

具寬截止頻帶之縮小化微帶線低通濾波器

研究生：王耀彬

指導教授：鍾世忠 博士

國立交通大學 電信工程研究所



摘要

本論文以步階阻抗低通電路為起點，提出一低通濾波器架構，利用平行共振電路原理，在原先高阻抗傳輸線上串接一段低阻抗傳輸線，並觀察濾波器參數變化對頻率響應的影響，運用電磁模擬軟體進行調整，使頻率響應內的零點與極點相互抵消，以增加濾波器截止帶的頻寬。

Compact Microstrip Low-Pass Filter with Wide Stopband

Student : Yao-Pin Wang

Advisor : Dr. Shyh- Jong Chung

Institute of Communication Engineering

National Chiao Tung University



Abstract

In this study, we propose a low-pass filter structure based on stepped-impedance low-pass filter, and a distributed parallel resonance circuit is used. The circuit has a section of high-impedance transmission line, that cascades another one with low-impedance, shunt with a coupled capacitor connecting with the terminals of two low-impedance lines. We can cancel the zero and the pole in band by using the variance of filter parameter.

誌謝

研究所兩年與大學四年的時光，我在這片充滿學術氣息的校園中成長，感謝電信系所努力的老師與交大傲人的資源，使我在這裡吸收了許多專業的知識與研究的方法。

首先要感謝我的指導教授鍾世忠博士，老師在微波領域方面擁有相當豐富的經驗與知識，在我遇到研究瓶頸時，老師總會適時地提供意見與方向，讓我的思維變得寬廣，不至於陷入問題的泥沼當中而不自知。老師的多方協助才讓這篇論文能夠誕生，同時也感謝我的口試委員：張志揚教授，黃瑞彬副教授與蔡育源博士的指教，讓這篇論文更加完整。

除了老師的指導，實驗室的博士班學長姐也在我跌倒時給予扶持：何博的嚴格訓練，讓我了解到做研究的謹慎態度；小阿信的博學多聞，讓我研究路上的荊棘少了許多；菁飄飄的細心，凱哥的幫忙，電資大樓那裡的佩宗與清標，也都使我的研究路途更加順遂。

研究的日子當然也會有苦悶及無力的時候，這時身旁跟你同甘共苦的夥伴就很重要了，感謝五年來的室友小胖，天線台柱小巴，左手天王建宏，網拍正妹玫翎，原住民碰碰，焊接達人小黃，與天線產值最高的達叔。

學弟妹的出現，總是為這間實驗室帶來歡笑，雷達一哥阿雷，與阿雷有兄弟情誼的小馬，健美先生警棍，神乎其技神手本，中途離席的煥昇，與專業攝影 Useful，還有相處時間不長的柯董，小龔，少華，浩宇及 George(女)，讓我的研究生活多采多姿，當然助理佩華的後勤補給也是功不可沒。

最後一定要感謝我的父母，在我近 20 年的求學生涯提供良好的環境與教育，使我可以專心向學，還有要感謝我的前女友小璞，礪練我的身心，讓在研究失意時沒有被打倒。

目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
誌謝.....	III
目錄.....	IV
圖目錄.....	VI
表目錄.....	VIII
第一章 導論.....	1
第二章 低通濾波器原理及架構分析.....	3
2.1 傳輸線原理.....	3
2.2 微波共振電路.....	5
2.2.1 串聯並聯共振電路.....	5
2.2.2 傳輸線共振電路.....	7
2.3 步階阻抗式低通濾波器.....	9
2.3.1 低通濾波器原型.....	9
2.3.2 短傳輸線近似等效電路.....	10
2.4 平行共振低通濾波器.....	15
2.4.1 半集總低通濾波器.....	15
2.4.2 平行共振低通濾波器之頻率響應.....	17
2.4.3 寬截止帶平行共振濾波器.....	20
2.4.4 終端耦合低通濾波器.....	21
2.5 具寬截止帶低通濾波器.....	24
第三章 寬截止帶低通濾波器參數影響	
3.1 寬截止帶低通濾波器參數.....	27
3.1.1 濾波器參數定義.....	27
3.1.2 濾波器參數設定.....	30
3.2 高阻抗傳輸線 l_a 參數影響.....	31
3.3 高阻抗傳輸線 l_c 參數影響.....	34
3.4 低阻抗傳輸線 l_b 參數影響.....	36
3.5 低阻抗傳輸線 l_d 參數影響.....	41
3.6 耦合電容 C_{L1} 影響.....	46
3.7 耦合電容 C_{L2} 影響.....	49
3.8 寬截止帶低通濾波器參數綜合影響.....	52

第四章 模擬與量測.....	54
4.1 平行耦合電容寬截止帶低通濾波器.....	54
4.2 指叉型耦合電容寬截止帶低通濾波器.....	57
第五章 結論.....	60
參考文獻.....	61
附錄.....	62



圖目錄

圖 2.1	微小長度傳輸線等效電路.....	4
圖 2.2	終端負載的無損傳輸線 (a)一般負載 (b)段路負載 (c)開路負載.....	5
圖 2.3	RLC串聯共振電路 (a)電路圖 (b)輸入阻抗大小的頻率響應.....	6
圖 2.4	RLC並聯共振電路 (a)電路圖 (b)輸入阻抗大小的頻率響應.....	7
圖 2.5	終端開路的 $\lambda/4$ 傳輸線 (a)示意圖 (b)共振頻率附近的等效電路.....	9
圖 2.6	N階低通濾波器原型.....	10
圖 2.7	T型等效電路.....	11
圖 2.8	短傳輸線等效電路 (a) $\beta l < \pi/4$ (b)高阻抗 (c)低阻抗.....	12
圖 2.9	五階步階阻抗式濾波器 (a)低通濾波器原型 (b)此步階阻抗式低通濾 波器之佈局.....	13
圖 2.10	微帶線特性阻抗不連續面示意圖及其等效寄生元件.....	14
圖 2.11	步階阻抗式濾波器與集總元件濾波器頻率響應之比較.....	14
圖 2.12	平行共振濾波器 (a)實際電路照片 (b)等效電路圖.....	15
圖 2.13	平行共振電路零點曲線.....	17
圖 2.14	平行共振電路頻率響應.....	17
圖 2.15	並聯電容值的影響 (a)曲線圖 (b)頻率響應.....	18
圖 2.16	傳輸線段特性導納的影響 (a)曲線圖 (b)頻率響應.....	19
圖 2.17	傳輸線段長度的影響 (a)曲線圖 (b)頻率響應.....	20
圖 2.18	寬截止帶平行共振濾波器.....	20
圖 2.19	寬截止帶平行共振濾波器 (a)零點曲線圖 (b)頻率響應示意圖.....	21
圖 2.20	步階式阻抗髮夾低通濾波器 (a)佈局圖 (b)等效電路圖.....	22
圖 2.21	終端耦合低通濾波器 (a)佈局圖 (b)等效電路圖.....	23
圖 2.22	改變傳輸線 a_2 長度對濾波器 S_{21} 之影響.....	23
圖 2.23	寬截止帶低通濾波器基本佈局.....	24
圖 2.24	寬截止帶低通濾波器等效傳輸線模型.....	25
圖 2.25	寬截止帶低通濾波低頻時等效集總元件模型.....	25
圖 2.26	C_2 變化對於濾波器頻率響應之影響 (a) S_{21} (b) S_{211}	26

圖 3.1	寬截止帶低通濾波器架構及其參數.....	29
圖 3.2	寬截止帶低通濾波器傳輸線等效模型.....	29
圖 3.3	初始低通濾波器的頻率響應.....	31
圖 3.4	d_{L2} 變化對於濾波器頻率響應之影響 (a) S_{21} (b) S_{21} 局部圖.....	32
	(c) S_{11}	33
圖 3.5	$d_{L2}=5.5$ mm 時的頻率響應.....	33
圖 3.6	d_{L1} 變化對於濾波器頻率響應之影響 (a) S_{21}	34
	(b) S_{21} 局部圖 (c) S_{11}	35
圖 3.7	$d_{L1}=1.0$ mm 時的頻率響應.....	36
圖 3.8	W_{c2} 變化對於濾波器頻率響應之影響 (a) S_{21}	37
	(b) S_{21} 局部圖 (c) S_{11}	38
圖 3.9	$W_{c2}=5.5$ mm 時的頻率響應.....	39
圖 3.10	d_{c2} 變化對於濾波器頻率響應之影響 (a) S_{21} (b) S_{21} 局部圖.....	40
	(c) S_{11}	41
圖 3.11	W_{c1} 變化對於濾波器頻率響應之影響 (a) S_{21}	42
	(b) S_{21} 局部圖 (c) S_{11}	43
圖 3.12	$W_{c1}=3.4$ mm 時的頻率響應.....	44
圖 3.13	d_{c1} 變化對於濾波器頻率響應之影響 (a) S_{21} (b) S_{21} 局部圖.....	45
	(c) S_{11}	46
圖 3.14	傳輸線 l_b 與傳輸線 l_d 之間的指叉式佈局.....	47
圖 3.15	d_i 變化對於濾波器頻率響應之影響 (a) S_{21} (b) S_{21} 局部圖.....	48
	(c) S_{11}	49
圖 3.16	傳輸線 l_d 之間的指叉式佈局.....	50
圖 3.17	d_i 變化對於濾波器頻率響應之影響 (a) S_{21}	50
	(b) S_{21} 局部圖 (c) S_{11}	51
圖 4.1	平行耦合電容截止帶低通濾波器佈局圖.....	55
圖 4.2	平行耦合電容截止帶低通濾波器頻率響應 (a) S_{21} (b) S_{11}	56
圖 4.3	指叉型耦合電容寬截止帶低通濾波器佈局圖.....	57
圖 4.4	指叉型耦合電容寬截止帶低通濾波器頻率響應 (a) S_{21} (b) S_{11}	59

表目錄

表 2.1	傳輸線長度 a_2 v. s. 1-dB 截止頻率.....	23
表 3.1	低通濾波器初始值.....	30
表 3.2	線寬 W_{c2} 在不同頻率下之特性阻抗.....	36
表 3.3	線寬 W_{c1} 在不同頻率下之特性阻抗.....	41
表 3.4	寬截止帶低通濾波器參數影響.....	52
表 4.1	平行耦合電容截止帶低通濾波器參數值.....	54
表 4.2	平行耦合電容截止帶低通濾波器量測結果.....	55
表 4.3	指叉型耦合電容寬截止帶低通濾波器參數值.....	58
表 4.4	指叉型耦合電容寬截止帶低通濾波器量測結果.....	58

