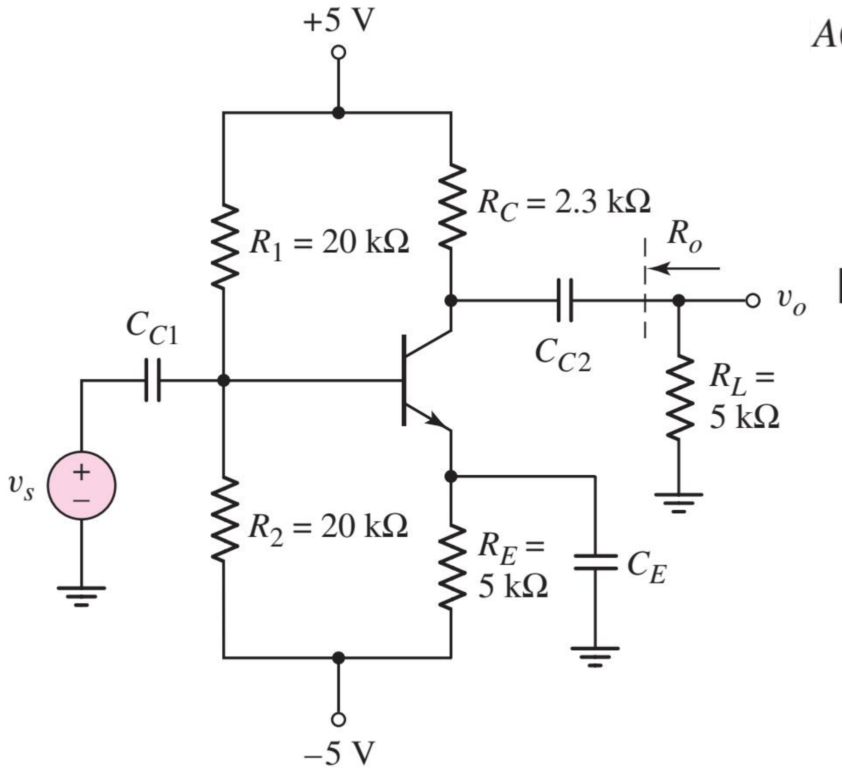
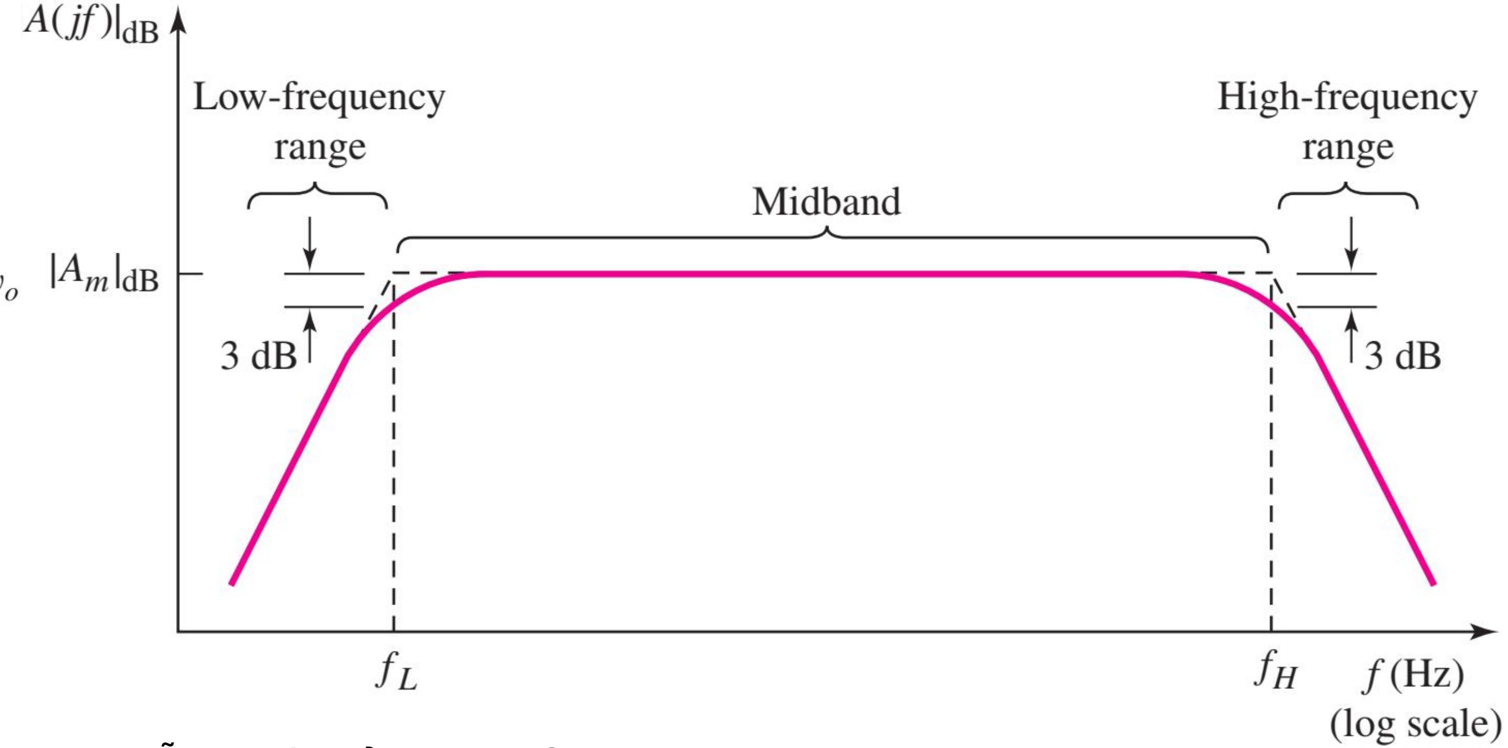
Chương 3 - Đáp ứng tần số của mạch khuếch đại

- **1. Giới thiệu**
- 2. Đáp ứng tần số thấp của mạch KĐ
- 3. Đáp ứng tần số cao của BJT và MOSFET
- 4. Hiệu ứng Miller trong mạch CE, CS
- 5. Đáp ứng tần số cao của một số mạch khác

1. Giới thiệu

- Trong các mạch khuếch đại, hệ số khuếch đại sẽ giảm khi ở vùng tần số thấp hoặc tần số cao, do ảnh hưởng của các tụ coupling, bypass và các tụ ký sinh bên trong linh kiện.





1. Giới thiệu

- Việc phân tích đồng thời ảnh hưởng của tất cả các tụ lên mạch là phức tạp, nên có thể chia ra các vùng tần số khác nhau để khảo sát.

- Tần số dãy giữa: ngắn mạch các tụ coupling và bypass, các tụ ký sinh xem như hở mạch (là phương pháp sử dụng ở các chương trước).
- Tần số thấp: mạch tương đương AC cần xét tới các tụ coupling và bypass, các tụ ký sinh vẫn xem như hở mạch.
- Tần số cao: các tụ coupling và bypass xem như ngắn mạch, mạch tương đương AC cần xét tới các tụ ký sinh bên trong linh kiện.

Lưu ý: Các tụ luôn tồn tại ở mọi tần số, vấn đề là ảnh hưởng nhiều hay ít?

1. Giới thiệu

Phương pháp khảo sát đáp ứng tần số của mạch khuếch đại:

- Vẽ sơ đồ tương đương tín hiệu nhỏ (trường hợp tần số cao cần có thêm các tụ ký sinh).
- Chuyển mạch sang miền -s (dùng biến đổi Laplace: R $\rightarrow$ R, C $\rightarrow$ 1/(sC)) tìm hàm truyền $H(s) = V_o(s)/V_i(s)$.
- Sử dụng đồ thị Bode
- Yêu cầu xem lại:
  - ✓ Toán kỹ thuật: phép biến đổi Laplace và ứng dụng vào mạch điện
  - ✓ Giải tích mạch: phân tích mạch quá độ dùng biến đổi Laplace và các kỹ thuật giải mạch.
  - ✓ Tín hiệu & hệ thống: hàm truyền, đáp ứng tần số, đồ thị Bode, mạch lọc.

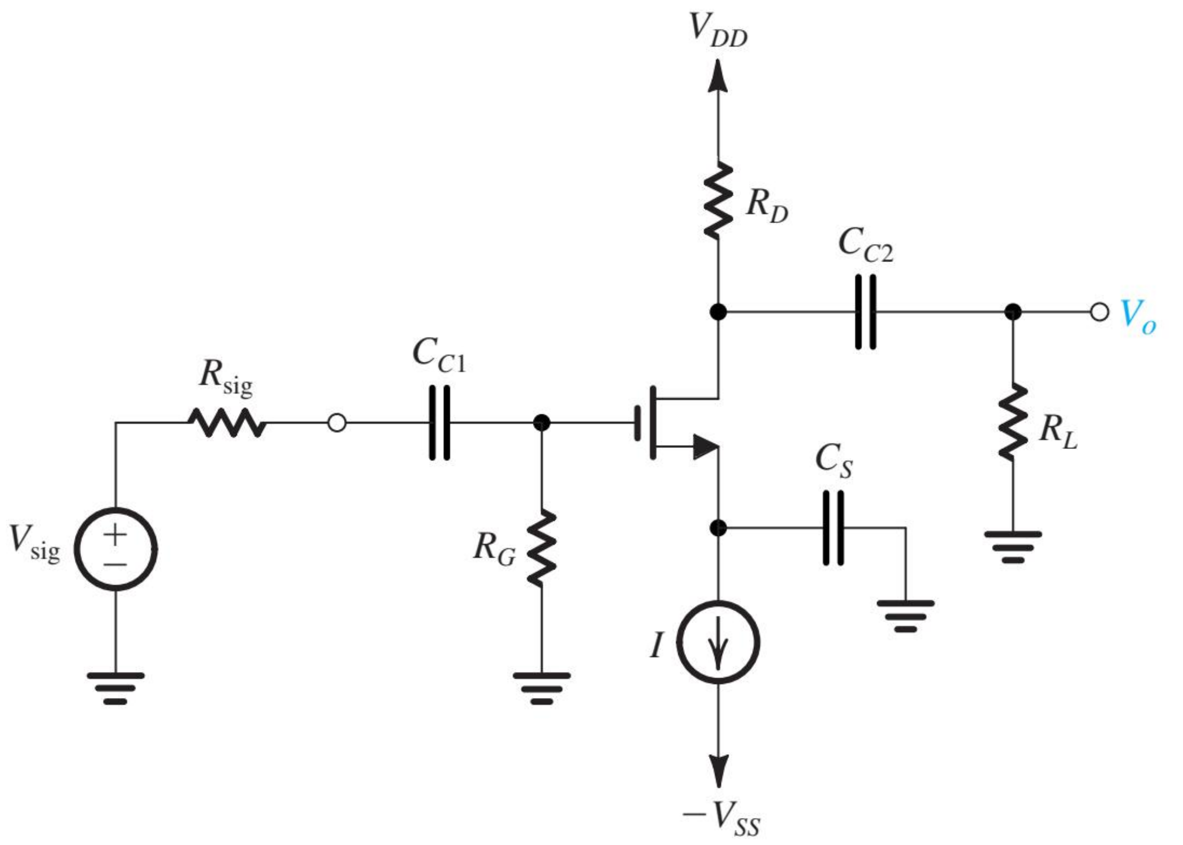
2. Đáp ứng tần số thấp của mạch KĐ

- Xét mạch CS như hình

- Phân tích DC tương tự các chương trước.

- Phân tích AC: chuyển mạch sang miền -s dùng biến đổi Laplace và tìm hàm truyền:

$$H(s) = \frac{V_o(s)}{V_{sig}(s)} = \frac{V_g(s)}{V_{sig}(s)} \cdot \frac{I_d(s)}{V_g(s)} \cdot \frac{V_o(s)}{I_d(s)}$$

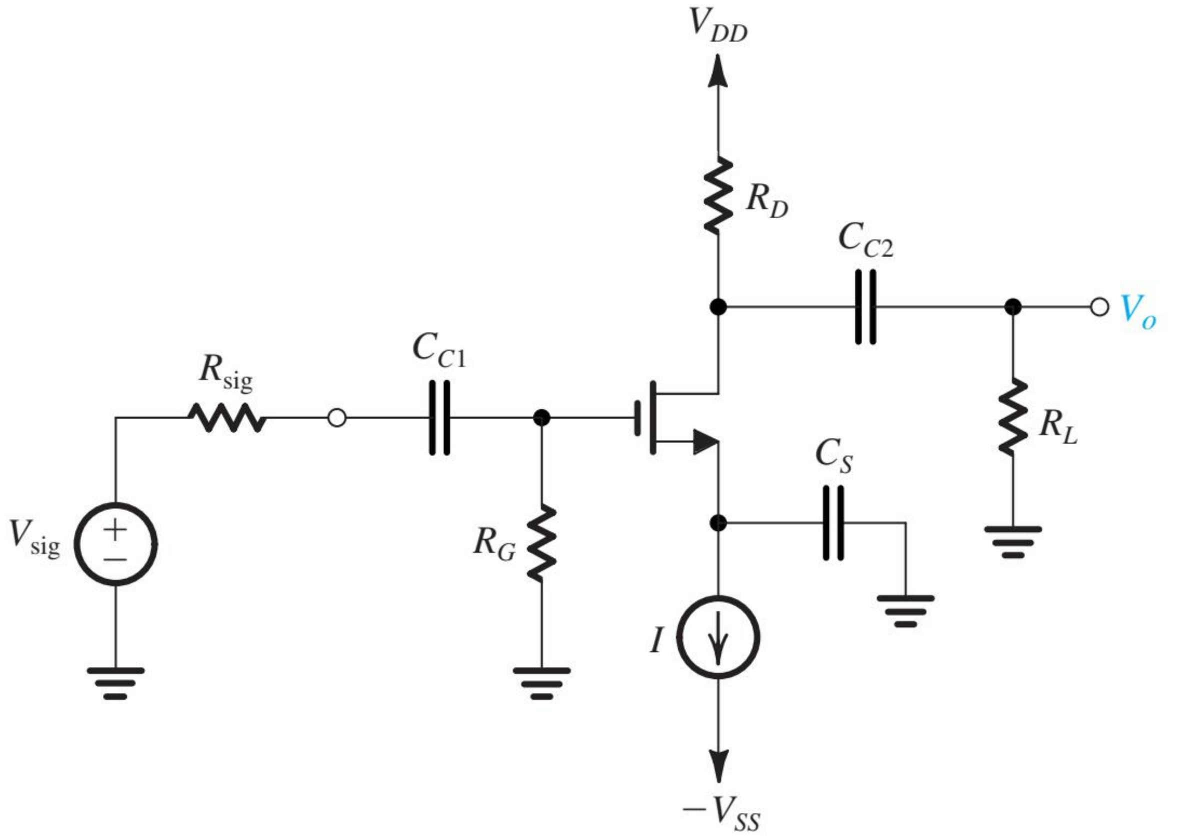


2. Đáp ứng tần số thấp của mạch KĐ

$$\frac{V_g(s)}{V_{sig}(s)} = \frac{R_G}{R_G + R_{sig}} \cdot \frac{s}{s + \dfrac{1}{C_{C1}(R_G + R_{sig})}}$$

Đây là hàm truyền của mạch lọc thông cao với tần số cắt

$$\omega_{P1} = \frac{1}{C_{C1}(R_G + R_{sig})}$$

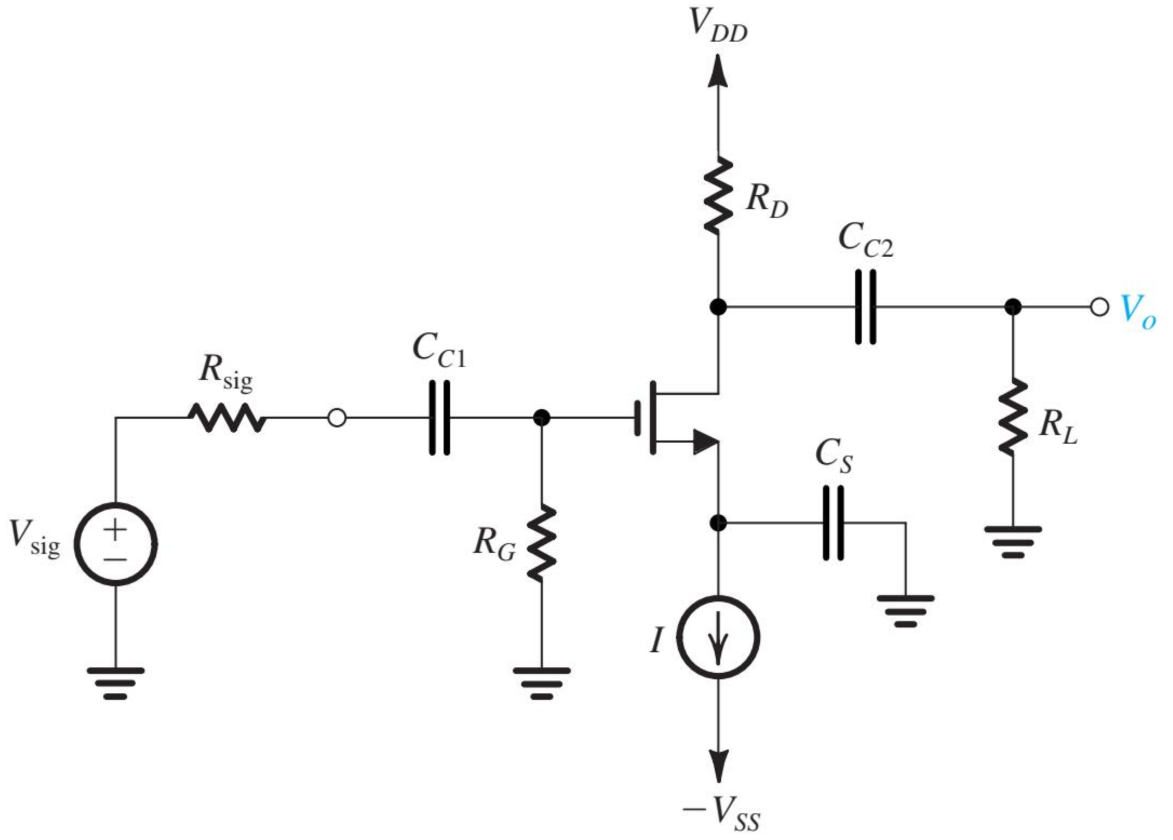


2. Đáp ứng tần số thấp của mạch KĐ

$$\frac{I_d(s)}{V_g(s)} = g_m \cdot \frac{s}{s + \frac{g_m}{C_S}}$$

Đây là hàm truyền của mạch lọc thông cao với tần số cắt

$$\omega_{P2} = \frac{g_m}{C_S}$$

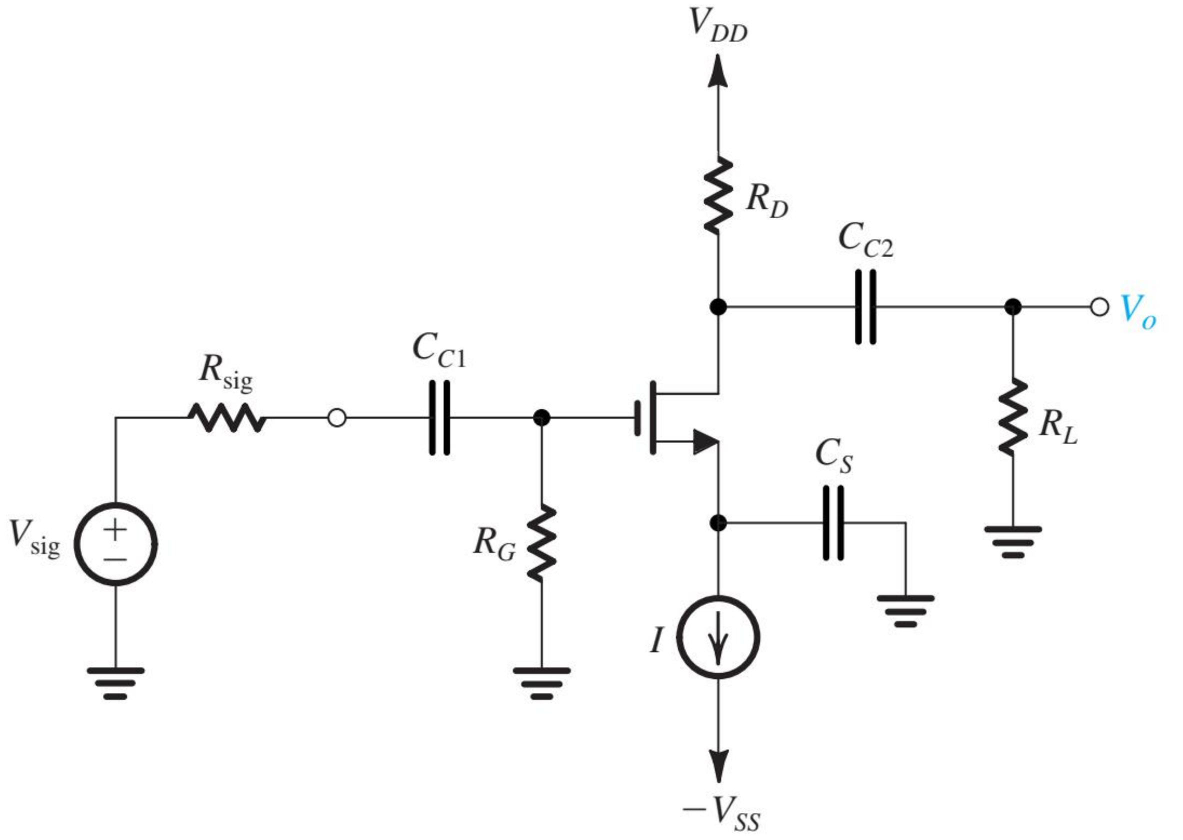


2. Đáp ứng tần số thấp của mạch KĐ

$$\frac{V_o(s)}{I_d(s)} = -\frac{R_D R_L}{R_D + R_L} \cdot \frac{s}{s + \frac{1}{C_{C2}(R_D + R_L)}}$$

Đây là hàm truyền của mạch lọc thông cao với tần số cắt

$$\omega_{P3} = \frac{1}{C_{C2}(R_D + R_L)}$$



2. Đáp ứng tần số thấp của mạch KĐ

$$H(s) = -\frac{R_G}{R_G + R_{sig}} \cdot g_m \cdot \frac{R_D R_L}{R_D + R_L} \cdot \left(\frac{s}{s+\omega_{P1}}\right)\left(\frac{s}{s+\omega_{P2}}\right)\left(\frac{s}{s+\omega_{P3}}\right)$$

$$= A_M \left(\frac{s}{s+\omega_{P1}}\right)\left(\frac{s}{s+\omega_{P2}}\right)\left(\frac{s}{s+\omega_{P3}}\right)$$

- Với $A_M = -\frac{R_G}{R_G + R_{sig}} \cdot g_m \cdot \frac{R_D R_L}{R_D + R_L}$

là độ lợi áp dãy giữa như đã phân tích ở các chương trước.

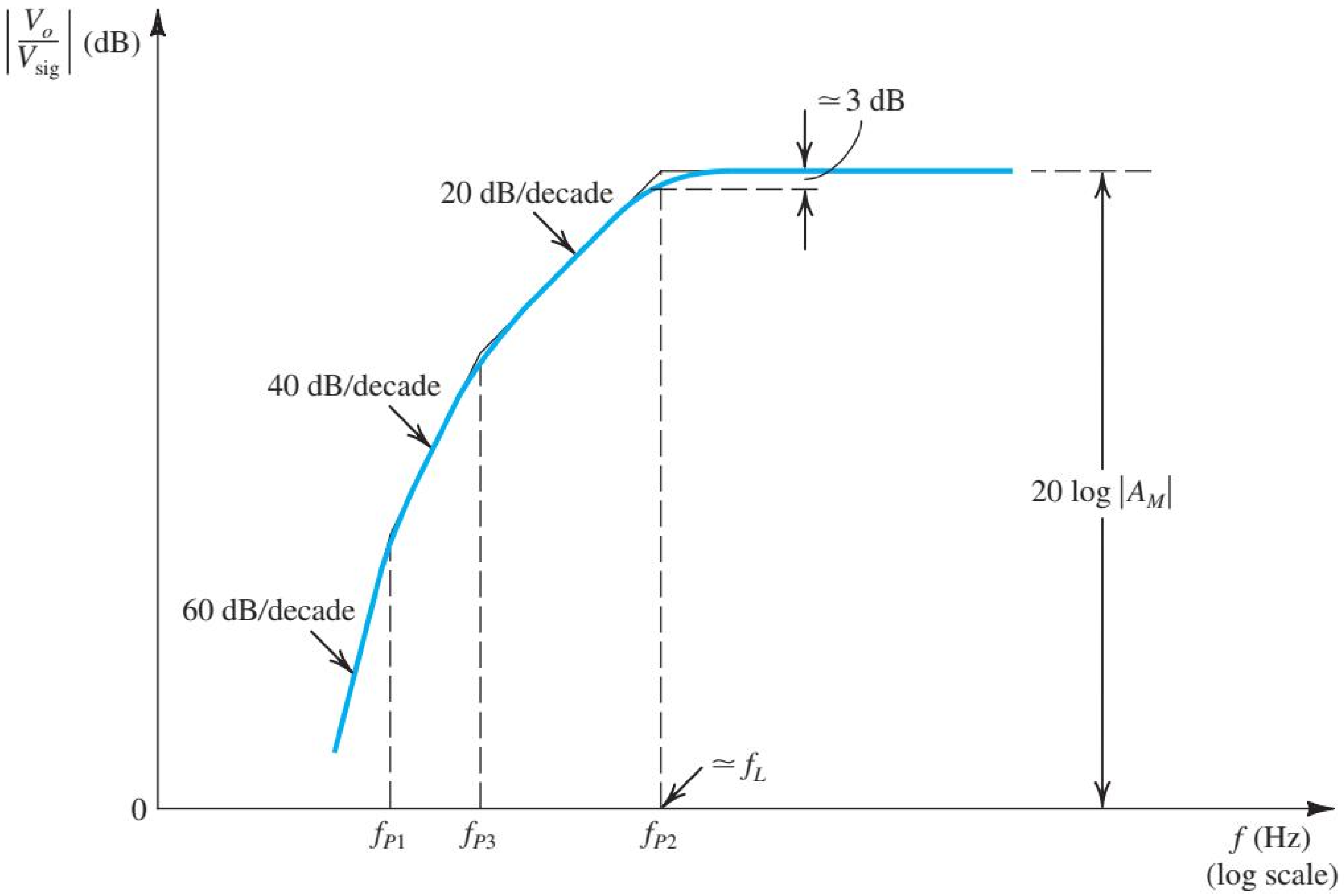
- Không mất tính tổng quát, giả sử $f_{P1} < f_{P3} < f_{P2}$, có đồ thị Bode như slide sau.

2. Đáp ứng tần số thấp của mạch KĐ

- *Tần số cắt thấp:* có thể xấp xĩ bằng tần số lớn nhất trong các tần số gãy của các hàm truyền thành phần

$$f_L \approx f_{P2}$$

với điều kiện tần số này cách khá xa các tần số còn lại.



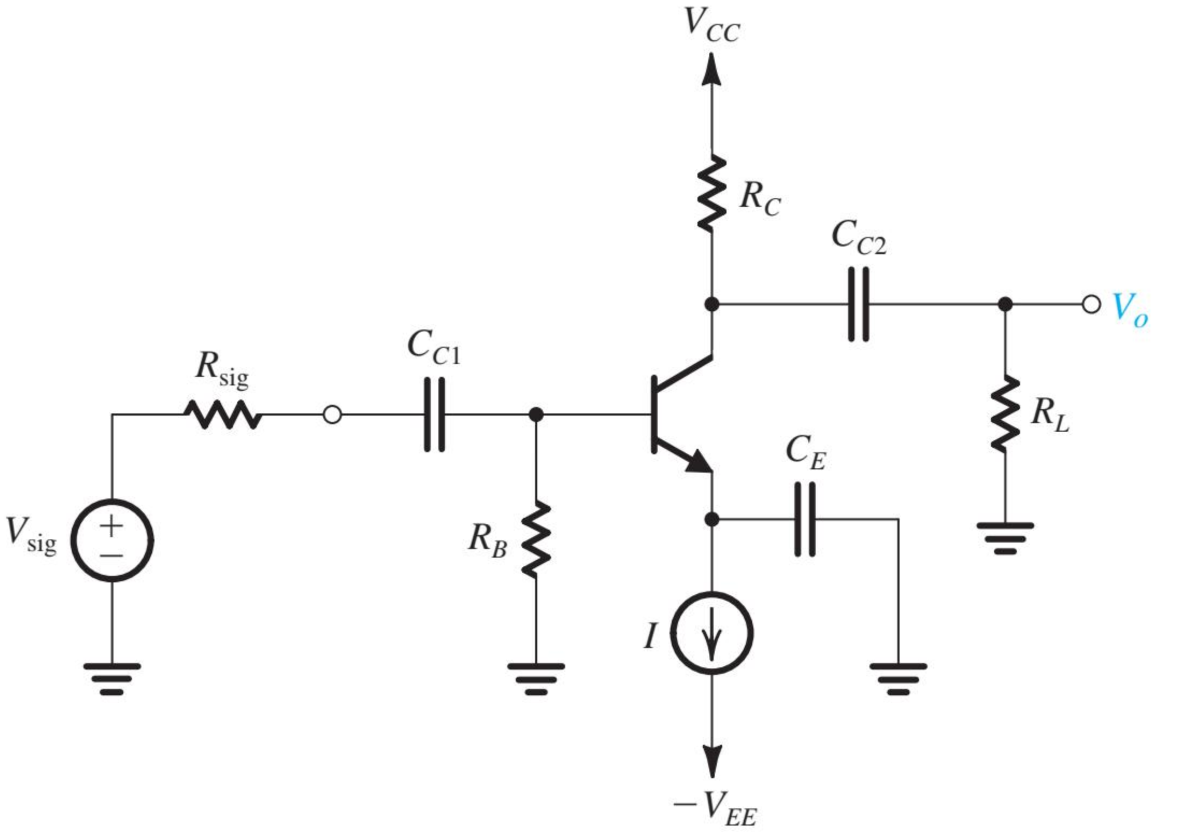
2. Đáp ứng tần số thấp của mạch KĐ

- Xét mạch CE như hình

- Tương tự ví dụ trước, khi xét chế độ AC: chuyển mạch sang miền -s dùng biến đổi Laplace và tìm hàm truyền:

$$H(s) = \frac{V_o(s)}{V_{sig}(s)} = \frac{V_\pi(s)}{V_{sig}(s)} \cdot \frac{I_c(s)}{V_\pi(s)} \cdot \frac{V_o(s)}{I_c(s)}$$

- Chỉ cần vài bước tính toán đơn giản, có thể rút ra một kết luận quan trọng.



2. Đáp ứng tần số thấp của mạch KĐ

- Một phương pháp khác: xét riêng tác động của từng tụ.

\- Xét riêng tác động của tụ C_{C1}; hai tụ C_E và C_{C2} xem như ngắn mạch.

$$\frac{V_o(s)}{V_{sig}(s)} = -\frac{R_B // r_\pi}{R_B // r_\pi + R_{sig}} g_m (R_C // R_L) \left[\frac{s}{s + \frac{1}{C_{C1}(R_B // r_\pi + R_{sig})}} \right] = A_M \frac{s}{s + \omega_{P1}}$$

- Tần số cắt: $\omega_{P1} = \dfrac{1}{C_{C1}(R_B // r_\pi + R_{sig})}$

- A_M là độ lợi dãy giữa.

2. Đáp ứng tần số thấp của mạch KĐ

- Xét riêng tác động của tụ C_E; hai tụ C_{C1} và C_{C2} xem như ngắn mạch.

$$\frac{V_o(s)}{V_{sig}(s)} = -\frac{R_B}{R_B + R_{sig}} \frac{\beta}{R_B // R_{sig} + (1+\beta) r_e} (R_C // R_L) \left[\frac{s}{s + \dfrac{1}{C_E\left(r_e + \dfrac{R_B // R_{sig}}{1+\beta} \right)}} \right]$$

$$\frac{V_o(s)}{V_{sig}(s)} = A_M \frac{s}{s + \omega_{P2}}$$

- Tần số cắt: $$\omega_{P2} = \frac{1}{C_E\left(r_e + \dfrac{R_B // R_{sig}}{1+\beta} \right)}$$

2. Đáp ứng tần số thấp của mạch KĐ

- Xét riêng tác động của tụ C_{C2}; hai tụ C_{C1} và C_E xem như ngắn mạch.

$$\frac{V_o(s)}{V_{sig}(s)} = -\frac{R_B // r_\pi}{R_B // r_\pi + R_{sig}} g_m (R_C // R_L) \left[\frac{s}{s + \frac{1}{C_{C2}(R_C + R_L)}} \right] = A_M \frac{s}{s + \omega_{P3}}$$

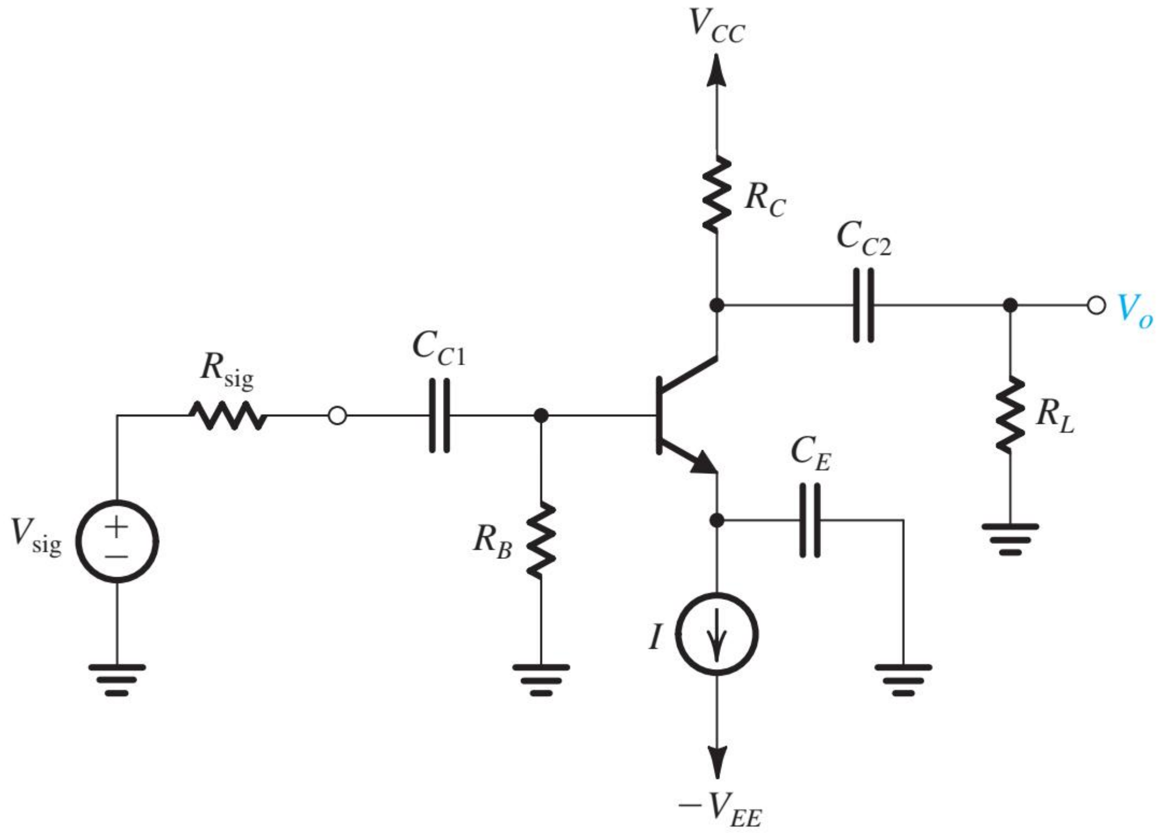
- Tần số cắt:

$$\omega_{P3} = \frac{1}{C_{C2}(R_C + R_L)}$$

2. Đáp ứng tần số thấp của mạch KĐ

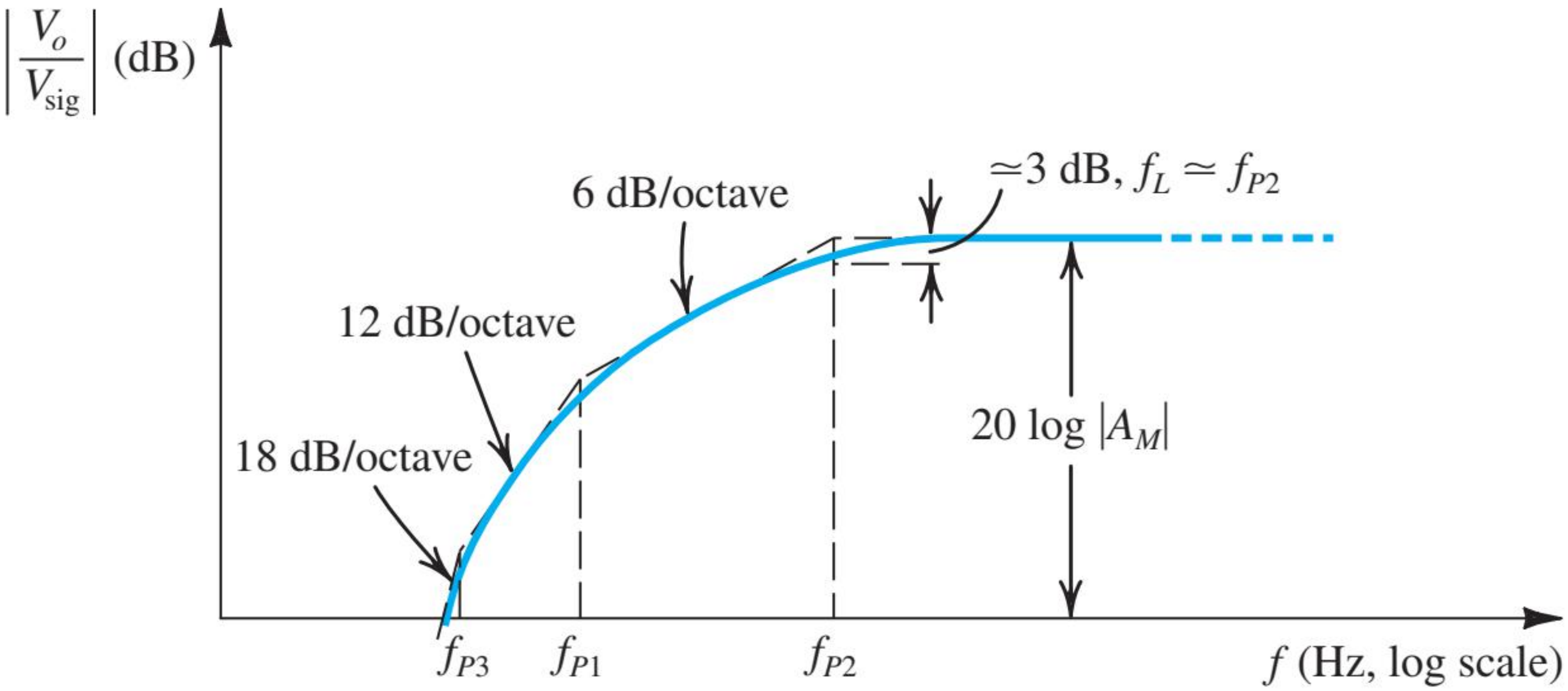
- Quan sát các kết quả đạt được, kết hợp với các kiến thức về đáp ứng tần số, hàm truyền ... ta thấy khi xét đồng thời ảnh hưởng của cả ba tụ thì:

$$H(s)=\frac{V_o(s)}{V_{sig}(s)}=A_M.\frac{s}{s+\omega_{P1}}.\frac{s}{s+\omega_{P2}}.\frac{s}{s+\omega_{P3}}$$



2. Đáp ứng tần số thấp của mạch KĐ

- Đồ thị Bode của hàm truyền:



- Giả sử $f_{P2} > f_{P1} > f_{P3}$ và f_{P2} cách khá xa hai tần số còn lại: $f_L \approx f_{P2}$ (f_L: tần số cắt của mạch).

2. Đáp ứng tần số thấp của mạch KĐ

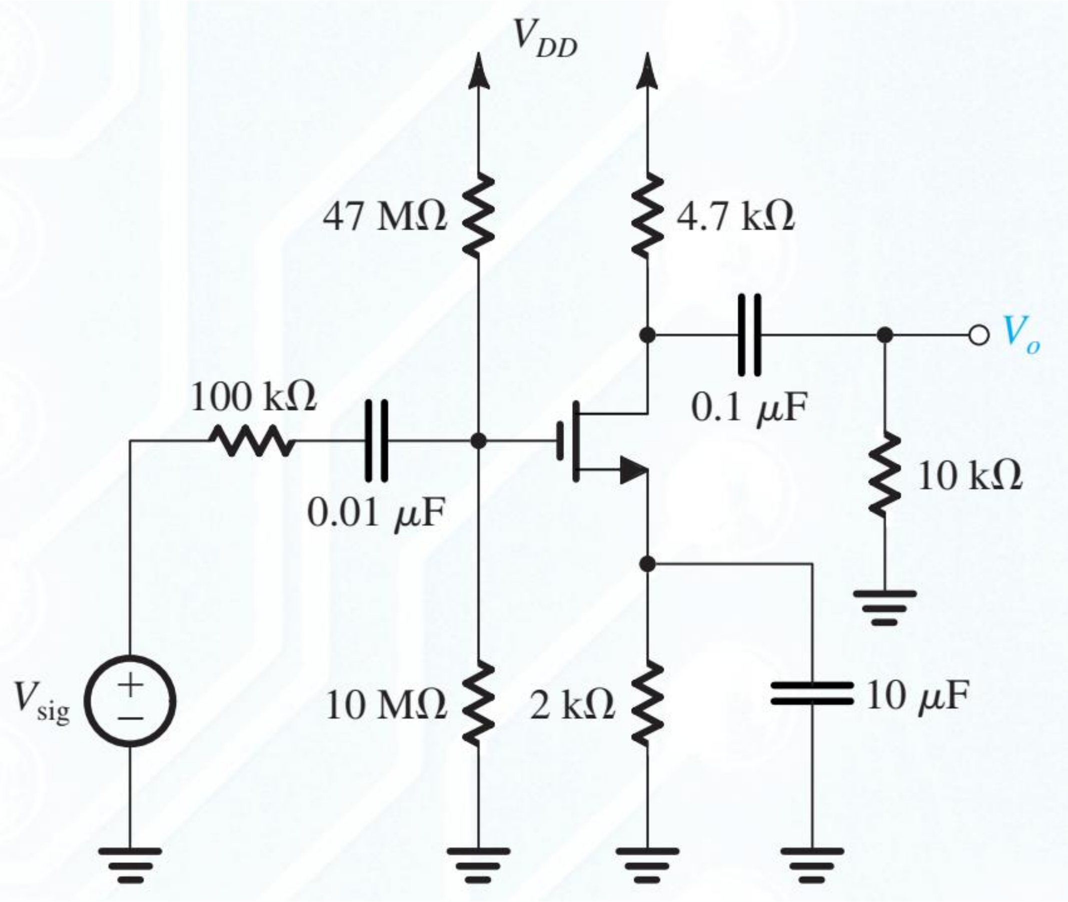
- *<u>Lưu ý:</u>* Trường hợp các tần số cắt nằm gần nhau (không có tần số nào lớn hơn nhiều so với các tần số còn lại) thì việc xác định tần số cắt thấp sẽ khó khăn hơn.
- Nguyên tắc chung là giải phương trình:

$$\left| A_M \cdot \frac{s}{s+\omega_{P1}} \cdot \frac{s}{s+\omega_{P2}} \cdot \frac{s}{s+\omega_{P3}} \right|_{s=j\omega} = \frac{|A_M|}{\sqrt{2}}$$

để tìm tần số cắt thấp trong trường hợp này.

2. Đáp ứng tần số thấp của mạch KĐ

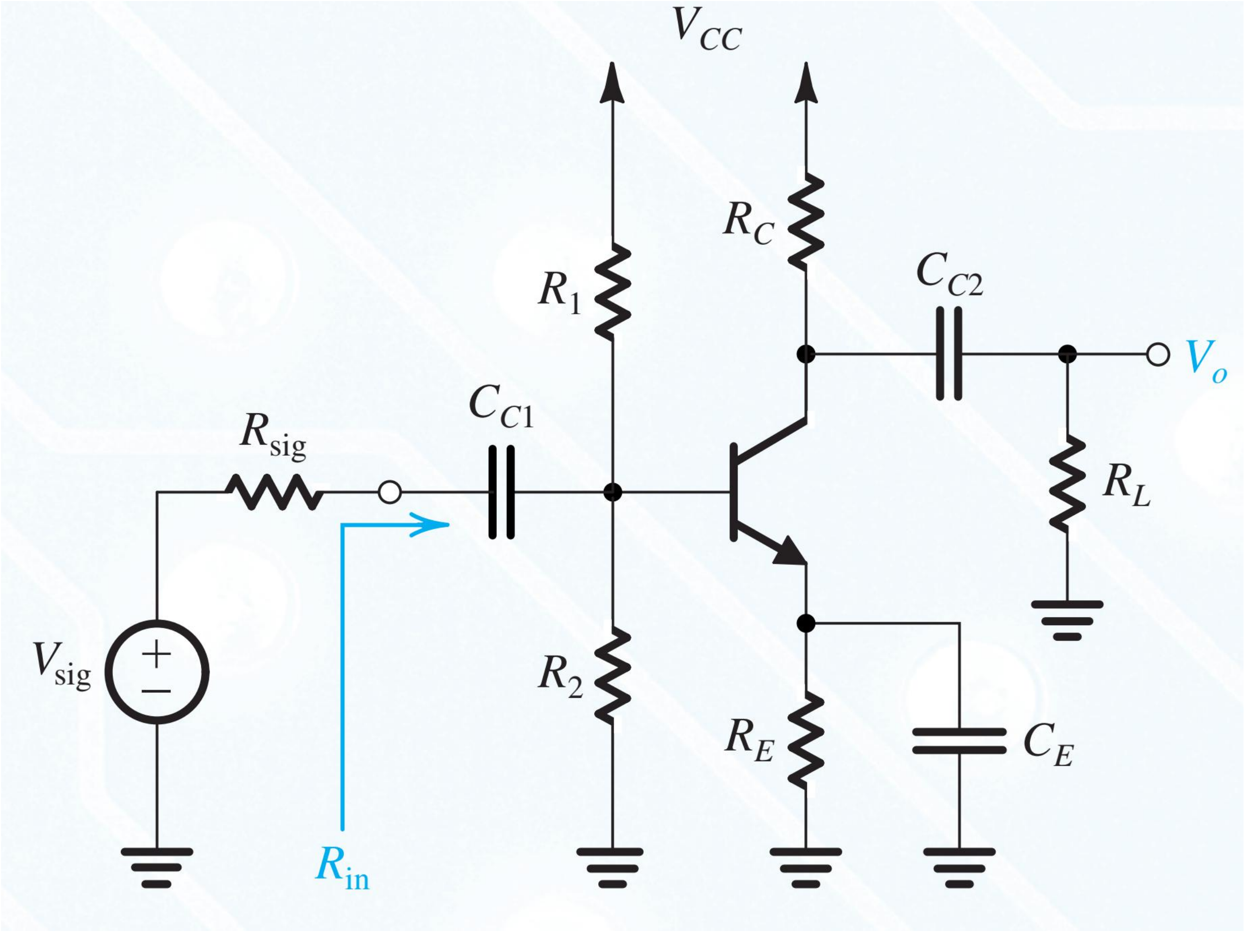
Bài tập 1: Cho mạch NMOS, với g_m = 5mA/V. Xác định A_M, f_{P1}, f_{P2}, f_{P3} và f_L.



2. Đáp ứng tần số thấp của mạch KĐ

Bài tập 2: Cho mạch BJT, với R_{sig} = 5kΩ, R_1 = 33kΩ, R_2 = 22kΩ, R_E = 3.9kΩ, R_C = 4.7kΩ, R_L = 5.6kΩ, V_{CC} = 5V, C_{C1} = C_{C2} = 1μF, C_E = 20μF, phân cực DC với $I_E \approx$ 0,3mA, β = 120. Xác định A_M, f_{P1}, f_{P2}, f_{P3} và f_L.

(Lưu ý có R_E).

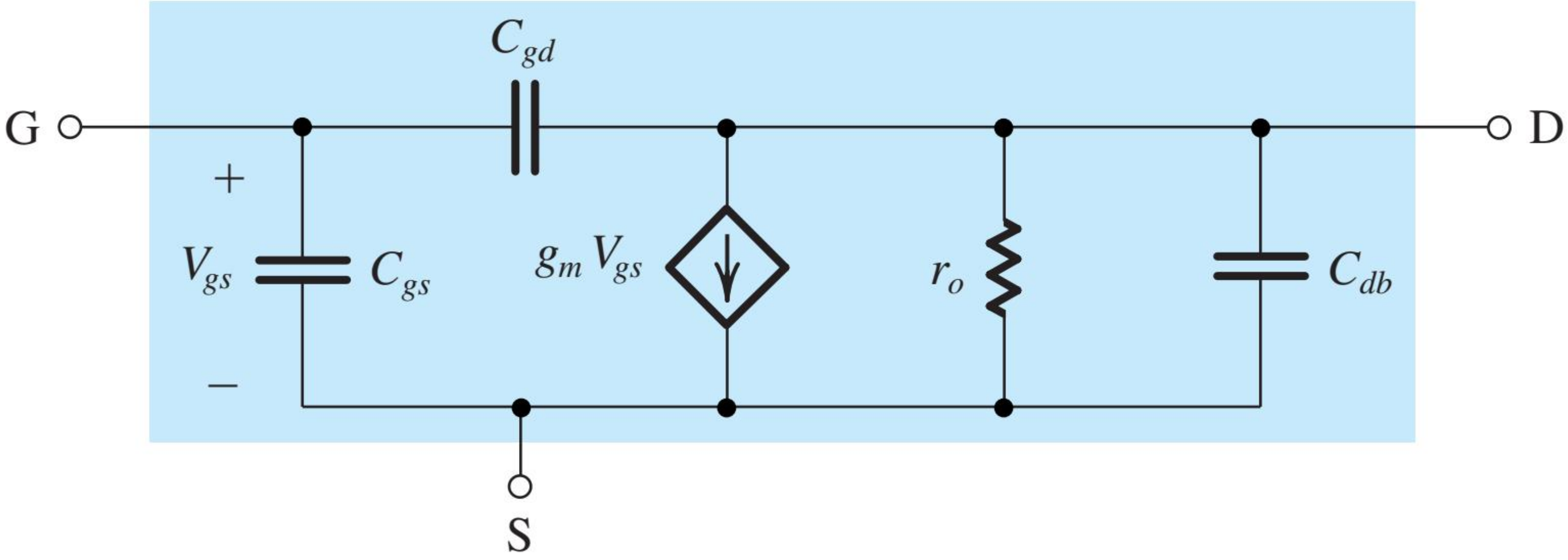


Chương 3 - Đáp ứng tần số của mạch khuếch đại

1. Giới thiệu
2. Đáp ứng tần số thấp của mạch KĐ
3. **Đáp ứng tần số cao của BJT và MOSFET**
4. Hiệu ứng Miller trong mạch CE, CS
5. Đáp ứng tần số cao của một số mạch khác

3. Đáp ứng tần số cao của BJT và MOSFET

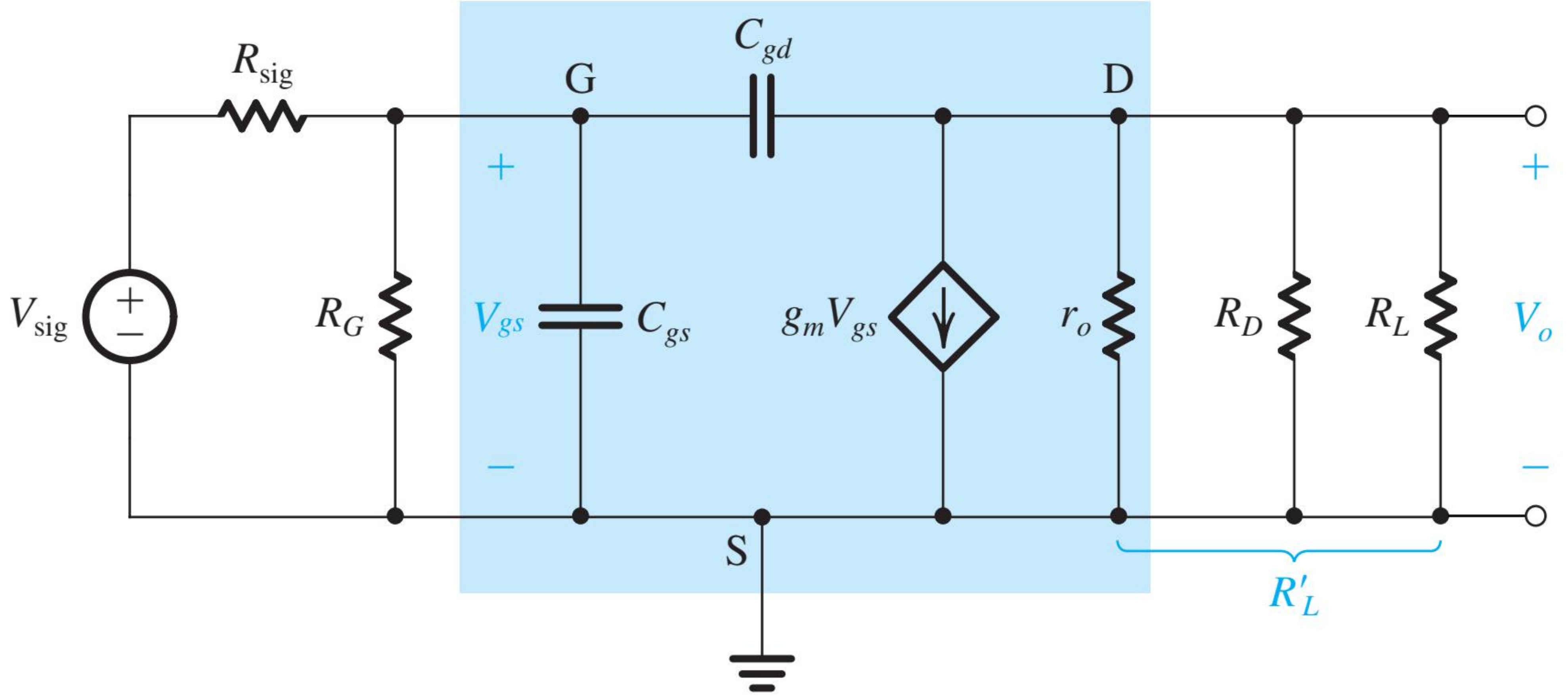
Sơ đồ tương đương tần số cao của MOSFET



- C_{gs}, và đặc biệt là C_{gd} đóng vai trò quan trọng trong đáp ứng tần số cao. Ngược lại, C_{db} ít quan trọng và thường được bỏ qua.

3. Đáp ứng tần số cao của BJT và MOSFET

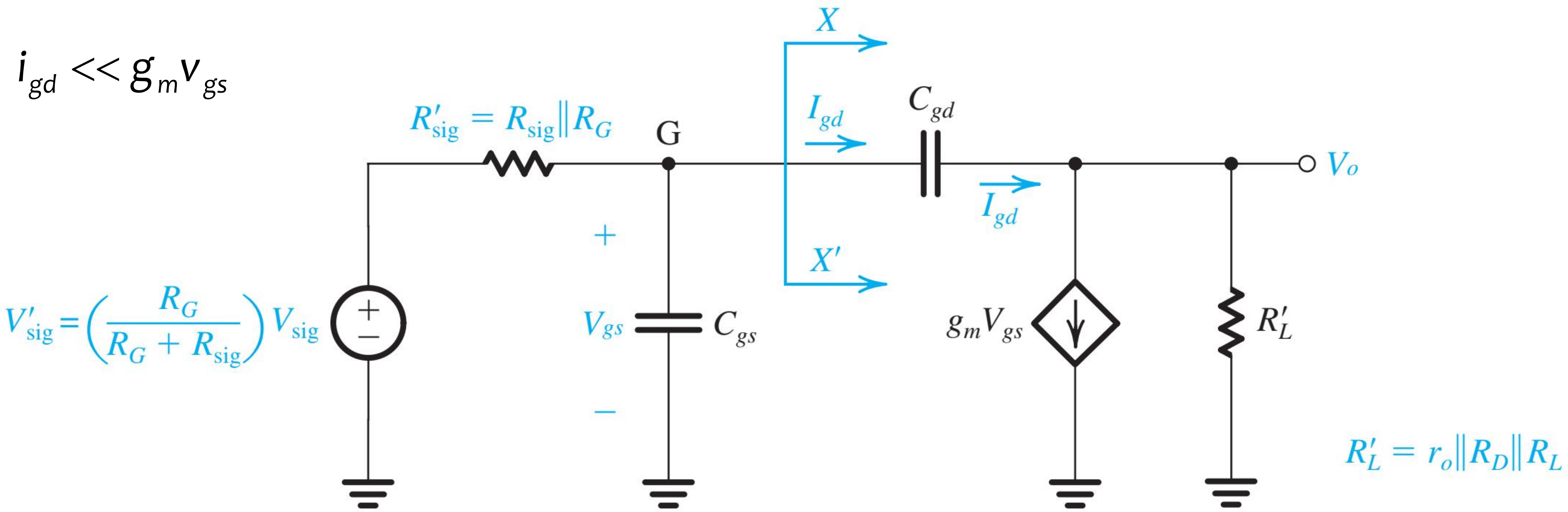
Khảo sát mạch CS ở tần số cao:



3. Đáp ứng tần số cao của BJT và MOSFET

Khảo sát mạch CS ở tần số cao:

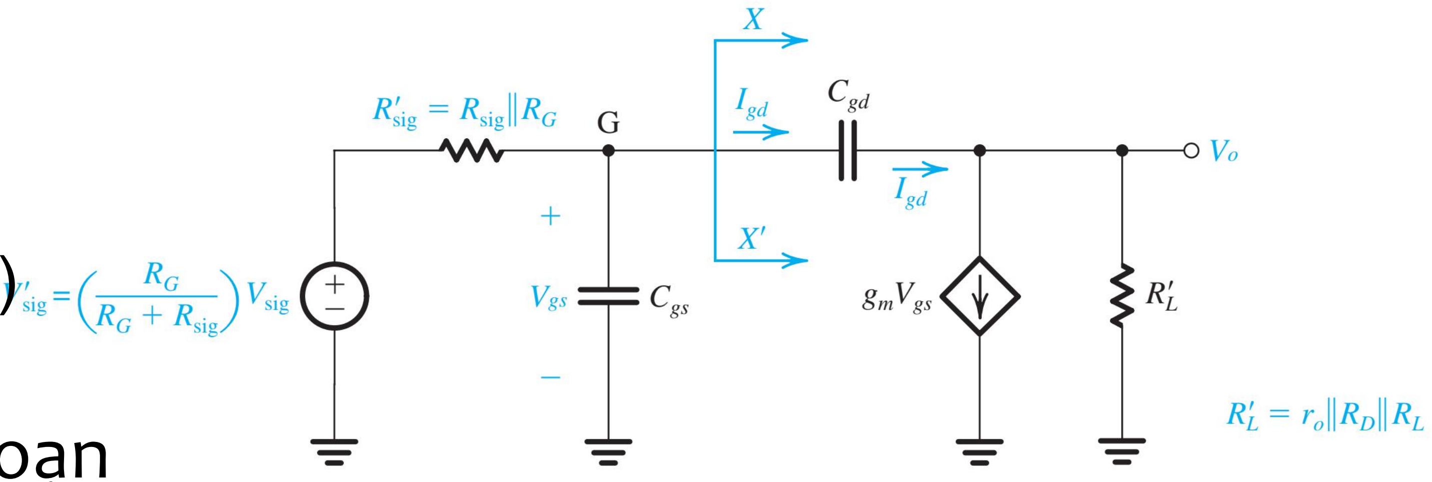
$$i_{gd} << g_m v_{gs}$$



3. Đáp ứng tần số cao của BJT và MOSFET

Khảo sát mạch CS ở tần số cao:

$$I_{gd}(s) = (sC_{gd})[V_{gs}(s) - V_o(s)]$$
$$= (sC_{gd})[V_{gs}(s) - (-g_m R_L{}'.V_{gs}(s))]$$
$$= (sC_{gd})(1 + g_m R_L{}')V_{gs}(s)$$



- Mạch tương đương: thay đoạn mạch XX' bằng tụ tương đương C_{eq}:

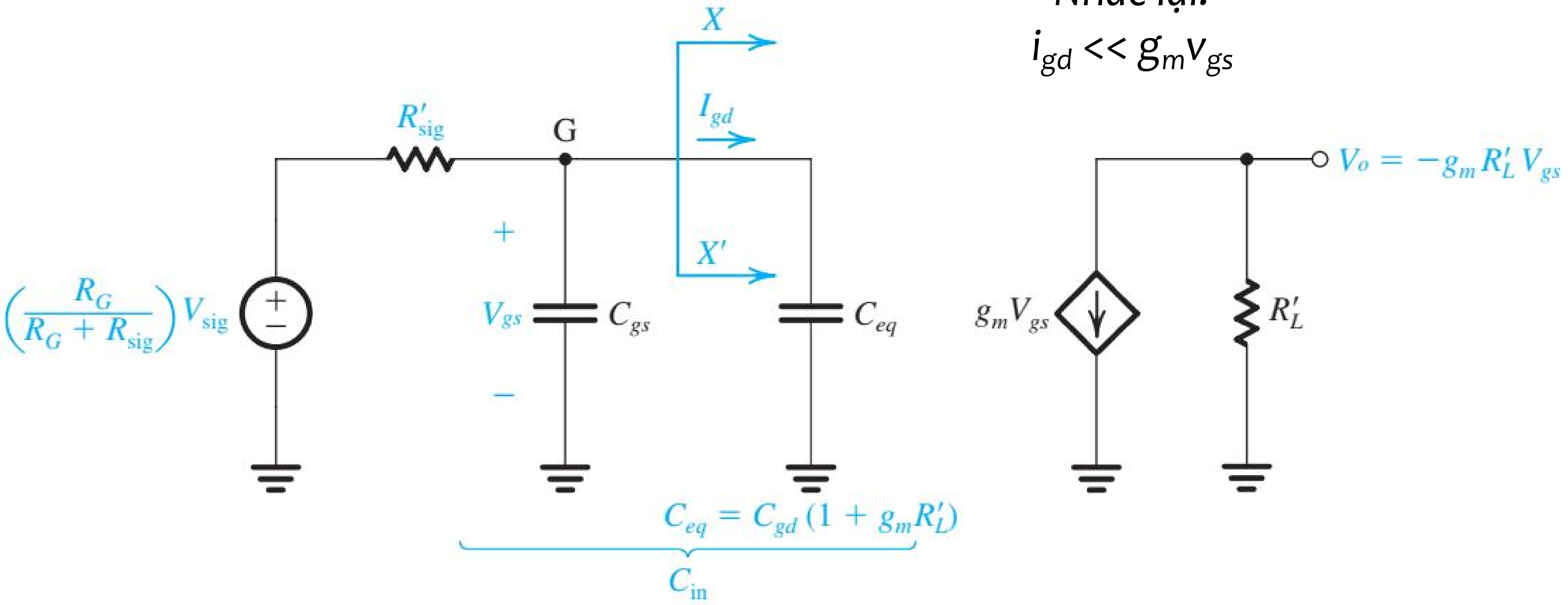
$$sC_{eq} V_{gs}(s) = sC_{gd}(1 + g_m R_L{}') V_{gs}(s)$$

3. Đáp ứng tần số cao của BJT và MOSFET

Khảo sát mạch CS ở tần số cao:

Nhắc lại:

$i_{gd} << g_m v_{gs}$



3. Đáp ứng tần số cao của BJT và MOSFET

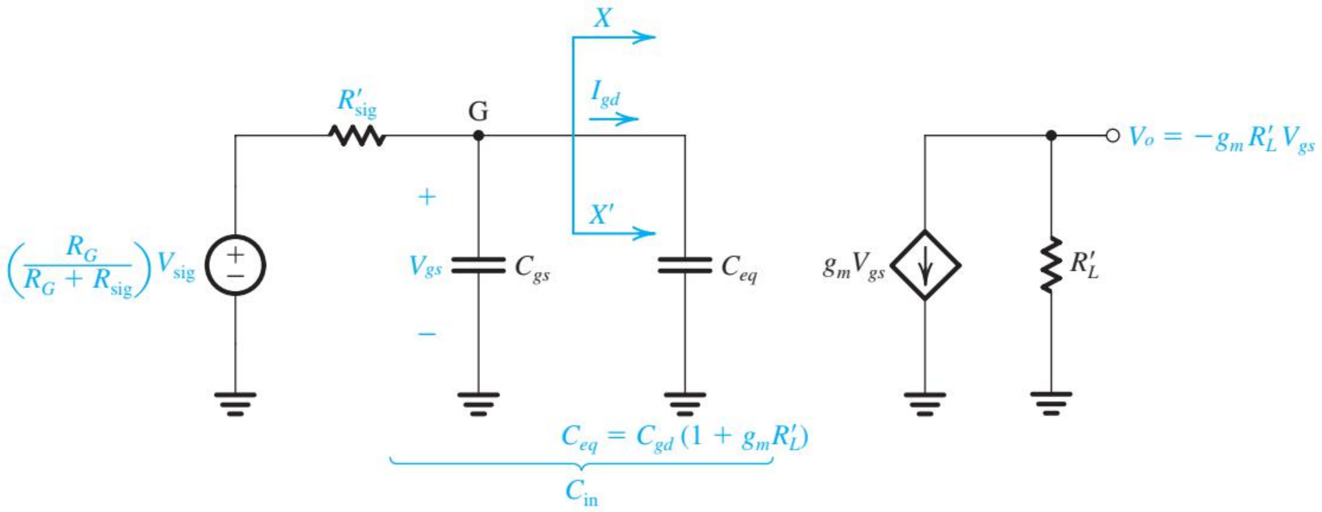
Khảo sát mạch CS ở tần số cao:

$$V_{gs}(s) = \left[\frac{R_G}{R_G + R_{sig}} V_{sig}(s)\right] \frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_o}}$$

với $\omega_o = 1/(C_{in}.R_{sig}')$

$$\frac{V_o(s)}{V_{sig}(s)} = -\frac{R_G}{R_G + R_{sig}}(g_m R_L') \frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_o}}$$

$$= \frac{A_M}{1 + \frac{s}{\omega_H}}$$



3. Đáp ứng tần số cao của BJT và MOSFET

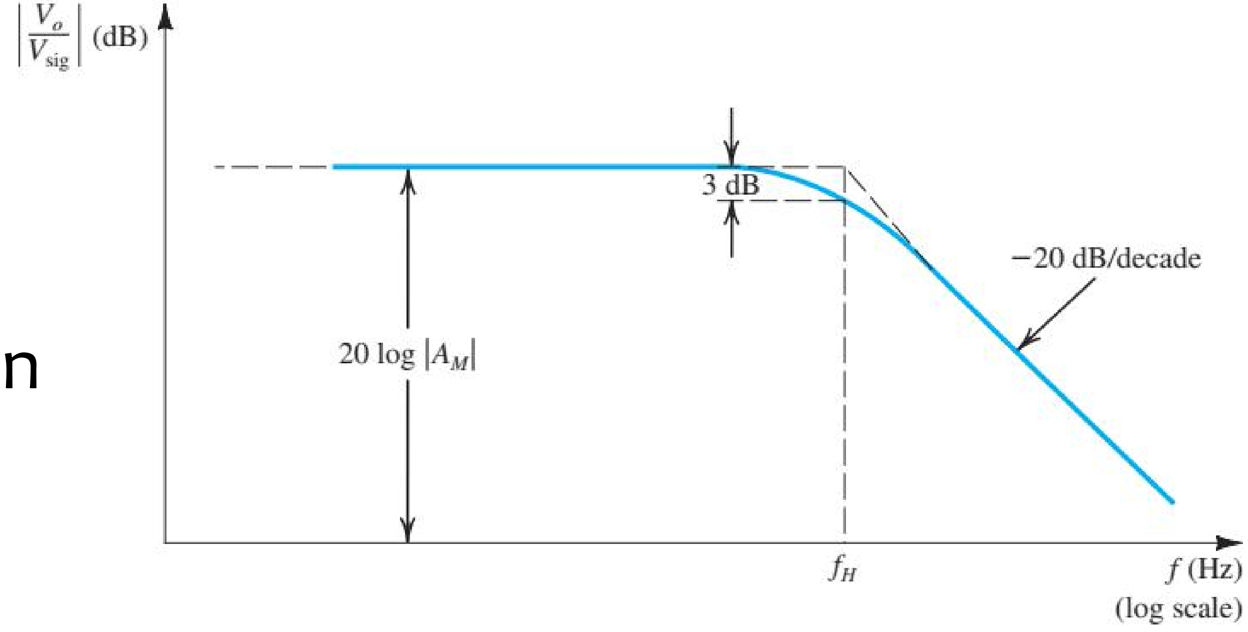
Khảo sát mạch CS ở tần số cao:

$$\frac{V_o(s)}{V_{sig}(s)} = \frac{A_M}{1+\dfrac{s}{\omega_H}}$$

với A_M là độ lợi dãy giữa, ω_H là tần số cắt cao

$$\omega_H = \omega_o = \frac{1}{C_{in}R_{sig}'}$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi C_{in}R_{sig}'}$$



3. Đáp ứng tần số cao của BJT và MOSFET

Ví dụ: Tìm A_M và tần số cắt cao của mạch CS với $R_{sig} = 100k\Omega$, $R_G = 4.7M\Omega$, $R_D = R_L = 15k\Omega$, $r_o = 150k\Omega$, $g_m = 1mA/V$, $C_{gs} = 1pF$, $C_{gd} = 0.4pF$.

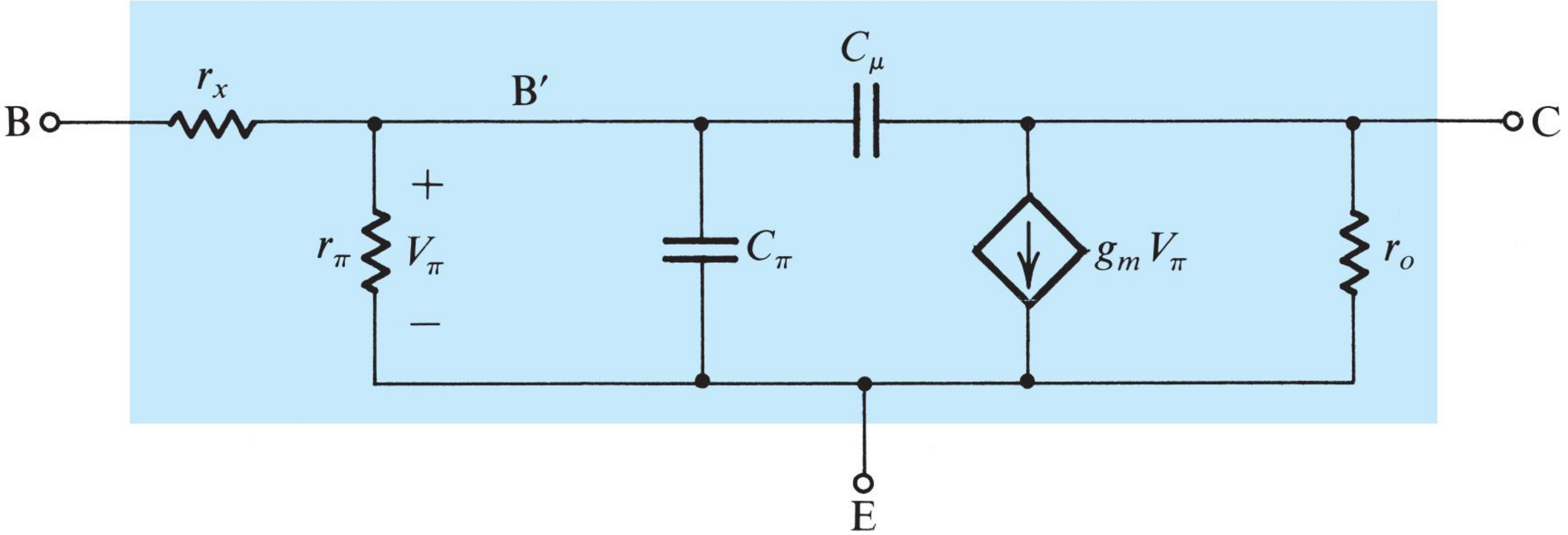
Đáp án:

$A_M = -7V/V$

$f_H = 382kHz$.

3. Đáp ứng tần số cao của BJT và MOSFET

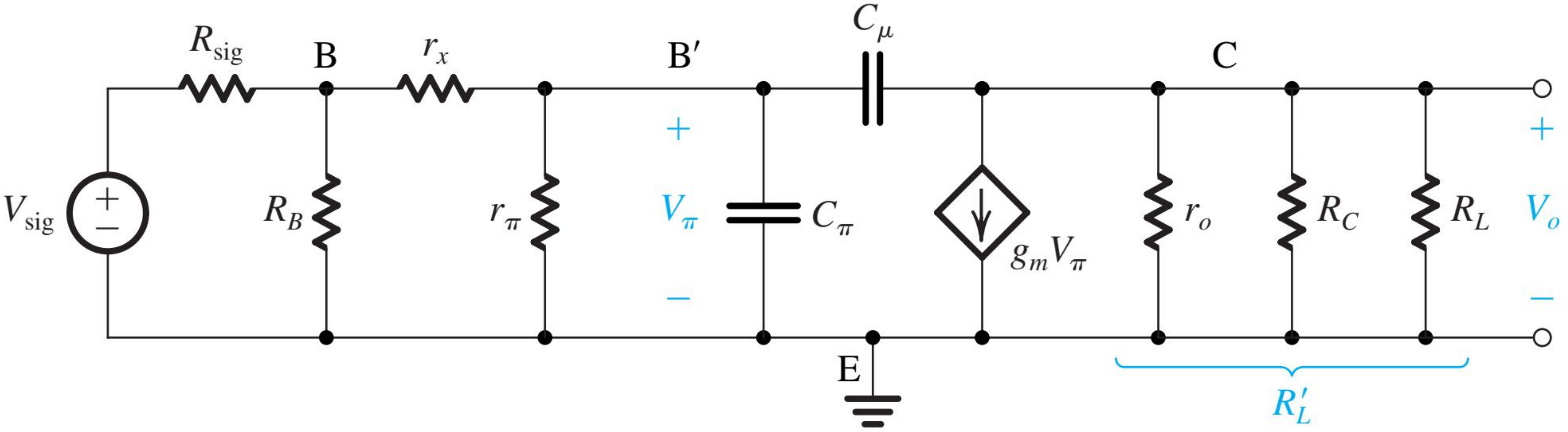
Sơ đồ tương đương tần số cao của BJT



- C_π có giá trị từ vài pF đến vài chục pF, C_μ có giá trị khoảng 0.x - vài pF.
- r_x có giá trị khoảng vài chục Ohm, thường bỏ qua ở tần số dãy giữa và tần số thấp do $r_x << r_\pi$.

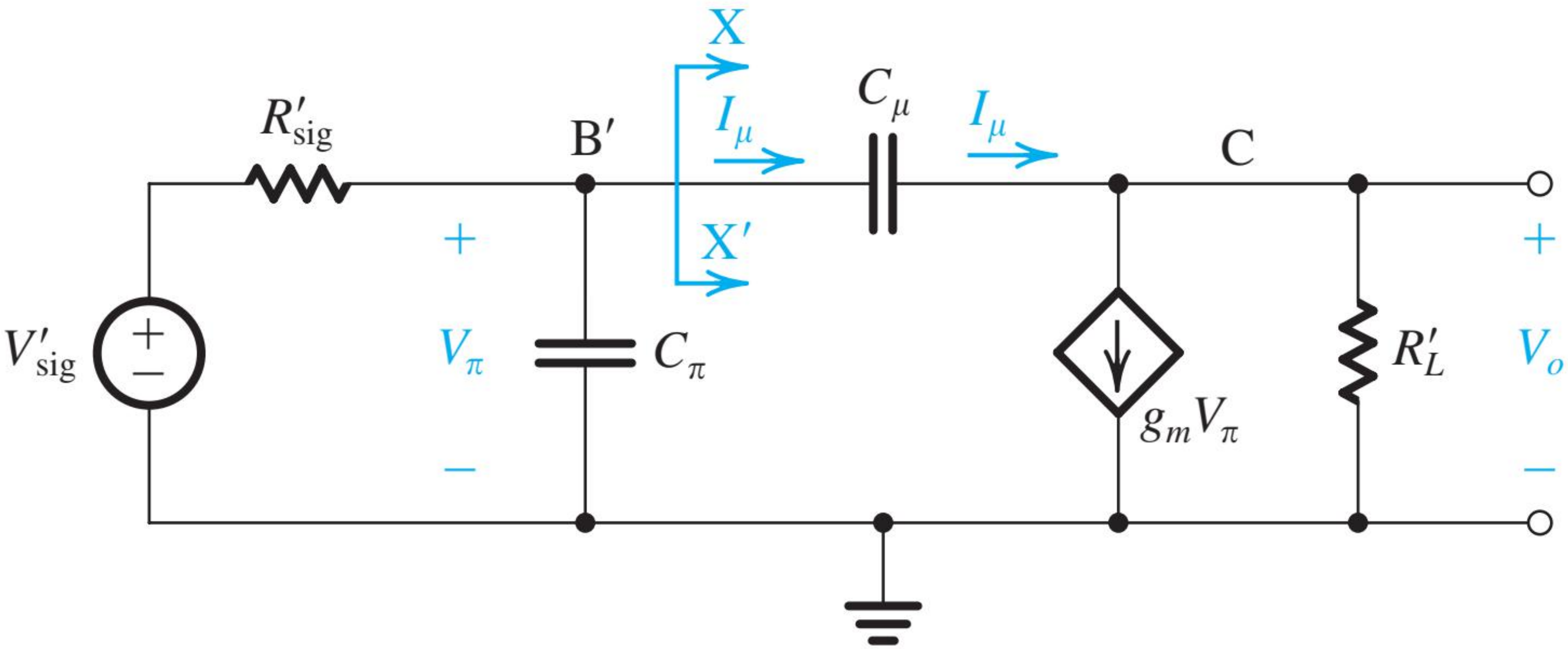
3. Đáp ứng tần số cao của BJT và MOSFET

Khảo sát mạch CE ở tần số cao



3. Đáp ứng tần số cao của BJT và MOSFET

Khảo sát mạch CE ở tần số cao



$$V'_{sig} = V_{sig} \frac{R_B}{R_B + R_{sig}} \frac{r_\pi}{r_\pi + r_x + (R_{sig} \| R_B)}$$

$$R'_L = r_o \| R_C \| R_L$$

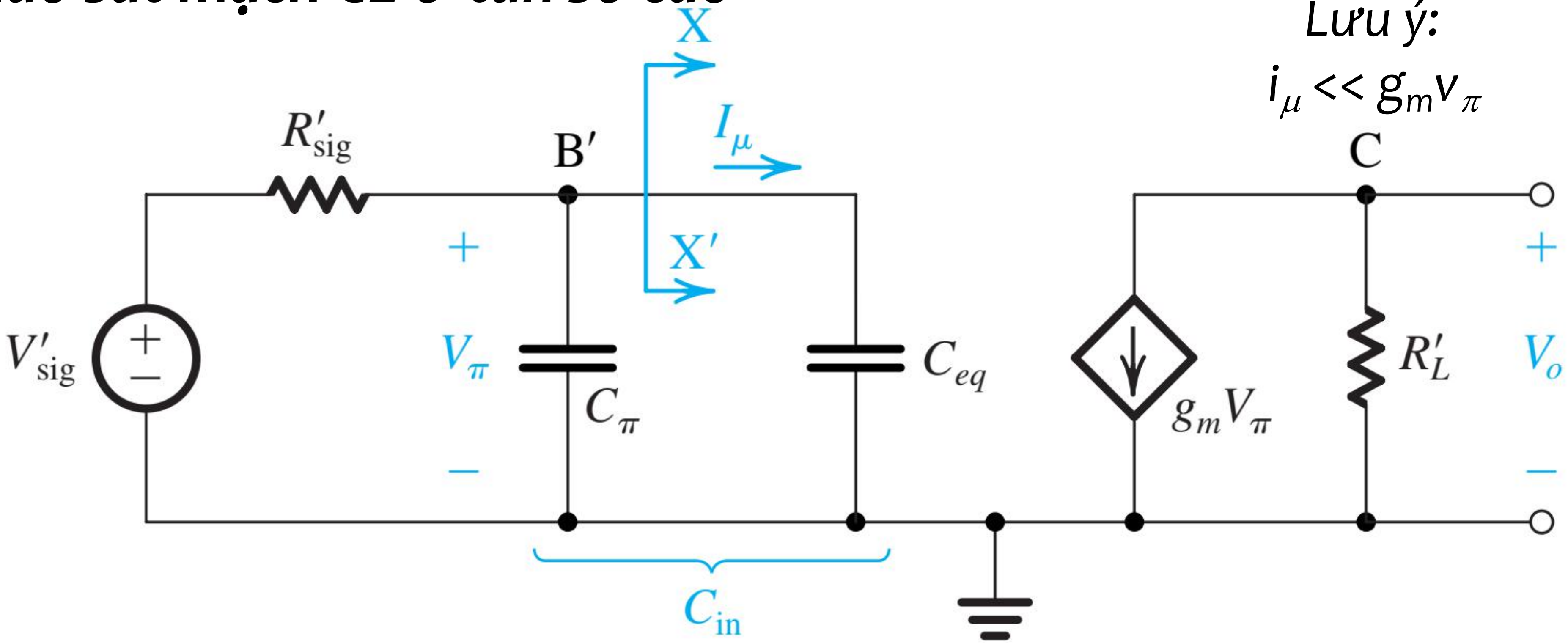
$$R'_{sig} = r_\pi \| [r_x + (R_B \| R_{sig})]$$

3. Đáp ứng tần số cao của BJT và MOSFET

Khảo sát mạch CE ở tần số cao

Lưu ý:

$i_\mu << g_m v_\pi$



$$C_{in} = C_\pi + C_{eq}$$
$$= C_\pi + C_\mu(1 + g_m R'_L)$$

$$V_o = -g_m R'_L V_\pi$$

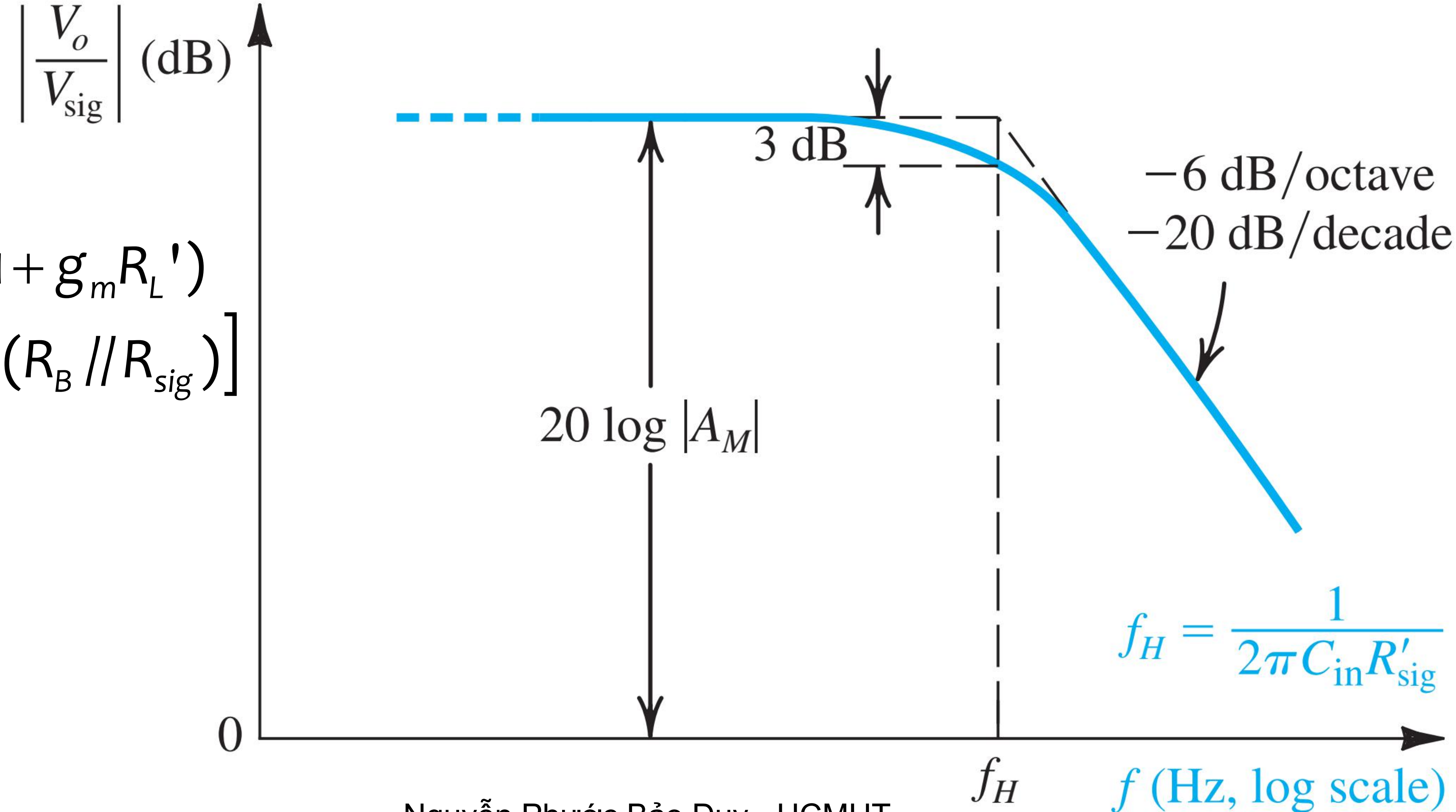
3. Đáp ứng tần số cao của BJT và MOSFET

Khảo sát mạch CE ở tần số cao

$$C_{in} = C_{\pi} + C_{\mu}(1 + g_m R_L')$$

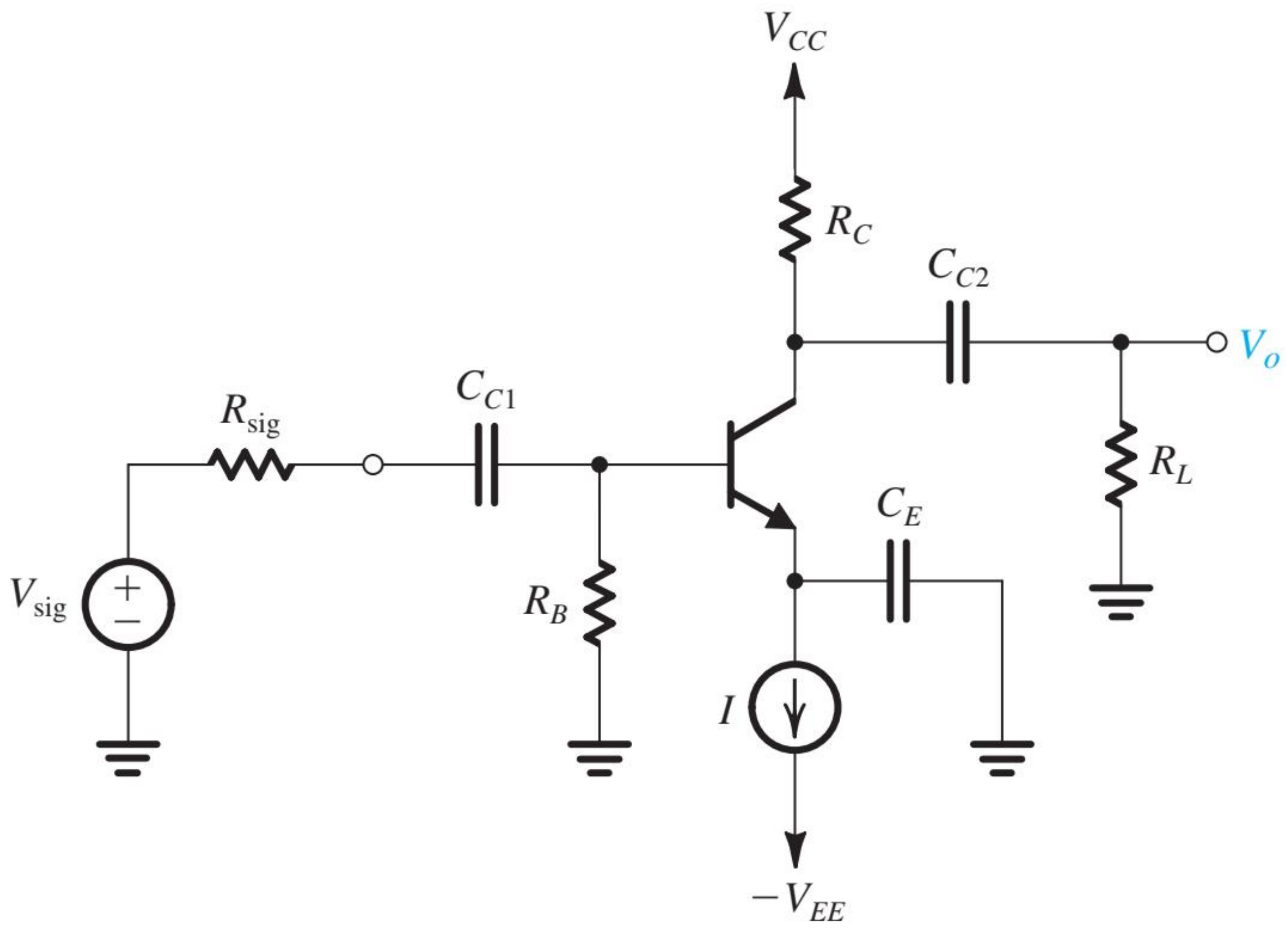
$$R_{sig}' = r_{\pi} // \left[r_x + (R_B // R_{sig})\right]$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi C_{in} R_{sig}'}$$



3. Đáp ứng tần số cao của BJT và MOSFET

Ví dụ: Tìm A_M và tần số cắt cao của mạch CE với $V_{CC} = V_{EE} = 10V$, $I = 1mA$, $R_B = 100k\Omega$, $R_C = 8k\Omega$, $R_L = 5k\Omega$, $R_{sig} = 5k\Omega$, $\beta = 100$, $C_\mu = 1pF$, $C_\pi = 7pF$, $r_x = 50\Omega$.



Đáp án:

$A_M = -39V/V$

$f_H = 754kHz$.

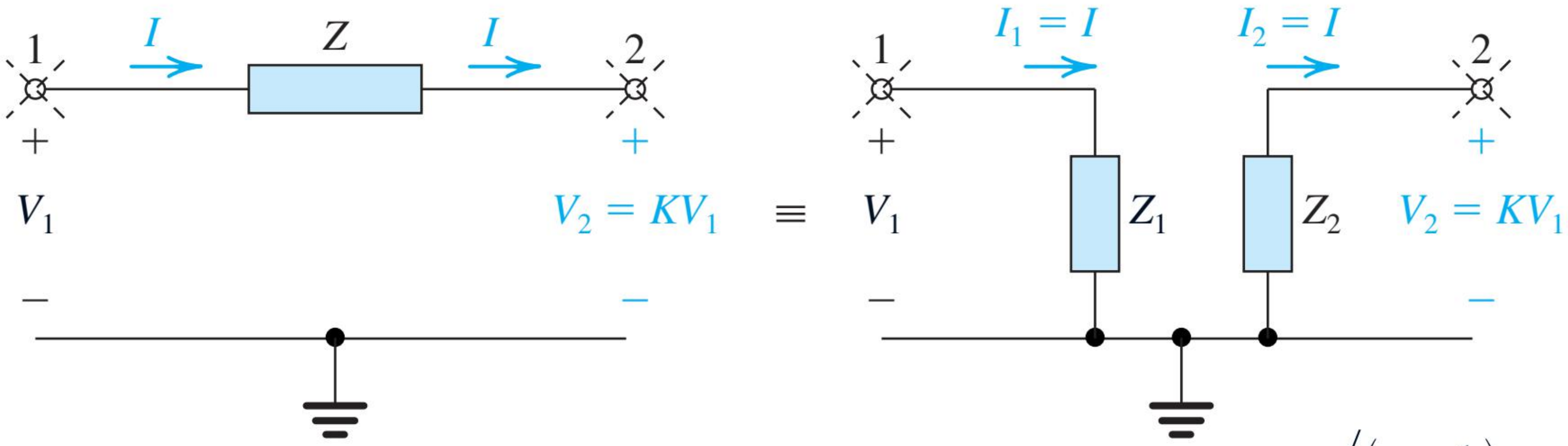
Chương 3 - Đáp ứng tần số của mạch khuếch đại

1. Giới thiệu
2. Đáp ứng tần số thấp của mạch KĐ
3. Đáp ứng tần số cao của BJT và MOSFET
4. **Hiệu ứng Miller trong mạch CE, CS**
5. Đáp ứng tần số cao của một số mạch khác

4. Hiệu ứng Miller trong mạch CE, CS

Định lý Miller:

Có thể thay Z ở đoạn mạch thứ nhất bằng hai trở kháng Z_1 và Z_2 như ở mạch thứ hai, hai mạch này là tương đương nhau.



$$Z_1 = Z/(1-K), \quad Z_2 = Z\Big/\left(1-\frac{1}{K}\right)$$

4. Hiệu ứng Miller trong mạch CE, CS

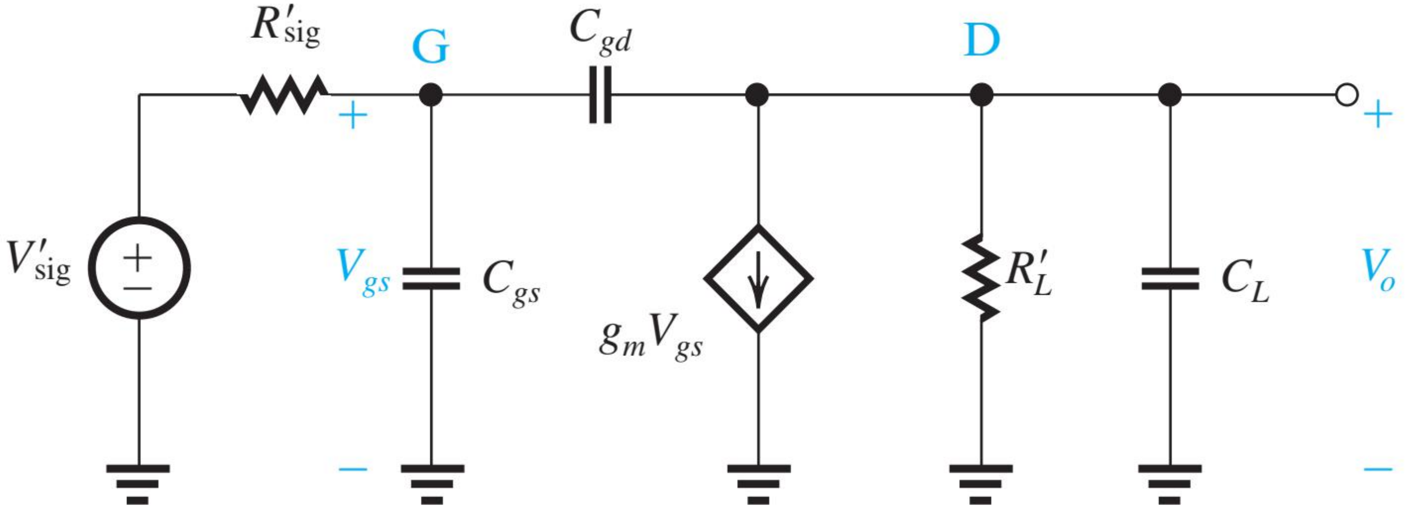
Phân tích mạch CS ở tần số cao dùng định lý Miller:

Định lý Miller giúp thay thế C_{gd} bằng hai tụ C_1 và C_2, lưu ý rằng các phân tích ở phần trước bỏ qua tụ C_L (bao gồm cả tụ C_{db}) và xấp xĩ $v_o = -g_m v_{gs} R_L'$. Ở phần này sẽ phân tích kỹ hơn.

$$C_1 = C_{gd}(1-K)$$

$$C_2 = C_{gd}\left(1-\frac{1}{K}\right)$$

$$K = \frac{V_o}{V_{gs}}$$



4. Hiệu ứng Miller trong mạch CE, CS

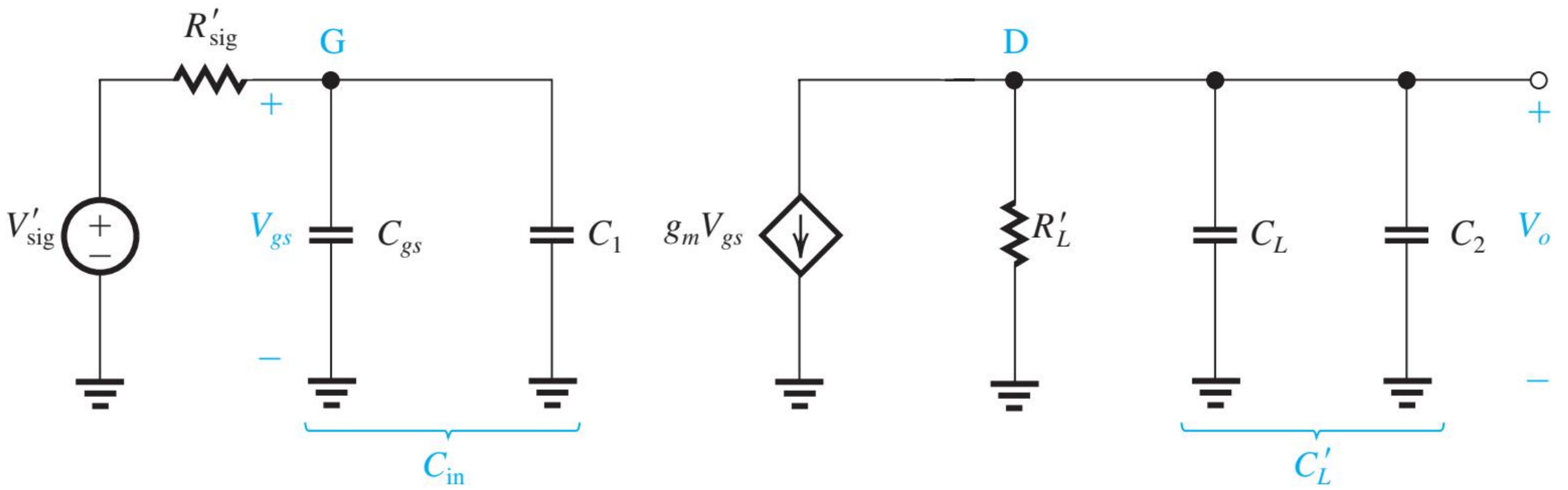
Phân tích mạch CS ở tần số cao dùng định lý Miller:

Do hệ số K phụ thuộc vào v_o, v_o phụ thuộc C_2 và C_2 phụ thuộc K, nên để đơn giản, khi xác định K cũng dùng xấp xĩ: $v_o = -g_m v_{gs} R_L'$, khi đó

$$K = -g_m R_L'$$

$$C_1 = C_{gd}(1 + g_m R_L')$$

$$C_2 = C_{gd}\left(1 + \frac{1}{g_m R_L'}\right)$$



Sự xuất hiện của tụ C_1 gọi là hiệu ứng Miller, tức là mặc dù giá trị C_{gd} rất nhỏ, nhưng tác động của nó lên mạch lại rất lớn.

4. Hiệu ứng Miller trong mạch CE, CS

Phân tích mạch CS ở tần số cao dùng định lý Miller:

Chứng minh được

$$H(s) = \frac{V_o(s)}{V'_{sig}(s)} = \frac{-g_m R_L'}{\left(1+\frac{s}{\omega_{Pi}}\right)\left(1+\frac{s}{\omega_{Po}}\right)}$$

Trong đó

$$\omega_{Pi} = \frac{1}{R'_{sig}(C_{gs}+C_1)} = \frac{1}{R'_{sig}C_{in}}$$

$$\omega_{Po} = \frac{1}{R'_L(C_2+C_L)} = \frac{1}{R'_L C'_L}$$

4. Hiệu ứng Miller trong mạch CE, CS

Tần số cắt cao:

- Nếu $\omega_{Pi} << \omega_{Po}$: $\omega_H \approx \omega_{Pi}$.

(thực tế nếu $\omega_{Pi} < \omega_{Po}/4$ thì có thể xem $\omega_{Pi} << \omega_{Po}$)

- Tính chính xác tần số cắt cao: giải phương trình

$$\left| \left[\frac{1}{\left(1+\frac{s}{\omega_{Pi}}\right)\left(1+\frac{s}{\omega_{Po}}\right)} \right]_{s=j\omega} \right| = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

4. Hiệu ứng Miller trong mạch CE, CS

Ví dụ: Mạch CS với g_m = 1.25mA/V², C_{gs} = 20fF, C_{gd} = 5fF, C_L = 25fF, R'_{sig} = R'_L = 10kΩ. Xác định f_H?

Giải:

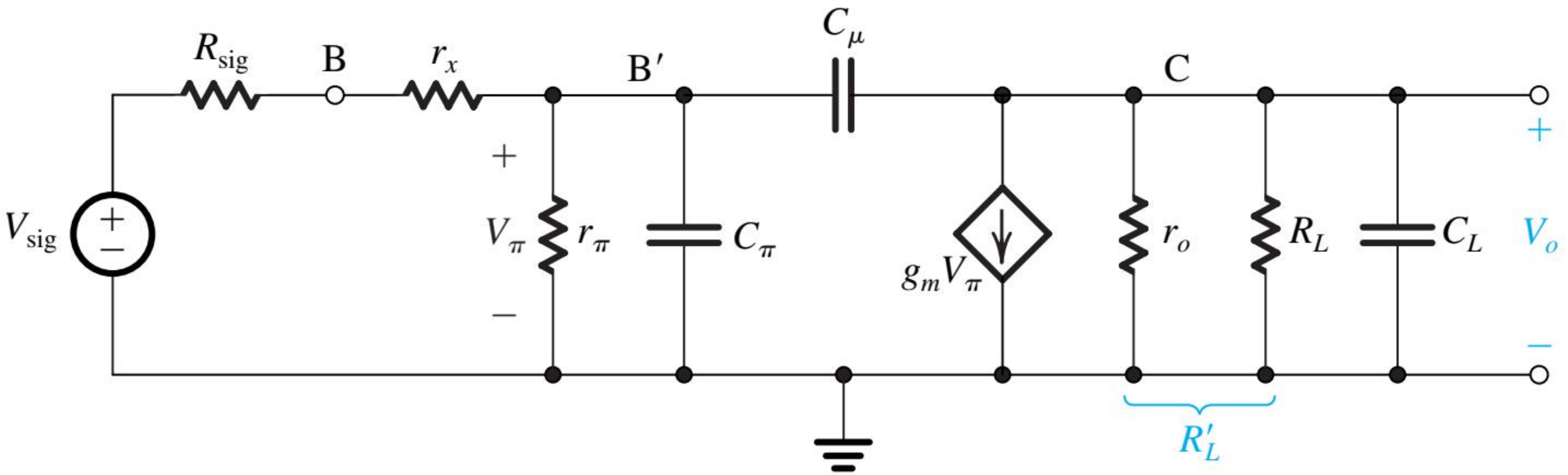
- Tính được f_{Pi} = 181.9MHz, f_{Po} = 523,5MHz.
- Trường hợp này nếu cho $f_H \approx f_{Pi}$ thì có sai số.
- Tính chính xác:

$$\left(1+\frac{\omega_H^2}{\omega_{Pi}^2}\right)\left(1+\frac{\omega_H^2}{\omega_{Po}^2}\right)=2 \Rightarrow \omega_H = 1035Mrad/s \Rightarrow f_H = 164.7MHz$$

4. Hiệu ứng Miller trong mạch CE, CS

Phân tích mạch CE ở tần số cao dùng định lý Miller:

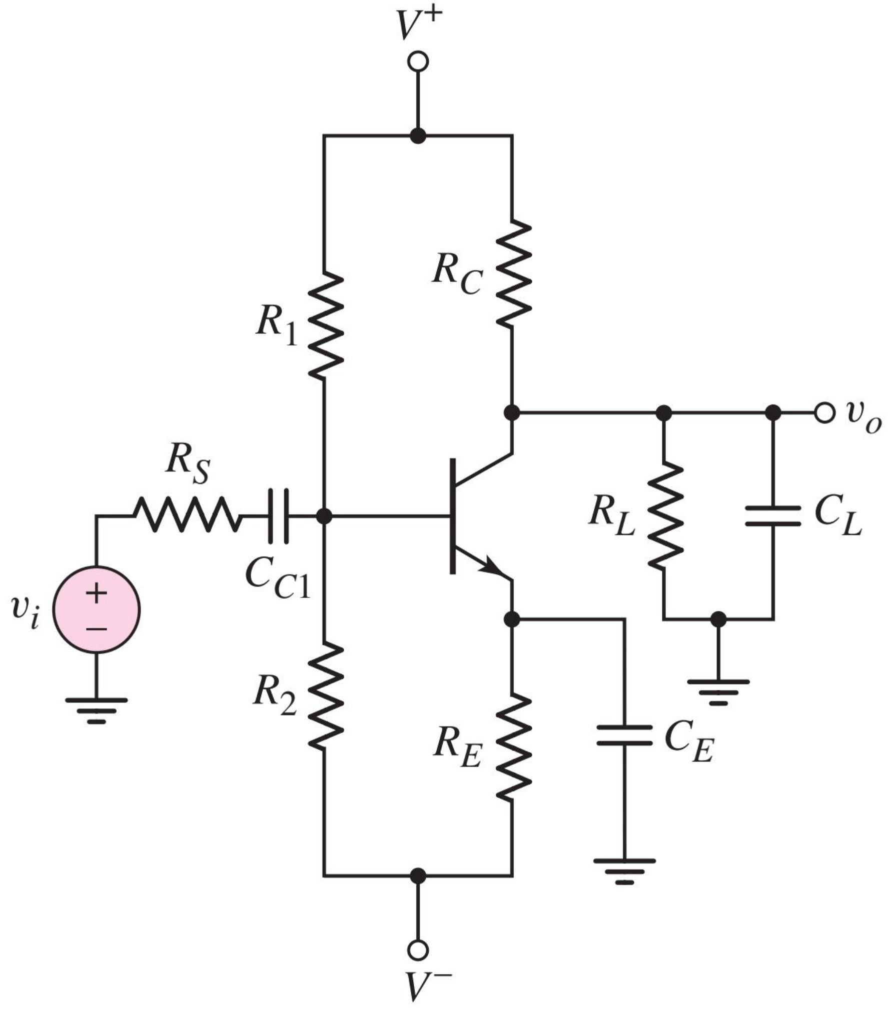
Có thể áp dụng phương pháp tương tự như mạch CS đối với mạch CE ở tần số cao.



4. Hiệu ứng Miller trong mạch CE, CS

Ví dụ: Mạch CE với $V^+ = -V^- = 5V$, $R_S = 0{,}1k\Omega$, $R_1 = 40k\Omega$, $R_2 = 5{,}72k\Omega$, $R_E = 0{,}5k\Omega$, $R_C = 5k\Omega$, $R_L = 10k\Omega$, các tụ C_{C1}, C_E có giá trị rất lớn, bỏ qua C_L (xem $C_L = 0$). BJT có thông số $\beta = 150$, $V_{BEon} = 0.7V$, $V_A = \infty$, $C_\pi = 35pF$, $C_\mu = 4pF$.

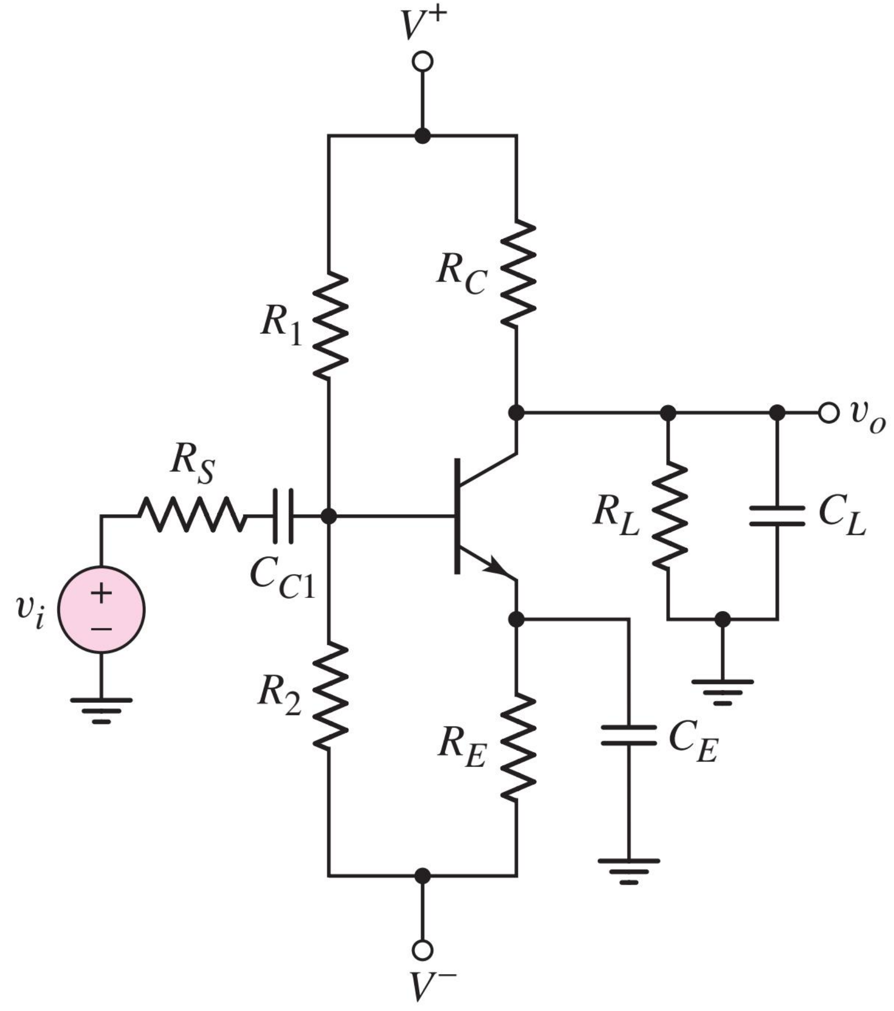
Xác định tần số cắt cao f_H.



4. Hiệu ứng Miller trong mạch CE, CS

Ví dụ: Mạch CE với $V^+ = -V^- = 5V$, $R_S = 0,1k\Omega$, $R_1 = 40k\Omega$, $R_2 = 5,72k\Omega$, $R_E = 0,5k\Omega$, $R_C = 5k\Omega$, $R_L = 10k\Omega$, các tụ C_{C1}, C_E có giá trị rất lớn, bỏ qua C_L (xem $C_L = 0$). BJT có thông số $\beta = 150$, $V_{BEon} = 0.7V$, $V_A = \infty$, $C_\pi = 35pF$, $C_\mu = 4pF$.

Xác định tần số cắt cao f_H.



Đáp án:

$r_\pi = 3.79k\Omega$; tụ Miller: $C_M = C_1 = 532pF$

Trường hợp này $f_H \approx f_{Pi} = 2.94MHz$

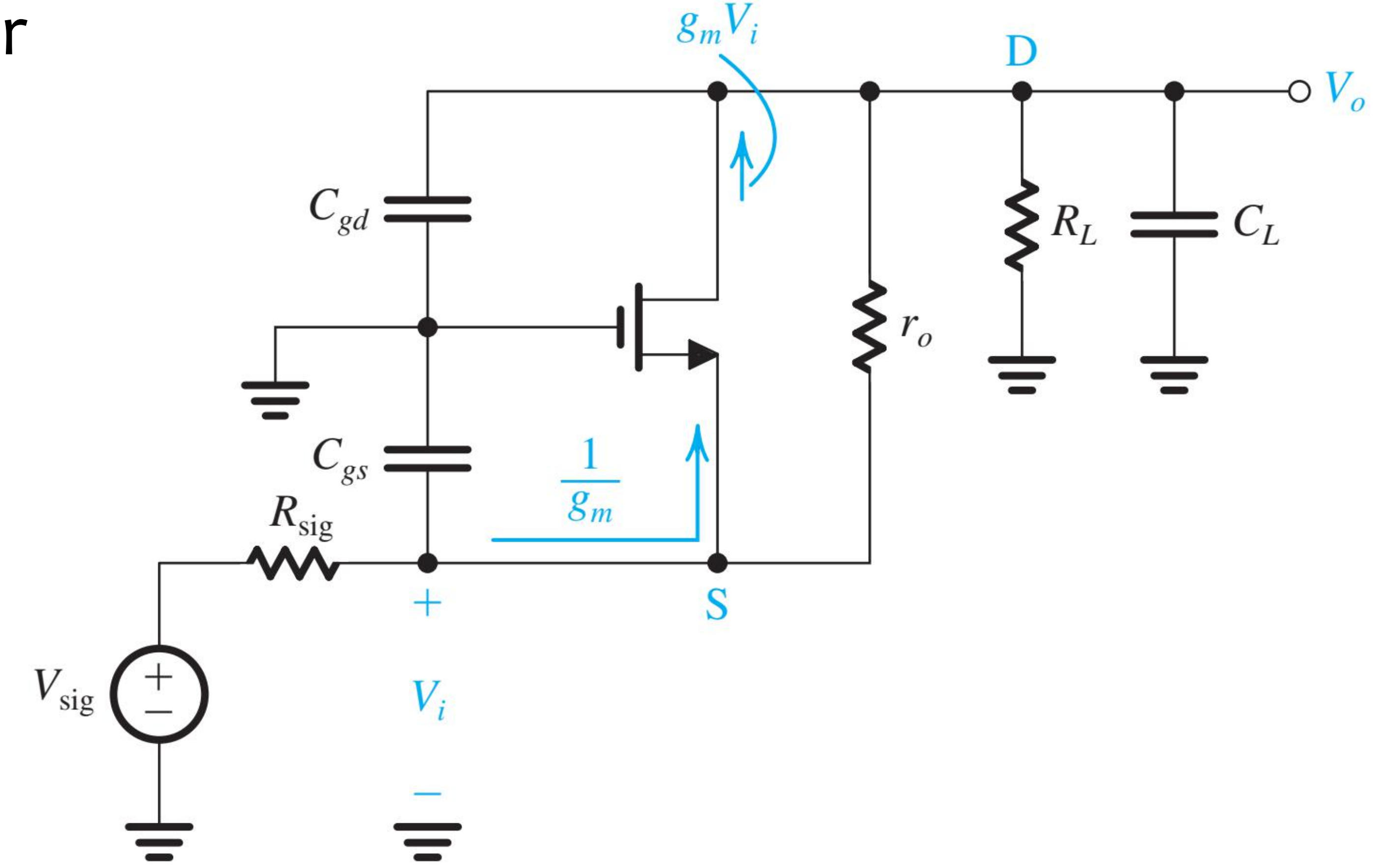
5. Đáp ứng tần số cao của một số mạch khác

Phân tích mạch CG ở tần số cao:

Không có hiệu ứng Miller

-> Tần số cao sẽ lớn hơn

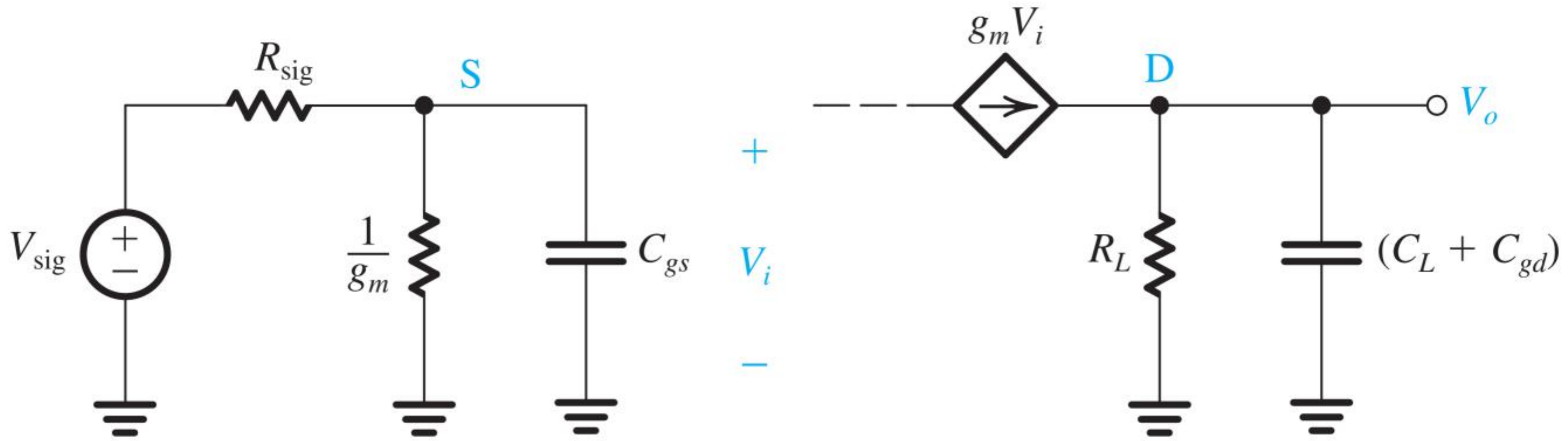
(đáp ứng tần số tốt hơn).



5. Đáp ứng tần số cao của một số mạch khác

Phân tích mạch CG ở tần số cao:

Mạch tương đương (bỏ qua r_o)



$$\omega_{Pi} = \frac{1}{C_{gs}\left(R_{sig} // \frac{1}{g_m}\right)}; \qquad \omega_{Po} = \frac{1}{\left(C_L + C_{gd}\right)R_L}$$

5. Đáp ứng tần số cao của một số mạch khác

Ví dụ: Mạch CG với g_m = 1.25mA/V², C_{gs} = 20fF, C_{gd} = 5fF, C_L = 25fF, R'_{sig} = R'_L = 10kΩ. Xác định f_H?

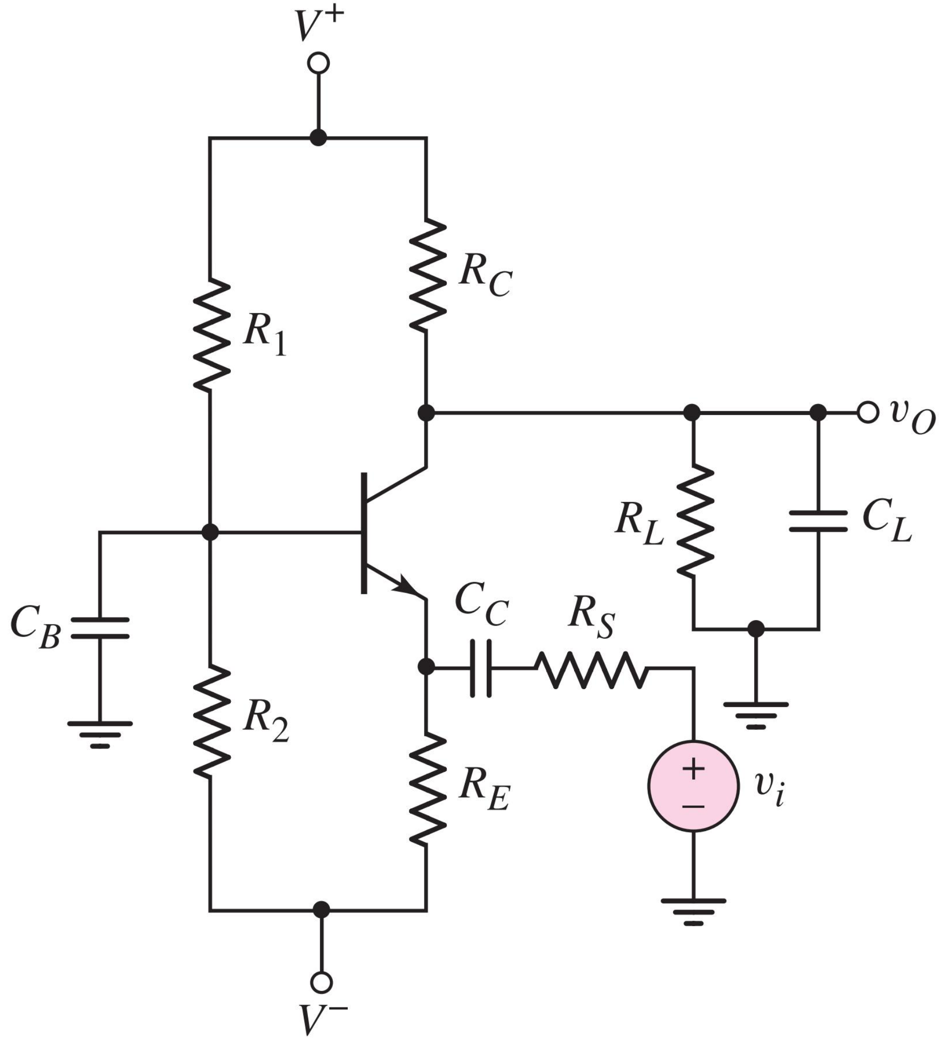
Giải:

- Tính được ω_{Pi} = 67.67Grad/s, ω_{Po} = 3.33Grad/s
- Trường hợp này có thể cho $f_H \approx f_{Pi}$ = 530MHz.
- *Nhận xét:* rõ ràng mạch CG có đáp ứng tần số tốt hơn mạch CS.

5. Đáp ứng tần số cao của một số mạch khác

Phân tích mạch CB ở tần số cao:

Xét mạch CB như hình, tương tự mạch CG, mạch CB không chịu ảnh hưởng của hiệu ứng Miller -> đáp ứng tần số cao tốt hơn.



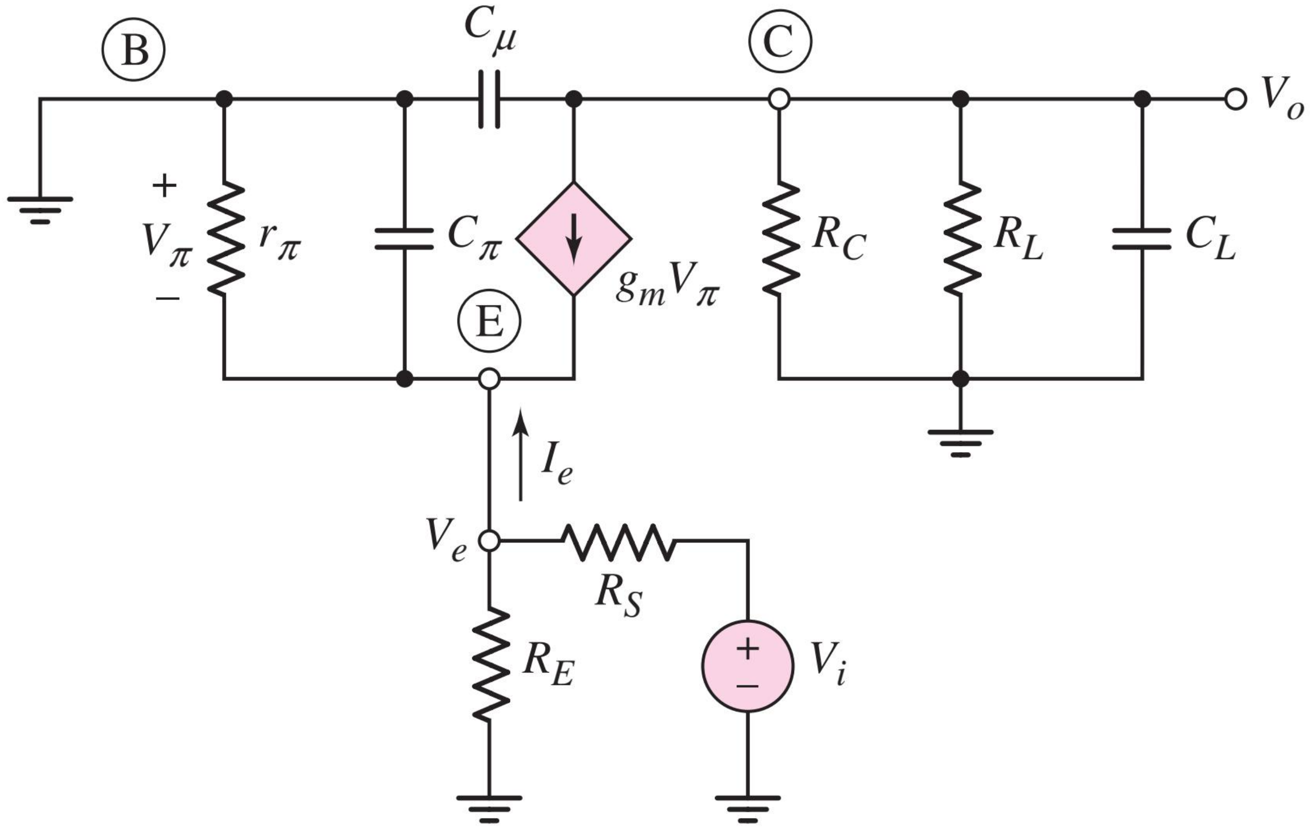
5. Đáp ứng tần số cao của một số mạch khác

Phân tích mạch CB ở tần số cao:

$$I_e + g_m V_\pi + \frac{V_\pi}{1/sC_\pi} + \frac{V_\pi}{r_\pi} = 0$$

Do $V_\pi = -V_e$:

$$\frac{I_e}{V_e} = \frac{1}{Z_i} = \frac{1}{r_\pi} + g_m + sC_\pi$$

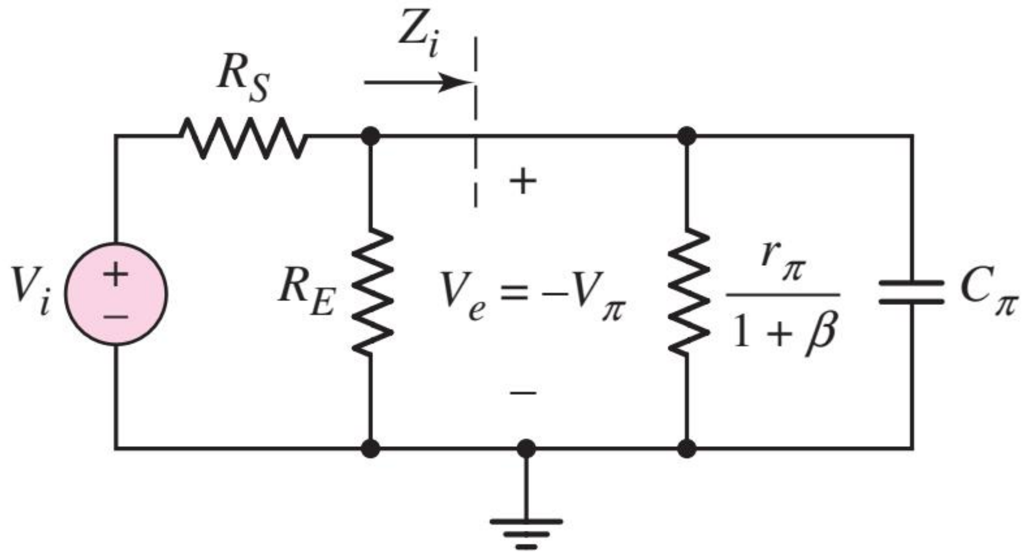


5. Đáp ứng tần số cao của một số mạch khác

Phân tích mạch CB ở tần số cao:

Mạch tương đương ngõ vào:

$$\omega_{Pi} = \frac{1}{\left[\left(\frac{r_\pi}{1+\beta}\right) // R_E // R_S\right] C_\pi}$$

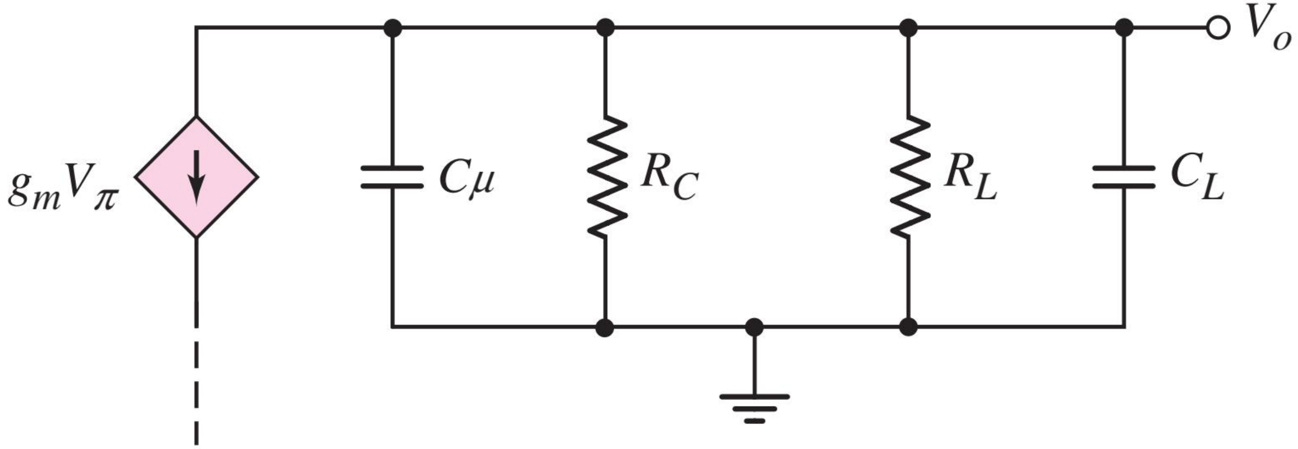


5. Đáp ứng tần số cao của một số mạch khác

Phân tích mạch CB ở tần số cao:

Mạch tương đương ngõ ra:

$$\omega_{Po} = \frac{1}{[R_C // R_L](C_\pi + C_L)}$$

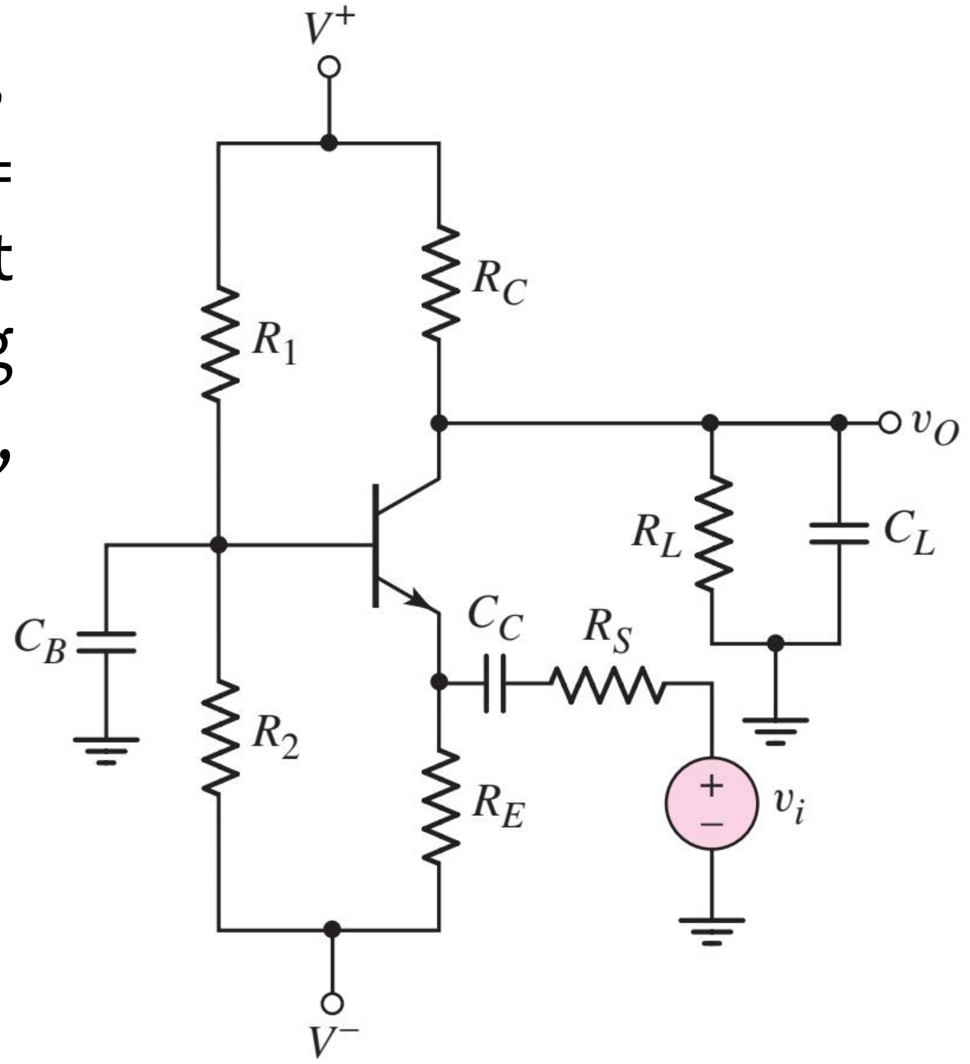


5. Đáp ứng tần số cao của một số mạch khác

Ví dụ: Mạch CB với $V^+ = -V^- = 5V$, $R_S = 0{,}1k\Omega$, $R_1 = 40k\Omega$, $R_2 = 5{,}72k\Omega$, $R_E = 0{,}5k\Omega$, $R_C = 5k\Omega$, $R_L = 10k\Omega$, các tụ C_{C1}, C_E có giá trị rất lớn, bỏ qua C_L (xem $C_L = 0$). BJT có thông số $\beta = 150$, $V_{BEon} = 0.7V$, $V_A = \infty$, $C_\pi = 35pF$, $C_\mu = 4pF$.

a. Xác định độ lợi áp dãy giữa.

b. Xác định tần số cắt cao f_H.



5. Đáp ứng tần số cao của một số mạch khác

Ví dụ: Mạch CB với $V^+ = -V^- = 5V$, $R_S = 0,1k\Omega$, $R_1 = 40k\Omega$, $R_2 = 5,72k\Omega$, $R_E = 0,5k\Omega$, $R_C = 5k\Omega$, $R_L = 10k\Omega$,các tụ C_{C1}, C_E có giá trị rất lớn, bỏ qua C_L (xem $C_L = 0$). BJT có thông số $\beta = 150$, $V_{BEon} = 0.7V$, $V_A = \infty$, $C_\pi = 35pF$, $C_\mu = 4pF$.

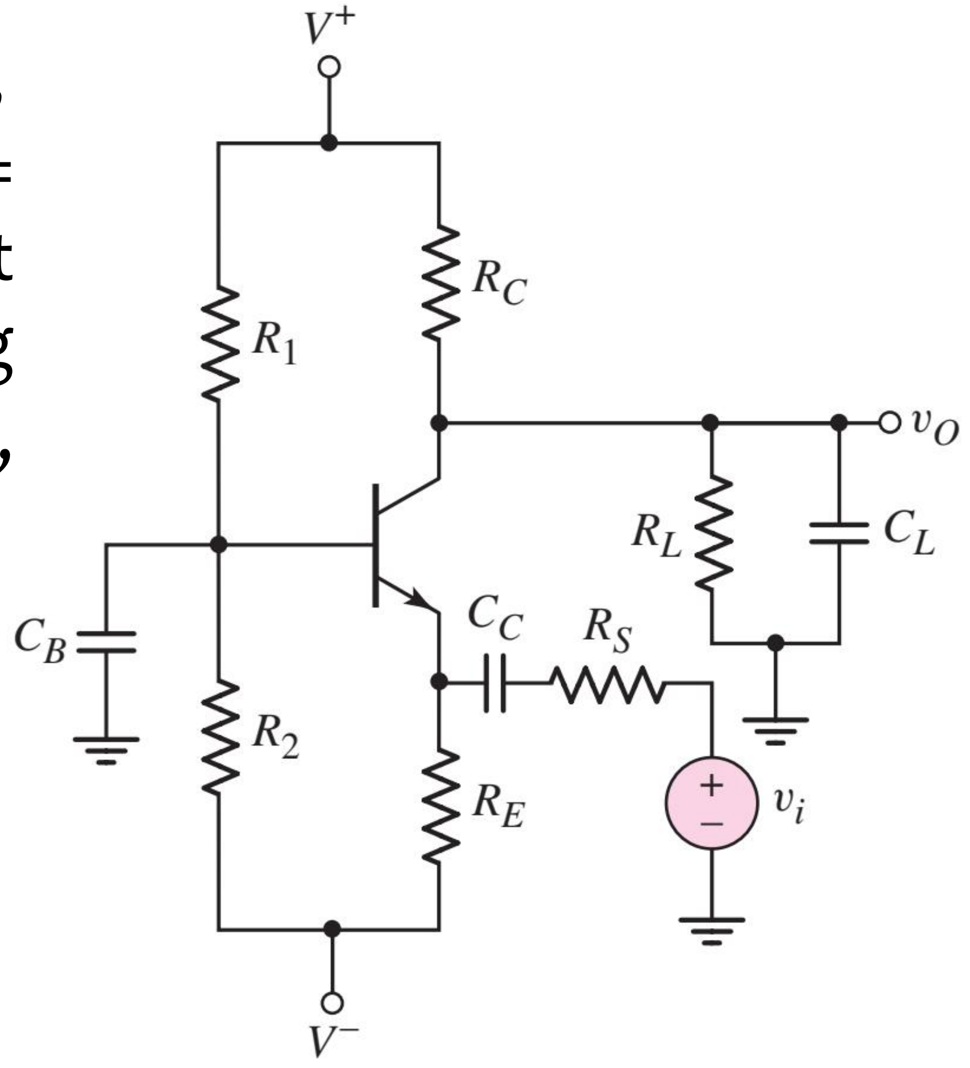
a. Xác định độ lợi áp dãy giữa.

b. Xác định tần số cắt cao f_H.

Đáp án:

a. $A_M = 25.2$ b. $f_H = 11.9MHz$

(f_H lớn hơn giá trị ở mạch CE).



5. Đáp ứng tần số cao của một số mạch khác

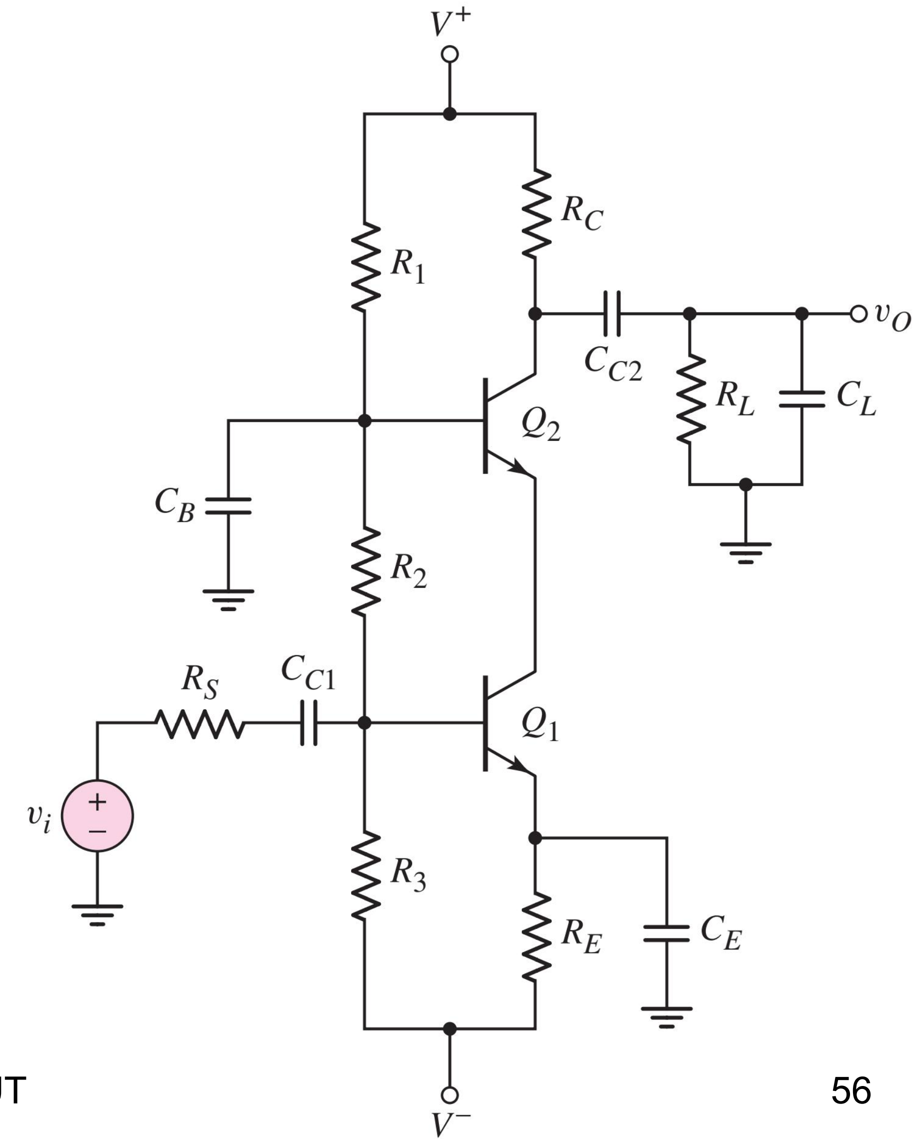
Phân tích mạch Cascode ở tần số cao:

Xét mạch Cascode như hình:

- Đối với mạch CB, thì rõ ràng có đáp ứng tần số cao tốt.

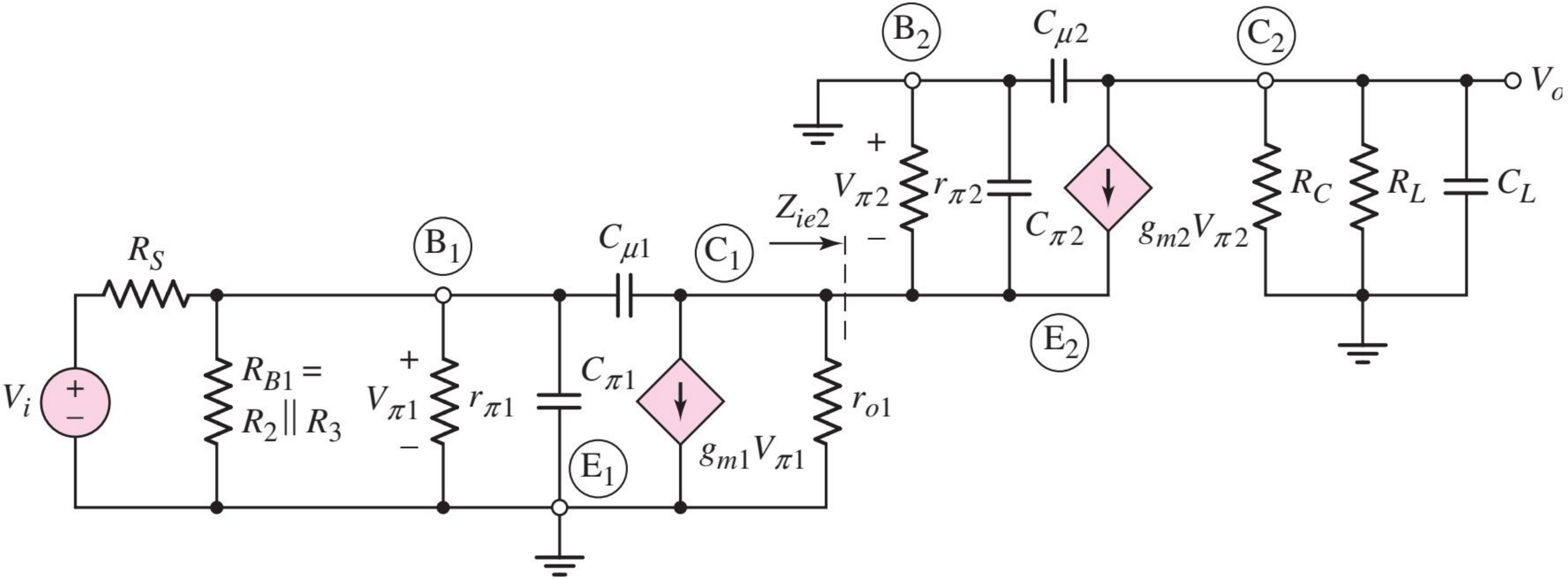
- Riêng mạch CE, hiệu ứng Miller bị giảm do trở kháng vào của mạch CB (đóng vai trò như tải của mạch CE) nhỏ.

-> Mạch cascode có đáp ứng tần số cao tốt hơn các mạch liên tầng khác (ví dụ mạch cascade).



5. Đáp ứng tần số cao của một số mạch khác

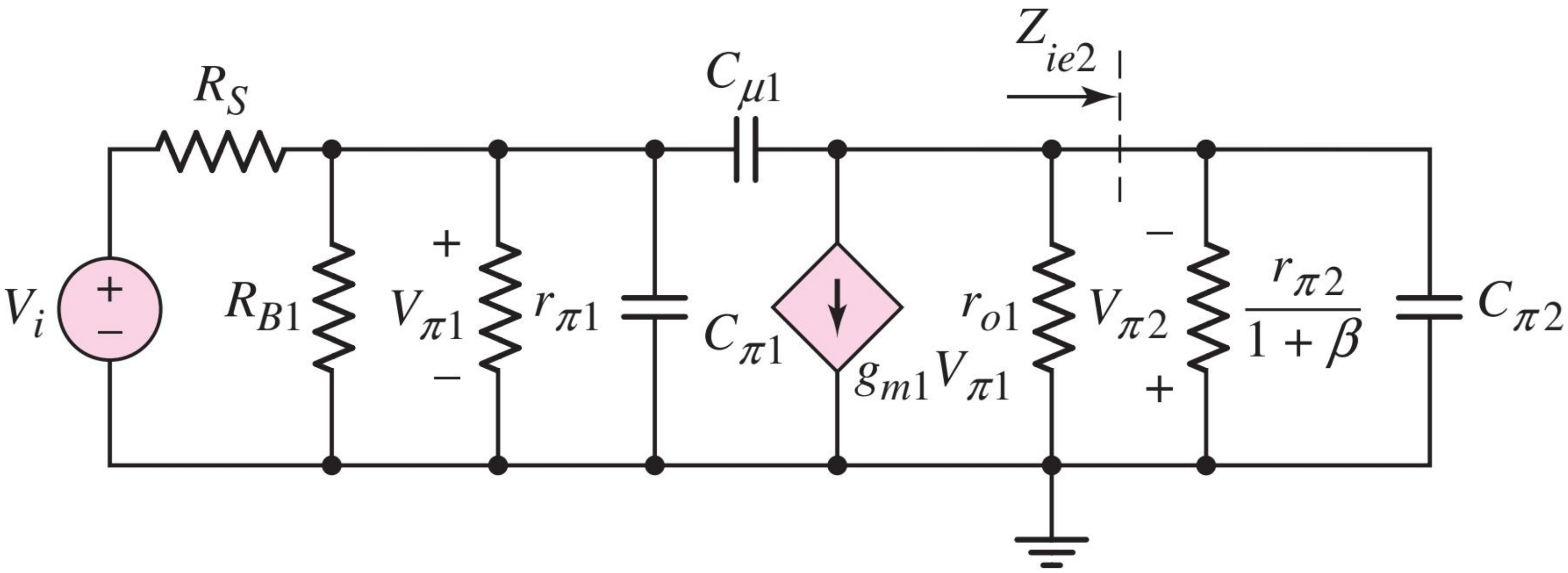
Phân tích mạch Cascode ở tần số cao:



5. Đáp ứng tần số cao của một số mạch khác

Phân tích mạch Cascode ở tần số cao:

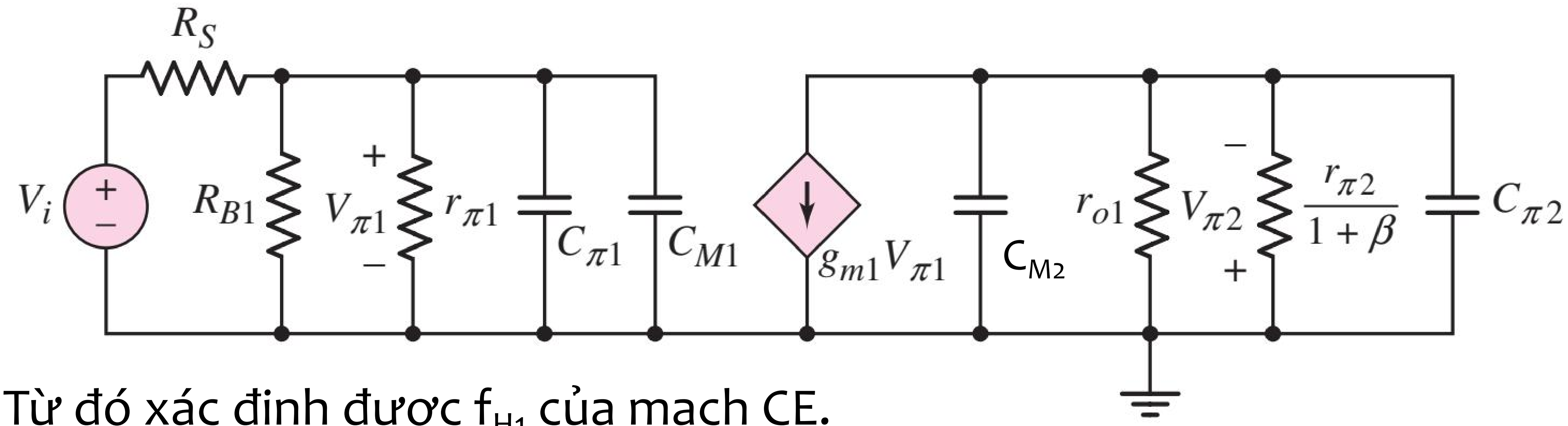
Xét phần mạch CE:



5. Đáp ứng tần số cao của một số mạch khác

Phân tích mạch Cascode ở tần số cao:

Áp dụng định lý Miller:



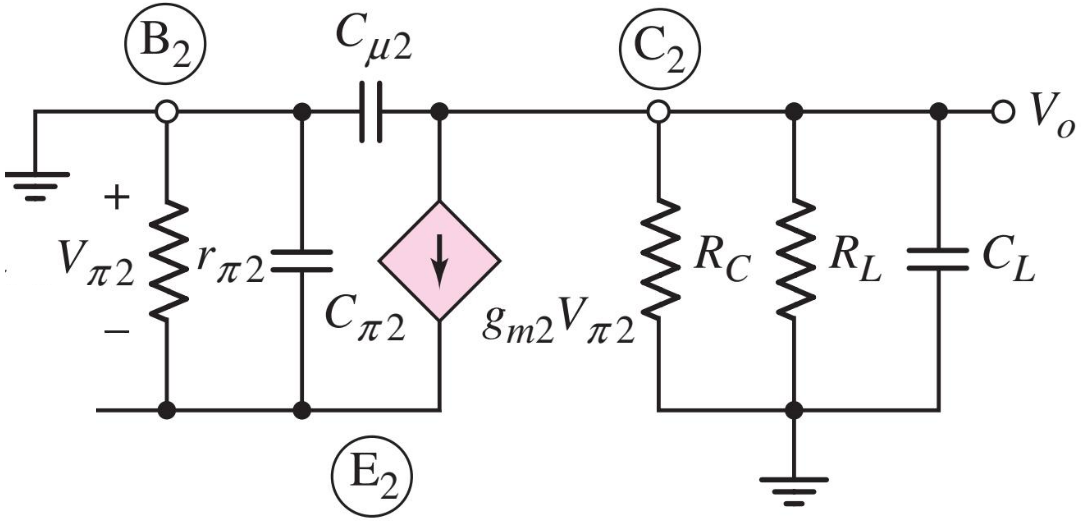
Từ đó xác định được f_{H1} của mạch CE.

(Thường thì $f_{H1} \approx f_{Pi}$ - chỉ phụ thuộc vào $C_{\pi 1}$ và C_{M1})

5. Đáp ứng tần số cao của một số mạch khác

Phân tích mạch Cascode ở tần số cao:

Xét phần mạch CB:



$$\omega_{Po} = \frac{1}{[R_C // R_L](C_{\mu 2} + C_L)}$$

Từ đó xác định được tần số cắt cao f_H của toàn mạch.

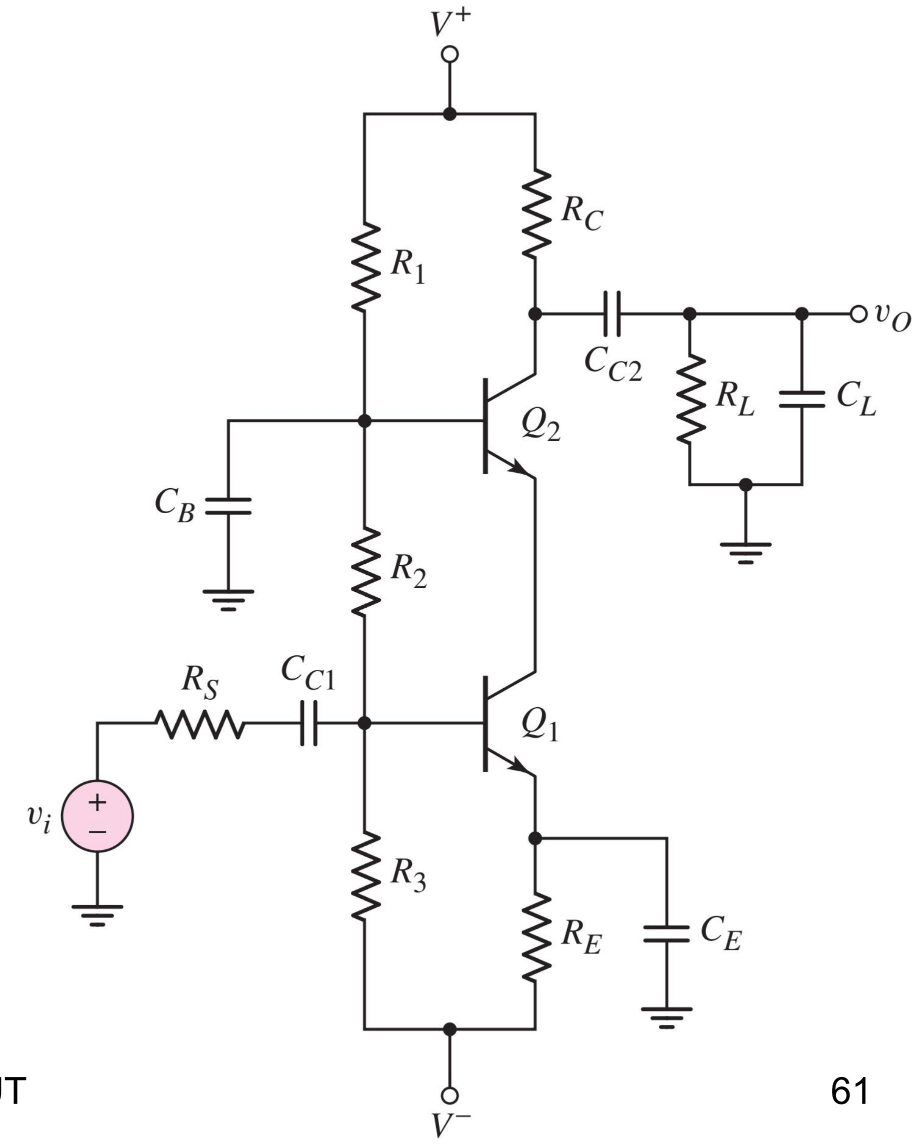
(Thường thì $f_H \approx f_{Po}$ - chỉ phụ thuộc vào $C_{\mu 2}$ và C_L)

5. Đáp ứng tần số cao của một số mạch khác

Ví dụ: Mạch cascode với $V^+ = -V^- = 10V$, $R_S = 0.1k\Omega$, $R_1 = 42.5k\Omega$, $R_2 = 20.5k\Omega$, $R_3 = 28.3k\Omega$, $R_E = 5.4k\Omega$, $R_C = 5k\Omega$, $R_L = 10k\Omega$, $C_L = 0$. Các BJT có thông số giống nhau: $\beta = 150$, $V_{BEon} = 0.7V$, $V_A = \infty$, $C_\pi = 35pF$, $C_\mu = 4pF$.

a. Xác định độ lợi dãy giữa.

b. Xác định tần số cắt cao.



5. Đáp ứng tần số cao của một số mạch khác

Ví dụ: Mạch cascode với $V^+ = -V^- = 10V$, $R_S = 0.1k\Omega$, $R_1 = 42.5k\Omega$, $R_2 = 20.5k\Omega$, $R_3 = 28.3k\Omega$, $R_E = 5.4k\Omega$, $R_C = 5k\Omega$, $R_L = 10k\Omega$, $C_L = 0$. Các BJT có thông số giống nhau: $\beta = 150$, $V_{BEon} = 0.7V$, $V_A = \infty$, $C_\pi = 35pF$, $C_\mu = 4pF$.

a. Xác định độ lợi dãy giữa. ($A_M = -126$)

b. Xác định tần số cắt cao.

Tần số cắt cao mạch CE $f_{H1} \approx 38.3MHz$

Tần số cắt cao mạch CB $f_{Po} = 12MHz$

$\Rightarrow$ Tần số cắt cao của mạch $f_H \approx 12MHz$.