

新能源汽車的EMI分析和車載TPMS RKE測試

品勛科技股份有限公司
(keysight正式授權經銷商)
技術經理 林文生

www.pinsyun.com.tw



www.pinsyun.com.tw



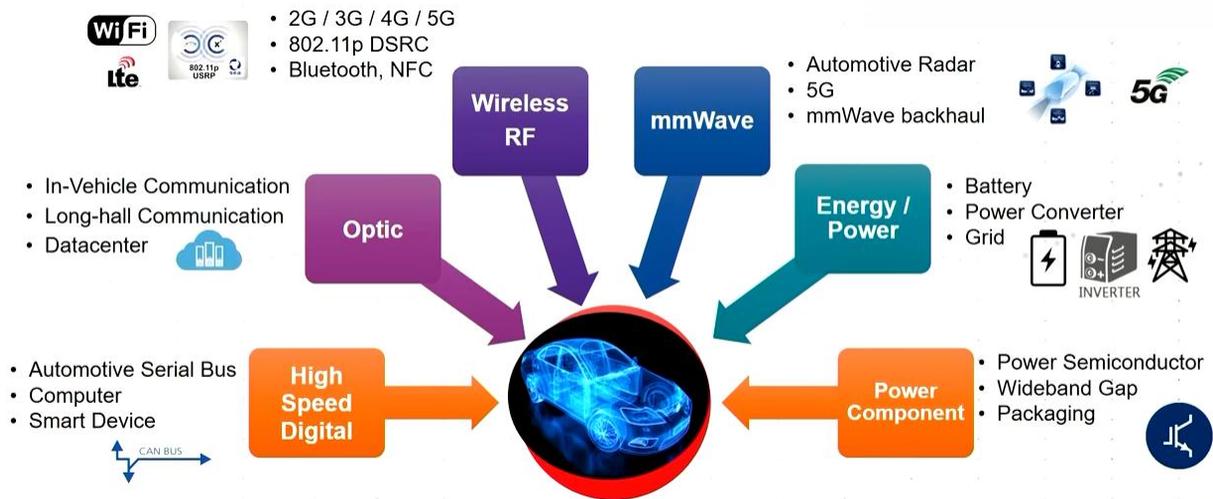
Agenda

- 汽車智能互聯技術及相關射頻測試方案
- 藍牙
- 802.11p
- 胎壓檢測/遙控/無鑰匙門禁
- EMI預相容測試和外場測試



www.pinsyun.com.tw





汽車工業的演進

過去220+年 (1770 - 2010)



汽車自發明以來的220多年，主要以機電發展為主

汽車的創新在加速

過去20年



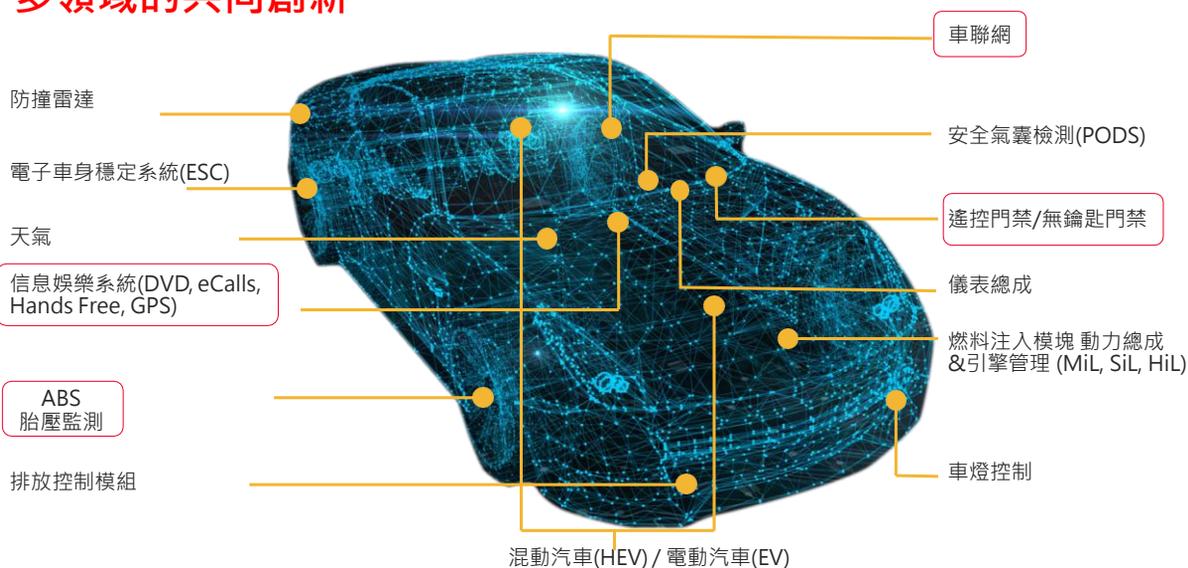
創新顛覆了汽車行業



www.pinsyun.com.tw



多領域的共同創新



www.pinsyun.com.tw



統計：車主投訴最多的 汽車電子問題是什麼？

- 藍牙連接和語音控制



藍牙

BLUETOOTH[®] LOW ENERGY RF PHY TEST CASES



發射測試

TRM-LE/CA/01/C	Output power at NOC
TRM-LE/CA/02/C	Output Power at EOC
TRM-LE/CA/03/C	In-band emissions at NOC
TRM-LE/CA/04/C	In-band emissions at EOC
TRM-LE/CA/05/C	Modulation characteristics
TRM-LE/CA/06/C	Carrier frequency offset and drift at NOC
TRM-LE/CA/07/C	Carrier frequency offset and drift at EOC

接收測試

RCV-LE/CA/01/C	Receiver sensitivity at NOC
RCV-LE/CA/02/C	Receiver sensitivity at EOC
RCV-LE/CA/03/C	C/I and receiver selectivity performance
RCV-LE/CA/04/C	Blocking performance
RCV-LE/CA/05/C	Intermodulation performance
RCV-LE/CA/06/C	Maximum input signal level
RCV-LE/CA/07/C	PER Report Integrity

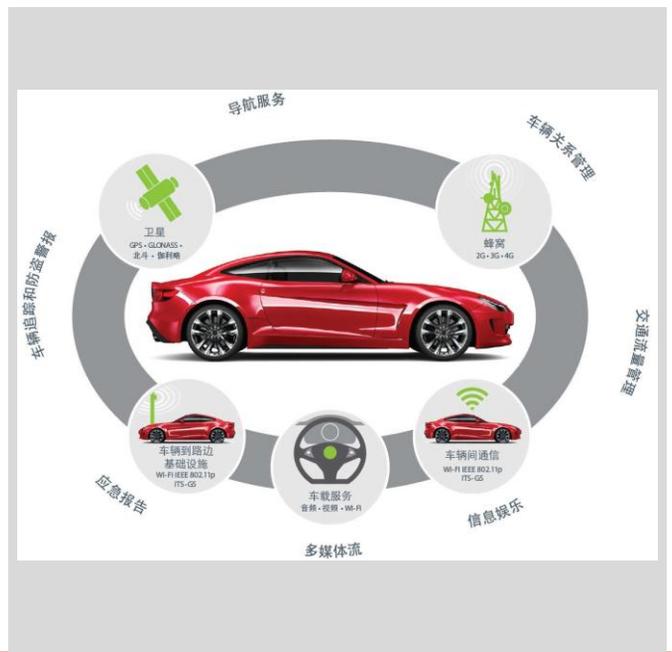
Keysight 通用藍牙測試

- N9000B信號分析儀+N9081C藍牙測試 軟體
- N5172B信號源+ N7606B Signal Studio
- 支持藍牙2.1+EDR, 藍牙4.0/4.2以及最 新的藍牙5.0
- 一鍵式Pass/Fail測量
 - ◆ 分析綜合的輸出功率調製： 偏差、初始 載波頻率公差 (ICFT)、 載頻漂移、 EDR 頻率穩定度和 EDR 調製精度
 - ◆ 頻譜測量： 輸出頻段帶寬、鄰道功率和EDR 帶內雜散發射
 - ◆ 多個視圖同時查看射頻包絡、解調波形、 射頻頻譜、 數字顯示



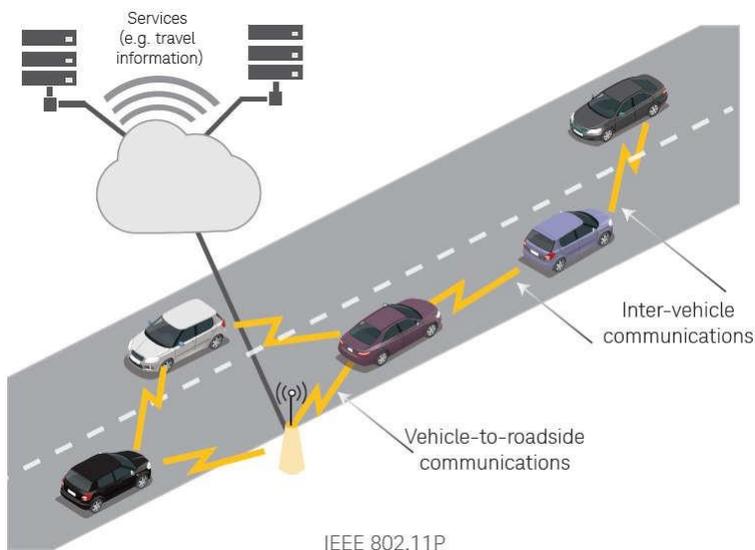
車聯網V2X

- 低時延 Vehicle-to-Vehicle (V2V), Vehicle-to-Infrastructure (V2I)
- 汽車廣播自己的位置、速度、接受 相鄰車輛或基礎設施的廣播
 - 汽車安全：防碰撞、緊急剎車、路況廣播、盲點警告
 - 收費站
 - 與基礎設施之間通信
- 目前兩種主流技術
 - 802.11p
 - C-V2X/LTE-V



802.11p

- 802.11p屬於802.11家族，針對汽車使用環境做了相應的優化
- DSRC專用短程通信
- 頻段: 5.85-5.925 GHz
- 點對點通信vehicle to vehicle (V2V) and vehicles and infrastructure (V2I)
- 為確保 802.11p 系統的穩定性，精確的物理層測試是非常必要的



802.11p和802.11a

802.11a 标准和 802.11p 标准的物理层参数比较

参数	802.11a	802.11p
信道带宽	20 MHz	5、10、20 MHz
比特率 (Mbps)	6、9、12、18、24、36、48、54	1.5、2.25、3、4.5、6、9、12、13.5 18、24、27、36、48、54
调制类型	BPSK、QPSK、16QAM、64QAM	BPSK、QPSK、16QAM、64QAM
码率	1/2、2/3、3/4	1/2、2/3、3/4
子载波数	52	52
符号持续时间	4 μ s	16、8、4 μ s
保护时间	0.8 μ s	3.2、1.6、0.8 μ s
前导持续时间	16 μ s	64、32、16 μ s
子载波间隔	312.5 kHz	78.125、156.25、312.5 kHz
SEM	固定	IEEE 和区域性 FCC、ETSI

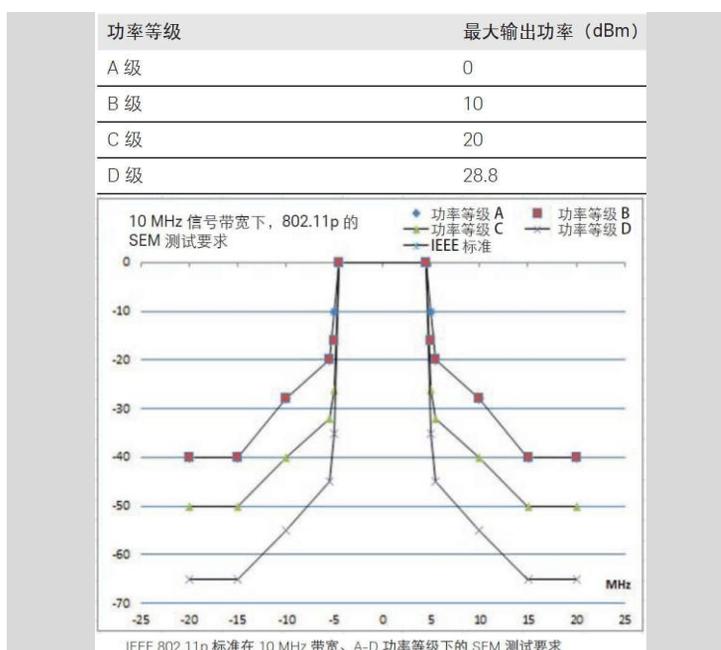
802.11p 發射機測試項目

发射机测试	802.11a IEEE-2012	802.11p IEEE-2012
发射机功率	18.3.9.2	IEEE 802.11: 附录 D.2.2 FCC: 47 CFR[B8] Sec.90.375 ETSI 302 571 Sec.6.3
频谱模板	18.3.9.3	IEEE 802.11: 附录 D.2.3 FCC: 47 CFR [B8] Sec.95.377 ETSI: 302571 Sec 6.4
发射杂散信号	18.3.9.4	与 802.11a 相同
中心频率容限	18.3.9.5	± 20 ppm for 20 MHz/10MHz ± 10 ppm for 5 MHz
符号时钟频率容限	18.3.9.6	± 20 ppm for 20 MHz/10MHz ± 10 ppm for 5 MHz
中心频率泄漏	18.3.9.7.2	与 802.11a 相同
频谱平坦度	18.3.9.7.3	与 802.11a 相同
星座图误差	18.3.9.7.4	与 802.11a 相同
调制精度	18.3.9.8	与 802.11a 相同

Source: IEEE Std 802.11™-2012

802.11p 發射機測試項目

- 最大輸出功率
- 頻譜模板SEM
- Transmit Center frequency tolerance發射中心頻率和Symbol clock frequency tolerance符號時鐘頻率容限
 - **20 MHz** 和 **10 MHz** 通道為±**20 ppm** , **5 MHz** 通道為±**10 ppm**
 - 發射中心頻率和符號時鐘頻率必須來源於同一個參考振蕩器



802.11p 接收機測試項目

接收機測試	802.11a IEEE-2012	802.11p IEEE-2012
最小輸入靈敏度	18.3.10.2	5 MHz、10 MHz 20 MHz 時的靈敏度與 802.11a 相同
相鄰信道抑制	18.3.10.3	比 802.11a 嚴格 12 dB
非相鄰信道抑制	18.3.10.4	比 802.11a 嚴格 10 dB
最大輸入電平	18.3.10.5	與 802.11a 相同
空闲信道評測	18.3.10.6	-82 dBm for 20 MHz -85 dBm for 10 MHz -88 dBm for 5 MHz
接收信道功率測量指標	18.3.10.7	與 802.11a 相同

Source: IEEE Std 802.11™-2012


www.pinsyun.com.tw


802.11p 接收機測試項目

- 5/10MHz信道的最小輸入靈敏度
- 相鄰和非相鄰信道抑制
 - ◆ 將所需的信號強度設置為比規定的相關靈敏度高 3 dB，同時提高幹擾信號的功率，直到出現 10% 的誤包率 (PER)
- Fading衰落條件下的測試
 - ◆ 802.11-14/0259r0 規定了衰落條件下 802.11p 車輛與車輛之間無線信道模型，提供了適用於車輛進行時的多普勒頻移

802.11p 標準的接收機最小輸入靈敏度測試要求。

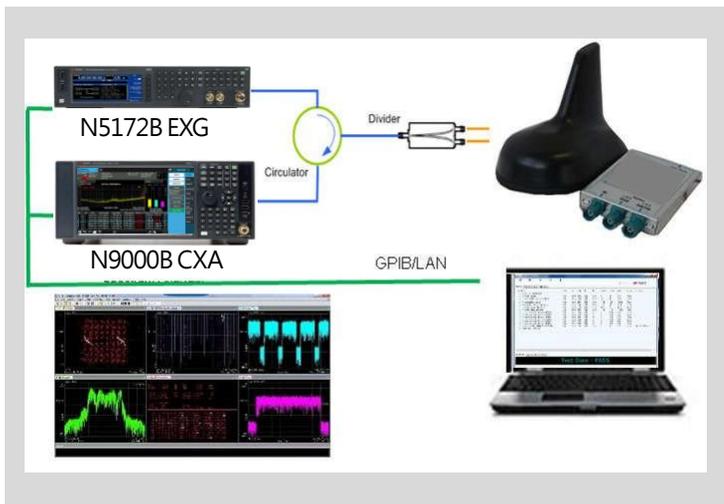
調制	碼率	5-MHz 信道間隔	10-MHz 信道間隔	20-MHz 信道間隔 (與 802.11a 相同)
BPSK	1/2	-88	-85	-82
BPSK	3/4	-87	-84	-81
QPSK	1/2	-85	-82	-79
QPSK	3/4	-83	-80	-77
16QAM	1/2	-80	-77	-74
16QAM	3/4	-76	-73	-70
64QAM	2/3	-72	-69	-66
64QAM	3/4	-71	-68	-65

調制	碼率	相鄰信道 抑制 (dB) (802.11p)	非相鄰 信道抑制 (dB) (802.11p)
BPSK	1/2	28	42
BPSK	3/4	27	41
QPSK	1/2	25	39
QPSK	3/4	23	37
16QAM	1/2	20	34
16QAM	3/4	16	30
64QAM	2/3	12	26
64QAM	3/4	11	25


www.pinsyun.com.tw

Keysight 802.11p 測試方案

- 802.11p信號產生
 - ◆ EXG N5172B向量信號源
 - ◆ N7617B Signal Studio for WLAN 802.11 a/b/g/j/p/n/ac
 - ◆ Support 5 MHz/10 MHz/20 MHz bandwidth
- 802.11p信號分析
 - ◆ CXA N9000B信號分析儀
 - ◆ N9077C WLAN 802.11a/b/g/j/p/n/ac Measurement Application



胎壓監控 / 遙控鑰匙 / 無鑰匙門禁

- 採用ASK/FSK調製方式的汽車電子設備
 - TPMS胎壓監測系統
 - RKE遙控鑰匙
 - PKE/PEPS無鑰匙門禁系統
- 常用頻段315/433/870 MHz
- 輸出功率一般是幾個dBm

發射機測試項目	接收機測試項目
<ul style="list-style-type: none"> • 發射功率 • 發射頻率 • FSK頻偏或ASK調製深度 • 解碼測試 	<ul style="list-style-type: none"> • 接收機靈敏度 • 抗干擾測試



汽車 TPMS / RKE / PKE 測試方案

業界唯一的低成本射頻測試方案



www.pinsyun.com.tw



為什麼要使用DMA選件

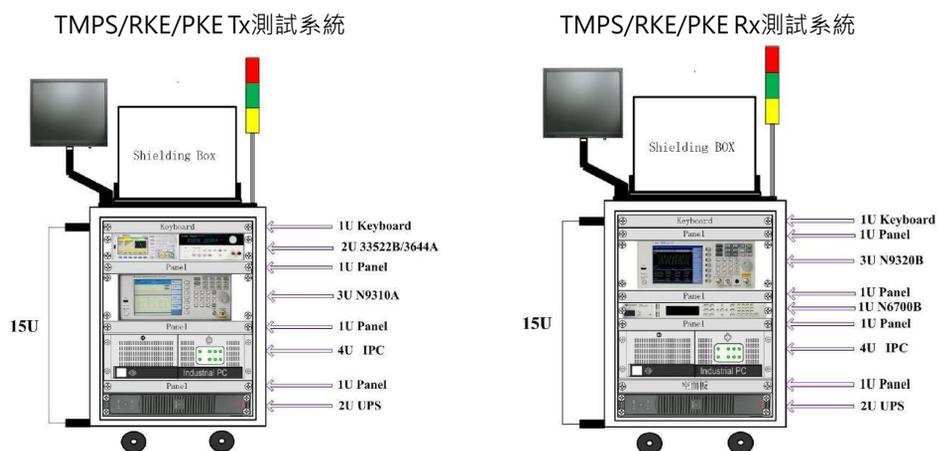
傳統方法	Keysight N9320B配DMA選件																								
<p>使用者需要使用MAX Hold多次掃描捕捉軌跡，並通過Delta Marker, Channel Power等多種測試功能測量，功率，頻率，誤差，頻率偏置(Deviation)</p> <p>對於最新出現的高符號率，窄頻偏FSK信號，已經不能用這種辦法準確測量Deviation</p>	<p>N9320B-DMA選件提供了ASK/FSK解調</p> <p>在解調模式下麵，可以通過電平觸發，自動捕捉發射信號，並在一個測試界面中測量頻率，幅度，調制誤差，以及調制頻偏或者ASK調制深度</p>																								
<p>弱點: 不</p>	<p>優點</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Current:</th> <th>MAX:</th> <th>MIN:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carrier Power:</td> <td>-20.19dBm</td> <td>-20.19dBm</td> <td>-20.19dBm</td> </tr> <tr> <td>Deviation:</td> <td>24.737kHz</td> <td>24.737kHz</td> <td>24.737kHz</td> </tr> <tr> <td>FSK Error:</td> <td>1.286%</td> <td>1.286%</td> <td>1.286%</td> </tr> <tr> <td>Mag Error:</td> <td>0.47%</td> <td>0.47%</td> <td>0.47%</td> </tr> <tr> <td>Carri Freq Offset:</td> <td>-395.511Hz</td> <td>-395.511Hz</td> <td>-395.511Hz</td> </tr> </tbody> </table>		Current:	MAX:	MIN:	Carrier Power:	-20.19dBm	-20.19dBm	-20.19dBm	Deviation:	24.737kHz	24.737kHz	24.737kHz	FSK Error:	1.286%	1.286%	1.286%	Mag Error:	0.47%	0.47%	0.47%	Carri Freq Offset:	-395.511Hz	-395.511Hz	-395.511Hz
	Current:	MAX:	MIN:																						
Carrier Power:	-20.19dBm	-20.19dBm	-20.19dBm																						
Deviation:	24.737kHz	24.737kHz	24.737kHz																						
FSK Error:	1.286%	1.286%	1.286%																						
Mag Error:	0.47%	0.47%	0.47%																						
Carri Freq Offset:	-395.511Hz	-395.511Hz	-395.511Hz																						



www.pinsyun.com.tw



實例：



UWB PKE/PEPS

- 使用ASK/FSK的窄帶PKE/PEPS容易受到攻擊
 - 頻譜阻塞-無法自動鎖車
 - 信號中繼-打開車門
- PEPS Ultra Wide Bandwidth, 3.5GHz to 6.5GHz
- 與窄帶PKE/PEPS系統比，採用 UWB 的PKE/PEPS位置精度高，可靠性好，信號抗干擾能力強，信號頻點高，帶寬大，可有效防止信號中繼器



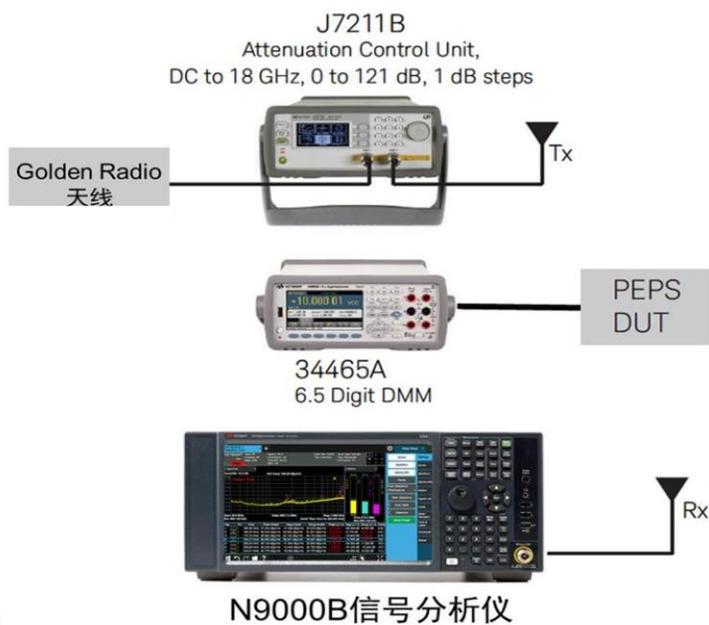
UWB PEPS 測試方案

◆ 儀錶

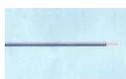
- N9000B 信號分析儀
- J7211B 衰減控制單元
- 34465A 數字萬用表

◆ 測量項目包括:

- 接收機靈敏度 · 發射機功率等
- 電流和電壓測量



汽車安全性能與電磁干擾



汽車雨刮器造成 ABS失靈



發動機點火時 · 安全氣囊無故彈出

常見汽車電磁干擾源及傳播方式

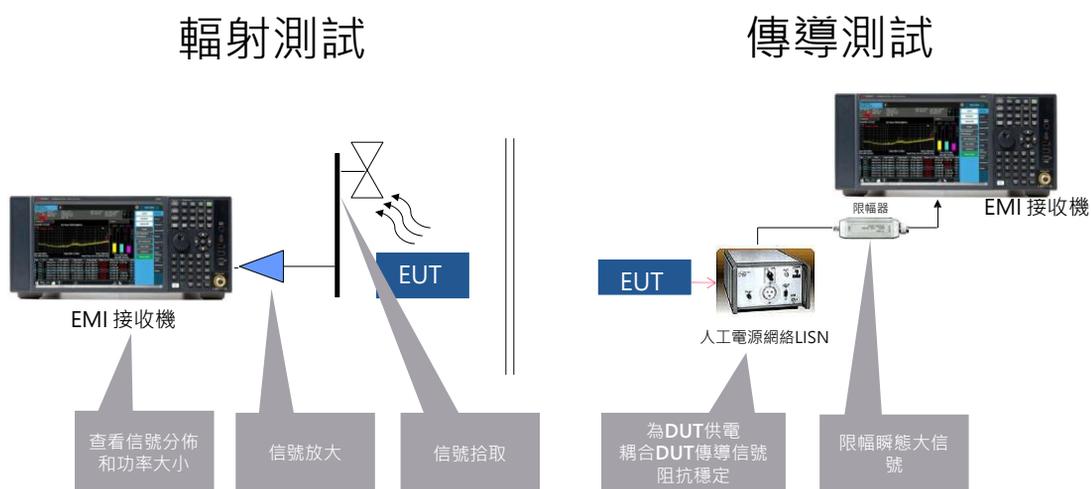
- 傳導：相對低頻幹擾信號(150 kHz 至 30 MHz)沿電源線路進行傳播
 - ◆ 發動機點火系統形成瞬變電壓干擾電源電路
 - ◆ 感性負載&器件產生瞬變電壓
- 部件和線纜間耦合：主要是電源線路產生的瞬變電壓，毛刺干擾耦合到信號線路，形成差模信號
- 輻射：相對高頻幹擾信號(30 MHz 至 1 GHz)通過空間輻射的方式，影響無線收發機和其他電子設備 正常工作
 - ◆ 發動機點火產生的脈沖信號通過空間輻射
 - ◆ 時鐘諧波等高頻信號通過空間輻射形成干擾

汽車整車EMI兼容測試

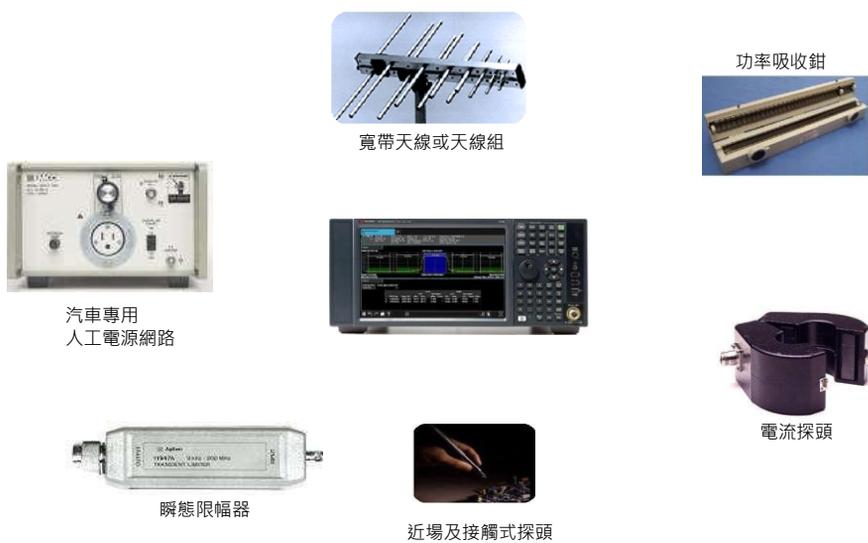
測試項目		國際標準 ISO/CISPR	美國SAE標準
EMI 電磁干擾	輻射(RE)	CISPR 12	SAE J551-2
		CISPR 25	SAE J551-4
			SAE J551-5



EMI傳導與輻射測試



汽車傳導與輻射EMI測試配件



N9000B CXA預相容測試

頻率：9 kHz – 3, 7.5, 13.6, 26.5 GHz

DANL: -163 dBm

幅度精度: ± 0.5 dB

- AM/FM 偵聽與解調
- 符合CISPR規範的解析度頻寬，檢波器
- 全面的CISPR限值線
- 預置的CISPR Band Presets
- 強大的標記功能(markers)
- 方便快捷的螢幕保存



N9000B CXA運行N6141C
EMI測量應用軟體

N6141C 測試步驟

STEP 1. 設置掃描表

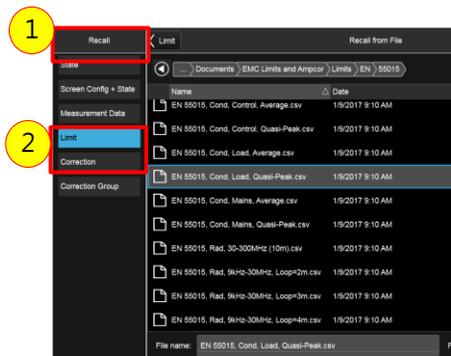
	Range 1	Range 2	Range 3	Range 4	Range 5
Start Freq	9.000 kHz	150.000 kHz	30.000000 MHz	300.000000 MHz	300.000000 MHz
Stop Freq	150.000 kHz	30.000000 MHz	300.000000 MHz	1.00000000 GHz	1.00000000 GHz
RBW	200 Hz	9 kHz	120 kHz	120 kHz	120 kHz
Dwell Time	4.10 ms	108 μ s	6.73 μ s	6.73 μ s	6.73 μ s
Step Size	100 Hz	4.500 kHz	60.000 kHz	60.003 kHz	60.003 kHz
Points/RBW	2	2	2	2	2
Atten	10 dB	10 dB	10 dB	10 dB	10 dB
Int Preamp	Off	Off	Off	Off	Off
RF Input	Input1	Input1	Input1	Input1	Input1
Scan Time	5.78 s	717 ms	30.3 ms	78.6 ms	78.6 ms

Press [Meas Setup]
{Scan table} 選擇掃描的頻段，CXA N9000B會根據掃描的頻段來自動設置相應的測試參數

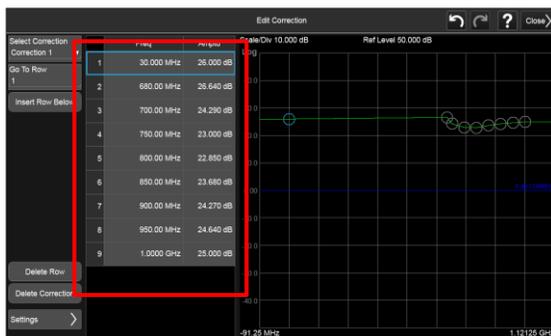
EMI Interference Analysis and Troubleshooting

N6141C 測試步驟

STEP 2. 載入限制線和幅度較正數據



- [Recall] {Limit} 載入預設限制線
- [Recall] {Correction} 加載預設幅度較正數據



手動修改限制線或者幅度較正數據

EMI Interference Analysis and Troubleshooting

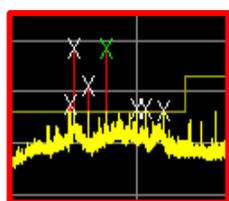


www.pinsyun.com.tw

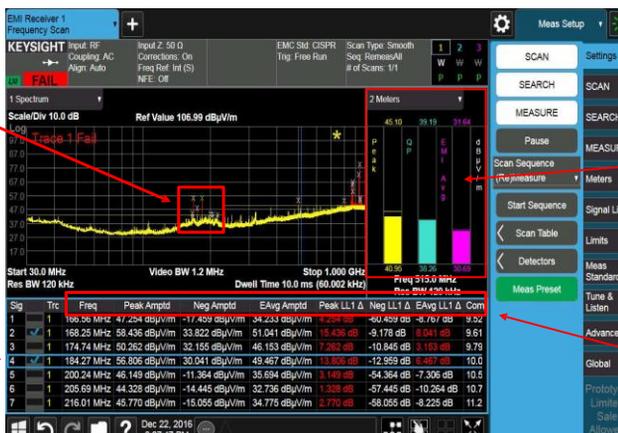


N6141C 測試步驟

STEP 3. 掃描、查找和測量



- 自動峰值搜索
- 超出限制線的頻點將列表顯示



- 即時顯示三個檢波器讀數值

- 對數頻率顯示
- 峰值列表

EMI Interference Analysis and Troubleshooting

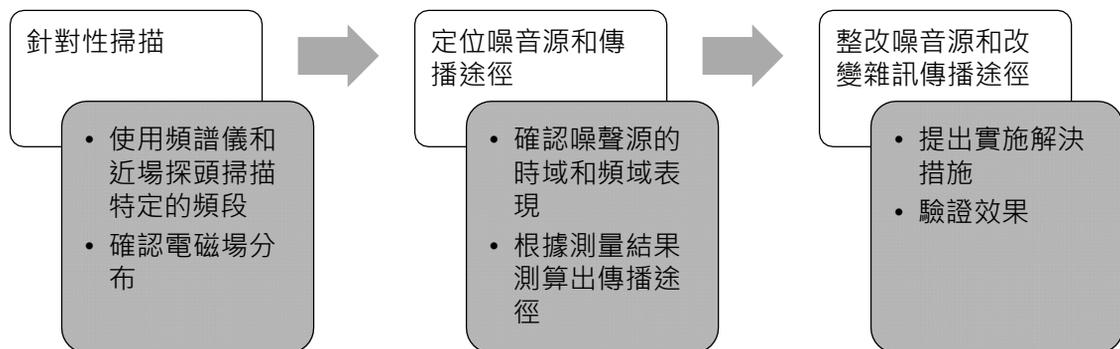


www.pinsyun.com.tw



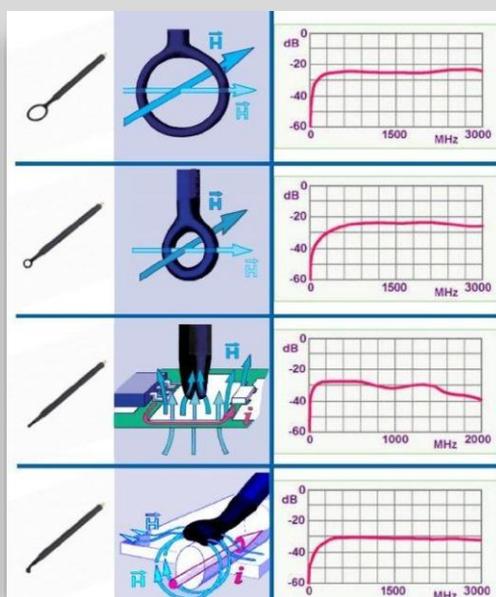
EMI故障排除的參考步驟

- EMI故障排查兩大要素：噪聲源和傳播途徑



使用近場探棒進行故障排除

- 近場測試結果和遠場測試結果不能直接轉換，但是近場測量輻射越大，遠場測量的輻射也必然越大
- 近場：
 - ◆ 高電壓，低電流區域，電場為主
 - 電場發射源：末端接器件的線纜，連接高阻器件的PCB佈線
 - ◆ 高電流，低電壓區域，磁場為主
 - 磁場發射源：晶片，器件的管腳、PCB上的佈線、電源線及信號線纜
- 是德N9311X-100近場探頭套件
 - ◆ 4組磁場探頭，頻率範圍：30 MHz 至 3 GHz



業界最全的綜合分析儀錶 ~ 50GHz



天線及饋線分析
同屏顯示DTF及TDR

頻譜分析 (實時頻譜分析)
幅度精度 ± 0.5 dB

向量網絡分析
動態範圍最高達100 dB

汽車毫米波雷達功率驗證



- FieldFox+Mixer測量60 to 90 GHz雷達信號
- 24GHz 雷達信號不需要Mixer · 可以直接測量

驗證干擾信號的存在

使用儀器進行全頻段測試，統稱清頻測試

在NB-IoT網路建設中，將一些低頻譜效率系統進行清頻轉作NB-IoT資源使用。

清頻測試可以在預設頻段使用前，對干擾部署信號的無線干擾源進行定位，找出干擾的方向、大小、頻段。

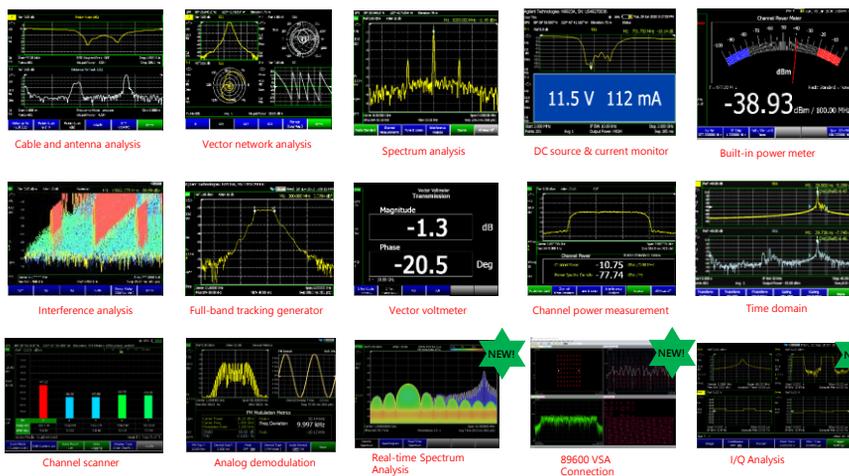
干擾分類：

- 帶內干擾
- 帶外干擾
- 鄰道干擾
- 上下行干擾



Most Comprehensive Measurement Capabilities

Field upgradeable, software enabled



FieldFox: Carry Precision with You

Keysight 汽車互聯射頻通用測試方案

信號發生器

頻譜分析儀/
信號分析儀

經濟型測試方案



N9320B
3GHz



N9322C
多功能 7 GHz

高性能測試方案



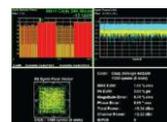
N5172B EXG
3/6 GHz
(N5166B CXG)



Signal Studio 軟件



N9000B CXA
最高26.5 GHz



X 系列測量
應用軟體