

CHƯƠNG 5

TRỘN TẦN

5.1 Định nghĩa

5.1.1 Định nghĩa

Trộn tần là quá trình tác động lên hai tín hiệu sao cho trên đầu ra của bộ trộn nhận được tín hiệu tổng hoặc hiệu của hai tín hiệu đó.

Gọi : f_{ns} : là tần số của tín hiệu ngoại sai

f_{th} : là tần số của tín hiệu cần trộn với f_{ns}

f_{tg} : là tần số trung gian lấy ở đầu ra của bộ trộn tần.

5.1.2 Nguyên tắc

Khi tín hiệu ngoại sai và tín hiệu hữu ích đưa vào phần tử phi tuyến thì dòng điện tổng hợp được khai triển theo chuỗi Taylo.

$$i = a_0 + a_1 v + a_2 v^2 + \dots a_n v^n + \dots$$

Trong đó : $v = v_{ns} + v_{th}$

Giả sử : $v_{ns} = V_{ns} \cos \omega_{ns} t$

$v_{th} = V_{th} \cos \omega_{th} t$

$$\Rightarrow i = a_0 + a_1 (V_{ns} \cos \omega_{ns} t + V_{th} \cos \omega_{th} t) + \frac{a_2}{2} (V_{ns}^2 + V_{th}^2) +$$

$$+ \frac{a_2}{2} (V_{ns}^2 \cos 2\omega_{ns} t + V_{th}^2 \cos 2\omega_{th} t) + a_2 V_{ns} V_{th} [\cos(\omega_{ns} + \omega_{th})t + \cos(\omega_{ns} - \omega_{th})t]$$

Tín hiệu ra gồm có thành phần một chiều, thành phần cơ bản : $(\omega_{ns}, \omega_{th}, \omega_{ns} \pm \omega_{th}, 2\omega_{ns}, 2\omega_{th})$. Ngoài ra còn có các thành phần bậc cao.

$$\omega = | \pm r\omega_{ns} \pm m\omega_{th} |$$

Khi $m, n = 1 \Rightarrow \omega = \omega_{ns} \pm \omega_{th}$: bộ trộn tần đơn giản

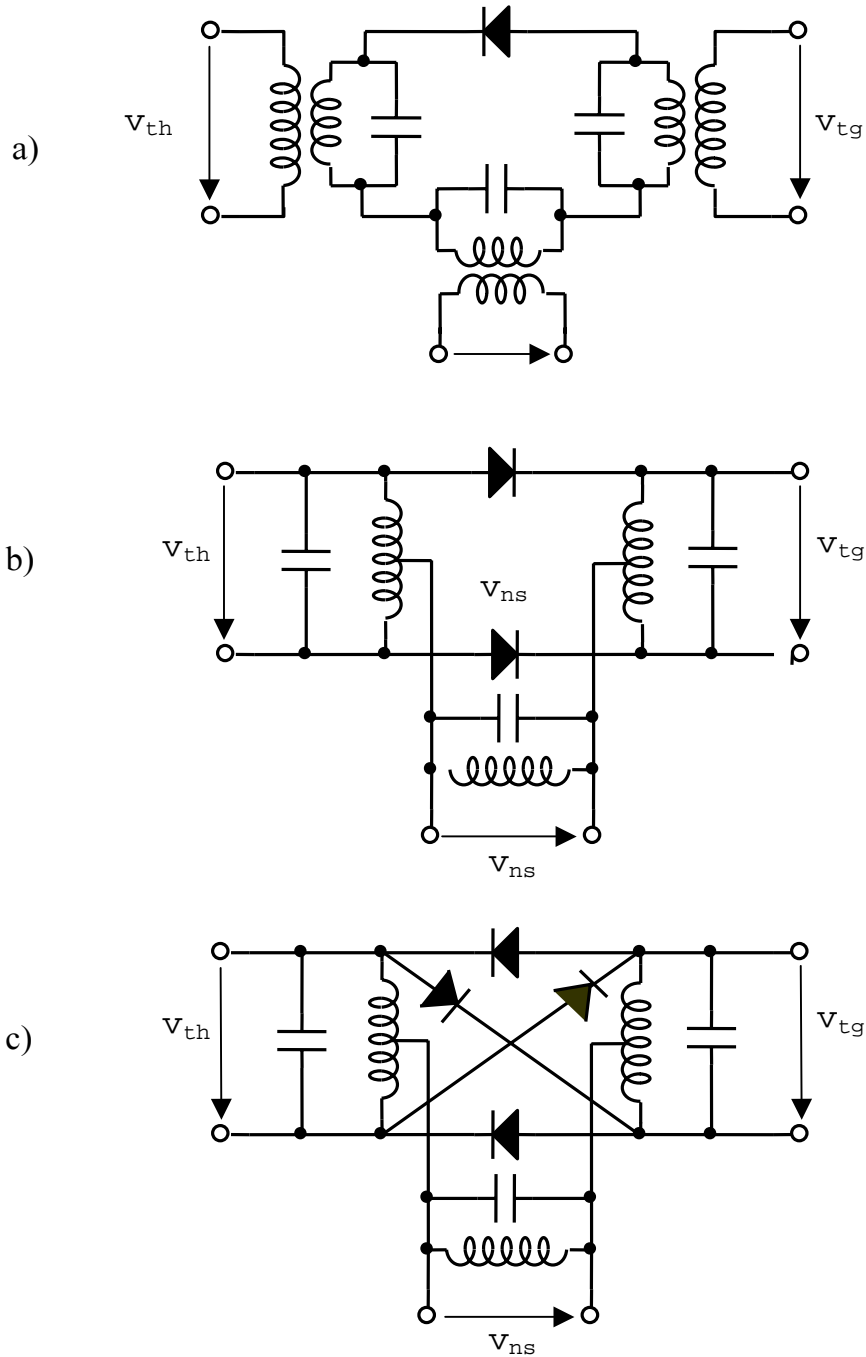
$m, n > 1 \Rightarrow$ bộ trộn tần tổ hợp.

Thông thường ta chọn bộ trộn tần đơn giản.

5.2 Mạch trộn tần

5.2.1. Mạch trộn tần dùng Diode

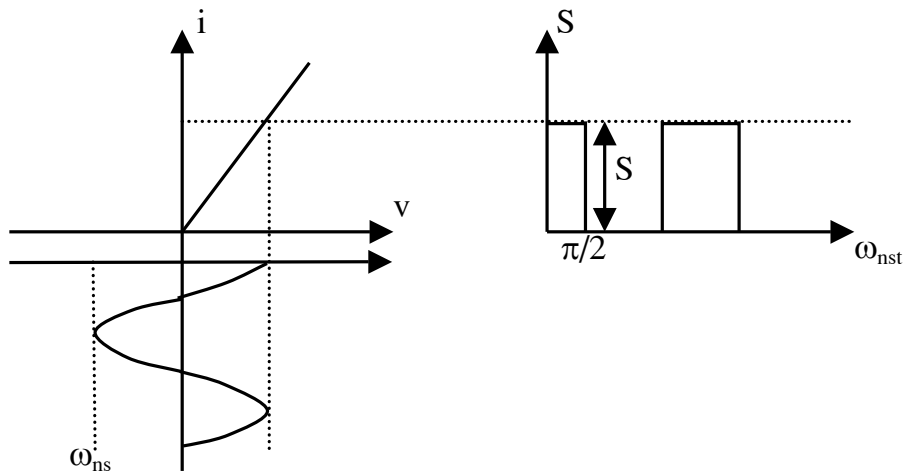
Ưu điểm : được ứng dụng rộng rãi ở mọi tần số, đặc biệt ở phạm vi tần số cao (trên 16Hz). Nhược điểm : làm suy giảm tín hiệu.



Hình 5.1. Mạch trộn tần dùng diode

- a. Mạch trộn tần đơn. b. Mạch trộn tần cân bằng
c. Mạch trộn tần vòng.

5.2.1.1. Sơ đồ trộn tần đơn :



Hình 5.2. Đặc tuyến của diode và dạng sóng tín hiệu

Theo đặc tuyến lý tưởng hóa của diode ta viết được quan hệ :

$$i = \begin{cases} s.v & \text{khi } v \geq 0 \\ 0 & \text{khi } v < 0 \end{cases}$$

Trong đó :
$$s = \frac{d_i}{d_u} = \frac{1}{R_i} = G_i$$

Vì điện áp ngoại sai là hàm tuần hoàn theo thời gian, nên hồ dẫn là một dãy xung vuông góc với độ rộng phụ thuộc vào góc cắt θ . Với điểm đỉnh chọn tại gốc tọa độ $\theta = \frac{\pi}{2}$.

Theo chuỗi Fourier ta tính được biên độ hai bậc n của S :

$$S_n = \frac{2}{\pi} \int_0^\theta S \cos n\omega_{ns} t d(\omega_{ns} t) = \frac{2 \sin n\theta}{n\pi} \cdot S$$

Thay $\theta = \frac{\pi}{2}$ và giả thiết $n = 1$ ta tính được hồ dẫn trộn tần :

$$S_{tt} = \frac{1}{2} S_n = \frac{S}{\pi}$$

Tương tự điện dẫn trộn tần được xác định :

$$G_{itt} = G_{io} = \frac{1}{\pi} \int_0^\theta G_i d(\omega_{ns} t) = \frac{S\theta}{\pi} \quad \text{Với } \theta = \frac{\pi}{2} \text{ thì } G_{itt} = \frac{S}{2}$$

Chú ý : để chống tạp âm ngoại sai, thường dùng sơ đồ trộn tần cân bằng.

5.2.1.2. Sơ đồ trộn tần cân bằng :

Điện áp tín hiệu đặt lên hai diode ngược pha.

Điện áp ngoại sai đặt lên hai diode đồng pha.

$$V_{th}D_1 = V_{th} \cos \omega_{th}t$$

$$V_{th}D_2 = V_{th} (\cos \omega_{th}t + \pi)$$

$$V_{ns}D_1 = V_{ns}D_2 = v_{ns}$$

Dòng điện trung tần tạo ra đi qua các diode :

$$it_{g1} = It_{g2} \cos (\omega_{ns} - \omega_{th}) t$$

$$it_{g2} = + It_{g2} \cos (\omega_{ns} - \omega_{th}) t - \pi = It_{g2} \cos [(\omega_{ns} - \omega_{th}) t - \pi]$$

$$= It_{g2} \cos [\pi - (\omega_{ns} - \omega_{th})] = - It_{g2} \cos [\omega_{ns} - \omega_{th}] t$$

$$= It_{g2} \cos [\omega_{ns} - \omega_{th}] t$$

Trên mạch cộng hưởng ra ta được :

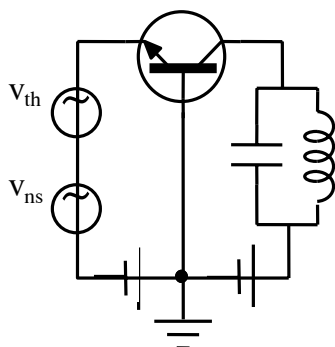
$$it_g = it_{g1} - it_{g2} = 2 It_g \cos \omega_{tg}t$$

5.2.1.3. Mạch trộn tần vòng

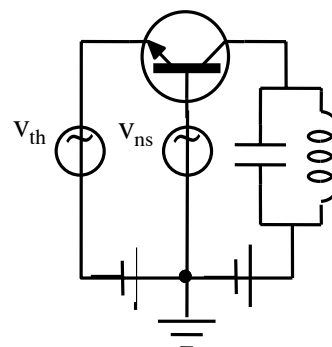
Gồm 2 mạch trộn tần cân bằng mắc nối tiếp. Trên đầu ra sơ đồ này chỉ có các thành phần tần số $\omega_{ns} \pm \omega_{th}$ còn các thành phần khác đều bị khử do đó dễ tách được thành phần tần số trung gian mong muốn.

5.2.2. Mạch trộn tần dùng phần tử khuếch đại

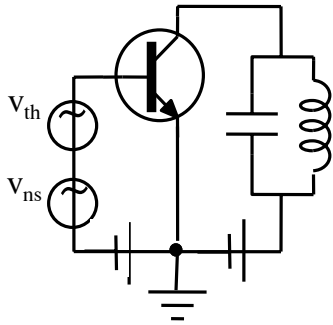
5.2.2.1. Mạch trộn tần dùng BJT



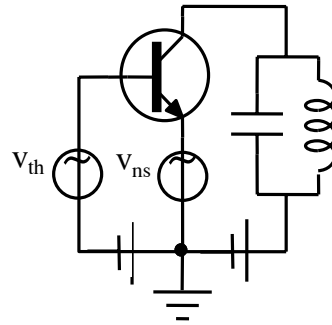
Hình 5.3. Mạch trộn tần dùng BJT
Mắc BC với V_{ns} đặt vào emitter



Hình 5.4. Mạch trộn tần dùng BJT
Mắc BC với V_{ns} đặt vào bazơ



Hình 5.5. Mạch trộn tần dùng BJT
Mắc EC với V_{ns} đặt vào bazơ



Hình 5.6. Mạch trộn tần dùng BJT
Mắc EC với V_{ns} đặt vào emitter

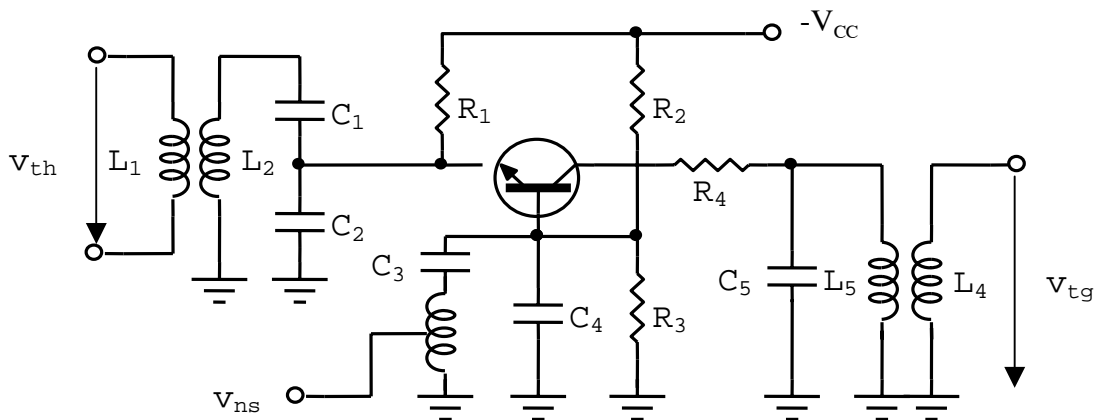
- **Đặc điểm của sơ đồ BC :**

- Phạm vi tần số cao và siêu cao vì tần số giới hạn của nó cao.
- Hệ số truyền đạt của bộ phận trộn tần thấp hơn so với sơ đồ EC.

- **Các sơ đồ khác nhau ở cách đặt điện áp ngoại sai vào BJT:**

Trên cơ sở sơ đồ nguyên lý, người ta đã thiết kế nhiều loại sơ đồ thực tế khác nhau như dưới đây :

A. Trộn tần dùng BJT mắc theo BC



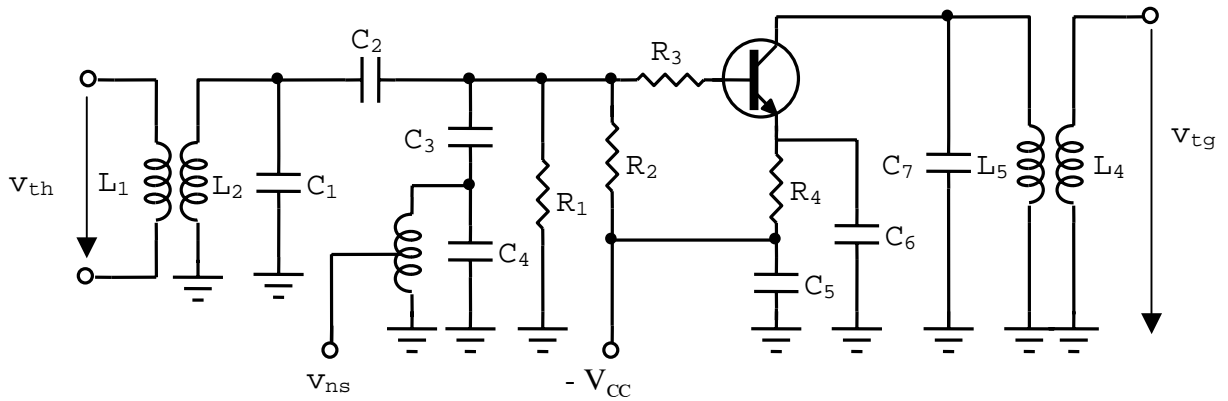
Hình 5.7. Mạch trộn tần dùng BJT đơn
mắc BC với V_{ns} đặt vào bazơ

A) Mạch trộn tần dùng BJT đơn mắc theo BC với điện áp ngoại sai v_{ns} đặt vào bazơ

C_1, C_3 : tụ liên lạc; C_2L_2 : cộng hưởng V_{th} ; C_4 : nối masse V_{th} .

Điện áp u_{ns} ghép lỏng với bazơ để tránh ảnh hưởng tương hỗ giữa mạch tín hiệu và mạch ngoại sai.

B. Trộn tần dùng BJT đơn mắc theo EC

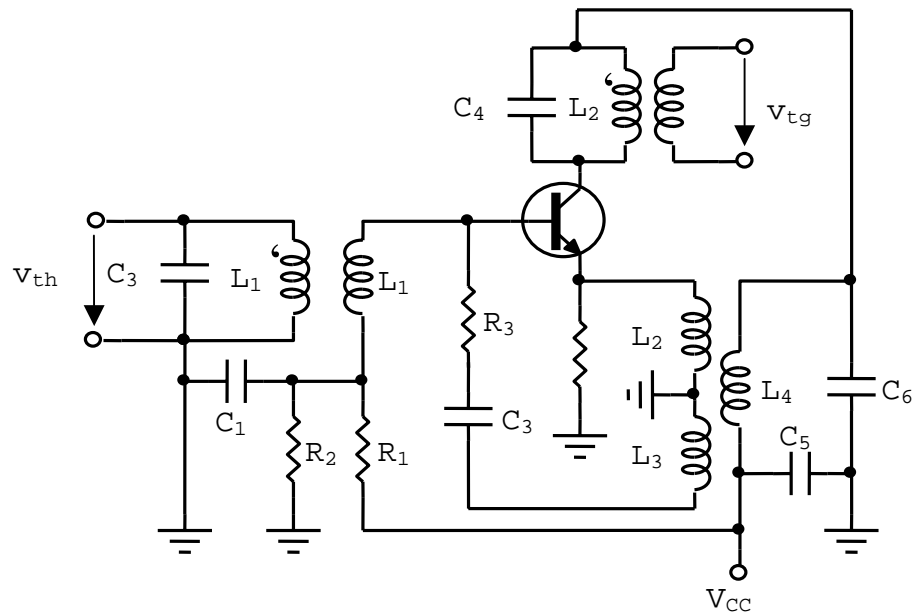


Hình 5.8. Mạch trộn tần dùng BJT đơn mắc EC với V_{ns} đặt vào bazơ

B) Mạch điện trộn tần dùng BJT đơn mắc EC với v_{ns} ở bazơ.

Điện áp v_{ns} được đặt vào bazơ qua điện trở nhỏ R_3 : 10 - 50Ω, điện trở này có tác dụng nâng cao điện trở mặt ghép $r_{bb'}$ của BJT, do đó nâng cao được độ tuyến tính của đặc tuyến BJT.

C. Tầng trộn tần tự động



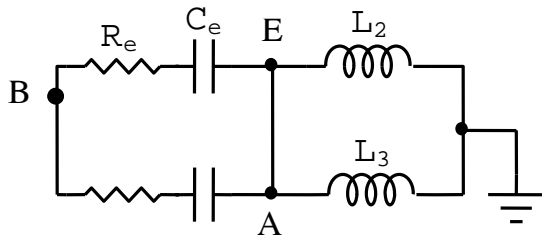
Hình 5.9. Mạch trộn tần tự động

BJT vừa làm nhiệm vụ trộn tần vừa tạo dao động ngoại sai.

V_{ns} được tạo nhờ quá trình hồi tiếp dương về E qua L_2 và L_3

V_{th} được đặt vào bazơ của BJT qua biến áp vào

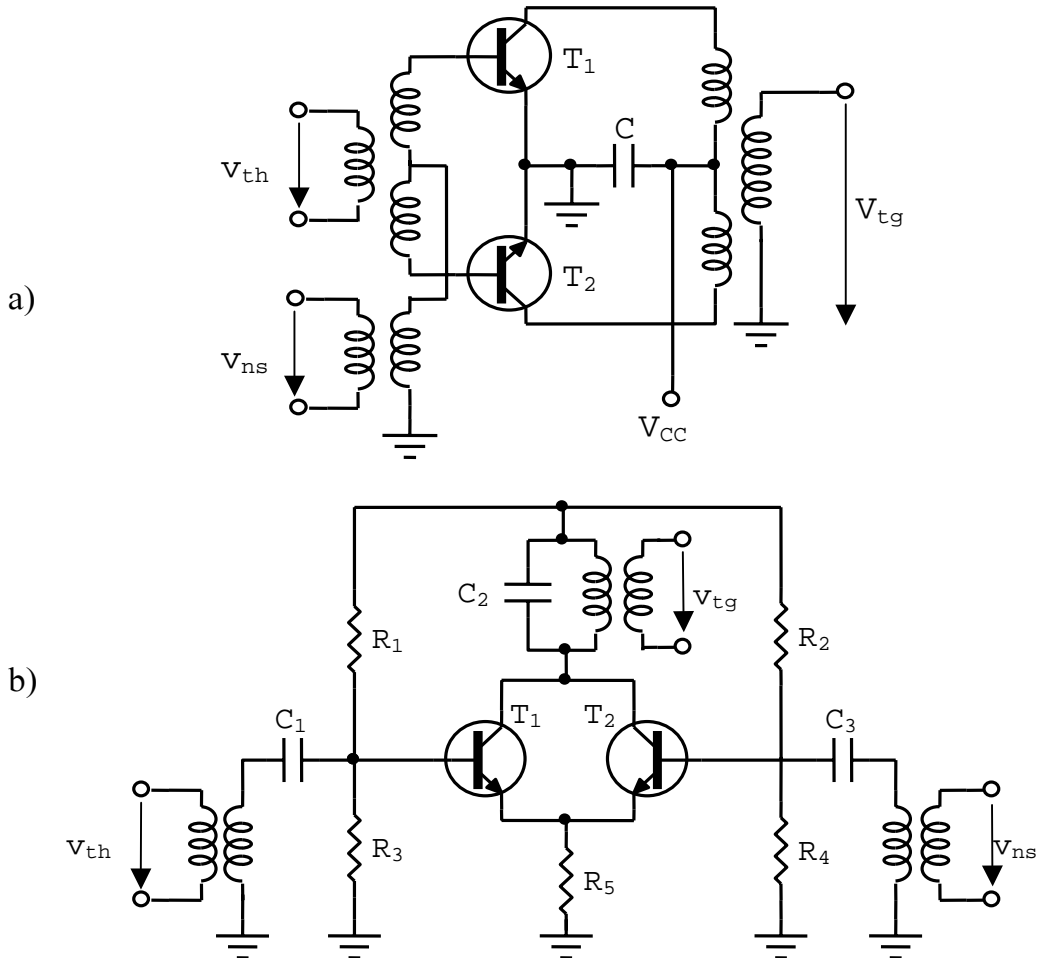
C_1, L_1 tạo thành khung cộng hưởng nối tiếp đối với tần số trung gian. Nhờ đó v_{tg} bị ngăn mạch ở đầu vào, tránh được hiện tượng trộn tần ngược.



Để tránh ảnh hưởng tương hỗ giữa v_{th} và v_{ns} , người ta kết cấu mạch dưới dạng sơ đồ cầu, trong đó :

R_e, C_e là phần tử ký sinh của mạch vào BJT. Khi cầu cân bằng thì không còn tồn tại sự liên hệ giữa v_{th} và v_{ns} trên L_3 cảm ứng sang L_2 gây ảnh hưởng đến v_{ns}

D. Trộn tần đẩy kéo



Hình 5.10. Mạch trộn tần đẩy kéo

a. Sơ đồ nguyên lý

b. Mạch trộn tần đẩy kéo EC

Ưu điểm của mạch trộn tần đẩy kéo so với sơ đồ đơn :

- Méo phi tuyến nhỏ (hai bậc chặn bị triệt tiêu) - Phổ tín hiệu ra hẹp.
- Liên hệ giữa tín hiệu và mạch ngoại sai ít. - Khả năng điều chế giao thoa thấp.

Vì những ưu điểm đó, nên loại mạch này hay được dùng trong bộ trộn tần máy phát. Trong sơ đồ đẩy kéo (A), do cách mắc mạch nên điện áp vào T_1, T_2 lần lượt là :

$$\begin{cases} v_1 = v_{ns} + v_{th} \\ v_2 = v_{ns} - v_{th} \end{cases} \quad \text{Dòng điện ra : } i_c = i_{c1} - i_{c2}$$

$$\text{Với : } i_{c1} = a_0 + a_1 (v_{ns} + v_{th}) + a_2 (v_{ns} + v_{th})^2 + \dots$$

$$i_{c2} = a_0 + a_1 (v_{ns} - v_{th}) + a_2 (v_{ns} - v_{th})^2 + \dots$$

$$\Rightarrow i_c = 2a_2 v_{th} + 4a_2 v_{th} v_{ns} + 2a_3 v_{th}^3 + 6a_3 v_{th} v_{ns}^2 + \dots$$

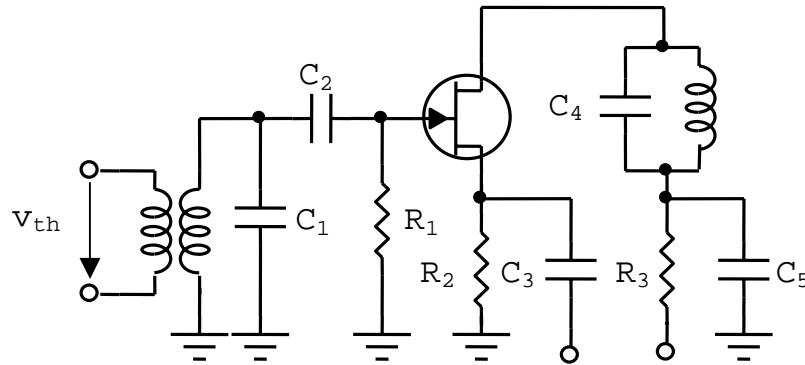
Thay $v_{ns} = V_{ns} \cdot \cos \omega_{ns} t$, $v_{th} = V_{th} \cdot \cos \omega_{th} t$ và biến đổi ta thấy trong dòng điện ra có các thành phần tần số : ω_{th} , $3\omega_{th}$, $\omega_{ns} \pm \omega_{th}$ và $2\omega_{ns} \pm \omega_{th}$

5.2.2.2 Mạch trộn tần dùng Transistor trường FET

Ưu điểm của trộn tần dùng FET so với BJT:

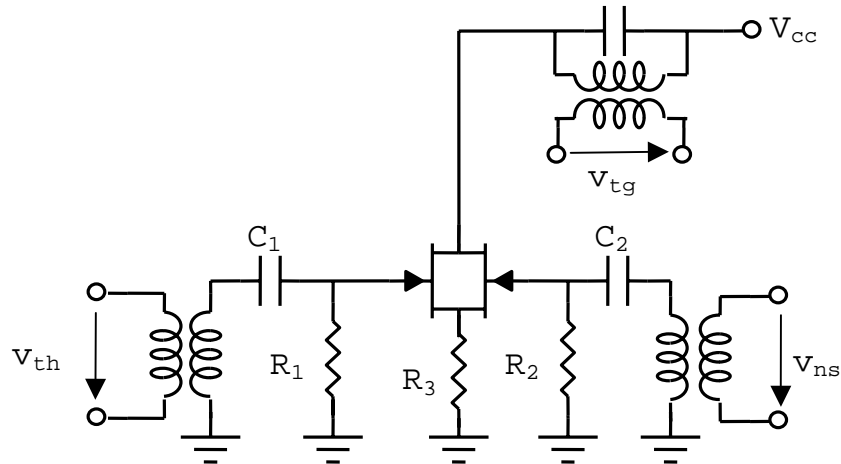
- Quan hệ giữa dòng ra I_D (dòng máng) và điện áp vào (V_{GS}) là quan hệ bậc hai, nên tín hiệu ra của mạch trộn tần giảm được các thành phần phổ và hạn chế được hiện tượng điều chế giao thoa, giảm được tạp âm và tăng được dải rộng của tín hiệu vào.

A. Trộn tần dùng FET: Nguyên lý của việc trộn tần dùng FET cũng giống như BJT



Hình 5.11. Mạch trộn tần dùng FET

B. Trộn tần dùng FET mắc đẩy kéo



Hình 5.12. Mạch trộn tần dùng FET đẩy kéo