

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

實習 3G 無線電設備測試及驗證

服務機關：中華電信研究所

出國人 職 稱：助理研究員

姓 名：謝裕民

出國地區：美國

出國期間：92年10月18日至92年10月26日

報告日期：92年12月23日

H6/009204275

公務出國報告提要

頁數: 65 含附件: 否

報告名稱:

實習3G無線設備測試與驗證

主辦機關:

中華電信研究所

聯絡人/電話:

楊學文/03-4244218

出國人員:

謝裕民 中華電信研究所 研發服務室 助理研究員

出國類別: 實習

出國地區: 美國

出國期間: 民國 92 年 10 月 18 日 -民國 92 年 10 月 26 日

報告日期: 民國 92 年 12 月 23 日

分類號/目: H6/電信 /

關鍵詞: 3G,無線,設備,測試,驗證

內容摘要: 本次實習的內容包括量測基本觀念，其中介紹量測不確定度(Uncertainty)及量測過程中的變異性及量測所用名稱的基本定義，另外也包括信號與傳輸線的基本理論及應用。在實務方面則介紹頻譜分析儀的設計原理及使用上的設定如何來做正確信號功率及頻寬量測，其中針對頻譜分析儀中的解析頻寬及視訊頻寬兩個關鍵濾波器之間的關係做詳細介紹。此外還有雜訊指數也有做詳細介紹，3G的通話品質測試及認證測試項目有做簡短介紹。最後是針對美國FCC無線產品認證過程做一說明。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

目次

摘要	3
目的	3
過程	4
心得	12
建議	14
附錄一 美國 TCB 資訊	22
附錄二 相關文件轉印	28

摘要

本次實習的內容包括量測基本觀念，其中介紹量測不確定度(Uncertainty)及量測過程中的變異性及量測所用到名稱的基本定義，另外也包括信號與傳輸線的基本理論及應用。在實務方面則介紹頻譜分析儀的設計原理及使用上的設定如何來做正確信號功率及頻寬量測，其中針對頻譜分析儀中的解析頻寬及視訊頻寬兩個關鍵濾波器之間的關係做詳細介紹。此外還有雜訊指數也有做詳細介紹，3G 的通話品質測試及認證測試項目有做簡短介紹。最後是針對美國 FCC 無線產品認證過程做一說明。

目的

本次實習主要在學習先進國家之第三代行動電話測試技術與無線產品認證測試技術。行動電話近年來業已掀起一股通信風潮，在一九九〇年代初期，全球行動通信才僅有一千個用戶，事隔十餘年，已超過四億個用戶。據國際電信聯盟(ITU)之統計資料顯示，到今年年底前行動電話將有七億個用戶數，屆時約為傳統市內電話九·五億之三分之二，保守估計到西元二〇〇五年以後行動電話將遠超過市內電話用戶數，而成為通信主流，因此 3G 產品的推陳出新會非常迅速，對於產品的測試技術自然不能落後。雖然認證測試是按法規在進行，但每依樣產品類別都有其差異性是法規沒有規範到的模糊地帶，這時候就要靠經驗來對儀器正確的設定，量測出應有的數值，因此即使試驗室擁有最好的設備，如果未能正確使用儀器，其出具之測試報告在審驗時遇到有經驗之審驗人員就會受到質疑，同時也影響試驗室的聲譽。本試驗室 EMC 與無線電檢測實驗室為中華民國實驗室認證協會(CNLA)評鑑認可之實驗室，在測試技術上具有一定之水平，但測試技術是日新又新的，我們必須與更先進的外界交流與時具進才能截長補短更加精進。另外一方面，產品測試完成後還有認證的工作，關於無線裝置的驗證流程，不管是

從事 FCC 的申請或是 CE 的申請，本實驗室在過去僅有零星的個案是透過本單位來代為申請審驗證書，不像業界同性質的實驗室為例行的工作，甚至已經和美國的幾家 TCB 或歐洲的 NOTIFIED BODY 策略聯盟漸漸形成一個生產動線，加快了無線產品證書的取得，這正是國內廠商最需要的服務，同時也是我們較不熟悉的一環，因此希望藉由本次得實習來了解認證申請的完整細節及流程，提昇本實驗室的競爭力。

過程

本次實習為德州儀器公司內部訓練課程，對象為具技術背景之技術支援的工程人員，其中開放部分名額由相關的公司或實驗室參予，由於德儀向安捷倫公司採購一批無線測試設備，因此安排訓練課程由安捷倫資深工程師 Mr .Klasko 及 Dr. Kraus 講述，五天的課程中有四天是課程，其中包括量測的基本概念、信號與傳輸線的觀念及功率量測頻譜分析儀基礎及實務和雜訊指數的量測，最後一天是第三代行動電話測試介紹及課後研討包括課程的討論及相互介紹自己的工作及專長。

第一天 量測(Metrology)基本觀念

- 名詞定義: 何謂量測 Measurement, 真值(true value), 偏值(bias), 量測誤差 (measurement error), 量測系統變異(measurement system variation), 測試系統變異(test system variation) 及再現性(repeatability)
- 儀器的性能：包括正確性(correction), 精確度(precision)vs 正確性, 不確定性 (uncertainty), 解析度(resolution), 靈敏度(sensitivity), 線性度(linearity), 穩定度(stability) 及作業標準(standards)
- 量測系統變異數
DUT 的變異
測試系統的變異
重製過程的變異
- 量測結果的判讀

量測信號的物理量不是說有儀器就可以知道其真值，事實上真值得到並不容易，理論上是幾乎得不到真值，只能說測出來接近真值，如果測出來了值我們對他有極大的信心的話其實就頗具意義，好像神槍手打靶一樣，他每一槍都要命中紅心中的紅心是不可能的，只能說他平均每一槍離靶心很近，因此多次的量測有助於真值的出現，這是量測任何物理量前必須有的觀念。

第二天：信號與傳輸線及功率量測

- 信號時域觀點及頻域觀點
- 傅立葉級數及轉換概念
- 調變與非調變信號的形式
- 信號的峰值/平均值量測原理及操作
- 信號週期與功率的關係
- Time-gated 功率量測
- 傳輸線的特性組抗
- 傳輸線的反射及最大功率轉移

在探討信號量測之前我們必先認識信號的特性為何，根據傅立葉轉換我們知道任何的時域信號都可以用不同頻率的弦波信號的總和表示，換句話說了解弦波信號的特徵之後再去了解信號本身觀念才會清楚，通信中的調變信號如果是以頻率軸來看大抵只是將中心頻率改變而已，但在示波器的呈現是很複雜的。信號峰值的量測是以檢波電路使用檢波二極體來偵測，而平均值則是以低通濾波的方式使高點低點近趨一致最終的值就是平均值，事實上通信上功率討論一般都是以平均值來表示，峰值並不具太大的意義，這中間的關係就在於輸出的週期，如果是持續

的輸出，峰值就是平均值，如果是 1/2 週期來輸出，平均值就是峰值的一半，另外還有一個值叫準峰值(quasi-peak)，它是接近峰值但檢波的方式是以小幅度的峰值充放電，所以是大於平均值的。傳輸線在電磁理論中是重要的一章，也是為無線通信必備的基礎知識，傳輸線有很多種類有常見的纜線、微帶線、slot 線、導波管、甚至空氣也是可以被視為傳輸線，以天線的角度空氣就是傳輸線。傳輸線中最要知道的就是特性阻抗，而特性阻抗的由來又是傳輸線的四個參數所構成--R,G,L,C，在製作過程中材質、金屬壓接、接續、破損都會影響這四個值的變化，特性阻抗就跟著變，如果無法與系統匹配的話就會造成反射，這種情況在大功率發射的情況下是很危險的，容意造成功率回流而自傷輸出端，即使是小功率也會使通信不良。

第三天 頻譜分析儀原理與實務

- 頻譜分析儀設計原理
- 以頻譜分析儀量測信號功率
- 以頻譜分析儀量測頻寬
- 視訊解析頻寬設定
- 頻譜分析儀 vs 大信號

頻譜分析儀是通信領域中最常用的儀器之一，它是將信號的各個頻率成分顯示出來，原理是以掃頻濾波器配合掃頻信號，縱軸是掃頻濾波器濾出的電壓，橫軸是掃頻週期信號的電壓，如同電視水平掃描一樣，其中掃頻濾波器的頻寬就是頻譜分析儀的解析度(resolution bandwidth, RBW)，在量測信號功率時 RBW 要盡可能的大，但如果信號本身功率不是很大的時後也不能過大，以免造成過多的雜訊引入，適當的大就可以，例如信號本身頻寬是 2MHz 的話 RBW 設在 3MHz 是可以的。一般儀器的 RBW 檔數有限，並不是任意可以設定，所以要正確的選擇，

若是量測信號頻寬時 RBW 要盡可能的小，此時的背景雜訊一定相對的變低，設定很小是很好但掃描時間過長，說不定信號根本不會出來，至於要多小才是合理？約略是信號頻寬本身的 5% 是合理值，例如信號本身頻寬是 2MHz，RBW 設為 100KHz 就可以。除此之外正確的信號讀取還有一個很重要的設定變數就是視訊解析頻寬(video bandwidth, VBW)，而這個設定多半被人忽略，大多數用戶有可能僅僅模模糊糊知道該功能大概是用於什麼，或怎樣利用它獲取最佳的結果。因此，一般情況下，VBW 一直保持著它的 default 狀態，儘管該狀態並不是最壞的設置，但也有可能不是最佳的。通過理解 VBW 的正確使用方法，大多數頻譜分析儀的測量都能夠得到大大改善。不合適的 VFB 設置可能引起極大的測量誤差，因此，瞭解何時需要改變 VFB 的設置就非常重要（特別是當 default 的設置有可能引起麻煩時）。VBW 設置的正確使用可以保證完成最佳的測量。頻譜分析儀中的視頻濾波器僅與顯示有關，更準確地說，與分析儀螢幕上顯示有關。VFB 是指放大顯示信號的電路（或濾波器）的帶寬，該電路是檢波器後電路，因為視頻濾波器接在檢波器之後，而大多數頻譜分析儀用戶熟知的解析度濾波器則位於檢波器的前面。非常窄的檢波器後帶寬等效於一個平均電路，因此，視頻濾波器有時也當作一個信號平均器使用。不管怎樣描述或使用，VBW 要與解析度帶寬 RBW 一起說明，否則 VBW 值沒有任何意義。例如，10KHz 寬的 VBW 既可以認為寬也可以認為窄，這要根據解析度帶寬濾波器而定，若 RBW 濾波器設置為 1KHz，10KHz 的 VFB 認為是寬；但若 RBW 設為 1MHz，10KHz 的 VFB 就認為是窄。VBW 通常要同 RBW 濾波器一起考慮（以比值形式），該比值應根據欲顯示的信號類型以及要完成或測量的參數而定。一般的 default 設置是將 VBW 設為與 RBW 相等，RBW 是獨立變數，而 VBW 要根據 RBW 的設置而變。因此只要保持 default 設置當解析度帶寬變化時，VBW 隨之而變，但 VBW 的變化並不影響 RBW 的設置。一旦 VBW 單獨變化，就不再是 default 設置（耦合或自動位置），不再受 RBW 變化的影響。為什麼要使 VBW 比 RBW 寬一些或窄一些呢？有兩方面的原因：一是滿足特殊信號類型的顯示需要，二是與先進的頻譜

分析過程有關。 頻譜分析儀通常測量三種基本的信號類型——正弦波、脈衝和那些碼分多址（CDMA）和正交幅度調變（QAM）中使用的或其他隨機信號。 VBW 的設置對純正弦波沒有什麼意義，雖然隨著 VBW 降低、測量時間將增加，但 VFB 的變化對信號顯示沒有什麼影響。因此，除非有更好的原因，沒有必要將 VBW 設置得比 RBW 小一點。可能的原因是正弦波信號的雜訊問題，當有雜訊時，較窄的 VBW 可以平滑雜訊，使正弦波的顯示更好一些。通常，對於正弦波信號，最好是保留 VBW 的 default 設置。 脈衝信號需要較寬的 VBW 以進行最好和最精確的測量和顯示。隨機信號的變化性帶來了測量問題，其頻譜在每次掃描時都發生變化，獲得穩定的可重複顯示的最簡單方法是將信號通過一個較窄的 VFB 進行顯示平滑。此處的“窄”通常是指至少採用 100:1 的 RBW/VBW 比，為了得到更高準確度的結果，該比值還有可能為 1000:1 或更高，這意味著當 RBW 為 10KHz 時，將 VFB 設為 10Hz 一點也不奇怪。不過，非常窄的 VBW 將大大增加測量時間，只有必要時才使用。 在進行先進的測量時，VBW 有可能時寬時窄以完成複雜的測量過程。具體如何設置不能在一般意義上討論，每種方法都不同，同時取決於要完成的測量任務。以下舉兩個例子以說明這種觀點。 非常窄的 VFB 可作為平均電路，對於脈衝信號的平均值取決於占空係數，即 ON/OFF 比。因此， $1\mu\text{s}$ 寬的脈衝寬度和 1KHz 的脈衝重復頻率（PRF）就有 1000:1 的占空係數比，平均指將為峰值下 $20\log(1000)=60\text{dB}$ 。 另一個例子是脈衝信號採用較寬的 VBW 設置。此時，感興趣的是顯示和測量調變脈衝資訊，測量時要使用頻譜分析儀的零頻寬方式，即將分析儀的整個屏幕設置為僅顯示一個頻率，這樣就能得到檢波或解調的時域顯示波形。由以上可知以頻譜分析儀測量信號時是要小心設定的原則是能先預知信號的樣子之後再依以上的說明就可以正確的量出信號。

第四天 雜訊指數量測

- 雜訊指數對通訊系統的重要性
- 基本物理定義
- 串聯系統雜訊計算

現在的通訊接收系統所處理的信號通常非常微弱，而且系統中的元件所加進來的雜訊會使原本微弱的信號更不清楚。一個系統處理低位準信號的能力會以靈敏度、字元錯誤率以及雜訊指數來衡量。其中雜訊指數不僅適合衡量整個系統，亦可適用於系統中的元件，如放大器、混波器、中頻放大器。藉由控制元件的增益及雜訊指數，設計工程師便可控制整個系統的雜訊指數。一旦雜訊指數知道了，經由與系統頻寬計算便可預估系統的靈敏度。雜訊指數是一個關鍵參數，它會使每一個系統、每一個放大器或每一個電晶體之間產生差異。因此，如此寬廣應用的參數規格必須能精確且具高重複性的被量測。量測系統雜訊特性的原因是要減小系統產生雜訊的問題，雜訊會使原本微弱的信號不清楚，一個克服雜訊的方法是增強信號強度，這可藉由加強傳送於接收機方向信號強度，或增加接收天線所攔截信號強度，如增加天線大小。增加天線增益，就必須加大天線尺寸以及提高發射功率，但會被政府法規、工程考量以及經濟效益所限制。另一個方法便是減少接收系統元件所產生的雜訊。雜訊量測是確定增加雜訊最小化的關鍵。一旦雜訊加入信號之中，接收機元件便無法再經由信號變動來辨識出信號頻帶內的雜訊，信號與雜訊會被一起處理，接著信號位準因放大而被提升，雜訊也被提升至相當的位準。電子元件因自然現象產生自發性的變動，即是我們一般所量測的雜訊，溫度雜訊(Thermal noise)的產生是導體內電子與電洞因有限的溫度所產生的震動，這些震動在頻譜上的部分成分會影響到我們有興趣頻帶內的信號，溫度雜訊的頻譜分佈在 RF 與微波頻段內是接近均勻的(uniform)。溫度雜訊源轉移到負載端的雜訊能量公式 $N = kTB$ (瓦)，其中 k 為波茲曼常數(1.38×10^{-23} Joules/0K)， T 為絕對溫度(0K)， B 為系統的雜訊頻寬。雜訊能量轉移與雜訊源阻抗無關，但與

系統的雜訊頻寬成正比，如果頻寬變為 2 倍，則將有 2 倍的雜訊能量轉移至負載，亦即加 3dB。雜訊指數的基礎觀念在 1940 年代才被許多人引用，是因 Harold Friis 定義一個網路的雜訊因子 F：輸入的信號雜音比與輸出的信號雜音比的比值。一個完美的放大器會放大輸入的信號及雜訊，所以在輸入與輸出端的信號雜音比是維持固定的，其雜訊因子 F=1；然而真實的放大器其內部元件會產生額外的雜訊，因而降低了輸出信號雜音比，其雜訊因子 F>1。我們所討論的雜訊因子是適用於雙端口以上的元件，單端口元件如震盪器並不適用以雜訊因子來衡量其雜訊狀況，而是以相位雜訊來表示，這部分在往後會說明。雜訊因子與調變、解調、信號格式無關。一般使用的雜訊指數 NF(Noise Figure)是以 dB 為單位，與雜訊因子 F 的關係為：NF=10 log F，以一個放大器為例，輸入放大器的信號比雜訊高出 40dB，放大器將信號放大了 20dB，也將雜訊放大了 20dB，而且還加入了本身產生的雜訊，結果輸出信號比雜訊高出 30dB，信號雜音比降低了 10dB，也表示該放大器的雜訊指數為 10dB。其中 Si 及 Ni 為輸入待測物之信號與雜訊位準，So 及 No 為待測物輸出之信號與雜訊位準，Na 為待測物產生的加入雜訊，G 為待測物之增益。雜訊指數與輸入之信號位準無關，與輸入之雜訊有關，而輸入之雜訊通常為雜訊源之溫度雜訊，強度為 kToB，其中 To 為雜訊源參考溫度，Friis 建議 290oK，相當於 17oC 或 62.3oF，一個待測物的雜訊指數與其工作頻率有關，與頻寬無關，只要量測頻寬小於待測物雜訊頻寬即可。一個待測物的雜訊指數表達一個信號通過元件後其信號雜音比的降低程度。雜訊指數與系統串聯雜訊指數的計算方式如下：

$$\text{Noise Figure(NF)}=10\text{Log}\left(\frac{S_i / N_{in}}{S_o / N_{out}}\right) = 10\text{Log}\left(\frac{N_a + N_{in} \cdot G_a}{N_{in} \cdot G_a}\right), N_{in}=Kt_oB, T_o=290k$$

$$F_{12} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_{a1}}, \quad \sum F_{N+1} = \sum F_N + \frac{F_{N+1} - 1}{\sum G_N} \quad G: \text{cascade gain}$$

第五天 第三代行動電話測試介紹及驗證討論

所謂第三代行動電話，原名稱爲 IMT-2000(International Mobile Telecommunications-2000)，其主要精神爲整合陸上細胞系統(Terrestrial Cellular System)、無線系統、無線接取和衛星系統等成爲單一家族式標準系統，簡單來說，第三代行動通訊便是將無線通訊與網際網路結合起來的統稱。全球性的電信機構--國際電訊聯盟（ITU）從一九八零年代中期到一九九零年代初期對未來第三代行動電話系統進行詳細的評估後提出了一些建議。這些發展的目標以及其他客觀的指導原則是 ITU 在兩千年國際行動電話通訊計劃（簡稱 IMT-2000）中所提出的。IMT-2000 計劃所批准的第三代行動電話系統標準中，最常見的兩種無線傳輸標準：

寬頻分碼多重存取（WCDMA）

W-CDMA（Wideband CDMA）也稱爲 CDMA Direct Spread，是在歐洲相當受歡迎的第三代行動電話傳輸科技。這套系統能夠架設在現有的 GSM 網路上，對於目前的系統業者而言，很顯然是通向未來通訊世界的銜接點。正因爲如此，GSM 系統相當普及的亞洲對這套新技術的接受度相當高。

CDMA2000

cdma2000 也稱爲 CDMA Multi-Carrier，是 CDMA 開發組織（CDG，CDMA Development Group）所發展出來的第三代行動電話標準，在美國相當受到歡迎。這套系統是從窄頻 cdmaOne 數位標準所衍生出來的，運用美國軍方的展頻技術因此有效使用頻率低成本是業界採用的理由課程中也針對美國 CDMA2000 測試特別說明。cdma2000 標準是國際上公認的 3G 標準之一，是由 IS-95 標準演變而來的。cdma2000 可以同時支援高速分組資料業務與話音業務。與 IS-95 相比，cdma2000 1X 的話音容量增加了將近一倍，前向和反向鏈路理論上最高的突發資

料速率可達到 624kbit/s (版本 0 可支援的最高資料速率為 316.8kbit/s, 版本 A 可支援的最高資料速率為 624.0kbit/s)。另外, 由於 cdma2000 與 IS-95 具有良好的相容性, 從現有的 IS-95 網路升級到 cdma2000 非常方便。當然, cdma2000 高性能的實現依賴於網路的設計和建設。對網路進行全面的性能測試是移動通信網路建設必不可少的過程, 在無線環境中, 由於路徑損耗和多徑衰落, 處於不同位置的用戶所擁有的通道品質存在著很大的差別, 因而網路的 QoS 對地理位置相當敏感。通常來說, 我們可以用路測的方法對網路性能進行測試。本文討論在移動通信網路建設過程中, 如何利用路測的方法對網路的各項性能指標進行測試, 尤其重點介紹了對資料業務端到端性能的測試。這類測試必須在一輛特殊裝備的汽車上完成。對於資料業務的測量, 需要在 Internet 端建立一個提供資料服務的伺服器, 在移動設備端配置一台電腦作為資料業務的用戶端。測試車行駛的測試路線應覆蓋盡可能大的網路服務區。下面詳細介紹 cdma2000 的服務品質指標及其測試方案。

一、QoS 指標

3G 網路有一套自定義的業務類型集。其他異種網路的業務接入 3G 網路時都映射為 3G 建議的 4 種業務類型: 會話業務、流業務、交互業務和背景業務。會話業務, 如電話和視頻會議, 用於承載即時的業務流。其特點是低時延、低資料遺失率, 對時延抖動敏感。流業務類型的特徵與會話業務基本相似。主要區別在於, 流業務類型對時延的要求更低, 對帶寬的要求更高。交互和背景業務類型用於傳統的 Internet 應用, 如 WWW、Email、Telnet、FTP 和 News 等, 主要的區別在於交互型業務是雙向的, 而背景類型業務主要用於 Email 或文件的背景下載。

當用戶使用這些無線業務時, 他們感受到的通話品質帶有個人主觀性。要客觀地評價用戶所能獲得的 QoS, 必須定義一些量化且可測量的性能指標。對於傳統的話音業務, 重點需要考察下面一些指標。

(1) 手機發射功率：衡量網路的反向覆蓋品質。當手機遠離基站時，路徑損耗增大，手機需要更大的發射功率來克服路徑損耗的影響。在網路的覆蓋邊緣，手機的發射功率接近它的最大發射功率。我們常用的 Band Class 0 頻率段的 III 類手機的最大發射功率為 23dBm (200mW)。

(2) 手機接收功率：與導頻的 E_c/I_o 共同衡量網路的前向覆蓋品質。接近覆蓋邊緣的手機的基站路徑損耗比處於覆蓋中心的損耗大，因此接收到的基站功率變小。

(3) 接收導頻的 E_c/I_o ：接收到的導頻信號的每碼能量與干擾功率譜密度之比。導頻用於對基站發來的業務信號進行相干解調，當導頻的 E_c/I_o 過小時，手機就不能對業務信號進行正確的解調。

(4) 呼叫建立時延：從移動台發起呼叫到開始通話這段等待時間。

(5) 誤碼率：接收到的錯誤的碼數與總碼數之比，反映語音品質高低。少量的錯碼不影響人們對語音的識別，但是，如果誤碼率過高將影響接收到的語音品質。

(6) 斷話率：被中斷的通話次數與總通話次數之比。

(7) 呼叫失敗率：呼叫建立失敗的次數與總呼叫次數之比。

對於資料業務，用戶感受的通話品質可反映為下列可量化的 QoS 指標。

(1) 吞吐量：在沒有資料遺失的情況下，手機每秒發出或接收資料的位元組數。吞吐量指標反映了 cdma2000 網路可以用多快的速度傳送資料。現在，人們已經習慣了有線 Internet 的高速率，如果 cdma2000 網路不能提供足夠高的吞吐量，將很難吸引客戶。

(2) 回路時延：手機從發出請求到收到確認這段等待時間。分組資料呼叫通常採用 TCP 協定，TCP 有流量控制，它根據收、發雙方之間的往返時延來優化帶寬的分配。

(3) 時延：分組從發出起，到目的主機收到該分組的這段等待時間。用戶

希望網路的反應速度快，時延小。cdma2000 的總時延包括無線業務通道建立時延、鏈路層協定初始化時延、傳輸時延、伺服器回應時延等。

(4) 接入時長：從業務請求開始到 PPP 建立成功的時間，包括無線通道建立的時間和 PDSN 建立 PPP 連接的時間。

(5) 休眠模式重新啟動的時長：手機從休眠狀態切換到啟動狀態過程的時長。由於無線通道的有限性和分組資料業務的突發性，cdma2000 網路並不打算將無線通道讓手機一直佔用。如果手機在一段時間內沒有資料突發，網路將釋放分配給手機的無線通道，手機進入休眠狀態。當手機側或網路側再次發起請求，網路重新為手機分配無線通道，手機切換到啟動狀態。

話音業務的測量

話音業務性能的測量通過撥打測試來進行。對於手機的發射功率、接收功率、接收導頻的 E_c/I_o 以及 FER 的測試，要將測試手機設置成全速率的 Markov 長時呼叫，手機測出的發射功率、接收功率、導頻的 E_c/I_o 和 FER 通過串口由電腦記錄。由於無線信號的多徑衰落，需要對一小段距離的功率測量值進行平均，以獲得信號的本地均值。對此測量值進行平均的路徑長度，既要保證平滑掉無線信號的快衰落，又不能由於波長太長而使信號的慢衰落也被濾除。一般來說，該長度應在 40 個波長以上。呼叫建立時延通過多次呼叫統計，每次呼叫的時延可以通過公式 $\Delta t=t_2-t_1$ 計算，其中 t_1 表示移動台發起呼叫的時刻， t_2 表示移動台接收到指示呼叫建立成功的消息時刻（對於 cdma2000，該時刻為手機接收到基站發來的業務連接完成層三信令的時刻）。斷話率和呼叫失敗率通過 500 次以上的撥打測試來統計。對於斷話率的測試，呼叫測試時長應持續 90 到 120 秒，對於呼叫失敗率，呼叫測試時長持續幾秒即可。

資料業務的 QoS 測量

資料業務 QoS 測試是進行一些資料業務應用程式的測試，如 WWW、Email、FTP

以及 News。資料業務的測試系統如圖 1 所示。在資料連接的移動臺端，配置一台電腦用於請求 Internet 應用。在資料連接的網路端，建立一台獨立的 Linux 伺服器用於接收無線資料業務請求。為了盡可能消除資料傳輸過程中受到的途經網路的影響，我們應保證在 Linux 伺服器和無線網路之間分配足夠的帶寬或在 Internet 空閒的時間段進行 QoS 測試。每種 QoS 指標的測試方法如下所述。

A·吞吐量測試：在 Linux 平臺安裝一個 FTP 伺服器，測試文件的下載和上傳。從接收到文件的大小以及電腦記錄的傳輸時間，可以統計出資料的平均吞吐量。下載或上傳文件的大小以 1MB~10MB 為宜。為了反映移動速度對吞吐量的影響，吞吐量的測試可以在靜止或 3km/h、30km/h、60km/h 左右的速度下分別測試。

B·回路時延測試：通過 UNIX 標準的“ping”指令可以進行回路時延的測量。

“ping”指令發送一個 Internet Control Message Protocol (ICMP)消息請求到目的主機，目的主機收到後將立刻送回一個回應。在路測過程中，回路時延的統計可以在一定時間間隔內不斷發起“ping”命令來實現。

C·時延測試：時延的測量可以採用一類特殊的測試軟體來完成。這種測試軟體產生一些特殊的 IP 包，在這些特殊的 IP 包中，發送時間戳被插入到包的“淨荷”裏。當收到這些 IP 包時，解出發送時間即可計算出端到端的時延。

D·接入時長測試：在手機側產生資料業務請求，在 PPP 連接成功後，斷開 PPP 連接，再產生下一次請求。通過多次的呼叫，可以統計資料業務接入時長。每次呼叫的接入時長為無線通道建立時長和 PPP 連接建立時長之和。無線通道建立時長可以由電腦記錄的手機的層三信令計算，它的值為業務建立連接完成信令和始發信令的時間差，PPP 建立時長可以從作業系統的日誌中計算出來。

E·休眠模式重新啟動的時長測試：手機側發起資料業務請求，在 PPP 連接成功後，靜止一段時間，等待手機進入休眠狀態，然後從手機側（或網路側）發起一個請求，這時手機發送始呼消息（網路側的呼叫為尋呼消息），記錄下業務連接完成消息和始呼消息的時間差即為休眠模式重新啟動的時長。

網路由 IS-95 過渡到 cdma2000 後，用戶將享受到速率更高、種類更豐富的業務服務。然而，由於 cdma2000 是一種新的技術，為了滿足客戶需求，必須使客戶獲得可接受的服務品質。因此，必須對網路進行細緻地試驗、設計、安裝和優化。在網路建設過程中的每一個階段，都要對網路進行測試，以確保能提供的服務品質。此外除了系統建置測試之外，手機的品質測試也要關注才是完整的品質，手機的品質測試其實就是符合性測試或認證測試，其測試內容與品質測試完全不同，3G 的測試在通信介面方面測試項目如下：

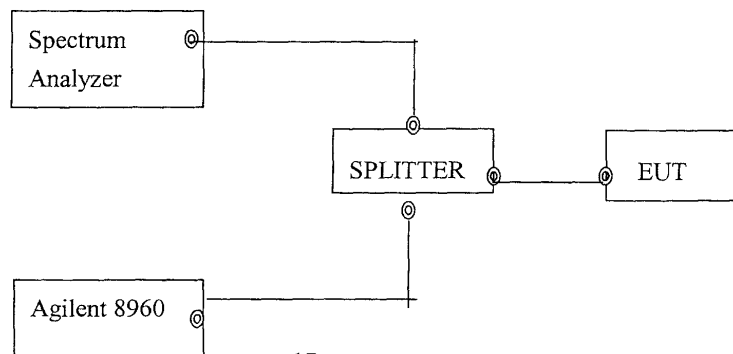
WCDMA:

1. 工作頻帶
2. 標稱頻道間隔
3. 最大發射輸出功率
4. 頻率誤差
5. 功率控制狀態下之最少平均輸出功率
6. 佔用頻道頻寬
7. 發射頻譜波罩
8. 鄰頻道洩漏功率比
9. 混附波輻射

CDMA:

1. 工作頻帶
2. 收發頻率間隔
3. 頻道間隔
4. 最大發射輸出功率
5. 頻率誤差
6. 功率控制狀態下之最少平均輸出功率
7. 混附波輻射

檢驗接續圖



現在的測試儀器都講究全方位解決，因此功能非常強大，已經將所以認證測試考慮的測試項目都設機在內，不像以往 GSM 時代，多台儀器交錯使用，測試接續複雜且時間長，所以一台安捷倫 8960 的機器就可以完成以上這些測試項目。另外我們以 splitter 並接一台頻譜分析儀來觀察輸出信號，基本上報告數值的讀取是由 Agilent 8960 而來。

無線產品 FCC 認證簡介

無線產品 FCC 認證的過程以前都是交由 FCC 來取得證書及產品 ID，現在除特殊產品以外，一般類別則都由其認可的 TCB 代為處理，如果是一個從未申請過 FCC 認證的廠商，首先它必須先到 FCC 網站(www.fcc.gov) 申請一個 grantee code，這是一個三個字母的英文，代表著一家公司，接著後面可接 12 個字母或數字以內的文字，由廠商自行命名，裡面可以代表這這個產品的型號或其他識別，這樣子的組合就是所謂的 FCC ID，爲了要讓這個 grantee code 有效，首次申請者將 FCC 網站申請填入資料印出附帶 50 美金匯票寄到 FCC，這一切動作必須在一個月內完成，否則 grantee code 就失效，編好 FCC ID 後接著就是要準備送審資料，一個完整的文件如下：

- 測試報告
- 電路圖與方塊圖
- FCC ID 位置標示圖及警語 'This device complies with PART 15 of FCC rules'
標示位置
- 外觀照片
- 電路板照片

有了這些資料以後並做成電子檔，到附錄中的 TCB 的網站上就可以電子作業申請，現在都是以電子方式作業。

心得

本次到美國參加無線電設備測試及驗證課程可以說與本實驗室從事的工作內容完全符合，平時測試人員依照作業程序不假思索的量測，然而待測物是常常在變而手冊只有一本，世界上沒有一個手冊能完整覆蓋每樣產品，因此優秀的測試人員而言，掌握測試大原則之外，小細節部分也要一併知曉才能確保證測出來的報告的真實性，經由這次課程還要補充一點就是儀器除了操作之外，對於內部的了解也是很重要，例如以頻譜量測大功率信號時，諧波的由來是因待測物而起還是儀器本身自我產生的，此時有經驗的人士一定還會刻意增加信號衰減量，如果讀值有變化那就是儀器因飽和而產生，跟待測物的混合的結果，所以測試人員要有這個能力來判斷自己量出來的東西是不是真的，但個人認為這一些測試技術上的問題，對於本實驗室來說不會是很大的困擾，並畢竟單位同仁們的本質學能都有一定水平在那，反倒是實驗室經營的模式有許多改進的空間，經由與學員的交流，了解到一般美國認證實驗室是如何運作的。先從測試說起，其實美國由於地大要建置一座開放測試場地是非常容易的事，擁有 5 座或 10 座的實驗室比比皆是，更多的都有，這個數字就代表同一時間可以做的事，我們現在只有一座就代表它們一小時可以抵我們一天工作量，另外它們的測試人員一人專用一個場地，測完的數據交付報告整理員去進行即可，接著他又做下一個案子，形成一個生產線，每個人做每個人本分，做好集中就是成品，優點是快有效率，也有它的缺點，萬一案子少就形成明顯的浪費。其實國內是電子出口為導向的地區，廠商非常多產品非常多，這一個數字是遠遠大於我們能乘載的量，我們根本無須擔心沒有案件，案件就在那裡，是我們分得到分不到的問題，我們若能佔有 10% 的業務量應該就是一個具規模的試驗室，實際的情況是我們一直處於別人瓜分完後才有我們的空間的這種狀態，在 WINNER-TAKE-IT-ALL 的態勢下，我們要留意這種劣勢發展的結果。在國內 25 家的 EMC 試驗室我們的個人平均營業額應該還可以，但營業總額是算少的，這並不是同仁有什麼問題而出在測試流程上以及人力總數

上，我們測試人力除了測之外還有報告要製作，相信國內外不太可能會採用這種一人通包的方式來經營，因為成本不一樣，有的報告長一些要花半天的時間來做，這半天測試人員已經又完成一台測試，同時測試人員去參予一些非技術工作還有一個缺點，容易有冷卻作用會使下一個案子做的快不起來，為何工廠生產線的作業員都只有一個動作，第一就是速度，第二就是減少錯誤。所以如何使測試人員專注是我們將來的課題之一。談到實驗室的競爭力，就不免讓人想到人力，就本次的資訊交流得知，以國外的 EMC TEST LAB 至少都在 15 人以上，國內方面就資料顯示最少則為 10 人多則為近一百人，當中也包括報告整理人力，而我們真正的測試人力只有四人，這四人中同時也是審驗人員又有審驗案，可以說身分有些複雜，另外我們還有實驗室原來肩負的任務服務中華電信公司之檢測業務包括各分公司器材購案，而且這些工作都是最優先的，在人力有限下不免擠壓到業界送來的測試案，人力過少的情況下有再好的儀器也很難去做大，因此要與外界實驗室競爭，人力的大幅度增加，也是我們將來勢必要面對的另一問題。

接著談審驗的問題，目前本實驗室除了測試外還兼任審驗發證工作，為電信總局認可的 RCB(相當於美國的 TCB) ，可謂球員兼裁判，雖說有些敏感而法規也未有不可的規定，然而以我們人員過少的因素球員兼裁判的情形勉強可以避免，不可否認的必然拖累測試人員的進度，進而影響客戶的服務，國內另外一家 RCB 同樣也是試驗室兼審驗機構，他們因為人多，從測試人力及行政人力中獨立出一組人專職做審驗工作，目前審驗的品質姑且不論，其速度的確是大於我們，我們要慎防贏者通吃(the winner takes it all)的效應出現。以美國為例，全球無線產品的審驗案件自從美國開放 TCB 制度以來，FCC 自己審驗的案件現在只有 10%，有 70%是由三家 TCB 在瓜分，剩下的 20%由其他約 10 家的 TCB 分配，所以大的 TCB 與小的 TCB 業務量差到 10 倍以上，其實就是被邊緣化，我們現在還是測試人員兼審驗人員雙重身份的結果很可兩邊都做不好，尤其國內無線電審驗開放在即，時間還未開始以傳出已有實驗室送件要搶先認可，這個市場我們必須要積極，因為測試審驗一體的態勢已明顯，既測又審一貫化作業正是客戶要的，電

信總局低功率認證業務年年大幅度年成長約有 80%左右，非常驚人，我們如果要進入競爭行列一定要有人力來做不同的事，有特色的事，否則就只能被外界稱做公正的第三者。

建議

本次的課程除了學習到專業的技術之外，更重要的是從當事人變成了旁觀者，更清楚我們實驗室處於的位置，技術上我們沒有問題，我們的問題是必須大量補充人力來擴展業務，同時一定要有專人專職來做業務推展工作。目前我們的案件都是一些老客戶，這些老客戶有一些明年無線驗證業務開放之後或獲得 CNLA 認可之後是必然流失的，我們必須自行來找客源或開發新的業務，例如做國外高利潤的認證 CE 或是日本 TELEC，做大的案件有個優點就是比較受到業界的認同，受到認同才能持續有業務，這就是所謂大者恆大的原因，目前業界已經有一點這種情形出現，說到 EMC 測試就想到耕興，說到無線測試就想到誠信科技，甚至還是有許多公司並不知道我們有在做 EMC 及無線的認證測試，這也代表我們還是有發展的空間。最後要感謝單位給我這個出國增長見聞的機會，也希望附錄的文件能對將來參考的人提供有用的資訊。

附錄一

美國 TCB 及其相關資訊

In December 1998, the Commission adopted new rules to streamline its equipment authorization requirements by allowing Telecommunication Certification Bodies (TCBs) to certify equipment under Parts 2 and 68 of the Commission's Rules. The Office of Engineering and Technology and the Common Carrier Bureau are pleased to announce the designation of 13 TCBs in the United States. The TCBs have been accredited by the American National Standards Institute (ANSI) to approve certain types of radiofrequency devices requiring certification under Part 2 of the rules, and/or telephone terminal equipment requiring certification (previously called registration) under Part 68 of the rules. The TCBs may begin operation of certifying products within the scope of their accreditation and designation as of June 5, 2000.

The following is a list of the 13 TCBs and the types of equipment they have been accredited and designated to approve. An explanation of the scope codes is given below.

TCB Name and Address Equipment	Types of
American TCB, Inc. 6731 Whittier Avenue Suite C110 McLean, VA 22101 Tel: 703-689-0368 Fax: 703-689-2056 Contact: Mr. Desmond Fraser - desmond@rheintech.com	Unlicensed Radio Frequency Devices A1, A2, A3, A4 Licensed Radio Service Equipment B1, B2, B3, B4
BABT Product Service, Inc. 4855 Patrick Henry Dr, Bldg. 6 Santa Clara, CA 95054 Tel: 978-663-1500 Fax: 978-663-1501 Contact: Mr. Bill Toth - btoth@tuvam.com	Unlicensed Radio Frequency Devices A1, A2, A3, A4 Licensed Radio Service Equipment B1, B2, B3, B4 Telephone Terminal Equipment

CKC Certification Services Unlicensed Radio Frequency Devices
5473A Clouds Rest A1, A2, A3, A4
Mariposa, CA 95338 Licensed Radio Service Equipment
Tel: 209-966-5240 B1, B2, B3, B4
Fax: 209-742-6133 Telephone Terminal Equipment
Contact: Dennis Ward – dennisw@ckc.org

Compliance Certification Services Unlicensed Radio Frequency
Devices
1366 Bordeaux Drive, A1, A2, A3, A4
Sunnyvale, CA 94089-1005 Licensed Radio Service Equipment
Tel: 408-752-8166 B1, B2, B3, B4
Fax: 408-752-8168
Contact: Mr. Steve Hsu – www.ccsemc.com

Communication Certification Laboratory Unlicensed Radio Frequency
Devices
1940 W. Alexander St. A1, A2, A3, A4
Salt Lake City, UT 84119-2039 Licensed Radio Service Equipment
Tel: 801-972-6146 B1, B2, B3, B4
Fax: 801-972-8432 Telephone Terminal Equipment
Contact: Mr. William S. Hurst – wsh@cclab.com

Curtis-Straus LLC Unlicensed Radio Frequency Devices
527 Great Road A1, A2, A3, A4
Littleton, MA 01460 Licensed Radio Service Equipment
Tel: 978-486-8880 B1, B2, B3, B4
Fax: 978-486-3529 Telephone Terminal Equipment
Contact: Jon Curtis – jdc@curtis-straus.com

Elite Electronic Engineering, Inc. Unlicensed Radio Frequency
Devices
1516 Centre Circle A1, A2
Downers Grove, IL 60515 Licensed Radio Service Equipment

Tel: 603-495-9770 B1, B2
Fax: 603-495-9785 Telephone Terminal Equipment
Contact: Mr. Steve Laya - www.elitetest.com

Intertek Testing Services Unlicensed Radio Frequency Devices
33933 US Route 11 A1, A2, A3, A4
Cortland, NY 13045 Licensed Radio Service Equipment
Tel: 607-753-6711 B1, B2, B3, B4
Fax: 607-756-6699 Telephone Terminal Equipment
Contact: Paul Moliski – pmoliski@itsqs.com

MET Laboratories, Inc. Unlicensed Radio Frequency Devices
914 W. Patapsco Ave. A1, A2
Baltimore, MD 21230-3432 Licensed Radio Service Equipment
Tel: 410-354-3300 B1, B2, B3, B4
Fax: 410-354-3313 Telephone Terminal Equipment
Contact: Mr. Leonard Frier - www.metlabs.com

PCTEST Engineering Laboratory, Inc. Unlicensed Radio Frequency
Devices
6660-B Dobbin Road A1, A2, A3, A4
Columbia, MD 21045 Licensed Radio Service Equipment
Tel: 410-290-6652 B1, B2, B3, B4
Fax: 410-290-6654 Telephone Terminal Equipment
Contact: Mr. Randy Ortanez – randy@pctestlab.com

Timco Engineering, Inc. Unlicensed Radio Frequency Devices
849 NW State Road 45 A1, A2, A3, A4
P.O. Box 370 Licensed Radio Service Equipment
Newberry, FL 32669 B1, B2, B3, B4
Tel: 352-472-5500
Fax: 352-472-2030
Contact: Sid Sanders – sid@timcoengr.com

TUV Rheinland of North America, Inc. Telephone Terminal Equipment
Product Safety Division
12 Commerce Road
Newtown, CT 06470
Tel: 203-426-0888
Fax: 203-270-8883
Contact: Mr. Timothy Dwyer - www.tuv.com

Underwriters Laboratories, Inc. (Headquarters and contact point)
333 Pfingsten Road
Northbrook, IL 60062
Telephone: 847-272-8800
Fax: 847-509-6214
Contact: Rick Titus – titusr@ul.com

Underwriters Laboratories, Inc. Unlicensed Radio Frequency Devices
1285 Walt Whitman Road A1, A2, A3, A4
Melville, NY Licensed Radio Service Equipment
B1, B2, B3, B4
Telephone Terminal Equipment

Underwriters Laboratories, Inc. Unlicensed Radio Frequency Devices
1655 Scott Blvd. A1, A2, A3, A4
Santa Clara, CA Telephone Terminal Equipment

The TCB program gives manufacturers of products subject to certification the choice to choose a designated TCB or the FCC to have its equipment approved for marketing in the United States. Currently, about 6000 applications for certification are filed annually with the FCC.

The requirements for TCBs were specified in the Commission's Report and Order (R&O) in GEN Docket 98-68 (FCC 98-338), adopted on December 17, 1998, <www.fcc.gov/oet/dockets/gen98-68/>. TCBs are required to be accredited by the National Institute of Standards and Technology (NIST), or NIST may allow, in accordance with its procedures, other appropriate qualified accrediting bodies to accredit TCBs. NIST has elected to recognize accreditations of TCBs performed by ANSI.

Additional information about the new TCB program was provided in a Public Notice dated August 17, 1999, DA99-1640, <www.fcc.gov/Bureaus/Engineering_Technology/Public_Notices/1999/da99-1640.html>. NIST is also releasing a Public Notice announcing the recognition of ANSI as an accreditor of TCBs and the recommendation of 13 TCBs to the FCC.

Designation and accreditation is available for several different scopes of equipment subject to certification. TCBs are able to choose accreditation for any or all of the nine available scopes, depending on their needs. Each of the thirteen TCBs identified above have been accredited to one or more of the following scopes:

A. Unlicensed Radio Frequency Devices

- A1** Low power transmitters operating on frequencies below 1 GHz (with the exception of spread spectrum devices), emergency alert systems, unintentional radiators (e.g., personal computers and associated peripherals and TV Interface Devices) and consumer ISM devices subject to certification (e.g., microwave ovens, RF lighting and other consumer ISM devices)
- A2** Low power transmitters operating on frequencies above 1 GHz, with the exception of spread spectrum devices
- A3** Unlicensed Personal Communication System (PCS) devices
- A4** Unlicensed National Information Infrastructure (UNII) devices and low power transmitters using spread spectrum techniques

B. Licensed Radio Service Equipment

- B1** Personal Mobile Radio Services in 47 CFR Parts 22 (cellular), 24, 25, 26, and 27
- B2** General Mobile Radio Services in the following 47 CFR Parts 22 (non-cellular), 74, 90, 95 and 97

B3 Maritime and Aviation Radio Services in 47 CFR Parts 80 and 87

B4 Microwave Radio Services in 47 CFR Parts 21, 74 and 101

C. Telephone Terminal Equipment (47 CFR Part 68)

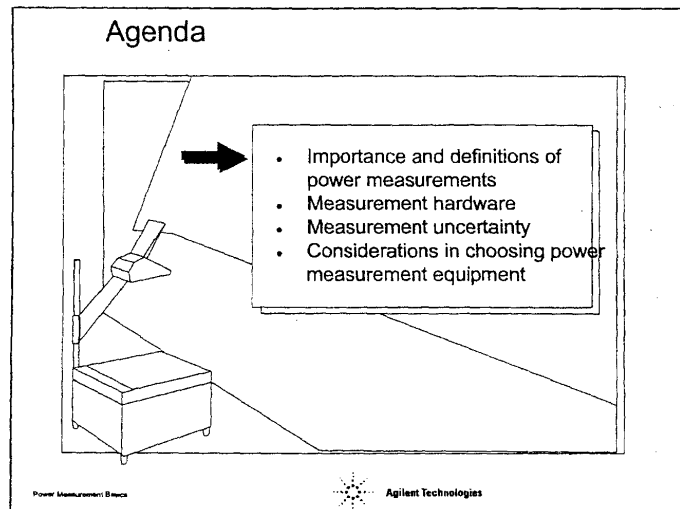
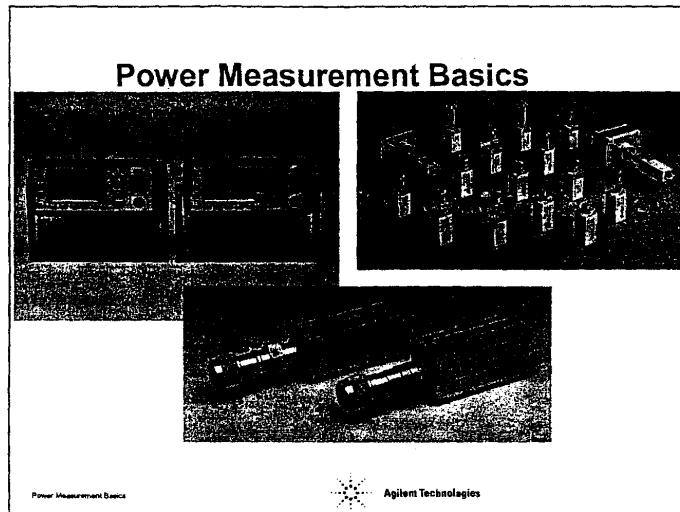
Designation letters will be sent to each of the thirteen TCBs today. The Office of Engineering and Technology will send a designation letter to each TCB that will be certifying equipment subject to scopes A and B. Each letter will give guidance on the certification of such equipment. In accordance with our policy stated in the August 17, 1999, Public Notice, we are restricting TCBs from approving equipment in scopes A and B for which there is no documented test procedure. At present, only certain transmitters fall within this category. A table delineating which transmitters a TCB can approve will accompany the letter to each TCB. Steps are being taken to eliminate this restriction.

For approval of equipment subject to scope C, TCBs are asked to contact Mr. Bill Howden of the Common Carrier Bureau. In letters from the Network Services Division of the Common Carrier Bureau, TCBs designated to approve Telephone Terminal Equipment will receive initial blocks of registration serial numbers for their use, instructions for obtaining applicant codes, and advice on obtaining information from the Network Services Division.

For further information about this notice, please contact Hugh L. Van Tuyl of the Office of Engineering and Technology at: (202) 418-7506, email: hvantuyl@fcc.gov, or Bill Howden of the Common Carrier Bureau at (202) 418-2343, email: whowden@fcc.gov, TTY: (202) 418-0484.

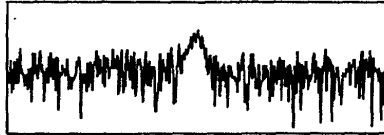
附錄二

相關文件轉印

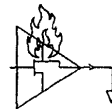
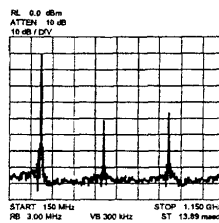


Importance of Proper Signal Levels

- Too low
 - Signal buried in noise



- Too high
 - Nonlinear distortion can occur



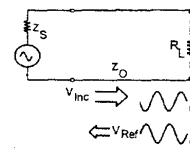
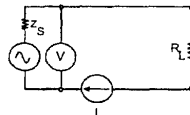
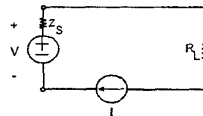
- Or even worse!

Power Measurement Basics

Agilent Technologies

Why Not Measure Voltage?

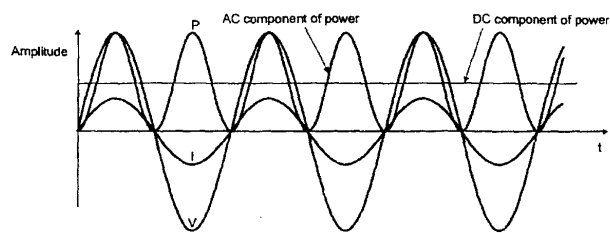
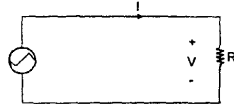
- DC
- Low Frequency
- High Frequency



Power Measurement Basics

Agilent Technologies

Power: $P = (I)(V)$



Power Measurement Basics





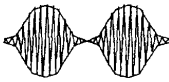
Units and Definitions

- Unit of power is the watt (W): $1W = 1 \text{ joule/sec}$
- Some electrical units are derived from the watt:
 $1 \text{ volt} = 1 \text{ watt/ampere}$
- Relative power measurements are expressed in dB:
 $P(\text{dB}) = 10 \log(P/\text{Pref})$
- Absolute power measurements are expressed in dBm:
 $P(\text{dBm}) = 10 \log(P/1 \text{ mW})$

Power Measurement Basics



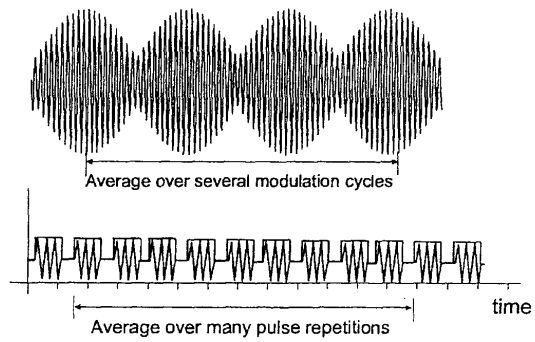
Types of Power Measurements

- Average Power  CW RF signal
- Pulse Power  Pulsed RF signal
- Peak Envelope Power  Gaussian pulse signal

Power Measurement Basics



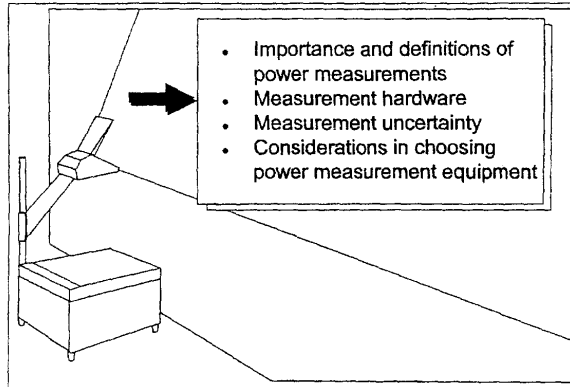
Average Power



Power Measurement Basics



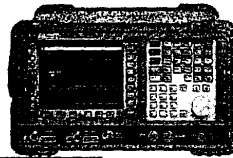
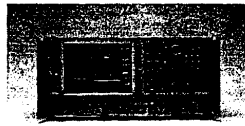
Agenda



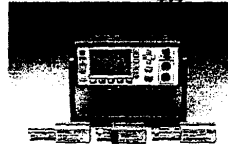
Power Measurement Basics

Agilent Technologies

Instruments used to Measure RF and Microwave Power



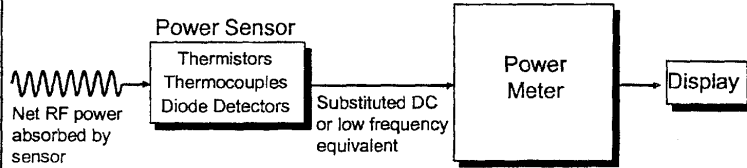
- Oscilloscope w/ detector
- Spectrum analyzer
- Network analyzer
- Power meter



Power Measurement Basics

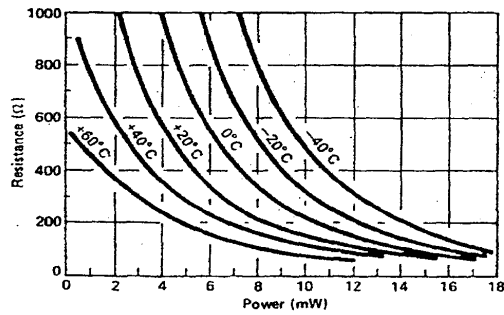
Agilent Technologies

Basic Measurement Method - Using a Power Meter



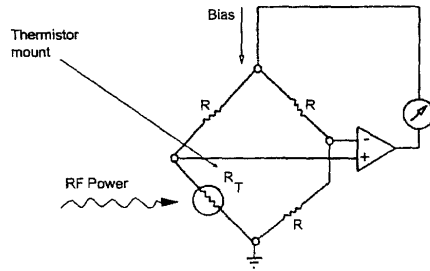
Thermistors ←
 Thermocouples
 Diode Detectors

Characteristic curves of a typical thermistor element



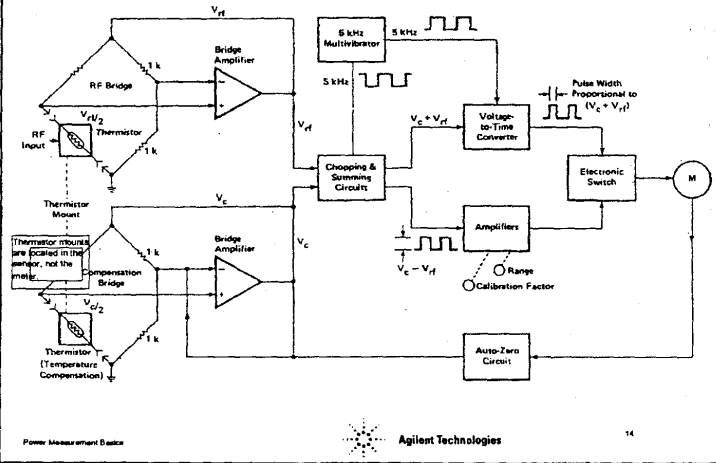
Thermistors
 Thermocouples
 Diode Detectors

A self-balancing bridge containing a thermistor



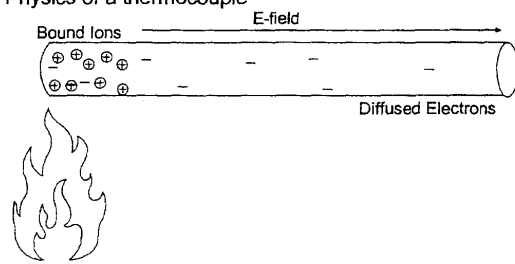
Power Meters for Thermistor Mounts

• 432A Power Meter



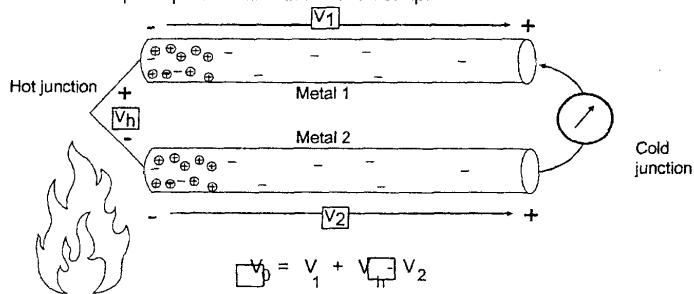
Thermistors
 Thermocouples ←
 Diode Detectors

- Physics of a thermocouple



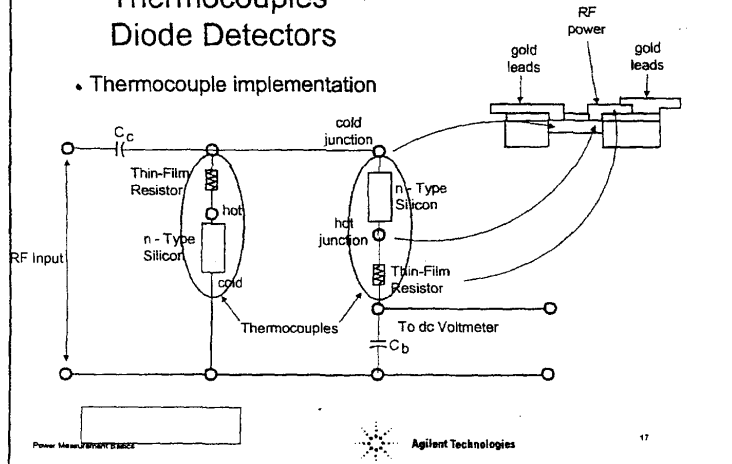
Thermistors
 Thermocouples ←
 Diode Detectors

- The principles behind the thermocouple



Thermistors
 Thermocouples ←
 Diode Detectors

- Thermocouple implementation

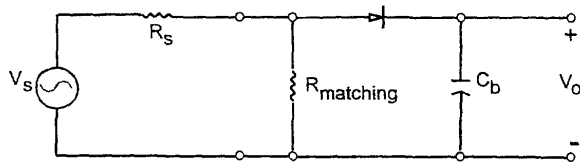


Power Measurement Basics



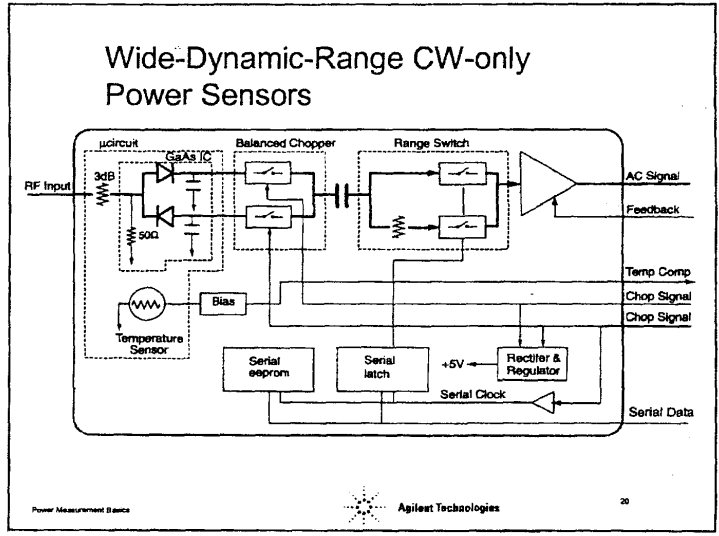
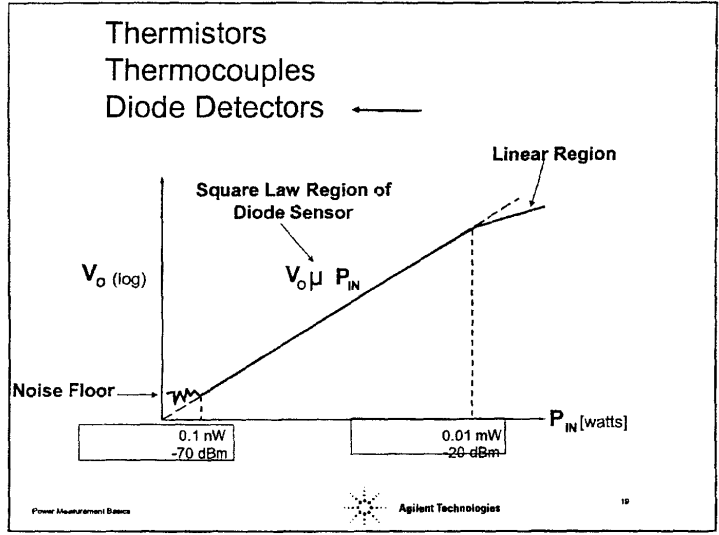
Thermistors
 Thermocouples
 Diode Detectors ←

- How does a diode detector work?

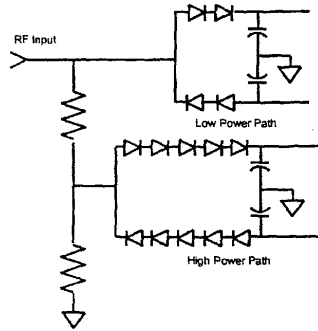


Power Measurement Basics





E-series E9300 Power Sensors Technology



Innovative Design:

- Diode stack- attenuator- diode stack topology
- Unique to Agilent
- US Patent applied for

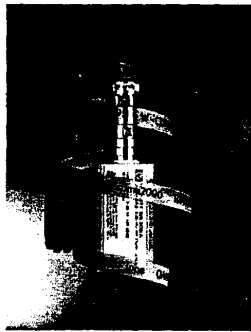
Power Measurement Basics



Agilent Technologies

21

Advantages of the E-series E9300 sensor architecture



- Sensor diodes always kept in square law region.
- Accurate measurement of signals with high peak to average ratios.
- Accurate measurement of signals with arbitrarily wide modulation bandwidth.
- Flat calibration factors give accurate measurement of multi-tone signals.

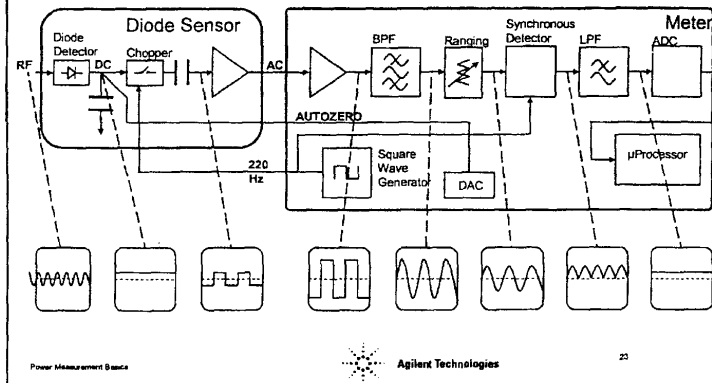
Power Measurement Basics



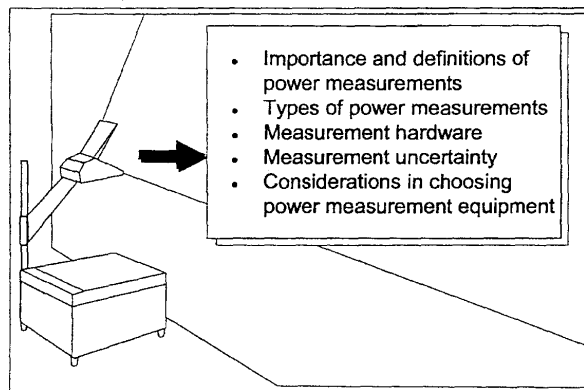
Agilent Technologies

22

Basic Measurement Method Explained

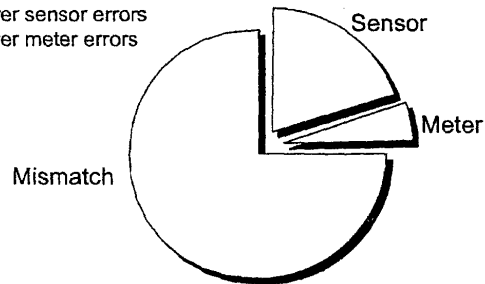


Agenda

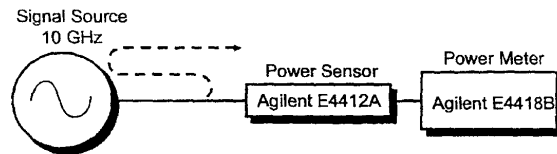


Sources of Power Measurement Uncertainty

- Sensor and source mismatch errors
- Power sensor errors
- Power meter errors



Calculation of Mismatch Uncertainty

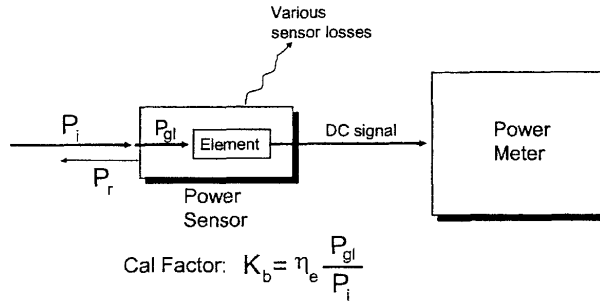


SWR = 2.0	SWR = 1.22
$\Gamma_{\text{SOURCE}} = 0.33$	$\Gamma_{\text{SENSOR}} = 0.10$

$$\text{Mismatch Uncertainty} = \pm 2 \cdot \Gamma_{\text{SOURCE}} \cdot \Gamma_{\text{SENSOR}} \cdot 100\%$$

$$\text{Mismatch Uncertainty} = \pm 2 \cdot 0.33 \cdot 0.10 \cdot 100\% = \pm 6.6\%$$

Power Sensor Uncertainties (Effective Efficiency)

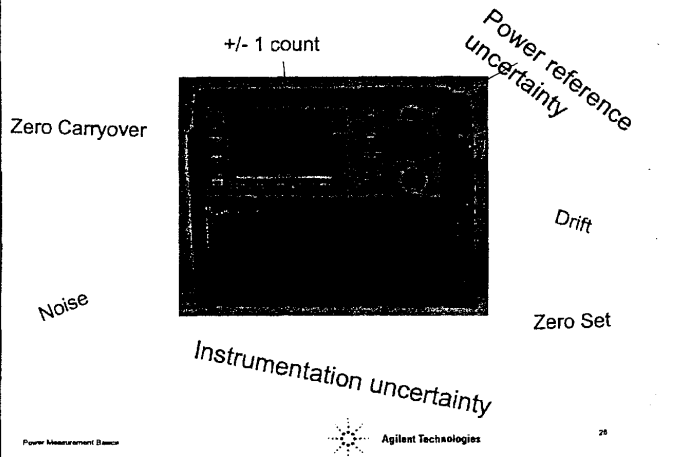


Power Measurement Basics

Agilent Technologies

27

Power Meter Instrumentation Uncertainties



Power Measurement Basics

Agilent Technologies

28

Calculating Power Measurement Uncertainty

Mismatch uncertainty:	$\pm 6.6\%$
Cal factor uncertainty:	$\pm 3.1\%$
Power reference uncertainty:	$\pm 1.2\%$
Instrumentation uncertainty:	$\pm 0.5\%$

Now that the uncertainties have been determined, how are they combined?

Worst-Case Uncertainty

- In our example worst case uncertainty would be:

$$= 6.6\% + 3.1\% + 1.2\% + 0.5\% = \pm 11.4\%$$

$$+11.4\% = 10 \log (1 + 0.114) = +0.47 \text{ dB}$$

$$-11.4\% = 10 \log (1 - 0.114) = -0.53 \text{ dB}$$

RSS Uncertainty

- In our example RSS uncertainty would be:

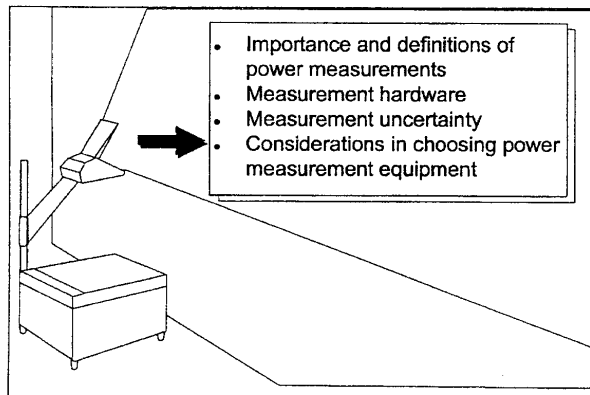
$$= \sqrt{(6.6\%)^2 + (3.1\%)^2 + (1.2\%)^2 + (0.5\%)^2}$$

$$= \pm 7.4\%$$

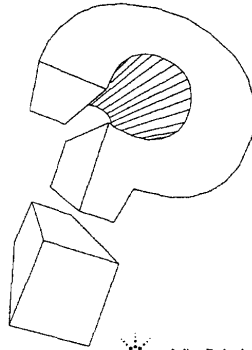
$$+ 7.4\% = 10 \log (1 + 0.074) = +0.31 \text{ dB}$$

$$- 7.4\% = 10 \log (1 - 0.074) = -0.33 \text{ dB}$$

Agenda



Considerations in Choosing Power Measurement Equipment

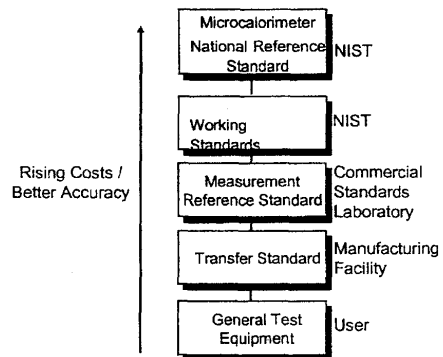


Power Measurement Basics

Agilent Technologies

33

Thermistors as Transfer Standards

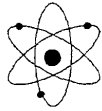


Power Measurement Basics

Agilent Technologies

34

What are

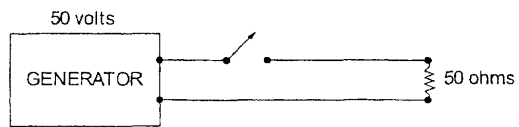


Transmission Lines?

Transmission lines

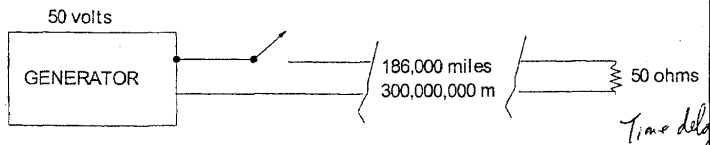
- Characteristic Impedance
- Terminating a Transmission Line
- Reflections
- Impedance
 - What is the Smith Chart ?
- Standing Waves
- Some practical Transmission Lines

Transmission Line ? A Simple Electrical Circuit

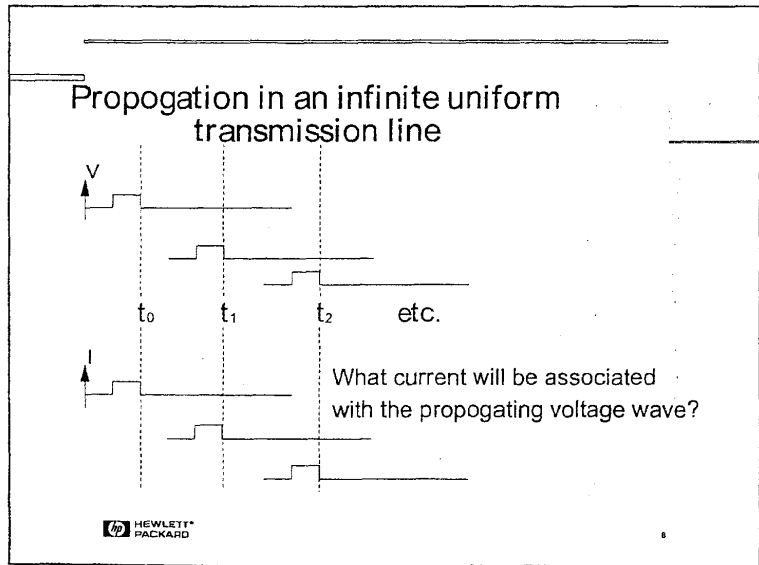
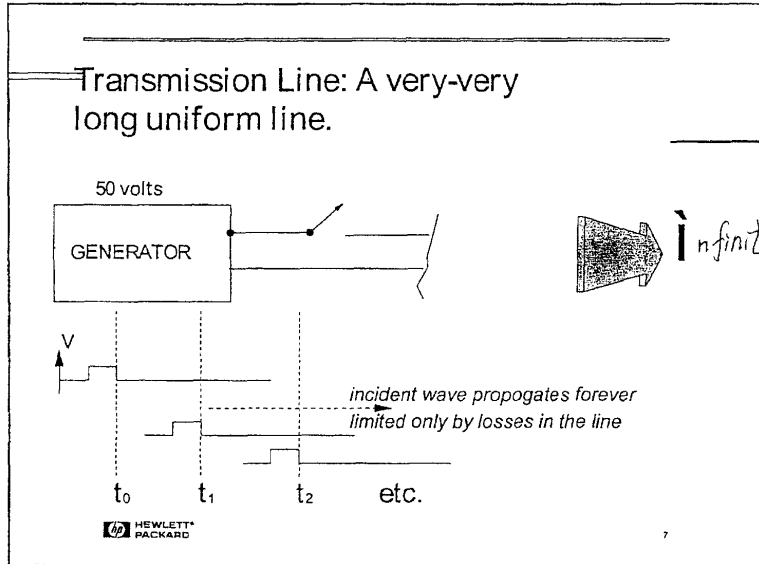


What current will flow when the switch is closed?

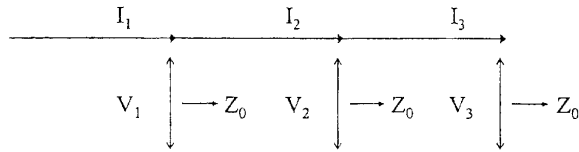
Transmission Line: distance and propagation time



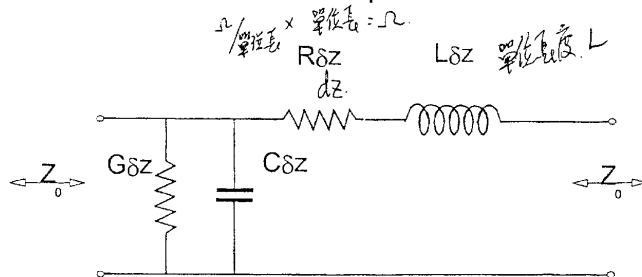
What current will flow *at the moment* the switch is closed?

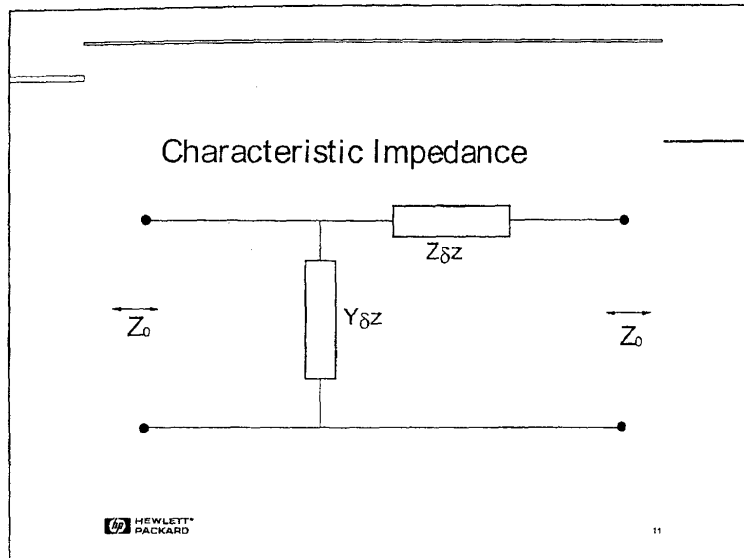


Concept of Characteristic Impedance



Equivalent network to determine the Characteristic Impedance





Characteristic Impedance Z_0

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

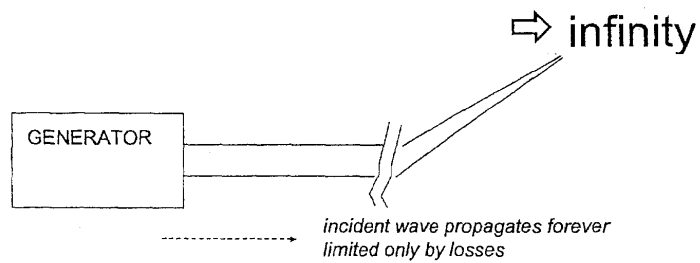
HEWLETT*
PACKARD

12

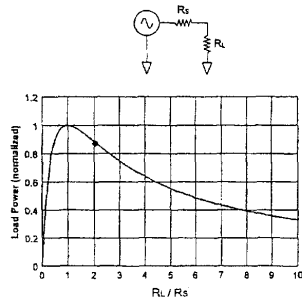
Transmission lines

- Characteristic Impedance
- ☞ Terminating a Transmission Line
- Reflections
- Impedance
 - What is the Smith Chart ?
- Standing Waves
- Some practical Transmission Lines

Infinite Transmission Line



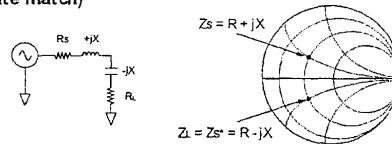
Power Transfer



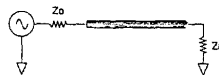
Maximum power is transferred when $R_L = R_S$

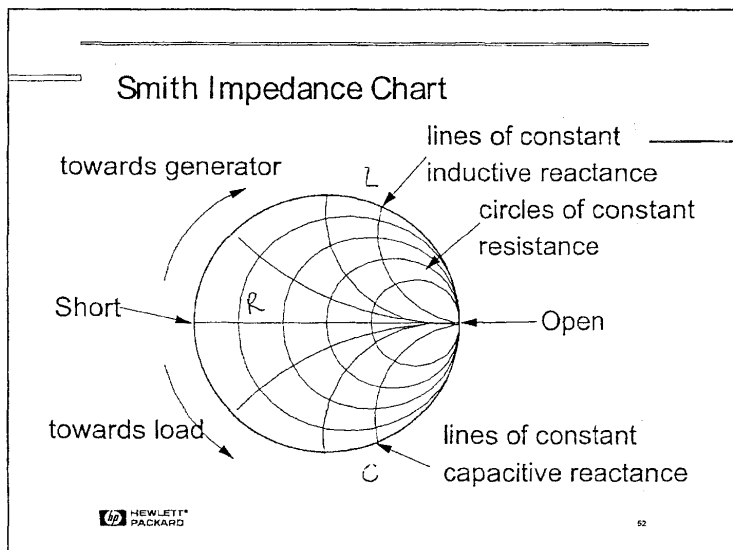
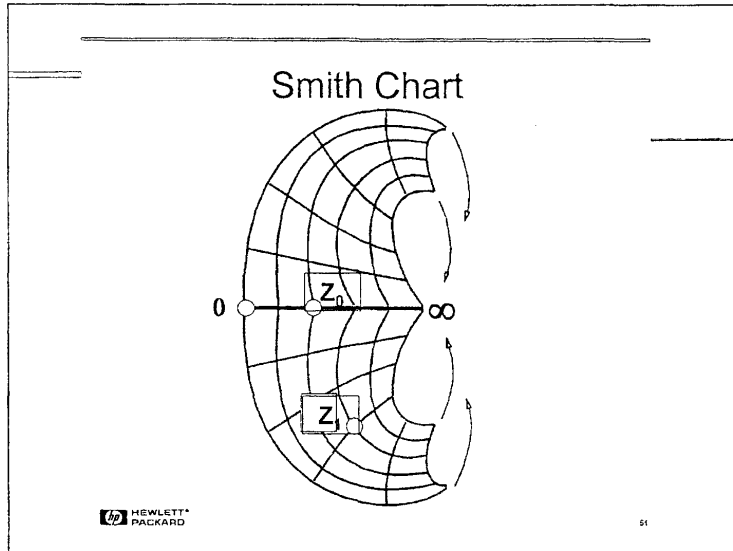
Maximum Power Transfer

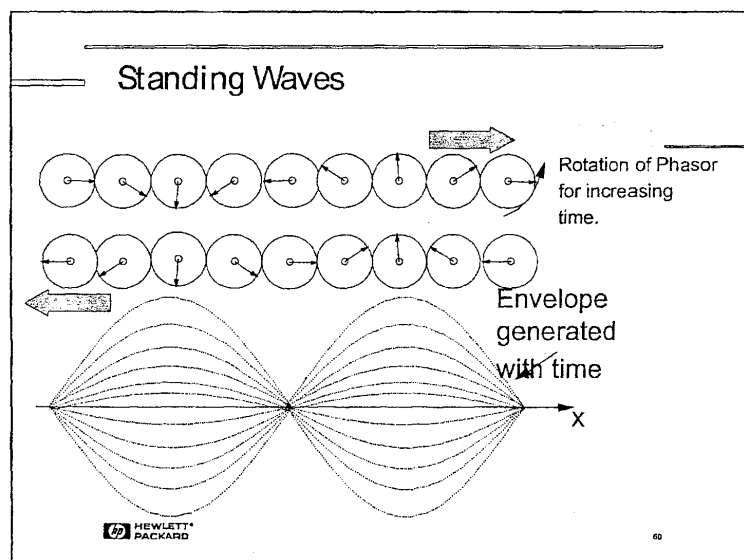
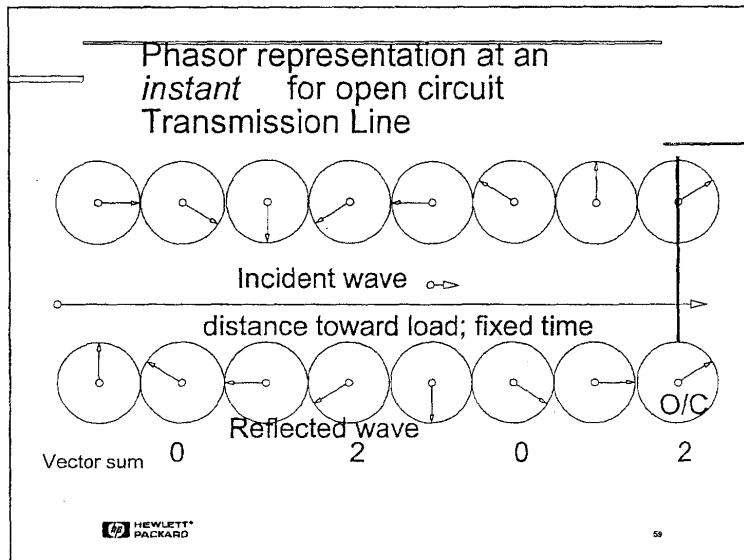
For complex impedances, maximum power transfer occurs when $Z_L = Z_S^*$ (conjugate match)



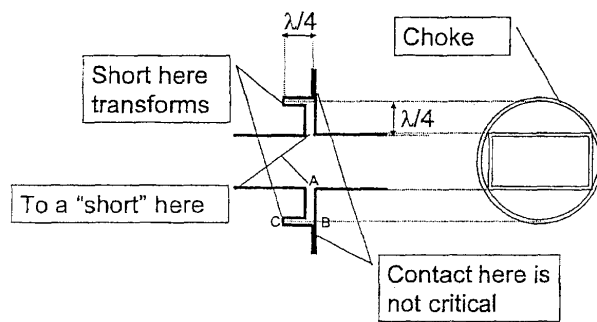
At high frequencies, maximum power transfer occurs when $R_S = R_L = Z_0$







Waveguide Choke coupling

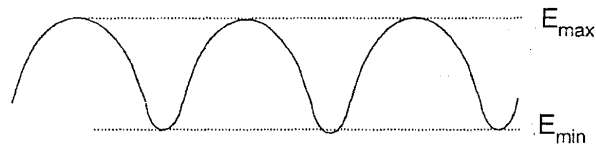


HP HEWLETT
PACKARD

63

Partial reflection

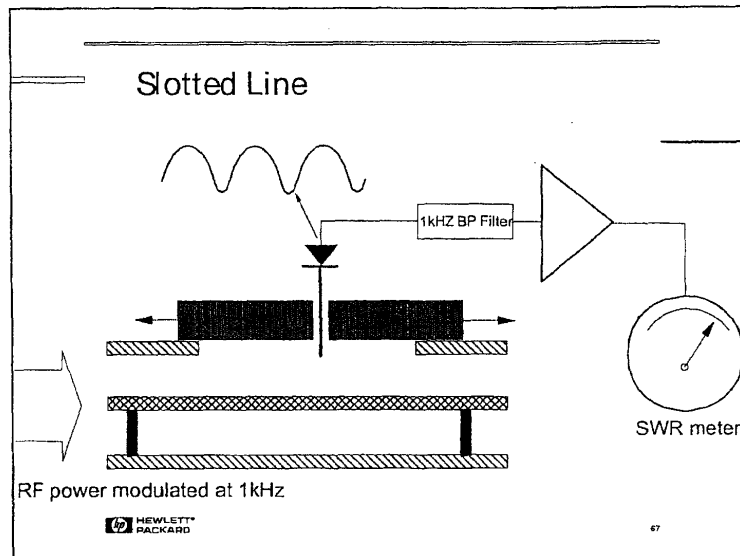
Detected standing-wave pattern $\rho < 1$



$$VSWR = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{|V_i| + |V_r|}{|V_i| - |V_r|}$$

HP HEWLETT
PACKARD

64



SWR and Scalar Reflection Coefficient

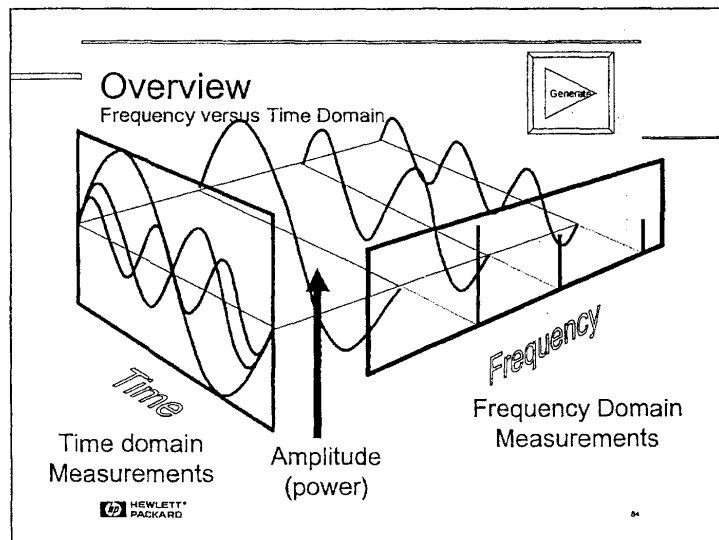
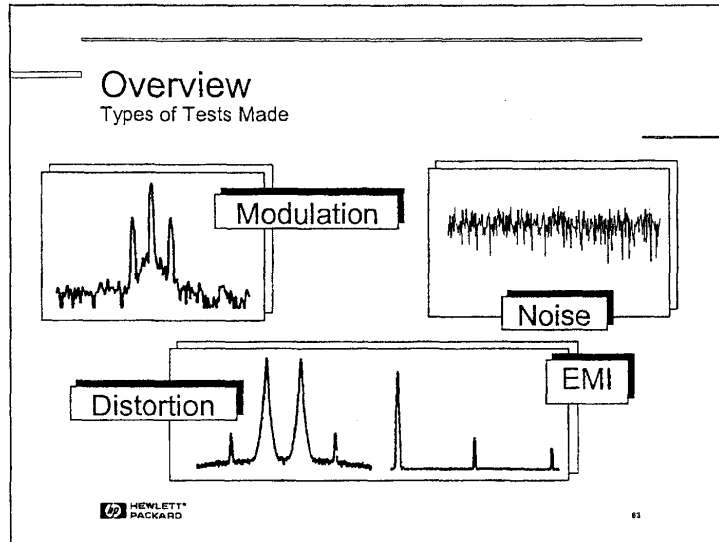
$$VSWR = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{|V_i| + |V_r|}{|V_i| - |V_r|}$$

Dividing both the numerator and denominator by $|V_i|$

$$VSWR = \frac{1 + \rho}{1 - \rho}$$

HEWLETT
PACKARD

68

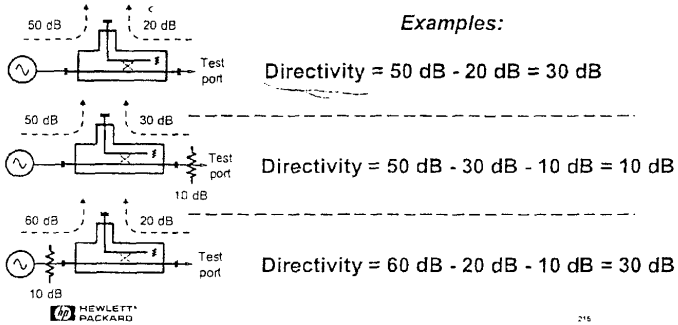


Directional Coupler *Directivity*

$$\text{Directivity} = \frac{\text{Coupling Factor (red)} \times \text{LOSS (through arm)}}{\text{Isolation (rev)}}$$

$$\text{Directivity (dB)} = \text{Isolation (dB)} - \text{Coupling Factor (dB)} - \text{Loss (dB)}$$

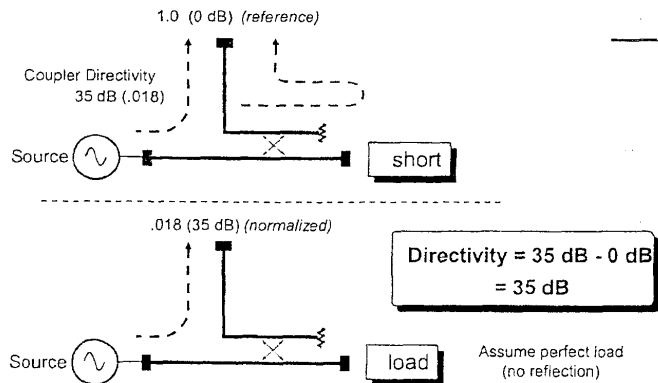
Examples:



HEWLETT
PACKARD

215

One Method of Measuring Coupler Directivity

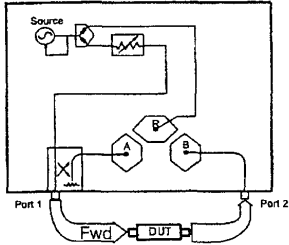


HEWLETT
PACKARD

216

T/R Versus S-Parameter Test Sets

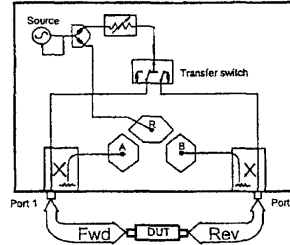
Transmission/Reflection Test Set



- RF always comes out port 1
- port 2 is always receiver
- **response, one-port** cal available



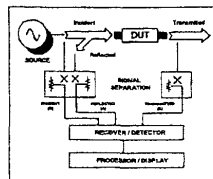
S-Parameter Test Set



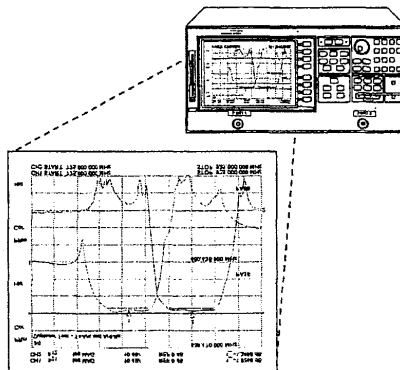
- RF comes out port 1 or port 2
- forward and reverse measurements
- **two-port** calibration possible

225

Processor / Display

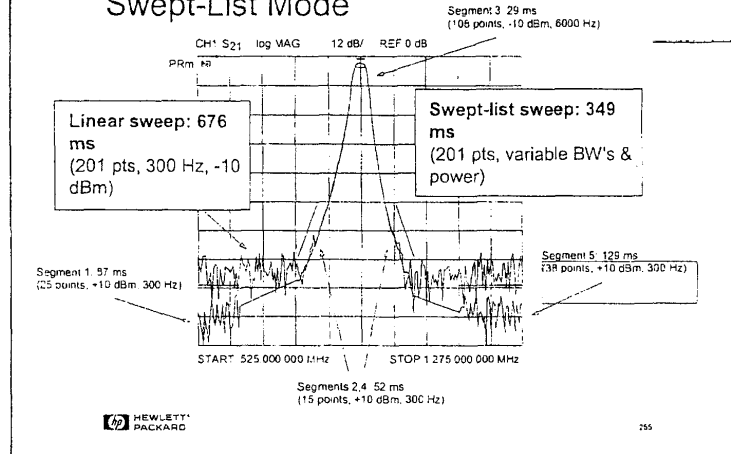


- markers
- limit lines
- pass/fail indicators
- linear/log formats
- grid/polar/Smith charts

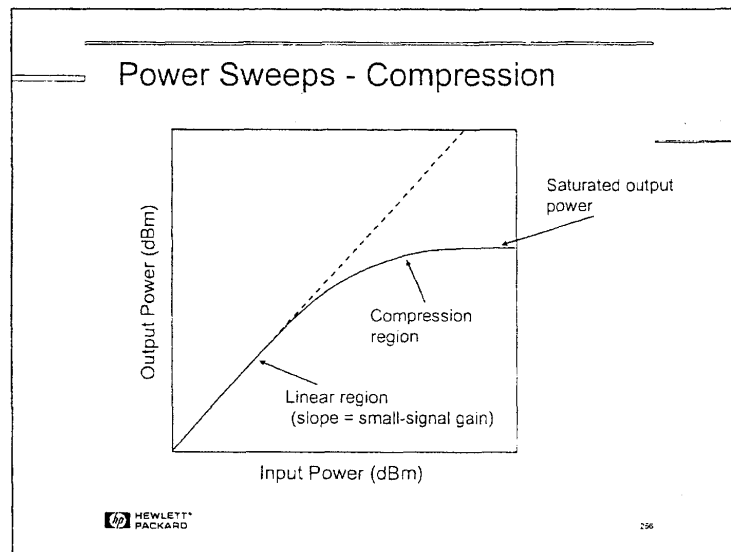


226

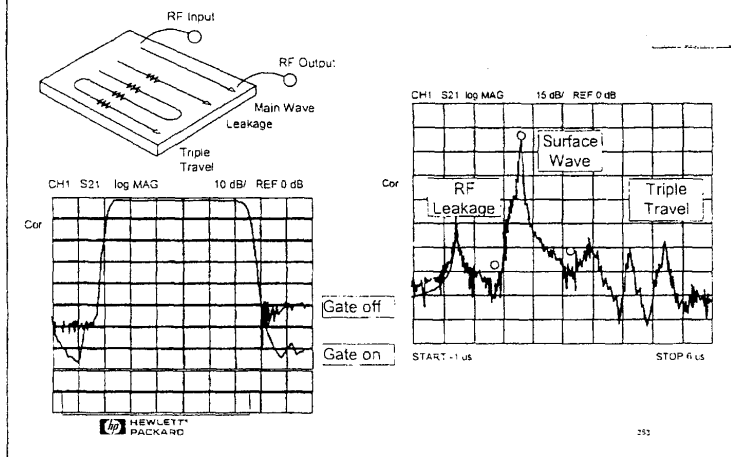
Optimize Filter Measurements with Swept-List Mode



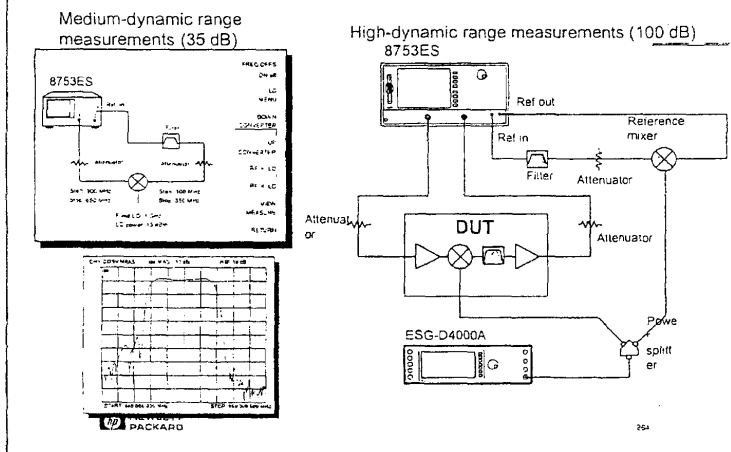
Power Sweeps - Compression

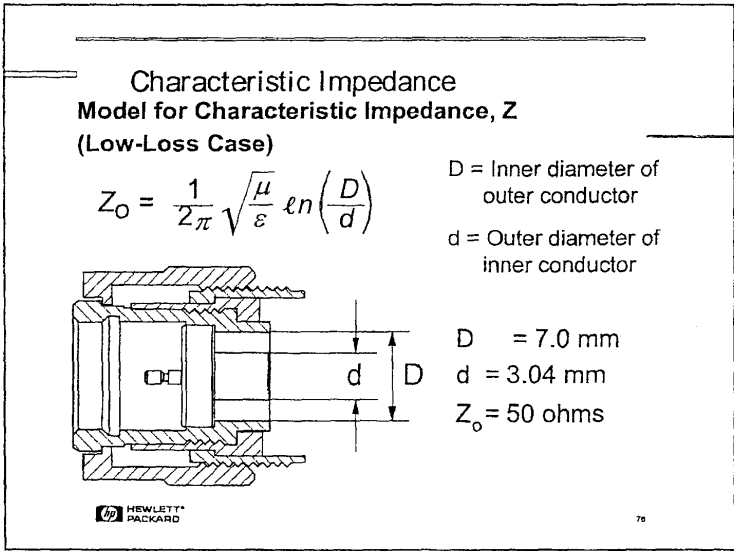
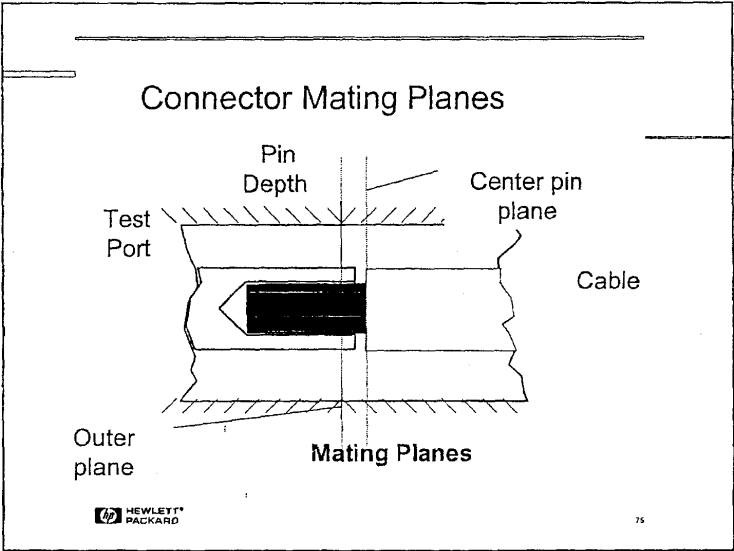


Time-Domain Transmission

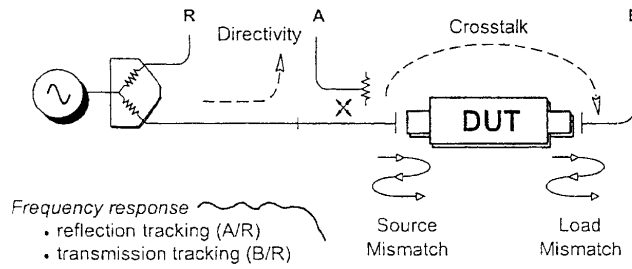


Frequency-Translating Devices





Systematic Measurement Errors



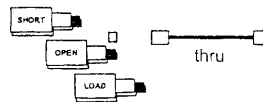
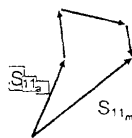
Six forward and six reverse error terms yields 12 error terms for two-port devices

HEWLETT
PACKARD

231

Types of Error Correction

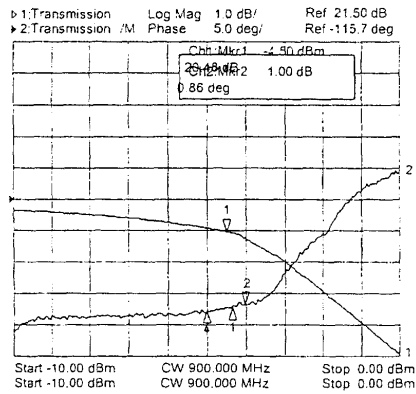
- **response (normalization)**
 - simple to perform
 - only corrects for tracking errors
 - stores reference trace in memory, then does data divided by memory
- **vector**
 - requires more standards
 - requires an analyzer that can measure phase
 - accounts for all major sources of systematic error



HEWLETT
PACKARD

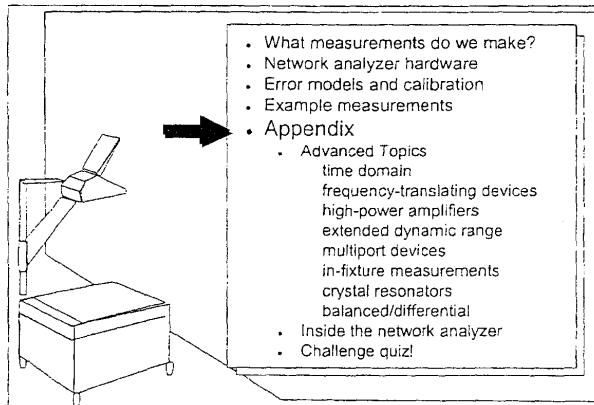
232

Measuring AM to PM Conversion



- Use transmission setup with a power sweep
- Display phase of S21
- AM - PM = 0.86 deg/dB

Agenda



Time-Domain Reflectometry (TDR)

- What is TDR?
 - time-domain reflectometry
 - analyze impedance versus time
 - distinguish between inductive and capacitive transitions
- With gating:
 - analyze transitions
 - analyzer standards

261

TDR Basics Using a Network Analyzer

- start with broadband frequency sweep (often requires microwave VNA)
- use inverse-Fourier transform to compute time-domain
- resolution inversely proportionate to frequency span

Time Domain Frequency Domain

262

CH1 S22 Re 50 mV/ REF 0 U

CH1 START 0 s STOP 1.5 ns

