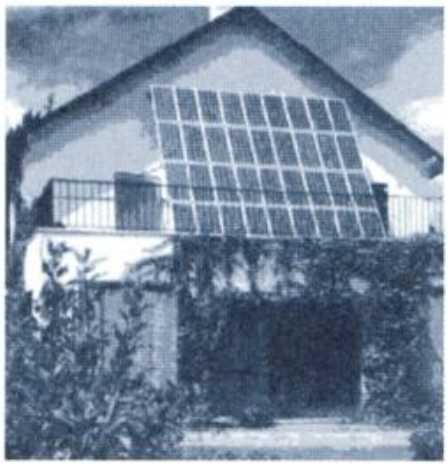
24 LINH KIỆN BÁN DẪN

Hình bên là ảnh một ngôi nhà được cấp điện bằng những tấm pin mặt trời chế tạo từ bán dẫn silic. Một phần điện năng được tích vào acquy để sử dụng ban đêm hoặc khi không có nắng.

Những tấm pin mặt trời tương tự còn được sử dụng trên các trạm vũ trụ.



1. Điôt

Điôt là các linh kiện bán dẫn hai cực, trong đó có một lớp chuyển tiếp *p-n*.

a) Điôt chỉnh lưu

Điôt chỉnh lưu dùng để chỉnh lưu dòng điện xoay chiều. Nó hoạt động trên cơ sở tính chất chỉnh lưu của lớp chuyển tiếp *p-n*. Điôt bán dẫn được kí hiệu như trên Hình 24.1.

Hình 24.1 Kí hiệu điôt bán dẫn.

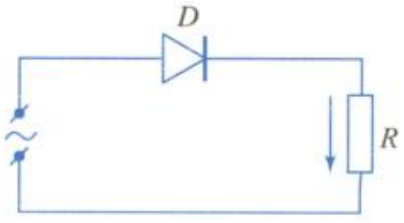
Phía trái là bán dẫn loại *p*, phía phải là loại *n*. Đỉnh của tam giác hướng sang phải chỉ chiều của dòng điện thuận qua lớp chuyển tiếp, từ *p* sang *n*.

Hình 24.2 là sơ đồ chỉnh lưu một nửa chu kì dùng điôt. Mạch gồm một điôt chỉnh lưu *D* mắc nối tiếp với điện trở tải *R*.

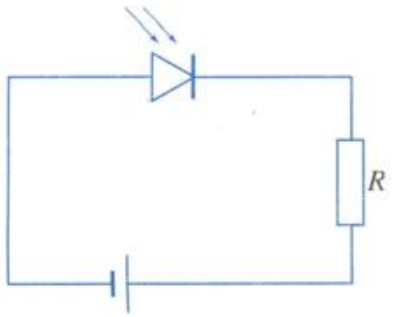
Khi một hiệu điện thế xoay chiều được đặt vào mạch, thì dòng điện chỉ chạy qua mạch ở nửa chu kì mà lớp chuyển tiếp *p-n* được mắc theo chiều thuận, tức là điện thế phía bán dẫn loại *p* cao hơn điện thế phía bán dẫn loại *n*. Dòng điện chạy qua điện trở tải theo chiều mũi tên.

C1 Hãy nêu một thí nghiệm đơn giản để minh hoạ tính chất chỉnh lưu của một điôt bán dẫn.

Ở nửa chu kì sau, điôt được mắc theo chiều ngược. Dòng điện chạy trong mạch là rất nhỏ và có thể bỏ qua. Vì vậy, dòng điện qua điện trở tải trên thực tế chỉ chạy theo một chiều (từ trên xuống dưới, Hình 24.2), và ở mỗi chu kì của dòng điện xoay chiều, dòng điện chỉ chạy qua *R* trong một nửa chu kì.



Hình 24.2 Mạch chỉnh lưu một nửa chu kì dùng điôt bán dẫn.



Hình 24.3 Phôtôđiôt mắc trong mạch.

Phôtôđiôt được kí hiệu bằng điôt có hai mũi tên (tượng trưng cho tia sáng) hướng vào. Khi ánh sáng có cường độ biến thiên chiếu vào điôt, thì cường độ dòng điện ngược qua điôt cũng biến thiên. Trên điện trở tải R, có hiệu điện thế biến thiên theo cường độ ánh sáng.

Điôt phát quang còn được gọi là LED, viết tắt của Light Emitting Diode.

Hình 24.4 Dụng cụ hiển thị bằng điôt phát quang.

b) Phôtôđiôt

Ánh sáng có bước sóng thích hợp chiếu vào lớp chuyển tiếp p-n tạo thêm các cặp êlectron – lỗ trống. Do đó, nếu điôt mắc vào hiệu điện thế ngược, thì dòng ngược qua lớp chuyển tiếp p-n tăng lên rõ rệt khi có ánh sáng. Ánh sáng càng mạnh thì cường độ dòng ngược càng lớn. Người ta ứng dụng điều này để chế tạo ra *phôtôđiôt*, dùng làm cảm biến ánh sáng (Hình 24.3).

Phôtôđiôt biến đổi tín hiệu ánh sáng thành tín hiệu điện, do đó nó là một loại dụng cụ không thể thiếu trong thông tin quang học, trong kĩ thuật tự động hoá...

c) Pin mặt trời

Khi ánh sáng làm phát sinh các cặp êlectron – lỗ trống ở lớp chuyển tiếp p-n, thì điện trường trong $\vec{E}_t$ tại đây có tác dụng đẩy các lỗ trống sang phía bán dẫn p và các êlectron sang phía bán dẫn n. Giữa hai đầu của điôt có một hiệu điện thế. Đó chính là suất điện động quang điện. Nếu ta đóng mạch điôt (nối hai đầu điôt, phía p và n) bằng một điện trở, thì trong mạch có dòng điện. Điôt được chiếu sáng trở thành một nguồn điện, với phía p là cực dương, phía n là cực âm. Đó là *pin quang điện*.

Hiện nay các tấm pin quang điện làm bằng Si được dùng rộng rãi để chuyển năng lượng ánh sáng mặt trời thành điện. Đó là những *pin mặt trời* (xem ảnh đầu bài).

d) Điôt phát quang

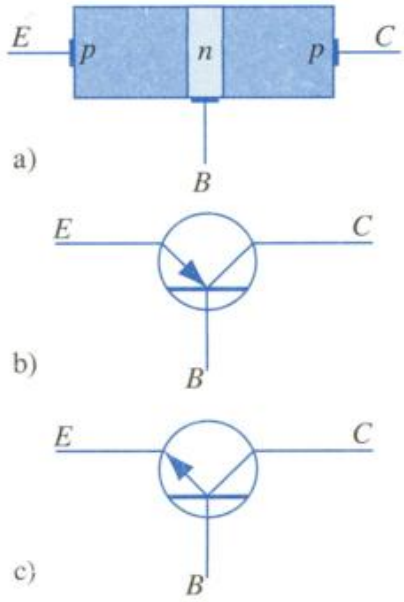
Nếu điôt được chế tạo từ những vật liệu bán dẫn thích hợp, thì khi dòng điện thuận chạy qua điôt, ở lớp chuyển tiếp p-n có ánh sáng phát ra. Đó là *điôt phát quang*. Màu sắc của ánh sáng phát ra tuỳ thuộc các bán dẫn dùng làm điôt và cách pha tạp chất vào các bán dẫn đó. Điôt phát quang được dùng làm các bộ hiển thị (Hình 24.4), đèn báo, làm các màn hình quảng cáo và làm nguồn sáng.

Laze bán dẫn cũng hoạt động trên cơ sở sự phát quang ở lớp chuyển tiếp *p-n*.

e) Pin nhiệt điện bán dẫn

• Cặp nhiệt điện làm từ hai thanh *bán dẫn khác loại* (*n* và *p*) có thể có hệ số nhiệt điện động α_T lớn hơn hàng trăm lần so với ở cặp nhiệt điện kim loại (xem Bài 18). Do đó các pin nhiệt điện dùng trong thực tế đều được làm bằng bán dẫn (như BiTe, BiSe...).

• Ở dãy các cặp nhiệt điện làm từ những thanh bán dẫn loại *n* và loại *p* xen kẽ nhau, người ta còn quan sát thấy rất rõ *hiện tượng nhiệt điện ngược*, tức là khi cho dòng điện chạy qua một dãy như vậy, thì các mối hàn hoặc là nóng lên hoặc là lạnh đi ; các mối hàn nóng và lạnh xen kẽ nhau. Hiện tượng này được ứng dụng để chế tạo các thiết bị làm lạnh gọn, nhẹ, hiệu quả cao dùng trong khoa học, y học...



Hình 24.5 *Tranzito.*
a) Cấu tạo tranzito *p-n-p* ; b) Kí hiệu tranzito *p-n-p*.
c) Kí hiệu tranzito *n-p-n*.

2. Tranzito

a) Cấu tạo

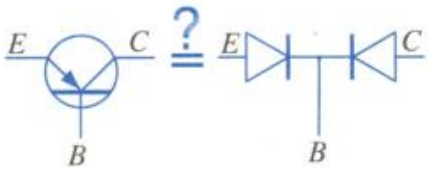
Tranzito là một dụng cụ bán dẫn có hai lớp chuyển tiếp *p-n*. Tranzito được tạo thành từ một mẫu bán dẫn, trên đó bằng cách khuếch tán các tạp chất, người ta tạo thành ba khu vực bán dẫn, theo thứ tự là *p-n-p* hoặc *n-p-n*. Khu vực ở giữa có chiều dày rất nhỏ (vài micrômét) và có mật độ hạt tải điện thấp.

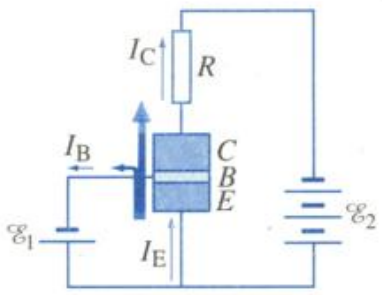
Hình 24.5a mô tả cấu tạo của một tranzito *p-n-p*. Ba cực của tranzito được nối với ba khu vực, và được gọi là *cực phát E* (hay êmitơ), *cực gốc B* (hay bazơ) và *cực góp C* (hay colectơ). Trong các sơ đồ mạch điện tử, tranzito *p-n-p* và *n-p-n* được kí hiệu như trên Hình 24.5b và c.

b) Hoạt động

• Để tranzito làm việc được, người ta mắc nó vào mạch như trên Hình 24.6. Nguồn điện $\mathscr{E}_1$ (khoảng trên dưới một vôn) làm cho lớp chuyển tiếp $E - B$ được phân cực thuận. Nguồn điện $\mathscr{E}_2$ lớn hơn $\mathscr{E}_1$ từ năm đến mười lần, làm cho lớp chuyển tiếp $B - C$ được phân cực ngược.

C2 Từ cấu tạo của tranzito như trên Hình 24.5, có thể coi nó như là hai điôt mắc chung nhau ở một đầu được không ?

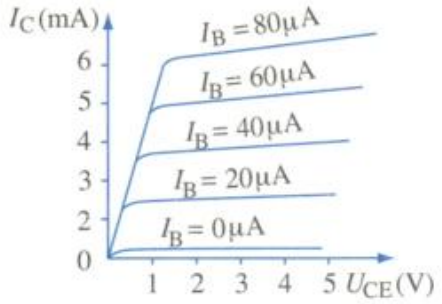




Hình 24.6 *Sơ đồ nguyên lí mạch khuếch đại dùng tranzito p-n-p.*

• Vì lớp chuyển tiếp $E - B$ được phân cực thuận, nên có sự phun hạt tải qua lớp chuyển tiếp, tạo nên dòng điện I_E. Tuy nhiên, dòng I_E chủ yếu là dòng lỗ trống từ E sang B, còn phần do dòng êlectron từ B sang E là không đáng kể, vì lớp bán dẫn n của cực B có mật độ hạt tải điện rất thấp. Mặt khác, do lớp bán dẫn n của cực B có độ dày rất nhỏ, nên phần lớn số lỗ trống từ cực E vượt qua lớp B chạy sang lớp chuyển tiếp $B - C$. Tại đây, lỗ trống được cuốn qua lớp chuyển tiếp bởi điện trường phân cực ngược, gây nên dòng I_C. Chỉ một phần rất nhỏ của I_E chạy ra cực B, gây nên dòng I_B. Do đó $I_B \ll I_E$ và $I_C \approx I_E$. Tỉ số $\beta = \dfrac{I_C}{I_B}$ gọi là *hệ số khuếch đại dòng điện.* β thường có giá trị từ vài chục đến vài trăm.

• Nếu có một tín hiệu làm cho hiệu điện thế giữa cực E và cực B biến thiên một lượng ΔU_{BE}, thì dòng I_E và I_B cũng biến thiên, làm cho dòng I_C cũng biến thiên theo. Điện trở R mắc trong mạch của cực C có giá trị khá lớn, thường là vài kilôôm. Vì vậy, sự biến thiên ΔI_C gây nên giữa hai đầu của R một biến thiên hiệu điện thế $\Delta U_C = \Delta I_C.R = \beta.\Delta I_B.R$ lớn hơn ΔU_{BE} nhiều lần. Ta nói rằng biến thiên hiệu điện thế ΔU_{BE} được *khuếch đại* trong mạch tranzito.



Hình 24.7 *Họ đặc tuyến ra của tranzito n-p-n.*

Chỉ cần I_B có giá trị nhỏ (20 μA), thì dòng I_C cũng đã có giá trị đáng kể (khoảng 2,5 mA). I_C tăng nhanh khi I_B tăng.

• Mối quan hệ giữa các giá trị cường độ dòng điện và các hiệu điện thế trong mạch được thể hiện qua các *đặc tuyến*, mô tả sự phụ thuộc lẫn nhau giữa hai đại lượng khi các đại lượng còn lại có giá trị xác định. Trên Hình 24.7 là ví dụ *họ đặc tuyến ra* biểu diễn sự phụ thuộc của cường độ dòng I_C vào hiệu điện thế U_{CE} với các giá trị khác nhau của I_B. Từ họ đặc tuyến, có thể xác định được các thông số của mạch.

Khi dòng $I_B = 0$, tranzito ở *trạng thái ngắt*.

Khi dòng I_B có giá trị lớn và I_C đạt giá trị cực đại, tranzito ở *trạng thái bão hoà*.

CÂU HỎI

1. Hãy nêu tên các linh kiện bán dẫn mà em biết.
2. Quang điện trở và phôtôđiôt đều có thể dùng làm cảm biến ánh sáng. Hãy so sánh hoạt động của hai loại cảm biến này.
3. Hãy nêu các linh kiện bán dẫn hoạt động trên cơ sở lớp chuyển tiếp *p-n* và giải thích hoạt động của chúng.
4. Hãy vẽ sơ đồ mạch khuếch đại dùng tranzito *n-p-n* và giải thích tác dụng của nó.

BÀI TẬP

1. Chọn câu **sai**.

   A. Với cùng một hiệu điện thế ngược đặt vào một điôt chỉnh lưu, cường độ dòng điện ngược tăng khi nhiệt độ tăng.

   B. Có thể dùng điôt phát quang để làm thí nghiệm minh hoạ tính chỉnh lưu của điôt.

   C. Phôtôđiôt có thể tạo ra dòng điện, nếu lớp chuyển tiếp *p-n* của nó được chiếu bằng ánh sáng thích hợp, khi hai cực của phôtôđiôt được nối với một điện trở.

   D. Có thể thay thế một tranzito *n-p-n* bằng hai điôt mắc chung ở phía bán dẫn loại *p*.

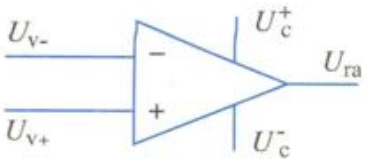
Em có biết ?

VI MẠCH KHUẾCH ĐẠI

• Các loại tranzito có mặt với số lượng lớn trong hầu như mọi thiết bị điện tử. Chúng có ưu điểm là tiêu thụ ít năng lượng, hiệu suất cao, dùng nguồn điện có hiệu điện thế thấp, bền vững cơ học, thời gian sử dụng dài, có thể chế tạo chúng với kích thước rất bé.

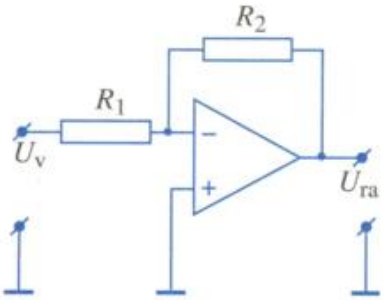
Hiện nay, công nghệ bán dẫn cho phép chế tạo trên cùng một phiến bán dẫn nhiều tranzito, cùng với nhiều linh kiện khác như điôt, điện trở, tụ điện... tạo nên các *mạch điện tử tích hợp*, có kích thước rất nhỏ, thường gọi là *mạch vi điện tử* hay *vi mạch*.

• Một loại mạch vi điện tử thông dụng gọi là mạch khuếch đại thuật toán (KĐTT). Mạch này gồm nhiều tầng khuếch đại dùng tranzito mắc liên tiếp nhau, vì thế hệ số khuếch đại



Hình 24.8 *Vi mạch KĐTT.*

U_c^+ và U_c^- là các điện thế của nguồn điện (thường cao hơn 10 V), U_{v-} là điện thế ở lối vào đảo (–), U_{v+} là điện thế ở lối vào không đảo (+), U_{ra} là điện thế ở lối ra.



Hình 24.9 *Sơ đồ khuếch đại dùng KĐTT.*

Các điện trở R_1 và R_2 lập thành mạch hồi tiếp. Hệ số khuếch đại của mạch này là $K = \frac{U_{ra}}{U_v} = -\frac{R_2}{R_1}$. Dấu trừ cho thấy tín hiệu ở lối ra ngược pha với tín hiệu ở lối vào. Các điện thế được xác định so với đất (kí hiệu là ⊥).

của mạch rất lớn, có thể có giá trị đến hàng trăm nghìn. Vi mạch được đặt trong vỏ nhựa và nối ra ngoài qua các chân dẫn điện bằng kim loại.

Trên Hình 24.8 là kí hiệu của mạch KĐTT với các chân chủ yếu.

Tín hiệu được đưa vào một trong hai lối vào, và lấy ra ở lối ra. Hoạt động của KĐTT phụ thuộc vào các thông số đặc trưng của bản thân KĐTT và cả của mạch điện bên ngoài mắc với nó.

Nếu không có phần tử nào nối lối ra với lối vào đảo (–), thì chỉ cần tín hiệu ở lối vào có điện thế rất nhỏ, mạch đã bão hoà, nghĩa là điện thế ở lối ra có giá trị bằng điện thế của nguồn điện (U_c^+ hoặc U_c^-). Trong trường hợp này, KĐTT được sử dụng làm *mạch so sánh*.

Muốn cho mạch có tác dụng *khuếch đại tuyến tính*, nghĩa là tín hiệu ở lối ra tỉ lệ với tín hiệu ở lối vào, người ta nối lối ra với lối vào đảo (–) bằng các điện trở, như trên Hình 24.9. Mạch gồm R_1 và R_2 mắc như vậy gọi là *mạch hồi tiếp*. Nếu một tín hiệu biến thiên được đưa vào lối vào đảo (–), thì tín hiệu ra ngược pha với tín hiệu vào.

Bằng cách lựa chọn các phần tử mắc trong mạch hồi tiếp, người ta có thể sử dụng KĐTT với các chức năng khác như khuếch đại lọc lựa, phát tín hiệu tuần hoàn, sửa dạng tín hiệu, lọc tín hiệu, hoặc thực hiện các phép tính toán đại số trên các tín hiệu (từ đó mạch có tên là khuếch đại thuật toán).