



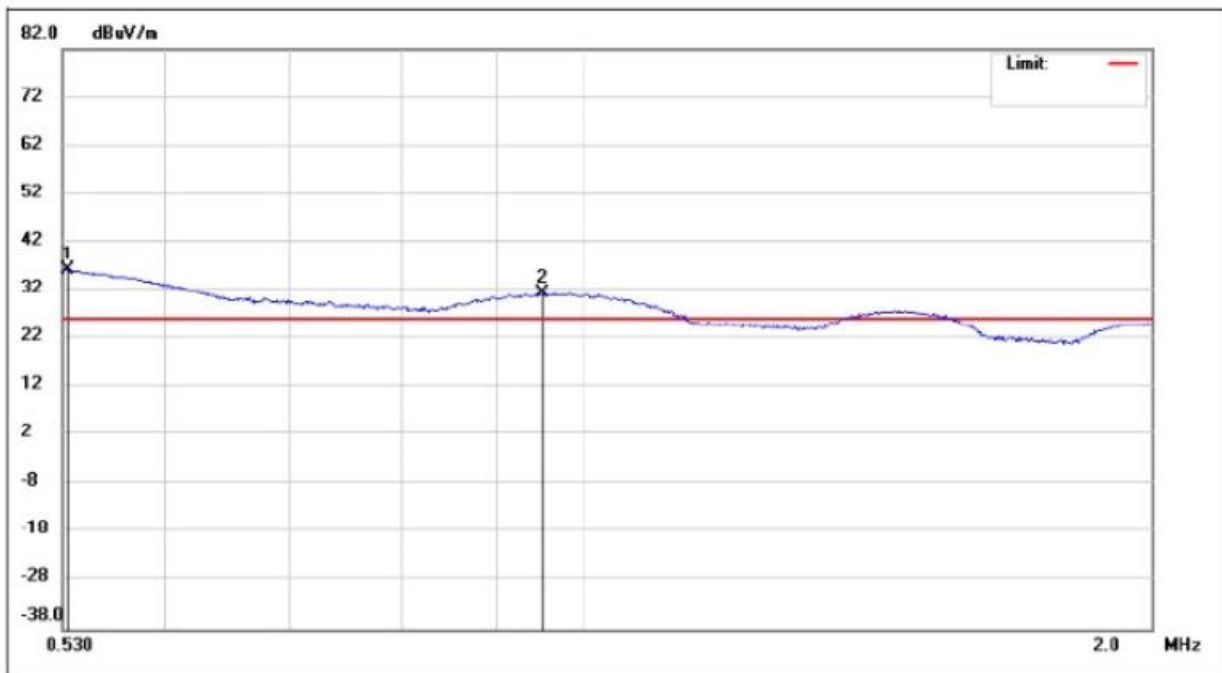
TEM Cell 开放式横电波小室 辐射干扰测试实例

1. 介绍

有位客户要求我们解决超声波停车雷达设备的辐射干扰问题。该设备在 530 kHz -2 MHz 频率范围内未通过 CISPR 25 4 类窄带辐射噪声测试。该设备由一个带蜂鸣器的控制器和两个雷达模块组成。接线包括控制器的电源电缆和控制器与两个雷达模块之间的通信/电源电缆。



客户提供了在无回声室中测量的测试失败的屏幕截图。



No.	Frequency (MHz)	Reading (dBuV)	Factor (dB/m)	Result (dBuV/m)	Limit (dBuV/m)	Margin (dB)	Detector	P/F	Remark
1	0.5335	35.91	0.30	36.21	26.00	10.21	peak	F	
2	0.9507	31.36	0.15	31.51	26.00	5.51	peak	F	

测得的传导发射频谱在530 kHz至约1.1 MHz的范围内超过了CISPR 25 4类的限制。此外，客户提供了信息，即在模块电缆断开的情况下测试也失败了。

2. 方法

观察频谱可得出第一个线索。给定设备发射超出限制的低频范围，频率点指向相对低频的数字信号。相对较宽的噪声，不存在不连续的频谱线表明来自微控制器本身或控制器与雷达模块之间的串行接口的发射。

正如客户所提到的，该设备在断开与模块的电缆连接的情况下也发生了故障，最初的怀疑来自于微控制器

3. 测试设置和测量

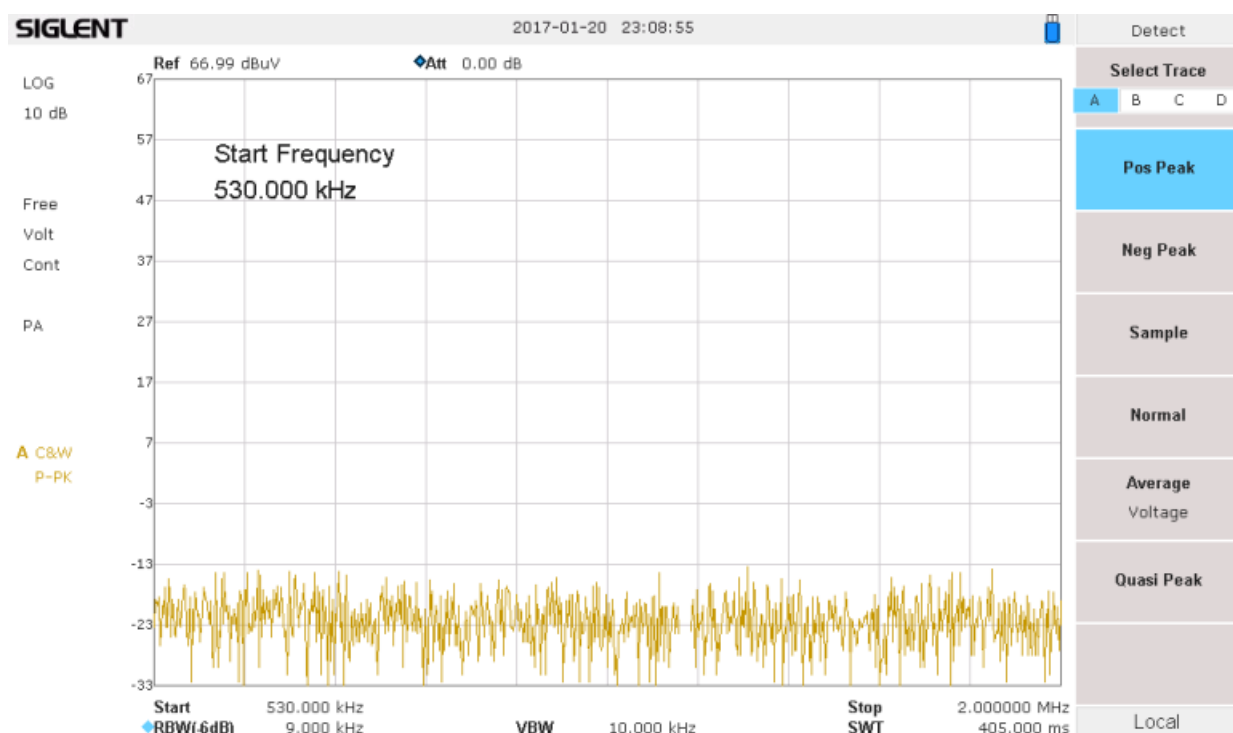
EMC近场探头和TEM单元与频谱分析仪结合使用，是识别辐射问题来源的基本工具。由于H和E场探头在kHz范围内的灵敏度不是很高，因此使用Tekbox TBTC3 TEM单元立即进行测试。涉及的频谱分析仪是Siglent SSA3021X。

就低成本频谱分析仪的本底而言，测量CISPR25 4级或5级辐射或传导噪声的挑战是标准的相对较低限制。

对于开放式TEM单元，附近开关电源和AM广播信号的环境噪声可能会阻碍kHz和低MHz范围内低电平的测量。

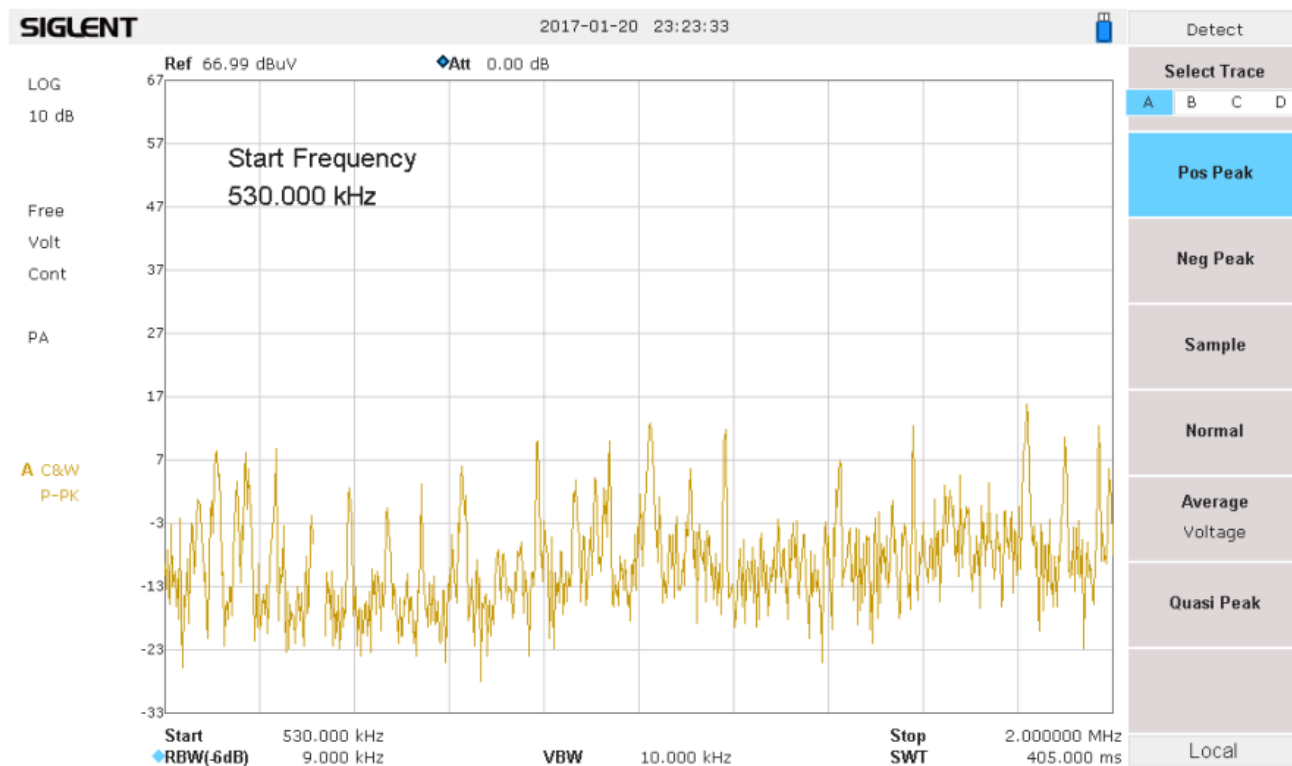
打开频谱分析仪并进行以下设置：

跨度530 kHz – 2 MHz; 带宽9 kHz; 衰减器0 dB; 前置放大器打开; 平均电压、正峰值检测器显示以下光谱：



使用此设置显示的本底噪声约为-20dBμV，这对于此类频谱分析仪而言令人印象深刻。但是，需要考虑的是，感兴趣的频率范围充满了可能被拾取的AM广播信号。

连接空的TEM单元显示以下频谱：



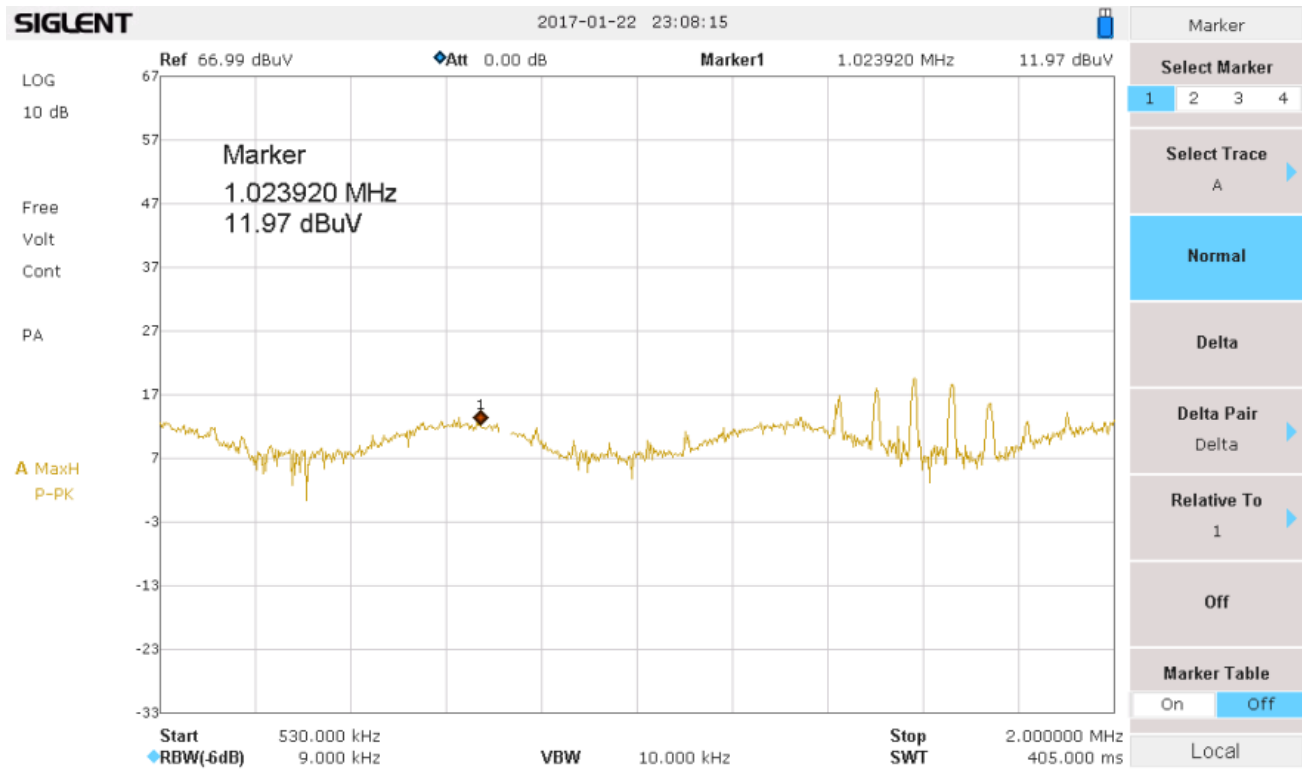
不出所料，频率范围到处都是广播信号。接下来，如果DUT的发射相对于幅度高于还是介于幅度之间，则需要弄清楚。

DUT设置

接下来，将包含电缆和雷达模块的DUT放置在TEM单元内部并打开电源：



频谱分析仪跟踪设置为最大保持：

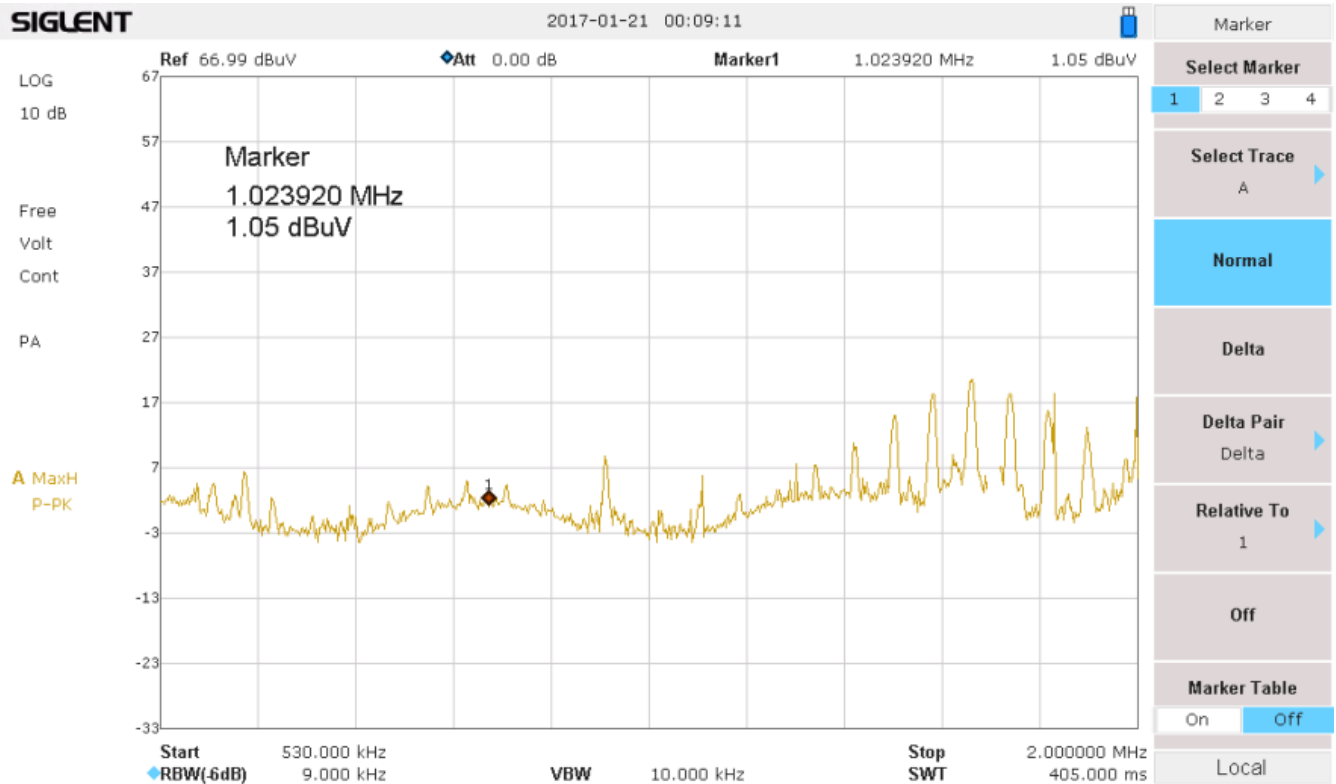


尽管存在AM广播信号中的一些峰值，但在测得的频谱中可见的“峰值”与屏蔽暗室内的测量图很好地相关。与在屏蔽暗室中测得的幅度相比，在TEM单元中测得的幅度大约低20 dB μ V。

接下来，电缆被拆除，因为根据客户的说法，电缆拆除也失败了。为简单起见，电缆保持物理连接，但相对于TEM单元隔片移动到一侧。



出人意料的是，移动电缆可大大降低DUT的辐射干扰：

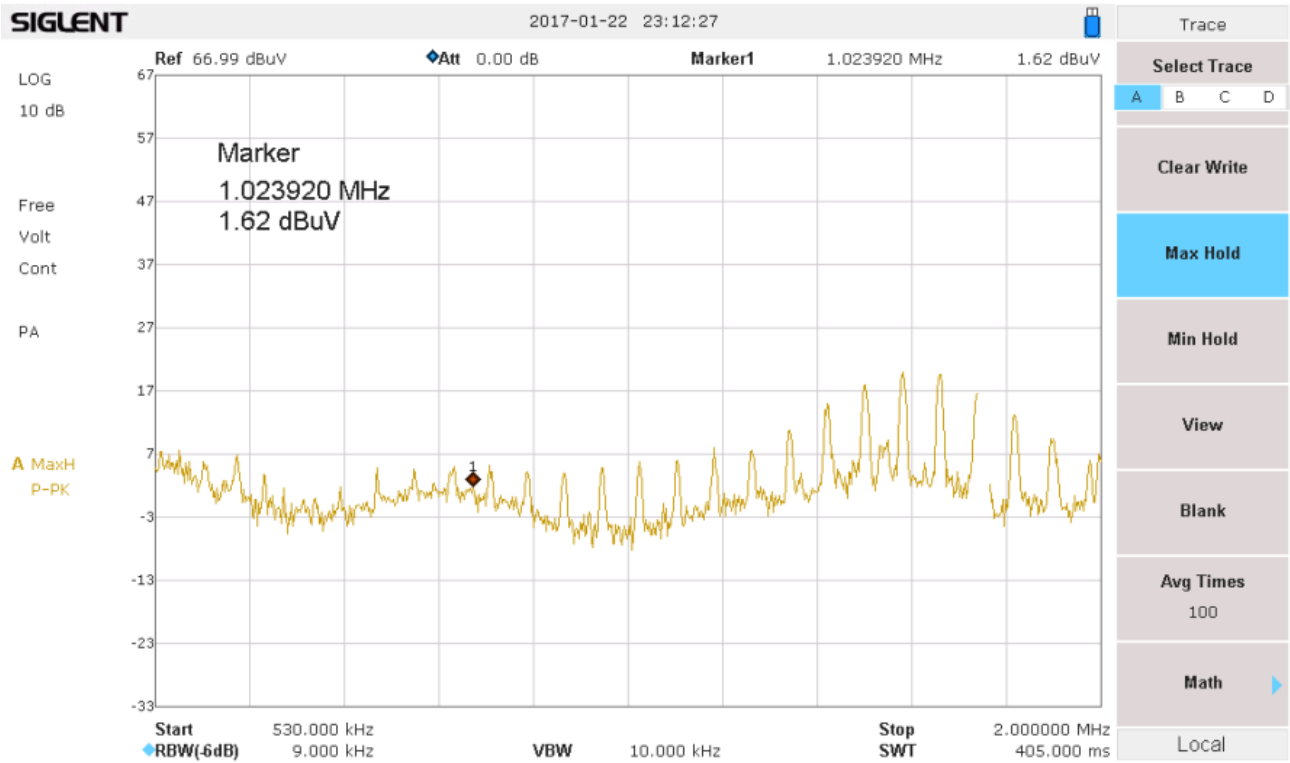


“移走” 电缆可以降低大约11 dB μ V的幅度的辐射噪声。 经与客户核实，实际上并没有拔掉电缆，而是断开了两个雷达传感器的连接。 这也解释了为什么频谱 “ hills” 的相对幅度与TEM单元测量相比有所不同。 电缆直接在微波暗室中设置，而在TEM单元中则是盘绕的。

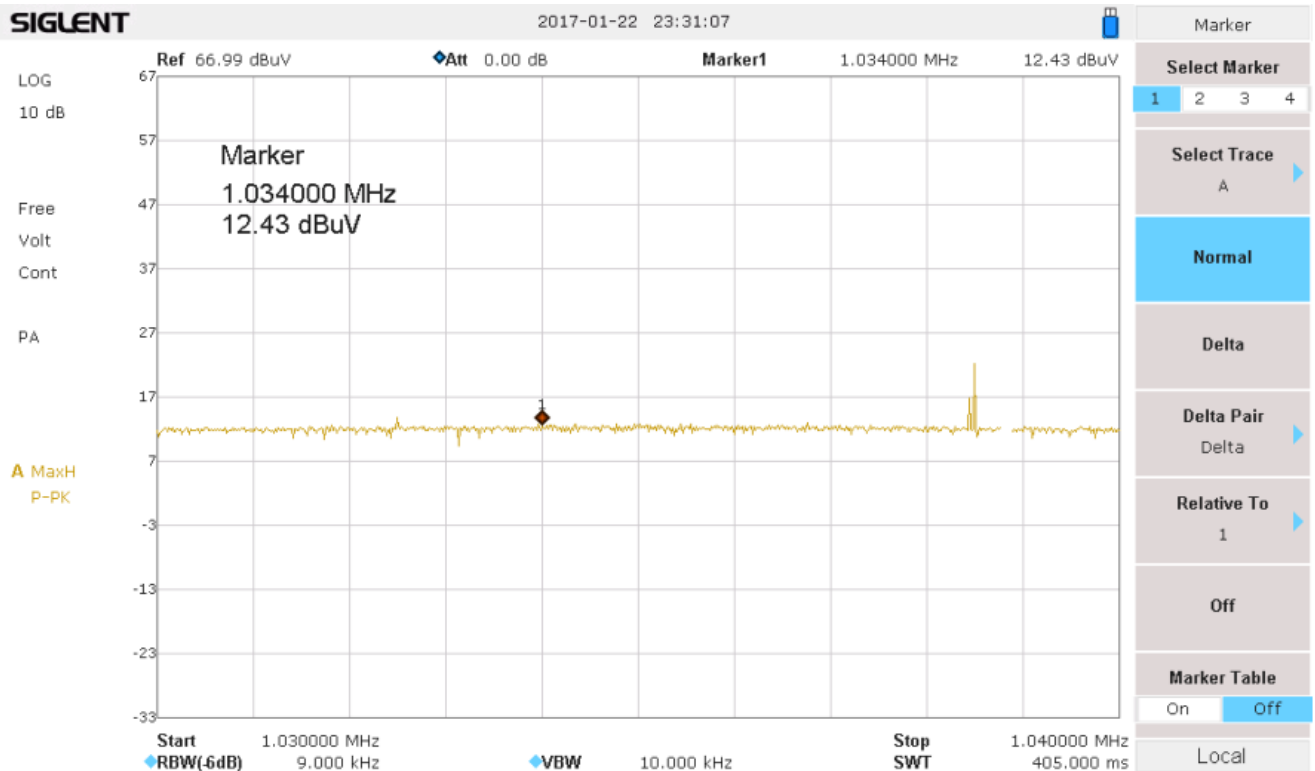
4. 结论

拔下电缆可大大降低DUT的辐射噪声。尽管客户卸下了雷达模块，但他仍未通过测试。实际上，即使没有模块，控制器也将持续尝试通过串行电缆进行通信，而不会发生超时。因此，很可能是控制器和雷达模块之间的串行通信接口是罪魁祸首。为了解决该问题，有必要对接口进行一些过滤。

由于铁氧体在低频下不是很有效，因此决定增加与电缆串联的电阻器。这似乎是一种特别实用的方法，因为PCB上已经组装了0欧姆串联电阻。用1K代替0 Ohm串联电阻可将辐射噪声电平降低约12 dB μ V。但是，事实证明，串行接口在指定电源电压范围内不再可靠地工作。最后，还需要在晶体管化的串行接口电路中调整一些其他电阻，以解决辐射问题并将串行接口的性能保持在规格范围内。经过一些修改和测量，结果如下所示：



为了获得更清晰的图像，频谱分析仪的跨度被减小并设置在两个相邻广播频道之间。
修改之前的“缩放”屏幕截图下方：



5. 分析

由Siglent频谱分析仪SSA 3021X和Tekbox TEM单元组成的装置已成功用于测量和减少辐射发射问题。辐射信号的频谱相对较宽，没有尖锐的峰值。尽管幅度很低，并且广播电台的环境频谱范围很广，但设置仍能很好地进行。

TEM单元内部DUT的放置可提供非常可重复的结果，而无需在每次修改后准确地重新放置DUT。EMC探针是精确定位/识别PCB上放射源的理想之选，而TEM单元的优势在于，它能够准确地测量修改后的辐射信号幅度的改善，以达到法规要求。测量由几个单独的设备和互连电缆组成的产品的完全排放也是非常实用的。

测试测量只需要很小的空间。为了找到一个既满足EMC又满足功能要求的理想解决方案，改进停车雷达需要进行多次迭代。如果在每次迭代之后都必须在微波暗室中进行重新测量，则成本很可能已经超过了购买频谱分析仪和TEM单元的成本。

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.oectest.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