

Anritsu

Discover What's Possible™

频谱分析指南



www.anritsu.com

内容	
介绍	4
频率域/时间域	4
频谱分析仪	7
类型	7
基本操作	8
特征	9
频率范围	9
频率解析度	11
灵敏度和噪声系数	13
视频滤波和平均	15
信号显示范围	16
动态范围	17
频率精度	18
应用	19
调幅	19
调制指数	20
调制频率	24
调制失真	26
调频	27
调频信号带宽	29
频谱仪测量调频信号	31
调幅加调频	33
脉冲和脉冲调制信号	35
线谱	37
脉冲响应	37
脉冲频谱	38
测量例	39
互调失真	39
C/N 测量	40
占用带宽	41
a)XdB 方式	41
b)N%方式	41
邻信道泄漏功率	42
突发平均功率	44

附录	
A	45
频谱仪转换系数	45
驻波比 - 反射系数 - 回波损耗	46
功率测量	47
附录	
B	48
幅度调制	48
附录	
C	51
频率调制	51
贝赛尔函数	52
附录	
D	54
脉冲调制	54
附录	
E	56
互调失真 / 截止点	56

虽然我们尽力保证这本册子的精确性，但是我们对其中发生的错误不承担责任。我们保留在不通知的情况下修改产品指标的权利。

介绍

现代射频或微波测试的工程师手头有很多测试设备，每个测试设备都可以完成相应的测试任务。其中包括：

- a) 示波器—主要用于在时域测量和分析信号幅度。在扫描 CRT 上显示复杂的信号。
- b) 场强测试仪 (F.S.M) —本质上和选择性幅度计是一样的，但是可以计算和显示入射到校准天线的电信号的功率谱密度，直接以 $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 形式显示场强。
- c) 调制分析仪—分析无线电信号的调制特征。这些设备可以解调 AM, FM 和 PM 信号。新型号的设备还可以解调数字通讯信号，测试结果通常以数值结果显示。
- d) 频率计—对信号的频率进行测试的数字仪表。一些仪表还可以测量 ‘pulse7’ 和 ‘脉冲’ 信号。
- e) 信号发生器—非常重要的一类仪表。信号源的成本在很大程度上取决于附加的功能和使用的参考频率源。
- f) 频谱分析仪—在频域测量信号的频率和幅度。现代频谱仪也可以解调 AM 和 FM 信号。同时一些高性能扫频型分析仪使用 DSP 处理技术，可以解调数字调制信号。这个不是频谱仪本身的能力。

频谱分析仪是最广泛通用的工具。这个指南会描述频谱仪重要的性能，测量的信号类型和进行的测量。

频域/时域

在介绍部分，我们已经提到信号可以用示波器在时域显示，或使用频谱分析仪在频域显示。通常来说，在时域，主要来恢复相对时序和相位信息，从而可以来表征器件的行为。电路元件例如功率放大器，调制器，滤波器，混频器和振荡器，用频率响应来表征，会更好。这些频率信息需要在频域进行分析才可以获得。

参考图 1，可以观察这些不同的区域

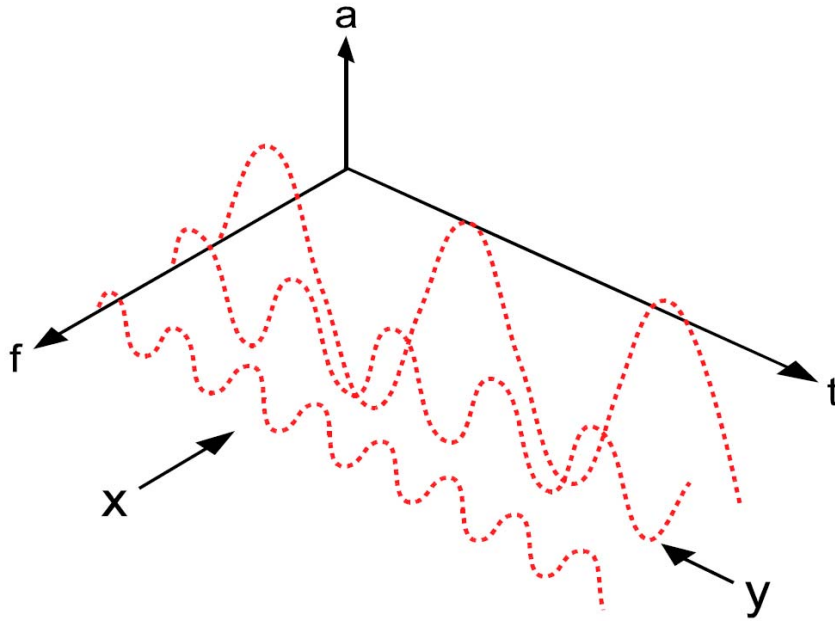


图 1

上图使用 3 维模型代表一个电磁信号：

- (i) 时间轴(t)
- (ii) 频率轴 (f)和
- (iii) 幅度轴 (a)

从 X 点看去，产生幅度—时间显示，显示的踪迹是每个信号幅度的和。时域显示了复杂的信号，但是不能给出其中单个信号的信息（图 2）

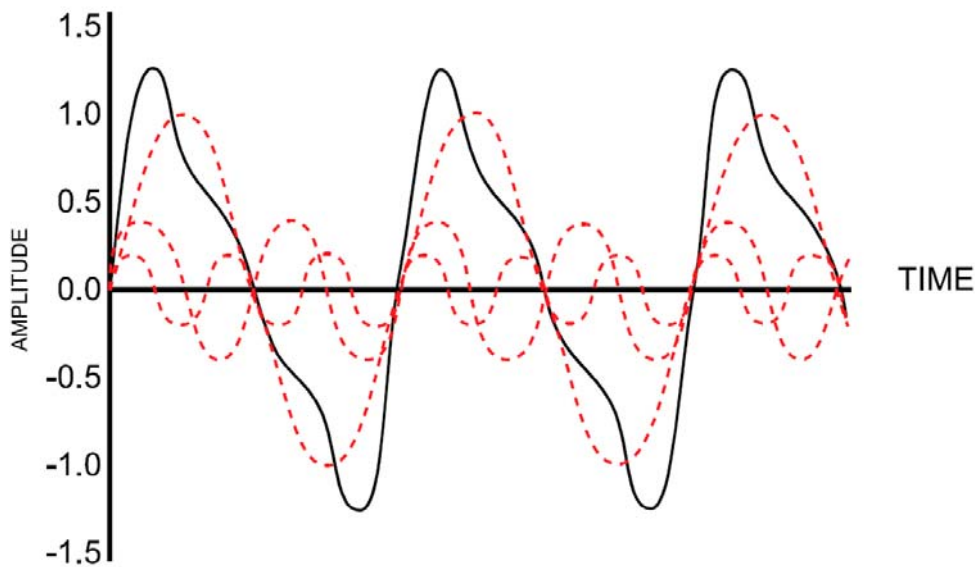


图 2

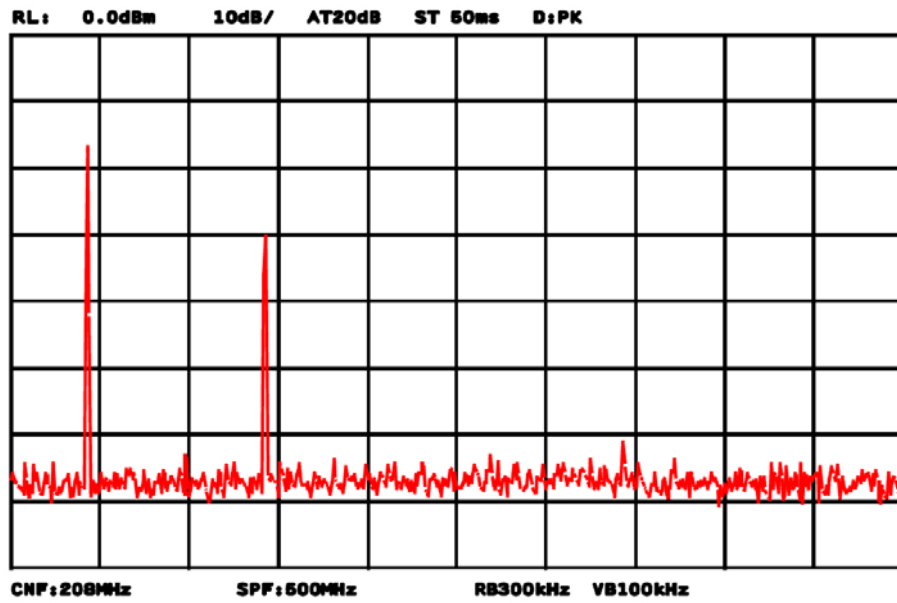


图 3

在图 1 上，如果从 Y 点看去，产生幅度—频率显示。可以显示复杂信号中每个分量的信息。在频域下观察信号，允许对电路元件的频率响应，杂散分量和失真进行定量测试（图 3）。

频谱分析仪

类型

频谱分析仪可以分为两种基本类型，扫频型和实时型。正如描述的一样，扫频型频谱分析仪在特定的频率范围内扫描输入的信号，信号的频率分量依次被采样(图 4)。使用扫频型频谱分析仪可以分析周期和随机信号，但是不能分析瞬态信号。

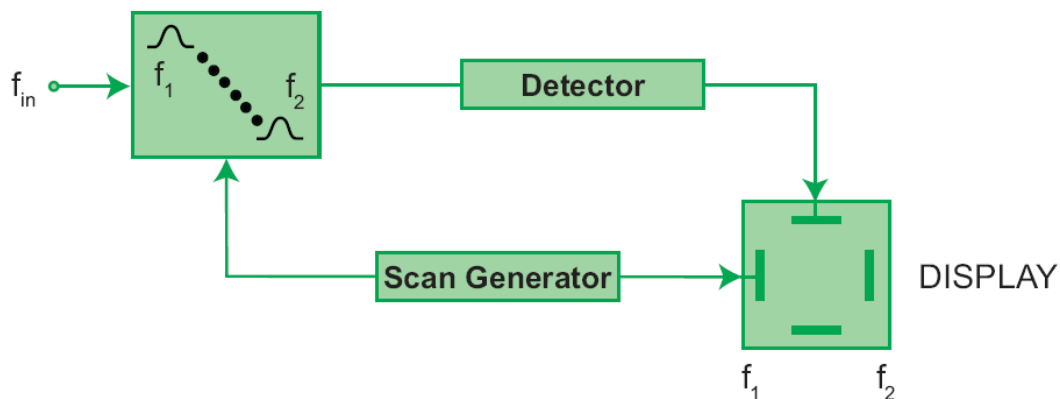


图 4

然而，实时频谱分析仪在所有的频率范围内同时采样，这种技术可以分析瞬态和周期/随机信号(图 5)。由于实时频谱分析已经很少见，所以这个指南主要关注扫频型频谱分析仪。

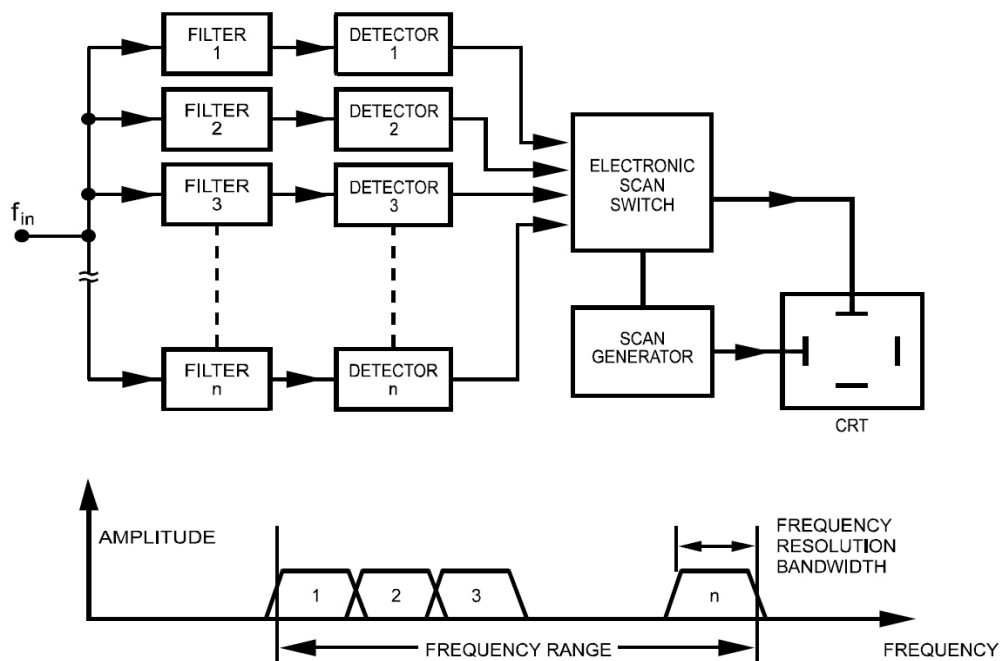
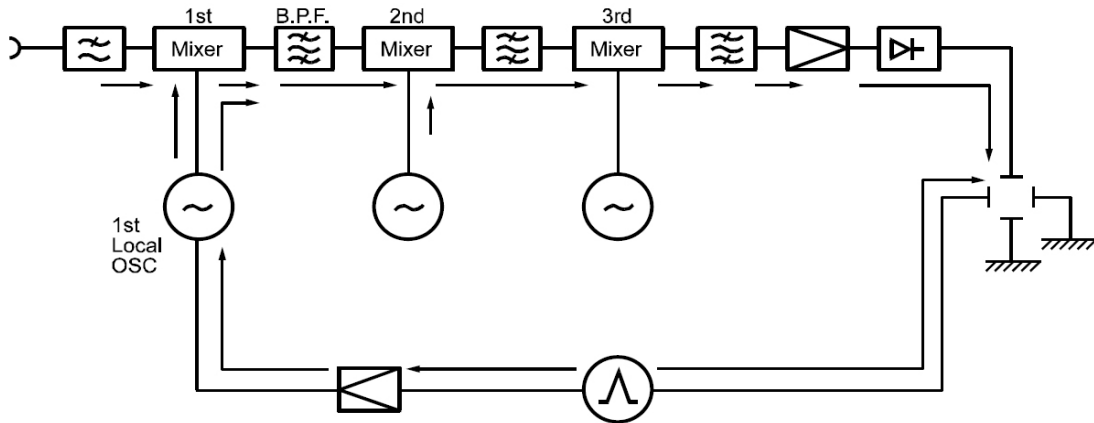


图 5

基本原理

现代频谱分析仪基于超外差接收机原理（图 6）。输入信号 f_m ，在混频器和可调协本振 f_{Lo} 的作用下，被转换成中频信号 f_{IF} 。当输入信号的频率和本振频率之差是中频频率时，信号就会在显示屏上响应。



$$f_{IN} = f_{LO} \pm f_{IF}$$

图 6

上面的公式称为调协等式，决定了频谱分析仪的频率范围。使用超外差技术，中频放大器可以获得较高的接收灵敏度。同时使用本振的谐波混频，可以扩展频谱分析仪的频率范围。然而，这种技术不是实时的，扫描的速率受制于中频滤波器的充电时间。

特征

频谱分析仪有如下的特征：

- a) 宽频率范围
- b) 通过内部校准源和修正技术对频率和幅度进行校准
- c) 平坦的频率响应。
- d) 使用合成本振和参考源，具有很好的频率稳定度。
- e) 很低的内部失真。
- f) 很好的频率解析度。
- g) 高电平灵敏度。
- h) 线性和对数显示幅度（电平和分贝）
- i) 绝对和相对测量能力。

频率范围

本振单边带噪声决定了频谱分析仪的最低频率。甚至当没有输入信号的时候，会出现本振馈通。在低频率上，频谱仪的灵敏度受限于本振的单边带噪声。图7给出了

不同中频带宽下的平均噪声电平–频率曲线。

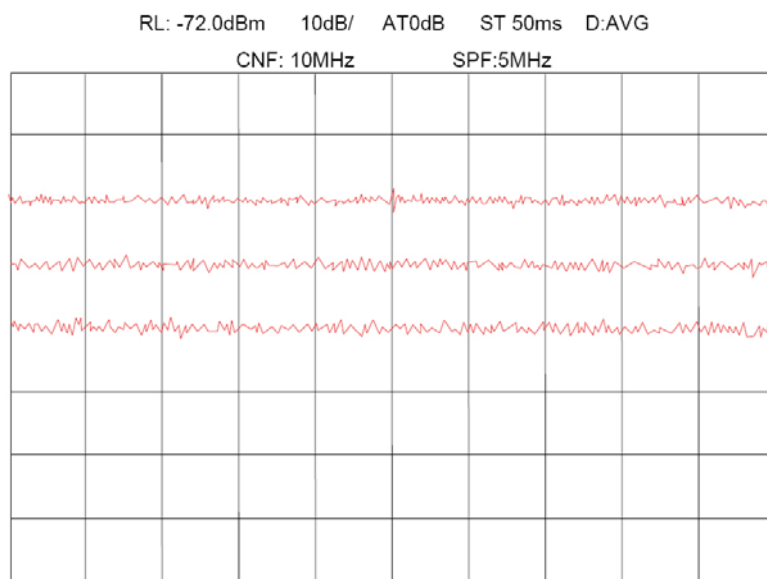


图7

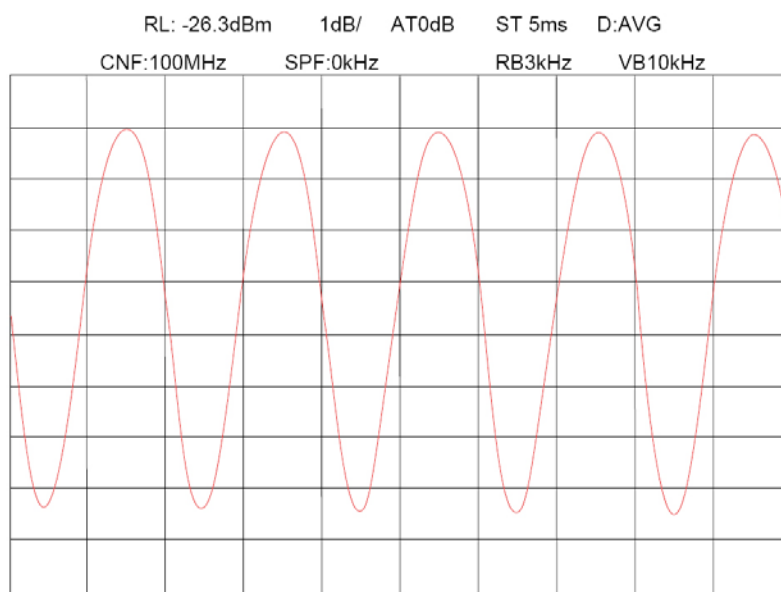


图8

然而，需要注意，当减小中频带宽，由于中频滤波器的充电时间变长，在给定的频率范围内扫描的时间会增加。这就意味着扫描时间的增加可以允许中频滤波器有足够的时间来做出响应，这样才可以输出非失真的信号。通常，频谱分析仪会自动考虑这些因素，称为‘耦合’。在检波器之后，信号会被进一步滤波，称为视频滤波器，扫描时间和这个滤波器也有关系。

以上的因素都是相互依赖的，都会耦合在一起。例如，改变了其中一个参数，会影响到另外一个参数。

在现代频谱分析仪上，另外一个功能就是零扫宽模式。在前面提到，多数的分析仪

都是基于超外差接收机来设计的，本振是连续扫描的。假如本振不连续扫描，而是固定的，那么频谱分析仪就是一个固定调谐接收机。在这种模式下，虽然扫描发生器仍然在扫描显示屏幕，但是显示的是时域，例如显示的是幅度-时间（图8）。

频率解析度

频谱分析仪的频率解析度（通常称为“解析带宽”）是频谱分析仪测量两个相邻信号并区分这两个信号的能力。频率解析度由三个主要因素决定：

- a) 使用的中频带宽
- b) 中频滤波器的形状
- c) 中频滤波器的边带噪声

中频带宽是指中频滤波器的3dB带宽（图9）。可以看出，滤波器的带宽越窄，频率解析度越好。然而，前面提到，减小中频带宽，中频滤波器的充电时间变长，扫描的时间会增加。在图10中，如果要分辨幅度和频率调制信号的边带，就需要窄中频带宽。

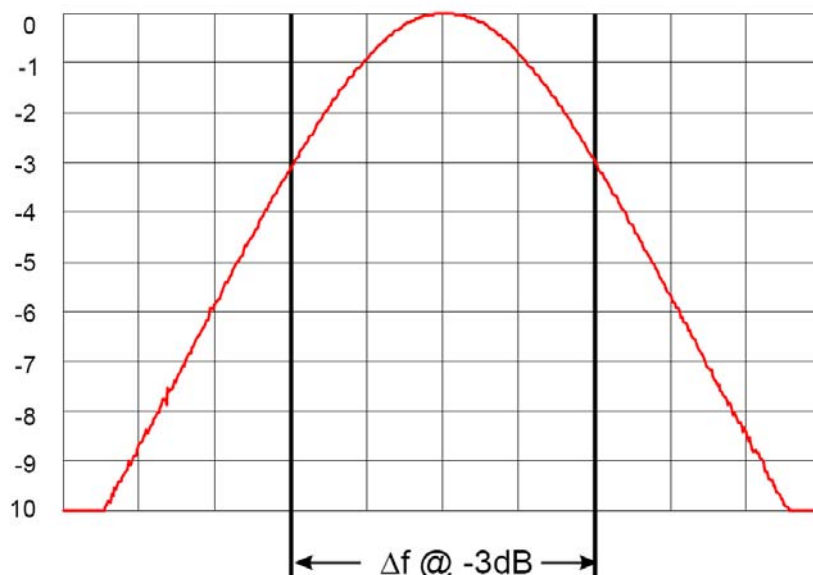


图9

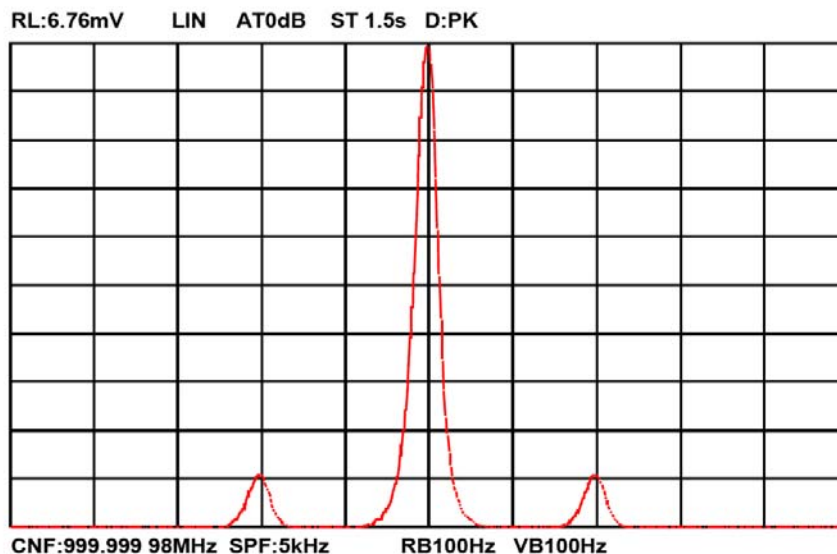


图10

当测量相距很近的杂散分量的时候，中频滤波器的形状会很重要。形状系数定义为中频滤波器的 60dB 带宽比上 3dB 带宽（图 11）

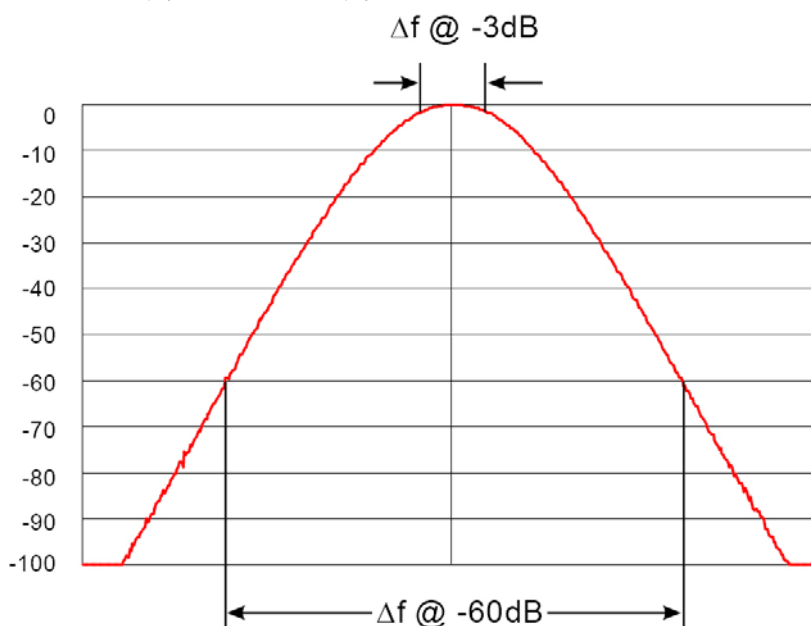


图11

滤波器的形状系数是对滤波器质量的描述，最常用的滤波器是高斯滤波器，它的形状可以从高斯分布函数得到。高斯滤波器典型的形状系数是12:1 / 60 dB:3 dB，如果使用数字滤波器，形状系数最低可以达到3:1。数字滤波器有较好的频率解析度，但是在一定的扫宽范围内，改变中频数字滤波器的带宽，会导致扫描的时间快速增加。图12显示了在给定中频带宽的情况下，进行快速扫描的情况。

当减少扫描时间，显示的幅度变小，信号带宽增加。结果，频率解析度和幅度不确定度会变差，一些频谱分析仪会显示‘UNCAL’来提醒你。

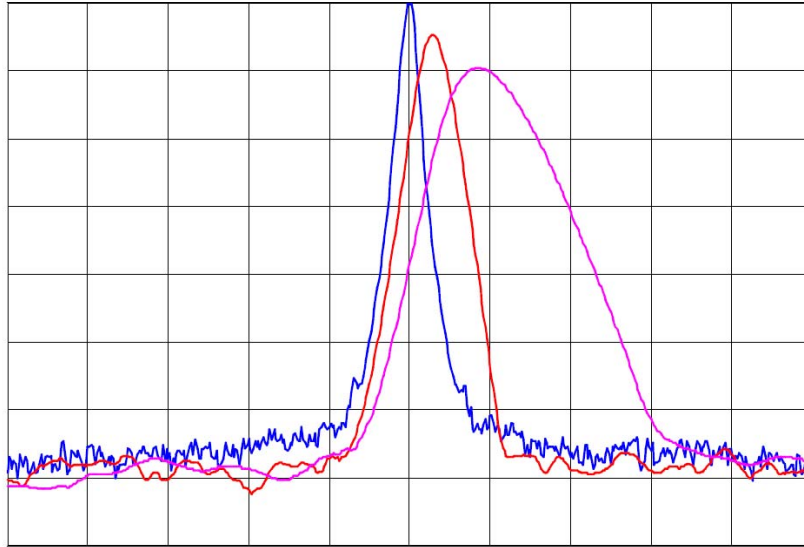


图12

如果用频谱分析仪去分析靠的很近的两个非等幅信号，中频滤波器的形状系数并不是唯一的决定因素。由于噪声边带会在滤波器的裙边上显示，因此会减小滤波器的带外抑制。

灵敏度和噪声系数

灵敏度是频谱分析仪检测小信号能力。最大的灵敏度受到内部噪声的限制。噪声包括热噪声（或 Johnson）和非热噪声。热噪声的表达式如下：

$$P_N = KTB$$

其中

P_N = 噪声功率 (瓦特)

K = 波耳兹曼常数 (1.38×10^{-23} J/K)

T = 绝对温度 (凯耳文)

B = 系统带宽 (赫兹)

从上面的等式，可以看出噪声电平和系统带宽（中频滤波器带宽）是成正比的。因此，减小中频滤波器带宽，显示的噪声也会较小(图13)。中频滤波器带宽减小10dB，噪声也减小10dB。

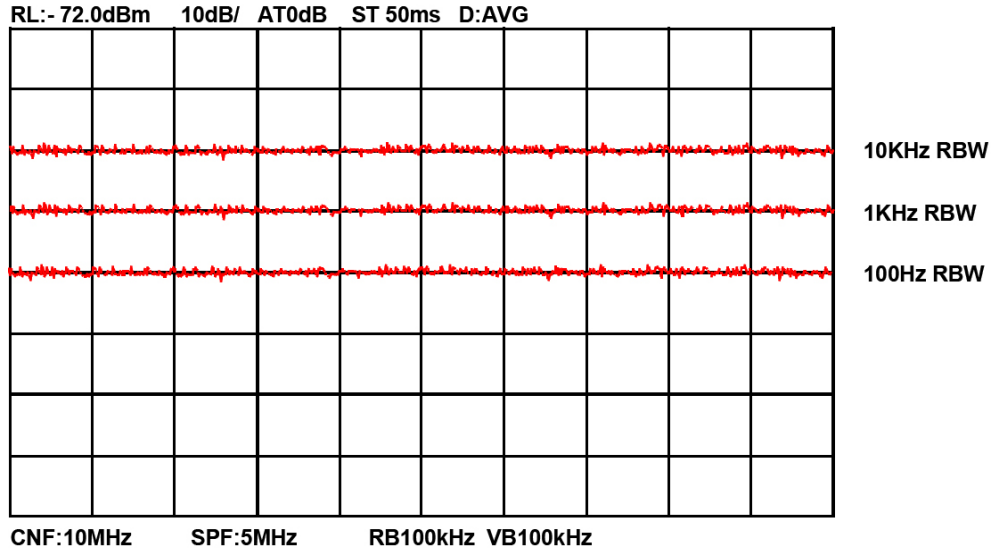


图13

当比较不同频谱仪的指标时，由于噪声是随着带宽变化的，所以需要在相同的带宽下来进行比较。

另外一种对灵敏度的测量是使用噪声系数 F_N

$$F_N = \frac{(S/N)_{in}}{(S/N)_{out}}$$

其中S=信号，N=噪声

噪声系数通常表示成dB的形式：

$$F = 10\log(F_N)$$

使用等式 $P_N = KTB$ ，可以计算在给定带宽下绝对理论值。例如，在27摄氏度，1Hz带宽下：

$$\text{绝对灵敏度} = 1.38 \times 10^{-23} \times 300 = -174\text{dBm/Hz}$$

例如测得300Hz带宽下的噪声是-120dBm，可以用如下的方式计算出噪声系数：

$$\text{计算1Hz带宽下的噪声电平：} -120 - 10\log(300) = -144.77\text{dBm}$$

$$\text{则噪声系数 } F = -144.77 + 174 = 29.23\text{dB}$$

视频滤波和平均

对许多频谱仪而言，很难从平均内部噪声电平中分辨出小信号。由于频谱仪显示的是信号加内部噪声，为了减少噪声对所显示的信号幅度的影响，经常对显示结果进行视频滤波或平均。视频滤波器位于检波器之后，是个低通滤波器，它可以对频谱仪的内部噪声进行平均。

频谱仪可以显示的最小信号是平均噪声电平。当信号功率等于平均噪声功率的时候，根据以上的结果，看上去信号会淹没在噪声中，但是由于频谱分析仪显示的是信号和噪声的叠加功率。此时

$$\frac{S+N}{N} = 2$$

其中

S=信号功率

N=平均噪声功率

当信号功率和噪声功率叠加，结果信号功率会大3dB。分辨小信号，3dB已经足够了。

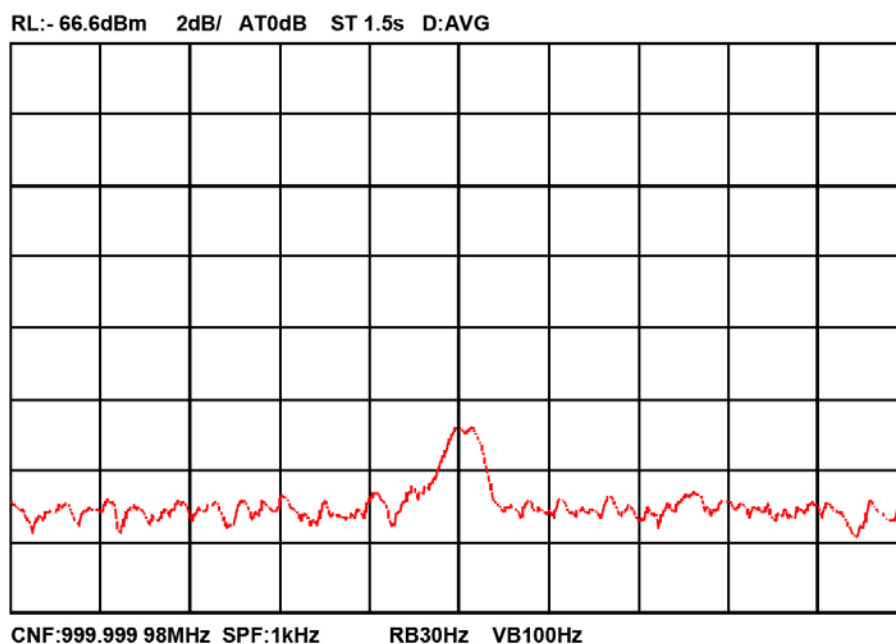


图14

信号显示范围

在没有输入衰减的情况下，频谱分析仪的信号显示范围取决于两个关键参数：

- 最小的分析带宽，也即平均噪声电平
 - 到第一级混频器的最大输入电平，该电平不会损坏混频器且不能引起失真。
- 这两个关键因素的典型值在图15。

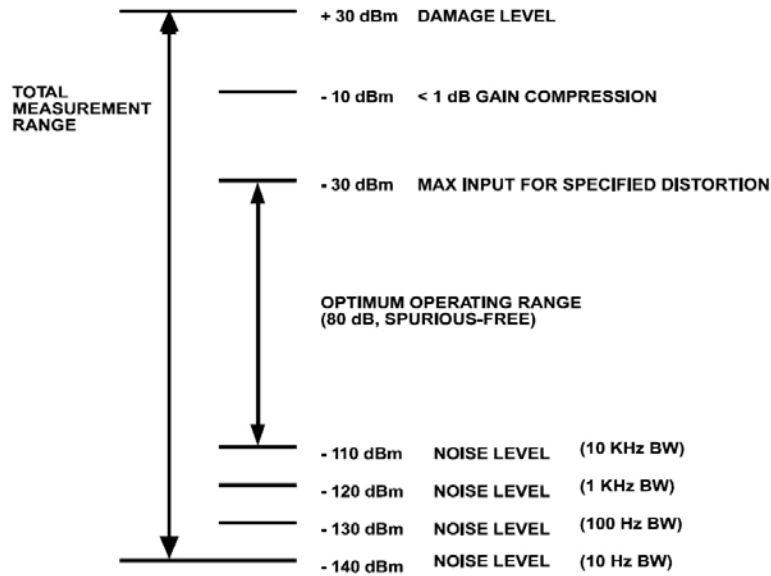


图15

随着输入到一级混频器的功率的增加，输出也会相应的增加。然而，混频器是个半导体二极管器件，在发生饱和之前，输出功率比上输入功率是个定值。在饱和点上，混频器出现增益压缩，输出不再随着输入的变化而线性变化。当增益压缩达到 1dB 的时候，情况是比较严重的。

小于 1dB 增益压缩的输入电平，称为线性输入电平（图 16）。在 1dB 增益压缩点之上，频谱分析仪工作在非线性状态，不能精确的测量输入信号。

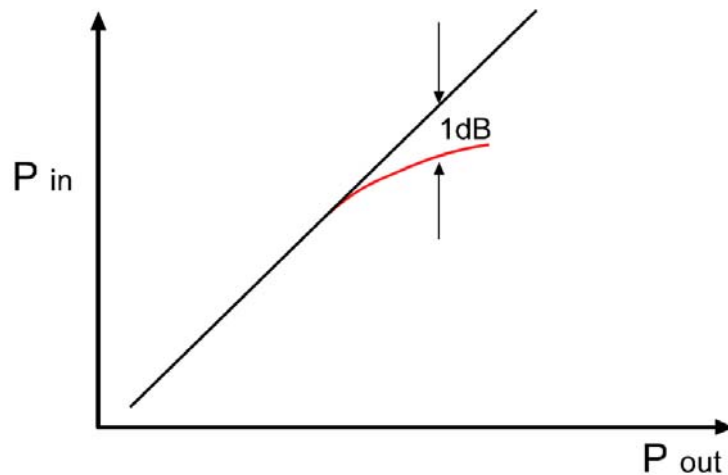


图16

无论怎样，当有信号输入到频谱分析仪，由于混频器内在的非线性特征，总会有失真信号产生。通过将混频器偏置在一个最优电平，可以将失真信号最小化。典型情况，现代频谱分析仪在输入-30dBm的时候，有80dB无杂散测量范围。在大多数情况下，输入的信号会大于-30dBm，甚至会超过1dB增益压缩点。在频谱分析仪的输入端和一级混频器之间的衰减器会自动调节，使得到达一级混频器的电平保持在-30dBm的最优电平上。

动态范围

频谱分析仪的动态范围由四个关键因素决定：

i. 平均噪声电平

频谱分析仪射频部分产生的噪声，在整个频率范围内均匀分布。

ii. 残余杂散分量

频谱分析仪内存在各种信号，各种信号在混频器内混频，产生出来的中频信号会在屏幕上显示。结果，无论输入端有没有信号，这种残余信号都会存在。

iii. 高次谐波产生的失真

当输入频谱分析仪的信号较大，由于混频器的非线性，会产生输入信号谐波的杂散镜像。

iv. 三阶互调失真

当输入两个相邻大信号到频谱分析仪，在混频器内会产生互调信号，这种信号位于输入的两个相邻大信号两侧。

没有以上因素干扰，可以测试的功率范围，称为动态范围。动态范围表征了频谱分析仪的性能和显示范围或测量范围没有直接的联系。我们可以在频谱分析仪的指标手册找到这四个参数。

为了叙述简单，一些频谱分析仪指标用“YdB XdBm 输入信号”。例如：
幅度动态范围：70dB 混频器输入电平-30dBm（衰减=0dB）

为了获得较大的动态范围，我们需要考虑到如下的条件：

- a) 足够小的中频带宽，平均噪声电平低于-100dBm
- b) 残余杂散分量小于-100 dBm.
- c) 输入电平-30dBm，较高的谐波分量小于-70dB（低于-100dBm）

频谱分析仪的生产厂家会以在特定频点上或在一定频率范围内的形式给出以上指标。

频率精度

频率精度和频谱分析仪内部使用的参考源的类型有关。参考源可以分为两种类型：

● 合成

频谱分析仪的本振锁相到一个非常稳定的参考源，为了防止频率漂移，参考源往往会进行温度控制。参考源使用高精度的晶体，频率的精度、稳定性和晶体的质量有

关。

- **非合成**

本振是个单独的电压控制源

应用

在介绍部分，我们已经说到频谱分析仪是在频域显示信号的频率和幅度。利用调制技术，我们可以有效的传输信号。这种技术往往使用低频率信号去调制高频率的载波信号。但是，为什么要调制？有两个主要的原因：

- 1) 调制技术允许在高频载波上同时传输两个或更多的低频信号，或者基带信号
- 2) 高频率天线物理尺寸小，更加有效。

在这一部分，我们考虑三种常用的调制方式：

- 幅度调制 (AM)
- 频率调制 (FM)
- 脉冲调制 (PM)

在分析以上信号的时候，每种调制方式会和频谱分析仪的某些指标有关。

幅度调制

正如名称所说，这种调制技术的特点是调制信号会让载波的幅度会发生改变。载波幅度的变化称为调制系数 ‘m’。通常以百分比的形式表示，%m

调幅信号有三个信号分量：

- a) 未调制信号
- b) 上边带信号，频率为载波频率和调制信号频率之和
- c) 下边带信号，频率为载波频率和调制信号频率之差

频谱分析仪可以精确的测量三个主要的 AM 参数：

- 调制系数—m
- 调制频率—fm.
- 调制失真

调制系数—m

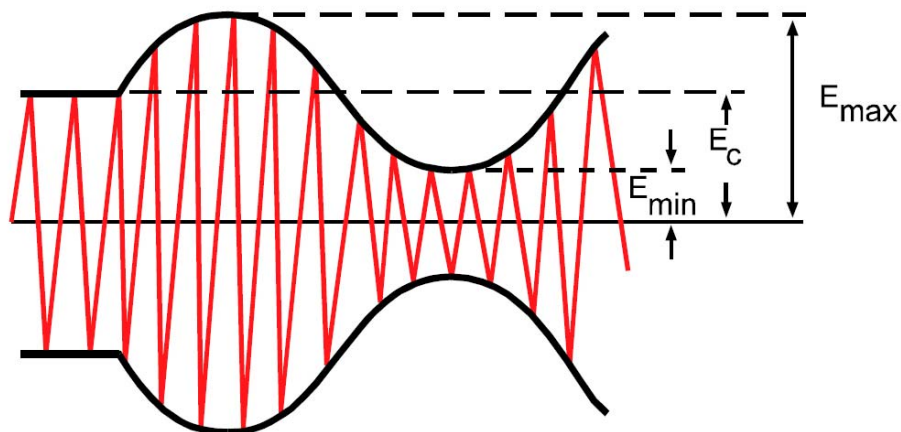


图 17

图 17 显示了典型的 AM 时域信号。调制系数 m ，可以表示为：

$$m = \frac{E_{\max} - E_c}{E_c} \quad \text{Eqn1}$$

由于调制是对称的

$$E_{\max} - E_c = E_c - E_{\min} \quad \text{Eqn2}$$

$$E_c = \frac{E_{\max} + E_{\min}}{2} \quad \text{Eqn3}$$

$$m = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}} \quad \text{Eqn4}$$

等式 4 在调制信号是正弦信号的时候成立。假如在频谱分析仪上以线性（电压）的模式看 AM 信号，如图 18。

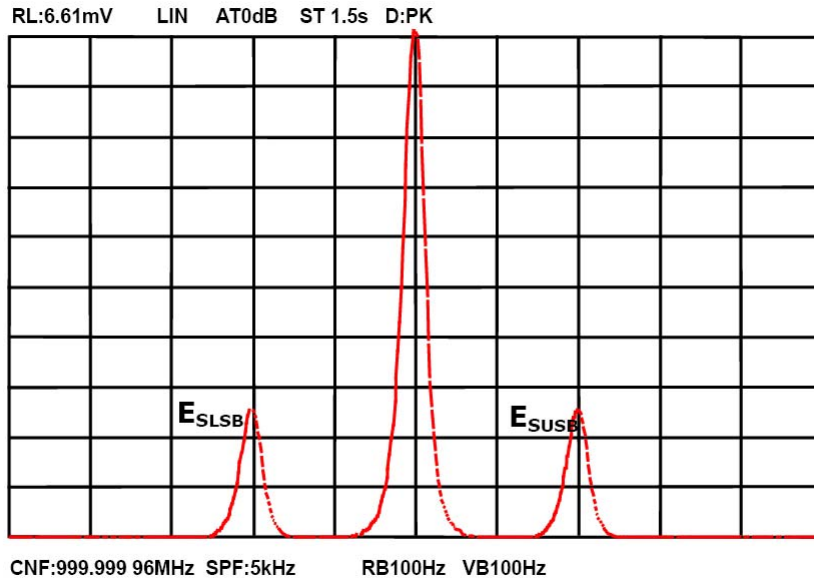


图 18

从上图，可以计算出调制系数：

$$\%M = \frac{E_{SLSB} + E_{SUSB}}{E_c} \times 100\% \quad \text{Eqn5}$$

其中 E_s 是边带电压幅度， E_c 是载波电压幅度。

低电压调制时，使用对数显示会更方便。

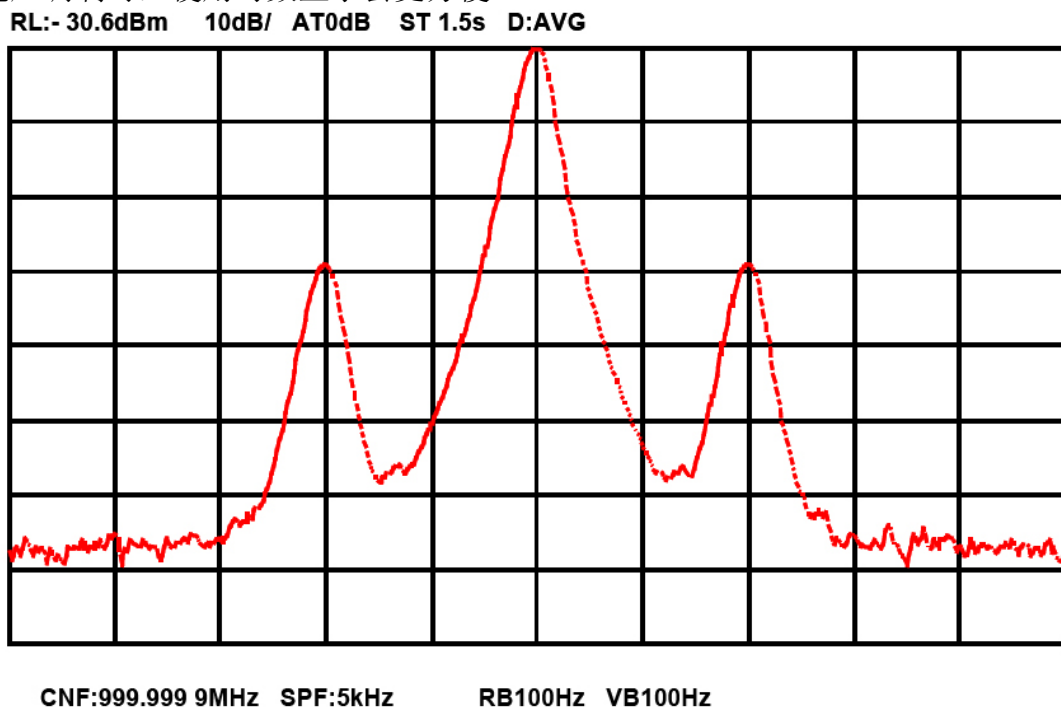


图 19

边带电平和调制指数之间的关系见表 1

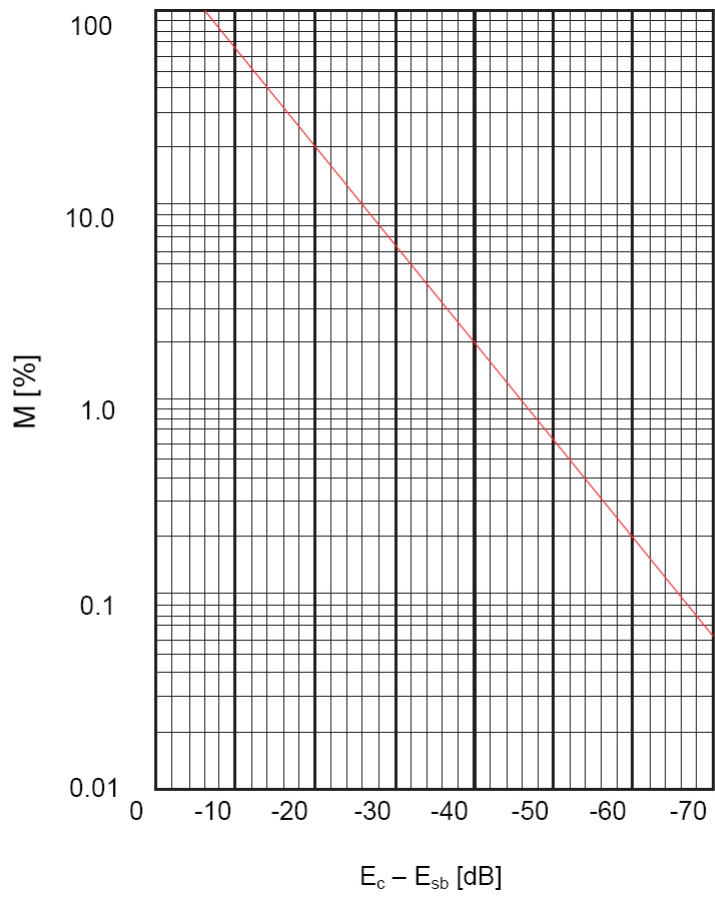


Table 1

表 1

举个例子来说，载波频率 $F_c=1000\text{MHz}$ ，调制频率 $f_m=1\text{KHz}$ ，图 20 显示了使用示波器显示的结果，调制系数 50%

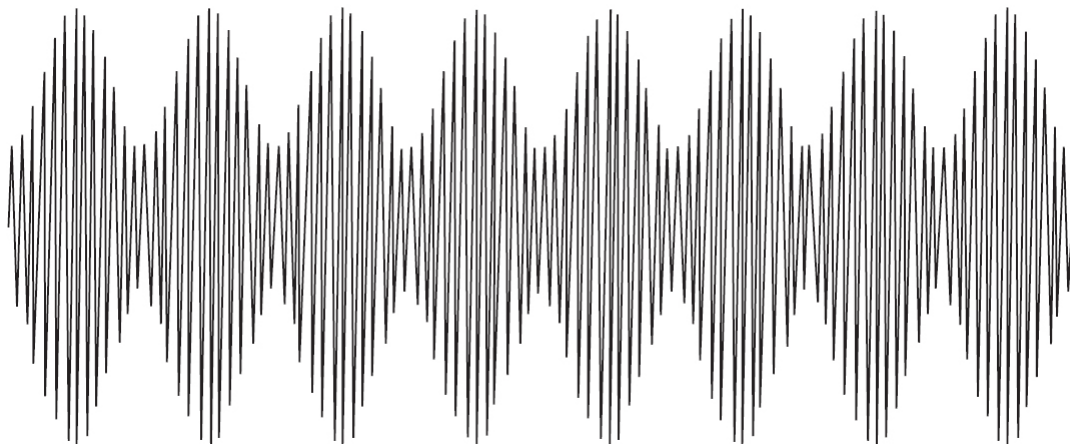


图 20

图 21 显示了在频谱分析仪上显示的结果：

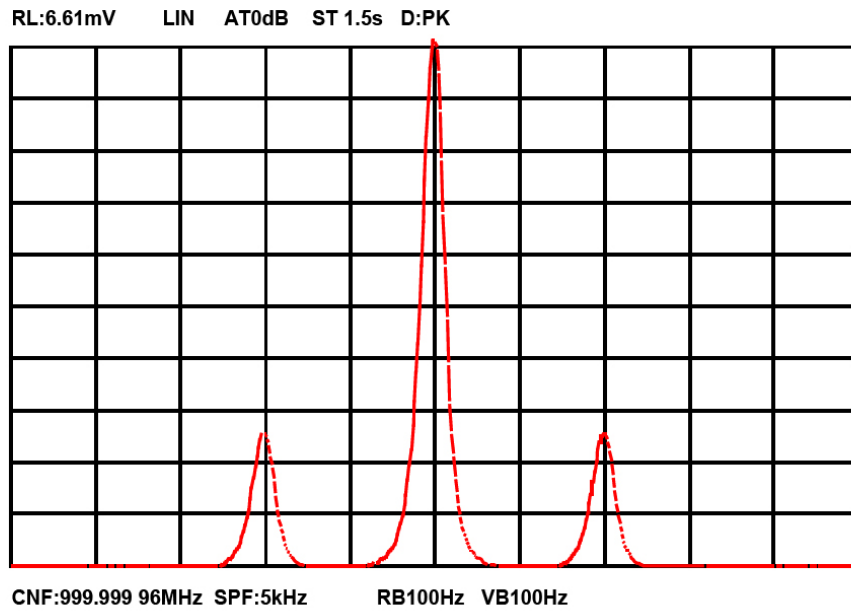


图 21

从等式 5

$$M = \frac{1.66mV + 1.66mV}{6.61mV} \times 100\% = 50\%$$

如果 $m=0.05(5\%)$ ，那么对载波电压是 $6.6mV$ ，边带电平只有 $0.165mV$ 。对这样的小信号，用对数显示显然更好（图 22）。

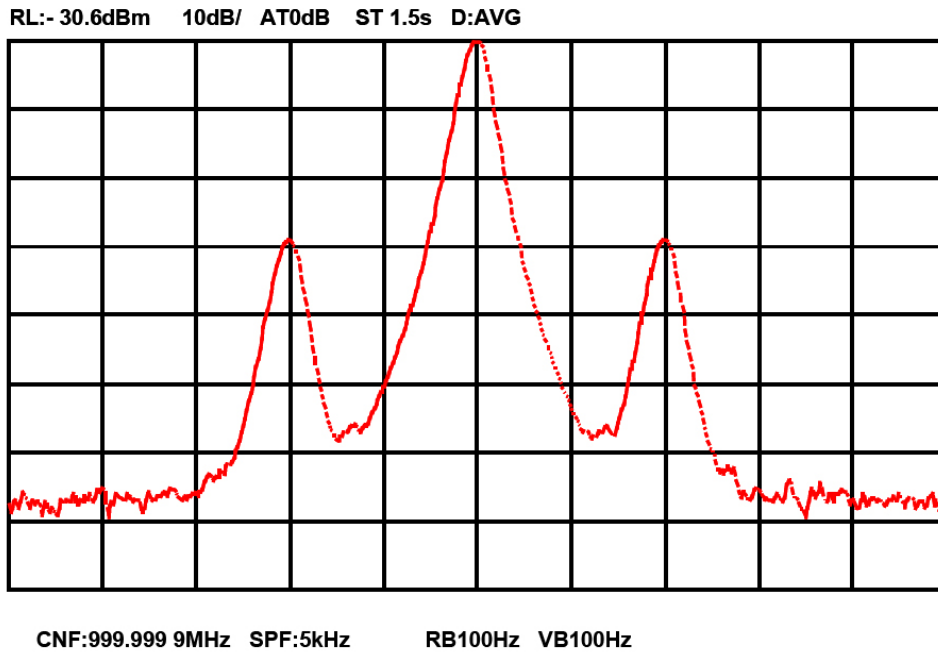


图 22

调制频率 F_m

如前所说，频谱分析仪上显示的上边带和下边带信号位于载波两边，他们和载波的距离就是调制频率（图 23）。要求 IF 带宽足够的小可以解析被调制载波的频谱成分。例如当频谱分析仪的最小 IF 带宽只有 1KHz，那么不足以测量 400Hz 的调制信号。同时，对小的调制系数，载波的相位噪声可能会掩盖边带信号。

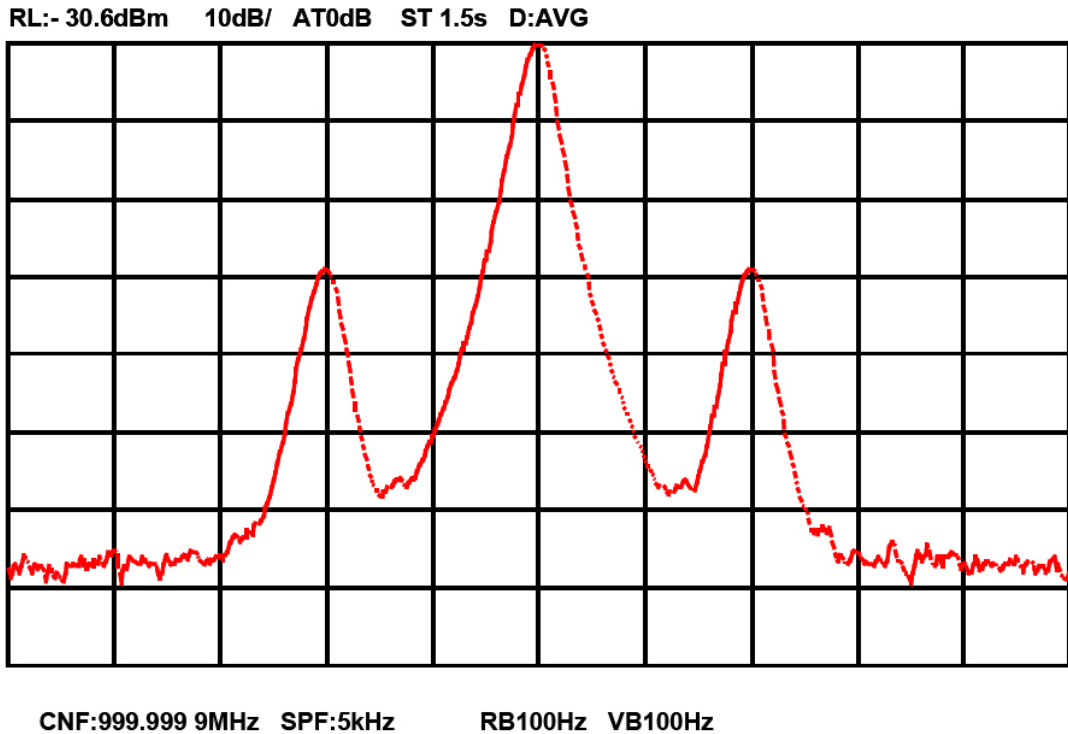


图 23

如果调制系数足够大，我们可以将频谱仪设置为固定调谐接收机：

- 设置载波频率
- 设置足够大的解析带宽和视频带宽，可以让边带信号无衰减显示
- 选择线性幅度，视频触发和调整扫描时间，显示解调信号的多个周期

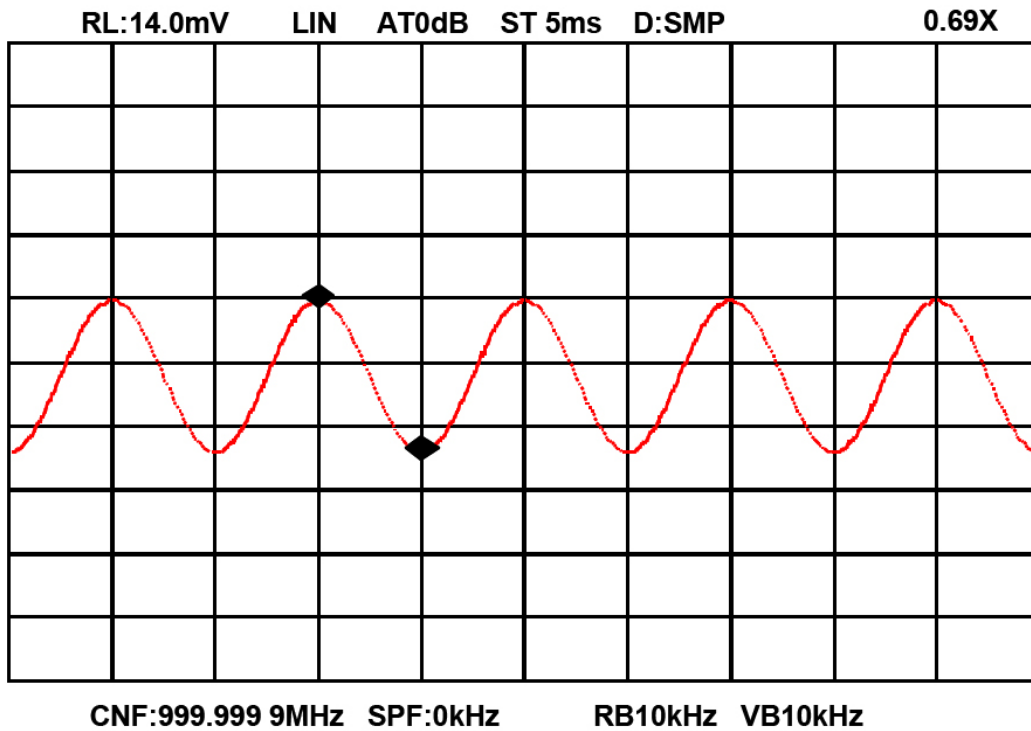


图 24

从以上的显示，使用频谱分析仪的 **delta** 标记功能，可以测试出调制系数和频率（图 24）。

注意：由于调制系数是相对测量，当调整频谱分析仪的参考电平， E_{max} 和 E_{min} 的绝对值会发生变化，但是比例是固定的。使用 **delta** 标记，我们获得的是 E_{min}/E_{max} ，通过改变等式的形式，我们得到：

$$m = \frac{1 - \frac{E_{min}}{E_{max}}}{1 + \frac{E_{min}}{E_{max}}}$$

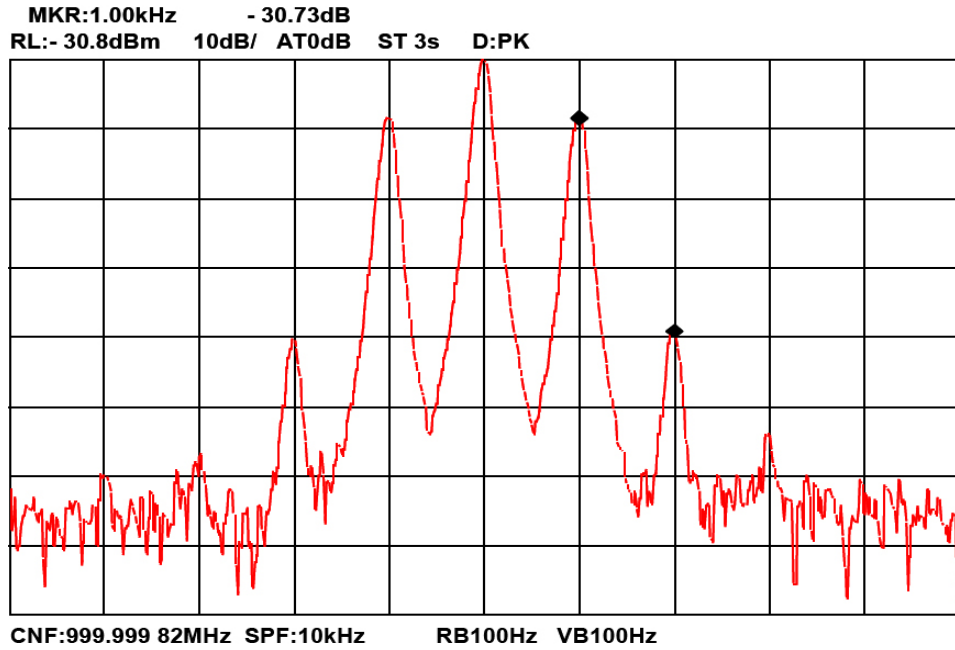


图 25

调制失真

下面的两个因素或其中之一都会导致幅度调制失真：

- a) 调制信号的二次谐波和其他谐波
- b) 过调制 例如 $M > 100\%$ 。

在频域上，可以直接测量调制失真。图 25 中，在靠近载波两边的边带信号是调制分量，但是由于调制信号的谐波，产生了更多的边带信号。使用对数显示，第一边带和第二边带之间的差给出二次谐波失真。图 25 中，-30.73 dB。用同样的方式也可以测试三次谐波失真。

图 26 是过调制，载波 100MHz，调制信号频率 $f_m=2\text{KHz}$ 。从时域显示（图 27），我们可以看到最小点的时候，载波被削波了。从相应的频域显示，第一边带比载波小 6 dB，调制指数 100%，并且产生了严重的谐波失真。

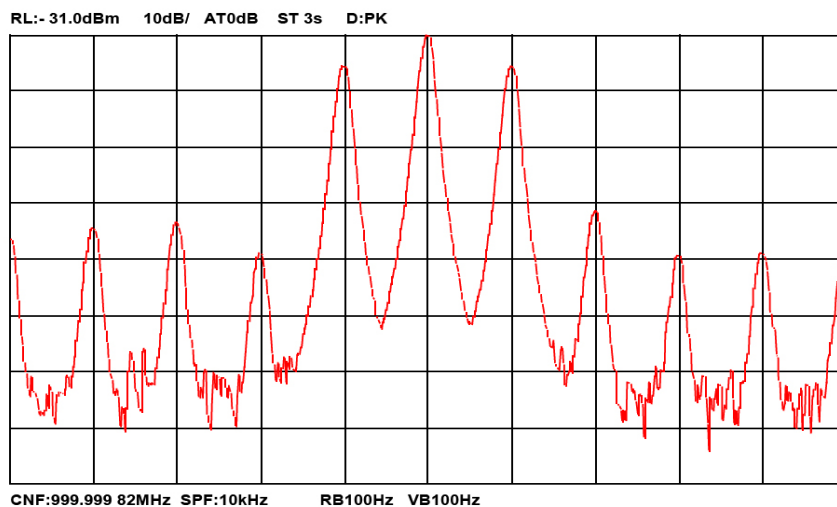


图 26

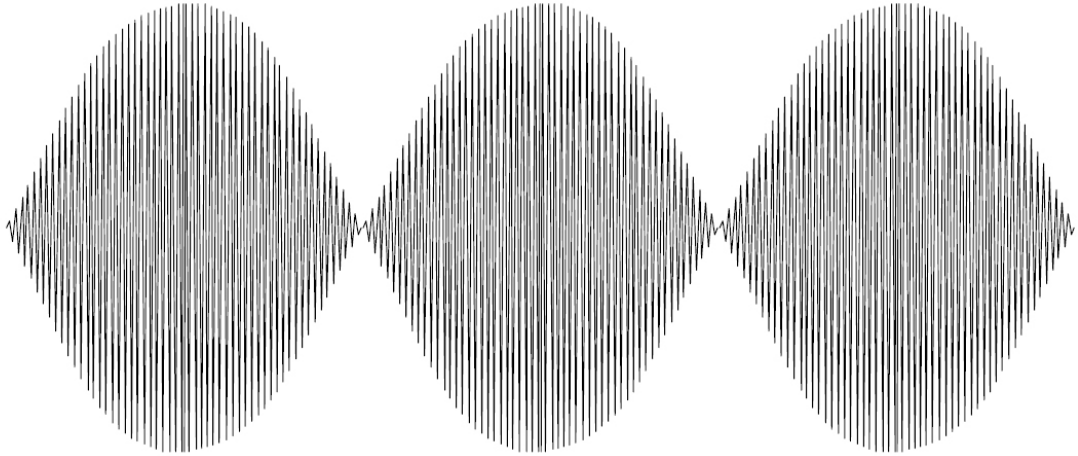


图 27

失真增加了不必要的占用带宽。

在幅度调制的定义中，信息不但是通过载波还通过边带进行传输。改变调幅信号波形，仅仅改变边带幅度。假如载波分量被抑制，可以节省功率，提高信息传输的效率。这种调制方式称为双边带-载波抑制或者 DSB-SC。为了恢复调制信号，在接收端，必须重新插入载波。

更进一步，由于两个边带携带的是相同的信号，我们可以删除一个边带信号。这样更加节省功率且减少了占用带宽。

频率调制

频率调制 FM，载波频率以调制信号的频率发生变化，变化的程度和调制信号的频率成一定的比例关系，而载波的幅度保持不变。在很多方面，调频和调幅是不同的。

- a) 由于载波幅度没有变化，不管调制信号的幅度和频率，对 FM 信号，载波没有占用额外的功率
- b) 用正弦波调制载波，会产生无穷多的边带信号，各信号之间的间隔是调制频率 f_m
- c) 信号的峰峰值决定了最大频偏

图 28 的贝赛尔曲线显示了不同调制指数下载波和边带幅度的关系，注意，在特殊的 m 下，载波分量 J_0 和各边带 J_n 的幅度是 0。从这些曲线上，我们可以计算出载波和边带分量对未调制载波的幅度。例如，当调制指数 $m=3$ ：

载波 $J_0=0.27$

一次边带 $J_1=0.33$

二次边带 $J_2=0.48$

三次边带 $J_3=0.33$

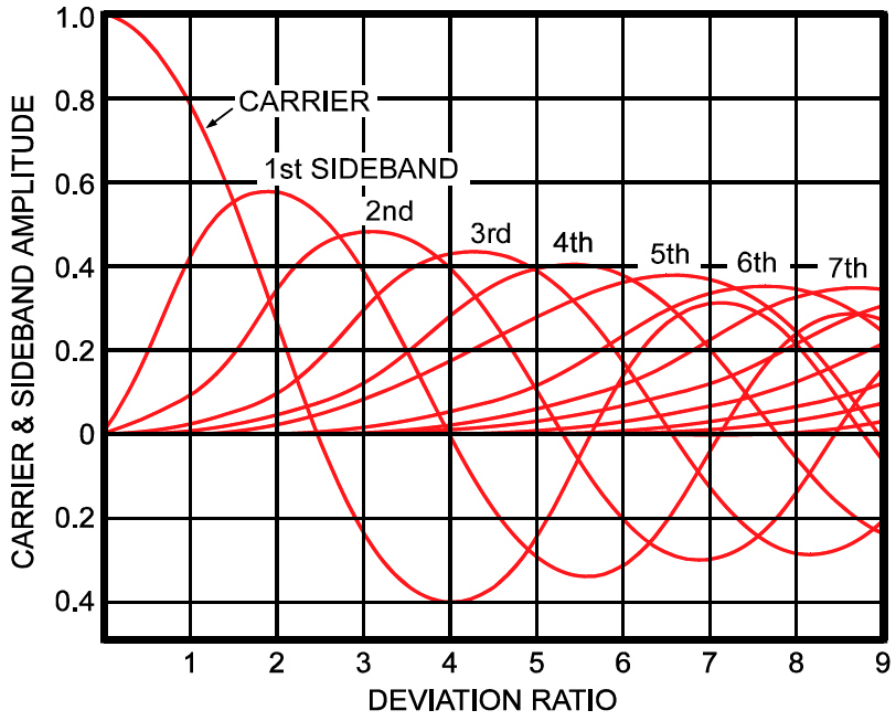


图 28

由于频谱分析仪显示的是绝对幅度，数值的符号并不重要。在附录 C，列出了调制指数下的载波零点。

FM 信号的带宽

实际上，FM 信号的频谱不是无限的。离开载波较远的边带信号，根据 m ，幅度可以忽略不计。通过计数重要边带的数目，我们可以计算低失真传输需要的带宽（重要边带指幅度上至少是未调制载波的 1%（-40dB））。

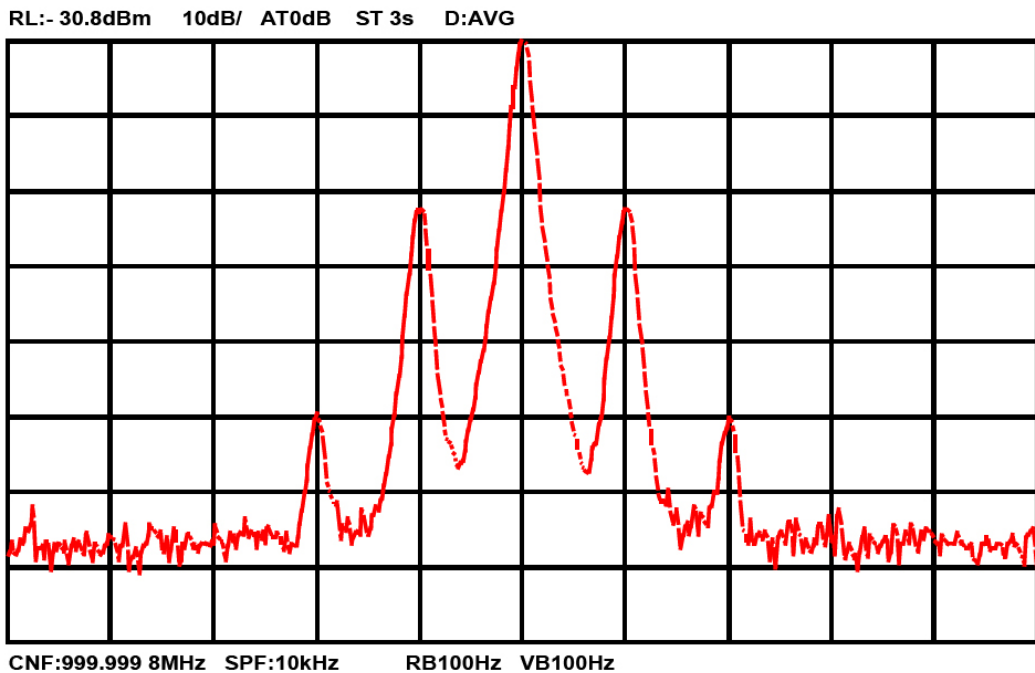


图 29

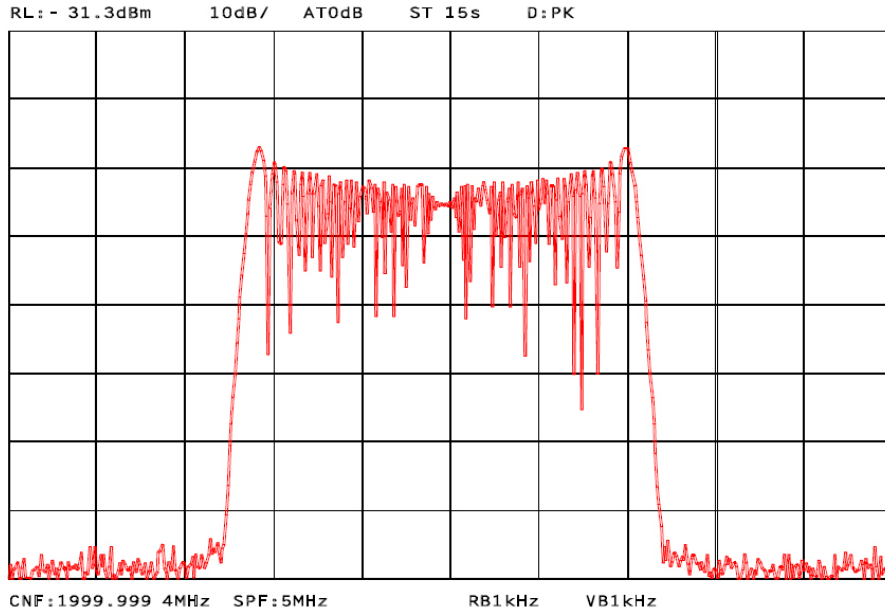


图 30

图 29 和 30 显示了两个 FM 信号，一个 $m=0.2$ ，另外一个 $m=95$ 。
 从上图，可以得出两个重要的结论：

- 1) 低调制指数 ($m < 0.2$)，仅仅只有一个重要边带，需要的传输带宽是调制频率的两倍。这个现象和 AM 是一样的。
- 2) 高调制指数 ($m > 100$)，传输带宽是两倍 ΔF_{pk} 。

如果 m 在这两个值之间，我们需要考虑到重要边带。
 对语音通讯，可以允许较大的失真。我们可以忽略小于载波电压 10% (-20dB) 的边带信号。需要的传输带宽近似为：

$$B = 2\Delta F_{pk} + 2F_m$$

$$\Delta F_{pk} = m \times F_m \text{ (最大频偏)}$$

$$\text{或 } B = 2F_m (1+m)$$

到目前为止，我们讨论了正弦波调制信号，实际的调制信号是非常复杂的，在此我们不再展开。下面，我们可以来看一下正弦波调制的例子，从而获得一些有用的信息。

FM 电台最大频偏（由调制信号的最大幅度决定） $\Delta F_{pk} = 80 \text{ kHz}$ ，最高调制频率 $f_m = 15 \text{ kHz}$ ，调制指数 $m=5$ ，信号有 8 个重要边带对。因此带宽大约 190KHz。当调制信号频率低于 15 kHz（幅度不变），调制指数大于 5，最终的带宽大约 160 kHz。因此我们可以用最高调制频率和最大频偏来计算需要的带宽

使用频谱分析仪测量 FM 信号

频谱分析仪可以用于测量最大频偏和 m ，调整 FM 发射机。也经常用于校准频偏计。

在频谱分析仪的帮助下，使用载波零点，选择恰当的调制频率，可以将信号源或发射机调整到一个非常精确的频偏。在图 31 中，调制信号频率 1 kHz 和调制指数 2.4（第一载波零点）表明载波峰值频偏刚好是 2.4KHz。如果需要，可以使用频率计精确的设置调制频率，利用频谱分析仪，可以精确的获得调制指数，这样产生的最大频偏也是很精确的。

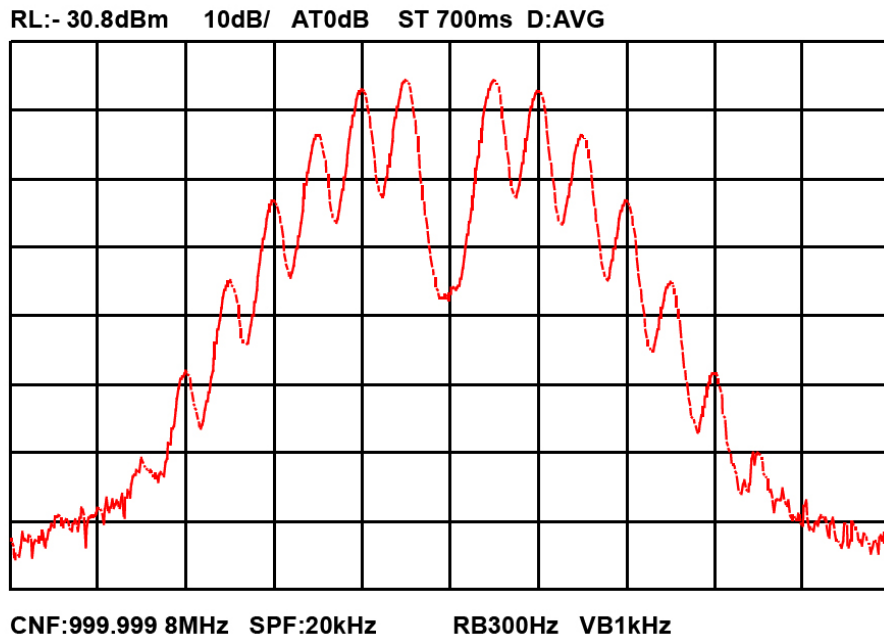


图 31

表 2 给出了各次载波零点下调制频率和常见的频偏

Order of Carrier Zero	Mod Index	Commonly Used Values of FM Peak Deviation								
		7.5 KHz	10 KHz	15 KHz	25 KHz	30 KHz	50 KHz	75 KHz	100 KHz	150 KHz
1	2.4	3.12	4.16	6.25	10.42	12.50	20.83	31.25	41.67	62.50
2	5.52	1.36	1.18	2.72	4.53	5.43	9.06	13.59	18.12	27.17
3	8.65	0.87	1.16	1.73	2.89	3.47	5.78	8.67	11.56	17.34
4	11.79	0.66	0.85	1.27	2.12	2.54	4.24	6.36	8.48	12.72
5	14.93	0.50	0.67	1.00	1.67	2.01	3.35	5.02	6.70	10.05
6	18.07	0.42	0.55	0.83	1.88	1.66	2.77	4.15	5.53	8.30

表 2

频谱分析仪也可以用于监视 FM 发射机（例如，电台或通讯站）占用带宽。这里需要考虑到调制信号的统计特性，因此需要进行长时间的观测，从而发现最大频偏。频谱分析仪上最大保持功能可以用来完成这个功能。现代的频谱分析仪一般都有两个或更多的内存，可以保存多条踪迹。

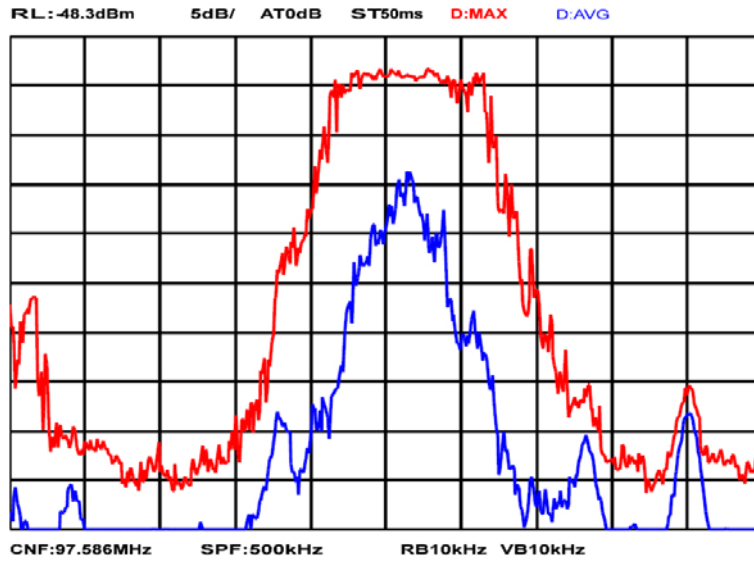


图 32

对一条踪迹选择最大保持，并保存在内存中。另外一条踪迹选择平均，并且选为当前活动的踪迹，见图 32。在最大保持状态下，频谱分析仪正确的显示了 FM 信号的占用带宽。

对 AM 信号，频谱分析仪设置为零扫宽，使用较宽的中频带宽，可以恢复调制信号。然而，对 FM 信号而言，信号没有被调协到通带的中心，而是到了中频滤波器曲线的斜坡上（图 33），FM 信号频率的变化转换成了幅度的变化（FM 到 AM 转换）。

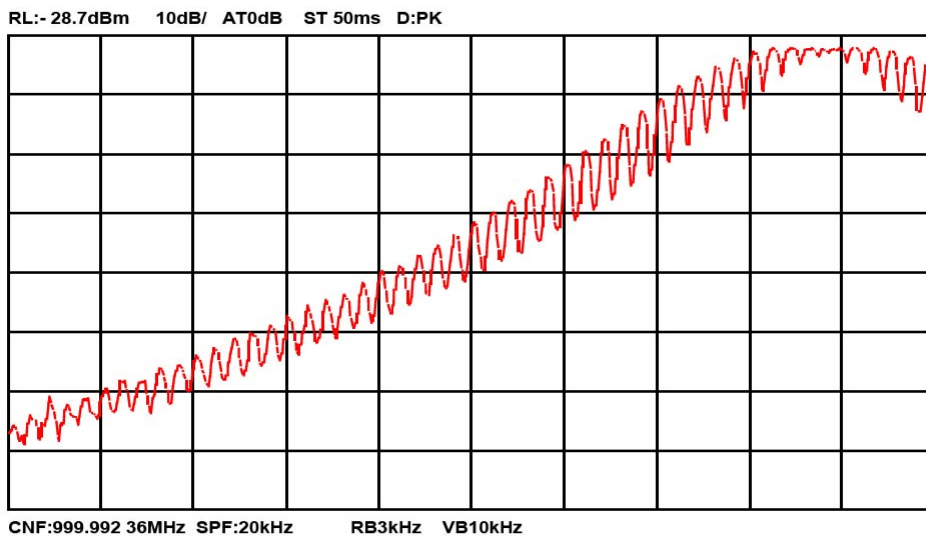


图 33

结果 AM 信号通过包络检波器在时域显示，或通过扬声器发出声音。这种方式的缺点是检波器会对幅度的变化做出影响。安立公司的大多数频谱分析仪都带有 FM 和 AM 解调。

AM 加 FM

虽然 AM 和 FM 是不同的调制方式，但是有一点是相同：他们都产生对称的边带频谱。

图 34 显示了非对称的边带频谱。使用 AM 和 FM 或 AM 和 PM 同时调制，就可以产生这样的频谱，这就表示载波和边带之间的相位关系对 AM 和角度调制来说是不同的。但是频谱分析仪显示的结果没有相位信息，只有幅度信息。

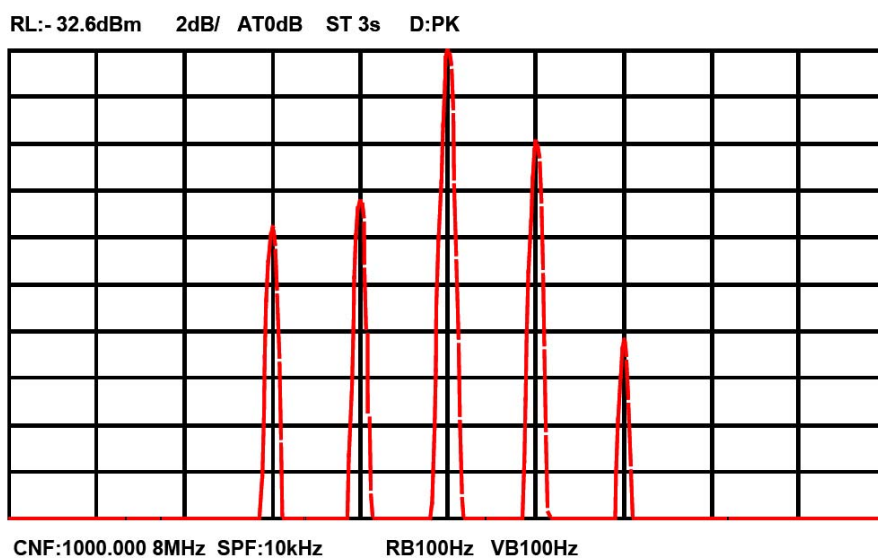


图 34

脉冲和脉冲调制信号

矩形脉冲的频谱包络（图 35）满足：

$$y = \sin x / x$$

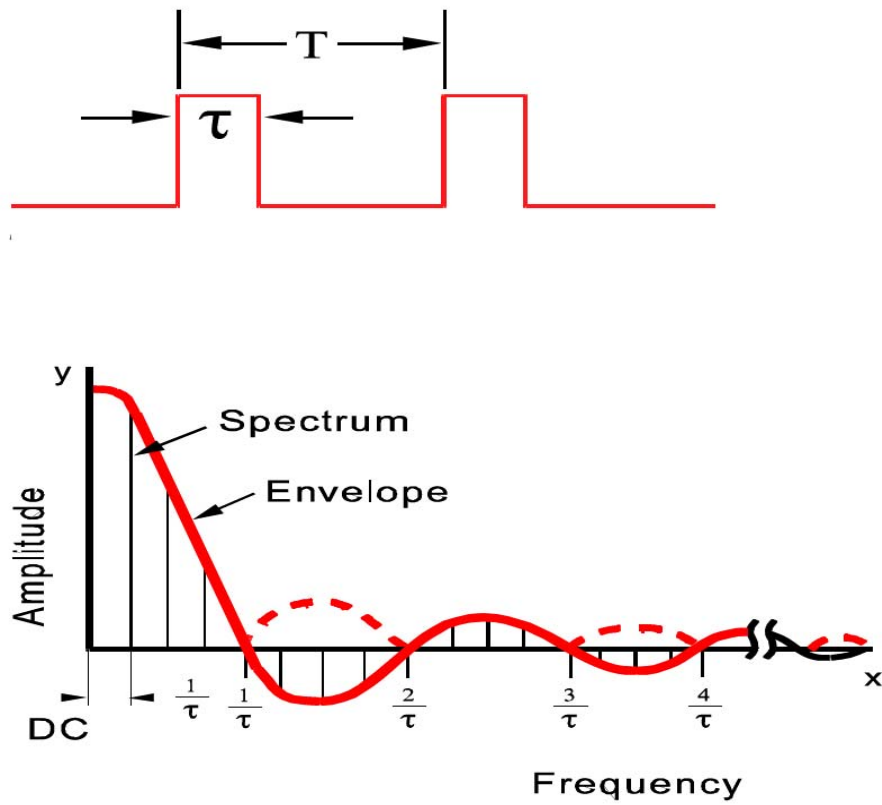


图 35

图 36 显示了矩形脉冲调制载波信号的频谱图。每个线代表载波的调制产物和调制脉冲重复频率。每根线等间距，间隔是脉冲重复频率。

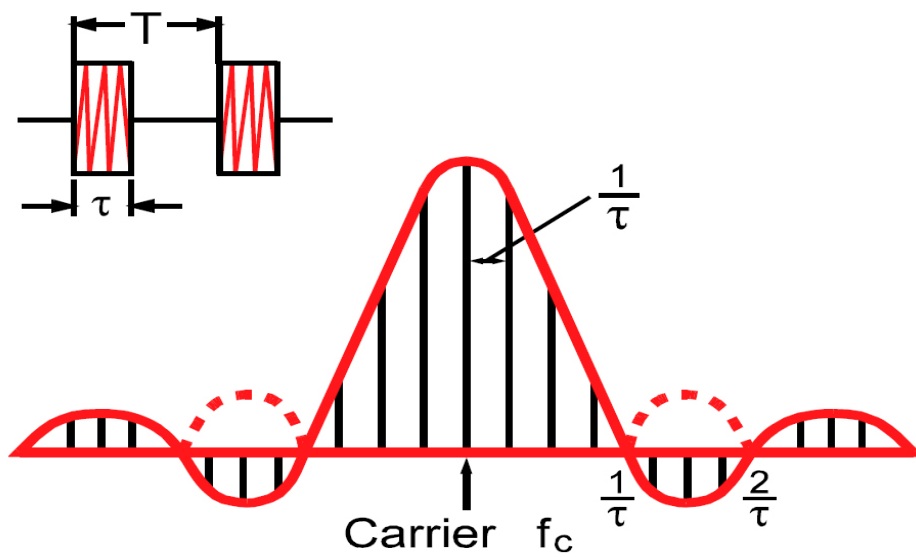


图 36

从单音 AM 信号，我们了解到载波两边的边带信号是怎样产生的。脉冲调制也是类似，只不过脉冲信号是由很多单音信号组成的，因此产生了多个边带信号，通常称为线状谱。

主瓣（中心频率）和旁瓣以线状谱的形式在频域无限展开，对真正的矩形波而言，有无穷多的旁瓣信号。

主瓣包含载波频率，在中心显示最高的线状谱。线状谱的幅度随频率的改变而改变。

在图 36 中，我们需要注意到有些谱线在基线下面，这个表示 180 度相位。但是频谱分析仪仅仅只能显示幅度，而没有相位信息。所以在显示的时候，基线下的谱线会发生反转，都显示在基线上面。

脉冲射频信号具有自身独特的特性，当用频谱分析仪去测量这种信号的时候，必须要小心。对同一脉冲信号，在频谱分析仪上会有两种不同的显示，一种称为线状谱，另一种称为脉冲谱。这点我们必须铭记在心。

线状谱

当频谱分析仪的中频滤波器带宽（B）小于输入信号分量的间隔的时候，显示为线状谱。每个线谱分量之间的间隔等于脉冲重复频率（PRF），因此我们可以表示为：

$$B < PRF$$

在这种情况下，频谱分析仪可以显示输入信号的傅立叶分量，如图 37，每个分量是个 CW 信号，显示了真正的频域特征。

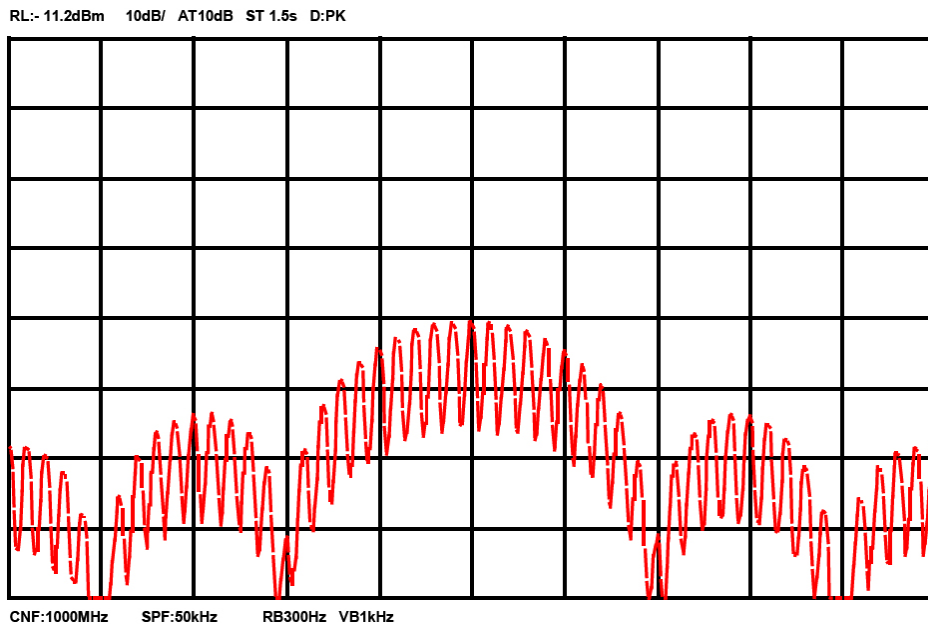


图 37

脉冲响应

假如增加中频带宽，在我们的例子中到 1KHz，显示如图 38。B = PRF 由于频谱分析仪不能显示各频率分量，显示的是单脉冲下的频谱。同时由于中频滤波器对很宽的频谱进行采样，是多个线谱的功率，所以包络的幅度也增加了。

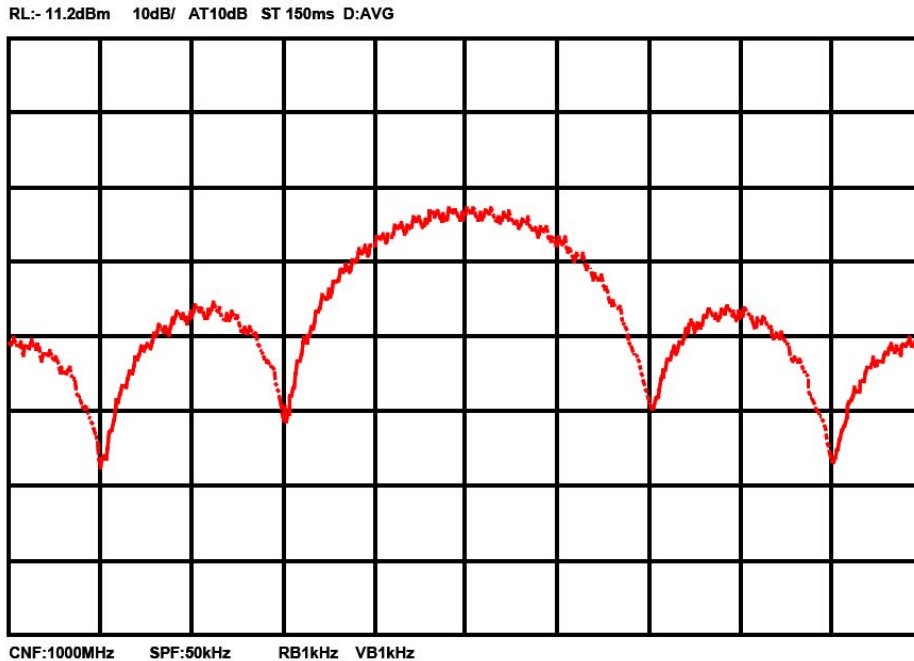


图 38

从上面分析，我们可以看出，中频滤波器带宽等于脉冲重复频率是频谱分析仪显示线状谱或包络频谱的分界线。

脉冲频谱

当频谱分析仪的中频滤波器带宽 B 大于脉冲重复频率的时候，显示脉冲谱。此时，由于在滤波器带宽内存在多个频率分量，所以频谱分析仪不能进行区分。然而，中频滤波器带宽小于频谱包络，所以频谱分析仪可以显示包络频谱。

测量例子

在这部分所描述的测量，一般在现代的高性能频谱分析仪上都提供一键测量功能。

互调失真

由互调失真产生的信号位于原信号两侧，和原信号之间的距离就是原信号之间的频率差。互调失真信号的幅度和输入信号的幅度和频率有关。当输入双音信号，会产生三阶失真，假如输入信号减少 10dB，失真减少 30dB。图 39 显示了这种关系（输入信号等于失真）称为截止点。

频谱分析仪内部也会产生互调失真，失真分量由混频器的输入电平决定。因此，当测量失真分量的时候，必须注意混频器的输入电平。通过改变频谱分析仪衰减器，可以看出失真信号是否是由频谱分析仪内部产生。

如果是频谱分析仪产生的失真，当衰减改变 5dB，失真分量会改变 15dB。因此，在这种情况下，需要增加衰减，直到失真分量不再改变。另外，当两个信号输入被测件，两个源会相互干扰，产生互调失真。改变被测件前面的衰减，看失真信号幅度是否改变了 3 倍，可以来确定失真是否是由源产生的。如果不是改变了 3 倍，需要在信号源和合路器之间插入隔离器。

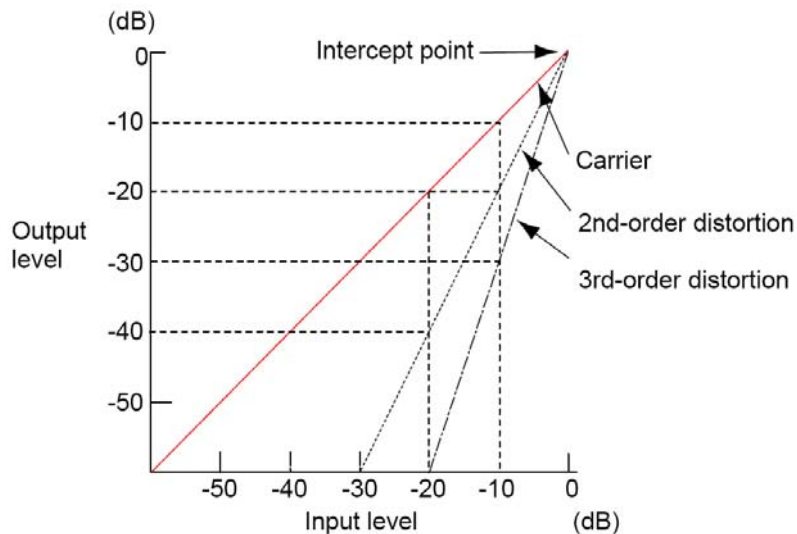


图 39

C/N 测量

从信号源输出的信号并不是纯净的信号，含有谐波信号和噪声。通常称为 AM 噪声和 FM (相位) 噪声。通常，FM 噪声比 AM 噪声在幅度上要大一些。这里我们主要讨论 FM 噪声的测量。

FM 噪声存在于载波两边，图 40。偏离载波一定频率，1Hz 带宽内，单边带相位噪声和载波功率比值。当使用频谱分析仪的时候，可以直接读出载波和单边带相位噪声的功率。但是，需要注意如下的几点：

1) 平均噪声功率

在频谱分析仪内部，A/D 转换之前，有峰值保持电路，当测量噪声的时候，在采样周期内的噪声最大功率会被显示。通常用时间-平均功率来评估噪声。因此，需要采用采样检波方式，设置小的视频带宽。

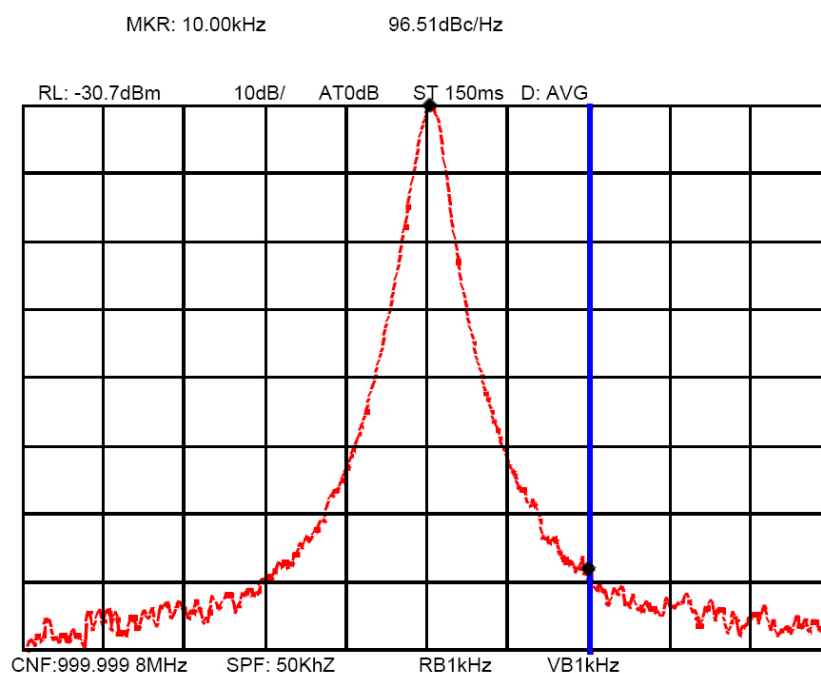


图 40

2) 噪声带宽转换

测量到的噪声和噪声带宽有关，需要转换成 1Hz 噪声带宽。

3) 平均噪声电平修正

在频谱分析仪上，对信号进行包络检波，对数显示，平均噪声电平会比有效值小，必须要进行修正。

占用带宽

占用带宽测量是无线发射机测量的一个常见测试项目。该带宽包含了一定量的显示频谱的总功率。有两种不同的方式：

a) XdB Down 方式

比载波峰值低 XdB 处，两个频率之间的差值（图 41）

b) N% 方式

在带宽内包含了 N% 的发射功率，N 在 1 到 99 之间，典型的例子如图 42

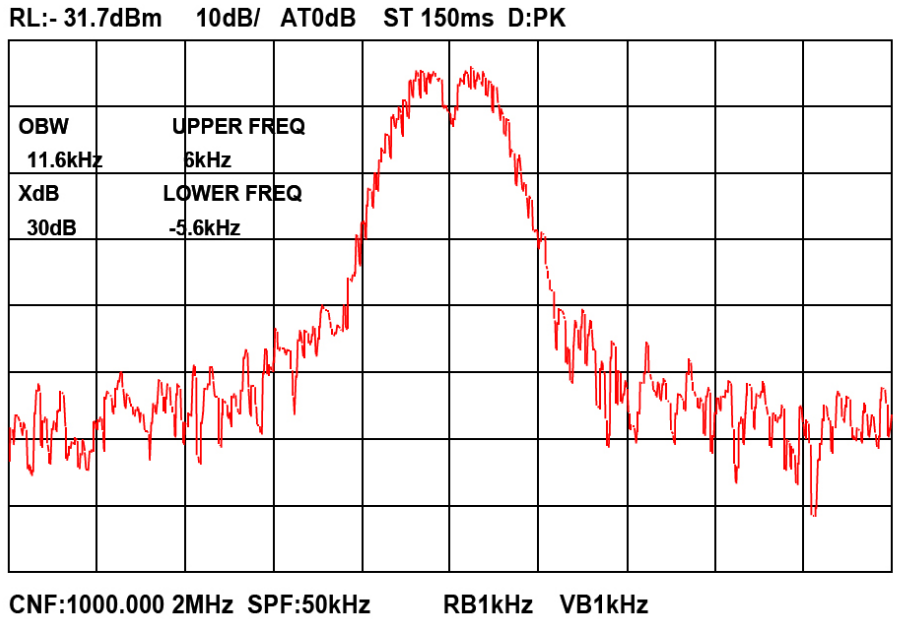


图 41

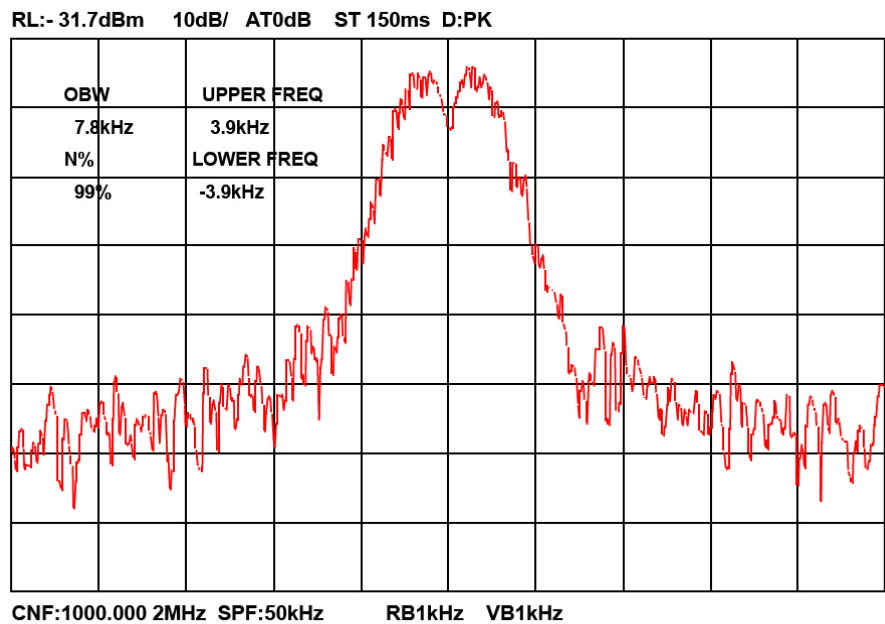


图 42

邻信道泄漏功率

邻信道泄漏功率是无线发射机测量的另外一个常见测试项目。定义为邻信道功率和发射总功率之比。为了测量高低相邻信道，在频谱分析仪上，需要设置四个参数：

- a) 信道间隔
- b) 测量信道带宽
- c) 邻信道带宽

d) 参考信道的中心频率

这个测试对调制和非调制信号都适用，是评估发射机选择性的好坏的一种方法（图 43）。

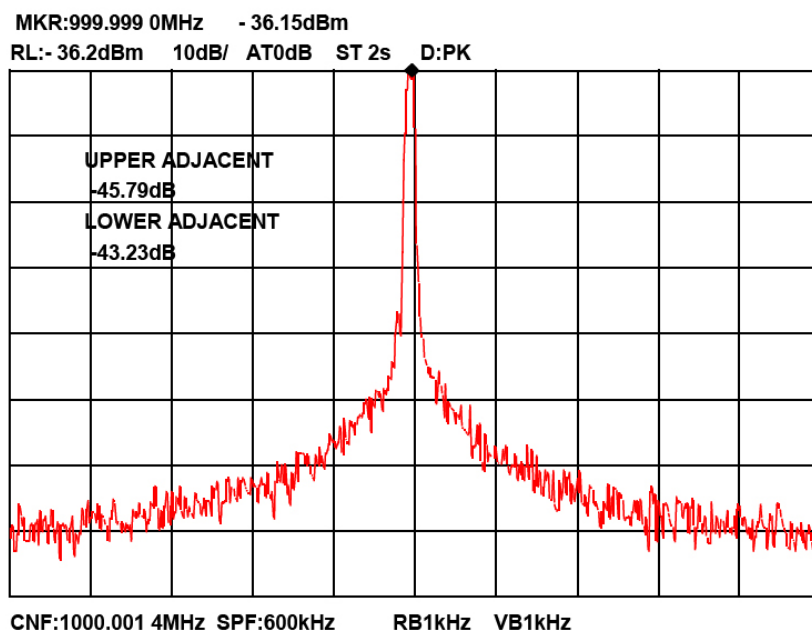


图 43

突发平均功率

频谱分析仪的时域功能是分析脉冲和突发信号的一个重要工具。一个重要的测量就是突发平均功率，测量开时间的平均功率（图 44）。同样的测量功能，也可以测量突发内的平均功率（图 45）。

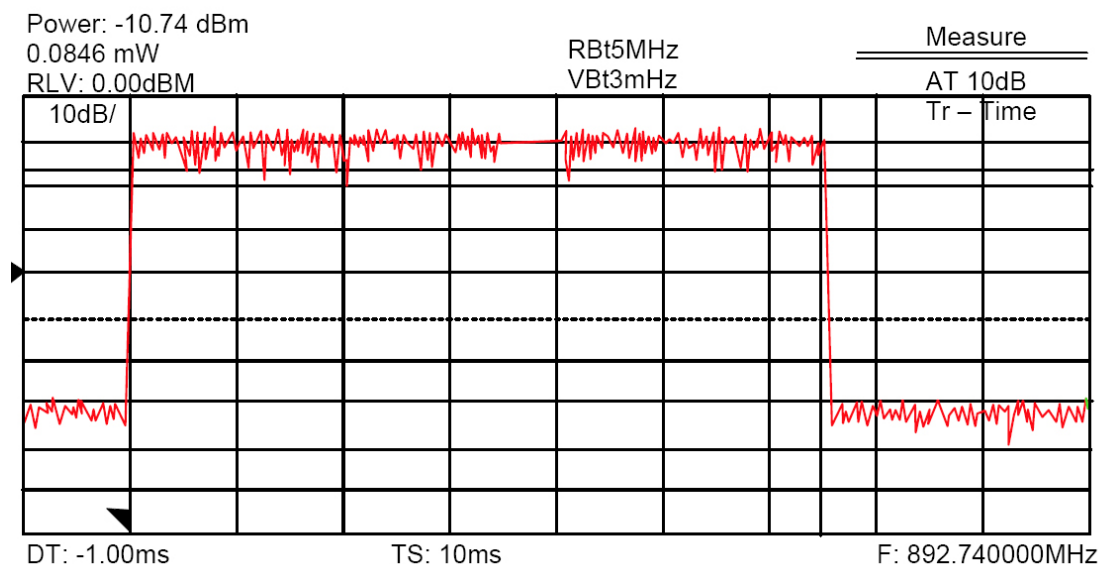


图 44

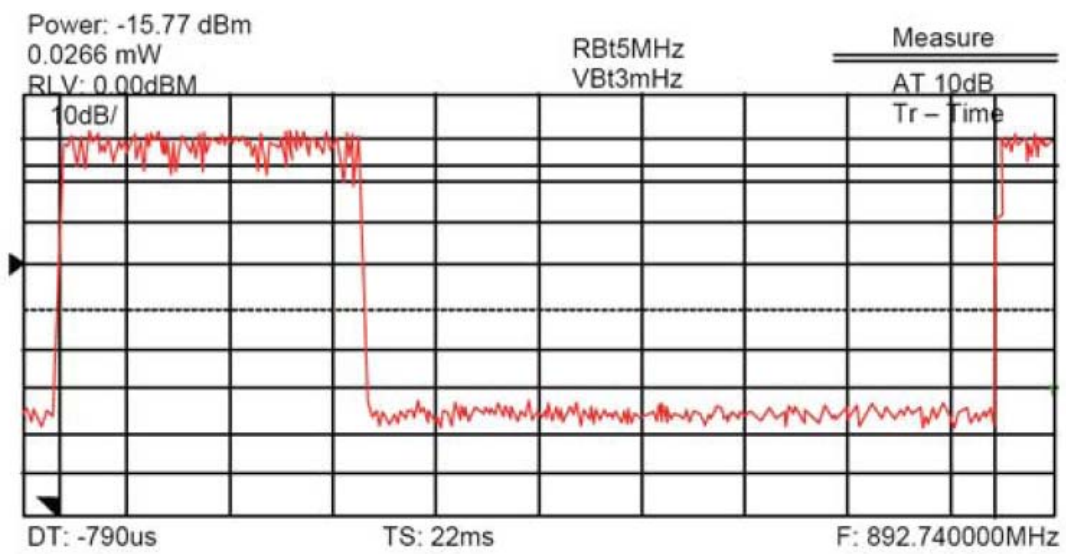


图 45

附录 A

频谱分析仪转换系数

50Ω Input Impedance

TO → FROM ↓	dBm	dBV	dBmV	dBμV
dBm	0	-13	+47	+107
dBV	+13	0	+60	+120
dBmV	-47	-60	0	+60
dBμV	-107	-120	-60	0

75Ω Input Impedance

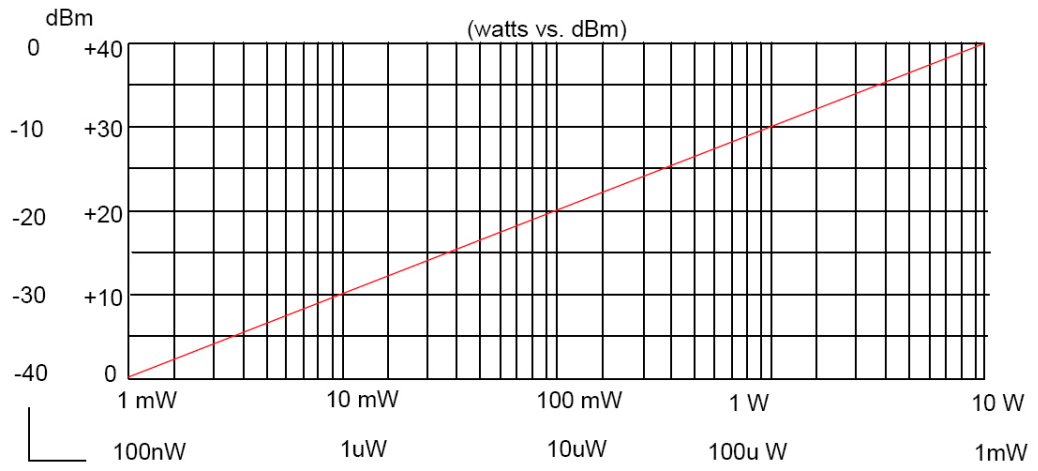
TO → FROM ↓	dBm	dBV	dBmV	dBμV
dBm	0	-11.25	+48.7	+108.7
dBV	+11.25	0	+60	+120
dBmV	-48.75	-60	0	+60
dBμV	-108.75	-120	-60	0

驻波比—发射系数—回波损耗

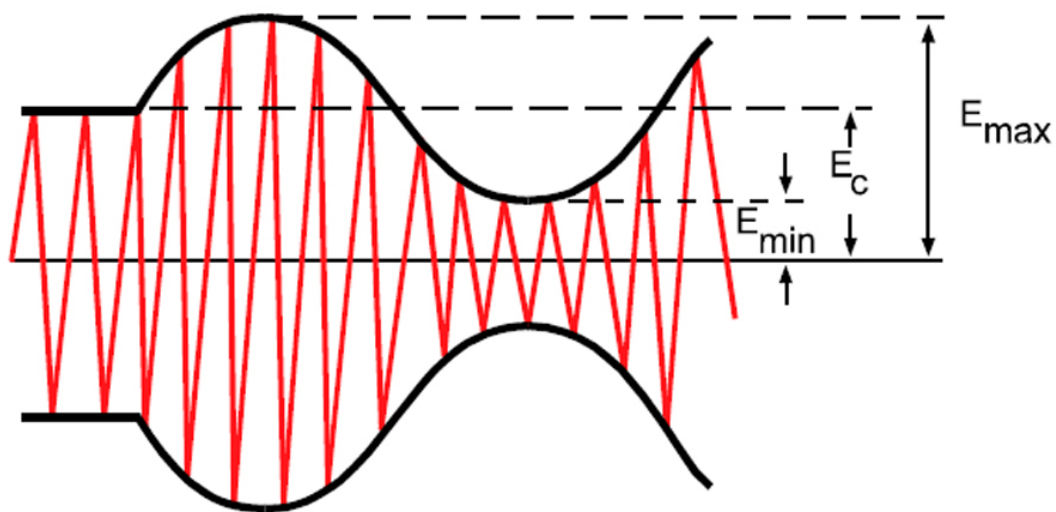
SWR	Refl. Coeff.	Return Loss (dB)	SWR	Refl. Coeff.	Return Loss (dB)
17.391	0.8913	1	1.0580	0.0282	31
8.7242	0.7943	2	1.0515	0.0251	32
5.8480	0.7079	3	1.0458	0.0224	33
4.4194	0.6310	4	1.0407	0.0200	34
3.5698	0.5623	5	1.0362	0.0178	35
3.0095	0.5012	6	1.0322	0.0158	36
2.6146	0.4467	7	1.0287	0.0141	37
2.3229	0.3981	8	1.0255	0.0126	38
2.0999	0.3548	9	1.0227	0.0112	39
1.9250	0.3162	10	1.0202	0.0100	40
1.7849	0.2818	11	1.0180	0.0089	41
1.6709	0.2512	12	1.0160	0.0079	42
1.5769	0.2239	13	1.0143	0.0071	43
1.4985	0.1995	14	1.0127	0.0063	44
1.4326	0.1778	15	1.0113	0.0056	45
1.3767	0.1585	16	1.0101	0.0050	46
1.3290	0.1413	17	1.0090	0.0045	47
1.2880	0.1259	18	1.0080	0.0040	48
1.2528	0.1122	19	1.0071	0.0035	49
1.2222	0.1000	20	1.0063	0.0032	50
1.1957	0.0891	21	1.0057	0.0028	51
1.1726	0.0794	22	1.0050	0.0025	52
1.1524	0.0708	23	1.0045	0.0022	53
1.1347	0.0631	24	1.0040	0.0020	54
1.1192	0.0562	25	1.0036	0.0018	55
1.1055	0.0501	26	1.0032	0.0016	56
1.0935	0.0447	27	1.0028	0.0014	57
1.0829	0.0398	28	1.0025	0.0013	58
1.0736	0.0355	29	1.0022	0.0011	59
1.0653	0.0316	30	1.0020	0.0010	60

功率测量

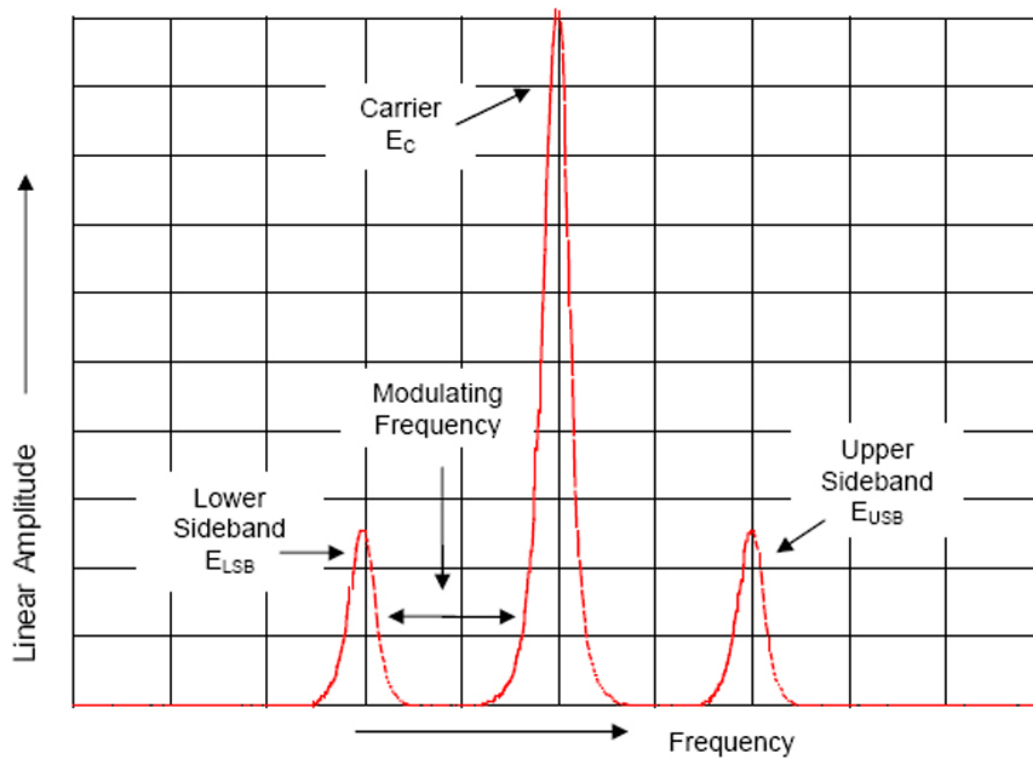
Power Ratio dBm - mW - w.



附录 B
幅度调制



$$\%M = \frac{(E_{max} - E_{min})}{(E_{max} + E_{min})} \times 100$$

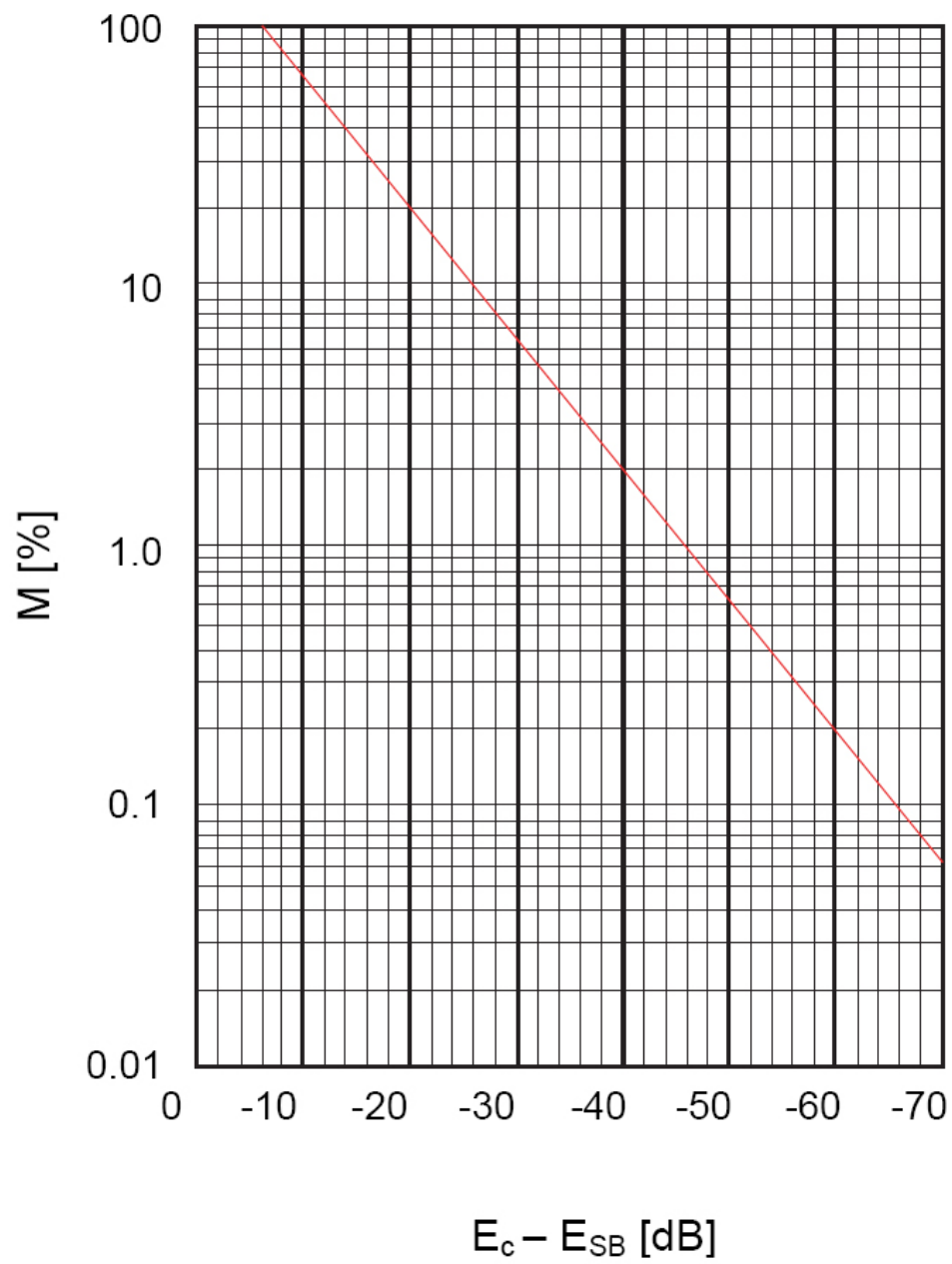


$$\%M = \frac{E_{LSB} + E_{USB}}{E_c} \times 100\%$$

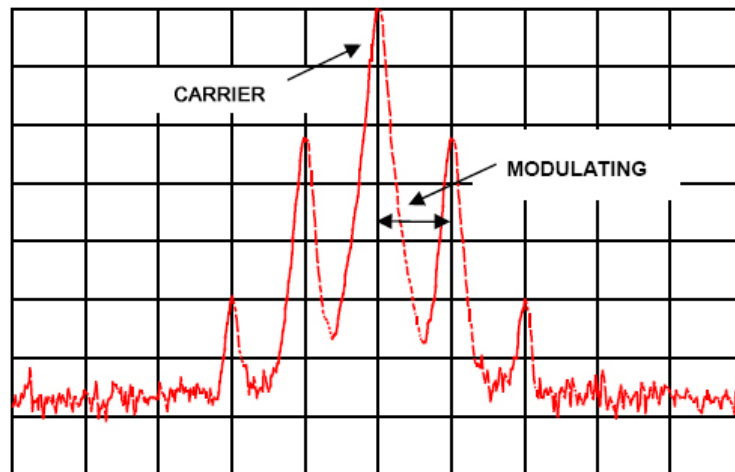
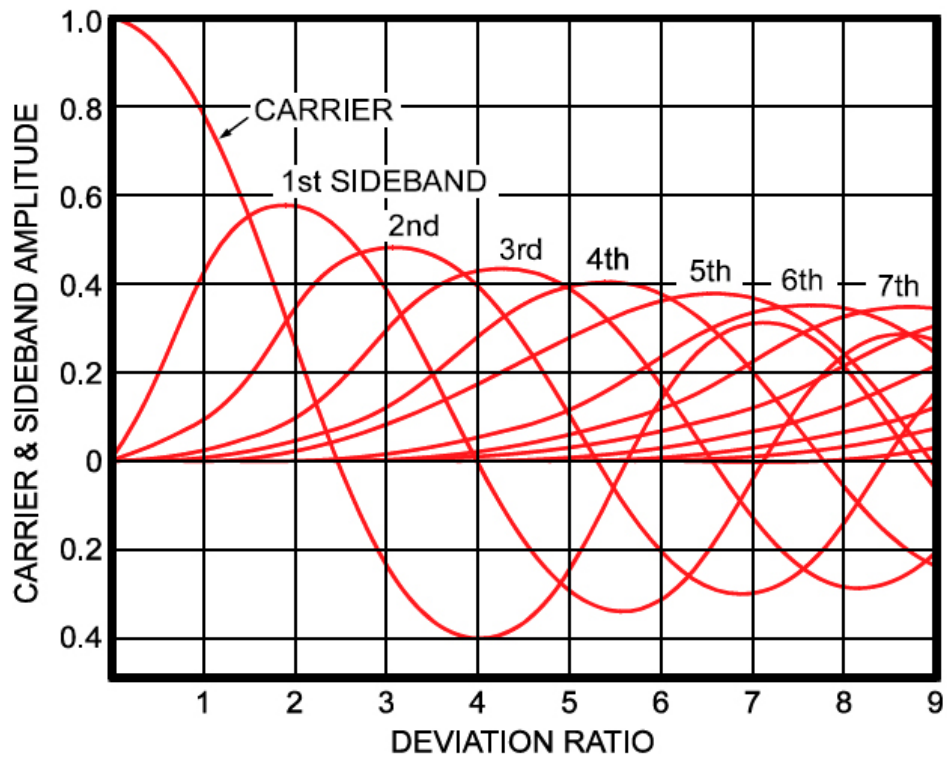
E_c

% modulation	Sideband level below carrier (dB)
1	46
2	40
10	26
20	20
30	16.5
40	14
50	12
60	10.4
70	9.1
80	7.9
90	6.9
100	6.0

Sideband level below carrier (dB)	% modulation
10	63
20	20
30	6.3
40	2.0
50	0.63
60	0.2
70	0.063
80	0.02



附录 C



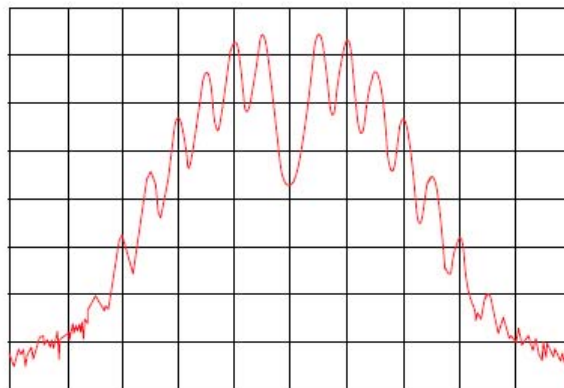
贝赛尔函数

Carrier Bessel NULL Number	$M = \Delta F/f$
1st	2.4048
2nd	5.5201
3rd	8.6531
4th	11.7915
5th	14.9309
6th	18.0711
7th	21.2116
8th	24.3525
9th	27.4935
10th	30.6346

Where M = modulation index

ΔF = deviation

f = modulating frequency

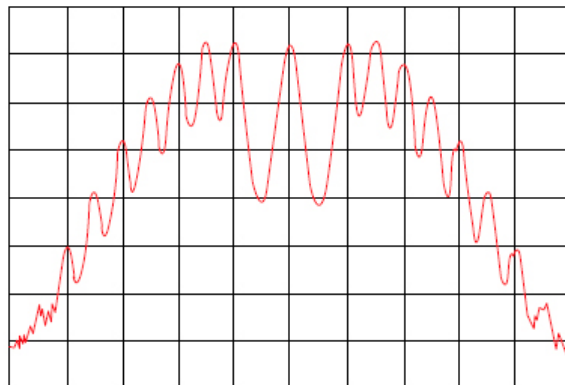


1st Sideband Bessel NULL number	$M = \Delta F/f$
1st	3.83
2nd	7.02
3rd	10.17
4th	13.32
5th	16.47
6th	19.62
7th	22.76
8th	25.90
9th	29.05

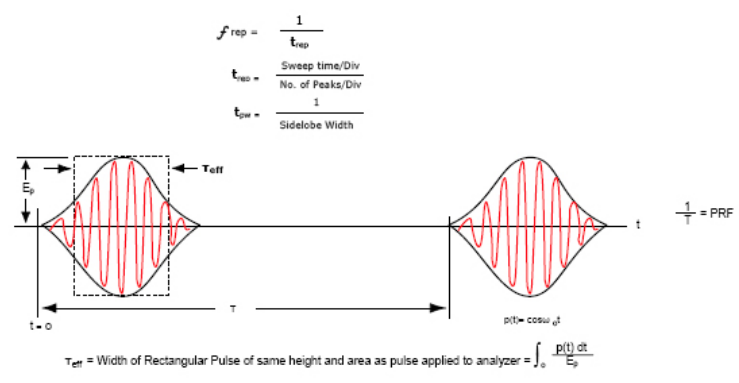
Where M = modulation index

ΔF = deviation

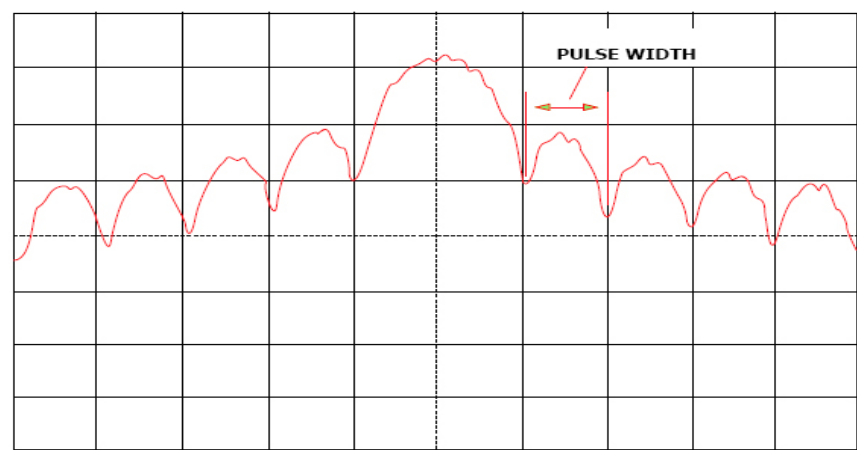
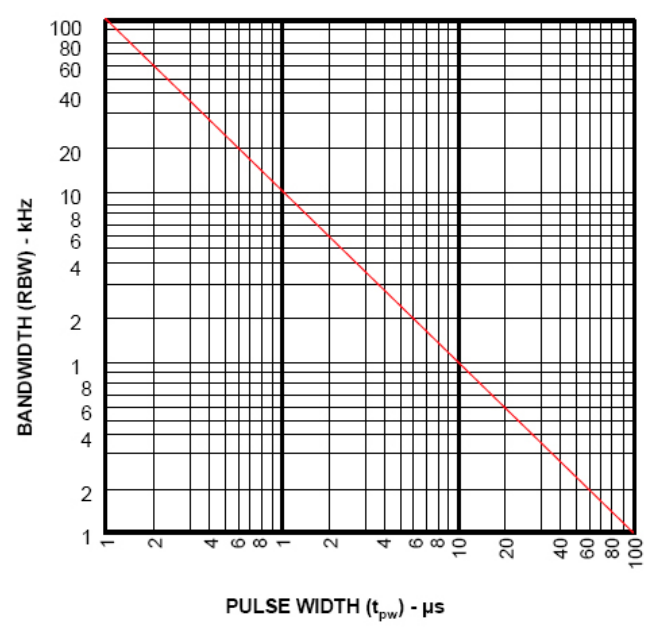
f = modulating frequency



附录 D 脉冲调制



Optimum RBW as a function of pulse width



附录 E 互调失真/截止点

计算截止点需要知道：

- 1) 阶数(2 阶, 或 3 阶)失真产物
- 2) 输入驱动电平 (例如-30dBm)
- 3) 互调产物低于驱动电平值 dB

截止点计算公式：

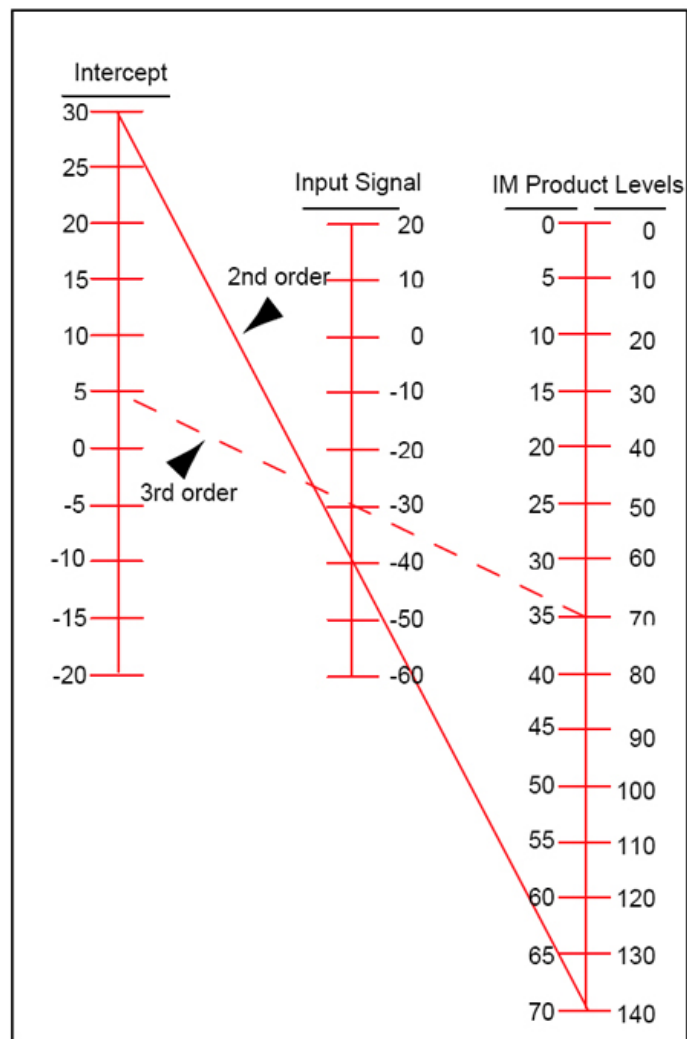
$$I = \frac{\Delta}{(N-1)} + S$$

其中：I=截止点功率

Δ =互调产物低于驱动电平值 dB

N=互调产物的阶数

S=输入信号驱动电平 dBm



安立公司频谱/信号分析仪选择指南

安立公司可以提供从高端到低端，从研发到生产的频谱信号分析仪。适合不同场合的应用，满足各方面的需求。

支持频率

Model/Name	Frequency coverage						Remarks
	50 Hz	9 kHz	1 GHz	10 GHz	25 GHz	50 GHz	
MS269xA series Signal Analyzer		████████████████████					50 Hz to 26.5 GHz
MS2830A series Signal Analyzer		████████████████					9 kHz to 13.5 GHz
MS8608A/09A Digital Mobile Radio Transmitter Tester		████████████████					9 kHz to 13.2 GHz
MS268x series Spectrum Analyzer		████████████████████					9 kHz to 30 GHz (MS2687B: external mixing to 110 GHz)
MS266xC series Spectrum Analyzer		████████████████████					9 kHz to 40 GHz (MS2667C/68C: external mixing to 110 GHz)
MS2717B/18B/19B Microwave Spectrum Analyzer		████████████████					9 kHz to 20 GHz
MS272xB series High-Performance Handheld Spectrum Analyzer		████████████████					9 kHz to 20 GHz
MT8221B BTS Master			████████				150 kHz to 7.1 GHz
MS2712E/13E Spectrum Master			████████				100 kHz to 6 GHz
MS2711D Handheld Spectrum Analyzer			████████				100 kHz to 3 GHz

应用比较

Measurement Applications	Bench-Top						Handheld			
	MS269xA series	MS2830A series	MS8608A/09A	MS268x series	MS266xC series	MS2717B/18B/19B	MS272xB series	MT8221B	MS2712E/13E	MS2711D
LTE	●	●	●	●		● ¹	● ¹	● ¹	● ¹	
W-CDMA/HSPA	●	●	●	●		● ¹	● ¹	● ¹	● ¹	
HSPA Evolution	●	●								
GSM/EDGE	●	●	●	●		● ¹	● ¹	● ¹	● ¹	
EDGE Evolution	●	●								
CDMA2000	● ¹	● ¹	●	●		● ¹	● ¹	● ¹	● ¹	
1xEV-DO	● ¹	● ¹	●	●		● ¹	● ¹	● ¹	● ¹	
TD-SCDMA with HSDPA/8PSK	●	●				● ¹	● ¹	● ¹	● ¹	
XG-PHS	●									
Fixed WiMAX						● ¹	● ¹	● ¹	● ¹	
Mobile WiMAX	●	●				● ¹	● ¹	● ¹	● ¹	
WLAN			●	●						
Flexible digital modulation analysis	●	●								
ISDB-T							● ²		●	
DVB-T/H							● ²			
MediaFLO	●									
Phase noise	●	●				●				
AM/FM tune and listen					●	●	●		●	●
AM/FM/PM Demodulator									●	

1: 仅下行/前向 链路

2: 仅 MS2721B

主要技术指标—台式

Overview	MS269xA series	MS2830A series	MS8608A/09A	MS268x series	MS266xC series	MS2717B/ 18B/19B
Performance	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆	◆◆
Frequency range	50 Hz to 26.5 GHz	9 kHz to 13.5 GHz	9 kHz to 13.2 GHz	9 kHz to 30 GHz	9 kHz to 40 GHz	9 kHz to 20 GHz
Phase noise at 1 GHz (10-kHz offset)	-116 dBc/Hz (100 kHz offset)	-115 dBc/Hz (100 kHz offset)	-108 dBc/Hz	-108 dBc/Hz	-100 dBc/Hz	-100 dBc/Hz
Dynamic range, 1 GHz ¹	177 dB	168 dB	160.5 dB	160.5 dB	155 dB	147 dB
Displayed average noise at 1 GHz (without preamp)	-155 dBm	-153 dBm	-148 dBm	-148 dBm	-145 dBm	-137 dBm
Displayed average noise at 1 GHz (with preamp)	-166 dBm	-163 dBm	-160 dBm	-160 dBm ²	-164 dBm ³	-161 dBm
Displayed average noise at 5 GHz (without preamp)	-152 dBm	-146 dBm	-141 dBm	-141 dBm	-142.5 dBm	-127 dBm
Standard attenuator range/step	70 dB/ 2 dB step	60 dB/ 2 dB step	62 dB/ 2 dB step	62 dB/ 2 dB step ⁴	70 dB/ 10 dB step	65 dB/ 5 dB step
Overall amplitude accuracy	±0.5 dB	±0.5 dB	±1.3 dB	±1.3 dB	±1.3 dB	±1.25 dB
Resolution bandwidth	SPA: 30 Hz to 20 MHz VSA: 1 Hz to 1 MHz	SPA: 1 Hz to 31.25 MHz VSA: 1 Hz to 1 MHz	1 Hz ⁵ to 20 MHz	1 Hz ⁵ to 20 MHz	30 Hz ⁵ to 3 MHz	1 Hz to 10 MHz
Standard analysis bandwidth	31.25 MHz	—	20 MHz	20 MHz	—	10 MHz
Optional RF analysis bandwidth	125 MHz	31.25 MHz	—	—	—	—
Maximum digitize time (10-MHz SPAN)	4 hours	2 sec.	—	—	—	—
Signal Generator option	●	●	—	—	—	—
Tracking Generator option	—	—	—	—	●	● ⁶
Battery	—	—	—	—	—	—

主要技术指标—手持式

Overview	MS272xB series	MT8221B	MS2712E/13E	MS2711D
Performance	◆◆◆	◆◆◆	◆◆	◆
Frequency range	9 kHz to 20 GHz	150 kHz to 7.1 GHz	100 kHz to 6 GHz	100 kHz to 3 GHz
Phase noise at 1 GHz (10-kHz offset)	-100 dBc/Hz	-100 dBc/Hz	-100 dBc/Hz	-75 dBc/Hz (30 kHz offset)
Dynamic range, 1 GHz ¹	147 dB	147 dB	157 dB	—
Displayed average noise at 1 GHz (without preamp)	-137 dBm	-137 dBm	-141 dBm	—
Displayed average noise at 1 GHz (with preamp)	-161 dBm	-161 dBm	-157 dBm	-155 dBm (typ.)
Displayed average noise at 5 GHz (without preamp)	-127 dBm	-130 dBm	-134 dBm	—
Standard attenuator range/step	65 dB/ 5 dB step	65 dB/ 5 dB step	55 dB/ 5 dB step	51 dB/ 1 dB step
Overall amplitude accuracy	±1.25 dB	±1.25 dB	±1.25 dB	±1.5 dB
Resolution bandwidth	1 Hz to 3 MHz	1 Hz to 3 MHz	10 Hz to 3 MHz	100 Hz to 1 MHz
Standard analysis bandwidth	10 MHz	20 MHz	10 MHz	—
Optional RF analysis bandwidth	—	—	—	—
Maximum digitize time (10-MHz SPAN)	—	—	—	—
Signal Generator option	—	●	—	—
Tracking Generator option	● ⁷	—	●	●
Battery	●	●	●	●

1: TOI-DANL

2: 仅仅 MS2681A/MS2683A

3: MS2661C 数据

4: MS2687B 70dB/10dB 步进

5: 选件

6: 仅 MS2717B

7: 仅 MS2721B

频谱分析仪

MS2690A/MS2691A/MS2692A

50Hz-6GHz/13.5GHz/26.5GHz

无线通讯下一代信号分析仪

- 平均噪声电平: -155dBm/Hz
- 电平精度: $\pm 0.5\text{dB}$
- 高速调制分析, 高速 FFT 分析
- 30M 分析带宽, 125MHz (选件) 分析带宽
- 可以集成 6GHz 信号源选件
- 支持 LTE, WCDMA, CDMA, TDSCDMA, GSM, mobile wimax 调制分析

MS269xA 系列是安立公司提供的高端频谱分析仪, 面向研发。支持各种移动通讯系统, 可以对 125MHz 信号进行分析。



频谱分析仪

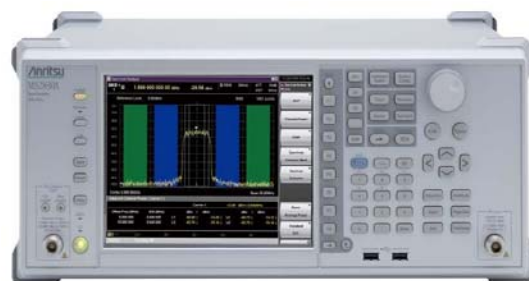
MS2830A

9KHz-3.6GHz/6GHz/13.5GHz

高速+高性价比

- 高测量速度
- 平均噪声电平: -153dBm/Hz
- 电平精度: $\pm 0.5\text{dB}$
- 集成信号源选件
- 低功耗
- 支持 LTE, WCDMA, CDMA, TDSCDMA, GSM, mobile wimax 调制分析

MS2830A 系列是安立公司提供的中端频谱分析仪, 面向生产。具有高性价比, 测量速度快等特点。集成的信号源选件, 非常适合基站生产线。



频谱分析仪

MS2717B/MS2718B/MS2719B

9KHz-7.1GHz/13GHz/20GHz

- 典型动态范围 100dB
- 典型相位噪声 -110dBc/HZ @10KHz offset,6GHz 之内
- 射频和解调测量功能
- 从 GSM 到 mobile wiamx, 提供各种通讯系统的分析

MS271x 系列是安立公司提供的低端频谱分析仪, 面向维修等低端市场。提供高性价比, 适用于设备器件等维修场合。



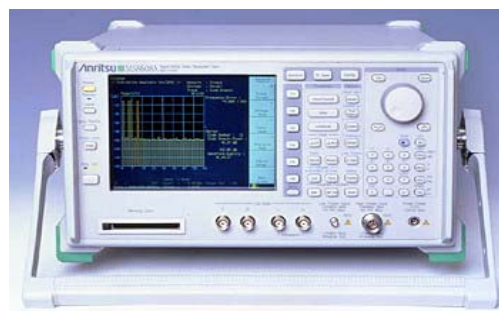
频谱分析仪

MS2681A/ MS2683A/ MS2687B

9KHz-3GHz/7.8GHz/30GHz(18GHz到 110GHz)

- 宽解析带宽 20MHz
- 各种测量软件选件
- 32GHz 功率计选件 (MS2687B)

MS268x 系列频谱分析仪具有 20M 解析带宽和高测试速度。可以分析 WCDMA, GSM, W-LAN 等无线系统和设备。



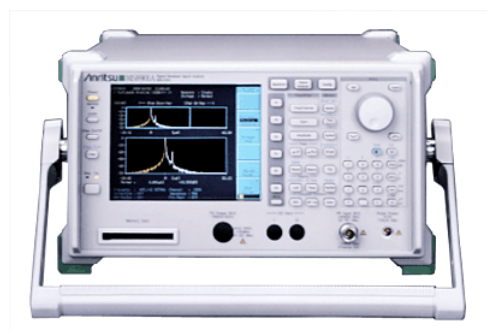
频谱分析仪

MS2661C/63C/65C/ 67C/68C

9KHz-3GHz/8.1GHz/21.2GHz/30GHz/40GHz

- 基本频谱分析功能

MS266x 系列频谱分析仪是安立公司较早提供的频谱分析仪系列。主要提供基本频谱分析功能。



手持频谱分析仪

MS2721B/ MS2723B/ MS2724B

9KHz-7.1GHz/13GHz/20GHz

- 平均噪声电平: -163dBm/Hz (前放开)
- 典型相位噪声 -110dBc/HZ @10KHz offset,6GHz 之内
- 射频和解调测量功能
- 从 GSM 到 mobile wiamx, 提供各种通讯系统的分析

MS272x 系列手持频谱分析仪是安立公司提供的高端手持频谱分析仪, 具有高性能, 适合外场应用的特点。广泛应用于电信运营商外场测试, 干扰查找等各种场合。



手持频谱分析仪

MS2712E/ MS2713E

100KHz-4GHz/6GHz

- 频谱分析仪, 干扰分析仪
- 高精度功率计, 2 端口传输测量
- 信道扫描, GPS, AM/FM/PM 分析
- 3GPP, 3GPP2, Wimax 信号分析
- 经过现场验证: 3 小时电池, 轻便设计, 日间模式
- 触摸屏

MS271x 系列手持频谱分析仪是安立公司提供的中端手持频谱分析仪, 具有高性能, 适合外场应用的特点。触摸屏, 操作友好。广泛应用于电信运营商外场测试, 干扰查找等各种场合。



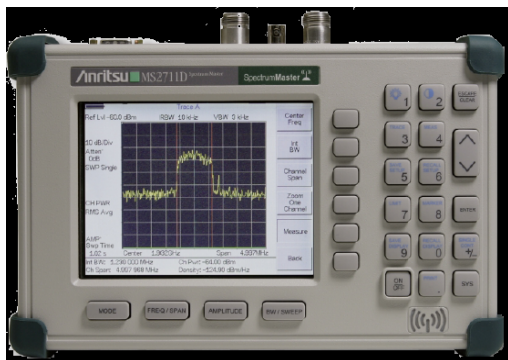
手持频谱分析仪

MS2711D

100KHz-3GHz

- $\pm 1dB$ 电平精度
- 平均噪声电平: -155dBm/Hz (前放开)
- 干扰分析
- 传输测量

MS2711D 手持频谱分析仪是安立公司提供的低端经济型手持频谱分析仪, 具有适合外场应用的特点。广泛应用于电信运营商外场测试, 干扰查找等各种场合。



我们的联系方式

日本安立株式会社 ANRITSU
CORPORATION 日本国神奈川県厚木市
恩名 5-1-1243-8555
TEL: +0081 46 223 1111
FAX: +0081 46 296 1264

安立有限公司
ANRITSU COMPANY LTD.
香港九龙尖沙嘴东科学馆道 1 号
康宏广场南座 2804-5 座
TEL: +00852-2301-4980
FAX: +00852-2301-3545

安立有限公司 北京代表处 北京市
朝阳区东三环北路 5 号 北京发展大
厦 2008 室 100004
TEL: 010-6590 9230
FAX: 010-6590 9235

安立有限公司 西安代表处 西安市
高新区高新一路 志诚大厦 1102 室
710075
TEL: 029-8837 7406/7409
FAX: 029-8837 7410

安立有限公司 武汉代表处 武汉市
汉口建设大道568号新世界国贸大厦
1座2001室 430022
TEL: 027-8771 3355
FAX: 027-8732 2773

安立有限公司 上海代表处 上海市
长宁区遵义路 100 号
虹桥上海城 A 幢 1807 室 -1810 室
200051
TEL: 021-6237 0898
FAX: 021-6237 0899

安立有限公司 广州代表处 广州
市天河路208号粤海天河城大厦1111
室 510620
TEL: 020-8527 6618/48/98
FAX: 020-8527 6218

安立有限公司 成都代表处 成都市新
华大道文武路 42 号 新时代广场 26
楼 E 座 610017
TEL: 028-8651 0011/22/33
FAX: 028-8651 0055

安立有限公司 深圳代表处 深圳市
福田区福华一路 98 号 卓越大厦
2002 室 518033
TEL: 0755-8287 4748
FAX: 0755-8287 4747

安立有限公司 南京代表处 南京市
白下区中山南路 49 号 商茂世纪广
场 19 楼 C7 座 210005
TEL: 025-8689 3596/7
FAX: 025-8689 5887

维修中心：
安立电子（上海）有限公司
上海市浦东新区外高桥保税区
上海市外高桥保税区富特北路211号
第二层8B-2部位 200131
TEL: 021-5868 0226/7/8
FAX: 021-5868 0588