

TFmini 使用说明书 (I²C 版)



小型激光雷达模组



所述产品

产品型号：TFmini-I²C

产品名称：小型激光雷达模组

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），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。

该产品的各类应用开发例程，可以在 <https://github.com/TFmini> 上找到，如果该网页上的开发例程不能满足您的需求，您可以通过邮件（support@benewake.com）告知我们，我们会尽快完善开发例程。

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	5
1.1	关于文档	5
1.2	产品使用	5
1.3	产品失效情况	5
2	功能及关键参数	5
2.1	产品功能	5
2.2	测距原理	5
2.3	关键特性参数	6
2.4	测距特性	6
3	外观与结构	8
3.1	产品外观	8
3.2	产品结构	8
4	电气特性	9
5	线序与数据通信协议	9
5.1	线序连接说明	9
5.2	数据通信协议	10
5.3	读取 TFmini-I ² C 数据时序	10
5.4	输出数据说明	11
6	自定义参数配置说明	11
6.1	功能简介	11
6.2	配置 TFmini-I2C 参数时序	12
6.3	一般参数配置及说明	12
6.4	特殊参数配置步骤及说明	14
6.5	复位时序	14
7	故障-原因和处理措施	15
8	常见问题及解答	16



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°C~60°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°C~75°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-I²C 是一款小型激光雷达模组。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-I²C 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。

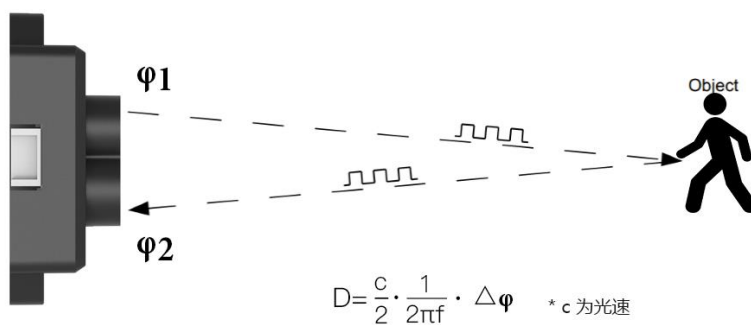


图 1 时间飞行原理示意图

2.3 关键特性参数

表 1 TFmini-I²C 关键特性参数指标

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

① 在室内标准白板（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，可能会产生个别点误差在±6cm 内。

2.4 测距特性

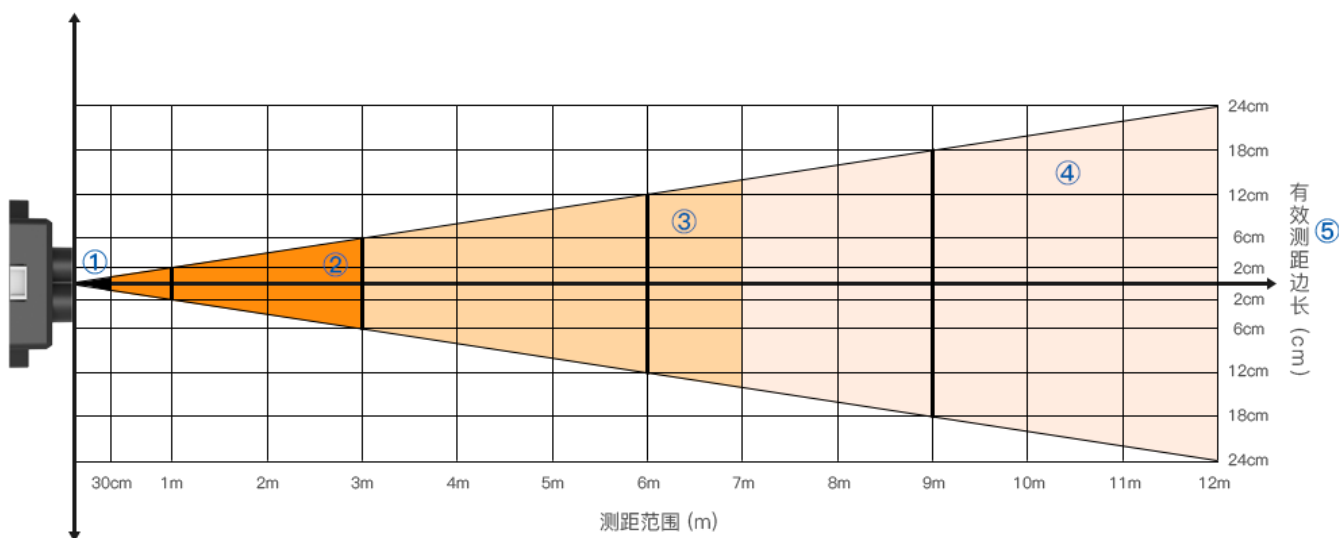


图 2 产品测距范围及有效性示意图



TFmini-I²C 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-I²C 的测距盲区，为 0-30cm，该范围内的数据不可信。

序号②：代表 TFmini-I²C 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）下对黑色目标物（10%反射率）探测。

序号③：代表 TFmini-I²C 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-I²C 在室内或环境光很弱的情况下，测距范围为 0.3-12m。

序号⑤：代表不同距离下 TFmini-I²C 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-I²C 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， β 为 TFmini-I²C 的接收半角 1.15°，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-I²C 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。

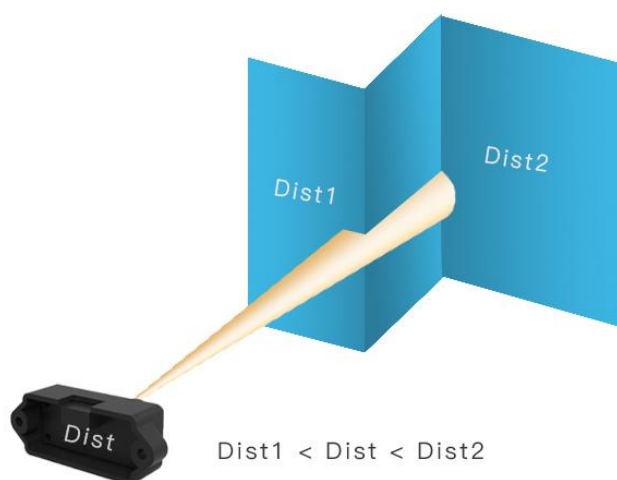


图 3 探测两个距离不一的物体



3 外观与结构

3.1 产品外观

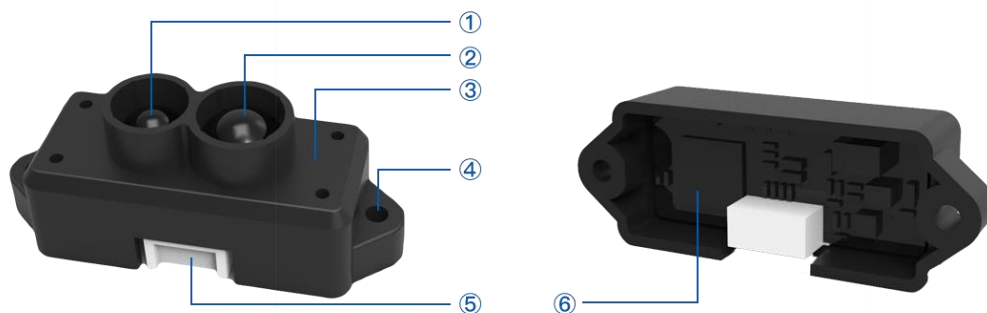


图 4 TFmini-I²C 产品外观

- 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

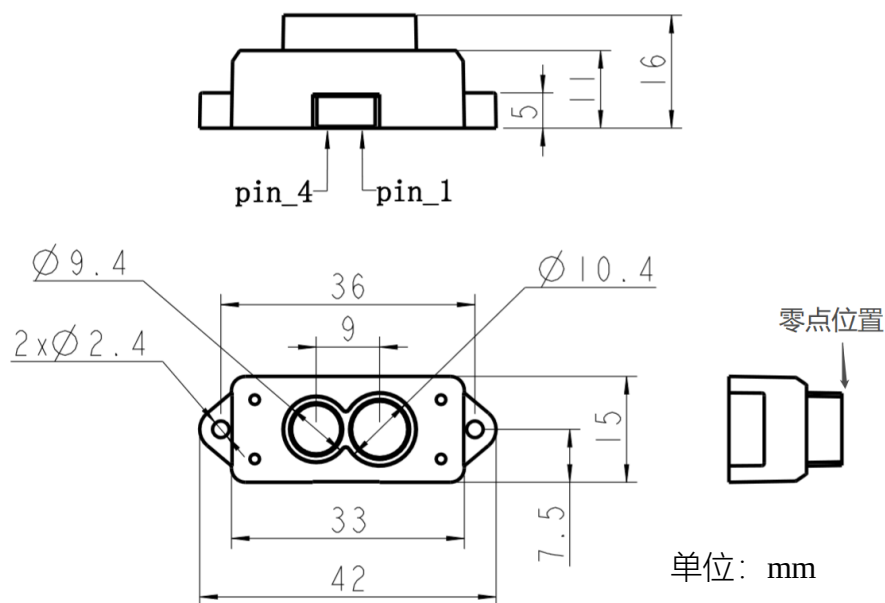


图 5 TFmini-I²C 结构尺寸图



4 电气特性

表 3 TFmini-I²C 主要电气参数

参数名称	参数值
供电电压	5V
平均电流	≤140mA
峰值电流	800mA
平均功率	≤0.7W
通信电平	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，供电电压允许在±0.1V 的范围内波动。

平均电流有两种情况，根据产品的工作档位不同而变化，近距离档位平均电流 70mA 左右，远距离档位平均电流 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

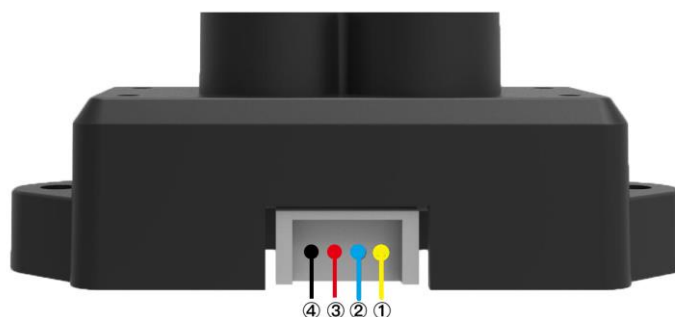


图 6 线序图

表 4 引脚功能及连接说明

编号	I ² C 线序	对应连接项
①	SCL	SCL
②	SDA	SDA
③	+5V	电源正极
④	GND	电源地

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 1.25-4p 端子 (Molex510210400)。



5.2 数据通信协议

TFmini-I²C 采用 I²C 数据通信协议，通信协议见表 5。

表 5 TFmini-I²C 数据通信协议

通信接口	I ² C
最大传输速率	400kbps
主从模式	从机模式
默认地址	0x10
地址范围	0x10-0x78

5.3 读取 TFmini-I²C 数据时序

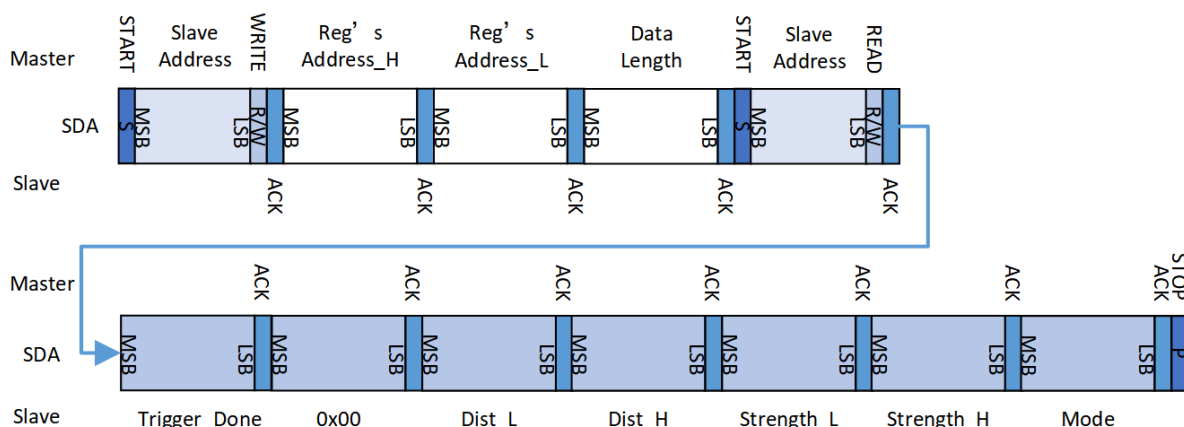


图 7 读取 TFmini-I²C 数据时序

数据编码解释详见表 6。

表 6 数据编码解释

数据编码解释	
START	起始信号
STOP	停止信号
Slave Address	从机地址。默认为 0x10，可配置
R/ $\bar{W}$	读/写标志位。R/ $\bar{W}$ =1 表示读；R/ $\bar{W}$ =0 表示写
ACK	主/从机响应
Reg's Address_H	寄存器地址高 8 位。读取距离信息时，Reg's Address_H = 0x01
Reg's Address_L	寄存器地址低 8 位。读取距离信息时，Reg's Address_L = 0x02
Data Length	读取距离信息字节数。读取距离信息时，Data Length = 0x07
Trigger_Done	测量完成标志。 Trigger_Done = 0x01 表示当前帧测距结果



	Trigger_Done = 0x00 表示上一帧测距结果 每一帧测量需要时间周期，在本帧测量完成前主机查询雷达距离值时， Trigger_Done = 0x00
Dist_L	距离值的低 8 位
Dist_H	距离值的高 8 位
Strength_L	信号强度的低 8 位
Strength_H	信号强度的高 8 位
Mode	测距档位。默认自动切换 取值范围：00（近距离）、03（中远距离）和 07（远距离）。

5.4 输出数据说明

Dist：代表 TFmini-I²C 测量的距离值。取值范围为 0~1200（单位为 cm）。实际使用过程中，当信号强度值 Strength < 20（可配置）时，认为 Dist 值不可信，Dist=0xFFFF；当 Strength ≥ 20 且实际距离 ≥ 1200cm 时，Dist=1200cm（可配置）。（如果设置成 mm 单位，则范围是 0~12000）

Strength：代表 TFmini-I²C 接收到返回信号的强度。取值范围为 0~3000。在同一测距档位下，信号强度随目标距离的增加而减小，随目标物反射率的减小而减小。一般情况下 Strength 值在 20~2000 范围内，我们认为 Dist 值可信。如果用户使用环境单一，受外界干扰较小的情况下，可以将“信号强度阈值最低点”调整到比 20 小，以便利用更多的有效数据。强度值的最低有效阈值、最高有效阈值可通过命令设置。

Mode：代表 TFmini-I²C 的测距档位。共有 0x00, 0x03 和 0x07 三个档位。0x00 代表近距（0-2 米）工作档位，0x03 代表中远距（0.5-5m）工作档位，0x07 代表远距（1-12m）工作档位。默认的工作模式是自动切换模式，模块会根据实际情况自动切换为适当的工作模式。可以通过命令设置为自动切换模式或者固定模式。

Trigger_Done：模块每一帧测距过程从发出光到接收光再到计算出距离值有一定的时间周期，当在本帧测量过程尚未结束前给模块发送查询距离的命令，模块会返回上一帧测量的数据，Trigger_Done=0x00。

6 自定义参数配置说明

6.1 功能简介

为了让 TFmini-I²C 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。用户可通过修改相关寄存器值来调整特定参数，如 I²C 地址等。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参数，以免参数错误造成不必要的损失；请务必按照本说明书所列参数进行产品配置，切勿尝试发送未声明的参数。



6.2 配置 TFmini-I2C 参数时序

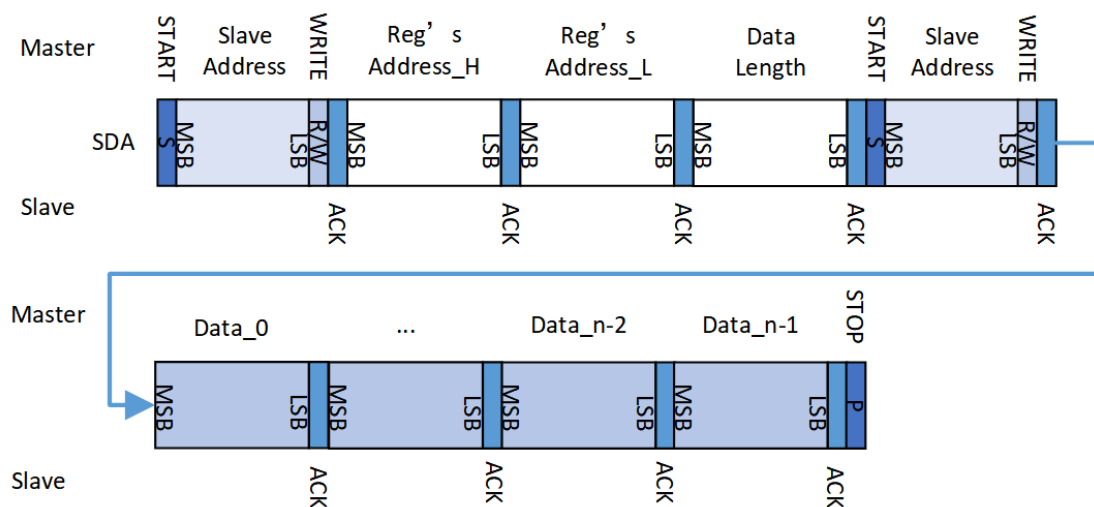


图 8 配置 TFmini-I²C 参数时序

数据编码解释详见表 7。

表 7 编码格式及详细描述

指令编码解释				
START	起始信号			
STOP	结束信号			
Slave Address	从机地址。默认为 0x10，可配置			
R/ $\bar{W}$	读/写标志位。R/ $\bar{W}$ =1 表示读；R/ $\bar{W}$ =0 表示写			
ACK	主/从机响应			
Reg's Address_H	寄存器地址高 8 位			
Reg's Address_L	寄存器地址低 8 位			
Data_Length	读写数据的字节数。Data_0 ~ Data_n-1 的总字节数			
Data n	寄存器配置值。双字节参数低 8 位在前，高 8 位在后。			
	参数与寄存器地址的映射关系：			
	Reg's Address+0	Reg's Address+1	...	Reg's Address+n-1
	Data_0	Data_1	...	Data_n-1

6.3 一般参数配置及说明

表 8 一般参数配置指令列表

序号	可配置项	寄存器地址	取值	说明	出厂配置
----	------	-------	----	----	------



①	测距档位设置	0x0050	0x00	近距离档位, 0.3-2m 适用	/
			0x03	中远距离档位, 0.5-5m 适用	
			0x07	远距离档位, 1-12m 适用	
	测距模式	0x0051	0x00	测距档位自动变换	0x00
			0x01	测距档位固定	
②	量程输出限制模式	0x0055	0x00	关闭量程限制	0x01
			0x01	开启量程限制	
	量程输出限制阈值	0x0056~0x0057	0x0000~0xFFFF	单位: 毫米 (mm)	12000 (DEC)
③	信号强度阈值最低点	0x0058~0x0059	0x0000~0xFFFF	当 Strength 低于该值时, 距离输出 0xFFFF, 用于标识不可信。	20 (DEC)
④	信号强度阈值最高点	0x005A~0x005B	0x0000~0xFFFF	/	0xFFFF
	信号强度阈值最高点输出值	0x005C~0x005D	0x0000~0xFFFF	单位: 毫米 (mm)	0
⑤	距离数据单位	0x0066	0x00	0x00 表示毫米 (mm)	0x01
			0x01	0x01 表示厘米 (cm)	

指令说明:

① TFmini 有两种测距模式, 默认是自动切换测距模式。模式切换过程中可能引起误差变大, 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。

② 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, 修改后所有测量值大于该阈值的值都会以设定的阈值输出。

③ 信号强度阈值最低点设置, 仅在③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 0xFF 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 70, 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。

④ 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。

⑤ 默认距离数据单位为厘米 (cm), 支持修改为毫米 (mm)。当改成毫米 (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。



6.4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。其中，从机地址和触发源设置后需重新上电或系统复位后方可生效。

表 9 特殊参数配置指令列表

序号	可配置项	寄存器地址	取值	说明	出厂配置
⑥	从机地址	0x0026	0x10~0x78	/	0x10
⑦	触发模式	0x0027	0x00	内部触发。默认 100Hz	0x00
			0x01	外部触发	
	外部触发寄存器	0x0100	0x01	触发单次测量	/
⑧	恢复出厂配置	0x0070	0x02	恢复出厂配置（从机地址、触发模式除外）	/

指令说明：

⑥ 修改从机地址后，必须重新上电或系统复位后方可生效。

⑦ TFmini-I²C 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，通过向外部触发寄存器写入非零值使 TFmini-I²C 启动一次测距。请注意 TFmini-I²C 外部触发频率最高不可超过 100Hz。

⑧ 恢复出厂配置，发送该指令后，所有测距相关的寄存器将恢复成出厂默认的配置(从机地址、触发模式除外)，请客户谨慎使用。

6.5复位时序

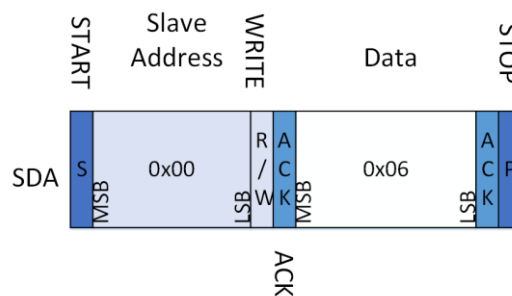


图 6 TFmini-I2C 复位时序

表 10 数据编码解释

数据编码解释	
START	起始信号



STOP	停止信号
Slave Address	从机地址。默认为 0x10，可配置
R/W	读/写标志位。R/W=1 表示读；R/W=0 表示写
ACK	主/从机响应
Data	复位值为 0x06

7故障-原因和处理措施

(1) 正常使用 TFmini-I²C 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-I²C 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-I²C 内部做了算法剔除，当信号强度不足时，默认状态下 TFmini-I²C 的距离值会反馈 FF FF（HEX）作为特殊标志，该值不是 TFmini-I²C 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-I²C 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-I²C 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-I²C 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-I²C 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。

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-I²C 发射镜头内会有微弱红光（设置成单次触发模式除外）。

检查 TFmini-I²C 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。



8 常见问题及解答

Q1：请问 TFmini-I²C 是否支持 3.3V 或其他电压供电？

A1：您好，目前不支持。TFmini-I²C 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-I²C 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。

联系方式

总部

电话：+86-10-57456983

邮箱：bw@benewake.com

地址：北京市海淀区信息路 28 号科实大厦 A 座 10 层

技术支持

邮箱：support@benewake.com

www.benewake.com