

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA  
KHOA ĐIỆN - ĐIỆN TỬ  
BỘ MÔN VIỄN THÔNG



ĐỒ ÁN MÔN HỌC 2

THIẾT KẾ VÀ XÂY DỰNG KHỐI MẠCH  
BASEBAND SỬ DỤNG CHO HỆ THỐNG  
RADAR BĂNG TẦN K

SINH VIÊN THỰC HIỆN:

NGUYỄN MINH THIÊN - 41303825  
NGUYỄN CHÁNH TRỰC - 41304503

GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN:  
TS. TRỊNH XUÂN DŨNG

Thành phố Hồ Chí Minh, tháng 6 năm 2018

## TÓM TẮT

Dồ án môn học này được thực hiện nhằm thiết kế các khối phần cứng cho một hệ thống Radar FMCW hoạt động ở băng tần X mà cụ thể là ở tần số 24Ghz. Cụ thể là thiết kế, mô phỏng, xây dựng và thi công mạch baseband gồm khôi mạch **tạo xung điều chế** đảm nhận chức năng tạo xung điều chế sử dụng MCU MSP430G2553 và DAC MCP4921 cung cấp xung điều chế cho bộ VCO ngoài ra còn chứa khôi **Video Amplifier** dùng để khuếch đại tín hiệu ngõ ra từ bộ trộn tần . Đồng thời xây dựng hệ thống thu phát cho khôi mạch siêu cao tần sử dụng 2 **mảng anten vi dải hai chiều 16 phần tử**

Hệ thống cần thiết kế hướng tới tính nhỏ gọn, mang tính ứng dụng cao với các thiết bị cầm tay hoạt động tầm gần cũng như các hệ thống an toàn sử dụng trong xe hơi do đó sẽ sử dụng IC Radar BGT24MTR12 của hãng Infineon để đảm nhận hầu hết các khôi chức năng trong hệ thống Radar FCMW cần thiết kế

# Mục lục

Tóm tắt đồ án	ii
Mục lục	ii
Danh sách hình vẽ	v
Danh sách bảng	vii
<b>1 Giới thiệu</b>	<b>1</b>
1.1 Mục đích . . . . .	1
1.2 Mục tiêu nghiên cứu . . . . .	1
1.3 Phạm vi nghiên cứu và đối tượng nghiên cứu . . . . .	2
1.3.1 Phạm vi nghiên cứu . . . . .	2
1.3.2 Đối tượng nghiên cứu . . . . .	2
1.4 Phương pháp nghiên cứu . . . . .	2
1.5 Các đóng góp chính . . . . .	2
1.6 Cấu trúc đồ án . . . . .	3
<b>2 Giới thiệu tổng quan về các hệ thống Radar</b>	<b>4</b>
2.1 Tổng quan về Radar . . . . .	4
2.1.1 Nguyên lý cơ bản của Radar . . . . .	5
2.2 Các thành phần cơ bản của Radar . . . . .	6
2.2.1 Anten . . . . .	7
2.2.1.1 Anten loa (Horn Antenna) . . . . .	7
2.2.1.2 Anten chảo parabol (Parabol Antenna) . . . . .	9
2.2.2 Duplexer . . . . .	9
2.2.3 Bộ trộn tần (Mixer) . . . . .	10
2.2.4 Bộ tạo dao động (Oscillator) . . . . .	12
2.2.5 Bộ khuếch đại công suất (Power Amplifier) . . . . .	12
2.2.6 Bộ khuếch đại nhiễu thấp (Low Noise Amplifier) . . . . .	13
2.2.7 Bộ phát radar . . . . .	13
2.2.8 Bộ thu radar . . . . .	14
2.3 Các loại Radar phổ biến . . . . .	14

2.3.1	CW Radar . . . . .	15
2.3.2	FMCW Radar . . . . .	15
2.3.3	Synthetic Aperture Radar . . . . .	16
2.3.4	Simple Pulse Radar . . . . .	17
2.3.5	Moving - Target Indication (MTI) Radar . . . . .	19
2.3.6	Pulse Doppler Radar . . . . .	19
2.3.7	Radar sử dụng mảng anten (Phased - Array Radar) . . . . .	20
2.4	Ứng dụng của Radar . . . . .	21
2.4.1	Ứng dụng trong quân sự . . . . .	21
2.4.2	Viễn thám môi trường . . . . .	21
2.4.3	Điều khiển không lưu . . . . .	21
2.4.4	Ứng dụng khác . . . . .	22
2.5	Kết luận chương . . . . .	22
<b>3</b>	<b>Phân tích đề tài</b>	<b>23</b>
3.1	Mục đích và yêu cầu thiết kế . . . . .	23
3.1.1	Mục đích thiết kế . . . . .	23
3.1.2	Yêu cầu thiết kế . . . . .	23
3.2	Frequency Modulated Continuous Wave (FMCW) Radar . . . . .	24
3.2.0.1	Cấu trúc của một hệ thống FMCW Radar . . . . .	25
3.2.0.2	FMCW Radar . . . . .	27
3.3	Kết luận chương . . . . .	32
<b>4</b>	<b>Thiết kế khối phần cứng của hệ thống Radar</b>	<b>33</b>
4.1	Mô tả chung . . . . .	33
4.2	Sơ đồ khối của hệ thống FMCW radar . . . . .	33
4.3	Lựa chọn linh kiện, tính toán và mô phỏng . . . . .	34
4.3.1	Anten . . . . .	35
4.3.1.1	Phân tích và các thông số thiết kế . . . . .	36
4.3.1.2	Tính toán các thông số về không gian và bức xạ của anten	36
4.3.1.3	Mô phỏng . . . . .	38
4.3.2	Khối mạch baseband . . . . .	41
4.3.2.1	Khối mạch tạo xung điều chế . . . . .	42
4.3.2.2	Khối mạch Video Amplifier . . . . .	43
4.3.2.3	Bộ điều chế (Modulator) và bộ khuếch đại điện áp (Video Amplifier) . . . . .	48
4.4	Kết luận chương . . . . .	50
<b>5</b>	<b>Kết luận và hướng phát triển</b>	<b>52</b>
5.1	Những đóng góp của đồ án . . . . .	52
5.2	Hướng phát triển . . . . .	52

<b>6 Phụ lục:</b>	
Thiết kế trang tính toán bằng HTML	<b>54</b>
6.0.1 Code HTML . . . . .	54
6.0.2 Giao diện trang tính . . . . .	59
6.0.3 Kết luận chương . . . . .	60
Tài liệu tham khảo	<b>61</b>

# Danh sách hình vẽ

2.1	Hệ thống Radar cơ bản . . . . .	5
2.2	Hệ thống Radar với Duplexer . . . . .	6
2.3	Sơ đồ khối của một hệ thống Radar đơn giản . . . . .	6
2.4	Định nghĩa về độ lợi của anten . . . . .	7
2.5	Các dạng cấu hình cơ bản của anten horn . . . . .	8
2.6	Đồ thị bức xạ 3D của một anten horn . . . . .	8
2.7	Anten parabol . . . . .	9
2.8	Sơ đồ khối của bộ circulator . . . . .	10
2.9	Sơ đồ khối của bộ mixer . . . . .	11
2.10	Cách thức chuyển tần lên và xuống của mixer . . . . .	11
2.11	Mô hình bộ phát tín hiệu radar cơ bản . . . . .	13
2.12	Mô hình bộ thu tín hiệu radar cơ bản . . . . .	14
2.13	Mô hình CW radar . . . . .	15
2.14	Sóng điều chế dùng trong FMCW Radar . . . . .	16
2.15	Mô hình Synthetic Aperture Radar . . . . .	17
2.16	Dạng xung phát ra từ Pulse Radar . . . . .	18
2.17	Mô hình radar phát xung và độ phân giải tương ứng với độ rộng xung . . .	18
2.18	Tín hiệu nhận về từ MIT radar đối với vật thể chuyển động và không chuyển động . . . . .	19
2.19	Hệ thống mảng anten . . . . .	20
2.20	Hệ thống radar sử dụng mảng anten . . . . .	21
3.1	Các dạng điều chế trong hệ thống FMCW radar . . . . .	25
3.2	Sơ đồ khối hệ thống FMCW radar đơn giản . . . . .	26
3.3	Điều chế xung tam giác và dạng sóng ngõ ra tương ứng . . . . .	26
3.4	Trường hợp vật thể không chuyển động . . . . .	27
3.5	Trường hợp vật thể chuyển động lại gần radar với $f_d < f_b$ . . . . .	29
3.6	Trường hợp vật thể chuyển động ra xa radar với $f_d < f_b$ . . . . .	29
3.7	Trường hợp vật thể chuyển động lại gần radar với $f_d > f_b$ . . . . .	30
3.8	Trường hợp vật thể chuyển động ra xa radar với $f_d > f_b$ . . . . .	31
4.1	Sơ đồ khối ở chế độ FMCW radar . . . . .	34

## DANH SÁCH HÌNH VẼ

---

4.2	Hình dạng của phần tử anten vi dải inset-feed . . . . .	36
4.3	Hình dạng 3D của mảng anten vi dải 16 phần tử 2 chiều 4x4 . . . . .	39
4.4	Suy hao phản xạ và băng thông anten . . . . .	39
4.5	Độ định hướng của anten . . . . .	40
4.6	Mô hình anten 2D khi được chuyển lên Altium . . . . .	40
4.7	Schematic của khối mạch RF . . . . .	41
4.8	Schematic của khối mạch dùng tạo xung điều chế . . . . .	42
4.9	Giao thức SPI giữa MSP430G2553 và MCP4921 . . . . .	42
4.10	Dạng sóng tam giác ngõ ra của MCP4921 đo bằng dao động kí . . . . .	43
4.11	Schematic của mạch Video Amplifier . . . . .	44
4.12	Mạch Instrument Amplifier . . . . .	45
4.13	Đáp ứng tầng khuếch đại dùng LMV771MG mô phỏng dùng Proteus . . . . .	46
4.14	Mạch lọc thông dải tích cực . . . . .	47
4.15	Đo kiểm độ lợi của mạch . . . . .	47
4.16	Độ lợi thực tế đo ở tầng khuếch đại thứ nhất . . . . .	48
4.17	Độ lợi thực tế đo ở tầng khuếch đại thứ hai . . . . .	48
4.18	Schematic của toàn bộ khối mạch baseband . . . . .	49
4.19	Layout của khối mạch baseband . . . . .	49
4.20	Mô hình 3D của khối mạch baseband . . . . .	50
4.21	Khối mạch baseband được thi công hoàn chỉnh . . . . .	50
4.22	Quá trình thi công mạch dùng kính phóng đại . . . . .	51
6.1	Giao diện của trang tính HTML trên trình duyệt Google Chrome . . . . .	59

# Danh sách bảng

2.1	Mối liên hệ giữa PRF và khả năng làm việc của radar phát xung . . . . .	18
3.1	Bảng phân tích kết quả đối với trường hợp vật thể chuyển động - Low Doppler . . . . .	28
3.2	Bảng phân tích kết quả đối với trường hợp vật thể chuyển động - High Doppler . . . . .	30
4.1	Danh sách các module cần thiết cho hệ thống radar . . . . .	35
4.2	Những yêu cầu thiết kế của phần từ anten vi dải 24Ghz dạng inset-feed . .	36
4.3	Những yêu cầu thiết kế của phần từ anten vi dải 24Ghz dạng inset-feed . .	38

# Chương 1

## Giới thiệu

### 1.1 Mục đích

Xu hướng toàn cầu đối với công nghệ là hướng tới sự gọn nhẹ, giá thành hợp lý cũng như độ chính xác và độ tin cậy cao. Ngoài những yêu cầu đó thì đi kèm với hệ thống công suất thấp nhưng phải thực hiện điều đủ quy trình nghiêm ngặt mà ứng dụng đề xuất ra. Ưu điểm của một hệ thống Radar đó là nó có thể hoạt động trong bất kỳ điều kiện thời tiết như thế nào và đặc biệt là điều kiện sương mù, mây che phủ, không kể ngày đêm hay môi trường nhiều vật che chắn. Nhưng đi kèm với nó cũng có một vài nhược điểm là độ phân giải thấp ở phương ngang (bề mặt vật thể) hay góc phương vị và hơn nữa là cách tăng khoảng cách hoạt động rất khó khăn trên phần cứng nhờ vào chỉnh sửa hệ số Beamwidth của anten. Các hạn chế trên được khắc phục phần nào nhờ những kỹ thuật SAR. Nhiều công nghệ đã thành công trên hệ thống Radar xung (Pulse Radar). Tuy nhiên, hệ thống Radar xung rất phức tạp và giá thành rất cao không phù hợp cho quy mô nghiên cứu dành cho sinh viên ở phòng thí nghiệm. Thay vào đó thì hệ thống Frequency Modulated Continuous Wave (FMCW) Radar đã chiếm được ưu thế dựa vào các tiêu chuẩn về gọn nhẹ, độ phân giải tương đối cao, giá thành rẻ và đặc biệt hơn là hệ thống tiêu thụ rất ít năng lượng dù phải hoạt động liên tục. Hệ thống được sử dụng phổ biến trong dân sự và quân sự nhờ khả năng truyền tín hiệu công suất thấp nhưng hiệu quả cao của nó. Đồ án này dựa trên cơ chế làm việc của chế độ FMCW Radar để thực hiện thiết kế mạch Baseband sử dụng cho mục đích tạo ra tín hiệu đầu ra và xử lý tín hiệu đầu vào nhằm phục vụ cho hệ thống RADAR FMCW 24Ghz.

### 1.2 Mục tiêu nghiên cứu

Đồ án này tập trung vào việc thiết kế các khối phần cứng mà cụ thể là khối mạch Baseband và khối mạch cao tần cho hệ thống RADAR FMCW vừa được đề cập với các yêu cầu được đặt ra:

- Radar hoạt động ở dãy tần cho phép của ITU đối với Việt Nam.

## 1. GIỚI THIỆU

---

- Tầm hoạt động ngắn (0-200m) và chi phí thấp.
- Độ chính xác cao và kết quả đáng tin cậy.

### 1.3 Phạm vi nghiên cứu và đối tượng nghiên cứu

#### 1.3.1 Phạm vi nghiên cứu

**Phần cứng:** Các kiến thức liên quan đến anten và truyền sóng để thiết kế và đo kiểm anten, kỹ năng thiết kế phần cứng (tần số thấp) và các kiến thức siêu cao tần cũng như các kiến thức về mạch điện tử để thiết kế mạch baseband để đo kiểm cũng như đánh giá được toàn bộ hệ thống Radar hoàn chỉnh.

**Phần mềm:** Sử dụng các phần mềm thiết kế và mô phỏng như ANSYS HFSS: High Frequency Electromagnetic Fields Simulation, Altium Designer...

#### 1.3.2 Đối tượng nghiên cứu

- Tập trung vào thiết kế khối mạch baseband cho hệ thống radar FMCW bao gồm các thành phần cơ bản như: bộ tạo sóng điều chế, mạch lọc và khuếch đại tín hiệu đầu vào
- Các phương trình Radar liên quan đến đặc tính lan truyền và phản xạ của sóng điện từ trong không gian tự do.
- Các bộ phận chính cấu tạo nên một hệ thống Radar hoàn chỉnh.

### 1.4 Phương pháp nghiên cứu

Thiết kế và xây dựng một mạch baseband hoàn chỉnh, đo kiểm các thông số cần thiết sau đó thử nghiệm các phép đo trên thực tế, đánh giá sai số của toàn bộ hệ thống.

Thiết kế mảng anten vi dải hai chiều 4x4 sử dụng cho khối mạch siêu cao tần.

### 1.5 Các đóng góp chính

Đồ án này thực hiện với mục đích xây dựng phần cứng mà cụ thể là mạch baseband và mạch cao tần cho hệ thống RADAR FMCW hoạt động ở tần số 24Ghz sử dụng BGT24MTR12 RADAR IC.

Trên nền tảng những kiến thức đã tìm hiểu để thực hiện thiết kế và kiểm nghiệm thực tế khối mạch baseband để phù hợp với yêu cầu được đặt ra khi thiết kế hệ thống radar cũng như đáp ứng thông số của RADAR IC được chọn.

## 1.6 Cấu trúc đồ án

Cấu trúc của luận án được trình bày bao gồm năm chương:

Chương **MỞ ĐẦU** trình bày khái quát về mục đích, đối tượng, phạm vi nghiên cứu và các đóng góp chính của luận án này.

Chương **2** cung cấp một vốn hiểu biết sơ lược về hệ thống Radar cơ bản thông qua việc tìm hiểu các khái niệm trong một hệ thống Radar. Ngoài ra, chương **2** còn trình bày về các loại Radar thường được dùng cũng như các ứng dụng phổ biến trong lĩnh vực Radar.

Chương **3** giúp việc tiếp cận với hệ thống FMCW Radar dễ dàng hơn qua việc diễn giải cách thu tín hiệu từ hệ thống Radar có thiết kế như đã đề cập ở chương **2**.

Chương **4** trình bày chi tiết quá trình thiết kế và mô phỏng, kiểm nghiệm lại hoạt động của các khái niệm được thiết kế thông qua đó đánh giá được hiệu quả của quá trình mô phỏng, thiết kế và thi công hệ thống.

Cuối cùng, chương **5** là phần kết luận chung về những điều đạt được và chưa đạt được đối với hệ cần thiết kế cũng như hướng phát triển tiếp theo cho đề tài này.

Ngoài ra, phần phụ lục **6** giới thiệu về phần tính toán các thông số của Radar một cách nhanh chóng thông qua trang tính sử dụng ngôn ngữ HTML và Javascript.

# Chương 2

## Giới thiệu tổng quan về các hệ thống Radar

### 2.1 Tổng quan về Radar

Thuật ngữ RADAR nguyên là chữ viết tắt của cụm từ "**R**adio **D**etection and **R**anging" nghĩa là phát hiện và đo khoảng cách bằng sóng vô tuyến điện.

Radar là một thiết bị được phát triển trong quân đội có khả năng thu và phát sóng điện từ giúp phát hiện các vật thể chuyển động hoặc không chuyển động trong tầm hoạt động của nó. Với sự xuất hiện của radar, lần đầu tiên con người đã có khả năng quan sát xa hơn tầm nhìn thẳng của mắt người. Radar còn cho phép nhìn xuyên qua các vật cản như khói, bụi, mây, mưa, tán lá và nhất là tạo khả năng quan trắc trong mọi thời tiết, suốt ngày đêm.

Trong thế chiến thứ II, khái niệm về Radar đã trở nên quen thuộc và được biết đến như một thiết bị yếu sử dụng trong quân đội giúp các bên tham chiến có thể phát hiện các vật thể chuyển động hoặc sự xâm nhập bất hợp pháp từ phía kẻ thù.

Radar là thiết bị không thể thiếu trong việc kiểm soát không lưu hiện nay, đã được nhà khoa học người Scotland - Robert Watson Watt phát minh cách đây gần 100 năm.

Radar thuộc loại phương tiện quan trắc, định vị dựa trên hiện tượng phản xạ của sóng điện từ khi gặp vật cản trên đường truyền sóng.

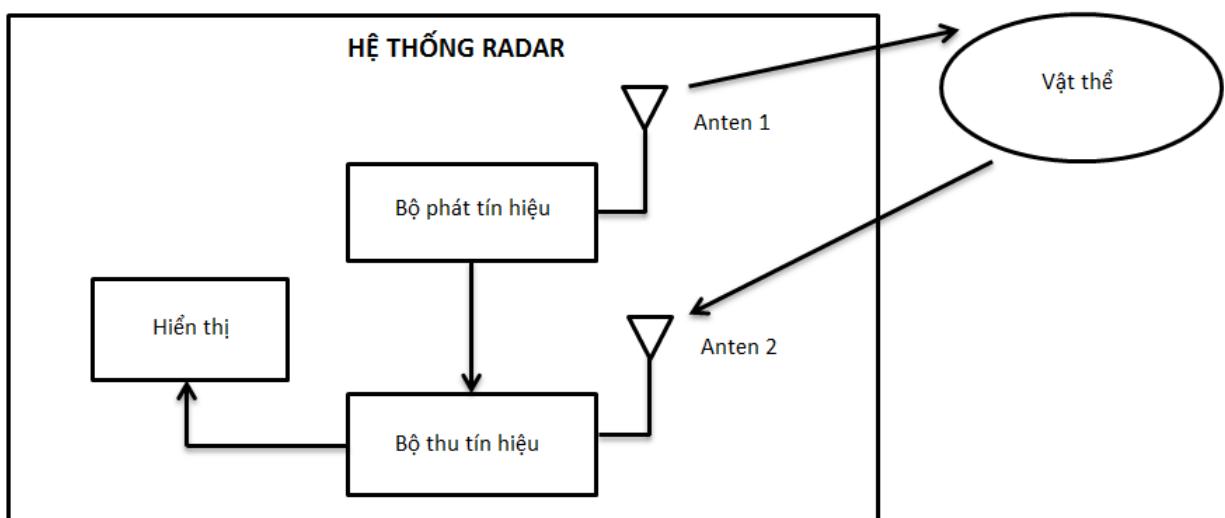
Cùng với sự phát triển của khoa học và kỹ thuật, radar nhờ đó cũng liên tục được cải tiến và phát triển để phục vụ không chỉ cho mục đích quân sự mà còn cho các mục đích dân sự. Ngày nay, với những tính năng ưu việt, radar vẫn đóng vai trò là một giám sát viên chuyên nghiệp được dùng trên các loại tàu hàng hải, máy bay,... hoặc dùng trong việc dự báo thời tiết, kiểm tra tốc độ của các phương tiện giao thông,... từ đó đi sâu vào phục vụ đời sống con người. Cùng nhìn lại những giai đoạn lịch sử hình thành và phát triển của radar sẽ cho ta có cái nhìn rõ nét hơn về thiết bị này.

### 2.1.1 Nguyên lý cơ bản của Radar

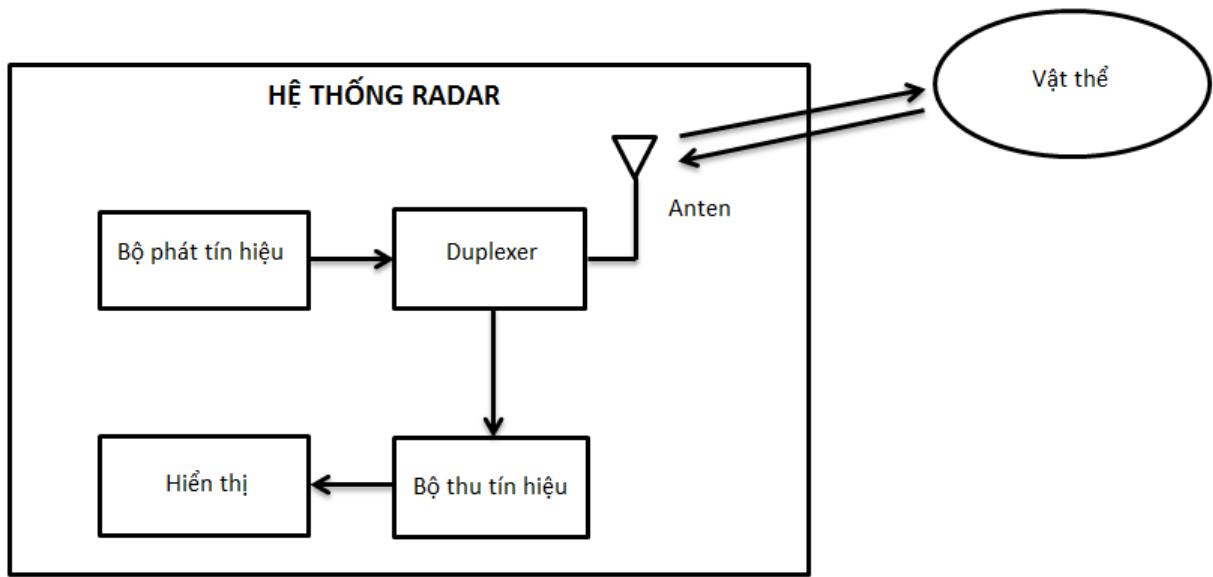
Radar hoạt động dựa trên sự bức xạ và phản xạ của sóng điện từ trong không gian. Sóng điện từ lan truyền trong không gian theo đường thẳng và với tốc độ xấp xỉ bằng với tốc độ ánh sáng trong chân không ( $3 \cdot 10^8 m/s$ ). Cụ thể, radar tạo ra một lượng năng lượng điện từ bức xạ vào không gian và phân tích năng lượng điện từ phản xạ ngược trở về từ vật chấn trong tầm hoạt động của nó.

Một hệ thống radar đơn giản được minh họa ở hình 2.1. Hệ thống radar trên bao gồm một bộ phát, một bộ thu và 2 anten có nhiệm vụ bức xạ năng lượng điện từ ở phía phát (Transmitter) và thu nhận năng lượng điện từ phản xạ lại từ vật thể ở phía thu (Receiver). Cụ thể, hệ thống sẽ tạo ra tín hiệu RF (Radio Frequency - vô tuyến) ở phía bộ phát và bức xạ ra không gian nhờ anten ở phía phát. Tín hiệu trên khi gặp vật chấn sẽ bị phản xạ lại, tuy nhiên theo nhiều hướng khác nhau trong đó sẽ có những tín hiệu phản xạ lại về phía anten thu. Từ đó, anten ở phía thu sẽ thu nhận tín hiệu phản xạ lại rồi chuyển sang bộ thu, bộ thu sẽ phân tích sự sai biệt giữa tín hiệu phát và tín hiệu thu để đưa ra những thông tin về khoảng cách, vận tốc, hướng di chuyển của vật thể, ...

Một cải tiến cho hệ thống radar ở trên đó là thay vì sử dụng 2 anten (1 cho phía phát và 1 cho phía thu) hệ thống radar ở hình 2.2 chỉ sử dụng 1 anten cho việc thu và phát. Tuy nhiên với hệ thống này, do chỉ sử dụng 1 anten nên cần phải cách ly tín hiệu phát và tín hiệu thu người ta dùng thêm một bộ duplexer cho anten, từ đó giảm được sự cồng kềnh của hệ thống này so với hệ thống sử dụng 2 anten ở trên. Ngoài ra duplexer còn giúp bảo vệ bộ thu khỏi những tín hiệu công suất lớn từ bộ phát. Ở phần tiếp theo chúng ta sẽ cùng tìm hiểu chi tiết chức năng và nhiệm vụ của những bộ phận cấu thành nên một hệ thống radar.



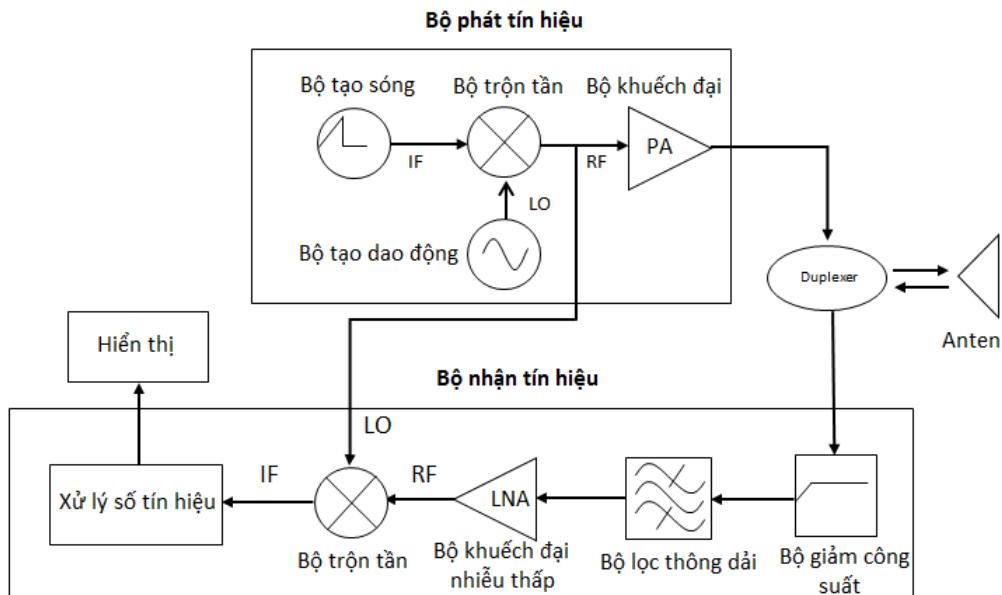
Hình 2.1: Hệ thống Radar cơ bản



Hình 2.2: Hệ thống Radar với Duplexer

## 2.2 Các thành phần cơ bản của Radar

Như đã đề cập ở phần trước, một hệ thống radar cơ bản bao gồm một bộ phát, một bộ thu và hệ thống anten thu, phát. Hình 2.3 minh họa một hệ thống radar với các bộ phận cơ bản mang những chức năng đặc trưng. Sau đây chúng ta sẽ cùng làm rõ chức năng của các bộ phận riêng biệt trong radar.



Hình 2.3: Sơ đồ khối của một hệ thống Radar đơn giản

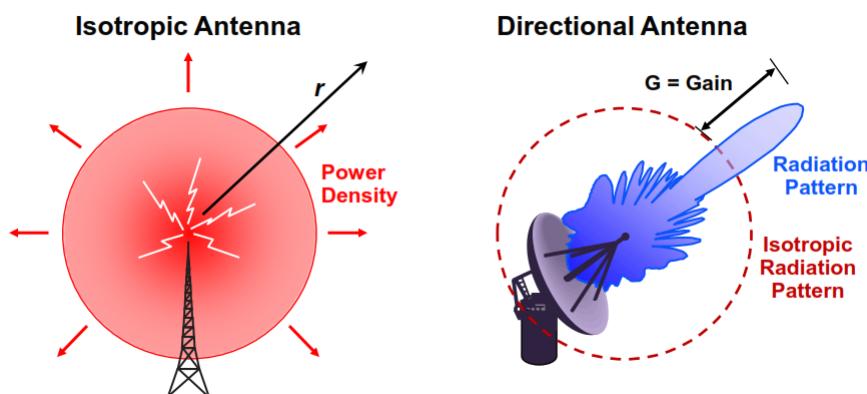
### 2.2.1 Anten

Trong hệ thống radar, anten đóng vai trò là bộ phận tương tác giữa chính hệ thống đó với tất cả các loại sóng điện từ có mặt trong không gian. Nhờ đó, anten hoạt động như một bộ phận truyền dẫn, lan truyền và định hướng bức xạ năng lượng điện từ ra không gian cũng như thu nhận sóng điện từ phản hồi từ vật thể.

Trong thiết kế anten, có rất nhiều thông số được quan tâm chẳng hạn như: đồ thị bức xạ của anten (Radiation Pattern), mật độ công suất bức xạ ( $W$ ), cường độ bức xạ ( $U$ ), beamwidth (Half Power Beamwidth - HPBW, First Null Beamwidth - FNBW), độ định hướng ( $D$ ), độ lợi (Gain), hiệu suất (Antenna Efficiency), băng thông (Bandwidth) và cuối cùng là tính phân cực của anten (Polarization) (chương 2, [1]). Tuy nhiên, để đánh giá nhanh một anten người ta thường dựa vào 2 thông số đó là độ lợi và đồ thị bức xạ.

Nhìn vào hình 2.4 ta thấy rằng, độ lợi của một anten được hiểu là sự chênh lệch về cường độ bức xạ của chính anten đó so với anten có đồ thị bức xạ đẳng hướng (*isotropic*).

Có hai loại anten thường được dùng trong hệ thống radar đó là anten loa và anten chảo parabol sẽ được đề cập ở phần tiếp theo.



Hình 2.4: Định nghĩa về độ lợi của anten  
(MIT Open CourseWare, [2])

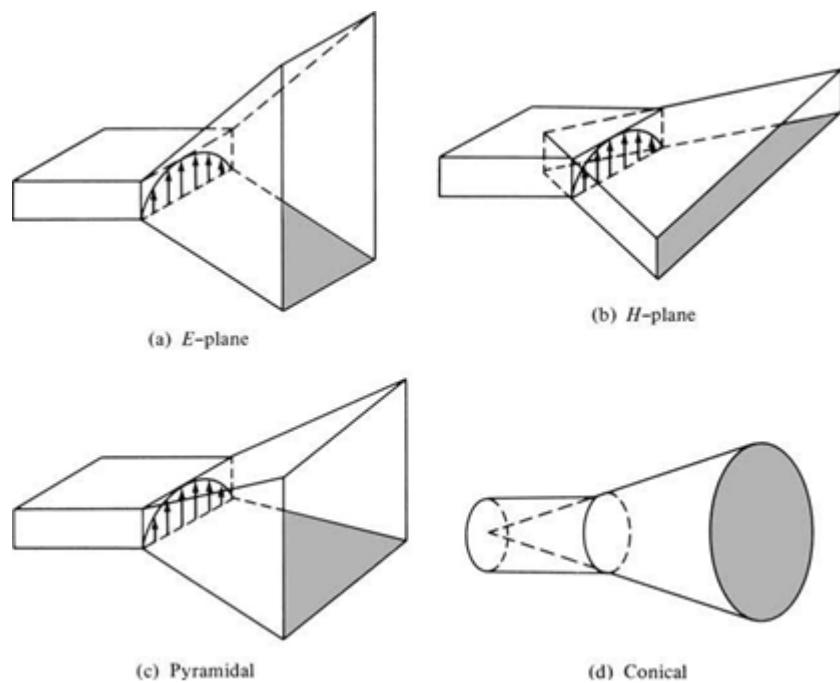
#### 2.2.1.1 Anten loa (Horn Antenna)

Anten loa thường được sử dụng để trong việc truyền và nhận tín hiệu RF (vô tuyến) hoặc được dùng như là *feeder* hay còn được gọi là *nguồn phát sóng* trong anten parabol.

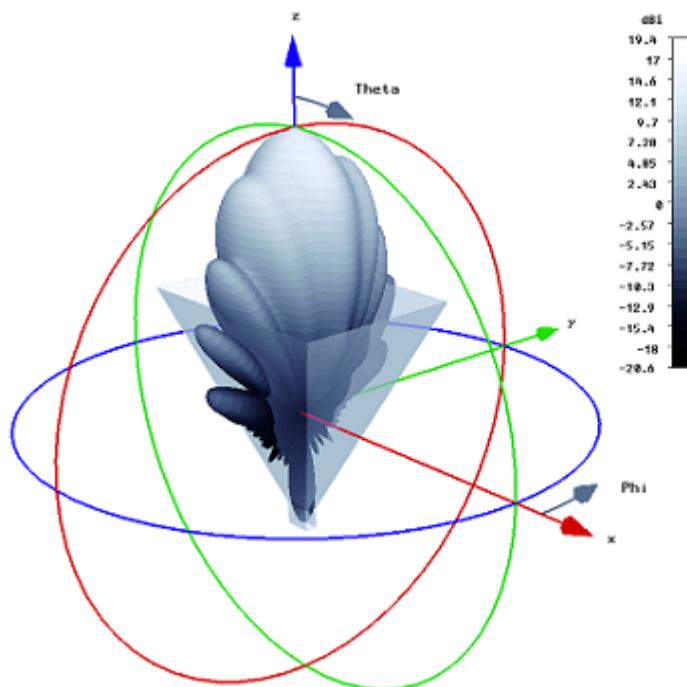
Hình dạng điển hình của một anten loa đó là bề mặt định hướng sóng dạng loe ra giống như một cái loa (horn) cho phép sóng bức xạ từ anten ra không gian tự do theo một hướng xác định.

Có 4 loại anten loa được mô tả ở hình 2.5

## 2. GIỚI THIỆU TỔNG QUAN VỀ CÁC HỆ THỐNG RADAR



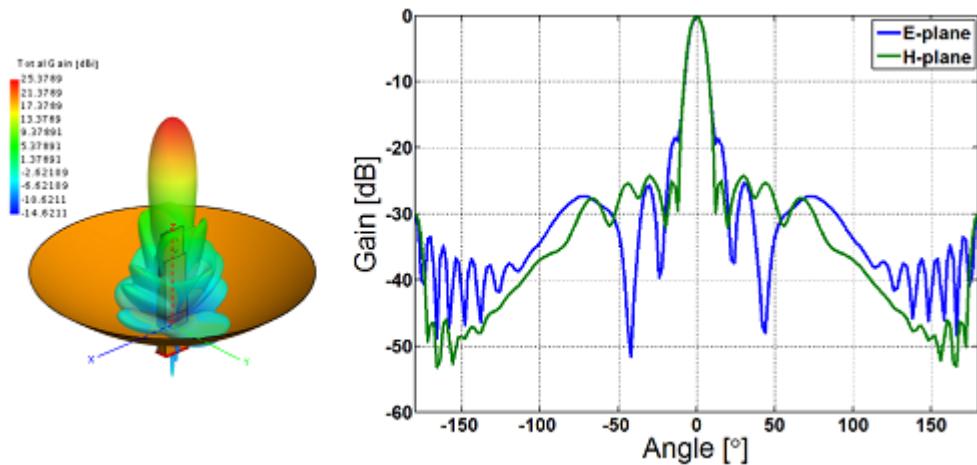
Hình 2.5: Các dạng cấu hình cơ bản của anten horn  
(Hình 13.1, trang 740, [1])



Hình 2.6: Đồ thị bức xạ 3D của một anten horn  
(Hình 1.8, trang 11, [3])

Với cấu trúc khá đơn giản, anten loa thường được sử dụng ở băng tần UHF (300MHz - 3GHz) hoặc thậm chí còn cao hơn nữa. Anten loa thường có dạng đồ thị bức xạ định hướng cao (Hình 2.6) với độ lợi lớn có thể lên đến 25 dB, tuy nhiên thường thì độ lợi nằm trong khoảng 10 - 20 dB. Đặc biệt anten loa còn có băng thông rất lớn từ đó nâng cao hiệu suất hoạt động của anten ở các dãy tần khác nhau.

### 2.2.1.2 Anten chảo parabol (Parabol Antenna)



Hình 2.7: Anten parabol

Hình 2.7 mô tả một anten parabol thường gấp trong thực tế với cấu trúc gồm một bề mặt phản xạ hình parabol (reflector) - còn gọi là chảo parabol - và một nguồn phát sóng điện từ gọi là *feeder* (thường là anten *dipole*). Vật liệu tạo nên bộ phản xạ thường là một tấm lưỡi kim loại với kích thước của những lỗ lưỡi đó phải nhỏ hơn  $\lambda/10$ . Chính tấm lưỡi đó tạo nên bề mặt phản xạ cho sóng điện từ tựa như một tấm gương phản xạ ánh sáng hình parabol. Từ đó, nâng cao được tính định hướng và độ lợi của anten lên rất nhiều. Thông thường, với cùng một công suất phát thì anten parabol có thể cho độ lợi lớn nhất và với búp sóng hẹp nhất. Để tạo nên búp sóng hẹp, bề mặt phản xạ phải lớn hơn rất nhiều so với chiều dài bước sóng do đó anten parabol thường được sử dụng cho các dãy tần số cao (UHF hoặc SHF).

### 2.2.2 Duplexer

Như đã trình bày ở phần trên, duplexer được sử dụng trong trường hợp chỉ dùng 1 anten cho cả việc thu và phát tín hiệu. Có 2 yêu cầu được đưa ra mà một bộ duplexer cần thỏa mãn:

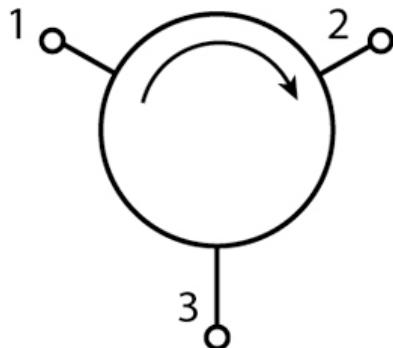
**Thứ nhất:** Cách ly bộ thu khỏi những tín hiệu công suất lớn ở bộ phát để tránh phá hủy các bộ phận ở phía thu

**Thứ hai:** Dám bảo quá trình truyền và nhận được xảy ra liên tục trên cùng một anten.

Trên thực tế, bộ duplexer thường dùng chính là circulator - một hệ thống mạng 3 cửa được mô tả ở hình 2.8 và với ma trận S như sau:

$$S = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Giả sử ta mắc anten vào cổng (port) 2 của bộ circulator, tín hiệu ngõ ra của bộ phát được mắc vào cổng 1 và tín hiệu ngõ vào của bộ thu sẽ mắc vào port 3 của bộ circulator. Một cách lý tưởng, nhìn vào ma trận S ta thấy rằng khi có tín hiệu từ cổng 1 (từ bộ phát) tín hiệu đó sẽ được đẩy vào anten và bức xạ ra không gian đồng thời không có tín hiệu vào cổng 3. Tương tự, nếu có một tín hiệu lọt vào anten (port 2), tín hiệu đó sẽ được chuyển vào cổng 3 của bộ circulator đồng thời cách lý tín hiệu đó với cổng 1. Tuy nhiên, trên thực tế tín hiệu sẽ không được cách ly hoàn toàn mà vẫn tồn tại một lượng suy hao khoảng 0.1 - 0.5 dB.



Hình 2.8: Sơ đồ khối của bộ circulator

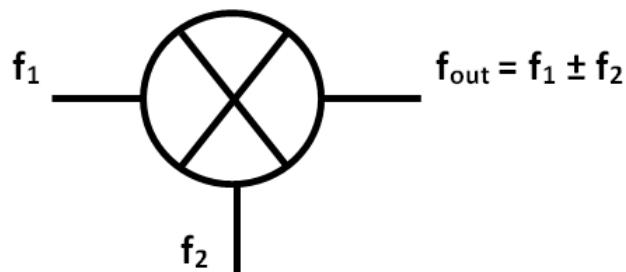
### 2.2.3 Bộ trộn tần (Mixer)

Mixer hay còn gọi là bộ trộn tần được sử dụng để chuyển đổi tần số của tín hiệu đầu vào thành một tín hiệu có cùng dạng với tín hiệu ban đầu nhưng ở một tần số khác, có thể cao hơn hoặc thấp hơn tần số ban đầu.

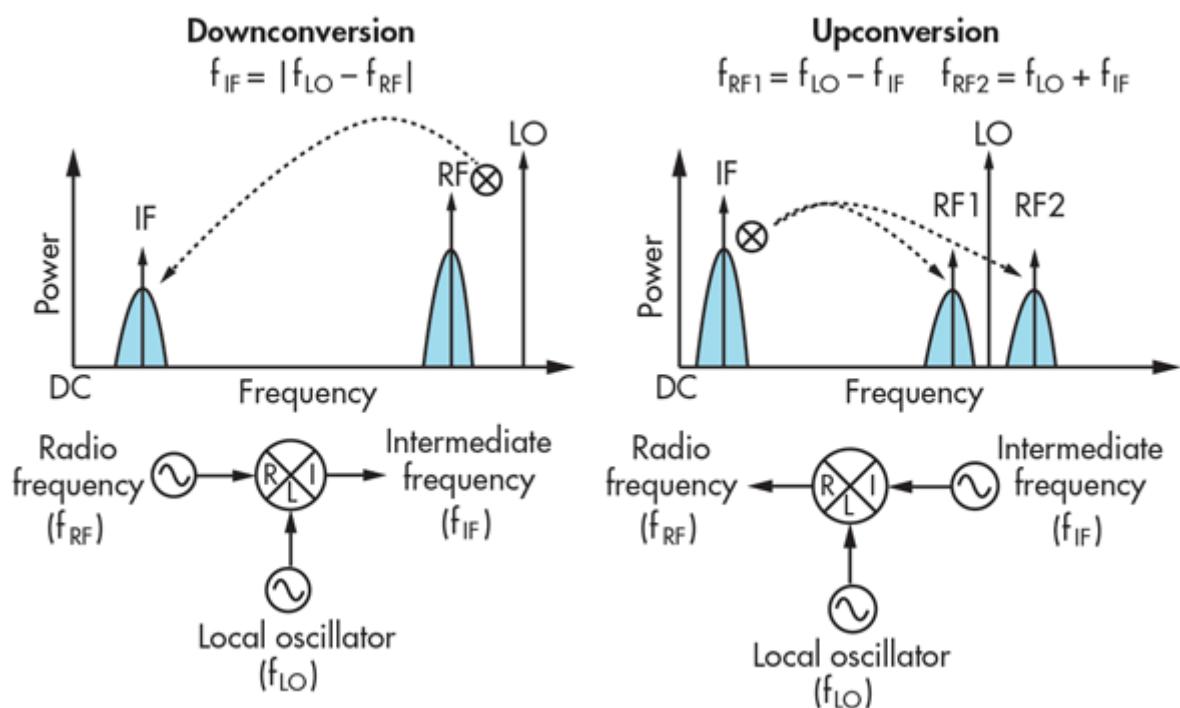
Thông thường, người ta thường chuyển tín hiệu từ trung tần (IF) sang tín hiệu cao tần (RF) và ngược lại tùy thuộc vào mục đích của người thiết kế và sử dụng hệ thống đó.

[4]

## 2. GIỚI THIỆU TỔNG QUAN VỀ CÁC HỆ THỐNG RADAR



Hình 2.9: Sơ đồ khối của bộ mixer



Hình 2.10: Cách thức chuyển tần lên và xuống của mixer

Nhìn vào hình 2.9 ta thấy rằng, mixer hoạt động như một bộ nhân tín hiệu giữa hai port đầu vào từ đó tạo ra tín hiệu ngõ ra với 2 tần số:  $f_1 \pm f_2$

$$\cos(f_1) * \cos(f_2) = \frac{1}{2} [\cos(f_1 - f_2) + \cos(f_1 + f_2)]. \quad (2.1)$$

Quan sát hình 2.10 ta thấy:

Việc chuyển tần lên hoặc xuống phải thông qua một tín hiệu từ oscillator với tần số  $f_{LO}$ . Do đó, tín hiệu từ oscillator chỉ được phép là tín hiệu đầu vào của mixer, còn port RF và IF có thể chuyển đổi vai trò cho nhau hoặc là đầu vào thứ hai của mixer hoặc là ngõ ra của mixer.

Đối với chuyển tần xuống, tín hiệu đầu vào thứ hai chính là tín hiệu RF và tín hiệu ở ngõ ra sẽ là tín hiệu IF, với  $f_{IF} = |f_{LO} - f_{RF}|$ . Ngược lại, đối với chuyển tần lên thì tín hiệu đầu vào thứ hai chính là tín hiệu IF và tín hiệu ngõ ra sẽ là tín hiệu RF, với  $f_{RF_1} = f_{LO} - f_{IF}$  và  $f_{RF_2} = f_{LO} + f_{IF}$ .

Trong thực tế người ta thường sử dụng mixer kết hợp với một bộ lọc để chọn lọc tần số mong muốn ở trung tần hoặc cao tần. Như ta đã biết, tín hiệu ở ngõ ra bộ mixer tồn tại ở hai tần số như đã đề cập ở phương trình 2.1. Do đó, đối với việc chuyển tần xuống, để lấy được tín hiệu trung tần ta phải sử dụng bộ lọc thông thấp (LPF) để loại bỏ tín hiệu không mong muốn  $f_{out} = f_{LO} + f_{IF}$ . Tương tự, đối với việc chuyển tần lên ta phải sử dụng bộ lọc thông dài (BPF) để chọn lọc tín hiệu mong muốn hoặc là  $f_{RF_1}$  hoặc  $f_{RF_2}$ .

### 2.2.4 Bộ tạo dao động (Oscillator)

Dao động và tổng hợp tần số là phần rất quan trọng trong lĩnh vực truyền thông vô tuyến. Mạch dao động biến đổi năng lượng điện một chiều thành tín hiệu xoay chiều dùng làm sóng mang trực tiếp hoặc thông qua mixer để đổi tần các tín hiệu từ IF lên RF hoặc ngược lại.

Có nhiều kiểu mạch dao động như:

- Mạch dao động LC: clapp, colpitt, hartley, Pierce,...
- Mạch dao động thạch anh: song song, nối tiếp, tinh chỉnh tần số cộng hưởng,...
- VCO và VCXO

Trong đó, VCO và VCXO được sử dụng trong nhiều ứng dụng đặc biệt là trong phần thiết kế radar ở chương 3 do nó có thể thay đổi tần số trong một khoảng xác định tùy thuộc vào giá trị điện áp DC đặt vào chân varicap (Vtune) của mạch VCO hoặc VCXO.

### 2.2.5 Bộ khuếch đại công suất (Power Amplifier)

Bộ khuếch đại công suất thường được dùng để nâng mức công suất tín hiệu RF từ mức thấp sang một mức cao hơn tùy thuộc vào độ lợi của bộ khuếch đại đó. Trong radar bộ

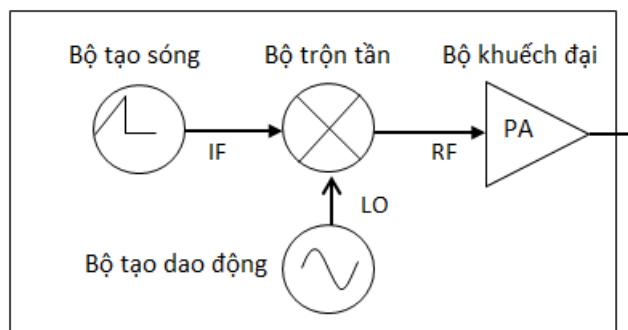
khuếch đại công suất được dùng ở phía phát để nâng cao mức công suất cho tín hiệu phát từ đó nâng cao được tầm hoạt động của radar. Bộ khuếch đại công suất phải thỏa mãn các yêu cầu như: hiệu suất cao, ít sai dạng tín hiệu và độ chọn lọc tần số cao.

### 2.2.6 Bộ khuếch đại nhiễu thấp (Low Noise Amplifier)

Nhiều là tín hiệu không mong muốn, xuất hiện từ nhiều nguồn khác nhau chèn vào tín hiệu hữu ích làm giảm chất lượng tín hiệu thu dẫn đến sai lệch thông tin. Chất lượng thu của hệ thống được đánh giá theo hệ số SNR (tỷ số mức tín hiệu trên nhiễu) chỉ sự tương quan độ mạnh của tín hiệu so với nhiễu. Mức tín hiệu thu được từ anten thường rất nhỏ và đã bao gồm nhiễu từ môi trường truyền, nếu tín hiệu đó được khuếch đại trong một môi trường nhiễu cao sẽ dẫn đến mức tín hiệu trên nhiễu giảm xuống từ đó giảm đáng kể lượng thông tin ta thu nhận được, đôi khi làm sai lệch hoặc mất thông tin.

Bộ khuếch đại nhiễu thấp được dùng để nâng cao mức tín hiệu với ít nhất có thể lượng nhiễu được cộng vào tín hiệu tùy thuộc vào chất lượng thiết kế. Trong radar, bộ khuếch đại nhiễu thấp được dùng như một bộ tiền khuếch đại cho tín hiệu ở phía phát cũng như là bộ khuếch đại công suất cho tín hiệu ở phía thu. Đôi với bộ khuếch đại nhiễu thấp, thông số được quan tâm đó là "Input Noise Figure" đặc trưng cho lượng nhiễu cộng vào tín hiệu sau khi khuếch đại. Bộ khuếch đại lý tưởng sẽ có hệ số INF = 0 dB, tuy nhiên trong thực tế không bao giờ đạt được như vậy, thông thường hệ số INF < 3dB được xem là tốt và INF < 1.2 dB được xem là rất tốt.

### 2.2.7 Bộ phát radar

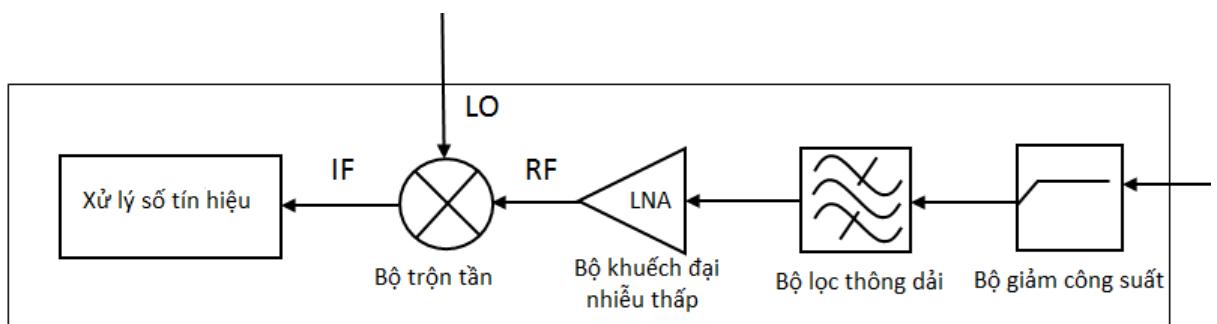


Hình 2.11: Mô hình bộ phát tín hiệu radar cơ bản

Mô hình phát sóng radar cơ bản được minh họa ở hình 2.11. Trong đó, hệ thống phát bao gồm một bộ tạo sóng tín hiệu ở dải nền (Waveform Generator) kết hợp với bộ trộn tần (Mixer) và bộ tạo dao động (Oscillator) từ đó đưa tín hiệu lên dây tần số mong muốn sau đó được khuếch đại lên nhờ bộ khuếch đại công suất (PA) và truyền đến anten bức xạ ra không gian tự do.

Chúng ta biết rằng, kích thước anten phụ thuộc trực tiếp với bước sóng tín hiệu, việc đổi tần số lên cao đó là giúp ta thu nhỏ được kích thước của anten đặc biệt là đối với các hệ thống radar sử dụng mảng anten cho việc thu, phát tín hiệu. Ngoài ra, việc chuyển tần số lên cao nhằm giúp ta tận dụng hết dãy phổ sóng điện từ. Tuy nhiên, việc đưa tín hiệu lên tần số cao dẫn đến mức suy hao của tín hiệu trong quá trình lan truyền càng lớn, do đó tùy theo mục đích và yêu cầu của từng hệ thống mà ta lựa chọn tần số phù hợp.

### 2.2.8 Bộ thu radar



Hình 2.12: Mô hình bộ thu tín hiệu radar cơ bản

Hình 2.12 minh họa một mô hình thu tín hiệu radar cơ bản. Cũng tương tự như ở phía phát, ở phía thu ta cũng sử dụng một bộ khuếch đại công suất để khuếch đại tín hiệu. Tuy nhiên, điểm khác biệt là trước khi qua tầng khuếch đại công suất, tín hiệu phải đi qua bộ limiter để hạn chế những tín hiệu công suất lớn có thể gây phá hủy các bộ phận phía thu. Đặc biệt, tín hiệu được đi qua bộ lọc thông dải để nâng cao tính chọn lọc tín hiệu sau đó được đưa qua bộ khuếch đại nhiễu thấp - đã được nói ở trên - nhằm hạn chế tối đa mức công suất nhiễu cộng vào tín hiệu sau khi được khuếch đại. Tín hiệu sau khi được khuếch đại được trộn với tín hiệu ở phía phát thông qua bộ trộn tần để thu được thông tin sai lệch giữa tín hiệu thu và phát. Tín hiệu mang thông tin được chuyển vào bộ xử lý tín hiệu để phân tích và trả về kết quả tùy theo mục đích sử dụng của radar đó. Thông thường, tín hiệu trước khi xử lý được cho qua một bộ lọc thông thấp bên trong bộ xử lý tín hiệu để chọn tín hiệu một lần nữa nhằm hạn chế xử lý thông tin của những tín hiệu không cần thiết.

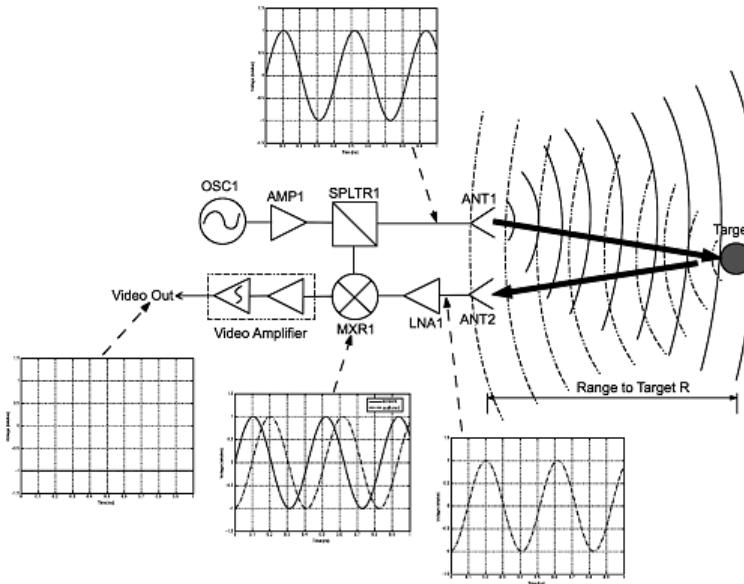
## 2.3 Các loại Radar phổ biến

Có rất nhiều loại radar phổ biến được sử dụng hiện nay, tùy thuộc vào mục đích và công năng sử dụng cũng như dãy tần số hoạt động hoặc kiểu tín hiệu phát xạ (sóng liên tục hoặc dạng xung) mà ta chia ra nhiều loại radar khác nhau. Trong phần này chúng ta chỉ xem xét một cách tổng quan nhất về một số loại radar phổ biến, trong đó có 3 loại

radar được trình bày chi tiết ở chương 2 đó là CW (Continuous Wave) Radar, FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave) Radar và Radar khẩu độ tổng hợp (Synthetic Aperture Radar).

### 2.3.1 CW Radar

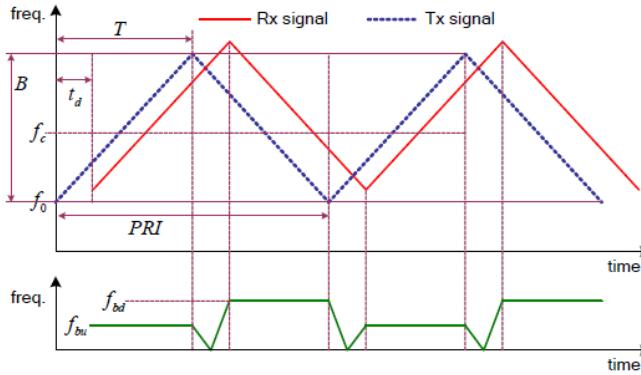
Hệ thống CW (Continuous Wave) radar tạo ra tín hiệu ở một tần số cố định và thường được sử dụng để xác định vận tốc của vật thể. Nó hoạt động dựa theo hiệu ứng Doppler bằng cách xác định sai lệch tần số của tín hiệu thu và phát từ đó đưa ra thông tin về vận tốc vật thể. Tuy nhiên, hệ thống radar này không thể xác định được khoảng cách từ vật thể đến radar do không thể xác định được khoảng thời gian trễ giữa tín hiệu thu và phát, đó cũng chính là nhược điểm của radar loại này. Một số ứng dụng của CW radar đó là xác định vận tốc của các phương tiện giao thông hoặc cảm biến chuyển động thường được sử dụng ở các trung tâm thương mại.



Hình 2.13: Mô hình CW radar  
(Hình 1.23, trang 30, [3])

### 2.3.2 FMCW Radar

Đối với hệ thống CW radar ta không thể xác định được khoảng cách của vật thể do không thể xác định được thời gian trễ giữa tín hiệu thu và phát. Tuy nhiên, ta có thể phát triển hệ thống trên để có thể xác định được khoảng thời gian trễ trong việc đo khoảng cách vật thể bằng cách điều chế tín hiệu phát sao cho tần số của tín hiệu thay đổi theo một chu kỳ, thông thường là hàm răng cưa (Hình 2.14). Khi tín hiệu phản hồi được thu nhận, từ sự thay đổi về tần số ta xác định được thông tin về thời gian trễ của tín hiệu từ đó xác định được khoảng cách vật thể.



Hình 2.14: Sóng điều chế dùng trong FMCW Radar

Một số ứng dụng của radar này trong thực tế đó là xác định độ cao hiện thời của máy bay hoặc khảo sát tính bằng phẳng của một bề mặt nào đó. Ngoài ra còn có một loại radar khác có thể xác định được khoảng cách vật thể đó là radar phát xung sẽ được đề cập ở phần sau.

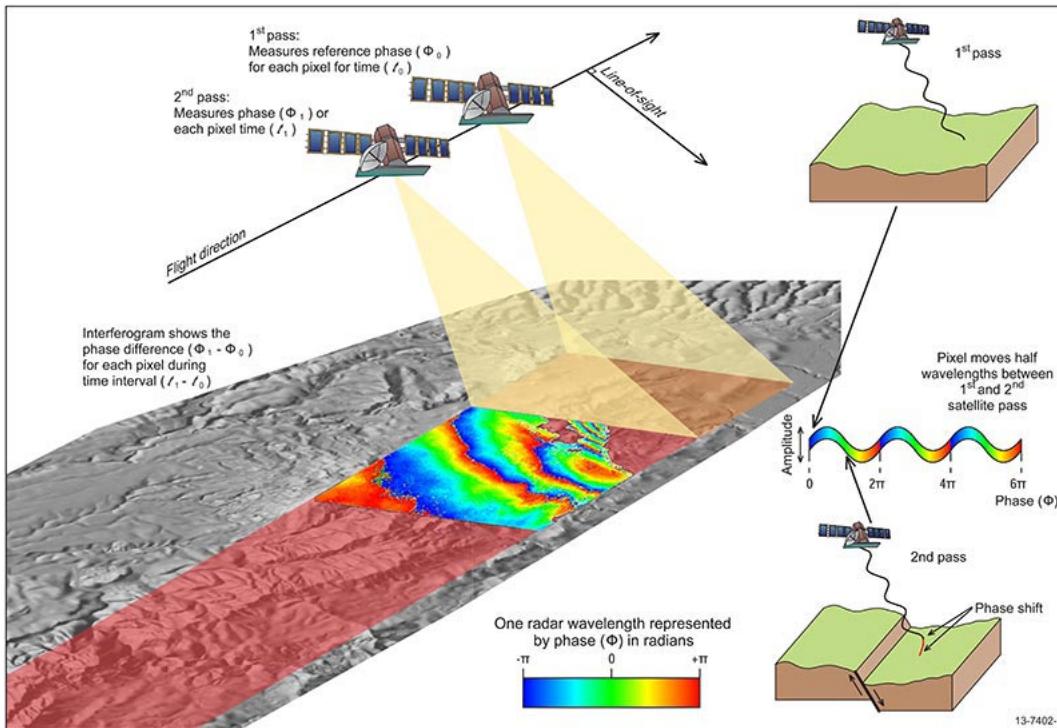
### 2.3.3 Synthetic Aperture Radar

Hệ thống Radar khẩu độ tổng hợp thuộc vào nhóm *mapping radar*. Những radar loại này thường được sử dụng trên máy bay hoặc vệ tinh để tái hiện lại hình ảnh của một vùng trên mặt đất bằng việc quét bề mặt đó bằng sóng điện từ. Trong trường hợp này, hệ thống SAR sẽ di chuyển dọc theo bề mặt mà nó muốn tái hiện và lưu trữ dữ liệu rồi chuyển sang bộ xử lý tín hiệu từ đó tái hiện lại hình ảnh của bề mặt đó. Độ phân giải của hệ thống càng cao ta sẽ thu được hình ảnh càng rõ nét và có thể so sánh với ảnh chụp từ *camera*.

Một ưu điểm của hệ thống *mapping radar* này so với *camera* đó là có thể thu thập dữ liệu bất kể ngày và đêm và không bị ảnh hưởng bởi mây, mù hay thời tiết.

Ngược lại đối với công nghệ phòng thủ, một hệ thống ISAR (Inverse Synthetic Aperture Radar) được sử dụng theo cách ngược lại, trong trường hợp này radar sẽ đứng yên và tái hiện lại hình ảnh của vật thể di chuyển khi vật thể này di chuyển ngang qua búp sóng anten của hệ thống.

Điểm khác nhau chính yếu nằm ở việc hoặc radar di chuyển hoặc vật thể chuyển động. Đối với hệ thống SAR thì radar sẽ di chuyển động còn vật thể cần xác định sẽ đứng yên, trong khi đó đối với hệ thống ISAR thì radar sẽ đứng yên và vật thể sẽ chuyển động. Một điểm chung dễ nhận thấy đó là cả hai hệ thống đều sử dụng cùng một nguyên lý hoạt động đó là dựa vào chuyển động tương đối của radar và vật thể từ đó tái hiện lại hình ảnh vật thể đó.



Hình 2.15: Mô hình Synthetic Aperture Radar

### 2.3.4 Simple Pulse Radar

Hệ thống radar phát xung (Pulse Radar) không sử dụng sóng mang liên tục như 3 loại radar đã đề cập ở trên, thay vào đó tín hiệu phát từ radar này ở dạng xung theo một chu kỳ xác định.

Đối với hệ thống radar phát xung những thông số tín hiệu cần được quan tâm đó là:

- Sóng mang liên tục - CF (Continuous Frequency)
- Độ rộng xung - PW (Pulse Width)
- Dạng điều chế (Modulation)
- Tần số lặp lại xung - PRF (Pulse Repetition Frequency), với  $PRF = \frac{1}{PRP}$   
Trong đó PRP: Chu kỳ lặp lại xung (Pulse Repetition Period) (Hình 2.16)

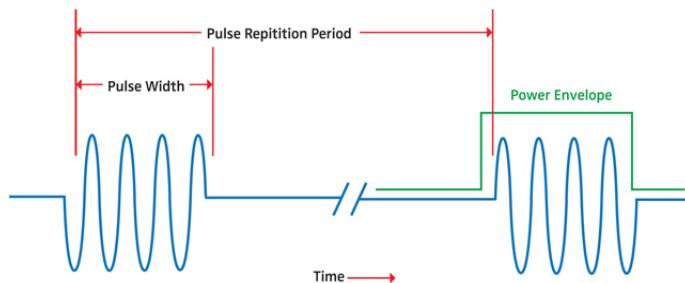
Trong đó thông số PRF là thông số quyết định đến mức độ rõ ràng (unambiguous) về thông tin nhận được (vận tốc hoặc khoảng cách) (Bảng 2.1). Do đó cần có sự chọn lựa PRF phù hợp với mục đích và yêu cầu của radar. [5]

Khoảng cách vật thể được xác định nhờ vào thời gian trễ giữa xung nhận về và xung đã phát đi trước đó. Ta thấy rằng, độ rộng xung phát đi càng hẹp, sự chính xác trong việc tính toán thời gian trễ giữa tín hiệu phát và thu càng chính xác nhờ đó thông tin về khoảng cách của vật thể càng chính xác hơn. Do đó, độ rộng xung của tín hiệu sẽ quyết định độ phân giải khoảng cách của vật thể. Thông thường radar này được ứng dụng trong các hệ thống radar giám sát biển, xác định khoảng cách và radar thời tiết.

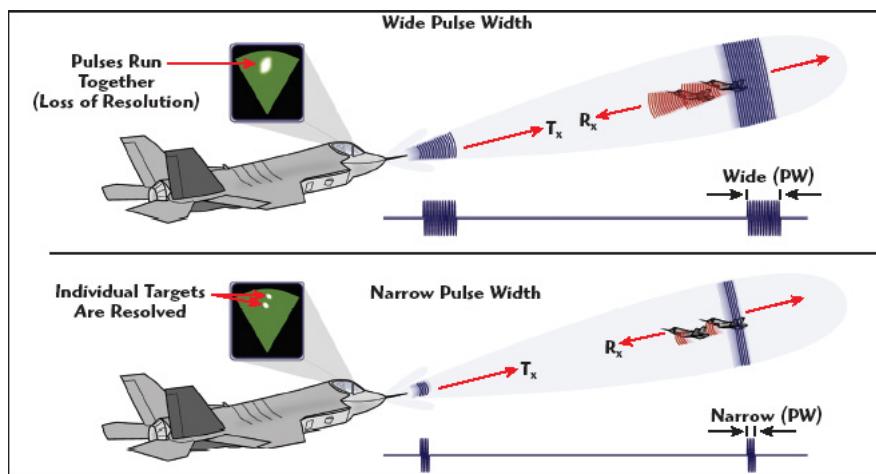
## 2. GIỚI THIỆU TỔNG QUAN VỀ CÁC HỆ THỐNG RADAR

PRF	Độ rõ ràng về khoảng cách	Độ rõ ràng về vận tốc
PRF thấp	Có	Không
PRF trung bình	Không	Không
PRF cao	Không	Có

Bảng 2.1: Mối liên hệ giữa PRF và khả năng làm việc của radar phát xung (Bảng 3.1, [5])



Hình 2.16: Dạng xung phát ra từ Pulse Radar



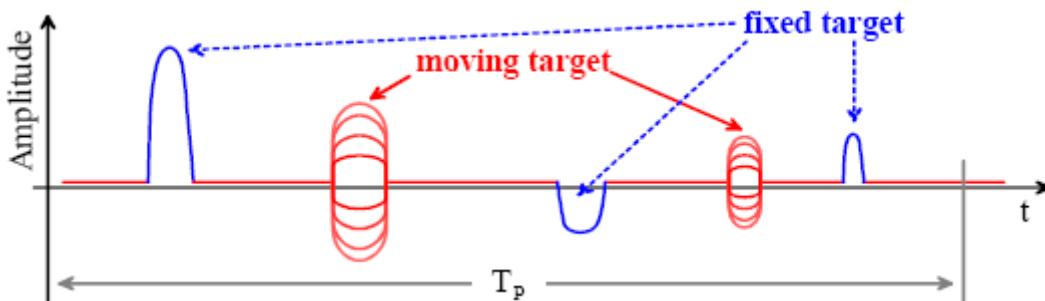
Hình 2.17: Mô hình radar phát xung và độ phân giải tương ứng với độ rộng xung

Từ ý tưởng về radar phát xung đơn giản, người ta đã phát triển thêm 2 loại radar phát xung khác đó là Pulse Doppler radar và MTI radar với khả năng xác định không chỉ khoảng cách mà còn cả vận tốc của vật thể được ứng dụng rất nhiều trong thực tế.

### 2.3.5 Moving - Target Indication (MTI) Radar

Ý tưởng xây dựng hệ thống MTI radar đó là một hệ thống có khả năng phân biệt được các vật thể chuyển động với vận tốc cao như máy bay hoặc tên lửa so với các vật thể khác có tốc độ chậm hoặc không di chuyển như các tòa nhà, ngọn núi, mây,... Nhờ đó, MTI radar thường được dùng trong các trạm quan sát các vật thể bay ở mặt đất hoặc trong các hệ thống giám sát, phòng thủ trong quân đội.

Hoạt động tương tự như một hệ thống pulse radar, tuy nhiên hệ thống sử dụng tín hiệu xung với hệ số PRF thấp, từ đó cho ta thông tin về khoảng cách vật thể một cách chính xác trong khi thông tin về vận tốc vật thể nhận được khá mơ hồ. Chính vì vậy, đối với những vật thể đứng yên hoặc chuyển động rất chậm, tín hiệu nhận về ít có sự thay đổi về mặt biên độ trong khi đối với những vật thể có vận tốc chuyển động lớn cho ta sự thay đổi về biên độ của tín hiệu nhận về từ đó giúp phân biệt được các vật thể khác nhau.



Hình 2.18: Tín hiệu nhận về từ MTI radar đối với vật thể chuyển động và không chuyển động

(Hình 7, trang 15, [6])

### 2.3.6 Pulse Doppler Radar

Tương tự như hệ thống MTI, hệ thống Pulse Doppler radar cũng hoạt động dựa trên hiệu ứng Doppler để xác định vận tốc vật thể. Tuy nhiên, hệ thống này hoạt động với thông số PRF cao hơn so với hệ thống MTI.

Hệ thống *Pulse Doppler radar* thường sử dụng hệ thống PRF ở mức trung bình và cao, trong đó hệ thống hoạt động với thông số PRF cao sẽ cho ta thông tin rõ ràng về vận tốc, nhưng khá mơ hồ về thông tin khoảng cách vật thể, đối với hệ thống hoạt động với thông số PRF trung bình cho ta thông tin về khoảng cách cũng như vận tốc vật thể một cách không rõ ràng.

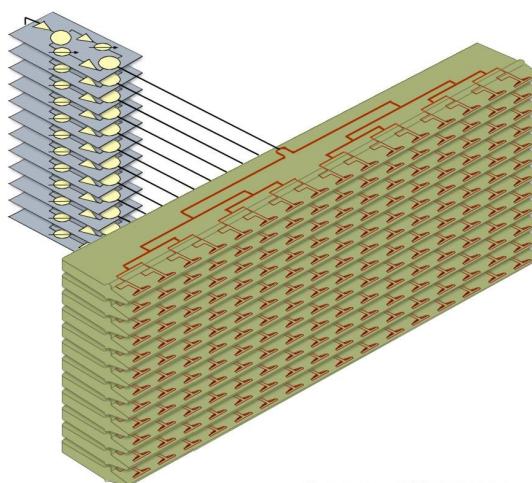
### 2.3.7 Radar sử dụng mảng anten (Phased - Array Radar)

Đối với những hệ thống radar vừa đề cập, anten sử dụng trong hệ thống thường được đặt cố định với một hướng bức xạ xác định. Thông thường, độ rộng búp sóng của anten sử dụng trong radar khá hẹp nhằm tăng tính chính xác trong việc xác định vật thể. Tuy nhiên, điều đó gây khó khăn cho radar trong việc quan sát các vùng rộng lớn, do vậy ngày xưa người ta thường thiết kế hệ thống anten có thể xoay được nhờ đó giúp radar có thể hoạt động ở vùng không gian rộng hơn. Việc thiết kế anten xoay dựa vào cơ học khiến cho hệ thống radar hoạt động với độ trễ rất cao (do dùng *motor* để xoay anten) có thể dẫn đến việc mất thông tin và hệ thống trở nên cồng kềnh hơn.

Ngày nay, với sự ra đời của hệ thống mảng anten (Hình 2.19) - bản chất là hệ thống anten được ghép nối từ nhiều anten nhỏ, đơn giản theo cấu trúc 2 chiều hoặc 3 chiều - người ta có thể tạo ra hệ thống radar hoạt động theo mọi hướng mặc dù anten vẫn được đặt cố định.

Tùy thuộc vào sự lệch pha của dòng điện đặt vào mỗi anten, ta thay đổi được hướng bức xạ của hệ thống anten nhờ đó giúp thay đổi được hướng của búp sóng anten mà không cần phải xoay anten. Lợi thế của mảng anten đó là có thể giúp thay đổi hướng của búp sóng anten mặc dù anten vẫn được giữ cố định nhờ đó làm giảm sự cồng kềnh so với hệ thống anten xoay. Ngoài ra, tốc độ thay đổi hướng của búp sóng anten trong hệ thống dùng mảng anten có thể đạt được rất cao, do vậy hạn chế được sự mất tín hiệu do độ trễ cơ học gây ra.

Tuy nhiên, việc thiết kế hệ thống mảng anten mất chi phí rất lớn, do vậy hệ thống *Phased Array Radar* thường được sử cho các mục đích quân sự hoặc các ứng dụng trong vệ tinh.



Hình 2.19: Hệ thống mảng anten



Hình 2.20: Hệ thống radar sử dụng mảng anten

### 2.4 Ứng dụng của Radar

#### 2.4.1 Ứng dụng trong quân sự

Radar đầu tiên được thiết kế và chế tạo vào những năm 1930 nhằm mục đích chống lại các máy bay ném bom của các bên tham chiến. Do vậy, vai trò của radar đối với việc phòng thủ trong chiến tranh là vô cùng quan trọng. Trong các trận giao tranh, radar được sử dụng như một thiết bị theo dõi các vật thể trên bầu trời như máy bay chiến đấu, trực thăng, tên lửa và các vật thể bay không xác định khác. Ngoài ra, radar còn được sử dụng để điều khiển các vũ khí đánh chặn, súng cối, đại bác hoặc tên lửa.

#### 2.4.2 Viễn thám môi trường

Ứng dụng chủ yếu của các loại radar viễn thám đó là quan sát và theo dõi tình hình thời tiết, từ đó đưa ra những dự đoán để đánh giá về diễn biến của các loại thời tiết như mưa, bão,... Ngoài ra, radar viễn thám còn được sử dụng trên các loại máy bay nhằm xác định độ cao của máy bay so với mực nước biển hoặc các loại radar tái hiện hình ảnh mặt đất được sử dụng trên máy bay hoặc vệ tinh.

#### 2.4.3 Điều khiển không lưu

Ta biết rằng, tai nạn trong hàng không luôn gây thiệt hại rất lớn về con người. Do vậy, an toàn là một vấn đề quan trọng hàng đầu đối với vận chuyển không lưu hiện nay. Các máy bay dân dụng luôn được trang bị hệ thống radar giúp phi cơ kiểm soát được đường bay, quan sát và theo dõi các máy bay lân cận khác cũng như cung cấp thông tin về thời tiết giúp định hướng đường bay phù hợp cho máy bay nhằm hạn chế những rủi ro có thể xảy ra.

### 2.4.4 Ứng dụng khác

Radar còn được sử dụng trong các trạm quan sát đại dương với vai trò điều hướng cho các loại tàu biển cũng như tìm kiếm cứu nạn đối với các loại tàu, thuyền gặp sự cố trên biển.Ngoài ra, radar còn được sử dụng để khảo sát bề mặt của các hành tinh lân cận Trái đất trong hệ mặt trời chẳng hạn như sao Kim. Bên cạnh đó, radar còn được ứng dụng trong các lĩnh vực dân sự như thiết bị kiểm tra tốc độ của phương tiện giao thông - một ứng dụng của *CW Radar* - hoặc được ứng dụng trong sinh học với việc khảo sát sự di chuyển của các loại chim hoặc côn trùng,...

## 2.5 Kết luận chương

Tổng quan về một hệ thống radar đã được trình bày trong chương 2 giúp người thiết kế có một cái nhìn khát quát về cấu tạo, chức năng cũng như ứng dụng của các loại radar trên thực tế. Những thông tin được đưa ra ở chương 2 sẽ là nền tảng cơ bản qua đó giúp người thiết kế đưa ra những quyết định phù hợp để xây dựng và hiện thực hóa một hệ thống radar. Trong phần tiếp theo, chúng ta sẽ cùng phân tích yêu cầu và mục đích đối với hệ thống radar cần thiết kể từ đó có những chọn lựa phù hợp trong việc xây dựng một hệ thống radar dựa trên những kiến thức được cung cấp ở chương 2.

# Chương 3

## Phân tích đề tài

Ở chương trước, chúng ta đã được tìm hiểu về nguyên lý hoạt động, những bộ phận và những đặc trưng cơ bản của một hệ thống radar cũng như những ứng dụng thực tế mà nó mang lại đối với cuộc sống của chúng ta. Từ đó, tạo nên cảm hứng và hình thành nên ý tưởng thực hiện một hệ thống radar trên thực tế, đó cũng chính là lý do thực hiện đồ án này. Trong chương này, chúng ta sẽ xem xét và phân tích các vấn đề từ đó tính toán và đưa ra những lựa chọn hợp lý trước khi bắt đầu quá trình thiết kế.

### 3.1 Mục đích và yêu cầu thiết kế

Việc đưa một ý tưởng trở thành một sản phẩm trên thực tế luôn đòi hỏi người thiết kế hệ thống phải có những suy tính, tính toán và có những bước chuẩn bị thật chu đáo để hạn chế tối đa những sai lầm có thể mắc phải trong quá trình thiết kế. Để đạt được điều đó, người thiết kế phải nắm rõ mục đích thiết kế để làm gì và những yêu cầu như thế nào đối với hệ thống cần thiết kế, từ đó đưa ra những sự lựa chọn hợp lý và tối ưu cho hệ thống của mình.

#### 3.1.1 Mục đích thiết kế

Như đã trình bày ở phần trước, mục đích của đồ án này là hiện thực hóa một hệ thống radar trên thực tế với những tính năng cơ bản nhất như xác định vận tốc và sự thay đổi khoảng cách của vật thể chuyển động cùng với đó là kích thước nhỏ gọn nhờ ứng dụng Radar IC BGT24MTR12. Từ đó, kiểm chứng lại những lý thuyết đã được đưa ra ở chương 2 cũng như củng cố và học hỏi thêm nhiều kiến thức thông qua quá trình thực hiện hệ thống radar này.

#### 3.1.2 Yêu cầu thiết kế

Yêu cầu được đưa ra đối với hệ thống radar này:

**Thứ nhất:** Radar phải thực hiện được các chức năng đã trình bày ở phần 3.1.1.

**Thứ hai:** Radar có khả năng xử lý dữ liệu thời gian thực (realtime) ở hai chế độ: Đo vận tốc (Doppler) và đo khoảng cách (Ranging) với độ chính xác khoảng 90% so với dữ liệu thực tế.

**Thứ ba:** Tầm hoạt động của hệ thống radar này được yêu cầu thiết kế trong khoảng dưới 50 m (tầm ngắn), chi phí xây dựng thấp, cấu trúc đơn giản, băng thông  $200 \div 300$  [MHz].

**Thứ tư:** Hệ thống cần được thiết kế để hoạt động trong dãy tần cho phép của ITU đối với Việt Nam cụ thể là băng tần ISM - 2.4 GHz.

## 3.2 Frequency Modulated Continuous Wave (FMCW) Radar

Ở chương 2 như đã nêu, ta thấy rằng nguyên lý cơ bản của một hệ thống CW radar đó là tần số dịch chuyển Doppler của vật thể chuyển động được dùng để xác định chuyển động cũng như vận tốc tương đối của vật thể đó so với radar. Mặt khác, về cơ bản một trong những chức năng chính của một hệ thống radar đó là xác định khoảng cách vật thể, tuy nhiên đối với hệ thống CW radar ta chỉ xác định được khoảng cách nếu vật thể cách radar một khoảng nhỏ hơn giá trị một nửa bước sóng ( $\lambda/2$ ), khi đó sự chênh lệch về pha của tín hiệu ( $0 \div \pi$ ) sẽ cho ta giá trị chính xác của khoảng cách. Đối với những khoảng cách xa ( $R \gg \lambda/2$ ), ta không thể xác định được khoảng thời gian từ lúc tín hiệu phát đi đến khi tín hiệu đó được nhận về từ anten thu, do đó ta không thể xác định được khoảng cách vật thể. Lý do đó là ta không thể phân biệt được từng phần của một tín hiệu liên tục.

Có hai giải pháp được đưa ra để giải quyết vấn đề trên đó là:

**Giải pháp 1:** Sử dụng tín hiệu xung Đối với hệ thống radar phát xung, tín hiệu được sử dụng là tín hiệu dạng xung được phát ra trong một khoảng PW (pulse width) nhất định và tồn tại một khoảng thời gian mà tại đó không có tín hiệu được phát ra cho đến hết chu kỳ. Nhờ đó, giúp ta phân biệt được thời điểm phát xung và thời điểm nhận được xung đã phát đó, qua đó tính toán được thời gian trễ của tín hiệu cũng như khoảng cách vật thể.

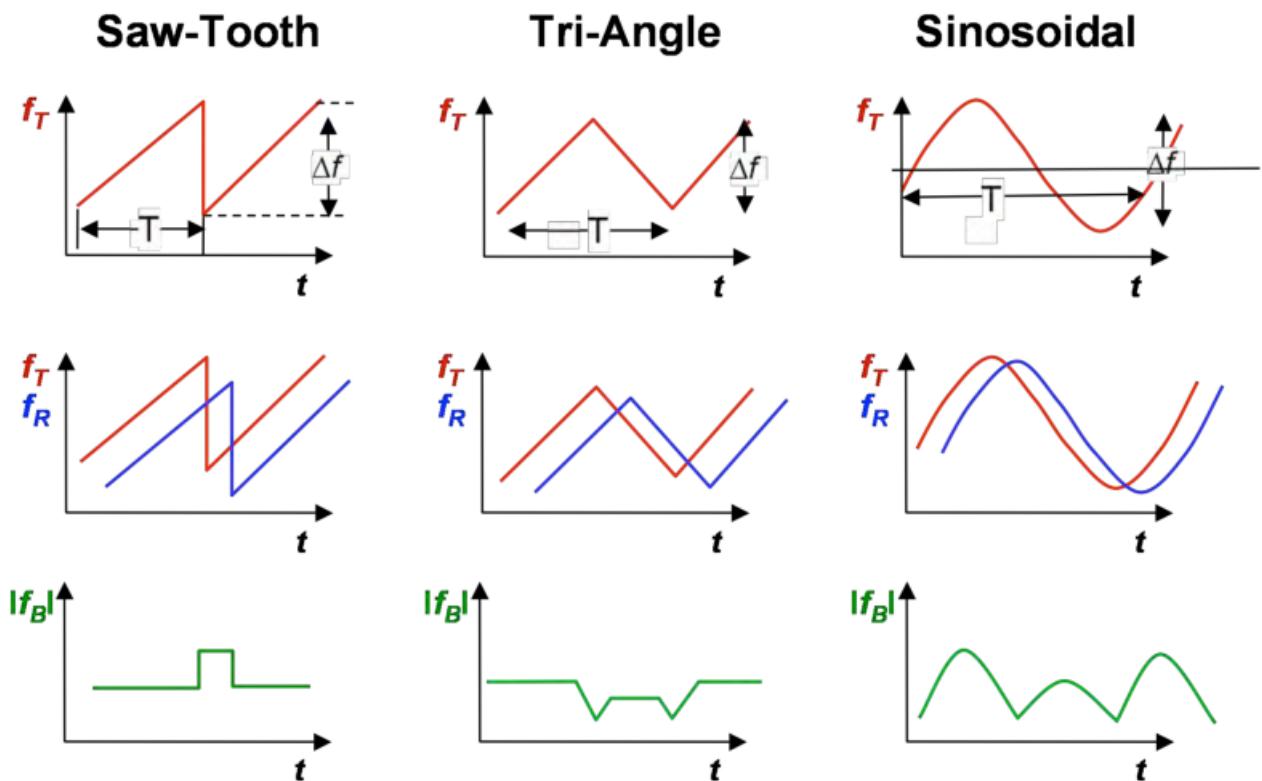
**Giải pháp 2:** Sử dụng điều chế tần số (FM) cho tín hiệu phát. Tín hiệu phát sẽ được thay đổi tần số một cách liên tục trong một chu kỳ. Từ đó, sự sai biệt giữa tần số của tín hiệu thu so với tín hiệu phát sẽ cho ta thông tin về thời gian trễ nhờ đó ta tính được

khoảng cách vật thể. Sự thay đổi tần số của tín hiệu phát trong một khoảng thời gian càng lớn, sự chính xác trong việc xác định khoảng cách vật thể càng cao. Hệ thống radar hoạt động dựa theo nguyên lý vừa đề cập được gọi là FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave) radar.

Đối với mỗi hệ thống được nêu ra ở trên, hệ thống nào cũng có ưu và nhược điểm của nó. Tuy nhiên, với những ưu điểm về: chí phí xây dựng thấp, cấu trúc hệ thống khá đơn giản, có thể xác định khoảng cách của các vật thể gần radar (near zero),... hệ thống FMCW radar là một lựa chọn tối ưu cho việc thiết kế một hệ thống radar thỏa mãn những yêu cầu đã đặt ra. Đó cũng chính là lý do trong phần này chúng ta chỉ tập nghiên cứu về cấu trúc hệ thống, các phương pháp xử lý tín hiệu cũng như tầm hoạt động của hệ thống FMCW radar.

#### 3.2.0.1 Cấu trúc của một hệ thống FMCW Radar

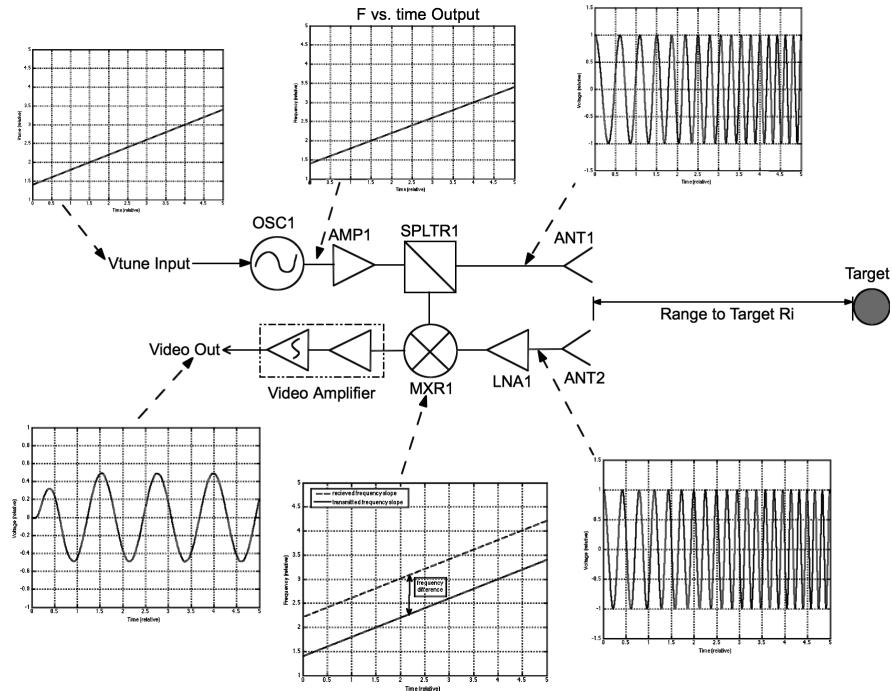
Có 3 loại điều chế tần số được minh họa ở hình 3.1



Hình 3.1: Các dạng điều chế trong hệ thống FMCW radar  
(Hình 7.7, trang 45, [7])

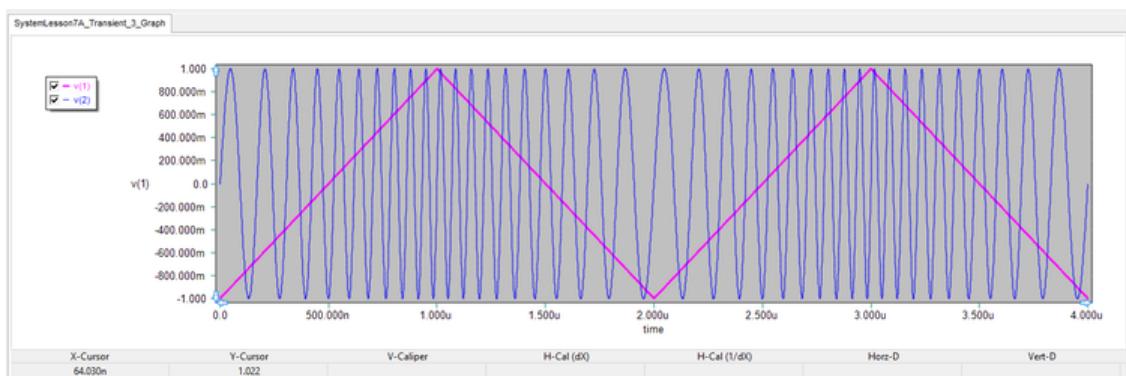
Tuy nhiên, trong phần này chúng ta chỉ tập trung nghiên cứu về hệ thống FMCW được điều chế dưới dạng xung tam giác (Tri-Angle) (Hình 3.2).

### 3. PHÂN TÍCH ĐỀ TÀI



Hình 3.2: Sơ đồ khái niệm hệ thống FMCW radar đơn giản  
(Hình 3.1, trang 70, [3])

Nhìn vào hình 3.2 ta thấy, OSC1 là một bộ VCO với tần số tín hiệu ngõ ra được điều khiển bởi điện áp DC tại chân Vtune. Như vậy, một bộ điều chế sẽ được dùng để tạo ra dạng sóng tam giác đặt vào chân Vtune của OSC1. Từ đó tín hiệu dạng sin tại ngõ ra của bộ OSC1 cũng thay đổi tần số tương ứng (Hình 3.3).



Hình 3.3: Điều chế xung tam giác và dạng sóng ngõ ra tương ứng

Cấu trúc và cách thức hoạt động của hệ thống radar này hoàn toàn giống như hệ thống CW radar đã được trình bày trước đó. Điểm khác biệt duy nhất đó là đối với hệ thống CW radar, giá trị điện áp tại Vtune được giữ cố định - hằng số - do vậy, tín hiệu phát tại anten là tín hiệu dạng sine liên tục với một tần số. Đối với hệ thống FMCW radar, tần số được thay đổi liên tục theo một chu kỳ và tuân theo quy tắc điều chế dạng xung tam giác (Hình 3.3). Từ đó tín hiệu cũng được bức xạ ra không gian tự do nhờ anten

### 3. PHÂN TÍCH ĐỀ TÀI

phát sau đó được thu nhận lại tại anten thu khi có vật thể và được trộn với tín hiệu phát tại bộ trộn tần (MXR1). Tương tự, tín hiệu tại ngõ ra bộ trộn tần cũng được đưa qua bộ Video Amplifier để lọc và khuếch trước khi được số hóa và xử lý tín hiệu.

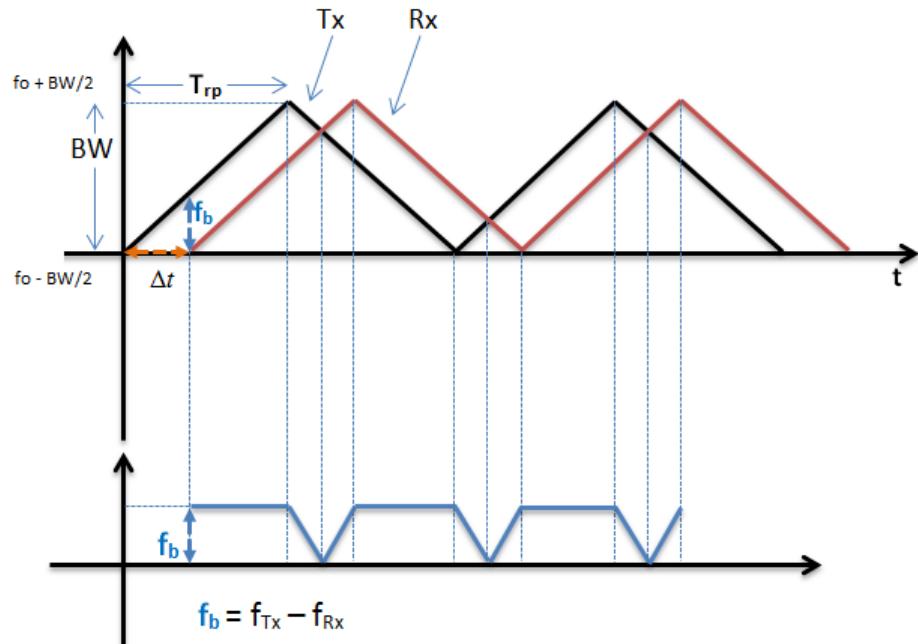
Tùy theo mức độ chuyển động hoặc không chuyển động của vật thể nằm trong tầm hoạt động của radar mà tín hiệu nhận được tại ngõ ra của bộ Video Amplifier sẽ khác nhau.

Trong phần tiếp theo chúng ta sẽ cùng tìm hiểu về các đặc trưng về thông tin tín hiệu cũng như phương trình tính toán cho các loại thông tin đó tương ứng với các loại vật thể khác nhau vừa được đề cập.

#### 3.2.0.2 FMCW Radar

Đối tượng của hệ thống FMCW radar được chia làm 2 loại: vật thể chuyển động hoặc vật thể không chuyển động. Đối với vật thể chuyển động, ta có vật thể chuyển động lại gần radar hoặc vật thể chuyển động ra xa radar. Sau đây ta sẽ xem xét các thông tin nhận được từ các loại vật thể vừa được đề cập, từ đó đưa ra phương trình tính toán cho các loại vật thể tương ứng.

##### Vật thể không chuyển động (No Doppler)



Hình 3.4: Trường hợp vật thể không chuyển động

Đối với trường hợp vật thể không chuyển động, tín hiệu thu chỉ chứa thông tin về khoảng cách vật thể.

### 3. PHÂN TÍCH ĐỀ TÀI

---

Gọi  $R$  là khoảng cách của vật thể so với radar, ta có:

$$R = c \frac{\Delta t}{2}, v\delta i \quad (3.1)$$

$\Delta t$ : Thời gian trễ giữa tín hiệu thu so với tín hiệu phát [s].

$c$ : vận tốc ánh sáng trong chân không [m/s].

Ta lại có:

$$\frac{f_b}{\Delta t} = \frac{BW}{T_{rp}}, v\delta i \quad (3.2)$$

$f_b = f_{Tx} - f_{Rx}$  [Hz].

BW: Băng thông của tín hiệu điều chế [Hz].

$T_{rp}$ : Nửa chu kỳ xung tam giác [s].

Từ 3.1 và 3.2, suy ra:

$$R = \frac{cT_{rp}}{2BW} f_b \quad (3.3)$$

**Vật thể chuyển động (Low Doppler -  $f_d < f_b$ )** : Đối với trường hợp vật thể chuyển động, thông tin nhận về từ tín hiệu thu sẽ bao gồm tần số  $f_b$  đặc trưng cho khoảng cách và tần số  $f_d$  đặc trưng vận tốc chuyển động của vật thể đó.

Phân tích hình 3.5 và 3.6 ta được bảng 3.1.

	Độ dốc hướng lên	Độ dốc hướng xuống
Di chuyển lại gần	$f_b = f_b^+ = f_b - f_d = \frac{2R.BW}{cT_{rp}} - f_d$	$f_b = f_b^- = f_b + f_d = \frac{2R.BW}{cT_{rp}} + f_d$
Di chuyển ra xa	$f_b = f_b^+ = f_b + f_d = \frac{2R.BW}{cT_{rp}} + f_d$	$f_b = f_b^- = f_b - f_d = \frac{2R.BW}{cT_{rp}} - f_d$

Bảng 3.1: Bảng phân tích kết quả đối với trường hợp vật thể chuyển động - Low Doppler

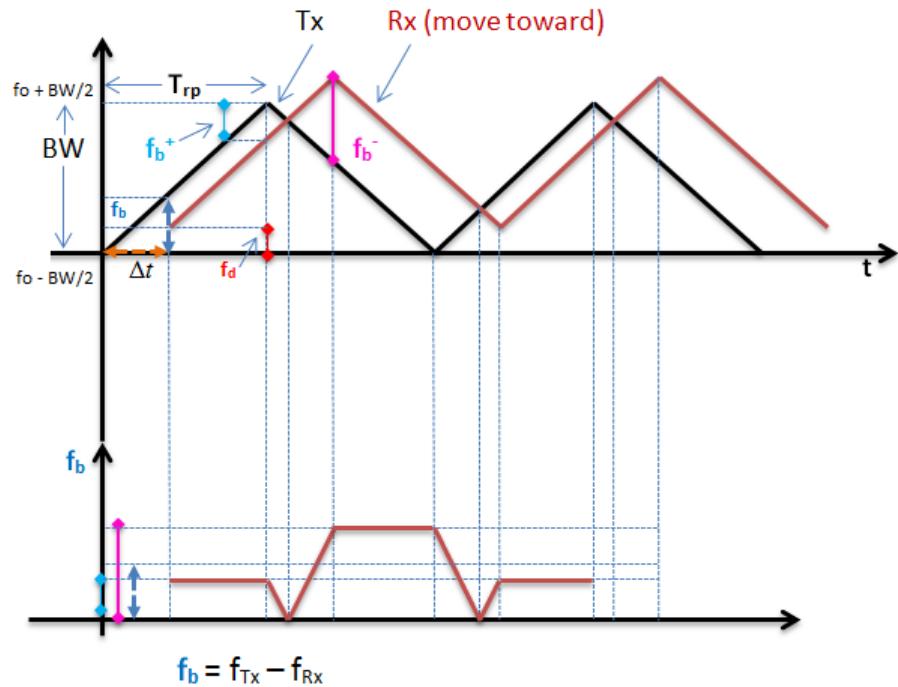
Từ kết quả bảng 3.1 ta thấy rằng, đối với cả hai trường hợp chuyển động lại gần hoặc ra xa radar ta đều có kết quả như sau:

$$f_b = \frac{f_b^+ + f_b^-}{2}$$

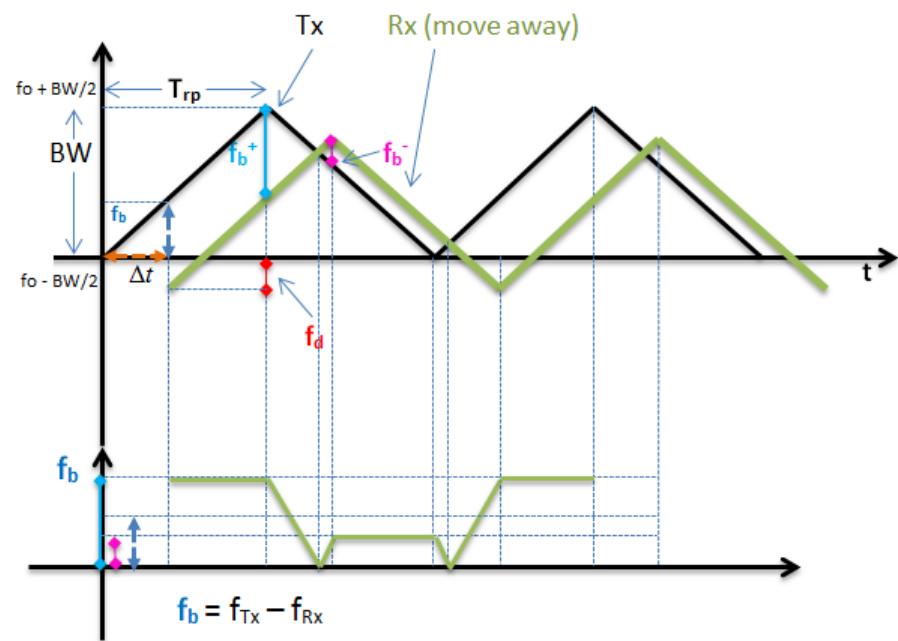
$$f_d = \frac{f_b^+ - f_b^-}{2}$$

$$\langle f_b \rangle = \frac{2R.BW}{cT_{rp}}$$

### 3. PHÂN TÍCH ĐỀ TÀI



Hình 3.5: Trường hợp vật thể chuyển động lại gần radar với  $f_d < f_b$



Hình 3.6: Trường hợp vật thể chuyển động ra xa radar với  $f_d < f_b$

### 3. PHÂN TÍCH ĐỀ TÀI

Ta có:

$$v = \frac{c}{2f_o} f_d$$

Từ đó suy ra:

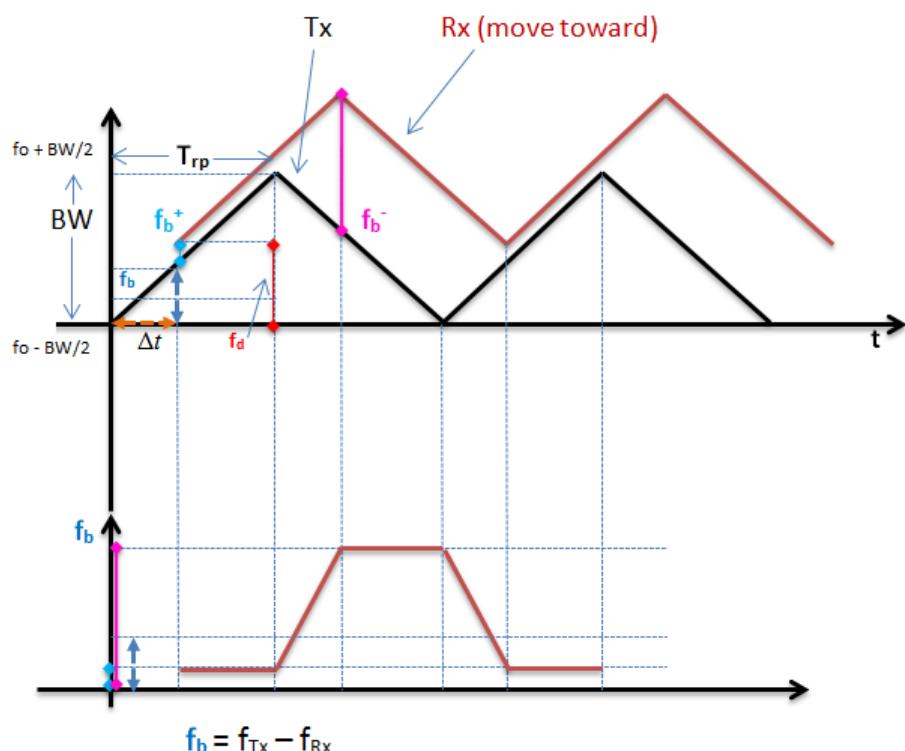
$$R = \frac{cT_{rp}}{2BW} \langle f_b \rangle \quad (3.4)$$

$$v = \frac{c}{2f_o} \frac{(f_b^+ - f_b^-)}{2} \quad (3.5)$$

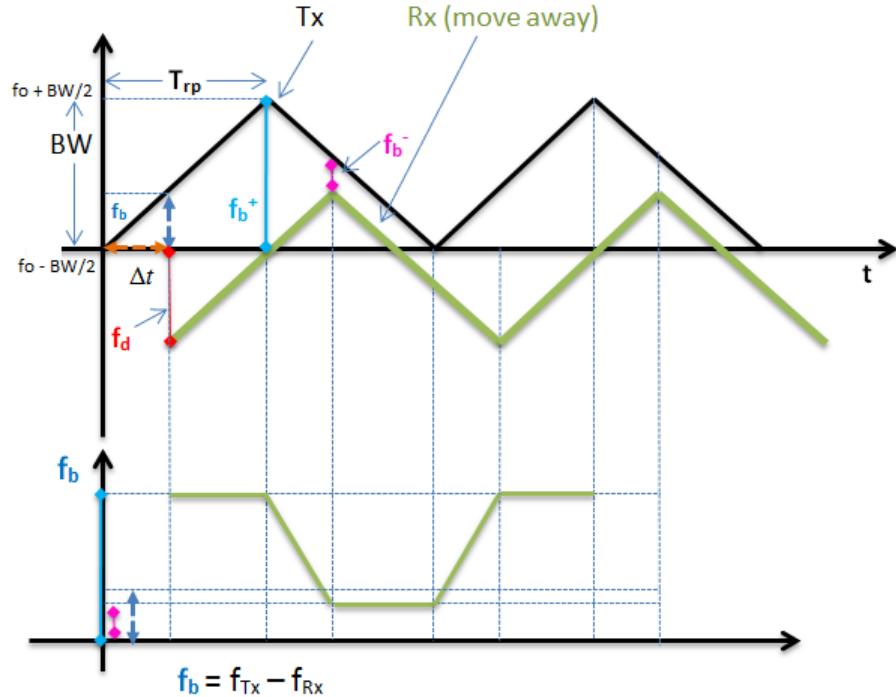
**Vật thể chuyển động (High Doppler -  $f_d > f_b$ )** Tương tự phần trên, kết quả phân tích được trình bày trong bảng 3.2

	Độ dốc hướng lên	Độ dốc hướng xuống
Di chuyển lại gần	$f_b = f_b^+ = f_d - f_b = f_d - \frac{2R.BW}{cT_{rp}}$	$f_b = f_b^- = f_d + f_b = f_d + \frac{2R.BW}{cT_{rp}}$
Di chuyển ra xa	$f_b = f_b^+ = f_d + f_b = f_d + \frac{2R.BW}{cT_{rp}}$	$f_b = f_b^- = f_d - f_b = f_d - \frac{2R.BW}{cT_{rp}}$

Bảng 3.2: Bảng phân tích kết quả đối với trường hợp vật thể chuyển động - High Doppler



Hình 3.7: Trường hợp vật thể chuyển động lai gần radar với  $f_d > f_b$



Hình 3.8: Trường hợp vật thể chuyển động ra xa radar với  $f_d > f_b$

Từ kết quả bảng 3.2 ta thấy rằng, đối với cả hai trường hợp chuyển động lại gần hoặc ra xa radar ta đều có kết quả như sau:

$$f_b = \frac{f_b^+ - f_b^-}{2}$$

$$f_d = \frac{f_b^+ + f_b^-}{2}$$

$$\langle f_b \rangle = \frac{2R \cdot BW}{cT_{rp}}$$

Ta có:

$$v = \frac{c}{2f_o} f_d$$

Từ đó suy ra:

$$R = \frac{cT_{rp}}{2BW} \langle f_b \rangle \quad (3.6)$$

$$v = \frac{c}{2f_o} \frac{(f_b^+ + f_b^-)}{2} \quad (3.7)$$

**Tóm lại:**

- Trường hợp vật thể đứng yên: Không tồn tại sai số do hiệu ứng Doppler gây ra, sai

số của phép đo chỉ phụ thuộc vào sai số nội tại của hệ thống.

- Trường hợp vật thể chuyển động: Sai số phép đo không chỉ phụ thuộc vào sai số nội tại của hệ thống mà còn phụ thuộc vào sai số do vật thể di chuyển gây ra ( $f_d$ ). Tuy nhiên, đối với trường hợp vật thể di chuyển rất chậm, sai số về phép đo khoảng cách có thể được bỏ qua.

### 3.3 Kết luận chương

Từ mục đích và yêu cầu thiết kế được đặt ra, hệ thống FMCW radar được lựa chọn để phân tích từ đó định hướng cho quá trình thiết kế khối phần cứng radar ở chương 4. Trong phần tiếp theo, quá trình thiết kế khối phần cứng của hệ thống Radar sẽ được trình bày chi tiết.

# Chương 4

## Thiết kế khối phần cứng của hệ thống Radar

Từ những phân tích cho việc hình thành một hệ thống radar, trong phần này chúng ta sẽ cùng đi sâu vào quá trình hiện thực hóa hệ thống radar với những yêu cầu và mục đích đã đặt ra. Mà cụ thể là sẽ thực hiện việc tính toán, thiết kế và thi công khối mạch baseband cho hệ thống RADAR

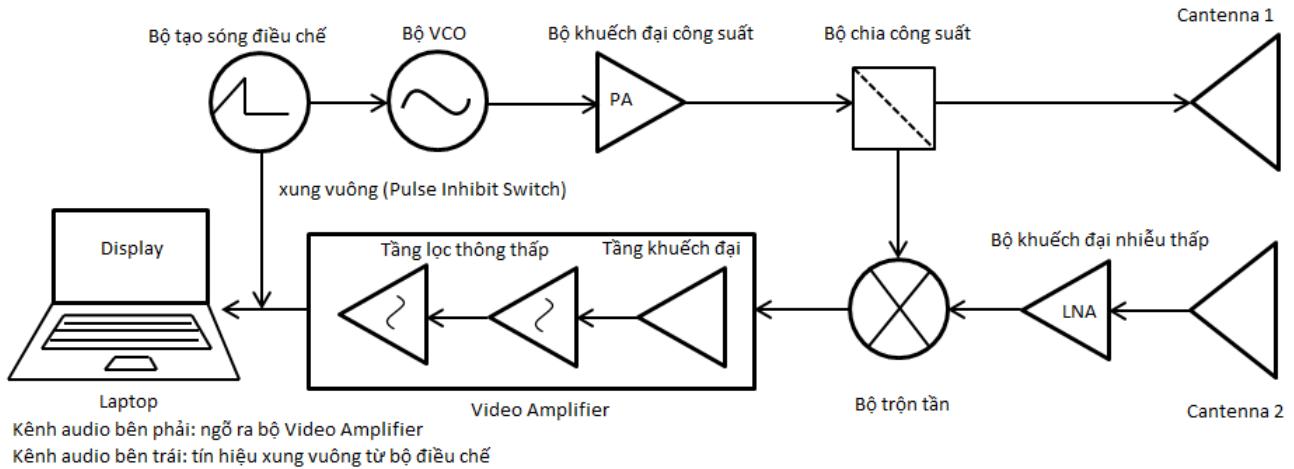
### 4.1 Mô tả chung

Hệ thống radar được thiết kế để hoạt động trong dãy tần ISM - 24 GHz sử dụng radar IC Infineon BGT24MTR12 đảm nhiệm hầu hết chức năng trong sơ đồ khối của FMCW radar như bộ VCO, bộ khuếch đại công suất, bộ chia công suất cũng như bộ trộn tần, đồng thời kết hợp cùng 2 array antenna 4x4 phần tử dùng cho chức năng thu phát xây dựng trên cùng 1 mạch cao tần tới radar IC đã nêu trên. Đồng thời dùng thêm khối mạch với chức năng bộ tạo sóng điều chế và video amplifier kết hợp trên cùng 1 khối mạch gọi là khối mạch baseband

### 4.2 Sơ đồ khối của hệ thống FMCW radar

Đối với hệ thống FMCW radar, cấu tạo và nguyên lý hoạt động hoàn toàn tương tự với hệ thống CW radar, tuy nhiên khác biệt duy nhất nằm ở giá trị điện áp DC đặt vào chân Vtune của bộ VCO được thay đổi liên tục (tuyến tính) theo hàm xung tam giác thay vì là hằng số ở hệ thống CW radar. Hàm xung tam giác sẽ được tạo ra bởi mạch điều chế tín hiệu (Modulator), ngoài ra mạch điều chế còn tạo ra hàm xung vuông cùng tần số với hàm tam giác giúp xác định thời điểm bắt đầu của xung tam giác và còn được

## 4. THIẾT KẾ KHỐI PHẦN CỨNG CỦA HỆ THỐNG RADAR



Hình 4.1: Sơ đồ khái niệm ở chế độ FMCW radar

gọi là "Pulse Inhibit Switch".

### 4.3 Lựa chọn linh kiện, tính toán và mô phỏng

Từ sơ đồ khái niệm cho hệ thống nêu trên, ta sẽ tiến hành thiết kế một hệ thống radar FMCW chia ra làm 2 khối mạch chính bao gồm **khối mạch baseband** và **khối mạch RF**.

Các module được sử dụng trong quá trình thiết kế radar được trình bày trong [Bảng 4.1](#). Trong đó, các module RF trên khối mạch baseband hầu như được đảm nhận bởi radar IC BGT24MTR12 được mua từ nhà cung cấp là Infineon, còn lại 3 module cần phải thiết kế đó là: Khối anten thu và phát cùng với khối mạch baseband đảm nhận chức năng là bộ tạo sóng điều chế sử dụng IC MSP430G2553 của Texas Instrument và bộ video Amplifier. Các linh kiện cụ thể dùng để thiết kế hệ thống sẽ được nêu chi tiết dưới bảng sau. Bảng nêu rõ từng linh kiện đã mua, chủ yếu để thực hiện khối mạch baseband vì hiện khối mạch RF vẫn đang trong quá trình thực hiện do chưa hoàn thành phối hợp trở kháng giữa khối anten thu phát và IC radar BGT24MTR12 cũng như chưa tìm được linh kiện khuếch đại nhiễu thấp ở tần số 24Ghz với mức giá hợp lý.

Trong bảng có một số linh kiện cao tần do không được phân phối ở thị trường Việt Nam nên phải đặt từ nước ngoài về nên có giá khá cao, đồng thời do hạn chế về kĩ thuật cũng như phải thiết kế anten trên cùng một mạch siêu cao tần với radar IC nên không thể thực hiện gia công anten vi dải 24ghz để có thể đo kiểm trước do đó khối thu phát bằng anten vi dải mới chỉ được thực hiện thiết kế và mô phỏng trên phần mềm HFSS chứ chưa được gia công.

Tiếp theo, trong phần này chúng ta sẽ cùng tìm hiểu về quá trình thiết kế các module vừa đề cập.

## 4. THIẾT KẾ KHỐI PHẦN CỨNG CỦA HỆ THỐNG RADAR

Modules	Tên modules	Ghi chú	Chi phí
<b>RADAR IC</b>	BGT24MTR12	Infineon	280.000 VND
<b>IC tạo sóng điều chế</b>	MSP430G2553	Texas Ins	75.000 VND
<b>Instrument Amplifier</b>	INA-827	Texas Ins	89.000 VND
<b>General purpose Amplifier</b>	LMV711MG	Texas Ins	44.000 VND
<b>Linear Voltage Regulator</b>	LM1117	Texas Ins	4.000 VND
<b>12-bit DAC</b>	MCP-4921	Texas Ins	45.000 VND
<b>SMD Capacitor</b>	Tụ dán	Yageo	5.000x10 VND
<b>SMD Resistor</b>	Trở dán	UniOhm	6.000x10 VND
<b>SMD LED</b>	LED dán	Harvatek	1.500x2 VND
<b>SMA Jack</b>	Jack SMA		13.000x4 VND
<b>SMD Tact Switch</b>	Công tắc dán		2.000 VND
<b>USB type B</b>	USB type B		5.000 VND
<b>Variant Resistor</b>	Biến trở 10k		5.000 VND
<b>Male Header</b>	Rào đực		10000 VND
<b>Domino</b>	Domino		5.000 VND
<b>Anten</b>	Microstripline Array Antenna	Tự thiết kế	Chưa gia công
<b>Gia công mạch</b>			190.000 VND
<b>Tổng chi phí</b>	không dùng radar IC		639.000 VND

Bảng 4.1: Danh sách các module cần thiết cho hệ thống radar

### 4.3.1 Anten

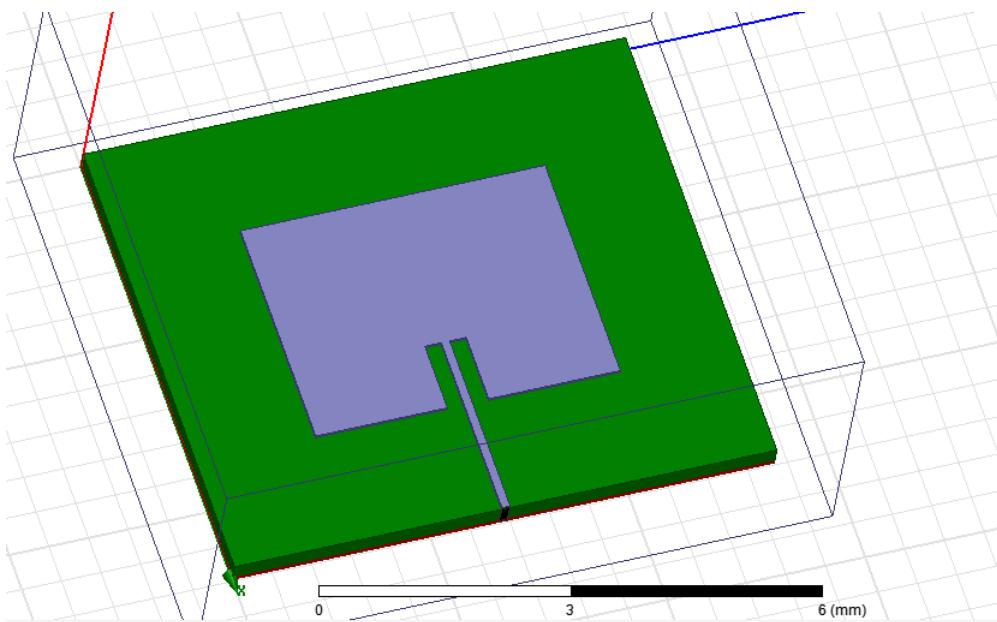
Ở chương 2, chúng ta đã phân tích rõ về đặc điểm cấu tạo cũng như những ưu điểm của các loại anten thường được sử dụng cho radar. Cả anten parabol và horn đều có độ định hướng cao. . Tuy nhiên hệ thống anten horn thu phát dùng cho hệ thống radar 24Ghz khá to và cồng kềnh,còn parabol thì có kích thước lớn và thiết kế phức tạp không thích hợp cho các ứng dụng cần tính nhỏ gọn và cũng không thích hợp để kết hợp với IC radar BGT24MTR12 vốn mang tính nhỏ gọn, thay thế cho các Modules siêu cao tần lớn và đắt đỏ của nhà sản xuất Microchips. Do đó ta sẽ thiết kế một hệ thống thu phát sử dụng mảng anten vi dải với mỗi mảng là sự kết hợp của 16 anten vi dải nhỏ hơn phân bố theo dạng hai chiều 4x4.

**Một số ưu điểm của anten vi dải:**

- Có khối lượng và kích thước nhỏ.
- Chi phí sản xuất thấp, dễ sản xuất hàng loạt
- Có khả năng phân cực tuyếntính với các kỹ thuật cấp nguồn đơn giản.
- Các đường cung cấp và linh kiện phối hợp trở kháng có thể sản xuất đồng thời với việc chế tạo anten
- Tương thích với các thiết bị di động cá nhân, cũng như với các ứng dụng mang tính nhỏ gọn.

#### 4.3.1.1 Phân tích và các thông số thiết kế

Để có thể thiết kế 1 mảng anten vi dải, trước tiên ta phải thiết kế 1 phần tử của mảng trước sau đó sẽ phối hợp và cấp nguồn cho các phần tử bằng những đường vi dải đã được tính toán, dưới đây là các tính toán sử dụng cho việc thiết kế phần tử anten vi dải dạng inset-feed cùng với các đường cấp nguồn phối hợp trở kháng:



Hình 4.2: Hình dạng của phần tử anten vi dải inset-feed

Bảng 4.2 liệt kê những yêu cầu thiết kế của phần tử anten vi dải inset-feed ở tần số 24Ghz và sử dụng vật liệu Roger RO4350B:

Yêu cầu	Thông số
Tần số hoạt động	24Ghz
Hằng số điện môi cửa lớp điện môi( $\epsilon_r$ )	3.66
Độ dày lớp điện môi (h)	0.254mm
Phương thức cấp nguồn	Microstripline
Điện trở vào	50Ω

Bảng 4.2: Những yêu cầu thiết kế của phần tử anten vi dải 24Ghz dạng inset-feed

#### 4.3.1.2 Tính toán các thông số về không gian và bức xạ của anten

Với các yêu cầu được nêu như trên ta tiến hành tính toán các thông số không gian và bức xạ của phần tử anten vi dải.

Một số công thức dùng để tính toán:

**Chiều rộng của Patch W:**

$$W = \frac{1}{2f_r\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}} \sqrt{\frac{2}{\varepsilon_r + 1}} \quad (4.1)$$

**Chiều dài của Patch L:**

$$L = \frac{v_0}{2f_r\sqrt{\varepsilon_{ref}} - 2\Delta L} \quad (4.2)$$

với  $\Delta L$  được tính như sau:

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\varepsilon_{ref} + 0.3)(\frac{W}{h} + 0.264)}{(\varepsilon_{ref} - 0.258)(\frac{W}{h} + 0.8)} \quad (4.3)$$

và hằng số điện môi hiệu dụng được tính như sau:

$$\varepsilon_{ref} = \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2} \left[ 1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (4.4)$$

**Trở kháng ngõ vào của phần tử**

$$R_{edge} = 90 \frac{\varepsilon_r^2}{\varepsilon_r - 1} \left( \frac{L}{W} \right)^2 \quad (4.5)$$

**Điểm cấp tín hiệu cho anten sẽ lấn sâu vào trong anten một khoảng y0 cho bởi:**

$$y_0 = \frac{L}{\pi} \cos^{-1} \sqrt{\frac{50}{R_{in}}} \quad (4.6)$$

Để phối hợp trở kháng thì đường vi dải cấp tín hiệu cho anten tại vị trí y0 cần có bề mặt w0 (độ rộng đường inset feed) cho bởi :

$$Z_c = \frac{120\pi}{\sqrt{\varepsilon_{ref}} \left[ \frac{w_0}{h} + 1.393 + 0.667 \ln \left( \frac{w_0}{h} + 1.444 \right) \right]} = 50\Omega, \frac{W_0}{h} > 1 \quad (4.7)$$

từ đó có thể tính toán ra w0

**Độ định hướng của Anten:**

$$D = D_0 D_{AF} \quad (4.8)$$

$$D_0 = \left( \frac{2\pi W}{\lambda_0} \right) \frac{1}{I_1} \quad (4.9)$$

$$D_{AF} = \frac{2}{1 + g_{12}} = \frac{2}{1 + \frac{G_{12}}{G_1}} \quad (4.10)$$

## 4. THIẾT KẾ KHỐI PHẦN CỨNG CỦA HỆ THỐNG RADAR

---

với:

$$I_1 = \int_0^{\pi} \left[ \frac{\sin\left(\frac{k_0 W}{2} \cos \theta\right)}{\cos \theta} \right]^2 \sin^3 \theta d\theta \quad (4.11)$$

**Hiệu suất bức xạ:**

$$e_r = \frac{P_r}{P_r + P_{sur}} \quad (4.12)$$

$$P_r = 40k_0^2(k_0 h)^2 \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon_r} + \frac{2}{5\varepsilon_r^2} \right) \quad (4.13)$$

$$P_{sur} = 30\pi k_0^2 \frac{\varepsilon_r(x_0^2 - 1)}{\varepsilon_r \left[ \frac{1}{\sqrt{x_0^2 - 1}} + \frac{\sqrt{x_0^2 - 1}}{\varepsilon_r - x_0^2} \right] + k_0 h \left[ 1 + \frac{\varepsilon_r^2(x_0^2 - 1)}{\varepsilon_r - x_0^2} \right]} \quad (4.14)$$

$$x_0 = \frac{1 + ((\varepsilon_r - 1) \times k_0 \times \frac{h}{\varepsilon_r}))^2}{2} \quad (4.15)$$

Bảng liệt kê các thông số đã tính toán theo công thức trên:

Thông số	Kết quả
Chiều rộng W	4.0495mm
Chiều dài L	3.1820mm
Hàng số điện môi hiệu dụng	3.337
$\Delta L$	0.1197mm
Chiều sâu insetfeed lấn vào y0	1.1578mm
Chiều rộng phần insetfeed lấn vào w0	0.5560mm
Độ định hướng	6.1897dB
Hiệu suất bức xạ	86.7973
Độ lợi	5.57dB

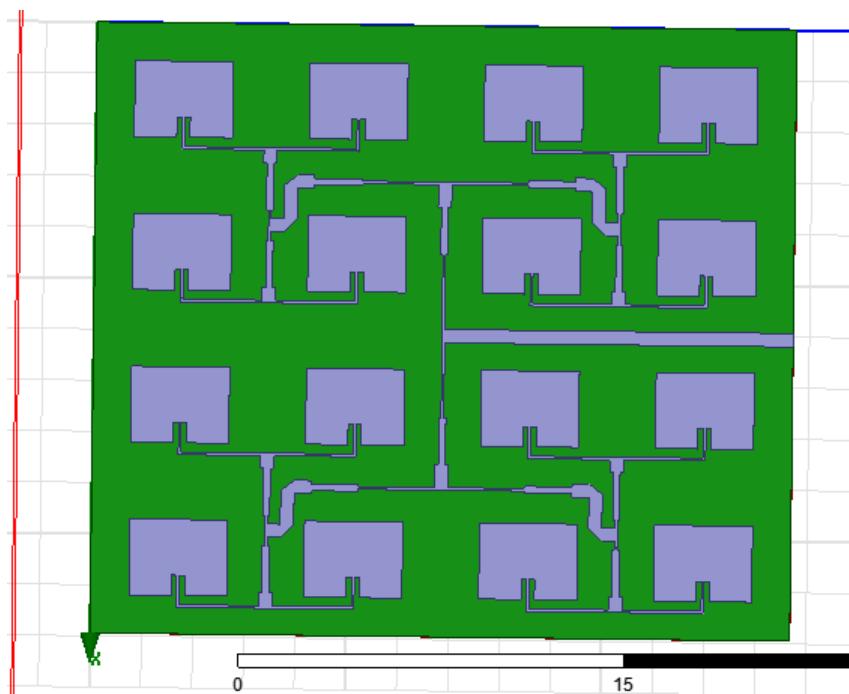
Bảng 4.3: Những yêu cầu thiết kế của phần từ anten vi dải 24Ghz dạng inset-feed

### 4.3.1.3 Mô phỏng

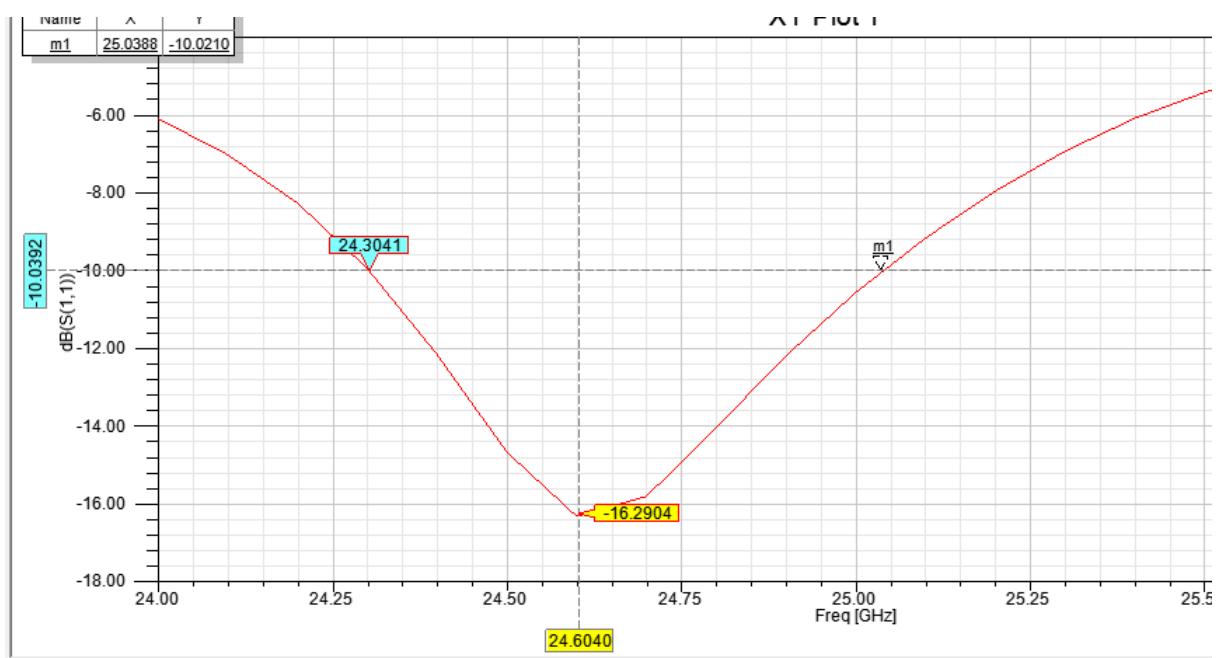
Dựa vào các thông số thiết kế được đưa ra ta tiến hành tiếp tục phối hợp 16 phần tử vừa thiết kế ở trên thành mảng anten vi dải 2 chiều 4x4 và tiến hành mô phỏng trên HFSS  
**Điều kiện thực hiện mô phỏng:**

- Tần số mô phỏng :24Ghz
- Tần số quét :23Ghz-25Ghz
- Cấp nguồn : Lumped Port

#### 4. THIẾT KẾ KHỐI PHẦN CỨNG CỦA HỆ THỐNG RADAR



Hình 4.3: Hình dạng 3D của mảng anten vi dải 16 phần tử 2 chiều 4x4



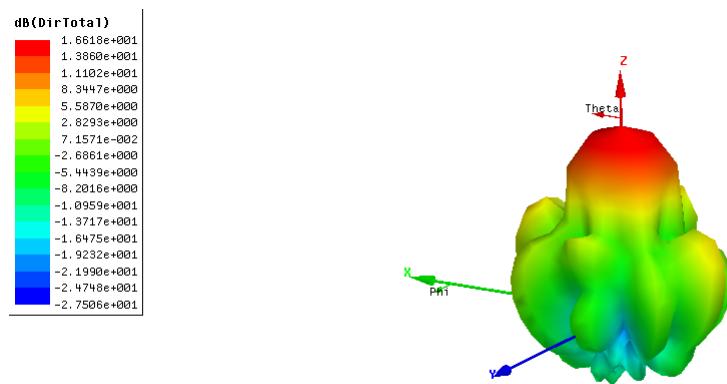
Hình 4.4: Suy hao phản xạ và băng thông anten

#### 4. THIẾT KẾ KHỐI PHẦN CỨNG CỦA HỆ THỐNG RADAR

Quan sát hình 4.4 ta thấy mảng anten vi dải đạt tần số cộng hưởng là 24.6Ghz tại S11=-16.2dB khá tương đương với yêu cầu thiết kế là hệ thống hoạt động trong băng tần K (18Ghz-26.5Ghz).

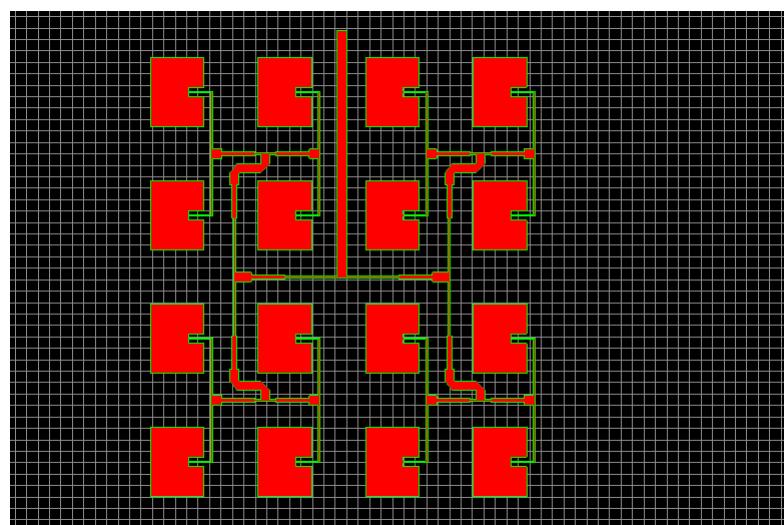
Ngoài ra từ đồ thị S11 ta còn xác định được băng thông của anten. Thông thường băng thông của anten được cho với  $S11 < -10\text{dB}$ .

Băng thông của anten :  $\text{BW} = 25.03 - 24.3 = 0.73\text{Ghz} = 730\text{Mhz}$



Hình 4.5: Độ định hướng của anten

Quan sát hình 4.5 cho ta thấy độ định hướng của anten, Độ định hướng đạt được khá tốt, tương đương với tính toán trước mô phỏng. Búp sóng chính cũng có độ định hướng cao hơn hẳn các búp sóng phụ, đây là một trong những nhược điểm của mảng anten vi dải đánh đổi cho tính nhỏ gọn và dễ thiết kế cũng như việc tăng độ lợi và độ định hướng khi tăng các phần tử lên thì sẽ tạo ra thêm nhiều bước sóng phụ không cần thiết.

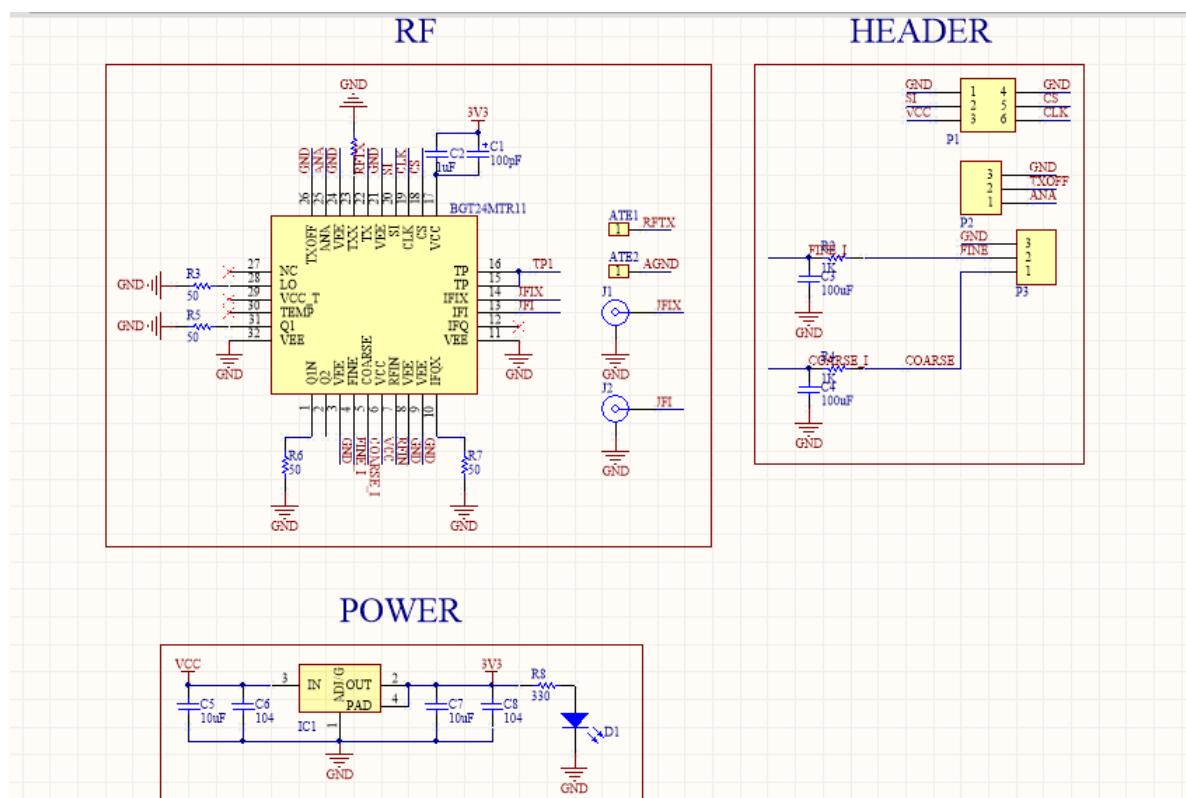


Hình 4.6: Mô hình anten 2D khi được chuyển lên Altium

## 4. THIẾT KẾ KHỐI PHẦN CỨNG CỦA HỆ THỐNG RADAR

Sau khi hoàn thành mô phỏng anten và đạt được các thông số tương đối tốt so với yêu cầu thì ta sẽ tiến hành chuyển anten đã thiết kế và mô phỏng từ HFSS sang Altium Designer để tiếp tục thiết kế khối mạch siêu cao tần.

Do HFSS không hỗ trợ xuất file layout mà chỉ hỗ trợ xuất file Gerber hoặc DXF nhưng chúng ta lại cần file layout để có thể tiếp tục thiết kế khối mạch siêu cao tần trên cùng 1 mặt phẳng với anten cho nên ta sẽ xuất file mô phỏng vừa vẽ ra dạng DXF sau đó dùng phần mềm Autocad để hiệu chỉnh lại tỉ lệ ban đầu và Import vào Altium, tiếp đó ta sẽ đổ đồng (cooper pour) cho những đường mạch kín vừa import vào và lưu anten dưới dạng linh kiện(Components) hoặc footprints như hình 4.6 để có thể tiếp tục dùng sau này.



Hình 4.7: Schematic của khối mạch RF

Hình 4.7 cho ta thấy Schematic của khối mạch RF.

Do chưa đủ kiến thức và khả năng để thực hiện layout của khối mạch theo referent design được hướng dẫn bởi infineon nên việc layout khối mạch này tạm thời chưa làm được.

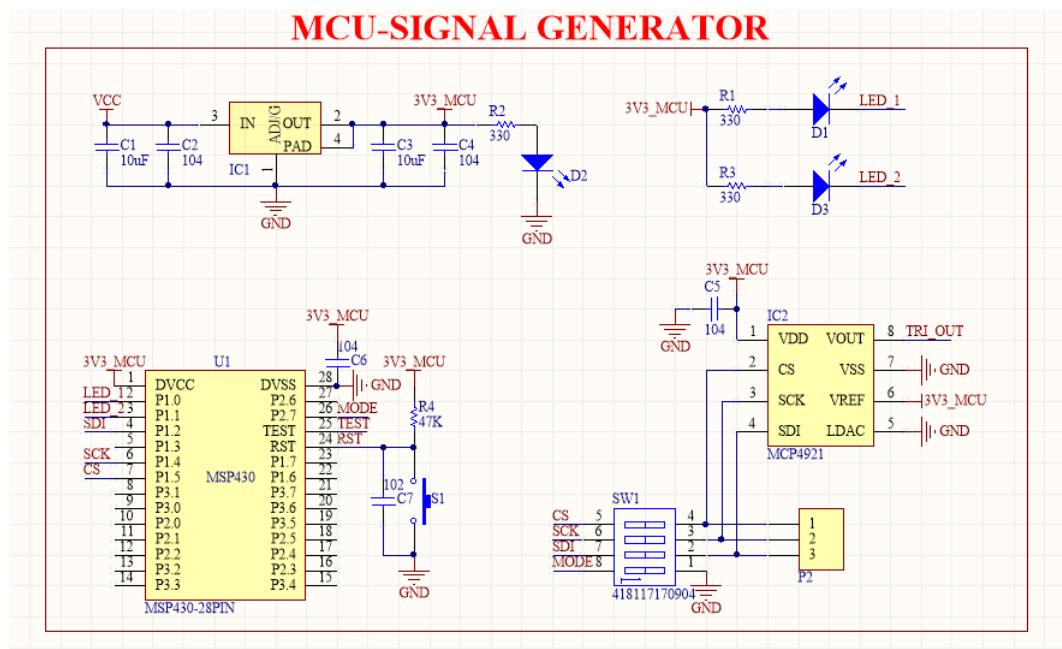
### 4.3.2 Khối mạch baseband

Khối mạch này được thiết kế nhằm đảm nhận 2 chức năng chính là: Mạch tạo xung điều chế và Mạch Video Amplifier.

## 4. THIẾT KẾ KHỐI PHẦN CỨNG CỦA HỆ THỐNG RADAR

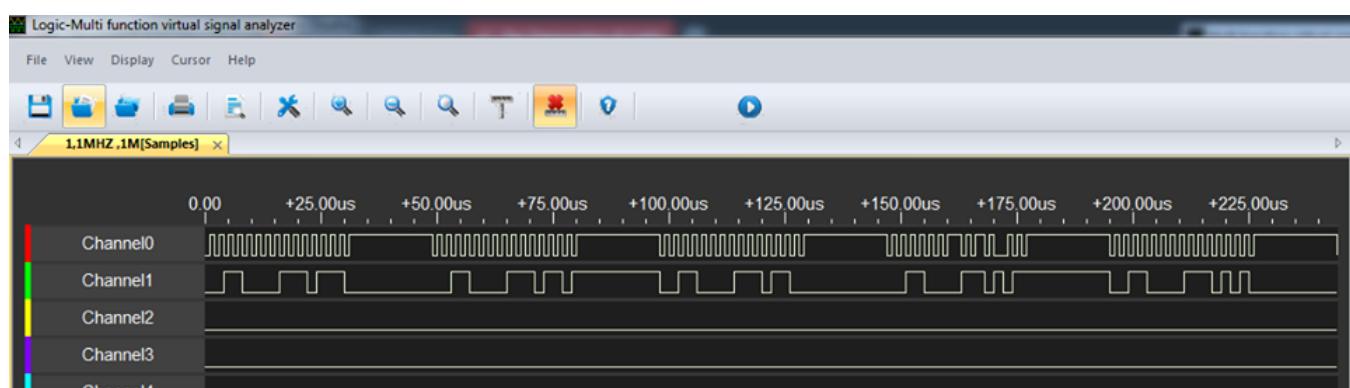
### 4.3.2.1 Khối mạch tạo xung điều chế

Với khói mạch này ta sử dụng MCU MSP430G2553 cho chức năng tạo xung số với chu kỳ và độ rộng xung có thể thay đổi được nhờ chương trình nạp vào MCU, sau đó xung tạo ra sẽ qua bộ DAC MCP4921 thông qua giao thức SPI để tạo thành xung analog đưa vào VCO của radar IC BGT24MTR12



Hình 4.8: Schematic của khói mạch dùng tạo xung điều chế

Dưới đây là giao thức SPI giữa MSP430G2553 và MCP4921 thể hiện tín hiệu MOSI khi gửi dữ liệu 16bit.



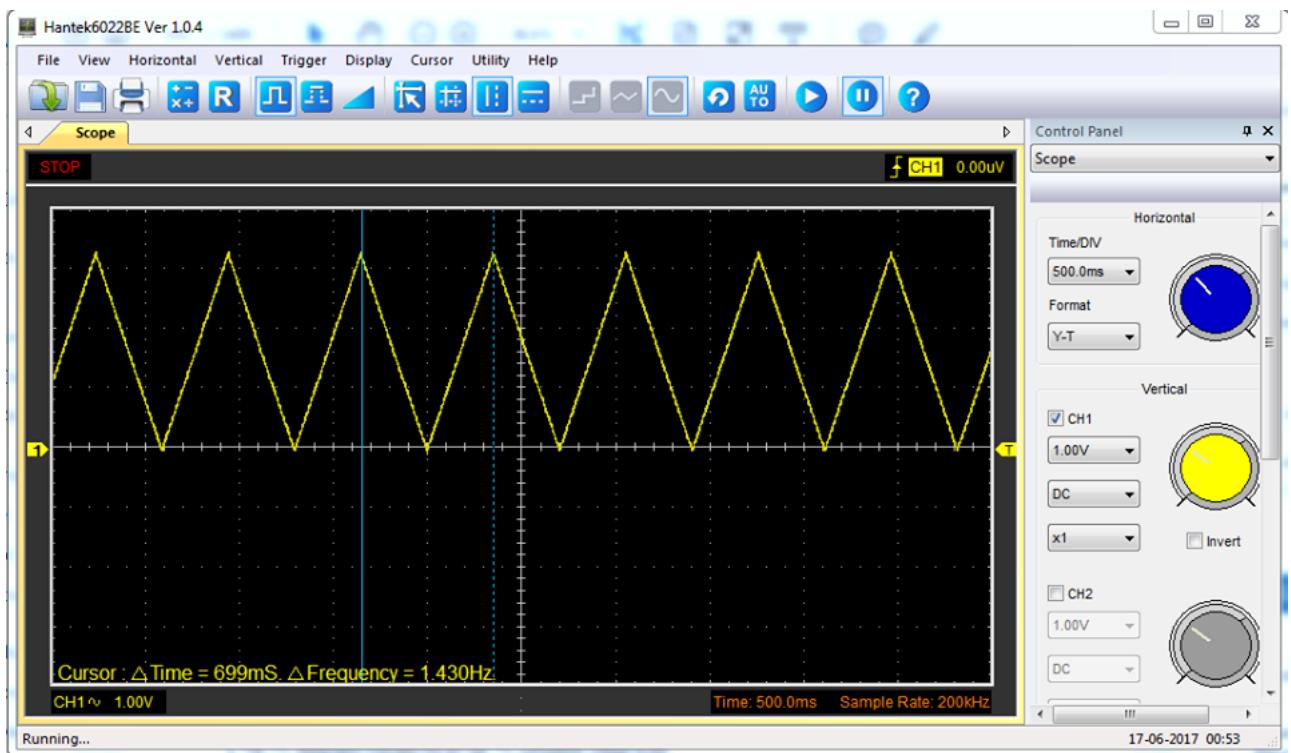
Hình 4.9: Giao thức SPI giữa MSP430G2553 và MCP4921

Tín hiệu MOSI này sẽ được đưa vào MCP4921 để tạo ra xung tam giác, nhưng do có sự cố với code của msp430g2553 nên xung tam giác ngõ ra mcp4921 không đạt yêu cầu

#### 4. THIẾT KẾ KHỐI PHẦN CỨNG CỦA HỆ THỐNG RADAR

do đó để thay thế nhóm sử dụng MCU TM4C123G của TI thay vì msp430g2553 để cấp tín hiệu SPI cho mcp4921 tạo xung tam giác ngõ ra.

Quan sát hình 4.10 ta có thể thấy dạng xung tam giác ngõ ra của MCP4921 với ngõ vào là xung digital được cấp từ TM4C123G:



Hình 4.10: Dạng sóng tam giác ngõ ra của MCP4921 đo bằng dao động kí

##### 4.3.2.2 Khối mạch Video Amplifier

Ta biết rằng, cấu tạo của bộ Video Amplifier sẽ bao gồm một tầng khuếch đại và một tầng lọc (thông thấp) nhằm khuếch đại cũng như chọn lọc những tần số ở dãy nền ( $f_d$  hoặc  $f_b$ ) từ đó được vào laptop để xử lý. Như vậy việc lựa chọn cấu trúc mạch khuếch đại cũng như cấu trúc bộ lọc sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến dữ liệu được liệu được xử lý qua đó ảnh hưởng đến kết quả đạt được.

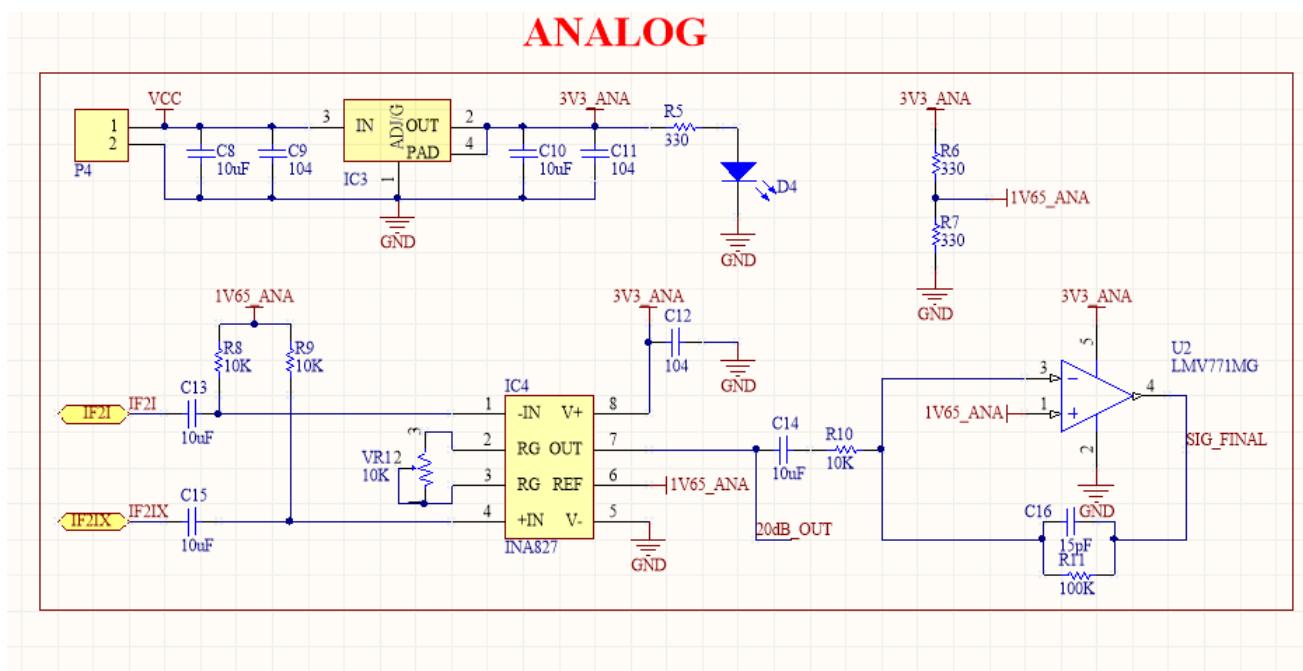
Bộ lọc là một thiết bị cho phép tín hiệu ở một dãy tần số nhất định đi qua và ngăn chặn hoặc hạn chế các tín hiệu ở những tần số còn lại đi qua bộ lọc. Mạch lọc được sử dụng trong rất nhiều ứng dụng ngày nay đặc biệt trong viễn thông. Trong viễn thông, bộ lọc bandpass được sử dụng đối với dãy tần tín hiệu audio (0 KHz - 20 KHz) cho việc xử lý dữ liệu tiếng nói và âm thanh. Những bộ lọc bandpass đối với tín hiệu ở dãy tần cao hơn (vài trăm MHz) được sử dụng trong việc chuyển kênh đối với hệ thống các tổng đài điện thoại. Đặc biệt, đối với những hệ thống xử lý số tín hiệu luôn yêu cầu phải có những

#### 4. THIẾT KẾ KHỐI PHẦN CỨNG CỦA HỆ THỐNG RADAR

bộ lọc thông thấp có khả năng chống hiện tượng chồng phô (aliasing) cũng như loại bỏ hoặc chế nhiễu đối với tín hiệu cần xử lý.

Do vậy, yêu cầu đặt ra đối với bộ lọc thông thấp dùng trong mạch video amplifier đó là khả năng chống nhiễu cao (low noise) cũng như hạn chế hiện tượng chồng phô có thể xảy ra đối với tín hiệu cần xử lý.

Đối với những tín hiệu tần số cao (lớn hơn 1 MHz), những bộ lọc được thiết kế sử dụng các phần tử thụ động như L, R, C hay còn được gọi là bộ lọc LRC. Tuy nhiên, đối với những dãy tần thấp hơn (dưới 1 MHz), giá trị cuộn cảm cần sử dụng phải lớn ảnh hưởng đến kích thước cũng như tăng chi phí trong việc thiết kế. Giải pháp được đưa ra đó là sử dụng bộ lọc tích cực (active filter), trong trường hợp này, bộ lọc tích cực sử dụng phần tử op-amp kết hợp với các điện trở và tụ điện để tạo ra một bộ lọc có đáp ứng tương tự với bộ lọc RLC nhưng ở dãy tần thấp hơn.



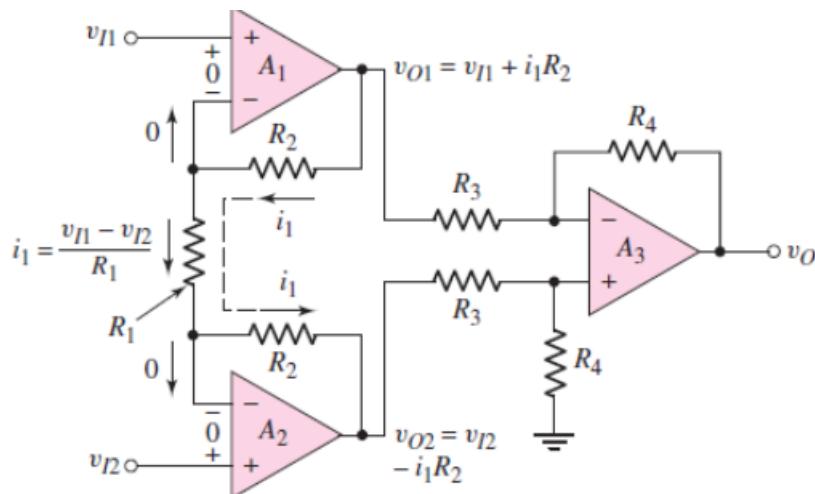
Hình 4.11: Schematic của mạch Video Amplifier

#### Mô phỏng đáp ứng tần số của các tầng khuếch đại

Trong khối mạch này ta sử dụng tầng khuếch đại thứ nhất là mạch Instrument Amplifier với cấu tạo cơ bản như hình 4.12

Vì để có thể đạt cùng đặt được trở kháng ngõ vào cao cũng như độ lợi cao trong mạch khuếch đại vi sai với những trở kháng thực tế có thể mua ngoài thị trường thì rất khó. Lúc này ta có thể thêm mạch theo dõi điện áp nhưng sẽ nảy sinh vấn đề là độ lợi rất khó để thay đổi. Nhưng với mạch Instrument Amplifier ta có thể dễ dàng thay đổi độ lợi thông qua một biến trở duy nhất.

#### 4. THIẾT KẾ KHỐI PHẦN CỨNG CỦA HỆ THỐNG RADAR



*Voltages and currents in instrumentation amplifier*

Hình 4.12: Mạch Instrument Amplifier

Ta có thể dùng công thức dưới đây để tính toán ngõ ra với hai ngõ vào vi sai được cho trước:

$$i_1 = \frac{v_{I1} - v_{I2}}{R_1} \quad (4.16)$$

$$v_{O1} = v_{I1} + i_1 R_2 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_{I1} - \frac{R_2}{R_1} v_{I2} \quad (4.17)$$

$$v_{O2} = v_{I2} - i_1 R_2 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_{I2} - \frac{R_2}{R_1} v_{I1} \quad (4.18)$$

$$v_0 = \frac{R_4}{R_3} (v_{O2} - v_{O1}) = \frac{R_4}{R_3} \left(1 + 2 \frac{R_2}{R_1}\right) \quad (4.19)$$

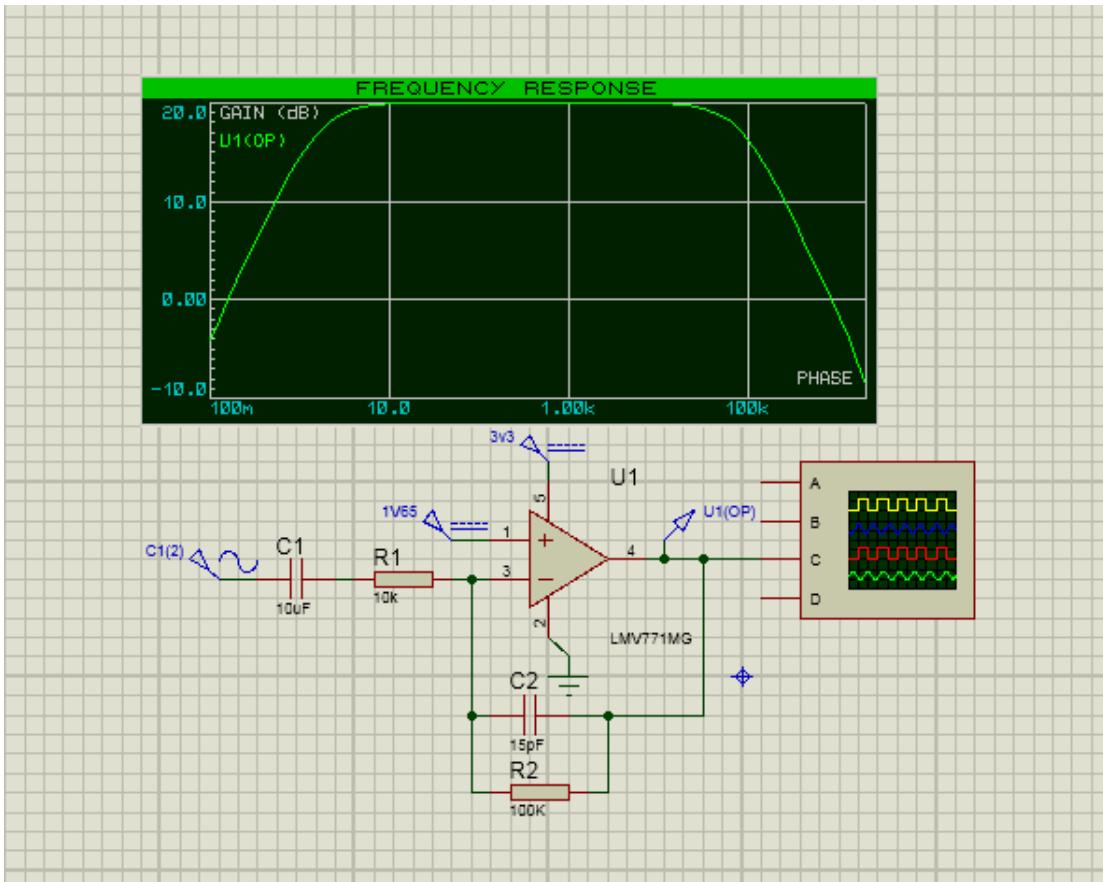
Ngoài ra IC Instrument Amplifier INA827 được chọn vì có những đặc điểm sau:

- Có CMRR lớn và có thể thay đổi độ lợi bằng biến trở.
- Tần số 2 ngõ ra IFI và IFIX ngược pha nhau đưa vào khuyếch đại vi sai.

Tầng khuếch đại thứ 2 là tầng khuếch đại đơn sử dụng IC LMV711MG kết hợp cùng với bộ lọc tích cực (Active filter).

Bộ lọc tích cực này sử dụng phần tử op-amp kết hợp với các điện trở và tụ điện để tạo ra một bộ lọc có đáp ứng tương tự với bộ lọc RLC nhưng được sử dụng ở dải tần thấp hơn. Quan sát hình 4.13 ta thấy đáp ứng của tầng khuếch đại thứ 2 được mô phỏng thông qua phần mềm Proteus.

#### 4. THIẾT KẾ KHỐI PHẦN CỨNG CỦA HỆ THỐNG RADAR



Hình 4.13: Dáp ứng tần khuếch đại dùng LMV771MG mô phỏng dùng Proteus

#### Mạch lọc thông dải tích cực (Bandpass active filter)

Ta dùng mạch lọc thông dải tích cực với các tần số cắt trên và cắt dưới được tính toán qua các công thức sau:

$$H(s) = -\frac{R_2}{R_1} \frac{R_1 C_1 s}{(R_1 C_1 s + 1)(R_2 C_2 s + 1)} \quad (4.20)$$

$$H(j\omega) = \frac{H_0 j \frac{\omega}{\omega_L}}{(1 + j \frac{\omega}{\omega_L})(1 + j \omega \omega_H)} \quad (4.21)$$

$$\omega_L = \frac{1}{R_1 C_1} \quad (4.22)$$

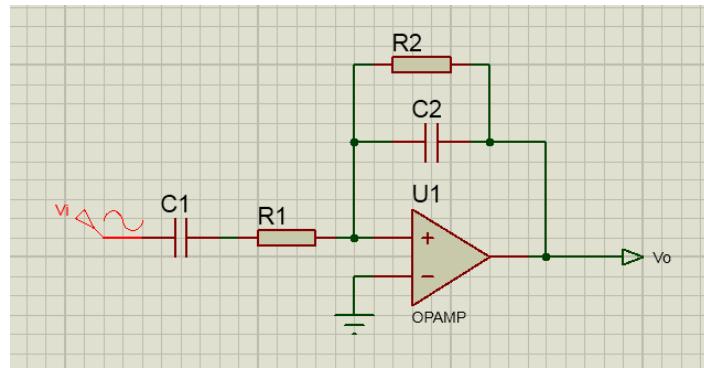
$$f_L = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} = \frac{1}{2\pi \times 10 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-6}} \approx 15 Hz \quad (4.23)$$

$$\omega_H = \frac{1}{R_2 C_2} \quad (4.24)$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi R_2 C_2} = \frac{1}{2\pi \times 100 \times 10^3 \times 15 \times 10^{-12}} \approx 106 KHz \quad (4.25)$$

Mô hình mạch lọc được sử dụng hình 4.14:

#### 4. THIẾT KẾ KHỐI PHẦN CỨNG CỦA HỆ THỐNG RADAR

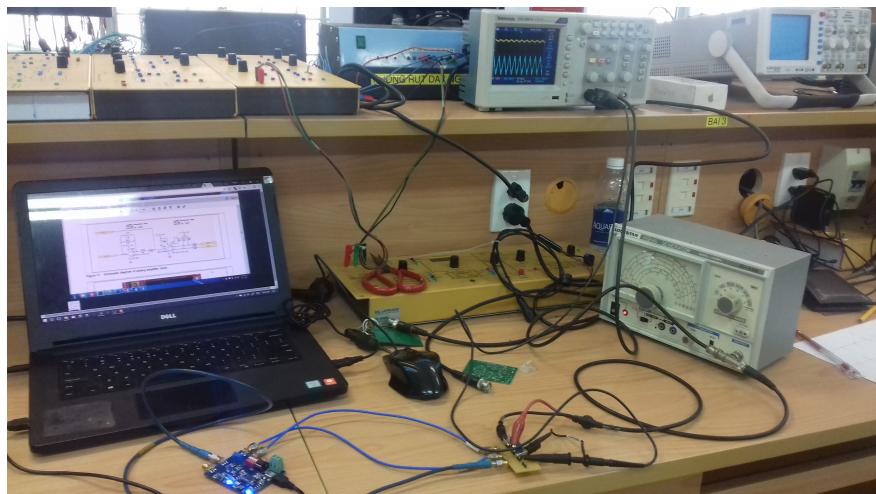


Hình 4.14: Mạch lọc thông dải tích cực

**Đáp ứng tần số thực tế của từng tầng và giá trị điện áp ngõ vào và ngõ ra của từng tầng**

Mạch được thiết kế ngõ vào dùng để cấp tín hiệu vi sai và hai ngõ ra với ngõ ra thứ nhất là tín hiệu lấy ra từ tầng khuếch đại vi sai đầu tiên và ngõ ra thứ hai là ngõ ra lấy tín hiệu từ tầng khuếch đại thứ hai sau khi đã qua bộ lọc tích cực.

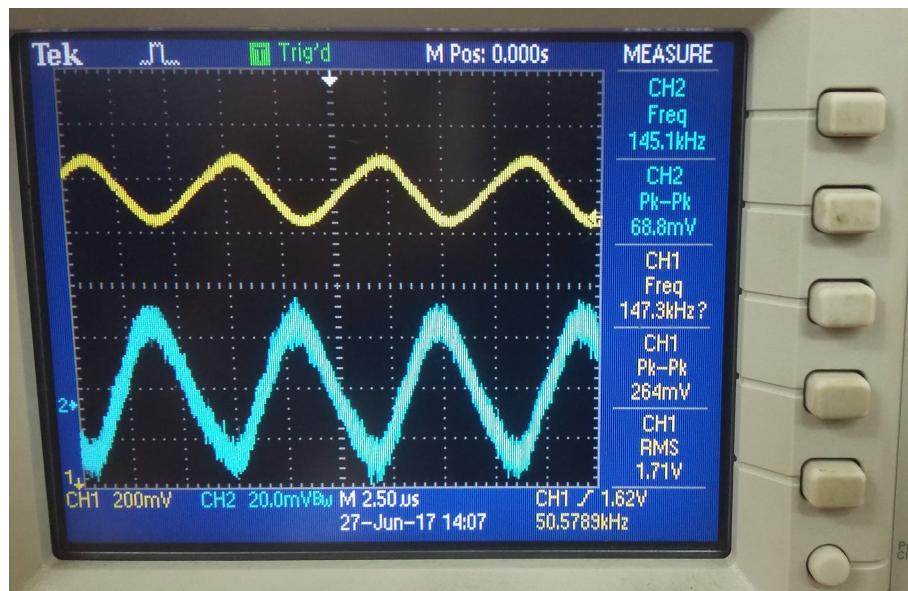
Để kiểm nghiệm mạch này ta cấp tín hiệu đầu vào cho mạch dao động từ 100Hz tới 300Khz để kiểm tra đáp ứng tần số của mạch nhưng vì dụng cụ thí nghiệm chỉ cấp được từ 100Khz trở lên nên ta sẽ kiểm tra độ lợi của mạch để kiểm nghiệm tính chính xác của thiết kế:



Hình 4.15: Đo kiểm độ lợi của mạch

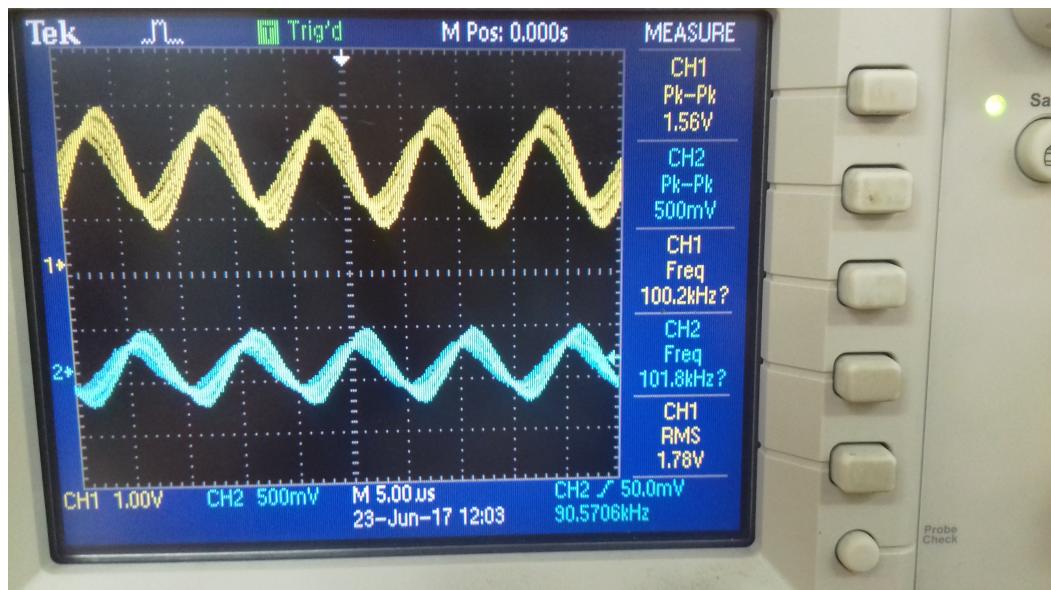
Trong thí nghiệm này ta không cấp nguồn vi sai cho đầu vào của tầng khuếch đại vi sai của mạch nên độ lợi của tầng này chỉ còn lại  $G=5$  thay vì  $G=10$  (20dB) như ban đầu. Quan sát hình 4.16 ta có thể thấy  $V_{pp}$  của tầng thứ nhất là 286mV tại ngõ vào có  $V_{pp}$  là 60mV (Ngõ vào đo bằng Probe bị chia theo thông số của Probe chứ không phải ngõ vào hiển thị trên oscilloscope) tại tần số 150kHz. Từ đó ta thấy độ lợi  $G=5$  tương đương với tính toán ban đầu.

#### 4. THIẾT KẾ KHỐI PHẦN CỨNG CỦA HỆ THỐNG RADAR



Hình 4.16: Độ lợi thực tế đo ở tầng khuếch đại thứ nhất

Tiếp đó là tầng khuếch đại thứ 2:



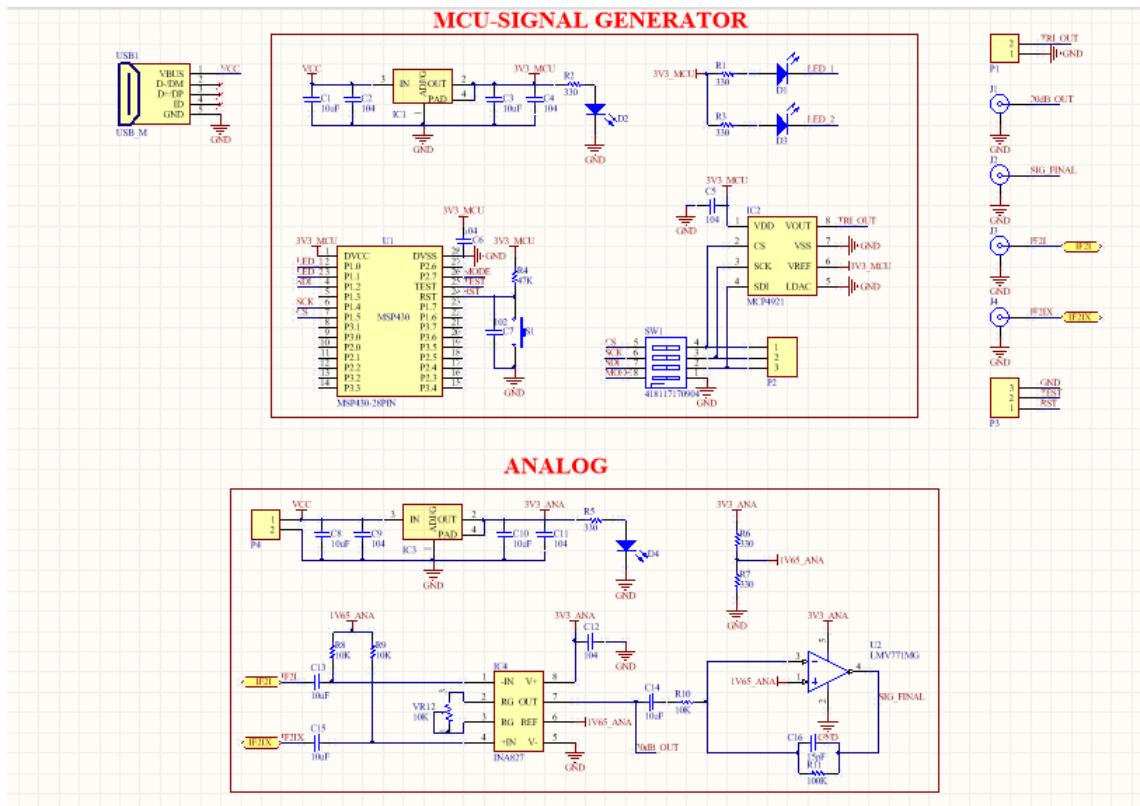
Hình 4.17: Độ lợi thực tế đo ở tầng khuếch đại thứ hai

##### 4.3.2.3 Bộ điều chế (Modulator) và bộ khuếch đại điện áp (Video Amplifier)

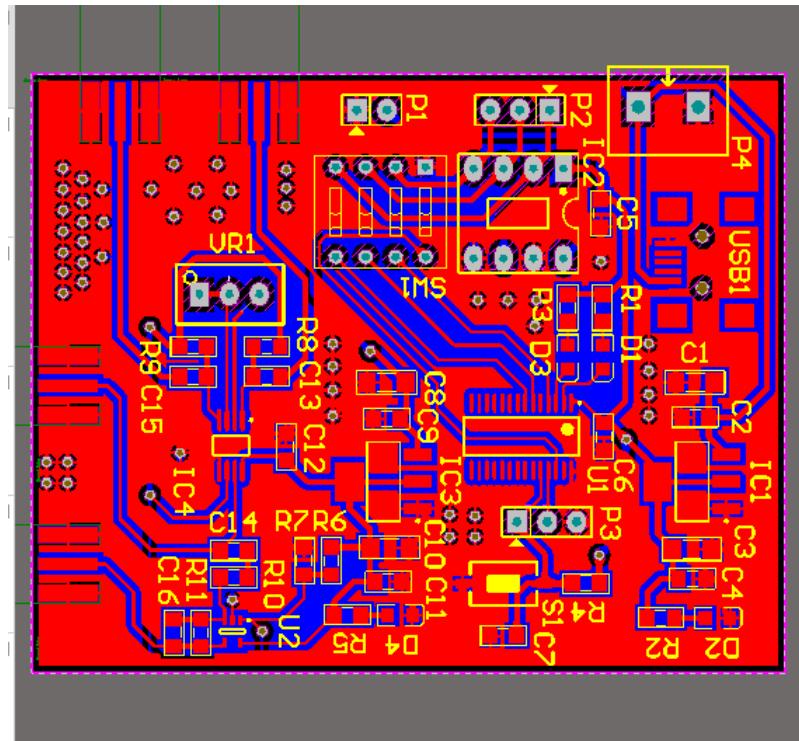
Bộ điều chế (Modulator) và bộ khuếch đại (Video Amplifier) được thiết kế trên cùng một board mạch gọi là khối mạch baseband sử dụng phần mềm thiết kế mạch chuyên dụng *Altium Designer*.

Sơ đồ *schematic* và *layout* của mạch được trình bày ở hình 4.18 và 4.19 Ngoài ra, phần mềm *Altium Designer* còn cho phép người dùng mô phỏng hình ảnh 3D của board mạch (Hình 4.20) giúp người dùng hình dung rõ ràng hơn về sản phẩm của mình khi thiết kế.

#### 4. THIẾT KẾ KHỐI PHẦN CỨNG CỦA HỆ THỐNG RADAR

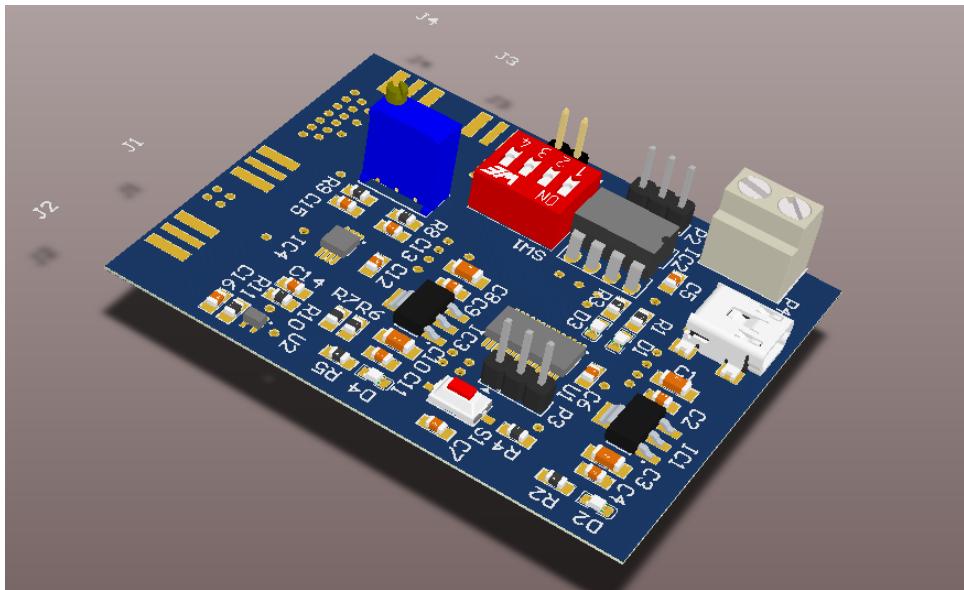


Hình 4.18: Schematic của toàn bộ khối mạch baseband



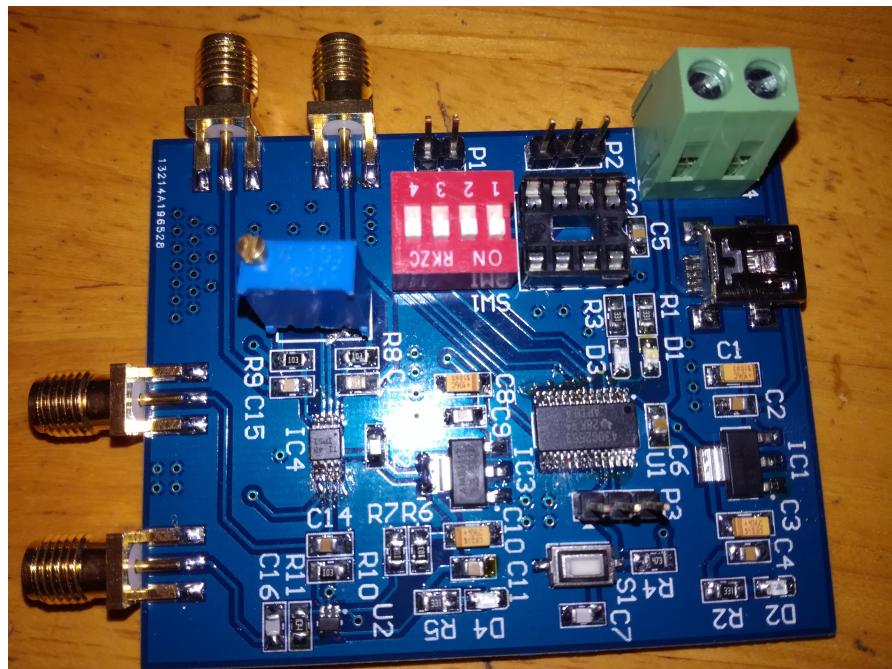
Hình 4.19: Layout của khói mạch baseband

#### 4. THIẾT KẾ KHỐI PHẦN CỨNG CỦA HỆ THỐNG RADAR



Hình 4.20: Mô hình 3D của khối mạch baseband

Mạch thực tế sau khi được thi công hoàn chỉnh quan sát trên hình [4.21](#)



Hình 4.21: Khối mạch baseband được thi công hoàn chỉnh

Quá trình hàn mạch có khá nhiều linh kiện với kích thước rất nhỏ nên cần phải dùng kính phóng đại để giúp việc thi công mạch thuận lợi hơn như hình [4.22](#)



Hình 4.22: Quá trình thi công mạch dùng kính phóng đại

#### 4.4 Kết luận chương

Từ sơ đồ khối cho một hệ thống radar ban đầu, qua các bước lựa chọn linh kiện, tính toán, mô phỏng cũng như kiểm tra và đo đạc từ đó tiến hành kết nối các bộ phận tạo nên một hệ thống radar hoàn chỉnh. Dựa vào các thông số đo đạc được từ hệ thống radar, chúng ta có được dữ liệu đầu vào cần thiết cho hệ thống xử lý dữ liệu ở các giai đoạn sau. Trong phần tiếp theo chúng ta sẽ tìm hiểu cách viết 1 trang tính toán đơn giản dùng để tính toán các thông số của radar 1 cách thuận tiện hơn bằng cách dùng ngôn ngữ HTML.

# Chương 5

## Kết luận và hướng phát triển

### 5.1 Những đóng góp của đồ án

Đồ án đã xây dựng thành công khối mạch baseband bao gồm các tầng chức năng là bộ điều chế xung cung cấp cho VCO có thể thay đổi thông qua lập trình MCU MSP430G2553 và tầng mạch khuếch đại nhiễu thấp. Ngoài ra cũng đã tiến hành tính toán, thiết kế và mô phỏng thành công hệ thống thu phát tín hiệu sử dụng mảng anten vi dải với kích thước nhỏ gọn, trọng lượng nhẹ thích hợp với việc kết hợp với radar IC BGT24MTR12 thay thế cho các modules RF với kích thước lớn hơn nhiều lần và chi phí đắt đỏ hơn đồng thời cũng mang lại hiệu suất và sự chính xác tương đối tốt, thích hợp cho việc ứng dụng trên các thiết bị cầm tay và các thiết bị an toàn trên xe hơi vốn cần tính gọn nhẹ, tầm thấp và tiêu tốn ít năng lượng. Nhưng do thiết kế khá phức tạp của khối mạch cao tần cần phải phối hợp trơ kháng giữa IC radar BGT24MTR12 và anten cũng như các linh kiện khác và phải làm trên cùng một mạch cũng như hạn chế về thiết bị đo đặc ở tần số siêu cao nên khối mạch siêu cao tần vẫn chưa hoàn thành một cách hoàn chỉnh.

### 5.2 Hướng phát triển

Như đã đề cập ở trên, luận án vẫn còn tồn tại những khuyết điểm như thiếu sót trong hệ thống cần phải hoàn thiện. Một số công việc cần hoàn thiện ở giai đoạn nghiên cứu sau đối với hệ thống trên :

- Thiết kế hệ thống anten thu, phát với độ định hướng và băng thông hoạt động cao hơn cũng như tính chính xác cao hơn (điều chỉnh lại anten đã thiết kế, sử dụng phương pháp thiết kế khác hoặc phương pháp phối hợp trơ kháng khác). Ngoài ra có thể kết hợp anten với bộ *Duplexer* nhằm sử dụng một anten cho cả việc thu và phát tín hiệu, qua đó tránh được hiện tượng *coupling* của việc sử dụng hai anten thu và phát riêng biệt.
- Hoàn thành quá trình thiết kế, thi công và đo kiểm khối mạch siêu cao tần để kết hợp với khối mạch baseband cùng anten đã thiết kế để tạo thành hệ thống radar hoàn chỉnh.

## 5. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

---

- Tiến tới việc xử lý dữ liệu của hệ thống radar nhằm khai thác các khả năng của radar như đo khoảng cách, tốc độ của vật chuyển động cũng như tái hiện hình ảnh cấu vật nằm sau vật chắn.

Với tâm huyết tìm hiểu và trình bày vốn hiểu biết của mình, cùng những hướng phát triển cho hệ thống radar vừa đề cập, hy vọng sẽ tạo ra ý tưởng cũng như cảm hứng cho những người kế thừa đỗ án sau này.

# Chương 6

## Phụ lục:

### Thiết kế trang tính toán bằng HTML

Để thuận lợi và tiết kiệm thời gian cho việc tính toán và so sánh kết quả thực tế khi đo kiểm ta có thể dùng ngôn ngữ HTML và Javascript để thiết kế một trang tính toán các thông số hoạt động của hệ thống FMCW RADAR.

Với trang tính này chúng ta có thể tính 1 thông số còn lại của Radar thông qua 3 thông số đã được cung cấp, rất tiện lợi cho việc tính toán so sánh khi chỉ cần nhập liệu từ bàn phím, tránh sai sót khi dùng máy tính bỏ túi hoặc mất thời gian để khởi động matlab. Ngoài ra nếu cần chúng ta cũng có thể đưa trang HTML lên một host để có thể tiện tính toán online.

#### 6.0.1 Code HTML

Ta dùng phần mềm sublime text d8e63 soạn thảo code và lưu dưới dạng HTML:

---

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<style>
h1.center {
    display: block;
    margin-left: auto;
    margin-right: auto;
}
table {
```

## 6. PHỤ LỤC: THIẾT KẾ TRANG TÍNH TOÁN BẰNG HTML

---

```
font-family: arial, sans-serif;  
border-collapse: collapse;  
width: 100%;  
margin-top: 15px;  
}  
  
  
td, th {  
border: 1px solid #dddddd;  
text-align: left;  
padding: 8px;  
}  
  
  
tr:nth-child(even) {  
background-color: #dddddd;  
}  
  
img.center {  
display: block;  
margin-left: auto;  
margin-right: auto;  
}  
  
button {  
background-color: #4CAF50; /* Green */  
border: none;  
color: white;  
padding: 15px 32px;  
text-align: center;  
text-decoration: none;  
display: inline-block;  
font-size: 16px;  
margin-left: auto;  
margin-right: auto;  
}
```

## 6. PHỤ LỤC: THIẾT KẾ TRANG TÍNH TOÁN BẰNG HTML

---

```
</style>

<head>
<h1 class= "center">FMCW RADAR</h1>
</head>

<body>


<table>
<tr>
<th>Parameter</th>
<th>Sign</th>
<th>Value</th>
</tr>
<tr>
<td>Range</td>
<td>R</td>
<td><input id="R" type="number" name="Range" > [m]</td>
</tr>
<tr>
<td>Speed of light</td>
<td>c</td>
<td>3*10<sup>8</sup></td>
</tr>
<tr>
<td>Bandwidth</td>
<td>BW</td>
<td><input id="BW" type="number" name="Bandwidth"> [Hz]</td>
</tr>
<tr>
<td>Time to repeat</td>
<td>T<sub>rp</sub></td>
```

## 6. PHỤ LỤC: THIẾT KẾ TRANG TÍNH TOÁN BẰNG HTML

---

```
<td><input id="Trp" type="number" name="Timetorepeat"> [s]</td>
</tr>
<tr>
<td>Beat frequency</td>
<td>f<sub>b</sub></td>
<td><input id="fb" type="number" name="Beatfrequency"> [Hz]</td>
</tr>
</table>

<button onclick="myFunction1()">Calculate</button>
<p id="demo"></p>
<script>

function myFunction1() {
    var state = 0;
    var count = 0;
    var R = document.getElementById("R").value;
    var BW = document.getElementById("BW").value;
    var Trp = document.getElementById("Trp").value;
    var fb = document.getElementById("fb").value;
    if (R == 0) {
        state = 1;
        count++;
    }
    else if (BW == 0) {
        state = 2;
        count++;
    }
    else if (Trp == 0) {
        state = 3;
        count++;
    }
}
```

## 6. PHỤ LỤC: THIẾT KẾ TRANG TÍNH TOÁN BẰNG HTML

---

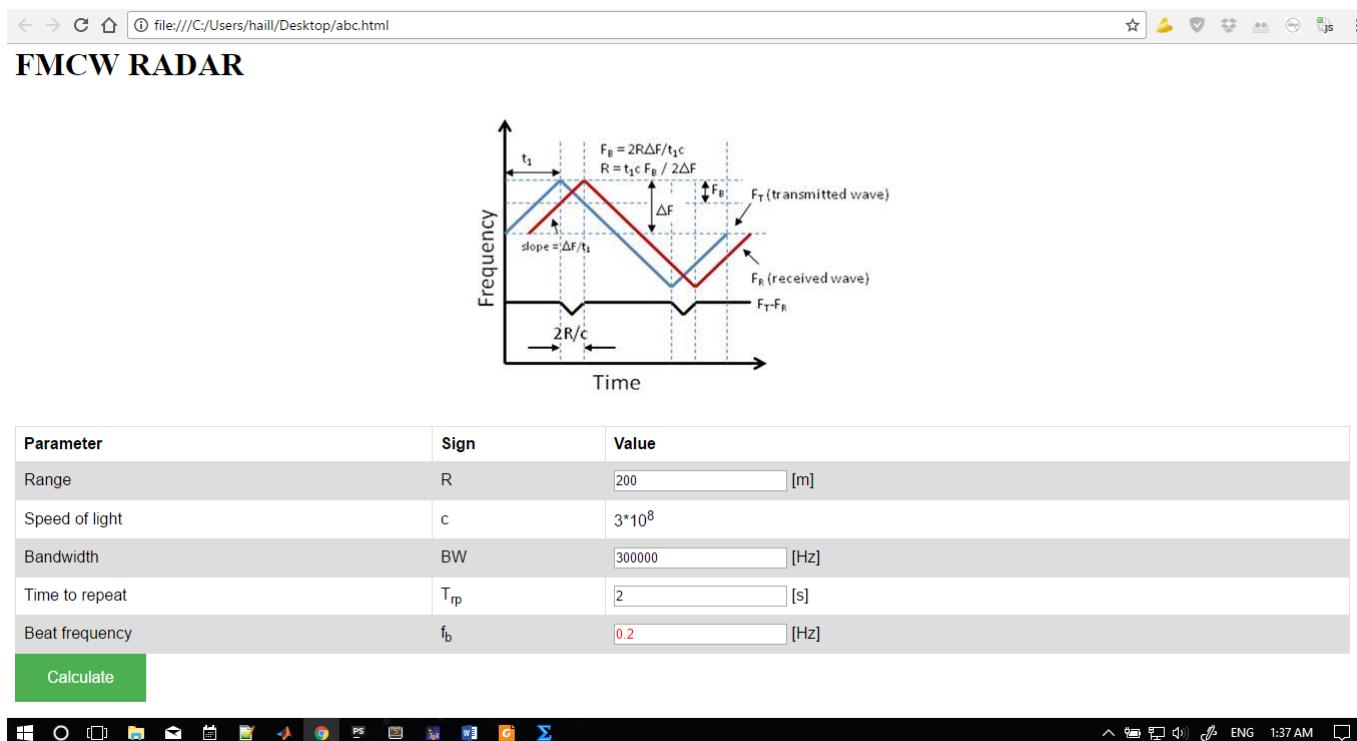
```
else if (fb == 0) {  
    state = 4;  
    count++;  
}  
  
if (count > 1) {  
    state = 0;  
}  
  
switch(state) {  
case 1:  
    R = (300000000 * Trp * fb)/(2*BW);  
    document.getElementById("R").value = R;  
    document.getElementById("R").style.color = "red";  
    document.getElementById("BW").style.color = "black";  
    document.getElementById("Trp").style.color = "black";  
    document.getElementById("fb").style.color = "black";  
    break;  
  
case 2:  
    BW = (300000000 * Trp * fb)/(2*R);  
    document.getElementById("BW").value = BW;  
    document.getElementById("BW").style.color = "red";  
    break;  
  
case 3:  
    Trp = (2 * BW * R) / (300000000 * fb);  
    document.getElementById("Trp").value = Trp;  
    document.getElementById("Trp").style.color = "red";  
    break;  
  
case 4:  
    fb = (2 * BW * R) / (300000000 * Trp);  
    document.getElementById("fb").value = fb;  
    document.getElementById("fb").style.color = "red";  
    break;  
  
default:
```

## 6. PHỤ LỤC: THIẾT KẾ TRANG TÍNH TOÁN BẰNG HTML

```
document.getElementById("demo").value = "you are missing a parameter";  
alert("Please try to re-enter the Parameter");  
break;  
}  
}  
</script>  
  
</body>  
</html>
```

### 6.0.2 Giao diện trang tính

Ta sẽ cho chạy trang tính trên trình duyệt Google Chrome để quan sát giao diện cũng như thử nghiệm các chức năng tính toán



Hình 6.1: Giao diện của trang tính HTML trên trình duyệt Google Chrome

Những thông số được nhập vào sẽ mang màu đen và thông số còn lại được tính ra sẽ mang màu đỏ để dễ quan sát.

### 6.0.3 Kết luận chương

Nhờ có trang tính viết bằng ngôn ngữ HTML và javascripts này giúp chúng ta tiết kiệm được rất nhiều thời gian trong việc tính toán cũng như so sánh khi tiến hành điều chỉnh hệ thống rardar.

# Tài liệu tham khảo

- [1] C. A. Balanis, *Antenna Theory Analysis And Design*. Wiley and Sons, Inc, 2005. [7](#), [8](#)
- [2] P. Alan J. Fenn, *Antenna Design for the Laptop Radar Project*. MIT Lincoln Laboratory, 2011. [7](#)
- [3] G. L. Charvat, *Small and short range radar systems*. Taylor and Francis Group, LLC, 2014. [8](#), [15](#), [26](#)
- [4] C. Nickolas, *The Basics of Mixers*. Electronic Products, 2011. [10](#)
- [5] B. R. Mahafza, *Radar Systems Analysis and Design Using MATLAB*. CHAPMAN and HALL, 2000. [17](#), [18](#)
- [6] R. Minihold and D. Bues, *Introduction to Radar System and Component Tests*. Rohde and Schwarz, 2012. [19](#)
- [7] W. Wiesbeck, *Radar Systems Engineering*. Karlsruhe Institute of Technology, 2009 - 2010. [25](#)