FREEDOM
Communication Technologies

应用说明：

在自由通讯系统分析仪上测试 MOTOTRBO™无线电的 DMR 应用说明

MOTOTRBO™专业数字双向无线电系统 Motorola 以及 MOTOTRBO 于美国专利商标局注册。
© Motorola, Inc. 2010 版权所有
FCT-1004A

Motorola CPS 和调谐器软件
Motorola 提供的 CD 中含有为无线电频道和功能提供的软件编程工具（CPS）。调谐器软件用于调整和校准多项无线电参数，如接收器（RX）前端和射频（RF）功率。

调谐器软件更新
2010 年 1 月，Motorola 在调谐器软件中添加了一种测试模式，便于以数字模式进行 TX 误码率和 RX 误码率敏感性测试。为了发挥软件的测试功能，受试的无线电需要具备 R01.06.00 或以上版本的固件。可以通过当地 Motorola 代理商更新固件。调谐器软件是 Motorola 的收费产品。

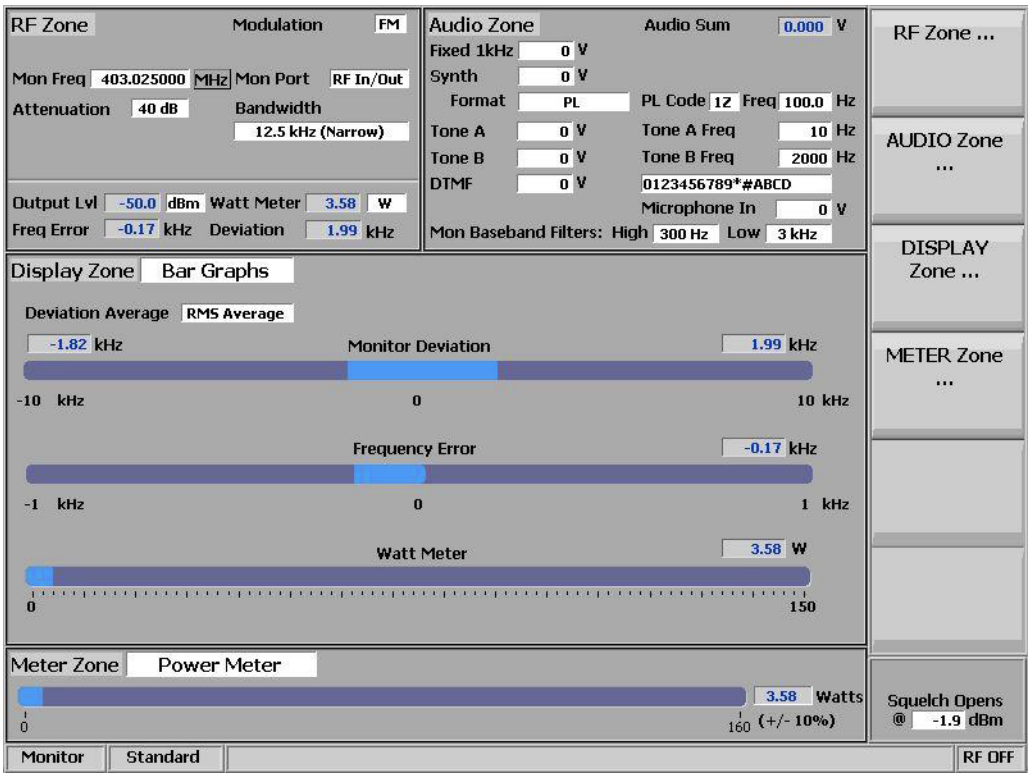
无线电配置
为了使用 R8000 以测试无线电的模拟和数字模式，用户必须使用 CPS 软件配置无线电频道和设置。

注意，所有测试必须采用“单工”单频道射频模式。在 MOTOTRBO 无线电中也称为 Talkaround 模式。

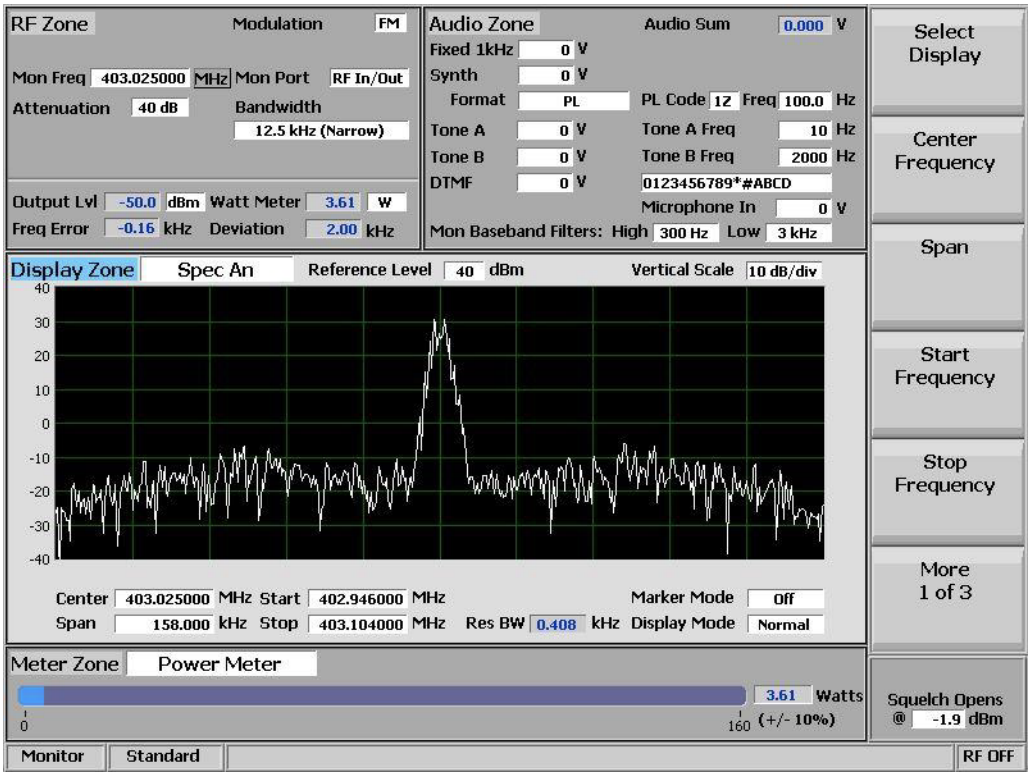
可用频道
在测试时，应配置两种频道，一个数字频道，一个模拟频道。用户可使用任何可用备用频道进行这两种配置，只要使用相关频道射频设置 R8000 监测器频率。

使用 R8000 测试配置进行 MOTOTRBO 测试
若具有 Motorola 测试箱 RLN4460，则可以进行整套模拟和/或数字无线电性能测试。以下详细测试程序展示了一个测试子集，适用于不具备测试箱的情况。然而，你需要测试箱来测量 TX&RX 音频绝对值，如 TX 调制限制和 RX 信噪比。

模拟发射机测试
设置以下 R8000 配置：
- 按下蓝色的“Monitor”（监测器）按键
- 选择“RF Zone”（RF 区）
- 选择“Monitor Frequency”（监测器频率），使用数字键盘输入测试频道频率，如：403.025000 MHz。
- 选择“Attenuation”（衰减），设置为 40dB。
- 选择“Modulation Type”（调制类型），根据底部热键功能菜单设置 FM。
- 选择“Bandwidth”（带宽），根据底部热键功能菜单设置为 12.5 KHz。
- 选择“More 1 of 2”。
- 选择“Mon Port”（Mon 端口），使用上下（▲▼）键或旋钮设置为“RF In/Out”（入/出射频）。
- 选择“Input Level Units”（输入电平单位），设置为“Watts”（瓦特）。
- 选择数字键“4”，输入到显示区。
- 选择“Select Display”（选择显示），根据底部功能菜单设置“Bar Graphs”（条形图）。



- 若希望监控 TX 频谱，则可以选择“Spec An”。
- 可以选择“Modulation Scope”（调制范围），将显示传输的音频以及调制 TX 的偏差。



- 使用 SMA 适配器和同轴电缆将无线电的天线端口连接到 R8000 的 RF 入/出端口。
- 打开无线电，选择模拟编程频道。
- 配置完成，可以测试无线电发射机参数。
- 键入 PTT，观察 R8000 上显示的测量数据。RF 功率、偏差、频率误差、调制音频和偏差（调制范围）。对话筒讲话，声音会从 R8000 扬声器中传播出去。
- 根据需要调整“静噪”控制器。

注 1：
需要使用 Motorola 测试箱 RLN4460 测试更复杂的发射机功能。以上程序仅测试无线电的基础操作和功能。

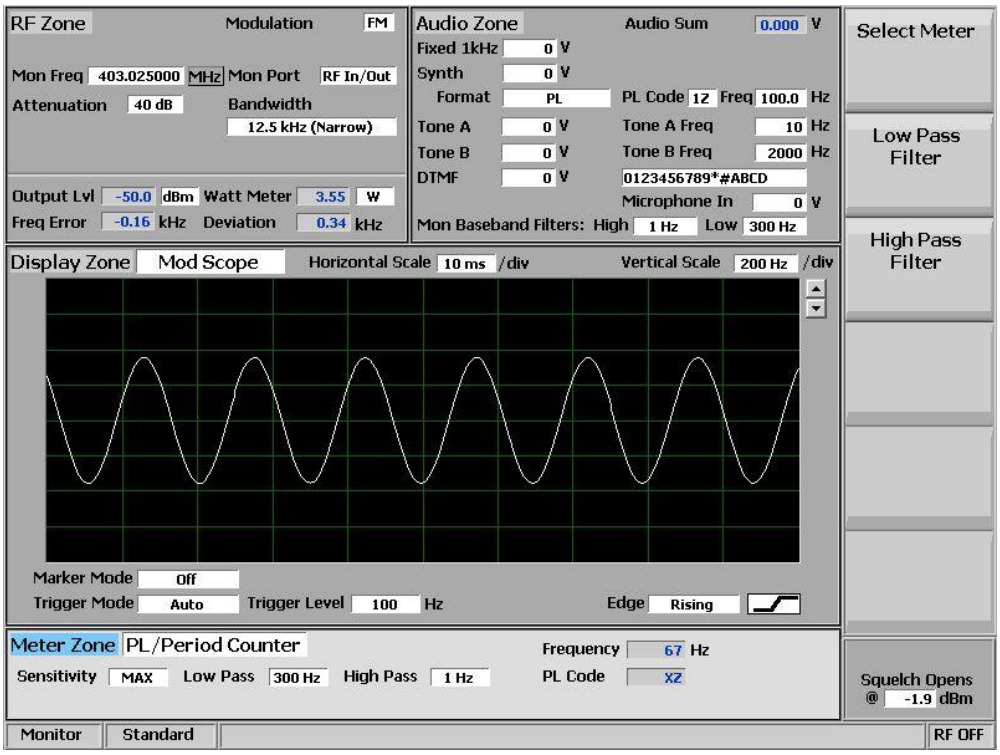
注 2：
以上 R8000 配置和设置可保存为“预设”。这可以避免在每次需要测试时重复上述程序。

保存预设步骤
- 按下蓝色的“Test”（测试）硬键
- 选择“Save Configuration As”（将配置保存为）
- 使用字母数字键盘、左/右（◄►）键和旋钮输入一个文件名称，便有后续提醒你本测试。例如“DMR ANL TX”。
- 按下输入键。配置将添加到可用“预设”列表。

可选测试：解码发射器（TX）信号控制音调。

专用线路（PL）
若无线电用于传输 PL 音调，则可解码并在 R8000 上显示：
- 在“Monitor”（监测器）模式下，选择数字键“7”，然后输入“Meter”（量表）区。
- 选择“Select Display”（选择显示），然后选择“More 1 of 3”，再选择“PL/Period Counter”（PL/时限计数器）。
- 选择“Low Pass Filter”（低通滤波器），在菜单中设置为 300Hz。
- 选择“High Pass Filter”（高通滤波器），在菜单中设置为 1Hz。
- 键入无线电 PTT，显示无线电的解码 PL。
- 在“Presets”（预设）中保存为“ANL PL DECODE”（ANL PL 解码）。

数字专线（DPL）
若无线电用于传输 DPL 音调，则可解码并在 R8000 上显示。
- 在“Monitor”（监测器）模式下，选择数字键“7”，然后输入“Meter”（量表）区。
- 选择“Select Display”（选择显示），然后选择“More 1 of 3”，再选择“DPL 解码”。
- 键入无线电 PTT，显示无线电的解码 DPL。
- 在“Presets”（预设）中保存为“ANL DPL DECODE”（ANL DPL 解码）。

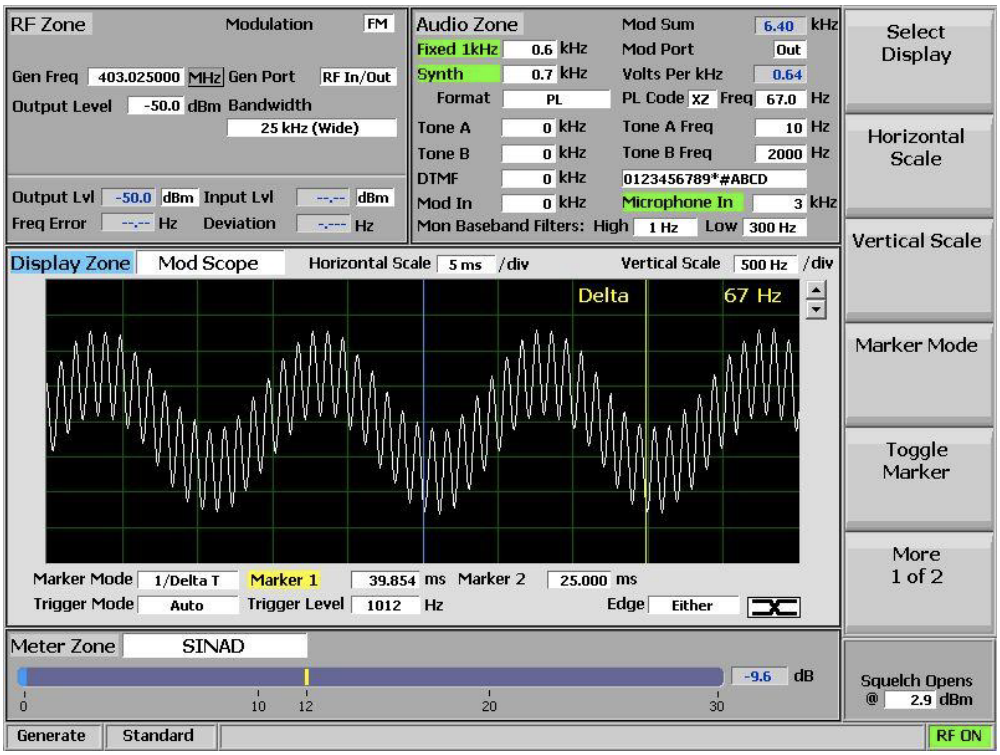


模拟接收机测试

- 按下蓝色的“Generate”（生成）硬键
- 选择“RF Zone”（RF 区）
- 选择“Monitor Frequency”（监测器频率），使用数字键盘输入测试频道频率，如： 403.025000 MHz。
- 选择“Modulation Type”（调制器类型），设置为 FM。
- 选择“Output Level”（输出电平），使用数字键盘或旋钮输入既定的 RF 输出功率。最好从-50dBm 开始设置。
- 选择“Gen Port”（Gen 端口），使用旋钮设置为入/出 RF。
- 选择“Bandwidth”（带宽），根据底部功能菜单设置为 12.5 KHz。
- 选择“More 1 of 2”，然后选择“输出电平单位”，设置为 dBm。
- 选择数字键“2”（快捷键），输入“Audio Zone”（音频区）。
- 选择“Fixed 1kHz Level”（固定 1kHz 电平），使用数字键或旋钮设置为 2 kHz。
- 选择“Fixed 1kHz Mode”（固定 1kHz 模式），设置为“Continuous”（连续）。
- 按下“More 1 of 5”，直到进入第 4 页菜单。
- 选择“Microphone Mode”（麦克风模式），并设置为“Continuous”（连续）。
- 选择“Microphone Level”（话筒电平），使用键盘或旋钮设置为 3 kHz。
- 选择数字键“4”（快捷键），输入“Display Zone”（显示区）。
- 选择“Select Display”（选择显示），设置“Mod Scope”（调制范围）
- 调整范围的垂直和水平范围，显示发送至无线电的调制数据。
- 选择数字键“7”（快捷键），输入“Meter Zone”（量表区）。
- 选择“Select Meter”（选择量表），根据底部功能菜单键设置为“SINAD”（信噪比）。
- 使用 SMA 适配器和同轴电缆将无线电的天线端口连接到 R8000 的 RF 入/出端口。打开无线电，选择模拟编程频道。
- 配置完成，可以测试无线电接收器参数。

- 你将在无线电扬声器上听到一个 1 kHz 的音调，向 R8000 话筒讲话，声音将从无线电扬声器传播出去。可以减小 RF 信号幅度，直到听得见的 1kHz 音调开始减弱并失真，从而实现 RX 敏感性的充分逼近。

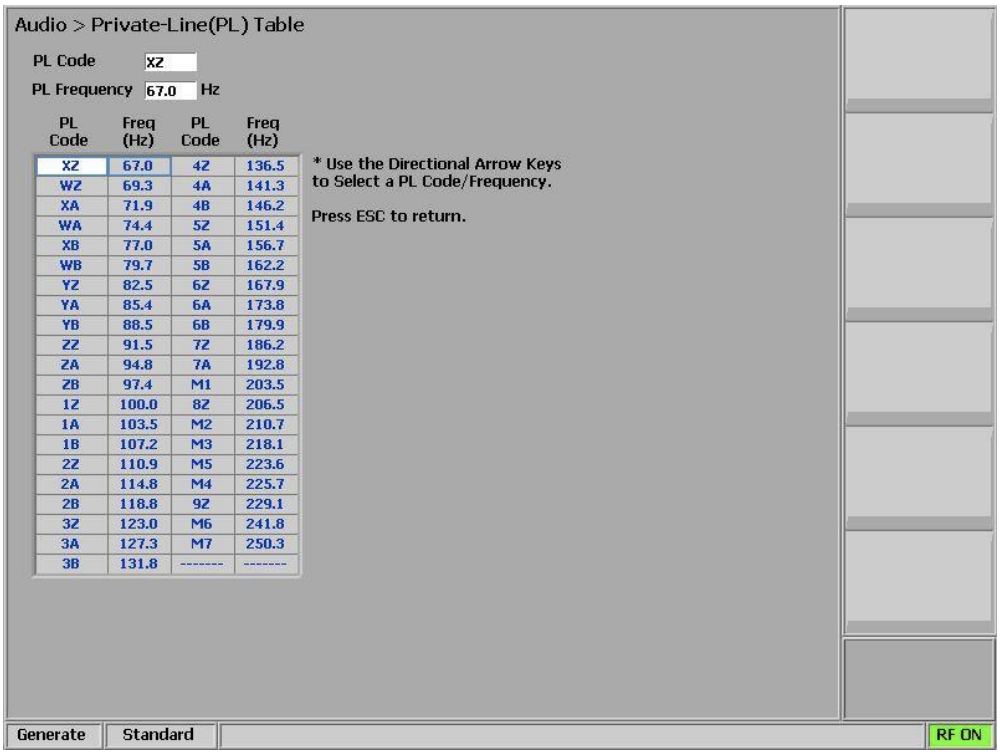
注 1：
信噪比和 RX 敏感性的绝对测量值需要通过 Motorola 测试箱 RLN4460 获得。



保存预设步骤：
- 按下蓝色的“Test”（测试）硬键
- 选择“Save Configuration As”（将配置保存为）。
- 使用字母数字键盘、左/右（◀▶）键和旋钮输入一个文件名称，便有后续提醒你本测试。例如“DMR ANL RX”。
- 按下输入键。配置将添加到可用“预设”列表。

可选测试：编码 RX 信号控制音调

专用线路（PL）
若无线电编程用于接收 PL 音调，打破 RX 静噪，则可以设置 R8000 发送以下编码：
- 在“Generate”（生成）模式下，选择数字键“2”，然后输入“Audio”（音频）区。
- 选择“Synth Level”（合成器电平），设置为所需的 PL 偏差；这一参数一般设定为 700Hz。
- 选择“Format”（格式），设置为 PL。
- 选择“More 1 of 5”，然后选择“Synth Mode”（合成器模式），设置为“Continuous”（连续）。
- 选择“PL Table”（PL 表），使用上下（▲▼）键在表格中选择想要的 PL。
- 按下“Esc”，返回到主菜单。
- R8000 将使用要求的 PL 调制 RF 载波。



数字专线（DPL）

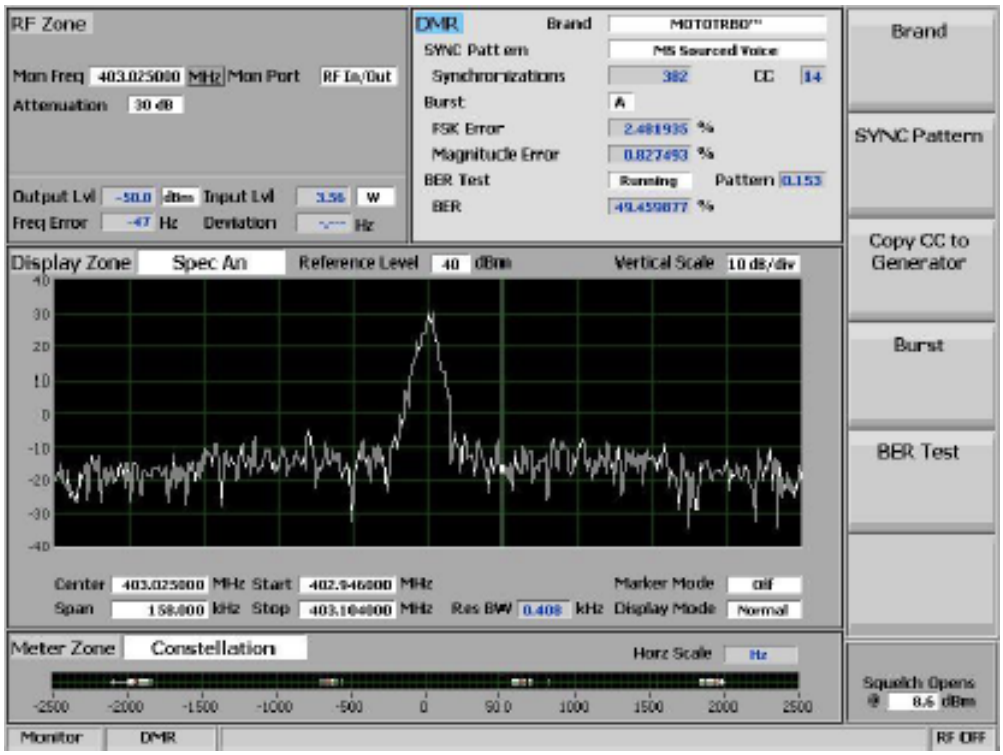
若无线电编程用于接收 DPL 音调，打破 RX 静噪，则可以设置 R8000 发送以下编码：

- 在“Generate”（生成）模式下，选择数字键“2”，然后输入“Audio”（音频）区。
- 选择“Synth Level”（合成器电平），设置为所需的 DPL 偏差；这一参数一般设定为 700Hz。
- 选择“Format”（格式），设置为 DPL。
- 选择“More 1 of 5”，然后选择“Synth Mode”（合成器模式），设置为“Continuous”（连续）。
- 选择“DPL Table”（DPL 表），使用上下（▲▼）键在表格中选择想要的 DPL。
- 按下“Esc”，返回到主菜单。
- R8000 将使用要求的 DPL 调制 RF 载波。

数字发射机测试

- 按下蓝色的“Monitor”（监测器）按键
- 按下蓝色的“Test”（测试）硬键
- 选择“Test Mode”（测试模式）。
- 选择“DMR”区，然后选择“Brand”（品牌），设置为“MOTOTRBO”。
- 区域内显示数字测试参数。
- 选择“SYNC Pattern”（同步模式），设置为“MS Sourced Voice”（MS 来源语音），使用移动系统测试（移动或便携无线电）；“BS 来源语音”用于基站测试（或中继器）。
- 选择“Burst”（脉冲），设置为“A”，使用 DMR 语音超帧的第一帧进行测量：输入电平、星阵图、FSK 误差和振幅误差
- 选择“RF Zone”（RF 区）快捷键“1”。
- 选择“Monitor Frequency”（监测器频率），使用数字键盘输入测试频道频率，如： 403.025000 MHz。
- 选择“Attenuation”（衰减），使用上/下（▲▼）键或旋钮设置为 40dB。
- 选择“Mon Port”（Mon 端口），设置为（入/出 RF）。
- 选择“Input Level Units”（输入电平单位），设置为“Watts”（瓦特）。

- 开启无线电，设置为数字频道。
- 键入无线电 PTT。



- 注意，FSK 误差%和幅度误差%字段反映的是无线电数字调制器的质量。若 FSK 误差<5%且幅度误差<1%，则表明发射机质量良好。
- “星阵图”仪表反映的是码元判决时载波的偏差，通过后检波滤波器测得。四个白色指示符群越紧密，表示调制器性能越好。
- 频谱分析仪反映的是数字调制频谱，具有随机调制特征。这是一种正常的 TDMA 数字传输模式，因为频谱分析仪与 TDMA 信号“开/关”操作的时隙不同步。
- R8000 解码无线电的颜色编码，并显示结果；选择“Copy CC to Generator”（将 CC 复制到发生器），R8000 将设置用于接收机测试的无线电 CC。
- RF 区输入电平显示的是接受信号同步 TDMA 间隔既定脉冲的功率。

注：

- 若输入高于+10 dBm（10 mW），则使用宽频功率测量值。这一字段将在“Input Lvl”（输入电平）和“Watt Meter”（功率表）之间切换，因为 DMR TDMA 传输共包含两个间隔，在使用和未使用之间交替转换。未使用间隔（无功率）将功率表的值减小到小于使用的间隔的功率。
- RF 区频率误差显示的是 DMR 传输载波和 R8000 监测器频率之间的频率误差。

保存预设步骤：

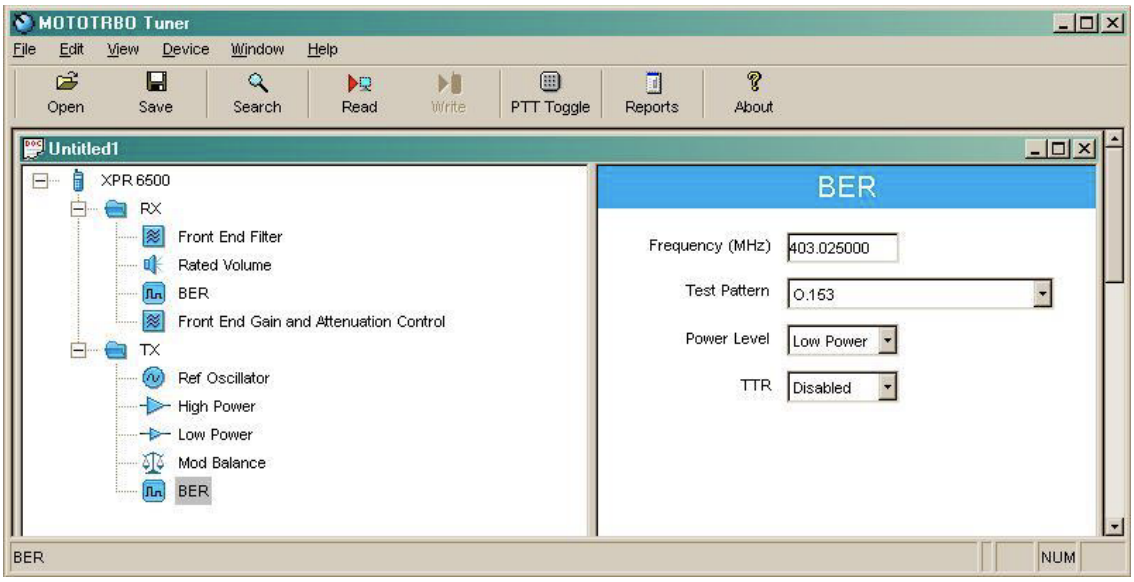
- 按下蓝色的“Test”（测试）硬键
- 选择“Save Configuration As”（将配置保存为）。
- 使用字母数字键盘、左/右（◀▶）键和旋钮输入一个文件名称，便有后续提醒你本测试。例如“DMR DIG TX”。
- 按下输入键。配置将添加到可用“预设”列表。

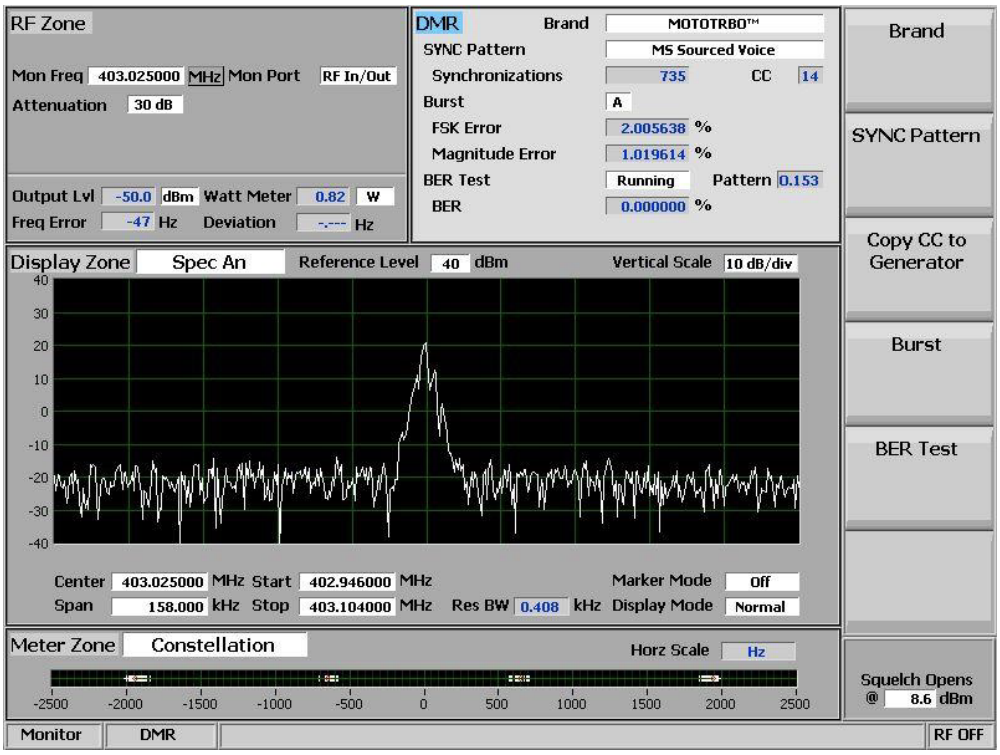
比特误差率（BER）测试

TX BER 测试

TX BER 测试要求 PC 运行 Motorola 调谐器软件，无线电通过编程和控制电缆（无线电配带）与计算机的 USB 端口连接。本测试中使用的无线电的固件版本必须为 R01.06.00 或以上。在检查无线电固件版本时，按下“Menu”（菜单）、“Utilities”（实用工具）、“Radio Info”（无线电信息）、“Firmware Version”（固件版本）。

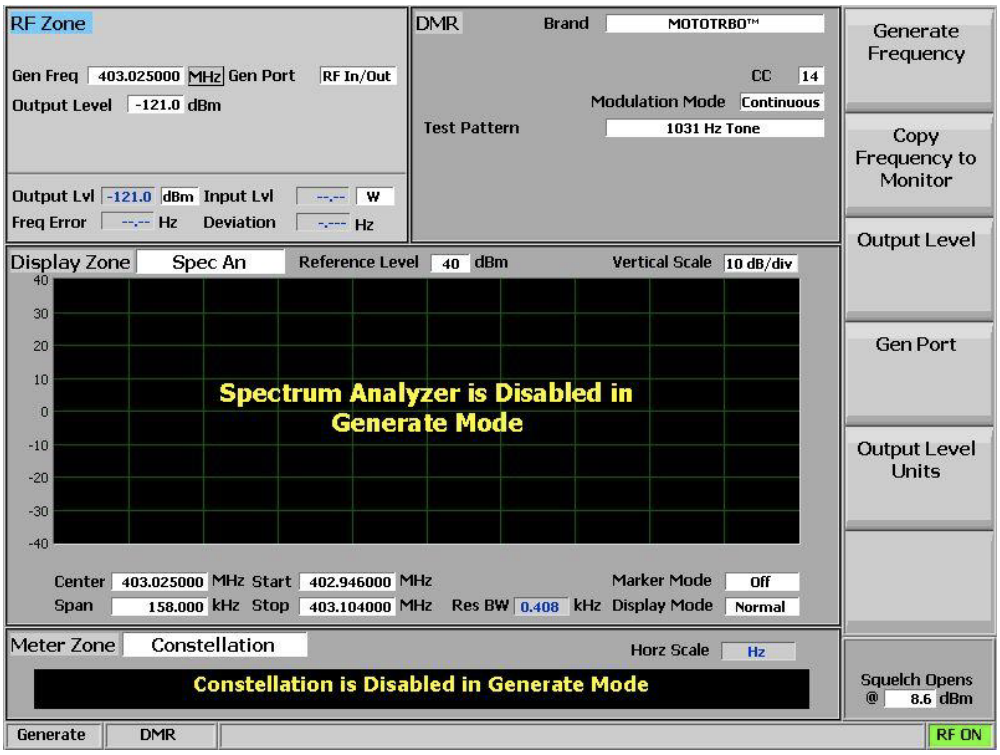
- 关闭电源，使用提供的控制电缆将 MOTOTRBO 无线电与 PC 的 USB 端口连接。
- 在 PC 上，“Start”（打开）调谐器软件，然后接通无线电电源。
- 按下软件控制面板上的“Read”（读取）图标。无线电将进入测试模式，然后将信息下载到 PC 上。
- 在“TX”下选择 BER。
- 在“Frequency”（频率）显示字段输入待测试的频道频率。
- 在“Test Pattern”（测试模式）字段中选择“O.153”。
- 在 R8000 上（采用“Generate”（生成）模式）选择数字键“2”，进入 DMR TX 测试菜单。
- 按下“BER Test”（BER 测试），然后按下“Start”（开始）。
- 在 Motorola 调谐器控制面板上，按下“PTT Toggle”（PTT 切换）
- 在 R8000 上，观察不断增值的“Synchronizations”（同步）计数器，确保 BER%显示读数为 0.00000%。





数字接收机测试

- 按下蓝色的“Generate”（生成）硬键
- 按下蓝色的“Test”（测试）硬键
- 选择“Test Mode”（测试模式）。
- 选择“DMR”。
- 选择数字快捷键“1”，进入“RF Zone”（RF 区）。
- 选择“Monitor Frequency”（监测器频率），使用数字键盘输入测试频道频率，如： 403.025000 MHz。
- 选择“Output Level”（输出电平），使用数字键盘或旋钮输入既定的 RF 输出功率。最好从-50dBm 开始设置。
- 选择“Gen Port”（Gen 端口），使用旋钮设置入/出 RF。
- 选择数字快捷键“2”，进入“DMR Zone”（DMR 区）。
- 选择“Color Code”（颜色编码），根据待测试的频道设置。**注：**若未知，使用“Monitor”（监测器）模式从无线电传输中读取一个数字，然后选择“Copy CC to Generator”（将 CC 复制到发生器）。
- 选择“Modulation Mode”（调制模式），设置为“Continuous”（连续）。
- 选择“Test Pattern”（测试模式），设置为“1031 Hz Tone”（1031 Hz 音调）
- 开启无线电，设置为数字频道。
- 现在你应该可以听到无线电扬声器中的 1031Hz 数字测试音调。
- 选择数字快捷键“1”，进入“RF Zone”（RF 区）。
- 选择“Output Level”（输出电平）
- 通过使用旋钮降低 RF 电平，直到听到音调衰减或中断，可以非常好地逼近数字接收机敏感性。若以 1dB 的幅度渐渐接近较低电平，则一般在-122 至-125 dBm 范围可以实现这一点。这与模拟模式下实现的-121dBm 12dB SINAD 敏感性具有可比性。



保存预设步骤：

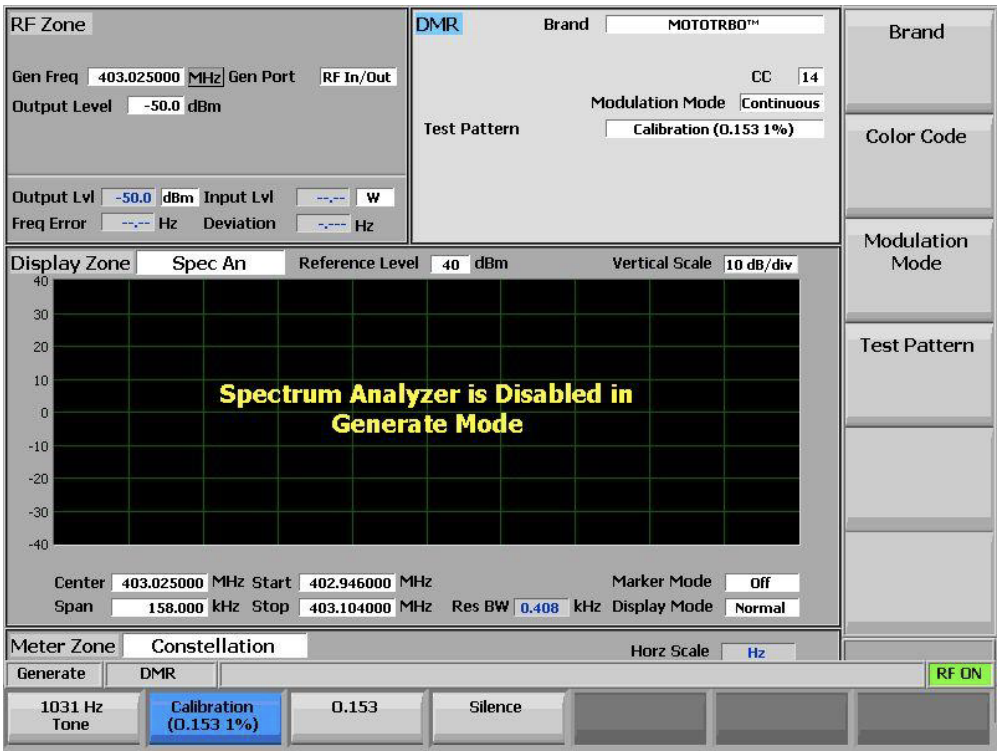
- 按下蓝色的“Test”（测试）硬键
- 选择“Save Configuration As”（将配置保存为）。
- 使用字母数字键盘和旋转旋钮输入一个文件名，以便日后识别此测试。例如“DMR DIG RX”。
- 按下输入键。配置将添加到可用“预设”列表。

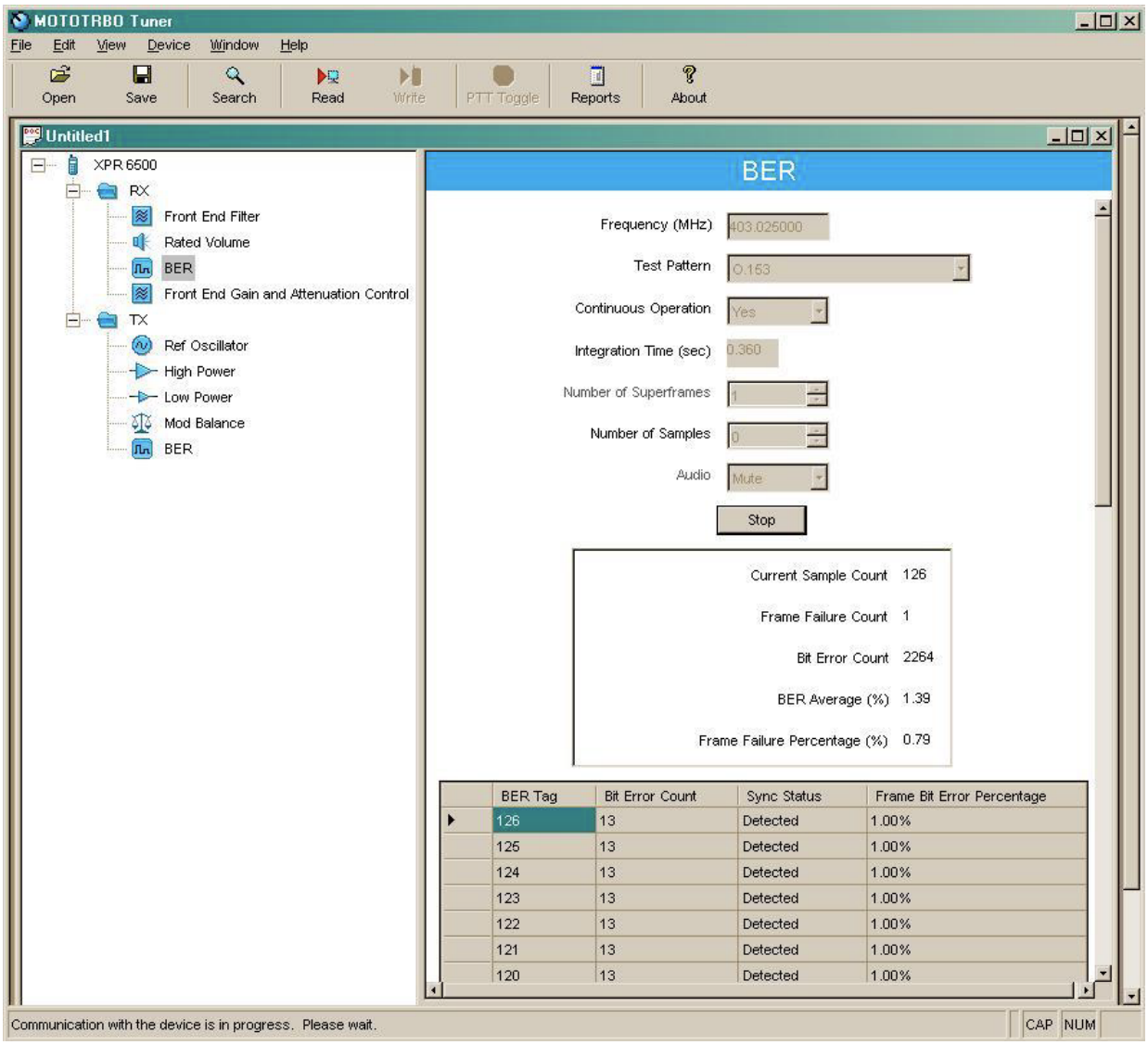
RX BER 敏感性测试

TX BER 敏感度测试要求 PC 运行 Motorola 调谐器软件，无线电通过编程和控制电缆（无线电配带）与计算机的 USB 端口连接。本测试中使用的无线电的固件版本必须为 R01.06.00 或以上。在检查无线电固件版本时，按下“Menu”（菜单）、“Utilities”（实用工具）、“Radio Info”（无线电信息）、“Firmware Version”（固件版本）。

- 关闭电源，使用提供的控制电缆将 MOTOTRBO 无线电与 PC 的 USB 端口连接。
- 在 PC 上，“Start”（打开）调谐器软件，然后接通无线电电源。
- 按下软件控制面板上的“Read”（读取）图标。无线电将进入测试模式，然后将信息下载到 PC 上。
- 在“TX”下选择 BER。
- 在“Frequency”（频率）显示字段输入待测试的频道频率。
- 选择 O.153（针对 BER“Test pattern”（测测试模式）），选择“Yes”（是）（针对连续运行模式）。
- 将无线电的天线端口与 R8000 RF 入/出端口连接。
- 在 R8000 上，按下“Test”（测试），然后按下“Presets”（预设），然后按下“Load Selected Preset”（负荷选择预设），在此储存“DMR DIG RX”测试。若已经处于 DMR 测试生成模式，则这一步骤可以省略。
- 将 R8000 输出电平设置为-116dBm；根据 Motorola 规范，需要测量 0.0000% BER。

- 选择数字键“2”，然后选择“Test Pattern”（测试模式），设置为“Calibration (0.153 1%)”（校准（0.153 1%））**注：**这一校准设置将提供一个“confidence”（置信度）电平，在此，无线电检测并报告的 BER 为 1%。这一测试模式适用于每 100 个位元中存在一个误差的情况，即 1%。
- 选择“Modulation Mode”（调制模式），设置为“On”（开启）。
- 在 Motorola 调谐器屏幕上，向下滚动并观察 BER 测试结果；应为 1.00%。
- 在 R8000 上，选择“Test Pattern”（测试模式），然后设置为“0.153”。
- 在 Motorola 调谐器屏幕上，向下滚动并观察 BER 测试结果；应为 0.0000%。
- 在“RF Zone”（RF 区），以 0.5dB 减量调整 RF 电平，直到 BER 接近 1%。这一电平值是数字 RX 的绝对敏感度。
- 退出调谐器软件，断开所有测试设备，将无线电恢复为正常运行模式。





总结

这一应用说明描述了 R8000 和 MOTOTRBO 无线电的配置和设置，便于以模拟和数字模式进行要求的测试。