

TÓM TẮT LUẬN VĂN

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. 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 phần máy phát công suất lớn 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 máy phát công suất lớn đang là một trong những nhiệm vụ cần thiết của các nhà khoa học Việt Nam.

Trong khuôn khổ luận văn này, tôi đã nghiên cứu, thiết kế và chế tạo thành công được modul khuếch đại công suất lõi ra 80W, đây là một trong những module cơ bản kết hợp với các tầng module kích công suất khác để cấu thành nên máy phát công suất lớn ở các đài radar hoạt động trong dải sóng dm.

Luận văn gồm 3 chương:

Chương 1. Tổng quan về hệ thống Radar

Chương 2. Kỹ thuật thu phát siêu cao tần

Chương 3. Thiết kế chế tạo mạch khuếch đại công suất siêu cao tần

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG RADAR

1. Lịch sử phát triển của Radar

Từ xa xưa, 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.

- **Những ngày đầu tiên thí nghiệm và khám phá của con người**

Năm 1887, nhà vật lý Đức Heinrich Hertz lần đầu tiên đã tạo ra sóng vô tuyến trong phòng thí nghiệm. Các sóng này có thể truyền qua hoặc *phản xạ* bởi các loại vật liệu khác nhau. Với công hiến tuyệt vời này, Hertz được nhân loại tôn vinh và lấy tên ông làm đơn vị tần số sóng vô tuyến.

Năm 1937, Sir Robert Watson-Watt thành công trong việc tạo ra một hệ thống cho phép phát hiện máy bay ném bom từ khoảng cách lớn hơn 150 km. Và ông được coi là người phát minh ra hệ thống radar hoàn chỉnh.

• Trong chiến tranh thế giới lần thứ 2

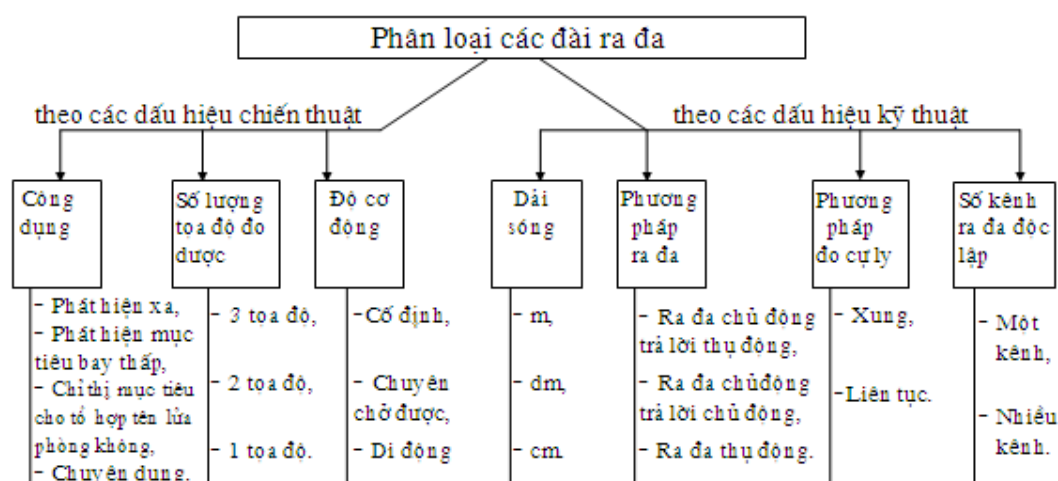
Trong những năm ác liệt của chiến tranh, Liên-xô đã cho ra đời hàng loạt các đài radar với nhiều chiến thuật khác nhau, nâng cao khả năng chiến đấu cho quân đội và đã góp phần vào thắng lợi chung của Hồng quân Liên-xô.

• Thời bình

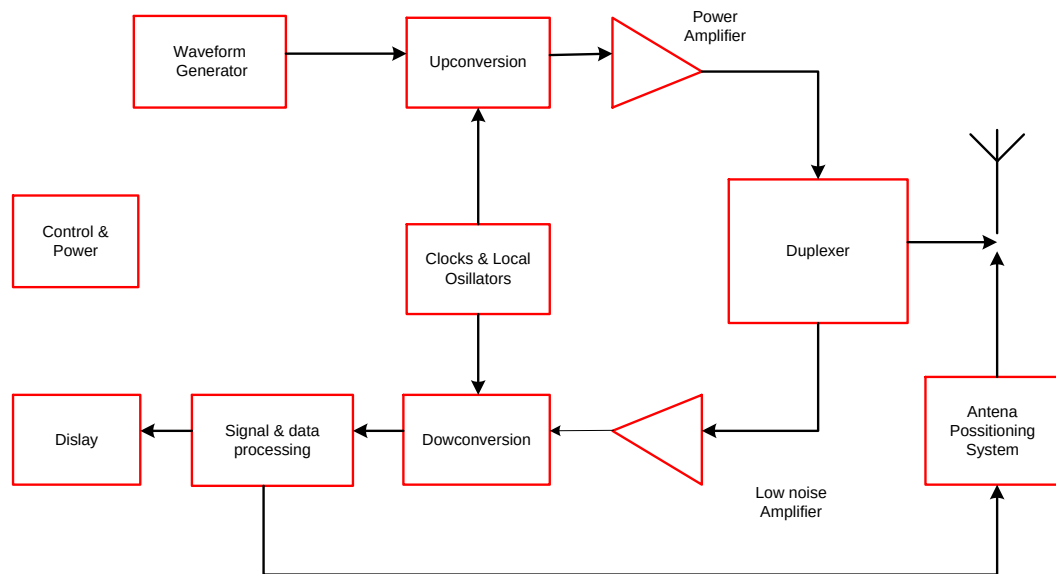
Hiện radar bắt đầu được sử dụng để giám sát giao thông trên xa lộ, giúp các nhà hoạch định biết được số xe, tình trạng tắc nghẽn, tốc độ trung bình và thậm chí là kích cỡ xe trên đường. Độ tin cậy và khả năng "nhìn" của radar trong mọi điều kiện thời tiết làm cho nó trở thành một công cụ thay thế hấp dẫn hơn đối với camera.

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.



3. Sơ đồ khối máy phát radar



Hình 1.2. Sơ đồ khối hệ thống radar

- **Anten**
- **Khối chuyển mạch song công (Duplexer)**
- **Khối tạo sóng Waveform Generator**
- **Khối dao động Local Oscillators**
- **Khối trộn tần(Mixer)**
- **Khối khuếch đại công suất (Power Amplifier)**
- **Khối khuếch đại tạp âm thấp(Low Noise Amplifier)**
- **Khối điều khiển xử lý tín hiệu (Signal Processing/Data Processing/Control Subsystem)**
- **Khối điều khiển anten (Antenna Positioning System)**
- **Khối nguồn(Power System)**
- **Khối hiển thị (display)**

CHƯƠNG 2. KỸ THUẬT THU PHÁT SIÊU CAO TẦN

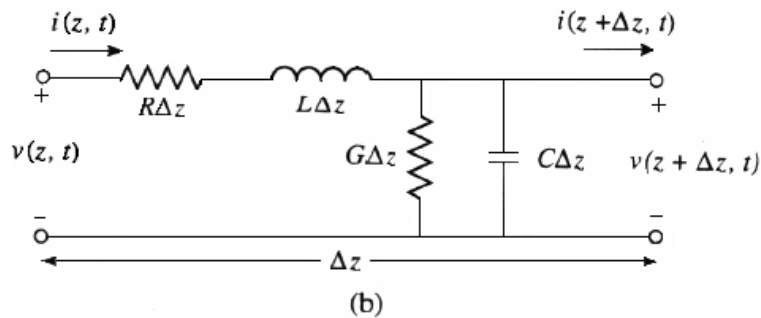
1. Giới thiệu chung

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.

2. Thiết kế mạch khuếch đại công suất trong kỹ thuật siêu cao tần

Khi nghiên cứu đường truyền đối với các tín hiệu tần thấp, ta thường coi các đường dây nối(hay đường truyền) là ngắn mạch. Điều này chỉ đúng khi kích thước của mạch là nhỏ hơn bước sóng của tín hiệu. Còn đối với tín hiệu cao tần và đặc biệt đối với tín hiệu siêu cao thì ta phải có những nghiên cứu đặc biệt về đường truyền.

2.1. Mô hình tương đương tham số tập trung của đường truyền



Hình 2.1. Dây dẫn song song và sơ đồ tương đương

2.2. Phương trình sóng và nghiệm

Áp dụng định luật Kirchhoff, ta có thể viết các hệ thức sau đây đối với điện áp và dòng điện trên đoạn mạch, tại các thời điểm t:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 V(z)}{\partial z^2} &= (ZY)V(z) \\ \frac{\partial^2 I(z)}{\partial z^2} &= (ZY)I(z) \end{aligned} \right\} \quad (2.9)$$

Phương trình (2.9) hệ phương trình vi phân bậc 2 của V và I cho phép tính V, I tại các điểm bất kỳ trên đường dây khi biết các thông số Z, Y của đường dây và các điều kiện biên.

Truyền sóng trên đường dây. Nghiệm của phương trình vi phân

Nghiệm của phương trình vi phân (2.9)

$$I_0^+ = \frac{V_0^+}{Z_0}; \quad I_0^- = \frac{-V_0^-}{Z_0} \quad (2.14)$$

Trong đó

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + i\omega L}{G + i\omega C}} \quad (2.15)$$

Từ (2.14) có thể viết:

$$Z_0 = \frac{V_0^+}{I_0^+} = -\frac{V_0^-}{I_0^-} \quad (2.16)$$

Nếu viết dưới dạng hàm lượng giác, ta có biểu thức của sóng điện áp trên đường dây:

$$V(z,t) = |V_0^+| \cos(\omega t - \beta z + \phi^+) e^{-\alpha z} + |V_0^-| \cos(\omega t + \beta z + \phi^-) e^{\alpha z} \quad (2.17)$$

Đối với trường hợp đường truyền không gây tổn hao thì:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \text{ là đại lượng thực.}$$

Thiết kế bộ khuếch đại siêu cao tần sử dụng ma trận tán xạ [S]

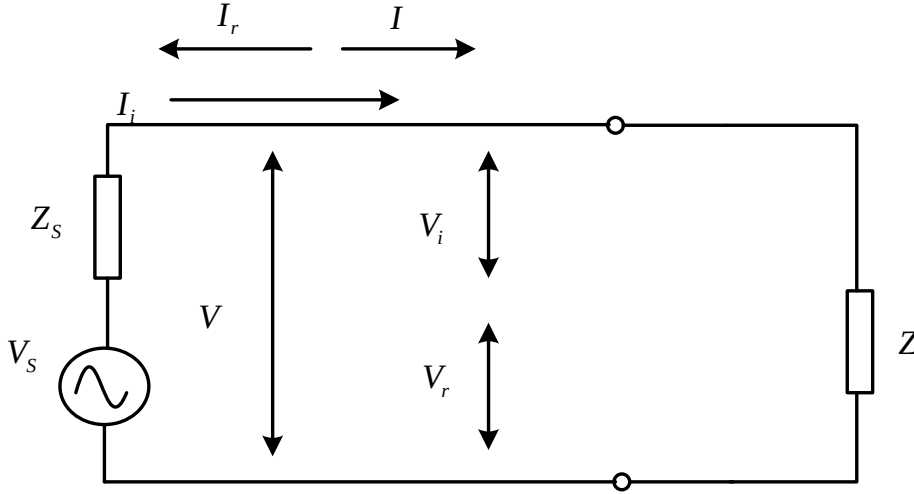
Việc thiết kế một bộ khuếch đại cao tần thường theo những mục đích sau:

- Hệ số khuếch đại công suất cực đại
- Tầng đầu tiên có noise figure nhỏ. Điều này yêu cầu trở kháng nguồn z_s cụ thể. Giá trị z_s tối ưu cho noise figure thấp nhất được cho bởi các nhà sản xuất transistor.
- Hệ số khuếch đại ổn định, nghĩa là không có dao động.
- Hệ số khuếch đại thích hợp và đồng đều trên một khoảng băng tần nhất định.
- Đáp ứng pha là hàm tuyến tính theo ω (không méo, chỉ có trễ nhóm)

- Không nhạy với những thay đổi nhỏ của các tham số S_{ij} .

. Các tham số tán xạ của mạng hai cổng

Khái niệm điện áp tới và điện áp phản xạ và các tham số của dòng điện có thể được làm rõ bởi mạng một cổng được minh họa trên hình 2.2



Hình 2.2. Sơ đồ tương đương mạng một cổng

Hệ số chuẩn hóa của tín hiệu lối vào a được định nghĩa là căn bậc hai của công suất lối vào P_i được cho bởi biểu thức sau:

$$a = \frac{V + Z_s I}{2\sqrt{\text{Re } Z_s}} \quad (2.38)$$

Tương tự, hệ số chuẩn hóa của tín hiệu phản xạ b được định nghĩa là căn bậc hai của công suất phản xạ cho bởi biểu thức:

$$b = \sqrt{P_r} = \frac{V_r \sqrt{\text{Re } Z_s}}{Z_s} \quad (2.31)$$

Điện áp V và dòng điện I có mối liên hệ với a và b như sau:

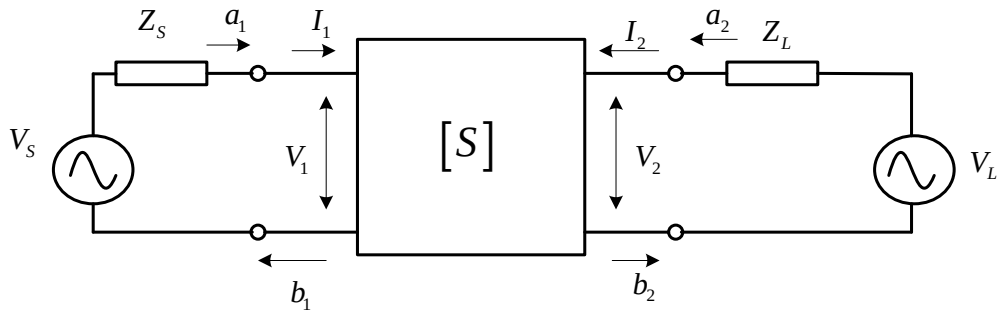
$$V = V_i + V_r = \frac{Z_s^*}{\sqrt{\text{Re } Z_s}} a + \frac{Z_s}{\sqrt{\text{Re } Z_s}} b \quad (2.36)$$

$$I = I_i - I_r = \frac{1}{\sqrt{\text{Re } Z_s}} a - \frac{1}{\sqrt{\text{Re } Z_s}} b \quad (2.37)$$

Trong đó:

Tỷ số giữa tín hiệu chuẩn hóa phản xạ và tín hiệu chuẩn hóa lối vào được gọi là hệ số phản xạ Γ được định nghĩa bởi:

$$\Gamma = \frac{b}{a} = \frac{V - Z_s^* I}{V + Z_s I} = \frac{V - Z_s I}{V + Z_s I} = \frac{Z - Z_s}{Z + Z_s} \quad (2.39) \text{ với } Z = V/I.$$



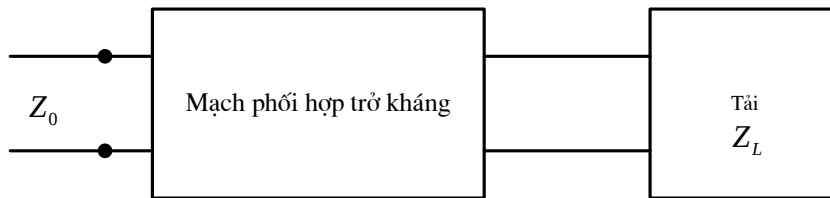
Hình 2.3. Sơ đồ tương đương mạng hai cổng

$$s_{11} = \left. \frac{b_1}{a_1} \right|_{a_2=0} \quad s_{21} = \left. \frac{b_2}{a_1} \right|_{a_2=0} \quad (2.45)$$

$$s_{12} = \left. \frac{b_1}{a_2} \right|_{a_1=0} \quad s_{22} = \left. \frac{b_2}{a_2} \right|_{a_1=0} \quad (2.46)$$

Trong đó s_{11} là hệ số sóng phản xạ tại cổng vào ra ngoài khi cổng ra được phối hợp trở kháng. Và s_{21} là hệ số truyền từ cổng vào tới cổng ra khi cổng ra được phối hợp trở kháng.

Một số phương pháp phối hợp trở kháng cơ bản



Hình 2.4. Sơ đồ phối hợp trở kháng cơ bản

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

- 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 v.v...

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

2.6.2. Phối hợp trở kháng dùng một dây nhánh

2.6.3. Phối hợp trở kháng dùng hai dây nhánh

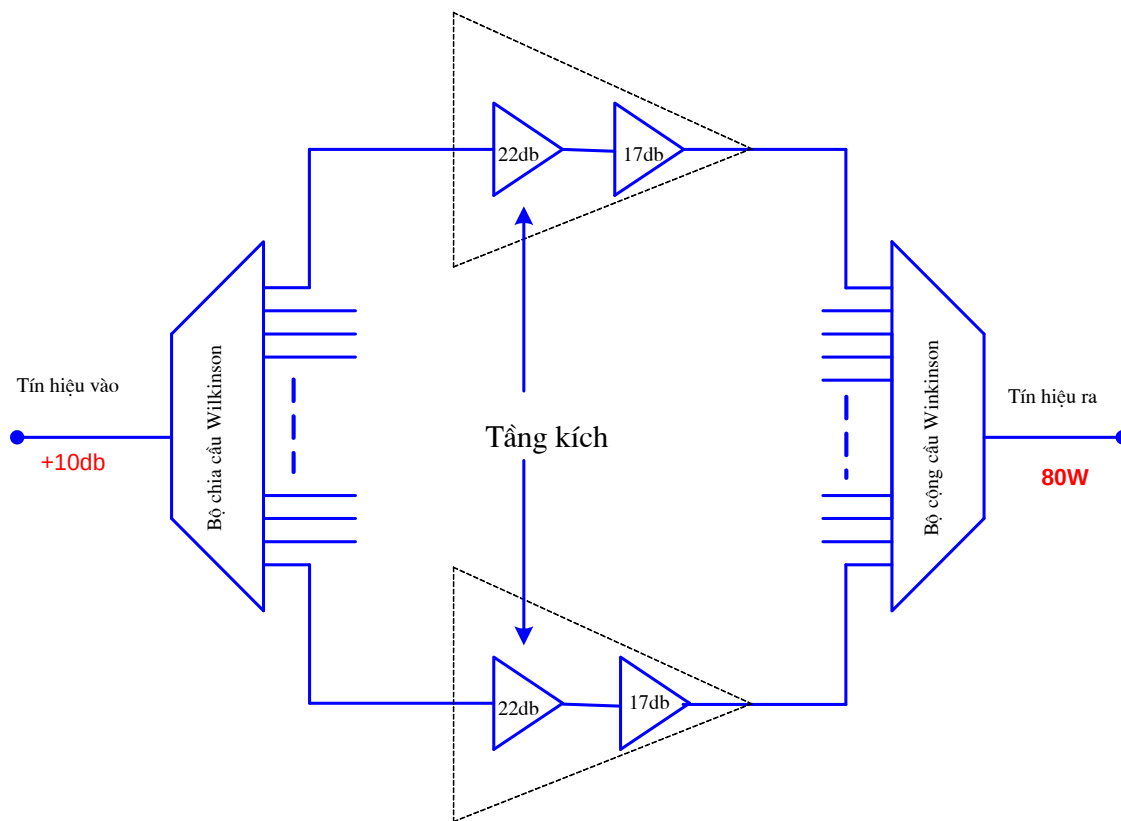
2.6.4. Phối hợp trở kháng bằng đoạn dây $\lambda/4$

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

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

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ CHẾ TẠO MẠCH KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT SIÊU CAO TẦN

Để tạo ra máy phát radar thế hệ mới ở dải sóng 820Mhz – 900 Mhz, với công suất là 10KW xung, phương án đề xuất là cộng công suất của nhiều module công suất nhỏ hơn để tạo ra khối công suất lớn.

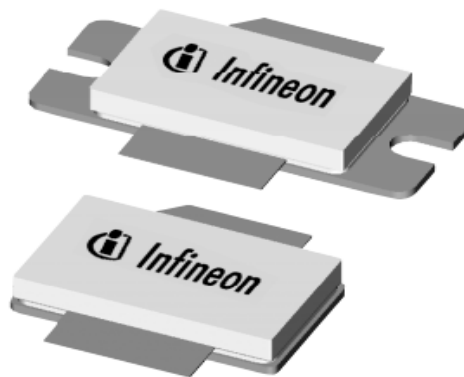


Hình 3.1 Bộ tổ hợp công suất trong đề tài luận văn

1. Thiết kế, mô phỏng, chế tạo bộ khuếch đại công suất dùng Transistor PTFA092201E.

PTFA092201E
Package H-36260-2

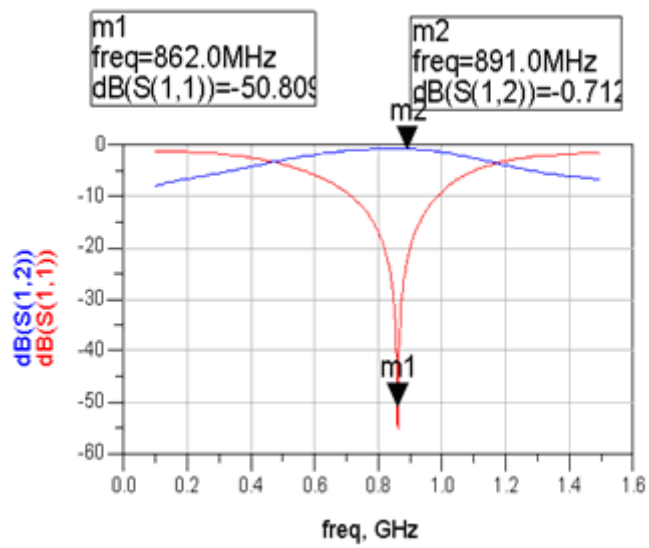
PTFA092201F
Package H-37260-2



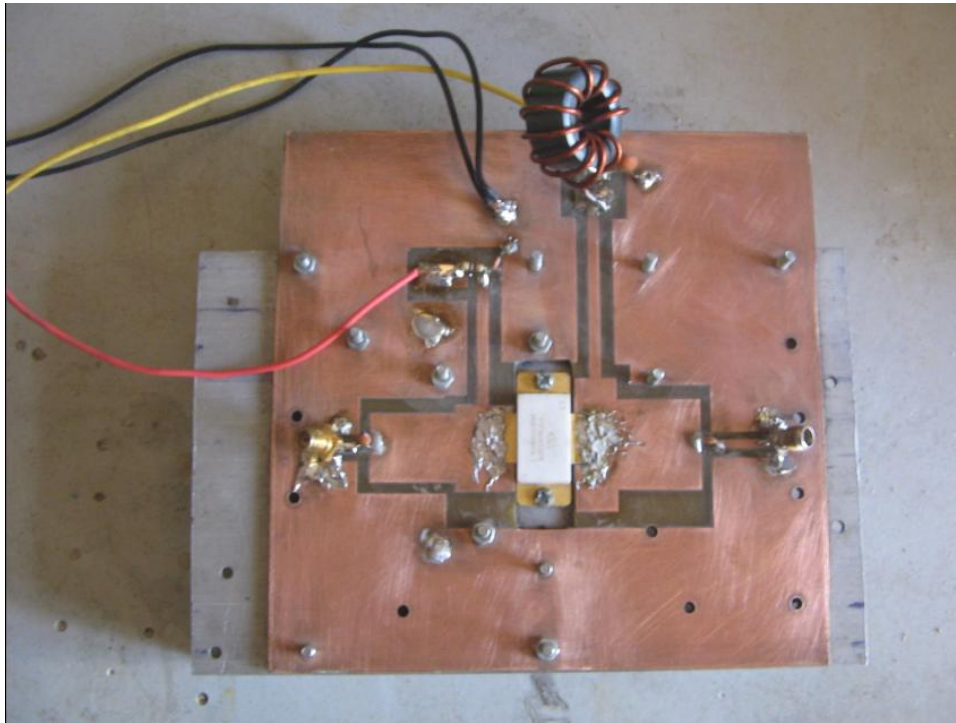
Features

2. Mô phỏng kết quả tính toán phối hợp trở kháng

Hình 3.5: Kết quả mô phỏng phối hợp trở kháng đầu vào



Hình 3.6: Kết quả mô phỏng phối hợp trở kháng đầu ra



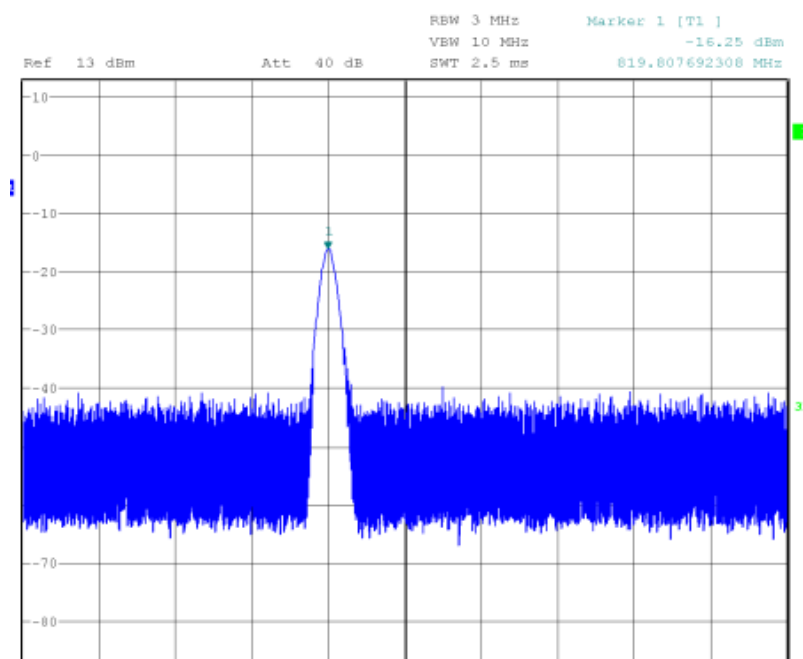
Hình 3.7. Mạch chế tạo

3. Kết quả đo



Hình 3.13. oát kế chỉ 80W khi tín hiệu đầu vào 9dbm

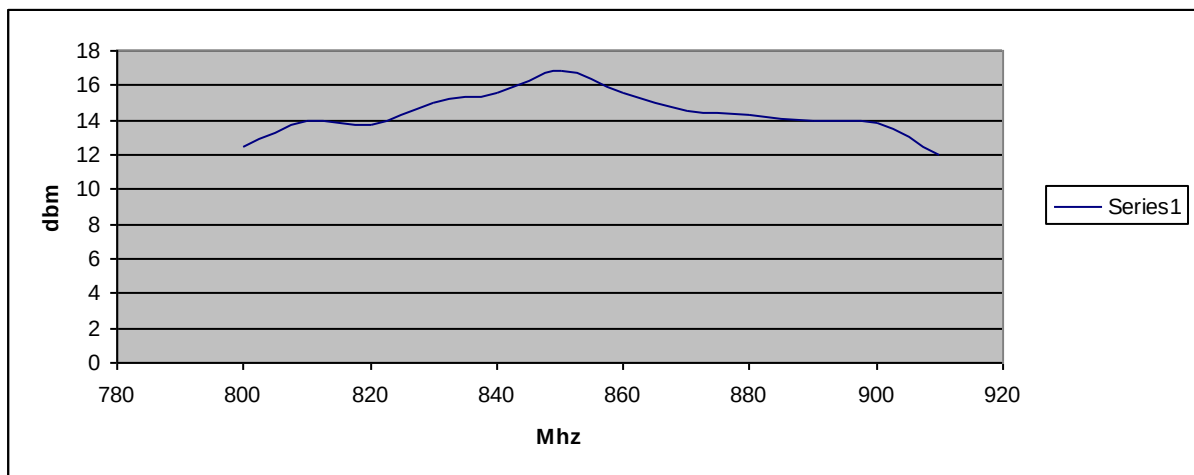
Để đánh giá độ ổn định của bộ khuếch đại, tôi tiến hành khảo sát dải thông từ 802Mhz-900Mhz. Kết quả thu được như sau:



Hình 3.14. Phổ tần số 820Mhz

Bảng 2: Khảo sát dải thông

Tần số (Mhz)	Công suất vào(dBm)	Công suất ra(dBm)	Hệ số khuếch đại(dB)
800	-30	-17.54	12.46
810	-30	-16.04	13.96
820	-30	-16.25	13.75
830	-30	-15.05	14.95
840	-30	-14.42	15.58
850	-30	-15.10	16.9
860	-30	-14.45	15.55
870	-30	-15.48	14.52
880	-30	-15.68	14.32
890	-30	-16.06	13.94
900	-30	-16.12	13.88
910	-30	-17.96	12.04



Hình 3.20. Giảm đồ dải thông của bộ khuếch đại công suất

1. KẾT LUẬN

Luận văn đã tìm hiểu một cách tổng quan về hoạt động của máy phát radar thể hệ mới hoạt động ở dải sóng dm. Từ cơ sở lý thuyết về kỹ thuật siêu cao tần, kết hợp với mô phỏng và tính toán. Kết quả luận văn đã chế tạo được một module khuếch đại công suất đầu ra 80W hoạt động ở dải tần từ 820Mhz – 900Mhz với độ ổn định cao. Tuy mới chỉ đạt được những kết quả còn rất khiêm tốn nhưng đây là bước đầu quan trọng để tôi có thêm tự tin tìm hiểu và nghiên cứu và ứng dụng trong lĩnh vực siêu cao tần. Tiếp tục nghiên cứu các giải pháp thiết kế nâng cao công suất cho các module khuếch đại có công suất lỗi ra lớn hơn 100W.