

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH

KHOA ĐIỆN ĐIỆN TỬ

BỘ MÔN KỸ THUẬT MÁY TÍNH - VIỄN THÔNG

ĐỒ ÁN 1

## **THIẾT KẾ MẠCH ĐIỀU CHẾ AM-DSB**

NGÀNH CÔNG NGHỆ KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ - TRUYỀN THÔNG

Sinh viên: **LƯU VÕ HOÀNG THỊNH**

MSSV: 22161032

**LÂM VIỆT HÙNG**

MSSV: 22161016

TP. HỒ CHÍ MINH – 06/2025

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH

KHOA ĐIỆN ĐIỆN TỬ

BỘ MÔN KỸ THUẬT MÁY TÍNH - VIỄN THÔNG

ĐỒ ÁN 1

## **THIẾT KẾ MẠCH ĐIỀU CHẾ AM-DSB**

NGÀNH CÔNG NGHỆ KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ - TRUYỀN THÔNG

Sinh viên: **LƯU VÕ HOÀNG THỊNH**

MSSV: 22161032

**LÂM VIỆT HÙNG**

MSSV: 22161016

Hướng dẫn: **ThS. TRƯƠNG QUANG PHÚC**

TP. HỒ CHÍ MINH – 05/2025

## LỜI CẢM ƠN

Nhóm em xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến Thầy Trương Quang Phúc – người đã trực tiếp hướng dẫn nhóm em trong quá trình thực hiện đồ án. Thầy đã tận tâm hỗ trợ, luôn theo sát từng bước thực hiện, đưa ra những góp ý quý báu và tạo điều kiện tốt nhất để nhóm em có thể hoàn thành đồ án một cách hiệu quả. Sự đồng hành và định hướng của Thầy là nguồn động lực to lớn, giúp nhóm em vượt qua những khó khăn trong suốt quá trình thực hiện đồ án.

Nhóm em cũng xin gửi lời cảm ơn chân thành đến Ban Giám hiệu Nhà trường và Bộ môn Kỹ thuật Máy tính – Viễn thông đã tạo điều kiện thuận lợi về cơ sở vật chất, môi trường học tập chuyên nghiệp và luôn hỗ trợ sinh viên triển khai, hoàn thành đồ án một cách tốt nhất.

Một lần nữa, nhóm em xin chân thành cảm ơn!

**Trân trọng**

Sinh viên thực hiện

Lưu Võ Hoàng Thịnh

Lâm Việt Hùng

# TÓM TẮT

Trong lĩnh vực truyền thông analog, kỹ thuật điều chế biên độ (AM) đóng vai trò then chốt trong việc truyền tải tín hiệu tin tức qua sóng mang. Đề tài này tập trung vào việc thiết kế và mô phỏng mạch điều chế biên độ DSB (AM-DSB), một kỹ thuật cơ bản nhưng mang tính ứng dụng rộng rãi trong các hệ thống truyền thông.

Mô hình thiết kế được chia thành ba khối chức năng chính: khối tạo tín hiệu tin tức, khối tạo tín hiệu sóng mang và khối điều chế AM-DSB. Các khối chức năng được xây dựng dựa trên nghiên cứu lý thuyết nền tảng về nguyên lý điều chế biên độ và phân tích đặc điểm hoạt động của từng thành phần. Sau đó, các khối được tích hợp thành một hệ thống hoàn chỉnh, đáp ứng đầy đủ yêu cầu kỹ thuật của một mạch điều chế AM-DSB.

Trong quá trình mô phỏng, phần mềm MATLAB được sử dụng để xây dựng và hiển thị các tín hiệu tin tức, tín hiệu sóng mang, tín hiệu AM-DSB, đồng thời phân tích phổ biên độ của tín hiệu điều chế. Bên cạnh đó, phần mềm Multisim được dùng để xây dựng sơ đồ mạch điện tương ứng, mô phỏng hoạt động phần cứng của mạch điều chế và so sánh kết quả thực tế với mô phỏng trên MATLAB, nhằm đảm bảo tính chính xác và khả năng hoạt động thực tế của mô hình.

Toàn bộ quá trình thiết kế và mô phỏng được thực hiện với mục tiêu xác minh tính đúng đắn của tín hiệu AM-DSB và khả năng hoạt động ổn định của hệ thống. Kết quả của đề tài là một mô hình mô phỏng hoàn chỉnh, hoạt động đúng theo lý thuyết, đồng thời cho phép quan sát trực quan quá trình điều chế biên độ, góp phần khẳng định tính hiệu quả và độ tin cậy của phương pháp điều chế AM-DSB.

# MỤC LỤC

<b>DANH MỤC HÌNH.....</b>	<b>viii</b>
<b>DANH MỤC BẢNG.....</b>	<b>x</b>
<b>CÁC TỪ VIẾT TẮT .....</b>	<b>xi</b>
<b>CHƯƠNG 1 GIỚI THIỆU .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Cơ sở kỹ thuật và định hướng triển khai đề tài.....</b>	<b>1</b>
1.1.1 Bối cảnh nghiên cứu .....	1
1.1.1 Tính cấp thiết của vấn đề nghiên cứu .....	1
<b>1.2 HƯỚNG TIẾP CẬN, GIẢI PHÁP VÀ XU HƯỚNG, THÁCH THỨC</b>	
<b>VÀ QUAN ĐIỂM.....</b>	<b>2</b>
1.2.1 Hướng tiếp cận .....	2
1.2.2 Giải pháp .....	3
1.2.3 Xu hướng .....	3
1.2.4 Thách thức .....	4
1.2.5 Quan điểm .....	5
1.2.6 Giới hạn đề tài .....	5
<b>1.3 Vấn đề, mục đích và mục tiêu nghiên cứu .....</b>	<b>6</b>
1.3.1 Vấn đề nghiên cứu.....	6
1.3.2 Mục đích nghiên cứu .....	6
1.3.3 Mục tiêu nghiên cứu .....	6
<b>CHƯƠNG 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Điều chế AM-DSB.....</b>	<b>8</b>
2.1.1 Khái niệm .....	8
<b>2.2 Xây dựng bài toán để thực nghiệm và mô phỏng.....</b>	<b>10</b>

<b>CHƯƠNG 3 THIẾT KẾ HỆ THỐNG .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Tổng quan của hệ thống.....</b>	<b>13</b>
3.1.1 Sơ đồ khối.....	13
3.1.2 Khối nguồn .....	14
3.1.3 Khối tin tức .....	14
3.1.4 Khối sóng mang.....	16
3.1.5 Khối điều chế.....	17
<b>CHƯƠNG 4 MÔ PHỎNG HỆ THỐNG .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1 Mô phỏng trên Multisim .....</b>	<b>19</b>
4.1.1 Khối nguồn .....	19
4.1.2 Khối tạo tín hiệu tin tức.....	20
4.1.3 Khối tạo tín hiệu sóng mang.....	22
4.1.4 Khối điều chế.....	23
4.1.5 Kết nối toàn hệ thống. ....	25
<b>4.2 Mô phỏng trên MATLAB.....</b>	<b>27</b>
4.2.1 Lưu đồ giải thuật .....	28
4.2.2 Code và giải thích.....	30
<b>4.3 Mô phỏng trên proteus.....</b>	<b>33</b>
<b>CHƯƠNG 5 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN .....</b>	<b>36</b>
<b>5.1 Kết quả mô phỏng và thực nghiệm từng khối .....</b>	<b>36</b>
5.1.1 Khối nguồn .....	36
5.1.2 Khối tạo tín hiệu tin tức.....	38
5.1.3 Khối tạo tín hiệu sóng mang.....	40
5.1.4 Khối điều chế.....	43

<b>CHƯƠNG 6 KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN .....</b>	<b>46</b>
<b>6.1 Kết luận .....</b>	<b>46</b>
<b>6.2 Hướng phát triển .....</b>	<b>47</b>
<b>PHỤ LỤC .....</b>	<b>48</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>49</b>

## DANH MỤC HÌNH

Hình 2.1: Phổ của tín hiệu trong miền tần số.....	9
Hình 2.2: Dạng sóng của tín hiệu và phổ của tín hiệu. ....	12
Hình 2.3: Công suất của tín hiệu.....	12
Hình 3.1: Sơ đồ khối hệ thống điều chế AM_DSB .....	13
Hình 3.2: Mạch nguồn .....	14
Hình 3.3: Mạch tạo tín hiệu tin tức .....	15
Hình 3.4: Mạch tạo tín hiệu sóng mang.....	16
Hình 3.5: Sơ đồ mạch điều chế .....	17
Hình 4.1: Thiết kế mô phỏng khối nguồn. ....	20
Hình 4.2: Thiết kế mô phỏng khối tạo tín hiệu tin tức.....	21
Hình 4.3: Thiết kế mô phỏng khối tạo tín hiệu sóng mang. ....	23
Hình 4.4: Thiết kế mô phỏng khối điều chế .....	25
Hình 4.5: Thiết kế mô phỏng hệ thống. ....	26
Hình 4.6: Lưu đồ giải thuật hệ thống điều chế AM_DSB. ....	28
Hình 4.7: Thiết kế mô phỏng trên Proteus.....	34
Hình 4.8: Layout của toàn mạch. ....	35
Hình 4.9: Mạch in của layout toàn mạch. ....	35
Hình 5.1: Mạch nguồn. ....	36
Hình 5.2: Kết quả trên mô phỏng của mạch nguồn. ....	36
Hình 5.3: Kết quả thực tế của mạch nguồn.....	37
Hình 5.4: Mạch tạo tín hiệu tin tức. ....	38
Hình 5.5: Dạng sóng đo được trên mô phỏng và thực tế. ....	38
Hình 5.6: Phổ tần đo được trên mô phỏng và thực tế. ....	38
Hình 5.7: Mạch tạo tín hiệu sóng mang.....	40
Hình 5.8: Dạng sóng đo được khi mô phỏng và thực tế. ....	41
Hình 5.9: Phổ tần đo được khi mô phỏng và thực tế. ....	41
Hình 5.10: Mạch điều chế.....	43
Hình 5.11: Mạch toàn hệ thống.....	43
Hình 5.12: Dạng sóng tín hiệu điều chế đo được khi mô phỏng và thực tế. ....	43



Hình 5.13: Phổ tần mô phỏng và thực tế của tín hiệu điều chế. ....	44
Hình 5.14: Bảng thông của tín hiệu điều chế.....	44

# **DANH MỤC BẢNG**

## CÁC TỪ VIẾT TẮT

AF	Audio Frequency
AM	Amplitude Modulation
AM-DSB	Amplitude Modulation – Double Sideband
AM-DSB-SC	Amplitude Modulation – Double Sideband Suppressed Carrier
DC	Direct Current
DSB	Double Sideband
DSB-FC	Double Sideband Full Carrier
DSB-SC	Double Sideband Suppressed Carrier
FFT	Fast Fourier Transform
FM	Frequency Modulation
FPGA	Field Programmable Gate Array
IC	Integrated Circuit
LC	Inductor-Capacitor
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
PCB	Printed Circuit Board
PLL	Phase-Locked Loop
PSK	Phase Shift Keying
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
RC	Resistor-Capacitor
RF	Radio Frequency
SDR	Software Defined Radio
SSB	Single Sideband

# CHƯƠNG 1

## GIỚI THIỆU

### 1.1 CƠ SỞ KỸ THUẬT VÀ ĐỊNH HƯỚNG TRIỂN KHAI ĐỀ TÀI

#### 1.1.1 Bối cảnh nghiên cứu

Trong bối cảnh chuyển đổi số cùng sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ thông tin và truyền thông, các hệ thống truyền dẫn tín hiệu ngày càng được nâng cấp nhằm đáp ứng các yêu cầu về tốc độ, độ ổn định và độ chính xác trong trao đổi dữ liệu. Mặc dù truyền thông số hiện đang chiếm ưu thế, các phương pháp truyền thông tương tự, chẳng hạn như điều chế biên độ (AM), vẫn giữ vai trò quan trọng, đặc biệt trong giảng dạy, nghiên cứu, cũng như một số ứng dụng thực tiễn như phát thanh, hàng không hay các thiết bị thu phát cơ bản.

Trong số đó, điều chế biên độ hai dải tần (AM-DSB) được xem là một kỹ thuật điều chế cổ điển, dễ dàng triển khai và mang tính trực quan cao. Phương pháp này thường được áp dụng như một công cụ giảng dạy hữu ích, giúp sinh viên nắm vững bản chất của quá trình truyền tín hiệu. Đáp ứng nhu cầu kết hợp giữa lý thuyết và thực hành, việc thiết kế mạch điều chế AM-DSB có ý nghĩa thực tiễn sâu sắc, góp phần củng cố nền tảng kiến thức lý thuyết và nâng cao kỹ năng kỹ thuật. Xuất phát từ những ý nghĩa đó, nhóm chúng tôi đã lựa chọn thực hiện đề tài “Mạch điều chế” như một bước khởi đầu hướng tới nghiên cứu và phát triển các hệ thống truyền thông hiện đại trong tương lai.

#### 1.1.1 Tính cấp thiết của vấn đề nghiên cứu

Trong ngành kỹ thuật điện – điện tử, việc nắm vững kỹ thuật điều chế tín hiệu là nền tảng quan trọng cho các môn như truyền thông số, xử lý tín hiệu và hệ thống thông tin vô tuyến. Trong đó, kỹ thuật điều chế biên độ AM-DSB được

xem là phương pháp đơn giản, trực quan và phù hợp cho sinh viên ở giai đoạn cơ bản.

Mặc dù các công nghệ hiện đại như QAM, PSK hay OFDM ngày càng phổ biến, hiểu rõ nguyên lý truyền dẫn và thu nhận tín hiệu vẫn là yếu tố cốt lõi trong đào tạo kỹ sư. Việc thiết kế và thực hiện mạch điều chế AM-DSB không chỉ rèn luyện tư duy logic, kỹ năng thao tác linh kiện mà còn hỗ trợ đắc lực trong công tác giảng dạy và thực hành tại phòng thí nghiệm.

Do đó, đề tài mang lại ý nghĩa thiết thực trong việc củng cố kiến thức nền, kết nối lý thuyết với thực tiễn và trang bị kỹ năng cần thiết để sinh viên tự tin tiếp cận các hệ thống truyền thông hiện đại.

## **1.2 HƯỚNG TIẾP CẬN, GIẢI PHÁP VÀ XU HƯỚNG, THÁCH THỨC VÀ QUAN ĐIỂM**

### **1.2.1 Hướng tiếp cận**

Nhóm đã lựa chọn cách tiếp cận dựa trên mô hình phân tầng, qua đó chia hệ thống thành ba khối chức năng độc lập: khối tạo tín hiệu thông tin, khối tạo sóng mang và khối điều chế. Phương pháp này cho phép tập trung thiết kế và kiểm tra từng khối riêng lẻ trước khi tiến hành tích hợp toàn bộ hệ thống.

Khối tạo tín hiệu thông tin sử dụng IC TL074 để sinh ra tín hiệu âm thanh với dải tần từ 300 Hz đến vài kHz, phù hợp cho việc mô phỏng các tín hiệu thoại hoặc âm nhạc. Trong khi đó, khối tạo sóng mang sử dụng transistor 2N3904 hoạt động ở chế độ Colpitts hoặc Clapp, tạo ra tín hiệu trong dải tần từ 100k đến 500 kHz, đảm bảo độ chính xác và ổn định trong quá trình vận hành hệ thống.

Trọng tâm của hệ thống là khối điều chế AM-DSB, sử dụng IC MC1496. IC này kết hợp sóng mang và tín hiệu thông tin để tạo ra tín hiệu điều chế hai biên (DSB), giúp nâng cao hiệu suất xử lý đồng thời giảm thiểu nhiễu. Lựa chọn cấu trúc này hỗ trợ sinh viên nắm vững lý thuyết điều chế DSB thông qua kết hợp lý thuyết và thực hành.

Cách tiếp cận trên không chỉ khai thác tối ưu lý thuyết điều chế biên độ mà còn có giá trị thực tiễn cao trong việc thiết kế mạch. Việc sử dụng các linh kiện tiêu chuẩn với tài liệu đầy đủ vừa cải thiện tính sư phạm, vừa mở ra tiềm năng nâng cấp hệ thống như bổ sung mạch giải điều chế hay tích hợp thêm các thiết bị đo kiểm.

### **1.2.2 Giải pháp**

Dựa trên cơ sở lý thuyết và kết quả khảo sát các linh kiện, nhóm đã quyết định lựa chọn phương án thiết kế mạch điều chế AM-DSB với cấu trúc gồm ba khối chính: khối tạo tín hiệu thông tin, khối tạo sóng mang và khối điều chế. Trong đó, IC TL074 được sử dụng để tạo ra tín hiệu sin có tần số thấp nhờ khả năng khuếch đại tuyến tính hiệu quả và mức nhiễu thấp. Transistor 2N3904 được cấu hình dưới dạng mạch dao động Clapp nhằm cung cấp tín hiệu sóng mang có tần số cao và độ ổn định tốt. Đối với khối điều chế, nhóm sử dụng IC MC1496, một mạch điều chế cân bằng phổ biến, phù hợp với các tín hiệu dạng DSB-SC hoặc DSB-FC. Phương án này không chỉ đảm bảo sự đơn giản trong thiết kế mà còn đáp ứng tốt các yêu cầu về mô phỏng và thực hành trong môi trường giáo dục kỹ thuật truyền thông tương tự.

### **1.2.3 Xu hướng**

Trong tương lai, các hệ thống truyền thông sẽ tiếp tục phát triển mạnh mẽ theo hướng số hóa hoàn toàn, tập trung vào tốc độ truyền tải cao, khả năng chống nhiễu tốt và tối ưu hóa băng thông. Tuy nhiên, việc nghiên cứu và mô phỏng các kỹ thuật truyền thông analog như AM-DSB vẫn đóng vai trò quan trọng trong việc xây dựng nền tảng kỹ thuật cho người học và các nhà nghiên cứu. Xu hướng tích hợp các phương pháp điều chế analog vào hệ thống số như SDR (Software Defined Radio) hoặc trên các nền tảng nhúng như STM32 và FPGA ngày càng trở nên thịnh hành, tạo điều kiện thuận lợi cho sinh viên và kỹ sư trong việc mô phỏng, điều chỉnh và phân tích tín hiệu. Bên cạnh đó, các ứng dụng sử dụng tần số thấp và chi phí thấp như thiết bị truyền tín hiệu cơ bản, phát thanh địa phương hay giảng dạy vẫn ưa chuộng những kỹ thuật điều chế đơn giản như AM-DSB

nhờ vào tính trực quan và dễ triển khai. Từ những nền tảng này, đề tài có thể mở rộng theo nhiều hướng như xây dựng hệ thống phát – thu AM hoàn chỉnh, tích hợp thêm khối giải điều chế và bộ lọc tín hiệu, hoặc nghiên cứu sâu hơn các kỹ thuật điều chế khác như SSB, FM, đồng thời so sánh hiệu quả giữa điều chế analog và số trong môi trường thực tế.

#### **1.2.4 Thách thức**

Trong quá trình triển khai, nhóm thực gặp nhiều lỗi kỹ thuật liên quan đến thiết kế và lựa chọn linh kiện. Từng khối chức năng trong mạch có các yêu cầu kỹ thuật riêng, đòi hỏi độ chính xác cao cả về tính toán lẫn thao tác.

Thứ nhất, việc tạo tín hiệu thông tin bằng IC TL074 yêu cầu phải cấu hình op-amp đúng tiêu chuẩn để đảm bảo tạo ra sóng sin ổn định. Khi chọn sai giá trị điện trở hồi tiếp hoặc điện áp phân cực, tín hiệu rất dễ bị méo, nhiễu hoặc mất cân bằng, ảnh hưởng nghiêm trọng đến chất lượng của quá trình điều chế.

Thứ hai, với mạch dao động dựa trên transistor 2N3904, phải bảo đảm dao động có thể xảy ra và duy trì ổn định. Các lỗi phổ biến bao gồm mạch không dao động, tần số dao động không chính xác do tính sai giá trị L/C hoặc sóng mang có biên độ yếu do không điều chỉnh hợp lý điện áp phân cực.

Thứ ba, trong phần điều chế, IC MC1496 yêu cầu tín hiệu đầu vào đạt chuẩn về biên độ và mức cân bằng. Nếu không chính xác, tín hiệu AM đầu ra dễ bị méo dạng, xuất hiện lệch DC hoặc không thể triệt tiêu sóng mang khi vận hành ở chế độ DSB-SC.

Thứ tư, quá trình đánh giá tín hiệu điều chế chủ yếu dựa vào mô phỏng và các thiết bị đo lường như dao động ký. Các thao tác này đòi hỏi sự hiểu biết về cấu hình tần số quét, thang đo, điểm đo chính xác. Sai sót trong thiết lập có thể dẫn đến những kết quả hiển thị sai lệch, gây nhầm lẫn trong quá trình phân tích.

Nhìn chung, các lỗi thường gặp như tín hiệu đầu ra không đối xứng, xuất hiện nhiễu hoặc mạch không hoạt động thường xuất phát từ cấu hình linh kiện chưa đúng, nguồn cung cấp không ổn định hoặc sai sót trong quá trình đo kiểm.

Điều này đòi hỏi người thực hiện cần rèn luyện khả năng phân tích, nhận diện lỗi và chỉnh sửa trong từng bước thiết kế và thực hành.

### **1.2.5 Quan điểm**

Từ góc độ chuyên ngành, mạch điều chế AM-DSB được xem là bài học nền tảng quan trọng trong kỹ thuật truyền thông. Mặc dù hiện nay các hệ thống truyền thông số ngày càng phổ biến, nhưng việc nắm vững các khái niệm cơ bản như sóng mang, biên độ, phổ tần, hay cách thức tín hiệu được điều chế vẫn là yếu tố không thể thiếu.

Trong giảng dạy, AM-DSB thường được lựa chọn làm ví dụ điển hình vì dễ dàng mô phỏng và quan sát trực quan sự thay đổi của tín hiệu trên dao động ký. Qua đó, sinh viên có thể hình dung rõ ràng hơn về quy trình truyền tín hiệu từ đầu vào đến đầu ra.

Hơn thế, việc trực tiếp thiết kế và lắp ráp mạch điều chế bằng các linh kiện như op-amp, transistor hay IC MC1496 giúp sinh viên nâng cao kỹ năng thực hành mạch và hỗ trợ họ trong việc phân tích lỗi và kết nối lý thuyết với thực tế. Đó đều là những kỹ năng cần thiết để bước sâu vào các lĩnh vực như thiết kế mạch RF, hệ thống đo lường, hoặc trong quá trình thực hiện đồ án tốt nghiệp và các luận văn sau này.

### **1.2.6 Giới hạn đề tài**

Trong khuôn khổ thực hiện của Đồ án 1, đề tài chủ yếu tập trung vào việc thiết kế và xây dựng mạch điều chế tín hiệu AM-DSB. Cụ thể, hệ thống được phát triển bao gồm ba khối chức năng chính: khối tạo tín hiệu thông tin, khối tạo sóng mang và khối điều chế, với các linh kiện rời rạc như IC TL074, transistor 2N3904 và IC MC1496.

Do giới hạn về thời gian, thiết bị và mục tiêu đào tạo của học phần, đề tài chưa triển khai phân giải điều chế. Việc phân tích và đánh giá tín hiệu đầu ra được thực hiện chủ yếu thông qua phần mềm mô phỏng và các thiết bị đo lường như dao động ký, mà chưa kiểm chứng trong môi trường truyền – thu thực tế.



Những giới hạn này được đặt ra nhằm đảm bảo đề tài phù hợp với các điều kiện trong phòng thí nghiệm, thời lượng học phần cũng như năng lực của sinh viên trong giai đoạn học tập hiện tại. Tuy nhiên, đây cũng là nền tảng để mở rộng và phát triển đề tài ở các học phần hay nghiên cứu sau này, với khả năng bổ sung thêm khối giải điều chế, lọc tín hiệu hoặc xây dựng một hệ thống truyền phát hoàn chỉnh.

### **1.3 VẤN ĐỀ, MỤC ĐÍCH VÀ MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU**

#### **1.3.1 Vấn đề nghiên cứu**

Trong đào tạo kỹ thuật điện – điện tử, việc sinh viên chỉ tiếp cận lý thuyết mà không thực hành dễ gây khó khăn trong việc hiểu sâu bản chất truyền dẫn. Mặc dù các kỹ thuật truyền thông số ngày càng phổ biến, nhưng AM – đặc biệt là AM-DSB – vẫn là nền tảng quan trọng giúp sinh viên hình dung rõ cách tín hiệu được mã hóa và truyền đi.

#### **1.3.2 Mục đích nghiên cứu**

Đề tài hướng đến việc thiết kế và hiện thực hóa một mạch điều chế AM-DSB đơn giản, sử dụng các linh kiện phổ biến như TL074, 2N3904 và MC1496. Qua đó, sinh viên có thể trực tiếp quan sát tín hiệu điều chế, hiểu rõ mối liên hệ giữa lý thuyết và thực tế, đồng thời nâng cao kỹ năng thực hành, phân tích và xử lý tín hiệu. Mô hình này cũng nhằm hỗ trợ công tác giảng dạy và mô phỏng trong phòng thí nghiệm.

#### **1.3.3 Mục tiêu nghiên cứu**

Để đạt được những mục đích nghiên cứu đã nêu ra thì đề án phải có những mục tiêu cụ thể như sau:

- Thiết kế mạch điều chế AM-DSB gồm ba khối chức năng: tạo tín hiệu, tạo sóng mang và điều chế.
- Mô phỏng bằng phần mềm.
- Thiết kế phần cứng và kiểm tra hoạt động.
- Đánh giá chất lượng tín hiệu đầu ra, nhận diện lỗi và điều chỉnh phù hợp.

- Góp phần cung cấp mô hình học tập thực tiễn cho sinh viên ngành kỹ thuật.

# CHƯƠNG 2

## CƠ SỞ LÝ THUYẾT

### 2.1 ĐIỀU CHẾ AM-DSB

Năm yếu tố cơ bản của một tín hiệu điều chế:

- Biểu diễn miền thời gian của tín hiệu được điều chế.
- Biểu diễn miền tần số của tín hiệu được điều chế.
- Các thành phần công suất của tín hiệu được điều chế.
- Băng thông của tín hiệu được điều chế.
- Tỷ số tín hiệu trên nhiễu sau khi giải điều chế.

#### 2.1.1 Khái niệm

Điều chế AM-DSB là quá trình nhân tín hiệu thông tin với sóng mang để tạo ra tín hiệu có thể truyền đi xa, dễ thu và dễ tách sóng.

Công thức điều chế biên độ hai bên (AM-DSB):

$$u(t) = A_c \cdot m(t) \cdot \cos 2\pi f_c t$$

Trong đó:

- $u(t)$ : tín hiệu đã được điều chế
- $m(t)$ : tín hiệu thông tin (baseband)
- $A_c$ : biên độ sóng mang
- $f_c$ : tần số sóng mang

Với sóng mang (carrier) là tín hiệu sóng mang chưa mang thông tin:

$$c(t) = A_c \cdot \cos 2\pi f_c t$$

Băng thông của tín hiệu điều chế:

$$B_t = 2B_m$$

Với  $B_m$  là băng thông của tín hiệu tin tức, vậy thì băng thông của tín hiệu điều chế AM\_DSB sẽ gấp đôi với băng thông của tín hiệu tin tức.

Biểu diễn của tín hiệu AM\_DSB trong miền tần số (FFT):

$$\cos 2\pi f_c t \leftrightarrow \frac{1}{2} [\delta(f - f_c) + \delta(f + f_c)]$$

Dùng tính nhân chập

$$F\{m(t) * \cos(2\pi f_c t)\} = M(f) * F\{\cos(2\pi f_c t)\}$$

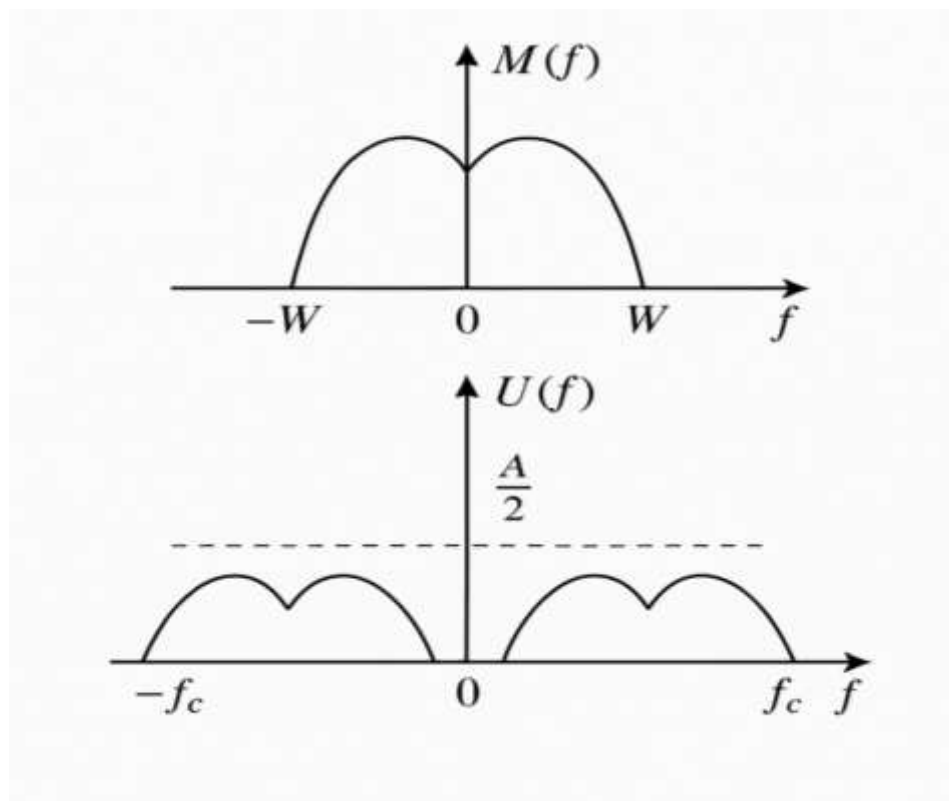
Thì ta được:

$$M(f) * \left[ \frac{1}{2} \delta(f - f_c) + \frac{1}{2} \delta(f + f_c) \right] = \frac{1}{2} [M(f - f_c) + M(f + f_c)]$$

Từ trên ta sẽ suy ra được công thức tổng quát là:

$$U(f) = \frac{A_c}{2} (M(f - f_c) + \frac{A_c}{2} M(f + f_c))$$

Phổ của tín hiệu trong miền tần số:



**Hình 2.1:** Phổ của tín hiệu trong miền tần số

Thành phần công suất tín hiệu được tính như sau:

$$\begin{aligned}
 P_u &= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} u^2(t) dt \\
 &= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} A_c^2 m^2 \cos^2(2\pi f_c t) dt \\
 &= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} A_c^2 \frac{1 + \cos(4\pi f_c t)}{2} dt \\
 &= A_c^2 \left\{ \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} \frac{m^2(t)}{2} dt + \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} m^2(t) \frac{\cos(4\pi f_c t)}{2} dt \right\} \\
 &= A_c^2 \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} \frac{m^2(t)}{2} dt \\
 &= \frac{A_c^2}{2} P_m
 \end{aligned}$$

Trong đó:

- $P_m$ : Thành phần công suất của tín hiệu tin tức.
- $T$ : Chu kỳ của tín hiệu.
- $A_c$ : Biên độ của sóng mang.
- $m(t)$ : Tín hiệu tin tức.
- $P_u$ : Thành phần công suất của tín hiệu được điều chế.

Tỷ số tín hiệu trên nhiễu:

$$\left(\frac{S}{N}\right)_0 = \frac{P_R}{N_0 W}$$

Trong đó:

- $P_r$ : Công suất của máy thu.
- $\frac{N_0}{2}$ : Mật độ phổ công suất nhiễu ( Nhiều trắng).
- $W$ : Băng thông tin tức.

## 2.2 XÂY DỰNG BÀI TOÁN ĐỂ THỰC NGHIỆM VÀ MÔ PHỎNG.

Ta có công thức của tín hiệu tin tức  $m(t)$  và tín hiệu sóng mang  $c(t)$ :

$$m(t) = \cos(2\pi \cdot 3k \cdot t)$$

$$c(t) = \cos(2\pi \cdot 460k \cdot t)$$

Biến đổi Fourier:

$$\cos(2\pi f_c t) \leftrightarrow \frac{1}{2}[\delta(f - f_c) + \delta(f + f_c)]$$

$$\cos(2\pi f_m t) \leftrightarrow \frac{1}{2}[\delta(f - f_m) + \delta(f + f_m)]$$

Sử dụng tính chập, chập 2 tín hiệu lại với nhau:

$$U(f) = M(f) * C(f)$$

với:

$$C(f) = \frac{1}{2}[\delta(f - f_c) + \delta(f + f_c)]$$

$$M(f) = \frac{1}{2}[\delta(f - f_m) + \delta(f + f_m)]$$

$$\begin{aligned} \rightarrow U(f) &= \frac{1}{4} \{ [\delta(f - f_m) * \delta(f - f_c) + \delta(f - f_m) * \delta(f + f_c)] \\ &\quad - [\delta(f + f_m) * \delta(f - f_c) + \delta(f + f_m) * \delta(f + f_c)] \} \end{aligned}$$

Sử dụng tính chất chập với Dirac:

$$\delta(f - a) * \delta(f - b) = \delta(f - a - b)$$

$$\begin{aligned} \rightarrow U(f) &= \frac{1}{4} [\delta(f - f_m - f_c) + \delta(f - f_m + f_c) + \delta(f + f_m - f_c) \\ &\quad + \delta(f + f_m + f_c)] \end{aligned}$$

Thay số vào biểu thức:

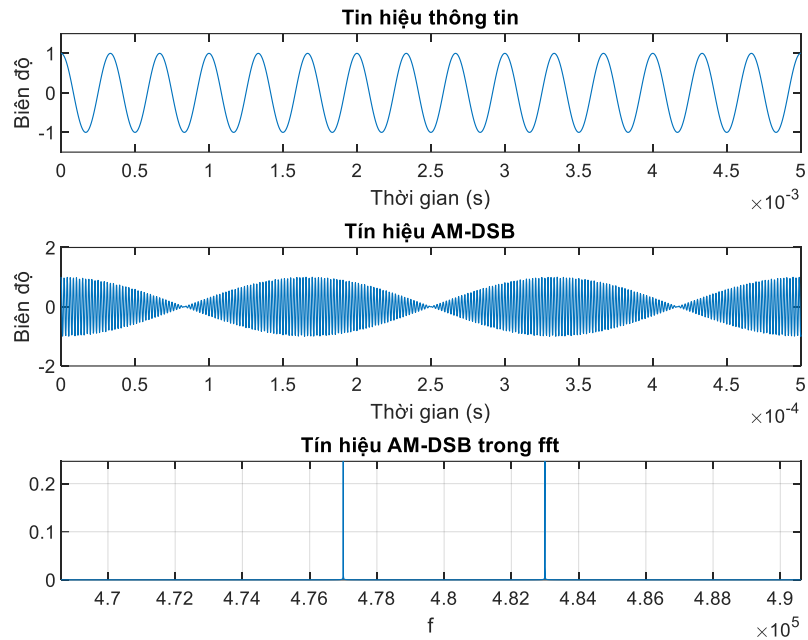
$$\begin{aligned} \rightarrow U(f) &= \frac{1}{4} [\delta(f - 463000) + \delta(f - 457000) + \delta(f + 457000) \\ &\quad + \delta(f + 463000)] \end{aligned}$$

Phổ của tín hiệu sẽ gồm 2 thành phần:

- Thành phần biên dương:
  - + Thành phần tần số thấp là: 457k Hz.
  - + Thành phần tần số cao là: 460k Hz.
- Thành phần biên âm: Thành phần tần số thấp là: -460k Hz.

+ Thành phần tần số cao là: -457k Hz.

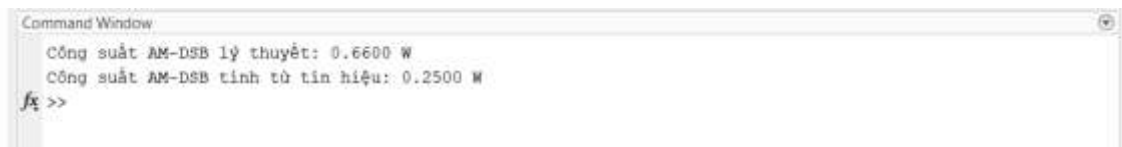
Biểu diễn phổ của tín hiệu:



**Hình 2.2:** Dạng sóng của tín hiệu và phổ của tín hiệu.

Băng thông của tín hiệu sẽ:  $BW = f_{\max} - f_{\min} = 463\text{k} - 457\text{k} = 6\text{k} = 2BW_m$

Công suất của tín hiệu:



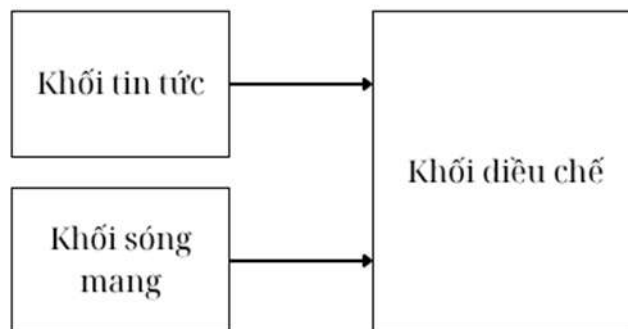
**Hình 2.3:** Công suất của tín hiệu.

# CHƯƠNG 3

## THIẾT KẾ HỆ THỐNG

### 3.1 TỔNG QUAN CỦA HỆ THỐNG

#### 3.1.1 Sơ đồ khối



**Hình 3.1:** Sơ đồ khối hệ thống điều chế AM\_DSB

Điều chế AM\_DSB là một kỹ thuật điều chế phức tạp hơn so với điều chế AM thông thường, điều chế AM thông thường thì chúng ta chỉ cần sử dụng một mạch nhân, nhân các tín hiệu tín tức với sóng mang lại là được, và khi truyền thì sẽ truyền luôn thành phần sóng mang. Việc này dẫn đến vấn đề về hiệu suất năng lượng không tốt.

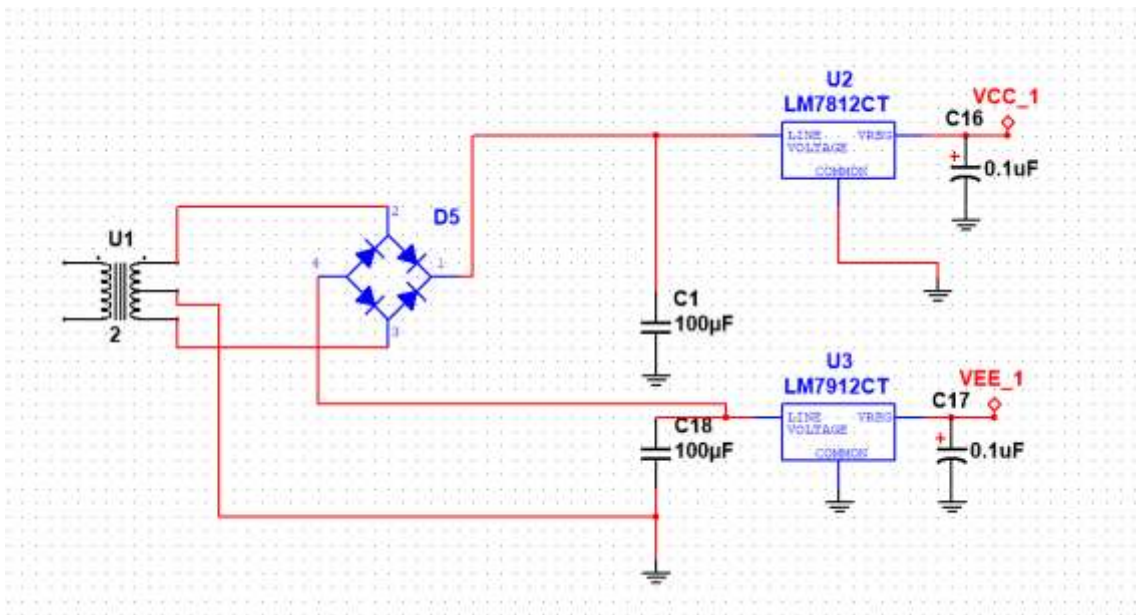
Từ đây người ta đã phát triển một phương pháp điều chế AM khác giúp tối ưu hóa vấn đề hiệu suất năng lượng với độ phức tạp không quá khó.

Một sự khác biệt nữa giữa AM\_DSB và AM thông thường đó chính là vấn đề thu đối với AM thì ta một mạch RC và diode đơn giản nhưng đối với AM\_DSB thì chúng ta phải có một bộ trộn tín hiệu tần số sóng mang cùng với tần số sóng mang truyền đi thì mới thu đúng được tín hiệu tín tức. Điều này cũng giúp chúng ta bảo mật được thông tin khi truyền đi trên môi trường vô tuyến.



### 3.1.2 Khối nguồn

Trong các mạch tương tự như mạch tạo dao động, mạch điều chế hoặc khuếch đại dùng op-amp, thường yêu cầu điện áp đối xứng  $\pm V$  để đảm bảo khả năng dao động toàn phần và hoạt động ổn định của linh kiện. Đặc biệt, trong đề tài này, các IC như TL074 (op-amp) và MC1496 (IC điều chế) đều yêu cầu nguồn đối xứng  $\pm 12V$ . Vì vậy, chúng tôi đã thiết kế một khối nguồn cấp đối xứng  $\pm 12V$  sử dụng chỉnh lưu cầu, lọc nguồn và ổn áp tuyến tính như hình 3.1 dưới đây.



Hình 3.2: Mạch nguồn

### 3.1.3 Khối tín tức

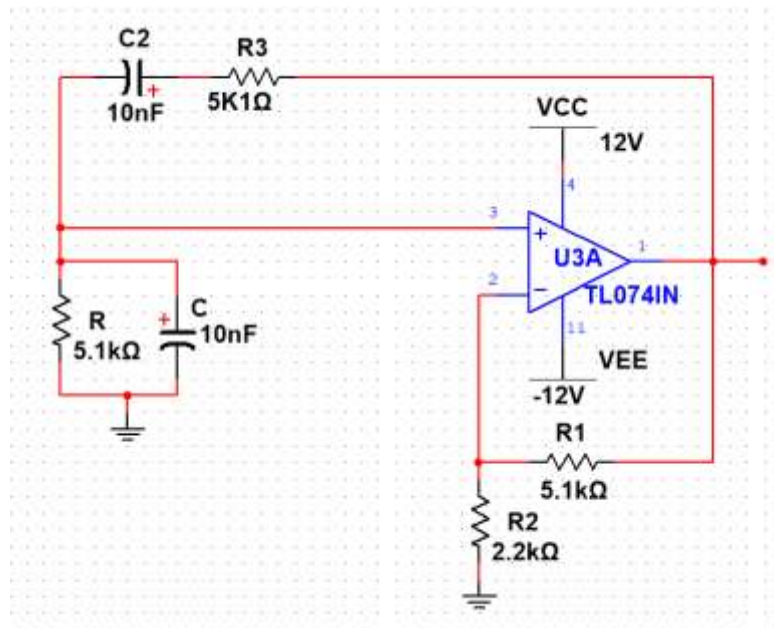
Khối tín tức là khối có chức năng tạo ra tín hiệu dao động có tần số thấp thường từ 3kHz - 10kHz. Và khi thiết kế một mạch tạo dao động 3kHz thì có các yếu tố chúng ta phải chú ý đó là phải lựa chọn mạch dao động thích hợp với dải tần hoạt động cũng như là chi phí và độ phổ biến của các linh kiện.

Đối với tín hiệu tín tức là sin thì một trong những vấn đề cần lưu ý đó là tín hiệu không được quá méo và có thể điều chỉnh được tần số và biên độ phù hợp. Và mạch cầu Wien sử dụng opamp TL0741N là phù hợp với các tiêu chí:

- Tạo tín hiệu Sin không quá méo.

- Tần số dao động có thể hiệu chỉnh được.
- Biên độ của tín hiệu có thể hiệu chỉnh được.
- Dải tần hoạt động của opamp 1Hz - hằng trăm kHz.
- Chi phí rẻ, linh kiện dễ mua và dễ thay thế.
- Mạch có thể tự tạo dao động mà không cần kích.

Thiết kế, tính toán các giá trị thông số của mạch cầu Wien sử dụng opamp TL0741N:



**Hình 3.3:** Mạch tạo tín hiệu tin tức

Tần số dao động của mạch:  $\omega = \frac{1}{RC}$

$$f = \frac{1}{2\pi RC} \quad (\text{chọn } R = 5,1\text{k}\Omega, C = 10\text{nF})$$

$$\Rightarrow f \approx 3\text{k Hz}$$

Điều kiện dao động:  $|A| \cdot |\beta| \geq 1$

$$\text{Mà } \beta = \frac{1}{3} \Rightarrow |A| = 3$$

$$\text{Mặt khác } A = 1 + \frac{R1}{R2} = 3$$

$$\Rightarrow R1 = 2R2. \quad (\text{Chọn } R1 = 5.1\text{k}\Omega, R2 = 2.2\text{k}\Omega)$$

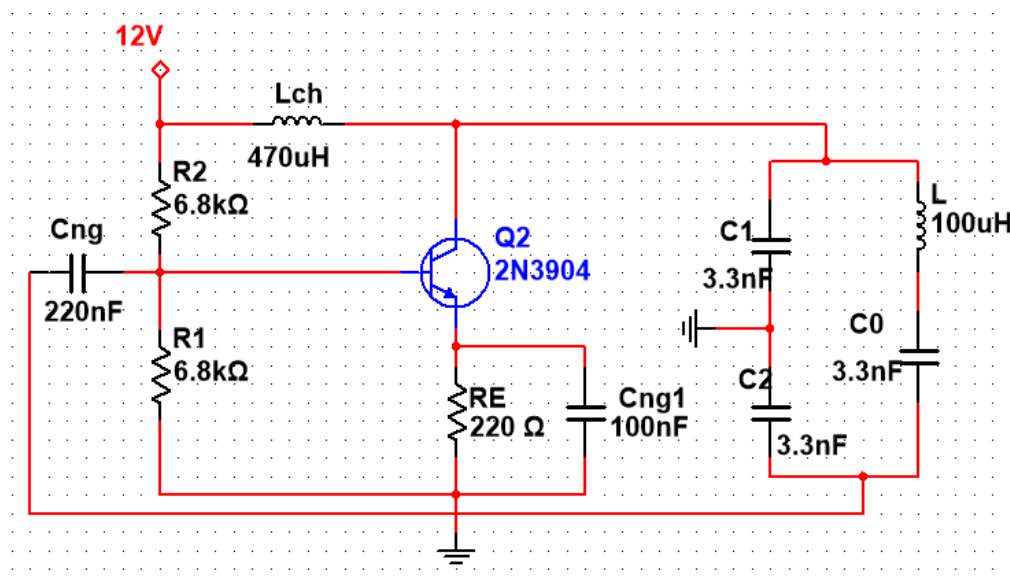
### 3.1.4 Khối sóng mang

Khối sóng mang cũng là một khối quan trọng trong hệ thống nhằm tạo ra một tín hiệu sóng mang có tần số cao gấp vài trăm lần so với tín hiệu tin tức để có thể truyền tín hiệu đi xa. Ngoài ra sóng mang này mang tín hiệu tin tức đi xa bằng cách là biến đổi thành phần biên độ của nó theo biên độ của tín hiệu tin tức.

Đối với mạch tạo tần số cao thì nếu chúng ta sử dụng mạch RC cầu Wien thì nó sẽ không ổn định về mặt biên độ và tần số vì mạch cầu Wien RC chỉ thích hợp với tần số nhỏ hơn 50kHz. Chúng ta sẽ lựa chọn mạch dao động kiểu Clapp kết hợp với LC và transistor 2N3904 để có thể tạo ra được tín hiệu có tần số trung tần khoảng 460kHz vì nó có thể thỏa mãn các tiêu chí sau:

- Linh kiện 2N3904 có thể dễ mua và dễ thay thế.
- Kinh tế thấp dễ tiếp cận được.
- Tạo được sóng mang có tần số cao và ổn định, nhờ vào mạch LC.
- Tạo ra được tín hiệu sóng sin không quá méo.
- Hoạt động tốt trong môi trường thực tế, ít bị ảnh hưởng bởi nhiễu hay các dao động không mong muốn.

Thiết kế, tính toán các giá trị thông số của mạch dao động Clapp kết hợp LC và Transistor 2N3904:



**Hình 3.4:** Mạch tạo tín hiệu sóng mang

- Tần số dao động của mạch  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{td}}}$
- Với  $\frac{1}{C_{td}} = \frac{1}{C_0} + \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$
- Chọn  $C_0 = C_1 = C_2 = 3.3\text{nF} \Rightarrow C_{td} = 1.1 \times 10^{-11}\text{nF}$
- Chọn  $L = 100\mu\text{H}$
- Ta sẽ có được  $f \approx 480\text{k Hz}$
- Lý do lựa chọn tần số cao hơn so với tần số trung tần là 455k nhiều vì ngoài thực tế khi thi công mạch thì thành phần tần số có thể bị suy giảm.

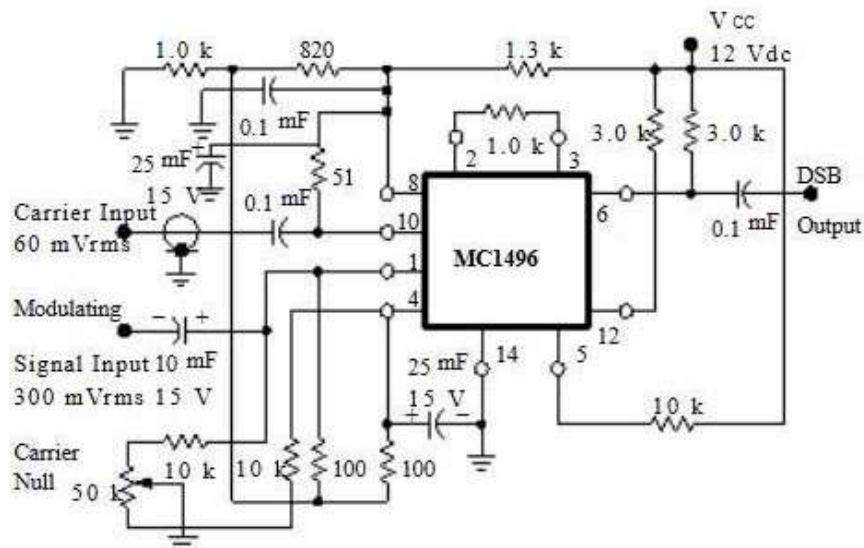
### 3.1.5 Khối điều chế

Đối với điều chế AM\_DSB thì đây là một kỹ thuật điều chế mà triệu tiêu đi thành phần của sóng mang nên việc nhân chập 2 tín hiệu lại không còn đơn giản như điều chế AM bình thường nên cần những IC chuyên dụng và phù hợp.

Chúng ta sẽ lựa chọn IC MC1496 vì nó phù hợp với các tiêu chí:

- Phù hợp với bài toán kinh tế.
- Độ ổn định về tần số, có thể hoạt động tốt ở tần số trung tần.
- Là IC chuyên dụng về điều chế AM\_DSB.

Sơ đồ mạch điều chế sử dụng IC MC1496:



**Hình 3.5:** Sơ đồ mạch điều chế

Trong sơ đồ mạch, tín hiệu sóng mang (60 mVrms) được đưa vào chân 10 và 8 của IC. Tín hiệu này được cấp đối xứng cho hai cực collector của cặp transistor vi sai. Trong khi đó, tín hiệu tin tức (300 mVrms) được đưa vào chân 1 và 4, là đầu vào cho cực base của cặp transistor vi sai. Quá trình nhân tương tự xảy ra do đặc tính phi tuyến của transistor, tạo ra một tín hiệu đầu ra tại chân 6 và 12 mang dạng nhân giữa hai tín hiệu đầu vào.

Để đảm bảo sóng mang bị triệt tiêu hoàn toàn tại đầu ra, mạch sử dụng biến trở Carrier Null (50k $\Omega$ ) để điều chỉnh mức dòng và cân bằng bên trong cặp transistor. Việc điều chỉnh này ảnh hưởng trực tiếp đến việc loại bỏ thành phần tần số sóng mang ra khỏi đầu ra, giúp mạch tạo ra tín hiệu DSB-SC lý tưởng.

Ngoài ra, các điện trở và tụ điện kết nối xung quanh IC đảm nhận nhiệm vụ lọc, phân áp và ổn định hoạt động của mạch. Các tụ điện như 0.1  $\mu$ F và 25  $\mu$ F giúp lọc nhiễu và loại bỏ thành phần DC không mong muốn khỏi tín hiệu đầu ra. Điện trở tại chân 6 và 12 đóng vai trò tải, đảm bảo tín hiệu đầu ra có thể được quan sát hoặc đưa vào các khối tiếp theo mà không bị méo dạng.

Về mặt ứng dụng, mạch này rất phù hợp trong các hệ thống truyền thông analog, nơi cần điều chế biên độ dạng DSB-SC để tiết kiệm băng thông và công suất. MC1496 có khả năng hoạt động ở tần số lên tới hàng MHz, do đó hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu tần số sóng mang 460 kHz và tín hiệu tin tức 3 kHz trong hệ thống hiện tại.

Tóm lại, IC MC1496 mang đến một giải pháp đơn giản, tích hợp và hiệu quả cho việc thực hiện điều chế cân bằng. Khả năng loại bỏ sóng mang, ổn định ở tần số cao, cùng thiết kế linh hoạt khiến nó trở thành lựa chọn lý tưởng trong các mạch điều chế tín hiệu AM-DSB-SC.

# CHƯƠNG 4

## MÔ PHỎNG HỆ THỐNG

### 4.1 MÔ PHỎNG TRÊN MULTISIM

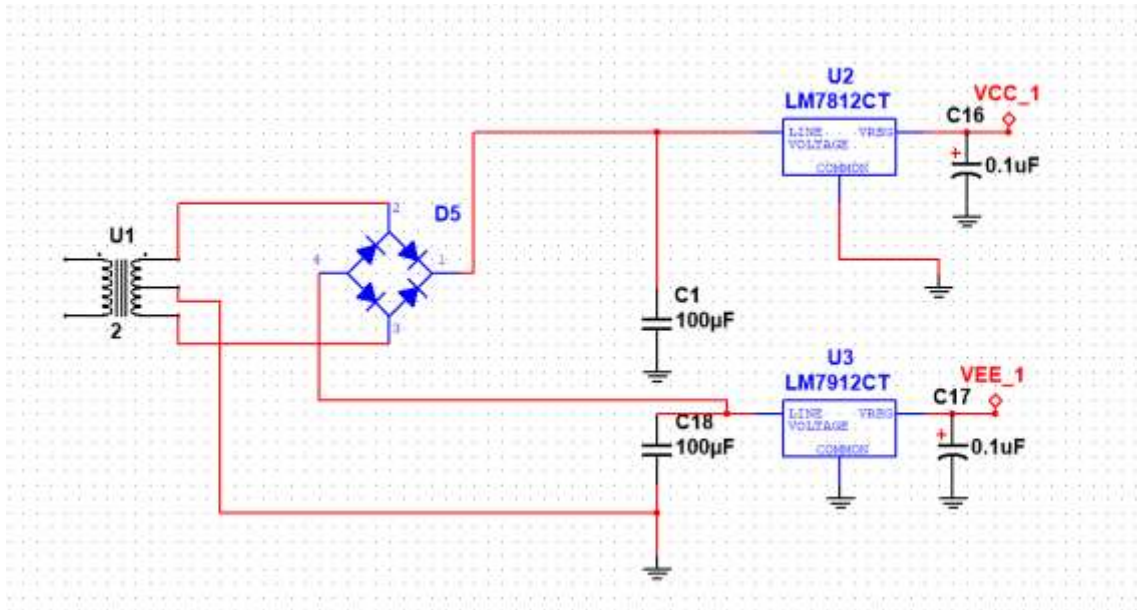
#### 4.1.1 Khối nguồn

Trong một hệ thống thì các khối muốn làm việc được thì phải có nguồn cấp vào và trong bài toán thiết kế hệ thống điều chế AM\_DSB để đơn giản thì nên chọn một giá trị nguồn cho tất cả để hệ thống đơn giản hơn.

Trong quá trình thiết kế và mô phỏng khối nguồn cấp đối xứng  $\pm 12V$ , có một số yếu tố kỹ thuật quan trọng cần đặc biệt lưu ý nhằm đảm bảo hệ thống hoạt động ổn định và hiệu quả.

Đầu tiên cần tính đến sụt áp qua cầu diode chỉnh lưu (khoảng 1.4V đối với hai diode dẫn dòng trong mỗi chu kỳ), để đảm bảo điện áp DC sau chỉnh lưu vẫn đạt mức yêu cầu. Ngoài ra, tụ lọc sau chỉnh lưu có vai trò quan trọng trong việc làm phẳng điện áp, giảm độ gợn (ripple). Trong nhiều trường hợp, việc sử dụng tụ lọc có dung lượng quá nhỏ (như 100 $\mu F$ ) sẽ không đủ để đáp ứng dòng tải, đặc biệt khi tải dao động trên 100mA, dễ dẫn đến hiện tượng dao động điện áp và ảnh hưởng đến ổn định hệ thống. Khi đó, cần tăng dung lượng tụ lên 470 $\mu F$  hoặc 1000 $\mu F$  tùy theo mức tải thực tế.

Ngoài ra, một số lỗi thường gặp khi mô phỏng và triển khai thực tế bao gồm mắc sai cực tính tụ điện phân (dễ gây hư hỏng), xác định sai điểm mass trong hệ thống đối xứng (gây lệch áp  $\pm$ ), hoặc kết nối sai thứ tự chân IC (IN – GND – OUT). Các lỗi này có thể khiến mô phỏng không cho ra kết quả chính xác, hoặc dẫn đến hư hại linh kiện khi lắp ráp thực tế. Do đó, cần kiểm tra kỹ sơ đồ mạch, hướng linh kiện và cấu trúc mass trước khi tiến hành mô phỏng và thử nghiệm.



**Hình 4.1:** Thiết kế mô phỏng khối nguồn.

Tóm lại, khối nguồn tuy là một phần cơ bản trong hệ thống, nhưng lại có vai trò quyết định trong việc đảm bảo các khối chức năng khác hoạt động ổn định. Một thiết kế nguồn tốt sẽ giúp hạn chế lỗi không mong muốn, đảm bảo chất lượng tín hiệu và kéo dài tuổi thọ linh kiện trong toàn bộ hệ thống.

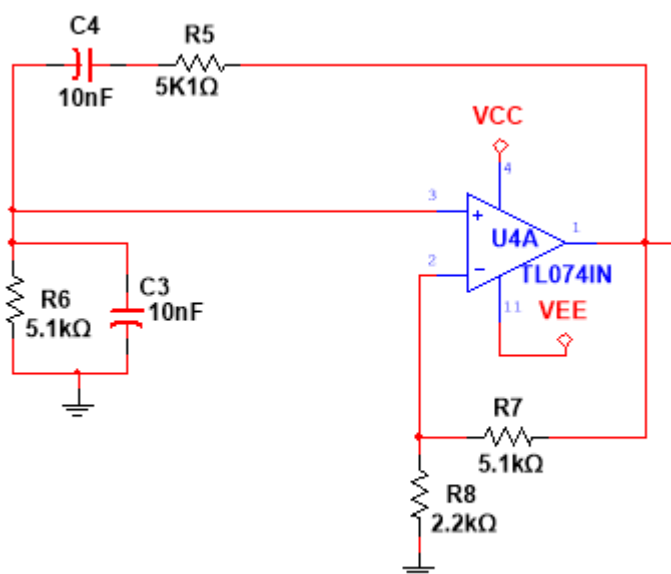
#### 4.1.2 Khối tạo tín hiệu tin tức

Để thiết kế và mô phỏng khối tạo tín hiệu tin tức chúng tôi sử dụng cấu trúc dao động cầu Wien kết hợp với op-amp TL074 để tạo tín hiệu hình sin với tần số khoảng 3kHz.

Trong quá trình thiết kế, chúng tôi tính toán sơ bộ các giá trị điện trở và tụ điện trong mạng RC để xác định tần số dao động mong muốn theo công thức  $f = \frac{1}{2\pi RC}$ , với mục tiêu là  $f = 3kHz$ . Chúng ta lựa chọn tụ điện cố định (10nF) và điều chỉnh giá trị điện trở trong mô phỏng để đạt được tần số chính xác. Sau đó, cấu hình op-amp TL074 bằng cách bố trí mạng hồi tiếp dương qua cầu RC và mạng hồi tiếp âm qua điện trở hồi tiếp, đảm bảo điều kiện dao động Barkhausen được đáp ứng.

Trong quá trình mô phỏng, chúng tôi gặp một số khó khăn và vài lỗi thường gặp. Một trong những lỗi đó là mạch không dao động, nguyên nhân thường do điều kiện khuếch đại chưa đủ (hệ số khuếch đại của op-amp không đáp ứng yêu cầu), hoặc giá trị điện trở chưa tối ưu để đạt tần số mục tiêu. Để khắc phục, chúng tôi đã sử dụng biến trở để điều chỉnh giá trị điện trở trong mạch hồi tiếp âm để tìm được khoảng điện trở mà mạch dao động ổn định.

Một lỗi khác trong quá trình thiết kế là hiện tượng biên độ tín hiệu đầu ra trở nên quá lớn hoặc bị bão hòa khi sử dụng hệ số khuếch đại quá cao. Trên thực tế, op-amp có giới hạn về biên độ đầu ra, thường thấp hơn điện áp nguồn cấp khoảng 1–2V. Vì vậy, trong quá trình mô phỏng, cần phải tính đến giới hạn này để tránh kết quả sai lệch. Chúng tôi đã điều chỉnh hệ số khuếch đại ở mức phù hợp nhằm đảm bảo rằng biên độ dao động không vượt quá khả năng của linh kiện.



**Hình 4.2:** Thiết kế mô phỏng khối tạo tín hiệu tin tức.

Tóm lại, quá trình thiết kế và mô phỏng khối tạo tín hiệu tin tức đòi hỏi phải kết hợp chặt chẽ giữa tính toán lý thuyết và các điều chỉnh thực nghiệm trong quá trình mô phỏng. Nhận diện và xử lý các lỗi thường gặp như thiếu dao động, méo tín hiệu hoặc sai cực tính nguồn không chỉ cải thiện độ chính xác mà còn tăng



tính thực tiễn của mô hình, tạo nền móng vững chắc cho việc triển khai mạch thực tế sau này.

### 4.1.3 Khối tạo tín hiệu sóng mang

Để thiết kế và mô phỏng khối tạo tín hiệu sóng mang, chúng tôi lựa chọn sử dụng transistor NPN 2N3904, vì tính phổ biến, dễ lắp ráp và có khả năng hoạt động ổn định ở dải tần trung bình của nó.

Trong quá trình thiết kế, chúng tôi quyết định sử dụng một loại dao động LC, hiệu quả và hoạt động dựa vào đặc tính khuếch đại của transistor NPN 2N3904, đó là mạch dao động Clapp. Mạch Clapp nổi bật bởi tính ổn định tần số cao, biên độ sóng ổn định và ít bị ảnh hưởng bởi nhiễu nền.

Về nguyên lý, mạch dao động Clapp khai thác đặc tính phản hồi dương của một mạch cộng hưởng LC. Điểm đặc trưng của mạch dao động Clapp là mạng phân chia điện dung (gồm hai tụ điện nối tiếp) được mắc song song với cuộn cảm (L) để tạo thành mạch cộng hưởng. Transistor 2N3904 có vai trò khuếch đại và nhận tín hiệu phản hồi từ điểm nối giữa hai tụ (trung điểm) và duy trì điều kiện dao động Barkhausen:

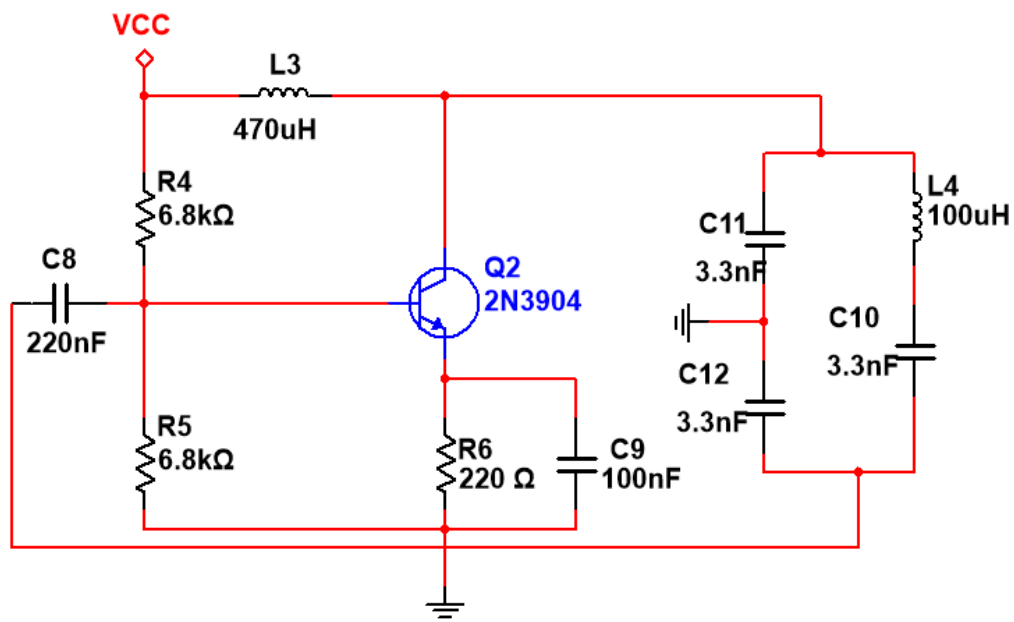
$$A_v \cdot \beta \geq 1$$

trong đó,  $A_v$  là độ lợi khuếch đại của transistor,  $\beta$  là hệ số phản hồi từ mạng cộng hưởng LC.

Việc lựa chọn giá trị C1, C2 và L phù hợp giúp tín hiệu sóng mang đạt tần số mong muốn. Đồng thời, transistor 2N3904 được phân cực chính xác nhờ bộ chia điện áp (R1 – R2) và điện trở emitter (Re) nhằm đảm bảo hoạt động trong vùng tuyến tính, tránh bị bão hòa hoặc cắt khi dao động.

Trong quá trình mô phỏng, tập trung vào việc kiểm tra khả năng duy trì dao động và độ ổn định của biên độ, đồng thời tinh chỉnh giá trị các linh kiện để tín hiệu đầu ra đạt tần số thiết kế. Trên Multisim, chúng tôi nhận thấy một số khó khăn phổ biến như tín hiệu dao động không bền hoặc không dao động, thường do giá trị phân cực chưa phù hợp, chưa đủ biên độ phản hồi hoặc sai thông số mạng

LC. Chúng tôi khắc phục bằng cách tinh chỉnh tỷ lệ  $\frac{C_1}{C_2}$ , đồng thời kiểm tra kỹ điện trở phân cực và điện áp nguồn cấp. Ngoài ra, còn một số lỗi như biên độ tín hiệu đầu ra quá lớn, gây bão hòa transistor, hoặc tín hiệu sóng mang xuất hiện méo đỉnh. Chúng tôi đã xử lý bằng cách giảm hệ số khuếch đại transistor, chọn giá trị  $R_e$  hợp lý để hạn chế dòng cực collector, đảm bảo transistor luôn hoạt động trong vùng tuyến tính.



**Hình 4.3:** Thiết kế mô phỏng khối tạo tín hiệu sóng mang.

Tóm lại, quá trình thiết kế và mô phỏng khối tạo sóng mang đòi hỏi sự tính toán chính xác trong lựa chọn giá trị linh kiện và kỹ năng tinh chỉnh tham số trong phần mềm mô phỏng.

#### 4.1.4 Khối điều chế

Khối điều chế AM-DSB là một phần quan trọng trong hệ thống, đảm nhận nhiệm vụ nhân tín hiệu tin tức với tín hiệu sóng mang để tạo ra tín hiệu đầu ra có dạng sóng mang được biến thiên biên độ, mang đầy đủ thông tin của tín hiệu gốc. Chúng tôi lựa chọn sử dụng IC MC1496 – IC chuyên dụng cho chức năng điều chế và khuếch đại tuyến tính, đáp ứng tốt cho các ứng dụng điều chế biên độ truyền thống.

Trong quá trình thiết kế, chúng tôi tìm hiểu kỹ nguyên lý hoạt động của IC MC1496, nhận thấy rằng IC này thực hiện chức năng nhân hai tín hiệu vào: tín hiệu sóng mang (RF Carrier) và tín hiệu tin tức (AF Modulation). Để đảm bảo mạch hoạt động đúng, chúng tôi cần cấp nguồn  $\pm 12V$  ổn định cho IC, đồng thời cung cấp tín hiệu tin tức và sóng mang với mức biên độ và tần số phù hợp. Ngoài ra, IC yêu cầu điện áp phân cực bias và các điện trở tải đầu ra để thiết lập điểm làm việc và ổn định biên độ.

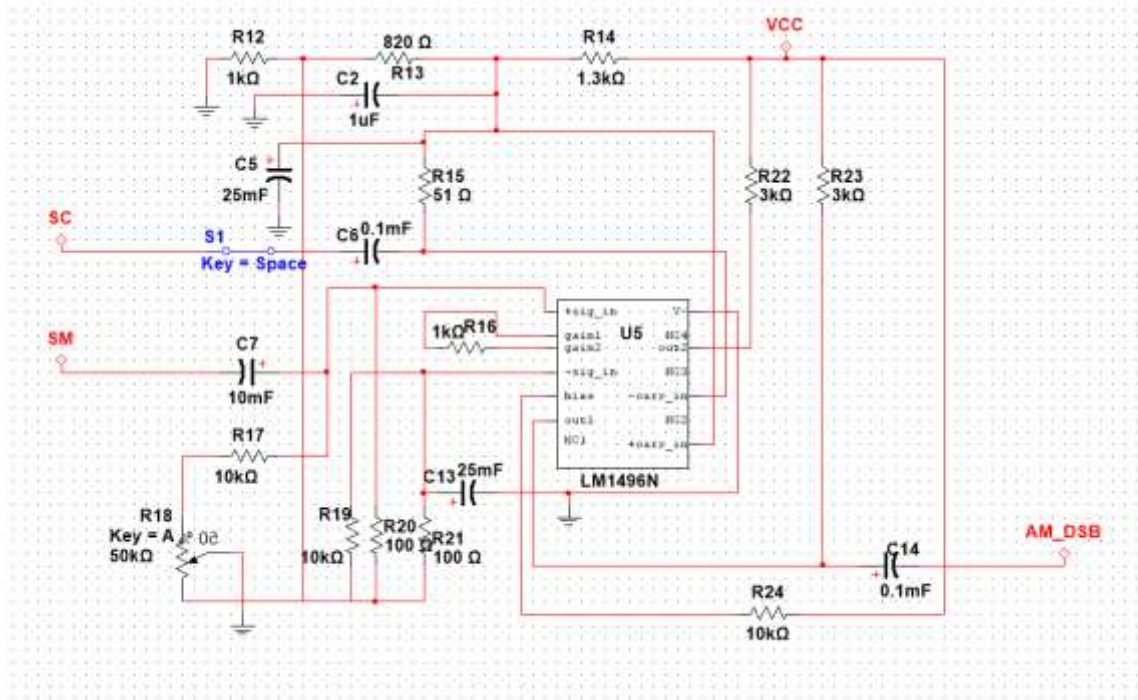
Chúng tôi bắt đầu quá trình thiết kế bằng cách xây dựng sơ đồ nguyên lý của mạch điều chế trong phần mềm Multisim, tham khảo các tài liệu ứng dụng của MC1496. Chúng tôi bố trí các linh kiện xung quanh IC: các điện trở phân cực, tụ ghép tín hiệu đầu vào và tụ lọc nguồn. Giá trị của điện trở bias được tính chỉnh để đảm bảo IC hoạt động trong vùng tuyến tính, tránh méo tín hiệu do phân cực không đủ hoặc quá mức. Sau đó, chúng tôi thiết lập các nguồn tín hiệu đầu vào trong mô phỏng.

Trong quá trình mô phỏng, một trong những vấn đề phổ biến khi mô phỏng là tín hiệu đầu ra không xuất hiện tín hiệu điều chế AM-DSB. Nguyên nhân thường là do tín hiệu đầu vào không cân bằng về biên độ hoặc sai trở kháng đầu vào của IC MC1496. Chúng tôi đã điều chỉnh lại biên độ của hai tín hiệu đầu vào, đảm bảo tín hiệu tin tức có biên độ vừa đủ để điều chế ( $\sim 0.1\text{--}0.2V_{pp}$ ), trong khi tín hiệu sóng mang có biên độ lớn hơn ( $\sim 1\text{--}2V_{pp}$ ), đúng với thông số kỹ thuật yêu cầu của IC.

Một vấn đề khác là tín hiệu đầu ra bị biến dạng hoặc xuất hiện nhiễu. Chúng tôi nhận thấy rằng nguyên nhân có thể đến từ cách phối hợp trở kháng tải ở đầu ra của IC. Nếu giá trị điện trở tải không phù hợp, sẽ dẫn đến hiện tượng triệt đỉnh hoặc biên độ tín hiệu không ổn định. Chúng tôi đã thử nghiệm với nhiều giá trị điện trở tải và sử dụng các tụ ghép để tránh nhiễu DC, đảm bảo tín hiệu đầu ra chỉ chứa thành phần AC cần thiết.

Ngoài ra, trong mô phỏng, chúng tôi quan sát dạng sóng đầu ra và phổ tần của tín hiệu điều chế bằng công cụ FFT của Multisim. Trong một số trường hợp,

phổ tần xuất hiện thêm các đỉnh phụ không mong muốn, thường là nhiễu hoặc bội tần do điều kiện hoạt động không lý tưởng. Chúng tôi đã rà soát kỹ sơ đồ nối đất, điểm mass và đảm bảo nguồn  $\pm 12V$  mô phỏng đủ ổn định, không gây sụt áp hoặc méo tín hiệu.



**Hình 4.4:** Thiết kế mô phỏng khối điều chế

Tóm lại, quá trình thiết kế và mô phỏng khối điều chế AM-DSB đòi hỏi sự kết hợp giữa hiểu biết nguyên lý hoạt động của IC MC1496, sự tinh chỉnh tỉ mỉ trong việc phân cực và cân bằng tín hiệu đầu vào, cùng với việc kiểm tra kỹ lưỡng trong mô phỏng để phát hiện và khắc phục lỗi thường gặp như thiếu dao động, méo tín hiệu hoặc phổ nhiễu.

#### 4.1.5 Kết nối toàn hệ thống.

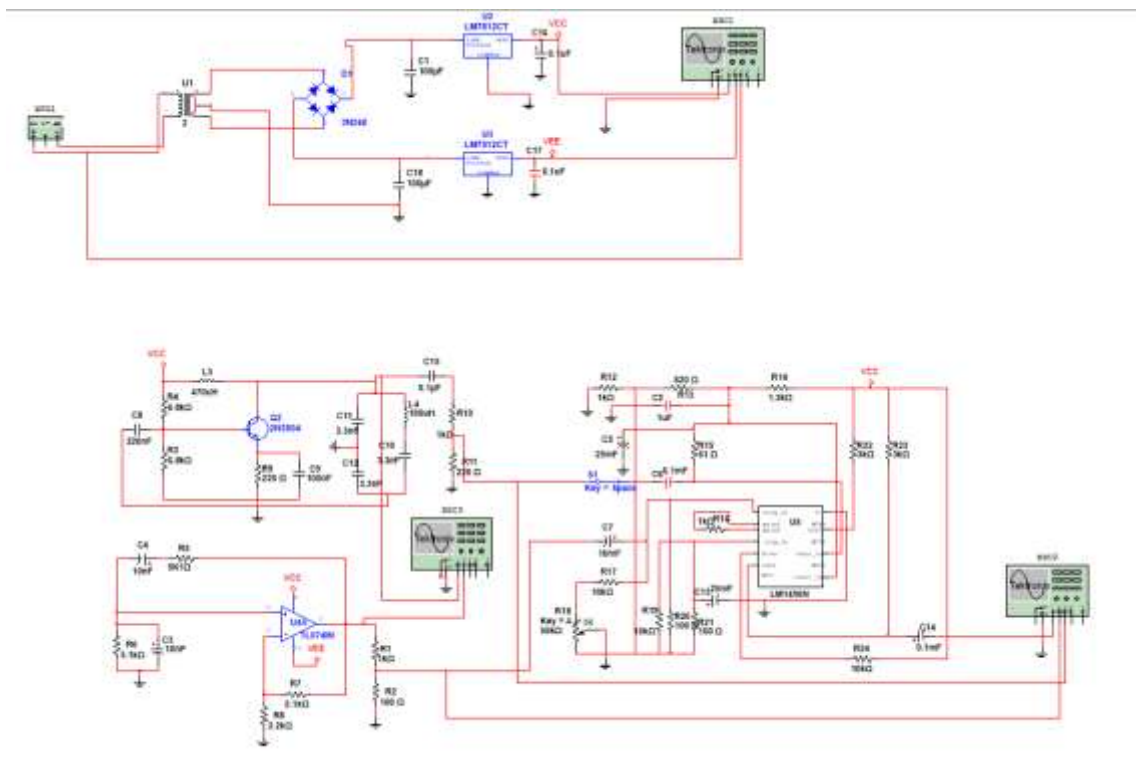
Việc chúng ta tạo được một dao động là một vấn đề cốt lõi, nhưng bên cạnh vấn đề cốt lõi đó còn một vấn đề đó là làm sao để có thể chuyển đổi tín hiệu đó sao cho phù hợp với các điều kiện đầu vào của khối tiếp theo.

Đối với khối sóng mang thì trong thành phần sóng mang sau khi điều chế vẫn còn thành phần DC điều khiển cho tín hiệu bị lệch một khoảng so với tín

hiệu mong muốn, bên cạnh đó tín hiệu có mức điện áp cao hơn điện áp vào của bộ điều chế. Vì vậy chúng ta lắp thêm một tụ lọc thành phần DC và gắn thêm điện trở để có thể đưa điện áp tín hiệu từ 12V về còn 2V trước khi đưa vào bộ điều chế.

Đối với khối tín hiệu tin tức cũng vậy tín hiệu dao động gốc chứa thành phần DC âm và giá trị điện áp của tín hiệu cũng lớn hơn điện áp cho phép ở ngõ vào của khối điều chế. Vì vậy chúng ta cũng sẽ lắp thêm tụ để lọc thành phần DC và lắp thêm điện trở để hạ giá trị điện áp từ 12V về còn 1V.

Bên cạnh đó khi thiết kế bộ nguồn khi kết nối với các khối còn lại sẽ thay đổi giá trị ngõ ra và khiến toàn bộ hệ thống không hoàn động nên tại ngõ ra của LM7812 và LM7912 chúng ta gắn thêm tụ nhằm giảm thành phần trở kháng ngõ ra.

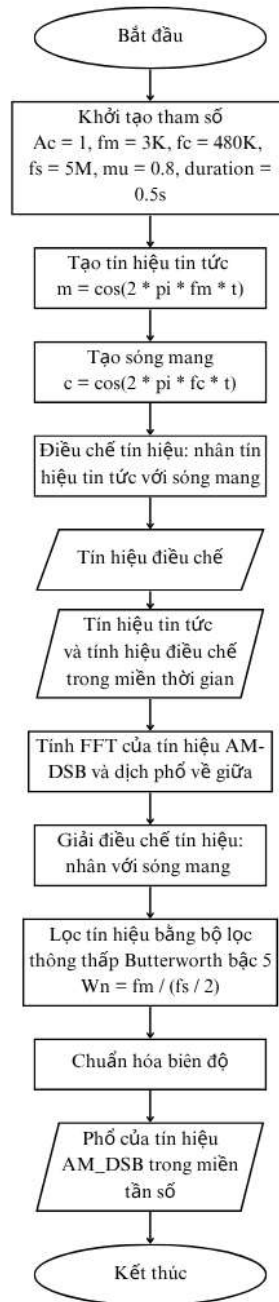


**Hình 4.5:** Thiết kế mô phỏng hệ thống.

## 4.2 MÔ PHỎNG TRÊN MATLAB

Song song với mô phỏng Multisim, chúng tôi đã thực hiện mô phỏng tín hiệu đầu ra của mạch điều chế trên MATLAB. Việc mô phỏng MATLAB cho phép quan sát kỹ hơn dạng sóng AM-DSB trong miền thời gian, cũng như phân tích phổ tần một cách trực quan, nhanh chóng. Chúng tôi viết các đoạn mã MATLAB để tổng hợp tín hiệu điều chế từ hai tín hiệu đầu vào (tín tức và sóng mang), từ đó so sánh và tinh chỉnh tham số mô phỏng trong Multisim để khớp kết quả.

### 4.2.1 Lưu đồ giải thuật



**Hình 4.6:** Lưu đồ giải thuật hệ thống điều chế AM\_DSB.

Mô tả lưu đồ quá trình mô phỏng tín hiệu AM-DSB

1. Bắt đầu:

Quá trình mô phỏng bắt đầu từ việc khởi tạo các tham số đầu vào cần thiết.

2. Khởi tạo tham số:

Biên độ sóng mang  $A_c = 1$ .

Tần số tin tức  $f_m = 3\text{kHz}$ .

Tần số sóng mang  $f_c = 480\text{kHz}$ .

Tần số lấy mẫu  $f_s = 5\text{MHz}$ .

Thời gian mô phỏng  $\text{duration} = 0.5\text{s}$ .

Các tham số này đảm bảo tín hiệu được tạo ra với đủ độ phân giải và tuân theo chuẩn tín hiệu AM.

### 3. Tạo tín hiệu tin tức:

Tín hiệu tin tức (thông tin) được tạo dưới dạng sóng cosine:  $m(t) = \cos(2\pi f_m t)$

### 4. Tạo sóng mang:

Sóng mang được tạo bằng công thức:  $c(t) = \cos(2\pi f_c t)$

### 5. Điều chế tín hiệu:

Thực hiện phép nhân trực tiếp tín hiệu tin tức với sóng mang, kết quả thu được là tín hiệu AM-DSB.

### 6. Tín hiệu điều chế:

Kết quả của bước trên chính là tín hiệu AM-DSB.

### 7. Tín hiệu tin tức và điều chế trong miền thời gian:

Tín hiệu tin tức và tín hiệu AM-DSB sẽ được hiển thị trong miền thời gian để dễ dàng so sánh.

### 8. Tính FFT và dịch phổ:

Phổ tần số của tín hiệu AM-DSB được tính toán bằng phép biến đổi Fourier nhanh (FFT). Kết quả FFT sau đó sẽ được dịch để đưa phổ về giữa (để quan sát hơn).

### 9. Giải điều chế tín hiệu:



Quá trình giải điều chế bằng cách nhân tín hiệu điều chế với chính sóng mang  $c(t)$ . Điều này giúp tái tạo tín hiệu tin tức.

10. Lọc tín hiệu:

Sử dụng bộ lọc thông thấp Butterworth bậc 5 với tần số cắt  $W_n = \frac{f_m}{\frac{f_s}{2}}$ . Việc này nhằm loại bỏ các thành phần tần số cao, khôi phục lại tín hiệu tin tức ban đầu.

11. Chuẩn hóa biên độ:

Sau khi lọc, tín hiệu được chuẩn hóa biên độ để phù hợp cho việc quan sát.

12. Phổ tín hiệu AM-DSB:

Hiển thị phổ của tín hiệu AM-DSB trong miền tần số để quan sát các thành phần tần số và độ rộng phổ.

13. Kết thúc:

Quá trình mô phỏng kết thúc.

#### 4.2.2 Code và giải thích

Hàm điều chế:

<code>function [t, s, fft_s, f, m, c] = am_dsb(Ac, fc, fs, fm, duration)</code>	Định nghĩa hàm.
<code>t = 0:1/fs:duration;</code>	Tạo chuỗi thời gian.
<code>m = cos(2 * pi * fm * t);</code> <code>c = cos(2 * pi * fc * t);</code>	Tín hiệu thông tin và sóng mang.
<code>s = Ac * (m) .* c;</code>	Tín hiệu AM-DSB.
<code>N = length(s);</code> <code>S_fft = fftshift(fft(s));</code> <code>fft_s = abs(S_fft) / N;</code>	FFT. Dịch phổ về đúng vị trí và chuẩn hóa phổ biên độ.
<code>f = (-N/2:N/2-1)*(fs/N);</code> <code>end</code>	Tạo trục tần số từ $-f_s/2$ đến $f_s/2$ (Hz). Kết thúc.

### Hàm giải điều chế:

<code>function [m_demod, s_demod] = de_am_dsb(s, fm, fc, fs, Ac, mu, t) c_demod = cos(2 * pi * fc * t);</code>	Định nghĩa hàm.
<code>c_demod = cos(2 * pi * fc * t); s_demod = s .* c_demod;</code>	Nhân tín hiệu AM-DSB với cùng sóng mang để “hạ tần số”.
<code>Wn = fm / (fs / 2); if Wn &gt;= 1 error('Lỗi: Tần số cắt của bộ lọc quá cao, hãy kiểm tra lại fs và fm.');</code> <code>end</code> <code>[b, a] = butter(5, Wn);</code>	Tạo bộ lọc thông thấp Butterworth bậc 5 để chỉ giữ lại thành phần tín hiệu tin tức.
<code>m_demod = filtfilt(b, a, s_demod); m_demod = m_demod - mean(m_demod); scaling_factor = 2 / (Ac * mu); m_demod = m_demod * scaling_factor; end</code>	Lọc tiến và ngược để loại bỏ pha trễ. Loại bỏ thành phần DC dư thừa sau lọc. Khôi phục biên độ tín hiệu tin tức sau bước nhân và lọc.

### Code chính:

<code>clc; clear all; close all;</code>	Làm sạch môi trường làm việc.
<code>Ac = 1; fm = 3e3; fc = 480e3; fs = 5e6; mu = 0.8; duration = 5e-1;</code>	Thiết lập tham số: biên độ sóng mang là 1, tần số tin tức 3kHz, tần số sóng mang 480kHz, tần số lấy mẫu 5MHz, hệ số điều chế là 0.8, thời gian tín hiệu tin tức 0.5s.
<code>[ t , s , fft_s , f , m , c ] = am_dsb( Ac , fc , fs , fm , duration );</code>	Gọi hàm điều chế AM-DSB.
<code>figure;  subplot(3,1,1);</code>	Hiển thị tín hiệu.

<pre> plot(t, m); axis([0 5e-3 -1.5 1.5]); title("Tin hiệu thông tin"); xlabel("Thời gian (s)"); ylabel("Biên độ");  subplot(3,1,2); plot(t, s); axis([0 5e-4 -Ac*2 Ac*2]); title("Tín hiệu AM-DSB"); xlabel("Thời gian (s)"); ylabel("Biên độ");  subplot(3,1,3); plot(f, fft_s); xlim([470e3, 490e3]); title("Tín hiệu AM-DSB trong fft"); xlabel("f"); grid("on"); </pre>	
<pre> [m_demod, s_demod] = de_am_dsb(s, fm, fc , fs, Ac, mu , t ); </pre>	Dùng hàm de_am_dsb lấy lại tín hiệu tin tức từ tín hiệu AM-DSB.
<pre> figure;  subplot(1,1,1); plot(t, m_demod); axis([0 5e-4 -Ac*2 Ac*2]); title("Tín hiệu tin tức"); xlabel("Thời gian (s)"); ylabel("Biên độ"); </pre>	Hiển thị tín hiệu sau giải điều chế.
<pre> [~, idxs] = maxk(fft_s, 2); </pre>	Tìm 2 đỉnh lớn nhất của phổ fft_s – tương ứng với thành phần tần số sóng mang và sideband.
<pre> P_AM_DSB_theory = (Ac^2 / 2) * (1 + (mu^2 / 2)); fprintf('Công suất AM-DSB lý thuyết: %.4f W\n', P_AM_DSB_theory); </pre>	Tính công suất tín hiệu AM-DSB lý thuyết

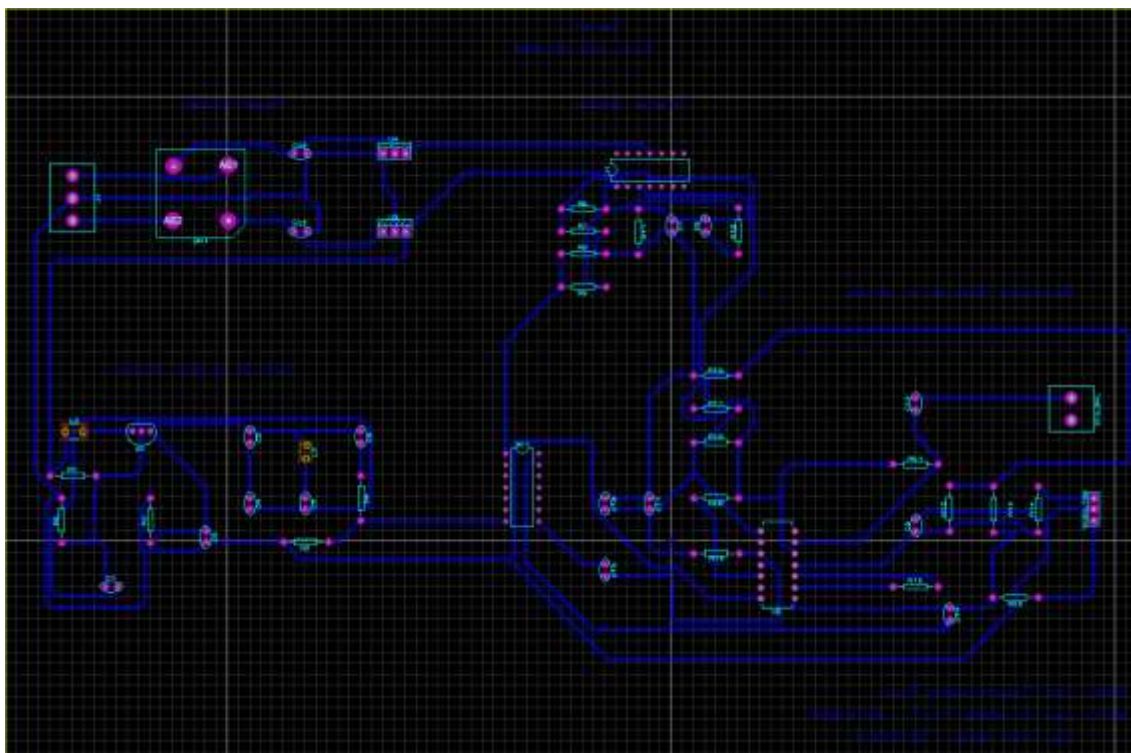
<pre>P_AM_DSB_calculated = mean(s.^2); fprintf('Công suất AM-DSB tính từ tín hiệu: %.4f W\n', P_AM_DSB_calculated);</pre>	Tính công suất AM-DSB từ dữ liệu mẫu
---	--------------------------------------

### 4.3 MÔ PHỎNG TRÊN PROTEUS

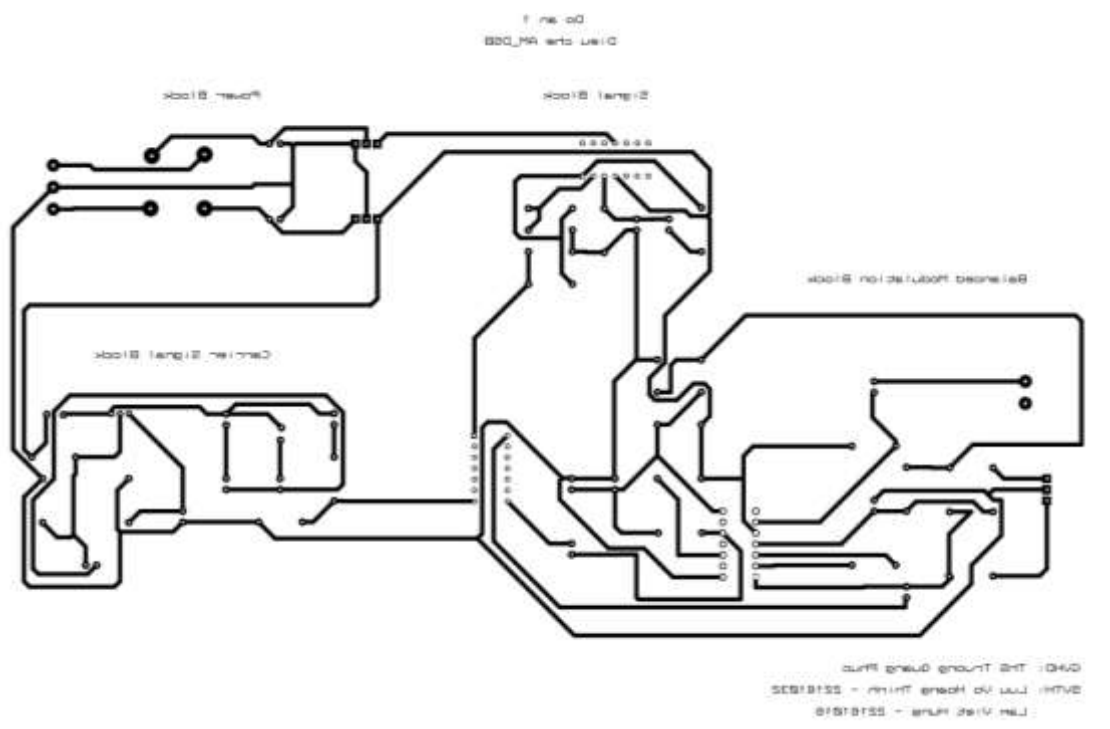
Đối với thiết kế một hệ thống thì trong ta sẽ luôn có 2 phần, 1 là mô phỏng hệ thống, 2 là làm mạch thực tế. Đối với vấn đề làm bo mạch thực tế thì để có thể làm được đầu tiên chúng ta phải xây dựng được sơ đồ nguyên lý sau đó tiếp theo là sơ đồ kết nối chân, và công cụ proteus sẽ giúp chúng ta rất nhiều trong việc xây dựng sơ đồ kết nối chân.

Để xây dựng được sơ đồ kết nối chân trong proteus thì chúng ta phải thực hiện sơ đồ kết nối trước:





**Hình 4.8:** Layout của toàn mạch.



**Hình 4.9:** Mạch in của layout toàn mạch.

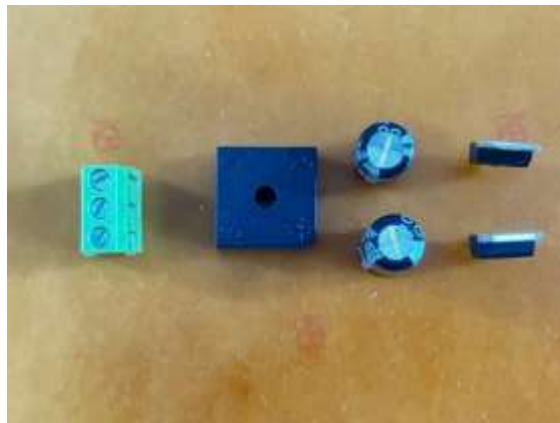
## CHƯƠNG 5

# KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

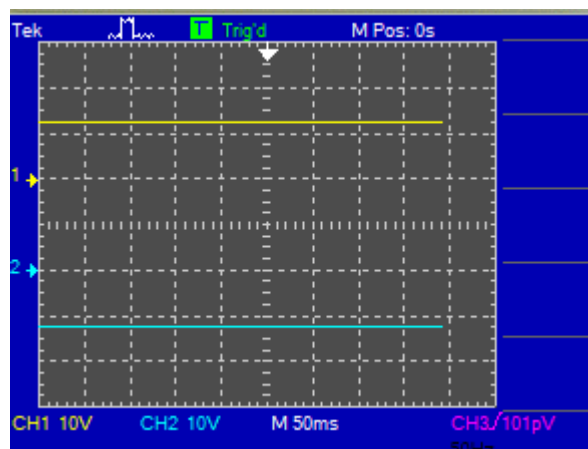
### 5.1 KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ THỰC NGHIỆM TỪNG KHỐI

Sau khi hoàn tất quá trình thiết kế và lắp ráp mạch, chúng tôi tiến hành đánh giá kết quả thông qua cả mô phỏng trên phần mềm Multisim và đo kiểm thực tế bằng máy hiện sóng Tektronix TDS 2024. Mục tiêu là kiểm tra mức độ khớp giữa tín hiệu thực tế so với mô hình lý thuyết và mô phỏng, từ đó rút ra các nhận định khách quan về tính chính xác của mạch.

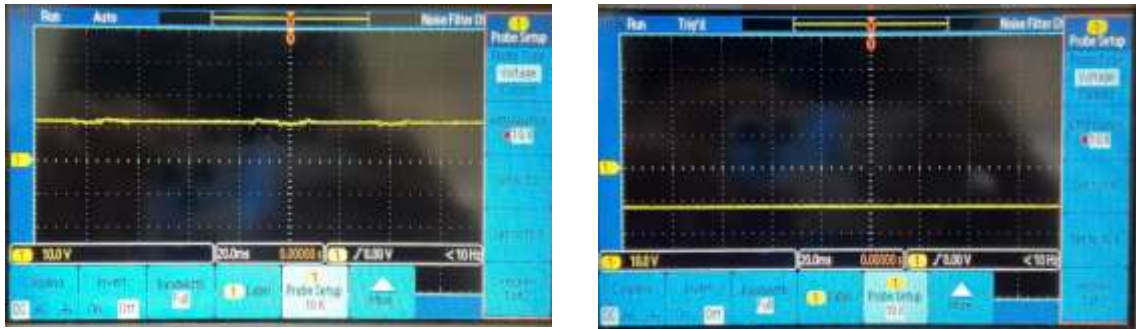
#### 5.1.1 Khối nguồn



Hình 5.1: Mạch nguồn.



Hình 5.2: Kết quả trên mô phỏng của mạch nguồn.



**Hình 5.3:** Kết quả thực tế của mạch nguồn.

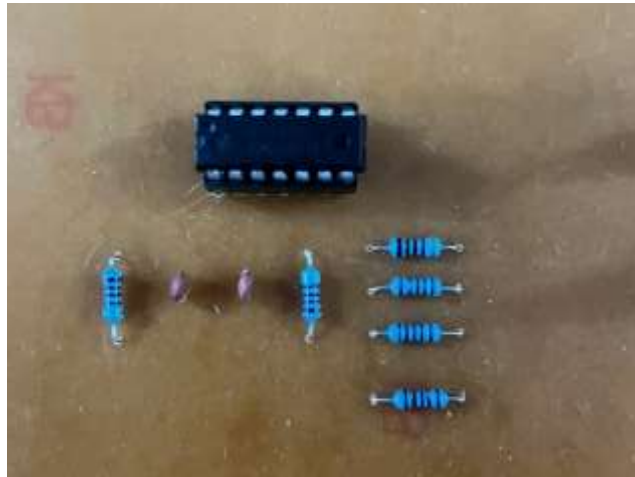
Qua kết quả đo được, có thể nhận thấy rằng mạch nguồn hoạt động ổn định ở cả mô phỏng và thực tế. Cả 2 đều cho kết quả thể hiện đường tín hiệu ổn định theo thời gian, không có dao động lớn, cho thấy điện áp đầu ra sau ổn áp  $\pm 12V$  là tương đối phẳng. Biên độ đường điện áp không thay đổi trong toàn bộ chu kỳ mô phỏng, đồng thời không xuất hiện nhiễu nền, chứng tỏ mạch nguồn trong môi trường mô phỏng hoạt động lý tưởng và đáp ứng đúng nguyên lý thiết kế.

Tuy nhiên, trên kết quả thực tế có thể nhận thấy một số nhiễu nền nhỏ hoặc gợn nhẹ trong tín hiệu, điều này là phổ biến trong thực tế và thường xuất phát từ nguồn cấp chưa được lọc hoàn toàn, sự ảnh hưởng từ dây nối, trở kháng tải hoặc do nhiễu điện từ môi trường xung quanh.

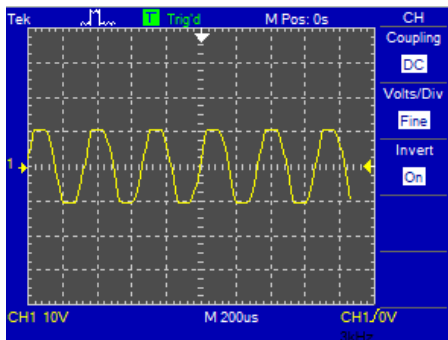
Tóm lại, mạch nguồn hoạt động đúng với chức năng thiết kế, cho ra điện áp  $\pm 12V$  tương đối ổn định ở cả hai môi trường mô phỏng và thực nghiệm. Các sai số hoặc nhiễu nhỏ quan sát được không ảnh hưởng đáng kể đến hoạt động của các khối mạch khác trong hệ thống. Để cải thiện hơn nữa chất lượng nguồn trong thực tế, có thể bổ sung thêm tụ lọc đầu ra có dung lượng lớn hơn hoặc sử dụng nguồn DC ổn áp chuyên dụng để giảm độ gợn và nhiễu nền.



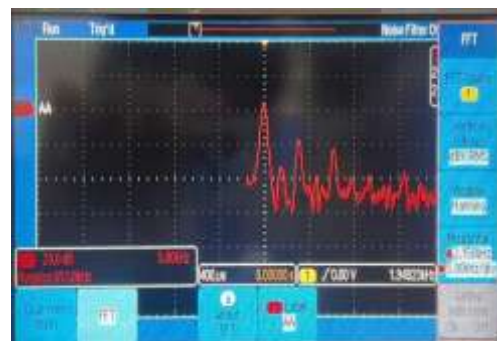
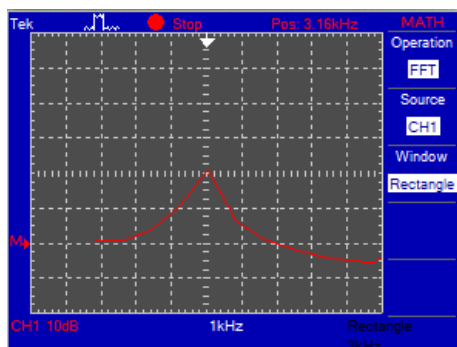
### 5.1.2 Khối tạo tín hiệu tin tức



**Hình 5.4:** Mạch tạo tín hiệu tin tức.



**Hình 5.5:** Dạng sóng đo được trên mô phỏng và thực tế.



**Hình 5.6:** Phổ tần đo được trên mô phỏng và thực tế.

Qua kết quả đo được khi đo kiểm trên mô phỏng và đo kiểm thực tế, có thể thấy rằng khối tạo tín hiệu tin tức nhìn chung đã hoàn thành tốt chức năng cơ bản là phát sinh một tín hiệu hình sin với tần số trong khoảng yêu cầu. Tuy nhiên,

vẫn còn những sai số giữa mô phỏng, thực tế với lý thuyết tính toán đặc biệt là về mặt tần số dao động.

Trong mô phỏng trên Multisim, tín hiệu đầu ra tại chân op-amp TL074 được quan sát dưới dạng sóng hình sin với biên độ gần 2Vpp. Dạng sóng thu được tròn đều, không có dấu hiệu triệt đỉnh hoặc méo phi tuyến. Khi thực hiện biến đổi Fourier (FFT), phổ tần số cho thấy đỉnh phổ rõ ràng tại tần số 2.95kHz, rất gần với giá trị thiết kế ban đầu là 3.00kHz. Điều này cho thấy mô hình dao động Wien Bridge đã được cấu hình đúng, và lựa chọn giá trị điện trở – tụ điện trong môi trường mô phỏng là phù hợp.

Tuy nhiên, khi triển khai mạch thực tế và tiến hành đo đạc kiểm tra bằng dao động ký, kết quả thu được lại có một số điểm khác biệt đáng kể. Dạng sóng thực tế vẫn là hình sin nhưng có dấu hiệu đỉnh bị "gãy", không tròn đều như trong mô phỏng, cho thấy khả năng xảy ra méo tín hiệu do giới hạn tốc độ đáp ứng (slew rate) của op-amp hoặc ảnh hưởng từ tải ngoài. Quan sát phổ tần từ máy hiện sóng ở chế độ FFT, đỉnh phổ không còn nằm tại 2.95 kHz mà lệch xuống còn 2.15 kHz. Sai số khoảng 850 Hz này, tương đương với 28.3% sai số tương đối so với mục tiêu thiết kế. Đây là sai lệch đáng kể, phản ánh sự ảnh hưởng từ các yếu tố trong môi trường thực tế mà mô phỏng không tái hiện hoàn toàn.

Nguyên nhân dẫn đến sự chênh lệch đáng kể này có thể đến từ nhiều yếu tố kết hợp. Thứ nhất, do sai số linh kiện: các tụ điện và điện trở sử dụng trong thực tế thường có sai số khoảng  $\pm 5\%$  đến  $\pm 10\%$ , điều này ảnh hưởng trực tiếp đến tần số dao động vì tần số phụ thuộc tuyến tính vào các giá trị R và C. Thứ hai, sự không ổn định của nguồn cấp điện: nguồn đối xứng  $\pm 12V$  không đủ ổn định hoặc bị sụt áp khi tải, sẽ ảnh hưởng đến biên độ dao động và có thể làm lệch tần số. Thứ ba là ảnh hưởng từ bố trí mạch thực nghiệm: sử dụng breadboard với dây nối dài, tiếp xúc không chắc chắn hoặc nối đất không tốt đều có thể gây nhiễu, méo tín hiệu hoặc làm mạch không dao động đúng như mô phỏng. Cuối cùng, op-amp TL074 tuy phù hợp lý thuyết nhưng nếu không được cấu hình đúng mức khuếch đại, hoặc không có mạch ổn định độ lợi thì có thể dao động bị méo hoặc trôi lệch tần số theo thời gian.

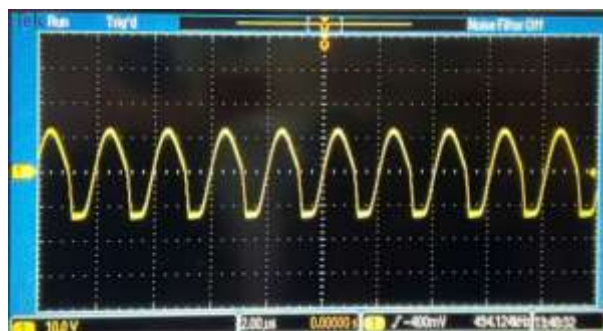
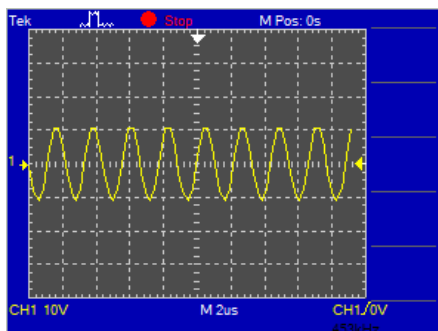
Tuy tồn tại một số sai số, nhưng nhìn chung khối tạo tín hiệu tin tức vẫn đáp ứng được yêu cầu cơ bản: tín hiệu duy trì ổn định, có biên độ phù hợp và dạng sóng gần sin. Sai lệch tần số tuy cần được cải thiện, nhưng không gây ảnh hưởng nghiêm trọng nếu hệ thống tiếp theo có tính linh hoạt về dải tần đầu vào. Nhóm đề xuất rằng để nâng cao độ chính xác cho các lần thực nghiệm sau, cần sử dụng tụ và điện trở có dung sai thấp hơn ( $\pm 1\%$ ), dùng biến trở để hiệu chỉnh, đồng thời nên chuyển từ breadboard sang PCB để giảm nhiễu và nâng cao độ ổn định cho toàn bộ hệ thống.

Tóm lại, khối tạo tín hiệu tin tức về cơ bản đã hoàn thành chức năng tạo dao động sin, tuy nhiên vẫn tồn tại sai số nhất định về tần số trong môi trường thực nghiệm. Việc xác định rõ nguyên nhân và đưa ra giải pháp khắc phục là nền tảng quan trọng cho việc hoàn thiện hệ thống và nâng cao độ chính xác trong các ứng dụng thực tế.

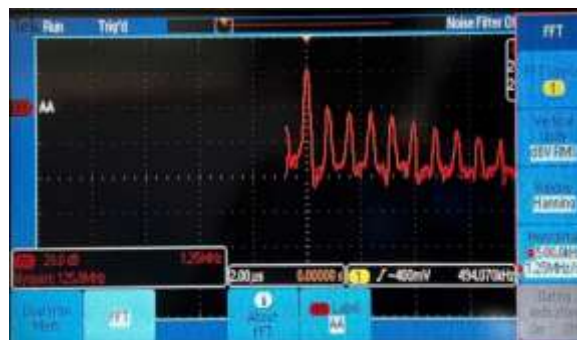
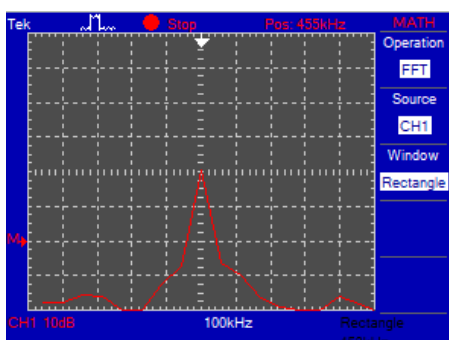
### 5.1.3 Khối tạo tín hiệu sóng mang



**Hình 5.7:** Mạch tạo tín hiệu sóng mang.



**Hình 5.8:** Dạng sóng đo được khi mô phỏng và thực tế.



**Hình 5.9:** Phổ tần đo được khi mô phỏng và thực tế.

Qua kết quả đo được khi đo kiểm trên mô phỏng và đo kiểm thực tế, có thể thấy rằng khối tạo tín hiệu sóng mang đã hầu như là đáp ứng được thông số lý tưởng đã tính toán.

Trong quá trình mô phỏng trên phần mềm Multisim, tín hiệu đầu ra của mạch tạo sóng mang có biên độ xấp xỉ 12Vpp, dạng hình sin khá chuẩn, không có hiện tượng bão hòa hay clipping. Dạng sóng thời gian thể hiện tín hiệu dao động đều, tần số cao, chu kỳ ổn định. Khi phân tích phổ tần bằng phép biến đổi Fourier đỉnh phổ xuất hiện rõ ràng tại vị trí 455 kHz, sát với giá trị lý thuyết đã lựa chọn. Tín hiệu không xuất hiện nhiều thành phần bậc cao hay nhiễu nền, cho thấy mạch mô phỏng hoạt động ổn định và đáng tin cậy.

Tuy nhiên, khi triển khai đo kiểm thực tế, kết quả thu được có sự sai lệch về tần số. Dạng sóng thu từ máy hiện sóng vẫn giữ được đặc trưng hình sin với biên độ tương đương, nhưng có xuất hiện một số nhiễu nhẹ ở phần sườn sóng. Đặc biệt, kết quả đo FFT cho thấy đỉnh phổ không còn nằm tại 455 kHz mà bị dịch lên khoảng 500 kHz – tương ứng với sai số tuyệt đối là 45 kHz, tức khoảng

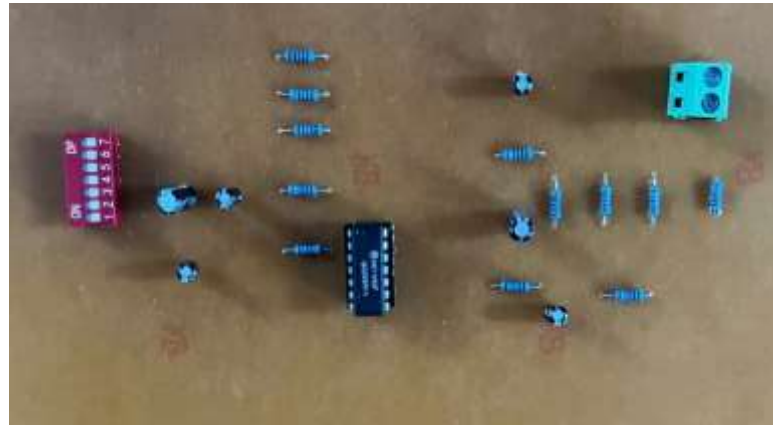
9.89% so với giá trị thiết kế. Mặc dù sai số này nhỏ hơn nhiều so với khối tín hiệu tin tức, nhưng vẫn là một vấn đề cần lưu ý trong các hệ thống yêu cầu độ chính xác tần số cao.

Nguyên nhân của sự sai lệch này có thể đến từ các yếu tố thực nghiệm. Thứ nhất, việc sử dụng tụ điện hoặc điện cảm trong mạch dao động có dung sai lớn có thể làm thay đổi hằng số thời gian, kéo theo sai lệch tần số. Thứ hai, nguồn cung cấp  $\pm 12V$  trong thực nghiệm nếu không đủ ổn định hoặc không cân bằng cũng có thể gây trôi tần số do thay đổi điểm hoạt động của op-amp. Thứ ba, nhiễu từ môi trường xung quanh hoặc từ chính dao động ký (nếu không đặt đúng trở kháng đầu dò) có thể ảnh hưởng đến độ chính xác khi đo FFT.

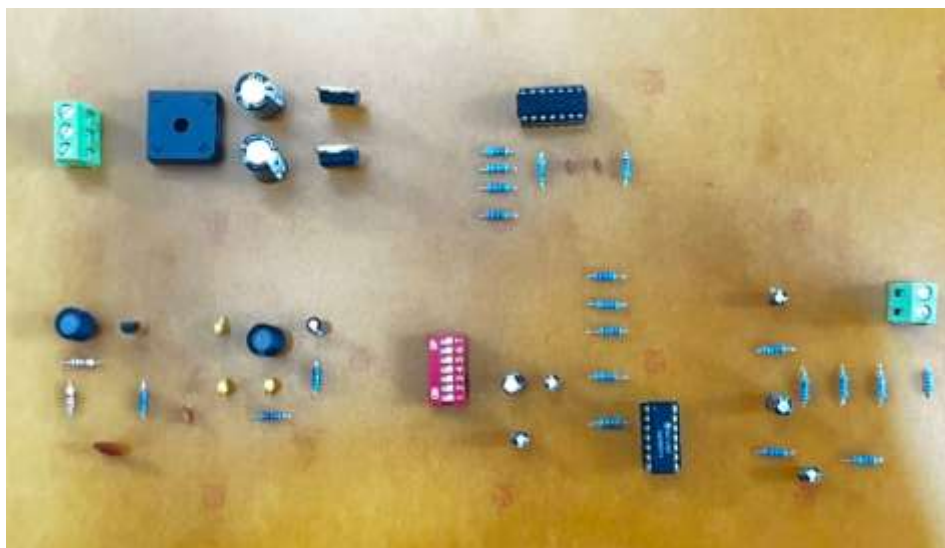
Tuy vậy, tín hiệu tạo ra vẫn duy trì được tính chất dao động hình sin, biên độ ổn định và khả năng hoạt động liên tục, phù hợp để đưa vào khối điều chế. Dạng sóng thu được không có hiện tượng méo nặng hoặc mất chu kỳ, cho thấy hệ thống vẫn đảm bảo độ tin cậy trong vận hành cơ bản.

Tóm lại, khối tạo sóng mang đã đạt được mục tiêu phát sinh tín hiệu sin ở tần số cao, với biên độ phù hợp. Sai số về tần số tuy có tồn tại trong thực nghiệm, nhưng vẫn trong giới hạn có thể chấp nhận đối với hệ thống AM analog cơ bản. Để tăng độ chính xác trong tương lai, chúng tôi đề xuất thay thế mạch dao động RC bằng bộ dao động tinh thể (crystal oscillator) hoặc mạch PLL có hồi tiếp pha, nhằm cố định tần số đầu ra ở mức chính xác cao hơn và ổn định hơn theo thời gian.

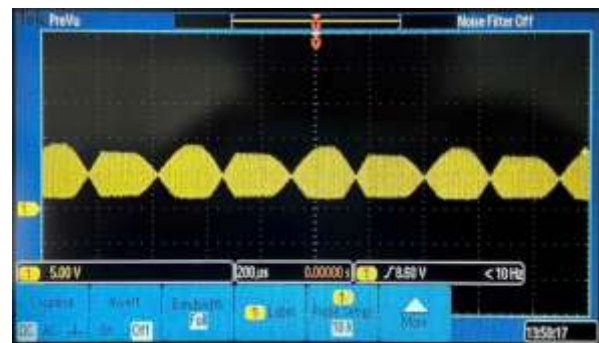
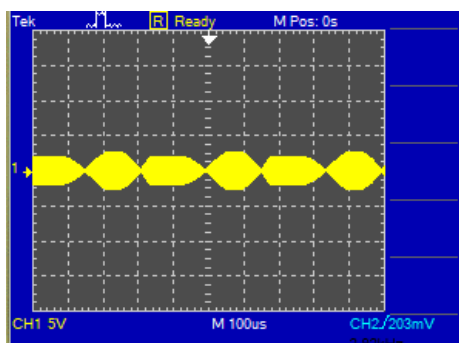
#### 5.1.4 Khối điều chế



Hình 5.10: Mạch điều chế.

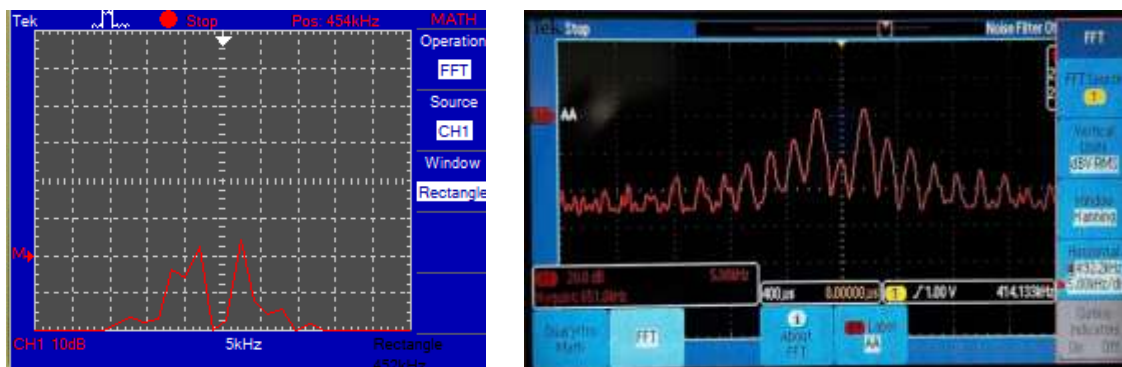


Hình 5.11: Mạch toàn hệ thống.

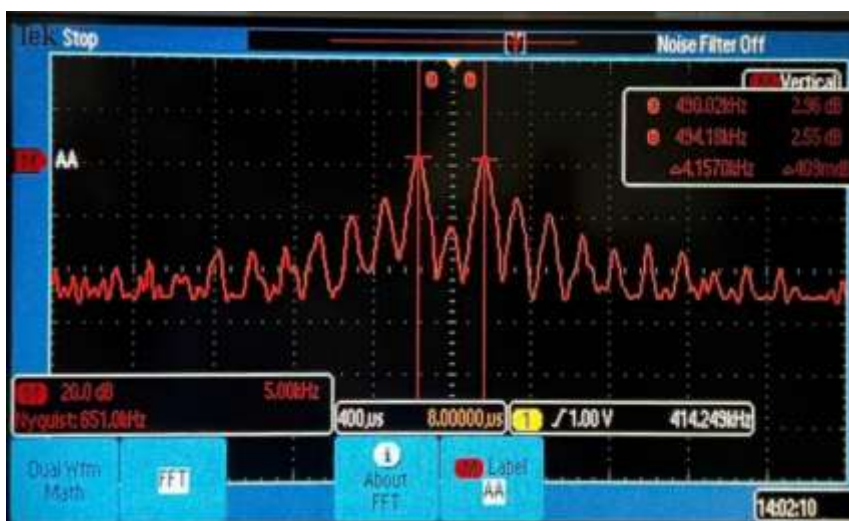


Hình 5.12: Dạng sóng tín hiệu điều chế đo được khi mô phỏng và thực tế.





**Hình 5.13:** Phổ tần mô phỏng và thực tế của tín hiệu điều chế.



**Hình 5.14:** Bảng thông của tín hiệu điều chế.

Qua kết quả đo được, dạng sóng mô phỏng và thực tế khá tương đồng nhưng dạng sóng đầu ra có dấu hiệu bị méo ở một số đoạn. Cụ thể, phần đầu và cuối của tín hiệu xuất hiện hiện tượng suy giảm biên độ, các đường bao không còn giữ được độ đối xứng và trơn tru như mô phỏng lý tưởng. Sóng mang bên trong cũng không còn dao động đều đặn mà có xu hướng bị triệt đỉnh cục bộ. Hiện tượng này cho thấy tín hiệu điều chế không duy trì được biên độ ổn định trong suốt quá trình hoạt động.

Hai đỉnh phổ có biên độ gần tương đương (2.96 dB và 2.55 dB), cho thấy quá trình điều chế diễn ra tương đối cân bằng, không có hiện tượng lệch biên nghiêm trọng. Tuy vậy, vẫn tồn tại một số đỉnh phụ và nhiễu nền hai bên phổ, phản ánh ảnh hưởng của nhiễu hoặc phi tuyến trong mạch thực tế, đặc biệt là do IC điều chế hoặc nguồn không ổn định hoàn toàn.

Có thể nhận thấy tín hiệu điều chế AM-DSB đã hình thành đúng đặc trưng tần số của một tín hiệu điều chế biên độ. Cụ thể, phổ thu được thể hiện rõ ràng ba thành phần chính: hai đỉnh nằm tại 490.02 kHz và 494.18 kHz, tương ứng với hai biên tần số  $f_c - f_m$  và  $f_c + f_m$ , đồng thời suy ra tần số sóng mang  $f_c \approx 492.1\text{kHz}$ . Chênh lệch giữa hai biên là 4.157 kHz, khớp với tín hiệu tin tức đã dùng trong hệ thống (khoảng 2.15 kHz). Từ kết quả phổ có thể xác định băng thông (Bandwidth – BW) của tín hiệu AM-DSB là:

$$BW = 2f_m = 2 \cdot 2,157 = 4,371\text{kHz}$$

Băng thông này là hoàn toàn phù hợp với lý thuyết điều chế AM-DSB.

Như vậy, hệ thống điều chế đã hoạt động đúng về mặt phổ, độ rộng băng tần và độ tuyến tính, cho phép sử dụng trong các bước xử lý tín hiệu hoặc truyền dẫn tiếp theo.

Mặc dù tín hiệu thu được vẫn thể hiện rõ đặc trưng cơ bản của AM-DSB với đường bao mang thông tin tin tức, nhưng chất lượng sóng chưa đạt mức tối ưu. Để cải thiện điều này, chúng tôi đề xuất thực hiện hiệu chỉnh lại mức biên độ của hai tín hiệu đầu vào sao cho hệ số điều chế  $m$  nằm trong khoảng 0.5 đến 0.8. Đồng thời, bổ sung tụ lọc nếu cần thiết nhằm tránh hiện tượng sụt áp cục bộ gây biến dạng tín hiệu.



## CHƯƠNG 6

# KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

### 6.1 KẾT LUẬN

Đề tài “Thiết kế mạch điều chế AM-DSB” đã được thực hiện với mục tiêu xây dựng một mô hình hoàn chỉnh gồm ba khối chức năng chính: khối tạo tín hiệu tin tức, khối tạo sóng mang và khối điều chế AM-DSB, sử dụng các linh kiện phổ biến như TL074, 2N3904 và MC1496. Thông qua kết quả đạt được từ mô phỏng và thực nghiệm, hệ thống đã đáp ứng tốt các yêu cầu:

- Thiết kế thành công mô hình mạch điều chế AM-DSB, tuân thủ đầy đủ các nguyên lý lý thuyết điều chế biên độ hai biên.
- Mô hình hoạt động ổn định trong quá trình mô phỏng với phần mềm Multisim và MATLAB, cho thấy tín hiệu điều chế đầu ra có băng thông và phổ tần phù hợp, phản ánh đúng quá trình biến đổi biên độ sóng mang.
- Kết quả đo kiểm thực tế xác nhận khả năng triển khai của mô hình với tín hiệu hình sin tin tức và sóng mang ổn định, biên độ và tần số xấp xỉ giá trị thiết kế ban đầu. Các dạng sóng và phổ tần đầu ra thu được khớp tương đối với mô phỏng lý thuyết.
- Đồ án đã giúp sinh viên nắm vững hơn về nguyên lý điều chế AM-DSB, rèn luyện kỹ năng thiết kế, mô phỏng và phân tích kết quả thực nghiệm – những kỹ năng thiết yếu trong ngành kỹ thuật điện tử - viễn thông.

Bên cạnh đó, đề tài vẫn còn một số hạn chế:

- Hệ thống chỉ tập trung vào mạch điều chế AM-DSB, chưa triển khai khối giải điều chế (demodulation) để xây dựng mô hình truyền – thu hoàn chỉnh.

- Các kết quả đo kiểm thực tế vẫn còn xuất hiện sai số về biên độ và tần số so với lý thuyết, do ảnh hưởng của dung sai linh kiện, nhiễu môi trường và đặc tính không lý tưởng của mạch.
- Đề tài mới chỉ thực hiện trên quy mô phòng thí nghiệm, chưa kiểm tra và ứng dụng trong môi trường truyền dẫn thực tế hoặc tích hợp các bộ lọc và xử lý tín hiệu nâng cao.

## 6.2 HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Dựa trên kết quả đạt được và những hạn chế của đề tài, nhóm thực hiện đề xuất một số hướng phát triển trong tương lai như sau:

- Xây dựng khối giải điều chế tín hiệu AM-DSB để hoàn thiện hệ thống truyền – thu tín hiệu, kiểm chứng khả năng thu nhận và tái tạo lại tín hiệu thông tin ban đầu.
- Thiết kế thêm các bộ lọc thông thấp hoặc thông cao để loại bỏ nhiễu không mong muốn, đảm bảo tín hiệu đầu ra trong quá trình truyền – thu đạt chất lượng tốt nhất. Ngoài ra, có thể tích hợp thêm các mạch tiền xử lý tín hiệu như mạch khuếch đại, mạch chỉnh biên độ.
- Triển khai thuật toán điều chế – giải điều chế AM-DSB trên các nền tảng số như FPGA, vi điều khiển STM32 hoặc SDR (Software Defined Radio).
- Thiết kế thêm khối phát AM (bộ phát sóng) và khối thu AM-DSB (bộ thu tín hiệu), đồng thời kiểm tra khả năng truyền tín hiệu trong môi trường thực tế.

# PHỤ LỤC

Các file thiết kế trên Multisim, Proteus, Matlab và file PowerPoint của hệ thống được đặt trong đường dẫn sau:

[https://github.com/quatdohlv/do\\_an\\_1](https://github.com/quatdohlv/do_an_1)

Link video kết quả đạt được:

<https://youtu.be/16XL-NkMlh4>

Link github cá nhân:

<https://github.com/quatdohlv>

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] H. Đ. Chiến, *Mạch điện tử 3: Mạch điện tử thông tin*. TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam: Nhà Xuất Bản Đại học Quốc gia TP.HCM, 2013.
- [2] P. H. Liên, *Điện tử thông tin*. TP. Hồ Chí Minh: Nhà Xuất Bản Đại học Quốc gia TP.HCM, 2011.
- [3] J. G. Proakis, M. Salehi, and G. Bauch, *Contemporary Communication Systems Using MATLAB*. Stamford, CT, USA: Cengage Learning, 2012.