

# 如何选择合适的 YunSDR

2021年9月



# 如何选择合适的YunSDR

更新于2021年10月21日



## 概览

如果您计划开发一个无线相关的应用，并且需要选择一款软件无线电平台(SDR)，您可能会面临一些疑问，例如：

我从何处入手？

哪一款软件无线电平台(YunSDR)适合我？

我应该使用哪种软件开发工具？

本技术白皮书介绍了各种YunSDR型号之间的主要差异，可以帮助您选择合适的无线电产品。

## 内容

- [软件无线电简介](#)
- [硬件选项](#)
- [软件选项](#)
- [结论](#)

## 软件无线电简介

软件无线电是一种无线设备，通常用于无线研究的原型验证和部署应用程序。SDR通常用于通信、新一代雷达、电子战(EW)、空口(OTA)测试测量和5G/6G研究等领域。大部分SDR具有通用的硬件架构，其中包括不同性能的通用处理器(GPP)、FPGA以及RF前端。

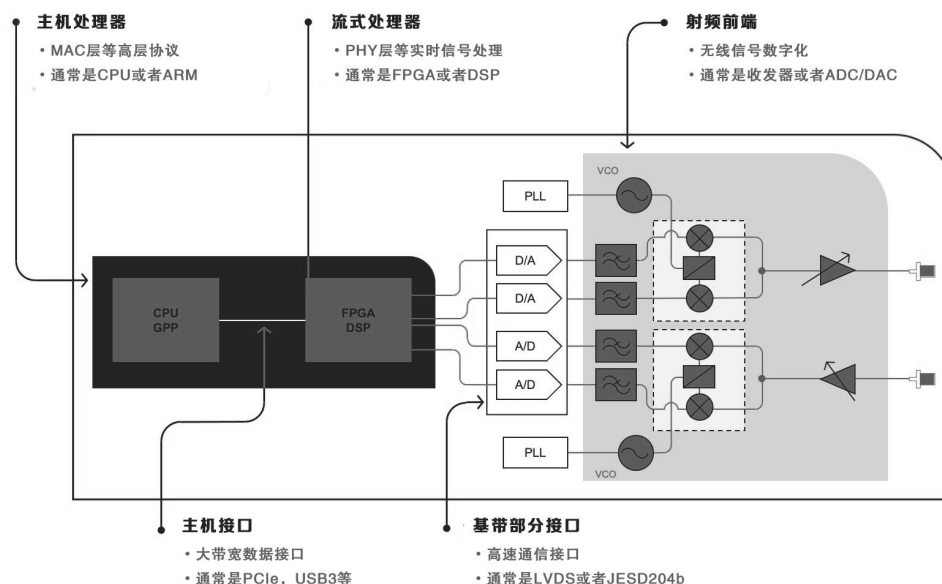


图1. SDR的标准硬件架构

针对主机应用程序代码开发，工程师使用以下常见工具：

- MathWorks MATLAB®软件
- 直接使用C/C++、Python或者C#开发应用程序
- 利用GNU Radio等开源SDR框架
- 利用srsLTE、Open Air Interface 5G等开源的移动通信协议栈

软件开发工具和操作系统可以帮助确定哪一款无线平台最适合您的应用程序。另外，许多应用程序需要使用FPGA进行信号处理硬件加速。每一款YunSDR都具备这项功能，它们均提供了众多FPGA开发选项，稍后将更详细地介绍这一点。

YunSDR产品是一系列软件无线平台，旨在满足广泛的无线原型验证和部署需求。让我们来了解各种硬件和软件的注意事项，以帮助您选择合适的无线平台。

## 硬件选项

在为您的应用挑选合适的YunSDR设备时，最好先问自己一些与信号参数、大小、重量、功率、成本(SWaP-C)、性能和环境应用要求相关的问题。问题1：我需要多大的中心频率范围和带宽？

这个问题很容易回答，但下一个问题就复杂多了：我打算如何将信号数据采集到设备上，或将其从设备上输出？

为此，我们需要关注数据接口的重要性。例如，YunSDR Y230型号通过USB连接到主机，并且受到该接口的最大持续带宽的限制；而 YunSDR Y750配备两个双路100 G接口，可传输更多的数据。

目前市面上大多数软件无线电设备的带宽是低于200MHz的，除了NI公司最高性能的 USRP X410可以支持到400MHz带宽；但是 YunSDR Y750的带宽最高可达2GHz，远超USRP的X410。在通道数量方面，NI USRP通道数最多的N310和X410支持4个射频通道的收发，而YunSDR的Y780和Y790可以同时支持8个通道射频收发。

想要了解有关YunSDR接口带宽和通道数量的更多内容，请查阅文章最后的YunSDR选型参考表。



图2：基于第三代RFSoc打造的YunSDR Y750/790是目前市面上带宽最大，通道数最多的商业软件无线电平台

## 价格和性能的权衡

在选择YunSDR设备时需要权衡利弊，特别是要权衡价格和性能。如果您需要高性价比的软件无线电，并且没有高级FPGA或高带宽方面的需求，那么 YunSDR 2系列都是不错的选择。如果您需要大带宽，YunSDR 5系列可以满足最高400MHz的需求，如果您是做毫米波相关的应用，需要800MHz以上的超大带宽，那么YunSDR 750是市面上唯一您满足您需求的开源软件无线电平台。



图3：低SWaP-C的YunSDR Y230

## 独立的或连接主机的SDR选项

YunSDR经常被与计算机配合使用，作为外挂设备，可将软件与电磁频谱相连。自第一个YunSDR问世以后，应用一直在发展，许多应用需要板载嵌入式处理器。如果您应用中的SDR分布在集中式控制系统之外或单独部署，则您可能需要独立配置。如果独立配置是必要的，则您需要决定Xilinx Zynq处理器片上系统(SOC)或射频片上系统(RFSOC)是否足够，或者您是否需要强大的Intel X86处理器。表1介绍了各种型号及其板载处理器的细分情况，可参考YunSDR规格文档了解更多信息。

| 无线电平台型号                 | 板载处理器                                   |
|-------------------------|-----------------------------------------|
| YunSDR Y520、Y550s、Y590s | Xilinx Zynq 7100 SOC                    |
| YunSDR Y420、Y450        | Xilinx Zynq 7035 SOC                    |
| YunSDR Y320、Y230        | Xilinx Zynq 7020 SOC                    |
| YunSDR Y750、Y790        | Xilinx Zynq Ultrascale+ RFSOC ZU43/47DR |
| GhostRF、GhostRF Pro     | Intel Core i7/ i9 （ 5 GHz， 六核/八核 ）      |

表1：搭载板载处理器的可独立式YunSDR型号

注1： GhostRF系列是集成x86的软件无线电一体机



图4： 内置Intel Core i7/i9的GhostRF独立式SDR一体机

## 有加固需求的严苛环境

尽管许多YunSDR用于实验室，但一些应用需要在户外或更严苛的环境下操作。如果您的应用需要在更高的操作温度下运行，或者无法依靠气冷系统，您可以考虑为应用使用YunSDR 3系列。YunSDR 3系列为适应更高的温度范围和振动场景，采用了一体化板卡设计，集成了射频和基带FPGA，嵌入式ARM等，并使用工业级铝制外壳组件，以实现低SWaP运行。另外，如果您需要面临极端环境的挑战，我们愿意为您引荐经验丰富的加固产品合作伙伴，为您量身定制系统方案。



图5: YunSDR Y370/Y390 加固型板卡

## 多通道同步

许多应用需要具有不同同步级别的多输入多输出(MIMO)配置。一些MIMO系统只需要共享参考时钟，而其他系统则需要每个通道被锁定到一个通用时钟和本地振荡器以实现全相位相干运行。

常见的MIMO应用适用于使用空间多路复用的通信，因为这只需要时钟同步，大多数YunSDR都有一个外部的10 MHz或者30.72MHz参考时钟就足够了。



图6: 支持多台级联的YunSDR Y590s



图7: 支持10个设备的时钟分配器GCD-10

当需要相位相干运行时，您可以考虑多种选择。如果您需要最多四个射频收发通道，可以采用 YunSDR Y590s。如果需要八个通道，则可以考虑一下 YunSDR Y780、Y790 或者两台 Y590s。超过八通道的大规模 MIMO 阵列，您可以考虑 MatrixRF 系统，可以通过时钟分配器实现的大规模相位相干系统。MatrixRF 系统支持最高 256 x 256 的相位相干系统，图8是典型的 64 x 64 MIMO 框图。

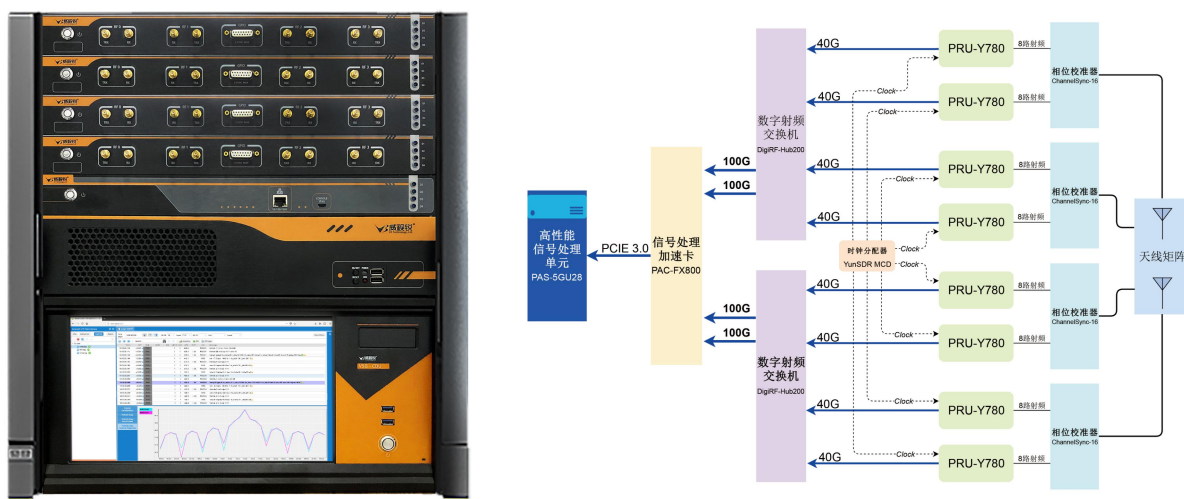


图8：MatrixRF多通道相位相干系统

## 分布式多无线电设备同步

在一些应用中，无线电需要同步，但它们并不位于一处。在这些情况下，全相位相干运行是一项挑战；但是有了GPS驯服的振荡器(GPSDO)，可以通过基于GPS的同步获取频率和相位稳定性，许多 YunSDR 型号出厂可选配 GPSDO。



图9：采用板载GPS驯服振荡器的YunSDR Y520s

## FPGA加速无线信号处理

有些应用的处理要求提供适合的板载FPGA，这些应用通常是大信号带宽或低延时需求。在这种情况下，挑选能够对FPGA进行编程的无线电很重要。许多USB和更低成本的YunSDR型号，如YunSDR Y220或Y230，都是用较小的FPGA设备构建的，因此没有空间添加用户代码。许多更高端的无线电配备了大规模的ZYNQ 7000或者Kintex UltraScale设备，一直到基于Xilinx Zynq Ultrascale+ RFSOC的最先进的YunSDR 750。

还有一些应用场合，软件无线电设备本身的FPGA规模无法满足要求，需要更大的FPGA来实现复杂的基带算法，这时候您可以选择与YunSDR搭配使用的FX系列加速卡。



图10：基于Xilinx KU+系列KU15P芯片的FX200加速卡

|      | FX100                               | FX150                               | FX200                               |
|------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 应用场景 | 5G前传                                | 通用算法加速                              | 5G物理层加速                             |
| 时钟同步 | 无                                   | 高精度时钟同步                             | 高精度时钟同步                             |
| FPGA | Xilinx 7K325T                       | Xilinx KU040                        | Xilinx KU15P                        |
| PCIe | PCIe2.0x8                           | PCIe3.0x8                           | PCIe3.0x16                          |
| 内存   | 2x DDR3 2GB 1600MHz<br>64-bit SDRAM | 2x DDR4 4GB 2400MHz<br>64-bit SDRAM | 2x DDR4 4GB 2600MHz<br>64-bit SDRAM |
| 光口   | 1x QSFP+ 40G<br>4 x SFP+ 10G        | 2x QSFP+ 40G                        | 2x QSFP+ 100G兼容40G                  |

表2：FX系列FPGA加速卡的资源比较

## 毫米波模块扩展无线频谱

目前的SDR设备主要是针对6GHz以下频段设计，如果开展毫米波方面的研究，比如5G的FR2频段（28GHz和39GHz频段），就需要通过毫米波变频模块来支持。如果研究所需的带宽在400MHz以下，基带可以采用 YunSDR Y590s；如果带宽超过400MHz，需要采用YunSDR Y750来配合毫米波变频模块。此外，毫米波天线也可以选择相控阵或者喇叭口选件。

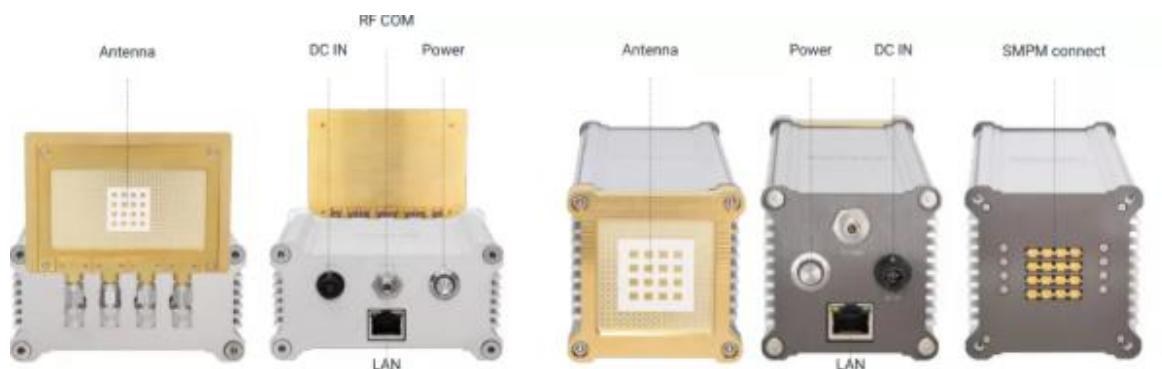
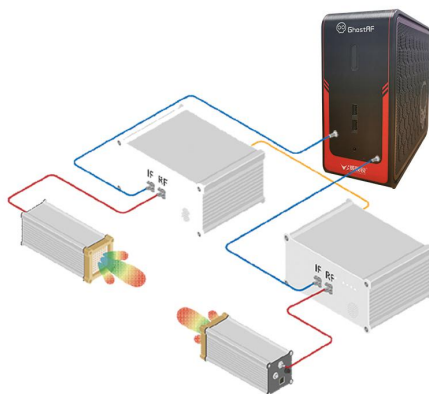
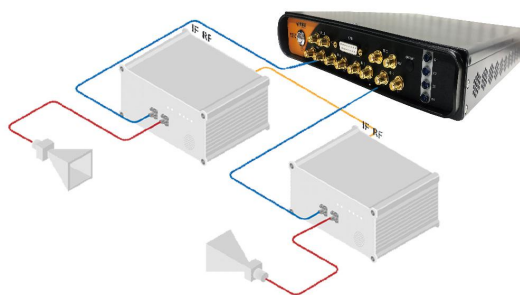


图11: YunSDR配套的毫米波选件，支持24GHz~44GHz频段扩展

## 毫米波解决方案



面向波束成型研发平台



面向5G NR FR2测试平台

## 软件选项

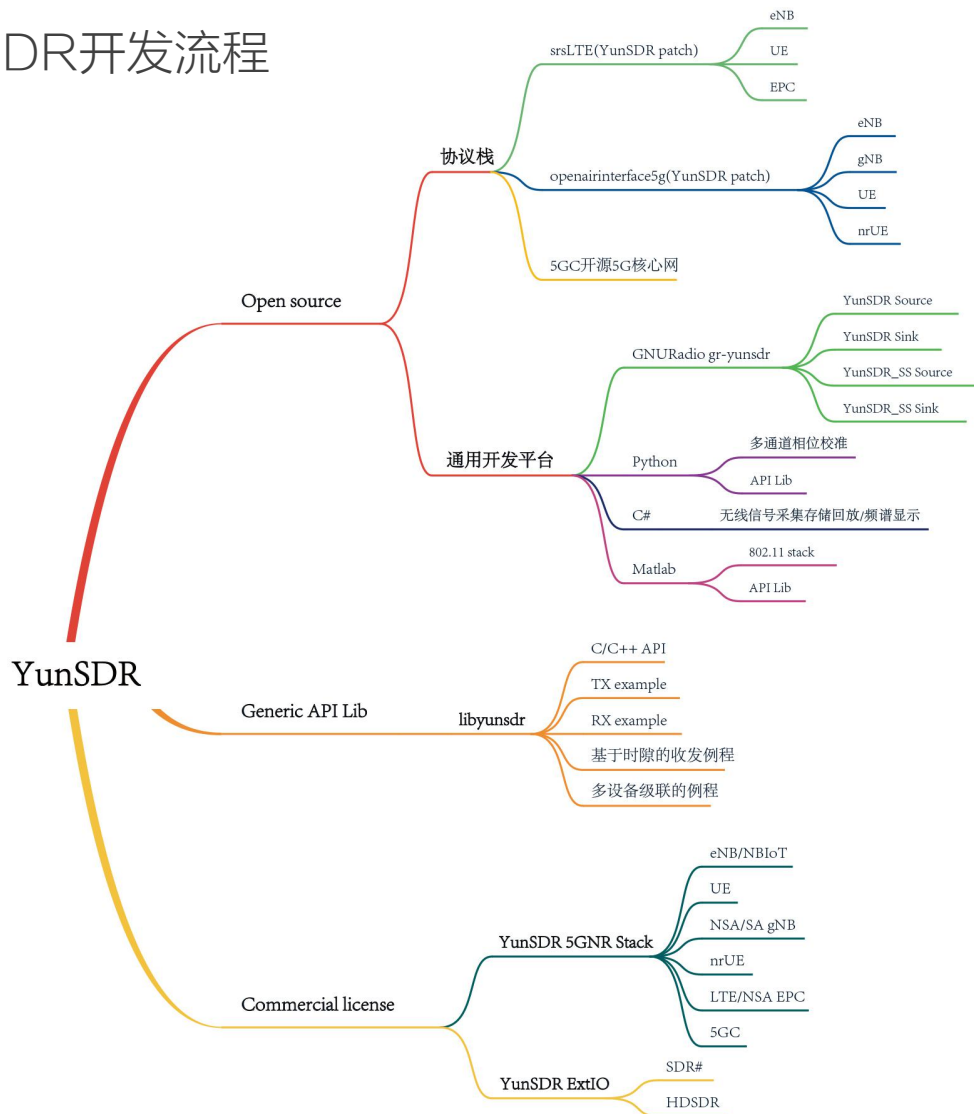
YunSDR面向算法工程师、软件工程师和硬件工程师提供了不同的开发流程支持和案例，您可以根据自己熟悉的工具来选择不同的开发方式。

## 丰富的开发工具支持

支持各种主流的开发工具，可根据客户需求定制 FPGA 底层逻辑，大大加快开发进度，让客户可以专心实现差异化的算法和系统。

|       |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 算法工程师 |  |  |  |
| 软件工程师 |  |   |  |
| 硬件工程师 |  |   |                                                                                     |

## YunSDR开发流程



## 开源软件

GNU Radio是专为SDR开发人员打造的开源工具，虽然YunSDR不是GNU Radio支持的唯一无线电，但它是经过测试和验证的，可以提供比USRP更高带宽的接口，比如PCIe3.0的。

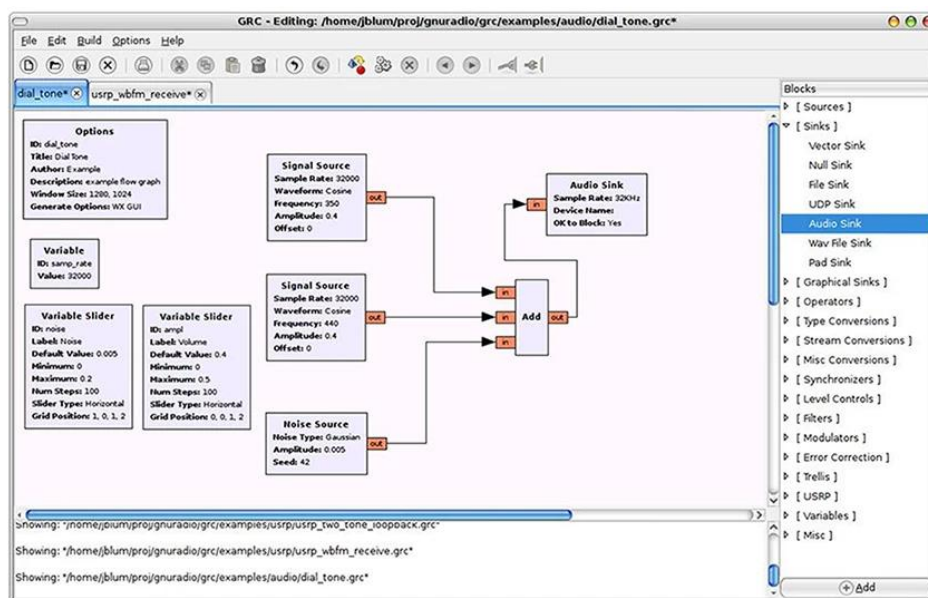


图12: GNU Radio配套的流程图

## MATLAB编程

如果MATLAB是您首选的编程工具，那么可以使用MATLAB语言来作为开发工具，所有的YunSDR设备都可以支持Matlab或者Simulink接口。

## FPGA编程

许多YunSDR都配备了大型FPGA，有足够的空闲容量，允许用户嵌入特定的应用程序和信号处理算法。如硬件部分所述，一些YunSDR配备了Xilinx Zynq SOC设备，一些则配备了传统的FPGA架构，如Kintex UltraScale+。可以通过Xilinx提供的开发工具，如Vivado和Vitis来访问YunSDR上的FPGA。

与许多FPGA开发板或COTS FPGA板不同，YunSDR基于通用FPGA框架构建，提供更完善的参考设计和实现案例，这消除了从基本FPGA板支持包构建基于FPGA的系统时遇到的一些学习门槛。

## 按数据通信接口-实时射频带宽分类

| 数据通信接口 |           | 实时射频带宽 | 50MHz   | 100MHz       | 200MHz             | 400MHz        | 400MHz~2GHz |
|--------|-----------|--------|---------|--------------|--------------------|---------------|-------------|
| 通用主机接口 | USB2.0    |        | Y220    |              |                    |               |             |
|        | USB3.0    |        | Y230    | Y350         |                    |               |             |
|        | 千兆以太网     |        | Y320    |              |                    |               |             |
| 加速卡接口  | 10G光口     |        |         | Y350         |                    |               |             |
|        | 40G光口     |        |         | Y520s, Y550s | Y370, Y590s, Y595s | Y580s         |             |
|        | 100G光口    |        |         |              | Y740/780           | Y740/780 *    | Y750/790    |
| 高速主机接口 | PCIe2.0电缆 |        | Y420    | Y450         |                    |               |             |
|        | PCIe3.0板卡 |        | IQX7050 | IQX7100/7400 | IQX7200            | IQX7200 *     | IQX8400 **  |
|        | 雷电3模块     |        | TBX7050 | TBX7100/7400 | TBX7200            | TBX7200 *     | TBX8400 **  |
| 一体机    |           |        |         | GhostRF      | GhostRF Pro        | GhostRF Pro * | BeastRF **  |

\*: 可以升级固件支持400MHz带宽, \*\*: 即将于2022Q1发布

## 按实时射频带宽-射频通道数量分类

| 实时射频带宽   | 射频通道数量 | 1Tx, 1Rx | 2Tx, 2Rx          | 4Tx, 4Rx           | 8Tx, 8Rx | nTx, nRx ( 8<n<256) |
|----------|--------|----------|-------------------|--------------------|----------|---------------------|
| 50MHz    |        | Y220     | Y230, Y320, Y420  |                    |          |                     |
| 100MHz   |        |          | Y350, Y450, Y520s | Y550s              |          |                     |
| 200MHz   |        |          | Y370              | Y590s, Y595s, Y740 | Y780     | MatrixRF            |
| 200MHz以上 |        |          |                   | Y750               | Y790     | MatrixRF            |

表3: YunSDR选型参考表

## 结论

YunSDR是强大的无线研究、设计、原型验证和开发工具。由于存在许多选项, 为应用挑选合适的无线电需要考虑很多因素。然而, 只要仔细评估本技术白皮书中列出的各种软件和硬件因素, 您一定能使用市场上最流行的开放式SDR平台。