



應用於n78頻段之接收機前端電路設計

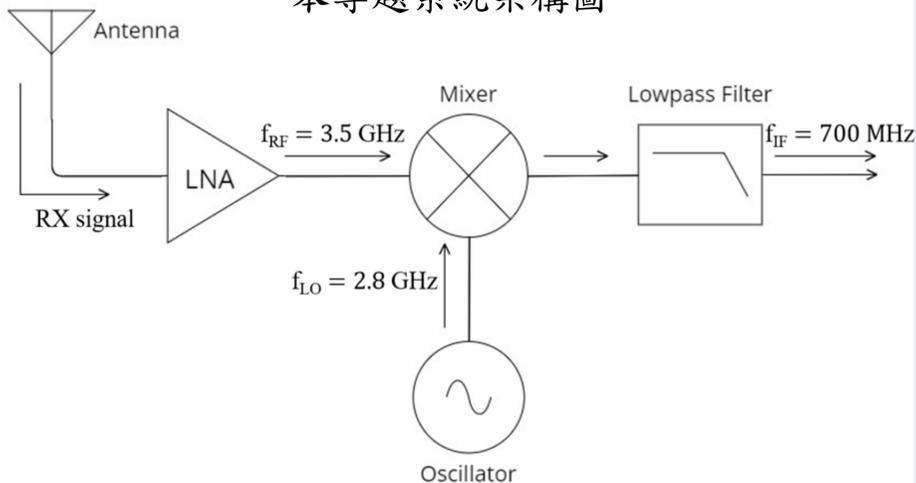
專題生：簡欣正、江子楷 指導教授：張盛富 教授

摘要

本專題研究應用於5G之n78頻段超外差接收機前端電路，透過微波主動電路的設計與實現。本專題研究接收機之主要構造分為三部分：低雜訊放大器、本地振盪器、混頻器，並將其整合成系統。利用天線將訊號收入收發機系統後，經過中心頻率為3.5 GHz兩級低雜訊放大器以放大目標頻率之RF訊號，再經過單平衡二極體混頻器並與2.8 GHz皮爾斯振盪器進行混頻，將訊號降頻至700 MHz中頻訊號，最後由低通濾波器濾出。

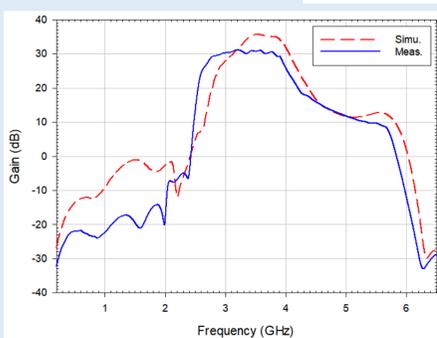
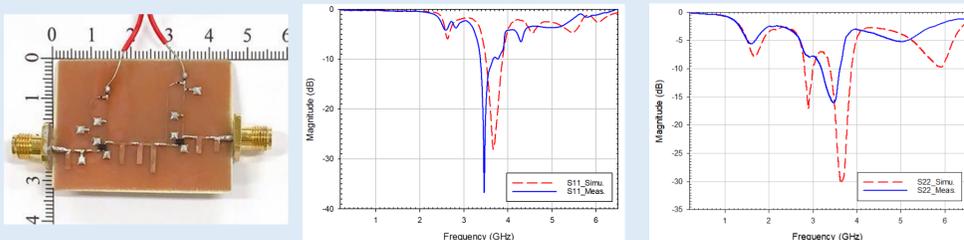
量測接收機前端電路，將主要構造之三部分與天線和低通濾波器串接做系統整合，以驗證此系統之可行性，透過鏈路運算，了解訊號在收發機系統之功率變化，並與量測比較。

本專題系統架構圖



一、低雜訊放大器(Low Noise Amplifier)

系統中承接天線的第一個電路，提供目標頻率(3.5 GHz)之訊號增益，並且盡可能降低其雜訊指數，亦須維持一定程度之線性度。透過電晶體偏壓、穩定度分析、匹配網路設計，使電路量測結果達到頻寬內訊號有30 dB增益，且具有良好的返回損耗、雜訊指數及線性度。



Parameter	Measurement
Gain (dB)	30.71
S ₁₁ (dB)	-19.29
S ₂₂ (dB)	-15.88
Noise Figure (dB)	1.72 @ 3.58 GHz
IIP3 (dBm)	-11.51
Area (mm ²)	44.4 × 28.8
Power Consumption (mW)	105

二、本地振盪器(Local Oscillator)

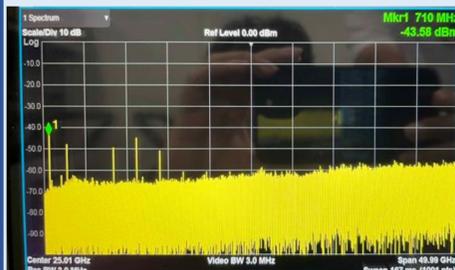
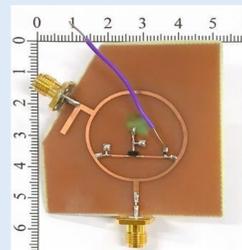
採用皮爾斯振盪器架構，由主動電路放大外界與電路系統中存在之微弱雜訊，透過正回授電路及共振腔設計使訊號符合振盪條件，提供頻率2.8 GHz之穩定振盪訊號，作為混頻器之LO訊號源。搭配適當的電晶體偏壓電路、相位延遲電路及輸出負載抑制諧波訊號，達到適合的輸出功率與低相位雜訊穩定振盪器。



Parameter	Measurement
Frequency (GHz)	2.803
Output Power (dBm)	-1.56
Phase Noise (dBc)	-110.07
All Harmonic Output Power (dBc)	-13.85
Area (mm ²)	20.16 × 16.55

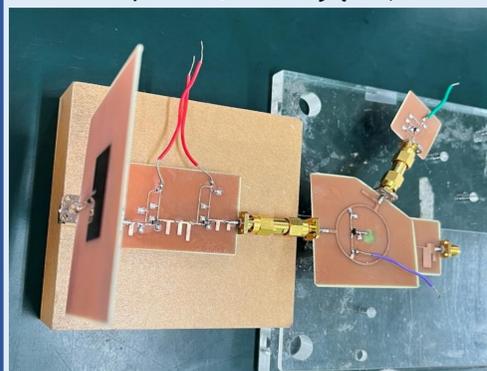
三、混頻器(Mixer)

本專題實現一個單平衡二極體混頻器，作為降頻使用。利用蕭特基二極體及180°環形耦合器作為平衡器，配合電路走線佈局與加入RF-IF改善電容，透過平衡器將LO訊號(2.8 GHz)以差動輸入，並與RF訊號(3.5 GHz)混頻處理，以輸出IF訊號(700 MHz)。



Parameter	Measurement
RF-Return Loss (dB)	18.52 @ 3.5 GHz
LO-Return Loss (dB)	6.9 @ 2.8 GHz
IF-Return Loss (dB)	12.73 @ 0.7 GHz
RF-IF Isolation (dB)	30.69
LO-IF Isolation (dB)	45.08
LO-RF Isolation (dB)	27.48
RF-LO Isolation (dB)	23.27
Conversion Loss (dB)	-13.58
Area (mm ²)	32.10 × 34.24
Power Consumption (mW)	5

四、系統整合實作

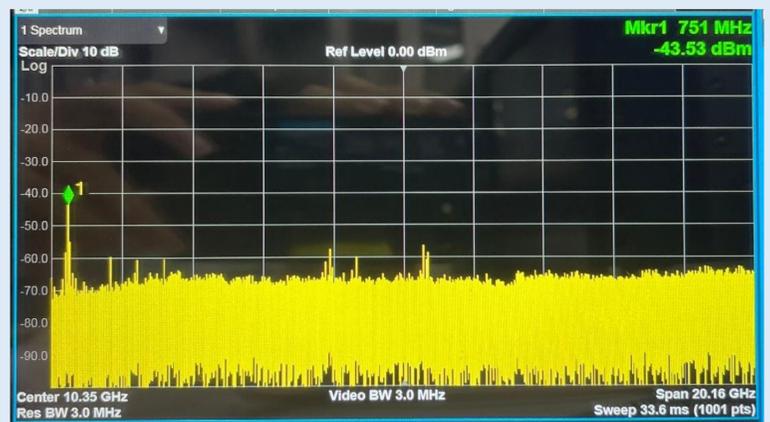


- Distance : 25 cm
- Tx Gain = -3 dB
- Rx Gain = 10.2 dB
- Free Space Path Loss = 24.08 dB

Circuit	Gain (dB)
Patch_Antenna	2
LNA	30.7
Mixer	-13.6
LPF	-0.35

在架設好量測環境後，先估算出自由空間損耗(FSPL)與鏈路運算，遂決定以-25 dBm作為Tx輸入之訊號，經由Tx天線輻射，再由Rx系統接收，並觀察其輸出功率頻譜。

- System Link Budget = -25 -3 -24.08 +10.2 = -41.88 (dBm)
- 系統量測輸出功率 = -43.53 (dBm) (@751 MHz)



五、結論

系統量測結果與系統鏈路運算結果相差1.65 dB，誤差還算在合理範圍內。此架構用於本專題研究收發機電路，了解到高頻電路有太多不確定因素會影響電路表現，在系統實作上之誤差還有可以進步的空間，希望未來可以繼續深入鑽研微波相關領域。