

# 利用步階阻抗設計具三零點截止帶 之微小化低通濾波器

研究生：陳啓興

指導教授：郭仁財 博士

國立交通大學電信工程學系



## 摘要

本論文提出步階阻抗式之微小化低通濾波器，利用指插式電容在一、三段產生適當耦合，使截止帶響應具有三個傳輸零點。此濾波器具有極小的面積，通帶有良好的介入損失及截止帶具有三個傳輸零點的優點。文中以奇偶模態分析其等效電路，並探討指插式電容值與零點位置的關係，選取適當的電容量值可以得到具三零點之截止帶響應。最後實作數個電路驗證等效電路以及模擬結果；並且利用串接兩不同截止頻率之低通濾波器可達到寬截止帶響應，實作量測與模擬結果相當一致。

# **A COMPACT STEPPED-IMPEDANCE LOW-PASS FILTER WITH IMPROVED STOPBAND PERFORMANCE**

Student: Chii-Shing Chen

Advisor: Dr. Jen-Tsai Kuo

Institute of Communication Engineering

National Chiao Tung University

Hsinchu, Taiwan



A third-order stepped-impedance low-pass filter is realized with an interdigital capacitor for establishing interstage coupling. The filter has a compact area, low insertion loss in passband. And a wide rejection band with three transmission zeros. Design concept is validated by both equivalent circuit analysis and EM simulation. Some experimental filters are fabricated and measured to validate the method and formulation. Furthermore, by cascading two different cut-off freq. filters; a wide-stopband can be achieved to 11GHz. The simulation and measured results show a good agreement.

# Acknowledgement

## 致謝

本論文能順利的完成首先要感謝我的指導教授，郭仁財教授。在兩年的碩士生涯中，引領我進入微波領域，並且辛勤的指導，讓我在學問和待人處事上獲益良多。以及感謝口試委員：徐敬文教授、黃瑞彬教授、施延宜博士，在百忙之中對學生論文提出的指導和教誨。

感謝這兩年來家人不斷給我的鼓勵與支持，使我的求學之路更加平順。博班的學長們：國生學長、孟駿學長、逸群學長、慶陸學長。同屆夥伴：隔壁老王、旁邊小胖、對面致遠。可愛的學弟群：打彈珠不失手的孟桓、說話很直接的得佑、神龍見首不見尾的森豪、認真乖寶寶富傑。因為有你們豐富了我的研究生涯，一起同甘共苦，真的很謝謝大家。特別要提到這半年來，逸群學長不斷的指導我、鞭策我，在我犯錯的時候也能容忍，真的很感謝你。最後，我的女友，嫵婷，謝謝你的愛與包容，伴我渡過許多低潮。

# 目錄

中文摘要 .....	I
英文摘要 .....	II
目錄 .....	III
圖目錄 .....	IV
第一章 緒論.....	1
第二章 新型微小化低通濾波器及其分析.....	3
2.1 傳統低通濾波器.....	3
2.2 具三零點之新型步階阻抗低通濾波器電路.....	6
2.2.1 新型步階阻抗低通濾波器及其等效電路.....	6
2.2.2 伯洛齊阻抗.....	7
2.2.3 有限零點之分析.....	10
第三章 指插電容值與零點位置變化分析.....	20
3.1 指插電容值對應零點之位置.....	20
3.2 等效電路的模擬與驗證.....	21
3.3 電路的實作與量測.....	22
第四章 寬截止帶低通濾波器.....	32
第五章 結論.....	37
參考文獻.....	38
附錄.....	39

## 圖目錄

圖 2.1	半集總低通濾波器等效電路.....	13
圖 2.2	寬截止帶散佈式低通濾波器.....	13
圖 2.3	(圖 2.2)等效電路之偶模分析.....	14
圖 2.4	(圖 2.2)等效電路之奇模分析.....	14
圖 2.5	$S_{21}$ 、 $S_{11}$ 頻率響應.....	15
圖 2.6	N=3 新型步階阻抗低通濾波器實際佈局圖.....	15
圖 2.7	新型步階阻抗低通濾波器等效電路圖.....	16
圖 2.8	指插式電容結構之等效電路響應.....	16
圖 2.9	(a)週期性加載傳輸線的等效電路；(b)單位元網路.....	17
圖 2.10	(圖 2.7)等效電路之偶模分析.....	18
圖 2.11	(圖 2.7)等效電路之奇模分析.....	18
圖 2.12	$Y_{in}^e$ 、 $Y_{in}^o$ 圖.....	19
圖 3.1	三個傳輸零點相對於電容之變化.....	24
圖 3.2	三個傳輸零點相對於 $\ell_s$ 的變化情形.....	24
圖 3.3	(a) $\ell_s=2.25$ mm 電路照相；(b) $\ell_s=2.25$ mm 電路模擬與量測結果圖.....	25
圖 3.4	$\ell_s=2.3$ mm 電路模擬與量測結果圖.....	26
圖 3.5	$\ell_s=2.4$ mm 電路模擬與量測結果圖.....	26
圖 3.6	$\ell_s=2.5$ mm 電路模擬與量測結果圖.....	27
圖 3.7	$\ell_s=2.6$ mm 電路模擬與量測結果圖.....	27
圖 3.8	(a) $f_c=1.45$ GHz 低通濾波器之實作電路照片..... (b) $f_c=1.45$ GHz 低通濾波器之模擬與量測結果.....	29

圖 3.9	(a) $f_c=2\text{GHz}$ 低通濾波器之實作電路照片.....	
	(b) $f_c=2\text{GHz}$ 低通濾波器之模擬與量測結果.....	30
圖 3.10	(a) $f_c=2.5\text{GHz}$ 低通濾波器之實作電路照片.....	
	(b) $f_c=2.5\text{GHz}$ 低通濾波器之模擬與量測結果.....	31
圖 4.1	串接兩不同散射參數網路圖.....	34
圖 4.2	$f_c = 1.45 \text{ GHz}$ 與 $f_c = 2.5 \text{ GHz}$ 串接濾波器之模擬響應圖.....	34
圖 4.3	(a) $f_c=1.45\text{GHz}$ 與 $f_c=2.5\text{GHz}$ 串接濾波器之實作電路照片.....	
	(b) $f_c=1.45\text{GHz}$ 與 $f_c=2.5\text{GHz}$ 串接濾波器之模擬量測圖.....	35
圖 4.4	(a) $f_c=1.75\text{GHz}$ 與 $f_c=2.5\text{GHz}$ 串接濾波器之實作電路照片.....	
	(b) $f_c=1.75\text{GHz}$ 與 $f_c=2.5\text{GHz}$ 串接濾波器之模擬量測圖.....	35

