



第六届 CRAC 无线电技术观摩交流大会暨业余无线电五五节系列活动

二〇二四·西部无线电大会·技术讲座

业余无线电数字图传技术

BD4SUR

2024年5月3日 · 成都

视频演示 (B站搜索 **BD4SUR** 看更多)



你感兴趣的视频都在B站



【业余无线电】Bad Apple! 但是软件无线电

1258播放 · 55点赞 · 0弹幕

发布于2023-07-09 22:12



BD4SUR
1027粉丝



保存图片
打开哔哩哔哩APP
扫码观看视频



数字图传的功能性能要求

- 业余频段、通过数字模式、无线传输音视频内容。
- 音画同步：最基本的要求
- 实时直播：收发两端同步，低延迟
- 保真度和带宽的权衡，充分利用信道资源
- 抗干扰、抗衰落
- 低成本、开放和通用的技术体制
- 扩展性：支持短报文、控制指令等
- 网络适配性：能够在IP网络上以分组形式传输
- 自动添加呼号水印

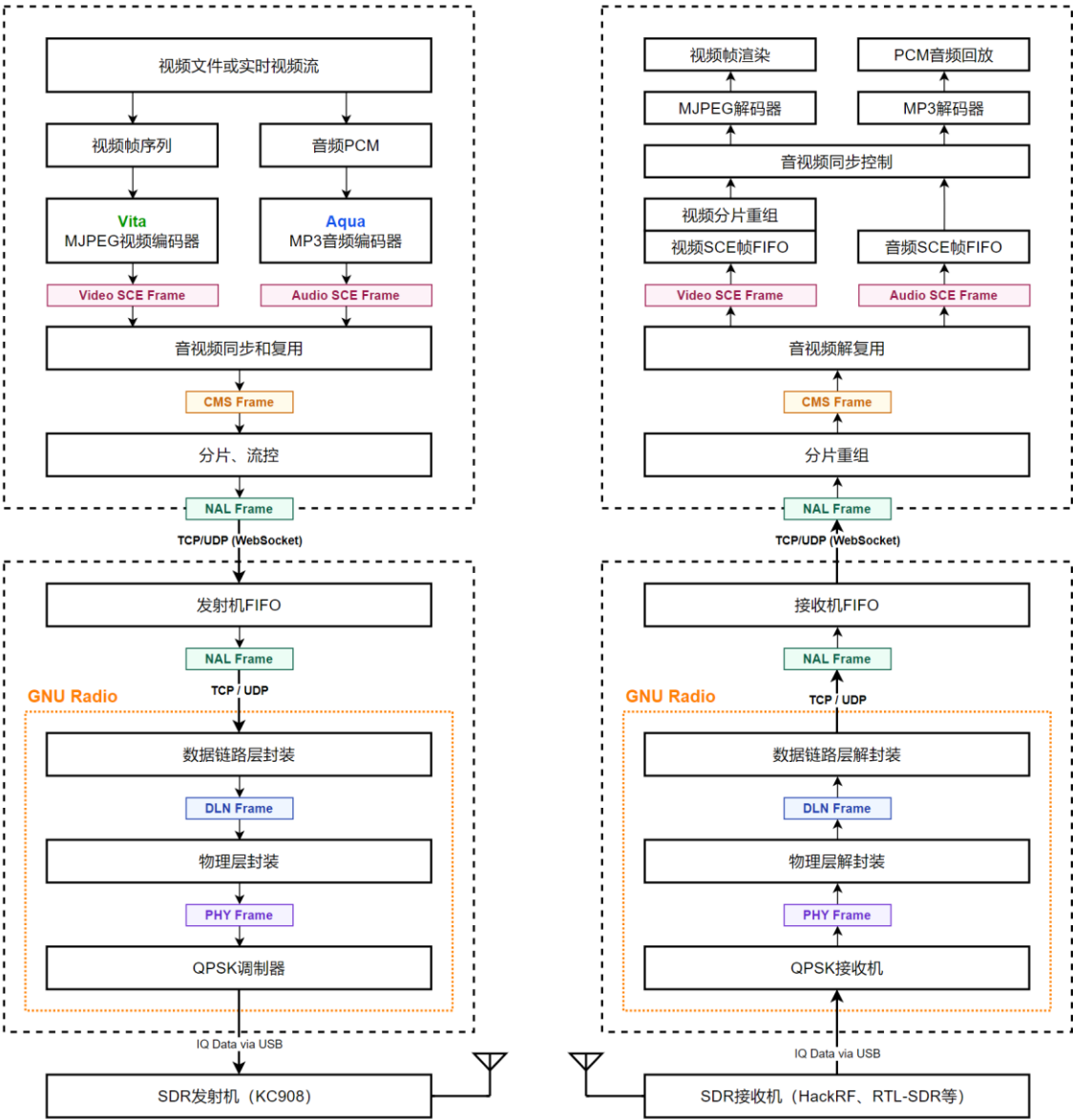
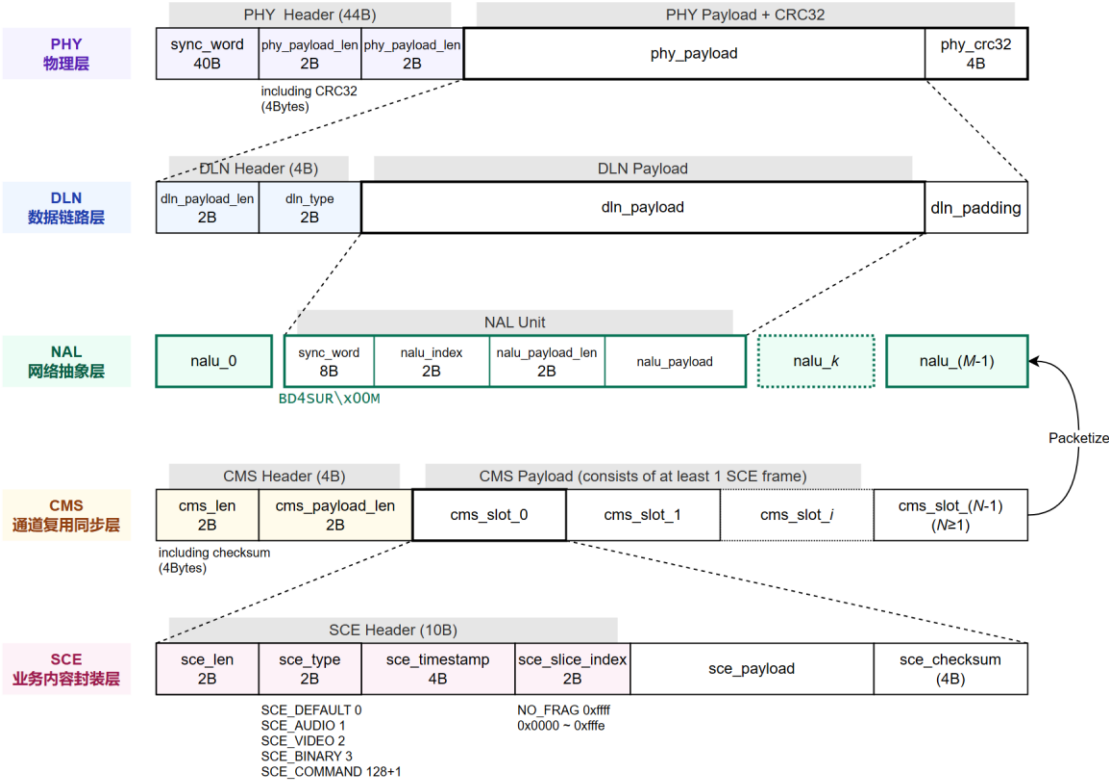
自主设计协议栈，自主实现音视频编码；

收发信机基于 GNU Radio 和成品SDR设备实现。



技术方案：系统结构和协议栈

- 数字 vs 模拟？
- 为什么要有多层协议？



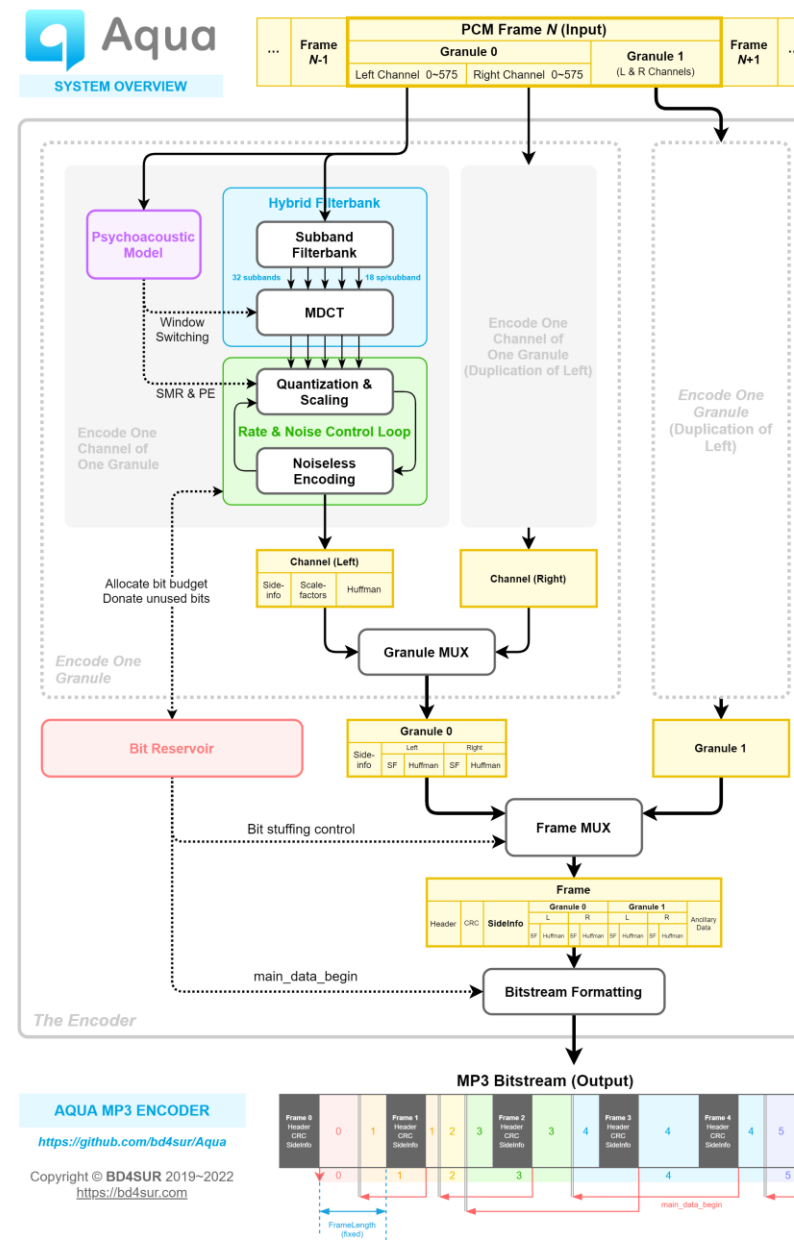
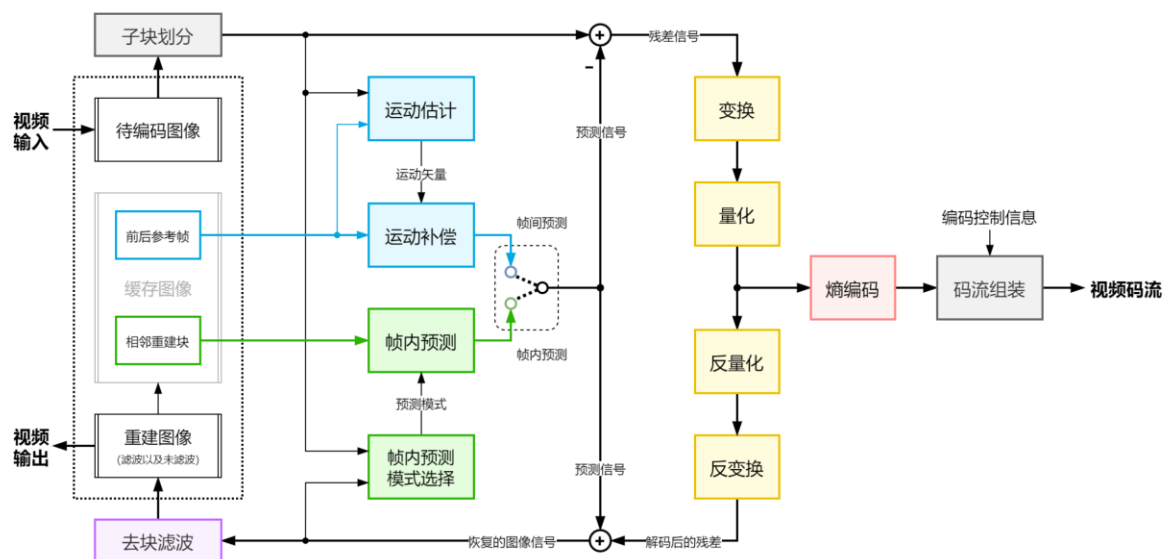
技术方案：音视频编码

Why?

- 视频是最大的大数据。音频：1411kbps→320kbps→5kbps

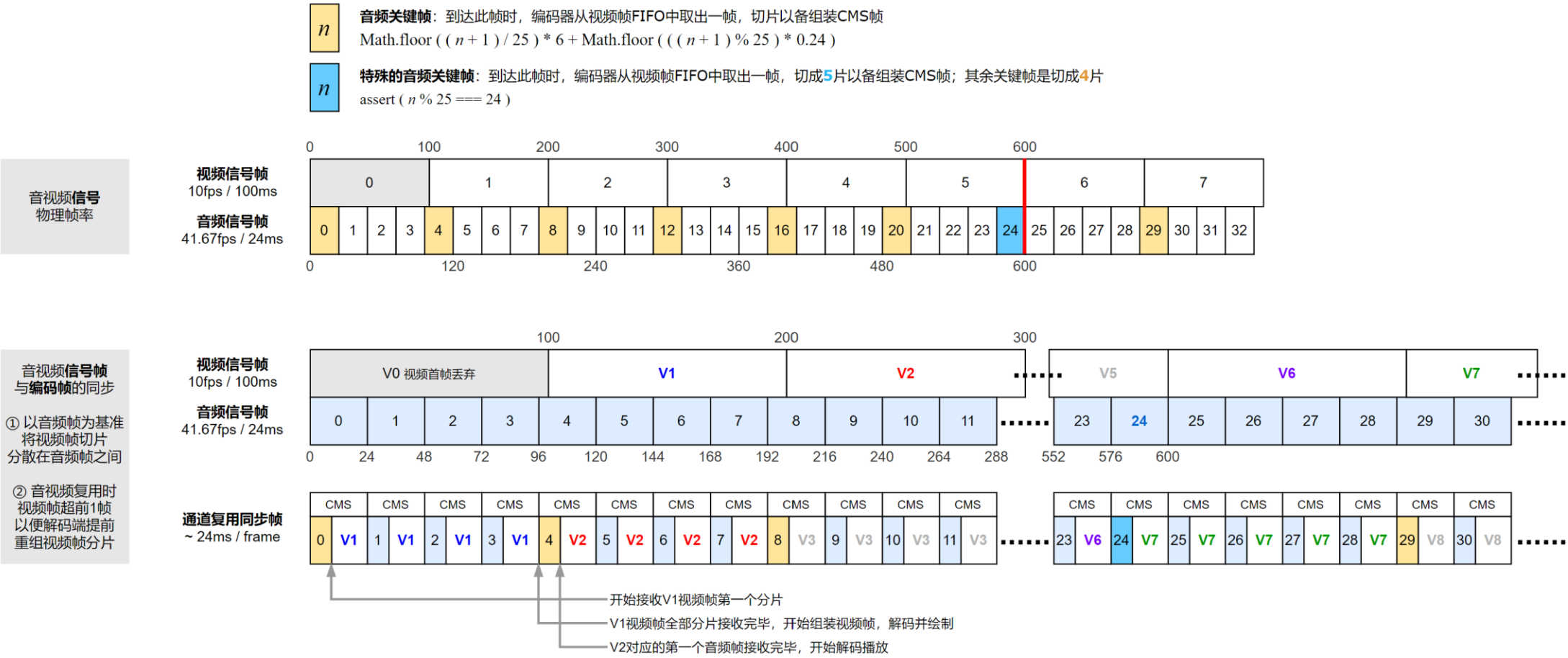
How?

- 变换编码、预测编码、熵编码、RDO; 深度学习→大模型
- 音频: MP3 (CBR, 48kHz) , **320kbps**
- 视频: MJPEG (256×256, 10fps) , **800~1100kbps**



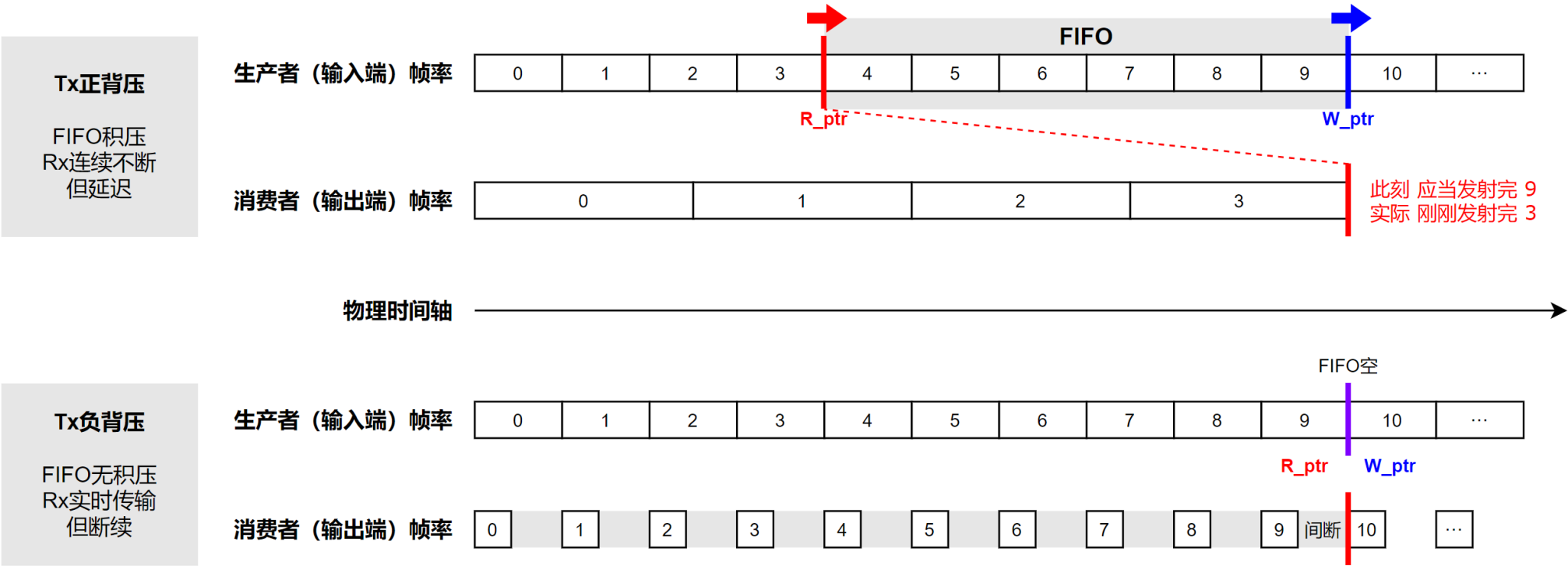
技术方案：复用与同步

同步方案与压缩编码相关。打时间戳（DTS/PTS）。基准时钟（同步到外部时钟、视频到音频）

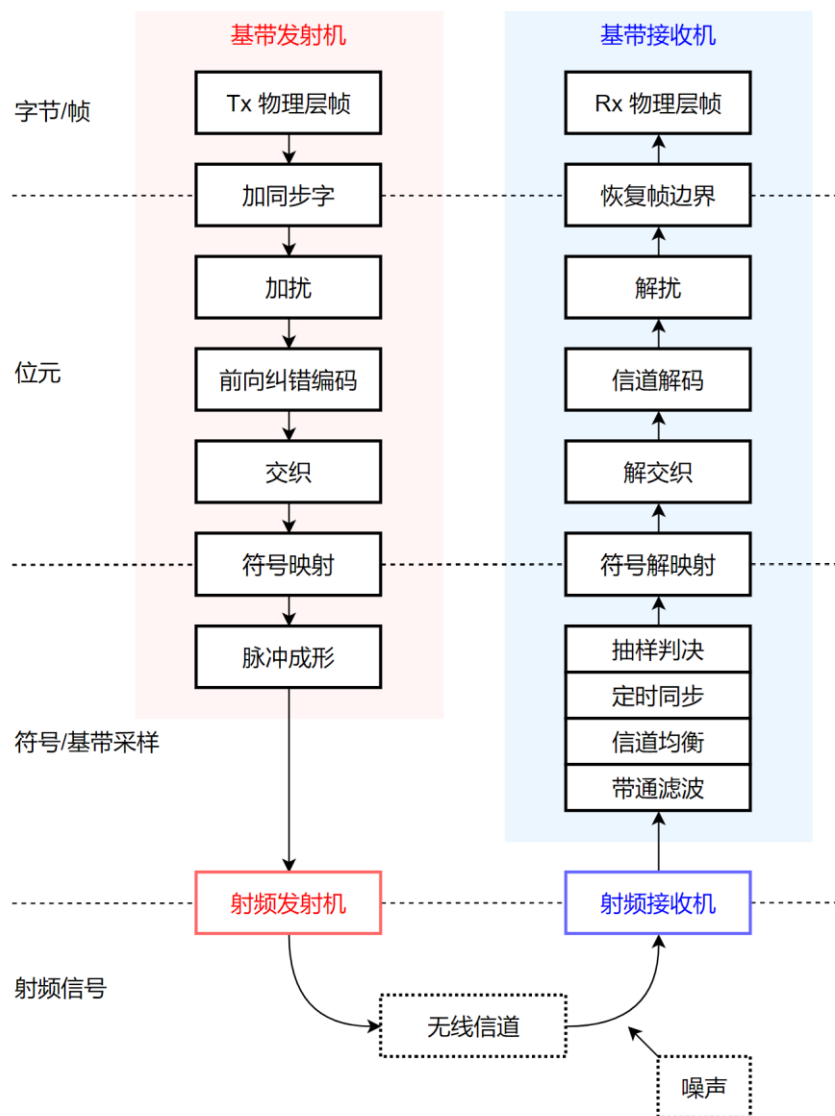


技术方案：分组传输与实时性

为什么分组？适应不同网络的MTU要求；存储；QoS和流量控制。
正负背压的考虑？负背压不可接受，会导致断续。

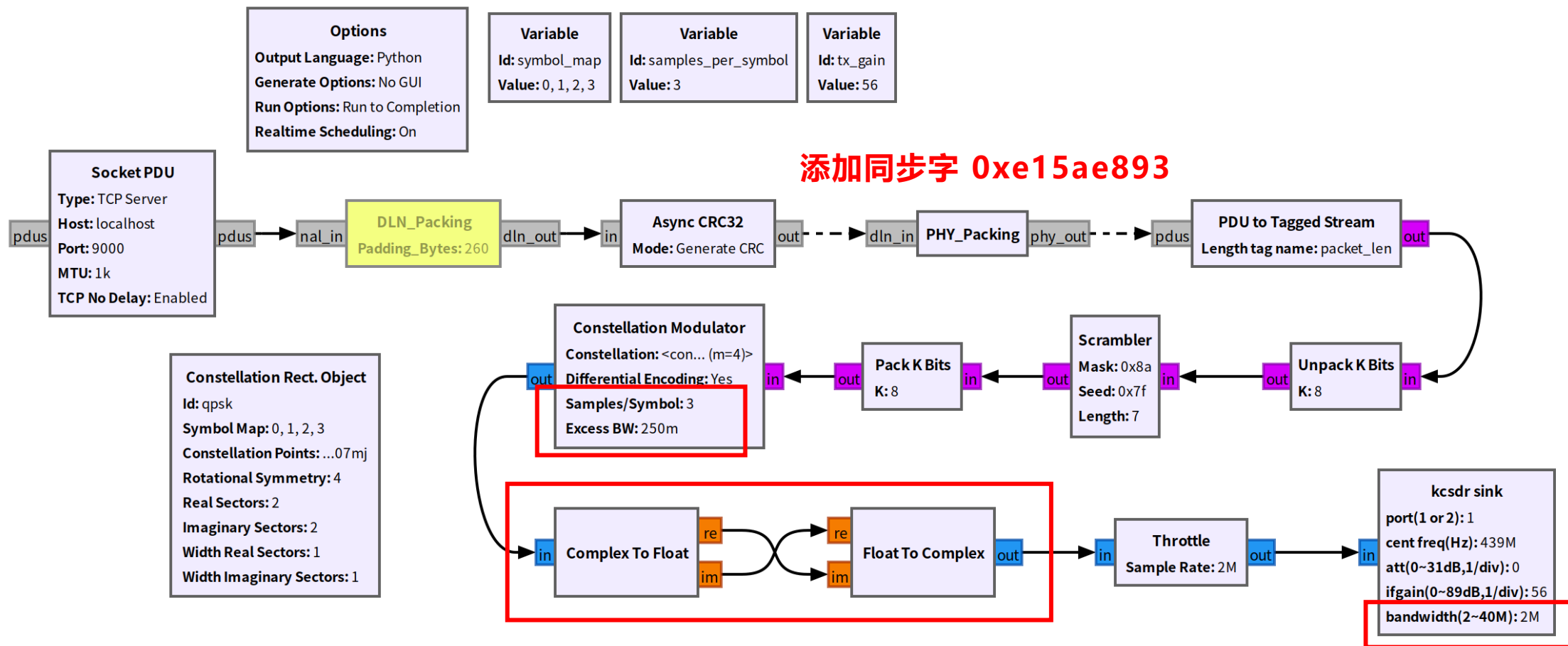


技术方案：数字通信收发机的一般结构



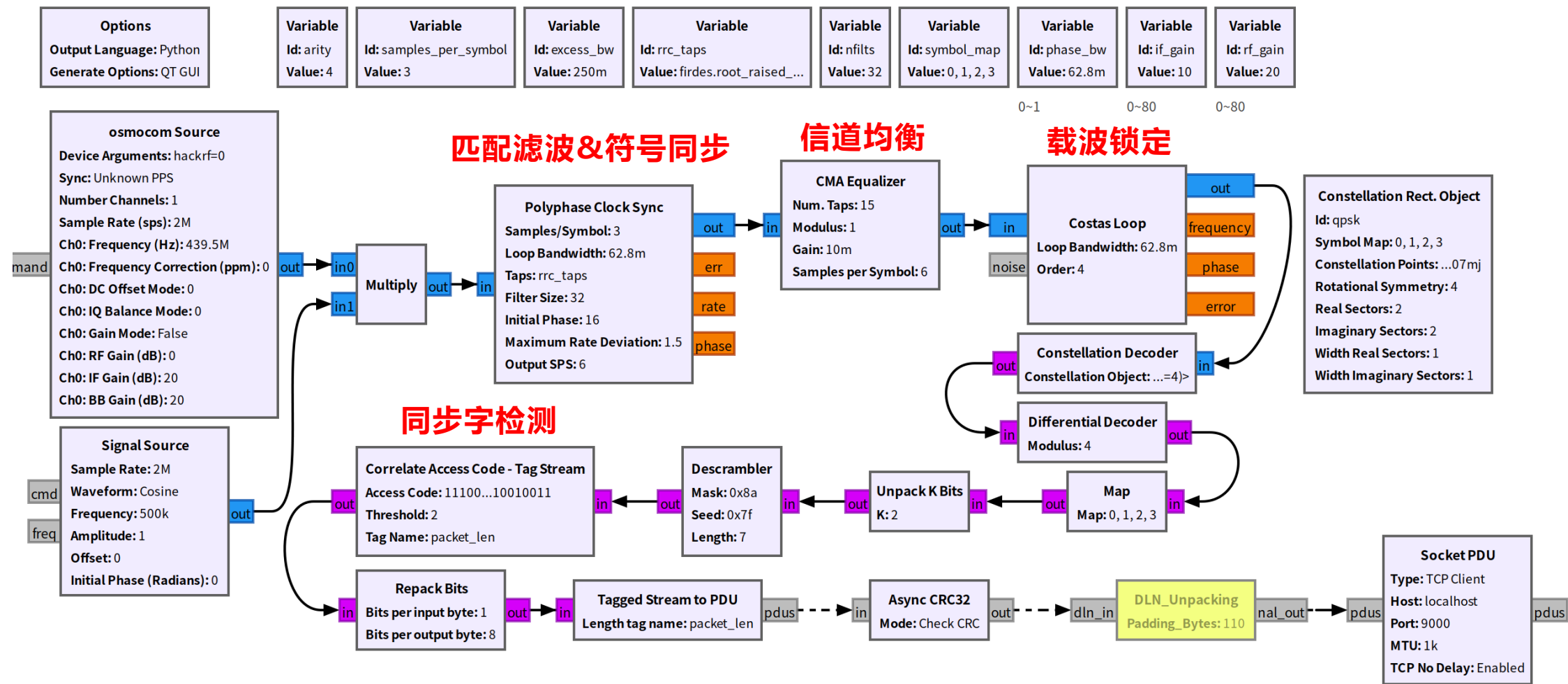
- **同步字**：用于恢复字节或者帧边界的特殊序列模式。
- **加扰**：幅度随机化，频谱白化，利于时钟同步和提升信道利用率，增加保密性，区分信道和用户，但是差错可能会影响整个加扰窗口。
- **信道编码和前向纠错 (FEC) 编码**：如汉明码 ((7,4)码可发现并纠正1位差错)、RS码、EFM(8-14调制)等。
- **交织**：时间随机化，将连续长差错打散，利于FEC，但会引入时延。交织深度越大，抗差错的能力越强，但时延越大。
- **符号映射**：将位元组映射到星座图上的某点（符号）。

技术方案：QPSK发射机



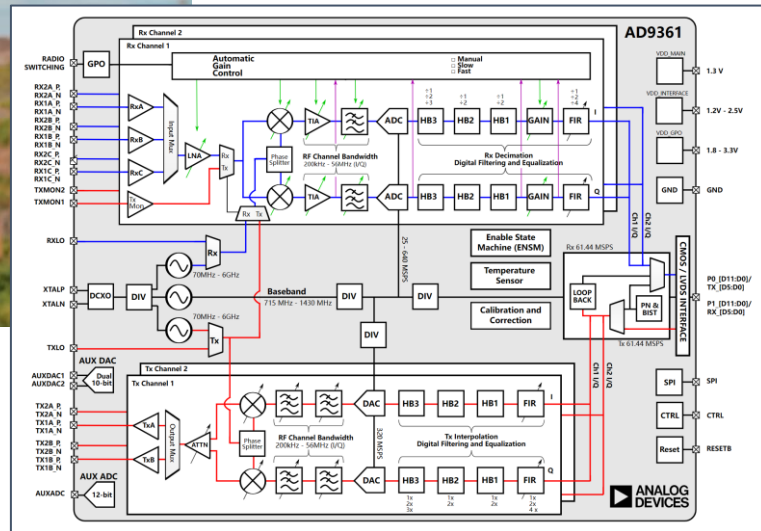
- 理论速率：666.7Bauds → **1333kbps**
- 基带信号带宽：**833.3kHz** ((根号)升余弦滤波器滚降系数0.25) ， 建议在**1.2GHz及以上业余带**使用。

技术方案：QPSK接收机

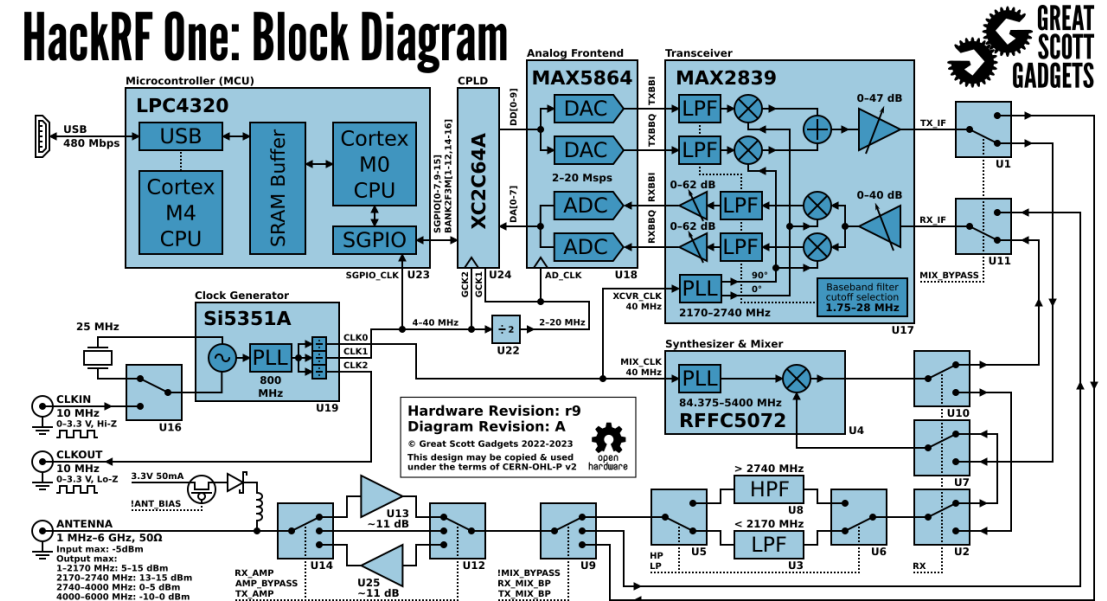


技术方案：射频收发机

- Tx: KC908, 或者USRP、Pluto等类似的SDR设备。窄带场景甚至可以用声卡（SDR确认）。
- Rx: RTL-SDR、HackRF等。如何解决HackRF等零中频接收机的直流偏移问题？



HackRF One: Block Diagram



Source: https://hackrf.readthedocs.io/en/latest/hardware_components.html

总结与展望

- 介绍了一种基于差分QPSK单载波调制的数字音视频无线传输方案。
- 大量借鉴了现有通用技术，如MPEG等。
- 该方案仍处于原理试验阶段，缺乏诸多重要模块（FEC等），整体效果差强人意。
- 又不是不能用！（其实真不能用.....）
- 尚未做过开场测试，仅做过闭路和短距离小功率开路测试。

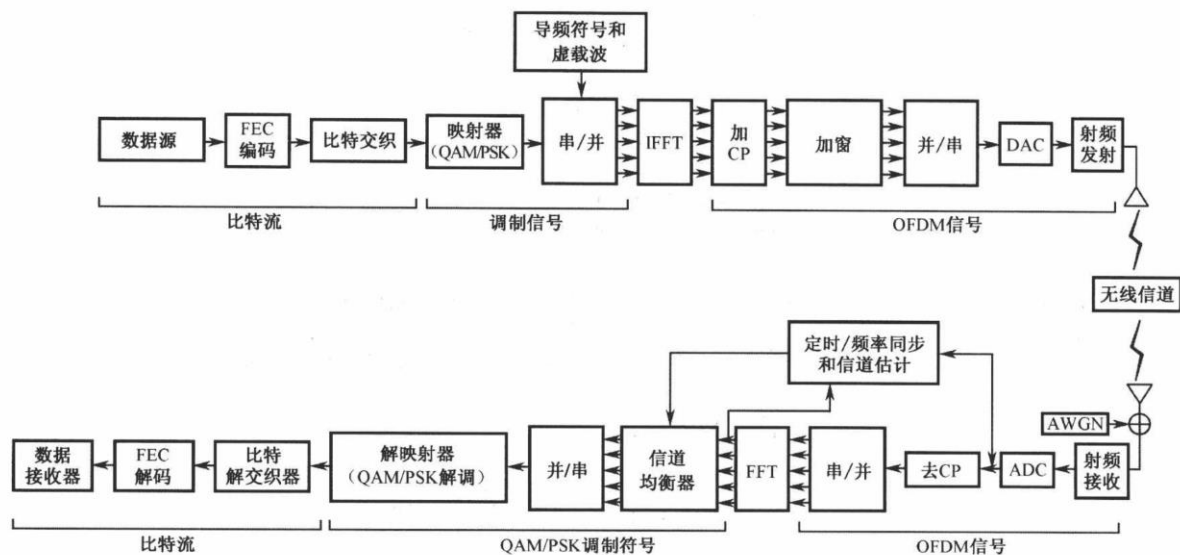
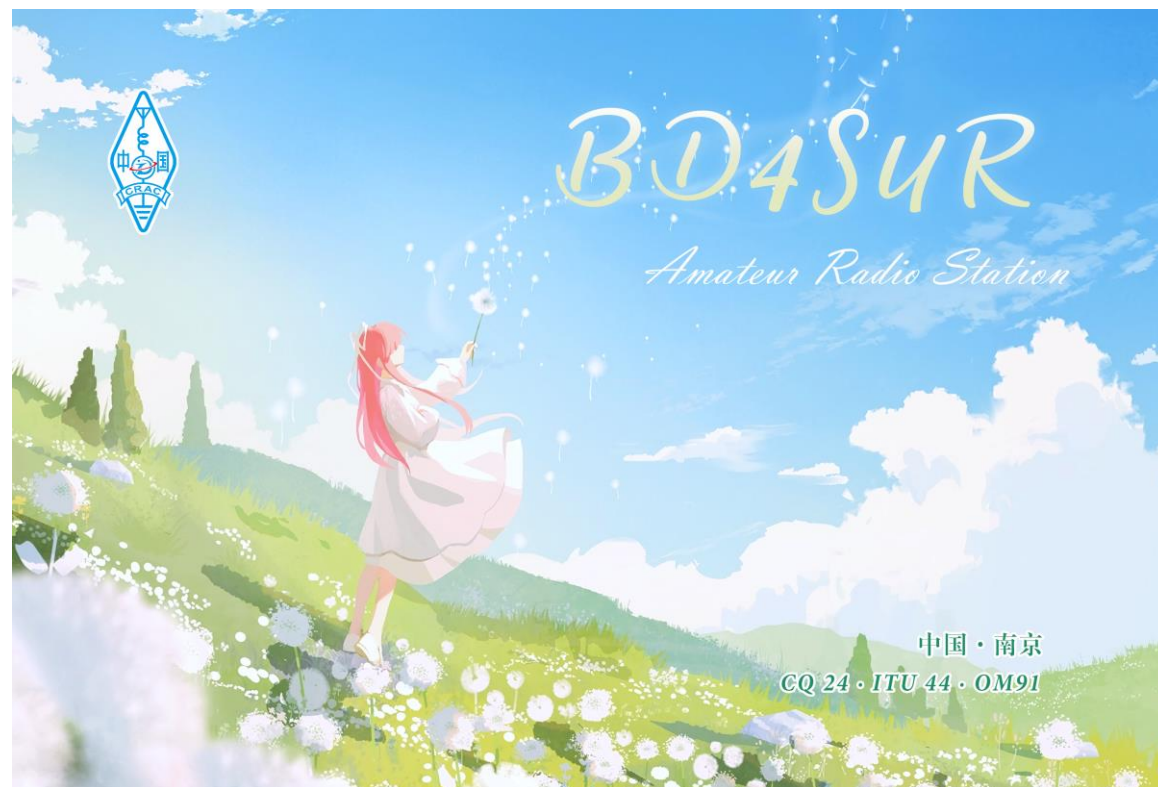


图 4.10 OFDM系统的发射机和接收机框图

TU VY 73!



Bilibili: BD4SUR

Blog: <https://bd4sur.com>