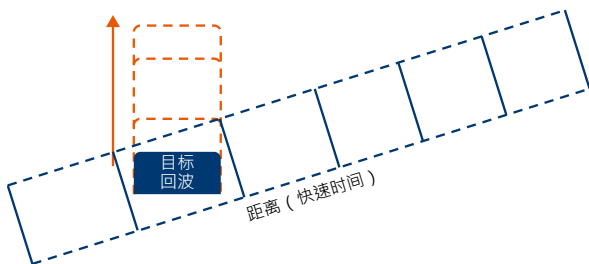


距离门拖引干扰双通道测量

使用R&S®RTP高性能示波器和R&S®VSE-K6A相控阵测量选件

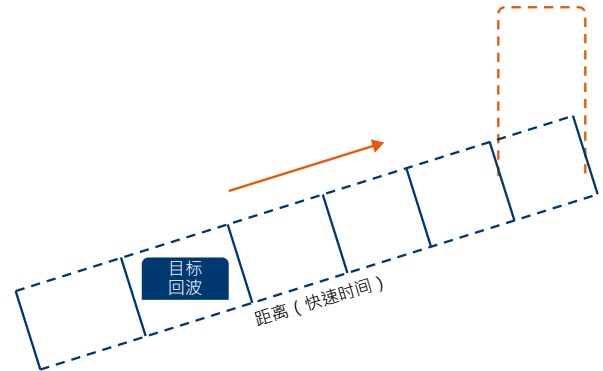
您的任务

干扰是通过增加干扰机相对于雷达的功率比实现的。欺骗性干扰则是一种改进形式，它通过以下过程将受干扰雷达的干信比 (J/S) 逐渐增加到无穷大。首先，在雷达测得的目标回波上，干扰机逐步提高干扰脉冲的功率，从而截获雷达的距离波门和速度波门。这将导致雷达会根据干扰脉冲（又称覆盖脉冲）的功率电平调节自动增益控制 (AGC)。



干扰机逐渐提高干扰覆盖脉冲的功率，以便截获AGC。

截获AGC之后，干扰机开始改变干扰脉冲的频率和延时，以使其不同于干扰飞行器的距离和速度（多普勒）。当受干扰雷达从干扰飞行器的距离和速度门“分离”时，由于受干扰雷达不再测得来自干扰飞行器的任何目标回波，因此J/S无穷大。



干扰机增加覆盖脉冲延时以将雷达拖到较晚的距离门，J/S变得无穷大。

这可以从Neri¹⁾ 导出的针对相干雷达的欺骗性自我保护干扰的J/S等式中看出：

$$\frac{J}{S} = \frac{P_j G_j}{P_{t,r} G_r} \frac{4\pi R^2}{\sigma}$$

其中， P_j 和 G_j 表示干扰机的功率和增益， $P_{t,r}$ 和 G_r 表示受干扰雷达的发射功率和增益， σ 表示干扰飞行器的雷达散射截面积 (RCS)， R 表示干扰机和受干扰雷达之间的距离。当受干扰雷达被拖到干扰机以外的其他距离门或多普勒门时，RCS变为零，因此等式中的分母将变为零，J/S增加到无穷大。

在射频条件下验证欺骗性干扰技术需要使用支持功率和时间测量的双通道测量接收机。第一个通道测量受干扰雷达，通常使用信号发生器进行模拟。第二个通道测量干扰技术。

两个通道的相关测量可以揭示J/S何时实现以及何时变为无穷大。

¹⁾ Neri, Filippo. 《电子防御系统概论 (第二版)》，SciTech Publications, 2006年，第399页。

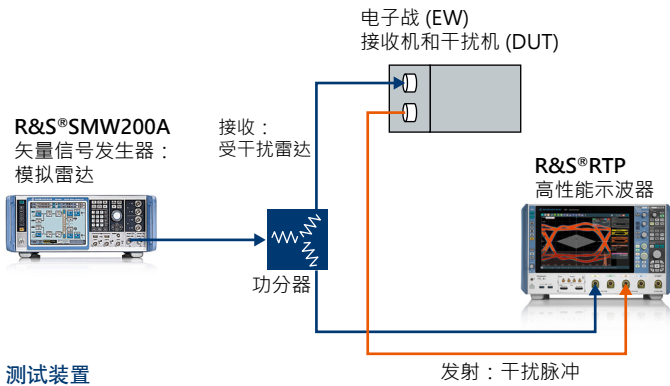
产品手册 | 版本01.00

ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real



罗德与施瓦茨解决方案



示波器是用于双通道比较测量的理想接收机，也是进行定时测量的黄金标准。测试装置包括R&S®SMW200A矢量信号发生器，用来模拟受干扰雷达并在干扰机中引起干扰响应，以及R&S®RTP高性能示波器，用来测量并比较受干扰雷达和干扰响应。测量可借助示波器和运行R&S®VSE-K6A相控阵测量选件的R&S®VSE矢量信号分析软件。

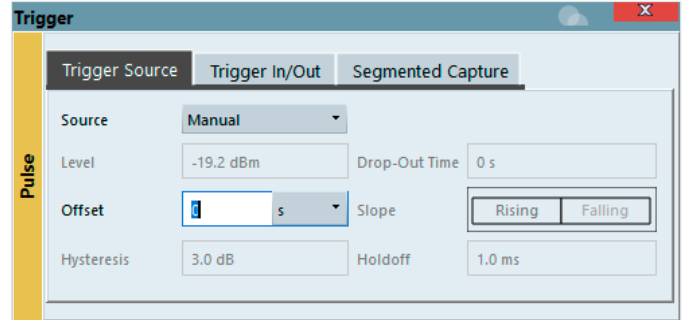
为了使用基础的示波器测量距离门拖引 (RGPO)，需要使用雷达的第一个脉冲来触发两个通道（触发设置见后文描述）。增大示波器时基以覆盖整个拖引范围。换言之，如果受干扰雷达受到的总拖引为50 μs ，则将时基设为50 μs 。使用具有足够分段的快速分段功能捕获干扰技术，然后通过历史功能进行查看。附加的跨通道相关测量能够精确识别每个时刻每个脉冲之间的时间偏移。



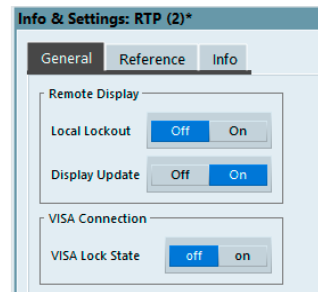
使用示波器的RGPO测量：相关功能测量干扰技术和受干扰雷达之间的延时。当延时超出干扰飞行器的距离范围时，J/S变为无穷大。

R&S®VSE矢量信号分析软件和R&S®VSE-K6A相控阵测量选件还可以测量射频脉冲。软件和选件内置包含脉冲宽度、脉冲幅度、脉冲重复间隔和脉冲频率的脉冲测量功能，这些功能难以使用示波器的基本功能直接测量。同时测量两个射频通道时（例如测量RGPO），R&S®VSE-K6A选件便于电子战 (EW) 工程师自动测量干扰技术并精确掌握相对定时和幅度情况。

执行RGPO测量时，可以启用R&S®VSE的脉冲测量通道，并将其连接到R&S®RTP高性能示波器。首先，针对受干扰雷达的脉冲配置触发。使用触发菜单将R&S®VSE触发设为“Manual”（手动）。



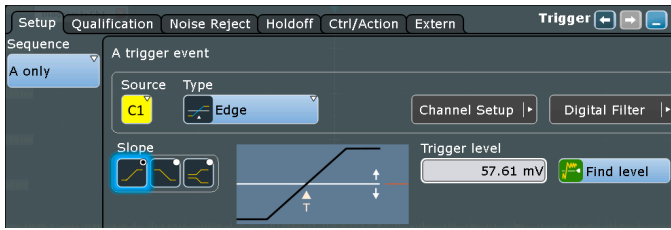
在R&S®VSE仪器窗口的“Info & Settings”（信息和设置）中，确保“Display Update”（显示更新）已开启。



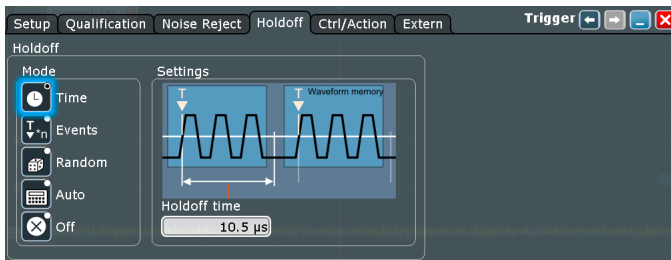
按下示波器前面板上的或浏览器访问界面的“Local”（本地）按钮。



在测量受干扰雷达的示波器通道中设置边沿触发。本例中使用通道1进行测量。确保所设置的触发电平远高于示波器的底噪，以防止噪声触发测量。



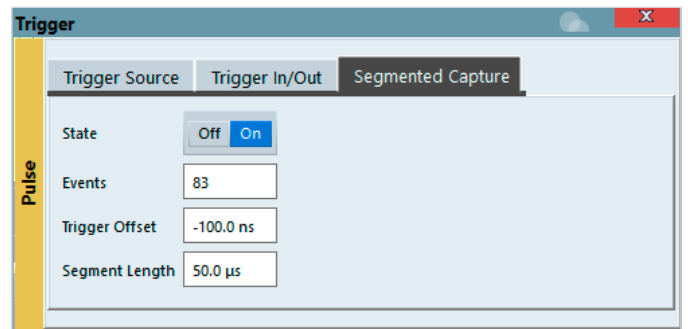
为边沿触发添加一个略长于受干扰雷达脉冲的触发抑制。本例中受干扰雷达的脉冲宽度为10 μs。



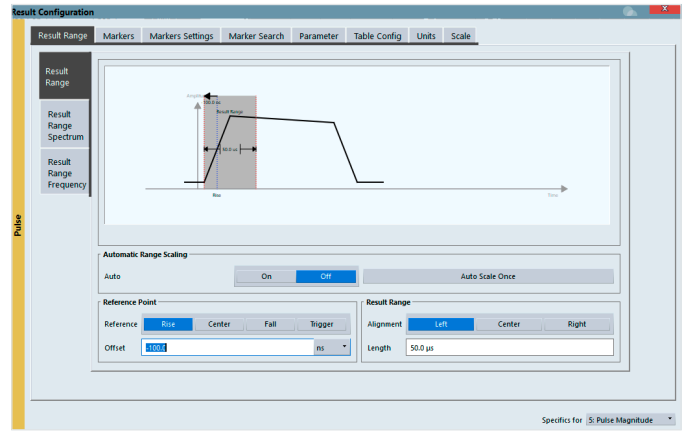
最后，将触发模式设为“Normal”（正常），这样，示波器会根据触发条件捕获符合条件的一个波形或一组波形。

返回R&S®VSE，然后配置数据采集滤波器和采样率。测量脉冲功率和调制时，使用平坦采集滤波器而非高斯滤波器，因为脉冲已自加窗，所以高斯滤波器会造成调制频谱失真。依次通过“Meas Setup”（测量设置）到“Data Acquisition”（数据采集）再到“Filter Type”（滤波器类型）进行设置。如果测量脉冲调制，则将采样率和调制带宽相匹配。请注意，增加测量带宽也会增加噪声带宽，并降低测量信噪比（SNR）。提高信号功率可以改善这一点。

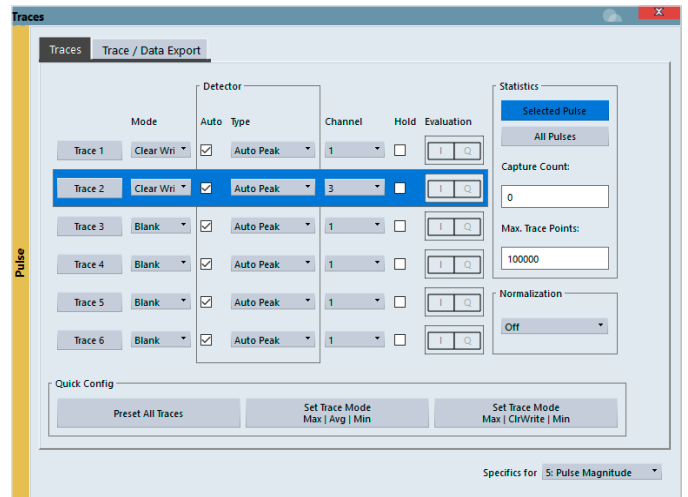
现在，配置分段捕获。与基本示波器应用一样，确保分段长度充足以便捕获相对于受干扰雷达中触发脉冲的整个分离情况。



然后，配置显示。点击脉冲幅度显示，然后配置结果范围，确保将参考点和结果范围均配置为“rise”（上升），长度（即分段长度）配置为50 μs。

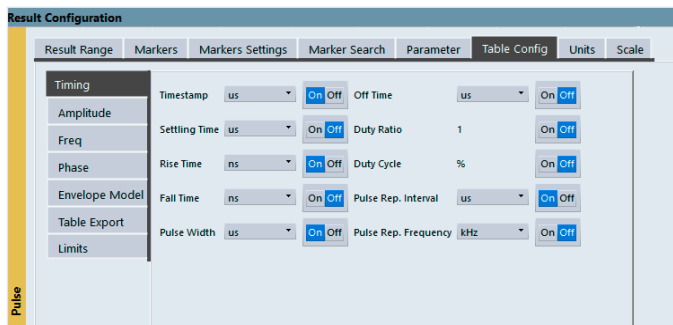


关闭对话框，然后使用通道3为脉冲幅度增加第二个迹线：



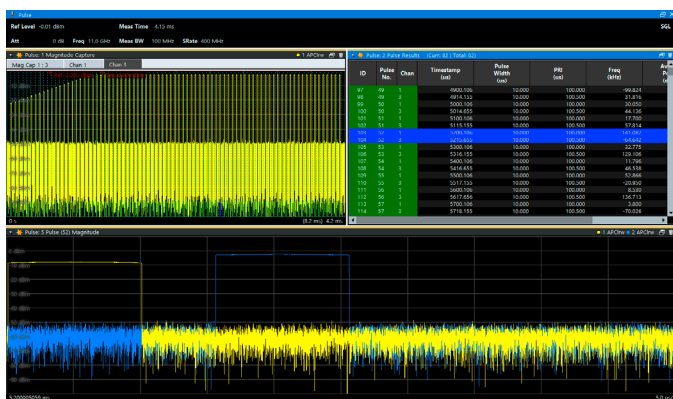
这样将能够查看整个分段，并观察干扰脉冲相对于雷达脉冲的分离”情况。

然后，点击脉冲结果表，并在“Table Config”（表格配置）选项卡下进行配置。开启“Timing”（定时）一栏，这样受干扰雷达和干扰脉冲之间的时间差将显示在脉冲结果表中，并可以在下一步中进行后处理。



最后，点击“Capture”（捕获）按钮，然后等待受干扰雷达触发示波器以捕获波形段。

完成捕获后，如下所示的脉冲测量中将显示捕获的波形段。可以滚动脉冲结果表（右上方）查看每个波形段。本例显示来自示波器通道1和通道3的波形段52。脉冲幅度显示（底部）显示受干扰雷达脉冲（黄色）和干扰脉冲（蓝色）。干扰脉冲的功率更大，并相对于受干扰雷达出现延时。



可以将数据导出到电子表格，并运行Visual Basic子程序来计算通道1和通道3中脉冲之间的时间戳或脉冲幅度差，进而自动进行RGPO测量。

```

Sub RGPO_measurement()
    ' RGPO Measurement
    ' Measures the difference in time stamp between pulse pairs to compute the progress of an RGPO
    '
    Dim N As Integer
    Range("A1" & Rows.Count).End(xlTo):Select 'find the last row of data
    N = ActiveCell.Row 'get N to the last row of data to use in the For loop
    For i = 34 To N Step 2 'row 34 is the first row of RGPO data unless you report without the headers. Increment by two because each row is a pulse pair
        Range("F" & i).Select 'the column F can be any free column. In this case, I inserted a blank column into E to store the RGPO result
        Application.CutCopyMode = False
        ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RC[-1]-R[-1]C[-1]" 'subtract the time stamp of the victim radar pulse from the RGPO pulse
    Next i
End Sub
    
```

结果显示在下方的RGPO一列中。可以使用相同的代码来计算受干扰雷达和干扰机之间的幅度或频率差。

ID	Pulse No.	Timestamp	RGPO	Pulse Width	PRI	Avg ON Power
Unit		s		s	s	dBm
1	1	0.0001001		1.00E-05	0.0001	-8.47012
2	1	0.0001002	5.00000E-08	1.00E-05	0.0001	-22.685
3	2	0.0002001		1.00E-05	0.0001	-8.46965
4	2	0.0002002	5.00000E-08	1.00E-05	0.0001	-21.6662
5	3	0.0003001		1.00E-05	0.0001	-8.47105
6	3	0.0003002	5.00000E-08	1.00E-05	0.0001	-20.6689
7	4	0.0004001		1.00E-05	0.0001	-8.47599
8	4	0.0004002	5.00000E-08	1.00E-05	0.0001	-19.667
9	5	0.0005001		1.00E-05	0.0001	-8.46349
10	5	0.0005002	5.00000E-08	1.00E-05	0.0001	-18.6594
11	6	0.0006001		1.00E-05	0.0001	-8.47486
12	6	0.0006002	4.90000E-08	1.00E-05	0.0001	-17.6761
13	7	0.0007001		1.00E-05	0.0001	-8.47393
14	7	0.0007002	4.90000E-08	1.00E-05	0.0001	-16.6817
15	8	0.0008001		1.00E-05	0.0001	-8.47177
16	8	0.0008002	4.90000E-08	1.00E-05	0.0001	-15.6833
17	9	0.0009001		1.00E-05	0.0001	-8.47367

总结

R&S®VSE-K6A相控阵测量应用软件具有内置的多通道射频脉冲测量功能，可使用R&S®RTP高性能示波器进行高达16 GHz的测量。它是分析欺骗性干扰技术（例如距离门拖引）和自动化干扰机测试的强大工具。

另见

- ▶ www.rohde-schwarz.com/product/vse
- ▶ www.rohde-schwarz.com/product/RTP