

Chương 6: ĐI - ỐT (DIODE)

MỤC TIÊU:

- Sinh viên đọc được các thông số ghi trên Đi - ốt, cách chọn sử dụng Đi - ốt.
- Trình bày được cấu tạo của các loại Đi - ốt, phân loại được các loại Đi - ốt, công dụng của từng loại Đi - ốt thông dụng.
- Hiểu, phân tích được các mạch điện ứng dụng Đi - ốt trên ô tô.

6.1 Giới thiệu về chất bán dẫn:

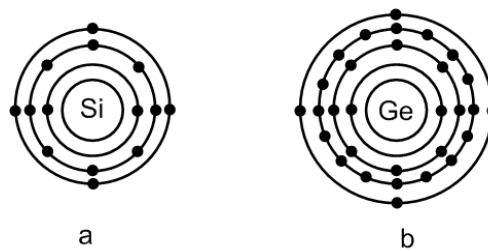
Theo tính chất dẫn điện, người ta chia vật liệu thành 3 nhóm:

- Vật liệu cách điện (có điện trở suất lớn) điển hình là chất điện môi.
- Vật liệu dẫn điện (có điện trở suất nhỏ) điển hình là kim loại.
- Vật liệu bán dẫn điện (có điện trở suất trung bình) điển hình là các nguyên tố thuộc nhóm 4 bảng tuần hoàn MenDeleev như Silicium (Si) và Gecmanium (Ge) có điện trở suất là:

$$\text{Si} = 1014 \ \Omega \text{ mm}^2 / \text{m} ; \text{Ge} = 8,9.1012 \ \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$$

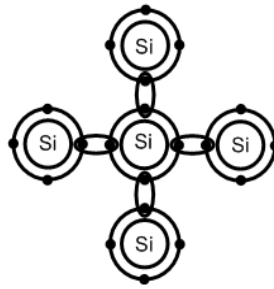
- Chất bán dẫn tinh khiết là một đơn chất, không pha trộn tạp chất, tinh thể bán dẫn được cấu tạo bởi sự liên kết cộng hóa trị giữa các nguyên tử cùng nguyên tố.

Xét cấu tạo nguyên tử của chất Si và Ge. Chất Si có 14 electron bao quanh nhân và các electron (e-) này xếp trên 3 lớp (hình 4.1). Chất Ge có 32 e- bao quanh nhân và các e- này xếp trên 4 lớp hình (4.1b).



Hình 6.1: Cấu tạo nguyên tử của chất Silicium, Germanium.

Hai chất Si và Ge có đặc điểm chung là số e- trên lớp ngoài cùng bằng nhau là 4 e- (hóa trị 4). 4 e- của mỗi nguyên tử sẽ nối với 4 e- của nguyên tử xung quanh tạo thành 4 mối nối làm cho các e- khó tách rời khỏi nguyên tử để trở thành e- tự do. Như vậy chất bán dẫn tinh khiết có điện trở rất lớn nên khả năng dẫn điện kém



Hình 6.2: Chất bán dẫn tinh khiết.

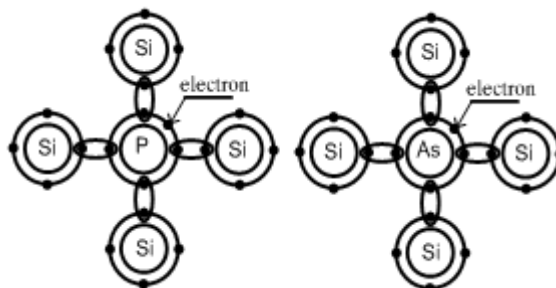
Chất bán dẫn tạp:

Nếu pha vào chất bán dẫn tinh khiết một lượng chất khác để tạo thành chất bán dẫn tạp có độ dẫn điện tốt hơn.

Chất bán dẫn loại N (Negative-âm):

Nếu pha vào chất bán dẫn Si tinh khiết một lượng rất lớn các chất có cấu tạo nguyên tử với 5 e⁻ ở ngoài cùng (hóa trị 5) như chất Asen (As), Photpho (P)... Các nguyên tử của chất Photpho có 5 e⁻ thì 4 e⁻ sẽ liên kết với 4 e⁻ của 4 nguyên tử Si khác nhau, còn lại 1 e⁻ thừa ra không liên kết với các e⁻ của chất bán dẫn sẽ trở thành e⁻ tự do (hình 4-3).

Như vậy, khi pha thêm 1 nguyên tử Photpho sẽ có một e⁻ tự do, pha thêm càng nhiều nguyên tử Photpho thì có càng nhiều e⁻ tự do. Chất bán dẫn có e⁻ tự do được gọi là chất bán dẫn loại N (loại âm). Dòng điện trong chất bán dẫn tạp chất loại N gồm e⁻ (là loại hạt đa số) và lỗ trống (là loại hạt thiếu số) đóng góp, việc hình thành các hạt đa số thực hiện dễ dàng trong điều kiện bình thường với năng lượng kích thích nhỏ.



Hình 6.3: Chất bán dẫn loại N

Chất bán dẫn loại P (Positive-dương)

Nếu pha vào chất bán dẫn Si tinh khiết một lượng rất lớn các chất có cấu tạo nguyên tử với 3 e⁻ ở lớp ngoài cùng (hóa trị 3) như Indium (In), Bo (BO). Các nguyên tử

của chất Indium có 3 e- nên khi liên kết với 4 e- của 4 nguyên tử Si khác nhau sẽ có một mối nối thiếu 1 e-, chỗ thiếu e- này gọi là lỗ trống. Lỗ trống của mỗi mối thiếu e- sẽ dễ dàng nhận 1 e- tự do (hình 4.4).

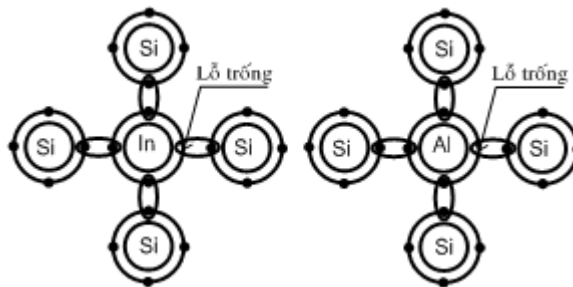
Như vậy, khi pha thêm một nguyên tử chất In sẽ có một lỗ trống, pha thêm càng nhiều nguyên tử chất In sẽ có càng nhiều lỗ trống. Chất bán dẫn có lỗ trống gọi chất bán dẫn loại P (loại dương).

Vậy chất bán dẫn loại P có số lỗ trống nhiều hơn số e- tự do, lỗ trống là hạt tải đa số, e- tự do là hạt tải thiểu số. Dòng điện chính trong chất bán dẫn loại P có số lỗ trống quyết định.

Chất bán dẫn tạp chất suy biến:

Khi pha tạp chất loại N (cho e-) hay loại P (nhận e-) với nồng độ cao (10^{17} nguyên tử / cm^3), người ta thu được các tạp chất suy biến tương ứng loại N hay loại P.

Nhóm chất bán dẫn tạp suy biến được sử dụng chế các loại linh kiện có các tính chất điện - quang đặc biệt như: Tunen Diode, Led, Laser ..



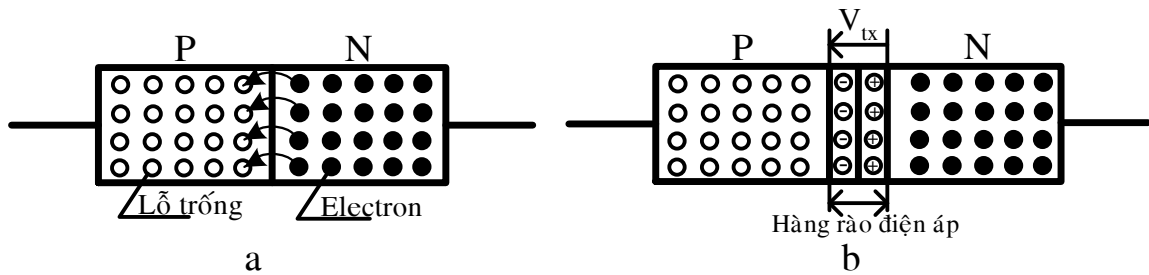
Hình 6.4: Chất bán dẫn loại P.

6.2 Đặc điểm, ký hiệu Đi - ốt:

6.2.1 Đặc điểm:

Trên một miếng bán dẫn người tạo ra một vùng loại P và một vùng loại N. Thì ngay tại mặt tiếp xúc sẽ có sự khuếch tán điện tử: Các e- từ lớp N sẽ nhảy sang lớp P lấp vào lỗ trống của vùng P (hình 4.5a). Như vậy bên lớp N bị mất e- trở thành ion dương còn bên lớp P nhận thêm e- trở thành ion âm. Hiện tượng này kết thúc khi hai lớp ion trái dấu này đạt đến giá trị đủ lớn làm ngăn cản sự chuyển động của các e- từ N tràn sang P (hai lớp ion này hình thành một lớp điện trường ngăn cản sự chuyển động của các e- từ N sang P).

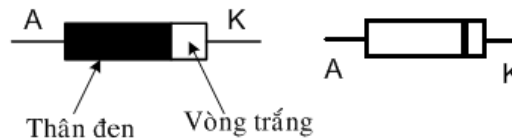
Sự chênh lệch điện tích ở hai bên mỗi nối sẽ tạo thành một điện áp tiếp xúc (V_{tx}), gọi là hàng rào điện thế hay điện trường tiếp xúc (E_{tx}) hướng từ N $\rightarrow$ P.



Hình 6.5: Cấu tạo đi-ốt.

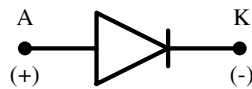
6.2.2 Ký hiệu:

Bề ngoài đi-ốt có nhiều loại, loại thông dụng mà ta thường gặp trên ô tô như sau:



Hình 6.6: Bề ngoài của đi-ốt.

Đi-ốt loại thường có ký hiệu như sau:



c: ký hiệu diode

Hình 6.7: Ký hiệu đi-ốt.

6.3 Nguyên lý hoạt động của Đi - ốt:

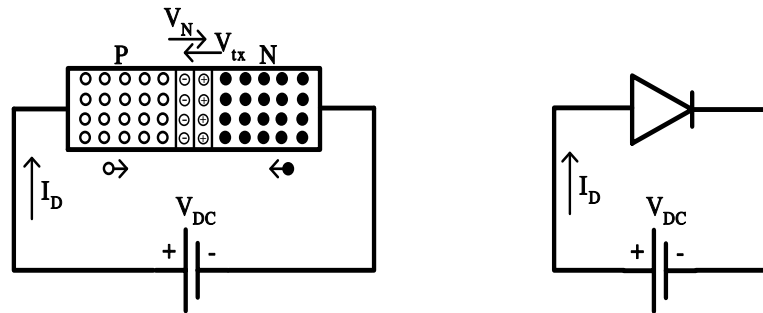
6.3.1 Phân cực thuận:

Dùng nguồn điện 1 chiều, nối cực dương của nguồn với Anốt, cực âm của nguồn với Katốt. Trong trường hợp này điện áp ngoài V_N ngược chiều với điện áp tiếp xúc V_{tx} . Khi đó điện áp ngoài triệt tiêu điện áp tiếp xúc, lúc đó điện tích dương của nguồn sẽ đẩy lỗ trống trong vùng P và điện tích âm của nguồn sẽ đẩy e^- trong vùng N làm cho e^- và lỗ trống lại gần mỗi nối hơn và khi lực đẩy tĩnh điện đủ lớn thì e^- từ N sang mỗi nối qua P và tái hợp với lỗ trống.

Khi vùng N mất e^- trở thành điện tích dương thì vùng N sẽ kéo điện tích âm từ cực âm nguồn lên thế chỗ. Khi vùng P nhận e^- trở thành điện tích âm, thì cực dương của nguồn sẽ kéo điện tích âm từ vùng P về. Như vậy đã có một dòng e^- chạy liên tục từ cực

âm của nguồn qua diode từ N sang P về cực dương của nguồn, nói cách khác, có dòng điện đi qua diode từ N sang P về cực dương của nguồn, hay có dòng điện đi qua diode theo từ P sang N.

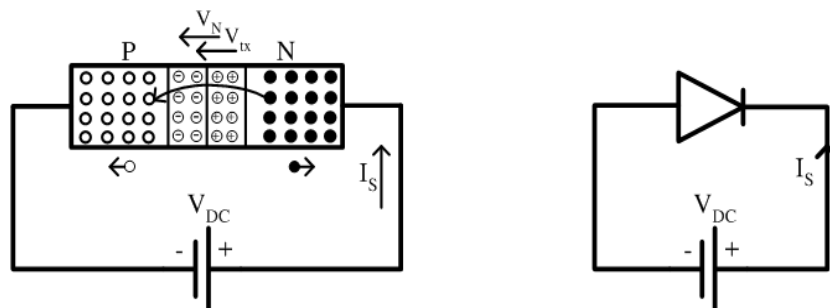
Thực chất chúng ta chỉ cần nắm được: Khi chúng ta cấp điện dương vào cực anốt (P) âm vào cực Katốt (N) thì đi-ốt cho dẫn qua.



Hình 6.8: Phân cực thuận đi-ốt.

6.3.2 Phân cực nghịch:

Dùng nguồn điện một chiều, nối cực âm của nguồn vào Anốt, cực dương của nguồn nối vào Katốt. Trong trường hợp này điện áp ngoài V_N cùng chiều với điện áp tiếp xúc. Lúc đó điện áp tích âm của nguồn sẽ hút lỗ trống của vùng P và điện tích dương của nguồn sẽ hút e^- của vùng N làm cho lỗ trống và e^- hai bên mỗi nối càng xa nhau hơn nên hiện tượng tác hợp giữa e^- và lỗ trống càng khó khăn (do điện áp tiếp xúc tăng). Tuy nhiên trường hợp này vẫn có một dòng điện rất nhỏ đi qua diode từ vùng N sang vùng P, gọi là dòng điện rỉ trị số khoảng nA . Hiện tượng này được giải thích là do trong chất P cũng có một số e^- và trong chất N cũng có một số ít lỗ trống gọi là hạt tải thiểu số, những hạt tải thiểu số này sẽ sinh ra hiện tượng tái hợp và tạo thành dòng điện rỉ.



Hình 6.9: Phân cực ngược đi-ốt.

Dòng điện rỉ còn gọi là dòng điện bão hòa nghịch I_s (Staturate: bão hòa). Dòng điện này có trị số rất nhỏ nên trong nhiều trường hợp người ta coi như diode không dẫn điện khi được phân cực ngược.

Thực chất chúng ta chỉ cần nắm được: Khi chúng ta cấp điện âm vào cực anốt (P) dương vào cực Katốt (N) thì đi-ốt không cho dẫn qua.

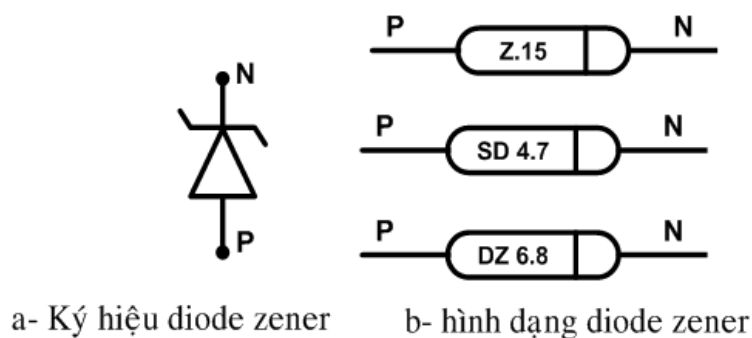
Tuy nhiên khi điện áp ngược đặt vào quá lớn thì đi-ốt cũng sẽ cho dẫn qua, nhưng lúc này thì đi-ốt đã bị phá hủy.

6.4 Giới thiệu các loại Đi - ốt thông dụng khác:

6.4.1 Đi-ốt zen-nơ (zener):

Từ đường đặc tính ngược $V - A$ của diode bán dẫn ta thấy khi điện áp ngược tăng quá trị số cho phép thì tiếp giáp P - N sẽ bị đánh thủng đó chính là hiệu ứng zener, lợi dụng hiệu ứng này người ta chế tạo ra loại diode mà khi xảy ra hiệu ứng đánh thủng tiếp giáp, điện áp hầu như không đổi hay còn gọi là có tính ổn định điện áp, đó chính là loại diode ổn áp hay còn gọi là diode zener.

Vì nó làm việc dựa trên hiệu ứng zener, trong các diode thông thường hiệu ứng đánh thủng điện áp sẽ làm hư diode. Nhưng đối với loại diode ổn áp do chế tạo đặc biệt có nồng độ tạp chất cao hơn và tiết diện tiếp xúc lớn hơn diode thường, thường dùng là loại Si, do đó khi làm việc ở mạch ngoài phải có điện trở hạn chế dòng điện, không cho dòng điện tăng quá trị số cho phép nên diode ổn áp luôn luôn làm ở chế độ đánh thủng nhưng không bị hư.

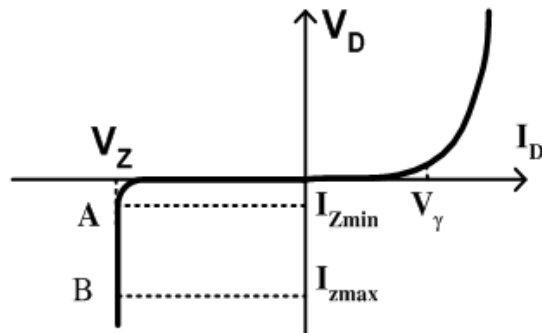


Hình 6.10: Hình dáng bên ngoài và ký hiệu của đi-ốt zen-nơ.

Trạng thái phân cực thuận : Khi phân cực thuận đi-ốt thường.

Trạng thái phân cực ngược: Nếu điện áp ngược đạt trị số ổn áp thì diode sẽ hoạt động và giữ điện áp ở mức cần ổn áp định là V_z đó là đoạn AB trên hình (4.11) giá trị

điện áp ổn định được ghi trên thân diode zener như: 3V; 3,9V; 4V3; 5V; 5,2V; 5,5V; 5,6V; 6,2V ; 6,8V; 7V; 7,5V; 9V2 ...



Hình 6.11: Đường đặc tính của đi-ốt zen-ơ.

Những điều cần nhớ khi phân cực cho đi-ốt zen-ơ như sau: Khi phân cực thuận đi-ốt zen-ơ giống như đi-ốt thường.

Khi phân cực ngược: Đối với đi-ốt thường thì không cho dòng điện đi qua nhưng đối với đi-ốt zen-ơ thì khi đặt điện áp ngược vào đạt đến 1 giá trị nào đó thì đi-ốt zen-ơ cho dòng điện đi qua (giá trị đó gọi là giá trị ổn áp).

Ứng dụng phổ biến của đi-ốt zen-ơ là ổn áp. Sở dĩ người ta sử dụng đi-ốt zen-ơ thay cho cầu phân áp là vì:

Đối với cầu phân áp: Điện áp chiết ra sẽ phụ thuộc vào điện áp của nguồn.

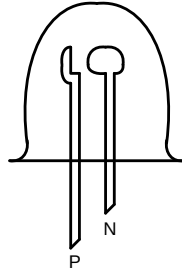
Nhưng đối với đi-ốt zen-ơ thì có thể ổn áp bất chấp nguồn thay đổi.

6.4.2 Đi-ốt phát quang (Led):

Diode phát quang được gọi tắt là led (Light Emitting Diode) thông thường dòng điện đi qua vật dẫn sẽ sinh ra năng lượng dưới dạng nhiệt. Ở một số chất bán dẫn đặc biệt như (GA, AS) khi có dòng điện đi qua thì có hiện tượng bức xạ quang (phát ra ánh sáng).

Tùy theo chất bán dẫn mà ánh sáng phát ra có màu khác nhau. Dựa vào tính chất này người ta chế tạo ra các loại led có màu khác nhau.

Led thường có điện áp phân cực thuận cao hơn diode thường. $V_{led} = 1,5V \div 3V$, nhưng điện áp phân cực ngược thường không cao ($3V \div 15V$)



Hình 6.12: Hình dáng bề ngoài đi-ốt phát quang (Led).

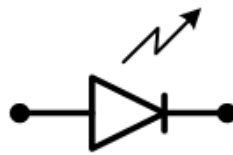
Điện áp phân cực thuận của các led có màu sắc khác nhau như sau:

+ Led đỏ có $V_{led} = 1,4V \div 1,8V$

+ Led vàng có $V_{led} = 2V \div 2,5V$

+ Led xanh lá có $V_{led} = 2V \div 2,8V$

Dòng điện qua led: $I_{led} = 1 \div 20 \text{ mA}$ (thông thường chọn $I_{led} = 10 \text{ mA}$). Led được ứng dụng rất rộng trong các mạch báo hiệu, chỉ thị trạng thái của mạch như báo nguồn, trạng thái thuận hay ngược...

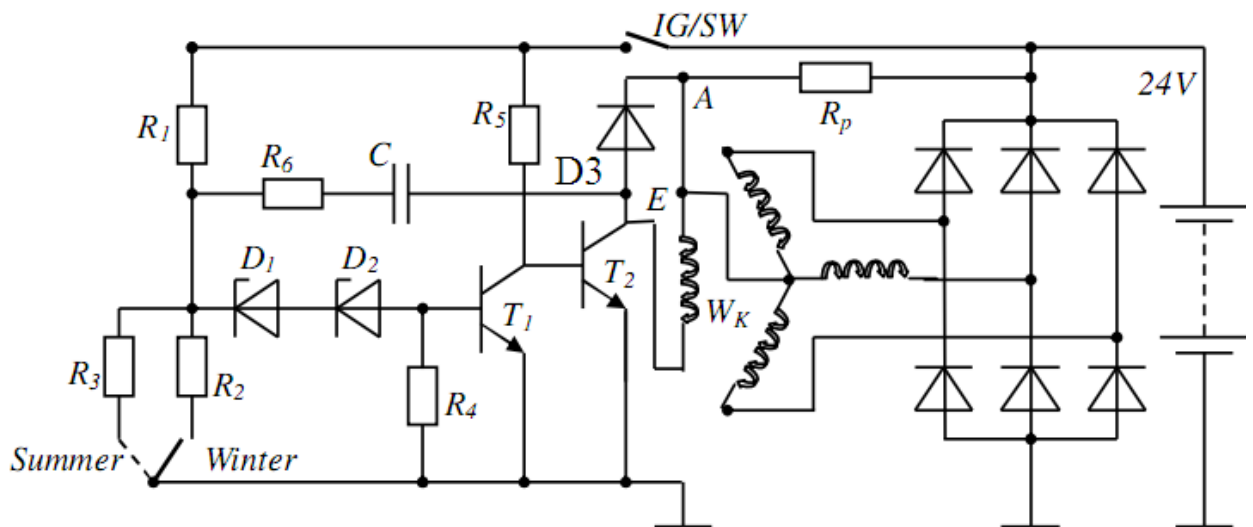


Ký hiệu diode phát quang (led)

Hình 6.13: Ký hiệu đi-ốt phát quang.

6.5 Khảo sát các mạch điện cơ bản sử dụng Đi - ốt:

6.5.1 Mạch chỉnh lưu sử dụng Đi - ốt thường:

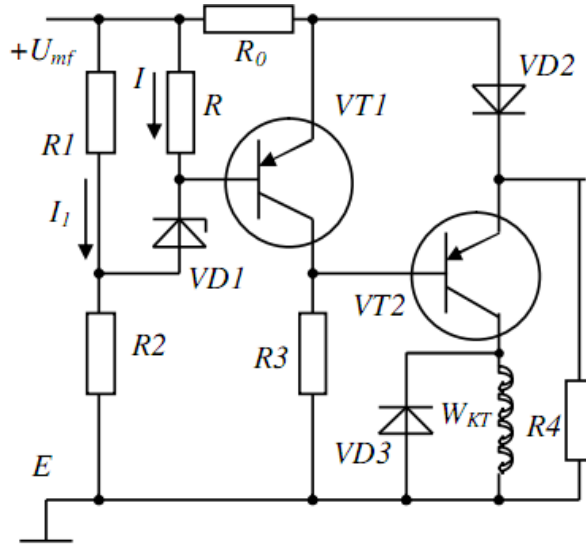


Hình 6.13: Tiết chế ổn áp trên ô tô.

Cho mạch tiết chế có 6 đi-ốt thường làm nhiệm vụ chỉnh lưu, D1 và D2 là đi-ốt zen-
nơ làm nhiệm vụ ổn áp. D3 làm nhiệm vụ dập xung điện phát ra từ cuộn dây kích từ.

6.5.2 Mạch ổn áp sử dụng Di - ốt zen-ơ

Mạch dưới sử dụng đi-ốt zen-nơ VD1 làm đi-ốt ổn áp.

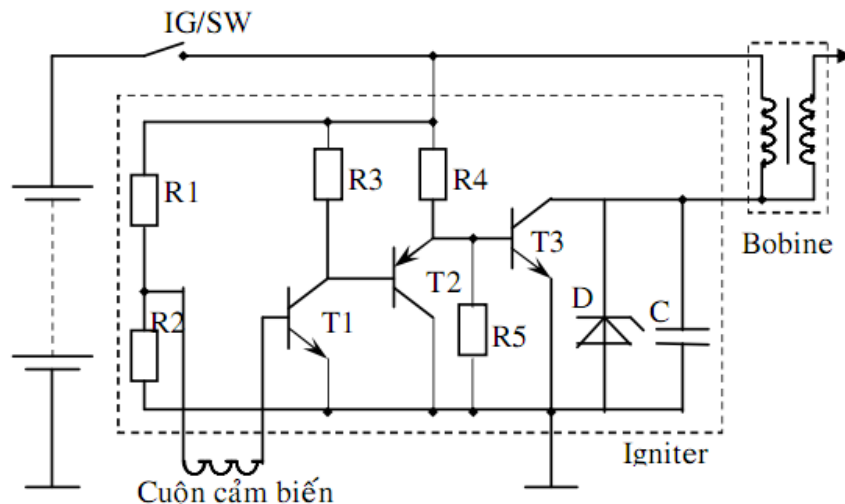


Hình 6.14: Mạch ổn áp sử dụng đi-ốt zen-nơ.

6.6 Phân tích các mạch điện ứng dụng Di - ốt tiêu biểu trên ô tô:

6.6.1 Mạch hệ thống đánh lửa trên ô tô:

Mạch dưới là mạch IC đánh lửa, trong mạch này có sử dụng 1 đi-ốt zen-ơ, đi-ốt này có tác dụng ổn áp 2 đầu transistor T3.



Hình 6.15: Mạch IC đánh lửa có sử dụng đi-ốt zen-ơ.

6.6.2 Mạch ổn định điện áp (tiết chế) trên ô tô:

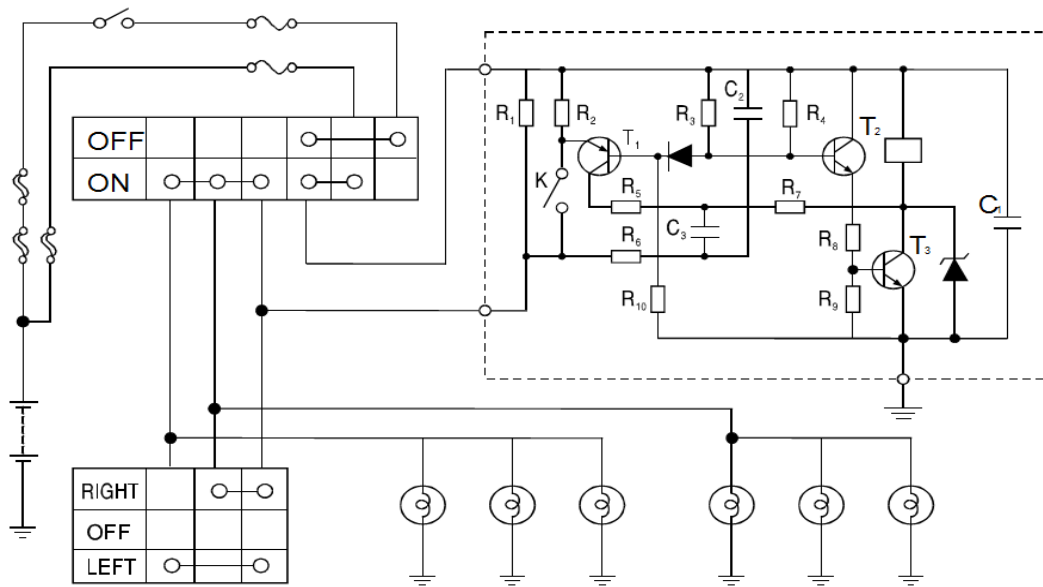
Mạch trên hình 4.14 sử dụng đi-ốt zen-nơ để ổn áp điện áp máy phát. Khi điện áp máy phát còn thấp thì VD1 sẽ không cho điện đi qua → kết quả là cuộn kích từ sẽ được kích từ. Điều này sẽ làm cho máy phát phát ra điện cao hơn.

Khi điện áp máy phát cao thì VD1 sẽ cho điện đi qua → kết quả là cuộn kích từ sẽ không được kích từ. Điều này sẽ làm cho máy phát phát ra điện thấp xuống.

Các kiến thức về tiết chế sẽ được nhắc lại chi tiết hơn trong các phần sau.

6.6.3 Mạch đèn chớp tắt của hệ thống tín hiệu trên ô tô

Trong mạch tạo nháy cũng có 2 đi-ốt (màu đen), đi-ốt zen-nơ có chức năng ổn áp, trong khi đó đi-ốt thường làm chức năng không cho dòng điện đi qua.



Hình 6.16: Các đi-ốt trong mạch tạo nháy hệ thống tín hiệu.