

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ**

TẠ VĂN QUANG

**THIẾT KẾ, CHẾ TẠO BỘ KHUẾCH ĐẠI TẠP ÂM
THẤP VỚI CƠ CHẾ BẢO VỆ DÙNG CHO RADAR
SÓNG CENTIMET**

Ngành: Công nghệ Kỹ thuật điện tử - Truyền thông
Chuyên ngành: Kỹ thuật điện tử
Mã số: 60520203

**LUẬN VĂN THẠC SĨ
NGÀNH CÔNG NGHỆ KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ - TRUYỀN THÔNG**

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC: GS.TS. BẠCH GIA DƯƠNG

HÀ NỘI - 2016

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan:

Bản luận văn tốt nghiệp này là công trình nghiên cứu của cá nhân tôi, được thực hiện dựa trên cơ sở nghiên cứu lý thuyết, thực tế dưới sự hướng dẫn của GS.TS Bạch Gia Dương.

Các số liệu, kết luận của luận văn là trung thực, dựa trên sự nghiên cứu những mô hình, kết quả đã đạt được của các nước trên thế giới và trải nghiệm của bản thân, chưa từng được công bố dưới bất kỳ hình thức nào trước khi trình bày bảo vệ trước “Hội đồng đánh giá luận văn thạc sỹ kỹ thuật”.

Hà nội, Ngày tháng năm 2016

Người cam đoan

LỜI CẢM ƠN

Đầu tiên, cho phép em được gửi lời cảm ơn sâu sắc đến Thầy GS.TS Bạch Gia Dương. Thầy là người luôn theo sát em trong quá trình làm luận văn, Thầy đã tận tình chỉ bảo, đưa ra những vấn đề cốt lõi giúp em củng cố lại kiến thức và có định hướng đúng đắn để hoàn thành luận văn này.

Tiếp đến, em xin được gửi lời cảm ơn đến tất cả quý Thầy Cô đã và đang giảng dạy tại trường Khoa Điện tử - Viễn thông, Trường Đại học Công nghệ đã giúp em có được những kiến thức cơ bản để thực hiện luận văn này. Kính chúc Thầy Cô dồi dào sức khỏe, thành đạt, và ngày càng thành công hơn trong sự nghiệp trồng người của mình.

Cuối cùng, em cũng xin cảm ơn gia đình, các anh chị, bạn bè đã luôn quan tâm, động viên và giúp đỡ em trong thời gian thực hiện luận văn tốt nghiệp.

Xin chân thành cảm ơn!

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN.....	i
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC CÁC BẢNG.....	v
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ.....	vi
DANH MỤC THUẬT NGỮ VIẾT TẮT	viii
LỜI MỞ ĐẦU	1
1. Lý do chọn đề tài.....	1
2. Mục tiêu đề tài	2
3. Phương pháp nghiên cứu	2
4. Nội dung nghiên cứu.....	3
4.1. <i>Nghiên cứu lý thuyết</i>	3
4.2. <i>Thiết kế bộ khuếch đại tạp âm thấp</i>	3
5. Kết cấu luận văn.....	3
CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG RADAR.....	4
1.1. Giới thiệu.....	4
1.2. Phân loại các đài radar	5
1.3. Sơ đồ khối máy phát radar	7
CHƯƠNG 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ KỸ THUẬT SIÊU CAO TẦN.....	17
2.1. Giới thiệu chung.....	17
2.2. Cơ sở lý thuyết về thiết kế mạch siêu cao tần.....	18
2.2.1. <i>Các loại đường truyền</i>	18
2.2.2. <i>Phương trình truyền sóng</i>	19
2.2.3. <i>Hệ số phản xạ</i>	20
2.2.4. <i>Hệ số sóng đứng</i>	21
2.2.5. <i>Giãn đồ Smith</i>	22
2.3. Phối hợp trở kháng	24
2.3.1. <i>Phối hợp trở kháng dùng các phần tử tập trung</i>	25
2.3.2. <i>Phối hợp trở kháng dùng một dây nhánh/dây chêm</i>	26

2.3.3. Phối hợp trở kháng bằng đoạn dây lamda/4.....	27
2.3.4. Phối hợp trở kháng bằng đoạn dây có chiều dài bất kỳ.....	27
2.3.5. Phối hợp trở kháng bằng đoạn dây mắc nối tiếp.....	28
CHƯƠNG 3 BỘ KHUẾCH ĐẠI TẠP ÂM THẤP VÀ CƠ CHẾ BẢO VỆ.....	29
3.1. Khái niệm bộ khuếch đại tạp âm thấp LNA.....	29
3.2. Các thông số quan trọng của mạch khuếch đại LNA.....	29
3.2.1. Hệ số tạp âm <i>Noise Figure</i>	29
3.2.2. Hệ số khuếch đại.....	31
3.2.3. Tính ổn định của hệ thống.....	33
3.2.4. Độ tuyến tính.....	34
3.3. Cơ chế bảo vệ.....	35
3.3.1. Giới thiệu về hệ thống Radar.....	35
3.3.2. Cơ chế bảo vệ sử dụng <i>PIN Diode</i>	37
CHƯƠNG 4 THIẾT KẾ, MÔ PHỎNG VÀ THỰC THI MẠCH.....	40
4.1. Yêu cầu.....	40
4.2. Tính toán mô phỏng và thiết kế.....	40
4.2.1. Giới thiệu Transistor cao tần <i>SPF-3043</i>	40
4.2.2. Các tham số <i>S-Parameter</i> của Transistor <i>SPF-3043</i>	42
4.2.3. Thiết kế mạch phối hợp trở kháng.....	42
4.3. Thực nghiệm.....	46
4.3.1. Chế tạo <i>Layout</i>	46
4.3.2. Kết quả đo.....	48
KẾT LUẬN.....	52
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	53

DANH MỤC CÁC BẢNG

<i>Bảng 1.1. Các băng tần radar.....</i>	<i>15</i>
--	-----------

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ

Hình 1.1. Cách săn bắt môi của loài dơi [12].....	4
Hình 1.2. Sơ đồ phân loại các đài radar.	5
Hình 1.3. Sơ đồ khối hệ thống radar.	7
Hình 1.4. Đồ thị phương hướng bức xạ của anten.	9
Hình 1.5. Sơ đồ kết nối anten.	10
Hình 1.6. Mô hình hoạt động bộ trộn tần.....	12
Hình 2.1. Phổ tần số của sóng điện từ.	17
Hình 2.2. Các dạng đường truyền sóng.....	18
Hình 2.3. Biểu diễn mạch tương đương của đoạn đường truyền sóng siêu cao tần. ...	19
Hình 2.4. Giảm đồ Smith [6].	24
Hình 2.5. Sơ đồ phối hợp trở kháng.	24
Hình 2.6. Mạch phối hợp trở kháng hình L.	25
Hình 2.7. Phối hợp trở kháng bằng các đoạn dây nhánh.	26
Hình 2.8. Phối hợp trở kháng bằng dây chêm đôi song song [6].	27
Hình 2.9. Sơ đồ sử dụng đoạn dây $\lambda/4$	27
Hình 2.10. Phối hợp trở kháng bằng đoạn dây có chiều dài bất kỳ.....	28
Hình 2.11. Phối hợp trở kháng bằng hai đoạn dây mắc nối tiếp.	28
Hình 3.1. Sơ đồ khối một phần bộ thu phát tín hiệu vô tuyến.	29
Hình 3.2. Sơ đồ của mạng 2 cửa.	31
Hình 3.3. Mạng 2 cửa với nguồn và trở kháng tải.	32
Hình 3.4. Điểm nén 1-dB và Điểm chặn bậc 3 [11].....	34
Hình 3.5. Sơ đồ khối hệ thống radar monostatic.	36
Hình 3.6. Cấu tạo của khối bảo vệ [9].	37
Hình 3.7. Cấu tạo PIN Diode [12].	37
Hình 3.8. Mạch mô phỏng các trạng thái đóng, ngắt của PIN Diode.	38
Hình 3.9. Phân cực chuyển mạch cho PIN Diode.	38
Hình 3.10. Bảo vệ thụ động dùng PIN Diode.....	39
Hình 4.1. Sơ đồ và chức năng từng chân của Transistor SPF-3043 [13].	41
Hình 4.2. Hệ số khuếch đại của Transistor SPF-3043 [13].....	41
Hình 4.3. Bảng tham số S-Parameter của Transistor SPF-3043.....	42
Hình 4.4. Sơ đồ cơ bản của mạch phối hợp trở kháng.....	43
Hình 4.5. Sơ đồ nguyên lý mạch phối hợp trở kháng lối vào.....	43
Hình 4.6. Kết quả mô phỏng tham số S_{11} , S_{21} lối vào.....	44
Hình 4.7. Sơ đồ nguyên lý mạch phối hợp trở kháng lối ra.	44
Hình 4.8. Kết quả mô phỏng tham số S_{11} , S_{21} lối ra.	45
Hình 4.9. Sơ đồ nguyên lý toàn bộ mạch khuếch đại.	45
Hình 4.10. Kết quả mô phỏng tham số S_{11} , S_{21} của mạch.	46
Hình 4.11. Layout của mạch khuếch đại tạp âm thấp LNA.....	47
Hình 4.12. Sản phẩm thực tế mạch khuếch đại tạp âm thấp.....	47

<i>Hình 4.13. Sơ đồ bố trí đo kiểm mạch khuếch đại tạp âm thấp.</i>	<i>48</i>
<i>Hình 4.14. Kết quả đo tham số S_{21} (hệ số khuếch đại của mạch).</i>	<i>48</i>
<i>Hình 4.15. Kết quả đo tham số S_{11} (hệ số phản xạ tại lối vào).</i>	<i>49</i>
<i>Hình 4.16. Hệ số khuếch đại (S_{21}) của mạch.</i>	<i>49</i>
<i>Hình 4.17. Kết quả đo tham số S_{21} lần đầu ngay sau khi nắp Diode.</i>	<i>50</i>
<i>Hình 4.18. Kết quả đo cuối cùng của S_{21} khi có Diode.</i>	<i>50</i>

DANH MỤC THUẬT NGỮ VIẾT TẮT

A	
ADS: Advaned Design Systems	Phần mềm thiết kế, mô phỏng
C	
CMOS: Complementary Metal-Oxide-Semiconductor	Công nghệ dùng để chế tạo mạch tích hợp
D	
DC: Direct Current	Dòng điện một chiều
E	
EHF: Exrttôiely High Frequency	Tần số cực kì cao
G	
G: Gain	Hệ số khuếch đại
H	
HF: High Frequency	Tần số cao
I	
IF: Intermediate Rrequency	Tần số trung tần
IIP3: Input Order Intercept Point	Điểm chặn bậc 3 nối vào
ITU: International Telecommunication Union	Tổ chức Viễn thông Quốc tế
L	
LNA: Low Noise Amplifier	Bộ khuếch đại tạp âm thấp
N	
NF: Noise Figure	Hệ số tạp âm
O	
OIP3: Ouput Order Intercept Point	Điểm chặn bậc 3 đầu ra
P	
pHEMT: Pseudomorphic High Electron Mobility	Transistor hiệu ứng trường
PIN Diode: Positive - Intrinsic - Negative	Điốt PIN có cấu tạo 3 lớp: lớp P-lớp I-lớp N
R	
RADAR: RAdio Detection And Ranging	Dò tìm và định vị góc bằng sóng vô tuyến
RF: Radio Frequency	Tần số vô tuyến

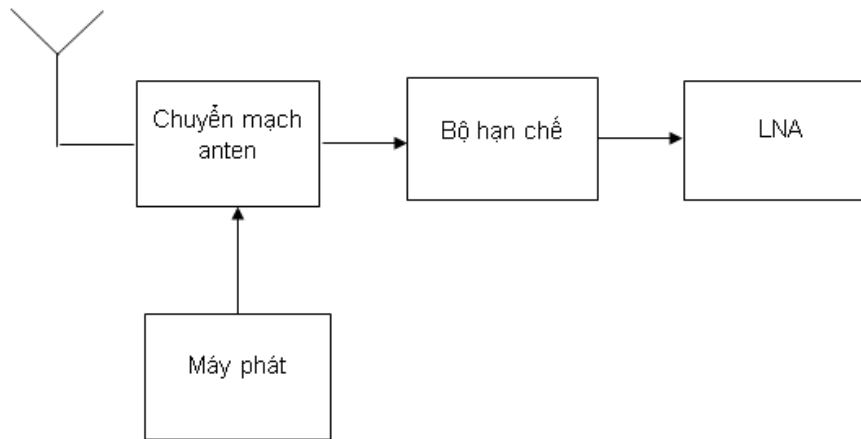
S	
SHF: Super High Frequency	Tần số siêu cao
U	
UHF: Ultra High Frequency	Tần số cực cao
V	
VCO: Voltage-Controlled Oscillator	Bộ tạo dao động điều khiển bằng áp
VHF: Very High Frequency	Tần số rất cao

LỜI MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Bảo vệ chủ quyền quốc gia là một nhiệm vụ đặc biệt quan trọng đối với mỗi dân tộc cả trong thời chiến lẫn thời bình. Việt Nam là một nước đang phát triển, tuy đã có nhiều nguồn lực về kinh tế và xã hội nhưng về mặt công nghệ vẫn còn lạc hậu. Hơn nữa, chúng ta đang sống trong thời kỳ mở cửa và hội nhập với bạn bè quốc tế, cơ hội có nhiều nhưng vẫn đang phải đối mặt với những thách thức ngày càng phức tạp. Hệ thống các đài radar quân sự đã và đang góp phần quan trọng trong công cuộc bảo vệ toàn vẹn lãnh thổ thiêng liêng của tổ quốc. Đài radar là một hệ thống rất phức tạp từ việc tìm hiểu nguyên lý hoạt động cho đến thiết kế, xây dựng và chế tạo. Trong hệ thống này thì khối chuyển mạch thu - phát và bộ khuếch đại tạp âm thấp đã và đang được các nhà khoa học trong và ngoài nước đặc biệt quan tâm. Do vậy việc tìm hiểu nguyên lý hoạt động, từng bước làm chủ công nghệ chế tạo Radar công suất lớn đang là một trong những nhiệm vụ cần thiết của các nhà khoa học Việt Nam.

Với tuyến thu siêu cao tần của Radar làm việc ở dải sóng centimet, tầng khuếch đại tạp âm thấp sử dụng đèn sóng chạy để đảm bảo giảm tạp âm cho tuyến thu và cung cấp hệ số khuếch đại lớn ($G \geq 28$ dB với hệ số tạp âm $NF \leq 2$ dB). Ngoài ra bộ khuếch đại dùng đèn sóng chạy có tính năng đặc biệt là khi tín hiệu vào lớn thì đèn sóng chạy có tính năng như một bộ suy giảm, nén tín hiệu 40dB tính năng này rất quan trọng để bảo vệ máy thu bán dẫn. Đối với hầu hết Radar tín hiệu phát và thu đều sử dụng một anten qua chuyển mạch thu – phát. Chuyển mạch thu phát đóng máy thu và dẫn tín hiệu phát công suất lớn ra anten. Khi thu chuyển mạch thu phát đóng máy phát và nối anten tới đầu vào bộ khuếch đại tạp âm thấp của máy thu. Tuy nhiên do chuyển mạch thu phát trong chế độ phát công suất lớn không đóng kín lý tưởng nên công suất phát lọt vào máy thu khá lớn. Nếu sử dụng đèn sóng chạy hoàn toàn không ảnh hưởng, công tác đảm bảo vật tư thay thế và nghiên cứu áp dụng phương pháp bảo vệ mới cũng là một nhiệm vụ quan trọng. Các đèn sóng chạy được thay thế bằng các bộ khuếch đại tạp âm thấp (LNA). Các bộ LNA bán dẫn với công nghệ CMOS hoàn toàn đáp ứng về hệ số khuếch đại, ưu việt về hệ số tạp âm thấp (NF), có dải động cao. Tuy nhiên đèn bán dẫn cần bổ sung khả năng bảo vệ xung lọt từ máy phát sang máy thu. Để sử dụng đèn bán dẫn trong bộ LNA cần lắp thêm bộ hạn chế công suất lọt giữa chuyển mạch anten và LNA.



Triển khai nghiên cứu thiết kế chế tạo bộ LNA kết hợp với bộ bảo vệ và hạn chế công suất lọt là nội dung có ý nghĩa khoa học và thực tiễn cao. Chính vì vậy luận văn “*Thiết kế, chế tạo bộ khuếch đại tạp âm thấp với cơ chế bảo vệ dùng cho Radar sóng centimet*” sẽ trình bày và cố gắng làm rõ hơn các nguyên lý thiết kế, tìm hiểu mô phỏng, cách thức thi công mạch cứng bộ LNA cũng như việc nghiên cứu giải pháp sử dụng PIN Diode bảo vệ LNA.

2. Mục tiêu đề tài

Đề tài luận văn “*Thiết kế, chế tạo bộ khuếch đại tạp âm thấp với cơ chế bảo vệ dùng cho Radar sóng centimet*” có hai mục tiêu lý thuyết và thực tiễn:

- **Về lý thuyết:**
 - Tìm hiểu nguyên lý hoạt động của các đài radar hoạt động ở dải sóng cm.
 - Tìm hiểu về kỹ thuật thu phát siêu cao tần.
 - Tìm hiểu và vận dụng các kiến thức về kỹ thuật phối hợp trở kháng, các giải pháp kỹ thuật nhằm hạn chế tạp âm, lựa chọn linh kiện tối ưu nhằm thiết kế, chế tạo bộ khuếch đại tạp âm thấp dùng trong máy thu radar.
 - Tìm hiểu, nghiên cứu bộ khuếch đại tạp âm thấp với cơ chế bảo vệ sử dụng PIN Diode.
- **Về thực tiễn:**
 - Tính toán, mô phỏng và thiết kế thông số của bộ khuếch đại tạp âm thấp hoạt động ở băng tần C dùng phần mềm ADS 2009.
 - Thực thi chế tạo, đo đạc sản phẩm thực tế mạch khuếch đại tạp âm thấp.

3. Phương pháp nghiên cứu

Để thực hiện chuyên đề trên, phương pháp nghiên cứu được sử dụng gồm:

- Phương pháp nghiên cứu lý thuyết: Sử dụng phương pháp phân tích và tổng hợp lý thuyết; cập nhật và xử lý tài liệu liên quan về thiết kế mạch khuếch đại tạp âm thấp; nghiên cứu phần mềm mô phỏng mạch siêu cao tần ADS2009.
- Phương pháp mô phỏng: Trên cơ sở thiết kế đã có thực hiện mô phỏng trên phần mềm chuyên dụng ADS, sau khi đạt chỉ tiêu kỹ thuật sẽ tiến hành chế tạo sản phẩm thực tế mạch khuếch đại tạp âm thấp băng C.
- Phương pháp nghiên cứu thực tiễn: triển khai thực nghiệm để tìm kiếm chứng kết quả thiết kế mô phỏng bộ khuếch đại tạp âm thấp đã chế tạo và trên cơ sở đó hoàn thiện thiết kế bộ khuếch đại tạp âm thấp (LNA) băng C với cơ chế bảo vệ dùng cho radar sóng cm với các thông số hệ số khuếch đại (Gain), hệ số tạp âm NF, phối hợp trở kháng tốt hơn.

4. Nội dung nghiên cứu

4.1. Nghiên cứu lý thuyết

- Nghiên cứu về cấu trúc tuyến thu và kỹ thuật sử dụng trong Radar.
- Nghiên cứu kỹ thuật phối hợp trở kháng trong kỹ thuật siêu cao tần.
- Nghiên cứu phần mềm mô phỏng ADS và transistor SPF3043.

4.2. Thiết kế bộ khuếch đại tạp âm thấp

- Thiết kế và mô phỏng mạch khuếch đại tạp âm thấp băng C.
- Thiết kế layout và chế tạo mạch khuếch đại.
- Lắp ráp và đo thử nghiệm trên máy VECTOR NETWORK ANALYZER.

5. Kết cấu luận văn

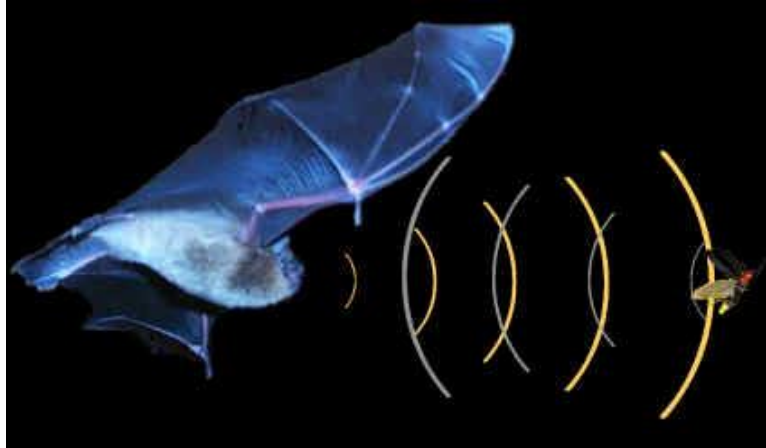
Nội dung luận văn bao gồm 4 chương:

- Chương 1: Tổng quan về hệ thống Radar.
- Chương 2: Cơ sở lý thuyết về kỹ thuật siêu cao tần.
- Chương 3: Bộ khuếch đại tạp âm thấp và cơ chế bảo vệ.
- Chương 4: Thiết kế, mô phỏng và thực thi mạch.

CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG RADAR

1.1. Giới thiệu

Từ xa xưa, trong thiên nhiên hoang dã, tạo hóa đã ban cho chúng ta những cỗ máy “radar” kì diệu. Chú dơi phát ra sóng siêu âm từ mũi, nhận tiếng vọng tại hai “ăng-ten” ở hai tai, qua đó phân tích để tìm kiếm và định vị mồi.



Hình 1.1. Cách săn bắt mồi của loài dơi [12].

RADAR, viết tắt của RAdio Detection And Ranging, là một thiết bị được phát minh trong các thập kỷ đầu tiên của thế kỷ 20 dùng để nhận dạng từ xa và xác định cự ly của các vật thể (như tàu thủy và máy bay) bằng các sóng điện từ.

Nguyên lý bên trong của radar được thí nghiệm lần đầu tiên bởi nhà vật lý Đức Heinrich Hertz vào cuối thế kỷ 19. Hertz đã kiểm tra lý thuyết về trường điện từ của Maxwell, và chứng tỏ rằng các sóng điện từ phản xạ lại bởi các chất dẫn điện và điện môi. Các phát hiện này chưa được ứng dụng cho đến những năm 1900 khi một kỹ sư người Đức sáng chế một thiết bị để nhận dạng tàu và các chướng ngại vật bằng sóng điện từ. Tuy nhiên, do cự ly phát hiện nhỏ (cỡ một dặm) nên thiết bị này chưa được thành công lắm.

Một vài năm trước khi Thế chiến thứ hai bùng nổ các hệ thống radar phát sóng liên tục CW được thử nghiệm ở nhiều quốc gia. Các hệ thống radar này hoạt động chủ yếu ở băng tần HF (high frequency: 3 đến 30MHz) và VHF (very high frequency: 30 đến 300MHz) và đạt cự ly phát hiện lên đến 50 dặm. Các radar CW dùng hiệu ứng dịch tần Doppler đo sự dịch chuyển của mục tiêu sinh ra làm nền tảng cho việc phát hiện mục tiêu mà không có thêm bất kì thông tin nào về cự ly hay vị trí.

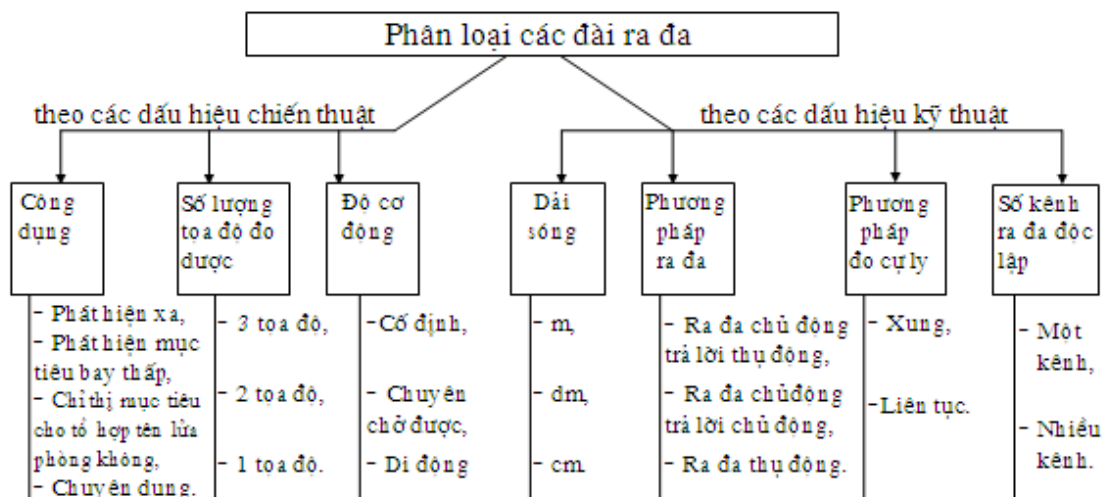
Trong suốt Thế chiến hai, các hệ thống radar được sử dụng một cách có hệ thống như một công cụ để cải thiện hệ thống phòng thủ quân sự, bằng cách phát hiện sớm các máy bay và tàu chiến quân địch, Trong thời kỳ đó, các radar xung cũng được phát minh để cung cấp thông tin về cự ly dựa trên việc đo lường thời gian trễ giữa xung phát và xung phản xạ về từ mục tiêu. Từ đó, các hệ thống radar được phát hiện và cải tiến liên tục cả về phần cứng (máy phát, máy thu, anten radar...) lẫn phần mềm (khi máy tính xuất hiện làm công cụ cho việc phân tích và biểu diễn dữ liệu radar).

Hiện nay, radar đã được ứng dụng vào rất nhiều lĩnh vực của đời sống như điều khiển không lưu, định vị hàng hải, dự báo thời tiết, các ứng dụng trong đời sống như radar phát hiện mỏ khoáng sản, mỏ dầu,... radar kiểm tra các công trình xây dựng, radar đo tốc độ xe lưu thông và các ứng dụng quân sự như giám sát, định vị, điều khiển, và dẫn đường cho các loại vũ khí.

Tầm quan trọng của radar hay những thiết bị hoạt động theo nguyên tắc giống như vậy ngày nay là rất lớn. Vì vậy việc không ngừng nghiên cứu ứng dụng của radar trong cuộc sống luôn luôn là vấn đề cấp thiết.

1.2. Phân loại các đài radar

Mục đích của việc phân loại là chia tập hợp các đài radar thành từng nhóm có những dấu hiệu chung, không phụ thuộc vào tính đa dạng của các giải pháp kỹ thuật và kết cấu từng đài radar riêng lẻ để tiện cho việc phân tích các đặc điểm cấu trúc đài radar theo quan điểm kỹ thuật hệ thống.



Hình 1.2. Sơ đồ phân loại các đài radar.

Do vậy thường phân các đài radar theo các dấu hiệu chiến thuật và các dấu hiệu kỹ thuật.

Các dấu hiệu chiến thuật thường gồm: công dụng của đài radar, số lượng tọa độ đo được, mức độ cơ động của đài, ...

Các dấu hiệu kỹ thuật gồm: Dải sóng làm việc của đài, phương pháp radar, phương pháp đo cự ly, ...

Theo công dụng có thể chia các đài radar thành các loại sau:

- Phát hiện xa các mục tiêu trên không (radar cảnh giới).
- Phát hiện các mục tiêu trên không và dẫn đường cho máy bay tiêm kích đến các mục tiêu đó (radar cảnh giới và dẫn đường).
- Phát hiện các mục tiêu bay thấp.

Radar cảnh giới: để trình sát các mục tiêu trên không ở cự ly xa. Loại đài radar này thường đo 2 tọa độ: cự ly và phương vị của mục tiêu với độ chính xác vừa phải. Độ cao của mục tiêu có thể được xác định rất sơ lược, công suất phát của đài lớn.

Radar cảnh giới và dẫn đường: là khâu cung cấp thông tin chủ yếu trong hệ thống dẫn đường máy bay tiêm kích bay đến các mục tiêu trên không. Để đảm bảo dẫn đường cần thông tin về vị trí không gian của các mục tiêu và các máy bay tiêm kích, radar cần đo được cả ba tọa độ: cự ly, phương vị và độ cao với độ chính xác đủ đảm bảo dẫn đường thành công.

Radar phát hiện mục tiêu bay thấp: để trình sát các mục tiêu bay thấp. Radar loại này có búp sóng rà thấp sát mặt đất, làm việc ở dải sóng cm hoặc dm, có thiết bị chế áp nhiễu tiêu cực phản xạ từ mặt đất, công suất phát nhỏ, gọn nhẹ, cơ động.

Radar chỉ thị mục tiêu cho tên lửa phòng không: cần có cự ly tác dụng đủ xa sao cho sau khi nhận được chỉ thị mục tiêu từ nó, các phương tiện hỏa lực phòng không đủ thời gian chuẩn bị để tiêu diệt mục tiêu ở tầm xa nhất. Thông tin radar (về cả 3 tọa độ) cần đủ chính xác đảm bảo cho các đài điều khiển tên lửa bám sát ngay được mục tiêu mà không cần sự sạo.

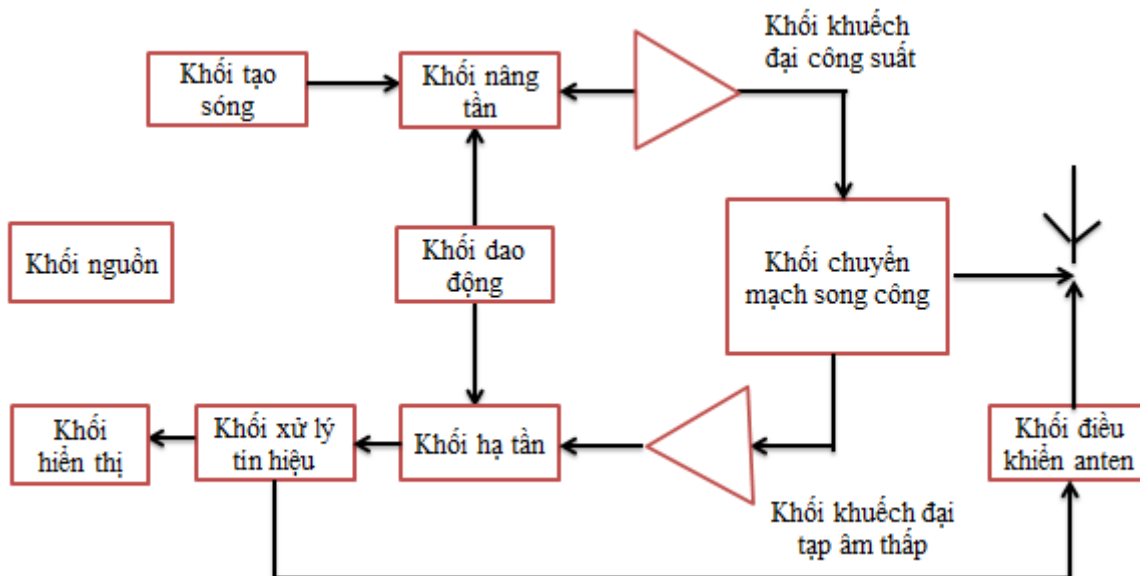
Theo các dấu hiệu kỹ thuật: Có thể chia radar theo dải sóng, theo phương pháp radar, theo phương pháp đo cự ly và theo số lượng kênh radar độc lập:

- Tần số làm việc của radar có thể thuộc các dải tần như bảng bên dưới. Radar dải HF lợi dụng sự phản xạ sóng ở tần đối lưu và tầng điện ly để phát hiện mục tiêu. Radar dải VHF và UHF để phát hiện các mục tiêu ngoài đường chân trời. Các radar cảnh giới thông thường làm việc ở dải sóng m ($10 \div 1$ m), dm ($10 \div 1$ dm) và cm ($10 \div 1$ cm).

- Theo phương pháp radar có thể chia thành các radar chủ động (có trả lời thụ động hoặc chủ động) và thụ động như đã trình bày ở mục trước.
- Theo phương pháp đo cự ly có thể chia thành 2 nhóm lớn: radar bức xạ xung và radar bức xạ liên tục. Radar bức xạ xung có ưu điểm chính là : đơn giản việc đo cự ly, về mặt kỹ thuật cho phép dễ dàng sử dụng chung một anten cho cả phát và thu. Nhược điểm của nó là cần phải dùng máy phát công suất xung lớn, khá phức tạp việc đo tốc độ mục tiêu. Radar bức xạ liên tục cho phép tách mục tiêu theo tốc độ và đo đơn trị tốc độ trong dải tốc độ khá rộng, công suất phát không cần lớn. Nhược điểm của loại này là việc khử ghép giữa tuyến thu và phát rất phức tạp, thiết bị đầu cuối cũng rất phức tạp khi cần quan sát nhiều mục tiêu theo nhiều tham số.

1.3. Sơ đồ khối máy phát radar

Radar là hệ thống rất hoàn thiện và phức tạp về mặt điện và từ. Thường chúng là những cỗ máy hoàn chỉnh. Hệ thống radar là sự sắp xếp những khối nhỏ khác nhau, bản thân những khối này lại được sắp xếp với những mục đích khác nhau. Sự đa dạng của các khối tùy thuộc vào mục đích của từng radar, nhưng sự hoạt động cơ bản và các khối chính là tương tự nhau. Trong sơ đồ khối, tôi chỉ đề cập đến các khối quan trọng mà không thể thiếu trong các hệ thống radar.



Hình 1.3. Sơ đồ khối hệ thống radar.

- Anten radar

Thiết bị dùng để phát sóng vô tuyến tạo ra bởi máy phát và thu sóng phản xạ trở về đưa vào ống dẫn sóng tới máy thu. Anten sử dụng cho radar là các anten định

hướng và có bề mặt phản xạ lớn. Kích thước bề mặt của anten phụ thuộc tần số và môi trường mà radar đó hoạt động. Với tần số càng thấp yêu cầu diện tích bề mặt hiệu dụng của radar càng lớn [8].

Tham số quan trọng nhất quyết định đến phẩm chất của một anten là độ lợi G , có biểu thức như sau:

$$G(\theta, \varphi) = \eta_A D(\theta, \varphi) \quad (1.1)$$

Trong đó: $G(\theta, \varphi)$: độ lợi của anten theo góc phương vị (θ, φ) .

η_A : hiệu suất của anten (tỉ số giữa công suất phát xạ trên công suất đưa vào anten).

$D(\theta, \varphi)$: hệ số định hướng của anten theo (θ, φ) .

Với các anten siêu cao tần, độ lợi cực đại G_{max} của anten được xác định theo biểu thức sau:

$$G_{max} = (4\pi/\lambda^2) A_e \quad (1.2)$$

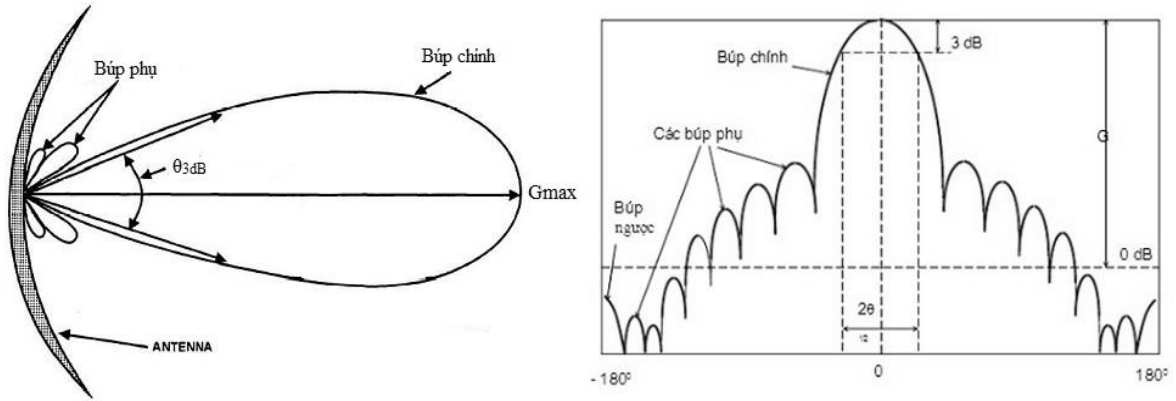
Trong đó:

λ : bước sóng ($\lambda = c/f$ với $c = 3.10^8$ m/s là vận tốc ánh sáng và f là tần số).

A_e : diện tích bề mặt hiệu dụng của anten.

Từ biểu thức trên, có thể thấy, độ lợi của anten tỷ lệ với tần số và diện tích bề mặt hiệu dụng của anten. Điều đó cho thấy, tần số càng cao hoặc diện tích bề mặt anten càng lớn thì độ lợi của anten càng lớn. Như vậy, khi phát sóng điện từ, để tăng độ lợi anten, người ta thường tăng kích thước anten.

Đồ thị phương hướng bức xạ của anten biểu thị sự biến đổi độ lợi của anten theo các hướng khác nhau, thường được biểu diễn bằng tọa độ cực hoặc tọa độ vuông góc.



(a) Trong tọa độ cực

(b) Trong tọa độ vuông góc

Hình 1.4. Đồ thị phương hướng bức xạ của anten.

Trong thực tế, thường sử dụng khái niệm độ rộng búp sóng hoặc góc nửa công suất, là góc hợp bởi hai hướng mà ở đó mức công suất giảm đi một nửa so với mức công suất cực đại. Trên hình 1.3, có thể thấy độ rộng búp sóng chính là 3dB, và nó là hàm phụ thuộc tỷ số λ/D . Nếu xét một anten parabol, độ rộng búp sóng chính 3dB của đồ thị phương hướng có thể tính bằng biểu thức:

$$\theta_{3dB} = 70\lambda/D = 70c/fD \quad (1.3)$$

Trong đó:

θ : độ rộng búp sóng ở mức nửa công suất.

λ : bước sóng ($\lambda = c/f$ với $c = 3 \cdot 10^8$ m/s là vận tốc ánh sáng và f là tần số).

D : đường kính anten parabol.

Bên cạnh búp sóng chính còn có các búp sóng phụ; nếu búp sóng phụ càng nhỏ thì năng lượng tập trung cho búp sóng chính càng lớn và khả năng tránh can nhiễu giữa các hệ thống càng cao.

Khi lựa chọn anten cho một hệ thống radar phải đảm bảo một số yêu cầu cơ bản sau [3]:

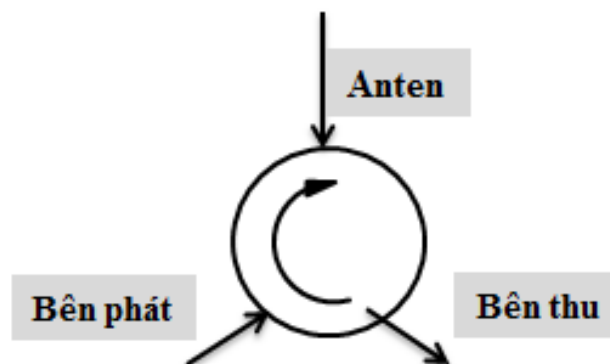
- Anten có thể dùng chung (radar monostatic) hoặc riêng (radar bistatic) cho cả hệ thống thu và phát.
- Anten định hướng cao để xác định chính xác vị trí mục tiêu.
- Anten phải có khả năng quét tròn được 360° phát hiện được mục tiêu trên tất cả các hướng.

- Phải có tối thiểu 10 – 12 xung đập vào mục tiêu sau mỗi vòng quay của anten với tốc độ 20-24 vòng/phút để đảm bảo công suất xung phản xạ.
- Diện tích bề mặt hiệu dụng A_e của anten đủ lớn để thu nhận tín hiệu phản xạ được tốt.
- Cường độ bú phụ nhỏ (mức phát bú phụ không quá 20-30 dB).
- Vị trí đặt anten cao để nâng tầm xa tác dụng, anten không bị vướng hay bị che khuất, không đặt gần các vật làm ảnh hưởng đến khả năng phát và thu sóng phản xạ của anten.
- Lắp đặt anten không ảnh hưởng đến các hệ thống vô tuyến điện xung quanh.

Các loại anten chủ yếu thường dùng cho radar thường là các loại anten có bề mặt phản xạ lớn như các loại anten parabol, anten Cassegrain,...hay bề mặt hiệu dụng lớn như anten mảng pha.

- **Khối chuyển mạch song công (Duplexer)**

Khi chỉ có một anten sử dụng cả việc truyền và nhận tín hiệu, thì trong hầu hết các hệ thống radar đều sử dụng Duplexer. Chuyển mạch Duplexer sẽ chuyển hệ thống radar từ chế độ phát sang chế độ thu. Trong trạng thái phát, chuyển mạch sẽ nối anten với bộ phận phát và không kết nối với bộ phận thu. Bộ thu sẽ được cách lý với xung truyền có công suất cao để bảo vệ bộ thu tránh bị hỏng những bộ phận có độ nhạy cao. Ngay sau quá trình phát, chuyển mạch sẽ ngắt kết nối với bộ phận truyền và kết nối bộ thu với anten.



Hình 1.5. Sơ đồ kết nối anten.

- **Khối tạo sóng Waveform Generator**

Bộ phận phát tín hiệu số được xây dựng bởi sự liên kết với nguồn tín hiệu số với bộ chuyển đổi D/A. Trong quá trình hoạt động thì bộ nhớ số được sử dụng để lưu giữ

tín hiệu dạng số. Bộ nhớ sẽ đọc ra các đặc trưng của dạng sóng yêu cầu. Ở đó tạo ra các dạng xung một cách rất linh hoạt và mềm dẻo.

- **Khối dao động Local Oscillators**

Khối dao động là bộ phận không thể thiếu trong kỹ thuật siêu cao tần như radar. Bản chất của khối dao động là một thiết bị hoạt động và truyền tần số vào bộ phận viễn thông. Bộ dao động điều chỉnh được thường sử dụng tụ biến dung để điều chỉnh tần số dao động. Khối dao động điều chỉnh điện áp (VCO) là khối dao động mà yếu tố biến đổi cơ bản là Diode biến dung. VCO được điều chỉnh trên băng tần của nó bởi điện áp một chiều DC sạch áp vào Diode biến dung. Mạch vòng bám pha sẽ được sử dụng để điều khiển tần số của VCO.

- **Khối trộn tần (Mixer)**

Trộn tần là quá trình tác động lên hai tín hiệu sao cho trên đầu ra bộ trộn tần nhận được các thành phần tần số tổng hoặc hiệu của hai tín hiệu đó.

Bộ trộn tần có nhiệm vụ cho ra một tín hiệu phụ thuộc vào hiệu pha hoặc hiệu tần số của hai tín hiệu vào. Giả sử tín hiệu điều khiển và tín hiệu ra có điện thế được viết bởi công thức sau:

$$u_1(t) = U_1 \sin(\omega_1 t + \theta_1) \quad (1.3)$$

$$u_2(t) = U_2 \text{rect}(\omega_2 t + \theta_2)$$

Khi đó tín hiệu ra của bộ tách sóng pha sẽ là:

$$u = U_1 U_2 [\sin(\omega_1 t + \theta_1) \sin(\omega_2 t + \theta_2)] \quad (1.4)$$

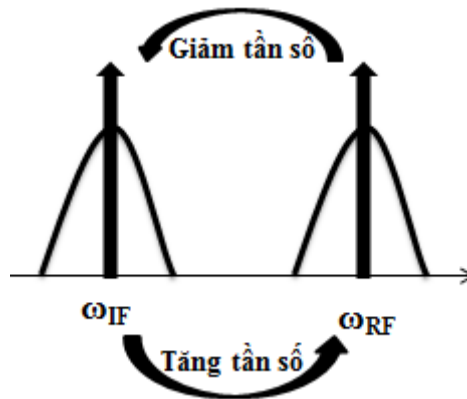
$$u = \frac{U_1 U_2}{2} [\cos(\omega_1 t + \theta_1 - \omega_2 t - \theta_2) - \cos(\omega_1 t + \theta_1 + \omega_2 t + \theta_2)] \quad (1.5)$$

$$u = \frac{U_1 U_2}{2} [\cos 2\pi(f_1 - f_2 + \theta_1 - \theta_2) - \cos 2\pi(f_1 + f_2 + \theta_1 + \theta_2)] \quad (1.6)$$

Từ công thức trên ta thấy tín hiệu ra của bộ tách sóng pha bao gồm cả tổng và hiệu tần số của hai tín hiệu vào. Tuy nhiên mạch lọc thông thấp không cho phép tín hiệu tổng đi qua mà chỉ cho phép tín hiệu vi sai đi qua.

Mixer được sử dụng để truyền tín hiệu trong một dải phổ này tới một dải phổ khác. Trong truyền dẫn radar, Mixer được sử dụng để truyền trực tiếp tần số của tín

hiệu (IF) được tạo ra bởi bộ tạo dao động sang tín hiệu cao tần RF. Khối thực hiện điều đó được gọi là bộ biến đổi tăng tần số lên. Trong radar nhận tín hiệu thì Mixer lại làm nhiệm vụ ngược lại là giảm tần số thu được xuống từ tần số RF về trung tần IF.



Hình 1.6. Mô hình hoạt động bộ trộn tần.

- **Khối khuếch đại công suất (Power Amplifier)**

Khối khuếch đại là một thiết bị biến đổi tín hiệu có biên độ nhỏ ở đầu vào thành một tín hiệu có biên độ lớn ở đầu ra mà dạng tín hiệu không thay đổi.

Thực chất khuếch đại là quá trình biến đổi năng lượng có điều khiển, ở đó năng lượng của nguồn cung cấp một chiều được biến đổi thành năng lượng xoay chiều có quy luật giống như quy luật của tín hiệu điều khiển.

Mạch khuếch đại được chia thành nhiều loại khác nhau:

- Theo dạng tín hiệu cần khuếch đại: khuếch đại tín hiệu liên tục (khuếch đại micro, âm thanh...) và khuếch đại tín hiệu xung (radar, máy thu hình, các thiết bị tính toán, điều khiển...).
- Theo dải tần số tín hiệu cần khuếch đại: mạch khuếch đại một chiều ($f=0$ và tần số thấp), mạch khuếch đại tần thấp ($f=16\text{Hz}$ đến 20KHz), khuếch đại trung tần và cao tần ($f > 20\text{KHz}$).
- Theo đặc tuyến tần số: mạch khuếch đại cộng hưởng (hệ số khuếch đại K đạt giá trị lớn nhất tại tần số cộng hưởng), khuếch đại dải hẹp (K không thay đổi trong một dải hẹp tần số và suy giảm rõ rệt ngoài vùng này), khuếch đại dải rộng (dải tần làm việc cỡ vài chục MHz).
- Theo trở tải: khuếch đại điện trở, khuếch đại biến thế, khuếch đại cộng hưởng, khuếch đại điện cảm...
- Theo tính chất các đại lượng vật lý lấy ra: khuếch đại thế (K_U), khuếch đại dòng (K_i), khuếch đại công suất (K_p).

Thông thường các tín hiệu cần thu có tần số từ hàng chục MHz đến hàng trăm MHz thậm chí đến hàng chục GHz. Tín hiệu thu được thường rất nhỏ, cần phải khuếch đại lên nhiều lần, để có tín hiệu đủ lớn (trên vài chục vôn) đáp ứng yêu cầu của mạch tách sóng. Nếu dùng nhiều tầng khuếch đại sẽ dẫn đến kết cấu và kỹ thuật phức tạp và rất dễ bị tự kích làm độ nhạy không cao, chất lượng kém. Ngày nay, hầu hết tất cả các máy thu đều hoạt động theo nguyên tắc thu đôi tần. Tín hiệu thu từ ăng ten có tần số thu được đưa vào một bộ biến đổi tần. Trong máy thu có bộ dao động nội phát ra dao động có tần số tần số là ω_n . Dao động này cũng được đưa vào bộ biến đổi tần trộn với tín hiệu ω_{th} . Ở lối ra của bộ biến tần sẽ thu được tín hiệu có tần số:

$$\omega_t = |\omega_{th} - \omega_n| \quad (1.7)$$

Khi cần thu tín hiệu có tần số ω_{th} bất kỳ, thì dù ω_{th} biến đổi thế nào ω_n cũng biến đổi một lượng tương tự để luôn đảm bảo ω_t có giá trị cố định. Vậy ω_t là tần số trung gian giữa ω_{th} và ω_n và được gọi là khuếch đại trung tần. Khuếch đại trung tần hoạt động ở tần số thấp ω_t nên dễ khuếch đại và hệ số khuếch đại đạt được rất lớn, tính ổn định cao và cũng rất gọn nhẹ, dễ chế tạo.

Đối với máy phát radar thì khối khuếch đại công suất được sử dụng để khuếch đại tín hiệu cao tần trước khi phát. Trong lịch sử có nhiều kiểu bộ khuếch đại được sử dụng trong radar, chẳng hạn như ống khuếch đại có điều khiển lưới, khuếch đại từ trường chéo (CFAs), ống truyền sóng (TWTs),... Đối với bộ khuếch đại công suất lớn, các tham số quan trọng là hệ số khuếch đại và độ ổn định trong dải tần làm việc. Hệ số khuếch đại lớn mà vẫn đảm bảo được sự ổn định trong dải tần làm việc.

- ***Khối khuếch đại tạp âm thấp (Low Noise Amplifier)***

Tín hiệu thu được thường có biên độ rất nhỏ và có lẫn tạp. Mục đích của bộ khuếch đại tạp âm thấp (LNA) là nâng tín hiệu lên công suất theo yêu cầu trong khi tín hiệu đã bị lẫn thêm tạp và có thể bị méo dạng tín hiệu vì vậy sự phục hồi của tín hiệu có thể gây một sự trễ trong hệ thống. Bộ LNA là bộ khuếch đại với tạp âm thấp. Tín hiệu tạp được xác định bằng hệ số tín hiệu tạp lối vào trên hệ số tín hiệu tạp lối ra. LNA được sử dụng ở phần đầu của khối radar thu. Tham số khuếch đại có lẫn tạp âm thấp, nhất là ở sóng siêu cao tần.

- ***Khối điều khiển xử lý tín hiệu (Signal Processing/Data Processing/Control Subsystems)***

Công nghệ xử lý tín hiệu tùy thuộc vào tín hiệu thu được chưa được trộn. Một số công nghệ xử lý tín hiệu thông thường được sử dụng trong radar là hệ số tương quan,

bộ lọc Doppler, phản xạ ảnh,... Khối xử lý dữ liệu sử dụng bộ biến đổi dữ liệu được tạo ra bởi khối tín hiệu trực tiếp vào khi radar hoạt động. Khối xử lý tín hiệu là một khối rất phức tạp cả về công nghệ lẫn thuật toán.

- ***Khối điều khiển anten (Antenna Positioning Systems)***

Trong một số hệ thống radar, anten được điều khiển theo vị trí. Trong đó mô tơ được sử dụng để điều khiển vị trí của anten. Nếu anten chỉ cần quay ở một tốc độ đơn thuần nhất định thì chỉ cần mô tơ đơn là đủ cho việc đó. Còn nếu anten quay với các tốc độ khác nhau thì một vài các bộ phận hỗ trợ điều khiển anten sẽ được sử dụng.

- ***Khối nguồn (Power Systems)***

Radar là một hệ thống điện tử rất phức tạp. Mỗi thành phần đều cần có khối nguồn để vận hành. Trong quá trình hoạt động, mỗi bộ phận lại cần các giá trị điện áp khác nhau. Để đáp ứng các giá trị nguồn khác nhau đó, chỉ cần sử dụng một nguồn bên ngoài, sau đó điện áp được biến đổi thành các mức điện áp cần thiết. Để biến đổi điện áp DC thành các mức điện áp DC thường sử dụng các nguồn Switching điều chỉnh. Các nguồn Switching điều chỉnh là mạch điện tử ở đó sử dụng các cuộn dây, các transistor hoặc tụ điện như là phần tử dự trữ năng lượng để truyền tải năng lượng từ khối vào tới các khối ra.

- ***Khối hiển thị (Display)***

Khối màn hình hiển thị có chức năng hiển thị các thông tin- thông số kỹ thuật của hệ thống radar, thông tin về mục tiêu mà radar thu được. Khối có chức năng giúp con người giao tiếp với hệ thống radar.

1.4. Các tần số hoạt động của radar

Hiện nay, các băng tần được sử dụng cho radar trước đây trong thế chiến thứ 2 (tên băng tần và dải tần số) vẫn được sử dụng trong các lĩnh vực quân sự và hàng không. Và để có thể kiểm soát một cách tốt nhất và sử dụng hiệu quả, các băng tần radar được tổ chức tiêu chuẩn quốc tế ITU quy định và phân bổ [11]. Ngoài ra, nhiều nước trên thế giới cũng tự bổ sung các quy định trong việc phân bổ băng tần radar tại các nước đó cho mục đích sử dụng trong quân sự hay dân sự.

Băng tần	Dải tần số	Bước sóng	Băng tần con phân bổ cho radar (theo ITU)
HF	3–30 MHz	10–100 m	
VHF	30–300 MHz	1–10 m	138 MHz-144MHz; 216 MHz-225 MHz
UHF	300–1000 MHz	0,3–1 m	420 MHz-450MHz; 890 MHz-942MHz
L	1–2 GHz	15–30 cm	1215 MHz-1400MHz
S	2–4 GHz	7,5–15 cm	2300 MHz-2500MHz; 2700 MHz-3700MHz
C	4–8 GHz	3,75–7,5 cm	5250 MHz-5925MHz
X	8–12 GHz	2,5–3,75 cm	8500 MHz-10,680 MHz
K _u	12–18 GHz	1,67–2,5 cm	13,4 GHz-14GHz; 15,7 GHz-17,7GHz
K	18–27 GHz	1,11–1,67 cm	24,05 GHz-24,25GHz
K _a	27–40 GHz	0,75–1,11 cm	33,4 GHz-36,0GHz
mm	40–300 GHz	1,0–7,5 mm	126 GHz-142GHz; 144 GHz-149GHz 231 GHz-235GHz; 238 GHz-248GHz

Bảng 1.1 – Các băng tần radar.

Băng tần HF: các hệ thống radar dùng băng tần HF được sử dụng lần đầu tiên vào những năm đầu thế chiến 2, do Anh nghiên cứu và phát triển. Các ứng dụng chủ yếu trong thời kỳ này của radar băng tần HF là để phát hiện các máy bay ném bom. Thực tế khi sử dụng, các hệ radar này cũng mang nhiều nhược điểm như yêu cầu anten kích thước lớn để đạt được độ rộng búp sóng hẹp, độ tập âm cao. Và do sử dụng bước sóng dài nên các mục tiêu dễ rơi vào vùng không đồng nhất do tán xạ Rayleigh làm khó xác định khoảng cách mục tiêu. Ngày nay, các radar băng tần HF vẫn được sử dụng để giám sát các mục tiêu ở rất xa (đường chân trời) hay radar giám sát bờ biển do bước sóng dài của băng tần sử dụng.

Băng tần VHF: radar dùng băng tần VHF rất phổ biến vào những năm 1930 phục vụ cho mục đích quân sự. Cũng giống như radar băng tần HF, các radar dùng băng tần VHF cũng mang các nhược điểm như yêu cầu kích thước anten lớn, độ tập âm cao.

Tuy nhiên do bước sóng dài nên các radar băng tần VHF được sử dụng để giám sát bờ biển và đường chân trời.

Băng tần UHF: các radar dùng băng tần UHF có độ tạp âm thấp hơn so với các radar HF và VHF và độ rộng búp sóng phát cũng hẹp hơn, kích thước anten yêu cầu đủ lớn. Ứng dụng chính của radar băng UHF chủ yếu trong việc giám sát mục tiêu ở xa, phát hiện máy bay tàng hình hay tên lửa hành trình.

Băng tần L: radar dùng băng tần L được sử dụng chủ yếu trong việc giám sát mục tiêu ở cự ly xa và điều khiển các mục tiêu trong không gian. So với các radar băng tần thấp như UHF và VHF, radar dùng băng tần L chịu độ tạp âm thấp hơn.

Băng tần S: radar dùng băng tần S thường được trang bị cho hải quân phục vụ mục đích giám sát các mục tiêu ở cự ly xa hay giám sát sân bay với các mục tiêu ở cự ly trung bình. Ngoài ra, thế hệ các radar 3D mới dùng trong quân sự sử dụng băng tần S nhằm kiểm soát vùng trời như giám sát, theo dõi và bám mục tiêu.

Băng tần C: chủ yếu dùng cho các radar giám sát các mục tiêu ở cự ly trung bình như radar thời tiết hay radar sử dụng anten mảng pha dùng để phòng thủ tên lửa trong quân sự.

Băng tần X: trước đây, băng tần X thường sử dụng cho mục đích quân sự như giám sát mục tiêu ở cự ly ngắn, bám và dẫn đường tên lửa. Hiện nay, ngoài các ứng dụng trong quân sự, các radar dùng băng X còn được sử dụng cho các mục đích dân sự như dẫn đường và định hướng tàu bè, giám sát thời tiết. Ưu điểm của các radar dùng băng X là thông tin hiển thị trên màn hình có độ phân giải cao và anten yêu cầu có kích thước nhỏ.

Băng tần Ku, K và Ka: radar dùng băng K được phát triển vào những năm giữa thế chiến thứ 2 với bước sóng 1,25 cm (ở tần số 24GHz). Tuy nhiên, sau đó, không được sử dụng nhiều do sóng vô tuyến bị hấp thụ mạnh bởi hơi nước. Tùy thuộc vào mức độ hấp thụ mà sau đó, băng tần K được tổ chức IEEE chia thành 3 băng con: băng tần Ku từ tần số 12 -18 GHz, băng tần K từ tần số 18 – 27 GHz, và băng tần Ka từ tần số 27 – 40GHz. Các ứng dụng của radar băng tần Ku chủ yếu để giám sát bề mặt đất sân bay do độ phân giải cao. Với băng tần K, dùng trong radar khí tượng, giám sát thời tiết và các súng radar của cảnh sát để đo tốc độ. Băng tần Ka dùng cho các thiết bị để lập bản đồ có độ phân giải cao và thử nghiệm thông tin.

Băng tần mm: đây là băng tần có tần số >40 GHz, chủ yếu dùng cho các hoạt động thử nghiệm thông tin, nghiên cứu radar sóng mm hay dùng giữa các vệ tinh trong cụm các vệ tinh [8].

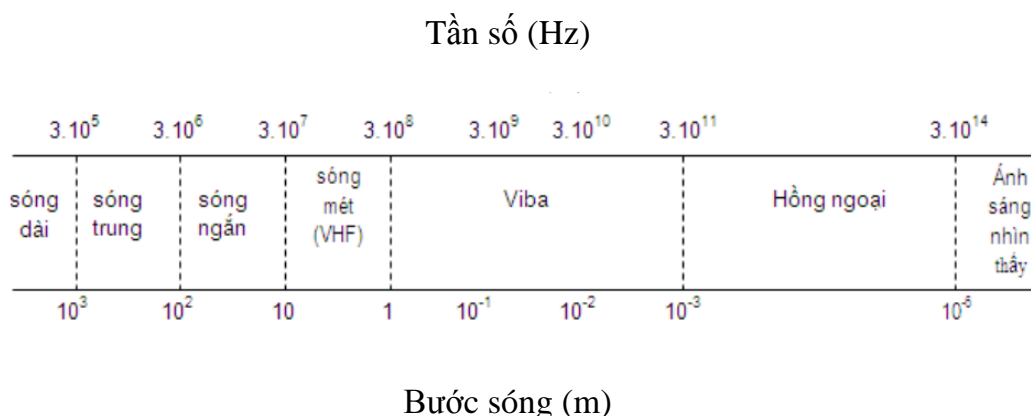
CHƯƠNG 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ KỸ THUẬT SIÊU CAO TẦN

2.1. Giới thiệu chung

Thuật ngữ “viba” hay sóng siêu cao tần (microwaves) là để chỉ những sóng điện từ có bước sóng rất nhỏ, ứng với phạm vi tần số rất cao của phổ tần số vô tuyến điện [1].

Phạm vi của dải tần số này cũng không có sự quy định chặt chẽ và thống nhất toàn thế giới. Giới hạn trên của dải thường được coi là tới 300GHz ($f = 3 \cdot 10^{11}$ Hz), ứng với bước sóng $\lambda = 1$ mm (sóng milimet), còn giới hạn dưới có thể khác nhau tùy thuộc vào các quy ước theo như tập quán sử dụng. Một số nước coi "sóng cực ngắn" là những sóng có tần số cao hơn 30 MHz (bước sóng $\lambda \leq 10$ m), còn một số nước khác coi "viba" là những sóng có tần số cao hơn 300 MHz (bước sóng $\lambda \leq 1$ m) [1].

Với sự phát triển nhanh của kỹ thuật và những thành tựu đạt được trong việc chinh phục các băng tần cao của phổ tần số vô tuyến, khái niệm về phạm vi dải tần của "viba" cũng có thể còn thay đổi [1].



Hình 2.1. Phổ tần số của sóng điện từ.

Trong ứng dụng thực tế, dải tần của vi ba còn được chia thành các băng tần nhỏ hơn [1]:

- UHF (Ultra High Frequency): $f = 300 \text{ MHz} \div 3 \text{ GHz}$
- SHF (Super High Frequency): $f = 3 \div 30 \text{ GHz}$
- EHF (Extrtrôielly High Frequency): $f = 30 \div 300 \text{ GHz}$

Máy phát siêu cao tần, công suất lớn hoạt động trong dải tần 820Mhz đến 900Mhz của đài radar tầm thấp được xây dựng dựa trên phương pháp tổ hợp công suất trong máy. Khối công suất là tổ hợp của nhiều modul công suất nhỏ để tạo ra khối có công suất lớn. Do vậy lý thuyết siêu cao tần là nền tảng để giải quyết vấn đề trên.

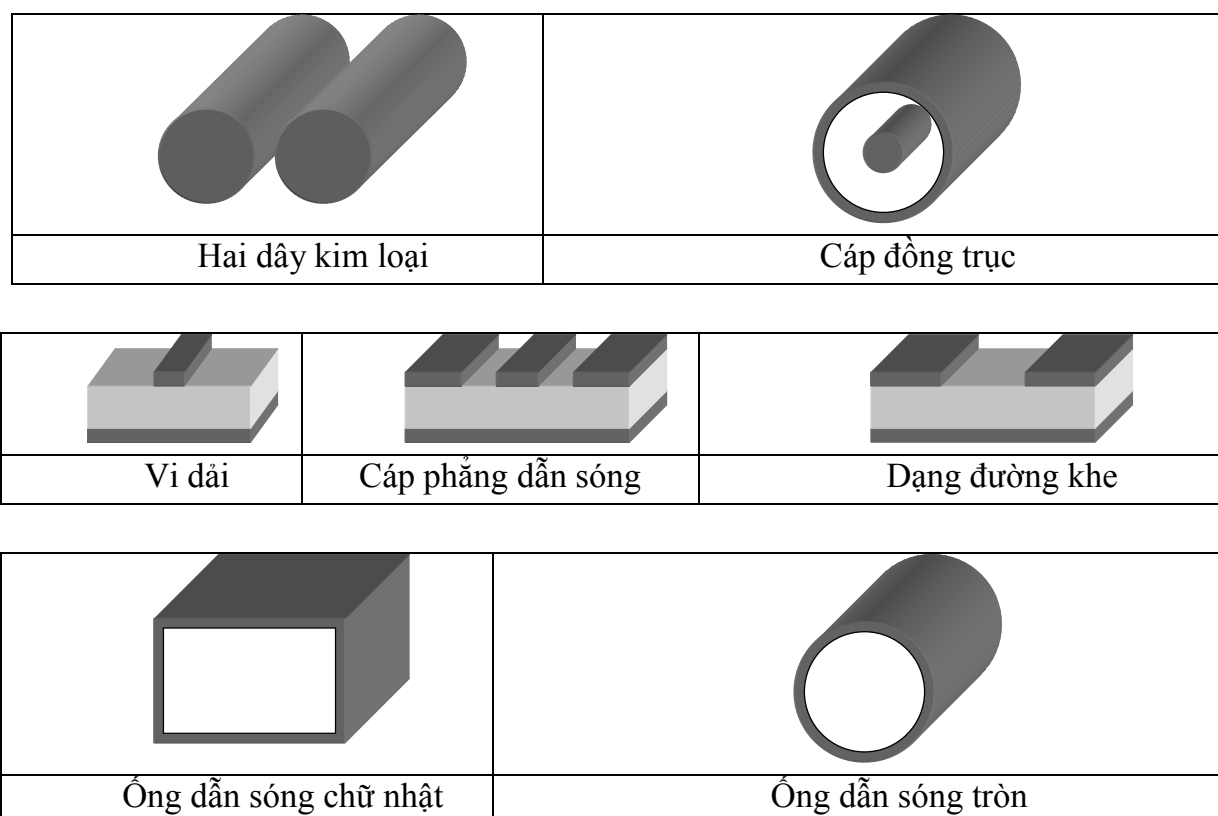
2.2. Cơ sở lý thuyết về thiết kế mạch siêu cao tần

2.2.1. Các loại đường truyền

Đường truyền là thiết bị để giới hạn sự lan truyền các dao động điện từ hay các dòng năng lượng điện từ theo hướng đã cho. Đường truyền dùng để truyền dẫn năng lượng siêu cao tần gọi là đường truyền năng lượng siêu cao tần.

Trong đường truyền hở, tại tiết diện ngang không có vòng kim loại bao bọc vùng truyền năng lượng siêu cao tần. Đường truyền hở có nhiều dạng khác nhau như: đường dây đôi, mạch dải, đường truyền sóng mặt...

Đối với đường truyền kín, trong nó có ít nhất một mặt vật dẫn kim loại bao bọc hoàn toàn vùng truyền năng lượng siêu cao tần. Đường truyền kín là các ống kim loại rỗng có tiết diện khác nhau, bên trong chứa các chất điện môi đồng nhất khác nhau hoặc không khí hay chân không. Chúng gọi là ống dẫn sóng.



Hình 2.2. Các dạng đường truyền sóng.

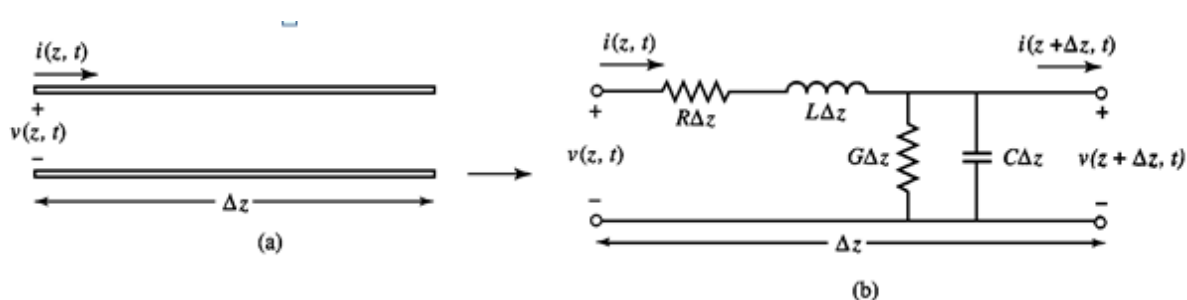
Ở dải sóng mét, người ta dùng đường dây đôi và cáp đồng trục để truyền dẫn năng lượng siêu cao. Đường dây đôi có cấu trúc đơn giản và cho kích thước ngang khá gọn, dễ điều chỉnh phối hợp. Nhưng ở dải sóng decimet, cáp đồng trục dùng phổ biến, dây đôi không được sử dụng rộng rãi vì tổn hao do bức xạ và hiệu ứng bề mặt. Trong dải sóng centimet, đường truyền sóng phổ biến là các ống dẫn sóng chữ nhật và trụ tròn vì

nó cho tiêu hao nhỏ, kích thước phù hợp, cáp đồng trục ít được dùng vì tổn hao do hiệu ứng bề mặt ở lõi trong và tổn hao trong điện môi lớn. Nó chỉ dùng ở khoảng cách ngắn và công suất nhỏ. Trong dải milimet, các ống dẫn sóng chữ nhật và tròn không được dùng phổ biến do kích thước nhỏ, khó chế tạo và tiêu hao lớn. Ở dải sóng này, đường truyền phổ biến là mạch dải, đường truyền sóng mặt như: ống dẫn sóng điện môi, dây dẫn đơn có phủ chất điện môi.

2.2.2. Phương trình truyền sóng

Thông thường, một đường dây truyền sóng có thể được mô tả như một hệ gồm 2 dây dẫn song song. Đó là vì khi truyền dẫn sóng TEM ta phải có ít nhất 2 vật dẫn.

Một phần tử rất ngắn của đường dây có độ dài Δz (hình 2.3a) có thể được biểu diễn bởi một mạng 4 cực đơn giản gồm các phần tử tập trung (hình 2.3b) [1].



Hình 2.3. Biểu diễn mạch tương đương của đoạn đường truyền sóng siêu cao tần.

Trong đó, R - Điện trở nối tiếp trên một đơn vị dài của cả hai dây, Ω/m

L - Điện cảm nối tiếp trên một đơn vị dài của cả hai dây, H/m

G - Điện dẫn song song trên một đơn vị dài, S/m

C - Điện dung song song trên một đơn vị dài, F/m

Phương trình truyền sóng như sau [1]:

$$\frac{\partial V(z)}{\partial z} = -(R + i\omega L)I(z) \quad (2.1)$$

$$\frac{\partial I(z)}{\partial z} = -(G + i\omega C)V(z)$$

$$\text{Với } \gamma^2 = (R + i\omega L)(G + i\omega C)$$

Ta nhận thấy γ là một số phức, có thể viết:

$$\gamma = \alpha + i\beta = \sqrt{(R + i\omega L)(G + i\omega C)}$$

Hệ phương trình (2.1) có thể được viết lại:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 V(z)}{dz^2} - \gamma^2 V(z) &= 0 \\ \frac{d^2 I(z)}{dz^2} - \gamma^2 I(z) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.2)$$

Theo lý thuyết về phương trình vi phân, ta có nghiệm của (1.2)

$$V(z) = V_0^+ e^{-\gamma z} + V_0^- e^{\gamma z} \quad (2.3)$$

$$I(z) = I_0^+ e^{-\gamma z} + I_0^- e^{\gamma z}$$

Công thức (2.3) biểu thị các sóng điện áp và dòng điện trên đường dây, trong đó, số hạng chứa $e^{\gamma z}$ biểu thị cho sóng truyền theo hướng $+z$ (sóng thuận), còn số hạng chứa $e^{-\gamma z}$ biểu thị cho sóng truyền theo hướng $-z$ (sóng ngược) [1].

V_0^+ và I_0^+ biểu thị cho biên độ điện áp và dòng điện sóng thuận.

V_0^- và I_0^- biểu thị cho biên độ điện áp và dòng điện sóng ngược.

2.2.3. Hệ số phản xạ

Nếu định nghĩa hệ số phản xạ là tỷ số của sóng phản xạ trên sóng tới thì từ ta xác định được hệ số phản xạ tại $z = 0$ (vị trí mắc tải) [1].

$$\Gamma(0) = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2.4)$$

Rõ ràng là biên độ của hệ số phản xạ $|\Gamma|$ có giá trị bằng hoặc nhỏ hơn 1 hay $|\Gamma| \leq 1$

Áp dụng (1.3) ta sẽ viết lại như sau:

$$V(z) = V_0^+ \left[e^{-i\beta z} + \Gamma e^{i\beta z} \right] \quad (2.5)$$

$$I_{(z)} = \frac{V_0^+}{Z_0} [e^{-i\beta z} - \Gamma e^{i\beta z}] \quad (2.6)$$

Các biểu thức (2.5) và (2.6) cho thấy rằng điện áp và dòng điện trên đường truyền được xác định bởi sự “xếp chồng” của hai sóng là sóng tới và sóng phản xạ. Do vậy, biên độ $|V|$ và $|I|$ tại mỗi vị trí z sẽ có giá trị khác nhau. Có những điểm, biên độ $|V|$ hoặc $|I|$ luôn đạt giá trị cực đại, ngược lại có những điểm luôn có giá trị cực tiểu, nghĩa là biên độ điện áp (hoặc dòng điện) có dạng dao động theo z . Sóng này được gọi là “sóng đứng”. Như vậy sóng đứng sẽ xảy ra khi hệ số phản xạ $\Gamma \neq 0$ [1].

Khi $\Gamma = 0$, trên đường truyền chỉ có một sóng là sóng tới, có dạng sóng chạy. Như vậy sóng chạy sẽ xảy ra khi: $\Gamma = 0$ hay $Z_L = Z_0$: ta nói đường truyền được phối hợp trở kháng [1].

2.2.4. Hệ số sóng đứng

Các điểm mà biên độ điện áp có giá trị cực tiểu được gọi là điểm “nút” của sóng đứng điện áp, còn các điểm mà biên độ điện áp có giá trị cực đại được gọi là điểm “bụng”. Các điểm nút và điểm bụng của sóng đứng dòng điện cũng được định nghĩa tương tự như trên. Rõ ràng là điểm nút của sóng đứng điện áp sẽ tương ứng với điểm bụng của sóng đứng dòng điện và ngược lại [1].

Tỷ số biên độ của điện áp tại điểm bụng và điểm nút được gọi là hệ số sóng đứng (HSD), viết tắt là S [1].

$$HSD = S = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2.7)$$

Khi $\Gamma = 0$ (phối hợp trở kháng), ta có hệ số sóng đứng $S = 1$, nghĩa là biên độ của sóng điện áp (hoặc dòng điện) có giá trị như nhau trên suốt chiều dài của đường truyền. Sóng trên đường truyền được coi là sóng chạy. Từ (2.7) ta cũng rút ra được quan hệ giữa hệ số sóng đứng S và hệ số phản xạ Γ :

$$|\Gamma| = \frac{S - 1}{S + 1} \quad (2.8)$$

2.2.5. Biểu đồ Smith

Được tạo ra bởi Phillip H. Smith (1905-1987) năm 1939 tại Bell Lab. Sự ra đời của biểu đồ Smith đã làm giảm nhẹ đáng kể các tính toán về đường truyền. Ta có thể nghĩ rằng ngày nay khi máy tính đã phát triển thì ứng dụng biểu đồ này không quan trọng nữa nhưng ngược lại nó cho sự tiện ích nhiều hơn sự tiện ích của máy tính với biểu đồ thông thường. Ngày nay biểu đồ Smith là một phần của thiết kế máy tính (CAD) với phần mềm thiết kế siêu cao tần. Nhờ có nó ta có thể dễ dàng tính toán, hiểu được mạch lọc đường truyền siêu cao tần, dễ dàng giải quyết các công việc của kỹ thuật siêu cao tần như vấn đề phối hợp trở kháng [12].

Đồ thị này chính là biểu diễn hình học của hệ thức [1]:

$$Z_L = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma} R_0 \quad (2.9)$$

Hay viết dưới dạng trở kháng chuẩn hoá:

$$z_L = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma} \quad (2.10)$$

Trong đó $z_L = Z_L/R_0$ chính là trở kháng chuẩn hoá theo R_0 .

Thay $\Gamma = |\Gamma|e^{i\phi}$ ta viết lại (2.10) dưới dạng:

$$z_L = \frac{1 + |\Gamma|e^{i\phi}}{1 - |\Gamma|e^{i\phi}} \quad (2.11)$$

Một giá trị bất kỳ của hệ số phản xạ Γ có thể được biểu diễn lên hệ tọa độ cực dưới dạng một bán kính vectơ $|\Gamma|$ và góc pha ϕ . Như vậy, ứng với mỗi điểm trên mặt phẳng của hệ số phản xạ có một giá trị của hệ số phản xạ hoàn toàn xác định, và một giá trị trở kháng z hoàn toàn xác định [1].

Thay $z_L = r_L + ix_L$ và $\Gamma = \Gamma_r + i\Gamma_i$ vào (2.9) ta nhận được:

$$r_L + ix_L = \frac{(1 + \Gamma_r) + i\Gamma_i}{(1 - \Gamma_r) - i\Gamma_i} \quad (2.12)$$

Trong đó, r_L và x_L lần lượt là điện trở và điện kháng của tải.

Γ_r và Γ_i là phần thực và phần ảo của hệ số phản xạ Γ .

Trên mặt phẳng hệ số phản xạ (giới hạn trong vòng bán kính bằng 1 và $|\Gamma| \leq 1$) có thể vẽ được 2 họ đường cong, một họ gồm những đường đẳng điện trở $r = \text{const}$ và một họ gồm những đường đẳng điện kháng $x = \text{const}$ [1].

Cân bằng phần thực và phần ảo của (2.12) ta được 2 phương trình:

$$r_L = \frac{1 - \Gamma_L^2 - \Gamma_i^2}{(1 - \Gamma_r)^2 + \Gamma_i^2} \quad (2.13)$$

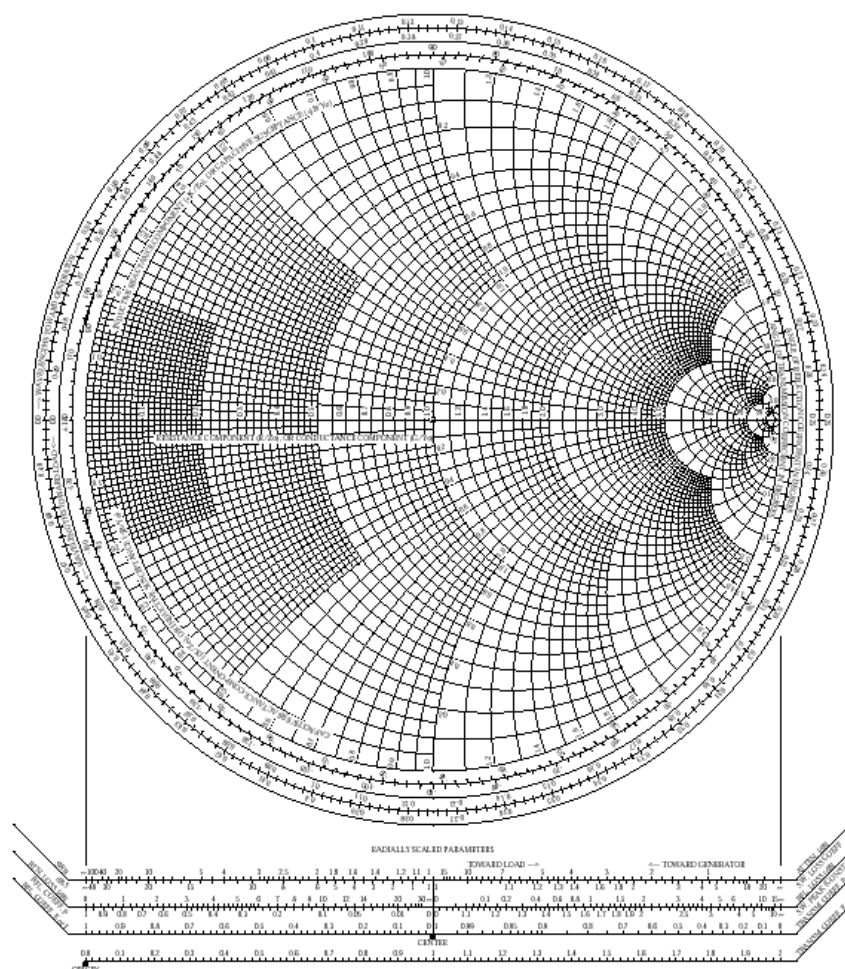
$$x_L = \frac{2\Gamma_i^2}{(1 - \Gamma_r)^2 + \Gamma_i^2} \quad (2.14)$$

Sau khi biến đổi (1.13) và (1.14) ta nhận được:

$$\left(\Gamma_r - \frac{r_L}{1 + r_L} \right)^2 + \Gamma_i^2 = \left(\frac{1}{1 + r_L} \right)^2 \quad (2.15)$$

$$(\Gamma_r - 1)^2 + \left(\Gamma_i - \frac{1}{x_L} \right)^2 = \left(\frac{1}{x_L} \right)^2 \quad (2.16)$$

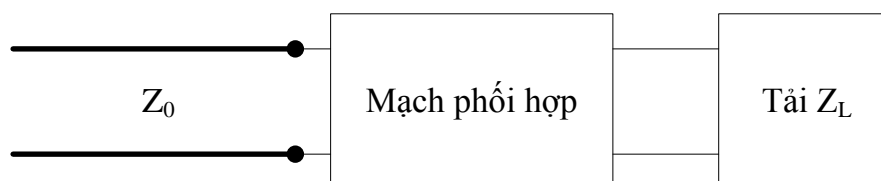
Mỗi phương trình trên biểu thị một họ đường tròn trong mặt phẳng Γ_r Γ_i .



Hình 2.4. Giản đồ Smith [6].

2.3. Phối hợp trở kháng

Phối hợp trở kháng là vấn đề quan trọng của kỹ thuật viba, là một phần của quá trình thiết kế mạch liên hệ thống siêu cao tần dựa trên cơ sở áp dụng kiến thức về lý thuyết đường dây truyền sóng. Mạch phối hợp trở kháng là mạch không tổn hao để tránh làm giảm công suất và được thiết kế sao cho trở kháng vào nhìn từ đường truyền có giá trị bằng trở kháng Z_0 của đường truyền. Sơ đồ phối hợp trở kháng cơ bản được mô tả như hình sau [1]:



Hình 2.5. Sơ đồ phối hợp trở kháng.

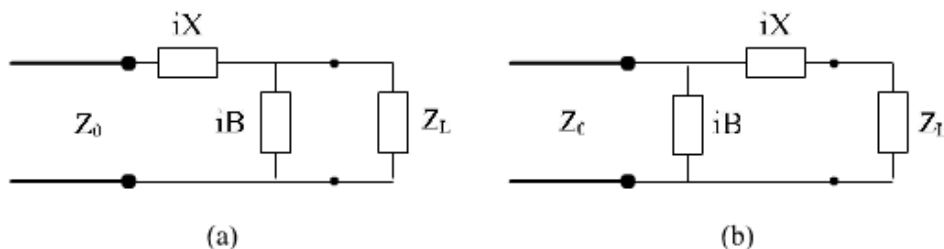
Mạch phối hợp trở kháng là phần quan trọng của một mạch siêu cao tần vì những lý do sau [1]:

- Khi nguồn và tải được phối hợp trở kháng với đường truyền, năng lượng tối đa từ nguồn sẽ được truyền đến tải còn năng lượng tổn hao trên đường truyền là nhỏ nhất.
- Phối hợp trở kháng sẽ giúp cải thiện tỷ số tín hiệu/tạp nhiễu của hệ thống khác trong hệ thống sử dụng các phần tử nhạy cảm như anten, bộ khuếch đại tạp âm thấp.
- Đối với mạng phân phối công suất siêu cao tần (ví dụ mạng tiếp điện cho dàn anten gồm nhiều phân tử), phối hợp trở kháng sẽ làm giảm sai số về biên độ và pha khi phân chia công suất.

Sau đây chúng ta đề cập đến các phương pháp phối hợp trở kháng cơ bản:

2.3.1. Phối hợp trở kháng dùng các phần tử tập trung

Mạch phối hợp đơn giản nhất là loại chỉ gồm hai phần tử điện kháng mắc thành hình chữ L (thuận hoặc nghịch), được gọi là mạch hình L. Giả thiết đường truyền dẫn không tổn hao (hay tổn hao thấp), có nghĩa Z_0 là đại lượng thuần trở [1].



Hình 2.6. Mạch phối hợp trở kháng hình L.

- Khảo sát hình 2.6(a)

Giả sử $Z_L = R_L + ix_L$. Điều kiện để đạt được phối hợp trở kháng là trở kháng nhìn từ đường truyền vào mạch phối hợp bao gồm cả tải phải bằng Z_0 , nghĩa là:

$$Z_0 = iX + \frac{1}{iB + R_L + ix_L} \quad (2.17)$$

Mạch này được ứng dụng trong trường hợp $R_L > Z_0$.

$$X = \frac{1}{B} + \frac{X_L Z_0}{R_L} - \frac{Z_0}{BR_L} \quad (2.18)$$

- **Khảo sát hình 2.6(b)**

Để đạt được phối hợp trở kháng, dẫn nạp nhìn vào từ đường truyền về phía mạch phối hợp bao gồm cả hai tải bằng $1/Z_0$, nghĩa là:

$$\frac{1}{Z_0} = iB + \frac{1}{R_L + i(X + X_L)} \quad (2.19)$$

Mạch này được ứng dụng trong trường hợp $R_L < Z_0$.

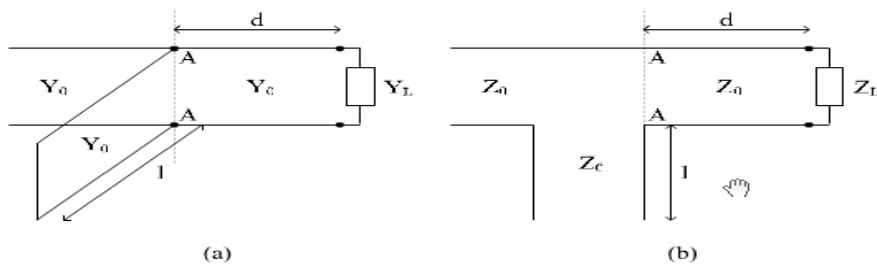
- **Thiết kế mạch phối hợp trở kháng dung giãn đồ Smith**

Trường hợp $R_L > Z_0$, trở tải chuẩn hóa $Z_L = r_L + ix_L$ sẽ có phần thực $r_L > 1$. Do vậy, điểm đại biểu cho Z_L trên giản đồ Smith sẽ nằm bên trong vòng tròn $r=1$.

Ngược lại, trường hợp $R_L < Z_0$, điểm đại biểu Z_L trên giản đồ Smith sẽ nằm bên ngoài vòng tròn $r=1$.

2.3.2. Phối hợp trở kháng dùng một dây nhánh/dây chêm

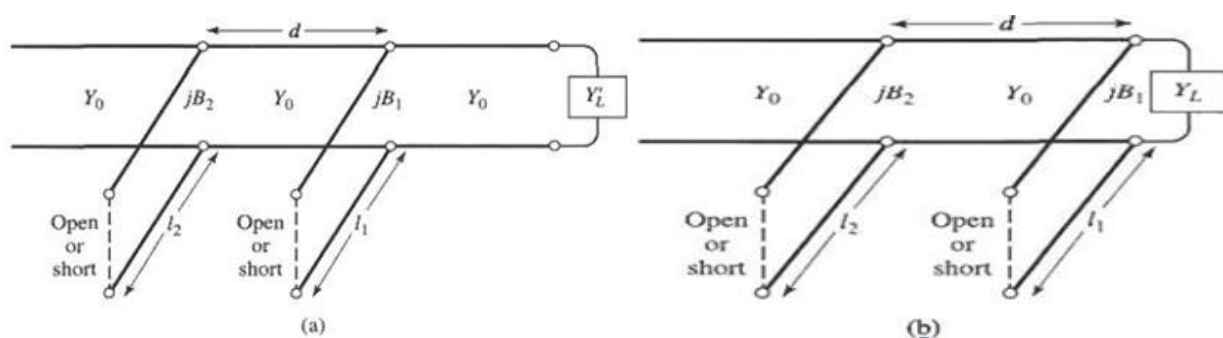
Phối hợp trở kháng bằng dây nhánh là phương pháp được sử dụng khá phổ biến do đơn giản và dễ điều chỉnh. Có thể mắc dây nhánh vào đường truyền theo sơ đồ song song hoặc nối tiếp với đoạn dây hở mạch hoặc ngắn mạch, như hình minh họa bên dưới:



Hình 2.7. Phối hợp trở kháng bằng các đoạn dây nhánh.

Thường việc điều chỉnh vị trí mắc dây chêm hay độ dài dây nhánh được thực hiện theo cách tiếp xúc trượt. Đây là nhược điểm vì khó đảm bảo sự liên tục về trở kháng hoặc tiếp xúc kém. Để khắc phục nhược điểm này người ta dùng phương pháp phối

hợp bằng dây chêm đôi đặt cách nhau khoảng cách cố định $\lambda/8$, $\lambda/4$, $3\lambda/8$ trên đường truyền sóng. Các dây chêm có thể ở tình trạng hở mạch hoặc ngắn mạch đầu cuối [1].

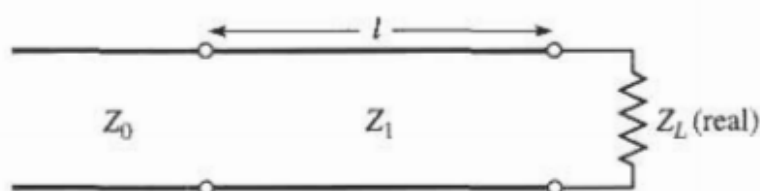


Hình 2.8. Phối hợp trở kháng bằng dây chêm đôi song song [6].

2.3.3. Phối hợp trở kháng bằng đoạn dây $\lambda/4$

Đoạn dây $\lambda/4$ là phương pháp đơn giản để phối hợp một trở kháng tải thực với đường truyền. Một đặc điểm của đoạn dây $\lambda/4$ là chúng ta dễ dàng mở rộng phương pháp này để phối hợp cho cả một dải tần số. Tuy nhiên, nhược điểm của phương pháp sử dụng đoạn dây $\lambda/4$ là chỉ sử dụng được để phối hợp cho trường hợp trở kháng tải là thực. Với một trở kháng tải phức chúng ta có thể sử dụng một đoạn đường truyền hoặc dùng dây nhánh để đưa trở kháng này về trở kháng thực, sau đó dùng phương pháp đoạn dây $\lambda/4$ để phối hợp.

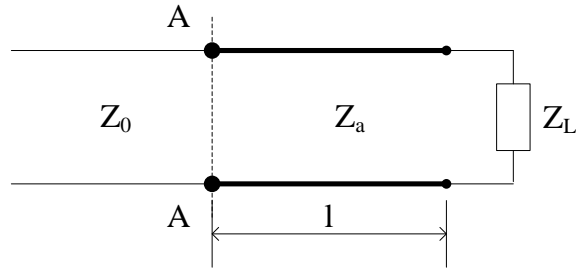
Hình 2.9 biểu diễn sơ đồ sử dụng đoạn dây $\lambda/4$ để phối hợp giữa trở kháng tải Z_L thực với đường truyền có trở kháng đặc trưng Z_0 .



Hình 2.9. Sơ đồ sử dụng đoạn dây $\lambda/4$.

2.3.4. Phối hợp trở kháng bằng đoạn dây có chiều dài bất kỳ

Đây là trường hợp tổng quát hơn của phương pháp phối hợp bằng đoạn dây $\lambda/4$. Trong phương pháp này chúng ta dùng một dây truyền sóng có độ dài l bất kỳ mắc nối tiếp để phối hợp một trở kháng phức Z_L với một đường truyền sóng có trở kháng đặc trưng Z_0 (Hình 2.10).

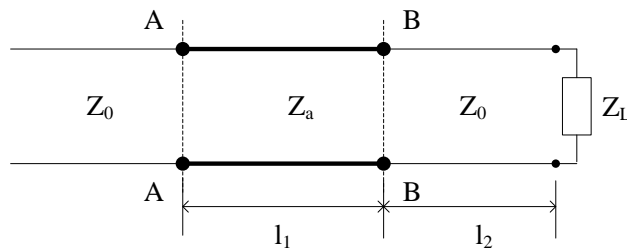


Hình 2.10. Phối hợp trở kháng bằng đoạn dây có chiều dài bất kỳ.

Ở đây chúng ta cần xác định Z_a và l để có thể phối hợp Z_L với Z_0 .

2.3.5. Phối hợp trở kháng bằng đoạn dây mắc nối tiếp

Sơ đồ của mạch phối hợp trở kháng bằng hai đoạn dây mắc nối tiếp được vẽ ở Hình 2.11.



Hình 2.11. Phối hợp trở kháng bằng hai đoạn dây mắc nối tiếp.

Trong bài toán này các đoạn dây phối hợp có trở kháng đặc tính Z_0 và Z_a đã biết trước, cần xác định độ dài của chúng để có được trở kháng nhìn từ A-A về tải đạt được giá trị bằng Z_0 , nghĩa là đảm bảo không có sóng phản xạ trên đường truyền chính [1].

CHƯƠNG 3 BỘ KHUẾCH ĐẠI TẠP ÂM THẤP VÀ CƠ CHẾ BẢO VỆ

3.1. Khái niệm bộ khuếch đại tạp âm thấp LNA

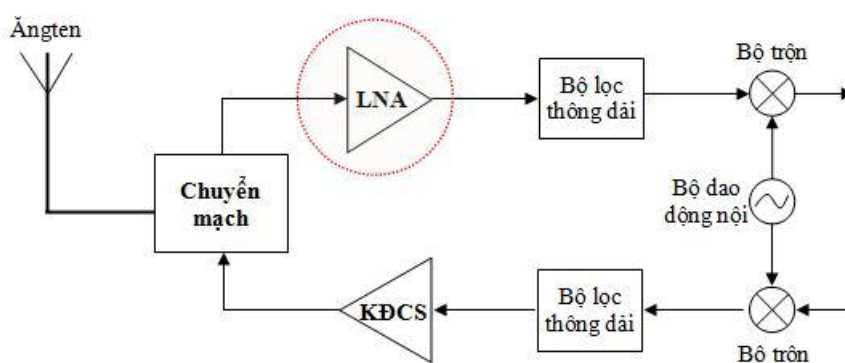
LNA là chữ viết tắt của Low Noise Amplifier, là bộ khuếch đại tạp âm thấp.

Biên độ các tín hiệu phát bằng vô tuyến đến phía đầu thu nhận được thường rất nhỏ. Chính vì vậy cần có bộ khuếch đại tạp âm thấp để nhằm thu được các tín hiệu nhỏ chính xác.

Các mạch cao tần là phi tuyến, và rất nhạy cảm với nhiệt. Chính tạp âm này ảnh hưởng rất nhiều trong quá trình thu và khôi phục lại tín hiệu dữ liệu.

Việc khuếch đại thông thường giúp khuếch đại công suất tín hiệu, nhưng đồng thời cũng khuếch đại tạp âm. Vì vậy, bộ LNA được dùng để khuếch đại tín hiệu cần thiết để đạt được một độ lợi Gain tốt nhất, đồng thời hạn chế tối đa khuếch đại Tạp âm (Noise).

Vị trí LNA đặt càng gần anten thu càng tốt, vì khi đó, tín hiệu vô tuyến thu được từ anten – tín hiệu rất yếu (về công suất) – sẽ được khuếch đại thông qua LNA. Đồng thời, với thiết kế đặc biệt, LNA sẽ khuếch đại công suất tín hiệu với mức tạp âm là tối ưu. Lúc này hệ số tạp âm Noise Figure (NF) sẽ là thấp nhất. Từ đây, dựa vào công thức Friiss hệ số tạp âm NF toàn máy thu sẽ là thấp nhất, do ảnh hưởng nhiều nhất từ tầng khuếch đại đầu tiên.



Hình 3.1. Sơ đồ khối một phân bộ thu phát tín hiệu vô tuyến.

3.2. Các thông số quan trọng của mạch khuếch đại LNA

3.2.1. Hệ số tạp âm Noise Figure

Khi mạch điện được cấp nguồn, các điện tử dao động một cách ngẫu nhiên. Sự dao động này tạo ra nhiệt. Đối với mạch cao tần, chuyển động này là vô cùng lớn,

lượng nhiệt tỏa ra là đáng kể. Lúc này nó hình thành một kênh tạp âm và ảnh hưởng đến tín hiệu truyền trên hệ thống. Trong hệ thống RF, tạp âm được kết hợp từ nhiều nguồn khác nhau.

Tạp âm nội: tạp âm được tạo ra bên trong hệ thống, nên được gọi là tạp âm nội. Có ba loại tạp âm nội chính trong hệ thống RF là: Thermal Noise, Shot Noise, Flicker Noise.

- *Tạp âm nhiệt (Thermal Noise)*

Đây là loại tạp âm được sinh ra từ sự chuyển động của các điện tử trong các vật dẫn điện hoặc các chất bán dẫn gây ra bởi các hiệu ứng nhiệt. Trong các linh kiện điện tử, các tín hiệu ngẫu nhiên được tạo ra trong các cấu kiện điện tử có công suất tỉ lệ thuận với nhiệt độ của cấu kiện này.

Công suất tạp âm được định nghĩa:

$$P = k.T.\Delta f \quad (3.1)$$

Trong đó P: công suất tạp âm (W)

k: hằng số Boltzmann (J/K)

T: nhiệt độ vật dẫn (K)

Δf : băng thông (Hz)

- *Shot Noise (Shottky Noise)*

Là một loại tạp âm điện, xảy ra khi có một số phần tử xác định mang năng lượng như electron trong các mạch điện ly, photon trong các thiết bị quang đủ nhỏ để gây ra những sự dao động có thể dò được trong các thiết bị đo lường hay các thiết bị bán dẫn.

Giá trị của loại tạp âm này tăng theo độ lớn trung bình của dòng điện hay cường độ của ánh sáng. Shot Noise tương tự Thermal Noise, cũng có phân bố dạng Gaussian (tạp âm trắng).

$$I^2 = 2.q.I_{DC}.\Delta f \quad (3.2)$$

Trong đó I: Dòng tạp âm hiệu dụng (A)

q: giá trị điện tích electron $1,6.10^{19}$ (C)

I_{DC} : dòng điện DC (A)

Δf : băng thông (Hz)

- **Flicker Noise (1/f Noise)**

Còn gọi là Pink Noise, thường xuất hiện ở tần số thấp. Flicker Noise có mật độ phổ công suất tỉ lệ nghịch với tần số. Flicker Noise không ảnh hưởng nhiều đến mạch ở tần số cao.

- **Hệ số tạp âm Noise Figure (NF)**

Ta có công thức như sau:

$$F = \frac{SNR_{in}}{SNR_{out}} \quad (3.3)$$

$$NF(dB) = 10 \cdot \lg(F) = 10 \cdot \lg \frac{SNR_{in}}{SNR_{out}} \quad (3.4)$$

Hệ số tạp âm hệ thống (nhiều tầng) – ta có công thức Friiss:

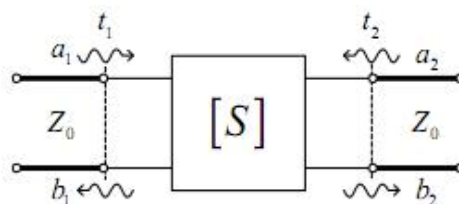
$$F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} + \dots + \frac{F_n - 1}{G_1 G_2 \dots G_{n-1}} \quad (3.5)$$

Với F_x và G_x lần lượt là Hệ số tạp âm và Độ lợi tại tầng thứ x .

Từ công thức trên, ta thấy được Độ lợi khuếch đại và tạp âm tại tầng thứ nhất là vô cùng quan trọng, ảnh hưởng đến toàn bộ hệ thống.

3.2.2. Hệ số khuếch đại

Đầu tiên ta cần định nghĩa các thông số S-parameter của mạng 2 cửa. S-parameter là các thông số của ma trận tán xạ [S].



Hình 3.2. Sơ đồ của mạng 2 cửa.

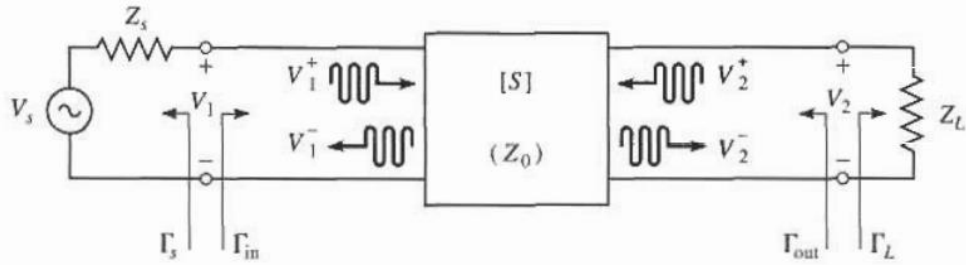
$$S_{11} = \left. \frac{b_1}{a_1} \right|_{a_2=0} \quad \text{hệ số phản xạ điện áp tại cửa vào 1.} \quad (3.6)$$

$$S_{12} = \left. \frac{b_1}{a_2} \right|_{a_1=0} \quad \text{tỉ số giữa điện áp ra cửa 1 khi đặt sóng vào tại cửa 2.} \quad (3.7)$$

$$S_{21} = \left. \frac{b_2}{a_1} \right|_{a_2=0} \quad \text{độ lợi, hệ số khuếch đại (Gain) của mạng 2 cửa.} \quad (3.8)$$

$$S_{22} = \left. \frac{b_2}{a_2} \right|_{a_1=0} \quad \text{hệ số phản xạ điện áp tại cửa vào 2.} \quad (3.9)$$

Ta xét đoạn mạch cao tần có thông số ma trận tán xạ [S] như sau:



Hình 3.3. Mạng 2 cửa với nguồn và trở kháng tải.

Ta định nghĩa các loại độ lợi công suất như sau:

- Operating Power Gain: là tỷ số giữa công suất trung bình tiêu tán trên tải với công suất trung bình được cấp bởi mạch.

$$\text{Operating Power gain} = G = \frac{P_L}{P_{in}} \quad (3.10)$$

- Available Power Gain: là tỉ số giữa công suất trung bình hiện hữu cao nhất của mạch điện với công suất trung bình cao nhất được cấp bởi nguồn.

$$\text{Available gain} = G_A = \frac{P_{awn}}{P_{avs}} \quad (3.11)$$

- Transducer Power Gain (độ lợi công suất chuyển đổi): là tỉ số giữa công suất trung bình tiêu tán trên tải với công suất trung bình cao nhất được cung cấp bởi nguồn.

$$\text{Transducer gain} = G_T = \frac{P_L}{P_{avs}} \quad (3.12)$$

Hơn nữa, ta có Γ_L, Γ_S là các hệ số phản xạ tại nguồn Z_S và tại trở kháng tải Z_L ; Γ_{in} , Γ_{out} là hệ số phản xạ tại đầu vào và đầu ra tương ứng và được xác định bởi các công thức như sau:

$$\Gamma_L = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (3.13)$$

$$\Gamma_S = \frac{Z_S - Z_0}{Z_S + Z_0} \quad (3.14)$$

$$\Gamma_{in} = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} = S_{11} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_L}{1 - S_{22}\Gamma_L} \quad (3.15)$$

$$\Gamma_{out} = S_{22} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_S}{1 - S_{22}\Gamma_S} \quad (3.16)$$

Trong đó Z_0 là đặc tính tham số trở kháng của mạng 2 cửa.

Z_{in} là trở kháng nhìn từ cửa 1 của mạng.

$S_{11}, S_{12}, S_{21}, S_{22}$ là các tham số S của mạng 2 cửa.

Từ đó ta có thể viết lại các độ lợi công suất G, G_A và G_T như sau:

$$G = \frac{P_L}{P_{in}} = \frac{|S_{21}|^2(1 - |\Gamma_L|^2)}{(1 - |\Gamma_{in}|^2)|1 - S_{22}\Gamma_L|^2} \quad (3.17)$$

$$G_A = \frac{P_{avn}}{P_{avs}} = \frac{|S_{21}|^2(1 - |\Gamma_S|^2)}{|1 - S_{11}\Gamma_S|^2(1 - |\Gamma_{out}|^2)} \quad (3.18)$$

$$G_T = \frac{P_L}{P_{avs}} = \frac{|S_{21}|^2(1 - |\Gamma_S|^2)(1 - |\Gamma_L|^2)}{|1 - \Gamma_S\Gamma_{in}|^2|1 - S_{22}\Gamma_L|^2} \quad (3.19)$$

3.2.3. Tính ổn định của hệ thống

Hệ thống ổn định là mạch luôn khuếch đại với mọi tín hiệu đưa vào mà không trở thành một mạch dao động. Mạch cao tần được đặc trưng bởi 1 hệ số ổn định K, được định nghĩa bởi công thức:

$$K = \frac{1 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 + |\Delta|^2}{2|S_{12}S_{21}|} \quad (3.20)$$

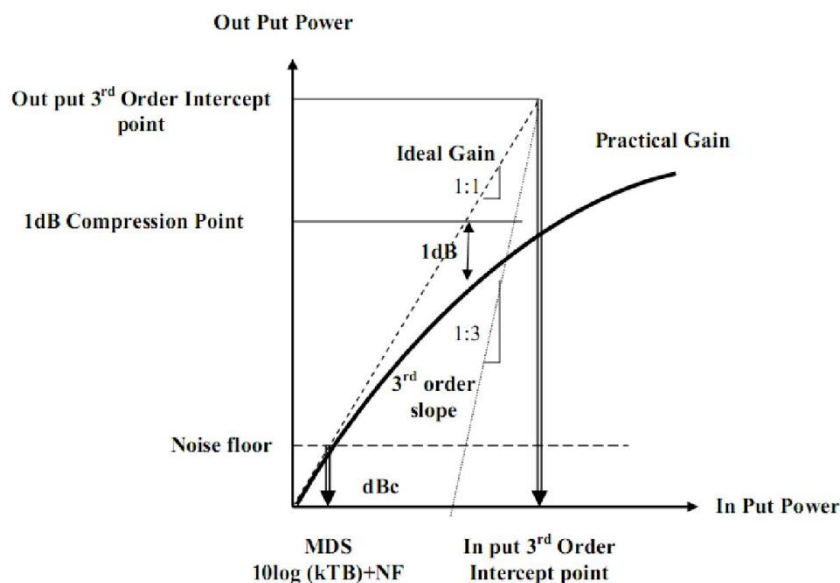
$$\text{Trong đó } |\Delta| = |S_{11}S_{22} + S_{12}S_{21}| \quad (3.21)$$

Hệ thống sẽ ổn định không điều kiện khi : $K > 1$ và $|\Delta| < 1$.

3.2.4. Độ tuyến tính

Mạch khuếch đại lý tưởng là mạch tuyến tính hoàn toàn. Có nghĩa là với mọi tín hiệu vào sẽ đều được mạch khuếch đại. Tuy nhiên, đa số các mạch trong thực tế chỉ tuyến tính trong một phạm vi giới hạn nào đó.

Khi tín hiệu vào là nhỏ, tín hiệu ra được khuếch đại tuyến tính. Tín hiệu vào tăng dần, tín hiệu ra khuếch đại tăng theo, đến một mức giới hạn bão hoà của một trong các linh kiện của mạch. Điểm nén 1-dB được định nghĩa là điểm mà độ lợi của tín hiệu giảm 1 dB so với độ lợi của tín hiệu nhỏ (độ lợi lý tưởng). Bằng cách giảm bớt độ lợi để tín hiệu không méo dạng. Điểm nén 1-dB giúp cân bằng giữa độ lợi khuếch đại và tính tuyến tính của mạch.



Hình 3.4. Điểm nén 1-dB và Điểm chặn bậc 3 [11].

Để đánh giá mức tuyến tính của mạch, người ta dùng thông số Điểm chặn bậc 3 (Third Order Intercept Point) – hay còn gọi là IIP3 (Input 3rd Order Intercept Point). Điểm chặn bậc 3 là điểm mà ở đó biên độ phổ bậc 3 trùng với biên độ phổ bậc 1.

Theo định nghĩa, giá trị của điểm nén 1-dB và điểm chặn bậc 3 như sau:

- Biên độ điểm nén 1-dB:

$$A_{1-dB} = \sqrt{0,145 \cdot \frac{\alpha_1}{\alpha_3}} \quad (3.22)$$

- Biên độ điểm IIP3:

$$A_{IIP3} = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{\alpha_1}{\alpha_3}} \quad (3.23)$$

- Ngoài ra, ta cũng có:

$$OIP3 = P_{out} + \frac{dBc}{2} \quad (3.24)$$

$$IIP3 = P_{out} - Gain \quad (3.25)$$

Trong đó α_1, α_3 : là các hệ số trong phép khai triển Taylor tín hiệu ra.

OIP3: Output 3rd Order Intercept Point.

IIP3: Input 3rd Order Intercept Point.

dBc: độ lớn công suất nền nhiễu.

P_{out} : công suất tín hiệu tại ngõ ra.

Hệ thống nhiều tầng:

$$\frac{1}{IIP3} = \frac{1}{IIP3_1} + \frac{G_1}{IIP3_2} + \frac{G_1 G_2}{IIP3_3} + \dots \quad (3.26)$$

Điểm 1-dB Compression và điểm IIP3 càng lớn, hệ thống sẽ càng tuyến tính.

3.3. Cơ chế bảo vệ

3.3.1. Giới thiệu về hệ thống radar

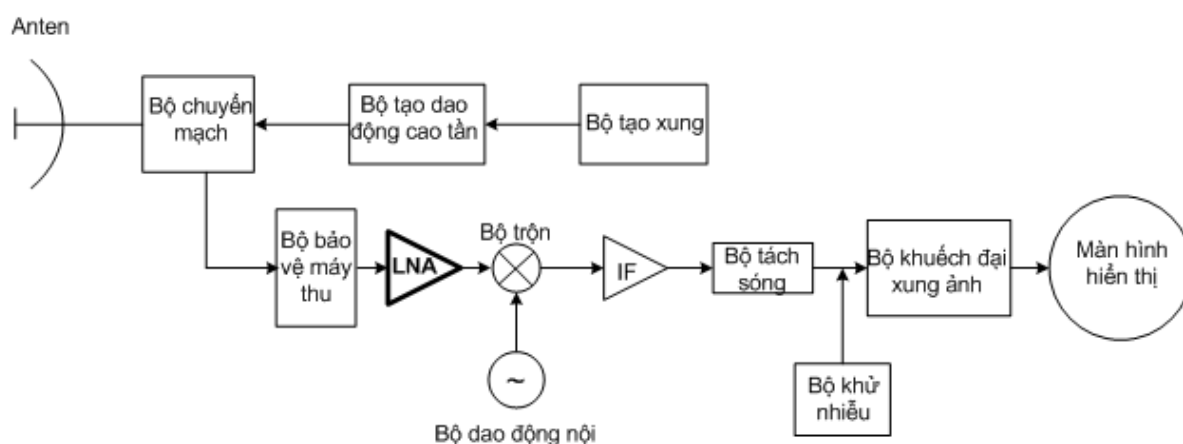
Nguyên lý chung của các hệ thống radar là phát sóng vô tuyến (sóng điện từ tần số cao) vào không gian theo cơ chế phát xung và thu lại xung phản xạ từ mục tiêu nhằm phát hiện và xác định khoảng cách mục tiêu. Xung do radar phát ra có độ dài là

τ_x , với tần số lặp xung là $f_x = 1/T_x$ (T_x là chu kỳ lặp xung). Chiều dài xung τ_x thay đổi phụ thuộc vào tầm hoạt động của radar nhưng vẫn đảm bảo chứa số lượng dao động siêu cao tần nhất định và công suất xung phát. Thông thường, các radar được thiết kế với hai mức xung ngắn và xung dài. Khi đó, xung ngắn để tăng khả năng phân giải theo khoảng cách, trong khi xung dài để tăng công suất phát và khả năng phát hiện mục tiêu [3].

Đối với chu kỳ lặp xung T_x cũng phải đảm bảo sao cho tín hiệu từ mục tiêu xa nhất trong tầm hoạt động phản xạ về tới anten rồi mới phát đi xung tiếp theo, hay phải đảm bảo cho:

$$T_x \geq 2R_{max}/c \quad (3.27)$$

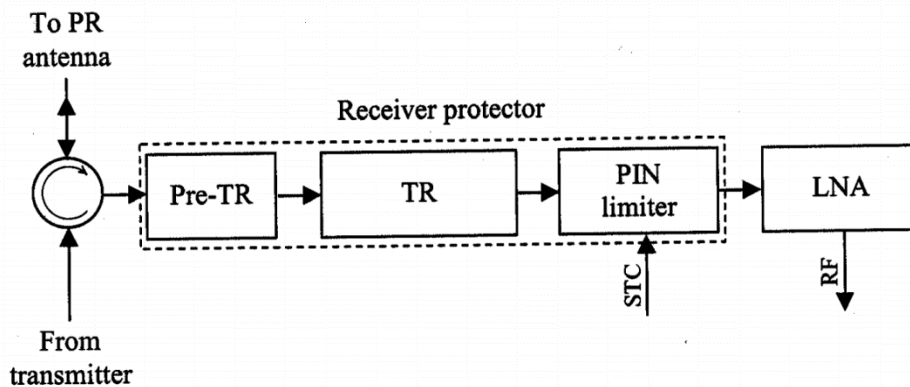
Về hình thái hệ thống radar cơ bản được chia thành hai loại là hệ thống radar monostatic và bistatic [6]. Các hệ thống radar monostatic là các hệ thống radar mà sử dụng chung anten cho việc phát và thu sóng điện từ. Trong khi, các hệ thống radar bistatic sẽ sử dụng 2 anten riêng rẽ cho việc phát và thu. Thực tế, với việc tối ưu cấu hình một hệ thống radar và tạo sự thuận tiện cho việc khai thác sử dụng, các hệ thống radar kiểu monostatic được sử dụng phổ biến hơn cả.



Hình 3.5. Sơ đồ khối hệ thống radar monostatic.

Khi chỉ có một anten sử dụng cả việc truyền và nhận tín hiệu, thì trong hầu hết các hệ thống radar đều sử dụng Duplexer. Chuyển mạch Duplexer sẽ chuyển hệ thống radar từ chế độ phát sang chế độ thu. Trong trạng thái phát, chuyển mạch sẽ nối anten với bộ phận phát và không kết nối với bộ phận thu. Bộ thu sẽ được cách lý với xung truyền có công suất cao để bảo vệ bộ thu tránh bị hỏng những bộ phận có độ nhạy cao. Ngay sau quá trình phát, chuyển mạch sẽ ngắt kết nối với bộ phận truyền và kết nối bộ thu với anten. Tuy nhiên do quá trình chuyển mạch thu - phát trong chế độ phát công

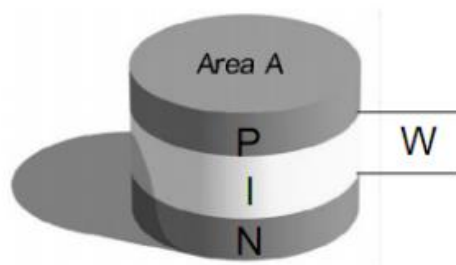
suất lớn không đóng kín lý tưởng nên công suất phát lọt vào máy thu khá lớn, điều này có thể làm hỏng các bộ phận trong máy thu có độ nhạy cao (như LNA). Vì vậy sử dụng bộ hạn chế hay bộ bảo vệ trước đầu vào của máy thu là cần thiết. Thông thường, thiết bị chuyển mạch thu phát là các thiết bị phóng điện chất khí và có thể sử dụng cùng với bộ bảo vệ thiết bị thu bán dẫn. Các bộ bảo vệ thiết bị thu bán dẫn này là các vòng bán dẫn nhằm cung cấp khả năng cách ly giữa máy phát và máy thu... Trong luận văn này tôi đã nghiên cứu và sử dụng phương pháp bảo vệ thiết bị thu dùng PIN Diode vì những chức năng và khả năng ứng dụng cao của PIN Diode.



Hình 3.6. Cấu tạo của khối bảo vệ [9].

3.3.2. Cơ chế bảo vệ sử dụng PIN Diode

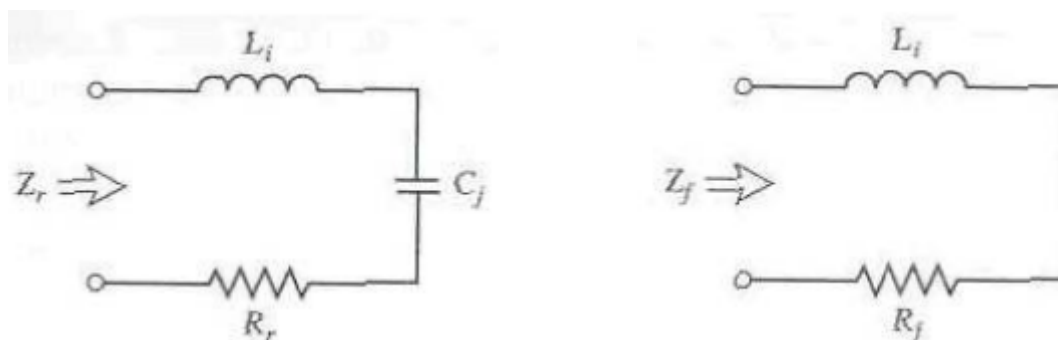
PIN Diode có cấu tạo như hình:



Hình 3.7. Cấu tạo PIN Diode [12].

PIN Diode được lựa chọn với tính năng chuyển mạch siêu cao tần vì các tính năng ưu việt của nó so với các Diode thông thường, có thể sử dụng PIN Diode để thiết kế khối bảo vệ công suất lọt từ máy phát sang bộ LNA. Hai đặc trưng quan trọng nhất của nó là có điện trở vô cùng lớn (ở mode đóng) và duy trì lâu dài thời gian tồn tại của các phân tử tải điện (charge carriers) trong lớp I, nhờ đó PIN Diode có thể đóng vai trò công tắc đóng mở với độ cách ly tốt và không ảnh hưởng đến dạng tín hiệu RF.

Thêm vào đó, công tắc chuyển mạch dùng pin Diode có thời gian chuyển mạch rất nhanh (cỡ nano giây) so với Diode thông thường, đảm bảo thời gian đóng mở LNA.

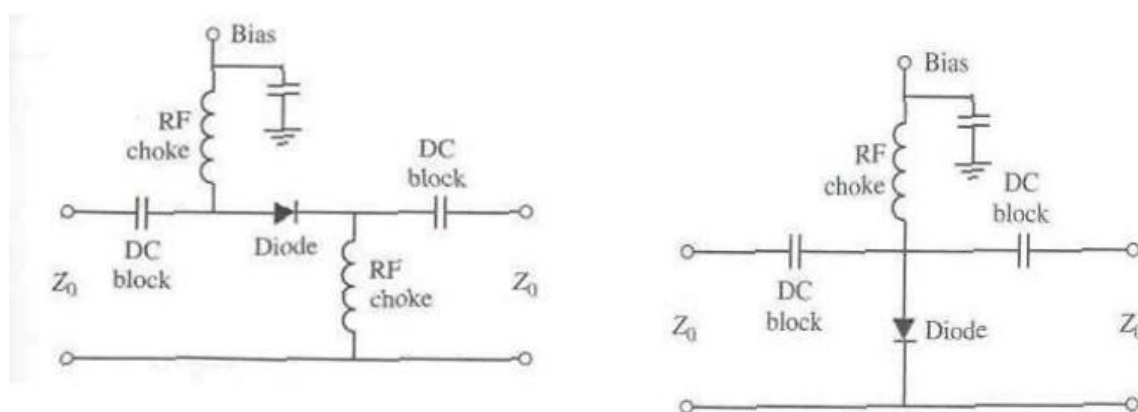


(a) Trạng thái ngắt (phân cực ngược) (b) Trạng thái đóng (phân cực thuận)

Hình 3.8. Mạch mô phỏng các trạng thái đóng, ngắt của PIN Diode.

Khi ở chế độ phân cực ngược, trở kháng PIN Diode sẽ tương đối cao do tác dụng của điện dung nối tiếp như mô tả trên hình 3.8(a). Ngược lại, khi được mắc ở chế độ phân cực thuận, thành phần điện dung nối tiếp trên bị loại bỏ, làm giảm giá trị trở kháng Diode xuống mức thấp hình 3.8(b). Các mạch trên chỉ mô phỏng trạng thái đóng ngắt lý tưởng của PIN Diode mà chưa tính tới các thành phần điện cảm điện dung kí sinh, trong một số thiết kế siêu cao tần sử dụng PIN Diode, giá trị của các thành phần kí sinh này trở nên đáng kể.

PIN Diode có thể sử dụng làm các chuyển mạch cao tần. Cấu hình phân cực chuyển mạch dùng PIN Diode được trình bày như hình sau:



(a) Cách mắc nối tiếp

(b) Cách mắc song song

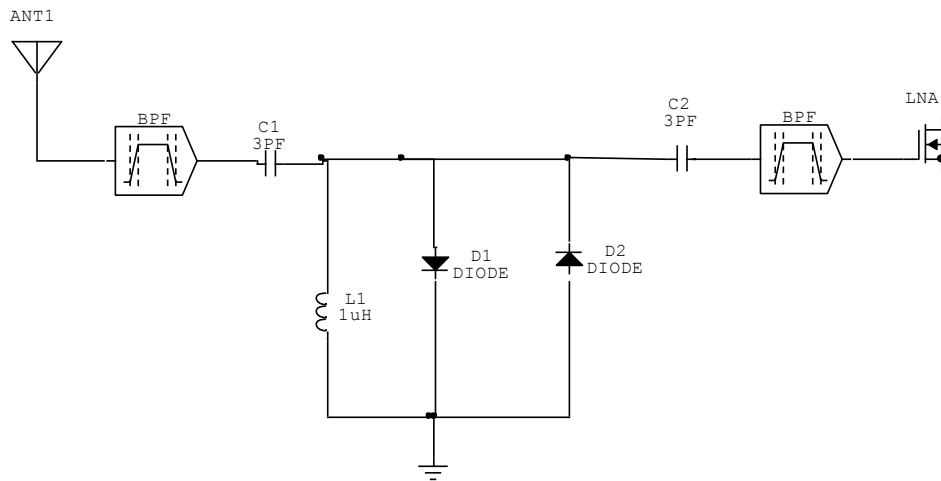
Hình 3.9. Phân cực chuyển mạch cho PIN Diode.

Trong hình 3.9(a), công tắc đóng khi PIN Diode được phân cực thuận trong khi đó ở hình 3.9(b), công tắc đóng khi PIN Diode được phân cực ngược. Trong cả hai

trường hợp trên, công suất lỗi vào đều bị chặn lại khi công tắc ở trạng thái ngắt. Hai tụ ngăn thành phần một chiều phải có trở kháng rất thấp với cao tần và ngược lại, cuộn chặn cao tần phải có trở kháng rất cao ở tần số hoạt động. Ta có thể sử dụng nguyên tắc đó làm mạch bảo vệ, hạn chế công suất lọt từ máy phát sang máy thu, bảo vệ LNA khỏi bị đánh thủng.

Với cấu trúc phân cực cho chuyển mạch PIN Diode như trên, có thể sử dụng hình 3.8(b) làm mạch bảo vệ cho LNA. Khi đó để đóng máy thu có thể đưa điện áp phân cực thuận cho PIN Diode.

Ngoài ra có thể sử dụng PIN Diode bảo vệ thụ động, không cần phân cực được trình bày trên hình 3.10. Biên độ xung cao tần sẽ mở PIN Diode theo cả 2 hai nửa chu kỳ dương và âm. Khi PIN diode mở R_S xấp xỉ bằng không, nối tắt xung lọt từ máy phát, bảo vệ LNA dùng CMOS khỏi bị đánh thủng.



Hình 3.10. Bảo vệ thụ động dùng PIN Diode.

CHƯƠNG 4 THIẾT KẾ, MÔ PHỎNG VÀ THỰC THI MẠCH

4.1. Yêu cầu

Thiết kế chế tạo bộ khuếch đại tạp âm thấp (LNA) băng tần C hoạt động ở dải tần 4 - 5 GHz có hệ số khuếch đại lớn hơn 10dB.

4.2. Tính toán mô phỏng và thiết kế

Các thông số của bộ khuếch đại tạp âm thấp LNA được thiết kế mô phỏng dùng phần mềm chuyên dụng ADS trên cơ sở lựa chọn công nghệ phù hợp làm việc ở băng tần C. Từ kết quả mô phỏng cho thiết kế tầng tiền khuếch đại trên công nghệ mạch dải, tiến hành gia công mảng mạch PCB.

4.2.1. Giới thiệu Transistor cao tần SPF-3043

Transistor cao tần SPF-3043 do công ty Stanford Microdevices chế tạo. Đây là Transistor chế tạo theo công nghệ 0.25 μ m pHEMT Gallium Arsenide FET, hoạt động với phân cực lý tưởng 3V, 20mA cho tạp âm thấp nhất, sử dụng pin. Với phân cực 5V, 40mA chip hoạt động tốt với OIP3 là 32dBm. Nó cung cấp tính năng về dải tần hoạt động rộng, hệ số khuếch đại lớn, phù hợp với việc thiết kế, chế tạo các bộ khuếch đại tạp âm thấp dùng trong công nghiệp và thương mại.

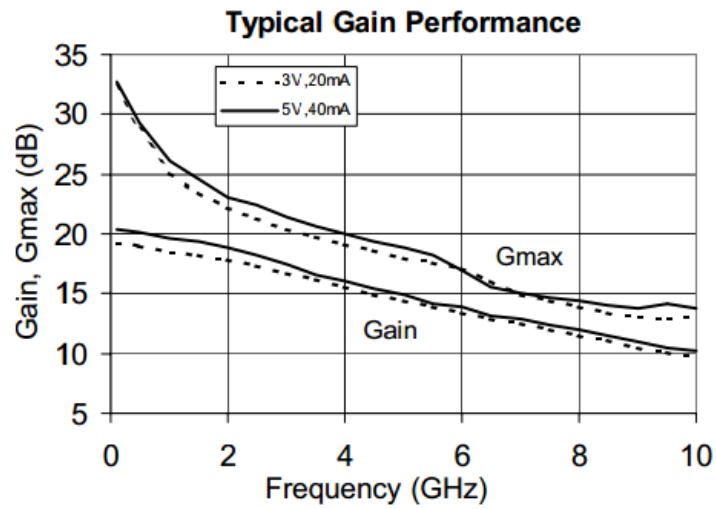
- Đặc tính của SPF-3043:
 - Dải tần hoạt động đến 12 GHz
 - Hệ số tạp âm cực thấp (NF): 0.44 dB @ 2 GHz
0.54 dB @ 4 GHz
 - Hệ số khuếch đại cao: 19 dB @ 2 GHz
22 dB @ 4 GHz
 - Dòng thấp (3V, 20mA) +32 dBm OIP3, +20 dBm P1dB (5V, 40mA)
 - Sử dụng pHEMT có tính năng cao, giá thành thấp.

Cấu trúc chân và chức năng các chân của Transistor SPF-3043:



Pin #	Function	Description
1	Gate	RF Input
2	GND & Source	Connection to ground. Use via holes to reduce lead inductance. Place vias as close to ground leads as possible.
3	Drain	RF Output
4	GND & Source	Same as Pin 2

Hình 4.1. Sơ đồ và chức năng từng chân của Transistor SPF-3043 [13].



Hình 4.2. Hệ số khuếch đại của Transistor SPF-3043 [13].

4.2.2. Các tham số S-Parameter của Transistor SPF-3043

Freq GHz	$ S_{11} $	S_{11} Ang	$ S_{21} $	S_{21} Ang	$ S_{12} $	S_{12} Ang	$ S_{22} $	S_{22} Ang
4	0.55989	-104.836	6.38611	91.5182	0.06328	46.0981	0.36446	-52.6646
4.05	0.55699	-105.696	6.33797	90.7685	0.06372	45.892	0.36273	-53.1984
4.1	0.5541	-106.557	6.29019	90.0188	0.06415	45.6859	0.361	-53.7322
4.15	0.55123	-107.417	6.24278	89.2692	0.06459	45.4797	0.35928	-54.2659
4.2	0.54837	-108.278	6.19572	88.5195	0.06503	45.2736	0.35757	-54.7997
4.25	0.54553	-109.138	6.14902	87.7698	0.06548	45.0675	0.35587	-55.3335
4.3	0.5427	-109.998	6.10267	87.0201	0.06593	44.8614	0.35418	-55.8673
4.35	0.53989	-110.859	6.05667	86.2704	0.06638	44.6553	0.3525	-56.4011
4.4	0.53709	-111.719	6.01102	85.5208	0.06683	44.4491	0.35082	-56.9348
4.45	0.53431	-112.58	5.96571	84.7711	0.06729	44.243	0.34915	-57.4686
4.5	0.53154	-113.44	5.92074	84.0214	0.06775	44.0369	0.34749	-58.0024
4.55	0.52863	-114.3	5.88368	83.2717	0.06826	43.8308	0.34575	-58.5362
4.6	0.52575	-115.161	5.84685	82.5221	0.06878	43.6247	0.34403	-59.07
4.65	0.52287	-116.021	5.81025	81.7724	0.0693	43.4186	0.34231	-59.6037
4.7	0.52001	-116.882	5.77388	81.0227	0.06982	43.2125	0.3406	-60.1375
4.75	0.51717	-117.742	5.73773	80.273	0.07035	43.0064	0.3389	-60.6713
4.8	0.51434	-118.602	5.70182	79.5234	0.07088	42.8002	0.33721	-61.2051
4.85	0.51153	-119.463	5.66613	78.7737	0.07142	42.5941	0.33552	-61.7389
4.9	0.50874	-120.323	5.63066	78.024	0.07196	42.388	0.33385	-62.2726
4.95	0.50596	-121.184	5.59541	77.2744	0.0725	42.1819	0.33218	-62.8064
5	0.50319	-122.044	5.56038	76.5247	0.07305	41.9758	0.33052	-63.3402

Hình 4.3. Bảng tham số S-Parameter của Transistor SPF-3043.

Mặt khác, ta có công thức tính trở kháng đầu vào và đầu ra dựa vào các thông số S_{11} và S_{22} như sau:

$$Z_{in} = \frac{1 + S_{11}}{1 - S_{11}}, \quad Z_{out} = \frac{1 + S_{22}}{1 - S_{22}} \quad (4.1)$$

4.2.3. Thiết kế mạch phối hợp trở kháng

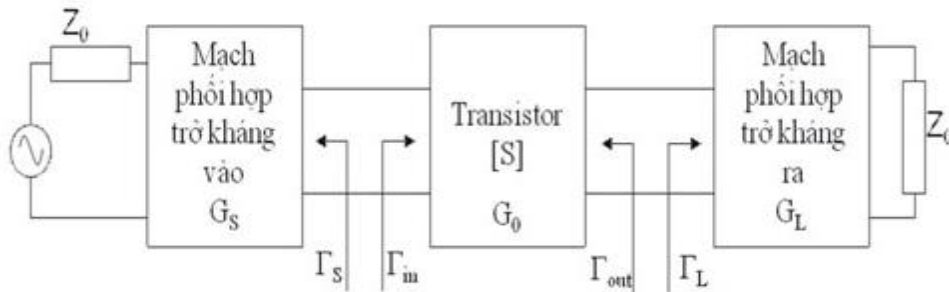
Từ các tham số S-Parameter và công thức trên ta có thể tính được các hệ số Z_{in} và Z_{out} là:

$$Z_{in} = 21.0 - j*28.6 \text{ Ohm} \quad (4.2)$$

$$Z_{out} = 58.4 - j*39.15 \text{ Ohm} \quad (4.3)$$

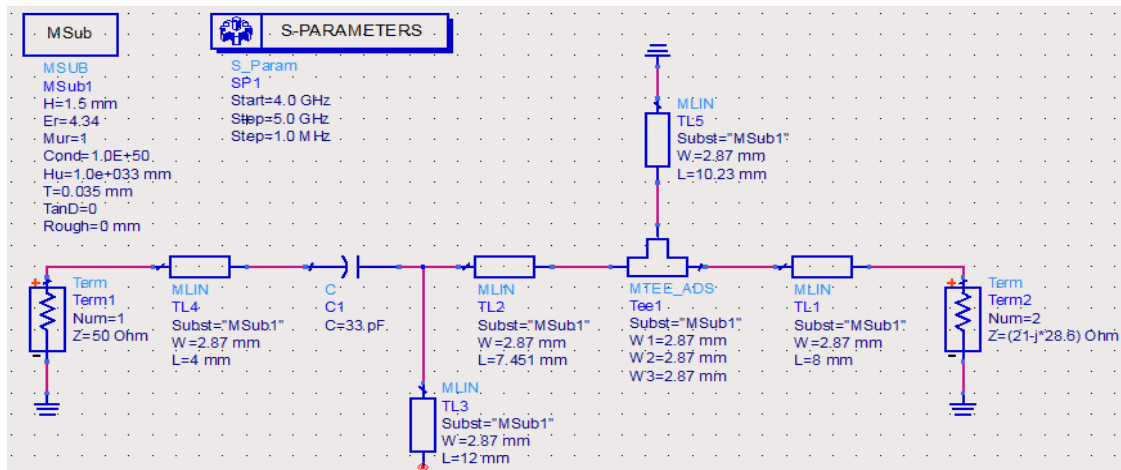
Bài toán trở về thiết kế mạch phối hợp trở kháng cho Z_{in} và Z_{out} với trở kháng Z_S và trở kháng tải Z_L (có giá trị là 50Ω).

Có rất nhiều phương pháp phối hợp trở kháng khác nhau như: phần tử tập trung, dây chêm nối tiếp, dây chêm song song, đoạn dây $\lambda/4$... Tuy nhiên phụ thuộc vào yêu cầu cũng như qua thực nghiệm tôi quyết định chọn phương pháp dây nhánh/chêm song song do sử dụng được sự chính xác, ổn định của công nghệ mạch dải.

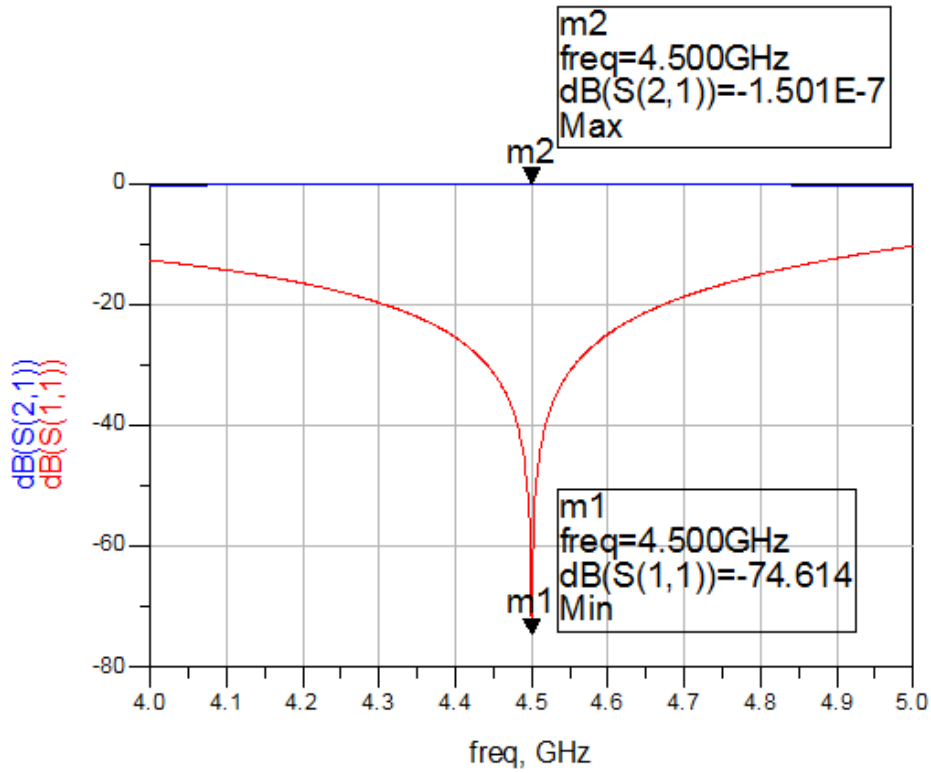


Hình 4.4. Sơ đồ cơ bản của mạch phối hợp trở kháng.

- **Thiết kế mạch trở kháng cho lối vào**

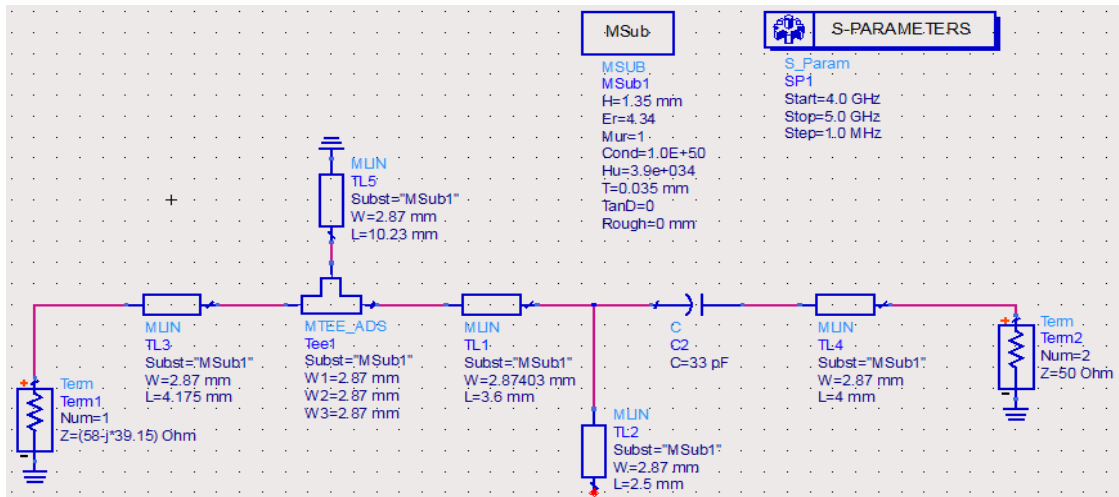


Hình 4.5. Sơ đồ nguyên lý mạch phối hợp trở kháng lối vào.

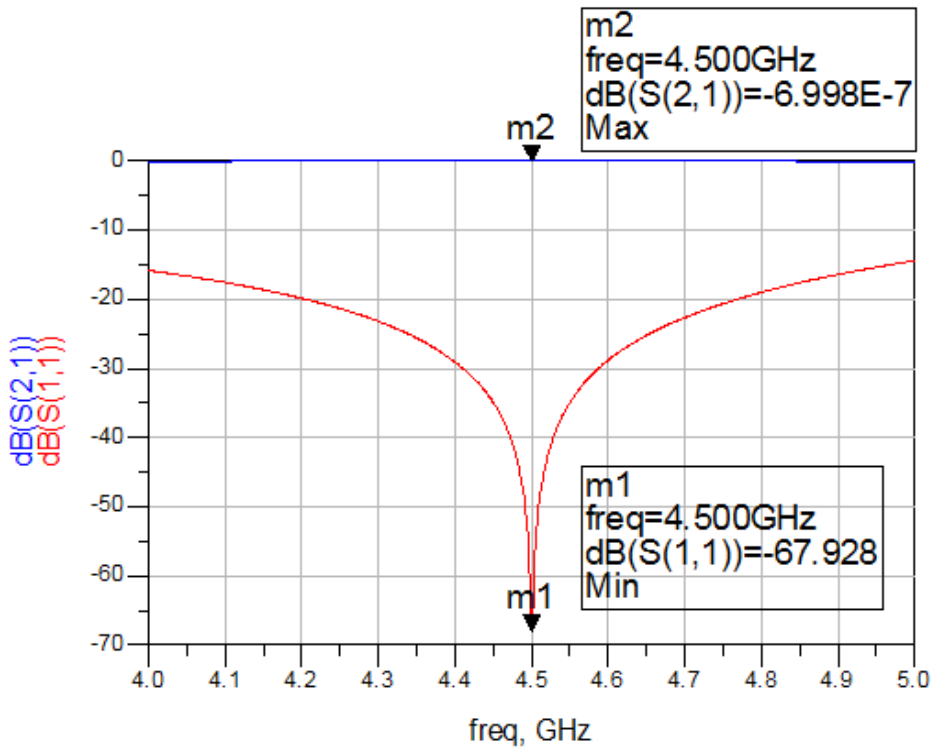


Hình 4.6. Kết quả mô phỏng tham số S_{11} , S_{21} lỗi vào.

- **Thiết kế mạch trở kháng cho lỗi ra**



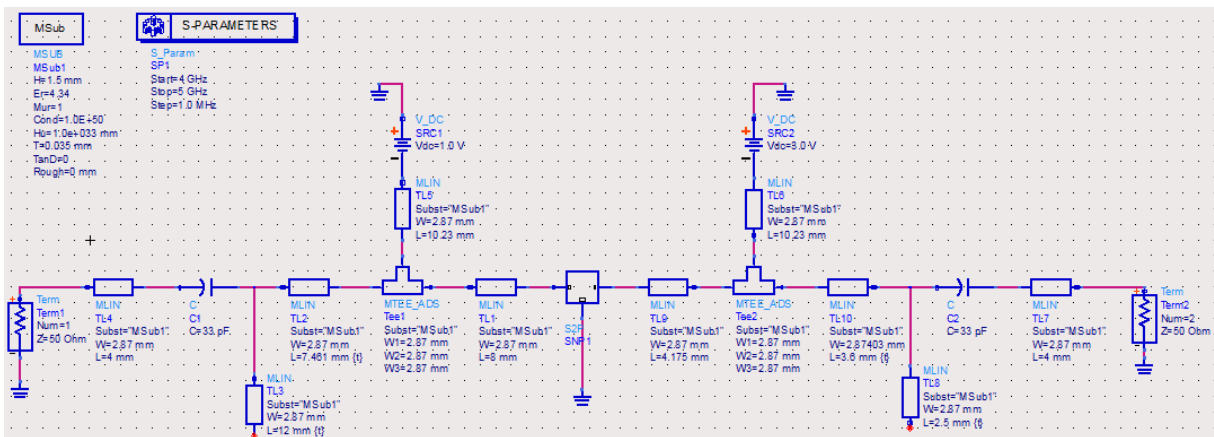
Hình 4.7. Sơ đồ nguyên lý mạch phối hợp trở kháng lỗi ra.



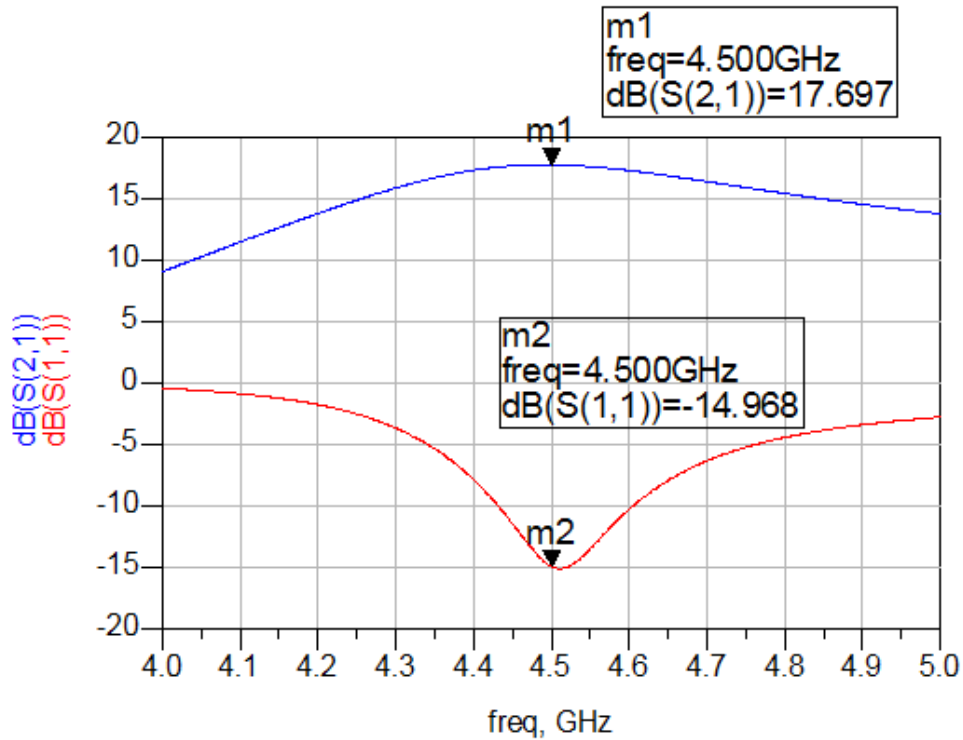
Hình 4.8. Kết quả mô phỏng tham số S_{11} , S_{21} lối ra.

- Phối hợp trở kháng cho mạch khuếch đại LNA

Sau khi thiết kế riêng cho từng lối vào và lối ra chúng ta tiếp tục mô phỏng lại toàn bộ mạch khuếch đại tạp âm thấp sử dụng Transistor SPF-3043 bằng việc sử dụng file .S2P. Từ đó ta có thể khảo sát được các tham số quan trọng như hệ số phản xạ S_{11} , hệ số khuếch đại S_{21} , dải thông của mạch ...



Hình 4.9. Sơ đồ nguyên lý toàn bộ mạch khuếch đại.



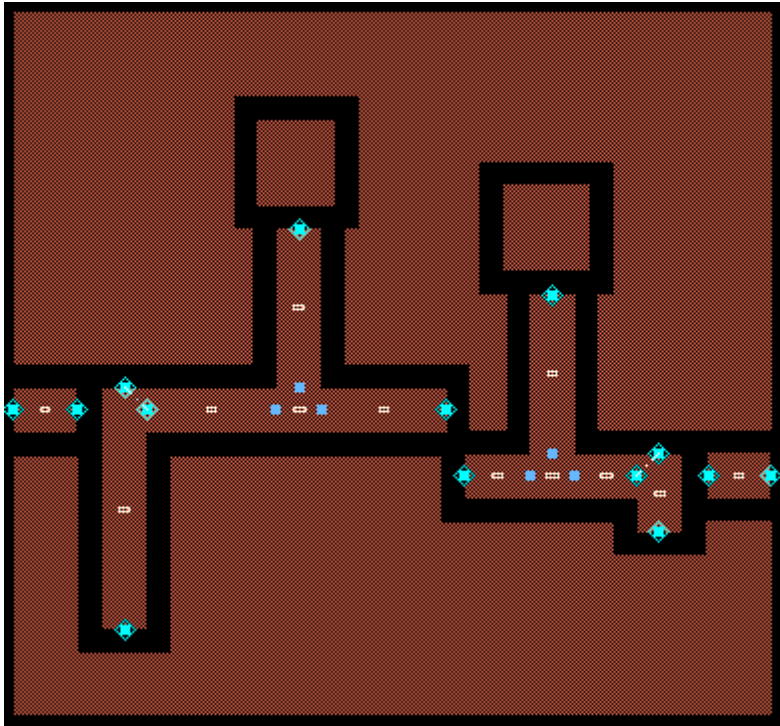
Hình 4.10. Kết quả mô phỏng tham số S_{11} , S_{21} của mạch.

Nhận xét: kết quả mô phỏng ta thấy: hệ số khuếch đại (S_{21}) khá cao ~18dB phù hợp với độ lợi của Transistor SPF-3043. Ta có thể sử dụng kết quả này để tiến hành chế tạo mạch Layout.

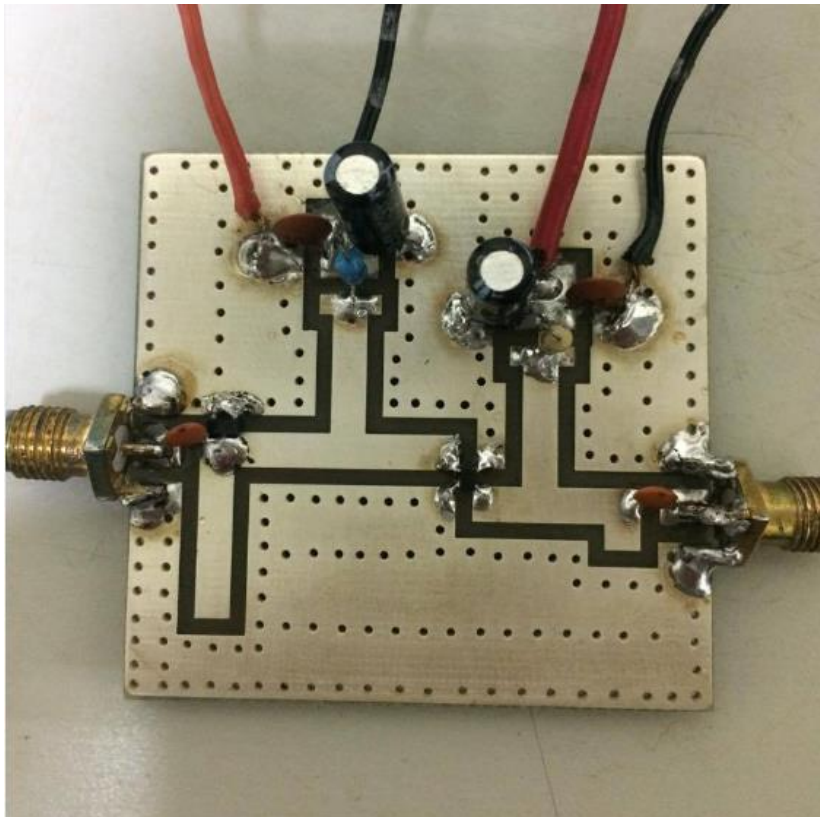
4.3. Thực nghiệm

4.3.1. Chế tạo Layout

Sau khi mô phỏng toàn bộ hệ thống đạt giá trị tốt, ta đi tiến hành thiết kế layout cho mạch và gia công hoàn thiện ta được sản phẩm là mạch khuếch đại thực tế:



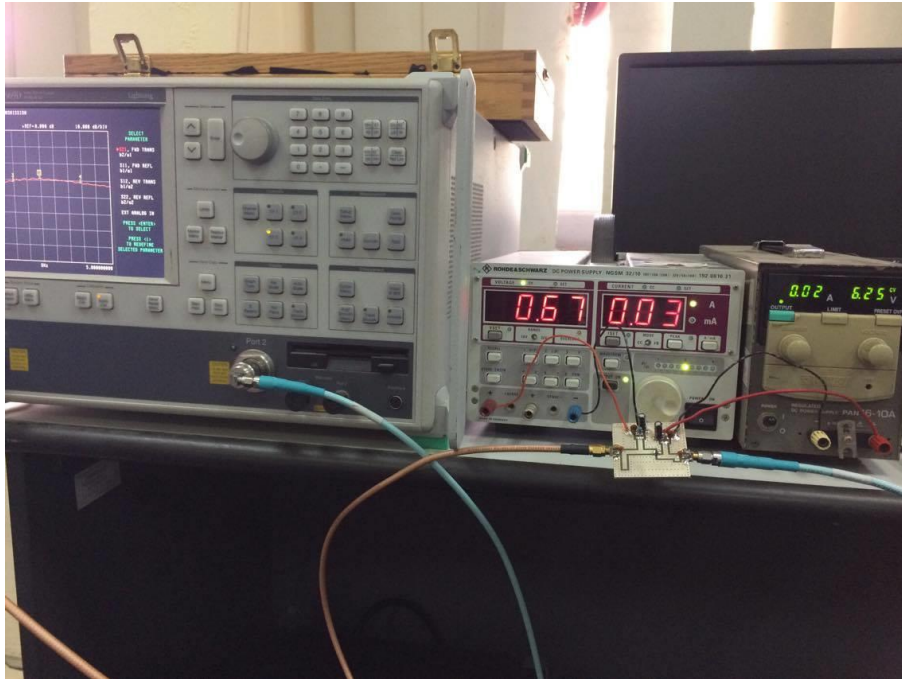
Hình 4.11. Layout của mạch khuếch đại tạp âm thấp LNA.



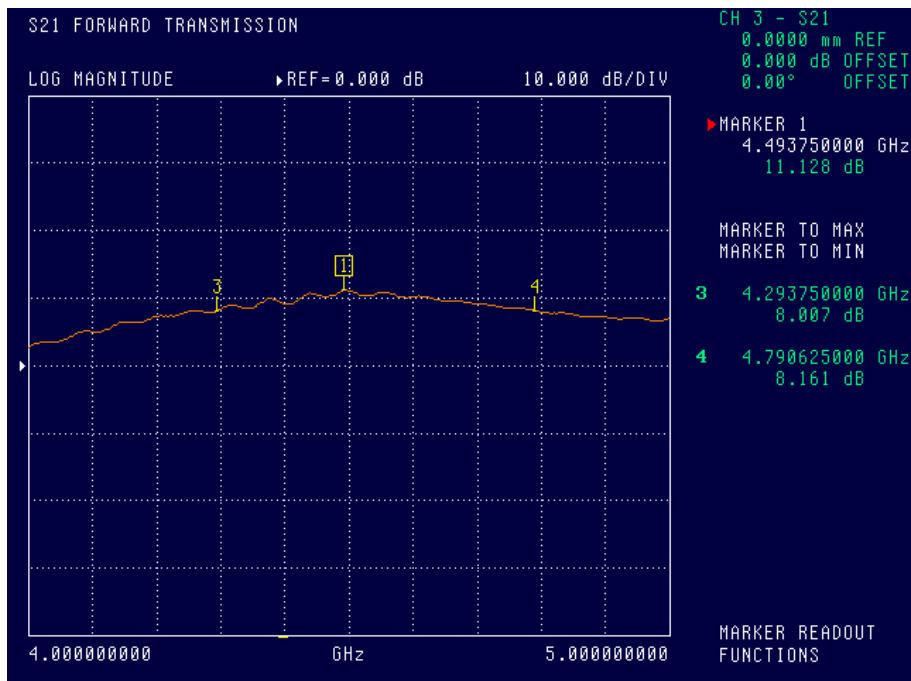
Hình 4.12. Sản phẩm thực tế mạch khuếch đại tạp âm thấp.

4.3.2. Kết quả đo

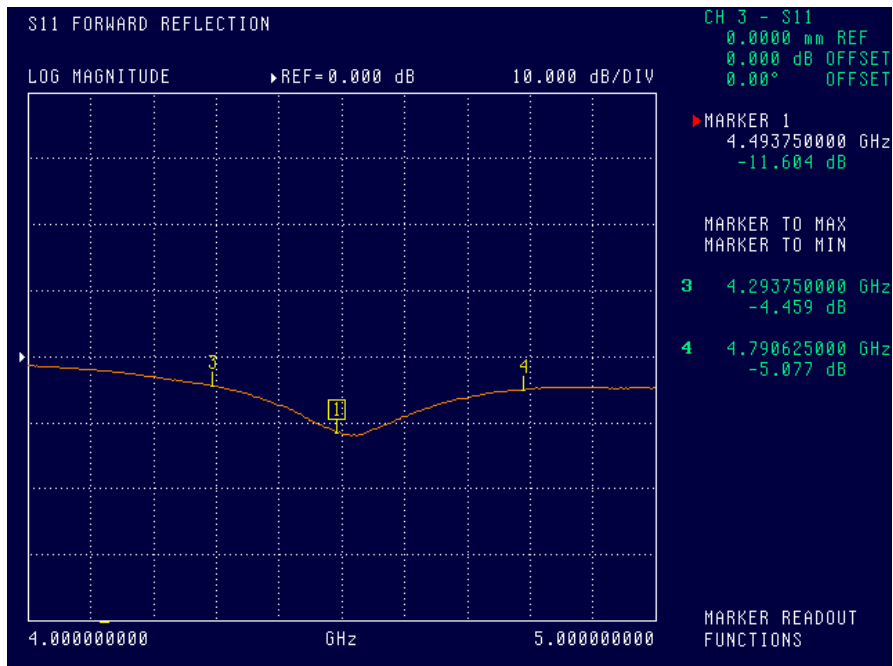
Tiến hành đo kiểm trên mạch thực tế ta được kết quả:



Hình 4.13. Sơ đồ bố trí đo kiểm mạch khuếch đại tạp âm thấp.



Hình 4.14. Kết quả đo tham số S_{21} (hệ số khuếch đại của mạch).

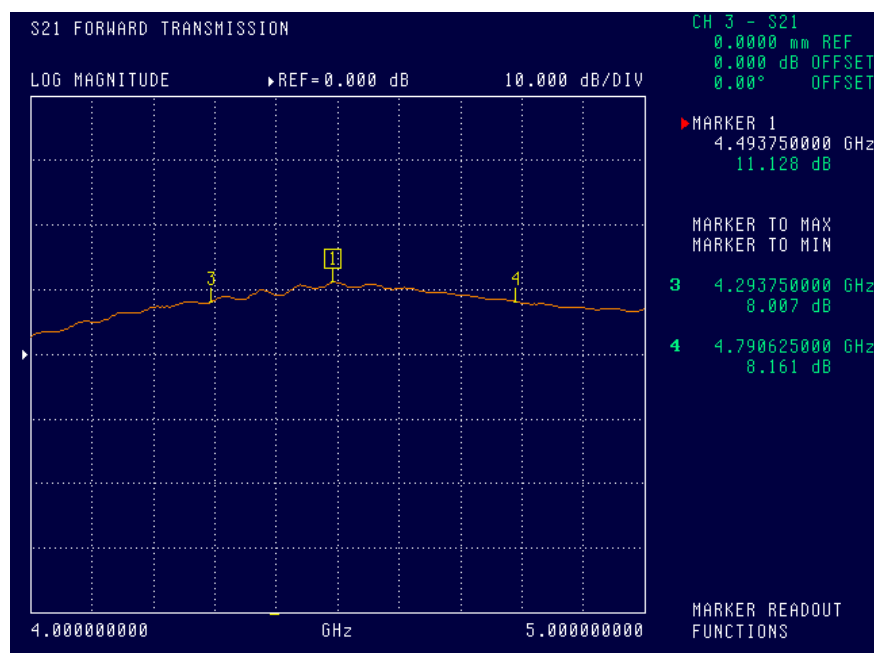


Hình 4.15. Kết quả đo tham số S_{11} (hệ số phản xạ tại lối vào).

Nhận xét: như vậy ta đã thiết kế, mô phỏng và chế tạo thành công một tầng bộ khuếch đại tạp âm thấp (LNA) hoạt động tại băng tần C với tần số trung tâm là 4.5GHz.

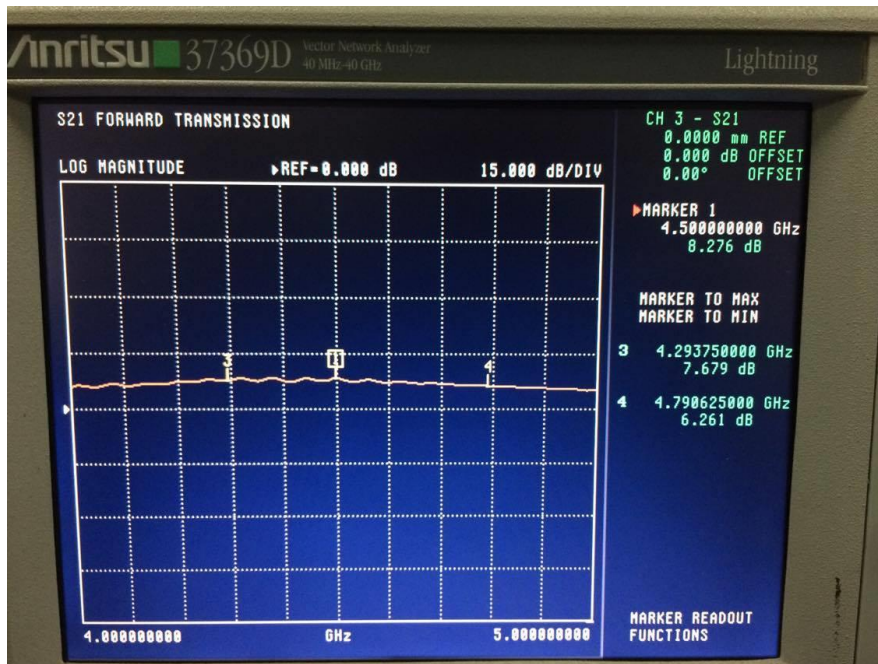
- **Kết quả đo hệ số khuếch đại (S_{21}) của LNA khi có thêm DIODE:**

Đầu tiên, ta có hệ số khuếch đại của mạch LNA:



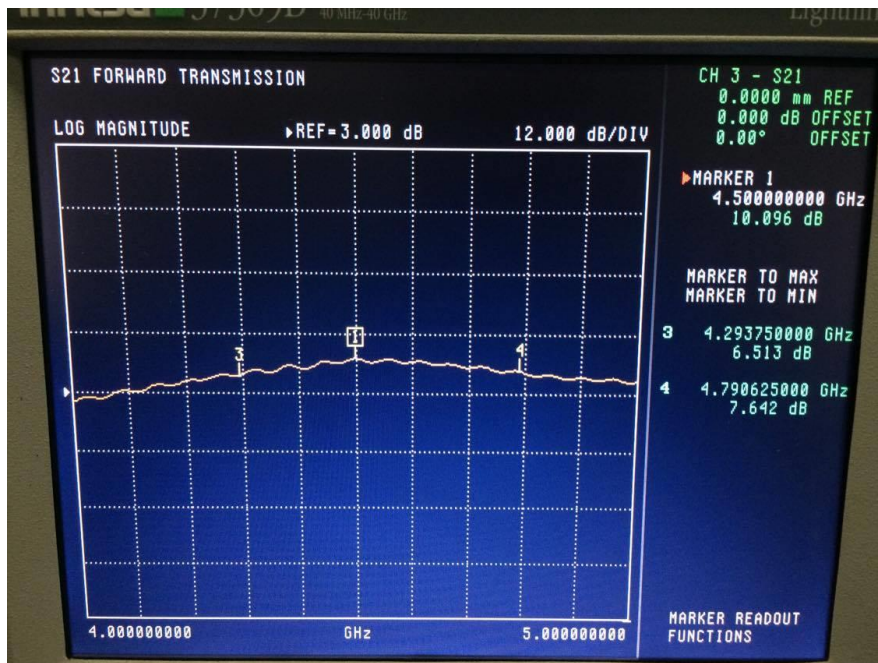
Hình 4.16. Hệ số khuếch đại (S_{21}) của mạch.

Sau khi ta gắn thêm Diode tại nối vào của mạch LNA, thì ta thấy sự thay đổi hệ số khuếch đại của mạch LNA như sau:



Hình 4.17. Kết quả đo tham số S_{21} lần đầu ngay sau khi lắp Diode.

Tiếp theo đó ta tiến hành đo thử nghiệm nhiều lần nhằm mục đích đo được hệ số khuếch đại lớn nhất mà mạch có thể đạt được khi có Diode thì ta có kết quả cuối cùng của tham số S_{21} như sau:



Hình 4.18. Kết quả đo cuối cùng của S_{21} khi có Diode.

Đánh giá kết quả thu được:

- Như vậy mạch khuếch đại hoạt động tốt, có hệ số khuếch đại đạt được là ~11dB (tại tần số 4.5 GHz).
- Mặc dù hệ số khuếch đại của mạch bị giảm (giảm khoảng 1dB) khi ta thêm Diode tại nối vào của mạch, nguyên nhân gây ra sự suy giảm hệ số khuếch đại có thể là: do các phần tử ký sinh và do xuất hiện dòng điện nhỏ qua Diode gây ra sự suy giảm tín hiệu đầu vào. Tuy nhiên, sự thay đổi về hệ số khuếch đại của mạch là nhỏ và có thể chấp nhận được với tính chất hoạt động của mạch LNA.
- Ở đây ta sử dụng PIN Diode bảo vệ thụ động (như hình 3.10). Biên độ xung cao tần sẽ mở PIN Diode theo cả 2 hai nửa chu kỳ dương và âm. Khi PIN diode mở R_S xấp xỉ bằng không, nối tắt xung lọt từ tín hiệu có công suất lớn, bảo vệ LNA dùng CMOS khỏi bị đánh thủng.
- Như vậy ta thấy được ứng dụng của PIN Diode vào việc bảo vệ LNA có thể sử dụng cho Radar sóng centimet.

KẾT LUẬN

Quá trình thực hiện đề tài thực sự là khoảng thời gian vô cùng quý báu và hữu ích cho em khi nghiên cứu, tìm hiểu về kỹ thuật siêu cao tần, cũng như sự khó khăn khi triển khai ứng dụng lý thuyết siêu cao tần vào thực tế. Hơn nữa, đây cũng sẽ là hành trang kiến thức rất quý giá cho em trên con đường phía trước. Qua quá trình tìm hiểu thực hiện đề tài, em đã thu được những kết quả chính như sau:

- Tìm hiểu tổng quan về hệ thống Radar.
- Nghiên cứu, tìm hiểu tổng quát về kỹ thuật siêu cao tần trong đó tìm hiểu kỹ thuật phối hợp trở kháng để đưa ra giải pháp tối ưu khi thiết kế bộ khuếch đại LNA băng tần C.
- Sử dụng phần mềm chuyên dụng ADS để thiết kế, mô phỏng các mạch siêu cao tần, đặc biệt là bộ khuếch đại tạp âm thấp LNA.
- Thiết kế, chế tạo thành công bộ khuếch đại tạp âm thấp LNA 1 tầng hoạt động tại băng tần C với cơ chế bảo vệ dùng PIN Diode ứng dụng cho máy thu Radar.
- Kết quả đo kiểm các tham số S (S_{11} và S_{21}) phù hợp cơ bản với kết quả mô phỏng.

Do thời gian có hạn, siêu cao tần lại là một vấn đề phức tạp nên các kết quả đạt được còn hạn chế và cũng chỉ một phần cơ bản làm cơ sở để phát triển khối LNA dải rộng thay thế đèn sóng chạy trên Radar. Đề tài cũng chỉ là một phần nhỏ trong cả hệ thống thông tin liên lạc và vẫn còn rất nhiều vấn đề cần giải quyết khi tích hợp một hệ thống lớn.

Từ việc nghiên cứu, thiết kế và chế tạo thành công một tầng bộ khuếch đại tạp âm thấp LNA với cơ chế bảo vệ sử dụng PIN Diode thì ta có thể phát triển đề tài theo hướng tiếp theo như sau:

- Tiếp tục tiến hành đo kiểm và đánh giá thử nghiệm mạch LNA trên máy đo phân tích mạng với những điều kiện khác nhau như: thay đổi công suất tín hiệu đầu vào, thay đổi vị trí và kết hợp sử dụng nhiều PIN Diode bảo vệ trên mạch LNA.
- Tích hợp 2 tầng khuếch đại cho phép tăng hệ số khuếch đại của LNA và ghép nối khối bảo vệ dùng PIN Diode.
- Đề xuất giải pháp sử dụng PIN Diode bảo vệ LNA cho máy thu Radar sóng centimet trên cơ sở xây dựng thành công bộ khuếch đại tạp âm thấp LNA một tầng với cơ chế bảo vệ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. Bạch Gia Dương, Trương Vũ Bằng Giang (2013), *Kỹ thuật siêu cao tần*, Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia, Hà Nội.
2. Vũ Đình Thành (1997), *Lý thuyết cơ sở Kỹ thuật siêu cao tần*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
3. Ngô Thanh Xuân (2008), *Bài giảng Radar hàng hải*, Cao đẳng Nghề Bách Nghệ, Hải Phòng.
4. Phan Anh (2007), *Lý thuyết Kỹ thuật Anten*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
5. Trần Văn Hùng (2006), *Báo cáo khoa học, hoàn thiện công nghệ thiết kế, chế tạo bộ khuếch đại siêu cao tần tạp âm thấp*, Bộ Khoa học và Công nghệ, Bộ Quốc Phòng.

Tiếng Anh

6. David.M.Pozar (2012), *Microwave Engineering*, John Wiley & Son, Fourth Edition.
7. Guillermo Gonzaler (1984), *Microwave Transistor Amplifiers Analysis and Design*, Prentice-Hall.
8. Merrill I.Skolnik (1990), *Radar handbook*, McGraw-Hill, Second Edition.
9. Merrill I.Skolnik (1981), *Introduction to Radar Systems*, McGraw-Hill, Second Edition.
10. Bassem R. Mahafza and Atef Z. Elsherbeni (2004), *MATLAB Simulations for Radar Systems Design*, Chapman & Hall/CRC.
11. www.wikipedia.org.
12. Các nguồn thông tin, bài báo trên Internet.
13. http://datasheet.eeworld.com.cn/pdf/STANFORD/156502_SPF-3043.pdf