

I. Giới thiệu chung về máy thu thanh vô tuyến

Máy thu thanh vô tuyến (hay radio) là thiết bị điện tử có khả năng thu nhận các sóng điện từ trong không gian, sau đó xử lý để tái tạo lại tín hiệu âm thanh ban đầu (như giọng nói, âm nhạc) và phát ra loa. Đây là một ứng dụng quan trọng của hiện tượng sóng điện từ trong đời sống.

II. Sơ đồ khối của một máy thu thanh đơn giản

Một máy thu thanh đơn giản bao gồm 5 bộ phận cơ bản, hoạt động theo một chu trình khép kín để biến sóng điện từ thành âm thanh. Sơ đồ khối như sau:

Anten thu → Mạch chọn sóng → Mạch tách sóng → Mạch khuếch đại âm tần → Loa

1. Anten thu

- **Chức năng:** Thu nhận toàn bộ các sóng điện từ từ nhiều đài phát khác nhau truyền tới.
- **Nguyên lý hoạt động:** Khi sóng điện từ từ các đài phát lan truyền trong không gian và gặp anten, chúng sẽ gây ra một suất điện động cảm ứng biến thiên trong anten. Suất điện động này có tần số bằng tần số của sóng điện từ. Do đó, anten đã biến đổi năng lượng của sóng điện từ thành năng lượng của dòng điện xoay chiều.

2. Mạch chọn sóng

- **Chức năng:** Lựa chọn sóng điện từ có tần số mong muốn từ vô số sóng do anten thu được. Đây là bộ phận quan trọng nhất, quyết định việc ta nghe được đài nào.
- **Cấu tạo:** Là một mạch dao động LC, gồm một cuộn cảm L và một tụ điện C có điện dung thay đổi được (tụ xoay).
- **Nguyên lý hoạt động:** Mạch hoạt động dựa trên hiện tượng cộng hưởng điện. Tần số riêng của mạch dao động LC được tính bằng công thức: $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

Khi ta điều chỉnh điện dung C của tụ điện (bằng cách xoay núm dò kênh), tần số riêng f_0 của mạch sẽ thay đổi. Nếu tần số riêng f_0 của mạch bằng với tần số f của sóng điện từ từ một đài phát nào đó, hiện tượng cộng hưởng xảy ra. Lúc này, cường độ dòng điện trong mạch đạt giá trị cực đại, tín hiệu của đài đó được thu vào một cách mạnh nhất và chuyển sang bộ phận tiếp theo. Các tín hiệu có tần số khác sẽ rất yếu và bị loại bỏ.

- **Công thức liên quan đến bước sóng:** $\lambda = c / f = c * 2\pi\sqrt{LC}$

Trong đó: $c = 3.10^8$ m/s là tốc độ ánh sáng trong chân không.

- **Ví dụ minh họa:**

1. **Ví dụ 1:** Một mạch chọn sóng có cuộn cảm $L = 2 \mu\text{H}$ và tụ điện $C = 2000 \text{ pF}$. Hỏi mạch này thu được sóng điện từ có bước sóng bằng bao nhiêu?

(Lấy $\pi^2 = 10$)

Giải:

Tần số riêng của mạch: $f_0 = 1 / (2\pi\sqrt{2 \cdot 10^{-6} * 2000 \cdot 10^{-12}}) = 1 / (2\pi * 2 \cdot 10^{-8}) \approx 2,516 \cdot 10^6 \text{ Hz}$.

Bước sóng thu được: $\lambda = c/f_0 = 3 \cdot 10^8 / (2,516 \cdot 10^6) \approx 119,2 \text{ m}$.

2. **Ví dụ 2:** Một máy thu thanh có mạch chọn sóng với L không đổi và tụ C có thể thay đổi từ 10 pF đến 160 pF. Máy có thể thu được dải sóng có bước sóng từ $\lambda_{\min}$ đến $\lambda_{\max}$. Tính tỉ số $\lambda_{\max} / \lambda_{\min}$.

Giải:

Ta có λ tỉ lệ thuận với $\sqrt{C}$. Do đó:

$\lambda_{\min}$ ứng với $C_{\min} = 10 \text{ pF}$.

$\lambda_{\max}$ ứng với $C_{\max} = 160 \text{ pF}$.

Tỉ số: $\lambda_{\max} / \lambda_{\min} = \sqrt{(C_{\max} / C_{\min})} = \sqrt{(160 / 10)} = \sqrt{16} = 4$.

3. Mạch tách sóng

- **Chức năng:** Tách tín hiệu âm tần (tín hiệu âm thanh có tần số thấp) ra khỏi sóng mang cao tần.
- **Nguyên lý hoạt động:** Sau khi được chọn lọc, tín hiệu đi vào mạch tách sóng là một sóng cao tần đã được biến điệu biên độ theo tín hiệu âm tần. Mạch tách sóng (thường dùng một điốt bán dẫn) có tác dụng chỉnh lưu, loại bỏ phần tín hiệu âm của sóng cao tần, giữ lại phần dương. Tín hiệu sau khi qua điốt là một dòng điện một chiều biến đổi theo nhịp điệu của tín hiệu âm tần. Mạch lọc sẽ làm phẳng các gợn sóng cao tần, chỉ giữ lại đường bao của chúng, chính là tín hiệu âm tần ban đầu.

4. Mạch khuếch đại âm tần

- **Chức năng:** Khuếch đại tín hiệu âm tần sau khi được tách ra.
- **Nguyên lý hoạt động:** Tín hiệu âm tần thu được từ mạch tách sóng có năng lượng rất nhỏ, không đủ để làm loa hoạt động. Do đó, nó cần được đưa vào mạch khuếch đại (thường dùng tranzito) để tăng biên độ và công suất lên nhiều lần. Độ lớn của tín hiệu sau khuếch đại có thể điều chỉnh được thông qua nút điều chỉnh âm lượng (volume).

5. Loa

- **Chức năng:** Biến đổi dao động điện âm tần thành dao động âm (âm thanh) có cùng tần số.
- **Nguyên lý hoạt động:** Tín hiệu điện âm tần đã được khuếch đại được đưa vào cuộn dây của loa. Dòng điện này làm cho cuộn dây dao động trong từ trường của một nam châm vĩnh cửu. Cuộn dây được gắn với màng loa, làm màng loa dao động theo. Màng loa dao động sẽ nén và giãn không khí phía trước nó, tạo ra sóng âm truyền đến tai người nghe.

III. Nguyên lý chọn sóng và điều chỉnh (Tuning)

Nguyên tắc cơ bản và quan trọng nhất trong hoạt động của máy thu thanh là **nguyên tắc cộng hưởng điện** xảy ra trong mạch chọn sóng (mạch dao động LC).

1. Hiện tượng cộng hưởng điện

Khi một mạch dao động LC chịu tác dụng của một suất điện động cưỡng bức có tần số góc ω , trong mạch sẽ có dao động điện cưỡng bức với cùng tần số góc ω . Biên độ của dao động này phụ thuộc vào sự chênh lệch giữa ω và tần số góc riêng ω_0 của mạch.

- **Tần số góc riêng:** $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$
- **Tần số riêng:** $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$

Khi tần số của sóng điện từ tới (f) bằng đúng tần số riêng của mạch chọn sóng (f_0), tức là $f = f_0$, thì xảy ra hiện tượng cộng hưởng. Lúc này, biên độ dao động của dòng điện trong mạch đạt giá trị cực đại. Điều này có nghĩa là tín hiệu của đài phát có tần số f được thu nhận mạnh nhất.

2. Cách điều chỉnh để bắt sóng

Để thu được các đài phát khác nhau (có tần số f khác nhau), ta cần thay đổi tần số riêng f_0 của mạch chọn sóng sao cho $f_0 = f$. Việc này được thực hiện bằng cách thay đổi điện dung C của tụ điện hoặc độ tự cảm L của cuộn cảm.

- **Thay đổi C :** Đây là cách phổ biến nhất. Người ta dùng một tụ xoay, khi xoay núm dò kênh, các bản tụ lồng vào nhau hoặc tách ra, làm thay đổi điện dung C .
- **Thay đổi L :** Ít phổ biến hơn, có thể thực hiện bằng cách di chuyển một lõi sắt từ bên trong cuộn cảm.

Giả sử cuộn cảm có độ tự cảm L không đổi, tụ điện có điện dung biến thiên trong khoảng từ C_1 đến C_2 . Khi đó, máy thu có thể bắt được các sóng điện từ có bước sóng trong dải:

- **Bước sóng nhỏ nhất (ứng với C_1):** $\lambda_{\min} = 2\pi c\sqrt{LC_1}$
- **Bước sóng lớn nhất (ứng với C_2):** $\lambda_{\max} = 2\pi c\sqrt{LC_2}$

Ví dụ vận dụng:

Bài toán: Mạch chọn sóng của một máy thu vô tuyến điện gồm cuộn dây có $L = 2 \cdot 10^{-6}$ H và một tụ xoay có điện dung là C biến thiên từ $C_1 = 10$ pF đến $C_2 = 500$ pF. Lấy $c = 3 \cdot 10^8$ m/s. Hỏi máy thu này có thể bắt được các sóng điện từ thuộc dải sóng nào?

Phân tích và giải:

1. Tính bước sóng nhỏ nhất ($\lambda_{\min}$):

Ứng với điện dung nhỏ nhất $C_1 = 10$ pF = $10 \cdot 10^{-12}$ F.

$$\lambda_{\min} = 2\pi c\sqrt{LC_1} = 2\pi * 3 \cdot 10^8 * \sqrt{(2 \cdot 10^{-6} * 10 \cdot 10^{-12})} \approx 8,43 \text{ m}$$

2. Tính bước sóng lớn nhất ($\lambda_{\max}$):

Ứng với điện dung lớn nhất $C_2 = 500$ pF = $500 \cdot 10^{-12}$ F.

$$\lambda_{\max} = 2\pi c\sqrt{LC_2} = 2\pi * 3 \cdot 10^8 * \sqrt{(2 \cdot 10^{-6} * 500 \cdot 10^{-12})} \approx 59,6 \text{ m}$$

Kết luận: Máy thu thanh này có thể bắt được dải sóng điện từ có bước sóng từ 8,43 m đến 59,6 m.

IV. Bảng tóm tắt chức năng các bộ phận

Bộ phận	Tên gọi	Chức năng chính
1	Anten thu	Thu nhận mọi sóng điện từ truyền tới.
2	Mạch chọn sóng	Lựa chọn tần số sóng cần thu dựa trên hiện tượng cộng hưởng.
3	Mạch tách sóng	Tách tín hiệu âm tần ra khỏi sóng mang cao tần.
4	Mạch khuếch đại âm tần	Làm tăng biên độ và công suất của tín hiệu âm tần.
5	Loa	Biến dao động điện thành dao động âm.