ROHDE&SCHWARZ

使用 ZNB 完成 TC9（UTP）規範量測

Application Note

Products:

- R&S®ZNB（optional B54）
- R&S®ZV-Z195
- R&S®ZV-Z229
- R&S®RT-ZF7A
- Allion®AET20055
- Allion®AET21064

Ken Yen（Allion Labs）/ Ian Yang（R&S）/ Bryant Hsu（R&S）| | Version 1 | 07.2021

大綱

1 關於 TC9

隨著車用產業蓬勃的發展，車用影音娛樂與資料傳輸也隨之升級，車用網路也由較簡單的架構演變為更複雜的脈絡，如今不同系統間的傳輸已成為人們關注的焦點，為了達到更快、更穩定的傳輸以**及降低成本**，Open Alliance為物理層傳輸通道Cable/Connector制定了TC2-100Base以及TC9-1000Base之中的非屏蔽雙絞線（Unshielded Twisted Pair, UTP）線材的RF測試規範，此規範包含獨立通信通道（Standalone Communication Channel, SCC）及全通訊通道（Whole Communication Channel, WCC）兩種特性與環境測試。本篇文章將針對TC9-1000Base UTP（頻率範圍的要求在1~600MHz）測試方法以及**測試治具**提出一個詳細的量測**手**法。

Connector（SCC Context）表一

No.	Item	Requirement
1	Characteristic Impedance Differential Mode	A. 100 ohms +/- 5% B. Rise time less than 500psec
2	Propagation Delay	≤ 667ps 2≤ f ≤ 600 frequency f in MHz
3	Insertion Loss	≤ （$0.01\sqrt{f}$） dB 1≤ f ≤600, frequency f in MHz
4	Return Loss	$\geq \begin{cases} 38 & 1 \leq f < 75 \\ 20-20\log(f/600) & 75 \leq f < 600 \end{cases}$ dB 1 ≤ f ≤600,frequency f in MHz
5	Longitudinal Conversion Loss	$\geq \begin{cases} 55 & 10 \leq f \leq 80 \\ 77-11.51\log(f) & 80 \leq f < 600 \end{cases}$ dB 1 ≤ f ≤600,frequency f in MHz

Cable and Channel（SCC Context）表二

No.	Item	Requirement
1	Characteristic Impedance Differential Mode	A. 100 ohms +/- 5% B. Rise time less than 500psec
2	Propagation Delay	For use in SCC with maximum length of 15m ≤ 6 ns /m For use in SCC with maximum length of 10m ≤ 9 ns /m
3	Insertion Loss	For use in SCC with maximum length of 15m ≤ 1/15（0.0023f+0.5907√f-6*0.01√f+0.0639/√f）dB/m For use in SCC with maximum length of 10m ≤ 1/10（0.0023f+0.5907√f-6*0.01√f+0.0639/√f）dB/m 1≤ f ≤600, frequency f in MHz
4	Return Loss	$\geq \begin{cases} 22 & 1\leq f<10 \\ 27-5\log f & 10 \leq f<40 \\ 19 & 40\leq f<130 \\ 40-10\log f & 130 \leq f<400 \\ 14 & 400\leq f \leq 600 \end{cases}$ dB 1 ≤ f ≤600,frequency f in MHz
5	Longitudinal Conversion Loss	$\geq \begin{cases} 55 & 10\leq f\leq 80 \\ 77-11.51\log(f) & 80 \leq f\leq 600 \end{cases}$ dB 1 ≤ f ≤600,frequency f in MHz
6	Longitudinal Conversion Transfer Loss	

Whole Communication Channel（SCC Context）表三

No.	Item	Requirement
1	Characteristic Impedance Differential Mode	A. 100 ohms +/- 10%（Informative） B. Rise time less than 500psec
2	Propagation Delay	≤ 94ns 2≤ f ≤ 600 frequency f in MHz
3	Insertion Loss	≤（0.0023f+0.5907$\sqrt{f}$+0.0639/$\sqrt{f}$）dB 1≤ f ≤600, frequency f in MHz
4	Return Loss	$\geq \begin{cases} 19 & 1\leq f<10 \\ 24-5\log f & 10 \leq f<40 \\ 16 & 40\leq f<130 \\ 37-10\log f & 130 \leq f<400 \\ 11 & 400\leq f \leq 600 \end{cases}$ dB 1 ≤ f ≤600,frequency f in MHz
5	Longitudinal Conversion Loss	$\geq \begin{cases} 50 & 10\leq f\leq 80 \\ 72-11.51\log(f) & 80 \leq f\leq 600 \end{cases}$ dB 1 ≤ f ≤600,frequency f in MHz
6	Longitudinal Conversion Transfer Loss	

上述獨立通訊通道（Standalone Communication Channel，SCC）的量測項目 LCL、LCTL 屬於 Common mode Conversion，其他四項是在高頻測試中比較常見的項目：

差分特性阻抗（Characteristic Impedance）

傳輸延遲（Propagation Delay）

插入損耗（Insertion Loss）

反射損耗（Return Loss）

在 Cable Insertion Loss 的規範中有定義最大長度 10m 及 15m 的規格，並依據實際測試樣品有浮動規格線。須注意的是，製造商在開發的過程中，因為可能會有 inline connectors 的需求，在評估線損時也必須將 Connector Loss 考慮進去；另外，由於 TDR 的量測會隨著時間越長產生失真（波形上飄），因此規範對於電纜的 Impedance evaluation window 定義在 0.5 m 至 1.5 m 之間。

而在一個複合式的傳輸環境中，訊號的傳遞不能只單一考量自身的通道特性，不同的差動訊號對（differential pair）之間相互影響都可能會造成訊號的失真，因此當終端產品為 multi lane 時，除了 SCC 以外還必須考量到整個系統環境（ES, Environment System）的相互串擾:

Environment System Context 表四

Types	Item
Connectors	PSANEXT Loss（Sdd31, Sddyx） PSAFEXT Loss （Sdd41, Sddyx） AFEXTDC Loss（Sdc41 , Sdcyx） AFEXTDS Loss（Sds45 , Sdsyx）
Cable and Channel- Informative	ANEXT Loss（Sdd31 , Sddyx） AFEXT Loss（Sdd41 , Sddyx） AFEXTDC Loss（Sdc41 , Sdcyx） AFEXTDS Loss（Sds45 , Sdsyx）
Whole Communication Channel	PSANEXT Loss（Sdd31, Sddyx） PSAACRF （Sdd41, Sddyx） AFEXTDC Loss（Sdc41 , Sdcyx） AFEXTDS Loss（Sds45 , Sdsyx）

在本文章的第三章介紹中，將詳細介紹規範中的規格設定、如何使用 Rohde & Schwarz 的網路分析儀 ZNB 進行校正及搭配百佳泰（Allion Labs）的測試治具及 Conductive Drum 完成 TC9-1000Base 的 Cable 量測

2 測試設置

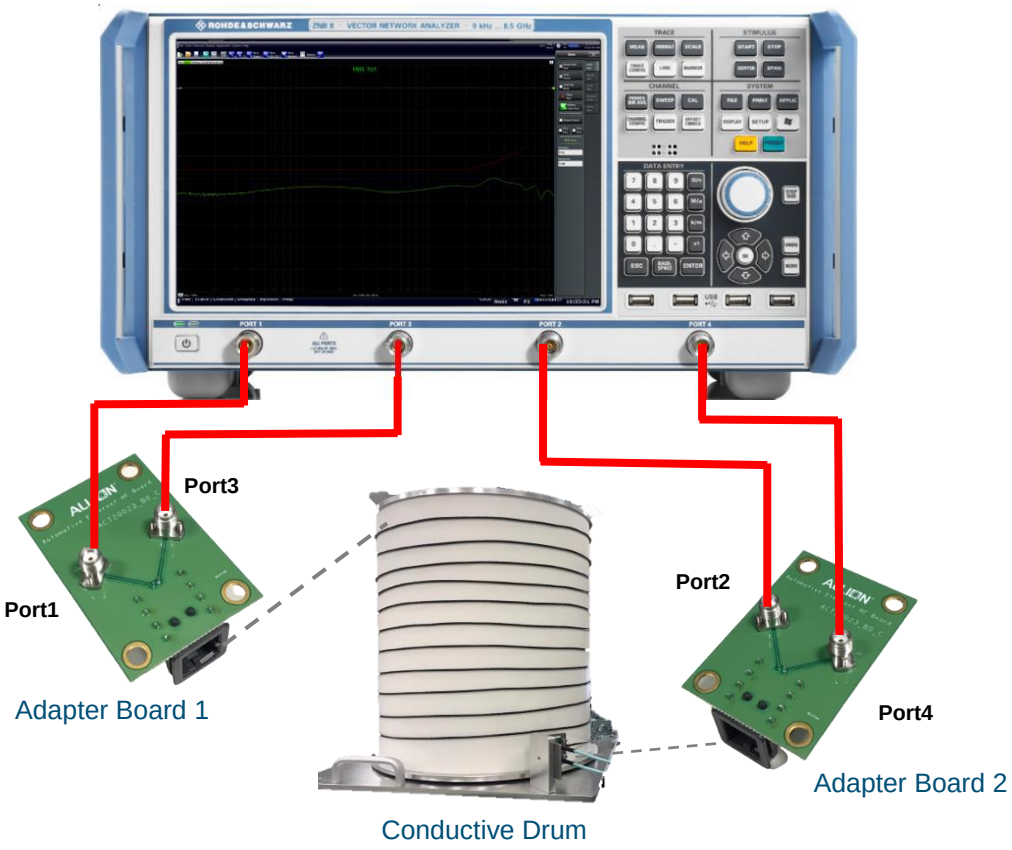


Figure 2.1

		
R&S 裸線治具 R&S®RT-ZF7A	Allion Labs 裸線治具 Allion®AET21064	Allion Labs 成品線治具（客製化）

Figure 2.1

- 上圖（Figure 2.1）為測試 1000Base-T1 車用纜線裸線（UTP）測試的示意圖，必須搭配圖（figure 2.2）的治具，待測物纏繞在 Conductive Drum（Allion®AET20055）來進行量測。

3 使用 ZNB 完成 TC9（UTP）量測規範

3.1 使用向量網路分析儀 ZNB 單機完成規格驗證

3.1.1 向量網路分析儀 ZNB 參數設置與校正

請參考下圖 ZNB 網路分析儀 TC9（UTP）的環境設定。

Parameter	Value
Sweep f_{Start}	300 kHz
Sweep f_{Stop}	1 GHz
Sweep type	Logarithmic
Sweep points	1600
Output power	minimum -10 dBm
Measurement bandwidth	≤ 500 Hz
Port reference impedance differential mode [1]	100 Ω
Port reference impedance common mode [1]	25 Ω for connector measurements and MDI Test Head 200 Ω for all other measurements
Data calibration kit (VNA)	used kit for calibration
Averaging function	May be applied, but not mandatory
Smoothing function	Deactivated

資料來源：Channel Components Requirements for 1000Base-T1 Link Segment Type A

Figure 3. 1.1.1 TC9（UTP）環境設定

ZNB 設置：	● [Preset]
設定頻率、功率、點數與量測頻寬	● [**Start**：300 kHz] ● [**Stop**：1 GHz] ● [**Power BW Avg**：Power：{p*：0 dBm}] ● [**Power BW Avg**：Bandwidth：{bw*：500 Hz }] ● [**Sweep**：Number of Points：1600] ● [**Sweep**：Sweep type：Log Swep]

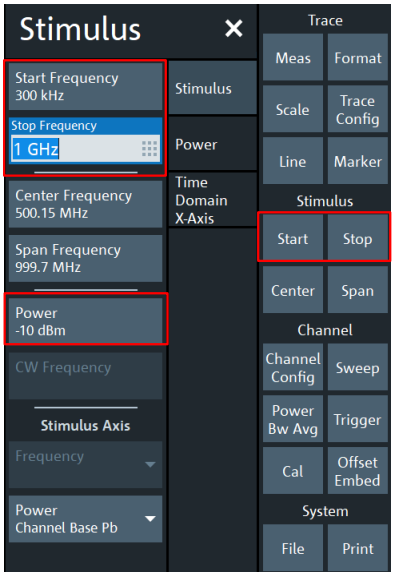


Figure3.1.1.2 設定起始截止頻率、功率

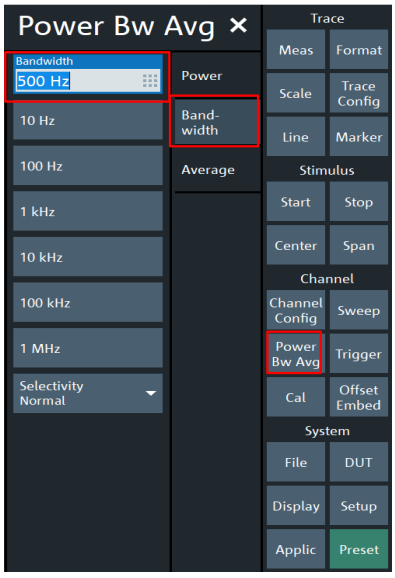


Figure3.1.1.3 設定掃描頻寬

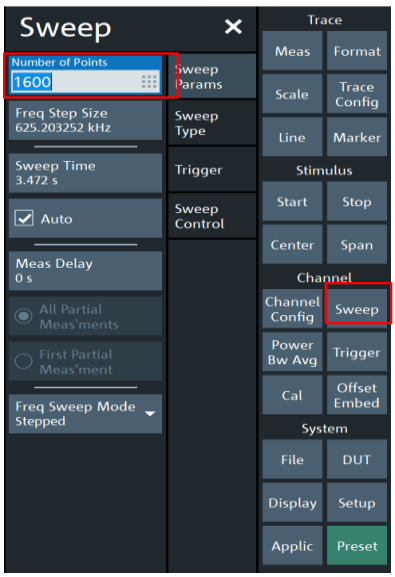


Figure3.1.1.4 設定掃描點數

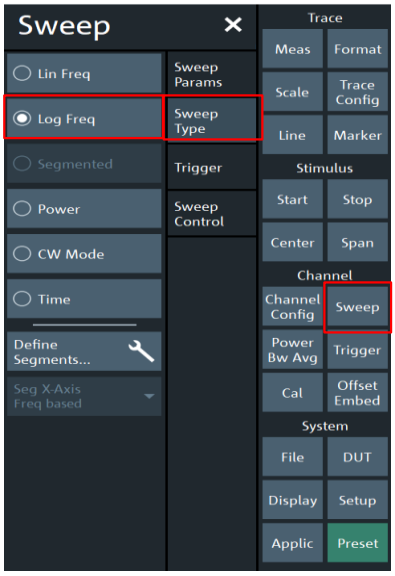


Figure3.1.1.5 設定掃描格式

p* → 可調整最小-10dBm

bw* → 可調整最大 500Hz

設定平衡式模式	• [**Meas**：Balanced Port：（D） 2 x Balanced：Reference Impedance：L1：Common Mode 200 Ω：Differential Mode 100 Ω] • [**Meas**：Balanced Port：（D） 2 x Balanced：Reference Impedance：L2，Common Mode 200 Ω，Differential Mode 100 Ω]

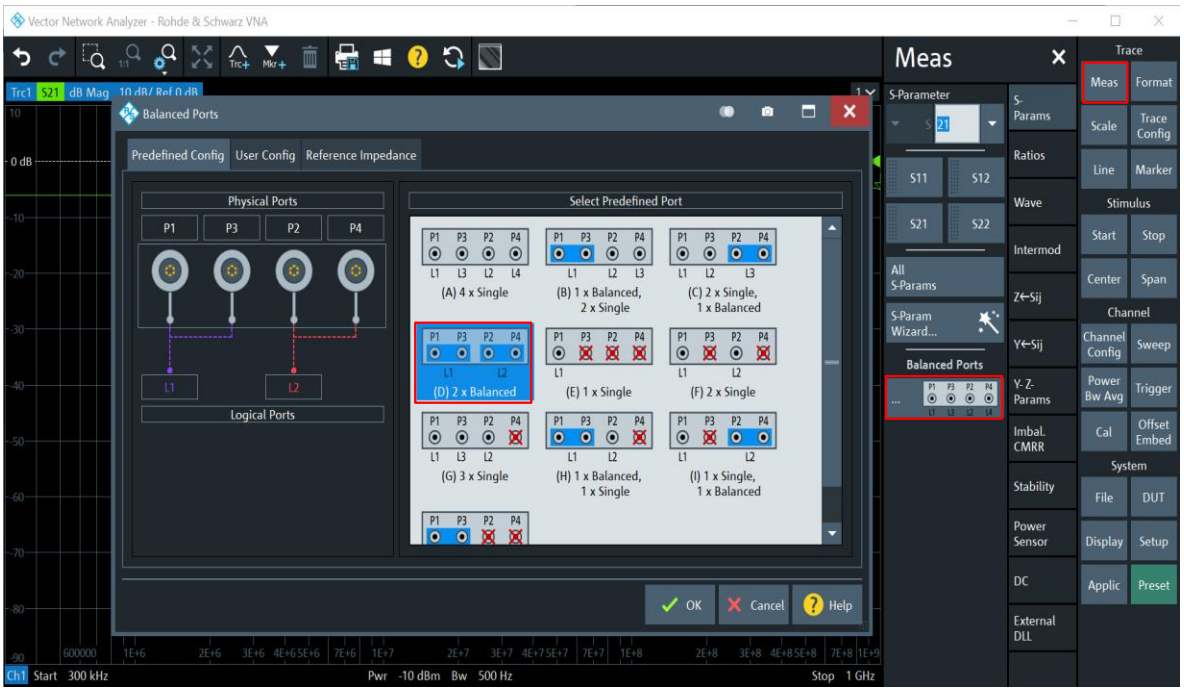


Figure3.1.1.6 設定 Balanced Port

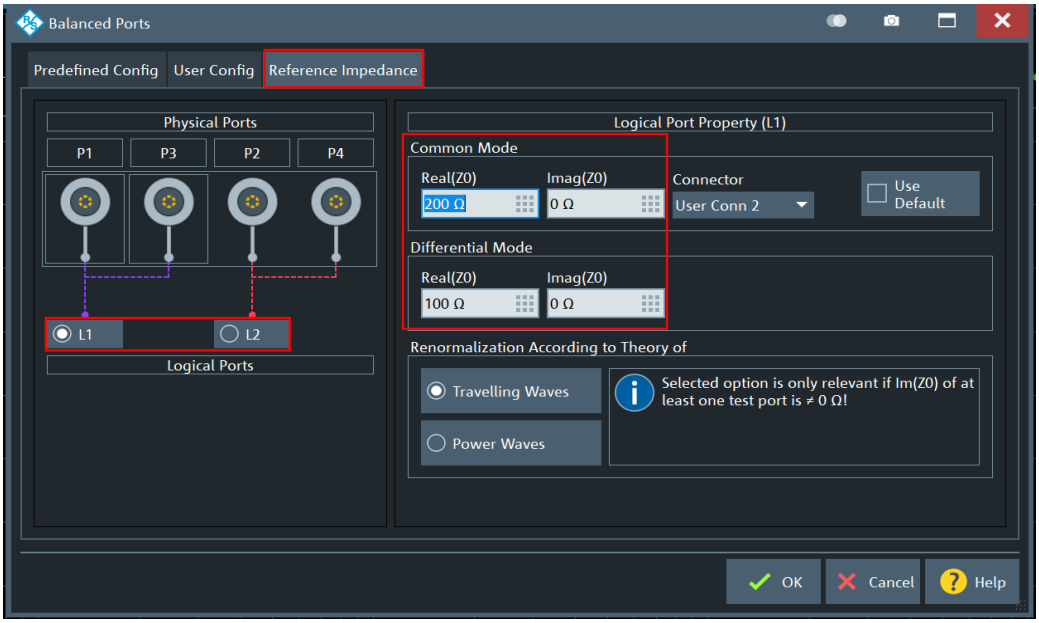


Figure3.1.1.7 設定 Balanced Port 阻抗值

新增曲線	● [**Meas** : S-Params : Sdd11] ● [**Trace Config** : Add Trace] ● [**Meas** : S-Params : Sdd22] ● [**Trace Config** : Add Trace + Diagram] ● [**Meas** : S-Params : Sdc11] ● [**Trace Config** : Add Trace] ● [**Meas** : S-Params : Sdc22] ● [**Trace Config** : Add Trace] ● [**Meas** : S-Params : Sdc21] ● [**Trace Config** : Add Trace] ● [**Meas** : S-Params : Sdc12]

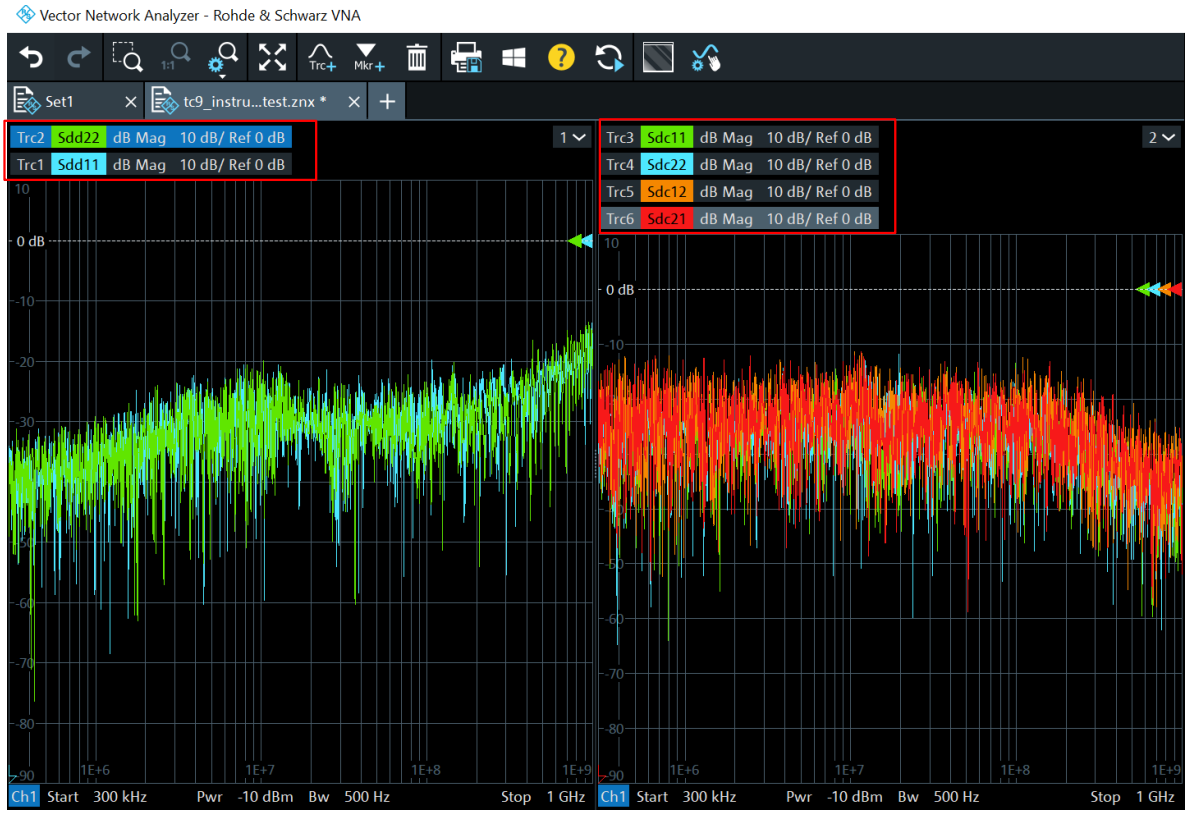


Figure3.1.1.8 設定曲線

設定單機校正	● [**Cal** : Start cal : Start Manaul : Ports : P1~P4 : Type : UOSM : Next : Connector* : 3.5mm : Gender : Male : Cal kits* : ZV-Z135 : Start] : 連接對應校正件：Apply

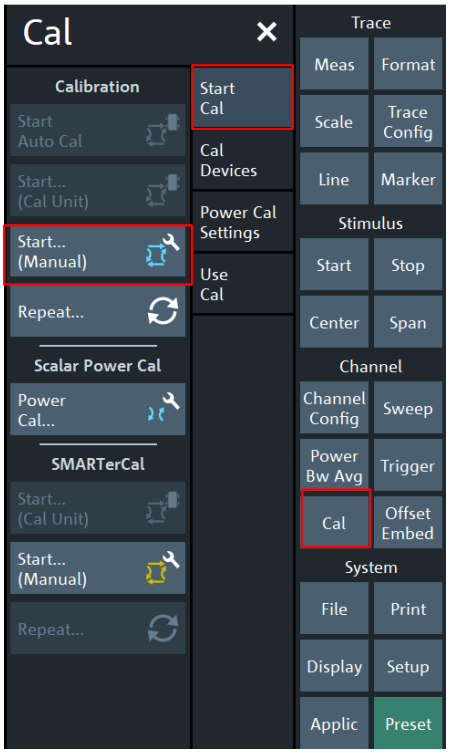


Figure3.1.1.9 執行校正

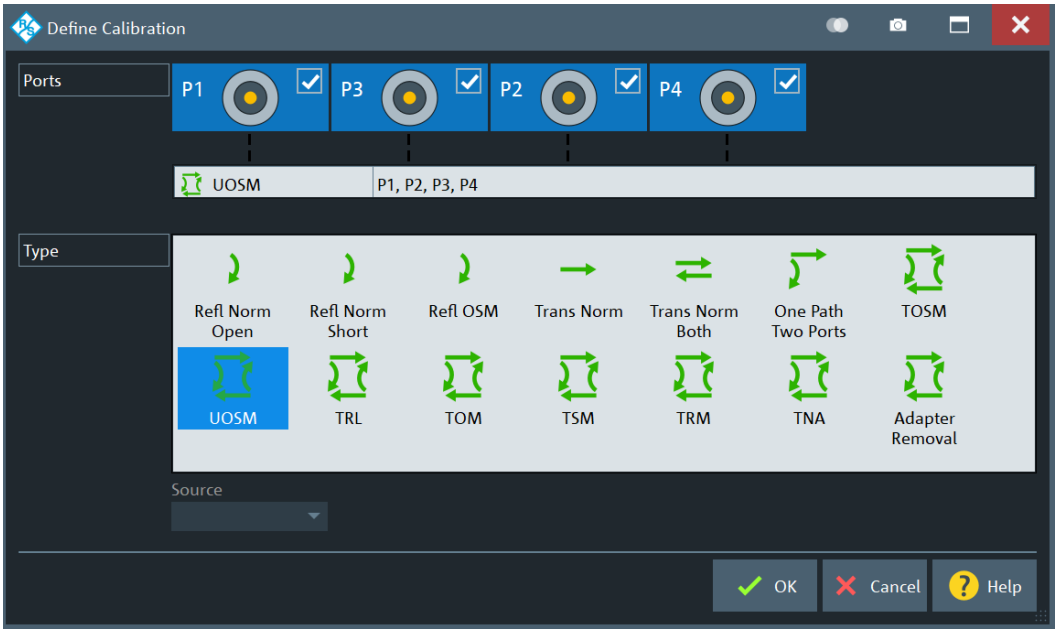


Figure3.1.1.10 設定校正 Port 數及校正法

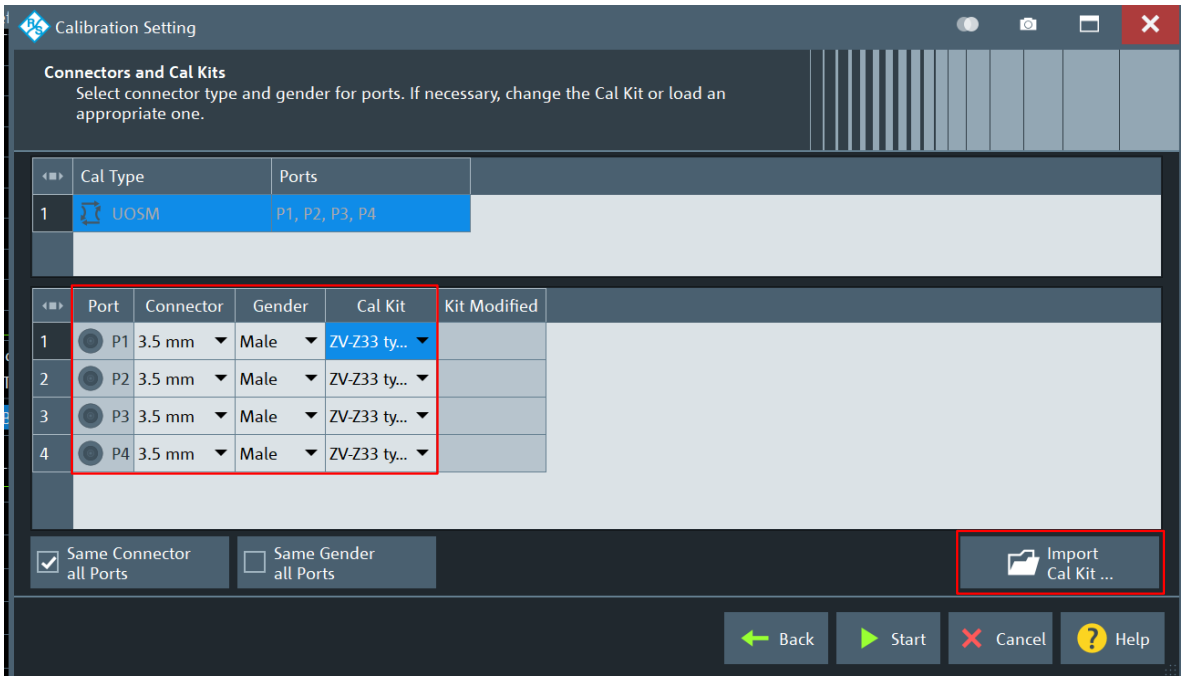


Figure3.1.1.11 設定 Connector & Gender & Cal kit

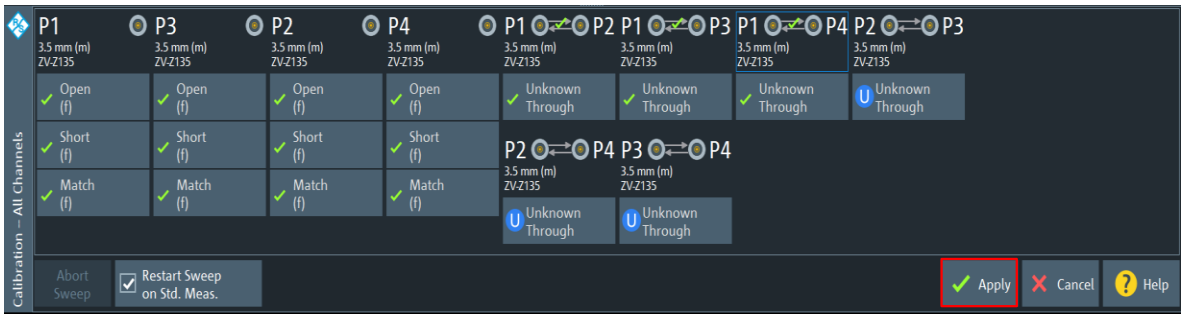


Figure3.1.1.12 連接各個校正件並點選 Apply 完成校正

Connector* → 依照儀器而不同，此範例為 3.5mm

Cal kits* → 依照儀器而不同，此範例為 ZV-Z135

如儀器內沒有上述的 Cal kit 可透過 import 的方式新增至儀器

此範例為單機校正，如需執行完整測項可使用合併校正的方式減少校正時間（參考 3.4.3 章）

3.1.2 使用 Through 驗證向量網路分析儀 ZNB 單機 TC9 規格

驗證向量網路分析儀 ZNB 單機規格請參考圖 3.1.2.1，輸入規格後接上兩個對稱的 Through 驗證

Test Parameter		Requirement
RL	S_{dd11}, S_{dd22}	$\geq \begin{pmatrix} 44 & 1 \leq f < 75 \\ 26 - 20\log\left(f/600\right) & 75 \leq f \leq 600 \end{pmatrix} dB$ $1 \leq f \leq 600$, frequency f in MHz Port reference impedances: 100 Ω (DM), 200 Ω (CM)
LCL LCTL	S_{dc11}, S_{dc22} S_{dc21}, S_{dc12}	$\geq \begin{pmatrix} 61 & 10 \leq f \leq 80 \\ 83 - 11.51\log(f) & 80 < f \leq 600 \end{pmatrix} dB$ $10 \leq f \leq 600$, frequency f in MHz Port reference impedances: 100 Ω (DM), 200 Ω (CM)

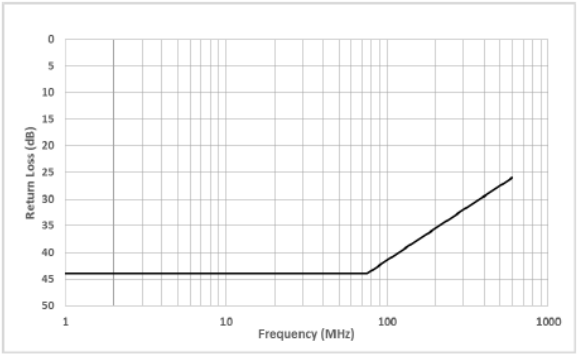


Figure 4.2-2: Return loss requirement for VNA calibration accuracy

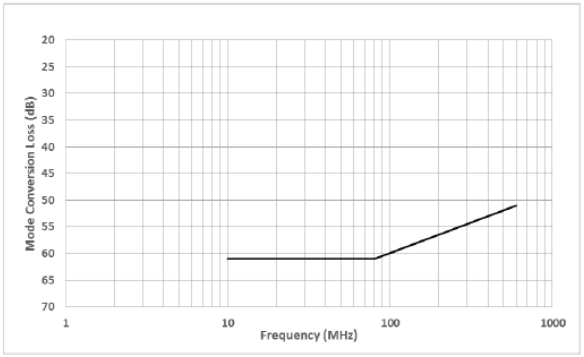
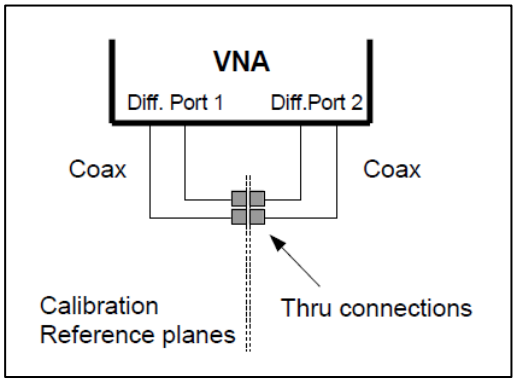


Figure 4.2-3: LCL / LCTL requirement for VNA calibration accuracy

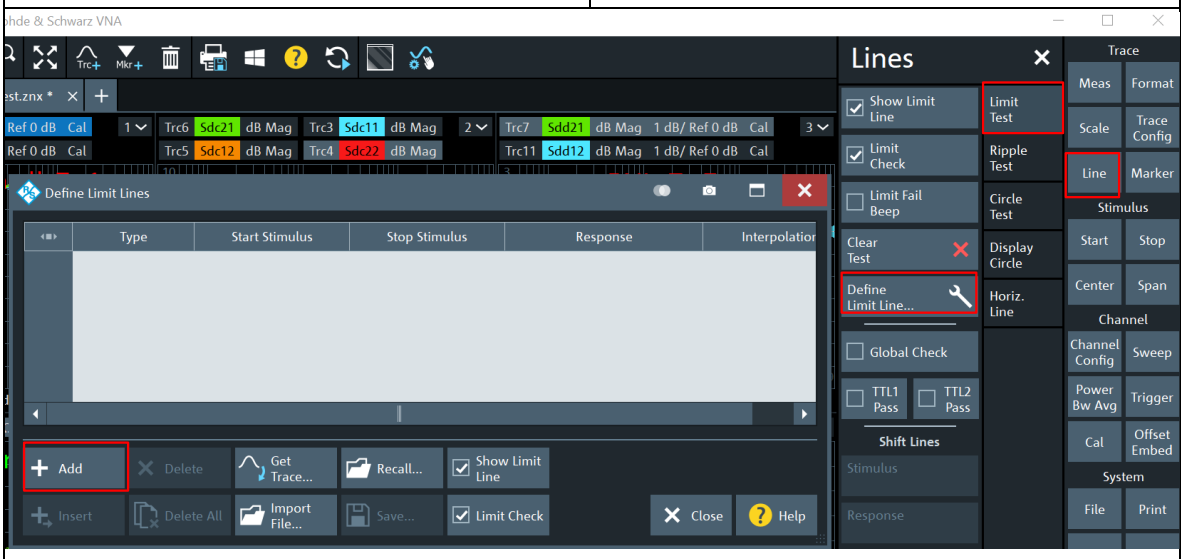
TC9（UTP）規範，如沒有對稱的 Through 會影響差動電路的量測結果，可以參考下列步驟做不對稱 Through 的特性移除



資料來源：Channel Components Requirements for 1000Base-T1 Link Segment Type A

Figure3.1.2.1 單機驗證規格

規格線設定（RL）	● [Select：Trc1（Sdd11）] ● [**Line** ： Limit test ： Define limit line ： Add ： Type Upper ： Start Stimulus 1 MHz ： Stop Stimulus 75 MHz ： Start Response -44 dB ： Stop Response -44 dB：Show Limit Line：Limit Check] ● [**Line** ： Limit test ： Define limit line ： Add ： Type Upper ： Start Stimulus 75 MHz ： Stop Stimulus 600 MHz：Formula： -26+20· log （StimVal/1000000/600） ： close ：Show Limit Line ： Limit Check ： close] ● [Select：Trc2（Sdd22） ：依照 Trc1 的方式新增 Trc2 的規格線]



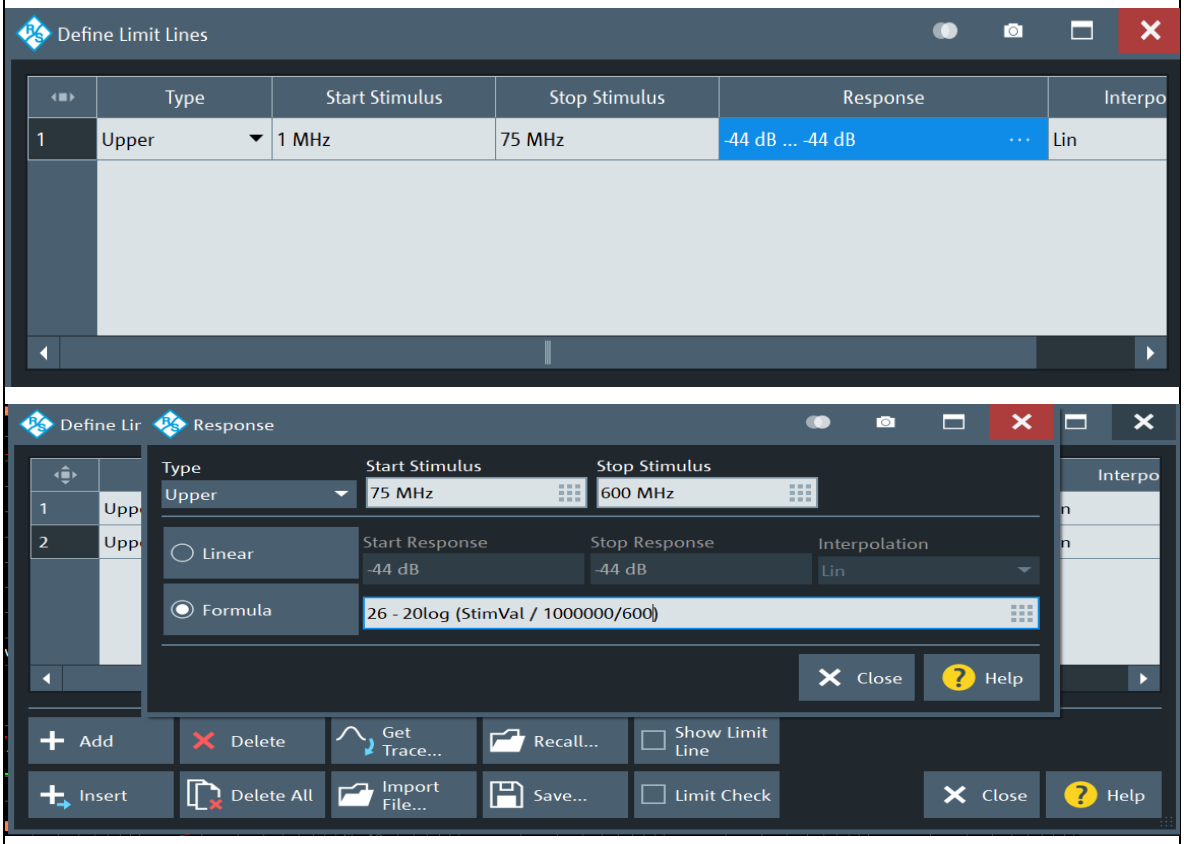


Figure3.1.2.2 RL 規格線設定

規格線設定（LCL & LCTL）	● [Select：Trc3（Sdc11）] ● [**Line**：Limit test：Define limit line：Add：Type Upper：Start Stimulus 10 MHz：Stop Stimulus 80 MHz：Start Response -61 dB：Stop Response -61 dB：Show Limit Line：Limit Check] ● [**Line**：Limit test：Define limit line：Add：Type Upper：Start Stimulus 80 MHz：Stop Stimulus 600 MHz：Formula： -83+11.51·log（StimVal/1000000）：close：Show Limit Line：Limit Check：close]

	• [Select：Trc4（Sdc22）：依照 Trc3 的方式新增 Trc4 的規格線] • [Select：Trc5（Sdc12）：依照 Trc3 的方式新增 Trc5 的規格線] • [Select：Trc6（Sdc21）：依照 Trc3 的方式新增 Trc6 的規格線]

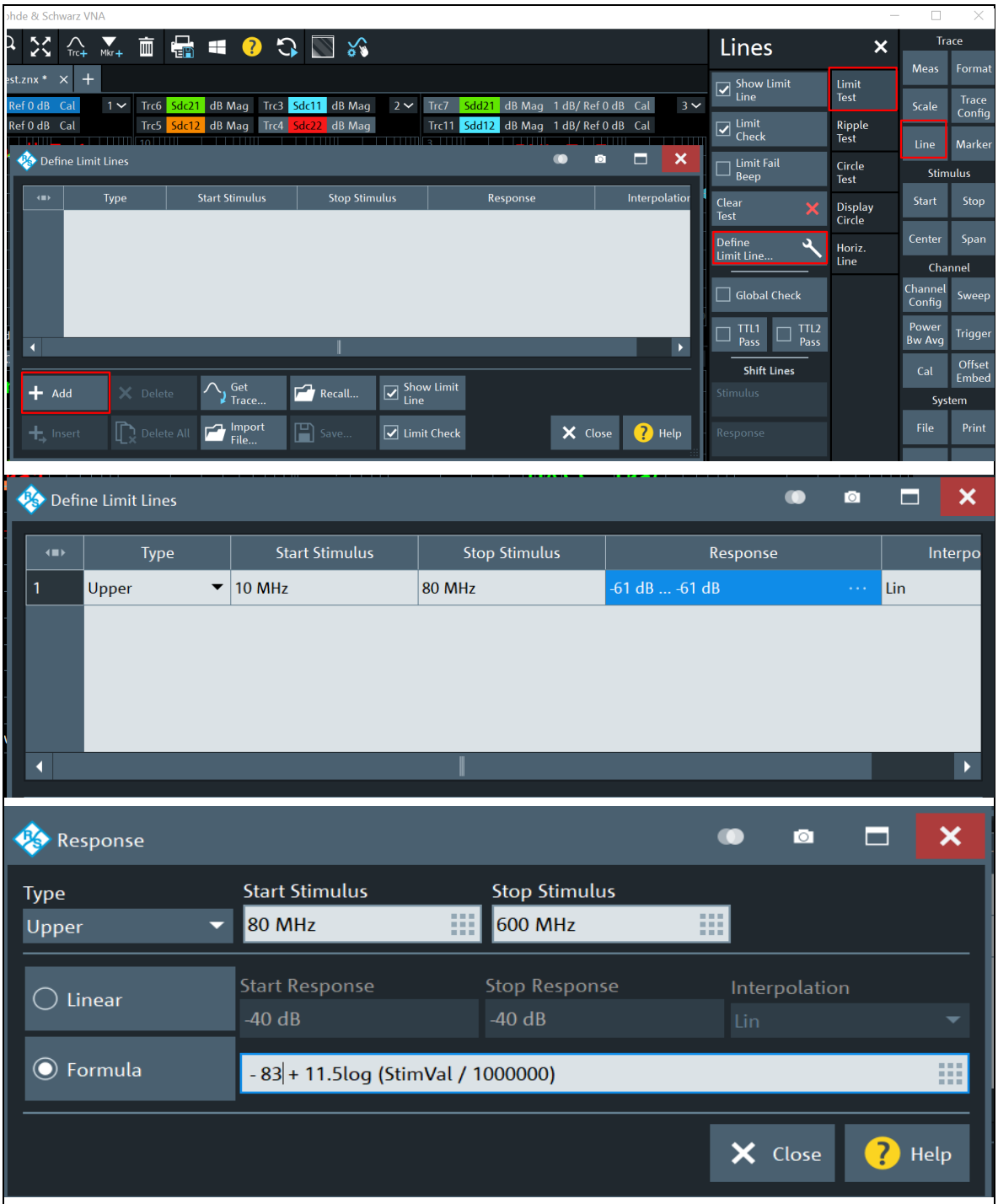


Figure3.1.2.2 LCL & LCTL 規格線設定

驗證網路分析儀 ZNB 單機規格	● 在 Port1 & Port2 及 Port3 & Port4 各接上一樣的 thru 進行單機驗證

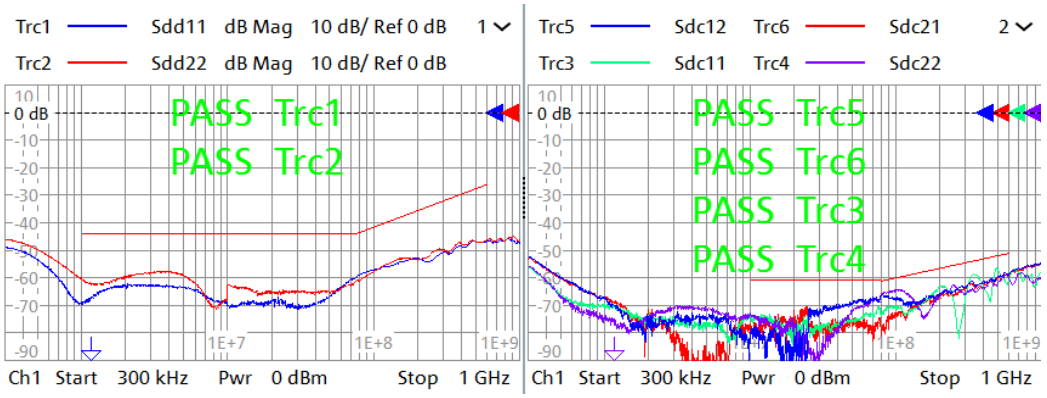
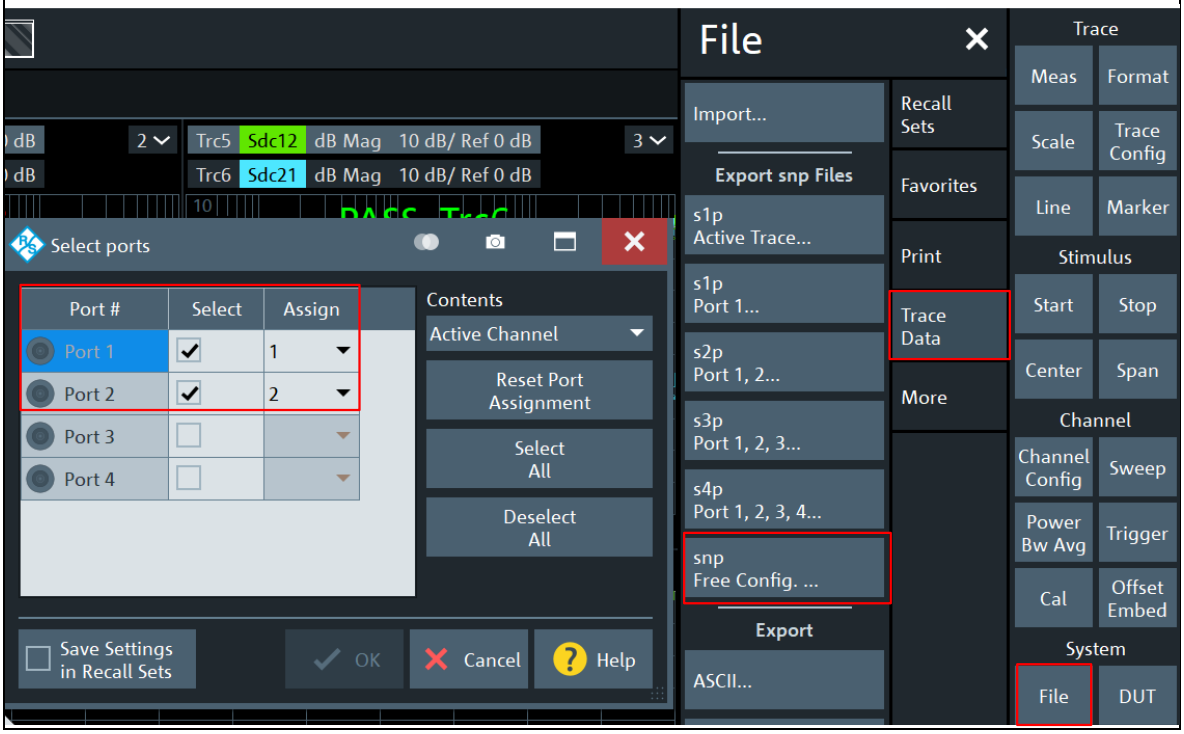


Figure3.1.2.3 驗證網路分析儀 ZNB 單機規格

***Through 特性移除** **（無對稱 Through 再執行）**	● 連接 Through 並存取 S 參數：[**File**：Trace data：snp：Select Port1 & Port2：Save 1.S2P：Select Port3 & Port4：Assign：Port3（1）：Port4（2）：Save 2.S2P] ● [**Offset embed**：Single ended：Port1 & Port3 active：放入 Port1 1.S2p & Port3 2.S2p]



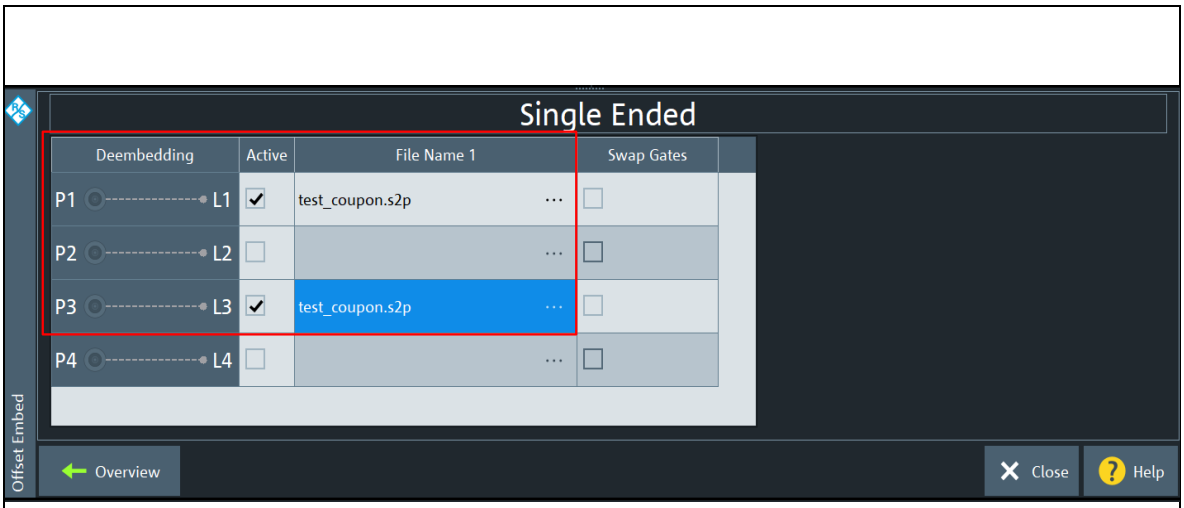


Figure3.1.2.4 將不對稱的 Through 特性移除

3.2 使用向量網路分析儀 ZNB 搭配量測治具完成規格驗證

由於 TC9（UTP）的同軸共纜線必須搭配特定的治具才可真實量測到特性，所以 TC9（UTP）的規範中明確制定了使用向量網路分析儀搭配治具的規格，此章節完整描述了如何完成向量網路分析儀搭配治具的規格驗證。

3.2.1 向量網路分析儀 ZNB 參數設置與校正

請參考下圖 ZNB 網路分析儀 TC9（UTP）的環境設定。

Parameter	Value
Sweep f_{Start}	300 kHz
Sweep f_{Stop}	1 GHz
Sweep type	Logarithmic
Sweep points	1600
Output power	minimum -10 dBm
Measurement bandwidth	≤ 500 Hz
Port reference impedance differential mode [1]	100 Ω
Port reference impedance common mode [1]	25 Ω for connector measurements and MDI Test Head 200 Ω for all other measurements
Data calibration kit (VNA)	used kit for calibration
Averaging function	May be applied, but not mandatory
Smoothing function	Deactivated

資料來源：Channel Components Requirements for 1000Base-T1 Link Segment Type A

Figure 3. 2.1.1 TC9（UTP）環境設定

ZNB 設置	● 由於環境與單機設定相同，請參考 **3.1.1.**中向量網路分析儀 ZNB 參數設置與校正，如接續 3.1.1 章執行則不需執行[Preset]

3.2.2 使用量測治具驗證 TC9 測試系統規格

此章節提出了三種可以符合 TC9（UTP）同軸共纜線量測的治具，請參考下圖 3.2.2.1 範例，如有治具上需求請洽百佳泰（Allion Labs）或台灣羅德史瓦茲（R&S），再搭配向量網路分析儀 ZNB 完成圖 3.2.2.2 的 TC9（UTP）規範 。

R&S 治具 R&S®RT-ZF7A　　Allion Labs 治具 Allion®AET21064　　Allion Labs 成品線治具（客製化）

Figure 3.2.2.1 符合 TC9（UTP）規範的測試治具範例圖

Test Parameter		Requirement
LCL LCTL	S_{dc11}, S_{dc22} S_{dc21}, S_{dc12}	$\geq \begin{cases} 61 & 10 \leq f \leq 80 \\ 83 - 11.5\log(f) & 80 < f \leq 600 \end{cases} dB$ $10 \leq f \leq 600$, frequency f in MHz Port reference impedances: 100 Ω (DM), 200 Ω (CM)

資料來源：Channel Components Requirements for 1000Base-T1 Link Segment Type A

Figure 3.2.2.2 TC9（UTP）網路分析儀搭配測試治具規格

規格線設定（LCL & LCTL）	● 由於規格線與單機驗證相同，請參考 3.1.2 使用 Through 驗證向量網路分析儀 ZNB 單機 TC9 規格完成 LCL & LCTL，4 條曲線的規格線設定
驗證網路分析儀 ZNB 搭配測試治具規格	● 在 Port1 & Port3 及 Port2 & Port4 分別接上對應的測試治具

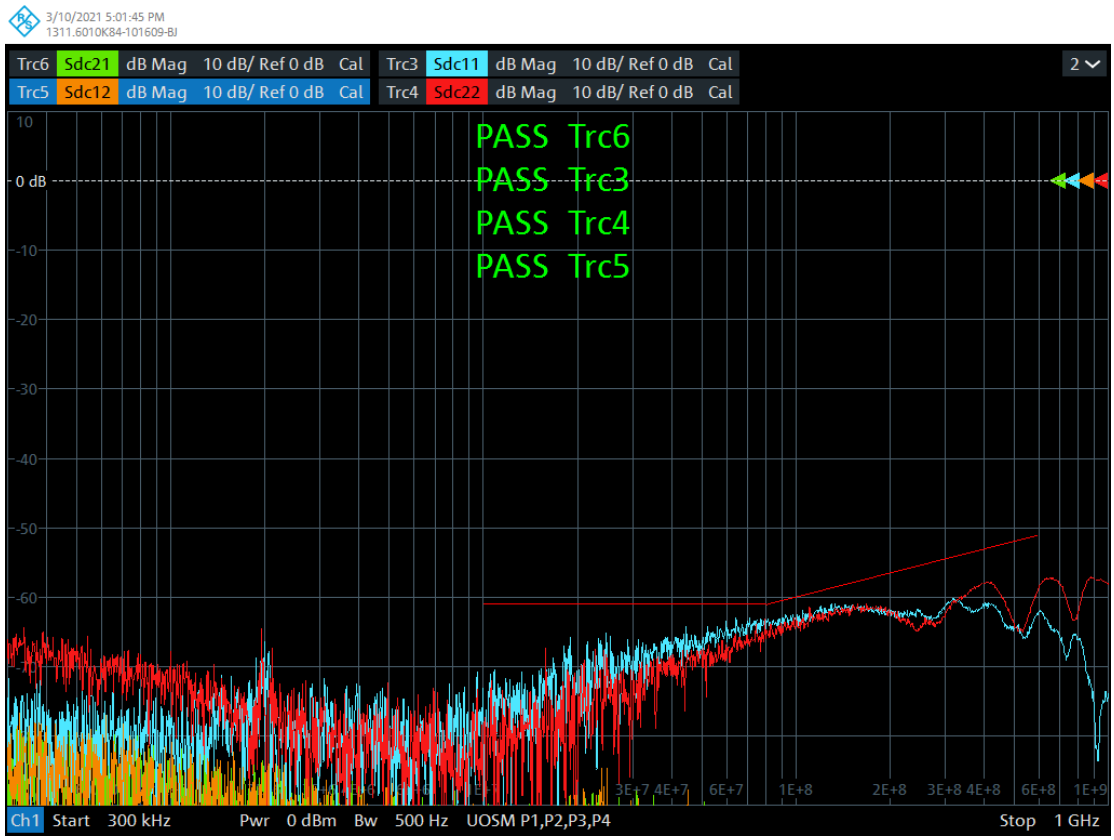


Figure 3.2.2.3 TC9（UTP）網路分析儀搭配測試治具規格量測示意圖

3.3 使用反嵌入軟體建立治具特徵模型

為了量測 TC9（UTP）同軸共纜線的特性，必須將治具特性反嵌入，此章節將詳細介紹如何使用向量網路分析儀 ZNB 搭配反嵌入軟體將治具特徵模型建立，再做反嵌入的應用。

3.3.1 向量網路分析儀 ZNB 參數設置與校正

TC9（UTP）的規範中，針對同軸共纜線 TDR 的測項也有明確的環境設定，所以在建立治具模型時，需同時將兩種環境的模型建立，請參考下圖 ZNB 網路分析儀 TC9（UTP）的環境設定。

Parameter	Value
Sweep f_{Start}	300 kHz
Sweep f_{Stop}	1 GHz
Sweep type	Logarithmic
Sweep points	1600
Output power	minimum -10 dBm
Measurement bandwidth	≤ 500 Hz
Port reference impedance differential mode [1]	100 Ω
Port reference impedance common mode [1]	25 Ω for connector measurements and MDI Test Head 200 Ω for all other measurements

資料來源：Channel Components Requirements for 1000Base-T1 Link Segment Type A

Figure 3. 3.1.1 TC9（UTP）環境設定

Parameter	Value
Sweep f_{Start}	1 MHz, (10 MHz) [2]
Sweep f_{Stop}	2 GHz, (20 GHz) [2]
Sweep type	Linear
Sweep points	2000
Filtering	Hann window
TDR Type	Step
Output power	minimum -10 dBm
Measurement bandwidth	≤ 500 Hz
Port reference impedances	50 Ω single ended port impedances (This results in 100 Ω differential mode reference impedance after conversion to mixed mode parameters.)
Data calibration kit (VNA)	used kit for calibration
Averaging function	May be applied, but not mandatory
Smoothing function	deactivated

資料來源：Channel Components Requirements for 1000Base-T1 Link Segment Type A

Figure 3. 3.1.2 TC9（UTP）TDR 環境設定

ZNB 設置	● 由於環境與單機設定相同，請參考 **3.1.1.**中向量網路分析儀 ZNB 參數設置如接續 3.1.1 章執行則不需執行[Preset]
ZNB 設置（TDR）	● [**Channel Config**：Channels：New channel+ Diagram] ● [**Start**：1 MHz] ● [**Stop**：2 GHz] ● [**Power BW Avg**：Power：{p*：0 dBm}] ● [**Power BW Avg**：Bandwidth：{bw*：500 Hz }] ● [**Sweep**：Number of Points：2000] ● [**Sweep**：Sweep type：Lin Swep]
設定平衡式 p* → 可調整最小-10dBm bw* → 可調整最大 500Hz	● [**Meas**：Balanced Port：（D） 2 x Balanced]

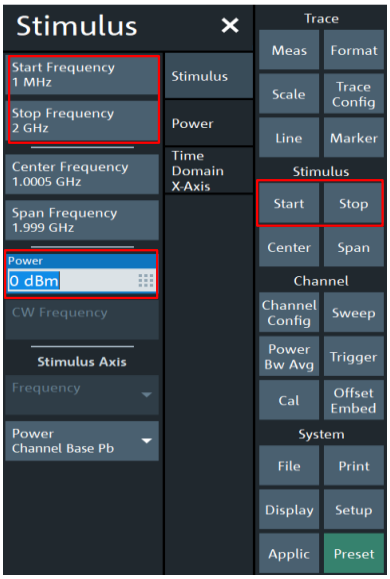


Figure3.3.1.3 設定起始截止頻率、功率

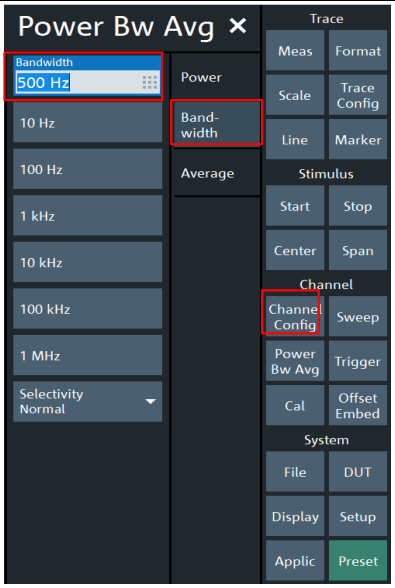


Figure3.3.1.4 設定掃描頻寬

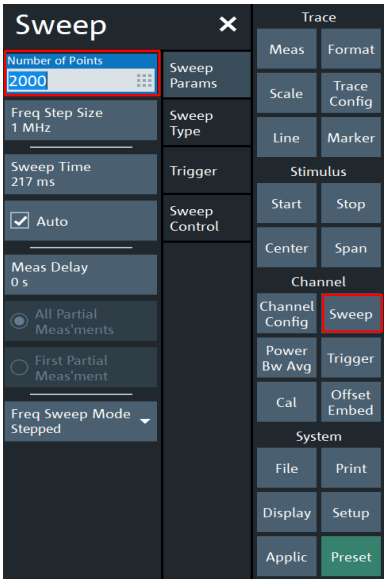


Figure3.3.1.5 設定掃描點數

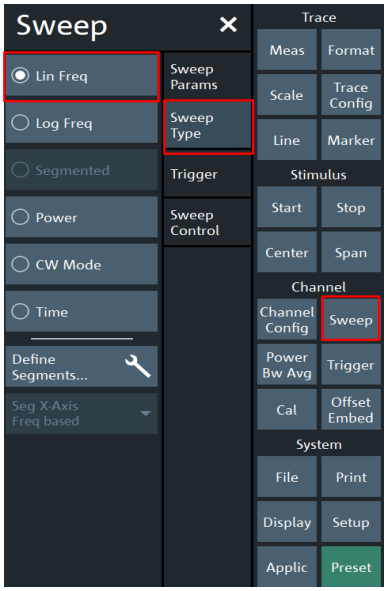


Figure3.3.1.6 設定掃描格式

設定單機校正 **Connector*** → 依照儀器而不同，此範例為 3.5mm **Cal kits*** → 依照儀器而不同，此範例為 ZV-Z135 如儀器內沒有上述的 Cal kit 可透過 import 的方式新增至儀器 此範例為單機校正，如需執行完整測項可使用合併校正的方式減少校正時間（參考 3.4.3 章）	• [**Cal**：Start cal：Start Manaul：All channels：Ports：P1~P4：Type：UOSM：Next：Connector*：3.5mm：Gender：Male：Cal kits*：ZV-Z135：Start]： • 連接每個校正件：Apply

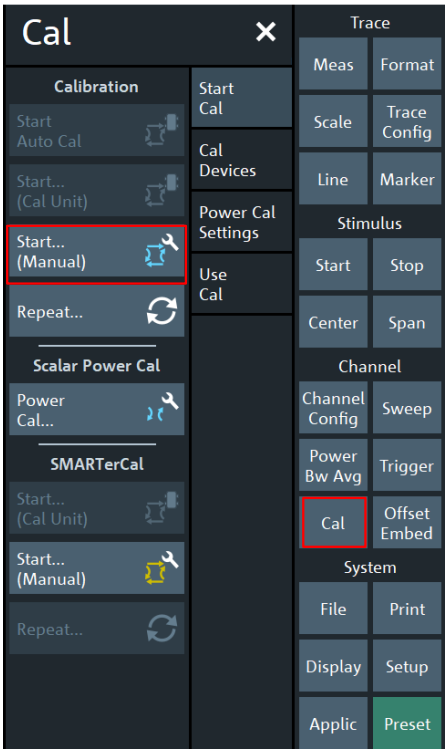


Figure3.3.1.7 執行校正

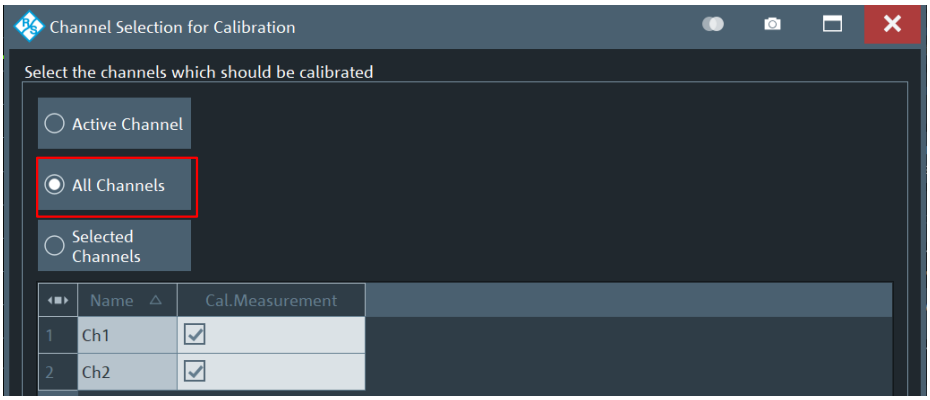


Figure3.3.1.8 執行合併校正

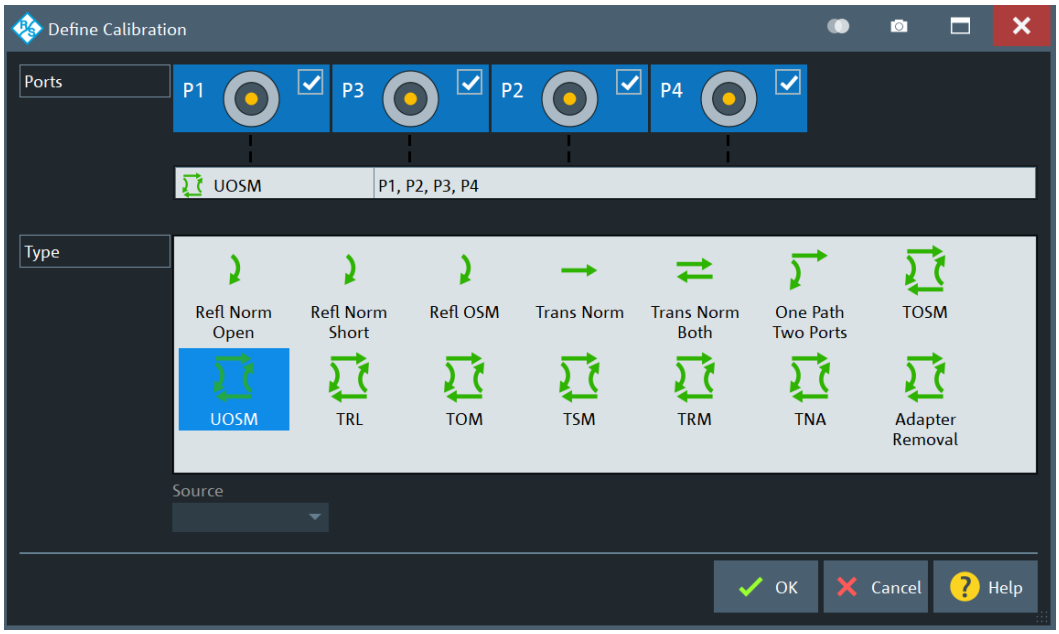


Figure3.3.1.9 選擇校正 Port 數及演算法

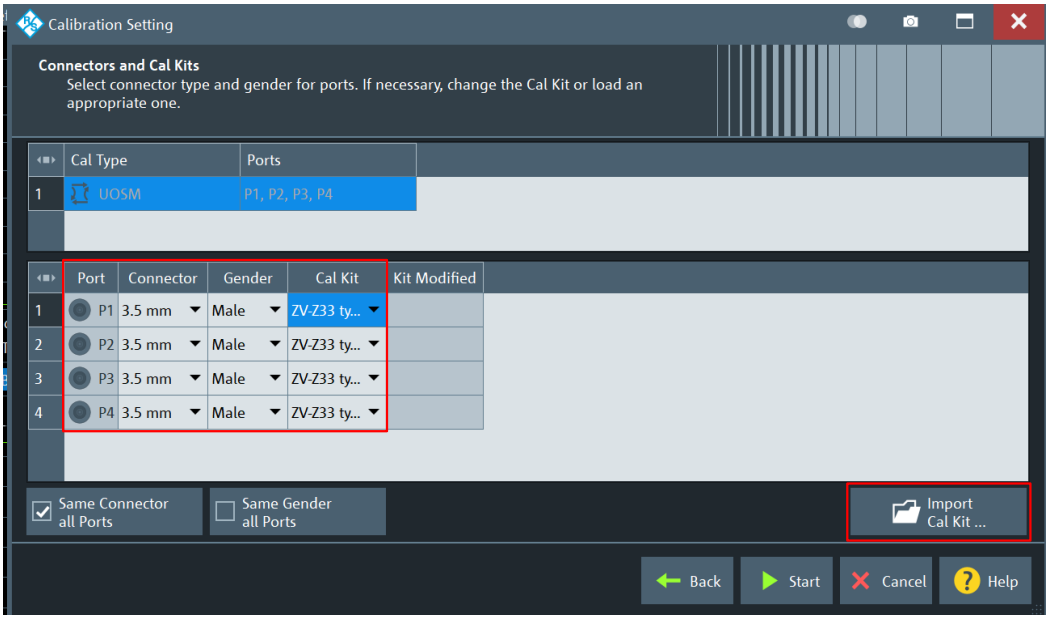


Figure3.3.1.10 選擇校正相關設定

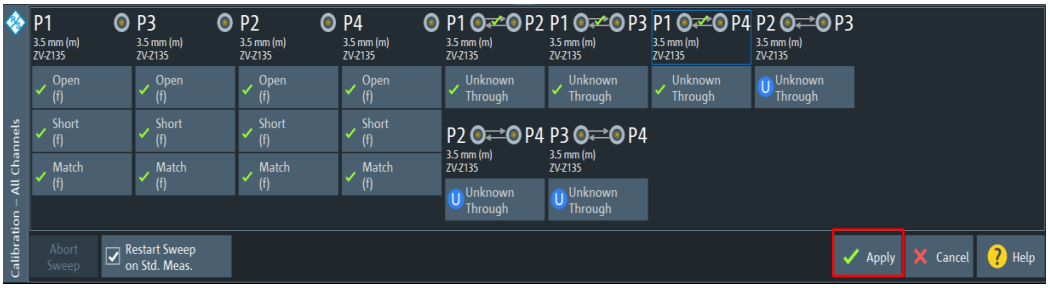


Figure3.3.1.11 點選 Apply 完成校正

3.3.2 使用向量網路分析儀 ZNB 搭配反嵌入軟體建立治具模型

在反嵌入軟體程式中，共分為三個步驟，首先量測相關治具（2x Thru or 1x Open or 1x Short or 1x Open & 1x Short）的 S 參數，接著量測治具含待測物的參數，最後讓程式計算治具的特性，程式會自動提供兩側治具的特性，請參考下圖 3.3.2.1，此章節將完整介紹執行步驟。

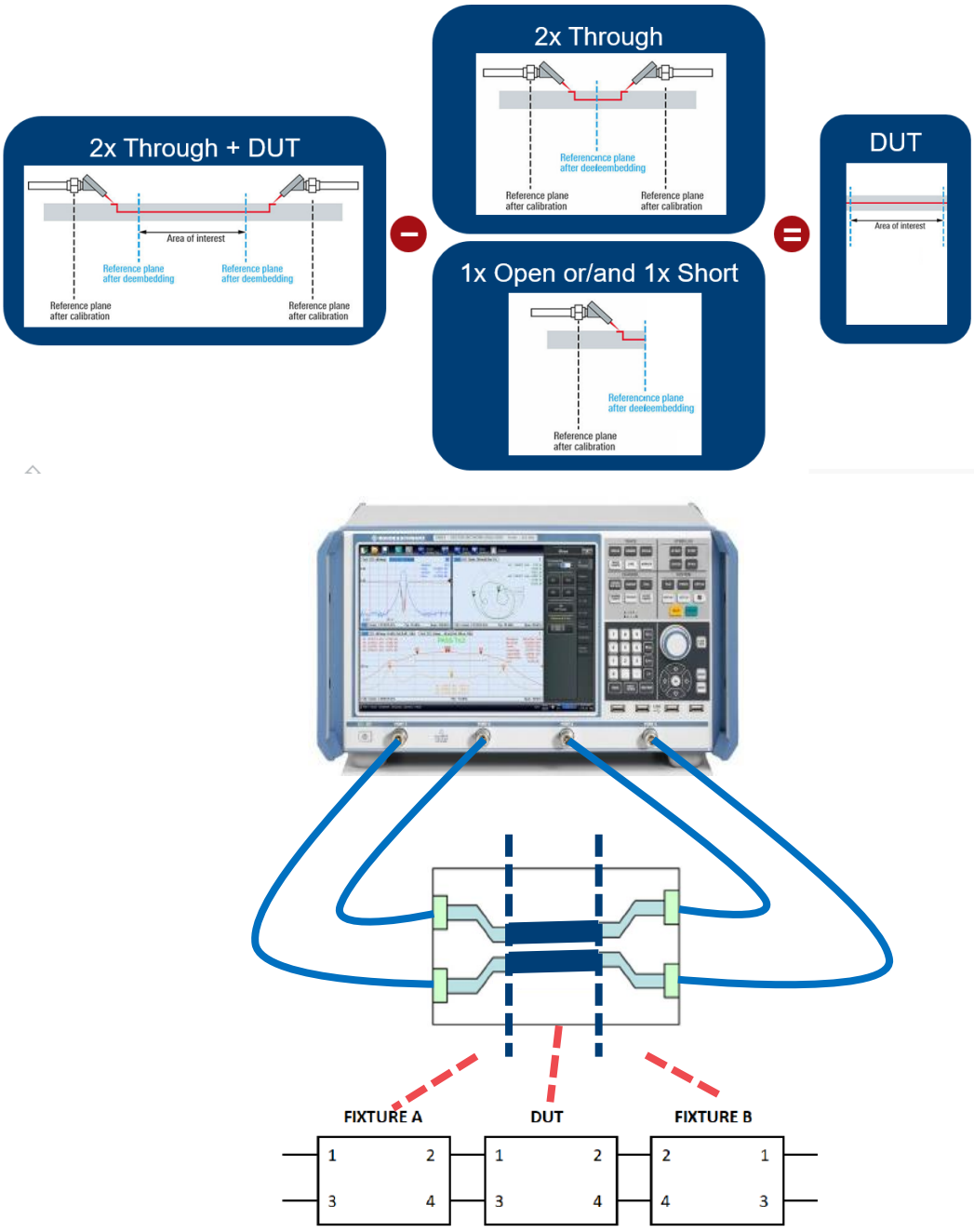


Figure 3. 3.2.1 反嵌入應用示意圖

反嵌入軟體操作步驟	● [**Offset Embed** : Balanced : Network D1 : Fixture tool ISD : Run tool] ● Coupon type : 1x Open : Port1 & Port3 Active : Measure ● 將 TC9（UTP）的同軸共纜線接到對應治具上：Port1 & Port2 & Port3 & Port4 Active : Measure ● Logical1 （P1, P3） & Logical2 （P2, P4） Apply & Display : Run ISD ● Apply
反嵌入軟體操作步驟（TDR）	● 點選至 Channel 2 ● 因步驟與前者相同請參考上述步驟

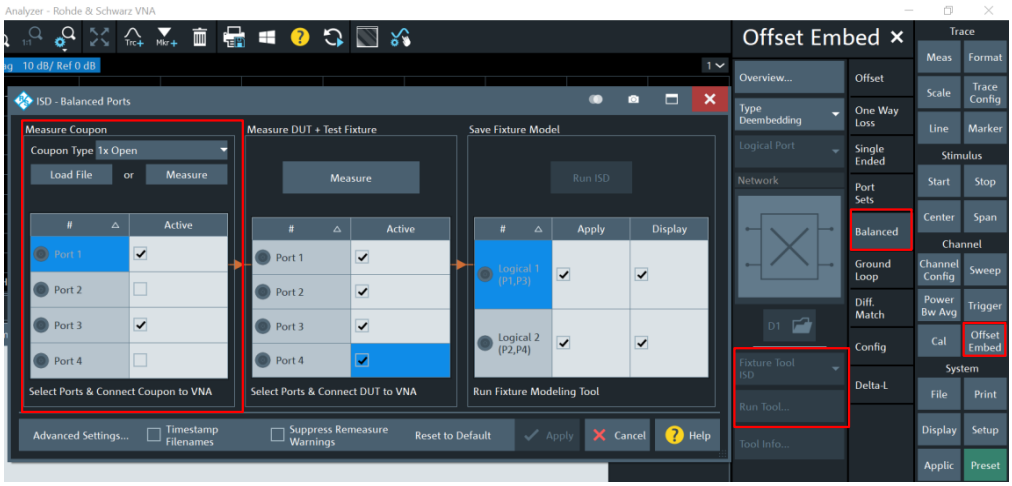


Figure 3. 3.2.3 反嵌入軟體開啟及第一步驟示意圖

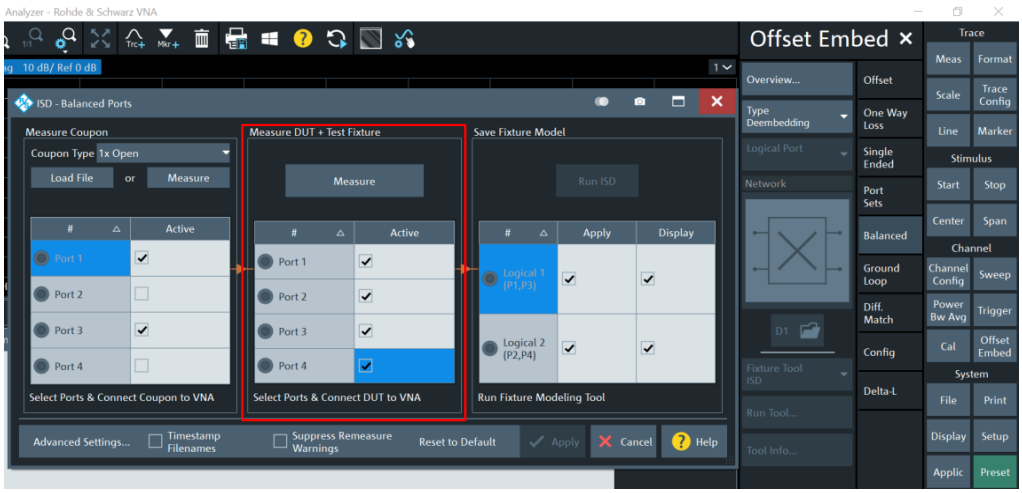


Figure 3. 3.2.4 反嵌入軟體第二步驟示意圖

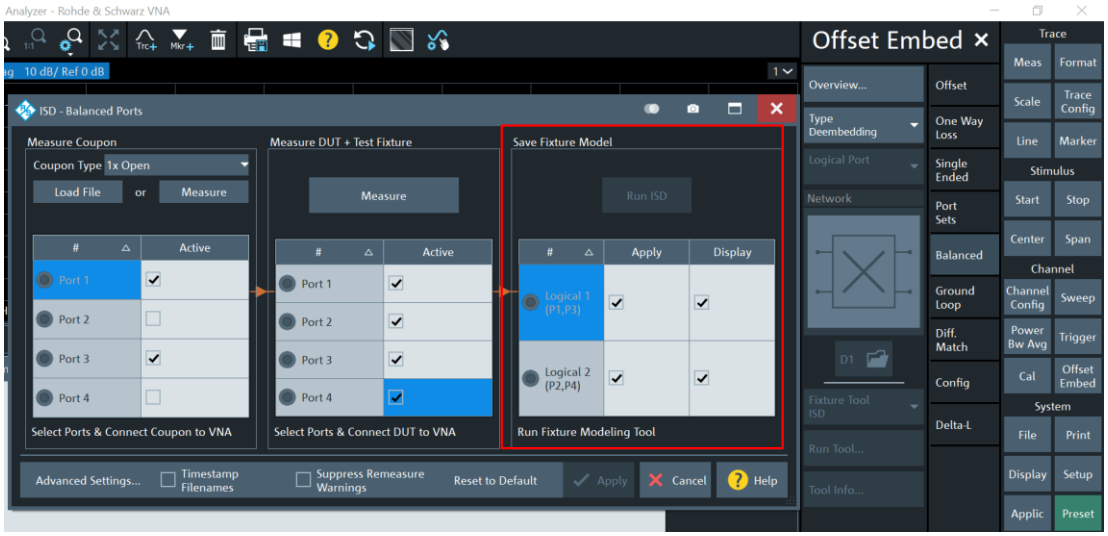


Figure 3. 3.2.5 反嵌入軟體第三步驟示意圖

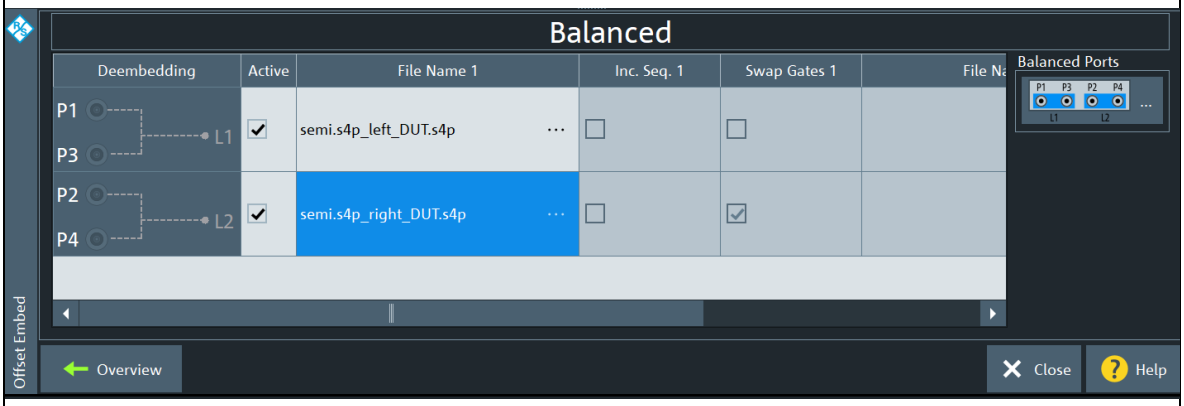


Figure 3. 3.2.6 反嵌入成功示意圖

3.4 使用向量網路分析儀 ZNB 搭配 Conductive Drum 完成規範量測

本章節的量測實驗為百佳泰（Allion Labs）與台灣羅德史瓦茲（R&S）共同執行，TC9（UTP）的規範中，明確規定量測同軸共纜線時需搭配對應治具及 Conductive Drum，本章節將完整介紹如何執行整體量測，下圖 3.4 為使用台灣羅德史瓦茲（R&S）向量網路分析儀 ZNB 配合百佳泰（Allion Labs） Conductive Drum 量測示意圖

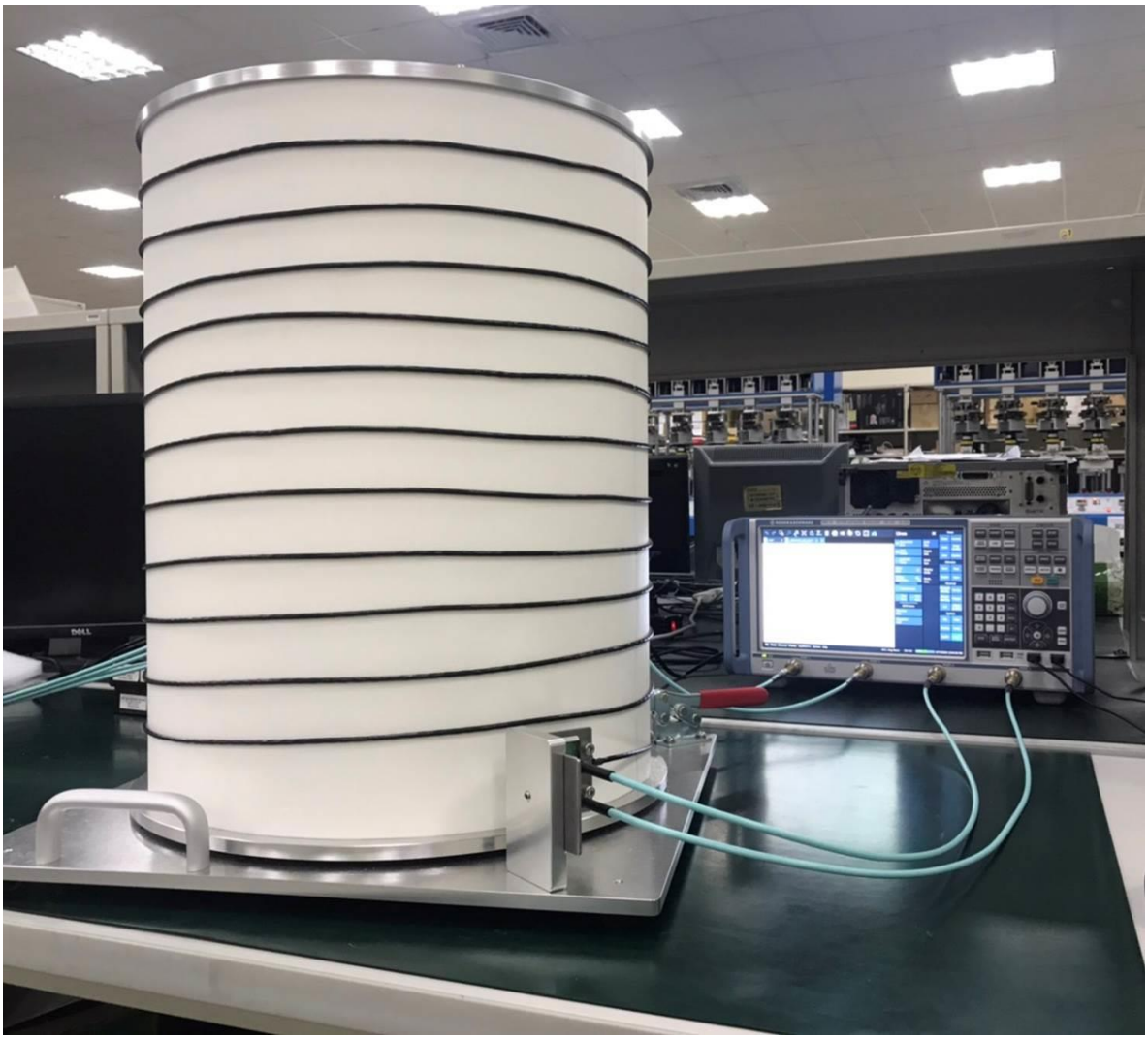


Figure 3. 4 向量網路分析儀 ZNB 配合百佳泰（Allion Labs） Conductive Drum 量測示意圖

如有 Conductive Drum 的需求請洽百佳泰（Allion Labs）諮詢相關應用

3.4.1 向量網路分析儀 ZNB 完成 S 參數環境設置

TC9（UTP）規範中的測項分為了 Log Freq 的 S 參數測試及 Lin Freq 的 TDR 與 TDT 測試，針對同軸共纜線配合治具及搭配 Conductive Drum 的量測也有明確的規格規範，所以此章節將詳細介紹如何使用向量網路分析儀 ZNB 完成 TC9（UTP）搭配治具及 Conductive Drum 在 Log Freq 的 S 參數設定，請參考以下環境設定及規格說明。

Parameter	Value
Sweep f_{Start}	300 kHz
Sweep f_{Stop}	1 GHz
Sweep type	Logarithmic
Sweep points	1600
Output power	minimum -10 dBm
Measurement bandwidth	≤ 500 Hz
Port reference impedance differential mode [1]	100 Ω
Port reference impedance common mode [1]	25 Ω for connector measurements and MDI Test Head 200 Ω for all other measurements

資料來源：Channel Components Requirements for 1000Base-T1 Link Segment Type A

Figure 3. 4.1.1 TC9（UTP）環境設定

IL	S_{dd21}	<u>For use in SCC with maximum length of 15 m</u> $\leq \frac{1}{15}\left(0.0023f + 0.5907\sqrt{f} - 6*0.01\sqrt{f} + 0.0639/\sqrt{f}\right) dB/m$ <u>For use in SCC with maximum length of 10 m</u> $\leq \frac{1}{10}\left(0.0023f + 0.5907\sqrt{f} - 6*0.01\sqrt{f} + 0.0639/\sqrt{f}\right) dB/m$ $1 \leq f \leq 600$, frequency f in MHz Port reference impedances: 100 Ω (DM), 200 Ω (CM)
RL	S_{dd11}, S_{dd22}	$\geq \begin{pmatrix} 22 & 1 \leq f < 10 \\ 27 - 5\log f & 10 \leq f < 40 \\ 19 & 40 \leq f < 130 \\ 40 - 10\log f & 130 \leq f < 400 \\ 14 & 400 \leq f \leq 600 \end{pmatrix} dB$ $1 \leq f \leq 600$, frequency f in MHz Port reference impedances: 100 Ω (DM), 200 Ω (CM)
LCL LCTL	S_{dc11}, S_{dc22} S_{dc21}, S_{dc12}	$\geq \begin{pmatrix} 55 & 10 \leq f \leq 80 \\ 77 - 11.51\log(f) & 80 < f \leq 600 \end{pmatrix} dB$ $10 \leq f \leq 600$, frequency f in MHz Port reference impedances: 100 Ω (DM), 200 Ω (CM)

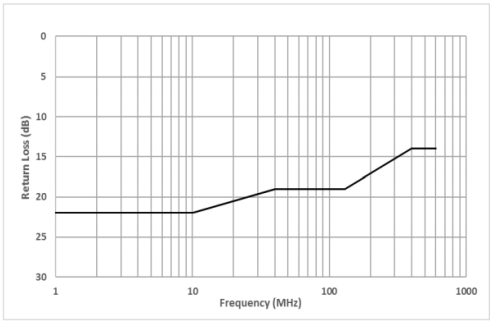


Figure 6.1.2-2: Return loss limit for cables

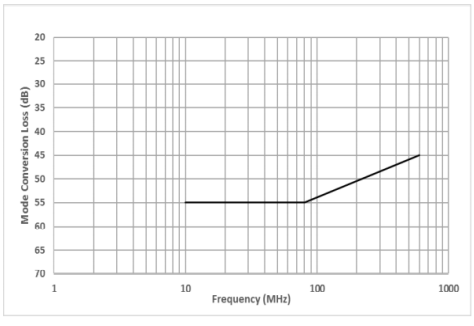


Figure 6.1.2-3: LCL / LCTL limit for cables

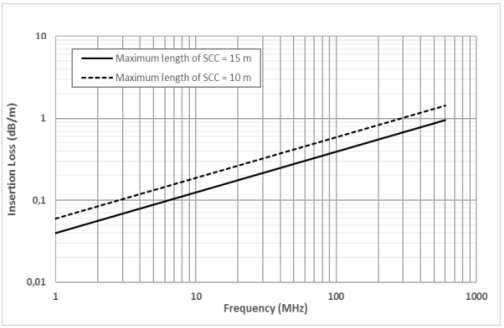


Figure 6.1.2-1: Insertion loss limit for cables

Figure 3. 4.1.2 TC9（UTP）同軸共纜線搭配治具及 Conductive Drum 規格設定

ZNB 設置	● 由於環境與單機設定相同，請參考 **3.1.1.**中向量網路分析儀 ZNB 參數設置如接續 3.1.1 章執行則不需執行[Preset]
新增 IL 的曲線	● [**Trace Config**：Add Trace + Diagram] ● [**Meas**：S-Params：Sdd21]

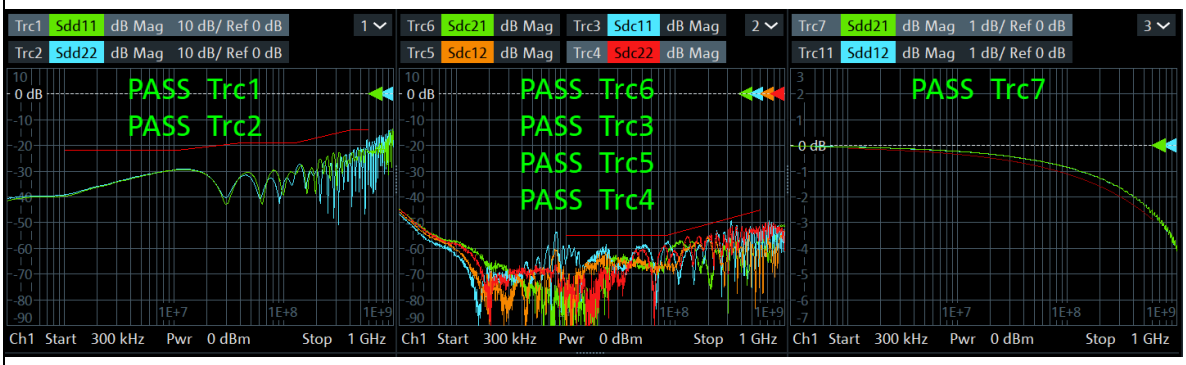


Figure 3. 4.1.3 新增 IL 示意圖

規格線設定（RL）	● **[Select：Trc1（Sdd11）]** ● [**Line**：Limit test：Define limit line：Add：Type Upper：Start Stimulus 1 MHz：Stop Stimulus 10 MHz：Start Response -22 dB：Stop Response -22 dB：Show Limit Line：Limit Check] ● [**Line**：Limit test：Define limit line：Add：Type Upper：Start Stimulus 10 MHz：Stop Stimulus 40 MHz：Formula：-27+5·log（StimVal/1000000）：close：Show Limit Line：Limit Check] ● [**Line**：Limit test：Define limit line：Add：Type Upper：Start Stimulus 40 MHz：Stop

	Stimulus 130 MHz：Start Response -19 dB：Stop Response -19 dB：Show Limit Line：Limit Check] • [**Line**：Limit test：Define limit line：Add：Type Upper：Start Stimulus 130 MHz：Stop Stimulus 400 MHz：Formula：-40+10·log（StimVal/1000000）：close：Show Limit Line：Limit Check] • [**Line**：Limit test：Define limit line：Add：Type Upper：Start Stimulus 400 MHz：Stop Stimulus 600 MHz：Start Response -14 dB：Stop Response -14 dB：Show Limit Line：Limit Check：close] • [Select：Trc2（Sdd22）：依照 Trc1 的方式新增 Trc2 的規格線]

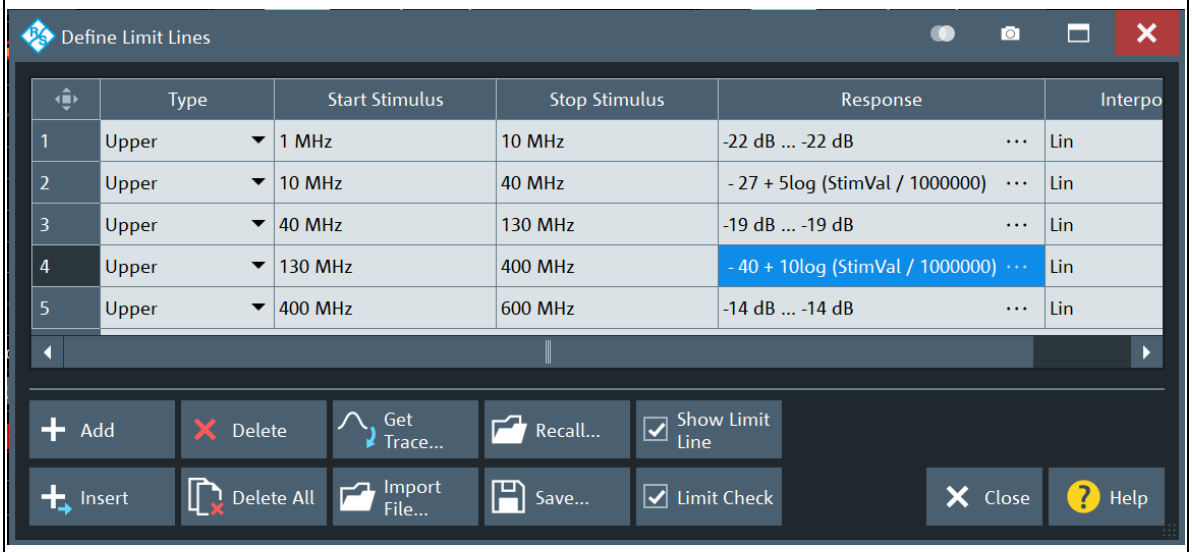


Figure 3. 4.1.4 新增 RL 規格

規格線設定（LCL & LCTL）	● [Select：Trc3（Sdc11）] ● [**Line**：Limit test：Define limit line：Add：Type Upper：Start Stimulus 10 MHz：Stop Stimulus 80 MHz：Start Response -55 dB：Stop Response -55 dB：Show Limit Line：Limit Check] ● [**Line**：Limit test：Define limit line：Add：Type Upper：Start Stimulus 80 MHz：Stop Stimulus 600 MHz：Formula： -77+11.51·log（StimVal/1000000）：close：Show Limit Line：Limit Check：close] ● [Select：Trc4（Sdc22）：依照 Trc3 的方式新增 Trc4 的規格線] ● [Select：Trc5（Sdc12）：依照 Trc3 的方式新增 Trc5 的規格線] ● [Select：Trc6（Sdc21）：依照 Trc3 的方式新增 Trc6 的規格線]

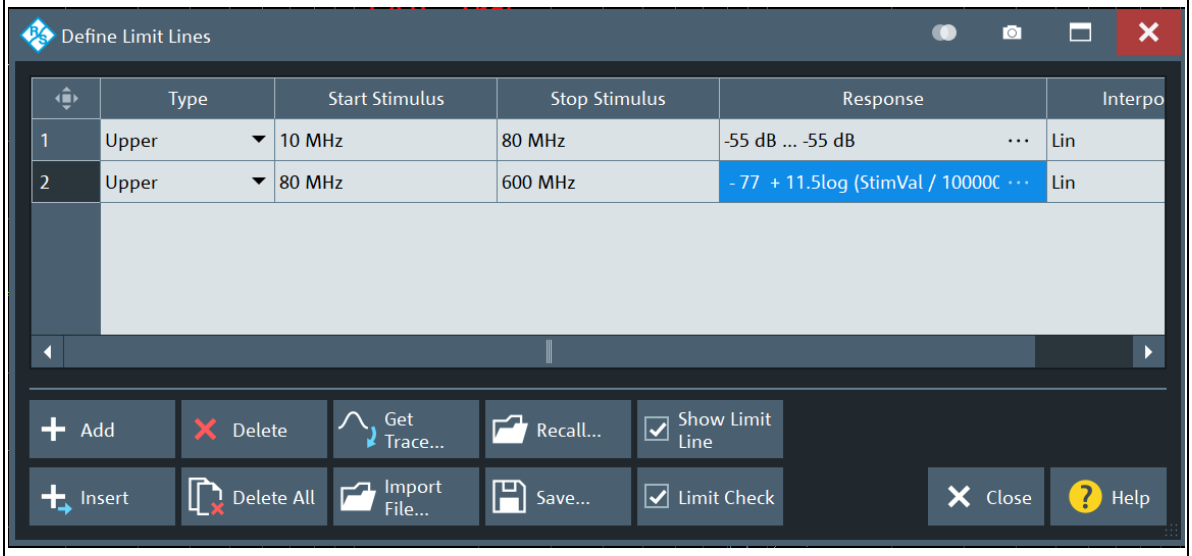


Figure 3. 4.1.5 新增 LCL & LCTL 規格

規格線設定（IL） * IL 規格公式中有兩種格式，差別在第一項分母分子的部分，分母取決於同軸共纜線最長的長度，分子取決於目前待測的同軸共纜線長度	● [**Line**：Limit test：Define limit line：Add：Type Upper：Start Stimulus 80MHz：Stop Stimulus 600MHz：Formula：{- 10 / 15 *（（0.0023 * StimVal / 1000000）+（0.5907 *（StimVal / 1000000）^（1 / 2））-（6 * 0.01 *（（StimVal / 1000000）^（1 / 2））+（0.0639 /（（StimVal / 1000000）^（1 / 2））））}

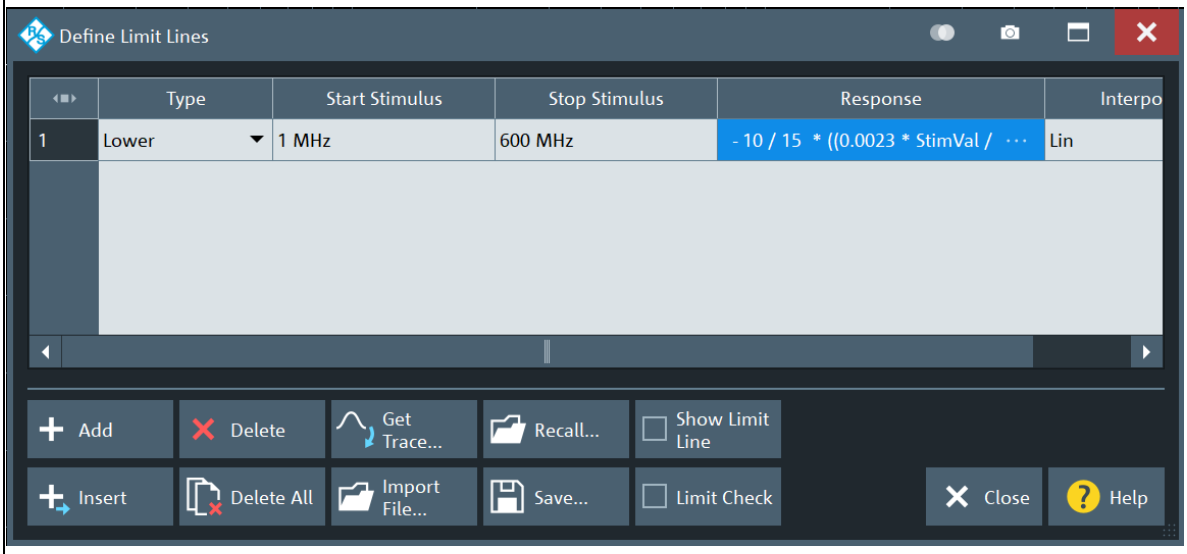


Figure 3. 4.1.6 新增 IL 規格

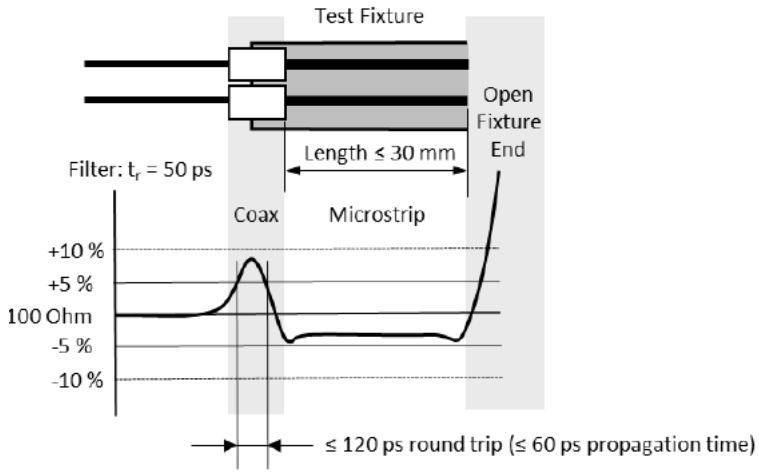
3.4.2 向量網路分析儀 ZNB 完成 TDR 環境設置

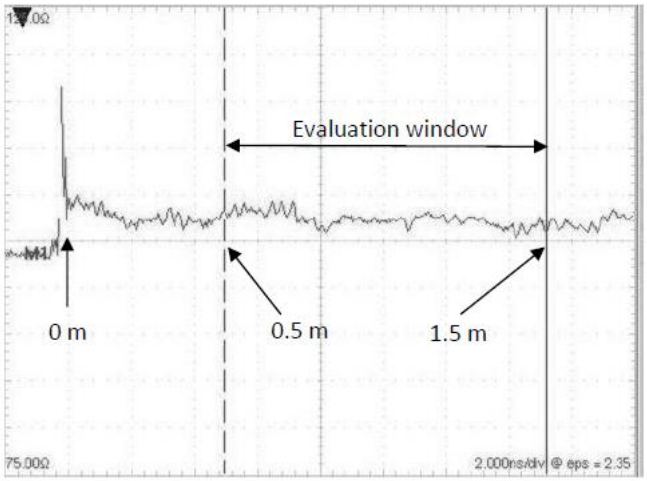
TC9（UTP）規範中的測項分為了 Log Freq 的 S 參數測試及 Lin Freq 的 TDR 與 TDT 測試，針對同軸共纜線配合治具及搭配 Conductive Drum 的量測也有明確的規格規範，所以此章節將詳細介紹如何使用向量網路分析儀 ZNB 完成 TC9（UTP）搭配治具及 Conductive Drum 在 Lin Freq 的 TDR 與 TDT 參數設定，請參考以下環境設定及規格說明。

Parameter	Value
Sweep f_{Start}	1 MHz, (10 MHz) [2]
Sweep f_{Stop}	2 GHz, (20 GHz) [2]
Sweep type	Linear
Sweep points	2000
Filtering	Hann window
TDR Type	Step
Output power	minimum -10 dBm
Measurement bandwidth	≤ 500 Hz
Port reference impedances	50 Ω single ended port impedances (This results in 100 Ω differential mode reference impedance after conversion to mixed mode parameters.)
Data calibration kit (VNA)	used kit for calibration
Averaging function	May be applied, but not mandatory
Smoothing function	deactivated

資料來源：Channel Components Requirements for 1000Base-T1 Link Segment Type A

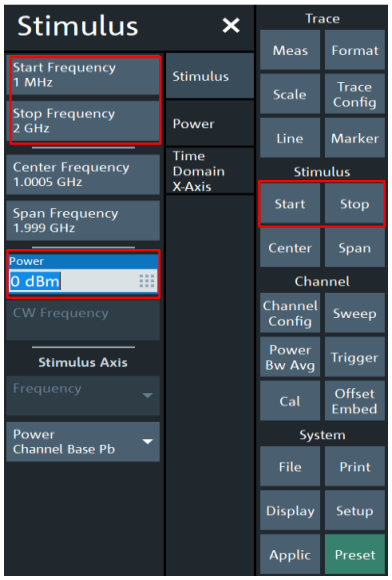
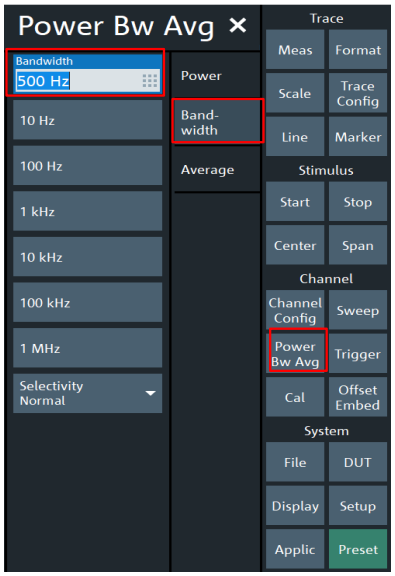
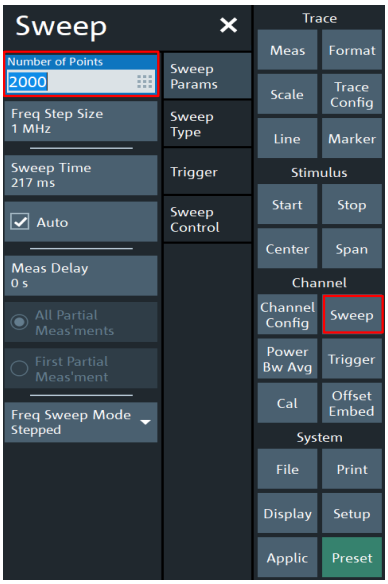
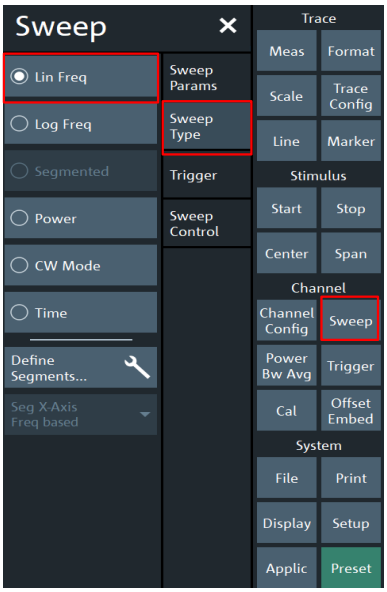
Figure 3. 4.2.1 TC9（UTP）TDR & TDT 環境設定





資料來源：Channel Components Requirements for 1000Base-T1 Link Segment Type A

Figure 3. 4.2.2 TC9（UTP）TDR 規格數據

ZNB 設置（TDR） **p*** → 可調整最小-10dBm **bw*** → 可調整最大 500Hz	• [**Channel Config** : Channels : New channel+ Diagram] • [**Start**：1 MHz] • [**Stop**：2 GHz] • [**Power BW Avg**：Power：{p*：0 dBm}] • [**Power BW Avg**：Bandwidth：{bw*：500 Hz }] • [**Sweep**：Number of Points：2000] • [**Sweep**：Sweep type：Lin Freq]
 Figure3.4.2.3 設定起始截止頻率、功率	 Figure3.4.2.4 設定掃描頻寬
 Figure3.4.2.5 設定掃描點數	 Figure3.4.2.6 設定掃描格式

設定平衡式	• [**Meas** : Balanced Port : (D) 2 x Balanced : Reference Impedance : L1 : Common Mode 200 Ω : Differential Mode 100 Ω] • [**Meas** : Balanced Port : (D) 2 x Balanced : Reference Impedance : L2 , Common Mode 200 Ω , Differential Mode 100 Ω]

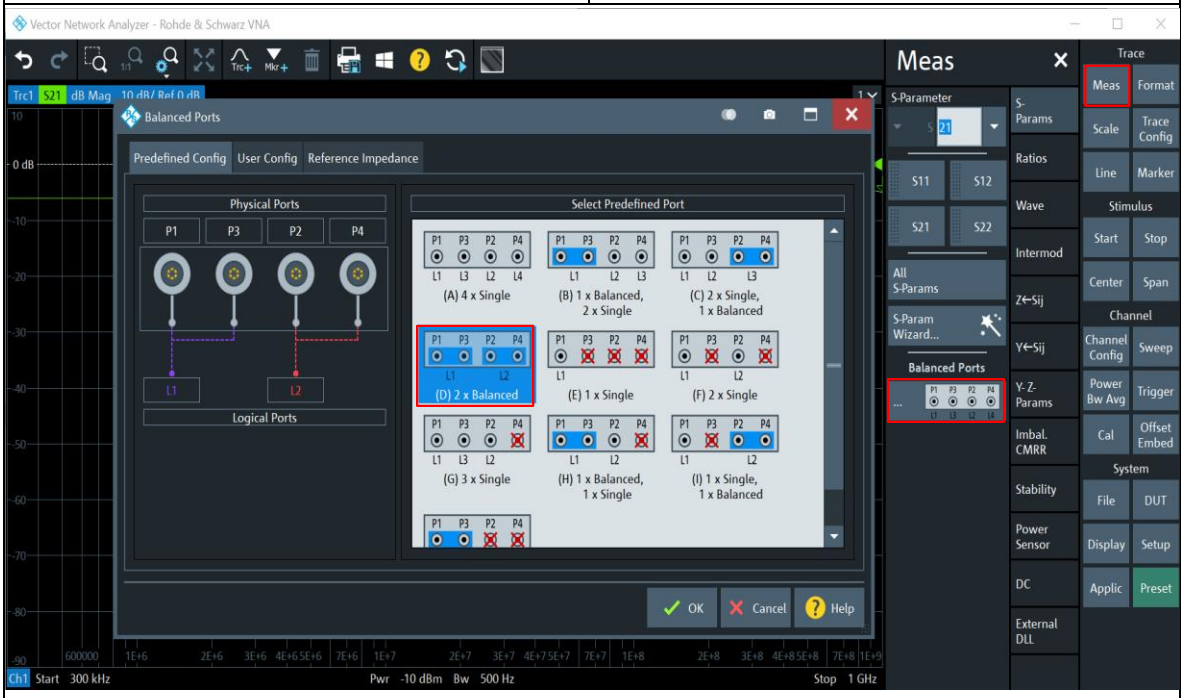


Figure3.4.2.7 設定 Balanced Port

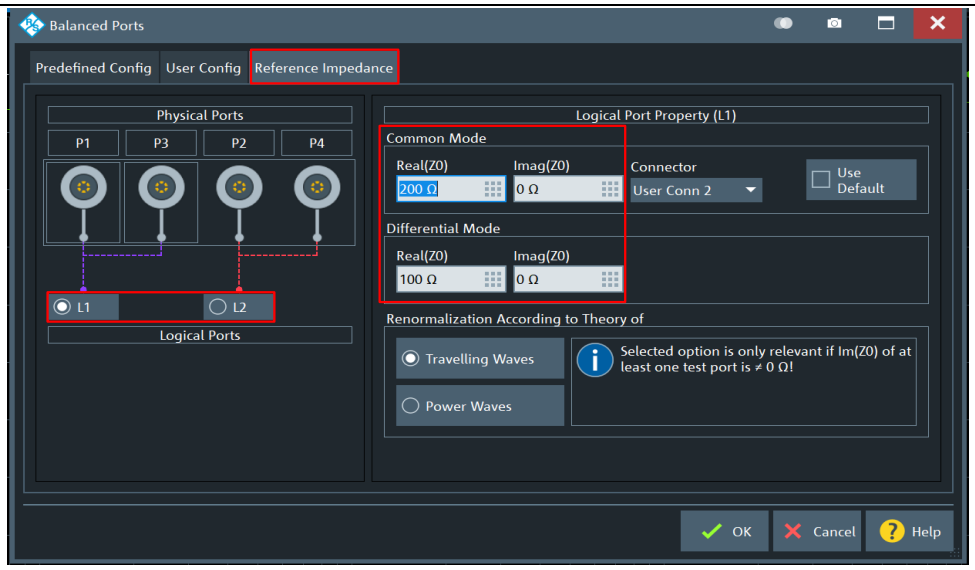


Figure3.4.2.8 設定 Balanced Port 阻抗值

設定 TDR	● [**Meas** : Z← Sij : Sdd11] ● [**Trace Config** : Time domain : Time domain on : Type low pass step] ● [low pass setting : Continuous Extrapolation on]

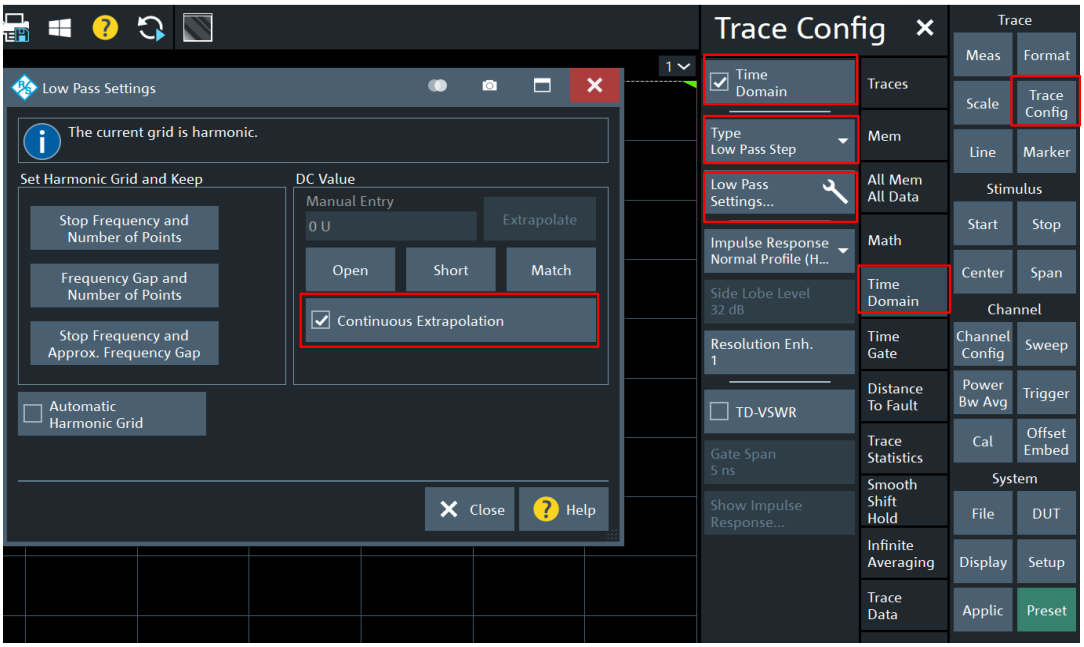


Figure3.4.2.9 設定 TDR

規格線設定	● [**Line** : Limit test : Define limit line : Add : Type Lower : Start Stimulus 5 ns : Stop Stimulus 15 ns : Start Response 95 Ω : Stop Response 95 Ω : Show Limit Line : Limit Check] ● [**Line** : Limit test : Define limit line : Add : Type upper : Start Stimulus 5 ns : Stop Stimulus 15 ns : Start Response 105 Ω : Stop Response 105 Ω : Show Limit Line : Limit Check : Close]

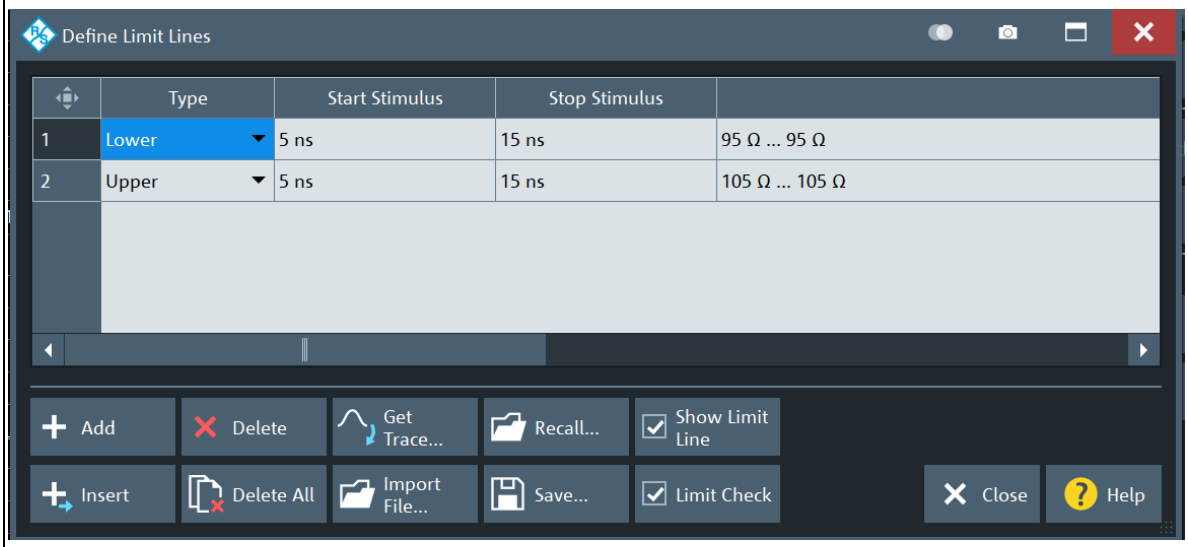


Figure3.4.2.10 設定 TDR 規格線

設定 TDT	● [**Trace Config**：Add Trace + Diagram] ● [**Meas**：S-Params：Sdd21] ● [**Trace Config**：Time domain：Time domain on：Type Band pass impulse] ● [**Mark**：Marker serch：Max]

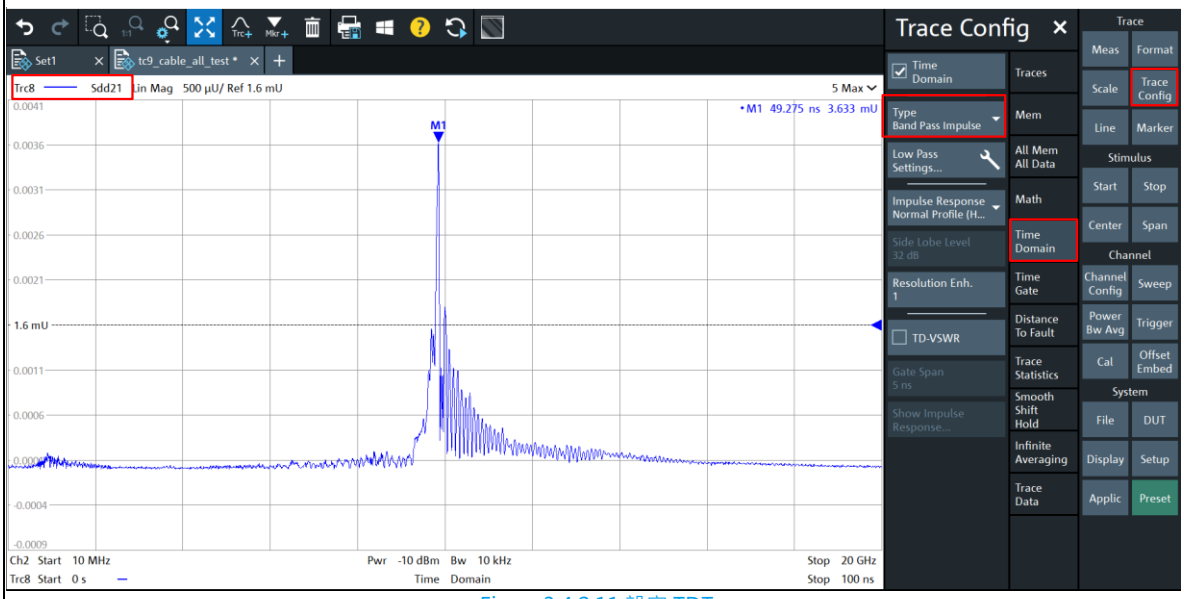


Figure3.4.2.11 設定 TDT

3.4.3 向量網路分析儀 ZNB 校正

完成所有測項設定後，可透過向量網路分析儀 ZNB 內建合併校正的功能，同時完成所有測項的校正，本章節將完整介紹如何完成校正。

設定單機校正 **Connector*** → 依照儀器而不同，此範例為 3.5mm **Cal kits*** → 依照儀器而不同，此範例為 ZV-Z135 如儀器內沒有上述的 Cal kit 可透過 import 的方式新增至儀器 此範例為單機校正	• [**Cal**：Start cal：Start Manaul：All channels：Ports：P1~P4：Type：UOSM：Next：Connector*：3.5mm：Gender：Male：Cal kits*：ZV-Z135：Start]： • 連接每個校正件：Apply

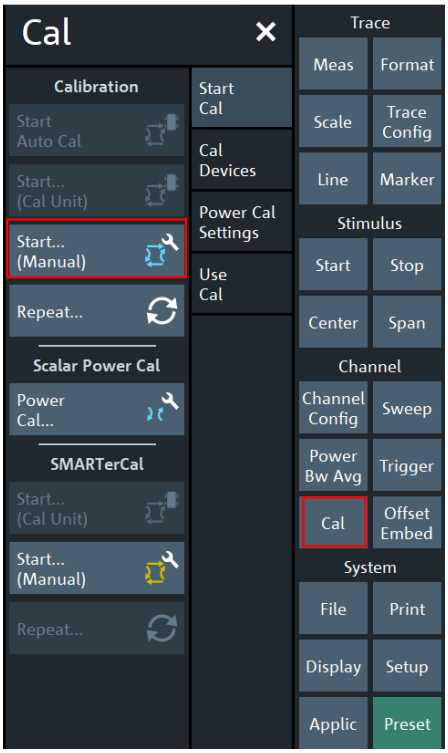


Figure3.4.3.1 執行校正

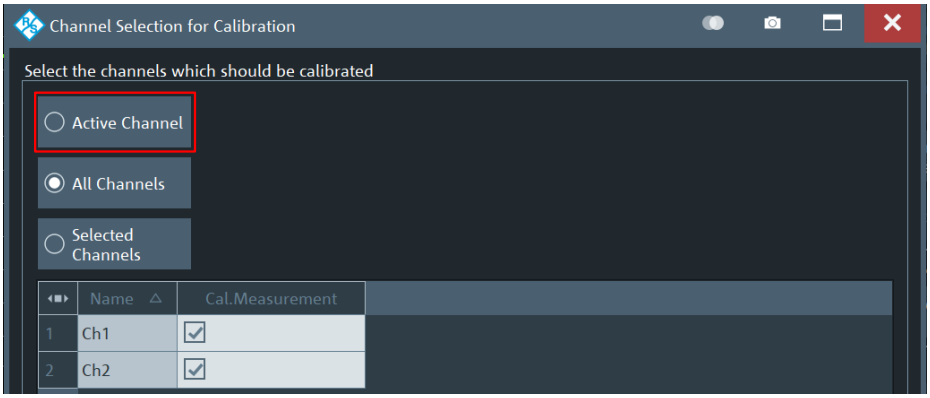


Figure3.4.3.2 執行合併校正

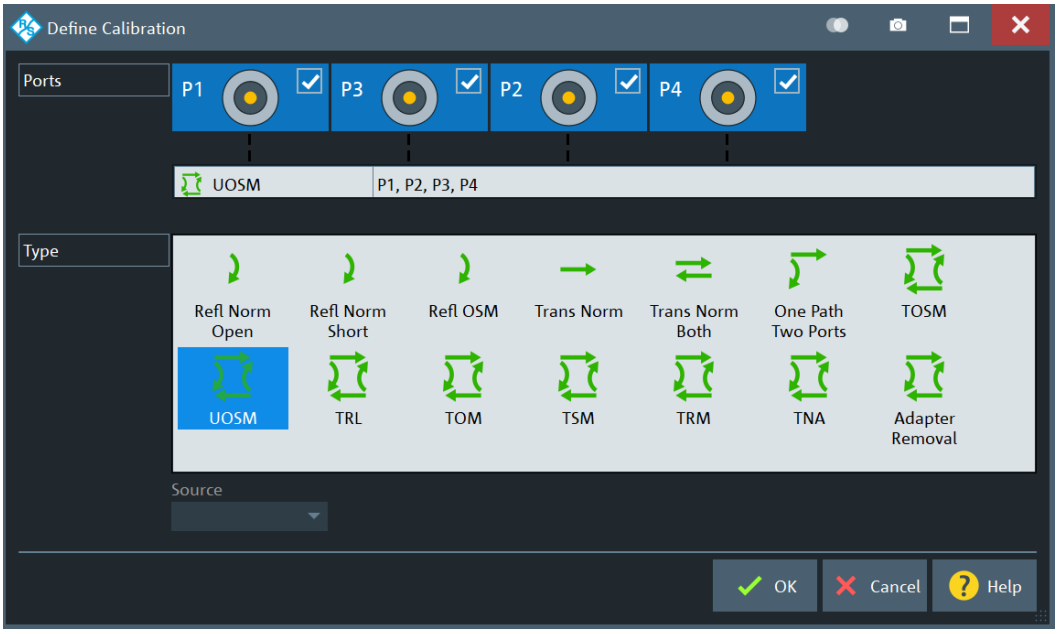


Figure3.4.3.3 選擇校正 Port 數及演算法

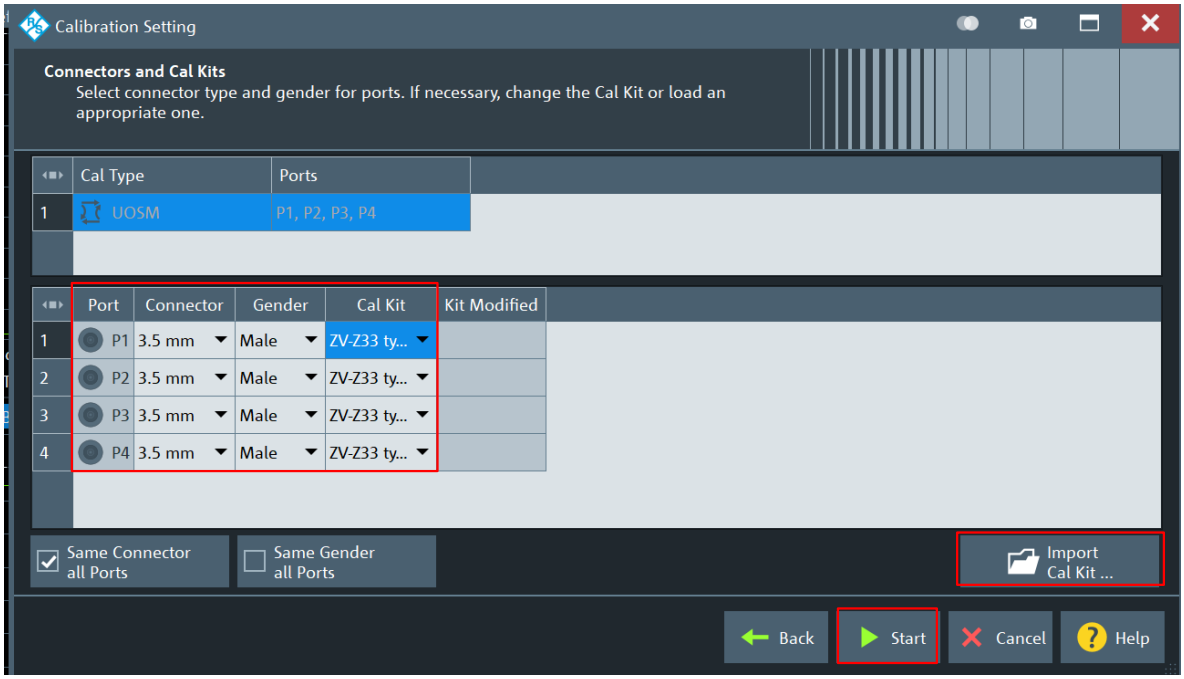


Figure3.4.3.4 選擇校正相關設定

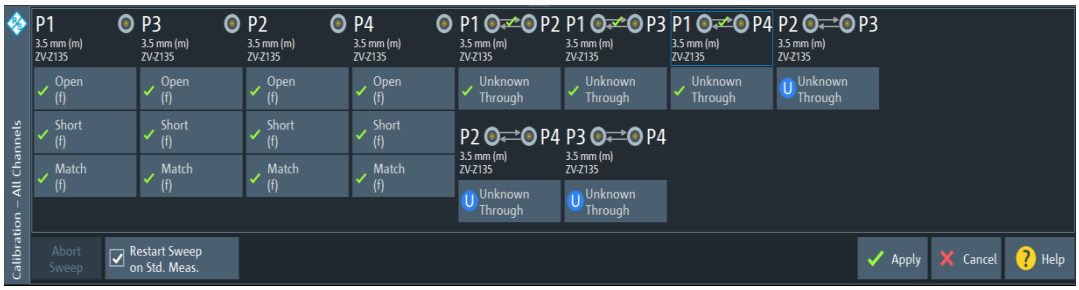


Figure3.4.3.5 點選 Apply 完成校正

3.4.4 使用量測治具與 Conductive Drum 進行 TC9（UTP）量測

完成校正後，將先前完成的反嵌入模型套入（參考 3.3 章節），即可使用向量網路分析儀 ZNB 配合治具及 Conductive Drum 完成最精準的量測，下圖 3.4.4.1 為整體量測示意圖，圖 3.4.4.2 為 TC9（UTP）實測結果

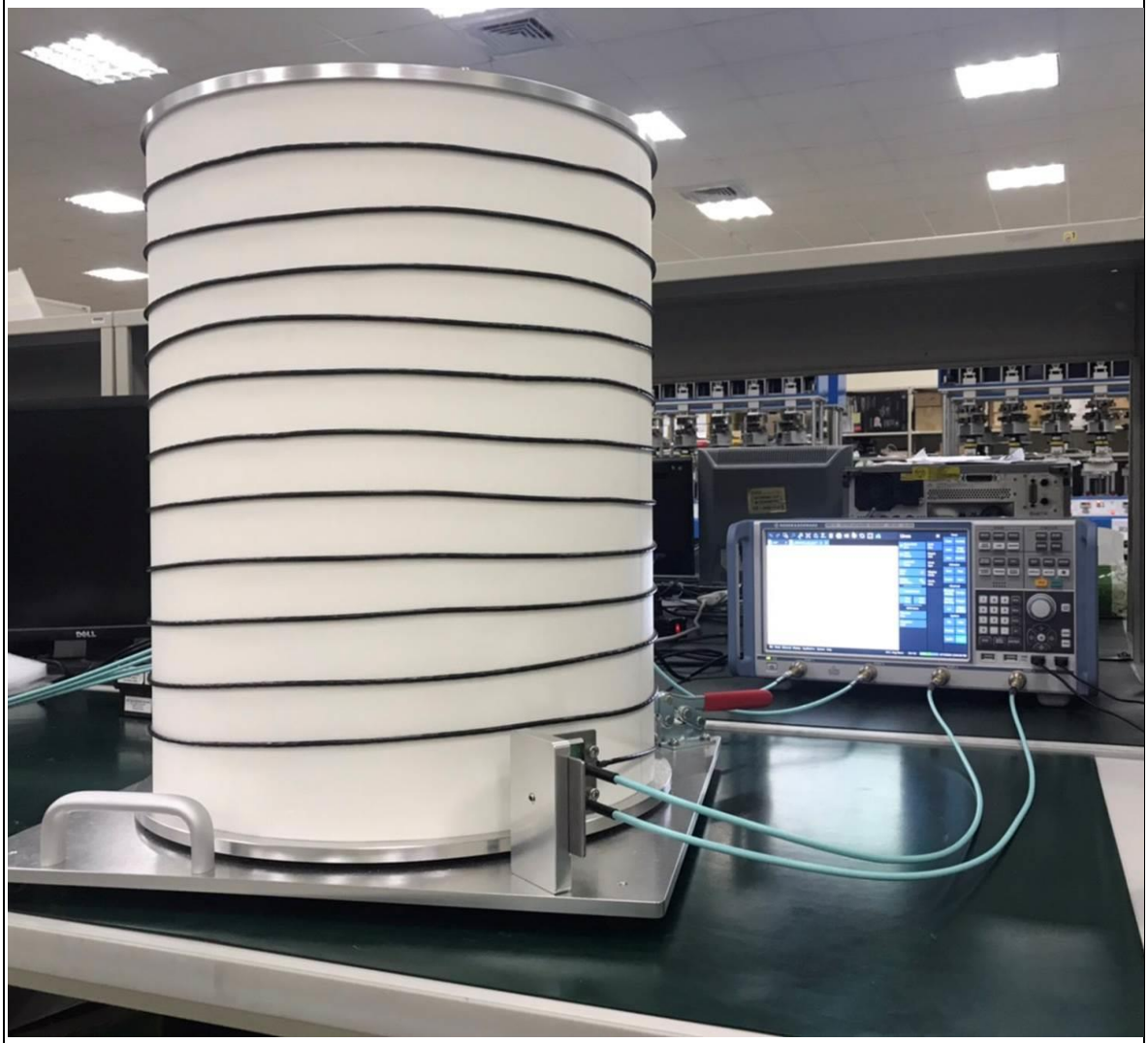


Figure3.4.4.1 量測示意圖

量測方法	● 請將待測的同軸共纜線接上治具，並纏繞在 Conductive Drum 上，線與線間隔約 3-5 公分，最後配合向量網路分析儀 ZNB 進行量測

Figure3.4.4.2 實際待測物量測圖

4 參考文獻

[1] Link Segment Type A（UTP）1000BASE-T1 Ethernet Channel and Components Specification - TC9, Open Alliance, Weblink: TC9（opensig.org）

[2] Automotive Ethernet 1000Base-T1 TC9 measurement using VNA, Weblink: Appl. Note, Tech. Info, White Paper, Edu. Note（PAD-T）（rohde-schwarz.com）

[3]汽車乙太網-TC9 測試的深度剖析, Weblink: 汽車乙太網-TC9 測試的深度剖析 | 百佳泰 Allion Labs

[2021/6/11 上午 10:43] Yang Ian 5TWAEI:

[4]Channel and Components Requirements for 1000BASE-T1 Link Segment Type A

Provide By

ALLION®

ROHDE&SCHWARZ
Make ideas real

5 使用儀器及配件清單

機型	規格
向量網路分析儀 4 port 100kHz - 8.5GHz	R&S®ZNB8
延伸 ZNB8 4 port 的動態範圍	R&S®ZNB-B54
Cable	R&S®ZV-Z195
校正器	R&S®ZV-Z229
測試治具	R&S®RT-ZF7A
測試治具	Allion ®AET20055
測試治具	Allion ®AET21064
滾桶治具	Allion®Conductive Drum

Rohde & Schwarz

The Rohde & Schwarz electronics group offers innovative solutions in the following business fields: test and measurement, broadcast and media, secure communications, cybersecurity, monitoring and network testing. Founded more than 80 years ago, the independent company which is headquartered in Munich, Germany, has an extensive sales and service network with locations in more than 70 countries.

www.rohde-schwarz.com

Certified Quality Management
ISO 9001

Rohde & Schwarz training

www.training.rohde-schwarz.com

PAD-T-M: 3572.7186.00/01.00/EN

Rohde & Schwarz customer support

www.rohde-schwarz.com/support

| Version 1 | 07.2021
| 使用 ZNB 完成 TC9（UTP）規範量測
Data without tolerance limits is not binding | Subject to change

www.rohde-schwarz.com