

# 高通濾波器

作者：周昱恆 楊嘉華 楊秋晟

中興大學物理系三年級

**摘要：**此實驗研究高通電路中 S 參數，高通電路設計利用 SMD 電阻  $1.5k\Omega$ 、SMD 電容  $1\text{ p f}$  和 PCB 電路板，將電阻與電容串聯，輸出電阻兩端輸出得高通濾波的功能，但在電源輸入此電路中，利用 CAD 算出導入電磁波通道為  $50\text{ 歐姆}$ ，輸入與輸出接頭選用 SMA 母接頭，預計工作頻率約在  $10\text{MHz}$ ，利用 VNA 量測電路中 S 參數值。

關鍵字：SMD 電阻、 SMD 電容、 PCB 電路板 、SMA 母接頭、VNA。

**前言：**所謂高通濾波器即是只容許高頻信號通過，但減弱頻率低於結

指頻率信號通過的濾波器，不同濾波器，對每個頻率的信號的

減弱程度不同，廣泛應用在音頻應用中使用：低音消除濾波器

或者是噪音濾波，這樣的濾波器能夠把高頻率的聲音引導至專

用高音喇叭(tweeter), 並阻止可能干 擾或者損害喇叭的低音

信號，(圖一)此實驗一階高通濾波器線路。不只在音響上的應

用，高通濾波器也用於數字圖像處理中在頻域中進行變換。

**目的：**我們此實驗利用(圖一)高通濾波器，欲達到我們預計工作頻

率  $1.06\times 10^9\text{Hz}$  Hz，再由 VNA 觀看實際電路與理想電路間，是

否有相應證。

**原理：**電子高通濾波器包括一個與信號通路串聯的電容器和與信號

通路並聯的電阻。電阻與電容的乘積 (RxC) 是時間常數；它與截止頻率成反比，在截止頻率上輸出信號的強度是輸入信號的一半 (-3 分貝(dB))：

$$f = \frac{1}{2\pi RC} \dots\dots(1)$$

其中 f 的單位是赫茲(Hz)，R 的單位是歐姆(ohm)，C 的單位是法拉(farad)。我們此次使用高通專用的 SMD 電阻(1.59kΩ) 與電容(1 p f)，截止頻率利用公式(1)得  $1.06 \times 10^9$  Hz，表當輸入頻率低於截止頻率會被此濾波器過濾，惟有頻率高於截止頻率可輸出。

(圖三)為高通濾波器，當  $f=0$  Hz 時，容抗為  $\frac{1}{2\pi fC} = \infty$  (歐姆)

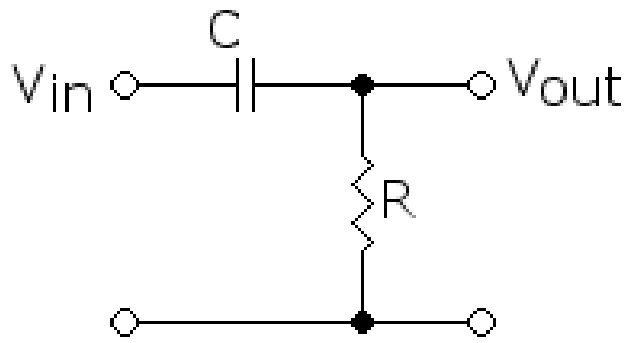
此時的電容看起來像開路，這時由分壓定率可得到輸出電壓為

$$V_0 = \frac{R}{R + \infty} V_i = 0 (V)$$

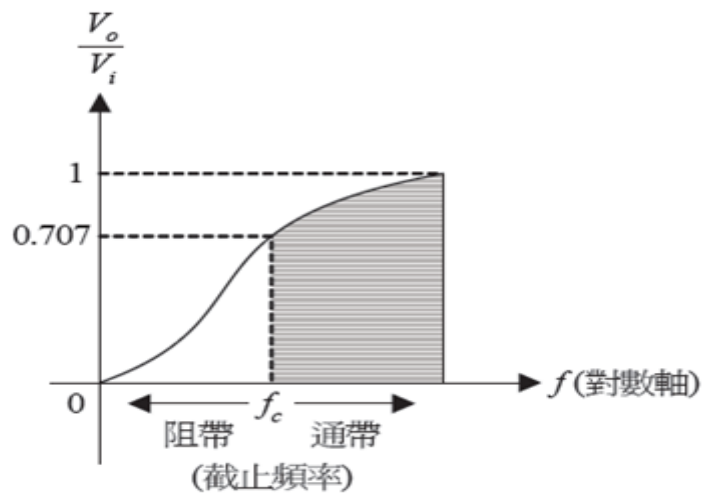
(圖四)為高通濾波器，當 f 極高時，容抗為  $X_C = \frac{1}{2\pi fC} = 0$  (歐姆)

此時的電容看起來像開路，這時由分壓定率可得到輸出電壓為

$$V_0 = \frac{R}{R + 0} V_i = V_i (V)$$



(圖一) 此為一階高通濾波器，也是此實驗所選用電路



(圖二) 高通濾波器的特性圖

**做法：**由(圖一)高通率波器設計圖，選用高通專用的 SMD 電阻與電容將元件焊接在電路板上，我們此電路板是選用雙玻 PCB 電路板，因將訊號輸入電路板中需有通道導入，故利用 CAD 程式算出  $50\Omega$  通路的線寬，將設計好的電路圖版，放置在 PCB 電路板上，利用曝光機與蝕刻溶劑，將電路圖印製再電路板上，我們將此電路圖設計分成 16 塊相同的電路圖，利於之後

若理論與成品有誤差時，有電路板分析各項誤差可能原因，

又由於光電路背板因要接地，須以酒精將電路板薄膜洗去。

實際成品圖：(圖五)正面和(圖六)背面。

分析：

### 1 理論：

理論上用公式(1)算出在截止頻率為  $3.28 \times 10^9 \text{Hz}$ ，其中  $1.5 \text{K}\Omega$  必須與  $50 \Omega$  並聯得到(1)式中的 R，因此高通濾波器的 S 矩陣為：

$$S = \begin{pmatrix} 0.293 & 0.707 \\ 0.707 & 0.293 \end{pmatrix} \quad \text{且為對稱矩陣。}$$

### 2 實驗：

但實際上由實驗(表一)得到截止頻率(取  $1.59 \times 10^9 \text{Hz}$ ):

$$S = \begin{pmatrix} 0.71 & 0.66 \\ 0.66 & 0.66 \end{pmatrix} \quad \text{其中 } S_{12} = S_{21} \text{ 為對稱與理論相符。}$$

但是我們在設計高通濾波器的電路時讓阻抗為 50 歐姆，在截止頻率下理論上可使得反射系數為 0.293，但是實際上卻有反射且反射系數為 0.71，而透射係數卻有 0.66，與 0.707 相近，但有耗損的現象，且由圖(七)圖(八)發現在 1.5G 處有不尋常的衰減現象，此現象還需進一步的研究。

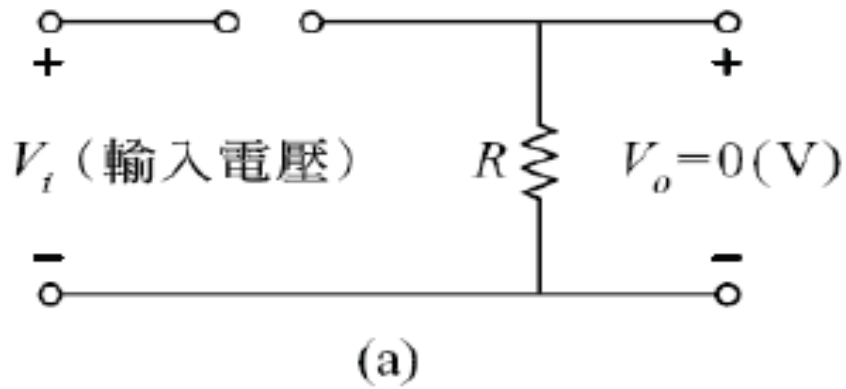
進一步的我們想將耗損降低，我們把模型中的電阻去除，我們發現在理論截止頻率的透射現系數更趨近於 0.707，因此發現確實是

電阻的號散使得模型與實驗有誤差。但實驗結果的截止頻率與理論還是有大約 2GHz 的差別。

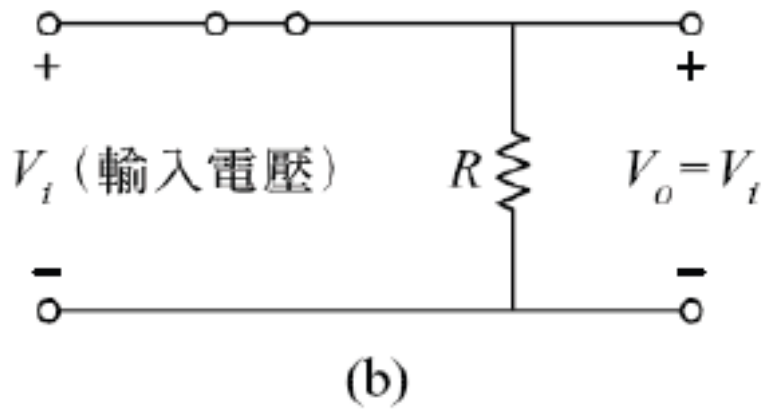
結論：

原來的濾波器設計是有電路圖的如(圖一)所示，而在經過我們量測之後，所得到的曲線衰減的太嚴重，於是我們就將電阻給拆掉，認為這是訊號衰減的最大因素，電阻的用途是為了曲線完美，於是我們就將電阻拆掉，進行量測得到(圖十)~(圖十七)的圖，將(圖十)和(圖八)對照一下，原本衰減處在 1.5G 左右有嚴重的衰減，再改良濾波器之後，變成在 0.885G 衰減，而且衰減的幅度並未如(圖八)那麼大，減少相當的多，所以我們原先假設電阻是嚴重衰減的主因是正確無誤的。我們的 SMA 接頭設計成 50 歐姆，主要原因就是為了和量測儀器 BNA 達成阻抗的匹配，但由 S11 和 S22 為反射的 S 參數，照圖的曲線來看，模型與實驗的結果還是有明顯的差異。

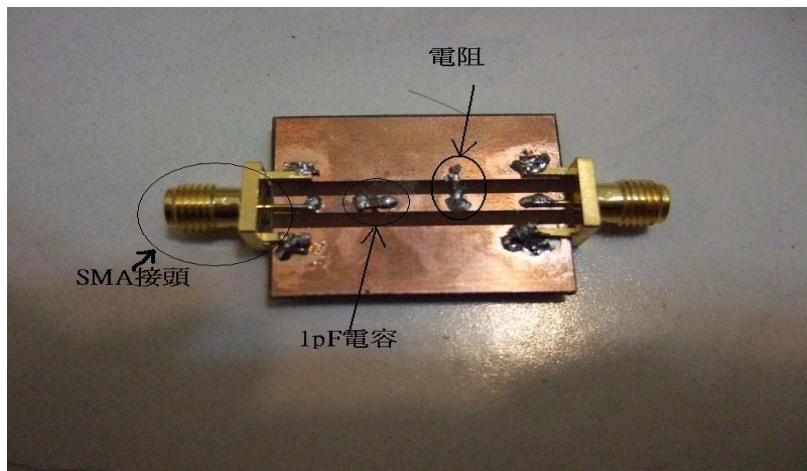
附錄：



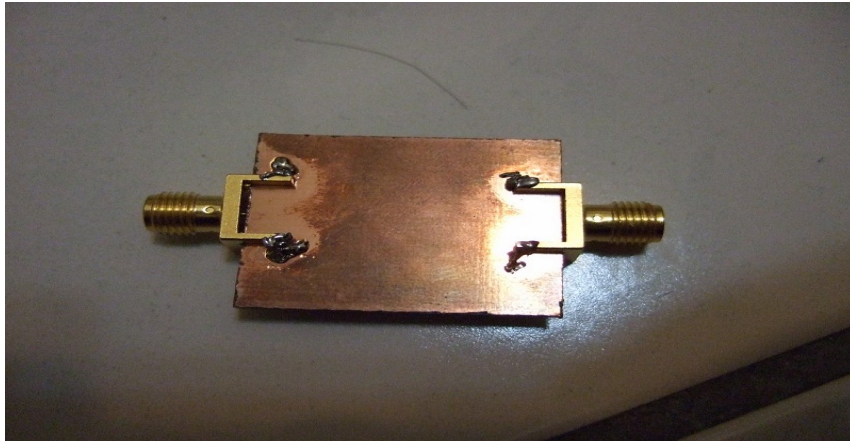
(圖三)  $f=0\text{Hz}$  之高通 RC 濾波器



(圖四) 頻率極高之 RC 濾波器



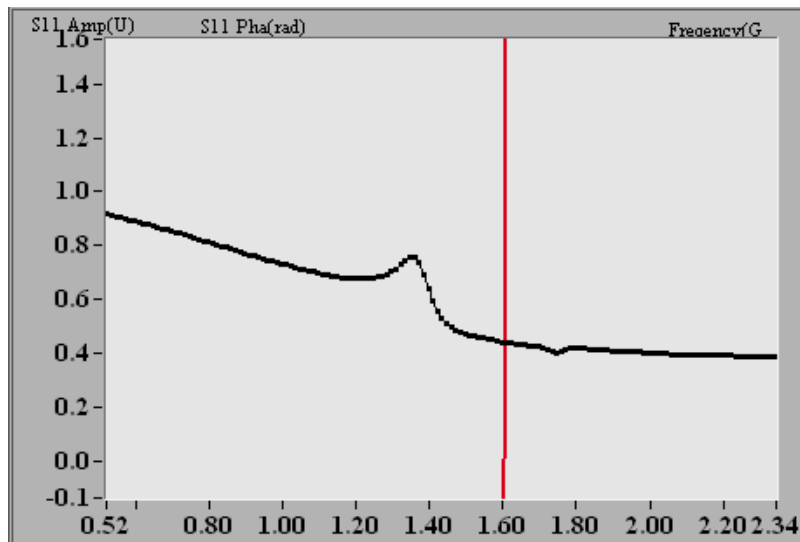
(圖五) 實際成品圖正面



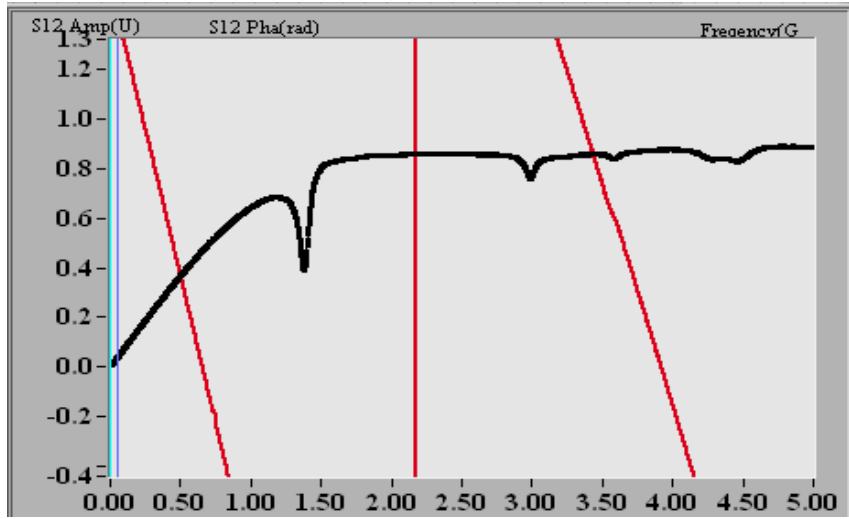
(圖六) 實際成品圖背面

	1.034(GHz)	1.047(GHz)	1.059(GHz)	1.072(GHz)	1.084(GHz)
S11	0.718	0.714	0.71	0.705	0.702
S12	0.652	0.655	0.66	0.663	0.666
S21	0.651	0.655	0.66	0.663	0.666
S22	0.667	0.663	0.66	0.656	0.652

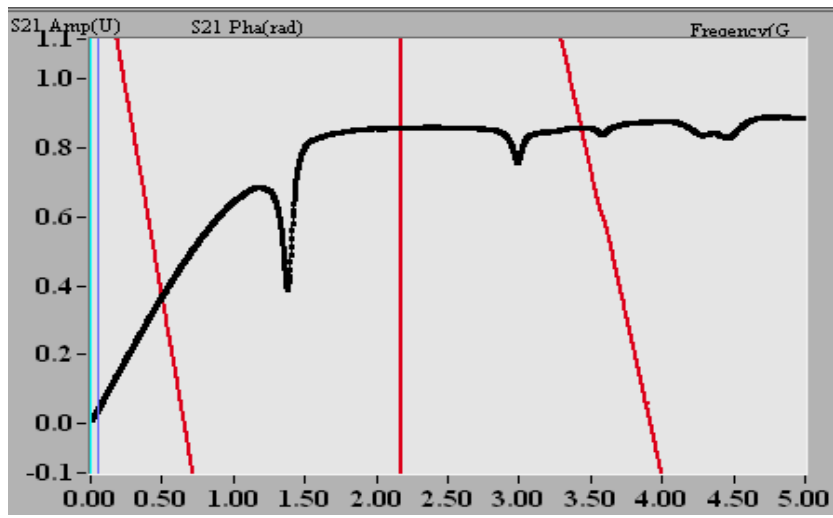
表一(紅色為取值範圍)



(圖七)

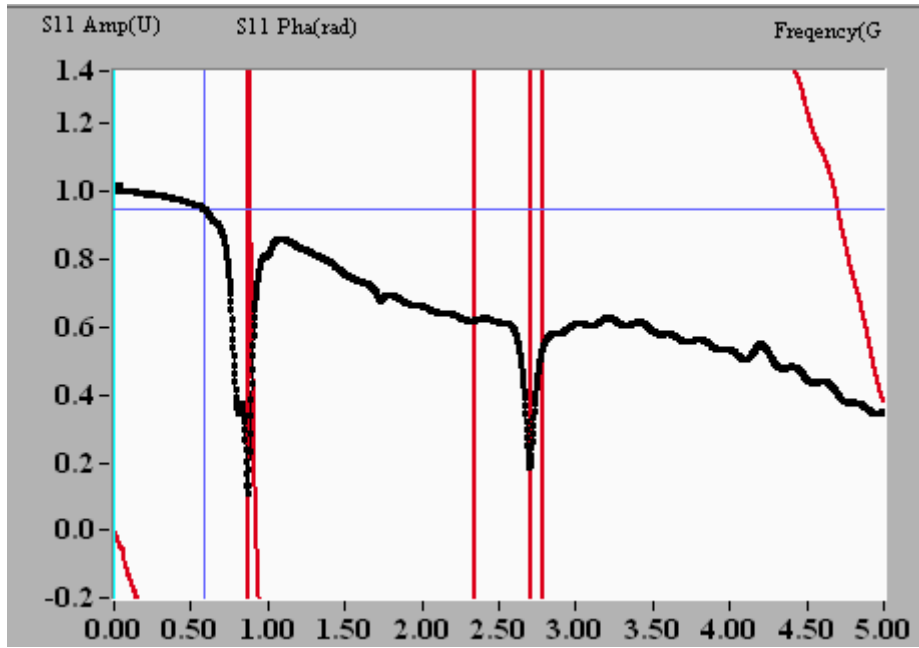


(圖八)

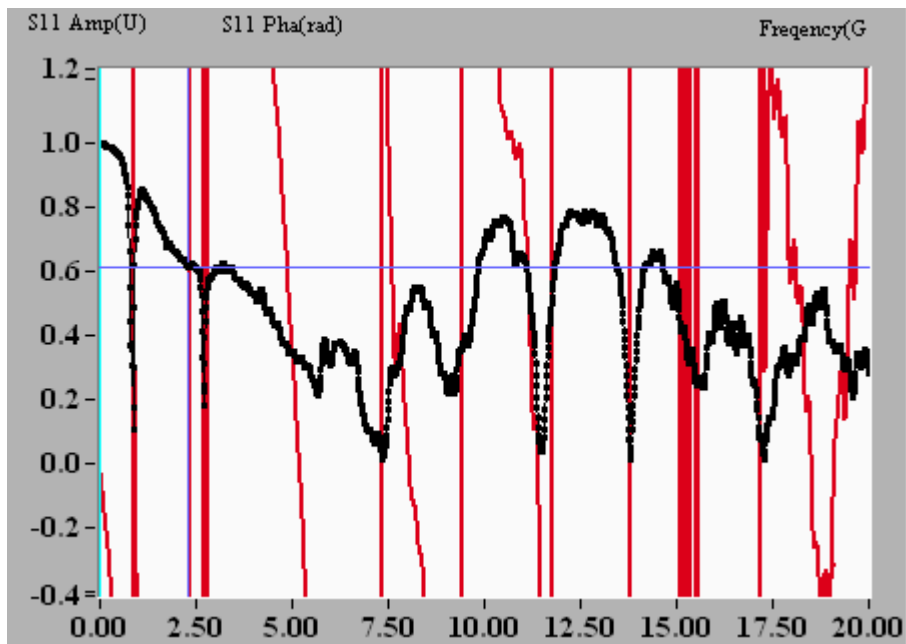


(圖九)

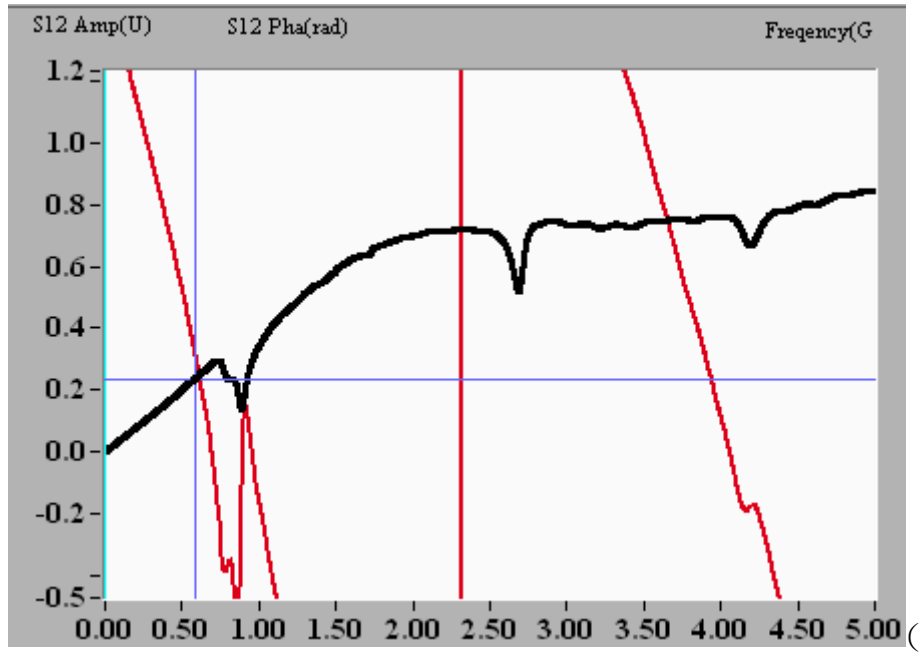




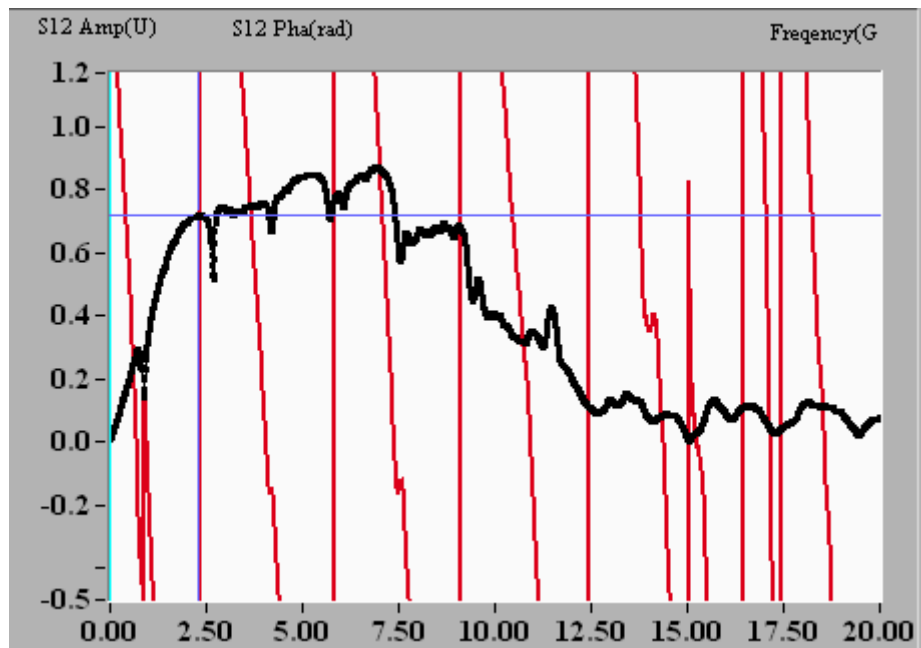
(圖十)為拆掉電阻之後的 S11 參數的曲線圖(0~5G 的顯示範圍)



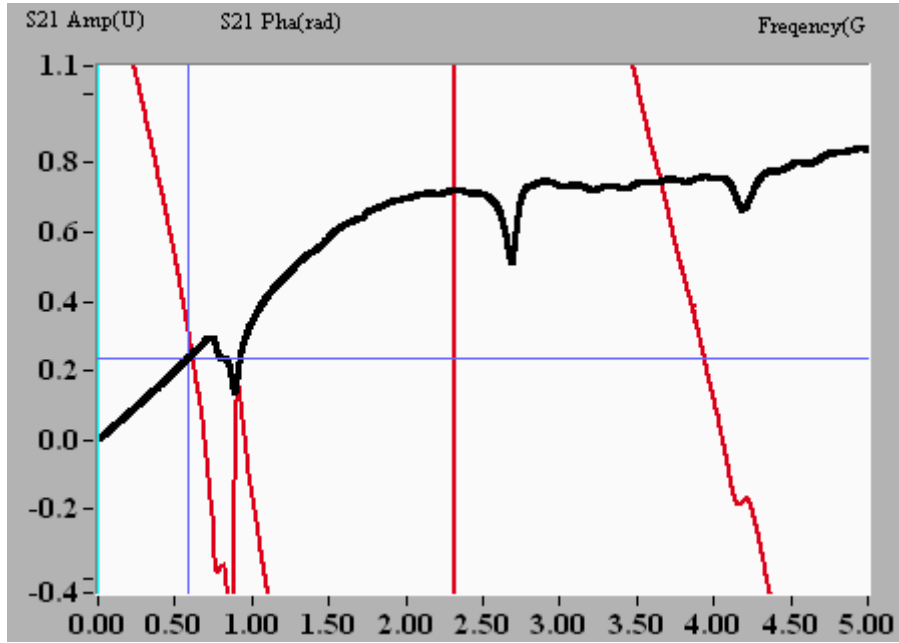
(圖十一)為拆掉電阻之後的 S11 參數的曲線圖(0~20G 的顯示範圍)



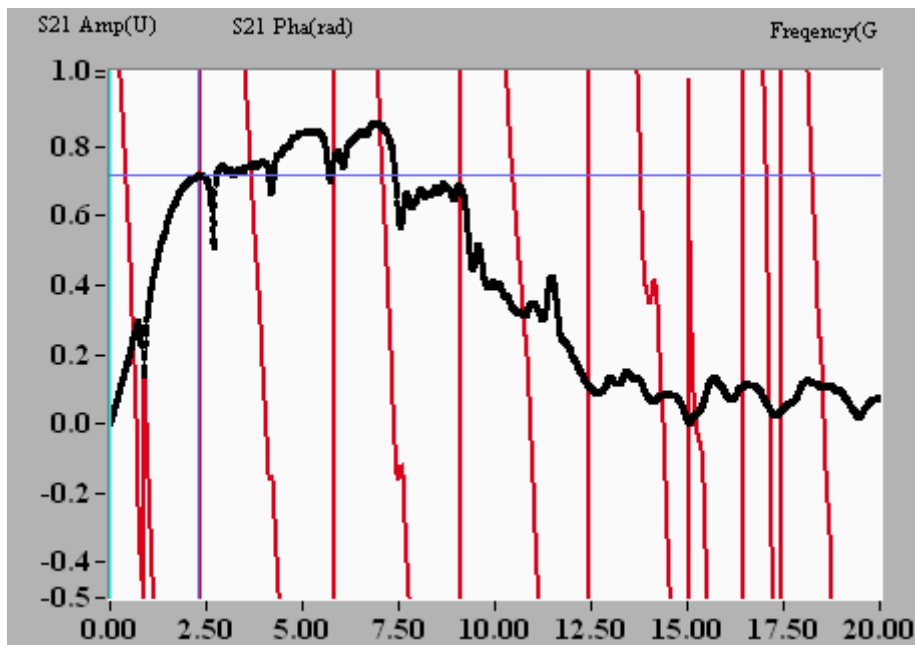
(圖十二) 為拆掉電阻之後的 S12 參數的曲線圖(0~5G 的顯示範圍)



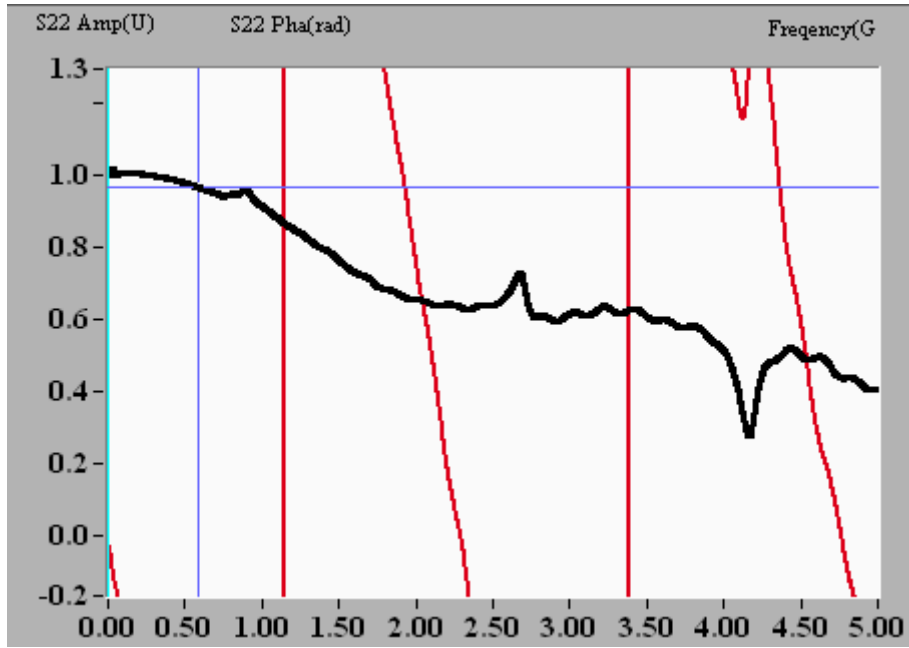
(圖十三) 為拆掉電阻之後的 S12 參數的曲線圖(0~20G 的顯示範圍)



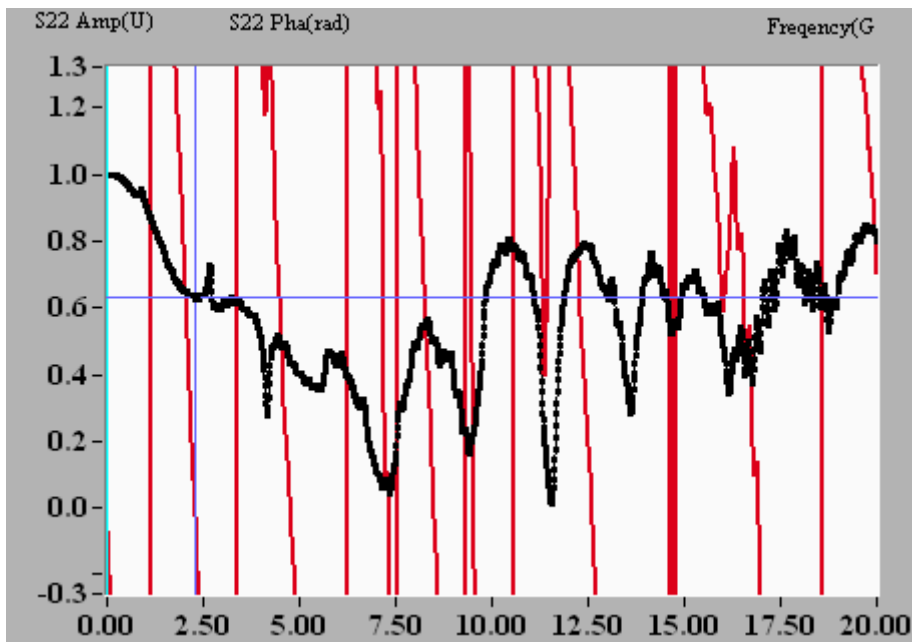
(圖十四) 為拆掉電阻之後的 S21 參數的曲線圖(0~5G 的顯示範圍)



(圖十五) 為拆掉電阻之後的 S21 參數的曲線圖(0~20G 的顯示範圍)



(圖十六) 為拆掉電阻之後的 S22 參數的曲線圖(0~5G 的顯示範圍)



(圖十七) 為拆掉電阻之後的 S22 參數的曲線圖(0~20G 的顯示範圍)

<參考資料>

· <http://blog.xuite.net/bwiiiychen/BW/22442886>

· <http://zh.wikipedia.org/zh-hk/%E9%AB%98%E9%80%9A%E6%BB%A4%E6%B3%A2%E5%99%A8>

· <http://blog.xuite.net/bwiiiychen/BW/22442886>