



標準分析儀的系統特性與操作原理



GW INSTEK

Made to Measure Since 1975

簡介

隨著通訊應付科技的進展神速，從二次大戰後之傳統軍事專屬的通訊科技一直到今天普遍影響我們生活的行動通訊科技，其背後的科學原理與理論基礎之驗證與實現，無不需仰賴對無線射頻訊號的量測，才能完成各式各樣之通訊系統的設計任務，本應付技術機構的目的在於供作頻譜分析儀的系統特性與操作原理上之技術入門書，希望對於產業界、教育學術機構、基礎科研單位與維修服務中心等，在各式各樣的主流應付領域上提出應付技術重要的量測特性與操作原理，俾利於各種基礎研究與工程應付人員在追求科技新知、推展科技研發與促進產業發展方面能夠更上一層樓。而本書將從幫助初學者了解頻譜分析儀的出發點，引領學習者進入知識的殿堂，藉由闡述頻譜分析的重要性與頻譜分析儀的基本架構，讓有志於培養此一應付技術之興趣與技能者有最多的體會與啟發，最後則由頻譜分析儀在量測上的主要參數分析、常配配件的搭配說明、操作性能的解說來刻劃出其在各種量測應付上的特色與優點。

一、頻譜分析的原理

在了解頻譜分析儀的工作原理之前應先對頻譜的概念作一番體會，才能用於實際上的量測操作，因此必須了解何謂頻譜(Spectrum)和為何要進行頻譜分析(Spectrum analysis)。頻譜的概念充斥在我們的生活週

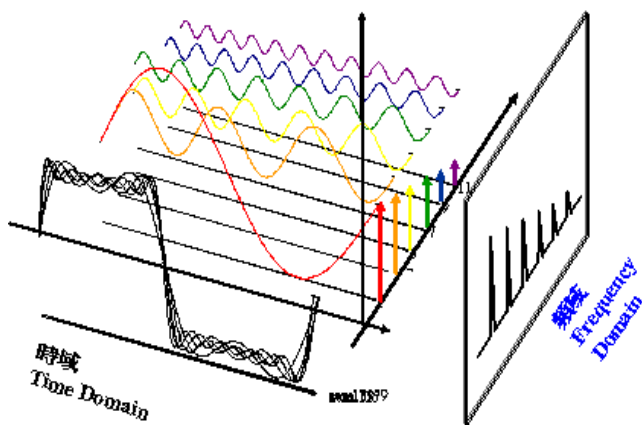
遭，各種具有不同頻率的訊號往往是以機率分配的方式存在著，在一般的時域分析(Time-domain analysis)中，可以很容易從時間軸上觀察到任何訊號波形變化的事件，只要將示波器的量測就能看出任何具有時間函數之電子訊號事件的瞬間物理量。關於頻譜分析儀的發展起源，是在早期的通信系統上頻率量測中，為了實現以頻率為基準點，在頻域上檢測信號而研發出來的儀器，並且被廣泛地使用在測量通信系統的各種重要參數，如平均雜訊位準(Average noise level)、動態範圍(Dynamic range)、頻率範圍(Frequency range)等等。除此之外，還可以在時域的量測，如測量傳輸輸出功率等項目。基本上依功能來看，一般的計頻器只能量測訊號的頻率，功率計只能量測訊號的功率，而可以將頻譜分析儀視為兼具計頻器與功率計兩種功能的量測儀器。

如果要完整地分析且釐清一個信號的特性，除了使用示波器從時域(Time domain)去觀察信號外，還需要從頻率的角度的(簡稱頻域：Frequency domain)去分析信號。通常示波器來觀察信號並不能看出一窺信號的全貌，只能看到組成之後的波形；例如方波事實上是經過許多信號的累積而形成的一種信號。偉大的法國數學家傅立葉(Jean-Baptiste-Joseph Fourier)則告訴我們，任何時域上的電子訊號現象必然是由多組具有適當之頻率、

	頻率	強度	解調*	註解
功率計, Power Meter	×	✓	×	總功率之量測
計頻器, Counter	✓	×	×	只有頻率
接收器, Receiver	✓	✓	✓	頻率較低, 著重調變信號之解調分析
頻譜分析儀, Spectrum Analyzer	✓	✓	✓	頻率與振幅之量測, 可以得知完整之信號特性
網路分析儀, Network Analyzer	✓	✓	×	著重元件特性之測試分析

圖一 常見之各類量測儀器 (*：指無法解調)

振幅與相位的弦波訊號(Sine wave)所組成。因此，理論上任何具有適當濾波功能的電子系統均可將訊號波形分解為多個個別不同的弦波或頻率組成，以利於個別分析。其中，這些個別不同的弦波則由其具有的振幅與相位來決定其訊號特性。換言之，藉由這種組成分析即可將弦波訊號由時域轉換至頻域。對無線射頻與微波訊號而言，在不加入分析的要素時，保留相位資訊往往只會使轉換過程變得更為複雜，因此我們必須尋找隱藏相位資訊。當我們在分析週期性訊號時，透過傅立葉在理論上的詮釋讓我們可以體會到，在頻域中個別組成的弦波之間的距離單位為頻率或 $1/T$ ，而 T 即為弦波訊號的週期。



圖二 時域與頻域的差異

為了適當地由時域轉換至頻域而必須對訊號進行連續性的計算，一般我們所進行的訊號觀察活動只是以在一小段時間範圍內的特性來概括其全貌。運用傅立葉轉換就能夠從頻域的訊號觀點轉換到時域的空間進行思考，而要利用這樣的架構則必須計算出沿著頻率軸所在範圍的頻譜成分及其個別成分之相位。例如，將一個時域中的方波轉換到頻域後再反轉換回時域時往往會因為相位參數未加以保留而會產生鋸齒波的失真現象。

在此段落所描述之頻譜的真諦為時域中任意訊號必為一群弦波訊號的線性組合訊號或合成訊號，如圖二

所示，在頻譜的頻域象限中所呈現的所存弦波訊號特性圖可藉由振幅與頻率來加以表達，而所存非純弦波波形的訊號則是包含了二次諧波(Second Harmonic)之類的組成訊號。值得關注的議題是在頻譜分析是否就可以完全取代時域分析？似乎不盡然，時域分析在大多數訊號量測重要性仍佔有一席之地，因為時域分析的方法提供了針對訊號的脈波上升與下降時間、訊號延遲與振盪現象等，亦即頻譜組成分析與時域分析是相輔相成的訊號分析方法。

在射頻電路中可能會在放大器(Amplifier)、振盪器(Oscillator)、混頻器(Mixer)、濾波器(Filter)等電路元件，單純只靠示波器來觀察的話，根本無法察覺該元件在電路中的變化，這時候就必須使用頻譜分析儀，分析其頻率響應來說明電路的特性。圖三說明時域與頻域上的差別。

為何要量測頻譜？

由於在頻域中也存在其所對應的訊號強度可供量測，故頻域分析法是找出待測訊號各個諧波成分的最佳解決方案，尤其是對通訊工程人員所最關注的諧波失真分析在其重要性，例如在無線行動電話系統中的載波訊號上，必須經常加以檢查是否來自於其他系統之間的諧波干擾所造成的訊號失真程度而影響到通訊品質？除此之外，通訊工程人員也關心載波訊號上的串擾訊號失真程度，例如交互串擾現象即是一種特別複雜的問題，因為其所產生的失真成分往往落在所依賴的頻帶中且難以加以濾除。

頻譜的佔據率也是一種在頻域分析上的重要量測，為了防範鄰近頻率的訊號干擾而針對串擾訊號所進行的展頻動作往往是基於有效規範各種發射頻譜之頻寬的考量。電磁干擾本身即是一種頻譜的佔據現象，由於今天在各式各樣的資訊電子產品的普遍使用下，已造成了各種不需要的電磁訊號無所不在的電磁污染源，無論

是輻射式或傳導式電磁干擾，無一不會造成其他電子系統在操作運轉上的損害，因此當前所有電子或電器產品的製造廠商，皆必須依據電子電器產品的相關法令規範來進行必要的電磁輻射測試，才能順利推展產品上市計畫。

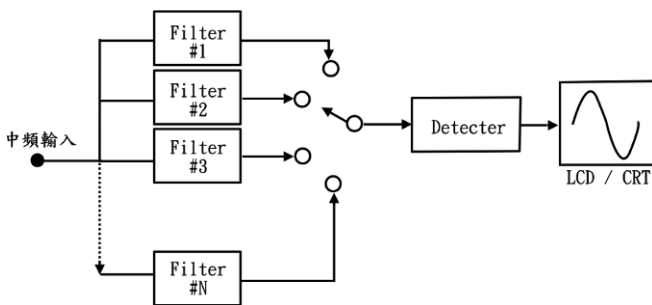
二、頻譜分析儀的種類

頻譜分析儀一般而言分成兩種類型，Real Time 頻譜分析儀(SA)與Sweep Tuned 頻譜分析儀兩種類型。

Real Time 頻譜分析儀(SA)

這類型的 SA 稱為即時性頻譜分析儀，顧名思義是能夠立即把信號濾出來，所以它使用許多平行架構的濾波器來分佈在所有的頻寬範圍中，而信號一經輸入之後沒有 Delay 就能馬上表示出來，如圖三所示，為即時性頻譜分析儀的架構。

即時性頻譜分析儀的好處即是可以立即的將信號濾出來，而且 Filter 的頻寬可以依照不同的 span 來作調整與改變，不過這類型的頻譜儀，最大的問題在於因為它使用大量的濾波器來作即時處理，所以價格非常昂貴，且頻寬都不會很高，一般而言約 10MHz-30MHz 左右。



圖三 即時性頻譜分析儀的架構

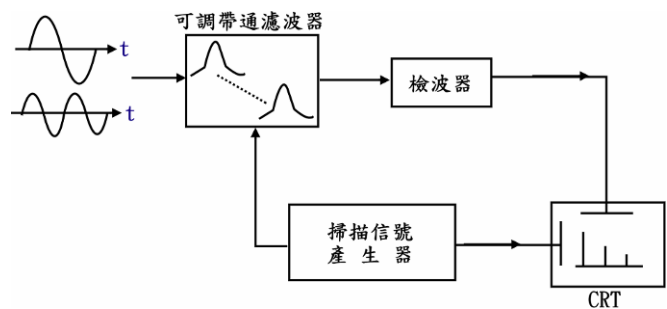
Sweep Tuned 頻譜分析儀

在這類型的頻譜分析儀當中，又可區分為兩大類，RF 調諧方式、超外差掃描方式。

RF 調諧方式

圖四所示的為 RF 調諧方式架構而成的頻譜分析儀方塊圖，它是使用一個帶通可調的濾波器(Tunable Filter)，由一個掃描器來調變帶通寬度，進而使得相關的頻率信號通過並打在垂直偏印版(即 CRT 中的橫軸)，而 CRT 中的水平軸受掃描器頻率同步的控制，使不同的頻率信號在水平軸上分別對應地呈現。

使用此種方式構成的頻譜分析儀較為簡單，能包含較廣的頻率範圍且價格便宜，但是靈敏度與頻率特性等效能較差，且濾波器的帶寬固定，即頻率的解析度無法改變。由於此種調諧型的頻譜分析儀較為經濟以及所能測量的頻率範圍較廣，故早期的微波頻帶的頻譜分析常常使用這一方式；但是較可惜的，因為此種方式是以掃描器來調變濾波器的帶通，故掃描器的掃描速度不能太快，通常在數個 MHz/s 左右，當掃描超出這個比值，濾波器對於信號的響應尚未達到 100%時，濾波器的帶通範圍已經改變，所以所測出的值往往會較小於原來的信號而不準確。



圖四 RF 調諧方式的頻譜分析儀架構

超外差式頻譜分析儀

由於調諧式的頻譜分析儀的靈敏度與準確性不高，所以目前使用最廣的頻譜分析儀是超外差式的頻譜分析儀，如圖五。此種方式乃將輸入濾波器的帶通固定，使用一個頻率可變的本地振盪器(Local Oscillator)，使之產生隨著時間而作線性變化的振盪頻率。將此可變

的振盪頻率與輸入信號在混波器(Mixer)混合後，產生一中頻。此中頻成為接收機的輸出，打在螢幕的垂直偏印板(橫軸)，且鉅齒波電壓亦同時打在水平偏印板(縱軸)，結果在螢幕上顯示出的信號為頻率與振幅的對應關係。現在就根據圖2中每一個單元作簡單的介紹：

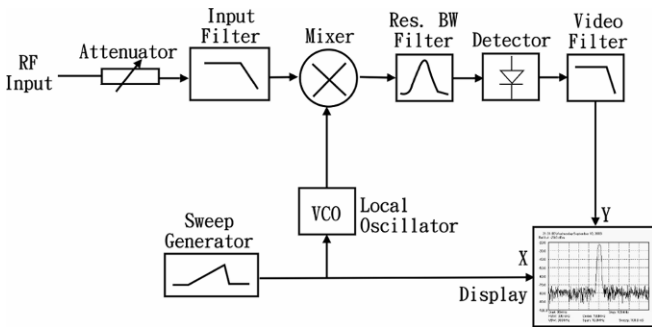


圖2 超外差式頻譜分析儀架構

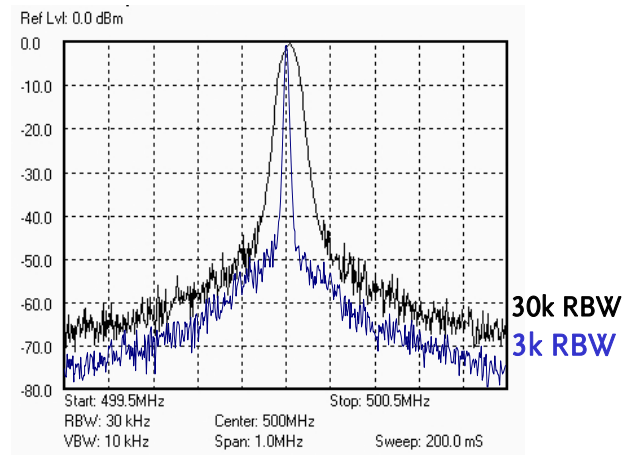
衰減器(Input Attenuator) 因為混波器的RF輸入最大線性範圍有限，這對一般的量測是不夠用的，因此必須將過大的信號預先衰減到混波器的RF輸入線性範圍。經過混波器之後，在利弗放大器將之還原。但這種架構會造成頻譜分析儀上的顯示雜訊位準，隨著衰減器的值而起伏。

混波器(Mixer) RF信號與本地振盪器(LO)信號經過混波器之後，會產生許多兩者之間頻率倍數相抵消的信號。而當輸入信號與本地振盪器經過混波器之後，會產生三種中頻的可能(或者更多)，可用以下公式來求出所要的正確中頻信號：

$$f_{IF} = \begin{cases} f_{LO} + f_{RF} \dots\dots\dots(1) \\ f_{LO} - f_{RF} \dots\dots\dots(2) \\ f_{RF} - f_{LO} \dots\dots\dots(3) \end{cases}$$

從(1)式來看， f_{IF} 所產生的中頻頻率遠高於頻譜分析儀中頻濾波器的協振頻率，故不能為此儀器所接受。而(3)式所產生之中頻，其輸入信號之頻率 f_{RF} 必須

比 f_{LO} 高，所以此種 f_{RF} 信號比振盪頻率 f_{LO} 高的射頻就會被排除在外。故最後只有等(2)式中所產生之中頻為正確之中頻信號。



圖六 不同的RBW與雜訊位準關係

解析頻寬(Resolution Bandwidth, RBW)濾波器 RBW濾波器也稱中頻濾波器，他的作用是將RF頻率與本地振盪頻率相檢的信號，也就是所謂的IF信號，由混波器產生的眾多頻率中過濾出來。使用者可藉由頻譜分析儀板上的RBW控制鈕選擇不同的3dB頻寬的RBW濾波器。由圖六中可看出，RBW設的愈窄，所觀察到的頻率分佈就越細微，也降低了雜訊位準。

頻率控制振盪器(VCO) 頻譜分析儀上VCO的頻率，必須由高於最高輸入頻率延伸到至少最高輸入頻率兩倍的頻率以上。對工作在1GHz以上的頻譜分析儀而言，這就代表著振盪器至少要有1GHz到3GHz。在實際的設計中，大多數為2GHz到3.5GHz左右。這種頻率範圍通常需要具有精密電路的振盪器，而非低頻振盪器中典型的線圈與電容。

檢波器(Detector) 我們若直接將中頻信號輸出到螢幕上，會造成一團雜波。所以必須透過檢波器，將中頻的AC信號振幅轉換為直流電壓，再輸出到螢幕行程相對的

傳值偏低，已呈現各個頻率的大小。現行的頻譜分析儀，大多以數位取樣的方式，將波形呈現在螢幕上。

視訊頻寬 (Video Bandwidth, VBW) 中頻振幅的直流偏壓送到螢幕之前，還要經過視訊濾波器。它是一個低通濾波器，可將螢幕的垂直偏壓變化變的比較平緩。

一般來講，超外差式的頻譜分析儀混頻之後因為中頻放大的緣故，可以得到較大的靈敏度，且改變中頻濾波器的頻帶寬度，能夠很輕易的改變頻率的解析度。但由於超外差式的頻譜分析儀是在頻域內掃描的緣故，因此無法得到即時性(Real Time)的分析(瞬間分析全部頻譜)，除非要將掃描時間趨近於零。況且，若使非中頻濾波器的時間常數小的掃描時間來掃描的話，則無法得到信號的正確振幅(即功率)，因此想要提高頻譜分析儀的頻率解析度，且要得到精準的響應，掃描的速度要調整的很適當。由上述的理由可以得知，在超外差的頻譜分析儀中，較無法分析瞬時信號(Transient Signal)或單一脈衝信號(Impulse)，而主要應用在測試週期性信號或者其他雜訊信號。

三、頻譜分析儀的操作特性

頻率解析度與頻帶寬度 (Frequency Resolution and Bandwidth)

頻率解析度乃是頻譜分析儀對於一些頻率相隔很近之信號區分的能力。在兩個因素來決定此解析度：中頻放大器的頻帶寬度或選擇性(Selectivity)；另一個為頻譜分析儀本身的頻率穩定度(Stability)，此穩定度決定於頻率漂移(Drift)、殘餘的FM信號(Residual FM)，以及本地振盪器上面的雜訊大小。

掃描靈敏度衰減(Sweep Desensitization)

掃描靈敏度的衰減乃是因為頻譜分析儀的掃描速度太快所致。他將會造成對振幅、選擇性與解析度上面的損失但是他仍可以加以改善。當掃描信號被維持在中頻濾波

器的頻帶寬度而在足夠長的時間允許信號的幅度在濾波器中建立一個適當值，則在一個簡單的規則就可以避免掃描靈敏度的衰減，即掃描的速度(Hz/s)不可超過中頻濾波器3dB頻寬的平方。

靈敏度 (Sensitivity)

衡量最微弱信號檢出的能力稱為靈敏度。而最大靈敏度是由頻譜分析儀所產生的雜訊來決定。通常部分的雜訊分成兩種，熱雜訊與其他雜訊。熱雜訊的電功率為：

$$P_N = KTB$$

P_N = 雜音電功率

K : Boltzman Constant (1.38×10^{-23} Joule/°K)

T : 絕對溫度

B : 非 Hz 表示系統的頻帶寬度

由此可知雜訊大小直接與頻帶寬度成比例，因此，頻譜分析儀的分析能力，當頻帶寬度下降1/10時，雜訊水平(Noise Floor)會減少10dB，靈敏度也就改善10dB。

四、頻譜分析儀主要的設定參數

頻譜分析儀通常提供下列幾個基本設定的參數，如圖1所示。

- (A) 頻率顯示的範圍：顯示頻率的範圍可以經由設定開始頻率和截止頻率(也就是頻率的最大值與最小值)，或者也可以設定想要的中心頻率再設定所要展開的頻寬。
- (B) 位準顯示範圍：設定此範圍在位於最大位準的顯示與間距，以圖1-6為例，參考位準設為-20dBm而總範圍為80dBm(一格10dB)。
- (C) 頻率的解析度：當頻譜分析儀以外差式原理來操作的話，頻率的解析度是由IF Filter的頻寬來設定的，

也就是上面所提到的RBW。

(D) 掃描時間(Sweep Time):這主要針對以外差式的頻譜分析儀來設定。這是指紀錄我們所要全部頻率範圍所需的時間，稱為Sweep Time。如果我們希望得到較小的解析頻寬，則所花的Sweep Time就會變長。

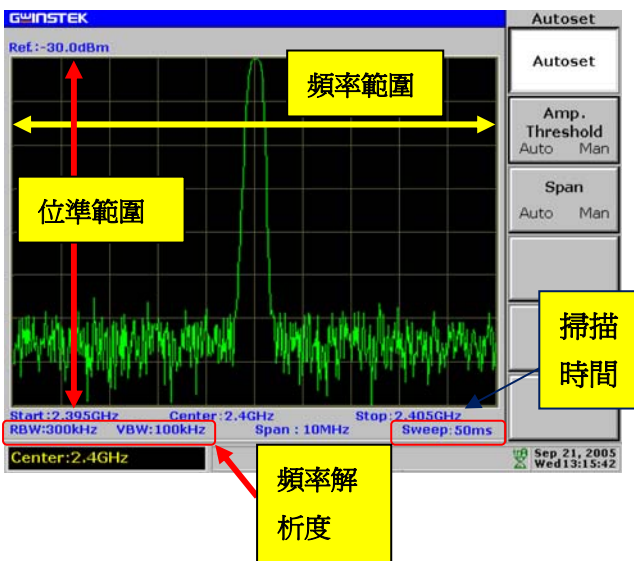


圖 8 頻譜分析儀示波器

二、常見之頻譜分析儀配件介紹

一台頻譜分析儀，如果沒有適當的配件或者連接線材等週邊產品來輔助，其實是無法發揮其功效的，就像是一台電腦只有主機而無其他如螢幕、鍵盤、滑鼠等週邊一樣的意思。在這邊介紹幾種常見的頻譜分析儀配件，提供給購買認識，也讓購買者知道該怎樣去選擇需要的配備來將儀器發揮到最大效用。

接頭介紹

在一台頻譜分析儀上，在RF輸出端通常會有兩種不同的接頭，BNC頭跟N-Type頭兩種，如圖八所示；對於一個測試系統來說，BNC接頭的頻譜分析儀通常能測試的範圍比較小，且透過BNC所測試出來高頻的部分較容易產生誤差，所以在現今的高頻測試儀器，幾乎都是使

用 N-Type 的接頭為主。



(a) N Type 接頭



(b) BNC 接頭

圖 8 頻譜分析儀 RF 埠測試接頭 (a) N Type 接頭 (b) BNC 接頭

而在測試系統中，就有各類型的接頭來做測試。常見的接頭除了 N Type、BNC 接頭外，另外還有最常見的 SMA 接頭、F 接頭等常見的接頭，如圖 9 所示。SMA 接頭常用在高頻測試或者電路板連接的部分，在本教材的模板上，其測試接頭也都是以 SMA 接頭為主；F 接頭較常用在傳統電視系統中，或者在 AV 信號中也會常看見它的影子。其他還有像是 TNC 接頭、M 接頭、UHF 接頭等這類型的接頭，較常在無線電系統中被使用；這些類型的接頭雖然在 RF 通訊系統中並不會時常用到，但是在測量某些特殊規格或者測試過程中還是有可能會使用到。



(a)N-BNC 接頭



(b)N-SMA 接頭



(c)N-F 接頭

圖十 各類型接頭 (a)N-BNC 接頭 (b)N-SMA 接頭 (c)N-F 接頭



(a)RG316 線材



(b)RG223 線材



(c)RG58 線材

圖十 常見的測試線材類型 (a)RG316 (b)RG223 (c)RG58

線材介紹

當儀器在適合的接頭可以做連接後，接下來要選定的就是適合的線材了，通常線材的分類是以訊號衰減量、阻抗值、導體材料等單位來作區分；常見的RF線材

有幾個型號，RG223、RG316等這類型的線材較常使用在高頻通訊上；RG58、RG59等這類型線材較常用在低頻通訊上。在本課程的實驗中，在RF部分的量測常見的是以RG316線材來作測試線材。如圖十所示為常用的測試線材。

六、頻譜分析儀的應用

頻譜分析儀的應用非常的廣，依照不同的待測物、不同的信號即可變化出各式各樣的測試方式，在此提出幾個較常見的測試方式。

傅立葉分析驗證

傅立葉轉換(Fourier Transform)是一種目前十分重要的而且廣泛應用於各行業的數位訊號分析技術，當儀器測量所得的訊號為時間-振幅的數據時，可以使用傅立葉轉換將此一訊號轉換為頻率-振幅，從而進行此一訊號的頻率特性的分析。

傅立葉積分的定義為：

$$h(f) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t)e^{-j2\pi ft} dt \quad (t > 0)$$

對於滿足狄利赫利條件的週期信號，可展開成對應的數學式為：

$$x(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega_0 t + b_n \sin n\omega_0 t)$$

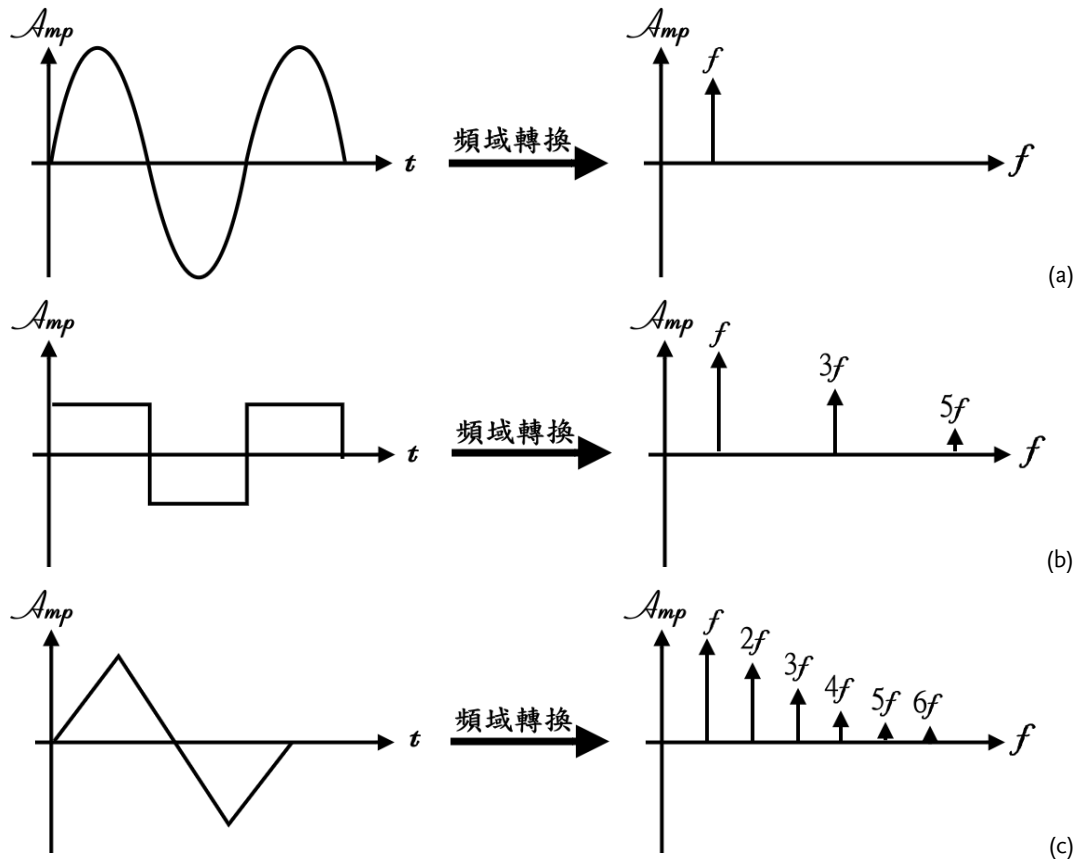
其中

$$a_0 = \frac{1}{T_0} \int_{-T_0/2}^{T_0/2} x(t) dt$$

$$a_n = \frac{2}{T_0} \int_{-T_0/2}^{T_0/2} x(t) \cos \omega_0 t dt$$

$$b_n = \frac{2}{T_0} \int_{-T_0/2}^{T_0/2} x(t) \sin \omega_0 t dt$$

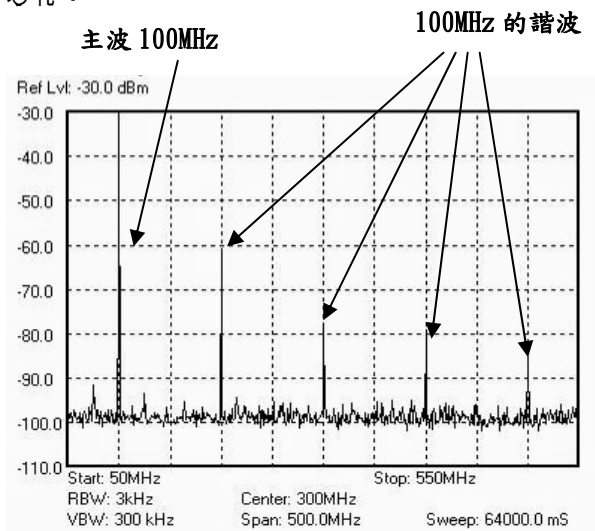
式中： a_0 、 a_n 、 b_n 為傅立葉係數； T_0 為週期，也就是信號基頻成分的週期； $\omega_0 = 2\pi/T_0$ 為信號的基



圖十一 (a)正弦波信號頻譜 (b)方波信號頻譜 (c)三角波信號頻譜

頻， $n\omega_0$ 為 n 次諧波。

而正弦波、方波、三角波等的頻譜如圖十一所示，使用信號源輸入到頻譜分析儀中即可驗證各波型的頻譜變化：



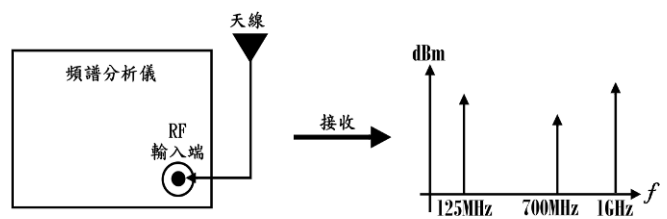
圖十二 正弦波電壓表示圖

諧波量測

任何的信號都會有所謂的諧波效應，比較不同的是電路的設計將諧波效應抑制下來，例如使用一占信號源送入 100MHz 訊號，在其 N 倍頻下通常能看到其諧波的信號，如圖十二所示。

通訊範圍與頻多測量

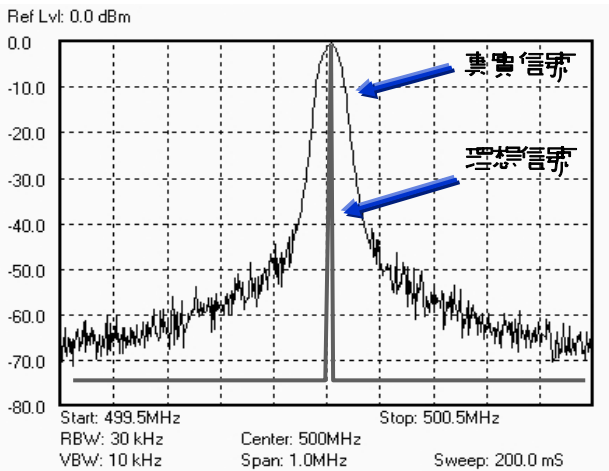
在頻譜分析儀上裝設天線可以接收到天線響應範圍內的信號，例如電台信號、無線電信號、手機信號等。如圖十三所示，在接收範圍內有 125MHz、700MHz、1GHz 等信號出現，在頻譜儀上就可很清楚的接收到。



圖十三 通訊範圍示意圖

相位雜訊測試

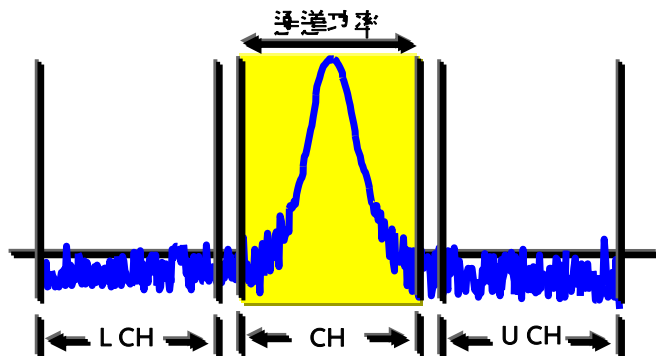
一個理想的信號，在頻譜分析儀上可以用一條垂直線來代表，換句話說，只存在此頻率上才有信號的功率值，在信號的左右完全沒有功率。但在真實的世界中，因為物理特性的關係，是不可能存在如此完美的信號存在，如圖十四所示。一個信號除了本身的頻率之外，還會在殘留的功率在其附近，這就被稱為相位雜訊。



圖十四 相位雜訊表示圖

通道功率

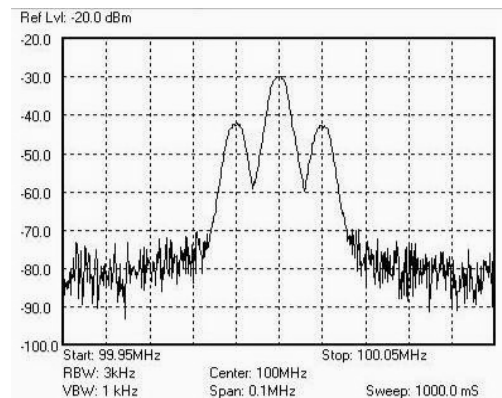
通道功率是以設定通道寬度的大小的頻寬來測定，來計算其中的總功率值；例如的信號頻寬設定在 1MHz（即中心頻率左右各 500kHz），那通道功率就以這個範圍來測量整個頻寬中的總功率；換言之，如果頻寬設定在 100kHz，那通道功率就會以 100kHz 的總功率來作計算。圖十五為通道功率的示意圖。



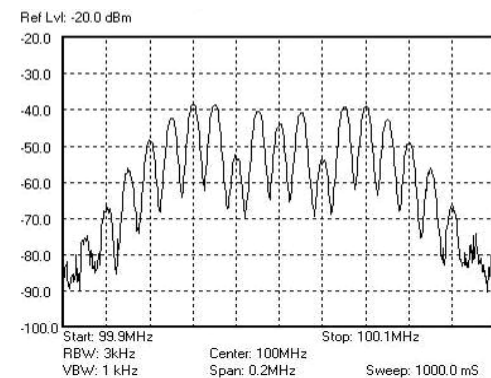
圖十五 通道功率示意圖

調變信號測試

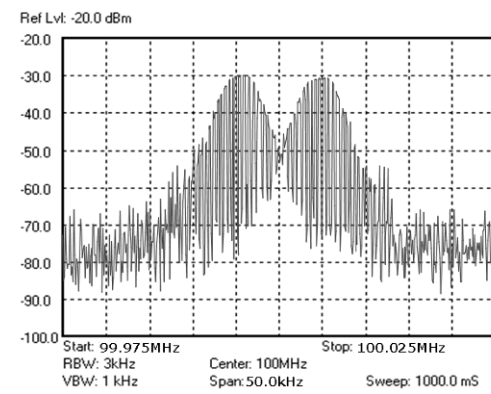
在目前的數位信號中，幾乎都是屬於調變信號的信號，因為調變信號可以加強信號的安全性，常見的調變信號有 AM、FM、FSK 以及其他常被提及的調變方式。且不同的調變信號可以讓設計者或者系統中來判別，該接收到的信號是否為所想要的信號，圖十六即是使用頻譜分析儀來作信號檢測的圖例。



(a) AM



(b) FM



(c) FSK

圖十六 調變信號測試圖

(a)AM 信號測試 (b)FM 信號測試 (c)FSK 信號測試

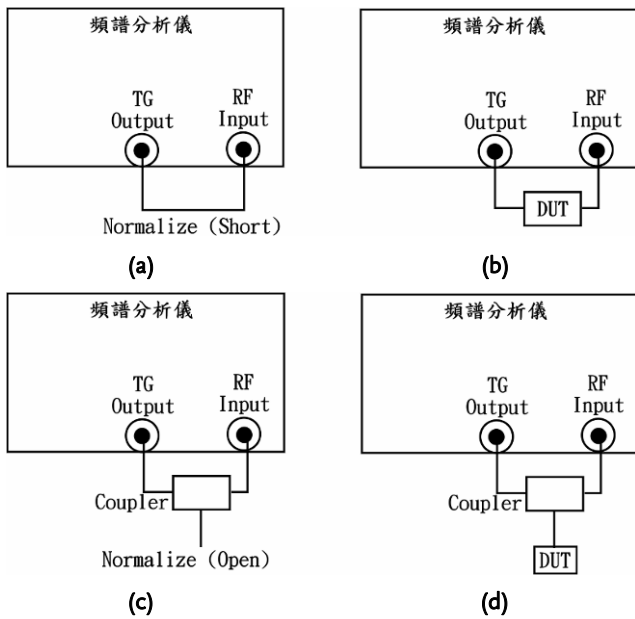
Gain/Loss 的測量

當頻譜分析儀結合訊號追蹤器(Tracking Generator, TG)就成了一個激勵響應(Stimulus Response)量測系統。使用 TG 來發射信號可當作一信號發生器,把 RF 接收端當成接收器;由於 TG 與 RF 的信號同步,故可以很容易的找出產品的頻率響應點(Insertion Loss),且如果搭配 Directional Coupler 的配件,可量測返回損失(Return Loss)。不論在測頻率響應點或者返回損失,測時都必須先做標準化,通常標準化有兩種方式,短路與開路,如圖十所示。標準化的意義在於將儀器、製具、接頭、線材等的損失先行扣除而直接量測得出待測物本身發出信號的結果。

使用 Coupler 的方式,一般會使用橋接器來當作中間 Coupler,這樣的測方式,就會先將橋接器的 Source 端接上 TG、Reflected 接到 RF 端,然後將 DUT 端先行開路,等標準化之後再將待測物接上 DUT 端即可測完成。

六、頻譜分析儀的解析書

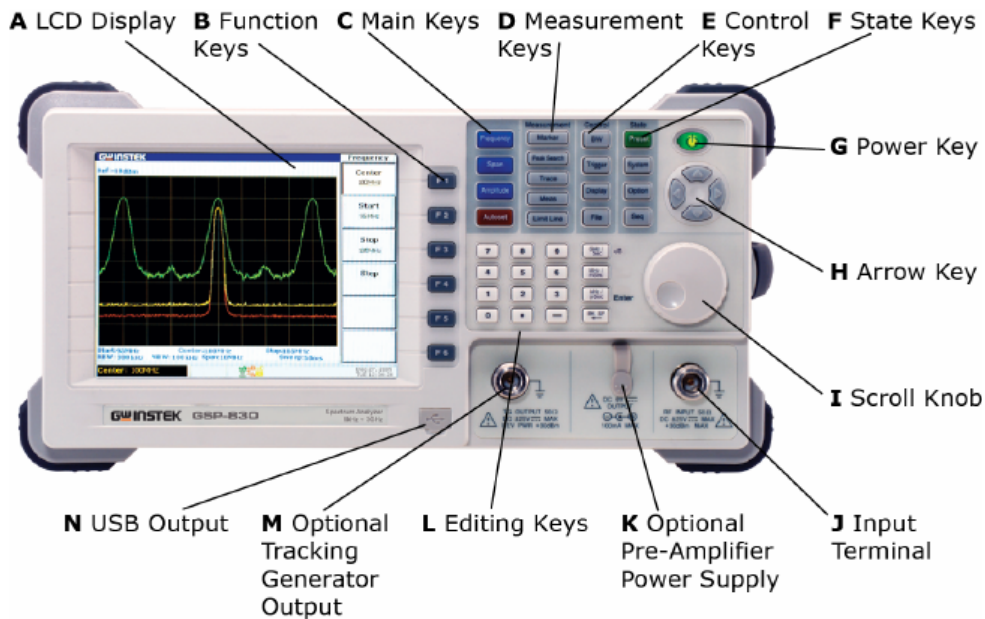
前面介紹了頻譜分析儀的概念、基本原理與應用,這個部份介紹頻譜分析儀的面板,讓大家認識頻譜分析儀在面板上分成哪些區塊,使用者對於區塊的功能該怎樣去使用。接下來我們以 GW Instek GSP-830 (圖十八)來解析頻譜分析儀的各個部分:



圖十 Gain/Loss 的測量方式 (a)測 Insertion Loss 的標準化 (b)標準化之後將待測物放上 (c)測 Return 的標準化 (d)標準化之後將待測物放上

一般來說,直接使用 TG 來傳送信號、用 RF 來接收信號的測方式(即中間無耦合器等線路),其標準化會先將待測物拿掉,先行將兩端短路,然後利用頻譜分析儀的標準化功能(一般需要去安裝 TG 才會開啟這個功能)校正後,再將待測物放上即可測;而另一種

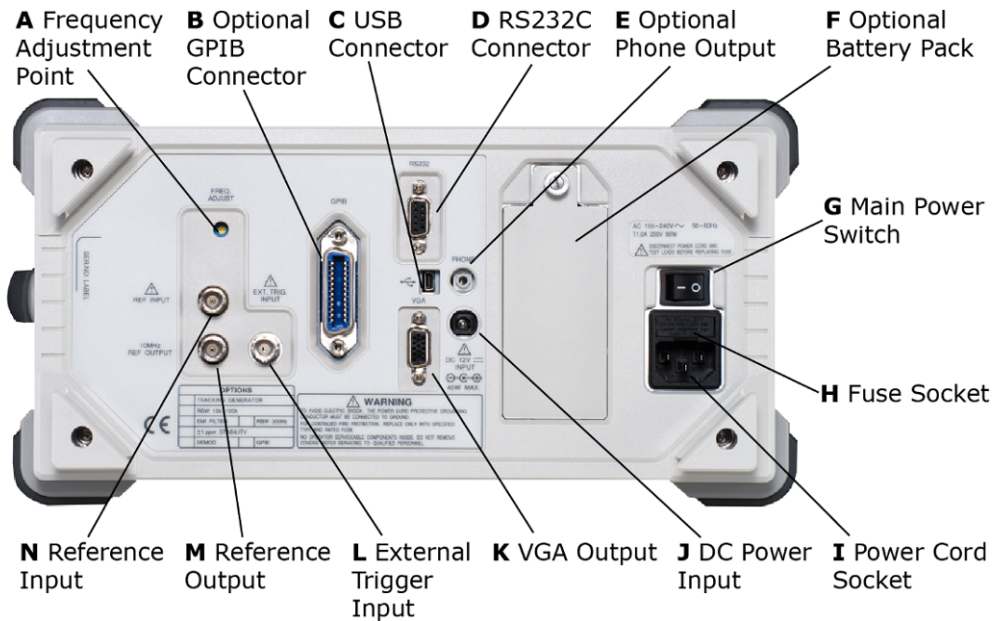
新元件



圖十八 (a) 頻譜分析儀新元件圖 (以 GSP-830 為例)

A	LCD Display	液晶顯示器，主要用來顯示波型以及系統相關資訊。
B	Function Keys	功能功能鍵，搭配執行面板上按鍵的功能指令。
C	Main Keys	主功能鍵，通常包含有 Frequency、Span、Amplitude，為頻譜分析儀中最基本使用的按鍵。
D	Measurement Keys	量測功能鍵，通常包含有 Marker、Peak、Trace 等功能，主要使用於取得波型的其他相關資訊。
E	Control Keys	控制鍵，主要用來變更部分的控制參數，如頻寬、信號觸發、存取功能等。
F	State Keys	狀態鍵，通常用來顯示頻譜分析儀的使用狀態，如系統狀態、配件狀態等。
G	Power Key	電源鍵，用來選擇 Standby 模式 (紅色 LED On) 和 Power On 模式 (綠色 LED On) 之間的電源狀態。
H	Arrow Key	方向鍵，用來選擇不同的狀況的參數。
I	Scroll Knob	旋轉按鍵用來設定或選擇參數，在很多情況下可和方向鍵一起使用。
J	Input Terminal	RF Input，用來接受待測輸入信號，最大為 +30dBm, DC ±25V。輸入阻抗為 50Ω。
K	Pre-Amplifier Power Source	前置放大器電源供應埠，來提供選購的前置放大器 GAP-801/802 的 DC 9V 電源。
L	Editing Keys	數字鍵，用來設定不同的參數，在很多情況下和方向鍵和旋轉按鍵一起使用。
M	Tracking Generator Output (Optional)	追蹤發生器輸出埠 (選購型號)，TG output 埠用來輸出追蹤發生器信號。
N	USB Output	USB 輸出連接器，USB host, A-Type，公座連接器用來提供儲存和輸出資料或顯示影像。

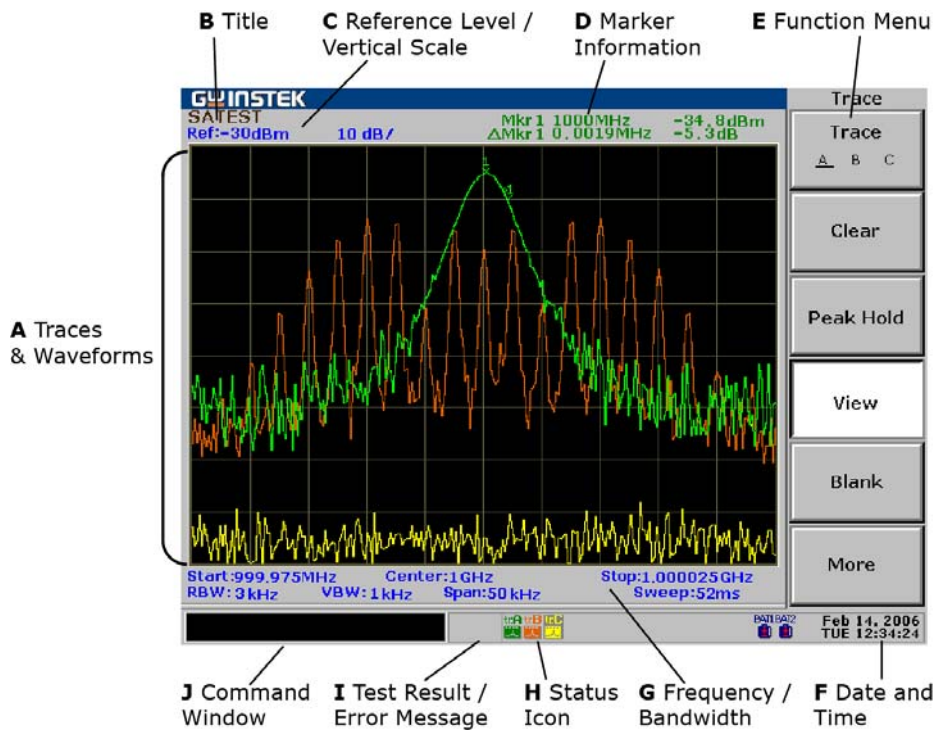
後面板



圖十八 (b) 頻譜分析儀後面板圖 (以 GSP-830 為例)

A	Frequency Adjustment Point	頻率調整點，調整內部參考信號頻率，只用於維修服務。
B	Optional GPIB Connector	GPIB 連接器(選購配備)，24 pin 母座 GPIB 連接器用於遠端控制。
C	USB Connector	USB 連接器，Mini-B 類型連接器用於連接 PC 軟體，和遠端控制。
D	RS232C Connector	RS232C 連接器，9 pin 母座連接器用於連接 PC 軟體，和遠端控制。
E	Optional Phone Output	音頻輸出埠(選購配備)，3.5mm 音頻輸出埠用於語音輸出。需安裝 AM/FM 解調器才可使用。
F	Optional Battery Pack	電池組(選購配備)，電池組在手持時使用。
G	Main Power Switch	主電源開關，用於打開/關閉電源。
H	Fuse Socket	保險絲插座，保險絲值為 T1.6A 250V。
I	Power Cord Socket	電源線插座，100~240V, 50/60Hz AC 電源線。
J	DC Power Input	DC 電源輸入，電源輸入為 DC 12V，40W 最大值。
K	VGA Output	VGA 輸出，15pin 母座 VGA 連接器可輸出 640 x 480 的解析度的顯示影像到外部顯示幕或投影機。
L	External Trigger Input	外部觸發輸入，從外部的設備接收觸發信號。
M	Reference Output	參考輸出，輸出+5V TTL，10MHz 參考信號，使 GSP-830 與外部設備同步觸發。
N	Reference Input	參考輸入，從外部的設備接收信號，和 GSP-830 同步觸發。

顯示幕



圖十八 (c) 頻譜分析儀顯示幕 (以 GSP-830 為例)

A	Traces & Waveforms	軌跡和波形，輸入信號和軌跡出現在主顯示區域。輸入信號和軌跡 A:綠色，軌跡 B:紅色，軌跡 C:黃色。
B	Title	標題，目前顯示的標題，可由使用者自行自訂。
C	Reference Level / Vertical Scale	參考準位/刻度，參考振幅準位和垂直刻度。
D	Marker Information	游標資訊，顯示頻率和振幅的游標/△游標。
E	Function Menu	功能選項，按顯示器右邊 F1 到 F6 轉動功能鍵選擇所需的功能項目。
F	Date and Time	日期和時間，顯示目前的日期和時間。
G	Frequency / Bandwidth	頻率/帶寬，上：顯示開始/終止頻率和中心頻率。下：顯示視頻帶寬，分辨帶寬，頻率展頻，和掃描時間。
H	Status Icon	狀態圖示，此圖示顯示不作的系統狀況。詳細說明請參考以下狀態圖示概述。
I	Test Result / Error Message	測試結果/錯誤訊息，使用限制線或系統錯誤訊息進行 Pass/Fail 測試。
J	Command Window	一般的窗口，顯示選擇專案的目前狀態或輸入的參數如頻率或振幅。

六、頻譜分析儀的基本操作

從頻譜分析儀的概念、基礎原理到面板，透過實際的操作最能讓使用者印象深刻，以下的幾個實驗可讓使用者更熟悉儀器與其特性。

實驗項目

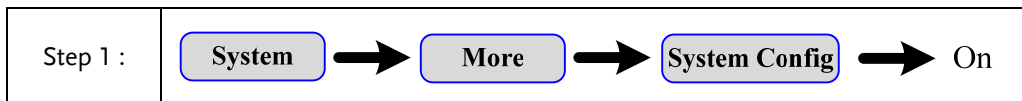
實驗一：頻譜分析儀的認識

實驗1-1：頻譜分析儀(GSP-830)儀器介紹

1. 介紹頻譜分析儀 GSP-830 的特點與規格，使學習者能夠了解頻譜分析儀的基本特點與規格。
2. 如圖十八，介紹頻譜分析儀 GSP-830 的前面板、後面板以及顯示幕各部分。
3. 介紹功能鍵區各個按鍵的功能。

實驗1-2：功能鍵操作練習 — 找出 GSP-830 儀器資訊

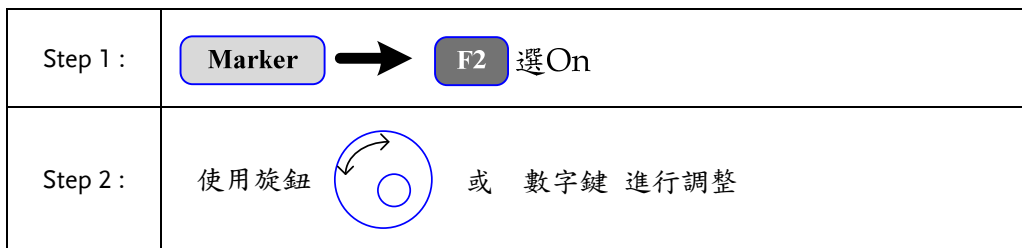
1. 如圖十八所示，或參照頻譜分析儀 GSP-830 面板，依照下面步驟按下頻譜分析儀上的按鍵步驟。



2. 判斷 LCD 上資訊(SW、FW、R、PM...等)。

實驗1-3：功能鍵操作練習 — 游標判斷

1. 如圖十八所示，或參照頻譜分析儀 GSP-830 面板，依照下面步驟按下頻譜分析儀上的按鍵步驟。



2. 判斷 LCD 面板上的資訊狀態。

實驗二：頻譜分析儀綜合操作

實驗2-1：找出並校正訊號


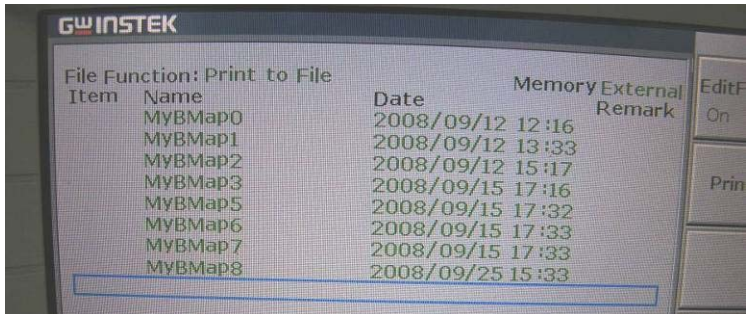
1. 如圖十八所示，或參照頻譜分析儀 GSP-830 面板，依照下列步驟按下頻譜分析上的按鈕步驟。

Step 1 :	System → Aux Sig → 選On
Step 2 :	Peak Search → Pk Search → Mkr > Center
Step 3 :	Span → 5 MHz / mSec
Step 4 :	Peak Search → Pk Search → Mkr > Center (如果波型不在畫面中央，請再次執行 Step 2)

2. 判斷 LCD 面板上的資訊狀態。


實驗2-2：波形畫面儲存

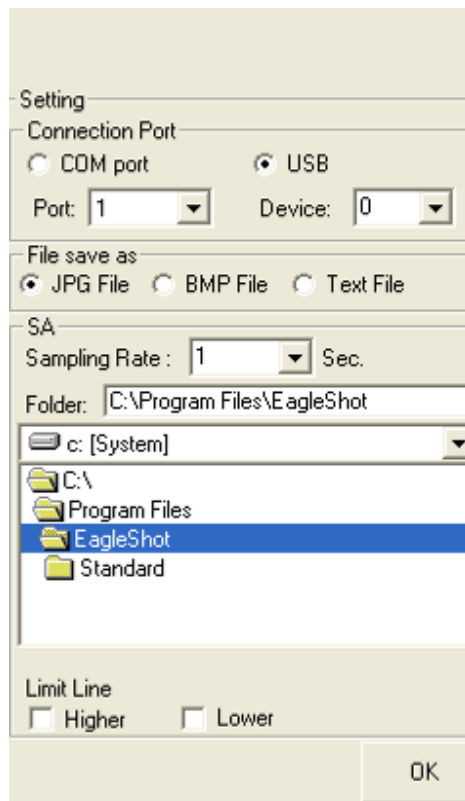
1. 依照實驗2-1 步驟 4 做完之後的最後一個畫面。
2. 儲存設定：




Step 1 :	將 USB 隨身碟插入前面板的 USB 插槽中
Step 2 :	確認畫面下方出現  圖樣，如無出現請拔掉重插。
Step 3 :	File → Print Screen → To Ext. Memory...
Step 4 :	使用方向鍵(上下)將畫面藍色框框移動到空白位置，如下： 
Step 5 :	F2 (Print Now) → kHz / μSec (Enter) → F6 (Return)

3. 使用 PC 觀察在 USB 隨身碟所儲存的檔案 (BMP 檔)

實驗2-3：使用 PC 擷取電

1. 依照實驗2-1 步驟 4 做完之後的最後一個畫面。
2. 請到該網站 GSP-830 產品區下載專用 PC 軟體 EagleShot。
3. 使用 RS-232C Cable 或 USB Cable 與頻譜分析儀 GSP-830 連接並安裝 EagleShot 軟體(RS-232C 不須跳線，如需使用 USB 連接請一併下載 USB Driver)。
4. 選擇工具列上  (Setting) 按鈕並設定連接方式 (Connection Port) 與其他參數。



5. 選擇  (Connect from PC) 按鈕將 PC 與軟體連接。
6. 按下  (Capture) 按鈕擷取波形於 EagleShot 中。
7. 將抓取的圖形使用  (Save to PC) 按鈕紀錄於表 1-1 中。

實驗三：頻譜分析儀應用操作

實驗3-1：傅立葉分析設置

1. 如圖十八所示，或參照頻譜分析儀 GSP-830 面板，依照下列步驟按下頻譜分析上的按鍵步驟。

Step 1 :	Frequency → F1 (Center) → 6 MHz / mSec
Step 2 :	Span → 8 MHz / mSec

2. 使用任意信號發生器接到頻譜分析儀的 RF 端並且設定 1MHz 的正弦波。
3. 將頻譜分析儀所量得之數據紀錄於表 1-2 中。
4. 使用任意信號發生器接到頻譜分析儀的 RF 端並且設定 1MHz 的方波。
5. 將頻譜分析儀所量得之數據紀錄於表 1-3 中。

實驗3-2：干涉測量

1. 如圖十八所示，或參照頻譜分析儀 GSP-830 面板，依照下列步驟按下頻譜分析上的按鍵步驟。

Step 1 :	Frequency → F1 (Center) → 3 MHz / mSec
Step 2 :	Span → 5 MHz / mSec
Step 3 :	Amplitude → - 2 0 GHz / Sec (dB)

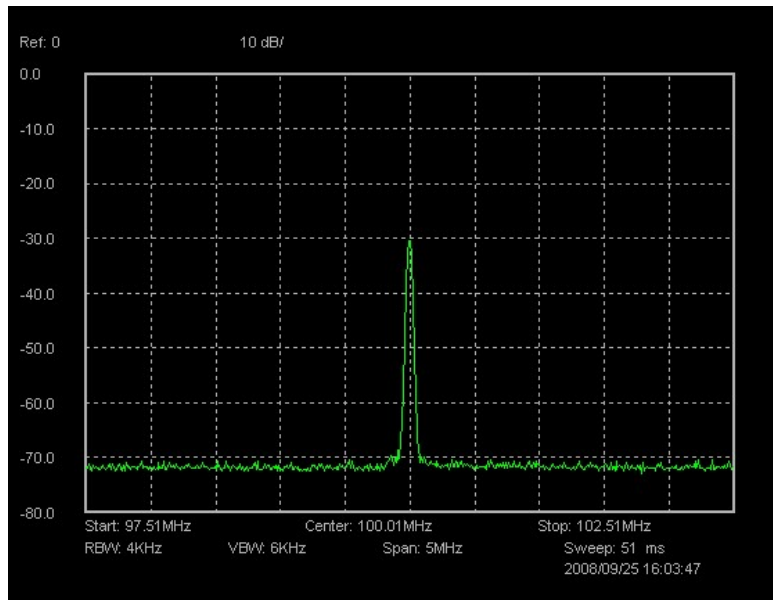
2. 使用 SG 或 FG 設定 1 MHz 正弦波並連接到頻譜分析儀的 RF 端。
3. 將頻譜分析儀所量得之數據紀錄於表 1-4 中。

實驗結果

實驗二：頻譜分析儀綜合鍵操作

實驗2-3：使用 PC 擷取電

表 1-1 使用頻譜 PC 端軟體抓圖顯示



實驗三：頻譜分析儀應阻操作

實驗3-1：傅立葉分析驗證

表 1-2 正弦波的驗證

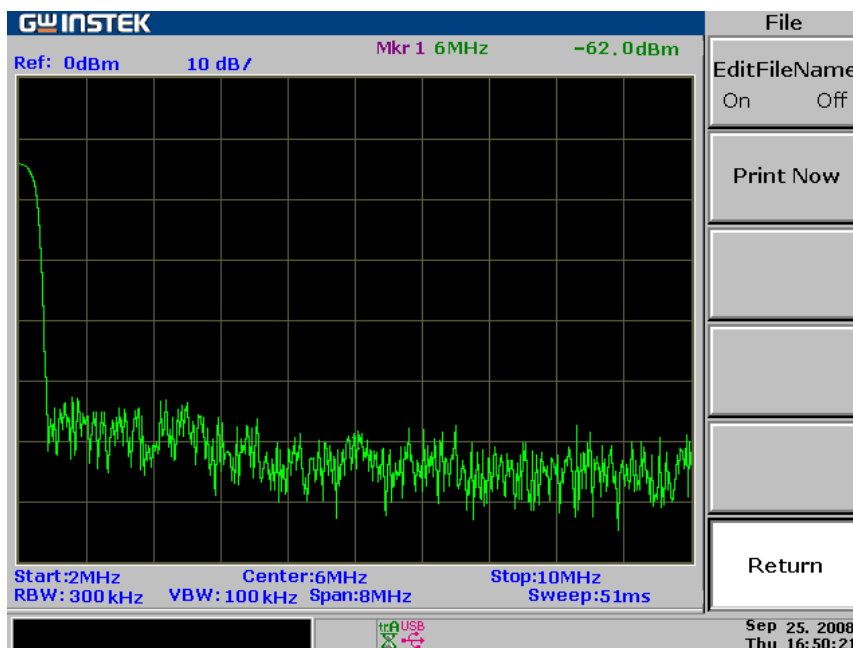
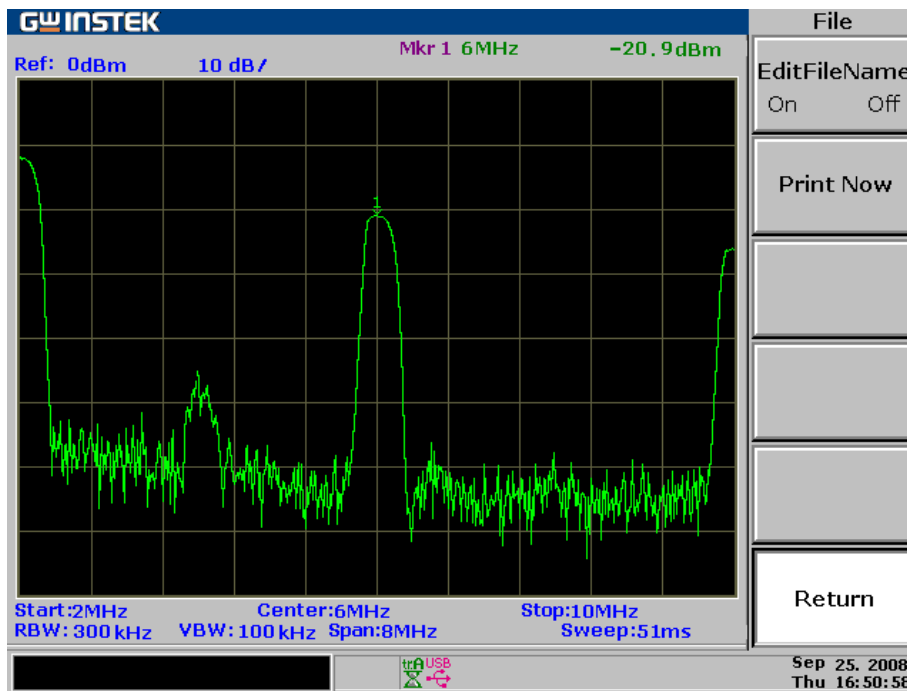
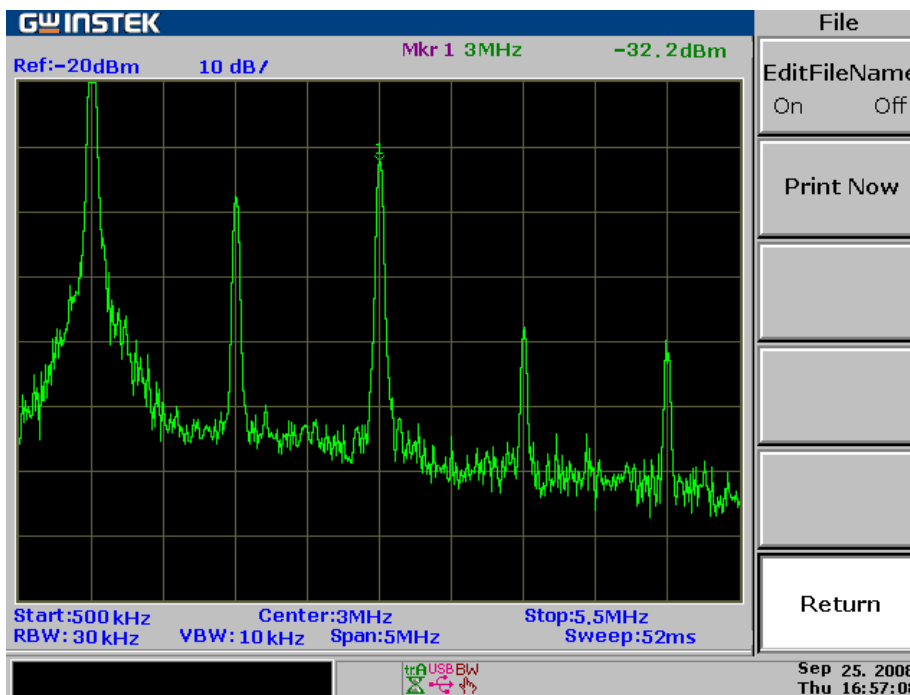


表 1-3 方波的驗證



實驗3-2：正弦波疊加

表 1-4 主波與疊波比較表

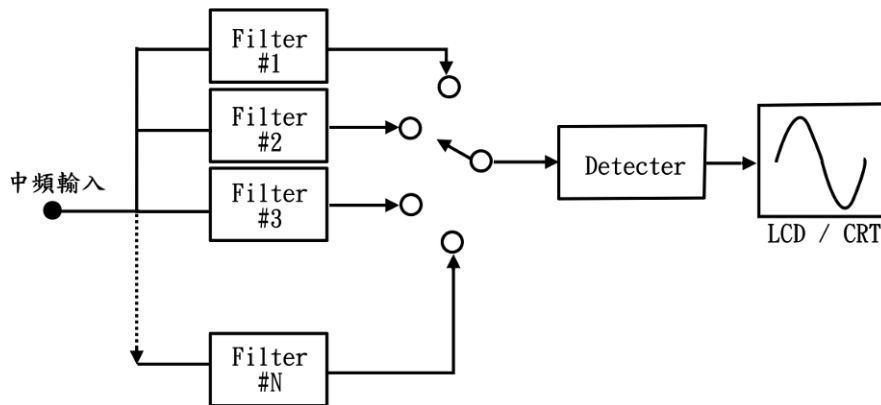


問題討論

1. Real Time 頻譜分析儀的架構。

答：

Real Time 頻譜分析儀能立即把信號濾出來，所以它使用了許多平行架構的濾波器來分佈在所有的頻寬範圍中，而信號一經輸入之後沒有 Delay 就能馬上表示出來，如圖所示。



2. RF 掃描方式的頻譜分析儀的動作原理

答：

RF 掃描方式的頻譜分析儀使用一個帶邊可調的濾波器(Tunable Filter)，由一掃描器來掃描帶邊寬度，進而使得相關的頻率信號通過並加在垂直偏壓板(即 CRT 中的橫軸)，而 CRT 中的水平軸受掃描器頻率區間的控制，使不同的頻率信號在水平軸上分別對應地呈現。

3. 頻譜分析儀主要設定參數有哪些？

答：

- (1) 頻率顯示的範圍：顯示頻率的範圍可以經由設定開始頻率和截止頻率(也就是頻率的最大值與最小值)，或者也可以設定想要的中心頻率再設定所要展開的頻寬。
- (2) 位準顯示範圍：設定此範圍在於最大位準的顯示與閾值。
- (3) 頻率的解析度：當頻譜分析儀以外差式原理來操作的話，頻率的解析度是由 IF Filter 的頻寬來設定的，也就是規格上上面所提到的 RBW。
- (4) 掃描時間(Sweep Time)：這主要針對以外差式的頻譜分析儀來設定。這是指紀錄我們所要全部頻率範圍所需的時間，稱為 Sweep Time。如果我們希望得到較小的解析頻寬，則所花的 Sweep Time 就會變長。

Global Headquarters

GOOD WILL INSTRUMENT CO., LTD.

No. 7-1, Jhongsing Road, Tucheng City, Taipei County 236, Taiwan
T +886-2-2268-0389 F +886-2-2268-0639
E-mail: marketing@goodwill.com.tw

China Subsidiary

INSTEK ELECTRONIC (SHANGHAI) CO., LTD.

8F, of NO.2 Building, No.889 Yishan Road, Shanghai China
T +86-21-6485-3399 F +86-21-5450-0789
E-mail: marketing@instek.com.cn

Malaysia Subsidiary

GOOD WILL INSTRUMENT (M) SDN. BHD.

27, Persiaran Mahsuri 1/1, Sunway Tunas,
11900 Bayan Lepas, Penang, Malaysia.
T +604-6309988 F +604-6309989
E-mail: sales@goodwill.com.my

U.S.A. Subsidiary

INSTEK AMERICA CORP.

3661 Walnut Avenue Chino, CA 91710, U.S.A.
T +1-909-5918358 F +1-909-5912280
E-mail: sales@instek.com

Japan Subsidiary

INSTEK JAPAN CORPORATION

4F, Prosper Bldg, 1-3-3 Iwamoto-Cho Chiyoda-Ku,
Tokyo 101-0032 Japan
T +81-3-5823-5656 F +81-3-5823-5655
E-mail: info@instek.co.jp

Korea Subsidiary

GOOD WILL INSTRUMENT KOREA CO., LTD.

Room No.805, Ace Hightech-City B/D 1Dong,
Mullae-Dong 3Ga 55-20, Yeongduengpo-Gu, Seoul, Korea
T +82 2 3439 2205 F +82 2 3439 2207
E-mail : gwinstek@gwinstek.co.kr

DISTRIBUTOR :