

Lab3- Basic modes of BJT AMP

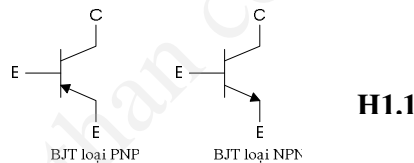
Mục đích

- [1] Nắm vững các kiểu phân cực cho BJT, các kiểu ghép cơ bản CE, CB, CC và các thông số đặc trưng của chúng.
- [2] Hiểu rõ ảnh hưởng của hồi tiếp lên các thông số đặc trưng (A_v , A_i , Z_i , Z_o , đáp ứng tần số) của mạch khuếch đại.
- [2] Đo đạc các thông số đặc trưng (A_v , A_i , Z_i , Z_o , đáp ứng tần số) để so sánh giữa các kiểu ghép cơ bản.

1. Kiến thức cơ bản

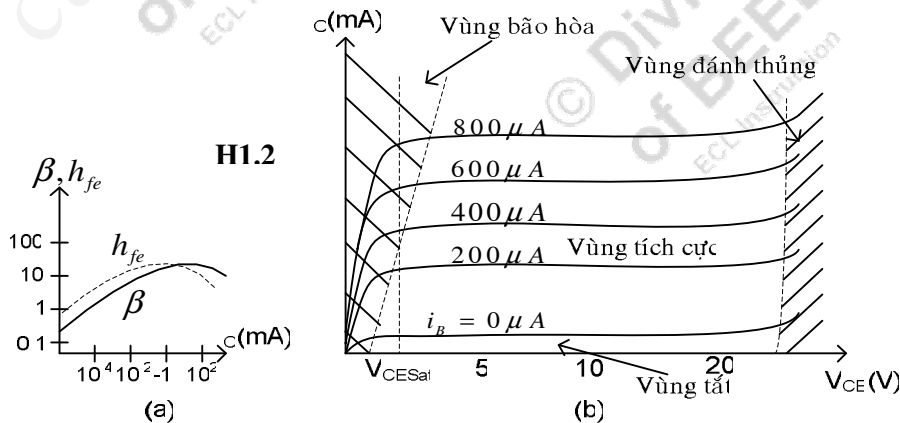
1.1. Giới thiệu về BJT

BJT là linh kiện bán dẫn 2 mối nối, có 3 cực là base (B), emitter (E), collector (C). Có 2 loại BJT: pnp và npn. BJT là linh kiện điện tử điều khiển bằng dòng điện, nghĩa là các đặc tính dòng áp ngõ ra cực C được điều khiển bằng dòng ngõ vào cực B. **H1.1** là ký hiệu và các cực của BJT.



Mỗi loại BJT khi được sản xuất ra đều có kèm theo datasheet cho biết các thông số hoạt động như công suất, đặc tuyến ra, hệ số khuếch đại, đặc tuyến làm việc thay đổi theo nhiệt độ. . . **H1.2** cho ta 2 thông số quan trọng là hệ số khuếch đại và đặc tuyến ra khi được ghép E chung của một BJT npn. Khi sử dụng BJT trong thiết kế, cần chú ý tham khảo datasheet để biết được các thông số của BJT; từ đó chọn các BJT sao cho hợp lý.

BJT có 3 chế độ làm việc, đó là tắt, dẫn khuếch đại và dẫn bão hòa tương ứng với các vùng tắt, vùng tuyến tính (hay còn gọi là vùng tích cực) và vùng bão hòa trên đặc tuyến ra.



Điểm tĩnh Q: là một điểm trên đồ thị đặc tuyến ra V- I của BJT xác định trạng thái làm việc của BJT trong điều kiện : Mạch có chứa BJT chỉ hoạt động ở chế độ DC, không có các thành phần tín hiệu AC.

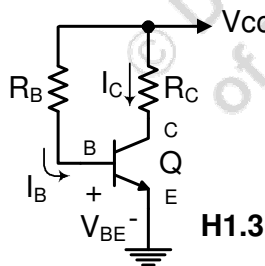
Phân cực : Phân cực cho một BJT là thiết lập điểm làm việc tĩnh Q cho BJT bằng các điện áp, dòng điện DC.

Khuếch đại tín hiệu nhỏ : Một mạch khuếch đại dùng BJT được gọi là ở chế độ khuếch đại tín hiệu nhỏ khi BJT được phân cực sao cho điểm tĩnh Q nằm trong vùng tuyến tính và thành phần tín hiệu ngõ ra dao động quanh vị trí của điểm tĩnh Q với biên độ sao cho ngõ ra không bị méo dạng. Điều này cũng có nghĩa là giá trị tín hiệu ngõ ra nằm hoàn toàn trong vùng tuyến tính trên đặc tuyến ra của BJT.

1.2. Các mạch phân cực cho BJT

Mạch phân cực BJT có tác dụng thiết lập dòng điện DC ở cực C của BJT. Lưu ý rằng dòng I_C này sẽ rất nhạy với sự thay đổi của nhiệt độ cũng như hệ số khuếch đại β , và khi I_C thay đổi tức là sự phân cực cho BJT thay đổi hay nói khác hơn là mạch hoạt động không ổn định. Có 3 dạng phân cực cơ bản cho BJT như sau:

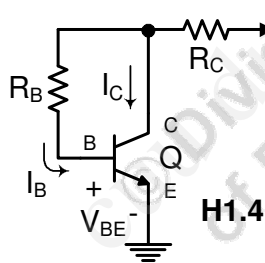
1.2.1. Mạch phân cực cố định (Fixed bias circuit)



$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}; \quad I_C = \beta I_B; \quad V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

Vậy điểm tĩnh Q(I_C , V_{CE}) của BJT sẽ thay đổi khi β thay đổi. Do đó kiểu phân cực này không ổn định và rất ít dùng trên thực tế.

1.2.2. Mạch phân cực cố định có hồi tiếp (Drawback of fixed bias circuit)



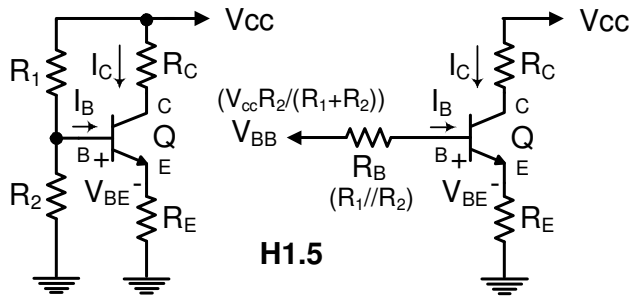
$$I_B = \frac{V_{CE} - V_{BE}}{R_B}; \quad I_E = (\beta + 1)I_B; \quad V_{CE} = V_{CC} - R_C I_E$$

$$\Rightarrow I_E = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_C + R_B / (\beta + 1)}; \quad \text{chọn } R_B / (\beta + 1) \ll R_C \quad \text{thì}$$

điểm làm việc tĩnh sẽ ít thay đổi theo β . Tuy nhiên nếu chọn như vậy sẽ hạn chế điện áp V_{CE} dẫn tới làm giảm biên độ cho phép của tín hiệu AC. Trên thực tế ta chọn $R_B / (\beta + 1)$

so sánh được với R_C để đảm bảo V_{CE} mong muốn và khi đó điểm làm việc sẽ thay đổi khi β thay đổi, tuy nhiên sự thay đổi này là ít hơn so với mạch phân cực cố định.

1.2.3. Mạch tự phân cực (Self-bias circuit)



$$I_B = \frac{V_{CE} - V_{BE}}{R_B}; I_E = (\beta + 1)I_B$$

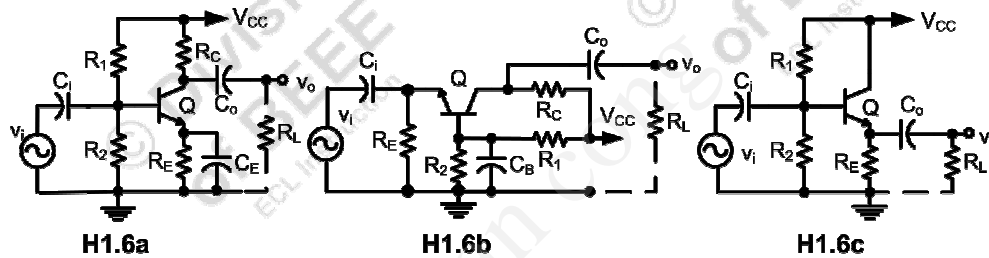
$$\Rightarrow I_E = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_E + R_B / (\beta + 1)}; \text{ chọn}$$

$R_B / (\beta + 1) \ll R_E$ thì điểm làm việc tĩnh hầu như không thay đổi theo β .
Mạch phân cực loại này còn được gọi là mạch phân cực độc lập với β và rất

thường dùng trên thực tế.

1.3. Các kiểu ghép cơ bản và thông số đặc trưng của mạch khuếch đại dùng BJT

Có 3 kiểu ghép cơ bản của mạch khuếch đại đơn tầng dùng BJT là E chung (EC), B chung (BC) và C chung (CC). Sơ đồ mạch tiêu biểu của các cách ghép này cho ở **H1.6a, b & c**.



- Kiểu ghép EC:

Trường hợp có tụ điện C_E , không có tải R_L :

$$A_v = -\frac{\beta R_C}{r_\pi}; Z_i = R_B // r_\pi = (R_1 // R_2) // r_\pi; Z_o = R_C$$

Trường hợp không tụ điện C_E , không có tải R_L :

$$A_v = -\frac{\beta R_C}{r_\pi + R_E(\beta + 1)}; Z_i = R_B // r_\pi = (R_1 // R_2) // [r_\pi + R_E(\beta + 1)]; Z_o = R_C$$

- Kiểu ghép BC: (không tải R_L)

$$A_v = \frac{\alpha R_C}{r_e}; Z_i = R_E // r_e; Z_o = R_C$$

- Kiểu ghép CC (không tải R_L):

$$A_v = \frac{(\beta + 1)R_E}{r_\pi + (\beta + 1)R_E}; Z_i = R_B // [r_\pi + (\beta + 1)R_E]; Z_o = \frac{r_\pi}{\beta + 1} // R_E$$

2. Dụng cụ thí nghiệm

- Bộ thí nghiệm chính **ELECTRONIC LAB ANA-MAIN**
- Module: **Basic modes of BJT AMP**
- Dao động ký: **GRS-6052A**
- Máy đo: **Fluke 45**
- Bộ dây nối

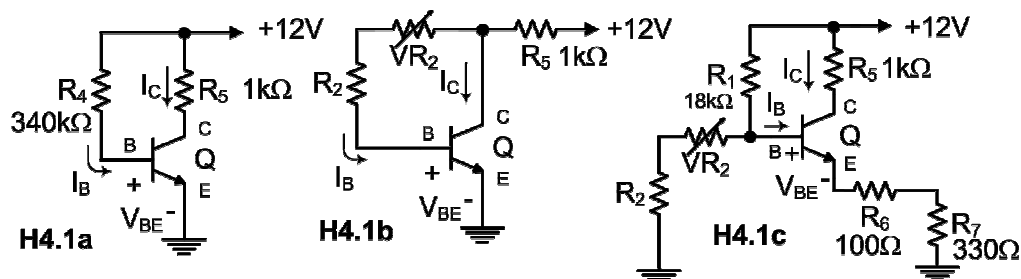
3. Chuẩn bị thí nghiệm

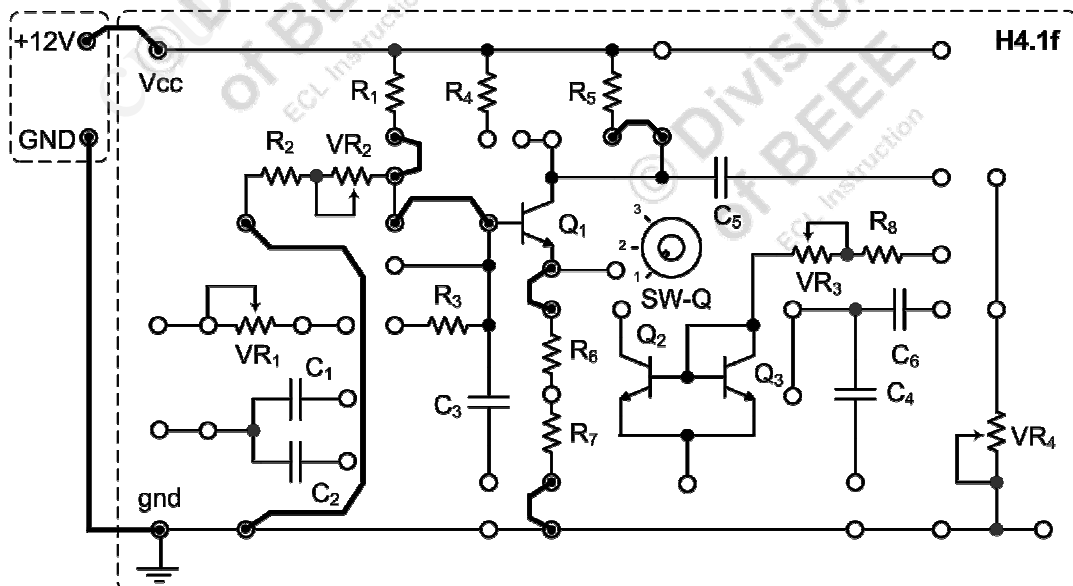
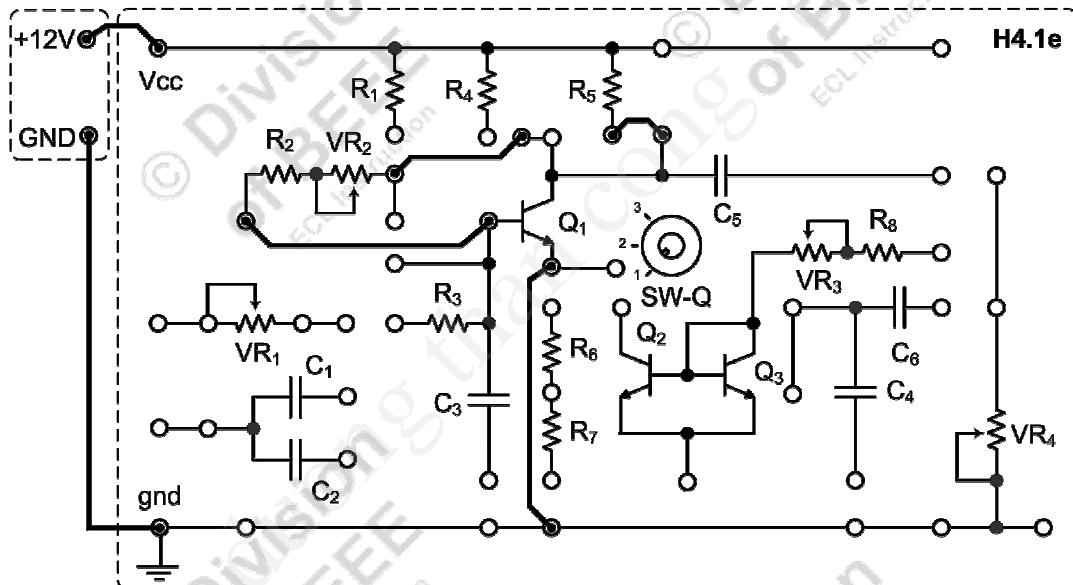
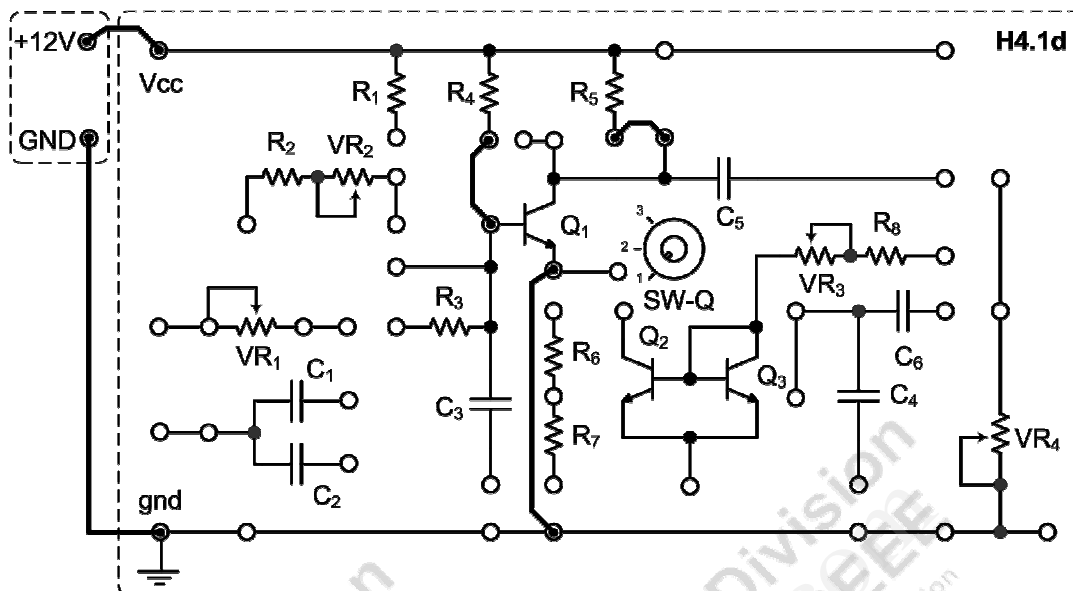
- Đọc lại lý thuyết về mạch khuếch đại dùng MOSFET : Microelectronic Circuits, fifth Edition, Sedra/Smith, pages 377-502.
- Đọc phần 4 thực hiện thí nghiệm.
- Download và đọc datasheet của BJT: [1] 2SD468; [2] 2SC1815; [3] 2N3904
- Xem lại cách sử dụng dao động ký và máy đo vạn năng để đo các đại lượng liên quan trong buổi thí nghiệm.
- Viết bài chuẩn bị thí nghiệm bao gồm:
 - Sơ đồ nguyên lý các mạch cần thí nghiệm
 - Viết các công thức (biểu thức chữ cuối cùng) cho các đại lượng cần đo và kết quả tính toán lý thuyết cho các đại lượng đó (nếu đủ dữ kiện)
 - Phương pháp đo đặc các đại lượng (trình bày các bước ngắn gọn)
 - Photo các bảng biểu trong tài liệu hướng dẫn thí nghiệm

4. Thực hiện thí nghiệm

4.1. Các mạch phân cực cho BJT

- Thực hiện mạch phân cực cố định trên **H4.1a** dùng **Module – Basic mode of BJT AMP** như **H4.1d**. Thực hiện đo I_B , I_C , V_{CE} và ghi vào **Bảng 4.1** với SW-Q lần lượt ở các vị trí 1[2SD468], 2[2SC1815], và 3[2N3904]
- Thực hiện mạch phân cực cố định có hồi tiếp trên **H4.1b** dùng **Module – Basic mode of BJT AMP** như **H4.1e**. SW-Q ở vị trí 1, chỉnh VR₂ để $V_{CE}=3.2V$, thực hiện đo I_B , I_C , V_{CE} và ghi vào **Bảng 4.1** với SW-Q lần lượt ở các vị trí 1[2SD468], 2[2SC1815], và 3[2N3904]
- Thực hiện mạch tự phân cực trên **H4.1c** dùng **Module – Basic mode of BJT AMP** như **H4.1f**. SW-Q ở vị trí 1, chỉnh VR₂ để $V_{CE}=3.2V$, thực hiện đo I_B , I_C , V_{CE} và ghi vào **Bảng 4.1** với SW-Q lần lượt ở các vị trí 1[2SD468], 2[2SC1815], và 3[2N3904]





Bảng 4.1 – Khảo sát các kiểu phân cực BJT

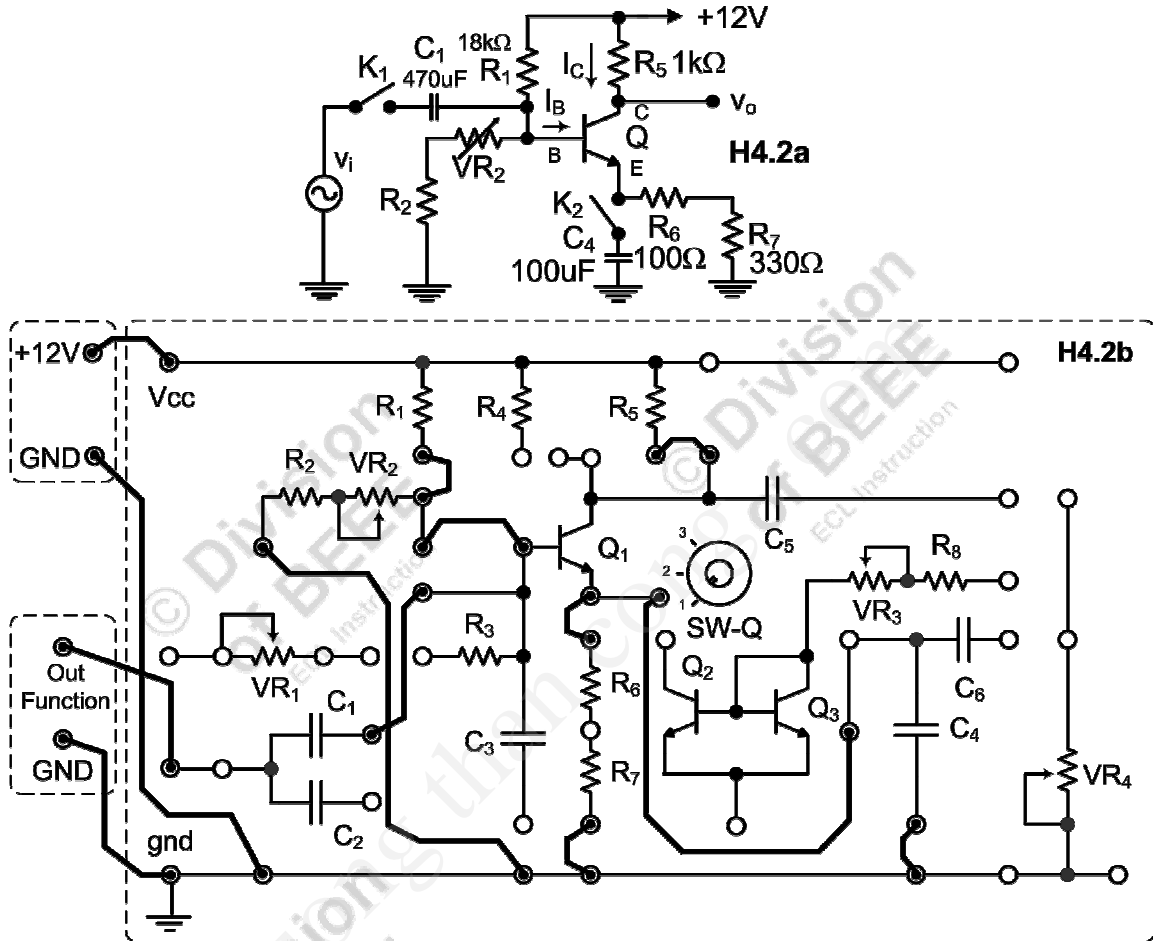
Mạch phân cực	Thông số	[1] 2SD468	[2] 2SC1815	[3] 2N3904
Mạch phân cực cố định	$I_B[\mu A]$			
	$I_C[mA]$			
	$V_{CE}[V]$			
	β			
Mạch phân cực cố định có hồi tiếp	$I_B[\mu A]$			
	$I_C[mA]$			
	$V_{CE}[V]$			
	β			
Mạch tự phân cực	$I_B[\mu A]$			
	$I_C[mA]$			
	$V_{CE}[V]$			
	β			

4.2. Các kiểu ghép cơ bản của mạch khuếch đại đơn tầng dùng BJT

4.2.1. Khảo sát các kiểu ghép cơ bản tại tần số dải giữa

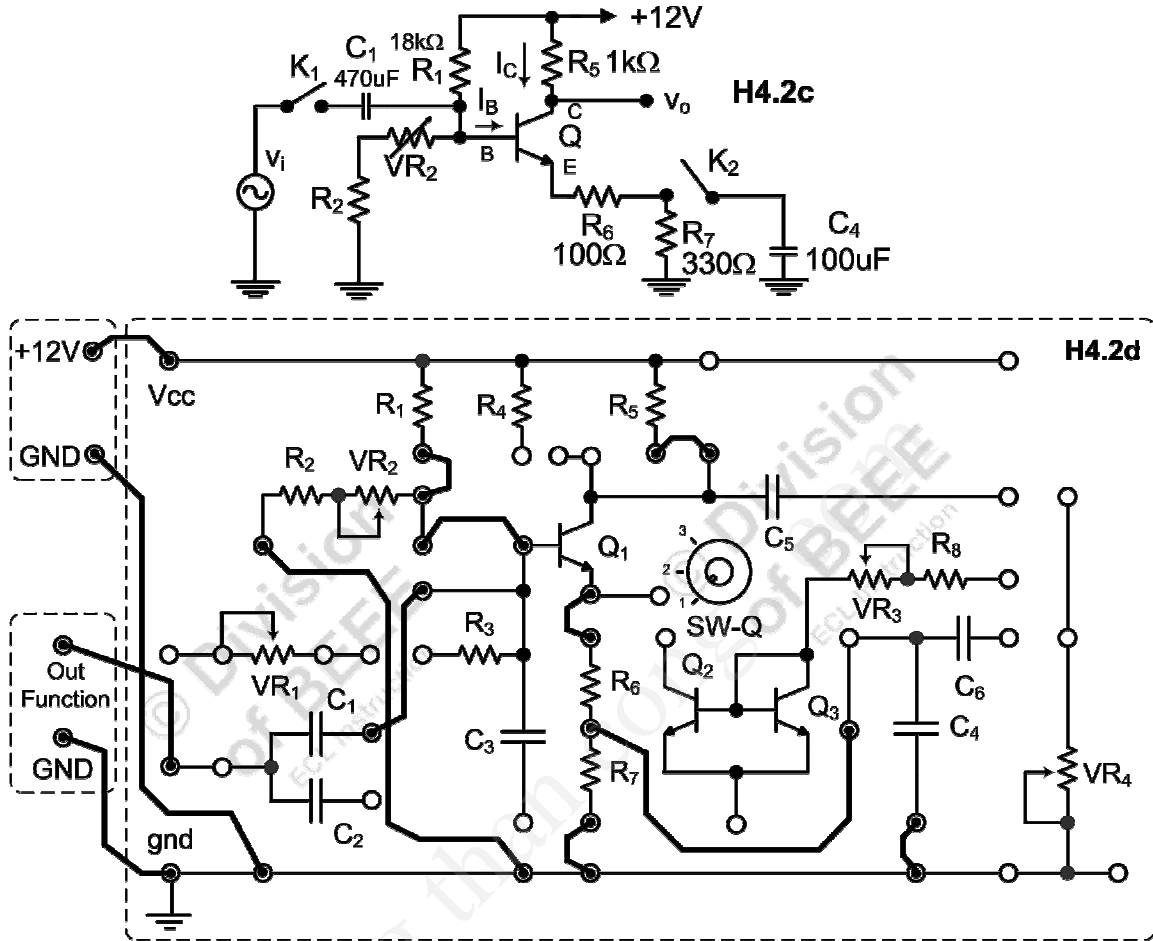
4.2.1.1. Mạch EC không hồi tiếp

- Thực hiện mạch ghép E chung trên **H4.2a** dùng **Module – Basic mode of BJT AMP** như **H4.2b**. SW-Q ở vị trí 1[2SD468], K_1 , K_2 hở mạch, chỉnh biến trở VR_2 để V_{CE} bằng 3.2V. Giữ nguyên biến trở VR_2 , đóng K_1 và K_2 , máy phát sóng chỉnh sóng sin tần số 5Khz, biên độ chỉnh về nhỏ nhất. Dùng dao động ký để ở AC để quan sát ngõ ra v_o , tăng dần biên độ máy phát sóng tới khi nào có được $v_{op-p}=4V$, đo và ghi vào **Bảng 4.2a**.
- Giữ nguyên biên độ máy phát sóng, nối biến trở VR_1 nối tiếp với C_1 , chỉnh biến trở VR_1 để ngõ ra có $v_{op-p}=2V$. Cách ly và đo VR_1 , giá trị VR_1 chính là trở kháng vào của mạch.
- Giữ nguyên biên độ máy phát sóng, bỏ biến trở VR_1 , nối VR_4 vào ngõ ra của mạch, chỉnh VR_4 để ngõ ra có $v_{op-p}=2V$, Cách ly và đo VR_4 , giá trị VR_4 chính là trở kháng ra của mạch.



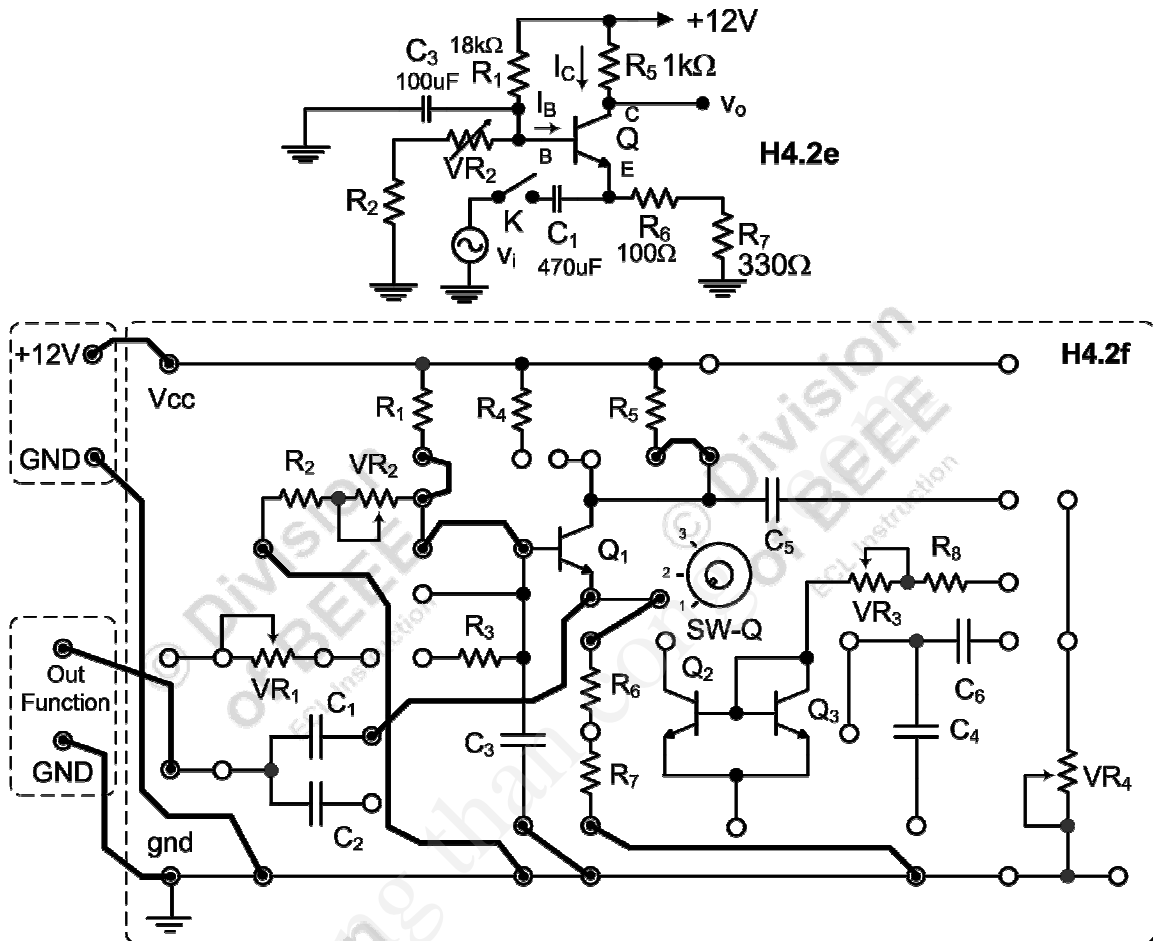
4.2.1.2. Mạch EC có hồi tiếp

- Thực hiện mạch ghép E chung trên **H4.2c** dùng **Module – Basic mode of BJT AMP** như **H4.1d**. SW-Q ở vị trí 1[2SD468], K₁, K₂ hờ mạch, chỉnh biến trở VR₂ để V_{CE} bằng 3.2V. Giữ nguyên biến trở VR₂, đóng K₁ và K₂, máy phát sóng chỉnh sóng sin tần số 5Khz, biên độ chỉnh về nhỏ nhất. Dùng dao động ký để ở AC để quan sát ngõ ra v_o, tăng dần biên độ máy phát sóng tới khi nào có được v_{op-p}=4V, đo và ghi vào **Bảng 4.2a**.
- Giữ nguyên biên độ máy phát sóng, nối biến trở VR₁ nối tiếp với C₁, chỉnh biến trở VR₁ để ngõ ra có v_{op-p}=2V. Cách ly và đo VR₁, giá trị VR₁ chính là trở kháng vào của mạch.
- Giữ nguyên biên độ máy phát sóng, bỏ biến trở VR₁, nối VR₄ vào ngõ ra của mạch, chỉnh VR₄ để ngõ ra có v_{op-p}=2V, Cách ly và đo VR₄, giá trị VR₄ chính là trở kháng ra của mạch.



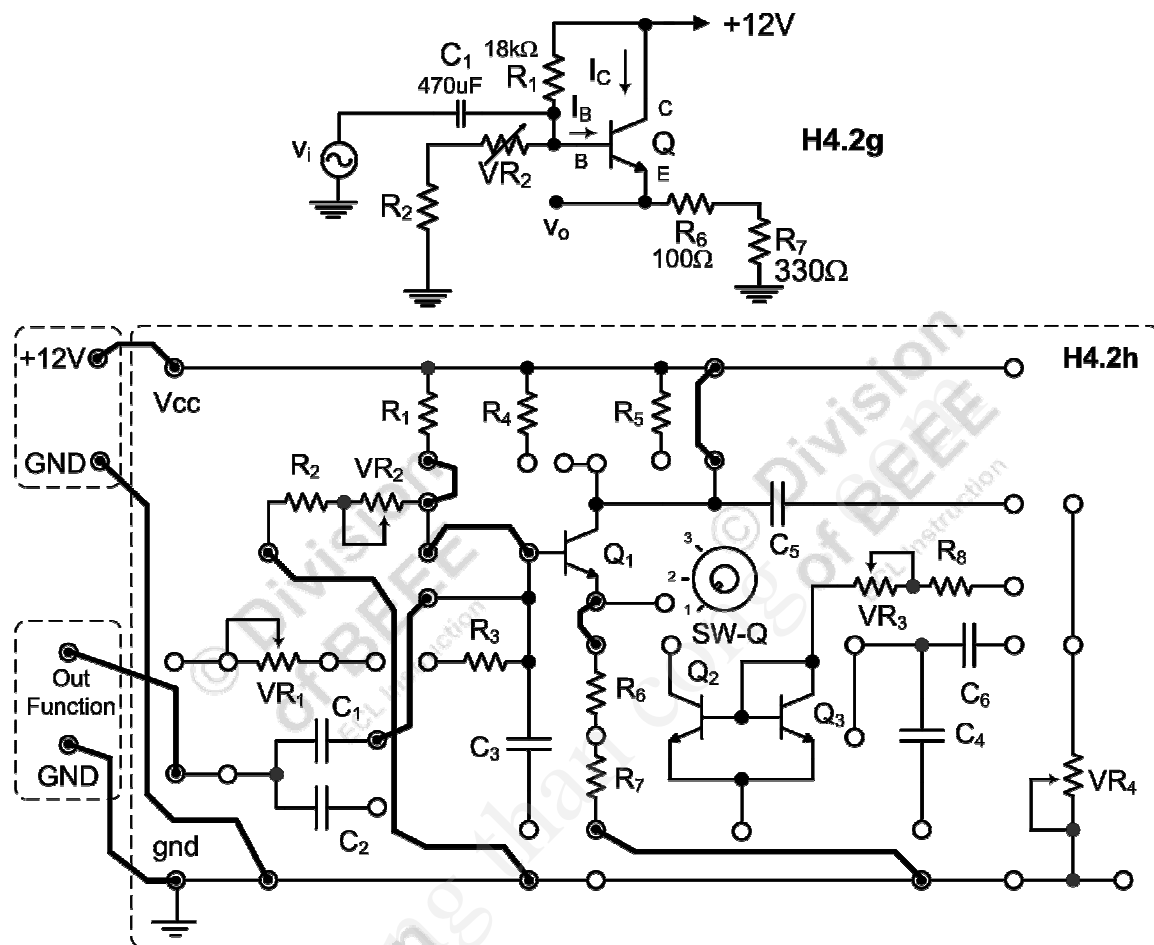
4.2.1.3. Mạch khuếch đại ghép BC

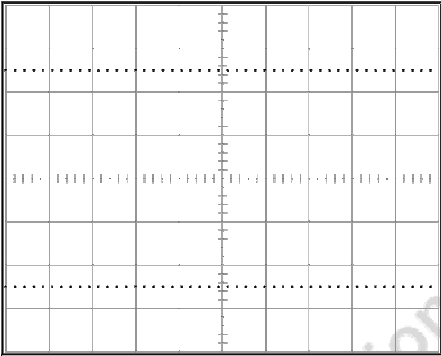
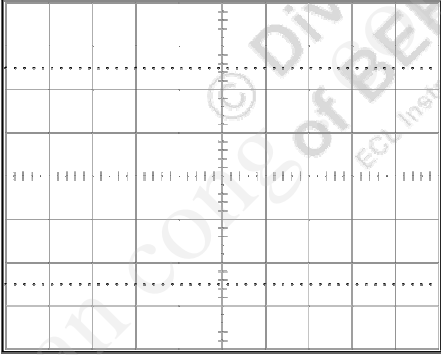
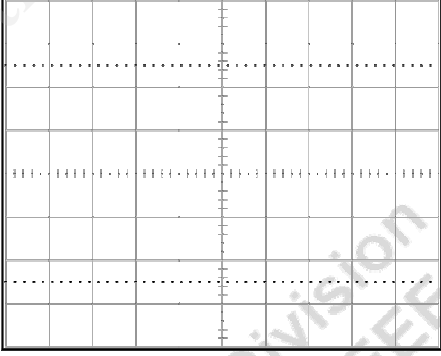
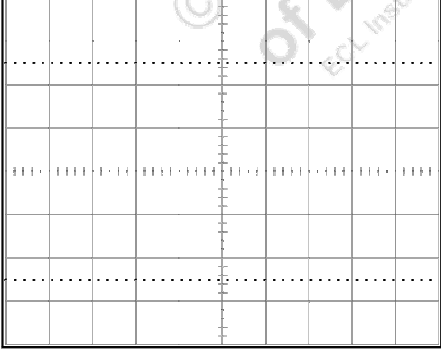
- Thực hiện mạch ghép B chung trên **H4.2e** dùng **Module – Basic mode of BJT AMP** như **H4.2f**. SW-Q ở vị trí 1[2SD468], K để hở mạch, chỉnh biến trở VR₂ để V_{CE} bằng 3.2V. Giữ nguyên biến trở VR₂, đóng K, máy phát sóng chỉnh sóng sin tần số 5Khz, biên độ chỉnh về nhỏ nhất. Dùng dao động ký để ở AC để quan sát ngõ ra v_o, tăng dần biên độ máy phát sóng tới khi nào có được v_{op-p}=4V, đo và ghi vào **Bảng 4.2a**.
- Giữ nguyên biên độ máy phát sóng, nối biến trở VR₁ nối tiếp với C₁, chỉnh biến trở VR₁ để ngõ ra có v_{op-p} =2V. Cách ly và đo VR₁, giá trị VR₁ chính là trở kháng vào của mạch.
- Giữ nguyên biên độ máy phát sóng, bỏ biến trở VR₁, nối VR₄ vào ngõ ra của mạch, chỉnh VR₄ để ngõ ra có v_{op-p} =2V, Cách ly và đo VR₄, giá trị VR₄ chính là trở kháng ra của mạch.



4.2.1.4. Mạch khuếch đại ghép CC

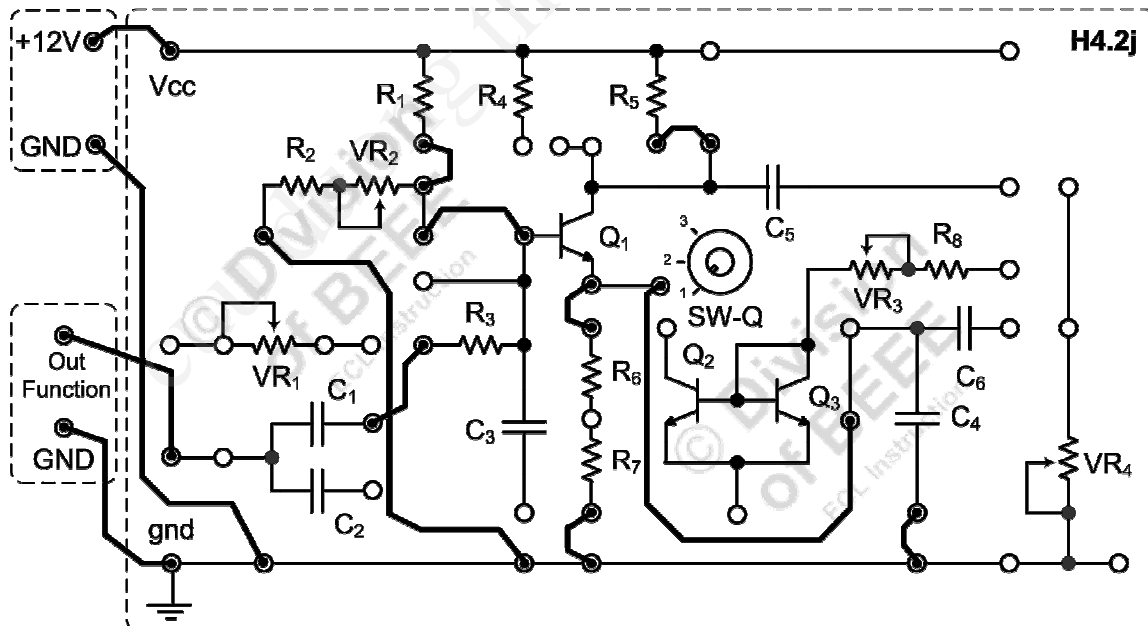
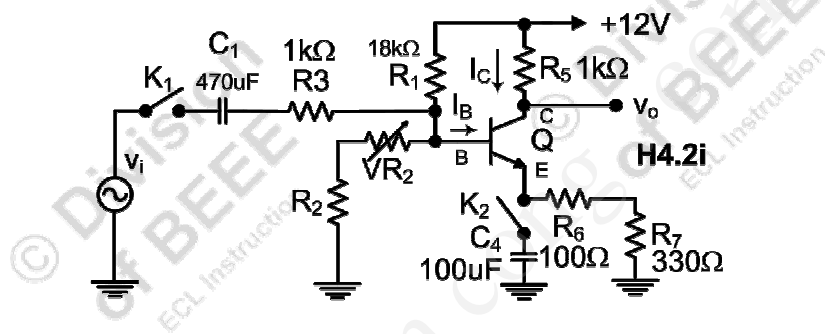
- Thực hiện mạch ghép C chung trên **H4.2g** dùng **Module – Basic mode of BJT AMP** như **H4.2h**. SW-Q ở vị trí 1[2SD468], biến trở VR₂ giữ nguyên giá trị đã chỉnh ở phần B chung, máy phát sóng chỉnh sóng sin tần số 5Khz, biên độ chỉnh về nhỏ nhất. Dùng dao động ký để ở AC để quan sát ngõ ra v_o, tăng dần biên độ máy phát sóng tới khi nào có được v_{op-p}=4V, đo và ghi vào **Bảng 4.2a**.
- Giữ nguyên biên độ máy phát sóng, nối biến trở VR₁ nối tiếp với C₁, chỉnh biến trở VR₁ để ngõ ra có v_{op-p}=2V. Cách ly và đo VR₁, giá trị VR₁ chính là trở kháng vào của mạch.
- Giữ nguyên biên độ máy phát sóng, bỏ biến trở VR₁, nối VR₄ vào ngõ ra của mạch, chỉnh VR₄ để ngõ ra có v_{op-p}=2V, Cách ly và đo VR₄, giá trị VR₄ chính là trở kháng ra của mạch.



Trường hợp	Bảng 4.2a - Kết quả đo đặc (input: sin wave, 5KHz)		
Mạch ghép EC không hồi tiếp	$V_{ip-p}[mV]$		<div> $v_i(t)$ & $v_o(t)$  </div> <div> CH1: $v_i(t)$ VOLTS/DIV: Mode:DC CH2: $v_o(t)$ VOLTS/DIV: Mode:DC TIME/DIV: 50μs </div>
	$V_{op-p}[V]$		
	A_v		
	$Z_i[\Omega]$		
	$Z_o[\Omega]$		
Mạch ghép EC có hồi tiếp	$V_{ip-p}[mV]$		<div> $v_i(t)$ & $v_o(t)$  </div> <div> CH1: $v_i(t)$ VOLTS/DIV: Mode:DC CH2: $v_o(t)$ VOLTS/DIV: Mode:DC TIME/DIV: 50μs </div>
	$V_{op-p}[V]$		
	A_v		
	$Z_i[\Omega]$		
	$Z_o[\Omega]$		
Mạch ghép BC	$V_{ip-p}[mV]$		<div> $v_i(t)$ & $v_o(t)$  </div> <div> CH1: $v_i(t)$ VOLTS/DIV: Mode:DC CH2: $v_o(t)$ VOLTS/DIV: Mode:DC TIME/DIV: 50μs </div>
	$V_{op-p}[V]$		
	A_v		
	$Z_i[\Omega]$		
	$Z_o[\Omega]$		
Mạch ghép CC	$V_{ip-p}[V]$		<div> $v_i(t)$ & $v_o(t)$  </div> <div> CH1: $v_i(t)$ VOLTS/DIV: Mode:DC CH2: $v_o(t)$ VOLTS/DIV: Mode:DC TIME/DIV: 50μs </div>
	$V_{op-p}[V]$		
	A_v		
	$Z_i[\Omega]$		
	$Z_o[\Omega]$		

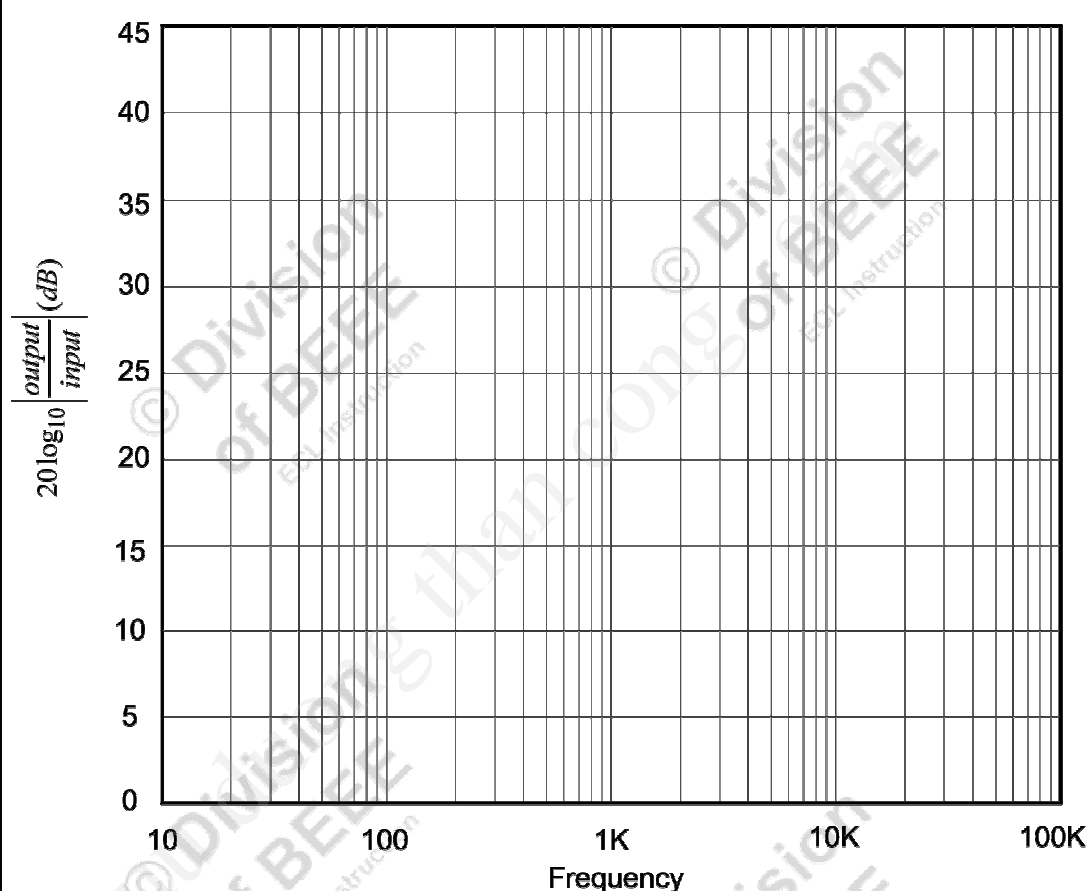
4.2.2. Khảo sát đáp ứng tần số của mạch ghép E chung

- Thực hiện mạch ghép E chung trên **H4.1i** dùng **Module – Basic mode of BJT AMP** như **H4.1j**. SW-Q ở vị trí 1[2SD468], K₁, K₂ hở mạch, chỉnh biến trở VR₂ để V_{CE} bằng 3.2V. Giữ nguyên biến trở VR₂, đóng K₁ và K₂, máy phát sóng chỉnh sóng sin tần số 5Khz, biên độ chỉnh về nhỏ nhất. Dùng dao động ký để ở AC để quan sát ngõ ra v_o, tăng dần biên độ máy phát sóng tới khi nào có được v_{op-p}=4V.
- Giữ nguyên biên độ máy phát sóng, thay đổi tần số máy phát sóng đo trị đỉnh đỉnh ngõ ra và hoàn thành **Bảng 4.2b**.
- Thực hiện đo 2 tần số cắt của mạch (lưu ý tần số cắt là tần số tại đó biên độ của ngõ ra bằng $1/\sqrt{2}$ giá trị biên độ ngõ ra tại dãy giữa)



Bảng 4.2b - Khảo sát đáp ứng tần số của mạch ghép EC

f	10	50	100	500	1K	5K	10K	50K	100K	f ₁	
V _{ip-p}											
V _{op-p}										f ₂	
Gain(dB)											

**5. Báo cáo thí nghiệm**

- Phân tích so sánh kết quả lý thuyết với thực nghiệm
- So sánh các mạch phân cực cho BJT
- So sánh các kiểu ghép cơ bản của mạch dùng BJT
- Kết luận, giải thích về vai trò của hồi tiếp