

## Chương 7: MÁY THU

### 7-1 Định nghĩa và phân loại máy thu:

Một số chỉ tiêu kỹ thuật cơ bản của máy thu:

- + Độ nhạy: biểu thị khả năng thu tín hiệu yếu của máy thu mà vẫn đảm bảo:
  - Công suất ra danh định  $P_L$ .
  - Tỷ số tín hiệu trên nhiễu (S/N).
- + Độ chọn lọc: là khả năng chèn ép các dạng nhiễu không phải là tín hiệu cần thu:
$$S_E = \frac{A_0}{A_f} \geq 1$$
- + Chất lượng lặp lại tin tức

### 7-2 Sơ đồ khối tổng quát của máy thu:

- + Sơ đồ khối tổng quát mạch khuếch đại trực tiếp.
- + Sơ đồ khối tổng quát mạch đổi tần AM và FM.
- + Sơ đồ khối tổng quát mạch đơn biên (SSB).

### 7-3 Mạch vào máy thu:

Một số chỉ tiêu kỹ thuật của mạch vào:

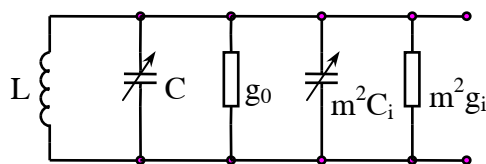
- + Hệ số truyền đạt:  $A_{MV} = \frac{V_0}{E_A}$  (1)

- + Độ chọn lọc  $S_E = \frac{A_0}{A_f}$  (2)

- + Dải thông D (BW)

- + Tần đoạn làm việc.

#### a- Ảnh hưởng của Anten hoặc tầng đầu đến mạch vào



➤ Tần số cộng hưởng của mạch vào:  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$  (1)

➤ Điện dẫn tương đương lúc cộng hưởng:

$$\frac{1}{R_{td}} = g_0 = d_0 \omega_0 C = \frac{d_0}{\omega_0 L} \quad (2)$$

với  $d_0 = \frac{1}{Q_0}$  hệ số tổn hao (3)

➤ Khi có ảnh hưởng của điện dẫn anten:

$$Y = g_a + j\omega_0 C_A \quad (4)$$

hoặc điện dẫn của mạch vào tầng khuếch đại đầu:

$$Y = g_i + j\omega_0 C_A \quad (5)$$

điện dẫn tương đương của mạch cộng hưởng trở thành:

$$g_{td} = g_0 + m^2 g_i \quad (6)$$

$$C_{td} = C + m^2 C_i \quad (7)$$

➤ Hệ số phẩm chất của mạch cộng hưởng sẽ giảm từ  $Q_0$  xuống  $Q_i$  theo quan hệ:

$$\frac{d}{d_0} = \frac{Q_0}{Q} = \frac{g_{td}}{g_0} = 1 + \frac{m^2 g_i}{g_0} \quad (8)$$

➤ Nếu  $\Delta C = m^2 C_i$  (9) khá nhỏ thì độ sai lệch tần số cộng hưởng sẽ là:

$$\frac{\Delta f_0}{f_0} \approx -\frac{1}{2} \frac{\Delta C}{C} \approx -\frac{1}{2} \frac{m^2 C_i}{C}$$

➤ Nguyên tắc xác định hệ số mắc mạch (m)

- Mức tăng tổn hao không vượt quá giới hạn cho phép.
- Sự biến thiên của tham số anten và dẫn nạp vào tầng đầu không gây ảnh hưởng đến chỉ tiêu của mạch vào.

➤ Các mạch lọc nhiễu lọt thẳng (nhiều tần số trung gian)

#### **b- Các mạch ghép anten với mạch cộng hưởng vào**

+ Ở  $f < 30\text{MHz} \Rightarrow C_A = 50 \div 250\text{pF}; r_A = 20 \div 60\Omega.$

+ Ở  $f > 30\text{MHz} \Rightarrow C_A = 10 \div 20\text{pF}; r_A = 10\Omega.$

## 7-4 Bộ trộn tần

Thực chất là một tầng khuếch đại cao tần PF có hai tần số vào khác nhau và đầu ra bộ đổi tần ta có vô số tần số  $mf_{ns} \pm nf_{th}$ . Vì đầu ra bộ đổi tần ta đặt một mạch cộng hưởng tại tần số trung gian:  $f_{tg} = f_{ns} - f_{th}$

+ Ở băng sóng trung và ngắn:  $f_{tg} = 455\text{KHz}$

+ Ở băng sóng FM:  $f_{tg} = 10,7\text{MHz}$

## 7-5 Tách sóng

**a- Những chỉ tiêu kỹ thuật cơ bản của bộ tách sóng biên độ.**

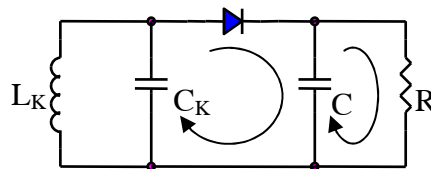
➤ Hệ số truyền đạt:  $A_{TS} = \frac{V_{0TS}}{V_{ITS}} = \frac{V_{\Omega}}{mV_0}$  (1)

➤ Trở kháng vào của bộ tách sóng:  $Z_{ITS} = \frac{V_{ITS}}{I_{ITS}}$  (2)

➤ Méo phi tuyến:  $\gamma = \frac{\sqrt{I_{2m}^2 + I_{3m}^2 + \dots}}{I_{1m}} \cdot 100\%$  (3)

**b- Tách sóng Diode**

➤ Tách sóng nối tiếp: Dựa vào quá trình phóng nạp của tụ ta sẽ có dạng điện áp âm tần đã tách sóng trên điện trở tải  $R_L$ .



+ Điều kiện để tụ  $C$  lọc tần số trung gian ở đầu vào:

$$\frac{1}{\omega C} \ll R$$
 (1)

+ Điều kiện để RC không gây méo tín hiệu là:

$$\Omega RC \leq \frac{\sqrt{1 - m^2}}{m}$$
 (2)

Vì vậy trong thực tế  $m \neq 1$  ( $m \approx 0,7 \div 0,8$ )

+ Điện trở vào tách sóng:  $R_i = \frac{R}{2}$  (3)

- + Để tính R ta dựa vào bảng sau:

SR	20	50	100	200	1000
A <sub>TS</sub>	0,75	0,84	0,89	0,93	0,98

- Tách sóng song song ít được dùng do  $R_i = \frac{R}{3}$

### c- Tách sóng tần số

- Yêu cầu của bộ tách sóng tần số.

- + Hệ số truyền đạt cao  $S_{\max}$  lớn:  $S_f = \frac{dV_{0TS}}{d\Delta f}$
- + Đặc tuyến truyền đạt phẳng trong một phạm vi tần số rộng.
- + Điện áp vào không cần lớn.
- + Để  $V_{0TS} = f(\Delta f)$  mà không phụ thuộc biên độ điện áp vào nên trước bộ tách sóng tần số cần có bộ hạn chế biên độ.
- + Đặc tuyến truyền đạt phải đối xứng qua gốc tọa độ  $f(\Delta f) = -f(\Delta f)$
- Có 3 nguyên tắc để thực hiện tách sóng tần số.
  - Biến tín hiệu vào FM thành tín hiệu AM, rồi dùng tách sóng biên độ để tách sóng  $\Rightarrow$  thường dùng IC chuyên dụng như IC để tách sóng.
  - Biến tín hiệu FM thành tín hiệu điều chế độ rộng xung rồi thực hiện tách sóng tín hiệu độ rộng xung nhờ một mạch tích phân.
  - Làm cho tần số của tín hiệu FM bám theo tần số VCO của PLL, điện áp sai số chính là điện áp cần tách sóng.

# PHẦN II

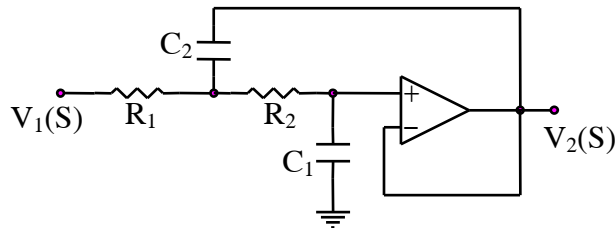
# BÀI TẬP

## Chương 1: MẠCH LỌC TÍCH CỰC

**Bài 1.3** Thiết kế bộ LLT bậc 2 có tần số cắt trên  $f_c = 1\text{Khz}$ ,  $C_1 = 0,1\mu\text{F}$ ,  $|A_{v0}| = 1$  trong hai trường hợp:

1. Bộ LLT có hồi tiếp dương.
2. Bộ LLT có hồi tiếp âm nhiều vòng.

\* Bộ LLT có hồi tiếp dương.



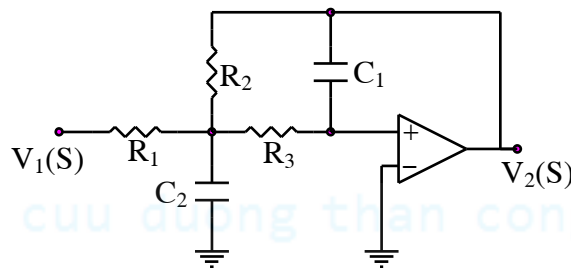
$$H(S) = \frac{1}{1 + \underbrace{C_1(R_1 + R_2)\omega_0 S}_{b_1 = \sqrt{2}} + \underbrace{\omega_0^2 C_1 C_2 R_1 R_2 S^2}_{b_2 = 1}}$$

Chọn:  $\frac{C_2}{C_1} = \frac{4b_2}{b_1^2} = \frac{4 \cdot 1}{2} = 2$

$$\Rightarrow C_2 = 2C_1 = 2 \times 0,1\mu\text{F} = 0,2\mu\text{F}$$

$$R_1 = R_2 = \frac{b_1}{4\pi f_0 C_1} = \frac{\sqrt{2}}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^3 \cdot 10^{-7}} \approx 1123\Omega$$

\* Bộ LLT hồi tiếp âm hai vòng.



$$A_{v0} = -\frac{R_2}{R_1} = 1 \Rightarrow R_1 = R_2 = \frac{b_1}{4\pi f_0 C_1}$$

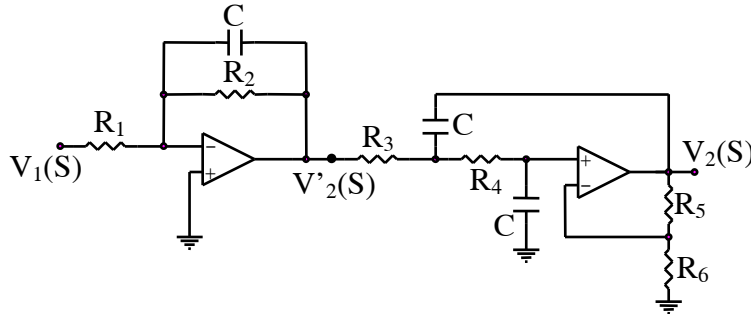
$$\Rightarrow R_1 = R_2 = \frac{\sqrt{2}}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^3 \cdot 10^{-7}} \approx 1122,6\Omega$$

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{4b_2(1 + |A_{v0}|)}{b_1^2} = \frac{4 \cdot 1 \cdot 2}{2} = 4$$

$$\Rightarrow C_2 = 4C_1 = 4 \times 0,1 \mu F = 0,4 \mu F$$

$$R_3 = \frac{b_2}{4\pi^2 f_0^2 C_1 C_2 R_2} = \frac{1}{4 \cdot 10 \cdot 10^6 \cdot 10^{-7} \cdot 4 \cdot 10^{-7} \cdot 1122,6} \approx 557 \Omega$$

**Bài 1.6** Thiết kế bộ LLT bậc 3 có tần số cắt trên  $f_c = 1 \text{ KHz}$ ,  $C_1 = 0,16 \mu F$ ,  $A_{v0} = 3$ .



Vì cho mọi  $C$  bằng nhau nên chỉ có thể dùng bộ LLT2 hồi tiếp dương 1 vòng.

Theo bảng Butterworth ta có:  $B_3(S) = (S+1)(S^2 + S + 1)$ , ( $b_{22} = 1$ ;  $b_{12} = 1$ ).

$$\text{LLT1: } R_1 = \frac{1}{\omega_c \cdot C} = \frac{1}{6,28 \cdot 10^3 \cdot 0,16 \cdot 10^{-6}} = 1 \text{ K}\Omega$$

$$A_{v0} = -\frac{R_2}{R_1} = 3 \Rightarrow R_2 = 3R_1 = 3 \times 10^3 = 3 \text{ K}\Omega$$

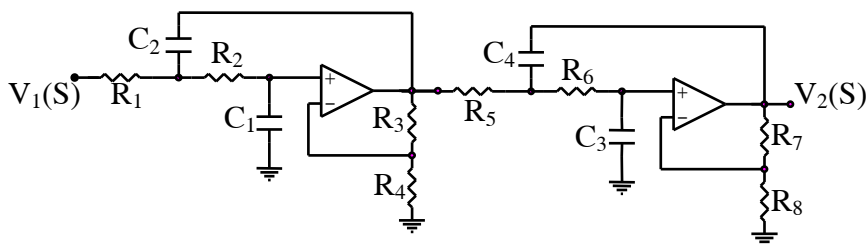
$$\text{LLT2: Chọn } R_3 = R_4 = \frac{1}{\omega_0 C} = \frac{1}{6,28 \cdot 10^3 \cdot 0,16 \cdot 10^{-6}} = 1 \text{ K}\Omega$$

$$A_{v0} = 1 + \frac{R_5}{R_6} = 3 - \sqrt{2} = 1,59 \Rightarrow \frac{R_5}{R_6} = 0,59$$

$$\text{Chọn } R_6 = 1 \text{ K}\Omega \Rightarrow R_5 = 590 \Omega.$$

**Bài 1.8** Thiết kế bộ LLT bậc 4 có tần số cắt trên  $f_c = 1 \text{ KHz}$ , tất cả các  $C = 0,16 \mu F$ .

Vì tất cả các tụ điện bằng nhau nên chọn sơ đồ hồi tiếp dương một vòng là đơn giản nhất. Khi đó ta cũng chọn các  $R$  bằng nhau.



$$B_4(S) = (S^2 + 0,765S + 1)(S^2 + 1,848S + 1)$$

Mắt lọc 1:

$$b_{21} = 1; b_{11} = 0,765$$

$$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = 0,16\mu F$$

$$\Rightarrow R_1 = R_2 = R_5 = R_6 = \frac{1}{\omega_0 C} = \frac{1}{6,28 \cdot 10^3 \cdot 0,16 \cdot 10^{-6}} = 1K\Omega$$

$$A_{v_{01}} = 3 - 0,765 = 1 + \frac{R_3}{R_4} \Rightarrow \frac{R_3}{R_4} = 1,235$$

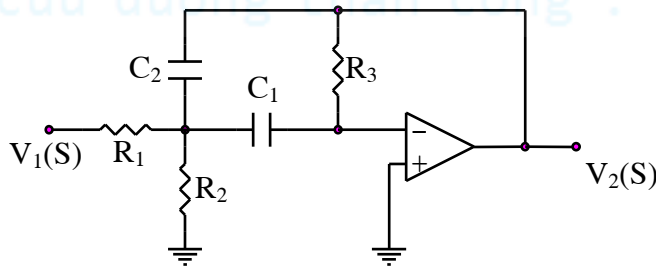
$$\text{Chọn } R_4 = 1K\Omega \Rightarrow R_3 = 1235\Omega.$$

Mắt lọc 2:

$$A_{v_{02}} = 3 - 1,848 = 1 + \frac{R_7}{R_8} \Rightarrow \frac{R_7}{R_8} = 0,152$$

$$\text{Chọn } R_8 = 1K\Omega \Rightarrow R_7 = 0,152 \cdot R_8 = 152\Omega.$$

**Bài 1.5** Thiết kế bộ lọc thông dải LTD bậc 2 có tần số cộng hưởng  $f_0 = 10KHz$ ;  $D = 2000Hz$ ;  $A_{v0} = 10$ ;  $C_1 = C_2 = 0,1\mu F$ .



$$Q_0 = \frac{f_0}{D} = \frac{10^4}{2 \cdot 10^3} = 5$$

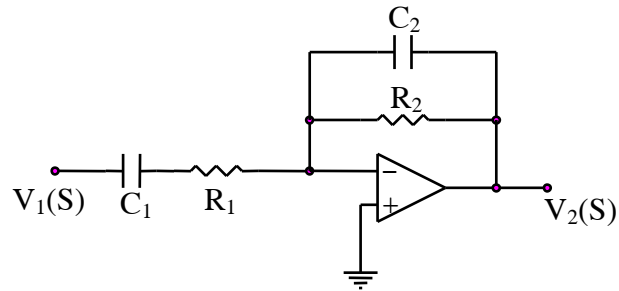
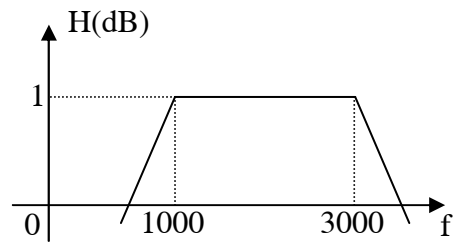
$$R_3 = \frac{1}{\pi DC} = \frac{1}{3,14 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 10^{-7}} = 1,6K\Omega$$

$$R_1 = \frac{R_3}{2A_{v0}} = \frac{1,6 \cdot 10^3}{20} = 80\Omega$$

$$R' = \frac{1}{\omega_0^2 \cdot R_3 \cdot C^2} = \frac{1}{4\pi^2 \cdot 10^8 \cdot 1,6 \cdot 10^3 \cdot 10^{-14}} = \frac{100}{6,4} \approx 16\Omega = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow R_2 = 20\Omega.$$

**Bài 1.11** Thiết kế bộ LTD bậc 2 có  $F = 1000 \div 3000Hz$ ;  $A_0(dB) = 10dB$ ;  $C_1 = 0,1\mu F \Rightarrow f_1 = 1000Hz$ ;  $f_2 = 3000Hz$ .





$$R_1 = \frac{1}{2\pi f_1 C_1} = \frac{0,16}{10^3 \cdot 10^{-7}} = 1,6 \text{K}\Omega$$

$$A_{v0} = 10 \lg \frac{f_1}{f_3} = 10 \text{dB} \Rightarrow \frac{f_1}{f_3} = 10$$

$$\Rightarrow f_3 = \frac{f_1}{10} = \frac{1000}{10} = 100 \text{Hz}$$

$$\Rightarrow R_2 = \frac{1}{2\pi f_3 C_1} = \frac{1}{6,28 \cdot 10^2 \cdot 10^{-7}} = 16 \text{K}\Omega$$

$$\Rightarrow C_2 = \frac{1}{2\pi f_2 R_2} = \frac{1}{6,28 \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 16 \cdot 10^3} = \frac{0,16}{3 \cdot 16 \cdot 10^6} = 3,3 \text{nF}$$

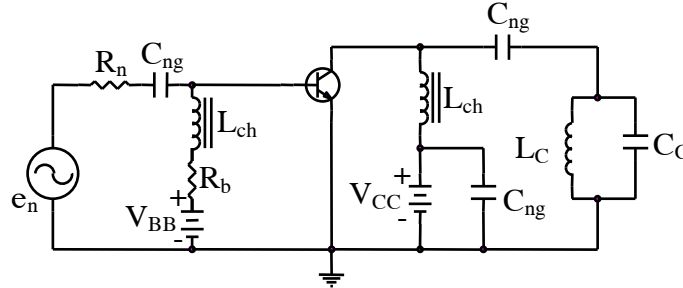
cuu duong than cong . com

## Chương 2:

# KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT CAO TẦN

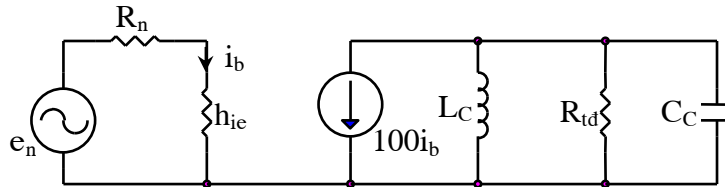
## I. Khuếch đại công suất cao tần: (KĐCSCT)

### Bài 2.2



$$\begin{aligned}
 P_L &= 0,1\text{W}; & f_0 &= 10\text{MHz}; & Q_0 &= 50; \\
 f_1 &= 3500\text{MHz}; & h_{fe} &= 100; & C_{b'e} &= 10^{-9}\text{F}; \\
 C_{b'c} &= 1\text{pF}; & P_{Cmax} &= 2\text{W}; & V_{CEmax} &= 40\text{V}; \\
 \max i_C &= 1\text{A}; & \theta &= 90^\circ; Z_n &= & 1\text{K}\Omega.
 \end{aligned}$$

- $$f_\beta = \frac{f_T}{h_{fe}} = \frac{3500 \cdot 10^6}{100} = 3,5\text{MHz} \Rightarrow f_0 = 10\text{MHz} < 0,3 \cdot f_\beta = 10,5\text{MHz}$$
 suy ra sơ đồ làm việc ở tần số thấp, ta có sơ đồ tương đương sau:



- Chọn  $V_{CC} = 0,5V_{CEmax} = 0,5 \times 40 = 20\text{V}$

- Chọn  $\xi = 0,9$ .

- $V_{cm1} = \xi \cdot V_{CC} = 0,9 \times 20 = 18\text{V}$ .

- $$I_{Cm1} = \frac{2P_L}{V_{Cm1}} = \frac{2 \times 0,1}{18} = 0,011\text{A} = 11\text{mA} \ll \max i_C = 1\text{A}$$

- Điện trở cộng hưởng tương đương:

$$R_{td} = \frac{V_{Cm1}}{I_{Cm1}} = \frac{18}{0,011} = 1636\Omega$$

- $$L_C = \frac{R_{td}}{2\pi f_0 Q_0} = \frac{1,636 \cdot 10^3}{6,28 \cdot 10^7 \cdot 50} = 0,521\mu\text{H}$$

$$8. C_C = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 L} = \frac{1}{4 \times 9,86 \cdot 10^{14} \cdot 0,521 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^{-8}}{20,55} = 486,6 \text{ pF}$$

$$9. I_n = I_{bm} = \frac{I_{Cm1}}{\gamma_1(\theta) \cdot \beta} = \frac{0,011}{0,5 \cdot 100} = 22 \cdot 10^{-5} \text{ A}$$

$$10. V_{BB} = V_{B'E'O} - I_n \cdot Z_n \cdot \gamma_0(\pi - \theta) = 0,7 - 22 \cdot 10^{-5} \cdot 10^3 \cdot 0,3 = 0,634 \text{ V}$$

$$11. I_{CO} = \gamma_0(\theta) \cdot \beta \cdot I_{bm} = 0,3 \times 100 \times 22 \cdot 10^{-5} = 6,6 \text{ mA}$$

$$12. h_{ie} = 1,4 h_{fe} \frac{25 \cdot 10^{-3}}{I_{CQ}} = 1,4 \cdot 100 \cdot \frac{25 \cdot 10^{-3}}{6,6 \cdot 10^{-3}} \approx 530 \Omega$$

$$13. \text{ Nếu } R_n = 1 \text{ K}\Omega \text{ thì } Z_i = R_n / h_{ie} = 10^3 / 530 = 346 \Omega$$

14. Biên độ điện áp kích thích:

$$V_{bm} = I_{bm} \cdot Z_i = 22 \cdot 10^{-5} \times 346 = 76 \text{ mV}$$

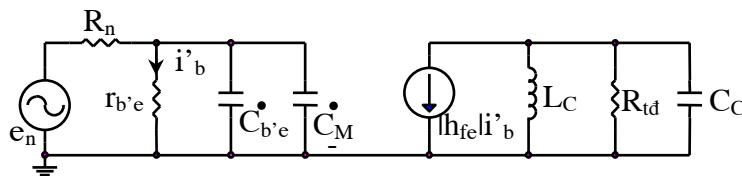
$$15. P_{CC} = I_{CO} \cdot V_{CC} = 6,6 \cdot 10^{-3} \times 20 = 0,132 \text{ W}.$$

$$16. \text{ Hiệu suất: } \eta = \frac{P_L}{P_{CC}} = \frac{0,1}{0,132} = 75\%$$

**Bài 2.1:** Giả thiết giống bài 2.2, chỉ khác  $f_T = 350 \text{ MHz}$

$$1. f_\beta = \frac{f_T}{h_{fe}} = \frac{3500 \cdot 10^6}{100} = 3,5 \text{ MHz}; f_0 = 10 \text{ MHz} < 3f_\beta = 10,5 \text{ MHz}$$

suy ra mạch hoạt động ở tần số trung bình có các  $C_{KS}$ .



Các bước 2 → 8 giống hệt như trên

9. Hệ số khuếch đại dòng điện ở dải tần số trung bình:

$$\left| \dot{\beta} \right| = \left| \dot{h}_{fe} \right| = \frac{h_{fe}}{\sqrt{1 + \left( \frac{\omega_0}{\omega_\beta} \right)^2}} = \frac{100}{\sqrt{1 + \left( \frac{2\pi \cdot 10^7}{2\pi \cdot 3,5 \cdot 10^6} \right)^2}} = \frac{100}{3,027} \approx 33$$

$$10. I'_n = \frac{I_{Cm1}}{\gamma_1(\theta) \cdot |\dot{\beta}|} = \frac{0,011}{0,5 \times 33} = 0,67 \text{ mA}$$

11. Để dòng vào Base không bị méo phải thỏa mãn điều kiện:

$$\tau_n = \tau_\beta = \frac{1}{\omega_\beta} = R_n \cdot C_{b'e}$$

$$\Rightarrow R_n = \frac{1}{2\pi f_\beta \cdot C_{b'e}} = \frac{1}{6,28 \cdot 3,5 \cdot 10^6 \cdot 10^{-9}} = \frac{10^3}{21,98} = 45,5 \Omega$$

$$\left| \dot{Z}_n \right| = \frac{R_n}{\sqrt{1 + \left( \frac{\omega_0}{\omega_\beta} \right)^2}} = \frac{45,5}{\sqrt{1 + \left( \frac{2\pi \cdot 10^7}{2\pi \cdot 3,5 \cdot 10^6} \right)^2}} = \frac{45,5}{3,027} \approx 15\Omega$$

$$\begin{aligned} 12. I_n &= I'_n [1 + \omega_T C_{b'c} \gamma_1(\theta) \cdot Z_L] \\ &= 0,67 \cdot 10^{-3} [1 + 6,28 \cdot 10^8 \cdot 3,5 \cdot 10^{-12} \cdot 0,5 \cdot 1,64 \cdot 10^3] \\ &= 0,67 \cdot 10^{-3} [1 + 1,8] = 1,88 \text{mA} \end{aligned}$$

$$13. V_{nm} = \left| \dot{Z}_n \right| \cdot I_n = 15 \cdot 1,88 \cdot 10^{-3} = 18,2 \text{mV}$$

$$14. V_{BB} = V_{B'EO} - I'_n \left| \dot{Z}_n \right| \gamma_0 (\pi - \theta) = 0,7 - 0,63 \cdot 10^{-3} \cdot 15 \cdot 0,5 = 0,7 \text{V}$$

$$15. Z_{iEC} = \frac{\gamma_1 (\pi - \theta)}{j\omega C_{b'e} [1 + \omega_T C_{b'c} Z_L \gamma_1(\theta)]} = \frac{0,5}{j \cdot 6,28 \cdot 10^7 \cdot 10^{-9} \cdot 2,8} = -j2,86\Omega$$

$$\text{Mặt khác: } Z_{iEC} = \frac{1}{j\omega C'_{b'}} = -j2,86\Omega$$

$$\Rightarrow C'_{b'} = \frac{1}{6,28 \cdot 10^7 \cdot 2,86} = 5,55 \text{nF}$$

Chú ý:  $C'_{b'} = C'_{be} + C'_M$  (khác với điện tử 2 là có thêm góc cắt)

$$16. Y_{OEC} = j\omega C_{b'c} \left[ 1 + \left| \dot{\beta} \right| \gamma_1(\theta) \right] = j \cdot 6,28 \cdot 10^7 \cdot 10^{-12} [1 + 33 \cdot 0,5] \approx j10 \cdot 10^{-5}$$

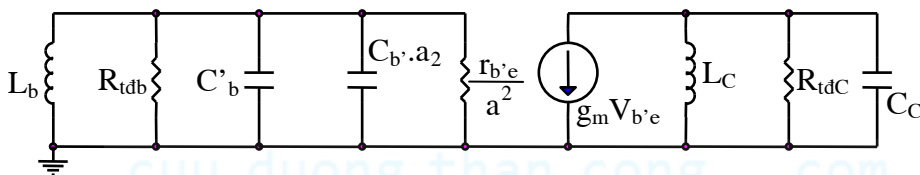
$$\Rightarrow Z_{OEC} = \frac{1}{Y_{OEC}} \approx \frac{1}{j \cdot 10^{-3}} \approx -j \cdot 10^3 \Omega$$

$$17. I_{CO} = \gamma_0 \cdot \left| \dot{\beta} \right| \cdot I'_n = 0,32 \times 33 \times 67 \cdot 10^{-5} \approx 7 \cdot 10^{-3} \text{A} = 7 \text{mA}$$

$$18. P_{CC} = I_{CO} \cdot V_{CC} = 7 \cdot 10^{-3} \cdot 20 = 134 \text{mW} = 0,134 \text{W}$$

$$19. \eta = \frac{P_L}{P_{CC}} = \frac{0,1}{0,134} = 74,6\%$$

**Bài 2.8:** Giống bài 2.1, chỉ khác ở đầu vào khung cộng hưởng chỉ được ghép một phần vào đầu vào để giảm ảnh hưởng của điện dung ký sinh và giảm ảnh hưởng của  $r'_{be}$ .



\* Các bước từ 1 → 10 giống bài 2.2, nhưng cách tính mạch vào khác vì ở đầu vào có khung cộng hưởng.

Các bước từ 15 → 19 giống bài 2.2.

\* Như trên ta có:  $C'_{b'} = 5,55 \text{nF}$ , khi đó điện dung ở đầu vào:

$$C_b = C_{b'} + a^2 C'_{b'} = C'_{b'} + (1/25) 5,55 \cdot 10^{-9} = C'_{b'} + 222 \cdot 10^{-12}.$$

\* Coi hệ số phẩm chất của khung cộng hưởng ở đầu vào và đầu ra giống nhau:  $Q_{01} = Q_{02} = 50$ .

$$L_b = \frac{R_{td1}}{\omega_0 Q_{01}} = \frac{1624}{2\pi \cdot 10^7 \cdot 50} = \frac{1624 \cdot 10^{-8}}{31,4} = 0,517 \mu\text{H}$$

$$C_b = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 L_b} = \frac{1}{4,9,86 \cdot 10^{14} \cdot 0,517 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^{-8}}{20,39} = 510 \text{ pF}$$

\* Khi đó điện dung cần mắc ở đầu vào:

$$C'_b = C_b - a^2 C'_b = 510 \text{ pF} - 222 \text{ pF} = 288 \text{ pF}.$$

\* Trở kháng vào:

$$Z_i = R_{tdb} // \frac{r_{b'e}}{a^2} = 1636 // 25 r_{b'e}$$

$$r_{b'e} = 1,4 \cdot \left| h_{fe} \right| \frac{25 \cdot 10^{-3}}{7 \cdot 10^{-3}} = 1,4 \cdot 33 \cdot \frac{25 \cdot 10^{-3}}{7 \cdot 10^{-3}} = 165 \Omega$$

$$\text{Suy ra: } Z_i = 1636 // 4125 = 1171,4 \Omega$$

\* Hệ số phẩm chất của mạch đầu vào:

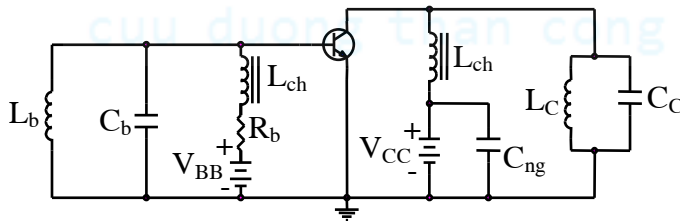
$$Q_i = \omega_0 R_i C_b = 6,28 \cdot 10^7 \cdot 1171,4 \cdot 510 \cdot 10^{-12} = 37,5$$

\* Nếu ở đầu vào mắc trực tiếp vào Base, khi đó điện dung ký sinh rất lớn ( $C'_b = 5,55 \text{ nF}$ )  $\gg C_b$ , nên mạch làm việc không ổn định và khi đó  $Z_i$  rất nhỏ ( $Z_i = R_{tdb} // r_{b'e} = 150 \Omega$ ) nên  $Q_i = \omega_0 R_i C_b = 6,28 \cdot 10^7 \cdot 150 \cdot 510 \cdot 10^{-12} = 4,8 \ll Q_{01} = 50$

\* Do trở kháng vào của Transistor rất nhỏ, nên cách mắc như bài 2.8 được sử dụng rất nhiều. Mặt khác tầng KĐCSCT là tầng cuối cùng nên đứng trước nó sẽ là tầng tiền KĐCSCT, nghĩa là  $L_b$ ,  $C'_b$  của tầng KĐCSCT chính là  $L_C$ ,  $C_C$  của tầng tiền KĐCSCT trước đó.

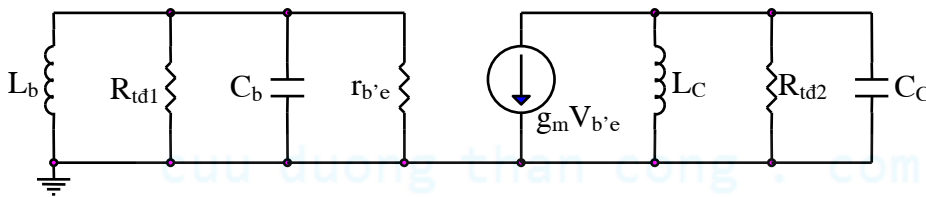
## II. Mạch nhân tần

### Bài 2.5



$$1. f_\beta = \frac{f_T}{h_{fe}} = \frac{3500 \cdot 10^6}{100} = 3,5 \text{ MHz}; f_0 = 10 \text{ MHz} < 3f_\beta = 10,5 \text{ MHz}$$

Suy ra mạch hoạt động ở tần số thấp:



$$2. \text{ Chọn góc cắt tối ưu: } \theta = \frac{180^\circ}{2} = 90^\circ$$

$$3. \text{ Chọn nguồn cung cấp: } V_{CC} = 0,5 V_{CEmax} = 0,5 \times 40 = 20$$

$$4. \text{ Chọn } \xi_1 = \xi_2 = 0,9$$

$$\text{Suy ra } V_{Cm1} = V_{Cm2} = \xi \times V_{CC} = 0,9 \times 20 = 18 \text{ V}.$$

5. Công suất ra của bài 2.1 là công suất hài bậc nhất. Do đó công suất ra do hài bậc 2 gây ra sẽ là:

$$P_{L2} = \frac{\gamma_2(\theta)}{\gamma_1(\theta)} \cdot P_{L1} = \frac{\alpha_2(\theta)}{\alpha_1(\theta)} \cdot P_{L1} = \frac{0,212}{0,5} \times 0,1 = 0,042 \text{ W}$$

6. Dòng điện hài bậc hai:

$$I_{Cm2} = \frac{2P_{L2}}{V_{Cm2}} = \frac{2 \times 0,0424}{18} = 4,7 \text{mA}$$

7. Điện trở tương đương của mạch cộng hưởng ra:

$$R_{td2} = \frac{V_{Cm2}}{I_{Cm2}} = \frac{18}{4,7 \cdot 10^{-3}} = 3830 \Omega$$

8. Nếu coi giả thiết của bài 2.1 trong đó  $Q_0$  là hệ số phẩm chất của khung cộng hưởng đầu ra:  $Q_{02} = 50$  ta có:

$$L_C = \frac{R_{td2}}{2\omega_0 Q_{02}} = \frac{3830}{2 \cdot 6,28 \cdot 10^7 \cdot 50} = \frac{383 \cdot 10^{-7}}{62,8} = 0,61 \mu\text{H}$$

$$9. C_C = \frac{1}{(2\omega_0)^2 \cdot L_C} = \frac{1}{4 \cdot 4,9,86 \cdot 10^{14} \cdot 0,61 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^{-8}}{96,23} = 104 \text{pF}$$

$$10. \text{Hiệu suất bộ nhân: } \eta_2 = \frac{\gamma_2}{\gamma_1} \cdot \eta_1 = \frac{0,212}{0,5} \cdot 0,75 = 0,318 \approx 32\%$$

$$11. \text{Ở tần số thấp: } I_{CO} = \frac{\gamma_2(\theta)}{\gamma_1(\theta)} \cdot I_{Cm2} = \frac{0,318}{0,212} \times 4,7 \cdot 10^{-3} = 7,05 \text{mA}$$

$$12. r_{b'e} = h_{ie} = 1,4 \cdot h_{fe} \cdot \frac{25 \cdot 10^{-3}}{I_{CO}} = 1,4 \cdot 100 \cdot \frac{25 \cdot 10^{-3}}{7,05 \cdot 10^{-3}} = 496 \Omega \approx 500 \Omega$$

$$13. \text{Ở tần số thấp: } I'_n = I_{bm1} = \frac{I_{Cm2}}{\gamma_2(90^\circ) h_{fe}} = \frac{4,7 \cdot 10^{-3}}{0,212 \cdot 100} = 22 \cdot 10^{-5} \text{A}$$

14. Biên độ điện áp kích thích ở đầu vào:

$$V_{bm1} = I_{bm1} \cdot Z_i = I_{bm1} (R_{td1} // r_{b'e}) = 22 \cdot 10^{-5} (1636 // 500) = 0,08425 \text{V} \approx 84 \text{mV}$$

$$15. R_{td1} = \frac{\gamma_2(\theta)}{\gamma_1(\theta)} \cdot R_{td2} = \frac{0,212}{0,5} \times 3830 = 1624 \Omega$$

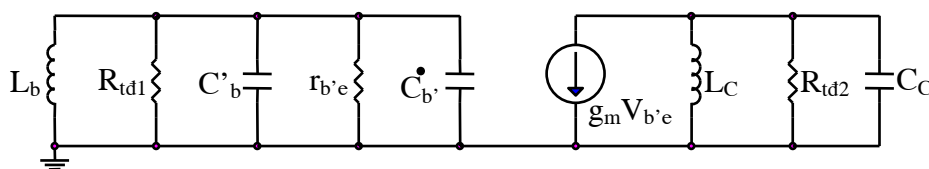
16. Coi mạch cộng hưởng đầu vào và đầu ra có hệ số phẩm chất riêng bằng nhau:  $Q_{01} = Q_{02} = 50$ . Thực tế khi có  $r_{b'e}$  thì hệ số phẩm chất  $Q'_{01} < Q_{01}$ .

$$17. L_b = \frac{R_{td1}}{\omega_0 Q_{01}} = \frac{1624}{2\pi \cdot 10^7 \cdot 50} = \frac{1624 \cdot 10^{-8}}{31,4} = 0,517 \mu\text{F}$$

$$18. C_b = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 L_b} = \frac{1}{4 \times 9,86 \cdot 10^{14} \cdot 0,517 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^{-8}}{20,39} = 510 \text{pF}$$

## Bài 2.4

1.  $f_\beta = \frac{f_T}{h_{fe}} = \frac{3500 \cdot 10^6}{100} = 3,5 \text{MHz}$ ;  $f_0 = 10 \text{MHz} < 3f_\beta = 10,5 \text{MHz}$  Suy ra mạch hoạt động ở tần số trung bình:



Các bước 2 đến 11 giống như bài 2.5.

12. Ở tần số trung bình:

$$\left| h_{fe}^* \right| = \frac{h_{fe}}{\sqrt{1 + \left( \frac{\omega_0}{\omega_\beta} \right)^2}} = \frac{100}{\sqrt{1 + \left( \frac{2\pi \cdot 10^7}{2\pi \cdot 3,5 \cdot 10^6} \right)^2}} = \frac{100}{3,027} \approx 3,3$$

$$13. r_{b'e} = 1,4 \cdot \left| h_{fe}^* \right| \cdot \frac{25 \cdot 10^{-3}}{I_{CO}} = 1,4 \cdot 3,3 \cdot \frac{25 \cdot 10^{-3}}{7,05 \cdot 10^{-3}} = 163,8 \Omega \approx 164 \Omega$$

$$14. I_n' = \frac{I_{Cm2}}{\gamma_2 (90^\circ) \left| h_{fe}^* \right|} = \frac{4,7 \cdot 10^{-3}}{0,212 \cdot 3,3} \approx \frac{4,7 \cdot 10^{-3}}{155,7} \approx 0,03 \text{mA}$$

$$15. V_{bm1} = I_{bm1} \cdot Z_i = I_{bm1} \cdot (R_{td1} // r_{b'e}) = 3 \cdot 10^{-5} (1636 // 164) = 4,47 \text{mV}.$$

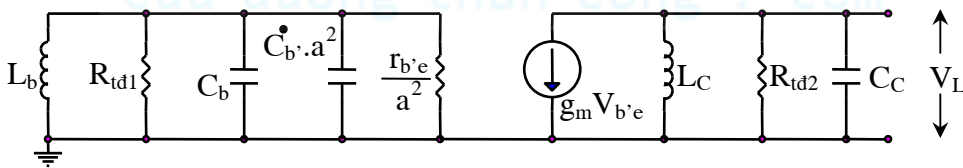
Các bước 15, 16, 17, 18 như trên chỉ chú ý:  $C_b = C'_{bm\acute{a}c} + C_b^*$

20. Trong mạch nhân tần do tần số cộng hưởng ở đầu vào ( $\omega_0$ ) và đầu ra ( $2\omega_0$ ) khác nhau, nên

$$\text{không có ảnh hưởng của } C_M^*. \text{ Khi đó ta có: } C_{b'}^* = \frac{C_{b'e}}{\gamma_1 (\pi - \theta)} = \frac{10^{-9}}{0,5} = 2 \cdot 10^{-9} \text{F}$$

Ta thấy  $C_{b'}^* = 2000 \text{p} \gg C_b = 510 \text{pF}$ . Do đó mạch này làm việc không ổn định, ta phải cải tiến mạch như bài 2.9

### Bài 2.9:



Các bước từ 1 đến 14 giống hệt như bài 2.4

$$15. V_{bm1} = I_{bm1} \cdot Z_i = I_{bm1} \cdot (R_{td1} // (r_{b'e}/a^2)) = 3 \cdot 10^{-5} (1636 // 4100) = 0,035 \text{mV} = 35 \text{mV}.$$

Các bước 16, 17, 18 giống bài 2.5

$$20. C_{b'}^* = \frac{C_{b'e}}{\gamma_1 (\pi - \theta)} = \frac{10^{-9}}{0,5} = 2 \cdot 10^{-9} \text{F}$$

$$\text{suy ra } a^2 \cdot C_{b'}^* = \frac{2 \cdot 10^{-9}}{25} = 80 \text{pF}$$

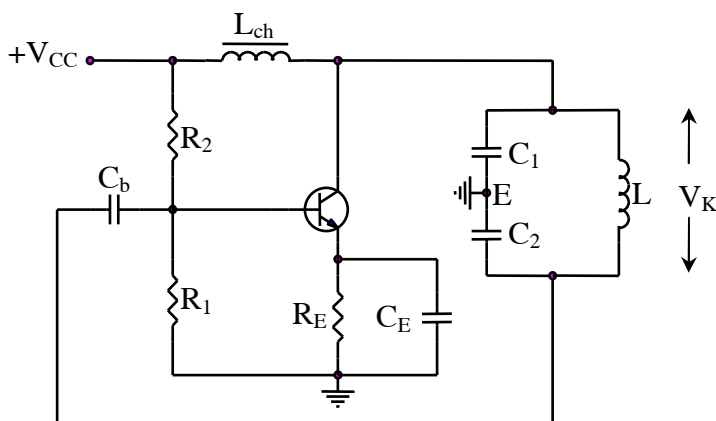
$$21. \text{ Khi đó điện dung } C_b' = C_b - C_{b'}^* = 510 \text{pF} - 80 \text{pF} = 430 \text{pF}.$$

## Chương 3: BỘ DAO ĐỘNG

### I. Dao động ba điểm điện dung

**Bài 3.2:** Mạch dao động ở  $f_{thấp}$ .

$$\begin{array}{lll} f_0 = 10\text{MHz}, & Q_0 = 100, & L = 1\mu\text{H}, \\ r_{b'e} = 500\Omega, & f_T = 3500\text{MHz}, & h_{fe} = 100, \\ C_{b'e} = 1000\text{pF}, & P_{Cmax} = 4\text{W}, & V_{CE0max} = 40\text{V}, \\ \max i_C = 1\text{A}, & C_{CE} = 5\text{pF}. & \end{array}$$



Các mạch dao động làm việc ở chế độ lớp A nên tính toán mạch phân cực giống như trong môn Điện Tử I. Trong thực tế:  $I_{EQ} = 1 \div 5\text{mA}$  và  $R_E = 10^2 \div 10^3 \Omega$  (sinh viên tự chọn).

Ví dụ: Chọn  $I_{EQ} = 5\text{mA}$ ;  $R_E = 10^3 \Omega$ ;  $V_{CC} = 10\text{V}$ .

$$V_{RE} = R_E \cdot I_{EQ} = 10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 5\text{V}$$

$$\text{Suy ra } V_{CEQ} = V_{CC} - V_{RE} = 5\text{V}$$

$$V_{BB} \approx 0,7 + R_E \cdot I_{CQ} = 5,7\text{V};$$

$$R_b = (1/10) \cdot h_{fe} \cdot R_E = 10\text{K}\Omega;$$

$$R_1 = R_b \frac{V_{CC}}{V_{CC} - V_{BB}} = 10^4 \frac{10}{10 - 5,7} = 23,26\text{K}\Omega$$

$$R_2 = R_b \frac{V_{CC}}{V_{BB}} = 10^4 \frac{10}{5,7} = 40,8\text{K}\Omega$$

$$h_{ie} = h_{fe} \frac{25 \cdot 10^{-3}}{I_{EQ}} = 100 \frac{25 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-3}} = 500\Omega$$

1. Đây là mạch dao động 3 điểm điện dung nên thỏa mãn điều kiện cân bằng pha vì:

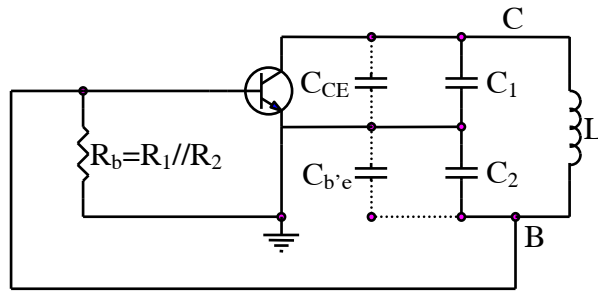
$$X_1 = -\frac{1}{\omega C_2}; X_2 = -\frac{1}{\omega C_1}; X_3 = \omega L.$$

$$2. f_\beta = \frac{f_T}{h_{fe}} = \frac{3500 \cdot 10^6}{100} = 35\text{MHz};$$

$$\Rightarrow f_0 = 10\text{MHz} < 0,3 \cdot f_\beta = 10,5\text{MHz}$$

$\Rightarrow$  Sơ đồ làm việc ở tần số thấp





3. Hệ số hồi tiếp:  $\beta = -\frac{V_{BE}}{V_{CE}} = -\frac{C_1}{C_2} = -n$

$n$  có thể chọn theo kinh nghiệm:  $n = 0,01 \div 0,05$  (E.C) và  $n = 0,1 \div 0,5$  (B.C) hoặc tính theo công thức.

Chọn  $n = 0,01 \Rightarrow C_2 = 100C_1$ .

4. Điện dung tương đương của khung cộng hưởng:

$$C_{td} = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 L} = \frac{1}{4,9,86 \cdot 10^{14} \cdot 10^{-6}} = \frac{10^{-8}}{39,44} = 253,5 \text{ pF}$$

$$C_{td} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{C_1 \cdot 100C_1}{C_1 + 100C_1} = 253,5 \text{ pF}$$

$$\Rightarrow 100C_1 = 25,35 \text{ nF} = C_2$$

$$\Rightarrow C_1 = 253,5 \text{ pF}$$

5. Hệ số khuếch đại của sơ đồ mắc E.C:

$$A = -SZ_C = \frac{-h_{21e}}{h_{11e}} \left[ p^2 R_K // \frac{h_{11}}{n^2} \right]$$

$$h_{21e} = h_{fe} = 100; h_{11e} = r_{b'e} = 500 \Omega; Z_{ifa} = \frac{h_{11}}{n^2} = \frac{500}{10^{-4}} = 5 \text{ M}\Omega$$

6.  $R_K = \omega_0 L Q_0 = 6,28 \cdot 10^7 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 6,28 \text{ K}\Omega$ .

7. Hệ số ghép Transistor với khung cộng hưởng:

$$p = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{C_2}{C_1 + C_2} = \frac{1}{1+n} = \frac{1}{1+0,01} = 0,99$$

8.  $A = \frac{-100}{500} \left[ (0,99)^2 \cdot 6,28 \cdot 10^3 // 5 \cdot 10^6 \right] \approx \frac{-1}{5} \cdot 6,155 \cdot 10^3 = -1,23 \cdot 10^3$

9. Điều kiện biên độ để mạch tự kích:

$$|A| \cdot |\beta| = |A| \cdot n = 1,23 \cdot 10^3 \cdot 0,01 = 12,3 \gg 1;$$

Suy ra mạch dao động

**Bài 3.1:** Mạch dao động ở tần số trung bình

1. Bước 1: như trên.

2.  $f_\beta = \frac{f_T}{h_{fe}} = \frac{350 \cdot 10^6}{100} = 3,5 \text{ MHz}$

$$\Rightarrow f_0 = 10 \text{ MHz} < 3 \cdot f_\beta = 10,5 \text{ MHz}$$

Suy ra sơ đồ làm việc ở tần số trung bình (có các điện dung ký sinh)

3. Hệ số hồi tiếp có thể chọn như trên, khi đó  $C_1, C_2$  giống hết bài 3.2. Nhưng để mạch hoạt động ổn định ta có thể chọn  $C_2 = 10C_{b'e} = 10 \cdot 10^{-9} = 10^{-8} \text{ F} = 10 \text{ nF}$ , suy ra  $C'_2 = 9 \text{ nF}$ .

4. Như trên ta có:  $C_{td} = 253,5\text{pF}$

$$C_{td} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{C_1 \cdot 10^{-8}}{C_1 + 10^{-8}} = 253,5\text{pF}$$

$$\Rightarrow C_1 \cdot 10^{-8} = C_1 \cdot 253,5 \cdot 10^{-12} + 253,5 \cdot 10^{-20}$$

$$\Rightarrow 10^{-8} C_1 (1 - 253,4 \cdot 10^{-4}) = 253,5 \cdot 10^{-20}$$

$$\Rightarrow 0,97465 \cdot C_1 = 253,5 \cdot 10^{-12}$$

$$\Rightarrow C_1 \approx 260\text{pF} \Rightarrow C'_1 = 255\text{pF}$$

**Chú ý:**  $C_1 = C'_1 + C_{CE}$  và  $C_2 = C'_2 + C_{b'e}$  trong đó  $C'_1$  và  $C'_2$  mắc ở bên ngoài, còn  $C_{CE}$  và  $C_{b'e}$  là các tụ điện ký sinh.

$$\text{Khi đó: } n = \frac{C_1}{C_2} = \frac{260 \cdot 10^{-12}}{10^{-8}} = 0,026$$

$$5. A = -SZ_C = -\frac{|h_{21}|}{|h_{11}|} \left[ p^2 R_K // \frac{|h_{11}|}{n^2} \right]$$

Ở tần số trung bình ta có:

$$|h_{21}| = \frac{h_{fe}}{\sqrt{1 + \left( \frac{\omega_2}{\omega_\beta} \right)^2}} = \frac{100}{\sqrt{1 + \left( \frac{2\pi \cdot 10^7}{2\pi \cdot 3,5 \cdot 10^6} \right)^2}} = 33$$

$$|h_{11}| = r_{b'e} = \frac{1}{2\pi f_\beta \cdot C_{b'e}} = \frac{1}{6,28 \cdot 3,5 \cdot 10^6 \cdot 10^{-9}} = \frac{10^3}{21,98} = 45,5\Omega$$

$$Z_{ifa} = \frac{|h_{11}|}{n^2} = \frac{45,5}{(0,026)^2} = \frac{45,5}{6,76 \cdot 10^{-4}} = 67,3\text{K}\Omega$$

6. Như trên  $R_K = 6,28\text{K}\Omega$ .

$$7. p = \frac{V_{CE}}{V_K} = \frac{1}{1+n} = \frac{1}{1+0,026} = 0,975$$

$$8. A = -\frac{33}{45,5} \left[ (0,975)^2 \cdot 6,28 \cdot 10^3 // 67,3 \cdot 10^3 \right]$$

$$= (-0,725) [5,97\text{K} // 67,3\text{K}] = (-0,725) \cdot 5,48 \cdot 10^3$$

$$= -3,975 \cdot 10^3 = -3975$$

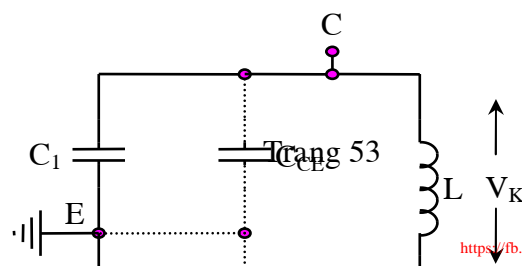
9. Điều kiện biên độ để mạch tự kích:

$$|A| \cdot |\beta| = |A| \cdot n = 3975 \times 0,026 = 103,35 \gg 1$$

Suy ra mạch dao động.

**Dao động 3 điểm điện dung kiểu Clapp**

**Bài 3.3:** Mạch dao động ở tần số trung bình:



Bước 1, 2, 3 giống như bài 3.1 ở trên

4. Như bài trên ta có  $C_{td} = 253,5\text{pF}$  nhưng  $\frac{1}{C_{td}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_0}$

Chọn  $C_0 = 270\text{pF}$  để  $C_0$  quyết định  $f_0$  trong mạch

$$\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_1} = \frac{C_1 + C_2}{C_1 \cdot C_2} = \frac{1}{C_{td}} - \frac{1}{C_0} = \frac{C_0 - C_{td}}{C_0 \cdot C_{td}} = \frac{16,5 \cdot 10^{-12}}{68445 \cdot 10^{-24}} = 2,41 \cdot 10^8$$

$$\Rightarrow C_1 + 10^{-8} = C_1 \cdot 10^{-8} \cdot 2,41 \cdot 10^8 \Rightarrow C_1 + 10^{-8} = 2,41 C_1$$

$$\Rightarrow C_1 = 7,1\text{nF}$$

Khi đó:  $n = \frac{C_1}{C_2} = \frac{7,1 \cdot 10^{-9}}{10 \cdot 10^{-9}} = 0,71$

5. Giống bài 3.1 chỉ khác:

$$Z_{if\alpha} = \frac{h_{11}}{n^2} = \frac{45,5}{(0,71)^2} = \frac{45,5}{0,504} = 90,3\Omega$$

6. Như trên:  $R_K = 6,28\text{K}\Omega$

7.  $p = \frac{V_{CE}}{V_K} = \frac{C_{td}}{C_1} = \frac{253,5 \cdot 10^{-12}}{7,1 \cdot 10^{-9}} = \frac{0,2535}{7,1} = 0,0357$

8.  $A = \frac{-33}{45,5} \left[ (0,0357)^2 \cdot 6,28 \cdot 10^3 // 90,3 \right] = (-0,725) [8 // 90,3] = -5,33$

9. Điều kiện biên để mạch tự kích:

$$|A| \cdot |\beta| = |A| \cdot n = 5,33 \times 0,71 = 3,78 > 1$$

Suy ra mạch dao động

10. Chú ý:  $C'_2 = C_2 - C_{b'e} = 10^{-8} - 10^{-9} = 9\text{nF}$ ;

$$C'_1 = C_1 - C_{CE} = 7,095\text{nF}$$

**Bài 3.4:** Mạch dao động ở tần số cao.

1. Mạch thỏa điều kiện pha về dao động như trên

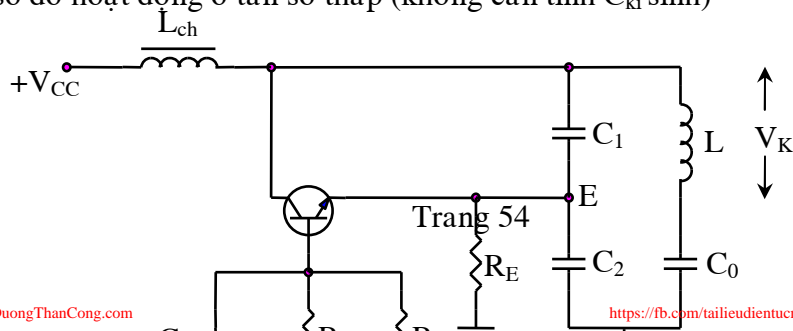
2.  $f_\beta = \frac{f_T}{h_{fe}} = \frac{350 \cdot 10^6}{100} = 3,5\text{MHz}$

$$f_0 = 100\text{MHz} > 3f_\beta = 10,5\text{MHz}$$

Vậy mạch hoạt động ở tần số cao. Ta không thể tính các  $L_{kí\ sinh}$ , vì vậy phải dùng sơ đồ dao động mắc Base chung.

$$f_\alpha = f_T = 350\text{MHz} \Rightarrow f_0 = 100\text{MHz} < 0,3f_\alpha = 105\text{MHz}$$

Suy ra sơ đồ hoạt động ở tần số thấp (không cần tính  $C_{kí\ sinh}$ )



3. Vì sơ đồ làm việc ở tần số thấp nên hệ số hồi tiếp có thể chọn như bài 3.2. Đây là sơ đồ B.C nên chọn  $n = 0,1$ .

$$\beta = \frac{V_{BE}}{V_{BC}} = \frac{\frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}}{C_2} = \frac{C_1}{C_1 + C_2} = 0,1$$

4. Giống bài 3.3 ta có  $C_{td} = 253,5\text{pF}$ ; chọn  $C_0 = 270\text{pF}$  và ta sẽ có:

$$\frac{C_1 + C_2}{C_1 \cdot C_2} = 2,41 \cdot 10^8 = \frac{1}{n \cdot C_2} = \frac{1}{0,1 C_2} \Rightarrow C_2 = 41,4\text{nF}$$

$$\Rightarrow C_1 = 0,1 C_1 + 0,1 C_2 = 0,1 C_1 + 4,14 \cdot 10^{-9}$$

$$\Rightarrow 0,9 C_1 = 4,14\text{nF}$$

$$\Rightarrow C_1 = 4,6\text{nF}.$$

5. Hệ số khuếch đại của sơ đồ mắc B.C.

$$A = SZ_C = \frac{h_{21b}}{h_{11b}} \left[ p^2 R_K // \frac{h_{11b}}{n^2} \right]$$

$$h_{21b} \approx h_{fb} \approx 1;$$

$$h_{11b} = \frac{h_{ie}}{h_{fe}} = \frac{500}{100} = 5\Omega$$

$$Z_{if\bar{a}} = \frac{h_{11b}}{n^2} = \frac{5}{(0,1)^2} = 500\Omega$$

6. Như trên:  $R_K = \omega_0 L Q_0 = 6,28 \cdot 10^8 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 62,8\text{K}\Omega$

7.  $p = \frac{V_{CE}}{V_K} = \frac{C_{td}}{\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}} = \frac{253,5 \cdot 10^{-12}}{\frac{1}{2,41 \cdot 10^8}} = \frac{253,5 \cdot 10^{-12}}{4,15 \cdot 10^{-9}} = 61 \cdot 10^{-3}$

8.  $A = \frac{1}{5} [3721 \cdot 10^{-6} \cdot 62,8 \cdot 10^3 // 500] = 0,2 [234 // 500] = 31,88$

9. Điều kiện biên độ để mạch dao động tự kích:

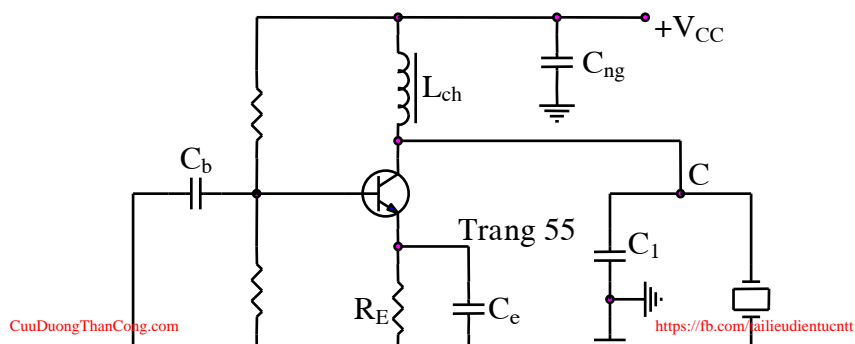
$$|A| \cdot |\beta| = |A| \cdot n = 31,88 \times 0,1 = 3,188 > 1$$

Suy ra mạch dao động.

### III. Dao động thạch anh:

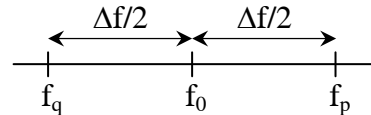
#### Bài 3.6: Mạch dao động ở tần số thấp kiểu Colpits

Chú ý giả thiết giống bài 3.2 nhưng chưa biết L.



1. Điều kiện pha: để mạch dao động theo kiểu 3 điểm C Colpits, thạch anh phải tương đương như cuộn cảm, nghĩa là:  $f_q > f_0 > f_p$ .

Để đơn giản ta coi  $f_0$  nằm giữa  $f_q$  và  $f_p$ :



Mạch Colpits E.C

$$f_p = f_q \left( 1 + \frac{C_q}{2C_p} \right) = f_q \left( 1 + \frac{10^{-13}}{2 \cdot 10^{-11}} \right) = 1,005f_q$$

Mặt khác:  $f_0 = \frac{f_q + f_p}{2} = \frac{f_q + 1,005f_q}{2} = 1,0025f_q$

Suy ra:  $f_q = \frac{f_0}{1,0025} = \frac{10^7}{1,0025} = 9,975\text{MHz}$

$$f_p = 1,005f_q = 10,025\text{MHz}$$

2.  $f_\beta = \frac{f_T}{h_{fe}} = \frac{3500 \cdot 10^6}{100} = 35\text{MHz}$

$$f_0 = 10\text{MHz} < 0,3f_\beta = 10,5\text{MHz}$$

Suy ra sơ đồ làm việc ở tần số thấp.

3. Điện cảm riêng của thạch anh:

$$L_q = \frac{1}{(2\pi f_q)^2 \cdot C_q} = \frac{1}{4,9,86,99,5 \cdot 10^{12} \cdot 10^{-13}} = \frac{10}{3924} = 2,55\text{mH}$$

4. Trở kháng tương đương của thạch anh tại tần số  $f_0$ :  $Z_{td} = j\omega_0 L_{td}$  nên:

$$L_{td} = \frac{\omega_0^2 L_q C_q - 1}{\omega_0^2 [C_p + C_q - \omega_0^2 L_q C_q C_p]}$$

$$\omega_0^2 L_q C_q = 4\pi^2 f_0^2 C_q L_q = 4,9,86,10^{14} \cdot 10^{-13} \cdot 2,55 \cdot 10^{-3} = 1,00572$$

$$\Rightarrow L_{td} = \frac{1,00572 - 1}{4,9,86,10^{14} [10^{-11} + 10^{-13} - 1,00572 \cdot 10^{-11}]} = \frac{572 \cdot 10^{-5}}{39,44 \cdot 10^{14} \cdot 0,428 \cdot 10^{-13}} = 33,89\mu\text{H} \approx 34\mu\text{H}$$

5.  $C_{td} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 L_{td}} = \frac{1}{4,9,86,10^{14} \cdot 34 \cdot 10^{-6}} = 7,5\text{pF}$

6. Chọn hệ số hồi tiếp:  $n = 0,01$ .

$$\beta = -\frac{V_{BE}}{V_{CE}} = -\frac{C_1}{C_2} = -n$$

Suy ra  $C_1 = 0,01C_2$  hoặc  $C_2 = 100C_1$ .

$$\text{Suy ra: } C_{td} = \frac{C_1 \cdot 100C_1}{C_1 + 100C_1} = 7,5\text{pF} \Rightarrow 100C_1 = 757,5\text{pF}$$

Vậy  $C_2 = 100C_1 \approx 75,75\text{nF}$  và  $C_1 \approx 7,75\text{pF}$

7. Hệ số khuếch đại của sơ đồ mắc E.C

$$A = -SZ_C = -\frac{|h_{21e}|}{|h_{11e}|} \left[ p^2 R_K // \frac{|h_{11}|}{n^2} \right]$$

$$h_{21e} = h_{fe} = 100; h_{11e} = r_{b'e} = 500\Omega.$$

$$Z_{if\alpha} = \frac{h_{11}}{n^2} = \frac{500}{10^{-4}} = 5\text{M}\Omega$$

$$8. R_K = \omega_0 L_{td} Q_0 = 6,28 \cdot 10^7 \cdot 9,226 \cdot 10^{-7} \cdot 100$$

$$\text{Suy ra } R_K = 57,94 \cdot 100 = 5794\Omega$$

$$9. p = \frac{V_{CE}}{V_K} = \frac{C_2}{C_1 + C_2} = \frac{1}{1+n} = \frac{1}{1+0,01} = 0,99$$

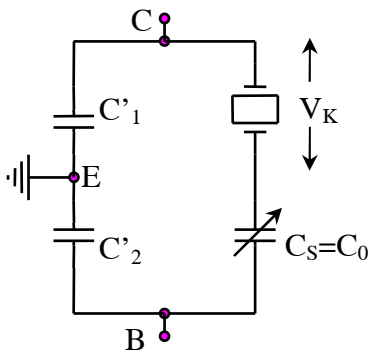
$$10. A = \frac{-100}{500} \left[ (0,99)^2 \cdot 5794 \cdot 10^3 // 5\text{M}\Omega \right] \approx -0,2 \cdot 5678 = -1135$$

11. Điều kiện biên độ để mạch tự kích:

$$|A| \cdot |\beta| = |A| \cdot n = 1135 \times 0,01 = 11,35 > 1$$

Suy ra mạch dao động.

**Bài 3.5:** Mạch làm việc ở  $f_{\text{trung bình}}$  mắc kiểu Clapp.



- Điều kiện pha: tính như trên, nhưng lưu ý không những thạch anh phải tương đương như cuộn cảm, mà thạch anh cùng  $C_S$  cũng phải tương đương như cuộn cảm nghĩa là:  $\omega_q' < \omega_q < \omega_p$ .  
 $f_q = 9,975\text{MHz}$  và  $f_p = 10,025\text{MHz}$

$$2. f_\beta = \frac{f_T}{h_{fe}} = \frac{350 \cdot 10^6}{100} = 3,5\text{MHz}$$

$$f_0 = 10\text{MHz} < 3f_\beta = 10,5\text{MHz}$$

Suy ra sơ đồ làm việc ở tần số trung bình phải kể cả  $C_{KS}$ .

Các bước 3, 4, 5 như trên:  $L_q = 2,55\text{mH}$ ;  $L_{td} = 34\mu\text{H}$  và  $C_{td} = 7,5\text{pF} = C_1$  nối tiếp  $C_2$  nối tiếp  $C_S$ .

- Để  $C_S$  quyết định tần số cộng hưởng trong mạch ta chọn  $C_S \ll C_1$  và  $C_S \ll C_2$ . Chọn  $C_S = 10\text{pF}$ , khi đó:

$$\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_{td}} - \frac{1}{C_S} = \frac{C_S - C_{td}}{C_{td} \cdot C_S} = \frac{(10 - 7,5) \cdot 10^{-12}}{75 \cdot 10^{-20}} = 9,972\text{MHz}$$

Vậy  $\omega_q' = 9,972\text{MHz} < \omega_q$   
 $= 9,975\text{MHz}$

Suy ra TA +  $C_S$  tương đương.

7. Hệ số hồi tiếp: có thể chọn  $n = 0,1$  do mạch Clapp.

$$\beta = -\frac{V_{BE}}{V_{CE}} = -\frac{C_1}{C_2} = -n$$

Suy ra  $C_1 = 0,1C_2$  hoặc  $C_2 = 10C_1$ .

$$\text{Suy ra: } \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} = \frac{C_1 + 100C_1}{C_1 \cdot 100C_1} = 0,03 \cdot 10^8 \Rightarrow 11 = 0,033 \cdot 10^9 C_1$$

$$C_1 = \frac{11}{0,033 \cdot 10^9} = 3,33 \cdot 10^{-9} = 3,33 \text{ nF} \Rightarrow C_2 = 10C_1 = 33,3 \text{ nF}$$

$$C'_1 = C_1 - C_{CE} = 3325 \text{ pF}; C'_2 = C_2 - C_{b'e} = 32,3 \text{ nF}$$

8. Hệ số khuếch đại của sơ đồ mắc E.C

$$A = -SZ_C = -\frac{|h_{21}|}{|h_{11}|} \left[ p^2 R_K // \frac{|h_{11}|}{n^2} \right]$$

$$|h_{21}| = \frac{h_{fe}}{\sqrt{1 + \left( \frac{\omega_2}{\omega_\beta} \right)^2}} = \frac{100}{\sqrt{1 + \left( \frac{2\pi \cdot 10^7}{2\pi \cdot 3,5 \cdot 10^6} \right)^2}} = 33$$

$$|h_{11}| = r_{b'e} = \frac{1}{2\pi f_\beta \cdot C_{b'e}} = \frac{1}{6,28 \cdot 3,5 \cdot 10^6 \cdot 10^{-9}} = \frac{10^3}{21,98} = 45,5 \Omega$$

$$Z_{ifa} = \frac{|h_{11}|}{n^2} = \frac{45,5}{10^{-2}} = 4550 \Omega$$

9. Điện trở cộng hưởng tương đương như bài 3.6:  $R_K = 5794 \Omega$ .

$$p = \frac{V_{CE}}{V_K} = \frac{C_{td}}{C_1 C_2} = C_{td} \times \frac{(C_1 + C_2)}{C_1 \cdot C_2}$$

$$= 275 \cdot 10^{-12} \cdot 3,03 \cdot 10^{-8} = 0,0833$$

$$10. A = -\frac{33}{45,5} \left[ (0,0833)^2 \times 5794 // 455 \cdot 10^3 \right] \approx -29,1$$

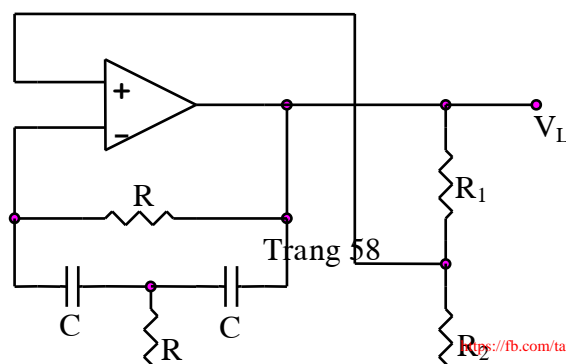
11. Điều kiện biên độ để mạch tự kích:

$$|A| \cdot |\beta| = |A| \cdot n = 29,1 \times 0,1 = 2,91 \gg 1$$

Suy ra mạch dao động.

#### IV. Dao động RC

##### Bài 3.8: Dao động cầu



Để mạch dao động:  $\beta_+ = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2}{3}$

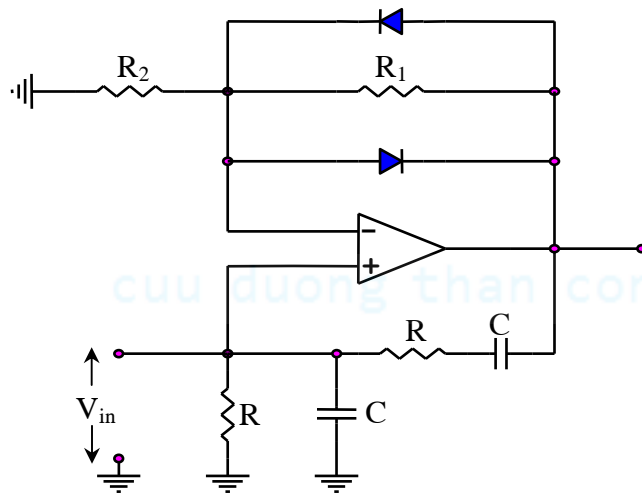
$$\Rightarrow 3R_2 = 2R_1 + 2R_2$$

$$\Rightarrow R_2 = 2R_1$$

Chọn  $R_1 = 1K\Omega$ , thì  $R_2 = 2K\Omega$ .

$$C = \frac{1}{\omega_0 R} = \frac{1}{6,28 \cdot 10^3 \cdot 10^3} = 0,16 \cdot 10^{-6} = 0,16\mu F$$

### Bài 3.7: Dao động cầu Viên



Để mạch dao động:  $\beta = \frac{1}{3} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow R_1 = 2R_2$

Chọn  $R_2 = 1K\Omega \Rightarrow R_1 = 2K\Omega$ .

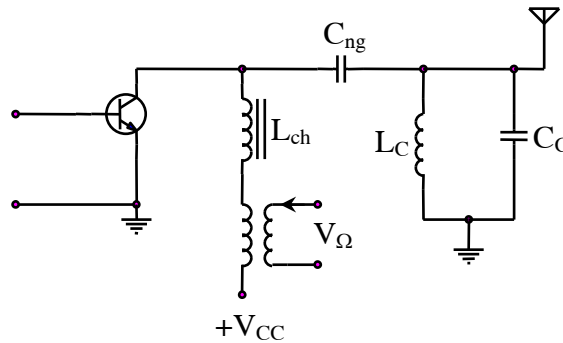
$$C = \frac{1}{\omega_0 R} = \frac{1}{6,28 \cdot 10^3 \cdot 10^3} = 0,16 \cdot 10^{-6} = 0,16\mu F$$



## Chương 4: ĐIỀU CHẾ TƯƠNG TỰ

### I. Điều biên Collector

#### Bài 4.4:



$P_L = 100\text{mW}$ ;  $f_0 = 1\text{MHz}$ ;  $f_\Omega = 10\text{KHz}$ ;  $Q_0 = 50$ ;  $m = 0,5$ ;  $\theta = 90^\circ$ .  
Tran sistor như bài 2-1.

$$1. f_\beta = \frac{f_T}{h_{fe}} = \frac{350 \cdot 10^6}{100} = 3,5\text{MHz}$$

$$f_0 = 1\text{MHz} < 0,3f_\beta = 1,05\text{MHz}$$

Suy ra sơ đồ hoạt động ở tần số thấp.

$$2. \text{Chọn nguồn cung cấp } V_{CC} = 0,5V_{CE\max} = 0,5 \times 40 = 20\text{V}.$$

$$3. \text{Chọn hệ số lợi dụng điện áp } \xi = 0,9.$$

$$4. \text{Biên độ trung bình phần hài bậc nhất: } V_{Cm1} = V_0 = \xi V_{CC} = 18\text{V}.$$

$$\Rightarrow \text{khi đó } V_{\omega 0} = 18\cos(2\pi \cdot 10^6 t)$$

$$5. I_{Cm1} = \frac{2P_{\omega 0}}{V_{Cm1}} = \frac{2}{V_{Cm1}} \times \frac{P_{AM}}{1 + \frac{m^2}{2}} = \frac{2}{18} \times \frac{0,1}{1 + \frac{0,25}{2}} = 9,88\text{mA}$$

6. Điện trở cộng hưởng tương đương:

$$R_{td} = \frac{V_{Cm1}}{I_{Cm1}} = \frac{18}{9,88 \cdot 10^{-3}} = 1822(\Omega)$$

$$7. L_C = \frac{R_{td}}{2\pi f_0 Q_0} = \frac{1,822 \cdot 10^3}{6,28 \cdot 10^6 \cdot 50} = \frac{1822}{31,4 \cdot 10^7} = 58 \cdot 10^{-7} = 5,8\mu\text{H}$$

$$8. C_C = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 L_C} = \frac{1}{4 \cdot 9,86 \cdot 10^{12} \cdot 5,8 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^{-6}}{228,75} = 4,37\text{nF}$$

9. Biên độ dòng kích thích vào:

$$I_{bm} = \frac{I_{Cm1}}{\gamma_1(\theta) \cdot h_{fe}} = \frac{9,88 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 100} = 19,76 \cdot 10^{-5} \text{ A} \approx 0,2\text{mA}$$

$$10. I_{CO} = \gamma_0(\theta) \cdot \beta \cdot I_{bm} = 0,3 \times 100 \times 2 \cdot 10^{-4} = 6\text{mA}$$

11. Trở kháng vào của Transistor

$$Z_i = r_{b'e} = 1,4 \cdot h_{fe} \cdot \frac{25 \cdot 10^{-3}}{I_{CQ}} = 1,4 \cdot 100 \cdot \frac{25 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 10^{-3}} = 583\Omega$$

12. Biên độ điện áp kích thích:

$$V_{bm} = Z_i \cdot I_{bm} = 583 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} = 116\text{mV}$$

$$13. P_{CC} = I_{CO} \cdot V_{CC} = 6 \cdot 10^{-3} \cdot 20 = 120\text{mW}$$

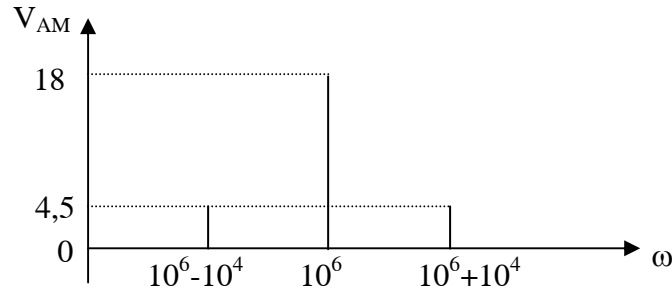
$$14. \eta = \frac{P_L}{P_{CC}} = \frac{0,089}{0,12} = 70\%$$

$$15. \text{Biên độ điện áp âm tần: } V_{\Omega} = mV_0 = 0,5 \times 18 = 9V$$

$$\Rightarrow \text{khi đó: } V_{\Omega}(t) = 9\cos(2\pi \cdot 10^4 t)$$

16. Phổ của tín hiệu AM

$$\begin{aligned} V_{AM} &= V_0 \cos \omega_0 t + \frac{mV_0}{2} \cos(\omega_0 + \Omega)t + \frac{mV_0}{2} \cos(\omega_0 - \Omega)t \\ &= 18 \cos(2\pi \cdot 10^6 t) + 4,5 \cos 2\pi(10^6 + 10^4)t + 4,5 \cos 2\pi(10^6 - 10^4)t \end{aligned}$$



$$17. P_{\omega 0} = \frac{V_0^2}{2R_L} = \frac{(18)^2}{2 \cdot 1,82 \cdot 10^3} \approx 89mW$$

$$18. P_{bt} = P_{\omega 0} \cdot \frac{m^2}{2} = 89 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{(0,5)^2}{2} = 11,125mW$$

$$19. k = \frac{P_{bt}}{P_{AM}} = \frac{1}{\frac{2}{m^2} + 1} = \frac{1}{9} = 11$$

$$20. \text{Kiểm tra: } V_{\omega 0} + V_{\Omega} = 18 + 9 = 27V < BV_{CEO} = 40V$$

$$P_{AMmax} = P_{\omega 0}(1 + m)^2 = 89 \cdot 10^{-3}(1 + 0,5)^2 = 200mW < P_{Cmax}.$$

#### Bài 4.5:

$$V_{tt} = 10\cos 2\pi \cdot 10^6 t; V_{\Omega} = 7\cos 2\pi \cdot 10^4 t; R_L = 1K\Omega.$$

$$1. \text{Giống như bài 4-4: } f_0 = 1MHz < 0,3f_{\beta} = 1,05MHz$$

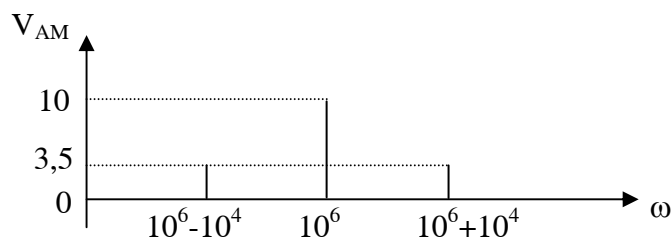
Suy ra sơ đồ hoạt động ở tần số thấp.

$$2. \text{Hệ số điều chế: } m = \frac{V_{\Omega}}{V_{\omega 0}} = \frac{7}{10} = 0,7$$

$$3. \text{Chọn } \xi = 0,9 \Rightarrow V_{CC} = \frac{V_{Cm1}}{\xi} = \frac{10}{0,9} = 11,11V$$

4. Phổ của tín hiệu điều biên:

$$\begin{aligned} V_{AM}(t) &= V_0 \cos \omega_0 t + \frac{mV_0}{2} \cos(\omega_0 + \Omega)t + \frac{mV_0}{2} \cos(\omega_0 - \Omega)t \\ &= 10 \cos(2\pi \cdot 10^6 t) + 3,5 \cos 2\pi(10^6 + 10^4)t + 3,5 \cos 2\pi(10^6 - 10^4)t \end{aligned}$$



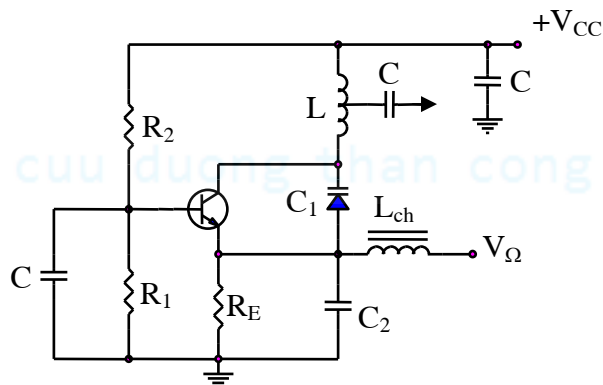
5.  $P_{\omega 0} = \frac{V_0^2}{2R_L} = \frac{(10)^2}{2 \cdot 10^3} = 50\text{mW}$
6.  $P_{bt} = P_{\omega 0} \cdot \frac{m^2}{2} = 5 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{0,49}{2} = 12,25\text{mW}$
7. Công suất điều biên:  
 $P_{AM} = P_{\omega 0} + P_{bt} = 50 + 12,25 = 62,25\text{mW}$
8.  $P_{AM\max} = P_{\omega 0}(1 + m)^2 = 5 \cdot 10^{-2}(1 + 0,7)^2 = 144,5\text{mW} < P_{C\max}$ .
9.  $k = \frac{1}{\frac{2}{m^2} + 1} = \frac{1}{\frac{2}{0,5} + 1} = 20\%$
10. Kiểm tra:  $V_{\omega 0} + V_{\Omega} = 10 + 7 = 17\text{V} < BV_{CEO} = 40\text{V}$
11. Biên độ hài bậc nhất:  
 $I_{Cm1} = \frac{V_{Cm1}}{R_L} = \frac{V_0}{R_L} = \frac{10}{10^3} = 10\text{mA}$  (chú ý  $R_L = R_{td}$ )
12.  $L = \frac{R_L}{2\pi f_0 Q_0} = \frac{10^3}{6,28 \cdot 10^6 \cdot 50} = \frac{10^{-4}}{31,4} = 3,18\mu\text{H}$
13.  $C = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 L} = \frac{1}{4 \cdot 9,86 \cdot 10^{12} \cdot 3,18 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^{-6}}{125,4} = 7,97\text{nF}$
14. Biên độ dòng kích vào:  
 $I_{bm} = \frac{I_{Cm1}}{\gamma_1(\theta) \cdot h_{fe}} = \frac{10^{-2}}{0,5 \cdot 100} = 0,2\text{mA}$
15.  $I_{CO} = \gamma_0(\theta) \cdot \beta \cdot I_{bm} = 0,3 \cdot 100 \cdot 2 \cdot 10^{-4} = 6\text{mA}$   
 $r_{b'e} = 1,4 \cdot h_{fe} \cdot \frac{25 \cdot 10^{-3}}{I_{CQ}} = 1,4 \cdot 100 \cdot \frac{25 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 10^{-3}} = 583\Omega$
16.  $V_{bm} = I_{bm} \cdot r_{b'e} = 2 \cdot 10^{-4} \cdot 583 = 0,117\text{V}$

## II. Điều tần Varicap

**Bài 4.6:** Điều tần dùng Varicap đơn

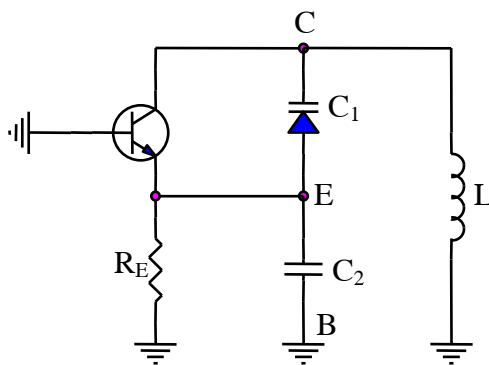
$f_0 = 100\text{MHz}$ ;  $\Delta f = \pm 75\text{KHz}$ ;  $Q_0 = 50$ ;  $L = 0,1\mu\text{H}$ ;

Transistor như bài 2-1



1.  $f_{\beta} = \frac{f_T}{h_{fe}} = \frac{350 \cdot 10^6}{100} = 3,5\text{MHz}$   
 $f_0 = 100\text{MHz} > 3f_{\beta} = 10,5\text{MHz}$

Suy ra sơ đồ hoạt động ở tần số cao, nên phải chuyển sang dùng mạch dao động B.C như hình vẽ



$$2. C_{td} = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 L} = \frac{1}{4.9,86 \cdot 10^{16} \cdot 10^{-7}} = \frac{10^{-9}}{39,44} = 25,35 \text{ pF} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} \text{ Chọn } C_1 = 30 \text{ pF} \Rightarrow$$

$$C_2 = \frac{C_1 \cdot C_{td}}{C_1 - C_{td}} = \frac{3 \cdot 10^{-11} \cdot 25,35 \cdot 10^{-12}}{(30 - 25,35) 10^{-12}} = 163,5 \text{ pF}$$

3. Hệ số hồi tiếp:

$$\beta = \frac{V_{BE}}{V_{BC}} = \frac{\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}}{C_2} = \frac{C_1}{C_1 + C_2} = \frac{30 \cdot 10^{-12}}{30 \cdot 10^{-12} + 163,5 \cdot 10^{-12}} = +0,155 = +n$$

4. Hệ số ghép Transistor với khung cộng hưởng:

$$p = \frac{V_{CB}}{V_k} = \frac{V_{CB}}{V_{CB}} = 1$$

$$5. \text{ Ở tần số thấp nên: } h_{21b} \approx 1; h_{11b} = \frac{h_{11e}}{h_{fe}} = \frac{500}{50} = 10 \Omega$$

$$6. R_{td} = \omega_0 L Q_0 = 6,28 \cdot 10^8 \cdot 10^{-7} \cdot 50 = 3140 \Omega$$

7. Hệ số khuếch đại khi mắc B.C:

$$A = SZ_C = \frac{h_{21b}}{h_{11b}} \left[ p^2 R_k // \frac{h_{11b}}{n^2} \right] \approx \frac{1}{10} [1^2 \cdot 3140 // 416] \approx 36,8$$

8. Điều kiện biên độ để mạch tự kích:

$$|A| \cdot |\beta| = |A| \cdot n = 37 \times 0,155 = 5,7 \gg 1 \rightarrow \text{mạch dao động}$$

9. Chọn  $V_{pc} = 5V$ ;  $n = 1/2$ ;  $\varphi = 0,7V$ ; Suy ra ta có:

$$\Delta f = \frac{1}{2} n f_0 \cdot \frac{C_1}{C_1 + C_2} \cdot \frac{V_\Omega}{\psi + V_{pc}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 10^8 \cdot \frac{163,5}{30 + 163,5} \cdot \frac{V_\Omega}{0,7 + 5} = 75 \cdot 10^3 \text{ suy ra}$$

$$\Delta f = \frac{10^8 \cdot 163,5}{4411,8} V_\Omega = 75 \cdot 10^3 \text{ suy ra } V_\Omega = 20 \text{ mV}$$

$$10. f_1 = f_0 - \Delta f = 99,925 \text{ MHz};$$

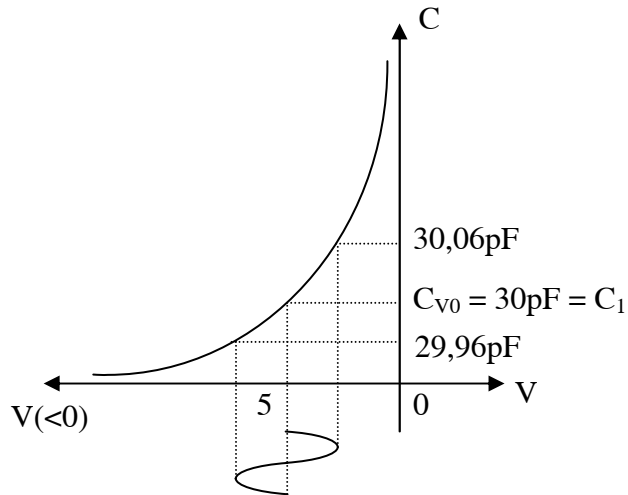
$$f_2 = f_0 + \Delta f = 100,075 \text{ MHz};$$

$$C_{td1} = \frac{1}{4\pi^2 f_1^2 L} = \frac{1}{4.9,86 \cdot 9985 \cdot 10^{12} \cdot 10^{-7}} = \frac{10^{-10}}{3,9381} = 25,39 \text{ pF}$$

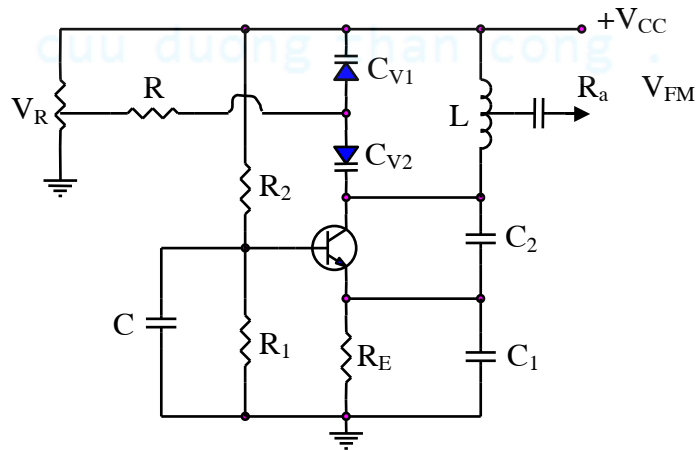
$$C_{td2} = \frac{1}{4\pi^2 f_2^2 L} = \frac{1}{4.9,86.10015.10^{12}.10^{-7}} = \frac{10^{-10}}{3,9499} = 25,317 \text{ pF}$$

$$C_{11} = \frac{C_2 \times C_{td1}}{C_2 - C_{td1}} = \frac{163,5.10^{-12}.25,39.10^{-12}}{138,11.10^{-12}} = 30,06 \text{ pF}$$

$$C_{12} = \frac{C_2 \times C_{td2}}{C_2 - C_{td2}} = \frac{163,5.10^{-12}.25,317.10^{-12}}{138,183.10^{-12}} = 29,955 \text{ pF}$$



#### Bài 4.7: Điều tần dùng Varicap đẩy kéo



1. Bước 1 và 2 như trên

$$2. C_{td} = \frac{C_{v10} \times C_{v20}}{C_{v10} + C_{v20}} + \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} = 25,35 \text{ pF}$$

$$\text{Chọn } C_{v10} = C_{v20} = 20 \text{ pF} \Rightarrow C_{v0} = \frac{C_{v10} \times C_{v20}}{C_{v10} + C_{v20}} = 10 \text{ pF}$$

$$\text{Suy ra } C_3 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = 15,35 \text{ pF}$$

3. Hệ số hồi tiếp: vì sơ đồ mắc B.C nên ta chọn  $n = 0,1$

$$\beta = \frac{V_{BE}}{V_{BC}} = \frac{C_1 + C_2}{C_1} = \frac{C_2}{C_1 + C_2} = n = 0,1$$

$$\Rightarrow C_2 = 0,1C_1 + 0,1C_2 \Rightarrow C_1 = 9C_2$$

$$C_3 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{C_1 9C_1}{C_1 + 9C_1} = 15,35 \text{pF}$$

$$\Rightarrow 9C_1 = 153,5 \text{pF} = C_2$$

$$\Rightarrow C_1 = 17 \text{pF}$$

4. Các bước 4, 5, 6 như trên

$$7. A = SZ_C = \frac{h_{21b}}{h_{11b}} \left[ p^2 R_K // \frac{h_{11b}}{n^2} \right] \approx \frac{1}{10} \left[ 1^2 \cdot 3140 // \frac{10}{0,01} \right] \approx 60,5$$

8. Điều kiện biên độ để mạch dao động tự kích:

$$|A| \cdot |\beta| = 86,26 \times 0,1 = 8,6 \gg 1 \rightarrow \text{mạch dao động}$$

9. Chọn  $V_{pc} = 5V$ ;  $n = 1/2$ ;  $\varphi = 0,7V$

$$\Delta f = \frac{1}{2} n f_0 \cdot \frac{C_{v0}}{C_{v0} + C_3} \cdot \frac{V_\Omega}{\psi + V_{pc}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 10^8 \cdot \frac{10}{10 + 15,35} \cdot \frac{V_\Omega}{0,7 + 5} = 75 \cdot 10^3 \text{ suy ra}$$

$$\Delta f = \frac{10^9}{578} V_\Omega = 75 \cdot 10^3 \text{ suy ra } V_\Omega = 43,4 \text{mV}$$

10. Bước 10 như trên ta có:

$$C_{td1} = 25,39 \text{pF}; C_{td2} = 25,317 \text{pF}$$

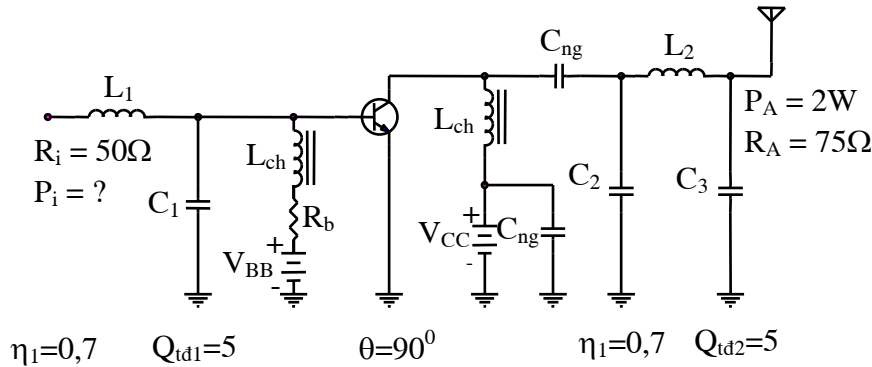
$$\text{Suy ra: } C_{v01} = C_{td1} - C_3 = 10,04 \text{pF}; C_{v02} = C_{td2} - C_3 = 9,967 \text{pF}$$

cuu duong than cong . com

cuu duong than cong . com

## Chương 6: MÁY PHÁT

### I. KĐCSCT + mạch ghép đầu vào và đầu ra



Thiết kế bộ KĐCSCT như hình vẽ có  $f_0 = 10\text{MHz}$ . Transistor có các thông số  $f_T = 350\text{MHz}$ ;  $h_{fe} = 100$ ;  $C_{b'c} = 1\text{pF}$ ;  $C_{b'e} = 1000\text{pF}$ ;  $P_{Cmax} = 10\text{W}$ ;  $V_{CEmax} = 40\text{V}$ ;  $\max i_C = 1\text{A}$ .

Các bước thiết kế:

1.  $f_\beta = \frac{f_T}{h_{fe}} = \frac{350 \cdot 10^6}{100} = 3,5\text{MHz}$   
 $f_0 = 10\text{MHz} < 3f_\beta = 10,5\text{MHz}$   
 Suy ra sơ đồ hoạt động ở tần số trung bình
2. Chọn  $V_{CC} = 0,5V_{CEmax} = 0,5 \times 40 = 20\text{V}$
3. Chọn  $\xi = 0,9$
4. Biên độ hài bậc nhất:  $P_{Cm1} = \xi \cdot V_{CC} = 0,9 \times 20 = 18\text{V}$ .
5. Công suất hài bậc nhất:  $P_{L1} = \frac{P_A}{\eta_2} = \frac{2}{0,8} = 2,5\text{W}$

6. Biên độ hài bậc nhất của dòng điện ra:

$$I_{Cm1} = \frac{2P_{L1}}{V_{Cm1}} = \frac{2 \times 2,5}{18} = 278\text{mA}$$

$$\Rightarrow 2I_{Cm1} = 2 \times 278 = 556\text{mA} < \max i_C = 1\text{A}$$

7. Điện trở cộng hưởng tương đương ở mạch ra

$$R_{td1} = \frac{V_{Cm1}}{I_{Cm1}} = \frac{18}{0,278} \approx 65\Omega$$

$R_{td1}$  chính là trở kháng vào của mạch ghép đầu ra.

8. Mạch ghép đầu ra:

$$R = \sqrt{R_i \times R_L} = \sqrt{R_{td} \times R_A} = 69,8\Omega$$

$$|X_{C2}| = \frac{R_i + R}{Q_{td}} = \frac{65 + 69,8}{5} \approx 27\Omega$$

$$C_2 = \frac{1}{2\pi f_0 |X_{C2}|} = \frac{1}{6,28 \cdot 10^7 \cdot 27} \approx 590\text{pF}$$

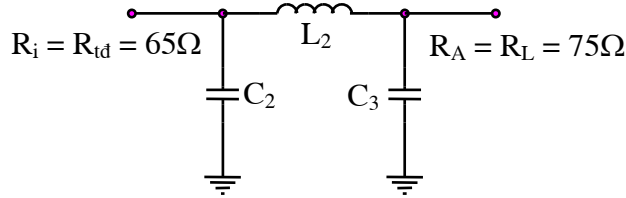
$$|X_{C3}| = \frac{R_L + R}{Q_{td}} = \frac{75 + 69,8}{5} \approx 29\Omega$$

$$C_3 = \frac{1}{6,28 \cdot 10^7 \cdot 29} \approx 550\text{pF}$$

$$C_2' = C_2' - C_{b'e}^* = C_2' - C_{b'e} \left[ 1 + \left| \beta \right| \gamma_1(\theta) \right] = 572 \text{ pF}$$

$$X_{L2} = |X_{C2}| + |X_{C3}| = 27 + 29 = 66 \Omega$$

$$L = \frac{X_{L2}}{2\pi f_0} = \frac{66}{6,28 \cdot 10^7} \approx 1 \mu\text{H}$$



9. Hệ số khuếch đại ở tần số trung bình

$$\left| \beta \right| = \left| h_{fe} \right| = \frac{h_{fe}}{\sqrt{1 + \left( \frac{\omega_0}{\omega_\beta} \right)^2}} = \frac{100}{\sqrt{1 + \left( \frac{10^7}{3,5 \cdot 10^6} \right)^2}} = \frac{100}{3,027} \approx 33$$

10. Thành phần trung bình DC của dòng ra

$$I_{CO} = \frac{\gamma_0(\theta)}{\gamma_1(\theta)} \cdot I_{Cm1} = \frac{0,32}{0,5} \cdot 278 = 178 \text{ mA}$$

11. Công suất nguồn cung cấp

$$P_{CC} = I_{CO} \cdot V_{CC} = 0,178 \cdot 20 = 3,56 \text{ W}$$

12. Hiệu suất của mạch KĐCSCT

$$\eta = \frac{P_L}{P_{CC}} = \frac{2,5}{3,56} = 70,22\%$$

13. Trở kháng vào

$$\begin{aligned} Z_{iEC} &= \frac{\gamma_1(\pi - \theta)}{j\omega C_{b'e} [1 + \omega_T C_{b'e} Z_L \gamma_1(\theta)]} \\ &= \frac{0,5}{j \cdot 6,28 \cdot 10^7 \cdot 10^{-9} \cdot [1 + 350 \cdot 10^6 \cdot 10^{-12} \cdot 65 \cdot 0,5]} \\ &= \frac{0,5}{j \cdot 6,28 \cdot 10^{-12} [1 + 0,0114]} = \frac{50}{j \cdot 6,35} = -j7,87 \Omega \approx -j8 \Omega = \frac{1}{j\omega C_{b'}} \\ \Rightarrow C_{b'}^* &= \frac{1}{6,28 \cdot 10^7 \cdot 7,87} = 2,023 \text{ nF} \quad (C_{b'}^* = C_{b'e}^* + C_M^*) \end{aligned}$$

14. Trở kháng vào của Transistor ở tần số trung bình

$$r_{b'e} = 1,4 \cdot \left| h_{fe} \right| \cdot \frac{25 \cdot 10^{-3}}{I_{CO}} = 1,4 \cdot 33 \cdot \frac{25 \cdot 10^{-3}}{0,178} \approx 6,5 \Omega$$

15. Mạch ghép đầu vào: Để sự truyền đạt công suất lớn nhất và đáp tuyến tần số bằng phẳng nhất ta thiết kế sao cho  $Q_i = Q_0 = 2Q_{td}$ .

$$|X_C| = \frac{R_L}{Q_0} = \frac{r_{b'e}}{2Q_{td}} = \frac{6,5}{10} = 0,65 \Omega$$

$$C_1' = \frac{1}{2\pi f_0 |X_C|} = \frac{1}{6,28 \cdot 10^7 \cdot 0,65} \approx 24,5 \text{ nF}$$

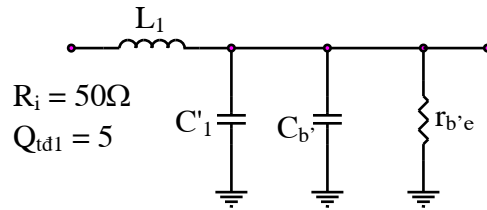
Mặt khác:

$$C_1' = C_1 + C_b^* \Rightarrow C_1 = C_1' - C_b^* = 24,5 - 2,023 \approx 22,5 \text{ nF}$$



$$X_{L2} = Q_i R_i = 2Q_{td} R_i = 2 \times 5 \times 50 = 500 \Omega$$

$$L_1 = \frac{X_L}{2\pi f_0} = \frac{500}{6,28 \cdot 10^7} \approx 8 \mu H$$



$$16. Z'_{iEC} = Z_{iEC} // r_{b'e} = \frac{r_{b'e}}{1 + j\omega_0 C_{b'}^* r_{b'e}}$$

$$|Z'_{iEC}| = \frac{r_{b'e}}{\sqrt{1 + \omega_0^2 C_{b'}^{*2} r_{b'e}^2}}$$

$$= \frac{6,5}{\sqrt{1 + 4,9,86,4,092 \cdot 10^{-18} 10^{14} \cdot 42,25}} = \frac{6,5}{1,3} = 5 \Omega$$

17. Công suất đầu ra của Transistor

$$P_b = \frac{1}{2} I_n'^2 Z_i = \frac{1}{2} \left( \frac{I_{Cm1}}{\gamma_i |\beta|} \right)^2 Z_i = \frac{1}{2} \left( \frac{0,278}{0,533} \right)^2 \cdot 5$$

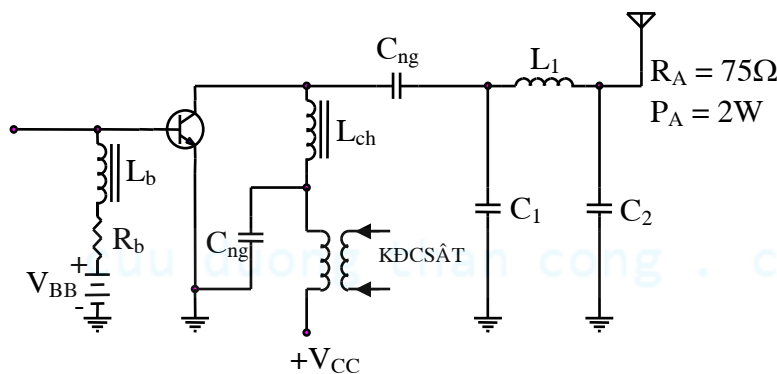
$$= \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 10^{-4} \cdot 5 = 7,5 \cdot 10^{-4} = 0,75 \text{ mW}$$

18. Công suất đầu vào của tầng KĐCSCT

$$P_i = \frac{P_b}{\eta_1} = \frac{0,75 \cdot 10^{-3}}{0,7} = 1,07 \text{ mW}$$

## II. KĐCSCT + điều biên

Thiết kế mạch điều biên Collector có giả thiết như bài trên biết  $m = 0,7$  và  $f_0 = 10 \text{ MHz}$ ;  $f_\Omega = 10 \text{ KHz}$ . Để đơn giản ta không tính mạch vào



1 ÷ 4 như bài trên:  $V_{Cm1} = 18 \text{ V} = V_0$

5. Công suất điều biên:

$$P_{AM} = \frac{P_A}{\eta_2} = \frac{2}{0,8} = 2,5 \text{ W}$$

$$\text{Công suất hài bậc nhất: } P_{AM} = P_{\omega 0} \left( 1 + \frac{m^2}{2} \right)$$

$$\Rightarrow P_{\omega 0} = P_{L1} = \frac{P_{AM}}{\left(1 + \frac{m^2}{2}\right)} = \frac{2,5}{1 + \frac{0,49}{2}} = 2W$$

6. Biên độ hài bậc nhất của dòng điện ra

$$I_{Cm1} = \frac{2P_{L1}}{V_{Cm1}} = \frac{2 \times 2}{18} = 187mA$$

$$7. R_{td1} = \frac{V_{Cm1}}{I_{Cm1}} = \frac{18}{0,187} = 96,25(\Omega)$$

$R_{td1}$  chính là trở kháng vào của mạch lọc  $\pi$  ở đầu ra

8. Mạch lọc đầu ra

$$R = \sqrt{R_i \times R_L} = \sqrt{96,25 \times 75} \approx 85\Omega$$

$$|X_{C1}| = \frac{R_i + R}{Q_{td}} = \frac{96 + 85}{5} \approx 36,2\Omega$$

$$C_1 = \frac{1}{2\pi f_0 |X_{C1}|} = \frac{1}{6,28 \cdot 10^7 \cdot 36,2} = 0,44nF$$

$$|X_{C2}| = \frac{R_L + R}{Q_{td}} = \frac{75 + 85}{5} = 32\Omega$$

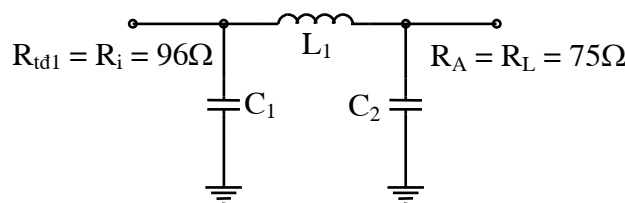
$$C_2 = \frac{1}{6,28 \cdot 10^7 \cdot 32} = 0,5nF$$

$$C_{b'c}^* = C_{b'c} \left[ 1 + \left| \beta^* \right| \gamma_1(\theta) \right] = 10^{-12} [1 + 33 \cdot 0,5] = 17,5pF$$

$$C_1' = 440 - 17,5 = 422,5pF$$

$$X_{L1} = |X_{C1}| + |X_{C2}| = 36,2 + 32 = 68,2\Omega$$

$$L_1 = \frac{X_{L1}}{2\pi f_0} = \frac{68,2}{6,28 \cdot 10^7} \approx 10,86 \cdot 10^{-7} H \approx 1,1\mu H$$



9. Như trên  $\left| \beta^* \right| = 33$

$$10. I_{CO} = \frac{\gamma_0(\theta)}{\gamma_1(\theta)} \cdot I_{Cm1} = \frac{0,32}{0,5} \times 0,187 \approx 0,12A$$

$$11. P_{CC} = I_{CO} \cdot V_{CC} = 0,12 \cdot 20 = 2,4W$$

$$12. \eta = \frac{P_{L1}}{P_{CC}} = \frac{1,68}{2,4} \approx 70\%$$

13. Như trên  $Z_{iEC} \approx -j7,83\Omega$  (với  $Z_L = 96,25\Omega$ )

$$14. r_{be} = 1,4 \cdot \left| h_{fe} \right| \frac{25 \cdot 10^{-3}}{I_{CO}} = 1,4 \cdot 33 \cdot \frac{25 \cdot 10^{-3}}{0,12} \approx 9,625\Omega$$

$$15. |Z'_{iEC}| = \frac{r_{b'e}}{\sqrt{1 + \omega_0^2 C_{b'e}^2 r_{b'e}^2}} = \frac{9,625}{\sqrt{1 + 4,9,86 \cdot 10^{14} \cdot 4,16 \cdot 10^{-18} \cdot 92,64}} = \frac{9,625}{1,587} \approx 6\Omega$$

16. Công suất đầu vào

$$P_b = \frac{1}{2} I_n'^2 Z_i = \frac{1}{2} \left( \frac{I_{Cm1}}{\gamma_1 |\beta_1|} \right)^2 Z_i = \frac{1}{2} \left( \frac{0,187}{0,5 \cdot 33} \right)^2 \cdot 6 \approx 0,4 \text{ mW}$$

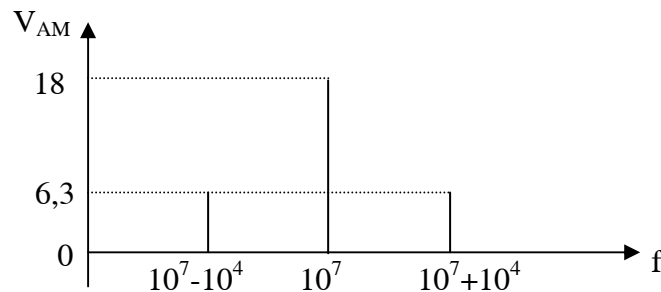
17. Biên độ điện áp âm tần  $V_\Omega = mV_0 = 0,7 \times 18 = 12,6 \text{ V}$

$$\Rightarrow \text{khi đó: } V_\Omega(t) = 12,6 \cos(2\pi \cdot 10^4 t)$$

18. Phổ của tín hiệu âm tần

$$V_{AM} = V_0 \cos \omega_0 t + \frac{mV_0}{2} \cos(\omega_0 + \Omega)t + \frac{mV_0}{2} \cos(\omega_0 - \Omega)t$$

$$= 18 \cos(2\pi \cdot 10^7 t) + 6,3 \cos 2\pi(10^7 + 10^4)t + 6,3 \cos 2\pi(10^7 - 10^4)t$$



$$19. P_{bt} = P_{\omega_0} \cdot \frac{m^2}{2} = 1,68 \frac{0,49}{2} = 0,41 \text{ W}$$

$$20. k = \frac{P_{bt}}{P_{AM}} = \frac{0,41}{2,5} = 16,4\%$$

21. Kiểm tra:  $V_{\omega_0} + V_\Omega = 18 + 12,6 = 30,6 \text{ V} < BV_{CEO} = 40 \text{ V}$

$$P_{AMmax} = P_{\omega_0}(1 + m)^2 = 1,68(1 + 0,7)^2 = 4,85 \text{ W} < P_{Cmax} = 10 \text{ W}$$

(Chú ý: các bước 9 ÷ 16 có thể không phải tính khi thi).