

该例程功能的实现至少需要 Arduino 的两个串口, 一个接收雷达的数据, 另一个用于将数据





输出到电脑端显示出来。可以复制以下代码粘贴到 IDE 程序编辑窗口，也可直接打开相应附件文件。

```
/*本程序为 TFmini 产品标准输出协议的在 arduino 上的解析例程
```

```
    详细说明见产品规格书
```

```
    对于只有一个串口的 arduino 板如 UNO 板，使用软件虚拟串口的函数
```

```
*/
```

```
#include<SoftwareSerial.h>//软串口头文件
```

```
SoftwareSerial Serial1(2,3); //定义软串口名称为 Serial1，并把 pin2 定为 RX，pin3 定为 TX
```

```
/*对于有多个串口的 arduino 板如 DUE 板，注释掉上面两段代码，直接使用 Serial1 串口*/
```

```
int dist;//雷达实测距离值
```

```
int strength;//雷达信号强度
```

```
int check;//校验数值存放
```

```
int i;
```

```
int uart[9];//存放雷达测量的数据
```

```
const int HEADER=0x59;//数据包帧头
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
    Serial.begin(9600);//设置 arduino 与电脑连接串口的波特率
```

```
    Serial1.begin(115200);//设置雷达与 arduino 连接串口的波特率
```

```
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
    if (Serial1.available())//查看串口是否有数据输入
```

```
    {
```

```
        if(Serial1.read()==HEADER)//判断数据包帧头 0x59
```

```
        {
```



```
uart[0]=HEADER;

if(Serial1.read()==HEADER)//判断数据包帧头 0x59
{
    uart[1]=HEADER;
    for(i=2;i<9;i++)//存储数据到数组
    {
        uart[i]=Serial1.read();
    }
    check=uart[0]+uart[1]+uart[2]+uart[3]+uart[4]+uart[5]+uart[6]+uart[7];
    if(uart[8]==(check&0xff))//按照协议对收到的数据进行校验
    {
        dist=uart[2]+uart[3]*256;//计算距离值
        strength=uart[4]+uart[5]*256;//计算信号强度值
        Serial.print("dist = ");
        Serial.print(dist);//输出雷达测试距离值
        Serial.print("\t");
        Serial.print("strength = ");
        Serial.print(strength);//输出信号强度值
        Serial.print("\n");
    }
}
}
```





### 步骤 3：数据查看

将程序下载到 Arduino 板，打开串口监视器，即可看到雷达实时探测的距离值和相应的信号强度，如图 3；

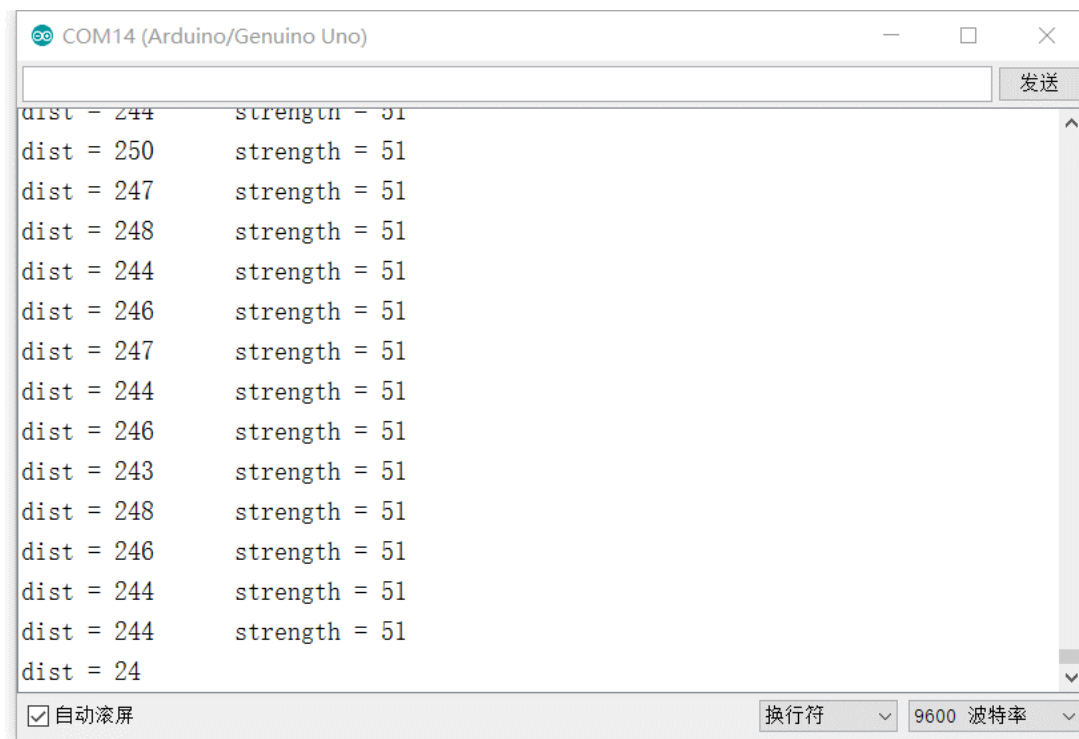


图 3 雷达数据在串口监视器上的显示

另外也可以在串口绘图器上查看数据曲线，但是要把上述有关串口打印（Serial.print）的代码修改一下：

```
// Serial.print("dist = ");

Serial.print(dist);//输出雷达测试距离值

Serial.print(' ');

// Serial.print("strength = ");

Serial.print(strength);//输出信号强度值

Serial.print("\n");
```



重新编译下载到 Arduino 板，打开串口绘图器即可看到代表 dist 和 strength 的两条曲线，如图 4。

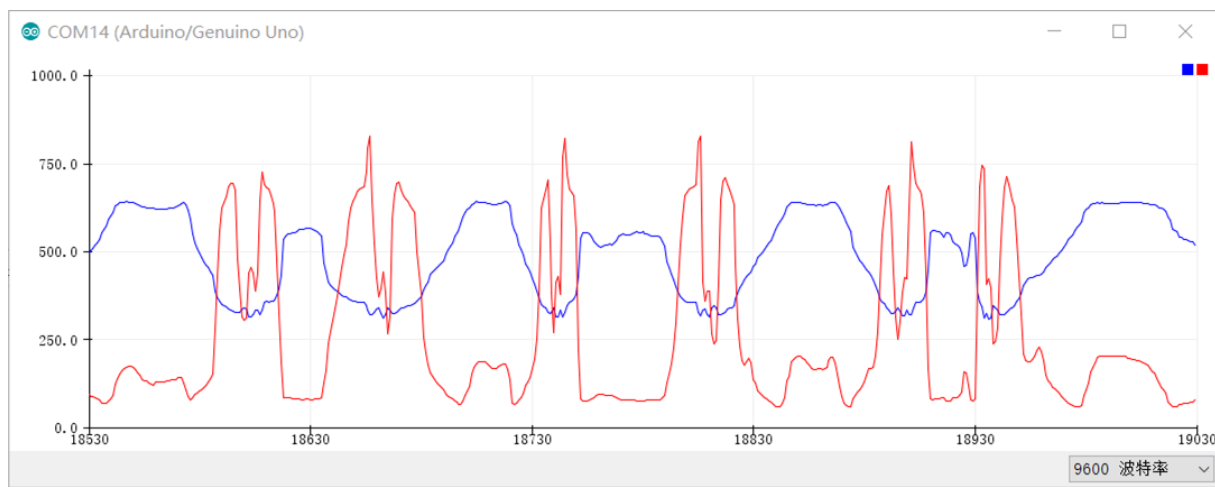


图 4 雷达数据在串口绘图器上的图像



## 附录三 TFmini 在开源飞控 pixhawk 上的应用

pixhawk 为 APM、PX4 的升级版，其中 APM 使用的是普通的 8 位单片机，运算能力有限，PX4 是一个开始使用 STM32F4 的过渡性产品，而 pixhawk 是 PX4 基础上发展的更加完善和可靠的飞控。对于此系列开源飞控的介绍，可详细参考：<http://ardupilot.org/>，这个网站介绍的非常详细和可靠的介绍了 pixhawk，完全可以按照这个网站来学习了解飞控。

TFmini 可以与 Pixhawk 建立连接并使用，选择 pixhawk 数据输出格式，设置好的 TFmini 可以直接连接 Pixhawk 的串口使用，也可以通过相应的转换器连接 Pixhawk 的其他通信接口（I<sup>2</sup>C 等）使用。飞行器可以使用 TFmini 来实现定高。建议 pixhawk 使用 ArduCopter V3.3.3-V3.4.6 版固件。

连接 Pixhawk 方式示例：

### a)连接 Pixhawk 的 TELEM2 接口

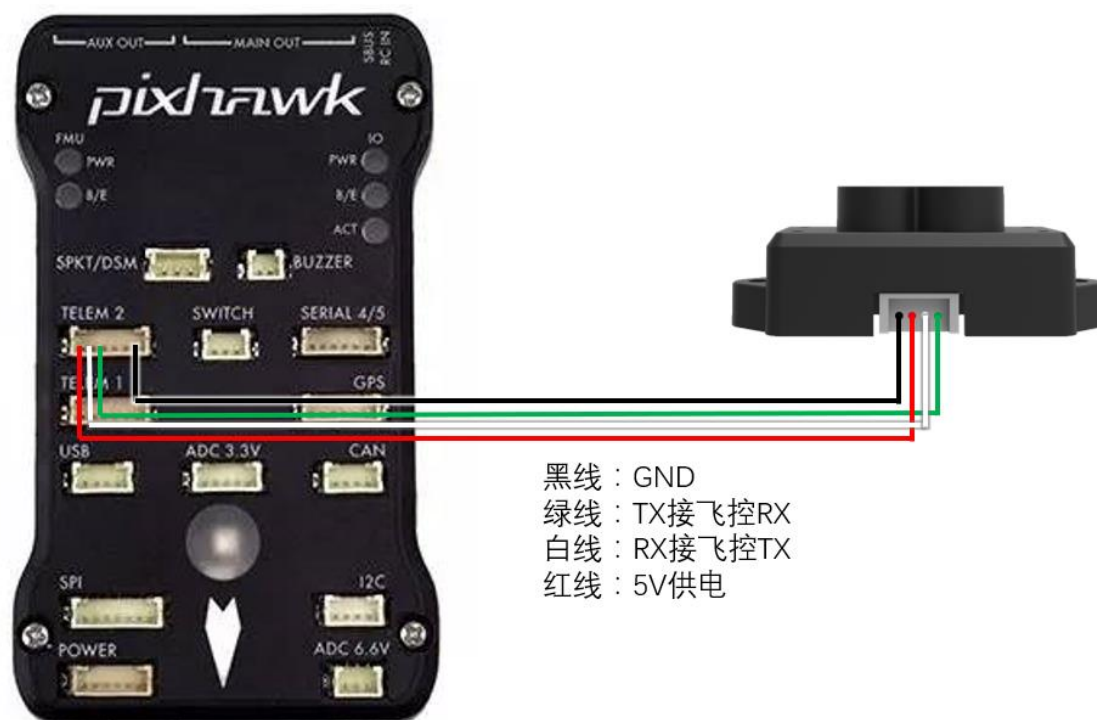


图 1 TFmini 连接 Pixhawk 的 TELEM2(串口 2)接口示意图

### Mission Planner 配置说明

将飞控连至 MP，在下面的【CONFIG/TUNING】栏里面选择左侧的【Full Parameter List】，找到并修改下面几个参数：

SERIAL2\_PROTOCOL = 9 (Lidar)

SERIAL2\_BAUD = 115

RNGFND\_TYPE = 8 (LightWareSerial)



RNGFND\_SCALING = 1

RNGFND\_MIN\_CM = 30

RNGFND\_MAX\_CM = 1200

RNGFND\_GNDCLEAR = 15（单位是 cm,取决于模块安装高度）

设置好这几个参数后，点击软件右侧的【Write Params】即可。

如果出现“**Bad Lidar Health**”错误，请检查是否连接正确、供电是否正常。

#### b)连接 Pixhawk 的 SERIAL4/5 接口

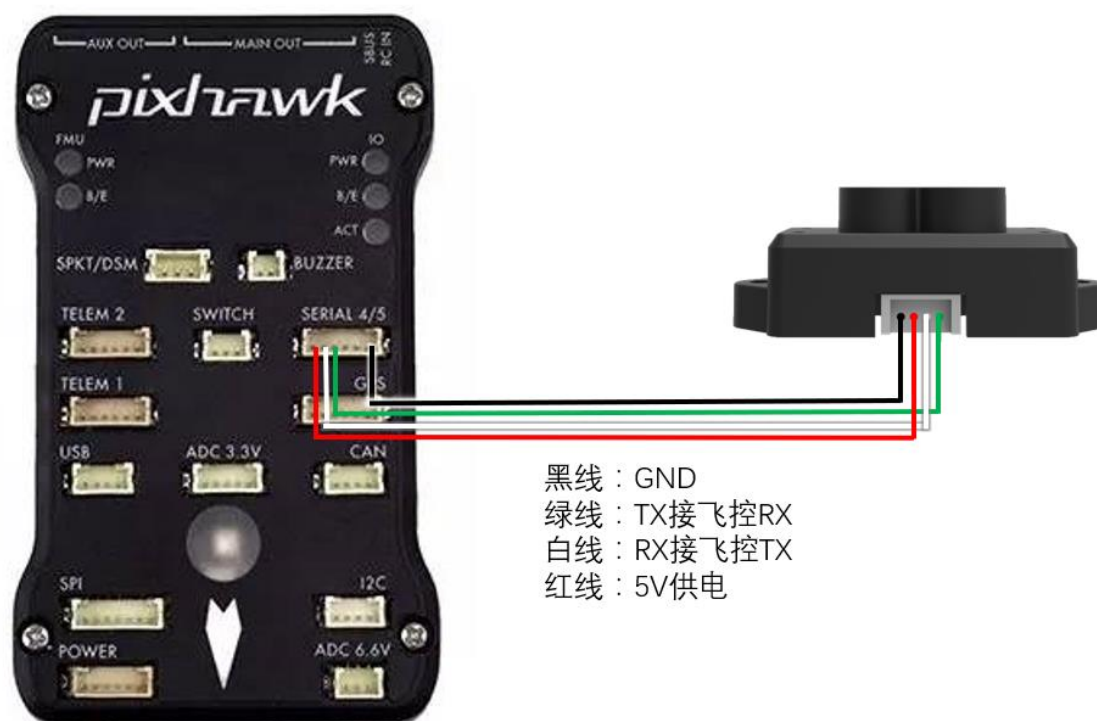


图 2 TFmini 连接 Pixhawk 的 SERIAL4/5(串口 4/5)接口示意图

#### Mission Planner 配置说明

将飞控连至 MP，在下面的【CONFIG/TUNING】栏里面选择左侧的【Full Parameter List】，找到并修改下面几个参数：

SERIAL4\_PROTOCOL = 9 (Lidar)

SERIAL4\_BAUD = 115

RNGFND\_TYPE = 8 (LightWareSerial)

RNGFND\_SCALING = 1



$\text{RNGFND\_MIN\_CM} = 30$

$\text{RNGFND\_MAX\_CM} = 1200$

$\text{RNGFND\_GNDCLEAR} = 15$  单位是 cm,取决于模块安装高度

设置好这几个参数后，点击软件右侧的【Write Params】即可。