



02 业余无线电活动简介

了解常见活动
和常见工作模式

业余无线电基本操作

电台呼号

- 联络中，双方必须互报呼号，至少10分钟一次。这便于当前联络结束后其他电台与主叫方继续联络，或必要时加入联络。

信号报告

- 信号报告也是必要联络内容。建立联络后，我们首先完成该工作。这个重要通信参数可使双方了解传播情况、联络效果。

联络日记

- 日记记录联络频率、操作模式、时间、信号报告、操作者名字、QTH及大致通信内容。日记也用于备忘，并用于管理机构检查。

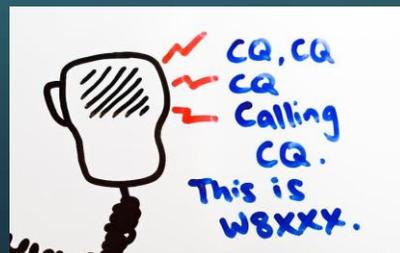
QSL卡片

- QSL卡片是通信双方的联络凭据。申请奖状时QSL卡片特别有用。多数爱好者会常年收藏精美的卡片，特别是珍稀电台的。

联络过程举例

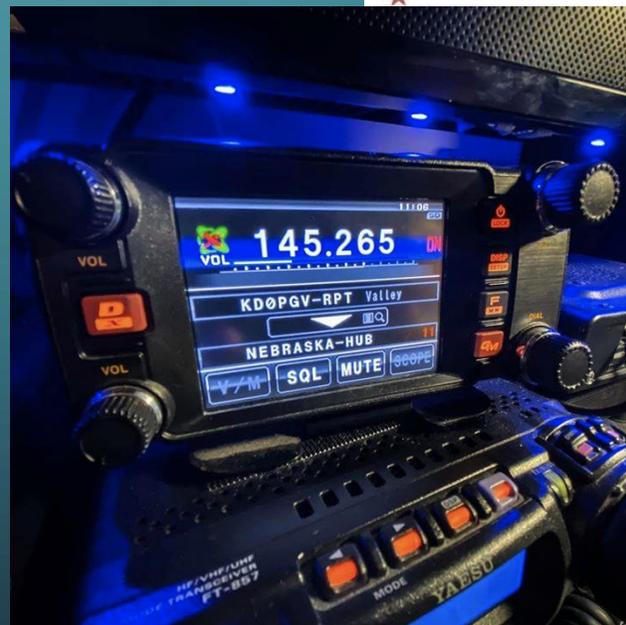
- CQ CQ, 这里是BH1XYZ呼叫CQ
 - BH1XYZ, 这里是W8XXX
- W8XXX BH1XYZ。您的信号59, 请回答
 - BH1XYZ W8XXX, 您的信号57少许QSB。我姓刘, QTH代顿 俄亥俄, over
- Roger, 感谢刘先生。我姓李, QTH北京。这里无事, 73再见
 - 感谢联络。73李先生
- 73。QRZ? 这里是BH1XYZ呼叫CQ

• ...



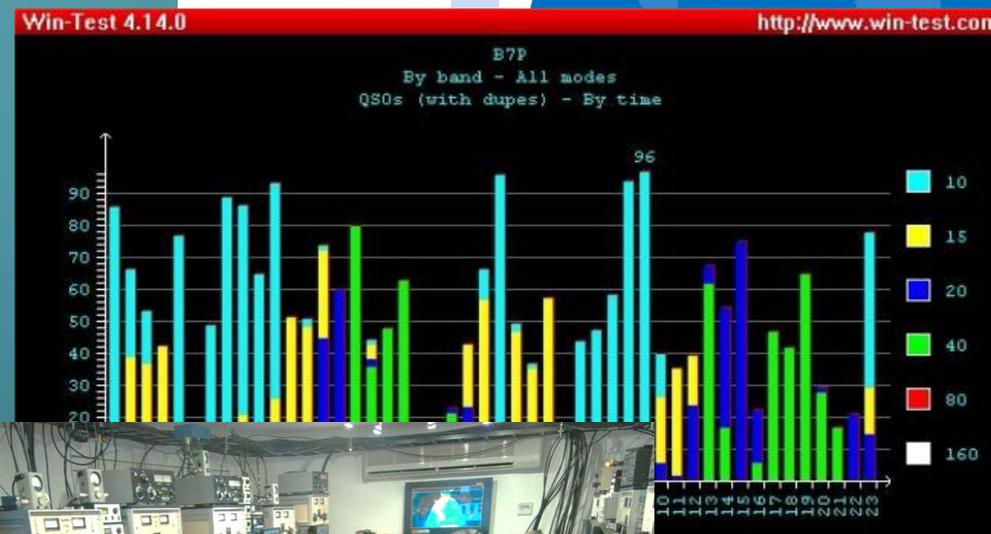
业余无线电活动 – 聊天派

- 聊天派(rag chewer), 常指单纯的闲聊。
- 这种活动多见于并不拥挤的VHF和UHF业余波段, 虽然时有多人参与, 但是联络可以松散安排。这与圆桌会议有些相似。
- 新手入门, 通过闲聊可以熟悉业余电台的联络过程, 提升日常操作的很多技能。
- 探讨技术问题, 改进天线设备或DIY时, 闲聊也很有助益。
- 在HF波段闲聊, rag chewers应留意波段是否变得繁忙, 适时让出频率, 方便竞赛和DX活动的正常开展。
- 聊天并不限于语音。电报、图像和数字模式我们时有见到。



业余无线电活动 – 通信竞赛

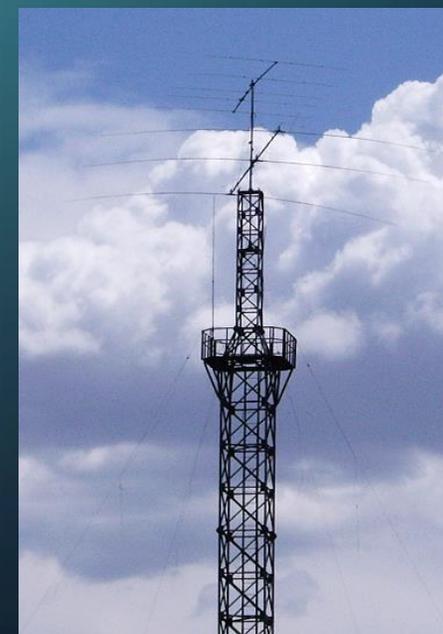
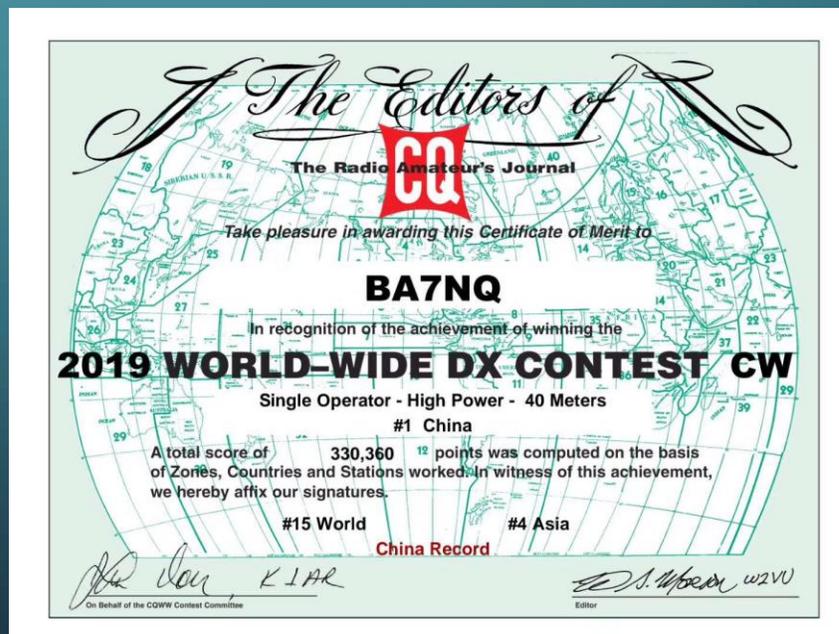
- 通信竞赛(contests)是一种竞争性的业余无线电联络，早在1920~1930年代就已出现。如今，竞赛更加常见，也更令人着迷。
- 尽管竞赛规则各有不同，但是参赛者都需在规定的时间内联络尽可能多、尽可能远的业余电台，并准确交换信息。HF竞赛一定是某种形式的DX活动。而DX则是远距离通信之意。
- 木兰围场WAPC是很多爱好者乐于参加的我国竞赛。常见国际竞赛有CQ WPX、IARU HF世界锦标赛等。
- 参加竞赛可以提升操作技能，体验顶级收发信机和天线系统的魅力，学习很多通信电子技术，甚至还能接触到现代项目管理理念。



业余无线电活动 - 通信竞赛

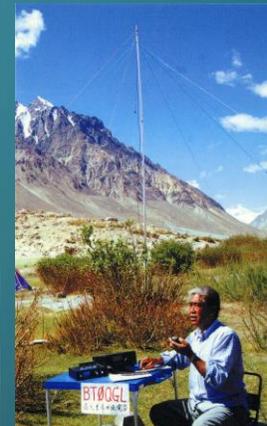


B1Z CLUB CONTESTING

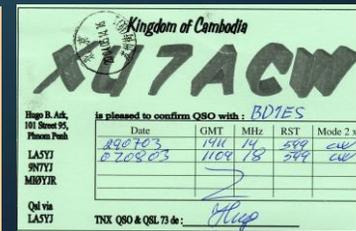
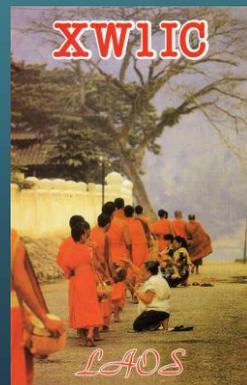
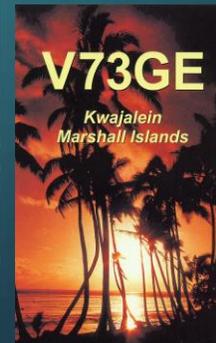


业余无线电活动 - 远程派

- 远程派(Dxer)活动多样。Dxers乐于联络远地电台, 甚至狂热追寻珍稀电台。此外, Dxers也非常乐于为他人提供更多的DX联络机会。
- Dxers不仅为自己设定大洲、分区、波段和操作模式等激励目标, 他们还喜欢参加令人振奋又富有诗意的业余无线电远征(Dxpedition), 最热门的活动就是空中之岛(IOTA)。
- IOTA团队常由多国爱好者组成。他们有周密的活动计划、操作规划和预期成绩。成绩的估算方法与联络台次、波段和分区相关。这与竞赛有些相似。
- 远程派大多追求各类奖状, 常见的有WAC、DXCC和WAZ等。联络我国全部业余无线电分区(0~9)可以获奖。IOTA也有奖项, 这令大家趋之若鹜。



Vidi la Grange - Somerset West - South Africa



业余无线电活动 - 远程派



BS7H 2007

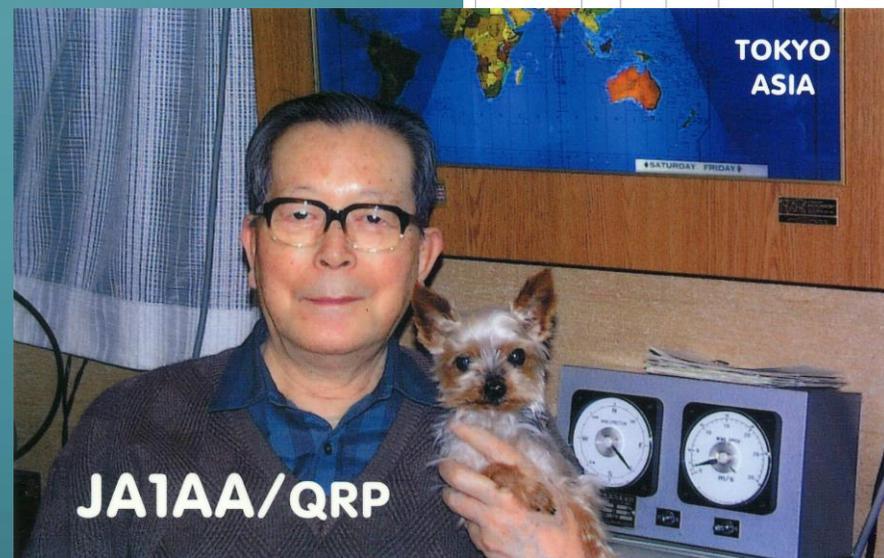
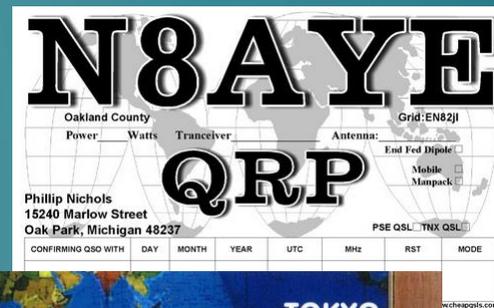
业余无线电活动 - 远程派



Are you in touch?

业余无线电活动 - 小功率派

- 小功率派(QRP), 爱好者们用尽可能小的功率联络尽可能多, 尽可能远的业余电台。这项活动由来已久, 从1920年代至今, 常有爱好者乐此不疲。QRP与DIY也有密切的关联。
- QRP操作, 发射功率都在5W以下, 但是运用这等功率通遍全球并获得WAC奖状者还是不乏其人。日本爱好者JA1AA/QRP是5mW WAC获得者。非常遗憾, 他的电键已经静默了。
- QRP爱好者常有良好技术素养和坚韧的毅力。他们不仅为成绩而发烧, 他们还努力研究适合QRP的天线、设备及通信模式。K1JT研发的WSPR、JT9和FT8等使用了纠错能力和抗衰落能力都极好的数字编码。结果是, -20dB以下的信噪比也能保持联络。



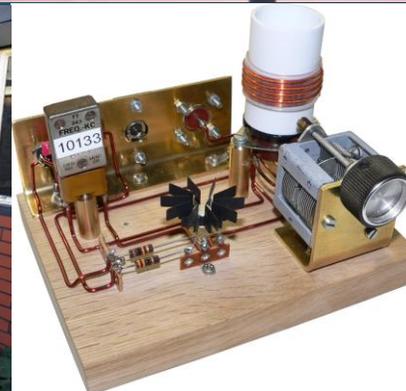
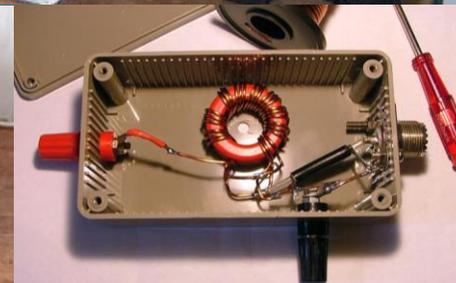
业余无线电活动 - 小功率派



适合QRP操作的小型业余收发信机时有推出，这让小功率爱好者们有了不少的选择余地。有些经典机型甚至还被收藏。

业余无线电活动 – 动手派

- 动手派(DIY), 他们的活动经久不衰, 他们的DIY项目也是多数业余无线电期刊的主力内容。循序渐进地学习和交流通信电子技术, 浏览查阅各种火腿资料, 动手派们可以更深入地理解业余无线电的精髓, 更快成长起来。
- “homebrew”是爱好者对自家作品的统称, 范围涵盖一条电缆、一副天线、一台线性放大器, 还有全功能业余收发信机和当下最流行的SDR设备。可谓无所不及。
- 业余无线电的起源与DIY渊源甚深, 我们的多数技术成果都出自动手派的研究。除硬件作品外, 开发业余电台应用软件, 研发SDR算法, 探索各种数字模式已是新兴热点。
- 很多业余设备制造商的创业灵感也是来自他们对DIY的钟爱。FlexRadio Systems的SDR产品及W9GR的CESSB我们耳熟能详。在我国, 这样的故事也越来越多。



MØUKD

MØUKD

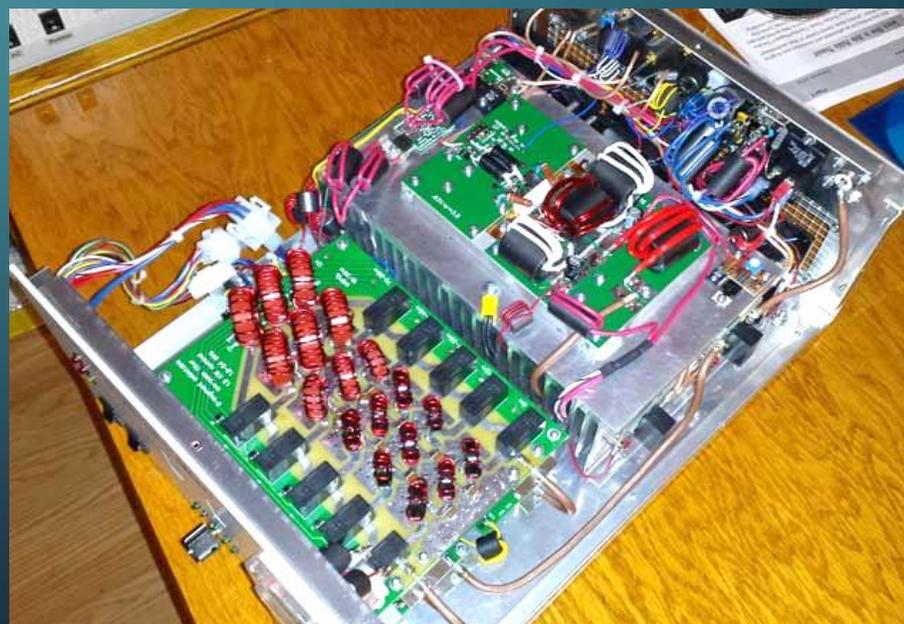
业余无线电活动 - 动手派



- VE7CA的纯手工HBR2018。这是一台很有特色的全模式收发信机。HBR其实是homebrew的缩写。
- 发射机
 - 100W输出功率，涵盖160~6米全部业余波段。
- 接收机
 - MDS: -130dBm (高放关闭时)
 - 滤波器带宽: 0.25、0.4、1.8、2.5、6kHz
 - 双音阻塞动态范围: >134dB (5kHz间隔, 高放关闭时)
 - 三阶互调截取点: 28.5dBm (5kHz间隔, 高放关闭时)



- W6PQL制作的千瓦级晶体管线性放大器。



业余无线电活动 – 空间通信

- 空间通信(Space), 是爱好者利用卫星和航天器开展业余通信, 接收研究遥测电文(telemetry)的一种活动。
- 在我国, 中小学生学习卫星业余通信早已不是新闻。
- 我国还有大量爱好者对多种业余卫星进行了研究:

- AO-7
- AO-73
- AO-85
- AO-91
- AO-92
- EO-88
- CAS-3A
- CAS-3B
- CAS-3C
- CAS-3D
- CAS-3F
- CAS-3H
- CAS-4A
- CAS-4B
- Nexus
- FO-29
- JY-1
- SO-50



业余无线电活动 - 空间通信

- 2007年，南京三中的同学们与国际空间站的业余爱好者成功通话。据说，他们一起聊了20个问题。双方呼号分别是BY4RRR和N1SS。



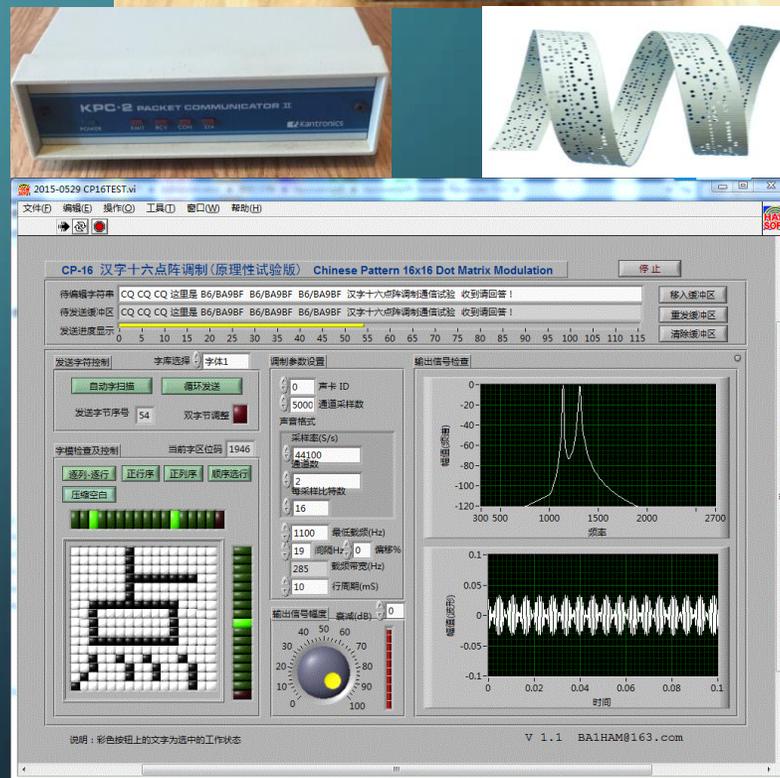
Keeping Amateur Radio in Space - 21st Century Challenges and Opportunities for AMSAT

Daniel Schultz N8FGV
for the AMSAT ASCENT Team

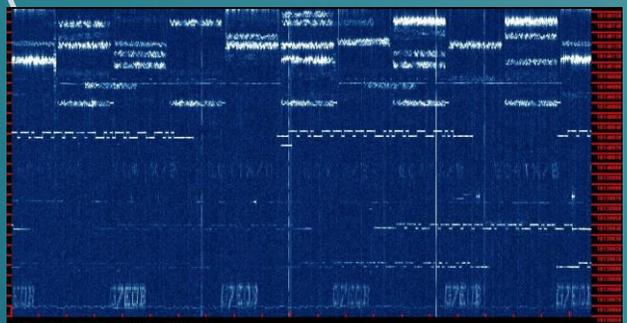


业余无线电活动 – 数字通信

- 最古老的数字通信(digital contacts)大约是始于1940年代的无线电传打字(RTTY)。这个模式在1950年代进入业余圈。有人说电报也是数字通信。如此看，数字通信便是最早的一种通信模式。
- PC, 以及MCU和DSP芯片问世后，业余数字通信迅速发展。继 HF RTTY、AMTOR与PACTOR之后，X.25和NOS封包通信开始流行。爱好者们不仅访问空中BBS，他们也交换电子邮件。
- 1990年代，SP9VRC运用DSP技术研发了一种64载波并行通信模式 – MT63。这个模式降低了符号率，使HF联络更加可靠。之后，G3PLX的PSK31问世，并几乎取代了RTTY。
- 适合业余爱好者的数字模式其实很多。我国爱好者BA1HAM就研发了CP16。这个模式兼收数字与图像通信的长处，其可在信号功率谱的时间瀑布中直接显示16x16点阵汉字和图形，方便目视接收。当然，用音频的形式发送数字已调信号更不是问题。



业余无线电活动 - 数字通信



WSQCALL v2.0 Multi-mode z11ee

File Settings Options Display Radio Speed Help

z12ee:41z11ee -23.0
 z11ee:fcz12ee? V2.00e
 z12ee:41z11ee -22.7
 z12ee:41z11ee?
 z11ee:fcz12ee -22.5
 z12ee:41z11ee\$
 z11ee:fcz12ee Heard
 z12ee
 vk4yb
 z12i
 z1bFe:41
 z11ee:fcz12ee? V2.00e
 z12ee:41z11ee -23
 z11ee:fcz12ee? V2.00e
 z11ee:fcz12ee? V2.00e
 b u2

Digital Modem

B1

2015-09-11 2:40:00 通 话 中 通 话

TX BPSK31 WPM: 20

de OSQ INFO
 VIA QRZ.COM. THANKS
 FOR THE QSO. UV73! d
 e

B2

VOL (root)

z12ee:4z5ee -22.7 wr =
 z12ee:41z11e d? m
 z12ee:41z11ee\$ q
 z1bFe:41z11ee\$ zv
 z12ee:41z11ee -233 kgfai
 lxxrf dckttkg * gtnb
 zc1eqtxs%1z5dee /q(.8 lb zi

Notch 1 Notch 2 Notch 3 NB

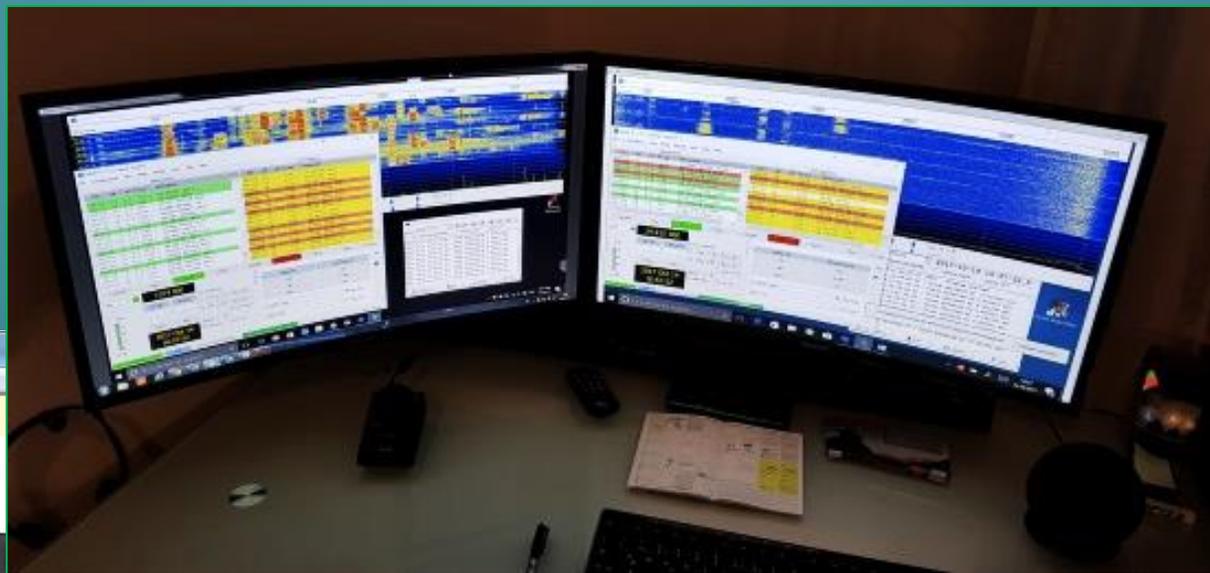
Linear Spectrum

dB

1300 1400 1500 1600 1700 1800

Bright Correlation Sync history

-200Hz Call Freq +200Hz CALL SOUND PAUSE TX RX



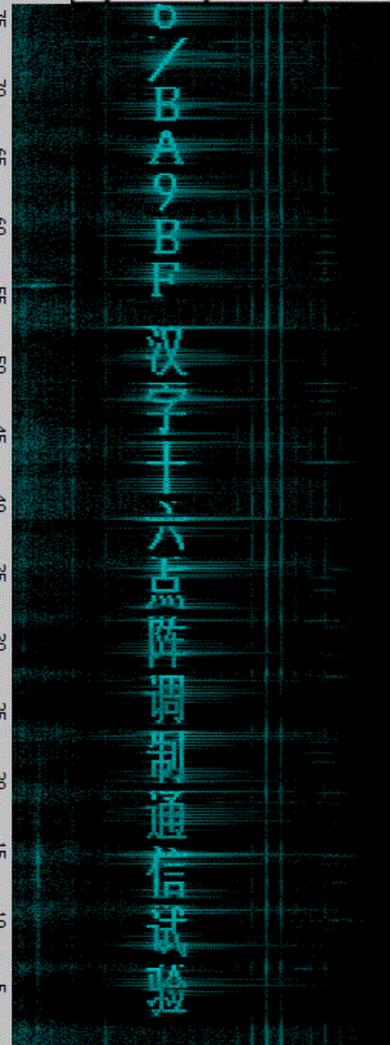
20:20	20	-5	0.2	188	K5VJZ	K9EEH	73	
20:20	20	-8	-0.8	35	KD4AMP	DL8ZBA	RRR	DL
20:20	20	-14	0.2	-272	CQ	K9EEI	EM59	> EM59
20:20	20	-13	0.4	-296	CQ	PA3ENP	JO20	PA
20:20	20	-12	0.7	-511	M00BL	IW5CKO	-18	I
20:20	20	K	-16	1.2	-592	OH3LJU	IW0GBO	RRR IS
20:20	20	K	-15	0.2	-606	IW1APE	AC2PD	-11
20:20	20	-15	1.9	-807	LU8XQL	RK3AOL	R-25	UA
20:20	20	K	-20	0.9	-947	CQ	DD8BA	JO42 DL
20:20	20	K	-22	0.5	-999	KE4BLV	K1A1AQ	-24
20:19	20	-13	0.1	842	TU 3	BAND	73	
20:19	20	-7	0.1	600	VA3MJR	IN3NHZ	R-08	I
20:19	20	-13	0.3	191	K9EEH	K5VJZ	73	

Left click sets fields and starts a QSO. Right click sets fields Station, Grid, dB. Adjust DT & Tx DF.

BA9BF/6

模式 B B MSC
 RX Hz 宽度 2.4 2.4 FAC
 SNR dB HI HI 帧
 总计 - QAM 16 16 时间
 好的 - 引导 24 R/N IO
 位置 - 剩余部分

发送	回复	FIX	BSR
调试 ID	发送文本	音频	图像/QSL
<input checked="" type="checkbox"/> RS2	M	标题信息	电台日记 会话



业余无线电活动 - 图像通信

- 图像通信(Image)我们并不陌生。我们收看的模拟和数字电视就属这类服务。通常, 我们称业余电视为ATV或者快扫描电视(fast scan TV)。与之相应, 我们还有慢扫描电视SSTV(slow scan TV)。SSTV常见于HF频段(14.230MHz)。虽然是FM调制, 其发射带宽仍与SSB相当。目前, 业余图像通信在向数字化迈进, 这与数字模式的持续演进不无关系。



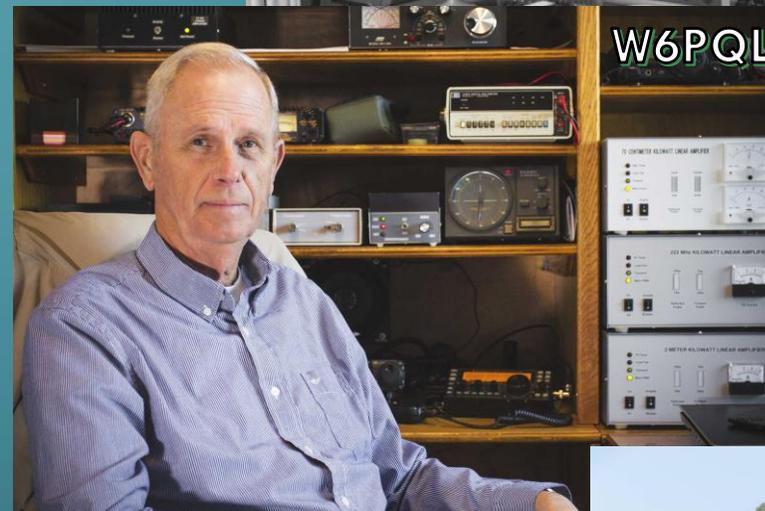
业余无线电活动 – 移动派

- 移动派(Mobile/Portable), 他们的活动灵活多样。通常 mobile有移动之意, 指移动过程中的联络; 而portable 则指便携操作, 是在设台地点之外的地方进行联络。
- 业余电台常用呼号之后的斜杠"/"来表明操作性质。例如, BH1XYZ/M表示其在移动; "/P"表示其在便携操作; 而"/MM"或"/AM"则表明其正在航海或航空器上与您通话、通报。有时, 这样的呼号也印制在QSL卡片上。
- 业余电台异地操作时, 需表明其所在国家和地区。例如, B9/BH1XYZ表示其在我国9区操作; EA8/AA6E则表明该电台正在西班牙运行。注意在美国和加拿大, "/"通常后置。例如, K3TRX/5、 K3TRX/VE6 。
- 驾车户外行, 可以体现活动的无限创意, 享受数不尽的风光之美, 还可以进行各式业余无线电探索, ...



业余无线电活动 - 高频段开拓

- 高频段开拓(Top band), 说来有趣, 但是HF频段确实是业余无线电爱好者首先探索和开辟的。
- 今天, 爱好者们仍在研究性能更好, 功率更大, 成本更低, 使用更简单的高频段业余无线电设备。这也包括更适合这些频段的操作模式、特定技术和令人兴奋的新玩法。
- 我们例举詹姆斯·克里青, W6PQL的多年研发成果:
 - High power amplifier for 1296、1kW 70cm LDMOS Amplifier、Many UHF Antennas、L & S Band LNAs、600W 23cm LDMOS Amplifier、23cm Beacon、13cm Transverter、120W 13cm Amplifier、300W 33cm Amplifier、33cm Crystal Source、9cm Transverter。



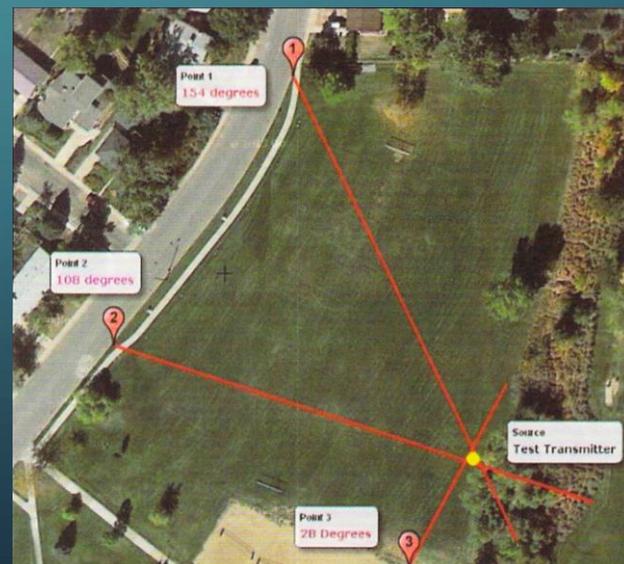
业余无线电活动 - 收藏

- 收藏(Collections), 这项活动不仅有趣, 有时候历史故事也这样流传下来。
- 爱好者的收藏不限于商品业余无线电设备、专业通信设备、退役军用设备、经典仪器仪表、珍稀元器件、各种文献、声音、图像和数据档案。有时, DIY作品也同样意义非凡, 特别是颇具影响的经典项目。
- 还有人从“被遗忘”的老设备、老技术中发现了新的设计灵感。大概这也叫“传承”吧。



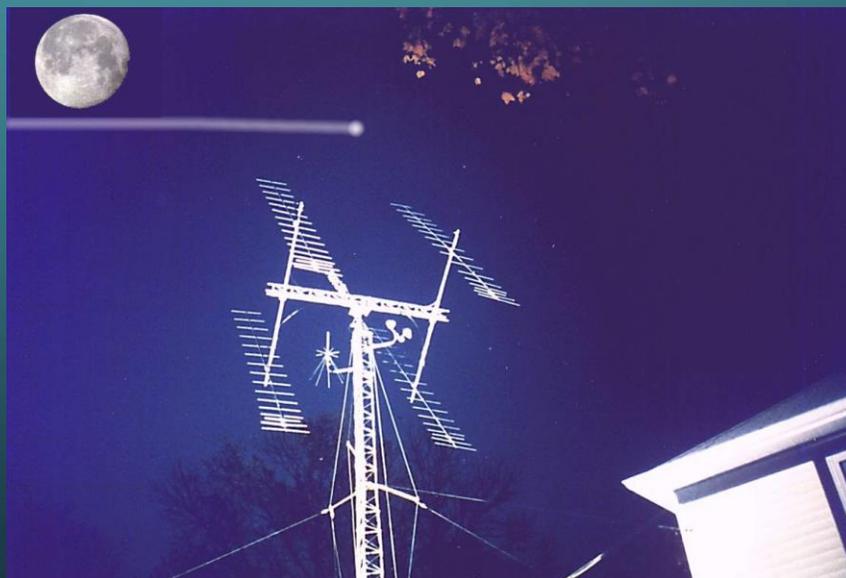
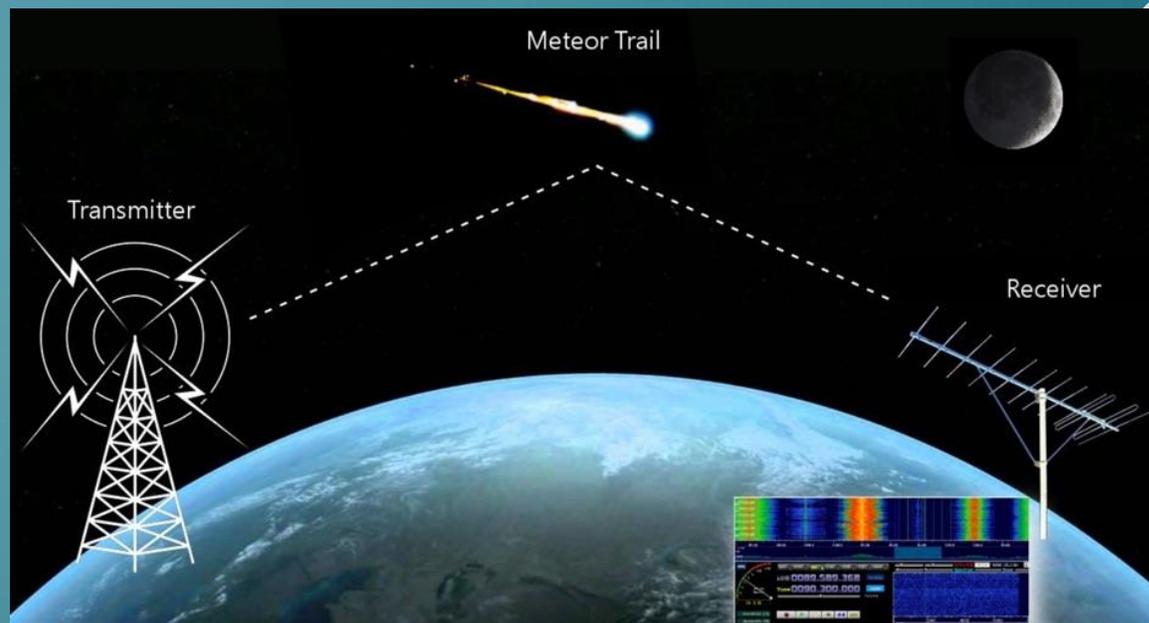
业余无线电活动 - 测向

- 业余无线电测向(ARDF), 对业余无线电爱好者具有多重意义。是的, 这项活动也叫“猎狐”。
- 磨练团队, 争夺锦标。
- 学习技术, 测定干扰源, 研究干扰特征。
- 培养人才, 活跃中小学课外科技活动。



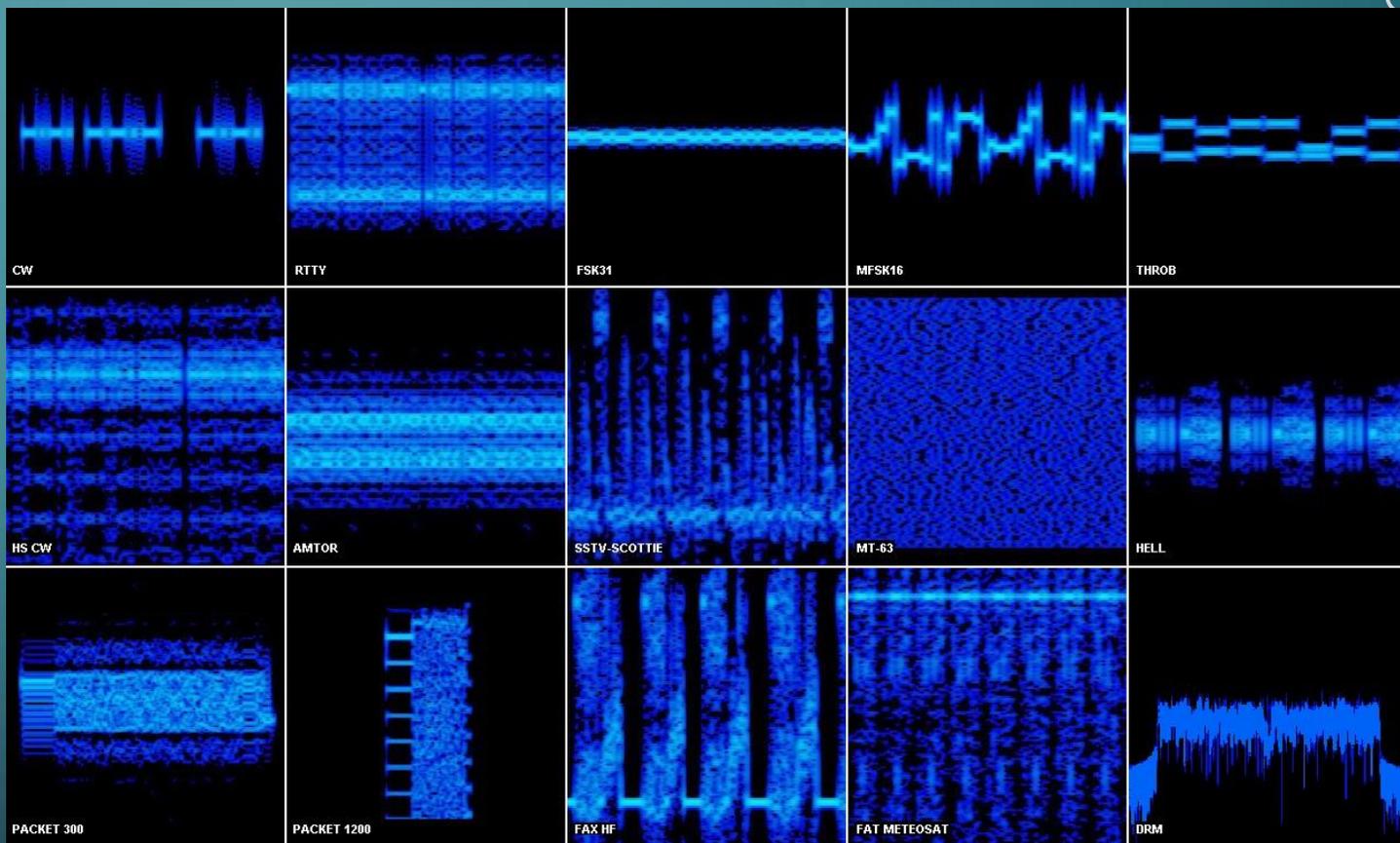
业余无线电活动 - 其他

- 业余无线电活动多种多样，相互关联。爱好者的志趣也是包罗万象。他们常是多方面的能手。有人说，Ham radio is a vast enterprise.
- 继前述，我们再举两例通信方式：
 - 利用天体： 月面反射(EME)
 - 利用大气： 极光(aurora)、流星余迹(meteor scatter)、对流层散射(troposcatter)



什么是业余电台的“模式”？

- 模式(Mode), 前述已有所涉及。现在我们将其归纳为两种含义并简单介绍, 以期爱好者结合实际操作组合理解。我们期待各式创新玩法。
- 1、调制模式(modulation mode):
 - 调幅、单边带、调频、调相
- 2、操作模式(operating mode):
 - 语音模式、电报模式、数字模式、图像模式、弱信号模式、...



业余电台 - 幅度调制

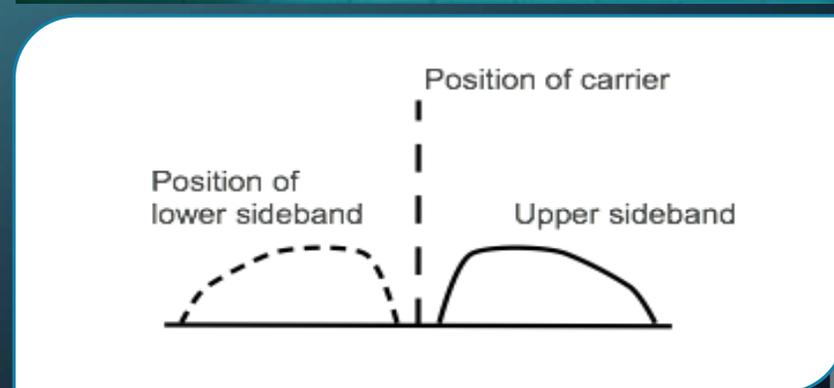
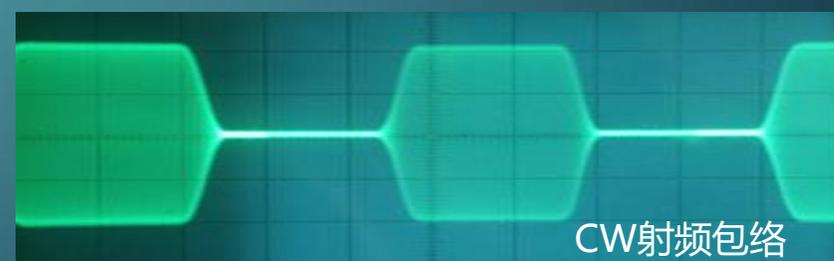
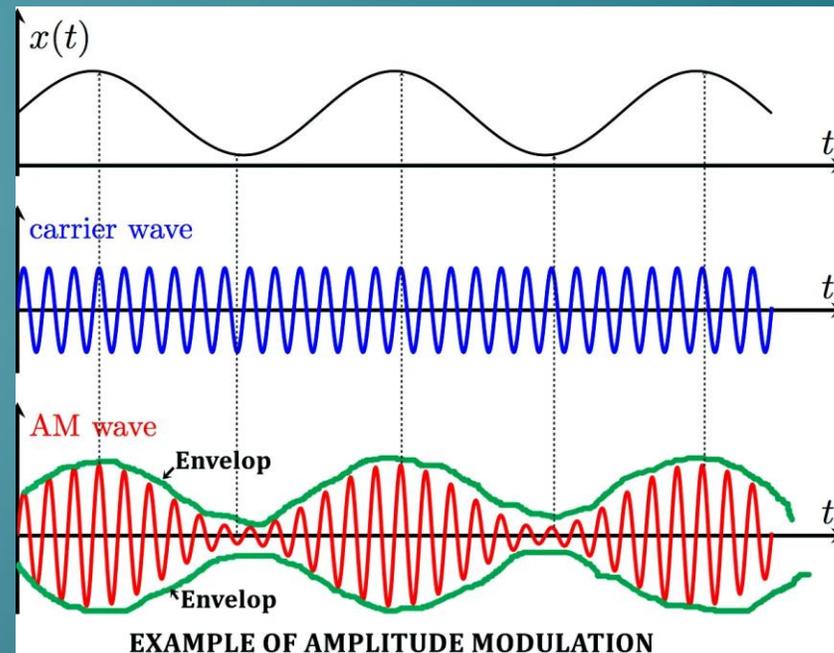
- 调制(modulation)的目的是使射频载波携带信息。信息类型与调制方式的结合构成了我们的各种操作模式。

调幅(AM, amplitude modulation)

- 用信息去改变载波(carrier)的幅度, 信息便跟随载波射向空中。AM既可携带语音, 也可携带某种开关量。后者就是所谓“幅度键控调制”。
- CW是我们键控幅度之一例。电键开闭载波, 连串射频包络(envelop)便形成电码的样子。但是为了保证CW的发射带宽尽可能窄, 信号包络的边沿需要适度圆滑。为此, 现代发射机都对CW信号进行了“加窗”处理。

单边带(SSB, single sideband)

- AM调制对称产生同一信息的上下两个边带, 这浪费了带宽。其实我们任取其一已可完成发送。再去掉消耗电力的载波, 著名的SSB就出现了。
- 单边带有两种形式。下边带(LSB)在载波频率之下, 信息频谱倒转; 上边带(USB)在载波频率之上, 频谱与信息一致。LSB和USB我们都有运用。
- SSB是AM的特例, 并非基础调制。但是数学提示我们, 单边带是对信息的某种“频谱搬移”。利用SSB, 我们可以“透明”发送任意信号, 包括任意类型的已调信号, 这些信号的频谱特征都会得以保留。由此看, SSB相当通用, 除了语音, 它也是很多数字和图像通信的基础传输模式。



业余电台 - 角度调制

- 射频载波只有幅度与相位两个参量可调变。无论是改变频率还是相位，我们都是在改变载波的相位“角度”。

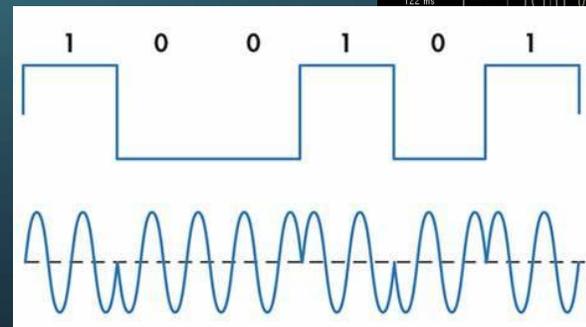
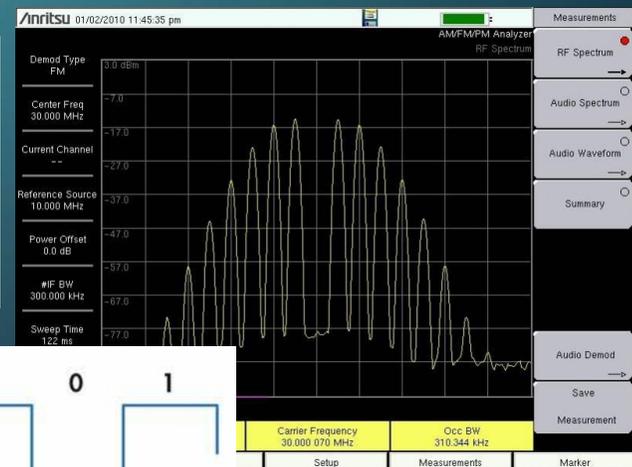
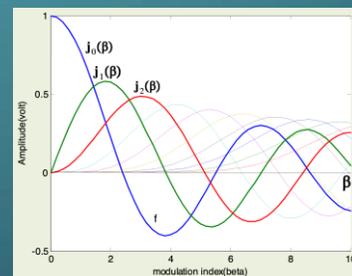
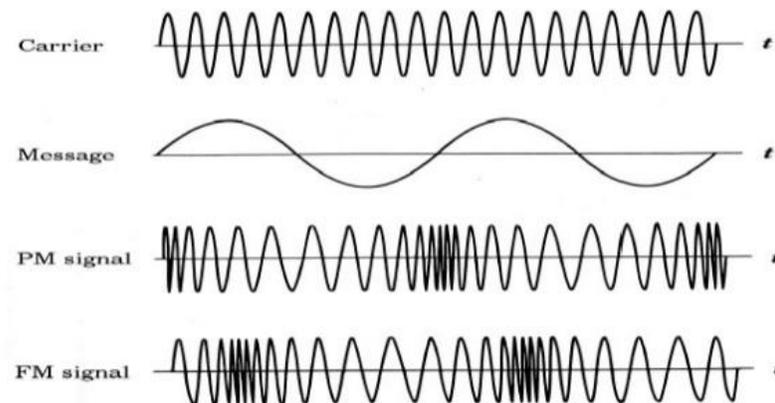
调频(FM, frequency modulation)

- 调频是用信息去改变载波频率的一种调制。
- 在VHF和UHF，我们用的最多的就是FM。以至于我们会将这类设备统称为“调频对讲机”。振幅恒定的FM简化了电路，对讲机自然小巧。
- 不过，FM信号的频谱相当复杂。随着调制加深，信号边带会成对增加；随着调制频率升高，边带间隔还会越来越大。总之我们知道，FM信号占有较大的发射带宽。
- FM的好处是信号变强时信噪比迅速升高。这使联络变得舒适。

调相(PM, phase modulation)

- 调相是用信息去改变载波相位的一种调制。
- 对于模拟调制，不观察信息(message)，我们很难区分PM和FM。
- FM对讲机几乎都设有“6dB/oct”的预加重处理。在语音带宽内，这使FM变成了PM。一定条件下，FM和PM是可以相互转换的。
- PM的真正优点是特别适合携带数字信息。PSK就是这样一种。

Angle modulation viewed as FM or PM



业余电台 - 语音模式

- 语音联络乐趣多多。闲聊，呼叫DX，参加竞赛，无所不能。

AM语音

- 在SSB问世前，业余电台使用AM进行语音联络。有种DSB语音，其与AM的区别仅仅是去掉了载波，发射带宽并未节省。尽管一些国家和地区在HF仍保留少许AM波段，但是这种联络已基本淘汰。

SSB语音

- 在HF，单边带语音我们用的最多。在VHF和UHF，喜爱SSB的爱好者也日益增加。这得益于业余无线电设备的持续进步。

数字语音

- 数字模式是这种语音联络的载体。在联络中，我们还可以交换必要的数字数据，比如呼号和地理位置，甚至还有图片。
- 数字语音为多种活动提供了便利，其日渐普及，波段遍及HF、VHF和UHF。有些爱好者还在研究融合多种数字语音制式的操作方式。

FM语音

- 如前述，这是VHF与UHF波段的经典联络模式，在基地台、车载台、对讲机和中继台上都可使用。



业余电台 - CW模式

- CW联络经久不衰，遍及各个波段，既挑战，又乐趣无穷。

波段规划

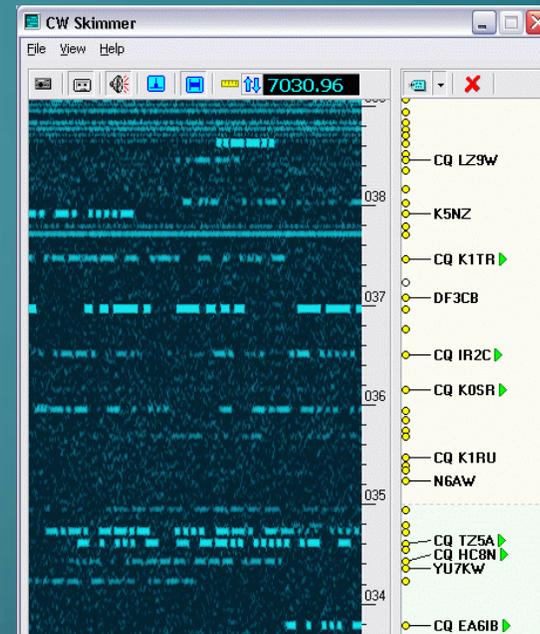
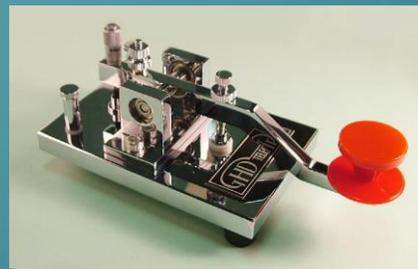
- CW可在所有业余波段操作。这样的安排实不多见。

操作方法

- 爱好者使用摩尔斯电码交换信息；
- 联络中广泛使用通信缩语和Q简语。

联络活动

- 从闲聊到DX远征，CW无处不在。



业余电台 - 数字模式

- 从1950年代至今，数字模式一直是爱好者进取探索的热点。

数字调制

- 用数字基带信号去调制载波，我们就得到数字已调信号。调制方法当然是调幅、调频和调相。换言之，数字已调信号仍然是模拟信号，我们沿用传统手段将其发送出去 - 天线。

数字基带信号

- 对于SSB语音，声音就是其模拟基带信号，内含我们最本质的信息：嗓音、语气和内容。类推，数字基带信号是模拟基带信号的进一步抽象，其不仅可以表述语音，也可以表述纯粹的信息，比如用编码来表述文字、符号。于是，文字通信成了数字模式的基础操作。

数字模式的优点

- 在较高信噪比环境中，数字模式速度快，极少出错，这相当于我们享受了没有失真的顺畅联络。这是模拟模式断然做不到的。
- 而在较低信噪比环境中，运用强力纠错的数字模式，我们的联络仍得以保持。“尽管听不到信号，FT8却在工作”。有爱好者如是说。
- 数字模式可以自动交换信息，也可以用来组织各种网络。



A new digital mode
FSQ
Fast Simple QSO

WORKED ALL EUROPE
WAE

WAE GOLD
DK9JC
1304
2019-04-21
FT8 DMC

UTC	Sync	dB	DT	DF	Exchange
17:03	4	-20	-0.3	708	B NW7US DU1GM RRR
17:01	4	-18	-0.3	708	B NW7US DU1GM -08
16:59	4	-22	-0.3	708	B CQ DU1GM PK03
16:59	3	-18	-0.6	592	B TU MARC 73
16:59	9	-7	-0.1	-108	B CQ NONSR EM47
16:58	5	-8	0.2	188	B CQ W4MPS FM05
16:58	7	-7	-0.9	-54	K G7RSV N41VQ FM07
16:58	5	-8	0.2	188	B CQ W4MPS FM05
16:58	7	-7	-0.9	-54	K G7RSV N41VQ FM07
16:57	13	-7	-0.1	-108	B CQ NONSR EM47
16:57	2	-25	0.2	-700	K GW0TKX K8CQ 73
16:57	13	-7	-0.1	-108	B CQ NONSR EM47

业余电台 - 数字模式

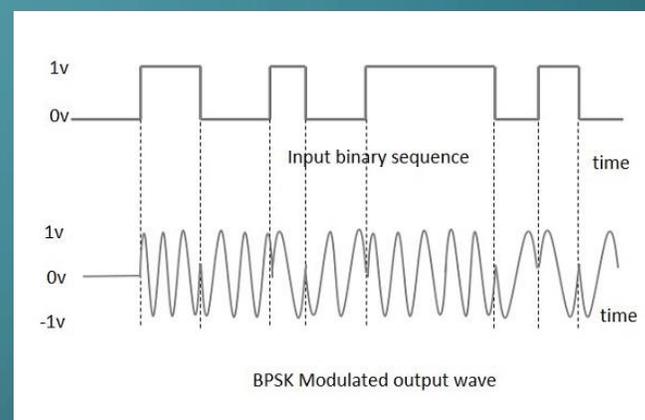
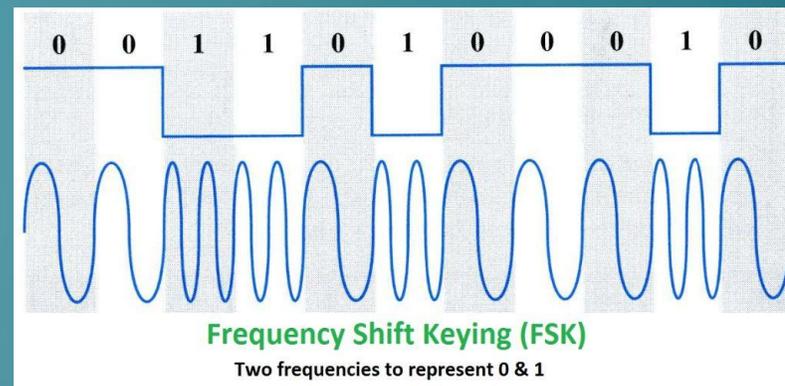
- 我们首先介绍两种传统数字模式。

RTTY

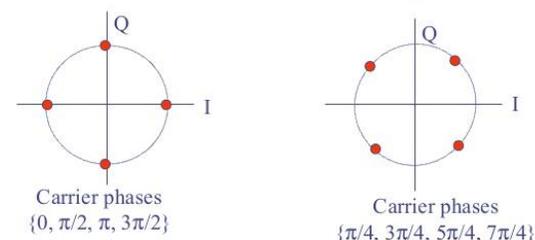
- 用博多码或ASCII码表示字符，我们获得连串的“0”和“1”，术语称之为“传号”与“空号”。用某个载波频率代表传号，另一个表示空号，字符便可以按一定的速率排队发往空中。是的，这是FM。由于只有“0”和“1”两个符号参与了调制，我们称这样的FM为“二值频移键控”（2FSK）。
- 非常有趣，博多码与ASCII码都是有线传输的专用编码，没有抗干扰能力。这导致RTTY的误码率不低，特别是在HF频段！

PSK31

- 如果用数字编码去调制载波相位，我们是否也能打字联络呢？PSK31就是这么一种。PSK代表“相移键控”；31则代表每秒发送31.25个编码符号。
- 常见的PSK31叫做BPSK31。B即bipolar，是二值调制之意。BPSK31使用变长编码发送字符，提高了通信效率。但是，该编码不能纠错。
- QPSK31利用BPSK31的正交相位新增了一路纠错数据。可惜，这只小幅改善了误码率。两路信号分享发射机功率，额外带来3dB损失。QPSK是“正交相移键控”的意思，我们常用“星座图”来描述其具体的调制方案。后来，有人尝试卷积码QPSK31，联络效果得到进一步改善。



QPSK Constellation Diagram



◆ Quadrature Phase Shift Keying has **twice the bandwidth efficiency of BPSK** since 2 bits are transmitted in a single modulation symbol

业余电台 - 数字模式

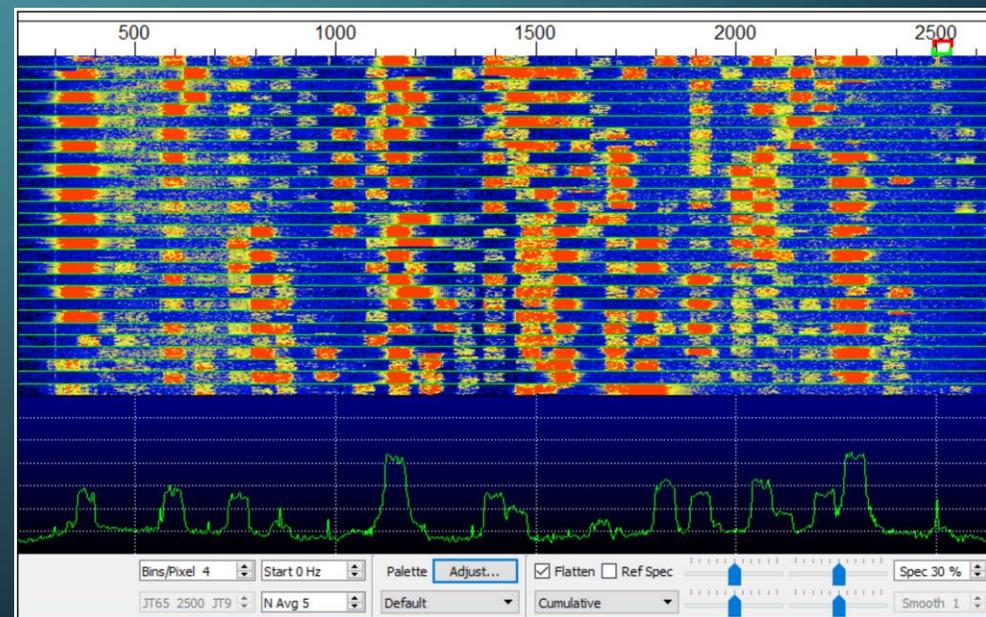
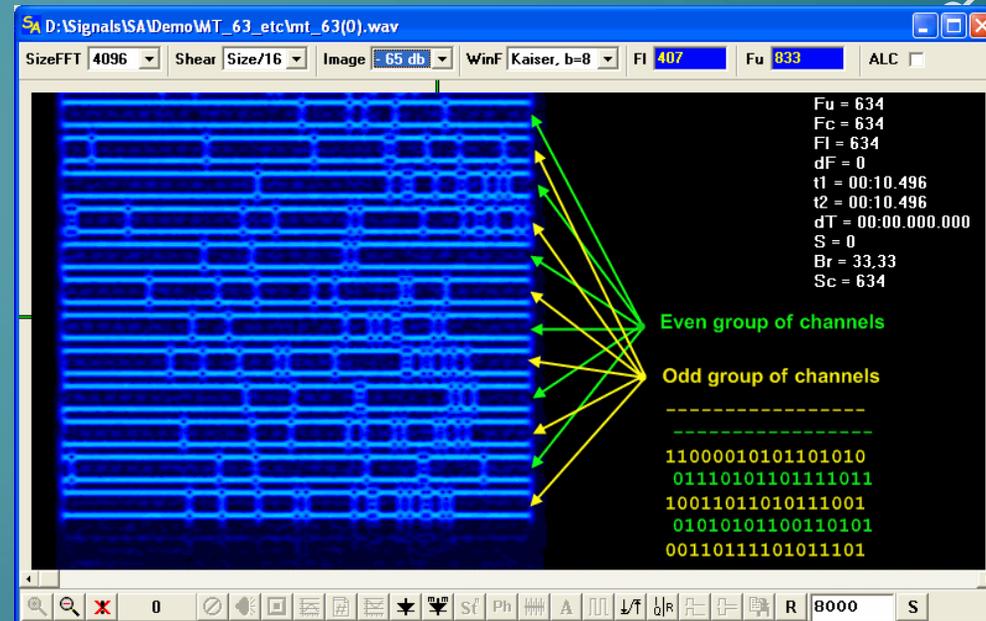
- 我们再介绍两种稍复杂的数字模式。

MT-63

- 这种模式发送64个载波。1kHz发射带宽时，载波间距为15.625Hz。MT-63使用纠错能力很强的64位沃尔什编码，以差分BPSK的方式对64个载波进行调相，最终得到640bps的总符号率。
- 1kHz带宽时，其每秒传输10个英文字符。这些特点使其在速度和通信质量上优于PSK31，当然更优于RTTY。但是有人认为，MT-63在频谱的有效利用与发射峰均比方面还可以进一步优化。

FT8

- 这种模式的调制方式为8FSK。由于信号的频率间隔为6.25Hz，总发射带宽即为50Hz。目前，FT8及其后继模式FT4已成HF DX数字联络的热门。其实，这些也用于EME、流星余迹和对流层散射通信。
- FT8每次发射耗时12.64秒，完整联络大约用时1分钟。有趣的是，联络可以自动进行，无需操作者过多干预。
- 除运用强力纠错码LDPC(174, 87)之外，FT8还使用了通常用于雷达与声纳的7x7 Costas Array以增强数据同步能力。这些特点使其特别适合低信噪比和弱信号环境中的业余无线电联络。



业余电台 - 数字模式

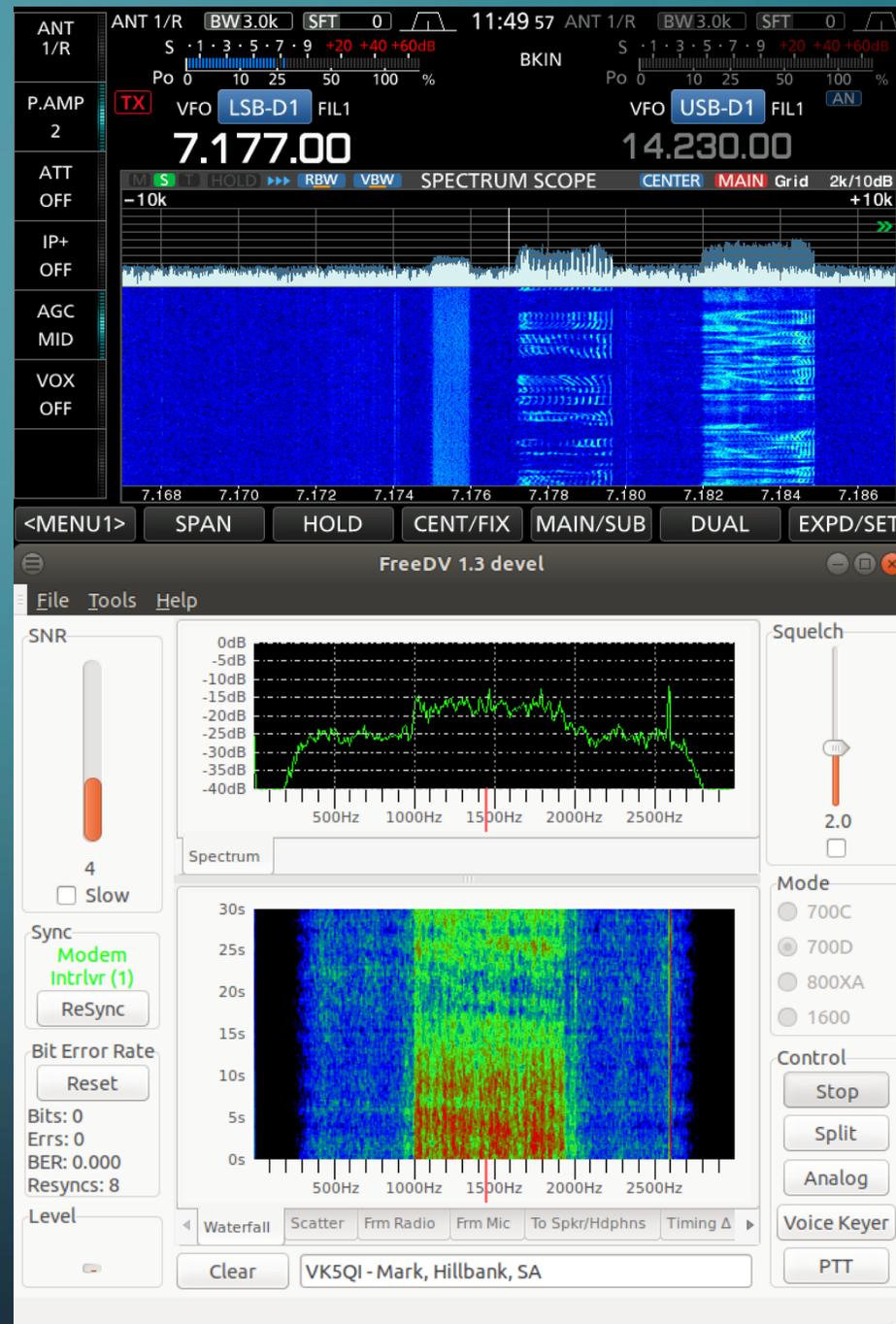
- 现在，让我们了解两种数字语音模式。

FreeDV

- FreeDV由freedv.org推出，是HF业余波段专用的开源数字语音模式。主力研发人员是VK5DGR和KF5OIM，开源许可证为LGPL。
- FreeDV有几种不同的工作模式，700D与2020比较常见。700D模式使用相干QPSK将压缩数字语音调制到14个载波上；而2020模式则以OFDM取代了相干QPSK。无论哪种模式，FreeDV的通话质量都可以接近或超过传统的SSB。
- FreeDV的运行环境可以是Windows、Linux与macOS。如果使用硬件modem，则可脱开电脑进行联络。Modem的软硬件也开源。

C4FM

- C4FM是Yaesu研发的数字通信与数字语音相互融合的模式，通过公司产品进行销售推广。在VHF与UHF，这种模式已经日渐热门。
- C4FM是4电平连续调频的意思，是发射带宽较窄的一种4FSK。符号率9.6kbps时，发射带宽为12.5kHz，数据率为7.2kbps。
- C4FM既可以发送语音，也可以发送数据。结合具体设备，爱好者还可以共享GPS数据，使用APRS进行定位，并发送图片。



业余电台 – 图像模式

- 图像模式起源于1950年代末期，至今仍受珍爱。

SSTV

- 该模式用FM描绘图片中像素的亮度，通过SSB发射机逐行发送。
- 用SSB发送FM？是的。包括前述数字模式，除去C4FM，我们都可以这么发送。在音频范围内首先制作带宽适合的基带信号，例如FM、FSK、PSK、多载波OFDM，甚至是CW，继而用SSB发射机将之送出。我们的空中所见，则仍是那些基带的本来信号特征。
- 既是音频信号，那用FM车台发送又如何？当然可以，请见国际空间站的SSTV操作。只不过，虽然我们完成了SSTV联络，空中信号却已不是SSTV基带的原本样子。这是另一种“组合调制”，也用于ATV。

ATV

- 该模式与卫星模拟电视有些相似。在获得PAL、NTSC或SECAM基带信号后，我们将伴音副载波与之叠加，通过宽带FM一并发射。
- ATV的发射带宽可达27MHz，23、13cm波段才是适合的实验场地。

数字图像、数字SSTV、数字视频、...

- 以数字模式为传输载体，我们可以构架任何应用，包括图像。这类玩法已在业余圈出现，并有待您继续研究，发现。



业余电台 - 弱信号模式

- QRP不限于SSB和CW，小功率派也探索更高效的操作。

相关CW (coherent CW, CCW)

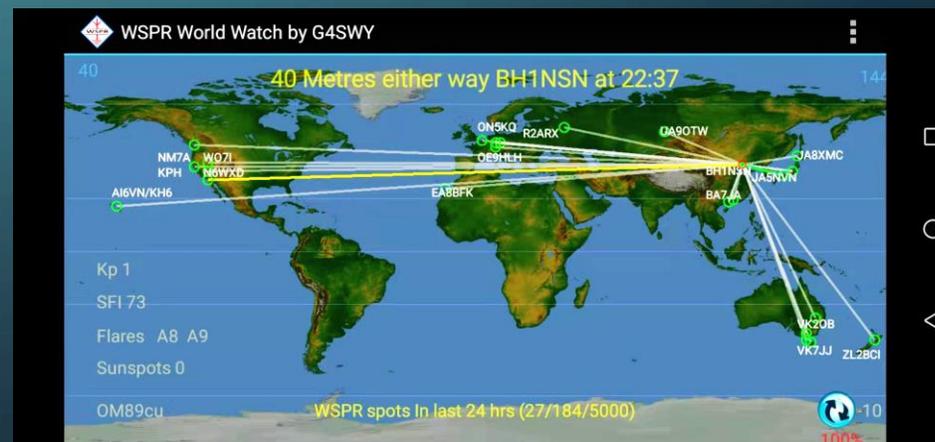
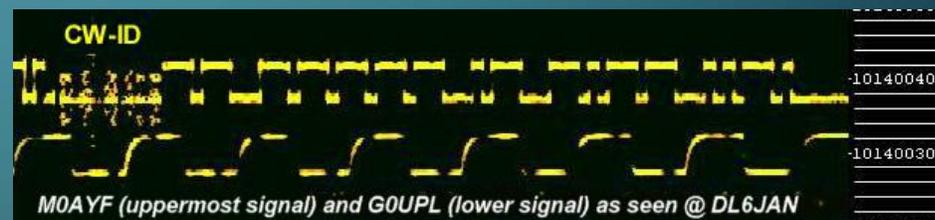
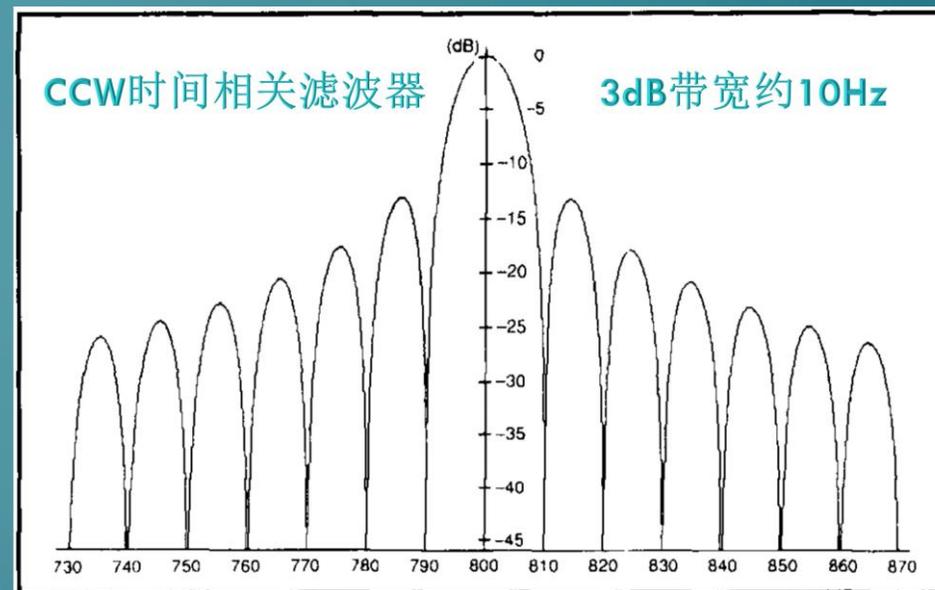
- 1970年代，爱好者们发明了基于精确时间和频率的相关CW，将QRP CW的信噪比提升了约20dB，为联络双方带来了愉悦。
- 最初，相关滤波器是基于采样-保持电路的“sinc响应”，利用CMOS IC与运算放大器搭制而成的。这种滤波器完全不存在常规窄带滤波器的拖尾与振铃。伴随DSP时代的来临，CCW已全面实现了软件化。

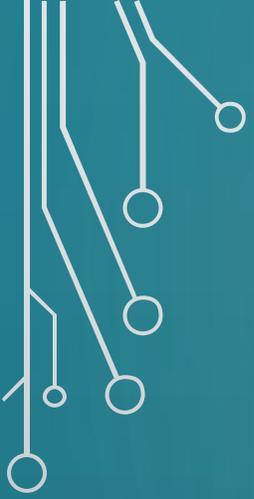
QRSS (Q简语QRS的一种引申，可理解为QRS Signal)

- QRSS通常是非常低速的FSK信标。但是，爱好者们也做各种演伸。
- 这种信号的接收通常利用声卡，是在信号频谱上目视观察。

WSPR (Weak Signal Propagation Reporter)

- “whisper”是一种QRP信标，很适合用来观测MF及HF的传播情况。作者还开设了网站wspnet.org，方便大家查询数据，并可绘制传播地图，以观察自己的信号发往了哪里，以及收到了哪些“远方电台”。
- WSPR运用32位卷积码构造了纠错能力极强的压缩报文，内含呼号、梅登海德定位信息和发射功率，并使用4FSK进行射频调制，发射带宽是6Hz。WSPR的解码能力为-28dB。





本讲结束

谢谢

