應用於毫米波接收機之寬中頻 CMOS 混頻器研究

研究生：蘇昭維　　指導教授：周復芳　博士

國立交通大學電信工程學系碩士班

摘　要

本論文的目標在於設計適用於毫米波接收機的混頻器元件，其中 RF 模組所使用的混頻器是用來將 78.3-113.1GHz 的訊號降頻到 DC-34.8GHz；而 IF 模組中另外三個混頻器的功能，則是分別將 8.7-17.4、17.4-26.1、26.1-34.8GHz 的訊號降頻到 DC-8.7GHz。所有混頻器其 RF、LO、IF 端的輸入反射係數均低於-10dB，並且擁有至少 5dB 正的轉換增益，各埠間隔絕度在 30dB 以上，而線性度(IIP3)則至少大於 0dBm。除此之外，電路中使用來產生相差 180 度平衡訊號的重要元件—莫氏巴倫，也需要小心的設計。經過我們多方的努力，一個訊號振幅誤差小於 0.2dB，並且相位誤差小於 2 度的莫氏巴倫將會被提出。

在本論文中我們將首先設計 IF 模組所使用的三個混頻器；並且對最高頻段 26.1-34.8GHz 的混頻器，我們提出了它次諧波混頻的兩個改良版本，目的是為了降低所需之 LO 頻率與功率，以減少 LO 模組設計者的負擔。並且我們打算利用轉換矩陣理論來對我們所使用之寬中頻混頻結構的原理提出解釋。最後，我們將運用前面設計電路所得到的經驗來完成用於 RF 模組之 W 波段混頻器。

Design of Wide-IF-Band CMOS Mixers for Millimeter Wave Receiver Application

Student: Jau-Wei Su Advisor: Christina F. Jou

Department of Communication Engineering

National Chiao Tung University

Abstract

This thesis aims to design the mixing components used in a millimeter-wave receiver, where the mixer of the RF module will down-convert the 78.3-113.1GHz signal to DC-34.8GHz while the three mixers used in the IF module transform the 8.7-17.4, 17.4-26.1 and 26.1-34.8GHz signals to their DC-8.7GHz counterparts, respectively. All these mixers have their RF, IF, and LO input return loss below -10dB; conversion gain larger than 5dB; port-to-port isolation more than 30dB; and the linearity (IIP3) expected to be better than 0dBm. Besides, performance of the critical elements, such as Marchand balun for producing balanced signals, has each been optimized. In our design, the balun has less than 0.2dB magnitude error and 2-degree phase error which outperforms any existing one, and will be presented in detail.

In this thesis, the three IF mixers have all been design and measure. As for the 26.1-34.8GHz frequency range, two types of sub-harmonic mixers have been proposed for allowing lower LO frequency (and power), thus, alleviate the difficulty in the design of LO module. Furthermore, we intend to explore the theoretical aspect of the wide-IF-band mixer using conversion matrix. Finally, with the experience from the IF mixers, we will start working on the design of the W-band mixer.

誌 謝

這本論文的誕生，首先要感謝指導教授周復芳以及胡樹鑿兩位老師。由於他們的悉心指導與共同討論，我才能夠逐一把遭遇到的問題解決，從而寫出這本論文；並且對微波領域以及其中的混頻器，有更深一層的認識。除此之外，我也要感謝實驗室的所有學長、學弟以及同屆的玠瑆、子哲、奕霖、宗廷；他們不只是我學習、討論的好夥伴，更讓我的碩士生活多采多姿，使我在研究的路上不感到孤單。最後要感謝的是我的爺爺、奶奶、父母與姊姊，在我求學生涯中支持並包容我，每當我有放棄的念頭的時候就會想到他們，從而才有繼續下去的動力。在此謹以這小小的研究成果獻給我家人，並與大家分享我的喜悅。

CONTENTS

LIST of TABLE

LIST of FIGURE