

第七章 實驗六：耦合器

1. 目的：設計、製作及量測 3dB 微帶線 branch line 耦合器或 rat-race 耦合器。
2. 設計原理

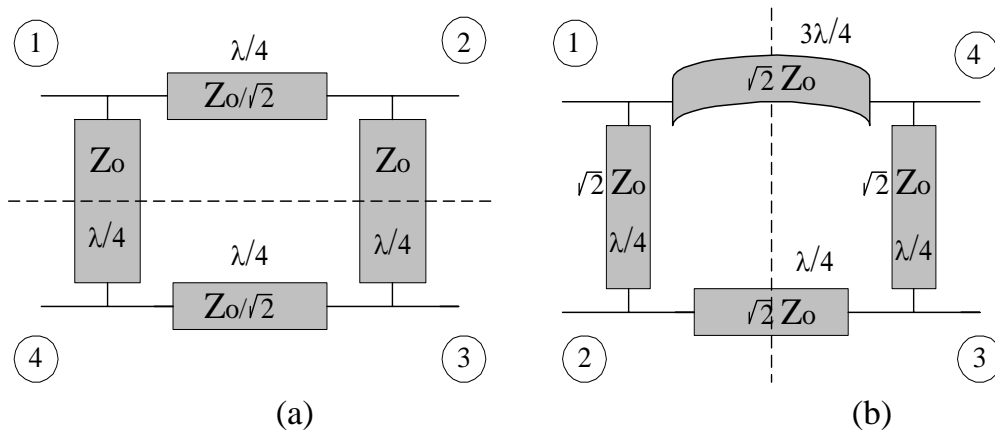


圖 7.1 (a)Branch line 及(b)rat-race 耦合器結構圖。

(1) Branch line 耦合器

圖 7.1(a)為 3dB 90° 之 branch line 耦合器結構，其各端點定義分別為

- ①：輸入端
- ②：直接輸出端(direct port)
- ③：耦合端(coupled port)
- ④：隔離端(isolation port)

即當輸入端信號為 1 時，各輸出端信號，分別為 $b_1=0$, $b_2=-j\frac{1}{\sqrt{2}}$, $b_3=-\frac{1}{\sqrt{2}}$, $b_4=0$ ，表示 ① 及 ③ 端之振幅分別降為 -3dB，而彼此之相位差為 90°。

圖 7.1(a) branch line 耦合器之分析係沿虛線，將該 4 埠結構分成兩個對稱部分，以偶模態和奇模態分析法，分別計算其對應傳輸線之 2 埠 [ABCD] 矩陣，整合後，計算其 4 埠 S 參數。

(2) Rat-race 耦合器

圖 7.1(b)為 3dB 180° 之 rat-race 耦合器結構，其各端點定義分別為

- ①：輸入端
- ②：直接輸出端
- ③：隔離端
- ④：耦合端

以相同之分析方法可得如下之結果，即當輸入端為 1 時，於各端點輸出信號為 $b_1 = 0, b_2 = -j\frac{1}{\sqrt{2}}, b_3 = 0, b_4 = j\frac{1}{\sqrt{2}}$ ，表示(2)及(4)端之振幅分別降為-3dB，而彼此之相位差為 180° 。

3. 微帶線電路結構

此兩種耦合器之微帶線結構，可參考圖 7.2 所示。

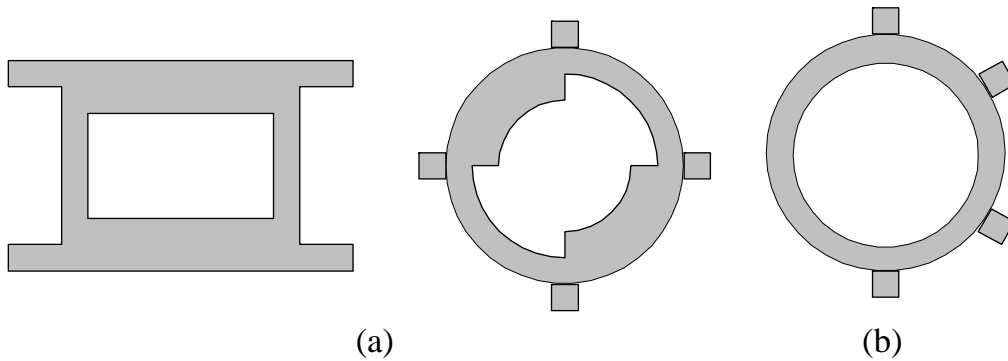


圖 7.2 (a) Branch line 及(b)rat-race 耦合器微帶線電路參考結構。

4. 模擬

(1) 於 ADS 程式中，注意 T-轉接、MCURVE、以及 $\lambda g/4$ 長度之使用，以及其對中心頻率(4GHz)的影響。

(2) 建議頻寬之參考定義為

$$|S_{11}| < -15 \text{ dB}$$

$$\left| |S_{21}| - |S_{31}| \right| < 1 \text{ dB}$$

$$\text{或 } |S_{41}| < -15 \text{ dB (branch line)}, |S_{31}| < -15 \text{ dB (rat - race)}$$

$$\text{或 } 80^\circ < |\angle S_{21} - \angle S_{31}| < 100^\circ \text{ (branch line)},$$

$$170^\circ < |\angle S_{21} - \angle S_{41}| < 190^\circ \text{ (rat - race)}$$

(3) 注意接頭所須之空間，以及由網路分析儀引線至量測端之接頭可連接性。

(4) 由直接輸出端及耦合端，分別至接頭之傳輸線，必須等長，否則量測之相位差與設計不符。

5. 量測

(1) 以 2 埠網路分析儀，量測 4 埠耦合器之 S 參數，未接網路分析儀之端點，須接 50 歐姆負載。

(2) 量測耦合器頻寬。

6. 實驗報告討論

應討論

- (1) 實驗結果當 $|S_{21}| \neq |S_{31}|$ (branch line), $|S_{21}| \neq |S_{41}|$ (rat - race) 時，解釋其原因，並如何修正。
- (2) 比較所設計之兩種耦合器頻寬，並解釋其原因。
- (3) 以 2 埠網路分析儀，量測耦合器之 4 埠 S 參數，而非直接以 4 埠網路分析儀量測，討論其可能量測誤差，並如何解決。