

动手工作坊

搭建你自己的 ADS-B 接收机，把你的那片天空放上地图

这门课程里的每一件事都可以从你自家的窗口得到验证。这个工作坊准确地告诉你该买什么、怎样把它们组装起来、怎样在一块 Raspberry Pi（树莓派）上安装 Dataaero 共享程序（feeder），以及怎样看到你听到的飞机出现在 radar.dataaero.eu 上，并注明来自你的站点。不需要任何无线电、电子或 Linux 经验。预算约 100 到 150 欧元，一个下午的时间，以及一扇能看到天空的窗户。

学习 - <https://radar.dataaero.eu/zh-hans/learning/workshop> 2026-10-22

目录

开始之前 你将搭建什么，以及为什么值得

一张图 各部分如何连在一起

购物清单 该买什么，逐件说明

放在哪里 安放天线：高度、天空和电缆

第 1 步 组装硬件

第 2 步 准备 Raspberry Pi

第 3 步 安装 Dataaero 共享程序

第 4 步 上线，并认领你的接收机

第 5 步 调校，并理解你看到的东西

不工作的时候 故障排查

之后 让它一直运行

给班级或家庭 把接收机变成一个项目

欢迎 数据贡献者得到什么，地图又从你这里得到什么

开始之前

你将搭建什么，以及为什么值得

一台接收机是排成一列的四样东西：一根捕捉 1090 MHz 电波的天线，一根把电波变成数字的 USB 接收棒，一台把数字解码成消息的小型计算机，以及一条把解码后的位置送到 Dataaero 的互联网连接。从共享程序开始运行的那一刻起，你的天线听到的每一架飞机都会被画在 radar.dataaero.eu 的实时地图上，供所有人查看，并注明你的站点是来源。这条链条中没有任何东西发射：你只是收听，而收听在比利时、在整个欧盟以及世界上大多数地方都是合法的（如果你住在别处，请查阅你所在国家关于接收设备的规定）。

课程解释了这个系统为什么能工作；接收机让你亲手检验它。你将用真实的飞机测量第 7 章的无线电地平线，在信号强度一栏里看到平方反比定律，观察消息速率随一天中时间的变化，并比较窗边天线和屋顶天线。对一个家庭来说，这是为故事收尾的项目；对一个班级来说，这是屋顶上一台常设的仪器，全年产出真实的数据。

它还让你成为一名**数据贡献者**。Dataaero 的地图完全由志愿者、机场和学校托管的接收机汇聚而成，地图的好坏取决于它的收听者。数据贡献者可以免费获得访客得不到的东西：一个显示站点听到了什么的控制面板，一张以二维和三维呈现自己那片天空的覆盖范围地图，365 天的航班历史，以及排行榜上与其他所有站点并列的一席之地。不收取任何费用，不签署任何东西，同一台接收机还可以继续向你已经在用的任何其他网络共享数据。

时间、金钱、技能

金钱：基础方案全新购买 150 到 200 欧元，进阶方案 300 到 420 欧元；如果你已经有一块 Raspberry Pi，则更少。**时间：**零件到齐后一个下午，大约 30 分钟组装，10 分钟准备存储卡，10 分钟安装共享程序。**技能：**拧紧一个接头，把三行命令复制到终端里。**运行成本：**接收机功耗 4 到 5 瓦，一年约 40 kWh，电费大致 10 到 15 欧元。

一张图

各部分如何连在一起



天线是第 5 到 8 章的物理发生的地方：一段约 65 mm 长的四分之一波长金属，与 27.5 cm 的电波共振，把几十亿分之一瓦变成一个微小的电压。电缆把这个电压送到接收棒，如果电缆很细，每十米大约损失一半，这就是为什么天线应当靠近接收棒，或者电缆应当足够粗。滤波器和放大器是可选的：它们在 1090 MHz 信号到达接收棒之前把它增强，并排除手机和调频广播发射台，否则这些发射台会把接收棒震聋。接收棒是一台软件定义无线电，每秒对电波采样两百万次，把数字交给 Raspberry Pi，解码器（`readsb`，`dump1090` 的后代）在那里找到第 4 章的前导码，读出 112 位，检查校验码，丢弃任何通不过的内容。然后 Dataaero 共享程序把解码后的消息通过你的互联网连接转发到 Dataaero 的汇聚中心，汇聚中心把你的站点和其他所有站点合并成地图。

购物清单

该买什么，逐件说明

下面的清单是完整的：有了这些零件，不需要别的，你就能共享数据了。它分为两种方案。基础方案把一根小天线放在室内，窗边或阁楼里，足以看到系统运行，并从第一个晚上起就共享数据；进阶方案把一根调谐天线架在室外，配上带滤波的放大器和低损耗电缆，可以达到无线电视距。价格仅供参考，为全新含增值税价格，随商店和月份而变。“购买”按钮会在你选择的国家的 Amazon 商店打开相应零件；同样的零件在任何电子产品商店都能买到，计算机可以从 Raspberry Pi 官方经销商购买（Raspberry Pi 网站按国家列出了它们）。无论在哪家店，都请购买专门为 ADS-B 出售的接收棒，因为同一款接收棒作为电视调谐器出售时，往往是更老、噪声更大的版本。

计算机：一块 Raspberry Pi

2 GB 内存的 Raspberry Pi 4 Model B 是正确的选择：它只用一小部分算力就能解码 1090 MHz，有四个 USB 口、有线 Ethernet 和 Wi-Fi，并且有带外壳和电源的套装出售。Raspberry Pi 5 同样好用，价格略高一点；如果你已经有一块 Raspberry Pi 3B+，也能用；Raspberry Pi Zero 2 W 能用，但 USB 供电紧张，第一次搭建最好避开。请为你的型号购买**官方电源**（一个羸弱的手机充电器是接收机随机重启最常见的原因），一张知名品牌的**16 或 32 GB microSD 卡**，以及一个有一定通风的**外壳**，因为接收棒和处理器都会发热。如果套装里没有，再加一套小散热片。计算机预计 50 到 70 欧元，电源 10 到 15 欧元，存储卡 10 欧元，外壳 10 欧元。

无线电：一根 RTL-SDR 接收棒

接收棒是一台围绕 RTL2832U 芯片和 R820T2 或 R860 调谐器构建的软件定义无线电，正是第 9 章描述的那个家族。请买一根**专为 ADS-B 销售的**。最好的入门选择是一根**内置 1090 MHz 滤波器和放大器**的接收棒（FlightAware Pro Stick Plus 最为知名；AirNav 的 FlightStick 与之类似）：你本来要另外购买的滤波器和低噪声放大器都在棒子里面，在城市里它比普通接收棒听得远两到三倍。通用接收棒（RTL-SDR Blog V4、Nooelec NESDR SMArTee）也能用，如果你以后想收听别的东西，它更灵活，但如果你住在距离手机基站几公里之内，请加上下面描述的外置滤波器。无论买哪一种，请检查天线接头：**SMA** 是标准，这份清单里的每一根天线和电缆都用它；请避开采用小型 MCX 接头的接收棒，它需要转接头而且容易损坏。预计 30 到 45 欧元。

天线

如果接收棒的包装盒里附带小磁吸天线，就先用它：放在窗边的金属表面上，它能听到 80 到 150 km 外的飞机，足以在第一个晚上看到系统工作起来。不过，真正的接收机需要一根**为 1090 MHz 调谐的天线**，这是不该省钱的那一件：装在防水管里的叠层共线天线，60 到 70 cm 长，有 4 到 6 dBi 的增益，底部是 N 或 SMA 接头（FlightAware 的 1090 MHz 天线和 Jetvision 的 A3 是常见选择，50 到 70 欧元）。它被制造成恰好在第 8 章的波长上共振，并把灵敏度集中到远处飞机所在的地平线方向；装在室外视野开阔的短桅杆上，它能达到无线电地平线，对巡航高度的飞机是 350 到 450 km。用导线剪出来的自制天线是课堂实验，不是接收机：几毫米的误差就会让它失谐，它只能听到出厂调谐天线所听到的一小部分。

电缆和接头

如果天线就在 Pi 旁边，一根细而柔软的**1 到 3 m 的 SMA 公头对 SMA 公头电缆**（一米用 RG-174，三米用 RG-58 或 H155）就够了。距离越长，电缆就必须越粗：在 1090 MHz 上，细电缆每十米损失约 3 dB，即一半的信号，而 LMR-400 或 H1000 这样的粗低损耗电缆只损失约 1.3 dB。因此，离 Pi 15 m 的屋顶天线需要 LMR-400，或者在天线处加一个带滤波的放大器，或者两者都要。请购买按长度定制、已装好接头的电缆（如果天线是 N 母座，天线端用 N 公头，接收棒端用 SMA 公头），因为手工安装 N 接头需要压接工具和练习。短电缆预计 10 欧元，长的低损耗电缆 30 到 60 欧元。再加一根 30 到 50 cm 的**短 USB 延长线**，把接收棒从 Pi 上移开：直接插在主板上的接收棒会拾取处理器自身的无线电噪声，还会挡住旁边的接口。

滤波器和放大器（可选，但这是花钱能买到的最便宜的作用距离）

如果你的接收棒没有内置滤波器，在电缆和接收棒之间加一个**1090 MHz 带通滤波器**（20 到 25 欧元，SMA 进出），它会去除普通接收棒同样会收到、在城市附近会使它过载的手机、调频广播、电视和寻呼信号。更好的是一个**带滤波的低噪声放大器**（约 35 欧元；RTL-SDR Blog 1090 LNA 和 Uputronics 前置放大器是常见的型号），装在长电缆的天线一端：它在电缆损失信号之前就把信号放大，并且由接收棒通过电缆本身供电（即**偏置器**，bias tee，接收棒必须支持它；Blog V4、Pro Stick Plus 和 SMArTee 都支持）。装在长电缆 Pi 一端的放大器几乎没有用，因为它放大的是电缆已经损失过的东西。

工具和其余东西

你需要一台带 SD 读卡器的电脑（或一个 5 欧元的 USB 读卡器）来写入存储卡，家里路由器的 Wi-Fi 密码或一个空闲的 Ethernet 口和网线，以及放天线的地方：一个窗台、一根阁楼横梁，或一根配两个墙面支架的短桅杆。室外天线还要加上密封接头用的自融胶带（3 欧元）、扎带和几米富余的电缆来做滴水环。一把小螺丝刀和一把剪刀是仅有的工具。

基础方案 小天线放在室内，窗边或阁楼 - 50 到 150 km - 150 到 200 EUR

零件	用途	在 Amazon 购买
Raspberry Pi 4 套件 Model B, 2 GB 或 4 GB, 套件内含官方电源、通风外壳和 32 GB 或 64 GB microSD 卡；Raspberry Pi 5 套件同样可以	解码报文并运行 Dataero 共享程序	https://radar.dataero.eu/go/pi
AirNav Radar FlightStick 接收棒 USB 软件无线电，内置 1090 MHz 滤波器和放大器，SMA 插座；FlightAware Pro Stick Plus 在有货时同样适用	把无线电波变成数字；内置的滤波器和放大器正是它在城市里有作用距离的原因	https://radar.dataero.eu/go/sdr
USB 延长线，30 到 50 cm USB 2.0, A 公头转 A 母头	让接收棒远离处理器自身的无线电噪声，并空出相邻的接口	https://radar.dataero.eu/go/usb-ext
带磁性底座的 1090 MHz 小天线 为 ADS-B 调谐，自带电缆和 SMA 公头插头	在窗边接收电波；放在金属表面上，能听到 50 到 150 km 外的飞机	https://radar.dataero.eu/go/antenna-indoor

进阶方案 室外天线架在短桅杆上，追求远距离 - 250 到 400 km - 300 到 420 EUR

零件	用途	在 Amazon 购买
Raspberry Pi 4 套件 Model B, 2 GB 或 4 GB, 套件内含官方电源、通风外壳和 32 GB 或 64 GB microSD 卡；Raspberry Pi 5 套件同样可以	解码报文并运行 Dataero 共享程序	https://radar.dataero.eu/go/pi
AirNav Radar FlightStick 接收棒 USB 软件无线电，内置 1090 MHz 滤波器和放大器，SMA 插座；FlightAware Pro Stick Plus 在有货时同样适用	把无线电波变成数字；内置的滤波器和放大器正是它在城市里有作用距离的原因	https://radar.dataero.eu/go/sdr
USB 延长线，30 到 50 cm USB 2.0, A 公头转 A 母头	让接收棒远离处理器自身的无线电噪声，并空出相邻的接口	https://radar.dataero.eu/go/usb-ext
FlightAware 1090 MHz 室外天线 防水管内的共线天线，66 cm, N 母头插座；Jetvision 的 A3 是替代选择	专为在 27.5 cm 精确谐振并朝向地平线而造：在室外、视野开阔时，可达无线电视距	https://radar.dataero.eu/go/antenna-outdoor
带滤波的 1090 MHz 放大器 RTL-SDR Blog ADS-B LNA, Nooelec SAWbird+ ADS-B 或 Uputronics 前置放大器，通过电缆供电（偏置器）	装在天线处，在电缆损耗信号之前先把它放大	https://radar.dataero.eu/go/lna

零件	用途	在 Amazon 购买
N 公头转 SMA 公头转接头 接在天线的 N 插座和放大器的 SMA 插座之间	把天线接到放大器上	https://radar.dataero.eu/go/adapter
低损耗同轴电缆，10 m LMR-400 或 H1000，两端 SMA 公头，按长度定制并已装好接头	把信号从屋顶送到接收棒，每 10 m 仅损耗约 1.3 dB	https://radar.dataero.eu/go/coax
带墙面支架的短桅杆 约 1 m 长，直径 30 到 40 mm，配两个支架	把天线抬到屋顶线以上，远离墙壁和烟囱	https://radar.dataero.eu/go/mount
自粘融合胶带 一卷	把每个室外接头密封起来防雨	https://radar.dataero.eu/go/tape

作为 Amazon 联盟成员，Dataero Europe 从通过这些链接完成的合格购买中获得收入，你无需额外付费。价格、库存和配送以 Amazon 显示为准；同样的零件在任何电子产品商店都能买到。

不要买什么

芯片不明、MCX 接头的 10 欧元电视棒（它能用一个星期，然后漂移、过热、丢掉微弱的消息）；“宽带”盘锥天线或汽车收音机天线（在 1090 MHz 上不共振；第 8 章解释了长度为什么重要）；接头看起来对的 Wi-Fi 或 4G 天线（频率不对）；需要自己压接接头的长电缆；用手机充电器当电源；来路不明、里面已经插着卡的二手 Raspberry Pi。

放在哪里

安放天线：高度、天空和电缆

位置胜过价格。第 7 章的无线电地平线公式， $d = 4.12 \times (\sqrt{h_{\text{飞机}}} + \sqrt{h_{\text{天线}}})$ ，高度以米计，告诉我们一根放在 2 m 高窗台上的天线能看到 438 km 外、11000 m 高的客机，而同一根天线放到 20 m 高的屋顶上只多看 13 km。高度远不如**挡在中间的东西**重要：一堵墙、一座山、一片金属屋顶或一栋邻近的建筑会完全挡住视线，一扇背对航路的窗户只能听到半边天空。所以第一个问题不是“多高”，而是“天线能看到什么”，答案应当是：尽可能多的天空，一直到地平线，朝向尽可能多的方向。

在窗边，如果可以，把天线放在玻璃外侧（放在阳台栏杆上，用磁铁吸在一块钢板上），否则放在靠着玻璃的内侧窗台上；带金属镀膜的现代双层玻璃会明显削弱信号，而一扇能打开的窗户可以让电缆伸出去。选择朝向最近机场或最繁忙航路的那扇窗；实时地图会告诉你是哪一扇。**在阁楼里**，瓦片或石板屋顶对 1090 MHz 几乎是透明的，天线能看到每一个方向；金属屋顶或贴有铝箔的保温层则是不透明的。把天线挂在横梁上，在屋脊允许的范围内尽量高，远离水箱和电线。**在屋顶上**，用两个墙面支架把一根高出屋脊一米的桅杆装好，就能越过烟囱和邻居；这是能达到无线电地平线的安放方式，也是需要粗电缆或天线处放大器的那种。

电缆	1090 MHz 下每 10 m 的损耗	10 m 后剩余的信号	用途
RG-174 (2.8 mm)	约 7 dB	20%	室内，1 m 以内
RG-58 (5 mm)	约 5 dB	30%	室内，1 到 3 m
H155 / LMR-200 (5.5 mm)	约 3 dB	50%	最长 5 m

电缆	1090 MHz 下每 10 m 的损耗	10 m 后剩余的信号	用途
LMR-400 / H1000 (10 mm)	约 1.3 dB	75%	10 到 20 m 的屋顶走线
天线处的放大器 + 任何电缆	损耗在进电缆前已付清	几乎全部	任何长距离走线

安全

绝不要把天线放在可能碰到或倒向架空电力线的地方；如果建筑有避雷针，让天线低于屋顶最高点，否则就接受一根 1 m 桅杆上的小塑料天线并不比烟囱更招雷的事实，但在雷雨时拔掉接收棒。屋顶作业要由成年人在白天进行，并有人扶住梯子；阁楼或窗边能给出 80% 的效果，却没有任何风险。用自融胶带密封每一个室外接头，并在电缆进入点下方留一个环，让雨水滴落而不是顺着流进去。接收机只是收听：这里没有任何东西发射。

第 1 步

组装硬件

组装就是把接头拧在一起；唯一要做对的，是用手把每一个接头拧到拧不动为止，不用工具，并且避免在距接头一掌宽之内把电缆折弯。

1. 如果套装里有散热片，先把它们装到 Pi 上，把 Pi 放进外壳，盖子暂时不盖。
2. 把天线电缆拧到天线上（N 或 SMA，手拧紧），如果你使用单独的滤波器或放大器，把它拧在电缆的接收棒一端：天线、电缆、滤波器或放大器、接收棒，按这个顺序。天线处的放大器则改为装在天线和电缆之间。
3. 把电缆拧到接收棒的 SMA 插座上。把接收棒插进 USB 延长线，再把延长线插进 Pi 的一个蓝色 USB 3 口（任何口都能用；蓝色的离 Wi-Fi 天线最远）。
4. 把天线放到你上面决定的位置，电缆以平缓的弧线布线。把接收棒放在能通风的地方；它摸起来是温热的，这是正常的。
5. 如果用网线，把它接到路由器上。先不要接电源：存储卡要先准备好。

第 2 步

准备 Raspberry Pi

Pi 的存储卡上需要一个操作系统，还需要一种让你从自己的电脑向它输入命令的方式。两件事加起来十分钟，都在一个程序里点几下就能完成，这个程序是 **Raspberry Pi Imager**，可以从 Raspberry Pi 网站免费下载，有 Windows、macOS 和 Linux 版本。

1. 把 microSD 卡插进你的电脑。打开 Raspberry Pi Imager。在“Raspberry Pi Device”下选择你的型号；在“Operating System”下选择 **Raspberry Pi OS (other)**，再选择 **Raspberry Pi OS Lite (64-bit)**，即没有桌面的版本，因为接收机永远不会接屏幕；在“Storage”下选择这张卡。
2. 点击 Next，当 Imager 提出应用操作系统自定义设置时，点击 **Edit settings**。在 General 选项卡中把主机名设为 **adsb**（这样 Pi 就以 adsb.local 应答），勾选“Set username and password”并设置两者（把它们记下来），除非你使用网线，否则输入你的 Wi-Fi 名称和密码以及国家；设置你的时区。在 Services 选项卡中勾选 **Enable SSH** 并选择密码认证。保存，然后确认这张卡将被擦除，让 Imager 写入并校验。
3. 把卡插进 Pi，接上电源，等两分钟：启动时绿灯闪烁，第一次启动会慢一些。

4. 在你的电脑上打开一个终端：Windows 上是 PowerShell（在开始菜单里搜索它）；Mac 上是 Terminal；Linux 上是任何终端。用你设置的用户名输入下面的命令，按回车，对关于指纹的提问回答 **yes**，然后输入你的密码（输入时什么也不显示）并按回车。提示符变成了 Pi 的：你现在是在接收机上输入了。

```
ssh <username>@adsb.local
```

如果找不到 *adsb.local*，说明你的路由器不传递本地名称：打开它的网页，找到已连接设备的列表，记下 Pi 的 IP 地址（类似 192.168.1.42），用它代替名称。连接之后，把系统更新到最新并安装 git，也就是下载共享程序的工具；复制这一行，粘贴，按回车，然后等待。第一次更新可能要十分钟。

```
sudo apt update && sudo apt full-upgrade -y && sudo apt install -y git
```

第 3 步

安装 Dataero 共享程序

Dataero 共享程序是 Dataero 在 GitHub 上发布的一个小型开源程序（github.com/dataero-adsb/dataero-adsb-feeder）。它的安装程序会完成一台接收机需要的一切：如果 Pi 上没有解码器（readsb）就安装它，向 Dataero 注册你的接收机，生成它唯一的接收机 ID，设置转发消息并保持连接的服务，最后检查 Dataero 能否听到你。运行之前，你可以在 GitHub 上读到它的每一行。三条命令，在 Pi 上依次输入：

```
git clone https://github.com/dataero-adsb/dataero-adsb-feeder
cd dataero-adsb-feeder
sudo bash installer.sh
```

安装程序会问几个问题。下面是每一个的含义和该怎么回答。

安装程序的提问	含义	怎么回答
Do you want to automatically install readsb? (yes/no) (是否自动安装 readsb?)	这块 Pi 上没有找到解码器；readsb 是把接收棒的采样变成消息的程序。	完整输入 yes。任何其他回答都会让安装程序停止。下载和编译需要几分钟。
Station name (optional) (站点名称, 可选)	在地图和排行榜上与你的接收机一起显示的名称。	一个简短的名称：你所在的城镇加一个词，或一所学校的名字。以后可以再次运行安装程序来修改。
Enable MLAT for this receiver? (y/N) (是否为这台接收机启用 MLAT?)	多点定位（第 10 章）：你的接收机的计时帮助定位那些不发送位置的飞机。它需要精确的天线位置。	第一次安装回答 n，如果你能把天线位置给到几米以内，就回答 y。
Latitude, Longitude, Antenna altitude (metres) (纬度、经度、天线海拔, 以米计)	天线在哪里。启用 MLAT 时必填，否则可选；用于你的覆盖范围地图和作用距离统计。	用小数点的十进制度（50.8467, 4.3525），海拔以米计：你所在地址的地面海拔加上天线离地面的高度。

要找到位置，打开任何一个在线地图，在天线所在的准确位置上点右键，复制坐标；大多数地图显示六位小数，精度是十分之一米。地面海拔可以在地形图上找到，或者在 GPS 应用的“海拔”一栏里；再加上天线离地面的高度（二楼的窗户约 6 m，两层楼房的屋脊约 9 m）。手机自己给出的海拔常常错十米或二十米，所

以地面用地图，其余的用卷尺。不要用猜测的位置启用 MLAT：一台计时说“我在这里”而实际在别处的接收机，会拖累它参与的每一次定位。

然后安装程序会工作几分钟，最后显示一个以 **Installation complete** 开头的横幅。它会打印你的**接收机 ID**，一长串字母和数字组成的代码（一个 UUID），你的站点所连接的 Dataero 汇聚中心，以及与 Dataero 第一次联络的结果：当注册服务接受了接收机的心跳，你的站点就上线了。接收机 ID 是你站点的钥匙：它随每一条消息一起发送，也是你粘贴到账户里用来认领它的东西。请自己保管好，因为第一个关联它的账户将拥有这台接收机。万一弄丢了，它就存在 Pi 上：

```
sudo grep RECEIVER_UUID /usr/local/dataero-adsb-feeder/.env
```

安装程序留下了哪些在运行

三个每次开机都自行启动的小服务：*readsb*，解码器，它同时提供一张本地地图；*dataero-readsb*，第二个只走网络的解码器实例，把你的消息的精简流转发到 Dataero 的汇聚中心；以及 *dataero-feeder*，告诉 Dataero 你的站点还活着的心跳。开启 MLAT 后还有第四个，*dataero-mlat*。以后再次运行安装程序会保留你的接收机 ID、名称和位置，只更新有变化的部分。

第 4 步

上线，并认领你的接收机

横幅出现后一分钟之内，第一架飞机应该就会出现。请看三个地方。在 Pi 本身上，下面的命令会打印一张实时表格，列出正在解码的每一架飞机，包括它的地址、呼号、高度、速度和以 dBFS 表示的信号强度；按 **q** 退出。*readsb* 的安装程序还在 Pi 上设置了一张本地地图，<http://adsb.local/tar1090>（或者用 IP 地址代替名称），它显示你自己的站点所看到的天空，并带有距离环。而在公共地图 radar.dataero.eu 上，你的站点听到的飞机会在几秒之内和其他所有人的一起被画出来。

```
viewadsb
```

你的接收机已经在以匿名方式共享数据了。**认领**它会把它关联到你的账户，并解锁网站上属于数据贡献者的那一面：打开 radar.dataero.eu，注册一个免费账户或登录，在账户菜单中打开**接收机**，选择**关联接收机**，粘贴安装程序打印出的接收机 ID。请使用 Dataero 的接收机 ID，而不是你可能同时运行的其他共享程序的 UUID。从那一刻起，你的站点在地图上有了名字，有了一个**控制面板**（接收到的飞机、每秒消息数、最繁忙的小时、最罕见的飞机），一张由每条消息的信号强度绘制的二维和三维**覆盖范围地图**，**365 天的航班历史**而不是访客的零天，以及**排行榜**上的一个名次。认领之前收集到的一切都已经在那里了。

第一个晚上可以期待什么：在窗边用盒内附带的天线，在欧洲繁忙的地区同时能看到 20 到 60 架飞机，远到 100 或 150 km，建筑那一侧有一个空洞；在阁楼里用调谐天线，100 到 200 架飞机，远到 250 km；在屋顶上，200 到 400 架飞机，在没有遮挡的方向上作用距离可达 400 km。控制面板里的消息计数比作用距离更能说明问题：一个好的站点在欧洲白天的高峰每秒解码 500 到 1500 条消息，在深夜只有几十条。一天之内的曲线就是课程第 4 课的可视化：飞机晚上不飞，因为人不飞。

打开实时地图 <https://radar.dataero.eu/zh-hans/map>

注册账户并认领 <https://radar.dataero.eu/zh-hans/contribute>

第 5 步

调校，并理解你看到的东西

两个设置决定了一个站点的大部分性能，两者都可以在 Pi 上一秒钟改好。第一个是**增益**，即接收棒在数字化之前放大多少。readsb 以自动增益启动，这是一个不错的折中。如果头顶的飞机消失而远处的飞机还在，说明接收机被附近的强信号过载了，增益太高；如果远处的飞机始终不出现，则增益太低。下面的命令以 dB 设置一个固定增益；试试 30 到 49 之间的值（49.6 是接收棒的最大值），每个值观察十分钟本地地图上的飞机数和最远距离。对自带放大器的接收棒，在窗边通常 40 到 45 最好，在屋顶上则更低。输入 -10 这个值就回到自动。

```
sudo readsb-gain 43
```

第二个是**本地地图的位置**，readsb 用它来画距离环并计算每架飞机的距离；它和你给 Dataero 安装程序的位置（Dataero 用的是那一个）是分开的，用第二条命令设置。然后打开本地地图，看着最远飞机的轮廓在一天里慢慢长大：那个轮廓就是你的无线电地平线，它的形状就是你的障碍物的形状。

```
sudo readsb-set-location 50.8467 4.3525
```

viewadsb 里的信号一栏，就是第 6 章的平方反比定律的数字版。一架在 10 km 外从头顶经过的飞机大约是 -5 dBFS；同一架飞机在 300 km 外，远了三十倍，到达时弱了九百倍，约 -30 dBFS，而解码器仍然读得出来，因为消息只需要比噪声强就行。看着一架飞机的信号在穿越你的天空时升高又降低，你就不用公式测量了这条定律。丢弃消息的那一栏数字高的时候，说的是相反的事情：两架飞机的强信号在同一瞬间到达，互相搅成乱码，这是第 11 章描述的极限，也是三十公里外的第二台接收机能看到你丢失的消息的原因。

如果你启用了 **MLAT**，由多点定位确定位置的飞机会出现在 Dataero 地图上，并以一种特别的标记回流到你的本地地图上。这些是不发送自己位置的飞机：较老的公务机、军用运输机、一些直升机。你对每一架的贡献是一个精确到几纳秒的时间戳，汇聚中心用它和另外三个站点一起解出第 10 章的双曲线。天线位置哪怕只错 30 m，也会让你的计时偏移十分之一微秒，足以让一架解出的飞机偏离一公里，这就是安装程序坚持要求精确位置的原因。

不工作的时候

故障排查

几乎每一个问题都是下表中的某一个，每一个都有一行命令可以检查。命令在 Pi 上运行，用和安装时同一个终端连接。

症状	最可能的原因	怎么办
ssh 找不到 adsb.local	路由器不解析本地名称，或者 Pi 不在网络上。	使用路由器设备列表里的 IP 地址。如果列表里没有 Pi，检查你在 Imager 里输入的 Wi-Fi 信息，或者改用网线。
readsb 不启动；“no device found”	没有看到接收棒：USB 线松动、电源太弱，或者接收棒不是 RTL-SDR。	重新插好接收棒和延长线；运行 lsusb，查找“RTL2838”或“Realtek”；把电源换成官方的。
readsb 在运行但没有飞机	天线没接上、电缆有一个接头断开，或者天线处于无线电阴影中。	检查每一个接头是否拧紧；把天线移到天空开阔的窗边；在城市里，没有滤波器的普通接收棒可能需要加一个。

症状	最可能的原因	怎么办
附近的飞机消失，远处的还在	过载：增益太高，或者附近有强发射台。	降低增益（ <code>readsb-gain 35</code> ），加一个 1090 MHz 滤波器。
飞机出现在本地地图上，但不在 radar.dataaero.eu 上	共享服务没有在运行，或者 Pi 没有连上互联网。	运行下面的状态命令；显示为“failed”的服务会在日志里告诉你原因。再次运行安装程序：它会修复配置并保留你的 ID。
Pi 随机重启或接收棒随机消失	电源。接收棒要吃掉三分之一安培；弱电源会让电压跌落。	使用官方电源；拔掉其他 USB 设备；检查红色电源灯是否常亮。
认领时提示“Receiver not found”	粘贴了另一个 UUID（来自其他共享程序，或者打错了）。	粘贴第 3 步里 <code>grep</code> 命令打印出的值；那才是 Dataaero 的接收机 ID。

```
sudo systemctl status readsb dataaero-readsb dataaero-feeder
sudo journalctl -u dataaero-feeder -n 50
```

如果这些都没有帮助，请在共享程序的 GitHub 页面上提交一个 issue，附上这两条命令的输出：编写安装程序的人会读它们。Dataaero 还运营着一个社区频道，链接在“成为数据贡献者”页面上，其他数据贡献者在几小时内就能回答大多数问题。

之后

让它一直运行

一台接收机几乎不需要照料。停电之后服务会自行启动；Pi 没有活动部件；接收棒能用好几年。每个季度连接一次 Pi，再次运行第 2 步里的更新命令，然后从当初下载到的文件夹里再次运行安装程序（先 `cd dataaero-adsb-feeder`，再 `sudo bash installer.sh`）：它会获取当前版本的共享程序，保留你的接收机 ID、名称和位置，并以你上次的回答为默认值问同样的问题。如果你移动了天线，再次运行安装程序并给出新位置；如果你搬家了，也这样做，其他什么都不用变。如果你哪天想停止，同一个文件夹里有一个卸载程序。

两个习惯能让一个站点保持健康。每周看一次控制面板：消息速率一夜之间减半，意味着某根电缆松了，或者一棵树长高了。还有，在第一天就从本地地图上记下三个数字：各个方向的最远距离、晚间高峰的飞机数和消息速率。它们是你的基准，此后你做的每一个改动，一根更好的天线、一根更高的桅杆、一个滤波器，都拿它们来衡量。这种测量，正是课程一路引向的科学。

给班级或家庭

把接收机变成一个项目

接收机是一台常设的仪器，对它最好的用法是做一系列测量，每一项检验课程中的一个想法。对一个家庭来说，其中一项就能填满一个星期天；对一个班级来说，每一项都是一节课，而站点在两节课之间收集的数据就是家庭作业。控制面板的小时图、覆盖范围地图和本地地图的作用距离轮廓是仪器；课程给出预测；测量来裁决。

- 高度与作用距离**（第 7 章）。记下天线放在桌上、二楼窗边、顶楼窗边、阁楼里时的最远距离。画出作用距离随高度的变化，与无线电地平线公式比较；差异就是障碍物。
- 平方反比定律**（第 6 章）。在 `viewadsb` 里跟踪一架飞机穿越天空，每分钟记录信号与距离；以 dB 为单位的信号对距离的对数作图；斜率应接近每十倍距离 -20 dB。

3. **一天的节奏**（第 4 课）。连续一周，每小时从控制面板读取消息速率。解释曲线的形状：早高峰、晚高峰、最近机场的夜间宵禁、工作日与星期天的差别。
4. **天空在哪里结束**。一周之后把本地地图上的作用距离轮廓描下来，叠在本地地图上。每一个凹陷都是一栋建筑、一座山或一棵树；把它们一一指认出来。
5. **地图的好坏取决于它的收听者**（第 11 章）。在某个晚上把你的站点的覆盖范围地图与公共地图比较：你没有听到的飞机，有别人听到了。在排行榜上找到最近的另一个站点，用公式算出你们两个圆在哪里重叠。

在学校里，接收机还能回答每个班级都会问的问题，“那是什么飞机？”，只要在走廊上放一块显示本地地图的屏幕。控制面板的“最罕见的飞机”列表每个月都带来惊喜：一架政府专机、一架老式客机、一架空中救护机，每一架都是一个关于它为什么在那里的故事。而一个向 Dataaero 共享数据的学校站点，会以学校的名字作为来源出现在公共地图上，这是一种比大多数名气都更好的名气。

欢迎

数据贡献者得到什么，地图又从你这里得到什么

radar.dataaero.eu 的访客看到的是一张实时地图、数量受限的飞机和每架飞机的几个字段，每次浏览时段十分钟。免费账户取消了时段限制，显示全部字段，并保留七天的航班历史。数据贡献者，也就是现在的你，获得整个网站：每个航班 365 天的历史、控制面板、二维和三维的覆盖范围地图、排行榜，以及地图上注明的站点。这一切现在和将来都不花一分钱，而接收机可以继续向你选择添加的任何其他网络共享数据。

地图从你这里得到的，是用钱买不到的东西：在原本没有收听者的地方多了一个收听者。网络上的每一台接收机都听到一圈天空，一片大陆只有在这些圆重叠的地方才被覆盖。空白处的一个新站点，一个村庄、一段海岸、一条山谷、一个数据贡献者稀少的国家，会让原本没人听到的飞机出现，并让那些不发送位置的飞机的多点定位成为可能。今晚看看地图上你所在地区的覆盖范围，再在你的站点上线一周后看看它：那个差别就是你的。

成为数据贡献者 <https://radar.dataaero.eu/zh-hans/contribute>

打开实时地图 <https://radar.dataaero.eu/zh-hans/map>

返回课程首页 <https://radar.dataaero.eu/zh-hans/learning>