



Rav 1.0
2020.05.08

TBMDA5 调制功率放大器

100KHz – 1000MHz

说明书

1、简介

Tekbox 提供了一个完整的 EN 61000-4-6 射频传导抗扰测试解决方案,

耦合去耦网络 (CDN) 以及合适的校准适配器和 150 欧姆转换; BCI 注入探头, 合适的调制宽带功率放大器 and EMCview PRO 软件, 带有跟踪源的频谱分析仪用作信号源或使用其他信号源.

TBMDA5 调制功率放大器为使用 150KHz 至 400MHz 频率范围内的 CDN 进行抗扰度测试提供必要的功率、带宽和调制。它被设计为由频谱分析仪的跟踪源输出或其他信号源驱动, 在 150KHz 至 400MHz 的频率范围内具有高达 2.5W 的 1dB 压缩点, 可以根据 ISO/EN6100-4-6 生成 1 级和 2 级测试, TBMDA5 具有足够的增益, 频谱跟踪源提供的 0dBm 实现最大输出功率。

TBMDA5 提供了内置的调制能力, 可生成 1 kHz/80%/AM 信号和 1KHz/50%占空比的 PM, 在 PM 模式下, TBMDA5 还可以产生具有 12.5%占空比的 217Hz 信号, 模拟移动电话的 TDMA 噪声。



正面



背面

应用:

- 通用增益放大器
- 驱动近场探头/CDN/BCI探头
- 驱动TEM小室

特点:

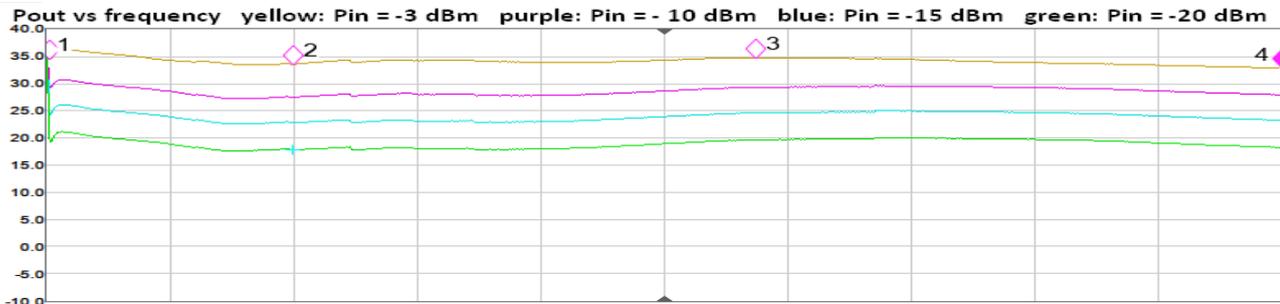
- CW波连续放大器 (调制关闭)
- 1 kHz, 80% AM调制
- 1 kHz, 50% 占空比脉冲调制
- 217 Hz, 12.5% 占空比脉冲调制
- 驱动CDN或BCI探头的传导抗扰度测试

2、技术指标

- 频率范围: 150KHz-400MHz, 可从100KHz-1200MHz
- 射频接口: N型, 50Ω
- 小信号增益: 38dB@typ.
- 增益平坦度: 3.5dB @ 150KHz-400MHz@Pin=-5dBm
- 饱和输出功率@150 kHz / Pin = 0 dBm: 32.6 dBm (1.8 W) typ.
- 饱和输出功率@ 500 kHz / Pin = 0 dBm: 36 dBm (4 W) typ.
- 饱和输出功率@ 1 MHz / Pin = 0 dBm: 36.1 dBm (4.1 W) typ.
- 饱和输出功率@ 10 MHz / Pin = 0 dBm: 37.8 dBm (6 W) typ.
- 饱和输出功率@ 100 MHz / Pin = 0 dBm: 36.4 dBm (4.4 W) typ.
- 饱和输出功率@ 250 MHz / Pin = 0 dBm: 36 dBm (4 W) typ.
- 饱和输出功率@ 400 MHz / Pin = 0 dBm: 33.7 dBm (2.3 W) typ.
- 饱和输出功率@ 750 MHz / Pin = 0 dBm: 33.2 dBm (2.1 W) typ.
- 饱和输出功率@ 1 GHz / Pin = 0 dBm: 34.8 dBm (3 W) typ.
- 饱和输出功率@ 1.1 GHz / Pin = 0 dBm: 31.1 dBm (1.3 W) typ.
- 饱和输出功率@ 1.2 GHz / Pin = 0 dBm: 27.3 dBm (0.5 W) typ.
- 1dB输出压缩点@ 150 kHz: +29.6 dBm typ. (Pin: -9 dBm)
- 1dB输出压缩点@ 500 kHz: +32.9 dBm typ. (Pin: -6 dBm)
- 1dB输出压缩点@ 1 MHz: +33.1 dBm typ. (Pin: -5 dBm)
- 1dB输出压缩点@10 MHz: +33.8 dBm typ. (Pin: -6 dBm)
- 1dB输出压缩点@100 MHz: +33.6 dBm typ. (Pin: -4 dBm)
- 1dB输出压缩点@250 MHz: +33.1 dBm typ. (Pin: -6 dBm)
- 1dB输出压缩点@400 MHz: +31.5 dBm typ. (Pin: -6 dBm)
- 1dB输出压缩点@750 MHz: +30.94 dBm typ. (Pin: -4 dBm)
- 1dB输出压缩点@1 GHz: +31.8 dBm typ. (Pin: -5 dBm)
- 1dB输出压缩点@1.1 GHz: +27.9 dBm typ. (Pin: -5 dBm)
- 1dB输出压缩点@1.2 GHz: +25.2 dBm typ. (Pin: -4 dBm)
- 2次谐波@100MHz@P_{out}=36dBm: < -15dBc
- 2次谐波@100MHz@P_{out}=30dBm: < -22dBc
- 3次谐波@100MHz@P_{out}=36dBm: < -23dBc
- 3次谐波@100MHz@P_{out}=30dBm: < -33dBc
- 总谐波失真度

5.2% @100MHz, Pout=27dBm typ.
 8.5% @100MHz, Pout=30 dBm typ.
 14.5% @100MHz, Pout=33 dBm typ.
 20.3% @100MHz, Pout=36 dBm typ.

- 三阶截距点: +43dBm, @100 MHz, $\Delta f = 2\text{MHz}$ typ.
- 噪音系数@100MHz: 6.1dB
- 内部调制频率AM: 1 kHz \pm 20%
- 内部调制频率PM: 1 kHz \pm 20%, 217 Hz \pm 20%
- 占空比, PM: 50% \pm 10%@1KHz; 12.5% \pm 20%@217Hz
- 供电电压: 110-240V @ AC
- 供电功耗: 19W
- 工作温度: -20°C ~ +50°C



Start 0 Hz Center 200 MHz Stop 400 MHz
 RBW 100 kHz VBW 100 kHz Span 400 MHz SWT 496 ms

Marker Table

Marker	Type	Trace	Readout	X Axis	Ampt
1	Normal	A	Frequency	1 MHz	34.64 dBm
2	Normal	A	Frequency	80 MHz	33.64 dBm
3	Normal	A	Frequency	230 MHz	34.85 dBm
4	Normal	A	Frequency	400 MHz	32.91 dBm

小信号性能 (Pin = -10dBm) @ 150KHz-1200MHz

频率 [MHz]	0.15	0.5	1	10	80	100	250	400	500	750	1000	1100	1200
输出功率 [dBm]	28.9	29.7	29.1	30.5	27.9	28.2	29.8	28.1	27.7	26.1	27.7	23.9	20.3
增益 [dB]	38.9	39.7	39.1	40.5	37.9	38.2	39.8	38.1	37.7	36.1	37.7	33.9	30.3

1dB压缩点 @ 150KHz-1200MHz

频率 [MHz]	0.15	0.5	1	10	80	100	250	400	500	750	1000	1100	1200
输出功率 [dBm]	29.6	32.9	33.1	33.8	33	33.6	33.1	31.5	31	31	31.8	27.9	25.2
输入功率 [dBm]	-9	-6	-5	-6	-5	-5	-6	-6	-6	-4	-5	-5	-4

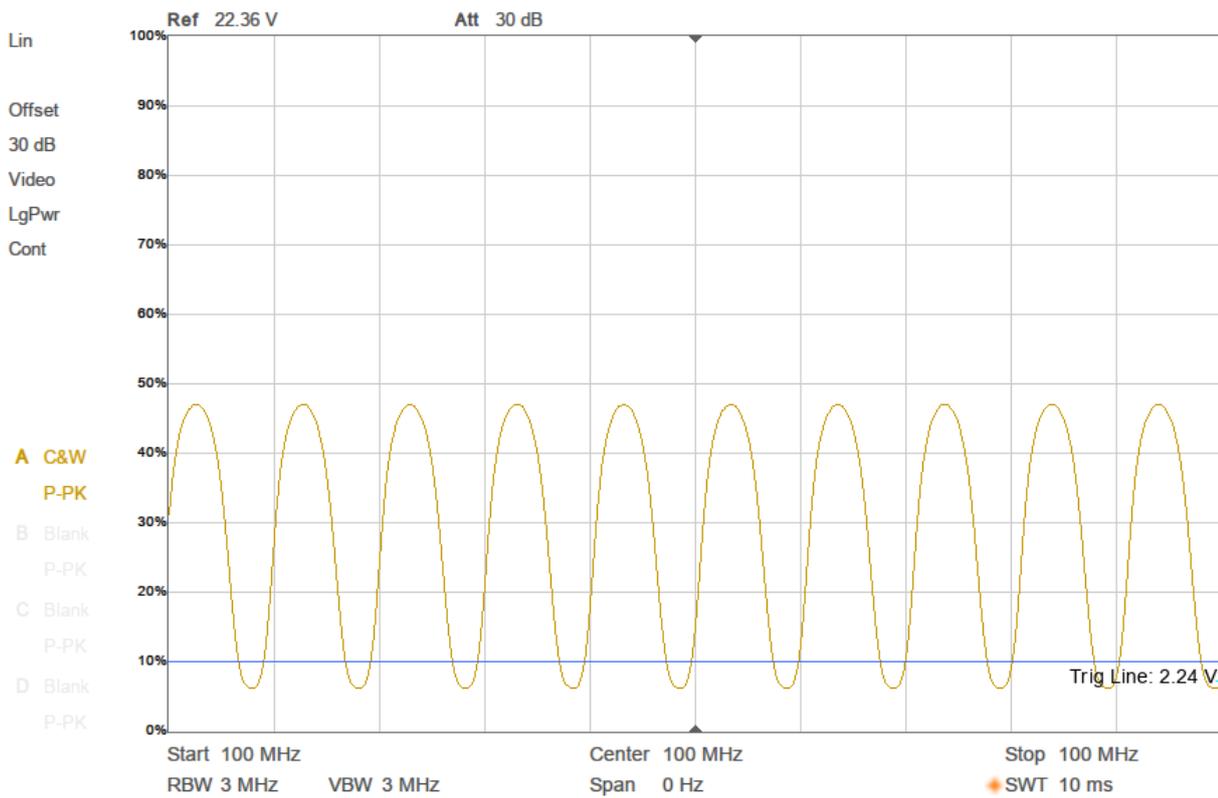
饱和输入 (Pin = 0dBm) @ 150KHz-1200MHz

频率 [MHz]	0.15	0.5	1	10	80	100	250	400	500	750	1000	1100	1200
输出功率 [dBm]	32.6	36	36.1	37.8	36.1	36.4	36	33.7	32.9	33.2	34.8	31.1	27.3
增益 [dB]	32.6	36	36.1	37.8	36.1	36.4	36	33.7	32.9	33.2	34.8	31.1	27.3

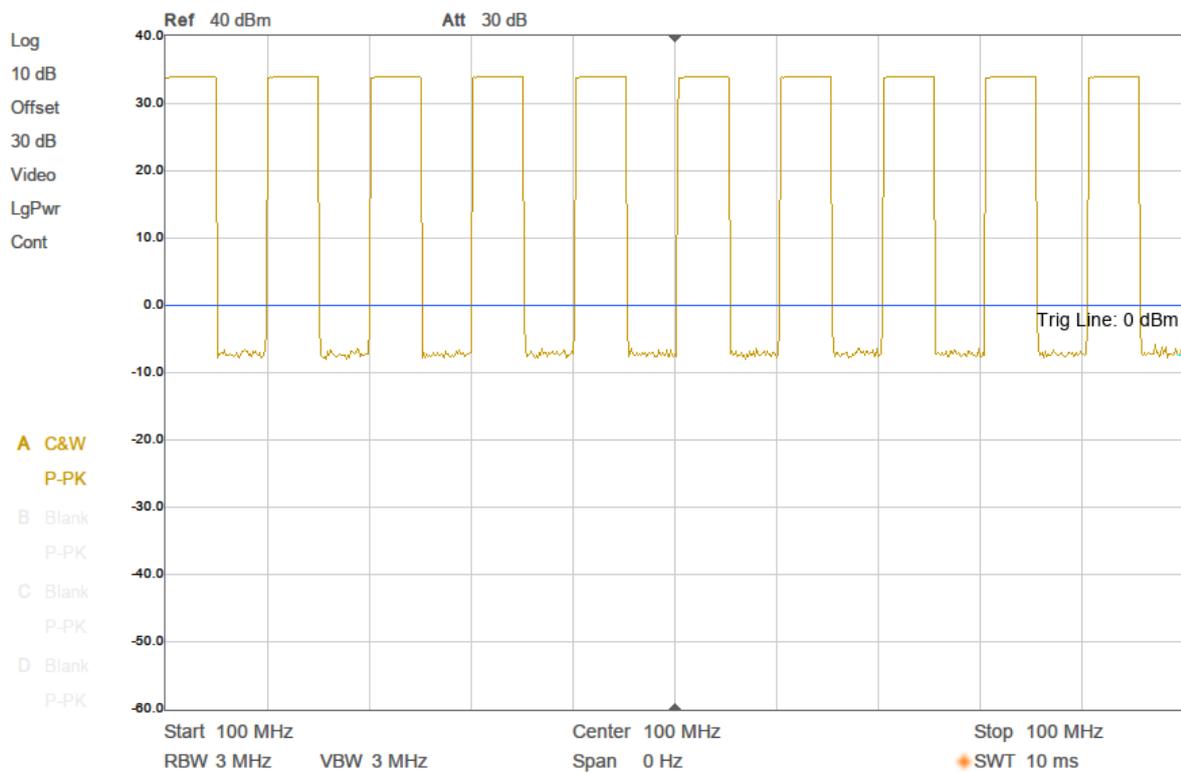
- 最大输入功率 +3dBm, 当最大输入时, 不建议输出开路或短路负载, 可能会因此损坏输出电路, 当驱动近场探头、电路探头或其他负载时, 建议输出端添加3dB衰减器做保护

调制:

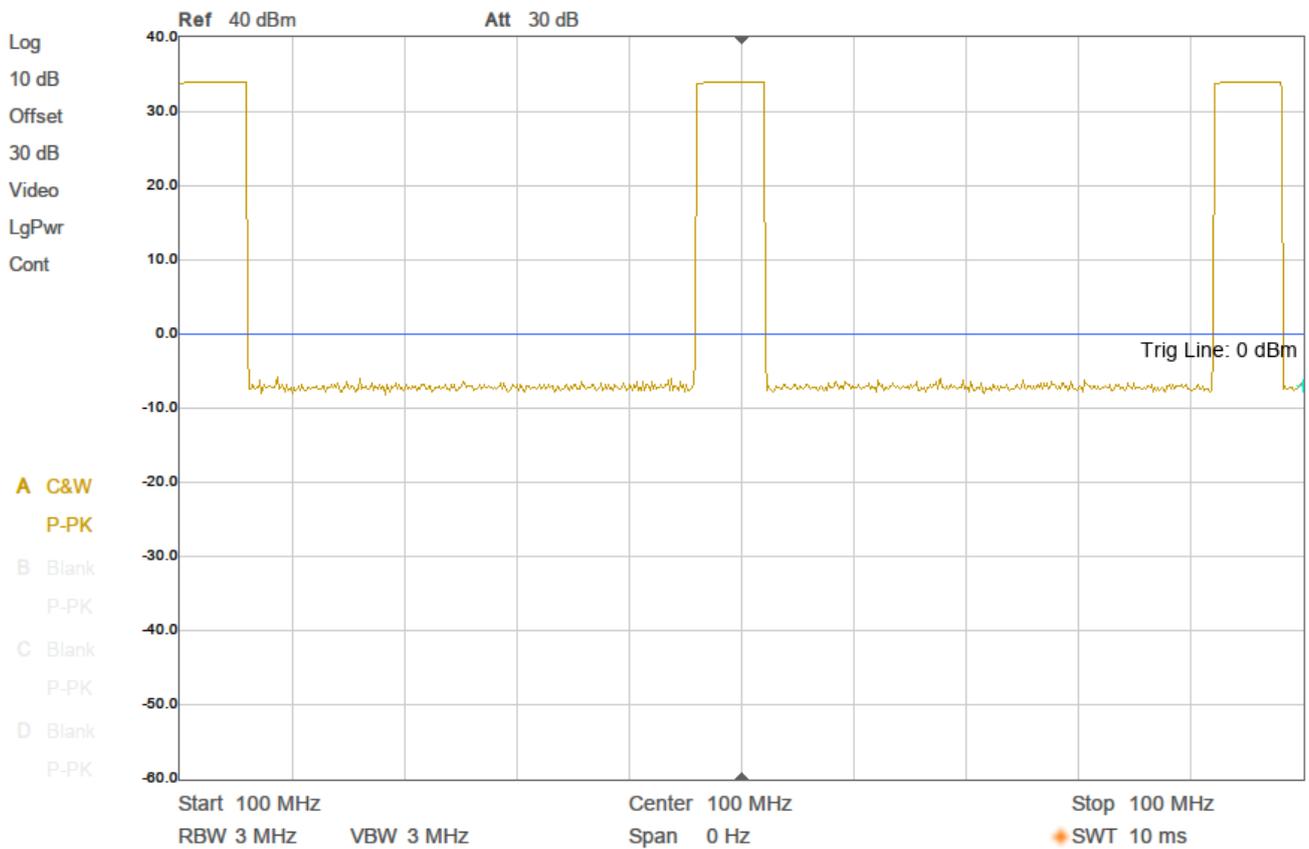
零跨度, 10毫秒扫描时间, 峰值检测器



1 kHz, 80 % AM, envelope, 100 MHz, Pout = 34 dBm peak;



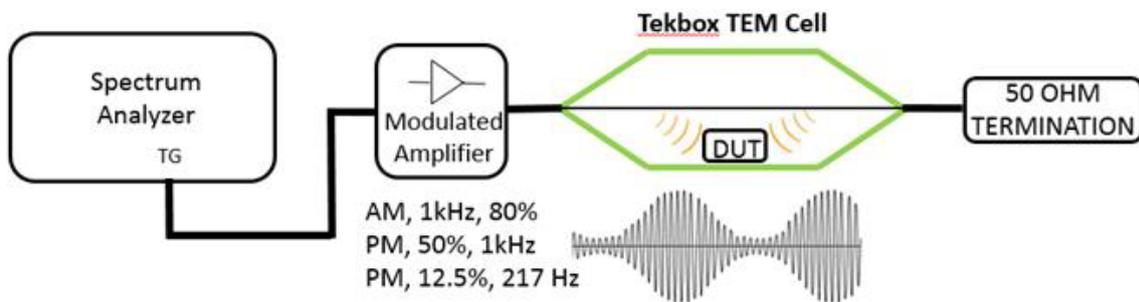
1 kHz, 50 % PM envelope, 100 MHz, Pout = 34 dBm peak



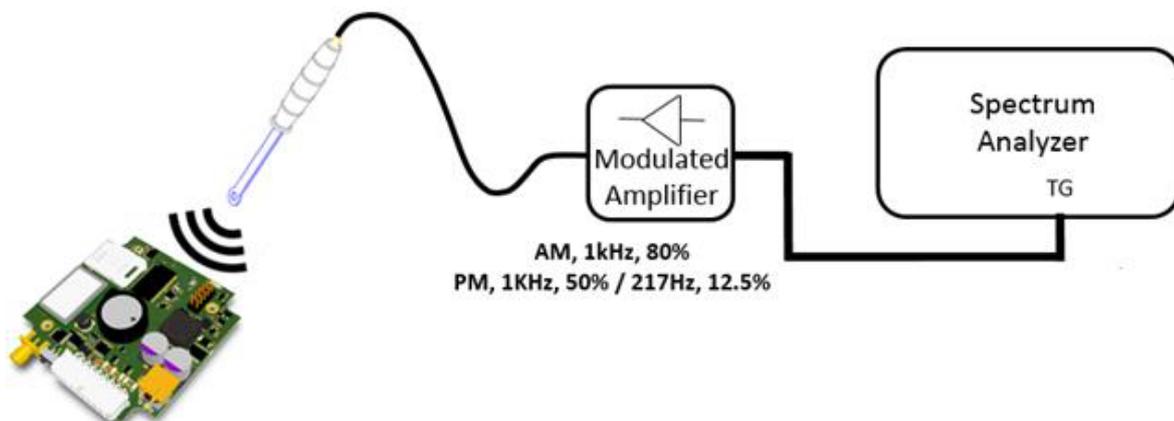
217 Hz, 12.5 % PM envelope, 100 MHz, Pout = 34 dBm peak

应用

使用TEM横电波小室进行抗扰度测试



使用近场探头进行干扰抗扰度测试 (EMC预测辐射抗扰度, 先使用TEM小室进行抗扰测试, 发现问题使用近场探头进行定位PCBA的敏感电路)



TEM横电波小室场强

典型EMC抗扰度预测试设置通常不够复杂，无法测量TEM小室内部真实场强。但是，TEM内部场强可以通过数学方法计算。

隔板与TEM小室的下(上)壁之间的电场(V/m)为 $E = V/d$ ，其中V是施加信号的RMS电压，d是隔板与下(上)壁之间的距离。这是基于简化的假设，即E场将完全均匀/均匀分布。更实用的公式是 $E = V * Cor/d$ ，其中Cor是DUT体积上的平均场强的校正因子，该校正因子是通过分析TEM内部横截面上的场分布分析得出的。

假设将DUT放置在小室的中心以及底壁和隔板之间的中间，我们可以以足够的精度使用简化的公式。

$$TBTC0: d = 2.8 \text{ cm} \rightarrow E_{[V/m]} = (\sqrt{P*50\Omega}) * 35.7$$

$$TBTC1: d = 5 \text{ cm} \rightarrow E_{[V/m]} = (\sqrt{P*50\Omega}) * 20$$

$$TBTC2: d = 10 \text{ cm} \rightarrow E_{[V/m]} = (\sqrt{P*50\Omega}) * 10$$

$$TBTC3: d = 15 \text{ cm} \rightarrow E_{[V/m]} = (\sqrt{P*50\Omega}) * 6.66$$

以上公式中的 功率P 必须输入 [W]

$$P_{[W]} = 0.001 * (10^{(P_{[dBm]}/10)})$$

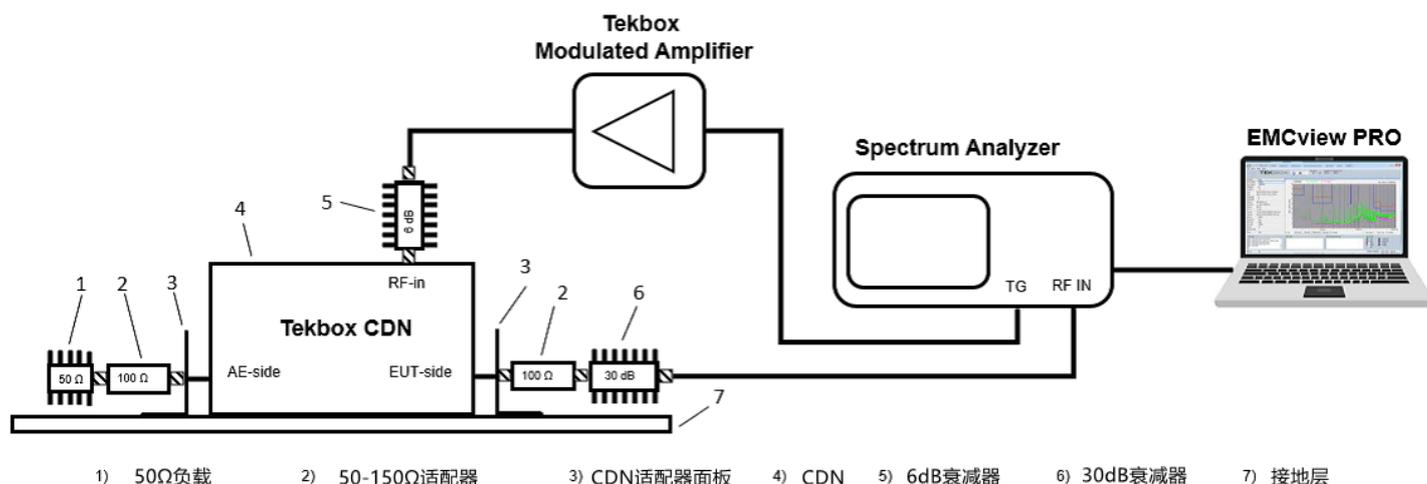
频率 [MHz]	输入功率 [dBm]	输出功率 [dBm]	场强TBTC0 [V/m]	场强TBTC1 [V/m]	场强TBTC2 [V/m]	场强TBTC3 [V/m]
0.15	-3	32.5	337	189	94	63
0.5	-3	34.8	439	246	123	82
1	-3	34.5	424	237	119	79
10	-3	35.8	492	275	138	92
100	-3	34.2	409	229	115	76
250	-3	34.8	439	246	123	82
500	-3	32.4	333	186	93	62
750	-3	31.8	311	174	87	58
1000	-3	33.3	369	207	103	-

TBMDA5驱动Tekbox TEM小室的计算场强

在CW信号的情况下，上述输出功率是RMS输出功率。注意，在80% AM调制的情况下，调制信号的RMS功率将比CW信号的RMS功率低5.1 dB。

4、使用CDN进行抗扰度测试

使用 EMCview PRO 软件进行EN6100-4-6校准



1级测试电平：1V RMS，1KHz/80% AM 调制

2级测试电平：3V RMS，1KHz/80% AM 调制

3级测试电平：10V RMS，1KHz/80% AM 调制

x级测试电平：特殊（未指定）

测试电平：是CDN的EUT端口处的开路电压。

校准期间测量的电压必须 $\times 3$ ，允许50欧姆到150欧姆的转换，再 $\times 2$ ，以达到开路电压。

因此，在150Ω至50Ω适配器的输出端测得的电压是所需应力水平电压的1/6。在对数图中，测得的电压比开路电压低15.5 dB。

示例：2级测试电平

CDN的EUT端口处的 $U_0=3V$ RMS，开路电压=100欧姆至50欧姆适配器输出处的 $3V/6=0.5V$ RMS。

调制功率放大器输出端的所需功率为：

$U_0/6[\text{dBm}] + \text{CDN插入损耗} + 6 \text{ dB (衰减器)} + 5.1 \text{ dB (80\%AM RMS)}$

假设CDN的插入损耗为10 dB，所需的RF功率为：

$7\text{dB} + 10\text{dB} + 6\text{dB} + 5.1\text{dB} = 28.1\text{dB} = 0.65\text{W}$

校准期间，EMCview Pro将对每个频率进行步进扫描，调整跟踪源电平，以便在频谱分析仪输入端达到

$7 \text{ dBm} + 5.1 \text{ dB} - 30 \text{ dB} = -17.9 \text{ dBm}$ 。跟踪源电平表将用于在实际抗扰度测试期间设置电平

带有150Ω至50Ω适配器的CDN的典型插入损耗为10 dB。

AM RMS转换添加6 dB衰减器和5.1 dB导致为 $10 \text{ dB} + 6 \text{ dB} + 5.1 \text{ dB} = 21.1 \text{ dB}$ 的准插入损耗。

对于1V、3V和10V的开路电压，150 Ohm至50 Ohm适配器输出的相应功率为 -2.6 dBm、7 dBm和17.4 dBm RMS CW。增加5.1 dBi以覆盖80%AM调制的RMS功率。

因此，1/2/3级6 dB衰减器输入端的所需功率为18.5 dBm/28.1 dBm/38.5 dBm。

下表反映了实际CDN的插入损耗与频率的关系，以便为TBMDA5设置所需的输入功率。

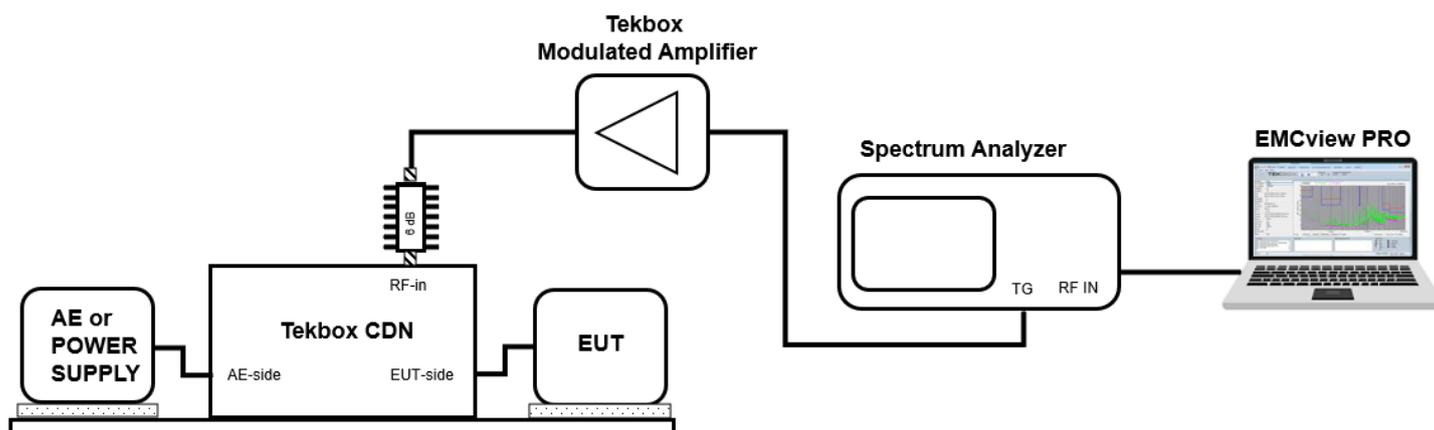
频率 [MHz]	TBMDA5 输出功率达到 level 1 [dBm]	对应的TBMDA5 输入功率 [dBm]	TBMDA5输出功率 level 2 [dBm]	对应的TBMDA5 输入功率 [dBm]
0.15	17.3	-22 dBm	27.3	-12 dBm
0.5	16.6	-23 dBm	26.6	-13 dBm
1	16.9	-22 dBm	26.9	-12 dBm
10	17.8	-22 dBm	27.8	-12 dBm
100	18.7	-19 dBm	28.7	-9 dBm
230	20	-19 dBm	30	-9 dBm

1级、2级测试，TBMDA5的输入功率设置

TBMDA5的最大输出功率相对于3级测试所需要功率大约少3dB。作为折衷方案，6 dB衰减器可以用3 dB衰减器代替。

EMCview PRO能够自动调整跟踪发生器水平，以达到所需的应力水平电压。输出是一个校准表，在抗扰度测试期间加载并应用

使用EMCview PRO设置EN 61000-4-6抗扰度测试

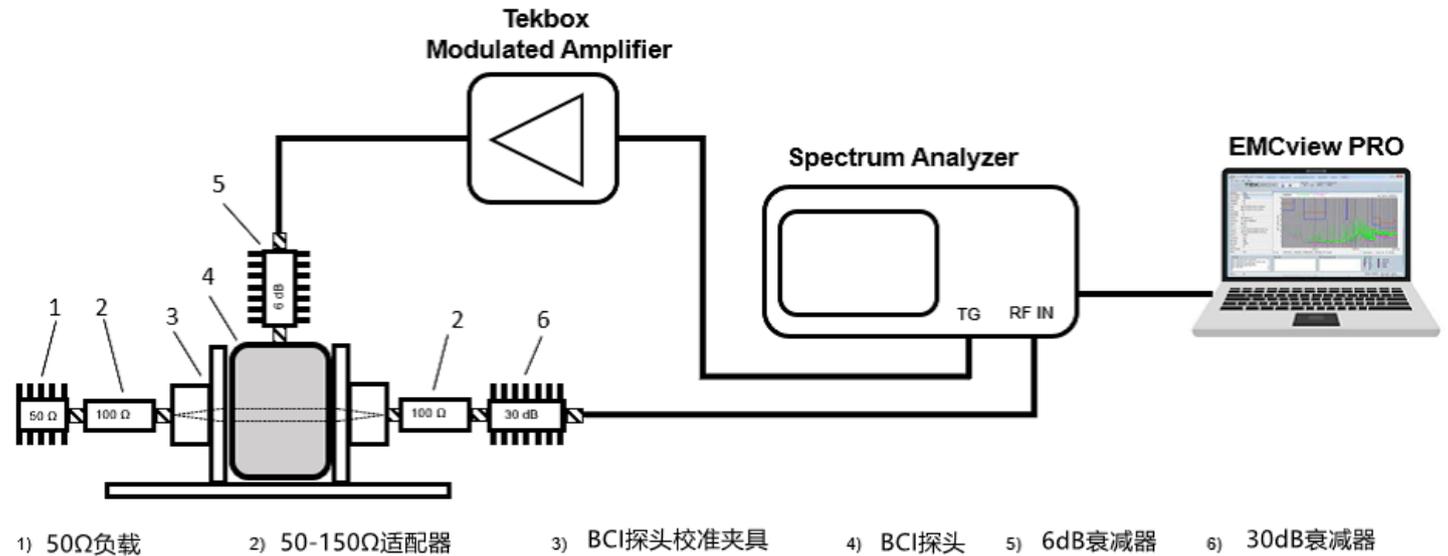


测试示意图

5、使用BCI探头进行传导抗扰度测试

EN 61000-4-6规定了电压方面的应力水平，并使用300Ohm回路校准抗扰度设置。其他标准规定了注入电流的应力水平。

EN 61000-4-6使用EMCview PRO设置300Ω回路BCI校准



1级测试电平：1V RMS, 1KHz/80% AM 调制

2级测试电平：3V RMS, 1KHz/80% AM 调制

3级测试电平：10V RMS, 1KHz/80% AM 调制

x级测试电平：特殊（未指定）

测试规范规定的测试电平是校准夹具输出端的开路电压。

校准期间测量的电压必须×3，以允许50欧姆到150欧姆的转换，再 ×2，以达到开路电压。

因此，在150欧姆至50欧姆适配器的输出端测得的电压是所需应力水平电压的1/6。在对数图中，测得的电压比开路电压低15.5 dB。

示例：2级测试电平

校准夹具输出端的 $U_0=3V$ RMS 开路电压=100欧姆至50欧姆适配器输出端的 $3V/6=0.5V$ RMS。

调制放大器输出端的所需功率为：

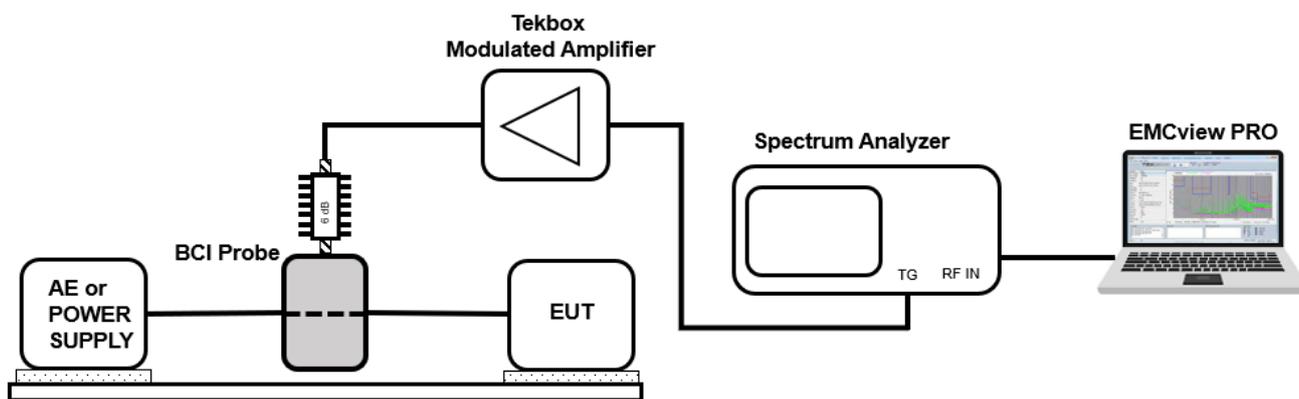
$U_0/6[dBm]+BCI$ 探头插入损耗+6 dB（衰减器）+5.1 dB（80%AM RMS）

假设300欧姆环路中BCI探头的插入损耗为16 dB，则所需RF功率为：

$7dB + 16dB + 6Db + 5.1dB = 34.1dB = 2.6W$

校准期间，EMCview Pro将对每个频率进行步进扫描，调整跟踪发生器电平，以便在频谱分析仪输入端达到7 dBm-30 dB=-23 dBm。跟踪发生器电平表将用于在实际抗扰度测试期间设置电平。

使用BCI探头和EMCview PRO设置EN 61000-4-6抗扰度测试（测试示意图如下）



● 使用EMCview PRO设置ISO 11452-4/MIL-STD-461/DO 160A校准

ISO 11452-4 大电流注入法（汽车电子）

MIL-STD-461 美军标基础标准规范

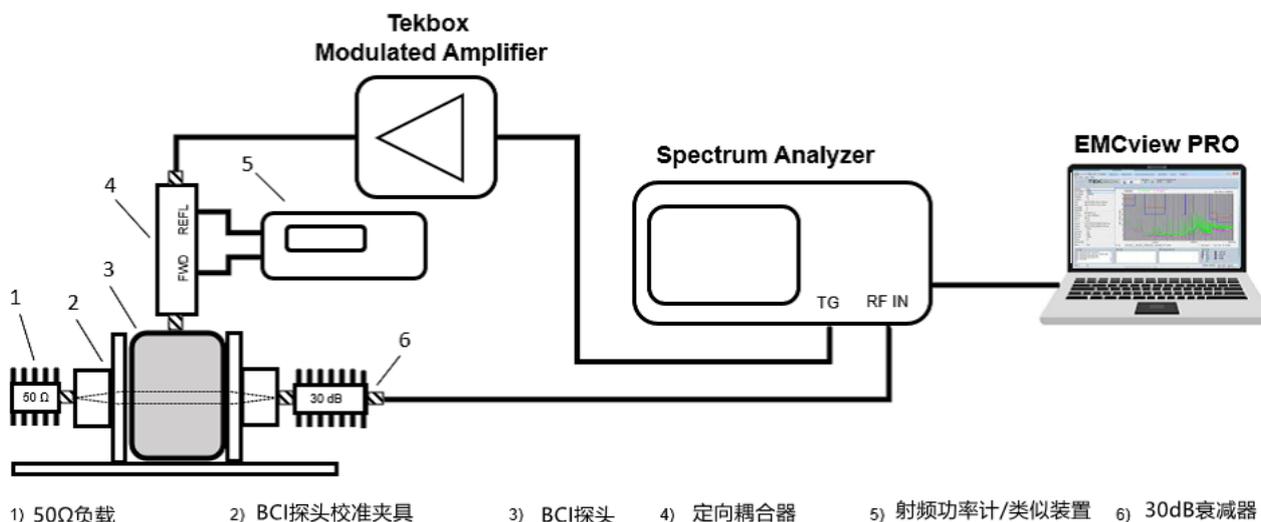
DO 160A 美航空无线电技术委员会（航空电子抗扰度规范）

汽车抗扰度标准ISO 11452-4以及国防和航空电子产品的抗扰性标准规定了感应干扰电流方面的应力水平。

传统的校准和测试方法使用电流监测探头来创建控制回路，从而保持所需的干扰电流。调平回路可能被电缆共振所欺骗。高阻抗谐振导致RF放大器输出功率升高，以达到规定的干扰电流。类似地，低阻抗谐振可显著降低RF放大器的输出功率。这种情况在大多数现实电磁环境中是不现实的，可能会造成严重的过度测试或测试不足的情况。

为了避免与闭环测试方法相关的过测试/欠测试问题，标准提供了替代方法（开环），其中通过测量100欧姆回路中感应的电流来设置干扰电流。使用定向耦合器测量正向和反射功率，同时设置RF功率以达到50欧姆负载中所需的干扰电流水平。在实际抗扰度测试期间，根据校准期间记录的值设置正向功率电平。

为预合规目的设置的替代校准方法：



示例：1级测试 – 60mA

需要22.6 dBm的功率才能在50欧姆负载中实现60 mA的电流。

假设100欧姆回路中典型BCI探头的插入损耗为8dB。

假设定向耦合器的插入损耗为1 dB

调制放大器输出端的所需功率为：

测试电平[dBm]+BCI探头插入损耗+6 dB（衰减器）+5.1 dB（80%AM RMS）

$22.6\text{dB} + 8\text{dB} + 1\text{dB} + 5.1\text{dB} = 36.7\text{dB} = 4.7\text{W}$

示例：2级测试 – 200mA

需要33 dBm的功率才能在50欧姆负载中实现200 mA的电流。

假设100欧姆回路中典型BCI探头的插入损耗为8dB。

假设定向耦合器的插入损耗为1 dB

调制放大器输出端的所需功率为：

测试电平[dBm]+BCI探头插入损耗+6 dB（衰减器）+5.1 dB（80%AM RMS）

$33\text{dB} + 8\text{dB} + 1\text{dB} + 5.1\text{dB} = 47.1\text{dB} = 51.3\text{W}$

ISO 11452-4/MIL-STD-461/DO 160A抗扰度测试使用EMCview PRO设置

有关相应测试装置的详细图纸，请参考标准。

6、用于抗扰度测试的PC软件

Tekbox提供了两个用于EMC预合规性测量的软件版本

EMCview提供了一项功能，用于控制跟踪发生器输出频率和电平，并以恒定的跟踪发生器电平进行扫描。

EMCview PRO提供了一个更复杂的功能，它能够为基于CDN和BCI的设置执行校准扫描。产生的校准文件用于在抗扰度测试扫描期间设置跟踪发生器电平。

Tekbox EMCview目前支持的频谱分析仪有：

普源（DSA和RSA系列）

鼎阳（SSA/SSA PLUS/SSA-R和SVA）

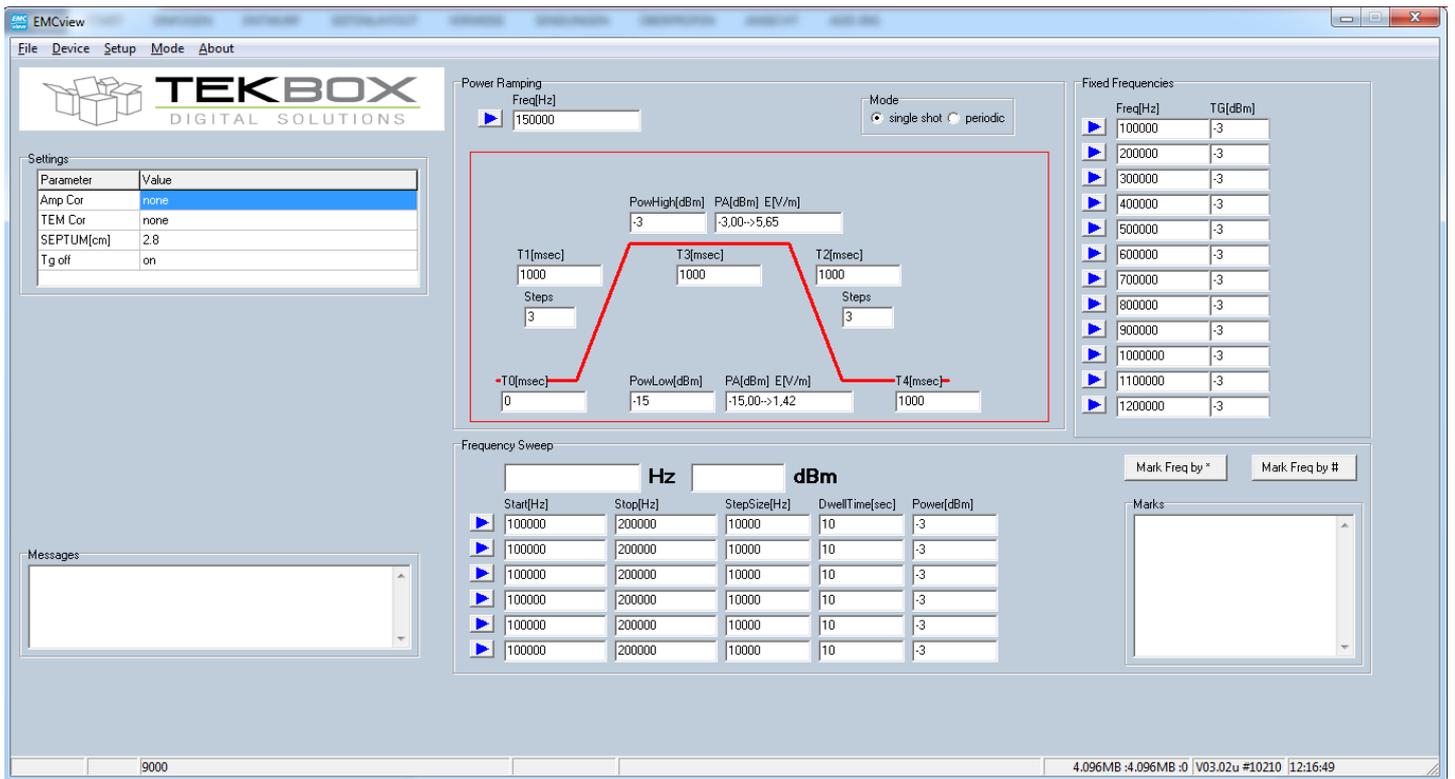
R&S（FPC和FPH）

利利普（XSA和HSA）

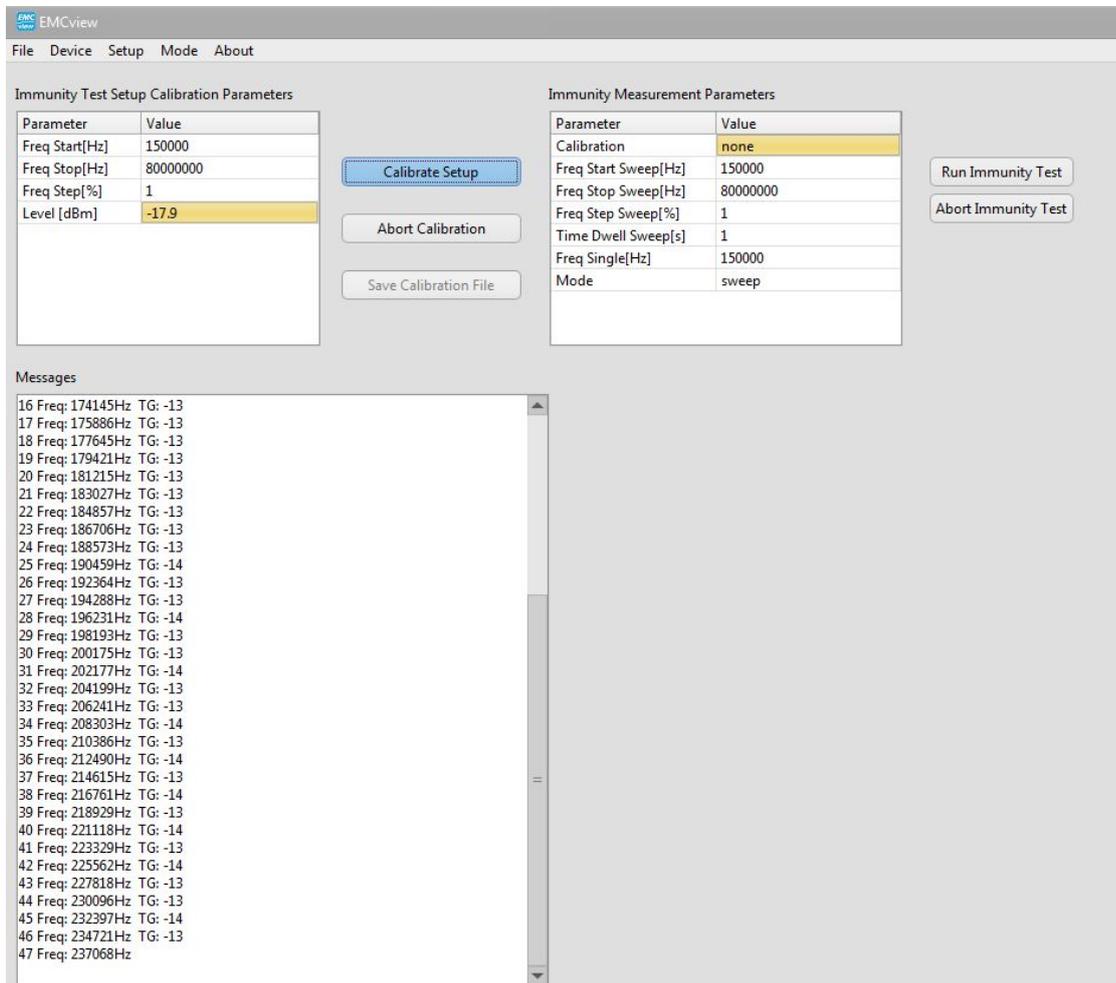
力科Teledyne T3SA系列

BK精密 2683系列

ComPower SPA-900TG系列



EMCview/EMCview Pro的跟踪生成器控制功能的屏幕截图



EMCview Pro抗扰度测试功能的屏幕截图

警告:

切勿将TBMDA5的输出直接连接到频谱分析仪的输入。检查频谱分析仪的最大输入额定值，并用适当的使用衰减器对其进行保护。

例如:

Rigol DSA815最大输入额定功率: +20dBm

7、订购信息

型号	描述
TBMDA5-EU	功率放大器、75cm线缆、转接头、30dB衰减器、6dB衰减器、USB线缆、欧规电源线
TBMDA5-US	功率放大器、75cm线缆、转接头、30dB衰减器、6dB衰减器、USB线缆、美规电源线
TBMDA5-UK	功率放大器、75cm线缆、转接头、30dB衰减器、6dB衰减器、USB线缆、英规电源线
TBMDA5-AU	功率放大器、75cm线缆、转接头、30dB衰减器、6dB衰减器、USB线缆、澳规电源线

8、历史版本

版本	日期	作者	更改
V1.0	2022.10.5	Mayerhofer	创建文档

Poletech

深圳市国测电子有限公司

深圳市龙华新区梅龙路粤通综合楼E208

电话: 0755-85261178 E-mail: ocetest@126.com URL: www.ocetest.com

实时频谱仪 EMC/EMI电磁兼容测试 通用基础测试 音视频测试 电力测试 天线 电磁辐射测量 核辐射测量 辐射防护

求实创新 探索未知 服务未来