



星秒科技
二维 TOF 激光雷达
2D TOF LIDAR

PAVO
使用手册

V2.4



保证和声明

版权

©2020 上海星秒光电科技有限公司版权所有

文档编号

SIMO-LS-20H-180620-A1

声明

- 公司产品受已获准及尚在审批的中华人民共和国专利的保护；
- 本手册提供的信息取代以往出版的所有资料；
- 对于本手册可能包含的错误，或因手册所提供的信息及演绎的功能，以及因使用本手册而导致的任何偶然或继发的损失，**SIMINICS** 保留解释权；
- 未经 **SIMINICS** 事先书面许可不得影印复制或者改编本手册的任何部分。

联系方式

上海星秒光电科技有限公司

地址：上海市嘉定区金运路华泰中心 15 号楼 9 层

网站：www.siminics.com

邮箱：info@siminics.com ; sales@siminics.com

安全要求 (为避免可能发生的危险, 请务必按照规定使用本产品)

一般安全概要

请仔细阅读下列安全性预防措施, 以避免损坏本产品或与本产品连接的其他产品。

使用规定的电源线：

只允许使用所在国家认可的电源线；

查看产品额定值：

为避免过大电流的冲击, 请查看产品上标注的额定值和标记说明, 请在连接产品前查阅产品手册以了解额定值的详细信息；

务必使用合适的过压保护：

确保没有过高电压接入到该产品。

将本产品接地：

将本产品的电源电缆接地线接地。为避免电击, 在连接本产品的任何输入或输出端之前, 请确保本产品电源电缆的接地端与保护接地端可靠连接；

严禁擅自拆开仪器并进行开盖操作：

未经 SIMINICS 许可用户不能擅自拆开设备, 严禁在设备运行时打开本产品；

严禁使用坚硬物品刮擦光学外罩：

异物刮擦可能导致光学外罩划伤, 表面划伤会影响测量距离, 或导致噪点数据增加；

防静电保护：

静电可能会造成仪器损坏, 应尽可能在防静电区或接地良好的前提下进行测试。

怀疑产品出现故障时，严禁进行操作：

如果您怀疑本产品出现故障，请联络 SIMINICS 进行检测。任何维护、调整或零件更换必须由 SIMINICS 执行；

严禁在易腐蚀环境下使用：

为了避免设备被腐蚀损坏，严禁在易腐蚀环境下使用或放置设备；

严禁在易燃易爆的环境下操作：

为避免设备损坏和人身安全，严禁在易燃易爆的环境下操作或放置仪器；

保持产品光学表面的清洁：

为避免灰尘影响测距性能，请保持产品光学表面的清洁；

保持良好散热：

请将设备安装在金属热沉表面，保持良好的散热。

禁止长时间水平直视

设备运行时有持续的红外激光发射，达到 Class I 级别的激光器安全标准。为确保安全，请勿长时间直视发光表面。

目录

一、 产品简介.....	6
二、 工作原理.....	8
三、 特性.....	10
1、 扫描范围.....	10
2、 光学特性.....	11
3、 接口和指示.....	13
4、 软件.....	16
5、 数据格式.....	17
6、 数据通信模式.....	20
7、 设备物理参数.....	21
8、 设备配置参数.....	23
9、 安装指南.....	24
10、 机械尺寸.....	26

一、产品简介



PAVO 是由星秒科技 (SIMINICS) 研发的高性能激光雷达产品。采用飞行时间 (TOF , Time Of Flight) 原理设计 , 通过对激光脉冲反射过程的精密时间测量 , 获得高精度的距离信息 , 配合电机旋转完成对周围环境的二维扫描。

PAVO 可实现 20 m 范围内的可靠测量 , 角度范围 270°。得益于 TOF 方案优势和 SIMINICS 特有的高性能时间测量技术 , PAVO 表现出远高于三角法雷达的测距性能 , 即便是对 20 m 处的白板测量 , 也可获得 ± 3 cm 的测距精度。

PAVO 支持的 45 kHz 激光采样率领先于业内 , 每秒 4.5 万个点云数据使 PAVO 能够对周围环境进行精细的还原。用户可以通过配置改变电机转速 , 从而使输出的点云图像帧率在 10-30 Hz 范围内调节。与高采样率对应的是 , PAVO 提供最高 0.08° 的角分辨率 , 这使其对微小目标的识别能力大大增强 , 有效降低漏检率。

通过 SIMINICS 提供的控制软件 PAVOVIEW 和 SDK 软件包 , 用户可以方便快捷的开始系统级的开发 , PAVO 可用于机器人的定位导航、地图测绘、环境建模和安防等领域。

PAVO 采用半固态设计，整机达到 IP65 的防护级别，满足严苛的工业环境或复杂的室外场景应用。高品质、长寿命的电机和轻负载设计确保雷达能够长期稳定工作，优异的光学性能保证了 PAVO 能够在阳光强烈的室外依旧表现出色。采用 905 nm 的激光波段，并满足 Class I 人眼安全等级。

二、工作原理

PAVO 是一款 TOF 雷达，其核心组件包括光学、机械、电路和软件等部分。工作时，激光器向外发射出一束激光，在照射到物体时会发生反射，接收器对反射光信号进行探测，然后通过时间分析模块测量出反射光和出射光之间的时间差，用时间乘以光速即得到光飞行的距离，从而推算出被测物的位置，如图 1 所示。

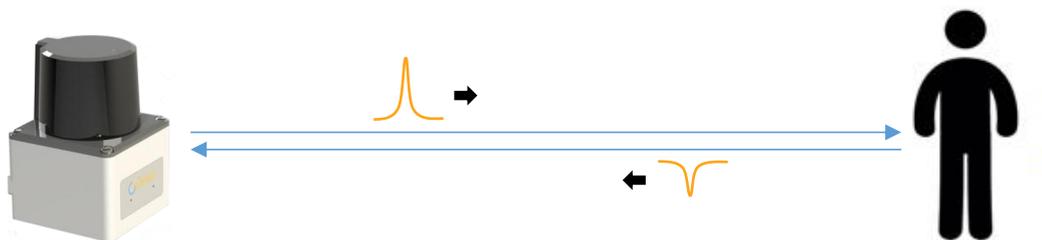


图 1. 激光雷达测距原理示意图

单点的固定位置测量只能得到目标的距离信息，为了得到更多角度的信息，PAVO 内部安装了一个旋转电机，通过电机旋转得到不同角度的距离，从而拼接成一个周围环境的轮廓图像。

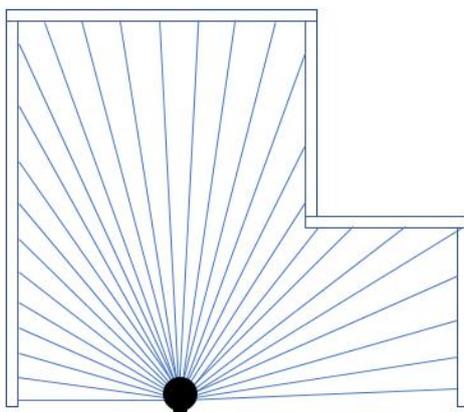


图 2. 激光雷达扫描成像

PAVO 实测到的图像如下所示：

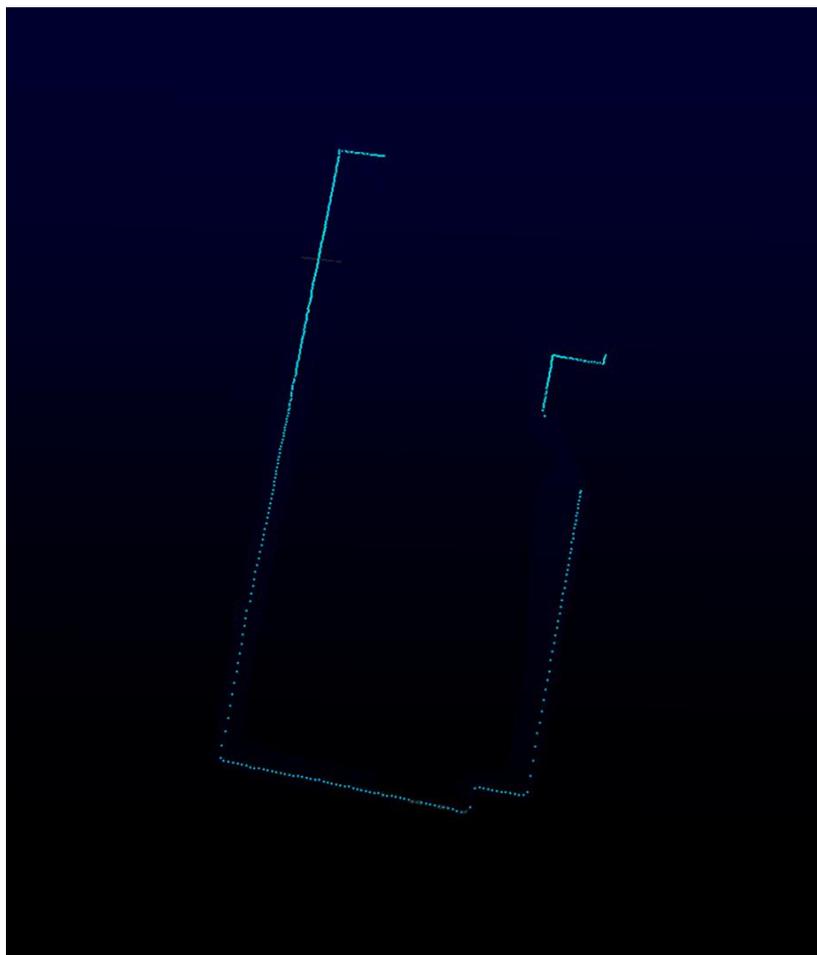


图 3. PAVO 点云图像示例

三、特性

1、扫描范围

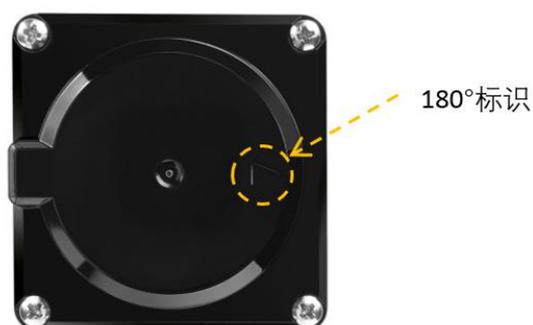


图 4(a). PAVO 俯视图下的 180°标识

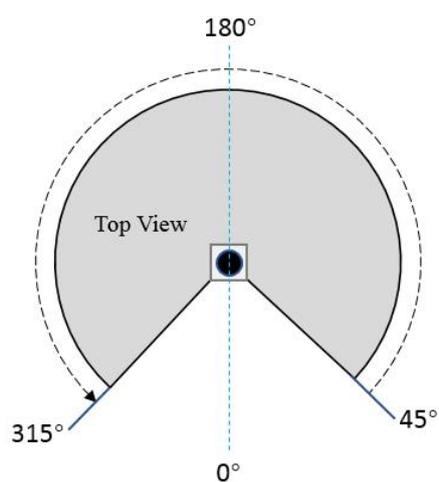


图 4(b). 旋转角度定义

PAVO 可以提供 270°范围的点云信息，180°的位置处于传感器的正前方，通过顶部的三角形标志进行标识。在俯视的视角下，角度随着逆时针方向递增。PAVO 存在一段 90°的盲区，位于 315°至 45°的区间。

2、 光学特性

出光位置



图 5. 出光位置示意图

以传感器底座平面为参考面，PAVO 的激光出射位置距参考面的高度为 52.6 mm。

激光出射垂直角度

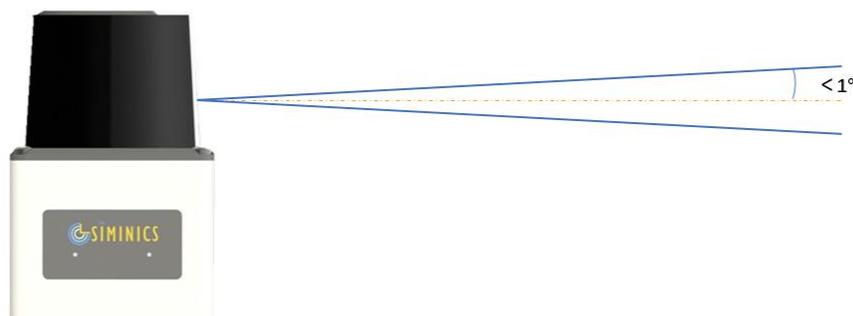


图 6. 激光垂直角度示意图

每一台出厂的 PAVO ,其出射激光的垂直角度会有微小偏差。以水平面为参考 ,PAVO 的出射激光的垂直角度偏差范围为 $\pm 1^\circ$ 。

光斑特性

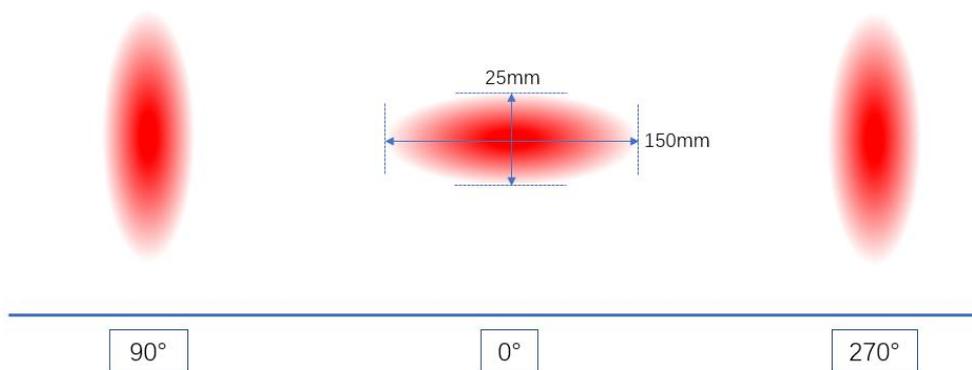


图 7. 光斑特性 (10 m 处)

PAVO 采用半导体 LD 作为光源，LD 出光特性存在快慢轴发散角差异，因此在电机旋转时，光斑在目标物上的形状也会旋转。在 0° 时，打在 10 m 远的目标上的光斑形状如图所示，横向宽度 150 mm，垂直宽度 25 mm，随着角度增加，光斑会逆时针旋转，在 90° 和 270° 时，光斑呈垂直分布。

激光安全等级



PAVO 采用低功率 905 nm 激光光源，并使用脉冲调制方式降低平均功率。达到 Class I 级别的激光安全标准，可以确保对人眼的安全。

3、接口和指示

接口

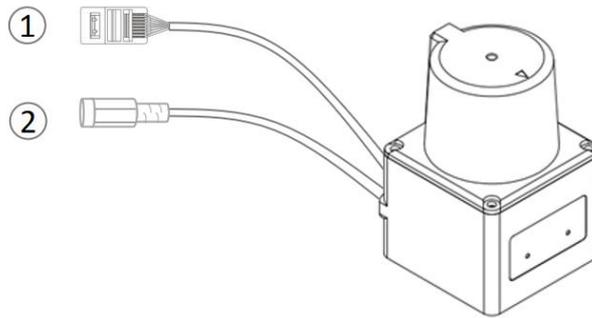


图 8. 接口线缆

如图所示，PAVO 带有两种线缆，①号线缆为网口线；②号线缆为电源线。其中网

口线缆长度 1m，标准 RJ45 接口，定义如下：

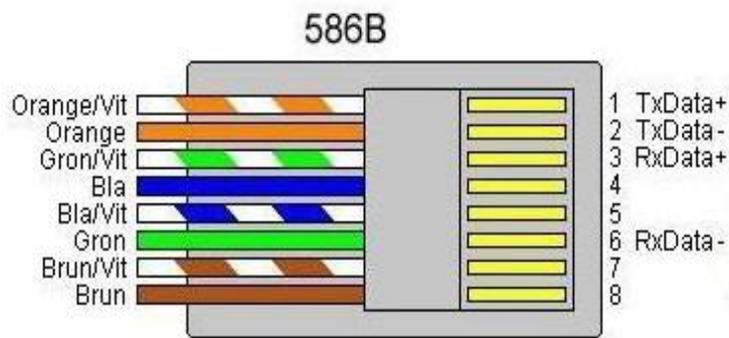


图 9. 网线端子线束

定义如下：

颜色	信号
橙白	TX+
橙	TX-
绿白	RX+
绿	RX-

电源线长度 1m,电源头 5.5mm/2.1mm。定义如下

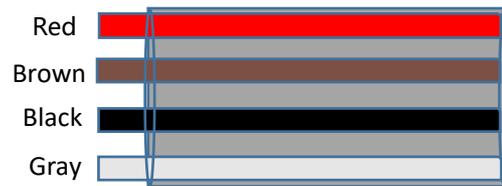


图 10. 网线端子线束

定义如下：

颜色	信号	典型值	范围
红	VCC+	12V	12V~24V
棕	VCC+	12V	12V~24V
黑	VCC-	0V	0V
灰	VCC-	0V	0V

网络 IP 地址按如下值设置：

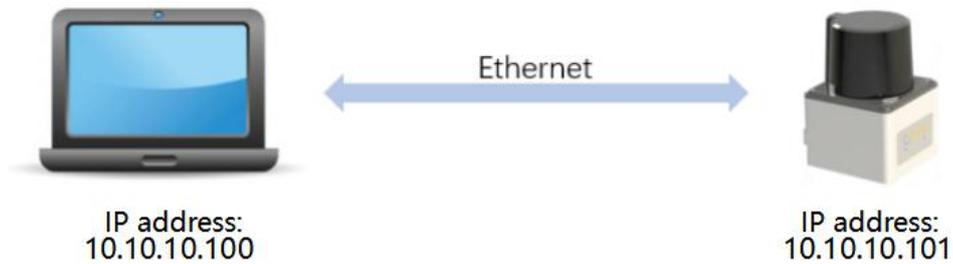


图 11. IP 地址设置

指示



图 12. PAVO 指示灯

电源指示灯：亮表示电源工作正常；

暗表示未接通电源或电源异常。

状态指示灯：常亮表示状态正常；

闪烁表示设备状态异常；

*注意：设备刚上电时，状态指示灯会有短暂闪烁，表示设备正在启动，属于正常状态。

4、 软件

激光雷达通过 PavoView 软件实现对雷达的相关参数读取和配置，以可视化的方法查看雷达点云数据，分析点云数据，方便用户使用。

PavoSDK 包实现雷达相关信息的封装和解析，用户通过调用相关 API 可以进行快速二次开发。

详情请见电子文档 PavoView 使用指南和 PavoSDK 编程指南。

5、 数据格式

PAVO 数据传输格式

PAVO 点云数据基于以太网 UDP 协议包进行传输，每一个 UDP 包总长 134 个 Byte，包含 8 个 UDP 协议信息字段、120 个 Byte 点云信息字段、4 个 byte 时间信息字段和 2 个 byte 的工厂自定义字段（0x3722）。数据包传输端口号 2368。

120 个 Byte 点云信息字段分为 12 组，每组 10 个 Byte，其中 2 个 Byte 的设备标识号（0xFF01）、2 个 Byte 的角度信息和 6 个 Byte（2 个点）的点云信息。每个点的点云信息又包含 2 个 Byte 的距离信息和 1 个 Byte 的强度信号。

雷达输出的角度范围是 0° - 360° ，输出包含屏蔽的 90° 范围（ 0° - 45° ， 315° - 360° ）。

具体的 UDP 包格式如下：

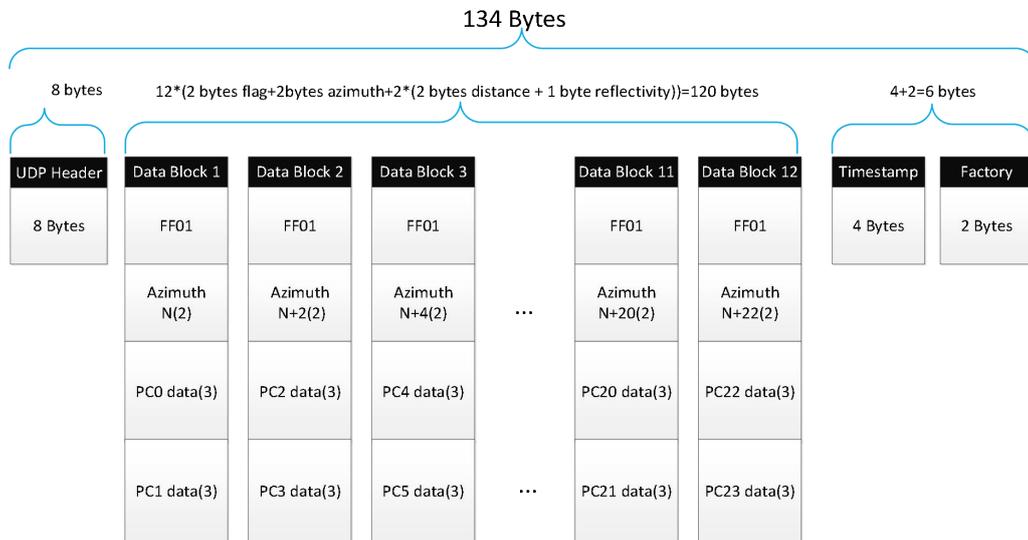


图 13. PAVO 点云数据 UDP 包传输格式

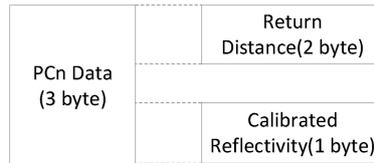


图 14. PAVO 单个点云数据格式

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
7079	15.694352	10.10.10.101	10.10.10.100	UDP	168	2368 → 2368 Len=126
7080	15.698336	10.10.10.101	10.10.10.100	UDP	168	2368 → 2368 Len=126
7081	15.702320	10.10.10.101	10.10.10.100	UDP	168	2368 → 2368 Len=126

```

> Frame 7079: 168 bytes on wire (1344 bits), 168 bytes captured (1344 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: 15:18:01:01:01:01 (15:18:01:01:01:01), Dst: Dell_95:8d:91 (8c:ec:4b:95:8d:91)
> Internet Protocol Version 4, Src: 10.10.10.101, Dst: 10.10.10.100
> User Datagram Protocol, Src Port: 2368, Dst Port: 2368
> Data (126 bytes)
0000  8c ec 4b 95 8d 91 15 18 01 01 01 01 08 00 45 00  ..K.....E-
0010  00 9a 00 51 00 00 40 11 51 26 0a 0a 65 0a 0a     ...Q...@.Q&...e-
0020  0a 64 09 40 09 40 00 86 a5 50 ff 01 f8 65 fb 0e  ..d.@...P...e-
0030  16 02 0f 16 ff 01 78 66 08 0f 16 0c 0f 16 ff 01  ..x...f.....
0040  f8 66 13 0f 16 1a 0f 16 ff 01 78 67 23 0f 16 29  ..f.....xg#..
0050  0f 16 ff 01 f8 67 31 0f 16 39 0f 16 ff 01 78 68  ..g1..9...xh
0060  3c 0f 16 42 0f 16 ff 01 f8 68 4a 0f 16 56 0f 16  <..B...hJ..V..
0070  ff 01 78 69 5e 0f 16 4c 0f 15 ff 01 f8 69 71 0f  ..xi^..L....iq.
0080  16 7d 0f 16 ff 01 78 6a 82 0f 16 b9 0f 11 ff 01  ..}...xj.....
0090  f8 6a 94 0f 0e 56 0f 0f ff 01 78 6b e3 0e 0f b6  ..j...V...xk...
00a0  0e 0f ad b3 37 02 87 22                          ....7.7"
    
```

角度信息 : 0xf8 0x65
点云信息 : 0x23 0x0f 0x16
时间戳信息 : 0xad 0xb3 0x37 0x02

图 15. PAVO 点云数据包解析示例

角度信息提取和计算

每组 10 个 Byte 的数据中包含有 1 个角度信息，长度 2Byte，取值范围为 0°-360°。

角度计算方式如下：

1. 从 UDP 数据包中提取出角度信息 0xf8 & 0x65;
2. 对角度信息值进行翻转得到：0x65 & 0xf8,组合得到 0x65f8；
3. 换算为十进制后为：26104；
4. 除以 100；
5. 得到 261.04°。

强度和距离信息提取和计算

每组 10 个 Byte 的数据中包含有两个点云数据信息，每个点云数据包含 2 个 Byte 的距离信息和 1 个 Byte 的强度信息，距离信息单位为 2 mm。

在数据包中，点云数据信息字段，前两个 Byte 用来传输激光雷达与物体之间的距离信息，距离信息的单位为 2mm；第三个字段用来表示强度信息，强度信息是一个相对值，取值范围为 0-255。

强度和距离信息计算方式如下：

1. 从 UDP 数据包中提取出点云信息：0x23 0x0f 0x16；
2. 提取出距离信息 0x23 & 0x0f，强度信息 0x16；
3. 对距离信息值进行翻转得到 0x0f & 0x23，组合得到 0x0f23；
4. 换算为十进制后为：3875；
5. 乘以距离单位（单位 2mm）得到：7750 mm；

时间戳信息提取和计算

每一个 UDP 包包含一个时间戳信息，长度 4 个 Byte，取值范围为 0-3600x10⁶μs,当前的时间戳信息表示当前 UDP 包最后一个点云数据发送激光的时间。

时间信息计算方式如下：

1. 从 UDP 包中提出去时间信息：0xad 0xb3 0x37 0x02；
2. 高低位翻转：0x02 0x37 0xb3 0xad，组合得到 0x0237b3ad；
3. 换算为十进制为：37,204,909 μs；

6、 数据通信模式

Pavo 雷达与上位机进行数据通信的有两种模式，一种是雷达被动上传数据模式，一种是雷达主动上传数据模式。

雷达被动上传数据模式，指的是在上位机和雷达能进行网络正常通信的情况下，由上位机根据雷达 IP 打开雷达，直接发送数据请求，从而获取雷达数据。

雷达主动上传数据模式，指的是根据雷达中关于 DestIP 和 DestPort 的配置，配置与雷达相连的网口 IP，由上位机根据配置界面中 DestIP 和 DestPort,打开接受数据的端口，根据雷达 IP 打开雷达，从而获取雷达主动上传数据。

雷达上电初始，默认的数据传输方式是主动上传数据模式，此时上位机可以采用雷达主动上传数据模式方案获取数据，也可以采用雷达被动上传数据模式方案获取数据(此时雷达上传数据模式变为被动上传数据模式)。当雷达的数据传输方式是雷达被动上传数据模式时，雷达将只支持此种模式上传数据，不支持雷达主动上传数据模式，除非硬重启雷达。

7、设备物理参数

基本信息	
产品名称	单线 TOF 激光雷达
型号	SIMO-LS-20H
测量特性	
探测范围	0.1-20 m @ 90%反射率 0.1-8 m @ 10%反射率
重复精度	±30 mm
扫描范围	270°
采样率	45 kHz
点云数据合并	1/2/4/8 点
扫描帧率	10/15/20/25/30 Hz
最小角分辨率	0.08°
光电特性	
电源电压	DC12V-24 V
工作电流	0.17A/12 V (典型)
激光光源	905 nm class I
功耗	2 W
其他	
数据传输接口	Ethernet 100BASE-TX
启动时间	< 10 s
指示灯	电源指示灯 状态指示灯
环境光	>50000 lx
工作温度	-10°C~55°C

储存温度	-30°C~75°C
工作寿命	5年(电机寿命)
防护等级	IP65
尺寸	50 × 50 × 76 mm ³
重量	148 g (不含电缆)

8、设备配置参数

电机转速	点云数据合并	角分辨率(单位：度)	物理点云数据量	有效点云数据量
10	1	0.08	4500	3375
10	2	0.16	2250	1688
10	4	0.32	1125	844
10	8	0.64	562	422
15	1	0.12	3000	2251
15	2	0.24	1500	1126
15	4	0.48	750	563
15	8	0.96	375	282
20	1	0.16	2250	1687
20	2	0.32	1125	843
20	4	0.64	562	422
20	8	1.28	281	211
25	1	0.2	1800	1351
25	2	0.4	900	676
25	4	0.8	450	338
25	8	1.6	225	169
30	1	0.24	1500	1125
30	2	0.48	750	562
30	4	0.96	375	281
30	8	1.92	187	141

*备注：角度输出范围是 0°-360°，当角度值在屏蔽的 90°范围（0°-45°，315°-360°）内时，点云数据也在输出，距离值为 0。物理点云数据量指的是雷达实际输出的点云数据个数；有效点云数据量指的是过滤掉屏蔽范围的用户获取的点云数据个数。

9、 安装指南

安装 PAVO 时，需要注意以下事项：

1. 使其尽可能不受冲击和振动的影响；
2. 使其不暴露于任何直射阳光（窗户、天窗）或任何其他热源。这样可以防止设备内部温度升高。

为了避免雷达之间相互干扰和对测量精度产生任何影响，我们建议按照如下示例进行安装：

1. 当两个及多个雷达平行安装时，建议将雷达向下倾斜一定角度避免对射，如图 16，图 17 所示；
2. 当两个及多个雷达垂直安装时，建议将雷达出光位置错开一定距离避免对射，如图 18，图 19，图 20，图 21 所示。

***备注：PAVO 的出光位置在雷达罩中间偏下位置，详见 2 光学特性。**

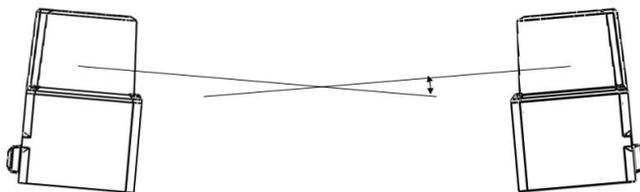


图 16.平行安装示意图(1)

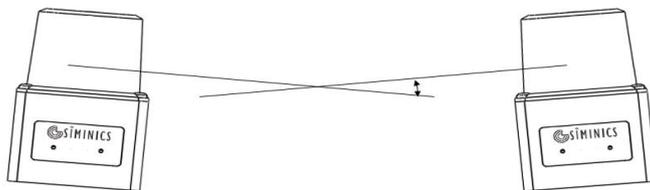


图 17.平行安装示意图(2)

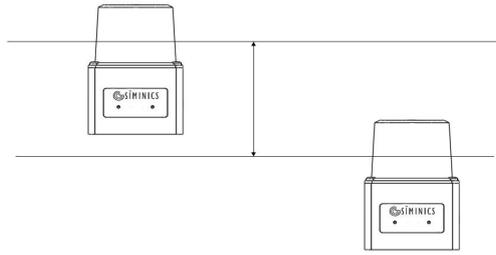


图 18.垂直安装示意图(1)

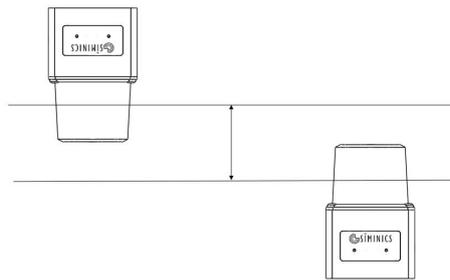


图 19.垂直安装示意图(2)

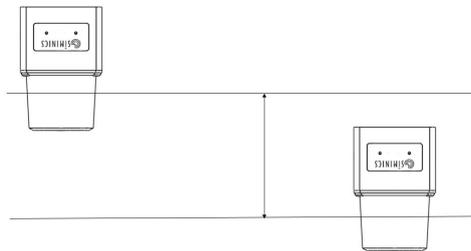


图 20.垂直安装示意图(3)

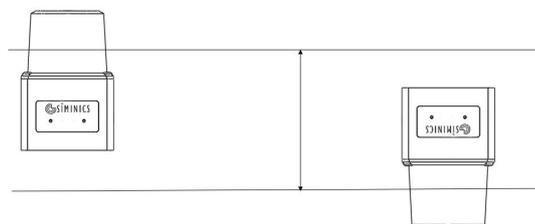


图 21.垂直安装示意图(4)

10、机械尺寸

