

應用於 TD-LTE 之縮小化不等分功率分配器

楊智凱^a、曾振東^b

國立勤益科技大學電子工程系^a

國立勤益科技大學電子工程系^b

摘要—本文提出應用於 TD-LTE 之縮小化不等分功率分配器，其結構是依傳統不等分功率分配器公式設計，以 TD-LTE(2.6GHz)為中心頻率，電路輸出功率比為 1:2 ($|S_{21}|:|S_{31}| = 1:2$)，並由傳輸線矩陣式，計算出傳輸線與電容所組成的縮小化 T 型等效結構，將此結構結合傳統不等分功率分配器，達成電路尺寸縮小之期望，並由電磁模擬軟體驗證且得良好電路特性，由雕刻機製成實體電路，經網路分析儀量測其參數，並與模擬數據比較，於中心頻率點(2.6GHz)確實有良好之電氣特性，且電路結構簡單、電路體積小，有助於系統之整合。

關鍵字：TD-LTE、縮小化、不等分功率分配器

一、前言

近年來由於行動通訊系統已成為現代發展的趨勢，人們對於手機 3G 上網、GPS、Wi-Fi[1-3]等功能需求提升，且隨著智慧型手機和平板電腦等行動聯網裝置快速普及，世界各國的電信營運商無不加快布建具備更高傳輸速率與頻寬的 4G 無線通訊基礎設施，以因應市場急遽攀升的影音資料串流需求。其中，已廣獲全球主要電信營運商支持的 LTE[4]更是呼聲最高。未來通訊設備不僅須具備更高傳輸速率，對於無線通訊的產品的微型化也是未來發展趨勢，縮小化技術已成為現代工藝所追求的方向，因此近年來許多學者都在探討如何運用被動元件結合各種應用電路，達縮小化[5]之目的。

功率分配器[6-8]在通信系統是不可或缺的電路，而一個特性良好的等分功率分配器，反射損耗能達-15dB 以下， $|S_{21}|$ 及 $|S_{31}|$ 於-3dB 之半功率點，並於輸出端口能有好的隔離度。它廣泛地應用在高、低頻率電路中，低頻段常用在有線電視的功率分配，高頻段則應用在微波電路的陣列天線、功率放大器和混波器。

然而市售功率分配器多設計在-3dB 之半功率點，為更符合實際使用需求，功率分配上需有強弱之分。功率分配器可採用定向耦合及即分路器兩種方式實現，但定向耦合方式其結構較複雜，且功率分配比值又與頻率有關，無法確切滿足功率比率分配之需求。因此在本文中提出縮小化不等分功率分配器[9][10]，此結構運用傳統不等分功率分配器結合 T 型電路，運用兩端分路的電阻差，設計出於輸出端功率比為 1:2 且縮小化電路結構，未來能將其運用在陣列天線、混波器、以及基地台之架設元件。

二、電路設計與分析:

本文提出應用於 TD-LTE 之縮小化不等分功率分配器結構如圖 1，此電路應用功率分配器之基本架構，計算其兩分路不均等之阻抗比值為 2:1，使電路於工作頻率點($f_0=2.6\text{GHz}$)，輸出端功率比達 1:2。

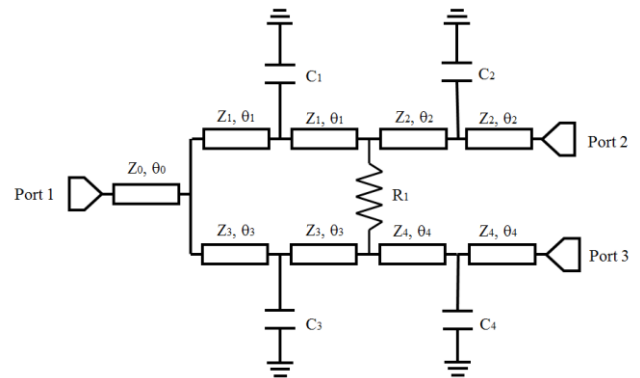


圖 1、電路結構圖

本文加入 T 型等效減少電路尺寸，結構如圖 2，

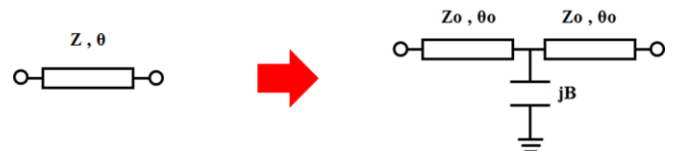


圖 2、T 型等效結構

傳輸線等校 T 型結構關係矩陣如式子(1)：

$$\begin{bmatrix} \cos\theta & jZ\sin\theta \\ jY\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta_0 & jZ_0\sin\theta_0 \\ jY_0\sin\theta_0 & \cos\theta_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ jB & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta_0 & jZ_0\sin\theta_0 \\ jY_0\sin\theta_0 & \cos\theta_0 \end{bmatrix} \dots \quad (1)$$

將原電路之傳輸線等校，原傳輸線阻抗值 Z ；電氣長度 θ 並給定 $\theta_0=40^\circ$ 分別帶入公式(2)(3)，求得等校傳輸線阻抗值 Z_0 與電容：

$$Z_0 = \frac{Z\sin\theta}{\sin 2\theta_0 - (\cos 2\theta_0 - \cos\theta)\tan\theta_0} \dots \dots \dots (2)$$

$$B = \frac{\cos^2\theta_0 - \sin^2\theta_0 - \cos\theta}{Z_0 \sin\theta_0 \cos\theta_0} \dots \dots \dots (3)$$

依上述公式求得圖 1 結構阻抗結構之輸入與輸出阻抗皆為 50Ω；Z₀=41Ω,θ₀=90°；Z₁=101Ω,θ₁=40°,C₁=0.2pF；Z₂=70Ω,θ₂=40°,C₂=0.3pF；Z₃=51Ω,θ₃=40°,C₃=0.42pF；Z₄=50Ω,θ₄=40°,C₄=0.43pF;將以上阻抗值帶入 Microwave Office 電磁模擬軟體，驗證其正確性，再以 IE3D 模擬，其使用板材為 FR4(1.6mm)，並以軟體之小工具 Linegauge 轉換元件對應長度，結構經最佳化調整如圖 3，電路尺寸：W₁=3.1mm，L₁=5mm，L₂=15.7mm，W₂=3.1mm，L₃=9.1mm，W₃=3.1mm，L₄=9.7mm，r₁=0.68mm，r₂=1.6mm，r₃=3mm，r₄=3mm，C₁=0.2pF，C₂=0.3pF，C₃=0.42 pF，C₄= 0.43pF，R=106Ω；

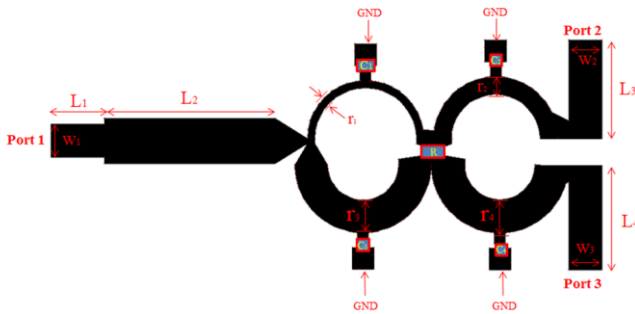


圖 3、IE3D 電路結構圖

經模擬後將結果與 Microwave Office 比較如圖 4，模擬頻率由 0 到 4GHz，大小由 0 至-40dB，圖中於工作頻段其|S₁₁|與|S₃₂|皆在-15dB 以下，IE3D 之|S₂₁|與|S₃₁|模擬數值與 Microwave Office 相近，且有良好的結果。

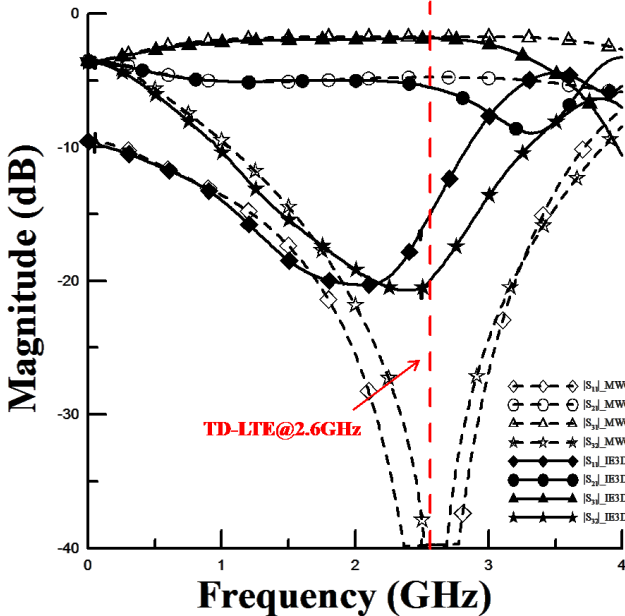
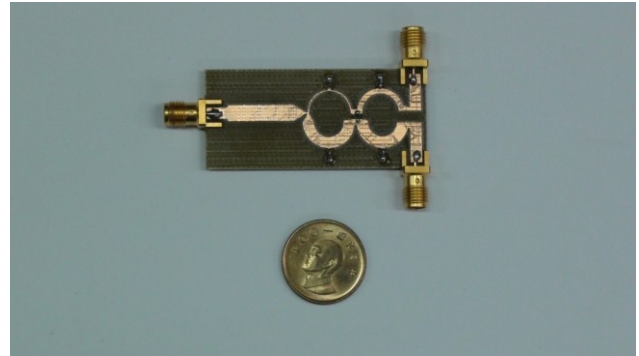


圖 4、Microwave Office 與 IE3D 頻率響應圖

三、 電路實作與量測:

因此將電路輸出至雕刻機加工，實體電路如圖 5，



尺寸：5.2cm X 2.4cm
板材：FR4 1.6mm

圖 5、縮小化不等功率分配器實體電路

並由 Anritsu-MS2034A 網路分析儀量測，再與模擬結果進行比較，得 IE3D 與實體電路頻率響應如圖 6，

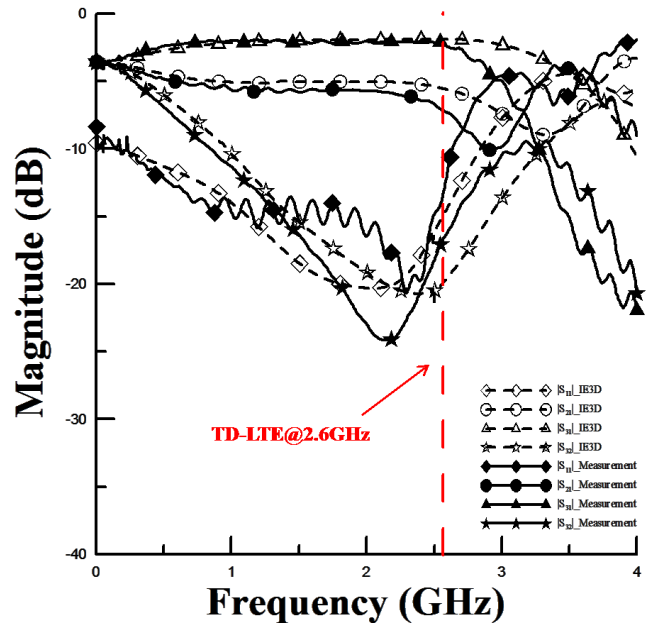


圖 6、IE3D 與實體電路頻率響應圖

量測頻率由 0 到 4GHz，大小由 0 至-40dB，圖中於工作頻段，實做之數據 |S₁₁|與|S₃₂|皆在-10dB 以下，因實作之因素，電容與電阻元件取相近值製作，而造成|S₂₁|與|S₃₁|之誤差，但其結果都在容許誤差範圍內，因此並無影響到此電路之工作。

四、 結論:

本文提出縮小化不等分功率分配器併工作於 TD-LTE 之頻段，由傳統之 1 : 2 功率分配器設計，結合 T 型電路縮小電路結構，由電磁模擬軟體 Microwave Office 與 IE3D 與理論值相互驗證，並由雕刻機實現電路，最後由網路分析儀量測其結果，與模擬之頻率響應相近，由此結果已驗證電路之可行性，且本電路製作簡單、電路體積小適用於 TD-LTE 基地台相關元件，對於基地台設備之架設更是一大助力。

五、 參考文獻

- [1] Arslan, Tughrul; Benkrid, Khaled; El-Rayis, Ahmed O.; Haridas, Nakul, "Reconfigurable feeding network for GSM/GPS/3G/WiFi and global LTE applications," 2013 IEEE International Symposium on, pp.958-961, 19-23 May 2013
- [2] Noordin, N.H.; Haridas, N.; El-Rayis, A.O.; Erdogan, A.T.; Arslan, T., "A WiFi/4G compact feeding network for an 8-element circular antenna array," Antennas and Propagation Conference (LAPC), 2011 Loughborough, pp.1-4, 14-15 Nov. 2011.
- [3] Sisó, G.; Bonache, J.; Martín, F., "Fully planar implementation of generalized composite right/left handed transmission lines for quad-band applications," Microwave Symposium Digest (MTT), 2010 IEEE MTT-S International, pp.25-28, 23-28 May 2010.
- [4] Huyart, B., "A 0.6 – 3.6 GHz CMOS wideband demodulator for 4G mobile handsets," Microwave Integrated Circuits Conference (EuMIC), 2012 7th European, pp. 560 – 563, 29-30 Oct. 2012
- [5] Tae-Soon Yun; Ki-Byoung Kim; Jong-Chul Le, "Investigation on Size Reduction of a Branch-line Power Divider Using Shunt-Stub," Microwave Conference Proceedings, 2005. APMC 2005. Asia-Pacific Conference Proceedings, Vol.1, Feb. 2005.
- [6] Yuanan Liu; Quan Xue; Shulan Li; Cuiping Yu, "Analytical Design Method of Multiway Dual-Band Planar Power Dividers With Arbitrary Power Division," Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on, pp.3832 – 3841, Dec. 2010.
- [7] Yuanan Liu; Quan Xue; Shulan Li; Cuiping Yu, "A Parallel-Strip Ring Power Divider With High Isolation and Arbitrary Power-Dividing Ratio," Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on, pp. 2419 - 2426, Nov. 2007.
- [8] Kiumarsi, H.; Abdipour, A.; Abkenari, M.R.; Moradi, G., "A Ka band balanced amplifier with six-port power divider," Microwave Integrated Circuits Conference (EuMIC), 2010 European, pp. 349 – 352, Sept. 2010.
- [9] Jong-Sik Lim; Sung-Won Lee; Chul-Soo Kim; Jun-Seok Park; Dal Ahn; Sangwook Nam, "A 4.1 unequal Wilkinson power divider," Microwave and Wireless Components Letters, pp.-124-126, March 2001
- [10] Zhi-Hua Bao; Li-Heng Zhou; Hui Tang, "Novel equal and unequal power divider using offset parallel-strip lines," Microwave and Millimeter Wave Technology (ICMMT), 2010 International Conference on, pp. 1308 – 1311, 8-11 May 2010

