

VU TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP - DẠY NGHỀ

GIÁO TRÌNH KỸ THUẬT MẠCH ĐIỆN TỬ

SÁCH DÙNG CHO CÁC TRƯỜNG ĐÀO TẠO HỆ TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

TS. ĐẶNG VĂN CHUYẾT (Chủ biên)
TH.S. PHẠM XUÂN KHÁNH, BỒ QUỐC BẢO,
NGUYỄN VIỆT TUYẾN, NGUYỄN THỊ PHƯỚC VÂN

GIÁO TRÌNH

KĨ THUẬT

MẠCH ĐIỆN TỬ

SÁCH DÙNG CHO CÁC TRƯỜNG ĐÀO TẠO HỆ TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP

(Tái bản lần thứ tư)

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

Lời giới thiệu

Việc tổ chức biên soạn và xuất bản một số giáo trình phục vụ cho đào tạo các chuyên ngành Điện - Điện tử, Cơ khí - Động lực ở các trường THCN - DN là một sự cố gắng lớn của Vụ Trung học chuyên nghiệp - Dạy nghề và Nhà xuất bản Giáo dục nhằm từng bước thống nhất nội dung dạy và học ở các trường THCN trên toàn quốc.

Nội dung của giáo trình đã được xây dựng trên cơ sở kế thừa những nội dung được giảng dạy ở các trường, kết hợp với những nội dung mới nhằm đáp ứng yêu cầu nâng cao chất lượng đào tạo phục vụ sự nghiệp công nghiệp hóa, hiện đại hóa. Đề cương của giáo trình đã được Vụ Trung học chuyên nghiệp - Dạy nghề tham khảo ý kiến của một số trường như: Trường Cao đẳng Công nghiệp Hà Nội, Trường TH Việt - Hung, Trường TH Công nghiệp II, Trường TH Công nghiệp III v.v... và đã nhận được nhiều ý kiến thiết thực, giúp cho tác giả biên soạn phù hợp hơn.

Giáo trình do các nhà giáo có nhiều kinh nghiệm giảng dạy ở các trường Đại học, Cao đẳng, THCN biên soạn. Giáo trình được biên soạn ngắn gọn, dễ hiểu, bổ sung nhiều kiến thức mới và biên soạn theo quan điểm mở, nghĩa là, để cập những nội dung cơ bản, cốt yếu để tùy theo tính chất của các ngành nghề đào tạo mà nhà trường tự điều chỉnh cho thích hợp và không trái với quy định của chương trình khung đào tạo THCN.

Tuy các tác giả đã có nhiều cố gắng khi biên soạn, nhưng giáo trình chắc không tránh khỏi những khiếm khuyết. Vụ Trung học chuyên nghiệp - Dạy nghề đề nghị các trường sử dụng những giáo trình xuất bản lần này để bổ sung cho nguồn giáo trình đang rất thiếu hiện nay, nhằm phục vụ cho việc dạy và học của các trường đạt chất lượng cao hơn. Giáo trình này cũng rất bổ ích đối với đội ngũ kỹ thuật viên, công nhân kỹ thuật để nâng cao kiến thức và tay nghề cho mình.

Hy vọng nhận được sự góp ý của các trường và bạn đọc để những giáo trình được biên soạn tiếp hoặc lần tái bản sau có chất lượng tốt hơn. Mọi góp ý xin gửi về NXB Giáo dục - 81 Trần Hưng Đạo - Hà Nội.

VỤ THCN-DN

Mở đầu

Giáo trình Kỹ thuật mạch điện tử được biên soạn theo đề cương do Vụ THCN – DN, Bộ Giáo dục & Đào tạo xây dựng và thông qua. Nội dung được biên soạn theo tinh thần ngắn gọn, dễ hiểu. Các kiến thức trong toàn bộ giáo trình có mối liên hệ logic chặt chẽ. Tuy vậy, giáo trình cũng chỉ là một phần trong nội dung của chuyên ngành đào tạo cho nên người dạy, người học cần tham khảo thêm các giáo trình có liên quan đối với ngành học để việc sử dụng giáo trình có hiệu quả hơn.

Khi biên soạn giáo trình, chúng tôi đã cố gắng cập nhật những kiến thức mới có liên quan đến môn học và phù hợp với đối tượng sử dụng cũng như cố gắng gắn những nội dung lý thuyết với những vấn đề thực tế thường gặp trong sản xuất, đời sống để giáo trình có tính thực tiễn cao.

Nội dung của giáo trình được biên soạn với dung lượng 60 tiết, gồm 9 chương :

Chương 1. Khuếch đại tín hiệu nhỏ ; Chương 2. Ghép tầng khuếch đại ;
Chương 3. Khuếch đại công suất ; Chương 4. Khuếch đại thuật toán ;
Chương 5. Nguồn điện ; Chương 6. Dao động điều hoà ; Chương 7. Điều chế ;
Chương 8. Điều tần ; Chương 9. Tách sóng.

Trong quá trình sử dụng, tùy theo yêu cầu cụ thể có thể điều chỉnh số tiết trong mỗi chương. Trong giáo trình, chúng tôi không đề ra nội dung thực tập của từng chương, vì trang thiết bị phục vụ cho thực tập của các trường không đồng nhất. Vì vậy, căn cứ vào trang thiết bị đã có của từng trường và khả năng tổ chức cho học sinh thực tập ở các xí nghiệp bên ngoài mà trường xây dựng thời lượng và nội dung thực tập cụ thể – Thời lượng thực tập tối thiểu nói chung cũng không ít hơn thời lượng học lý thuyết của mỗi môn.

Giáo trình được biên soạn cho đối tượng là học sinh THCN, Công nhân lành nghề bậc 3/7 và nó cũng là tài liệu tham khảo bổ ích cho sinh viên Cao đẳng kỹ thuật cũng như Kỹ thuật viên đang làm việc ở các cơ sở kinh tế trong nhiều lĩnh vực khác nhau.

Mặc dù đã cố gắng nhưng chắc chắn không tránh khỏi hết khiếm khuyết. Rất mong nhận được ý kiến đóng góp của người sử dụng để lần tái bản sau được hoàn chỉnh hơn. Mọi góp ý xin được gửi về Nhà XBGD – 81 Trần Hưng Đạo, Hà Nội.

TÁC GIẢ

208

CHƯƠNG 1

KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU NHỎ

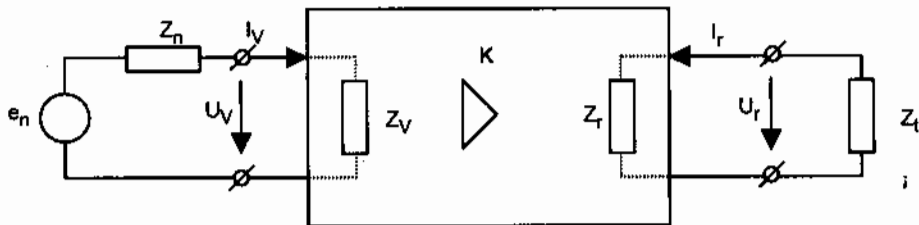
1.1. GIỚI THIỆU VỀ BỘ KHUẾCH ĐẠI ĐIỆN TỬ

1.1.1. Giới thiệu

Bộ khuếch đại điện tử là một mạch điện tử mà tín hiệu đầu ra của mạch lớn gấp K lần tín hiệu đầu vào của mạch và dạng tín hiệu ở đầu ra giống hệt dạng của tín hiệu ở đầu vào.

Tín hiệu của mạch là dòng điện $i(t)$, điện áp $u(t)$ hoặc công suất $P(t)$. Tín hiệu cũng có thể là điện trường $E(t)$ hoặc từ trường $B(t)$.

Sơ đồ khối của một bộ khuếch đại điện tử cho ở hình 1.1



Hình 1.1: Bộ khuếch đại điện tử

Trong sơ đồ, ký hiệu hình \triangleright mô tả đây là bộ khuếch đại.

K được gọi là hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại. Hệ số này là tỉ số giữa giá trị tín hiệu ra chia cho giá trị tín hiệu vào. Nếu các tín hiệu vào, ra là điện áp thì chúng ta có hệ số khuếch đại điện áp.

$$K_u = \frac{U_r}{U_v} \quad (1.1)$$

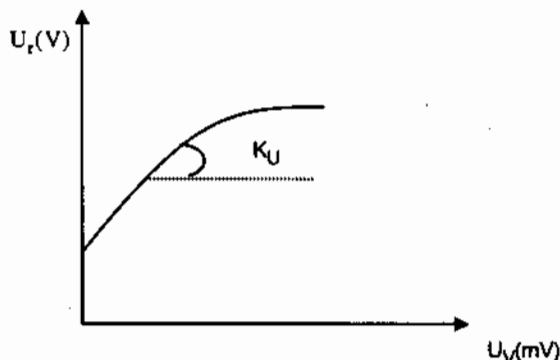
Nếu các tín hiệu vào, ra là dòng điện thì chúng ta có hệ số khuếch đại dòng điện:

$$K_i = \frac{I_r}{I_v} \quad (1.2)$$

Nếu các tín hiệu vào ra là công suất thì ta có hệ số khuếch đại công suất:

$$K_p = \frac{P_r}{P_v} \quad (1.3)$$

Ở đây U_r , I_r , P_r là điện áp, dòng điện, công suất trên đầu ra bộ khuếch đại và U_v , I_v , P_v lần lượt là điện áp, dòng điện và công suất đặt vào bộ khuếch đại.



Hình 1.2. Đặc tính biên độ của bộ khuếch đại

Trên hình 1.1 e_n và Z_n là sức điện động và trở kháng trong của tín hiệu đặt vào bộ khuếch đại. Z_v là trở kháng vào tương đương của bộ khuếch đại:

$$Z_v = \frac{U_v}{I_v} \quad (1.4)$$

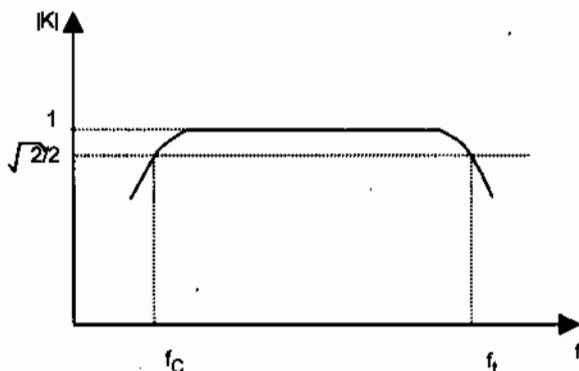
Z_r là trở kháng ra của bộ khuếch đại và:

$$Z_r = \frac{U_r}{I_r} \quad (1.5)$$

Đặc tính biên độ của một bộ khuếch đại là quan hệ giữa đầu ra và đầu vào của bộ khuếch đại, xét ở một tần số xác định. Quan hệ này có thể là quan hệ U_r theo U_v hoặc I_r theo I_v . Hình 1.2 chỉ ra đặc tính biên độ ở tần số thấp.

Đặc tính tần số của bộ khuếch đại là sự phụ thuộc của hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại vào tần số. Hình 1.3 là đặc tính tần số điển hình của 1 bộ khuếch đại.

Méo phi tuyến (không đường thẳng) của bộ khuếch đại là sự thay đổi dạng của tín hiệu so với tín hiệu vào do tính phi tuyến của các phần tử của mạch gây ra, méo này được tính là tỷ số của tổng bình phương các thành phần bậc cao phát sinh khi đầu vào chỉ có thành phần tần số.



Hình 1.3. Đặc tính tần số của bộ khuếch đại

Z_i là trở kháng tải của bộ khuếch đại. Đây chính là phần tử tiêu thụ tín hiệu ra của bộ khuếch đại hay bộ khuếch đại cần phải cung cấp tín hiệu cần thiết cho phần tử này.

Trong rất nhiều trường hợp thực tế các trở kháng này là thuần trở. Để bộ khuếch đại làm việc tốt chúng ta phải phối hợp trở kháng:

$$Z_n = Z_v$$

$$Z_r = Z_t$$

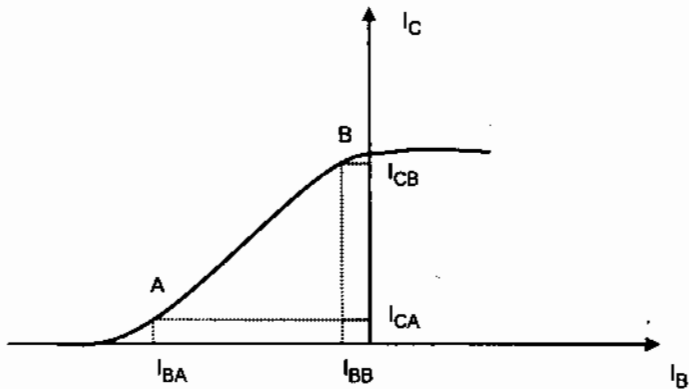
Nếu bộ khuếch đại có $K_i = 1$ và $K_U > 1$ thì chúng ta gọi nó là bộ khuếch đại điện áp.

Nếu bộ khuếch đại có $K_U \approx 1$ và $K_i > 1$ thì chúng ta gọi nó là bộ khuếch đại dòng điện, bộ khuếch đại này còn được gọi là bộ lặp lại điện áp.

Nếu bộ khuếch đại có $K_i > 1$ và $K_U > 1$ thì chúng ta gọi nó là bộ khuếch đại công suất.

1.1.2. Bộ khuếch đại tín hiệu nhỏ

Chúng ta thường hiểu đơn giản bộ khuếch đại tín hiệu nhỏ là tín hiệu vào và ra là đủ nhỏ. Hiểu như vậy là chưa đủ. Để hiểu khái niệm tín hiệu nhỏ của bộ khuếch đại chúng ta cần nhắc lại khái niệm đặc tính truyền dẫn hay đặc tính vào ra của phần tử khuếch đại. Ví dụ, ta sử dụng transistor lưỡng cực làm bộ khuếch đại. Đặc tính truyền dẫn của transistor thường có dạng cho ở hình 1.4.



Hình 1.4: Đặc tính truyền dẫn của Transistor

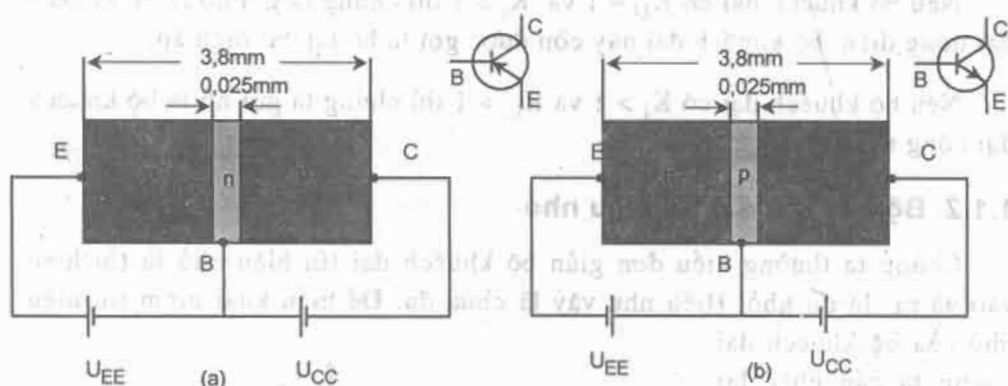
Trên đặc tuyến này chỉ có đoạn AB là có dạng gần tuyến tính. Nếu tín hiệu vào (I_B) thay đổi trong đoạn $I_{BA} - I_{BB}$ thì tín hiệu ra (I_C) mới tỷ lệ tuyến tính với nó hay tín hiệu ra có dạng giống hệt tín hiệu vào và không bị méo dạng. Nếu tín hiệu vào quá bé hoặc quá lớn thì tín hiệu ra thay đổi không tỷ lệ tuyến tính với nó nên sinh ra méo dạng. Chúng ta gọi bộ khuếch đại tín hiệu nhỏ là bộ khuếch đại mà tín hiệu vào của nó chỉ

thay đổi trong vùng tuyến tính của đặc tuyến truyền dẫn (đoạn AB). Vì vậy bộ khuếch đại tín hiệu nhỏ còn được gọi là bộ khuếch đại tuyến tính.

1. 2. TRANSISTOR LUỒNG CỰC — BJT (Bipolar junction transistor)

1.2.1. Cấu trúc của transistor

Transistor là một linh kiện bán dẫn bao gồm ba lớp bán dẫn với các bán dẫn p và n xen kẽ nhau. Tùy theo trình tự của miền p và miền n mà ta có hai loại transistor : pnp (transistor thuận – H.1.5a) và npn (transistor ngược – H.1.5b).



Hình 1.5: Cấu trúc của transistor
a) Transistor pnp và kí hiệu ; b) Transistor npn và kí hiệu

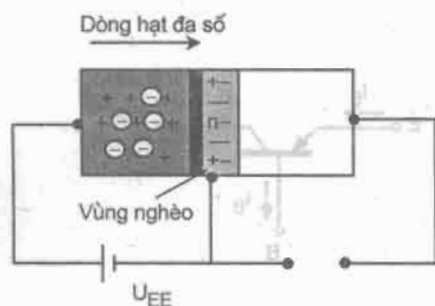
Miền p thứ nhất của transistor pnp (với transistor npn là miền n) được gọi là miền emitter, miền này được pha tạp chất với nồng độ lớn nhất, nó đóng vai trò phát xạ các hạt dẫn (lỗ trống hoặc điện tử), điện cực nối với miền này được gọi là cực emitter, ký hiệu là E. Miền n (với transistor npn là miền p) được gọi là miền base, miền này được pha tạp chất ít nhất, độ rộng của nó rất nhỏ so với kích thước toàn bộ transistor (với hình 1.5 tỷ lệ này là $3,8\text{mm}:0,025\text{mm} = 152:1$), miền base đóng vai trò truyền đạt hạt dẫn, điện cực nối với miền này được gọi là cực base, ký hiệu là B. Miền p tiếp theo (với transistor npn là miền n) được gọi là miền collector, miền này được pha tạp ít hơn miền emitter nhưng nhiều hơn miền base, đóng vai trò thu gom các hạt dẫn, điện cực nối với miền này gọi là cực collector, ký hiệu là C.

Với cấu trúc như vậy, transistor bao gồm hai chuyển tiếp PN, chuyển tiếp PN giữa emitter và base được gọi là chuyển tiếp emitter, chuyển tiếp PN giữa base và collector được gọi là chuyển tiếp collector.

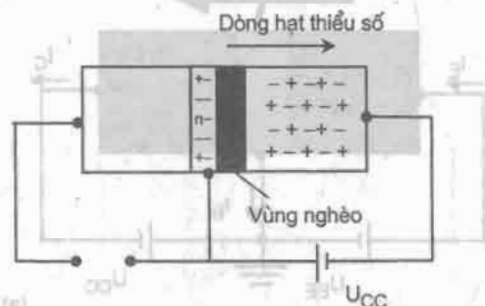
1.2.2. Nguyên tắc hoạt động của transistor

Để mô tả hoạt động của transistor, ta lấy transistor loại pnp làm ví dụ. Sự hoạt động của transistor npn sẽ tương tự bằng việc thay thế lỗ trống bằng điện tử. Trên hình 1.6 khi chuyển tiếp collector không được phân cực, chuyển tiếp emitter được phân cực thuận. Độ rộng vùng nghèo sẽ bị giảm, mức giảm tùy theo điện áp phân cực, kết quả dòng của các hạt đa số (các lỗ trống) khuếch tán từ miền bán dẫn p (cực E) sang miền bán dẫn n (cực B).

Khi chuyển tiếp emitter không được phân cực, chuyển tiếp collector phân cực ngược không có dòng của các hạt đa số (điện tử ở bán dẫn n) chỉ có dòng của các hạt thiểu số (lỗ trống ở bán dẫn p) (hình 1.7).

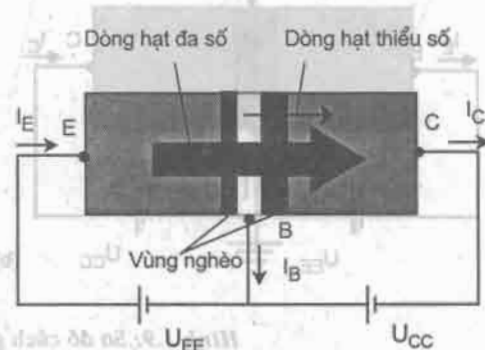


Hình 1.6: Chuyển tiếp emitter phân cực thuận



Hình 1.7: Chuyển tiếp collector phân cực ngược

Trong trường hợp, chuyển tiếp emitter phân cực thuận, chuyển tiếp collector phân cực ngược (hình 1.8). Chuyển tiếp emitter phân cực thuận nên các hạt đa số khuếch tán qua chuyển tiếp tới miền base tạo lên dòng I_E . Tại miền base các hạt đa số này lại chuyển thành các hạt thiểu số, một phần bị tái hợp với các điện tử tạo thành dòng I_B .



Hình 1.8: Nguyên tắc hoạt động của transistor pnp

Do độ rộng của miền base rất mỏng, chuyển tiếp collector phân cực ngược nên các lỗ trống ở miền base bị cuốn sang miền collector tạo lên dòng I_C . Dòng I_C

này được tạo bởi hai thành phần: dòng của các hạt đa số từ miền emitter, và dòng của các hạt thiểu số (lỗ trống ở miền base khi chưa có sự khuếch tán từ emitter sang). Dòng của các hạt thiểu số được gọi là dòng rò và ký hiệu là I_{co} . I_{co} có giá trị rất nhỏ cỡ nA tới vài μA .

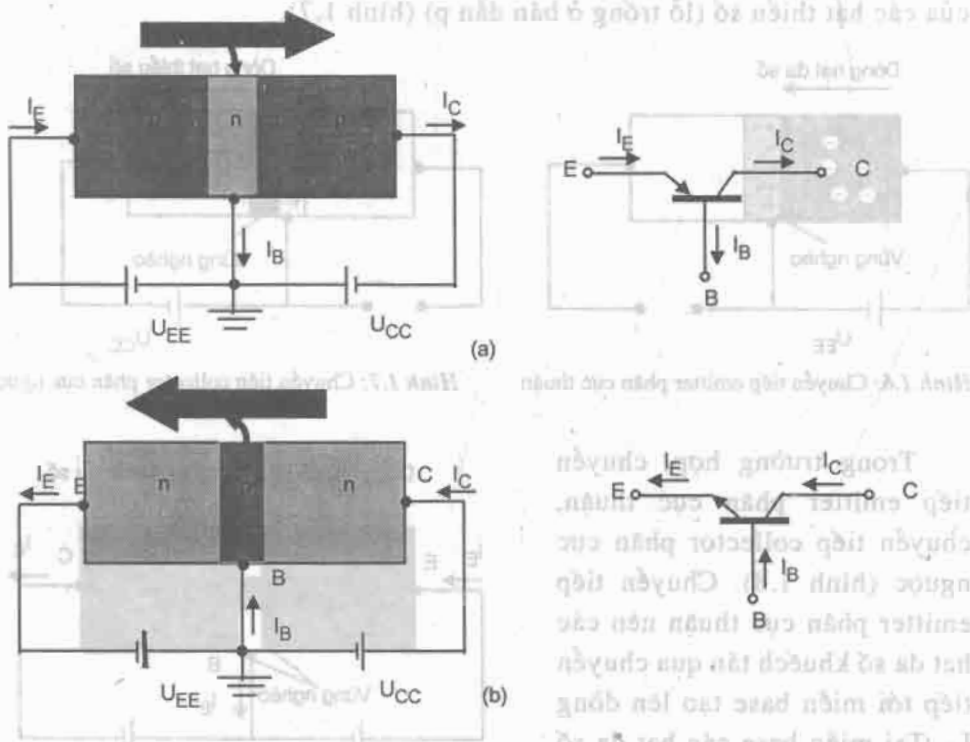
Áp dụng định luật Kirchhoff ta có: $I_E = I_C + I_B$

1.2.3. Các cách mắc cơ bản của transistor

Transistor có ba cực (E, B, C), nếu đưa tín hiệu vào trên hai cực và lấy tín hiệu ra trên hai cực thì phải có một cực là cực chung. Do vậy, đối với transistor có 3 cách mắc cơ bản: Base chung, emitter chung, collector chung.

1.2.3.1. Base chung (CB – Common Base)

Sơ đồ cách mắc CB được minh hoạ ở trên hình 1.9



Hình 1.9: Sơ đồ cách ghép CB

a) Transistor pnp ; b) Transistor npn

Trên hình vẽ chiều mũi tên chỉ chiều của dòng điện trên các cực của transistor. Để thấy rõ quan hệ giữa 3 cực của transistor trong cách mắc CB người ta dùng hai đặc tuyến: đặc tuyến vào và đặc tuyến ra. Đặc tuyến vào