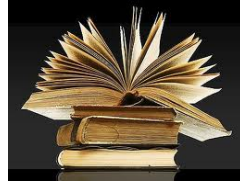


TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐÀ LẠT
KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN



GIÁO TRÌNH

ĐIỆN TỬ CĂN BẢN



THÁNG 1/2005

TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐÀ LẠT
KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

Giáo trình

ĐIỆN TỬ
CĂN BẢN

Tháng 1 - 2005

LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình **ĐIỆN TỬ CĂN BẢN** là tài liệu học tập dành cho sinh viên Khoa Công nghệ Thông tin.

Điện tử căn bản trình bày cấu tạo và hoạt động của các linh kiện điện tử và mạch của chúng. Đây là những kiến thức cơ sở để hiểu biết cấu trúc máy tính và các thiết bị phần cứng của kỹ thuật công nghệ thông tin. Nội dung chủ yếu của giáo trình là mô tả cấu tạo, đặc trưng của các linh kiện điện tử bán dẫn như diode, transistor, IC và các mạch ứng dụng căn bản của chúng.

Giáo trình gồm 11 chương

Chương 1: Một số khái niệm

Chương 2: Diode bán dẫn và mạch diode

Chương 3: Transistor

Chương 4: Phân cực transistor

Chương 5: Khuếch đại transistor

Chương 6: Khuếch đại công suất

Chương 7: Các hiệu ứng tần số của mạch khuếch đại

Chương 8: Các linh kiện bán dẫn đặc biệt

Chương 9: Khuếch đại thuật toán

Chương 10: Các mạch dao động

Chương 11: Nguồn nuôi

Nội dung của giáo trình rất rộng mà thời gian lại hạn chế trong 60 tiết do đó một số vấn đề bị bỏ qua. Sinh viên có thể tham khảo thêm textbook bằng tiếng Anh sau đây tại thư viện Khoa Công nghệ Thông tin.

Electronic Principles Malvino, Mc Graw-Hill, 1999

Sinh viên cũng có thể vào Website: www.alldatasheet.com để có thêm các thông tin chi tiết về số liệu kỹ thuật của các linh kiện.

Do trình độ người viết có hạn, chắc chắn giáo trình còn có nhiều thiếu sót. Rất mong được sự góp ý của bạn đọc.

Đà Lạt, tháng 1 năm 2005

Phan Văn Nghĩa

Chương I **MỘT SỐ KHÁI NIỆM**

I.1 SỰ GẦN ĐÚNG

Trong cuộc sống chúng ta thường xuyên dùng sự gần đúng hay xấp xỉ. Trong kỹ thuật cũng vậy. Chúng ta thường dùng các mức gần đúng sau:

- ◆ Gần đúng lý tưởng (đôi khi gọi là gần đúng bậc 1)
- ◆ Gần đúng bậc 2
- ◆ Gần đúng bậc 3
- ◆ Mô tả chính xác

1) **Gần đúng lý tưởng.** Một đoạn dây AWG22 dài 1 inch (2.54cm) có điện trở thuần $R=0.016\Omega$, cuộn cảm $L=0.24\mu\text{H}$ và tụ $C=3.3\text{pF}$. Nếu chúng ta tính tới tất cả các ảnh hưởng của RLC thì tính toán liên quan đến dòng và thế sẽ mất nhiều thời gian và có thể phức tạp. Vì vậy trong nhiều trường hợp, để đơn giản, có thể bỏ qua RLC của đoạn dây dẫn.

Sự gần đúng lý tưởng, là mạch tương đương đơn giản nhất của thiết bị. Ví dụ, gần đúng lý tưởng của một đoạn dây nối là một vật dẫn có trở kháng $Z=0$. Sự gần đúng này là đủ cho các thiết bị điện tử thông thường. Trường hợp ngoại lệ sẽ xảy ra tại tần số cao. Khi đó phải xét đến cảm kháng và dung kháng. Giả sử rằng 1 inch dây nối có $L=0.24\mu\text{H}$ và $C=3.3\text{pF}$ thì tại tần số $f=10\text{MHz}$ cảm kháng và dung kháng tương đương của chúng là 15.1Ω và $4.82\text{K}\Omega$. Chúng ta thường dùng gần đúng lý tưởng đối với dây nối khi tần số $f<1\text{MHz}$. Tuy nhiên không có nghĩa là chúng ta không cần để ý đến chiều dài của dây nối. Trên thực tế, cần làm cho dây nối ngắn đến mức có thể.

Trong khi tìm hỏng cho mạch hay thiết bị, một gần đúng lý tưởng là đủ dùng. Trong giáo trình này chúng ta dùng gần đúng lý tưởng cho các thiết bị bán dẫn bằng cách giản lược chúng như các mạch tương đương đơn giản. Bằng cách dùng gần đúng lý tưởng, chúng ta dễ dàng phân tích và hiểu hoạt động của các mạch bán dẫn.

2) **Gần đúng bậc 2.** Gần đúng bậc 2 thêm một hoặc nhiều thành phần vào gần đúng lý tưởng. Nếu gần đúng lý tưởng của 1 viên pin là 1.5V thì gần đúng bậc 2 của 1 viên pin là một nguồn thế 1.5V nối tiếp với 1 điện trở 10Ω . Điện trở này gọi là điện trở trong hay điện trở nguồn của viên pin. Nếu điện trở tải bé hơn 100Ω , thế trên tải có thể bé hơn 1.5V do sụt thế qua điện trở nguồn. Lúc này các tính toán cần phải kèm theo cả điện trở nguồn của pin.

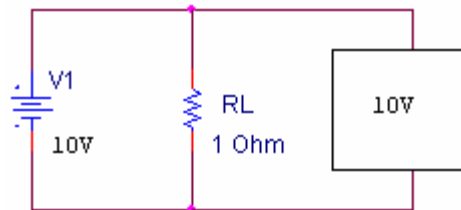
3) **Gần đúng bậc 3 và các gần đúng cao hơn.** Gần đúng bậc 3 kèm theo một số phần tử nữa vào mạch tương đương của thiết bị. Thậm chí các gần đúng cao hơn nữa cần phải làm khi phân tích mạch. Tính toán bằng tay đối với các mạch tương đương gần đúng cao hơn bậc 2 trở nên rất khó khăn. Trong trường hợp này chúng ta sẽ dùng chương trình máy tính. Ví dụ EWB (Electronics Work Bench) hoặc Pspice là các phần mềm máy tính trong đó dùng các gần đúng bậc cao để phân tích mạch.

Tóm lại, việc sử dụng gần đúng loại nào là phụ thuộc vào yêu cầu công việc mà chúng ta phải làm. Nếu chúng ta đang tìm lỗi hay sửa chữa thiết bị, gần đúng bậc 1 là đủ. Trong nhiều trường hợp gần đúng bậc 2 là lựa chọn tốt vì dễ dùng và không yêu cầu máy tính. Đối với các gần đúng cao hơn cần phải dùng máy tính và một chương trình.

I.2 NGUỒN THẾ

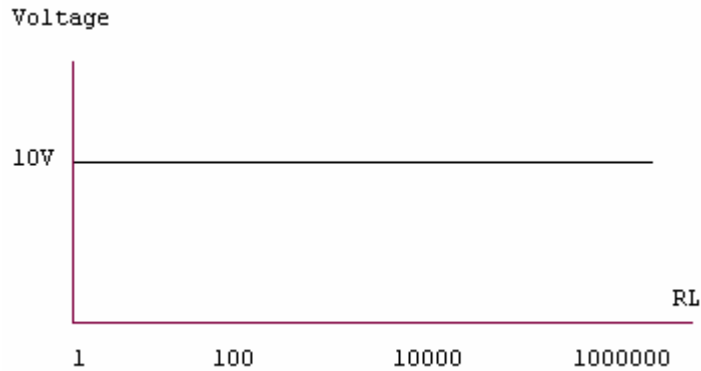
Một nguồn thế lý tưởng tạo ra một hiệu điện thế là hằng số trên tải. Ví dụ đơn giản nhất của một nguồn thế lý tưởng là một acqui hoàn hảo, một acqui mà điện trở trong của nó bằng 0.

Hình 1-1a là hình vẽ một mạch, trong đó nguồn thế $V_1=10V$ nối với điện trở tải $R_L=1\Omega$. Vôn kế chỉ 10V, đúng bằng giá trị của nguồn thế.



Hình 1-1a: Nguồn thế và tải

Hình 1-1b cho thấy giản đồ của hiệu điện thế trên tải và điện trở tải. Theo giản đồ, hiệu điện thế trên tải vẫn 10V khi điện trở tải thay đổi từ 1Ω đến $1M\Omega$. Nói một cách khác, một nguồn thế lý tưởng tạo ra một thế trên tải là hằng số bất chấp điện trở tải là lớn hay bé. Với một nguồn thế lý tưởng, chỉ có dòng tải thay đổi khi điện trở tải thay đổi.

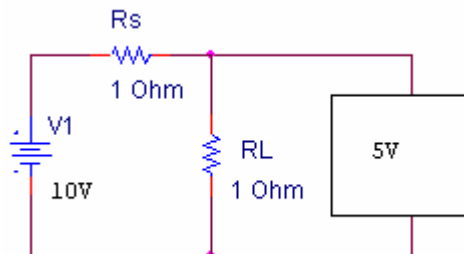


Hình 1-1b: Quan hệ giữa thế tải và trở tải

Gần đúng bậc 2 của nguồn thế.

Nguồn thế lý tưởng là thiết bị chỉ có về mặt lý thuyết, nó không tồn tại trong thực tế. Vì khi điện trở tải gần bằng 0, dòng tải sẽ gần bằng vô cùng. Không có một nguồn thế thực nào có thể tạo ra một dòng tải vô hạn vì nguồn thế thực luôn luôn có điện trở trong (điện trở nguồn). Gần đúng bậc 2 của một nguồn thế phải kèm theo điện trở trong này.

Hình 1-2a mô tả ý tưởng này. Điện trở trong 1Ω nối tiếp với bộ acqui lý tưởng. Khi đó giá trị chỉ trên Vôn kế là 5V thay vì 10V.

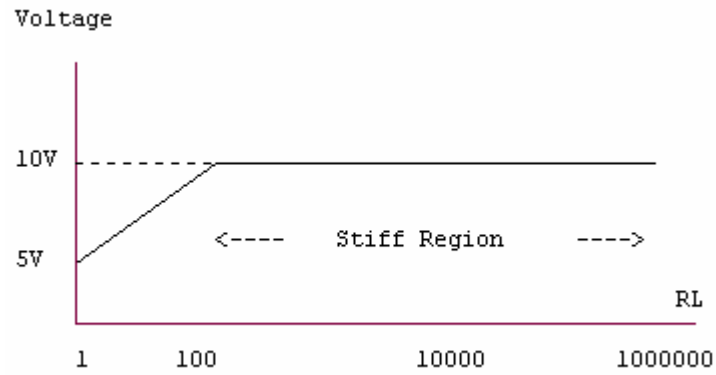


Hình 1-2a: Nguồn thế với điện trở trong

Hình 1-2b là giản đồ của thế trên tải và điện trở tải của một nguồn thế thực. Thế trên tải chỉ đạt được giá trị 10V khi điện trở tải lớn hơn điện trở nguồn nhiều lần, lớn hơn đến mức có thể bỏ qua điện trở nguồn.

Nguồn thế mạnh (Stiff Voltage Source)

Chúng ta có thể bỏ qua điện trở nguồn khi nó nhỏ hơn điện trở tải ít nhất là 100 lần. Tất cả các nguồn thế thỏa mãn điều kiện này gọi là nguồn thế mạnh.



Hình 1-2b: Thế trên tải và trở tải đối với nguồn thế thực

Một nguồn thế mạnh nếu thỏa điều kiện:

$$R_S < 0.01R_L \quad (1-1)$$

Điện trở tải bé nhất mà nguồn thế vẫn mạnh là:

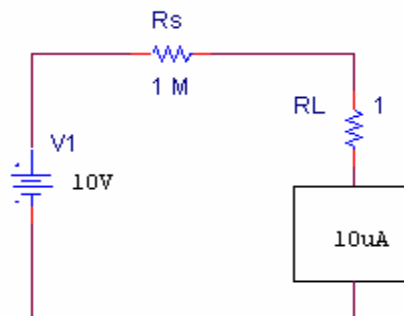
$$R_{L(\min)} = 100R_S \quad (1-2)$$

Theo (1-2) điện trở tải bé nhất phải bằng 100 lần điện trở nguồn. Trong trường hợp này, sai số tính toán do bỏ qua điện trở nguồn là 1%. Giá trị sai số này là đủ nhỏ để bỏ qua trong gần đúng bậc 2.

Lưu ý:

- Định nghĩa về nguồn thế mạnh áp dụng cho cả nguồn DC lẫn nguồn AC.
- Gần đúng bậc 2 chỉ có ý nghĩa tại tần số thấp. Tại tần số cao, các hệ số cần phải xem xét thêm là cảm kháng và dung kháng.

I.3 NGUỒN DÒNG



Hình 1-3: Nguồn dòng

Một nguồn thế DC cung cấp một thế trên tải không đổi đối với các điện trở tải khác nhau. Nguồn dòng DC tạo ra một dòng tải là hằng số đối với các điện trở khác nhau. Ví dụ một nguồn dòng lý tưởng là một acqui có điện trở trong rất lớn như hình 1-3.

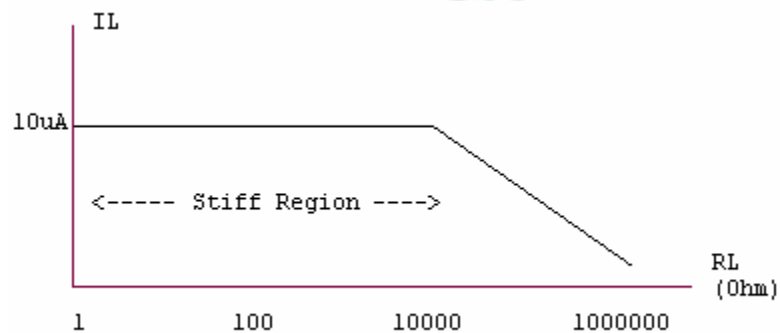
Trong mạch hình 1-3, dòng tải tính bởi:

$$I_L = V / (R_s + R_L)$$

với $R_L = 1\Omega$, $R_s = 1M\Omega$, dòng tải bằng:

$$I_L = 10V / (1M + 1) = 10\mu A$$

Trong tính toán trên đây, điện trở tải ảnh hưởng không đáng kể lên dòng tải.



Hình 1-4: ảnh hưởng của điện trở tải đối với dòng tải

Hình 1-4 chỉ ra ảnh hưởng của điện trở tải đối với dòng tải. Dòng tải vẫn là $10\mu A$ trong một vùng rộng của điện trở tải. Khi điện trở tải lớn hơn $10K\Omega$ ($R_L > 1\% R_s$) thì dòng tải bắt đầu thay đổi.

Nguồn dòng mạnh.

Chúng ta có thể bỏ qua ảnh hưởng của điện trở nguồn của một nguồn dòng nếu nó lớn hơn điện trở tải ít nhất là 100 lần. Mọi nguồn dòng thỏa điều kiện này gọi là nguồn dòng mạnh.

Nguồn dòng mạnh nếu thỏa điều kiện:

$$R_s > 100R_L \quad (1-3)$$

Trong trường hợp giới hạn, điện trở tải lớn nhất mà nguồn vẫn được xem là nguồn dòng mạnh khi

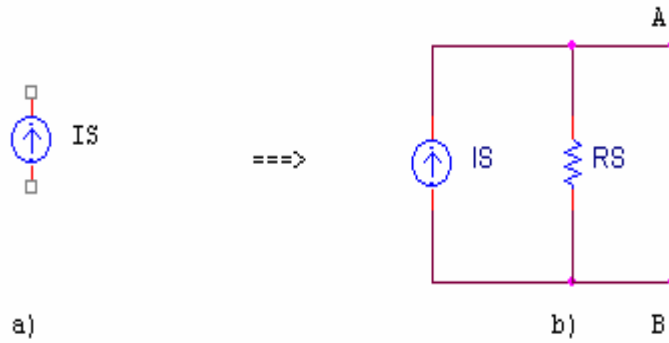
$$R_L(\max) = 0.01R_s \quad (1-4)$$

Theo (1-4) điện trở tải lớn nhất bằng 1/100 điện trở nguồn.

Hình 1-5a ký hiệu một nguồn dòng lý tưởng, trong đó thiết bị tạo ra một dòng hằng I_s với điện trở nội của nguồn R_s là vô cùng.

Hình 1-5b chỉ ra gần đúng bậc 2 của nguồn dòng. Ở đó điện trở trong R_s mắc song song với nguồn dòng lý tưởng I_s . Phần cuối của chương này sẽ

xem xét định lý Norton, khi đó chúng ta sẽ biết tại sao R_s lại mắc song song với nguồn dòng I_s .

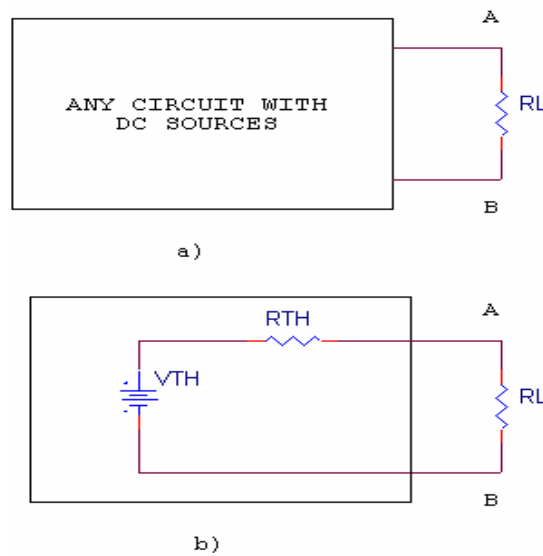


Hình 1-5: Nguồn dòng

Bảng sau cho thấy sự khác nhau giữa nguồn thế và nguồn dòng.

Đại lượng	Nguồn thế	Nguồn dòng
R_s	Rất bé	Rất lớn
R_L	$> 100 R_s$	$< 0.01 R_s$
V_L	Hằng	Phụ thuộc R_L
I_L	Phụ thuộc R_L	Hằng

I.4 ĐỊNH LÝ THEVENIN



Hình 1-6: Thế Thevenin

Định lý là một mệnh đề có thể chứng minh bằng toán học. Sau đây chúng ta xem xét một số khái niệm liên quan đến định lý Thevenin, tên một kỹ sư người Pháp.

Thế Thevenin (V_{TH}): Trên hình 1-6, thế Thevenin là thế đo được giữa 2 đầu điện trở tải (hai đầu AB) khi không có điện trở tải (điện trở tải hở mạch). Vì vậy đôi khi thế Thevenin còn gọi là thế hở mạch.

Thế Thevenin:

$$V_{TH} = V_{OC} \quad (1-5)$$

Trở Thevenin (R_{TH}): là điện trở đo được giữa 2 đầu điện trở tải khi điện trở tải hở mạch và khi tất cả các nguồn giảm tới 0.

Giảm nguồn tới 0 có ý nghĩa khác nhau đối với nguồn dòng và nguồn thế. Cụ thể như sau:

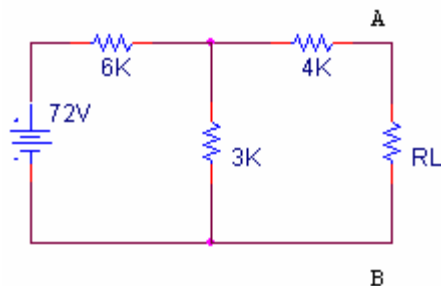
- ◆ Đối với nguồn thế: ngắn mạch
- ◆ Đối với nguồn dòng: hở mạch

Vậy định lý Thevenin đề cập đến cái gì? Theo định lý Thevenin, mọi hộp đen chứa mạch gồm nguồn DC và các điện trở tuyến tính (là điện trở không thay đổi giá trị khi thay đổi thế trên nó) như hình 1-6a có thể thay thế bằng một nguồn thế Thevenin và một điện trở Thevenin tương đương như hình 1-6b. Khi đó dòng qua tải bằng

$$I_L = V_{TH} / (R_{TH} + R_L) \quad (1-6)$$

Định lý Thevenin là một công cụ mạnh. Nó không chỉ giúp đơn giản các tính toán mà còn giúp giải thích hoạt động của các mạch mà nếu chỉ dùng các phương trình Kirchoff thì không thể làm được.

Ví dụ: Tính thế và trở Thevenin cho mạch hình 1-7.



Hình 1-7

Để tính thế Thevenin chúng ta hở mạch điện trở tải R_L . Dễ dàng thấy rằng $V_{TH} = 24V$.

Để tính trở Thevenin cần hở mạch tải và ngắn mạch nguồn 72V. Khi đó:

$$R_{TH} = 4 + (3//6) = 6K\Omega$$

Có thể dùng Vôn kế và Ohm kế để đo thế Thevenin và trở Thevenin. Độ chính xác của các phép đo phụ thuộc vào loại máy đo được sử dụng. Ví dụ nếu sử dụng máy đo thế loại chỉ thị kim có độ nhạy $20K\Omega/V$ tại thang đo $30V$ thì trở kháng vào của máy đo là $600K\Omega$. Khi đó thế đo được sẽ bé hơn thế Thevenin một chút. Thường người ta dùng vôn kế có trở kháng vào vào lớn hơn trở Thevenin ít nhất là 100 lần. Khi đó sai số sẽ bé hơn 1%. Để có trở kháng vào cao, ngày nay người ta dùng vôn kế số (Digital Multimeter) với trở kháng vào cỡ $10M\Omega$.

1.5 ĐỊNH LÝ NORTON

Trên hình 1-8a, dòng Norton I_N được định nghĩa là dòng tải khi điện trở tải ngắn mạch. Vì vậy dòng Norton còn gọi là dòng ngắn mạch.

$$I_N = I_{SC} \quad (1-7)$$

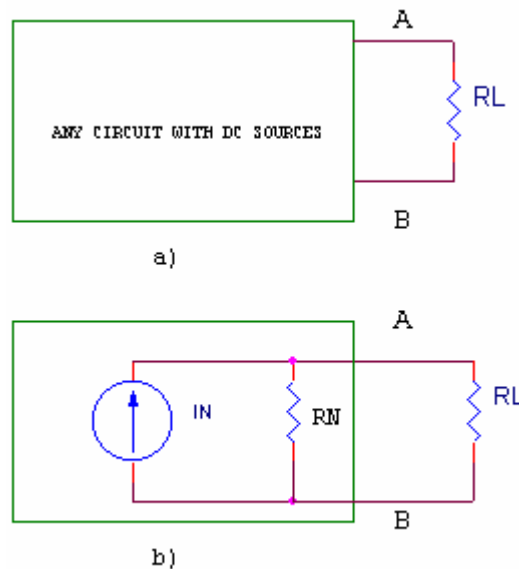
Điện trở Norton là điện trở đo giữa hai đầu điện trở tải khi hở mạch điện trở tải và tất cả các nguồn giảm tới 0.

$$R_N = R_{OC} \quad (1-8)$$

Do điện trở Thevenin cũng bằng R_{OC} , nên thể viết:

$$R_{TH} = R_N \quad (1-9)$$

nghĩa là điện trở Thevenin và điện trở Norton là bằng nhau.



Hình 1-8: Mạch Norton

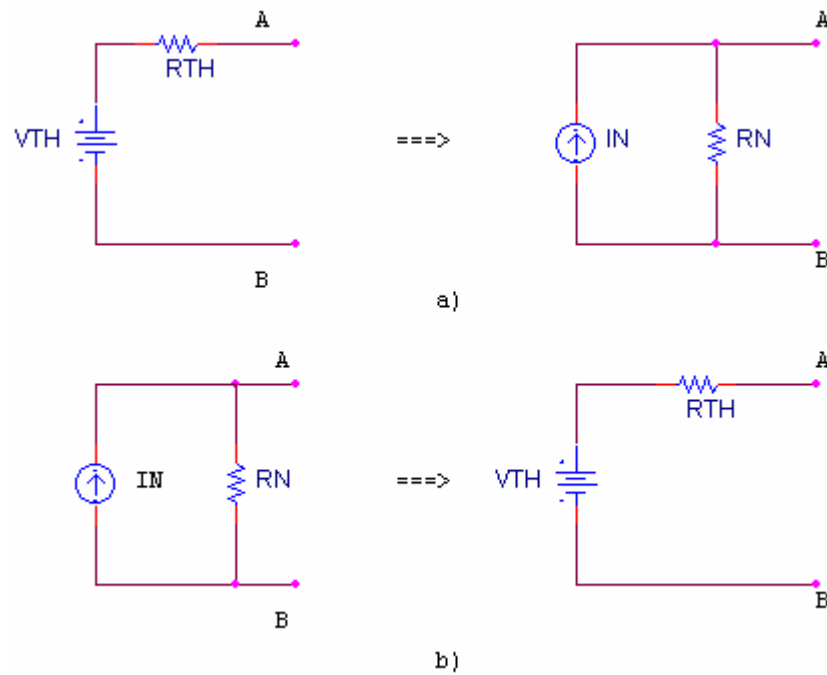
Trong hình 1-8a, hộp đen chứa mạch bất kỳ gồm nguồn DC và các điện trở tuyến tính. Định lý Norton phát biểu rằng, có thể thay thế mạch hình 1-8a bằng mạch hình 1-8b.

Dưới dạng biểu thức:

$$V_L = I_N(R_N // R_L) \quad (1-10)$$

Theo (1-10) thế trên tải bằng dòng Norton nhân với điện trở tải mắc song song với điện trở Norton.

Định lý Norton và Thevenin là tương đương. Trên thực tế, có thể biến đổi nguồn thế Thevenin thành nguồn dòng Norton và ngược lại. Hình 1-9 cho thấy các cách biến đổi.



Hình 1-9: Biến đổi Thevenin - Norton

Có thể thấy rằng trở Norton và trở Thevenin là giống nhau. Quan hệ giữa dòng Norton và thế Thevenin là

$$I_N = V_{TH} / R_{TH} \quad (1-11)$$

Ví dụ: Giả sử rằng chúng ta đã rút gọn một mạch thành mạch Thevenin như hình 1-10. Hãy biến đổi mạch này thành mạch Norton.

Lời giải: Dùng phương trình (1-11) ta có:

$$I_N = 10V/2K = 5mA$$

Hình 1-10b vẽ mạch Norton tương đương của mạch Thevenin trên hình 1-10a.



Hình 1-10

Chương II **DIODE BÁN DẪN VÀ MẠCH DIODE**

II.1 CÁC LOẠI CHẤT BÁN DẪN

Theo tính chất dẫn điện, có 3 loại vật chất:

- ◆ Chất dẫn điện
- ◆ Chất không dẫn điện (điện môi)
- ◆ Chất bán dẫn

Trong chất dẫn điện thường chỉ có 1 electron ở vùng hoá trị, trong khi đó các chất điện môi có 8 electron ở vùng hoá trị. Bán dẫn có tính chất trung gian giữa điện môi và chất dẫn điện, chúng có 4 electron ở vùng hoá trị.

Germanium (Ge) và silicon (Si) là các chất bán dẫn điển hình. Ở trạng thái tinh thể tinh khiết (không bị pha tạp), mỗi nguyên tử Ge và Si dùng 4 electron hoá trị của chúng để liên kết với 4 electron hoá trị của 4 nguyên tử khác tạo ra cấu trúc tinh thể bền vững về mặt hoá học.

Khái niệm lỗ trống trong chất bán dẫn. Ở nhiệt độ trên 0 độ tuyệt đối ($> -273^{\circ}\text{C}$) các electron trong mạng tinh thể sẽ chuyển động nhiệt. Nhiệt độ càng cao thì chuyển động nhiệt của các electron càng lớn. Chuyển động nhiệt này có thể làm cho 1 electron trong vùng hoá trị chuyển lên các quỹ đạo có năng lượng cao hơn. Lúc này electron là tự do. Nó di chuyển trong vùng dẫn. Cùng với sự tạo thành một electron tự do, sẽ xuất hiện một lỗ trống (mang điện tích dương) trong vùng hoá trị. Số electron tự do đúng bằng số lỗ trống. Lỗ trống là điểm khác biệt quan trọng nhất giữa bán dẫn và vật dẫn.

Nếu tồn tại 1 điện trường ngoài, thì trong chất bán dẫn sẽ có dòng chạy qua. Dòng này là dòng của các electron tự do và lỗ trống ngược chiều nhau. Độ dẫn điện của bán dẫn tinh khiết tăng theo nhiệt độ và có giá trị bé.

Để tăng độ dẫn điện của bán dẫn tinh khiết cần phải pha tạp (doping). Có 2 cách thường dùng:

Pha tạp loại N (negative). Để tăng số electron tự do trong bán dẫn, người ta pha tạp nguyên tử hoá trị 5 (còn gọi là chất cho, Photpho chẳng hạn) với bán dẫn tinh khiết, tạo thành bán dẫn loại N. Trong bán dẫn loại N, dễ dàng thấy rằng nguyên tử chất cho sẽ thừa 1 electron và làm cho số electron trong bán dẫn loại N chiếm đa số. Lỗ trống là phần tử thiếu số trong bán dẫn loại N.

Pha tạp loại P (positive). Người ta pha tạp nguyên tử hoá trị 3 (còn gọi là chất nhận, Nhôm chẳng hạn) vào bán dẫn tinh khiết để tạo ra chất bán dẫn

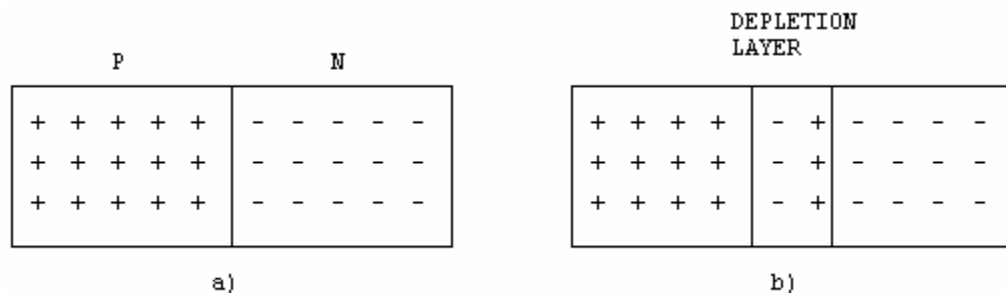
loại P. Trong bán dẫn loại P, phần tử tải điện đa số là lỗ trống, phần tử tải điện thiểu số là electron tự do.

Bán dẫn loại N và loại P có thể chế tạo từ tinh thể Ge hoặc Si. Công nghệ Ge là công nghệ của những năm 60 (thế kỷ 20). Ngày nay, hầu hết các chất bán dẫn là Si.

II.2 TIẾP XÚC PN

Giả sử có một mẫu bán dẫn Si tinh khiết. Người ta pha tạp mẫu bán dẫn sao cho phía bên trái là bán dẫn loại P, còn phía bên phải là bán dẫn loại N. Biên giới giữa bán dẫn loại P và bán dẫn loại N gọi là **tiếp xúc PN**. Tiếp xúc PN đã dẫn đến các phát minh về diode, transistor, IC (Integrated Circuits)... Việc hiểu biết tính chất của tiếp xúc PN là cơ sở để hiểu biết hoạt động của các linh kiện và thiết bị bán dẫn.

Tiếp xúc PN còn gọi là một diode bán dẫn (từ nay trở đi gọi là diode). Chúng ta hãy xem xét các tính chất của một diode khi không phân cực.



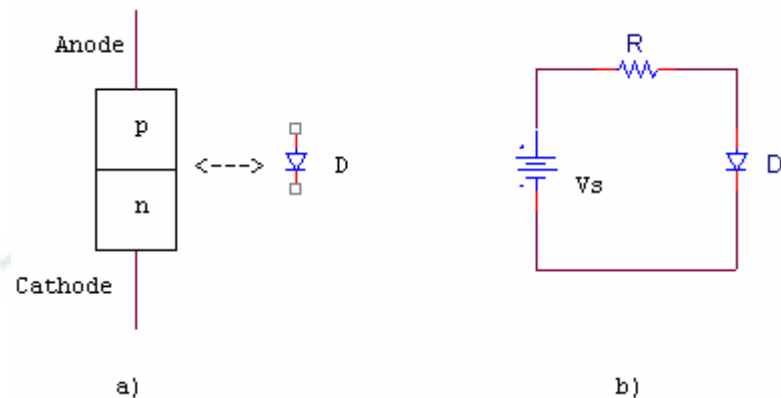
Hình 2-1: Tiếp xúc PN không phân cực

Tại lớp tiếp xúc, sẽ hình thành một vùng nghèo điện tích (depletion layer) do sự khuếch tán của electron từ N vào P sau đó các electron này tái hợp với lỗ trống làm cho số phần tử tải điện tại vùng này giảm. Sự khuếch tán cũng tạo ra một hàng rào thế năng hướng từ N sang P. Ở nhiệt độ 25⁰C, hàng rào thế năng có giá trị cỡ 0.3V đối với Ge và 0.7V đối với Si. Sự hiện diện của rào thế ngăn cản quá trình khuếch tán tiếp tục và hệ ở trạng thái dừng.

II.3 DIODE BÁN DẪN CÓ PHÂN CỰC

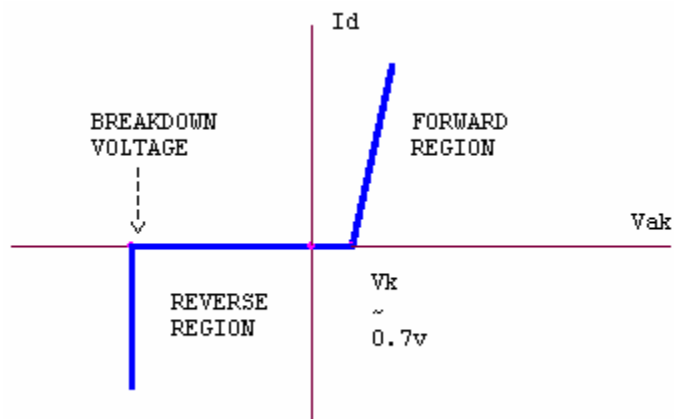
Hình 2-2a cho thấy ký hiệu của một diode. Bên bán dẫn P gọi là Anode (ký hiệu là A), bên bán dẫn N gọi là Cathode (ký hiệu là K). Trên sơ đồ người ta ký hiệu diode như một mũi tên chỉ từ P sang N hay từ Anode sang Cathode.

Hình 2-2b trình bày một mạch diode. Trong mạch này diode được phân cực thuận ($V_a > V_k$). Sự phân cực thuận làm cho các electron tự do bên bán dẫn N và lỗ trống bên bán dẫn P vượt qua mối nối tạo thành dòng điện trong diode (dòng I_a).



Hình 2-2: Diode và phân cực thuận diode

Trong phòng thí nghiệm có thể setup một mạch như hình 2-2b. Bằng cách đo dòng và thế trên diode ứng với phân cực thuận và phân cực nghịch ($V_a < V_k$) có thể vẽ giản đồ quan hệ giữa dòng và thế trên diode như hình 2-3.



Hình 2-3: Giản đồ IV của diode

Theo hình 2-3, khi phân cực thuận, dòng qua diode sẽ không đáng kể cho đến khi $V_k >$ hàng rào thế năng (barrier potential). Ngược lại, khi phân cực ngược, có 1 dòng điện rất bé qua diode cho đến điện áp đặt lên diode vượt qua điện thế đánh thủng (Breakdown Voltage =BV).

Trong vùng phân cực thuận, điện thế tại đó dòng I_k bắt đầu tăng nhanh gọi là điện thế mỗi nối (knee voltage) của diode. Điện thế mỗi nối có giá trị bằng hàng rào thế năng. Khi phân tích mạch diode phân cực thuận chúng ta thường xét xem điện thế trên diode là bé hơn hay lớn hơn điện thế mỗi nối. Nếu lớn hơn, diode dễ dàng dẫn điện. Nếu bé hơn, diode không dẫn điện (dẫn điện kém). Chúng ta định nghĩa điện thế mỗi nối của diode silicon là:

$$V_k \approx 0.7V \quad (2-1)$$

Điện thế mỗi nối của diode germanium là 0.3V. Hiện nay diode germanium ít được dùng, nhưng điện thế mỗi nối của nó thấp là một ưu điểm và vì vậy một số ứng dụng vẫn dùng diode germanium.

Khi điện thế trên diode vượt qua điện thế mỗi nối thì dòng qua diode tăng nhanh và theo quy luật tuyến tính. Lúc này diode đóng vai trò như điện trở. Chúng ta gọi điện trở này là điện trở Bulk (R_B) của diode.

$$R_B = R_P + R_N \quad (2-2)$$

Trong đó R_P và R_N là điện trở tương ứng của vùng P và vùng N. Chúng phụ thuộc vào mật độ pha tạp và kích thước của các vùng này. Thông thường $R_B < 1\Omega$. Chúng ta chỉ quan tâm đến R_B của diode trong gần đúng bậc 3. Trong giáo trình này chúng ta không xem xét đến gần đúng bậc 3.

Nếu dòng điện qua diode quá lớn, sự quá nhiệt sẽ phá hủy diode. Vì vậy trong bảng số liệu kỹ thuật (data sheet) của nhà máy sản xuất có ghi dòng cực đại của một diode. Đó là dòng điện tối đa mà diode có thể hoạt động bình thường và không làm giảm tuổi thọ cũng như các đặc trưng của nó. Dòng thuận tối đa của 1 diode thường được ghi bằng I_{max} , $I_{F(max)}$, I_o ... Ví dụ diode 1N456 có $I_{max} = 135mA$.

Có thể tính công suất tiêu tán (power dissipation) của một diode giống như tính công suất tiêu tán của một điện trở. Nó bằng tích giữa dòng và thế trên diode.

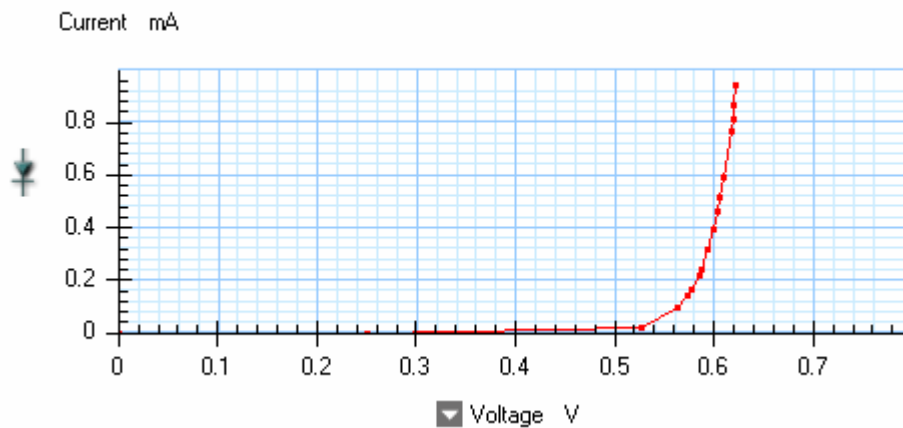
$$P_D = V_D \cdot I_D \quad (2-3)$$

Giới hạn công suất (power rating) của một diode là công suất tối đa mà diode có thể tiêu tán và không làm giảm tuổi thọ cũng như các đặc tính khác. Nếu ký hiệu giới hạn công suất là P_{max} thì

$$P_{max} = V_{max} \cdot I_{max} \quad (2-4)$$

II.4 DIODE LÝ TƯỞNG

Hình 2-4 cho thấy giản đồ dòng thế của một diode trong vùng phân cực thuận. Lưu ý rằng dòng qua diode xấp xỉ bằng 0 cho đến khi thế trên diode đạt tới giá trị hàng rào thế. Trong vùng lân cận 0.6V đến 0.7V dòng qua diode tăng. Khi thế trên diode lớn hơn 0.8V dòng qua diode tăng rất mạnh và đồ thị là đường thẳng.



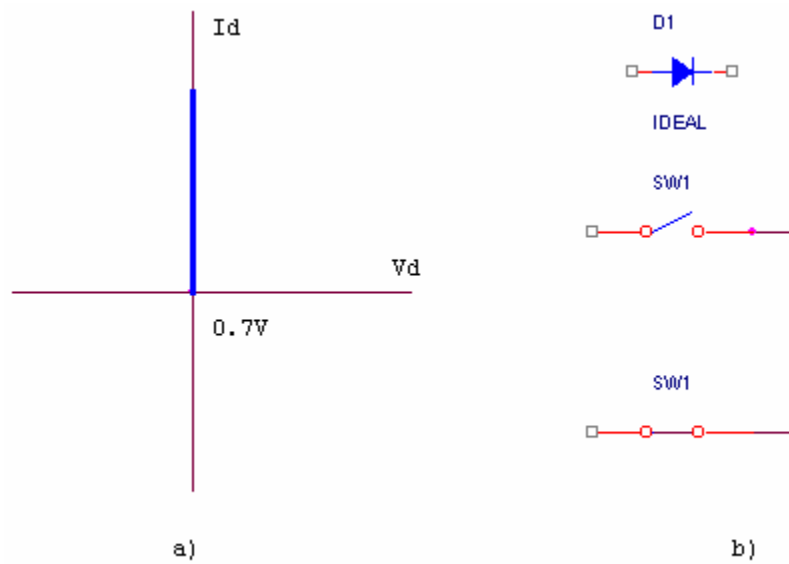
Hình 2-4: Giản đồ dòng thế của diode phân cực thuận

Tùy thuộc vào kích thước vật lý và mật độ pha tạp, các đặc trưng của diode như dòng thuận tối đa, giới hạn công suất... có thể có giá trị rất khác nhau. Mặc dù giá trị dòng và thế của các diode thì khác nhau nhưng dạng của giản đồ quan hệ giữa dòng và thế trên mọi diode tương tự nhau như hình 2-4. Tất cả các diode silicon đều có điện thế mối nối xấp xỉ 0.7V.

Trong khi phân tích mạch, hầu như chúng ta không cần sự chính xác tuyệt đối. Do đó có thể dùng gần đúng cho diode. Chúng ta hãy bắt đầu bằng gần đúng lý tưởng. Theo đó, diode như một thiết bị có tính chất sau: nó dẫn điện tốt (điện trở bằng 0) khi phân cực thuận, và hoàn toàn không dẫn điện (điện trở vô cùng) khi phân cực ngược.

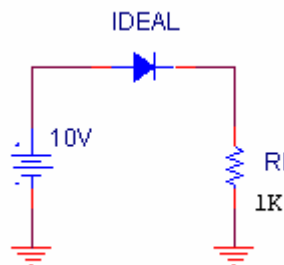
Hình 2-5a chỉ ra giản đồ dòng thế của 1 diode lý tưởng. Theo đó diode lý tưởng có điện trở bằng 0 khi phân cực thuận và có điện trở bằng vô cùng khi phân cực ngược. Nói cách khác, diode lý tưởng giống như một công tắc

(switch) như hình 2-5b. Nó đóng (close) khi phân cực thuận và hở (open) khi phân cực ngược.



Hình 2-5: Đường cong dòng thế của diode lý tưởng và mô hình

Ví dụ: Dùng mô hình diode lý tưởng tính thế trên tải và dòng tải trên sơ đồ hình 2-6.



Hình 2-6: Mạch diode lý tưởng

Do diode phân cực thuận, nó như công tắc đang đóng. Do đó toàn bộ nguồn thế 10V đặt lên trở tải. Vậy

$$V_L = 10V$$

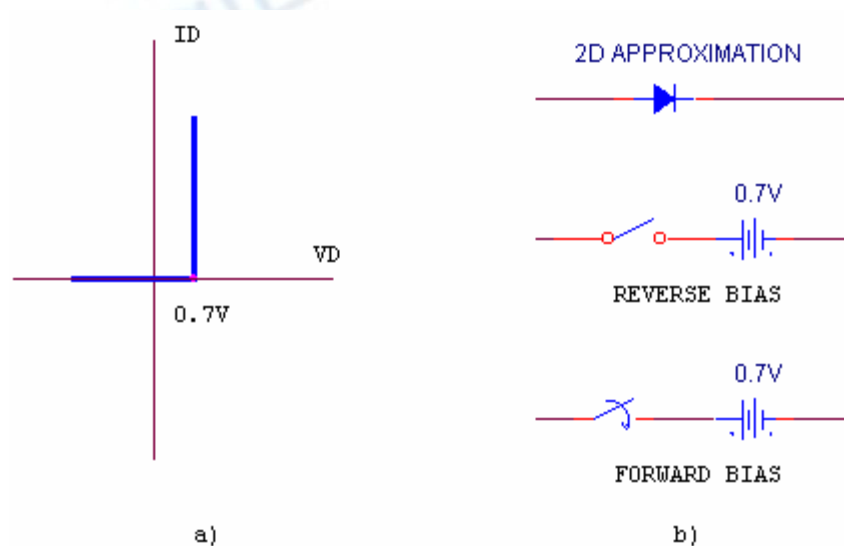
Theo định luật Ohm, dòng tải bằng:

$$I_L = 10V / 1K = 10mA$$

II.5 GẦN ĐÚNG BẬC 2 CỦA DIODE

Chúng ta sẽ dùng gần đúng bậc 2 khi muốn tính chính xác hơn các giá trị dòng và thế trên diode.

Hình 2-7a chỉ ra giản đồ dòng thế của 1 diode trong gần đúng bậc 2. Theo đó, sẽ không có dòng qua diode chừng nào thế trên diode chưa vượt qua giá trị 0.7V. Hình 2-7b cho thấy mạch tương đương của diode silicon trong gần đúng bậc 2. Nó gồm một công tắc nối tiếp với một hàng rào thế 0.7V. Nếu thế Thevenin áp lên diode lớn hơn 0.7V, diode sẽ đóng (dẫn điện thuận). Khi diode đang dẫn, thế rơi trên diode là 0.7V đối với mọi giá trị của dòng thuận. Nói cách khác, nếu thế Thevenin bé hơn 0.7V, công tắc là hở và không có dòng qua diode.



Hình 2-7: Gần đúng bậc 2 của diode

Ví dụ. Dùng gần đúng bậc 2 của diode để tính dòng, thế và công suất tiêu tán trên diode cho ở mạch hình 2-8.