

※ 原文刊登在《QST》杂志 2009 年第 6 月刊

打造你自己的射电望远镜

作者 / 马克·斯宾塞 (Mark Spencer, WA8SME)

编译 / 吴晓 (BG8NPK)

DOI:10.16589/j.cnki.cn11-3571/tn.2015.19.003

用这个易于构造的望远镜来探索射电天文学基础知识

有很多和业余无线电相关的活动，为我们提供了探索和学习射频知识的机会。射电天文学就是之一。

所有物质都能释放出射频 (RF) 能量，这取决于物质的温度和构造，太空的物质也是如此。射电天文学的基本原理就是通过收集和分析太空中的物体发射的射频能量来研究天空，就像光学天文学家利用望远镜收集的光能量观测太空。射电天文学乍看很复杂，研究人员需要使用非常先进和昂贵的设备来进行研究，但是你也可以用一些简单的设备和一点点资金投入，来制作一个射电望远镜系统，并用它来学习和探索射电天文学的基本原理。

自制射电望远镜

在这篇文章中，我将会使用一个常见的东西来 DIY 射电望远镜，它就是在屋顶随处可见的电视抛物面天线。本文介绍了简单的射电望远镜的 DIY 方法，虽然这只是一个简易的射电望远镜系统，但也能为你或是当地的 HAM 提供一个学习的好机会。

图 1 就是我制作的射电望远镜系统。其主要部件之一是经过改造的电视抛物面天线，安装在木架支撑结构上使它能指向我们想要的方向；一个商品卫星信号强度计用来测量天线收集到的信号的强度，把信号强度转换为受强度调制的音频信号。音频信号被输入计算机声卡，最终由电脑和软件根据时间以图形方式显示信号强度。

我们需要从结构上改造电视天线，任何正常工作的电视抛物面天线都可以用来改造。信号强度计的成本在 40 美元到 65 美元之间，它可以在网上买到。接口电路会在后面进行介绍，这个系统都可以很简单的 DIY 出来，成本约为

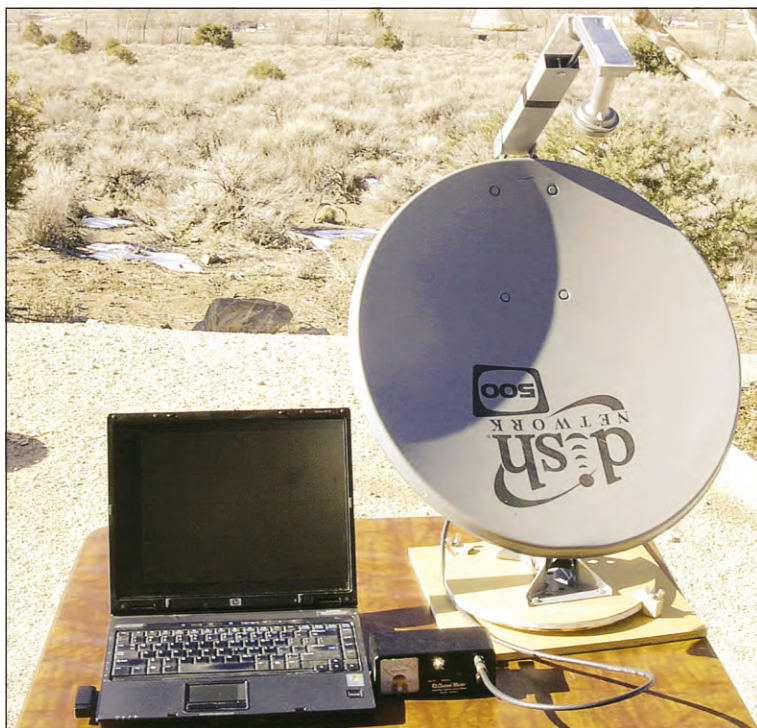


图 1 基于电视天线的射电望远镜系统



图 2 双 LNB 的安装。注意两个同轴连接器。



图 3 自制的塑料单 LNB 安装支架



图4 双同轴连接器配置 LNB。用假负载终止一个连接器。



图5 卫星信号强度计

20 美元。并且，计算机上的作图软件是免费的。

它可以做什么

以下列出了用这个简单的 RT 可以做的几件事：

- ◆ 利用太阳来确定抛物面天线的波束宽度并且验证用于计算天线性能的数学公式。
- ◆ 测量太阳辐射强度并且探测太阳活动的变化。
- ◆ 测量月球表面温度的相对变化。

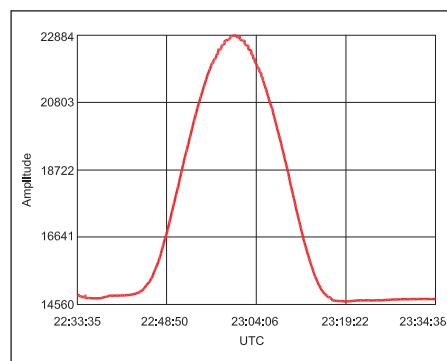


图6 Skype 屏幕显示天线响应

- ◆ 学习和探究一种称为漂移扫描的普通射电天文观测技术。
- ◆ 通过检测发射体的温度相对差，探索射频能量发射的基本原理。

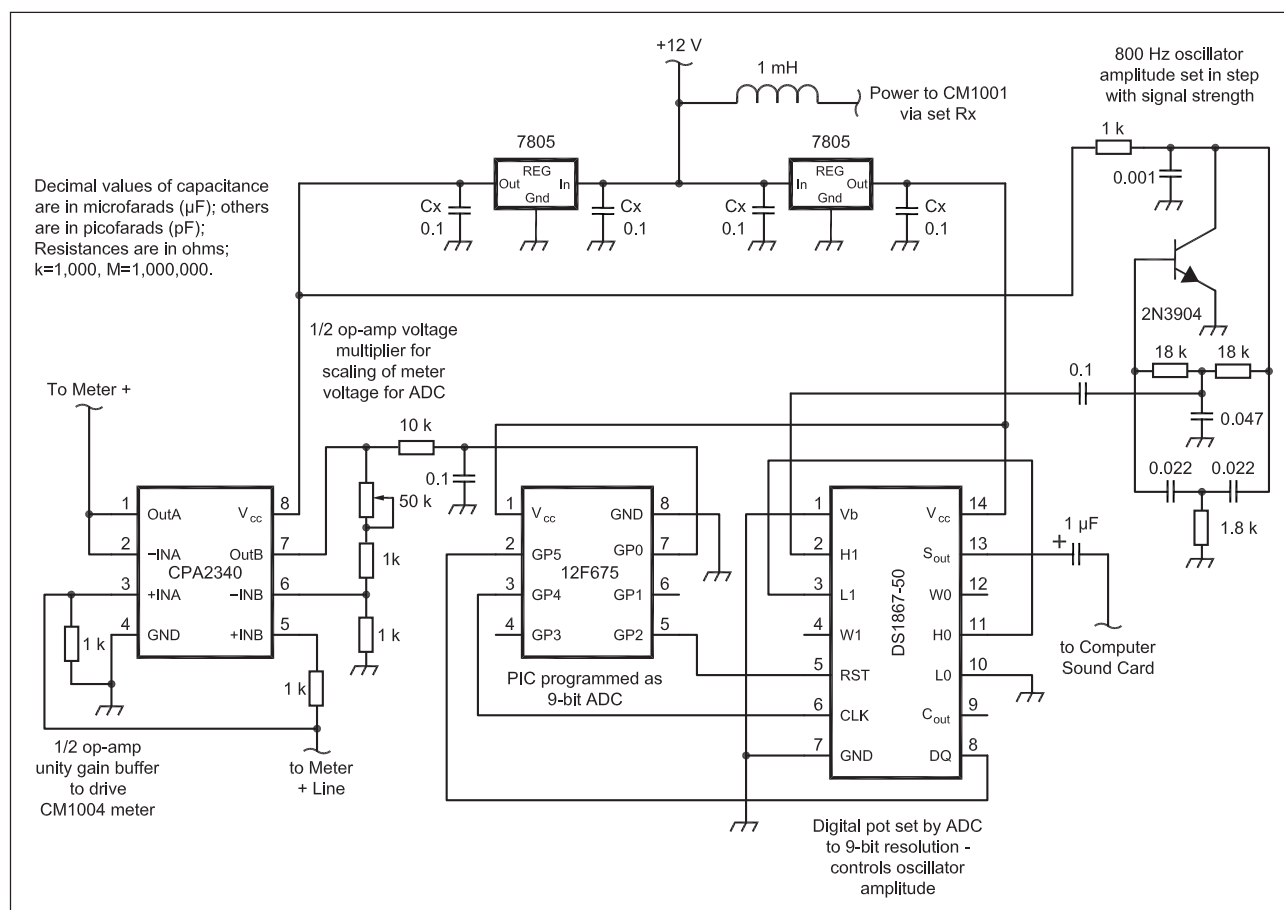


图7 RT 接口电路图

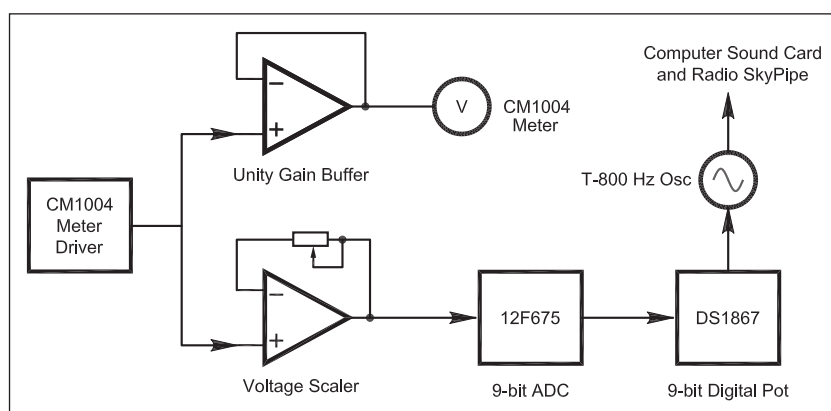


图 8 RT 接口终端图

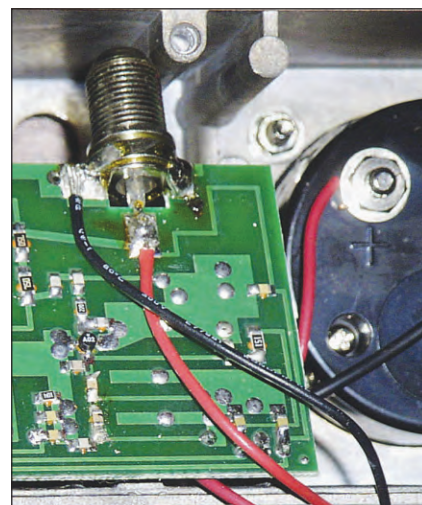


图 9 电源和地线连接至 CM 板

◆ 探测停在克拉克带的地球同步轨道卫星信号，了解太空已经变得十分拥挤。

◆ 通过对比日常对地平线的漂移扫描来探测地球绕着太阳的公转和在自己轴上的自转。

天线子系统

基本 RT 系统基于“小小”的设计，分别描述于两个网页。1,2 抛物面天线是在焦点安装了高频头的偏置 18 英寸抛物面天线。高频头可以称为低噪模块 (LNB)。LNB 是一个前置放大器 / 下变频器，把卫星信号从 12GHz 变频到 2.4GHz。大多数现代卫星电视天线有两个以上的 LNB 以用来同时访问多个电视卫星而不需要变电视天线指向 (如图 2)，这时候多安装的 LNB 只是为了共享盘状天线的焦点。因为 RT 只需要一个 LNB，我就把“小小”设计做了一些小调整，在电视天线的焦点定位安装一个 LNB。在焦点安装单个的 LNB 确实有助于天线指向。

我用现有的 LNB 外壳和固定架作为模板，来确定 LNB

的安装臂边缘到安装孔之间的距离。然后我用了一片塑料为 LNB 做了新的固定支架，如图 3 所示。它尺寸不是特别重要，但要注意安装位置的精准度，这样能提高 RT 的性能。

一些 LNB 有两个同轴接头，只但有一个连接器可用于 RT (如图 4)。用一个 75Ω 假负载插头来连接到不用的那个接头上，用来平衡 LNB 的负载。F 型的电视同轴连接器可以在电子零件零售商买到。要注意的是在作为电望远镜使用时，抛物面天线是颠倒安装的。虽然这个方向对于接收卫星信号是不太理想的，但作为射电望远镜的天线系统就很好用了。

卫星探测器

这里使用的探测器是 Channel Master (CM) 卫星信号电平表，型号为 1004IFD (如图 5)，CM 接到 LNB。LNB 的电源是通过连接 CM 的同轴线提供给 LNB 的。CM 检测来自 LNB 的卫星信号，并且将信号强度转换为音调，以便于

让安装天线的技术人员将天线调整到对准卫星。当你转动抛物面天线的对准方向扫过卫星时，测量到的场强大小会变化，同时音调也会一起变化。

在小计划里详细介绍了如何将电源连接到 CM 并且为 LNB 提供电源 (使用音频接口供电以解决这个问题)。虽然容易受到影响，但是 CM 的场强计和音调提示已经能让我们在有限的情况下去探索射电天文领域了。

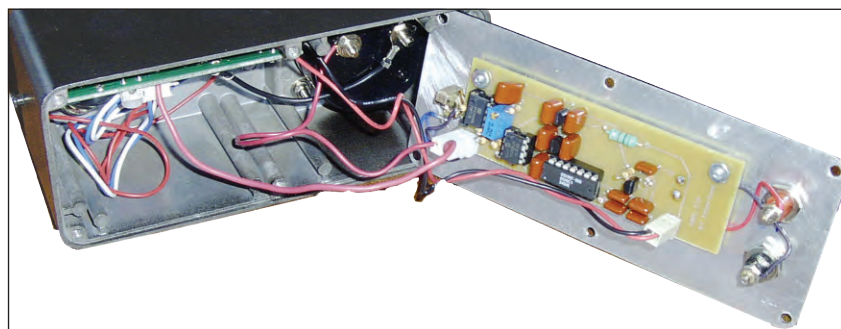


图 10 CM 和接口板



图 11 RT 瞄准太阳，记录 LNB 阴影位置

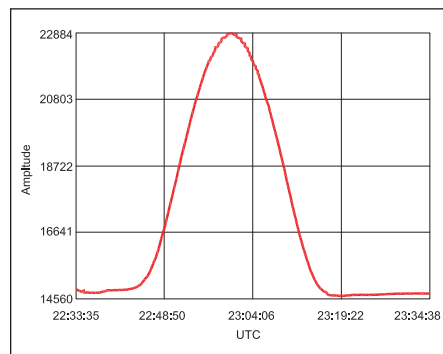


图 13 对太阳的漂移扫描反映出天线方位角

显示

为了能够真正的去研究学习通过我们 DIY 射电望远镜接收到的信号，我们还需要将这些信息显示绘制到一张条形

图上去。我们使用一个非常棒的软件套装，名为 RadioSky-Pie，它发布在射电天文学网站上。使用这个软件的免费版本来入门是最佳的选择。Skypipe 使用电脑声卡来检测信号变化，并且将它根据时间绘制成图案。图 6 展示了一个

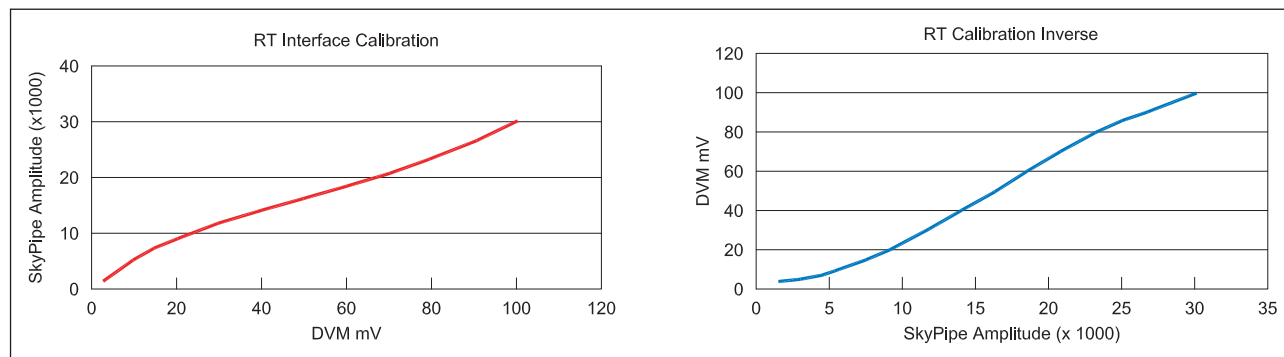


图 12 校准曲线例子

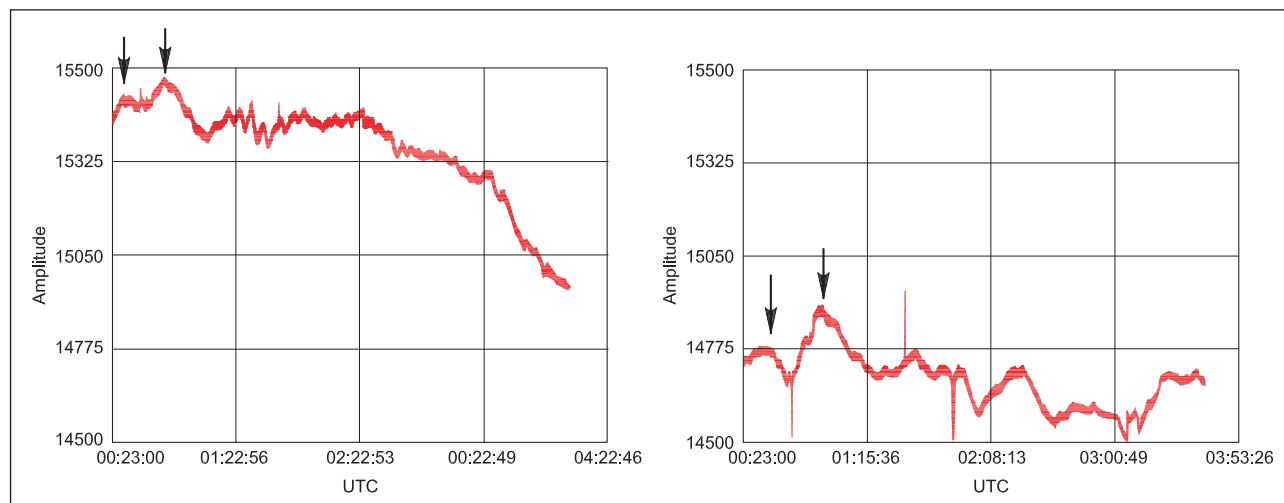


图 14 漂移扫描顺序。记录峰值间的时间偏移

信号图形。SkyPipe 使用起来非常简单，并且还有非常详细的帮助菜单帮助你更熟练的掌握。

SkyPipe 需要把音频信号通过电脑声卡的麦克风接口输入，而 CM 检测器输出的是模拟测量信号或者由幅度调制的频率信号，这两种输出信号都不能被 SkyPipe 识别，所以我们需要一个接口来转换信号。

接口

要让 CM 输出能与 SkyPipe 和声卡有效工作，得把信号电平转换成幅度变化。接口电路设计见图 7，接口方框图见图 8。接口功能的描述参阅方框图。

单位增益的运算放大器用作在 CM 驱动电路和模拟输入之间的缓冲器。另一个运算放大器用作倍压器，来测量 CM 仪驱动输出电压匹配模数转换器 (ADC) 的 5V 基准电压。在这个倍压器电路中的可变电阻器用来校准 CM 到 SkyPipe 的电平。倍压器的电压提供给可编程接口控制器 (PIC)，这块 PIC 被用作一个 9 比特 ADC，来转换模拟电压，模拟电压即收到的信号强度的 9 比特数字函数，用来控制数字控制可变电阻器。接口包括一个简单的双 T 音频振荡器电路，为电脑声卡提供大约 800 赫兹的音调。此音频振荡器的振幅被 PIC 所控制的数值影响。最后，音频幅度和 CM 测量的信号强度变化一致。

这个电路为 CM 和 LNB 供电。CM 内的 12V 电源通过一个 RF 扼流圈，与 CM 内的 LNB 同轴连接器相连 (如图 9)。12V 电源有部分被降压到 5V，为接口提供电力。两个 5V 的来源，一个给接口的数字元件，另一个给具有同一共同点的模拟元件。这样安排是为了隔离电位数字和模拟电路中的噪声源。

接口建在一个电路板上，并安装在 CM 框的右侧 (如图 10)。虽然我做了一个蚀刻电路板，但是飞线制作原型工作同样很好。PIC 固件可在 QST 网站买到。6

运行中的 RT

你需要做的第一件事就是学习如何调整 RT 天线的指向。连接 CM 到天线，把天线指向太阳。注意：不要在任何时候直视太阳。调整角度和高度，直到获得 CM 信号强度的最大值，或者听到最高的音调音频。随着天线直接对准太阳，

记录下 LNB 在天线上的影子方位 (如图 11)。如果你从后面看碟子，沿着 LNB 支撑臂 (臂和盘子边缘之间)，你会看到太阳被 LNB 受阻。

一旦你建立起了 RT 系统，需要校准 CM 到 SkyPipe 的输出使之匹配。我做了一个电子表格模板来帮助校准，还有其他可以用来校准 RT 的对象 (也可从 QST 网站获取)。把 RT 对准信号源、太阳或者建筑物的一侧都会起作用。调整 CM 的增益控制把 CM 设成最大值。运行 SkyPipe，调整接口板上的可变电阻器，直到 SkyPipe 图垂直读数在 32000 左右。当设定好最大值时，在电压范围内 (0 到 100 mV) 每次以 10mV 调整 CM 增益控制，并记录 SkyPipe 对应的 y 值。这些数据被输入到电子表格中，以计算电压和 y 值之间的校准曲线。电压和 y 值都会被用来分析记录好的信号强度 (如图 12)。

我们的第一个项目是对太阳进行漂移扫描。需要把天线的方位角 (AZ) 和仰角 (EL) 调整到一些固定指角，让地球作为旋转器指向天线划过天空。要给太阳做漂移扫描，首先设置仰角和方位角直接指向太阳 (最大信号)，然后把方位角向西移动 (仰角不动)，直到峰值信号断开。现在启动 SkyPipe。大约十五分钟后，太阳会通过天线的波束宽度，结果如图 13 所示。你还可以使用此集合技术

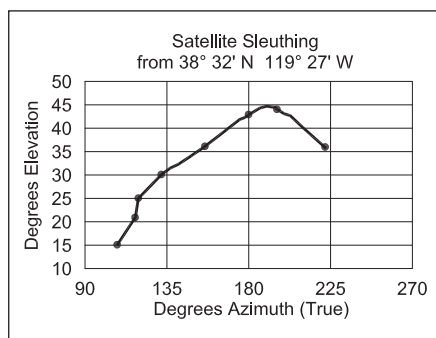


图 15 克拉克带图 - 追踪卫星

来探索天线性能参数。

第二个项目可以对夜空连续两天进行两次漂移扫描 (每夜的扫描需在同一时间)，且使用相同的固定天线方位角 (AZ) 和仰角 (EL)。图 14 显示了两个这样的漂移扫描。虽然乍一看它们并无相似之处，但在箭头指出的地方却有一些有趣的特性。如果你比较一下这两个峰的发生时间，时间差约 4.5 分钟。这个转换就是地球在 24 小时内收集器之间走过的距离的结果。这说明在比较漂移扫描时，地球的自转及公转都需要被考虑进去。这足以使你头昏了吗 (双关语)？

最后一个项目可以把天线指向卡拉卡带，找到在地球同步轨道发出 12GHz 频率的所有卫星。如果你记录信号强度峰值和 AZ、EL，就能得到如图 15 一样的克拉克带图。

我只是触及了表面，而天空是这个项目的极限。这个 RT 可以开阔我们的视野，扩展我们对宇宙的理解。想了解更多细节请联系作者。 [PE](#)