

USDR 简单中文说明

来源：网络 整理，CN-SDR TEAM

USDR 源于 USDX，源于 QCX-SSB，又叫 QCX。开源的。

软件网址：<https://github.com/threeme3/QCX-SSB/tree/feature-rx-improved>

随时会有更新，建议关注！

本团队提供的套件大部分装好，但建议相关操作参考原网站。本团队改进的部分均兼容原开源部分。除了插座口的定义。请参考下面说明。



电路说明:

这是一个简单的实验性修改，将 QCX 转换为（Class E 驱动的）SSB 收发器。它可以用于建立 QRP SSB 触点，或者（与 PC 结合使用）用于数字模式，例如 FT8，JS8，FT4。它可以在 2400Hz 带宽的 LSB / USB 模式下通过 80m-10m 频带进行全连续调谐，具有高达 5W PEP SSB 输出，并具有基于软件的完整 Break-In VOX，可在语音和音频中快速进行 RX / TX 切换。数字化运营。

SSB 发送级完全以基于数字和软件的方式实现：ATMEGA328P 的核心是通过控制 SI5351 PLL 相位（通过在 800kbit / s I2C 上微小的频率变化）来采样输入音频并重建 SSB 信号。并控制功率放大器功率（通过按键整形电路上的 PWM）。以此方式，可以实现高功率效率的 E 级驱动的 SSB 信号。PWM 驱动的 E 级设计使 SSB 收发器保持简单，纤巧，凉爽，省电且低成本（即，无需像 SSB 收发器中常见的那样，具有笨重的散热器的省电，复杂的线性放大器）。

对于接收器，原始 QCX 电路的大部分已被删除并以数字方式实现（软件）：ATMEGA328P 现在正在实现 90 度相移电路，（CW / SSB）滤波电路和音频放大器电路（现在是 D 类放大器）。这大大简化了 QCX 电路（所需元件减少了 50%），并且具有许多优点和特征：由于非常精确的 90 度希尔伯特移相器，不再需要校准程序。现在有用于 CW 和 SSB 的可调 IF DSP 滤波器；有一个 AGC 和一个降低噪声的 DSP 信号调节功能，并且在模拟前端有三个独立的内置衰减器，有助于利用整个动态范围。扬声器由 ATMEGA 直接连接并驱动。

创建该实验的目的是尝试通过最少的硬件实现什么，同时将复杂性转移到软件上。这里采用的方法是在可能的情况下简化设计，同时保持合理的性能。结果是便宜，易于构建的通用 QRP SSB 收发器，实际上非常适合制作 QSO（即使在竞赛情况下），但是由于实验性质，某些部件仍在开发中，因此受到限制。随时尝试或尝试使用此草图，让我知道您的想法或在此处做出贡献：<https://github.com/threeme3/QCX-SSB> 关于此主题的原始论坛讨论：QRPLabs 论坛

功能列表:

- 具有嵌入式 DSP 和 SDR 功能的简单,有趣且通用的 QRP SSB HF 收发器:
- EER E 级驱动的 SSB 发射级
- 13.8V 电源提供约 10W PEP SSB 输出
- 全模式支持: USB, LSB, CW, AM, FM
- DSP 滤波器: 4000、2500、1700、500、200、100、50 Hz 通带

- **DSP 功能**: 自动增益控制 (AGC), 降噪 (NR), 语音触发 Xmit (VOX), **RX 衰减器(ATT), TX 噪声门, TX 驱动器控制, 音量控制, dBm / S-meter。**
- **SSB 反向边带/载波抑制发射**: 优于**-45dBc**, **IMD3 (两音) -33dBc**, **接收**: 优于**-50dBc**
- **多频带支持**, 可在 **160m-10m** 频带 (以及从 20kHz..99MHz 起具有性能损失) 的范围内连续可调
- **开源固件**, 使用 Arduino IDE 内置; 允许进行实验, 可以添加新功能, 可以通过 Github 共享贡献, 软件复杂性: 2000 行代码
- 基于软件的 **VOX** 可用作**快速的完全侵入** (QSK 和半 QSK 操作), 或协助在数字模式下运行 (无需 CAT 或 PTT 接口) 进行 RX / TX 切换, 带有 **TX** 的外部 PTT 输出/ PA 控制-**延迟**
- **安装简单修改与 8 种组分变化和 8 根线**
- **轻巧, 低成本的收发器设计**: 由于采用 EER 发射器 E 级, 因此具有**很高的功率效率** (不需要笨重的散热器), 并且**设计简单** (不需要复杂的平衡线性功率放大器)
- **完全基于数字和软件的 SSB 发射级**: 通过控制 SI5351 PLL 的相位 (通过超过 800kbit / s 的 I2C 微小的频率变化) 和 PA 的幅度 (通过 PWM 的 PWM) 来采样麦克风输入并重建 SSB 信号。 PA 键整形电路)
- **完全基于数字和基于软件的 SDR 接收器级 (可选)**: 采样来自正交采样检测器数字混频器的 I / Q (复杂) 信号, 并在软件中进行 90 度相移 (希尔伯特变换) 并消除一个通过添加边带
- 三个独立的可切换模拟前端**接收器衰减器 (0dB, -13dB, -20dB, -33dB, -53dB, -60dB, -73dB)**

- 接收机本底噪声 **MDS**: 28MHz 时为**-135 dBm** (200Hz BW)
- 接收器前端选择性: **调谐频率陡峭-45dB /十倍滚降+/- 2kHz**
- **阻塞动态范围: 20kHz 偏移 123dB, 2kHz 偏移 78dB**
- **CW 解码器**, 直/ Iambic-A / B 键控器
- **VFO A / B + RIT 和 Split**, 并通过 I2C 进行相应的继电器频带滤波器切换
- **CAT 支持** (TS480 子集), 可以通过 CAT 流音频, 按键, 显示文本
- 您可能会发现, 这可能是最具**成本效益**且**易于构建**的独立 SDR / SSB 收发器。大大**简化**了原始的 QCX 电路 (即, 减少了 **50%**的**安装组件**, 无需复杂的**变压器绕组**, 无需**对准程序**), 并且使用更加**通用**。

修订记录:

版本号	日期	特征
[R1.02r]	2021-04-05	TX 质量改进, 针对 RFI 反馈的更好的鲁棒性, 修复了 VOX 问题, 单个编码器/仅按钮控制选项, 16MHz Arduino Uno / Nano 支持, CW 消息。
R1.02n	2021-02-22	按键减少, TX 带宽控制, OLED 修复, CAT 远程控制功能 (包括 RX 音频流)。
R1.02m	2021-01-27	CW 支持, TS480 CAT 支持, RX 质量改进, 半 QSK, 带有 TX 延迟的 PA PTT 输出, VFO-A / B / RIT, LPF 切换, 背光节省, 160m。
R1.02j	2020-10-10	集成的 SDR 接收器, CW 解码器, DSP 滤波器, AGC, NR, ATT, 实验模式 CW, AM, FM, 快速菜单, 持续设置, 改进的 SSB TX 质量。LCD 固定, 可选 CW 间距。
R1.01d	2019-05-05	Q6 现在进行了数字开关 (删除 C31) -提高了稳定性和 IMD。改进的信号处理, 音频质量, 增加的带宽, 外观变化和减少的 RF 反馈, 减少的 S 表 RFI, S 表读数以及启动时的自检。接收器 I / Q 校准, (实验性) 幅度预失真和校准。 (原始 QCX-SSB mod

版本号 日期 特征

在此描述 [R1.01d](#))

[R1.00](#) 2019-01-29 SSB 收发器原型的初始版本。

原理图:

应用修改后的原理图下方，未使用的组件被保留，更改的组件以红色标记（单击以放大和下载）（链接到[原始原理图](#)）：

操作:

当前，以下功能已分配给快捷按钮（L =左，E =编码器，R =右）和菜单项：

菜单项	功能	按钮
1.1 体积	音频电平（0..16）和关闭/打开电源（向左转）	E + 旋转
1.2 模式	调制（LSB, USB, CW, AM, FM）	R
1.3 滤波器带宽	音频通带（完整, 300..3000、300..2400、300..1800、500、200、100、50 Hz），这也控制了 SSB TX BW。	R 双击
1.4 带	波段切换到预定义的 CW / FT8 频率（80, 60, 40, 30, 20, 17, 15, 12, 10, 6m）	E 双击
1.5 调整率	调整步长 10M, 1M, 0.5M, 100k, 10k, 1k, 0.5k, 100、10、1	E 或 E 长按
1.6 VFO 模式	选择不同的 VFO 或 RX / TX 分离式 VFO（A, B, 分离）	2 倍 R 长
1.7 RIT	传送中的 RX（开，关）	R 长按

菜单项	功能	按钮
1.8 自动增益控制	自动增益控制 (开, 关)	
1.9 降噪	降噪等级 (0-8), 通过和平滑	
1.10 ATT	模拟衰减器 (0, -13, -20, -33, -40, -53, -60, -73 dB)	
1.11 ATT2	CIC 级 (0-16) 中的数字衰减器, 步长为 6dB	
1.12 S 表	S-Meter 的类型 (OFF, dBm, S, S-bar)	
2.1 CW 解码器	启用/禁用 CW 解码器 (ON, OFF)	
2.2 CW 音调	连续波滤波器+侧音 (600, 700)	
2.3 CW 偏移	CW RX 滤波器偏移对齐 (仅 QCX)	
2.4 半 QSK	在 TX 上, 在 CW 符号和单词空间上使 RX 静音	
2.5 键控速度	巴黎 WPM 中的 CW 键控器速度 (1..35)	
2.6 键控器模式	键控器类型 (Iambic-A, -B, 直键)	
2.7 密钥交换	交换键控器 DIH, DAH 输入 (ON, OFF)	
2.8 练习	出于练习目的禁用 TX (ON, OFF)	

菜单项	功能	按钮
3.1 VOX	声控 Xmit (ON, OFF)	
3.2 噪声门	SSB TX 和 VOX 的音频阈值 (0-255)	
3.3 TX 驱动器	以 6dB 为步长传输音频增益 (0-8), 8 = SSB 的恒定幅度	
3.4 TX 延迟	延迟 TX, 以允许 PA 继电器在 TX 之前完全接通 (0-255 毫秒)	
3.5 MOX	在 Xmit 上监听 (传输过程中音频保持不变)	
4.1 CQ 间隔	给出新的 CQ 消息之前的空闲时间 (以秒为单位) (0-60)	
4.2 CQ 消息	CQ 消息文本, 在菜单中按向左按钮将开始发送	L
4.3 CW 消息 2	CW 消息文本, 在菜单中按左按钮将开始发送	L
4.4 CW 消息 3	CW 消息文本, 在菜单中按左按钮将开始发送	L
4.5 CW 消息 4	CW 消息文本, 在菜单中按左按钮将开始发送	L
4.6 CW 消息 5	CW 消息文本, 在菜单中按左按钮将开始发送	L
4.7 CW 消息 6	CW 消息文本, 在菜单中按左按钮将开始发送	L
8.1 PA 偏差最	PA 振幅 PWM 电平 (0-255), 代表 0% 的 RF 输出	

菜单项	功能	按钮
小值		
8.2 PA 偏置最 大值	PA 振幅 PWM 电平 (0-255)，代表 100% 的 RF 输出	
8.3 参考 频率	si5351 实际晶体频率，用于频率校准	
8.4 智商 阶段	RX I / Q 相位偏移，以度为单位 (0..180 度)	
8.5 智商 测试/校 准	CW 过滤器对齐 (仅 QCX)	
9.1 采样 率	用于调试，测试和实验目的	
9.2 CPU 负载	用于调试，测试和实验目的	
9.3 参数 A	用于调试，测试和实验目的	
9.4 参数 B	用于调试，测试和实验目的	
9.5 参数 C	用于调试，测试和实验目的	
10.1 背 光	显示屏背光 (开，关)	
加电	重置为出厂设置	E 长 按

菜单项	功能	按钮
MAIN	音调频率 (20kHz..99MHz)	转动
MAIN	快速选单	L +E 旋转
MAIN	菜单输入	L
RIT	RIT 返回	R
菜单	菜单返回	R

操作说明:

可以通过旋转旋转编码器来进行调谐。可以通过短按或长按来减小或增大步长。双击可更改频段。短按右侧按钮可更改操作模式；双击右按钮会缩小接收器滤波器的带宽，每次更改模式时都会重置带宽。按下时转动旋转编码器可改变音量。

有一个可用的菜单，可以通过短按左键访问。使用编码器，可以浏览此菜单。当您想更改菜单参数时，按向左按钮可让您使用编码器更改参数。使用右键，可以随时退出菜单。通过在旋转编码器的同时按向左按钮，可以快速访问菜单和参数，一旦抬起向左按钮，就可以通过旋转编码器立即更改参数。

为了接收，默认情况下启用了 **AGC**。当存在弱信号时，这会增加音量，而对于强信号会降低音量。这对 **SSB** 信号很有用，但对 **CW** 操作却很烦人。可以在菜单中关闭 **AGC**，这样可以减少接收器的噪音，但需要更多的手动音量更改。为了进一步降低噪音，可以在菜单中使用 **NR** 参数启用降噪功能。为了最佳地使用可用的动态范围，可以通过启用带有“**ATT**”参数的前端衰减器来衰减输入信号。特别是在 **3.5-7 MHz** 的频率上，大气噪声水平要高得多，因此您可以通过添加衰减（例如 **13dB**）来提高接收机性能，从而仍能听到本底噪声。要校准收发器频率，您可以调谐到校准的信号源（例如 **WWV (10 MHz 上)**），并通过更改“**Ref freq**”（参考频率）参数使信号零拍；或者，您可以使用计数器测量 **XTal** 频率并设置参数。可以通过 **S-meter** 参数选择所选择的 **S-meter (dBm, S, S-bar)**。选择一个 **S** 条，将显示一个信号强度条，其中每个刻度代表一个 **S** 点 (**6dB**)。

对于 **SSB** 语音操作，将麦克风连接到桨式插孔，按 **PTT** 或按板载“键”将使收发器进入发送状态。使用“**TX Drive**”参数，可以设置调制深度或 **PA** 驱动器，默认设置为 **4**，增加它会产生更多的冲击（压缩 **SSB**）。在 **SSB** 中将其设置为值 **8** 意味着以恒定的幅度发送 **SSB**

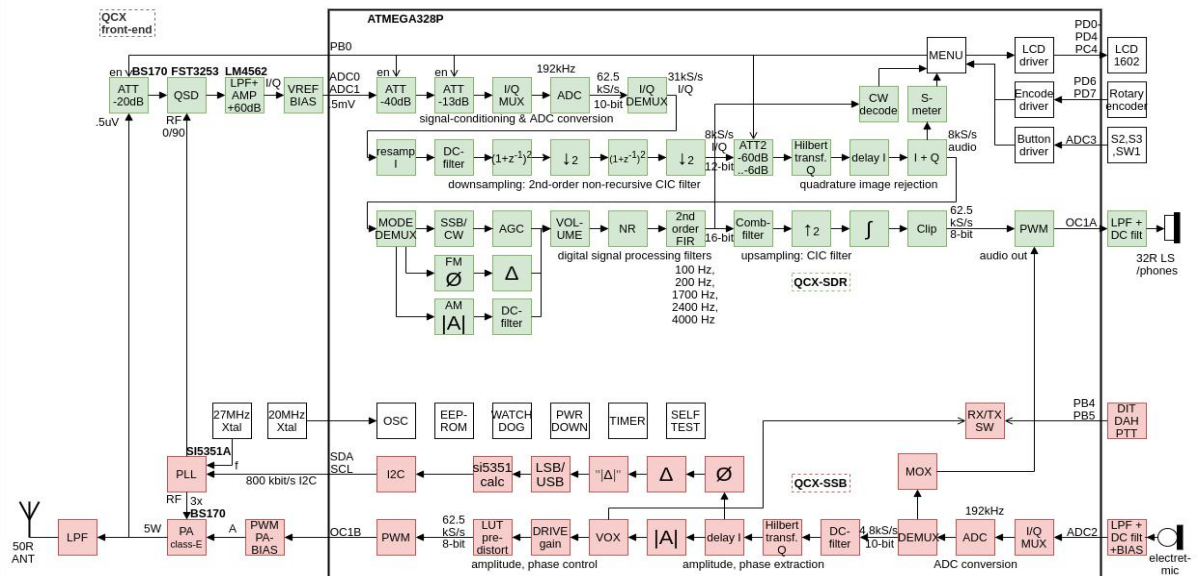
调制（可能降低 RFI，但以音频质量为代价）。要监视自己的调制，可以临时增加 MOX 参数。将菜单项“VOX”设置为 ON，使语音收发器进入 Xmit 语音操作（一旦检测到音频，则处于 TX 模式），可以在菜单中使用“VOX threshold”参数配置 VOX 灵敏度。注意 3），使用 PWM 信号，则可以指定最佳工作范围，从刚好高于 MOSFET 阈值电平到要使用的最大峰值功率（0-180 是我的 QCX 上的好值）。

对于 FT8（和任何其他数字）操作，请通过双击旋转编码器选择一个预编程的 FT8 频段，将耳机插孔连接到声卡麦克风插孔，将声卡扬声器插孔连接到麦克风插孔，然后长按右按钮进入 VOX 模式。将音量调到最小，然后启动您喜欢的 FT8 应用程序（例如 JTDX）。可以在“VOX 阈值”参数中设置 VOX 的灵敏度。

启动时，收发器正在执行自检。它正在检查电源电压和偏置电压，I2C 通信和算法性能。如有偏差，显示屏将在启动过程中报告错误。它还会根据制作的模块发现收发器的功能。检测到以下功能并将其显示在显示屏上：不带 Mod 的 QCX 的“QCX”；带有 SSB mod 的 QCX 的“QCX-SSB”；SIDETONE 断开并连接到扬声器（通过去耦电容器）的 QCX 的“QCX-DSP”；带有 SDR mod 的 QCX 的“QCX-SDR”。请检查此功能是否与 mod 匹配。

技术说明：

操作原理（至少在 ATMEGA 中是这样）类似于以下视频片段：Opzij（荷兰语；“侧面，侧面，侧面，腾出空间，腾出空间，腾出空间，我们是在一个令人难以置信的快感”；满歌词）在这里... :)玩笑放在一边；在 QCX-SSB，SDR 收发器的框图下方：



对于 SSB 接收，将 QCX 模拟定相接收器级替换为数字 SDR 级。这意味着将相移运算放大器 IC6 更改为常规放大器，并将单独的 I 和 Q 输出直接馈入 ATMEGA328P ADC 输入以进行信号处理。ATMEGA328P 以 62kHz 的采样率对 ADC 输入进行过采样（过采样），将该高采样率抽取为较低的采样率，并通过希尔伯特变换执行相移，将结果求和以获得边带抑制；随后，它

应用了低通滤波，AGC 和降噪功能。由于不使用原始的 QCX 相移网络和模拟 CW 滤波器，因此可以省去大约一半的原始 QCX 组件。通过将 IC7B 的功能集成到 IC6A 中，可以节省另一个运算放大器。ADC 输入经过低通滤波（在 1.5kHz 截止频率下为-40dB/十倍滚降），以防止混叠，并使用 1.1V 模拟参考电压对输入进行偏置，以获得更高的灵敏度和动态范围。使用 10 位 ADC 和 4 倍的过采样率，可以在 2.4kHz SSB 带宽中获得 72dB 的理论动态范围。LSB / USB 模式切换通过更改 SI5351 PLL 的 CLK0 / CLK1 信号的 90 度相移来完成。提供三个嵌入式衰减器，以最佳地利用动态范围。第一个衰减器是负责 20dB 衰减的 RX MOSFET 开关 Q5，第二个衰减器是由 ATMEGA ADC 模拟参考（AREF）逻辑选择的 ADC 范围（1.1V 或 5V），并负责 13dB 衰减，第三个衰减器是 ATMEGA 上模拟输入的下拉，带有一个负责 53dB 衰减的 GPIO 端口。组合三个衰减器可提供衰减等级 0dB，-13dB，-20dB，-33dB，-53dB，-60dB，-73dB。

对于 SSB 传输，更改了 QCX DVM 电路并将其用作音频输入电路。将一个驻极体麦克风（带有 PTT 开关）添加到连接 DVM 电路的 Paddle 插孔，其中 DOT 输入充当 PTT，DASH 输入充当音频输入。驻极体麦克风通过一个 10K 电阻器以 5V 偏置。一个 10nF 的阻塞电容器可防止 RF 泄漏到电路中。音频通过 220nF 去耦电容器馈入 ATMEGA328P 微处理器的 ADC2 输入。ADC2 输入通过 10K 分压器网络以 0.55V 偏置到 1.1V 模拟参考电压，具有 10 位 ADC 分辨率，这意味着麦克风输入灵敏度约为 1mV（1.1V / 1024），足以处理言简意。

新的 QCX-SSB 固件被上传到 ATMEGA328P，并以完全基于软件的方式促进了数字 SSB 生成技术的发展。DSP 算法以 4x4800 样本/秒的速率对 ADC2 音频输入进行采样，执行希尔伯特变换，并确定复信号的相位和幅度。相位变化被限制为注 2，并转换为正（对于 USB）或负（对于 LSB）相位变化，进而转换为临时频率变化，该频率每秒以 800kbit / s 的 I2C 速率每秒发送 4800 次到 SI5351 PLL。这导致 SSB 载波信号发生相位变化，并提供带宽为 2400 Hz 的 SSB 信号，从而衰减了相对边带分量中的杂散。

复信号的幅度控制着 PA 的电源电压，从而控制了 SSB 信号的包络。按键整形电路由一个 32kHz PWM 信号控制，该 PWM 信号可以 256 个步长将 PA 电压控制在 0 至 12V 之间，从而在 SSB 信号中提供 $(\log_2(256) * 6 =) 48\text{dB}$ 的动态范围。卸下 C31 以确保 Q6 作为数字开关工作，从而提高了效率，热稳定性，线性度，动态范围和响应时间。尽管振幅信息对于使 SSB 信号可理解不是强制性的，但是增加振幅信息可以提高质量。复振幅还可以在 VOX 模式下使用，以确定何时应该进行 RX 和 TX 转换。代替使用键整形电路进行包络控制，可以用（滤波后的）PWM 信号直接偏置 PA MOSFET。

IMD 性能取决于系统质量：幅度和相位响应的线性（精度）以及这些量的精度（动态范围）。尤其是 DSP 的位宽，DSP 算法中使用的精度，提供 PA 和 PA 相位响应的 PWM 和按键整形电路至关重要。减小（或消除）C32 可以改善 IMD 特性，但要以增加载波周围的 PWM 乘积为代价。

结果

这是一个示例，我用 5W 的 QCX-SSB 在 40m 上调用 CQ，并在约 400 公里处被 Hack Green websdr 接收，请注意，此后，音频质量进一步提高了。

数个 OM 报告称成功进行了 QCX-SSB 修改，并能够在 20m 和 40m 频带上数千公里的范围内与 SSB QRP DX 进行联系。在 CQ WW 竞赛中，我可以在短短几个小时内以 CN3A 作为最远的

接触，在 40m 上用 5W 功率和一个反向 V 电压在 34m 上制作 34 个随机 QSO，我可以观察到在某些情况下使用带有恒定包络的 SSB 的好处我的信号微弱的地方；对于 FT8，使用了带有 JTDX 的 Raspberry Pi 3B +，使 FT8 接触一直到 NA。

测量：使用 QCX-SSB R1.01，改进的 RTL-SDR，Spektrum-SVmod-v0.19，Sweex 5.0 USB 音频设备和 Audience 播放器进行以下性能测量。公认的是，这种测量设置有其自身的局限性，因此，由于该设备很容易进入过载状态，因此测量的动态范围在某种程度上受到 RTL-SDR 的限制。使用以下设置进行测量：USB 调制，无预失真，两音输入 1000Hz / 1200Hz，其中音频级别在压缩开始之前设置。结果：

互调失真产物（两音；具有不同包络的 SSB）IMD3，IMD5，IMD7：分别为-33dBc；-36dBc；-39 分贝

互调失真产物（两音；具有恒定包络的 SSB）IMD3，IMD5，IMD7：分别为-16dBc；-16dBc；-19 分贝

相反的边带抑制（两音）：优于-45dBc

载波抑制（两音）：优于-45dBc

宽带杂散（两音）：优于-45dBc

3dB 带宽（扫描）：0..2400Hz

团队的众筹机器情况介绍：

这是一款短波 qrp 的 ssb/cw 收发信机！

1602 屏，带电池内置，有配充电器，内置 mic，内置喇叭！可以接自动键，可以 cw 译码
解码功能！

采用 IRF 系列发射管，耐操！

接天线即可使用！（M 座）

8 波段版本！功率驻波数字显示！外接 13.8v 最大功率 10w！内置 12.6v 电池稍小些！

体积：76 宽 x46 深 x130 长 mm

后期提供 ft8 选件连接器！

使用 tcxo（日本 KDS）！精度 0.5PPM（1 年 1PPM）

铝外壳激光打标！

全铝大旋钮！透光硅胶按键（收绿色，发红色）

如有不当之处，请多包涵!!

Cn-sdr team 敬礼!

附：插口说明



Charge:给内置锂电池的充电口，只能用配带的充电器！禁止用其他充电器！

开关: OFF 关机 **BAT:** 内置电池供电 **13.8:**外置电源供电

DC13.8V/3A:外置供电端口

KEY: 自动键体连接(A,B,单键)

PA: 外接功放，PTT 信号

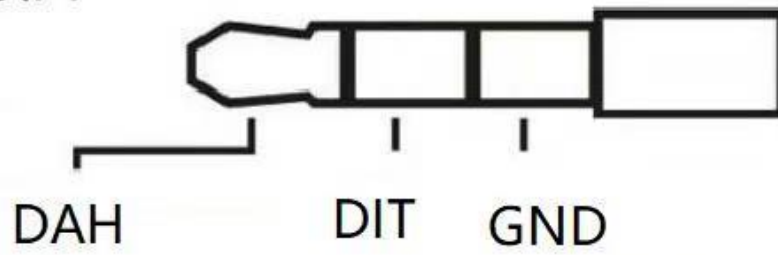
MIC: 外接手咪口

UART: 串行通讯口（指令兼容 TS-480)

SPK: 外接喇叭

插口定义图:

CW接口



MIC接口





UART接口

