

ĐỖ XUÂN THỤ - NGUYỄN VIỆT NGUYỄN

Bài tập KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ



R1
NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

PHẦN I

KĨ THUẬT TƯƠNG TỰ

Chương 1

TÓM TẮT LÍ THUYẾT

1. Điện áp và dòng điện là hai thông số trạng thái cơ bản của một mạch điện. Sự liên hệ tương hỗ giữa 2 thông số này thể hiện qua điện trở (trở kháng). Điện trở của một phần tử có thể là tuyến tính hay phi tuyến tùy theo quan hệ hàm số $u = f(i)$ giữa điện áp trên 2 đầu và dòng điện đi qua nó. Đường đồ thị biểu diễn quan hệ hàm số $u = f(i)$ gọi là đặc tuyến Vôn-Ampe của phần tử.

Hai quy tắc quan trọng để tính toán một mạch điện là :

a) Quy tắc vòng điện áp : Tổng điện áp rơi trên các phần tử ghép liên tiếp nhau theo 1 vòng kín (đi dọc theo vòng mỗi nhánh và nút chỉ gặp 1 lần trừ nút xuất phát) bằng 0 (hay giá trị điện áp đo theo mọi nhánh song song nối giữa 2 điểm khác nhau A và B của 1 mạch điện là như nhau).

b) Quy tắc nút dòng điện : Tổng các dòng điện đi ra khỏi một điểm (nút) của mạch điện luôn bằng tổng các dòng điện đi vào nút đó.

2. Hiệu ứng van (chỉnh lưu) của diốt bán dẫn là tính chất dẫn điện không đối xứng theo hai chiều của một tiếp xúc công nghệ dạng p-n.

a) Theo chiều mở (phân cực thuận : $u_{AK} \geq u_D$) điện trở của diốt nhỏ ($10^1 \div 10^3 \Omega$), dòng qua diốt lớn ($10^{-3} \div 10^2 A$), giảm

áp trên diốt cố định cỡ 600mV và có hệ số nhiệt độ âm ($-2 \cdot 10^{-3}/^{\circ}\text{K}$) (xét với diốt cấu tạo từ Si).

b) Theo chiều khóa (phân cực ngược : $U_{AK} < U_D$) điện trở của diốt lớn ($> 10^5 \Omega$), dòng qua diốt nhỏ ($10^{-6} \div 10^{-9}\text{A}$) và tăng theo nhiệt độ (khoảng $10\%/^{\circ}\text{K}$).

c) Khi điện áp ngược đặt vào đủ lớn $U_{AK} < U_Z < 0$ diốt bị đánh thủng và mất đi tính chất van của mình (1 cách tạm thời nếu bị đánh thủng vì điện hoặc 1 cách vĩnh viễn nếu bị đánh thủng vì nhiệt). Người ta sử dụng tính chất đánh thủng tạm thời (Zener) để làm diốt ổn áp tạo điện áp ngưỡng ở những điểm cần thiết trong mạch điện. Điện áp ngưỡng U_Z có hệ số nhiệt dương, khoảng $2 \cdot 10^{-3}/^{\circ}\text{K}$.

3. Ứng dụng quan trọng của diốt là :

a) Nắn điện xoay chiều thành 1 chiều nhờ các sơ đồ chỉnh lưu cơ bản (một nửa chu kì, hai nửa chu kì, cầu, bội áp). Khi tải là điện trở thuần, điện áp ra có dạng xung nửa hình sin với trị trung bình (1 chiều) xác định bởi hệ thức 2-15 (SGK), còn khi tải là điện dung, sơ đồ chỉnh lưu làm việc ở chế độ xung, tụ điện san bằng điện áp nhấp nhô sau chỉnh lưu, giá trị 1 chiều được tính bởi (2.21) hoặc (2.29) (SGK).

b) Hạn chế biên độ điện áp xoay chiều (phía trên hay phía dưới) ở 1 giá trị ngưỡng cho trước hoặc dịch mức điện thế 1 chiều giữa 2 điểm khác nhau của mạch điện khi ở chế độ mở.

c) Ổn định giá trị điện áp 1 chiều ở 1 giá trị ngưỡng U_Z nhờ đánh thủng Zener hoặc nối tiếp thêm 1 diốt mở để bù nhiệt tạo ra một phân tử gọi là ống ổn áp chuẩn trong kĩ thuật mạch, có độ ổn định điện áp theo nhiệt độ gần lí tưởng.

4. Khi phân tích tác dụng của diốt trong mạch điện, người ta thường dùng 1 vài mô hình gần đúng đơn giản để mô tả diốt :

a) Là 1 nguồn dòng điện lí tưởng tại mức ngưỡng $u_{AK} = 0$ khi mở ($u_{AK} > 0$) điện trở diốt bằng 0, sụt áp trên nó được bỏ qua, dòng mạch ngoài qua diốt do điện áp và điện trở mạch

ngoài quyết định. Khi đóng ($u_{AK} < 0$) diốt được coi là 1 nguồn dòng lí tưởng (điện trở VCL, dòng ngắn mạch $I_{ngm} \equiv I_S \approx 0$)

b) Tại mức điện áp $U_{AK} = U_D$, diốt chuyển từ khóa sang mở sẽ tương đương như một nguồn điện áp có nội trở bằng 0 ($R_d = 0$), với giá trị điện áp lúc hở mạch là U_D hoặc có thể tương đương diốt như 1 nguồn điện áp thực có nội trở nguồn là $R_d \neq 0$ và điện áp hở mạch là U_D .

c) Ở chế độ xoay chiều, khi tần số của tác động còn thấp diốt sẽ tương đương như một điện trở xoay chiều có giá trị là

$$r_d = \frac{\partial u_d}{\partial i_d}$$

Còn khi tần số đã cao, cần chú ý tới giá trị điện dung của diốt C_d nối song song với điện trở xoay chiều r_d

5. Tranzito lưỡng cực (Bi-T) là một phần tử phi tuyến có cấu tạo gồm hai tiếp xúc pn (hai diốt JE và JC) đặt rất gần nhau với ba điện cực lối ra là bazơ (B), Colectơ (C) và emitơ (E). Bi-T có thể làm việc ở các chế độ sau :

a) Phân cực 1 chiều bởi các nguồn điện áp 1 chiều từ ngoài sao cho diốt JE mở, diốt JC khóa. Đây là chế độ khuếch đại.

b) Phân cực 1 chiều sao cho JE khóa và JC mở gọi là chế độ đảo.

c) Điều khiển sao cho cả hai diốt đều khóa (không phân cực hoặc phân cực thích hợp) hoặc cả hai diốt cùng mở. Đây là chế độ chuyển mạch (chế độ khóa) của Bi-T.

Hai biện pháp cơ bản để phân cực 1 chiều cho Bi-T để nó làm việc ở chế độ khuếch đại là phân cực bằng bộ chia áp điện trở hoặc phân cực bằng dòng cực bazơ. Chế độ 1 chiều tốt nhất đạt được với $u_{BE} = 0,6V$ (vật liệu làm tranzito là Si) và các giá trị điện áp trên các cực có giá trị $u_{E_0} = (0 \div 0,1)E$; $u_{CE_0} = (0,4 \div 0,6) E$ và do vậy $I_{C_q} = 0,5 I_{C_{max}}$ và $I_{B_0} = 0,5 I_{B_{max}}$ (Ở đây E là giá trị nguồn 1 chiều, $I_{C_{max}}$ là điểm nút trên của đường tải 1 chiều của tầng khuếch đại).

6. Các hệ thức quan trọng nhất về dòng 1 chiều của Bi-T ở chế độ khuếch đại thể hiện ở các công thức (2.37) đến (2.41) SGK dùng cho cả ba kiểu mắc mạch B chung, C chung và E chung.

a) Với dòng xoay chiều khi tín hiệu nhỏ, có 4 phương pháp gần đúng tuyến tính hóa Bi-T dùng các tham số điện trở, dùng các tham số điện dẫn, dùng các tham số hỗn hợp hoặc dùng các tham số vật lý cấu tạo. Từ đó có 4 sơ đồ tương đương xoay chiều tương ứng.

b) Với mỗi kiểu mắc Bi-T, có ba dạng họ đặc tuyến Vôn-Ampe quan trọng nhất là họ đặc tuyến vào, họ đặc tuyến ra và họ đặc tuyến truyền đạt.

c) Có thể xác định các tham số 1 chiều hoặc xoay chiều của Bi-T dựa trên các họ đặc tuyến 1 chiều (tĩnh) hay họ đặc tuyến xoay chiều (động). Đó là các tham số điện trở vào, điện trở ra, hệ số khuếch đại dòng điện và hồ dẫn.

7. Các kết quả quan trọng với các sơ đồ khuếch đại là :

a) Kiểu mắc EC : Chú ý tới các hệ thức (2.131) đến (2.140) và các kết luận vật lý là tầng EC có $R_{\text{vào}}$ nhỏ, R_{ra} lớn, hệ số khuếch đại điện áp và dòng điện lớn ; làm đảo pha tín hiệu xoay chiều.

b) Kiểu mắc CC : chú ý các hệ thức (2.141) đến (2.149) và các kết luận vật lý : Tầng CC có $R_{\text{vào}}$ lớn, R_{ra} nhỏ, hệ số khuếch đại dòng điện lớn và hệ số khuếch đại điện áp bằng 1, không làm đảo pha tín hiệu.

c) Kiểu BC : chú ý các hệ thức (2.150) đến (2.153) và các kết luận vật lý : Tầng BC không làm đảo pha tín hiệu, có $R_{\text{vào}}$ nhỏ, R_{ra} lớn, hệ số khuếch đại điện áp lớn và hệ số khuếch đại dòng điện xấp xỉ 1.

d) Hệ số khuếch đại của nhiều tầng ghép liên tiếp bằng tích số các hệ số từng phần.

8. Tranzito trường (FET) là phân tử 3 cực (gọi là các cực nguồn - S, máng - D và cửa - G) có hiệu ứng khuếch đại

giống như Bi-T nhưng dòng cực máng I_D (hay cực nguồn I_S) được điều khiển bằng điện áp đặt trên cực điều khiển G.

a) Hầu hết FET có tính đối xứng giữa 2 cực S và D và có điện trở lối vào giữa G và kênh dẫn rất lớn nên chúng thích hợp với chế độ làm việc có dòng điện lối vào nhỏ hơn so với Bi-T vài cấp độ.

b) Theo bản chất cấu tạo có 2 dạng FET : loại có cực cửa là tiếp xúc pn (JFET) và loại có cực cửa là lớp cách điện (MOSFET). Theo tính chất dẫn điện của kênh dẫn giữa D và S có loại kênh n (dẫn điện bằng điện tử) và loại kênh P (dẫn điện bằng lỗ trống). Theo phương thức hình thành kênh dẫn có loại kênh đặt sẵn (có sẵn) và kênh cảm ứng (không có sẵn).

c) Tương tự như Bi-T, cũng có 3 kiểu mắc FET cơ bản là : kiểu nguồn chung (SC), kiểu máng chung (DC) và kiểu ít gặp hơn : Cửa chung (GC).

d) Phương pháp phân cực 1 chiều cho FET ở chế độ khuếch đại chủ yếu dùng dòng I_S (tự phân cực), tạo ra điện áp 1 chiều. Trên điện trở cực nguồn $u_{R_S} = I_S R_S = -u_{G_S}$, sau đó được dẫn qua 1 điện trở cửa - nguồn R_G lớn tới cực G dùng làm thiên áp cực cửa cho JFET sao cho $|U_{G_S}| \approx 0,5 |U_p|$ và $I_D \approx 0,3 I_{D0}$

e) Ở chế độ chuyển mạch, người ta chia FET thành 2 nhóm : nhóm khóa thường mở (JFET và MOSFET - nghèo) và nhóm khóa thường đóng (MOSFET - giàu, kênh cảm ứng), khi có tín hiệu điều khiển từ cực G, khóa sẽ chuyển trạng thái.

f) Các tính chất của sơ đồ khuếch đại SC, DC được suy ra từ các tính chất tương ứng của sơ đồ khuếch đại EC và CC của Bi-T với các hệ thức tính toán (2.169) đến (2.171) và (2.178) (SGK).

9. Bộ khuếch đại 1 chiều được dùng để khuếch đại các tín hiệu có tần số cực thấp (biến đổi chậm theo thời gian). Sơ đồ phổ biến nhất là bộ khuếch đại vi sai có cấu trúc là 1 cầu cân bằng song song với tính chất đối xứng cao ở lối vào và lối ra và có thể sử dụng trong cả hai trường hợp đối xứng và không

đối xứng đối với các lối vào và ra này. Các tính chất quan trọng nhất của sơ đồ vi sai là :

a) Chỉ khuếch đại các thành phần điện áp ngược pha (hiệu số) xét giữa 2 lối vào đối xứng, với hệ số khuếch đại chỉ bằng của 1 tầng đơn EC (do mỗi tranzito vi sai đóng góp một nửa, Hệ thức tính toán giống 1 tầng đơn EC).

b) Không khuếch đại (nén) các thành phần điện áp cùng pha, có hệ số suy giảm đồng pha từ 3 đến 5 cấp.

c) Khả năng chống trôi điểm O cao nhờ tính đối xứng cân bằng và nhiều khả năng hiệu chỉnh sai số điểm O.

d) Là cấu trúc cơ bản từ đó xây dựng các vi mạch tuyến tính khi bổ sung thêm tầng khuếch đại vi sai tải động (là các Tranzito nguồn dùng thay thế điện trở tải colectơ R_c) và các sơ đồ dịch mức 1 chiều, sơ đồ phối hợp ở lối ra.

10. Vi mạch tuyến tính (IC tuyến tính) là 1 bộ khuếch đại điện áp vi sai lí tưởng với hệ số khuếch đại VCL (vô cùng lớn), điện trở lối vào VCL, điện trở lối ra VCB (vô cùng bé), có đặc tuyến truyền đạt điện áp lí tưởng dạng chữ S và đặc tuyến tần số lí tưởng của 1 bộ lọc thông thấp. Các tính chất quan trọng khi sử dụng để khuếch đại điện áp là :

a) Sử dụng mạch hồi tiếp âm để mở rộng dải tần của đặc tuyến tần số, nâng cao độ ổn định của hệ số khuếch đại.

b) Thường gặp hai cấu trúc cơ bản : Sơ đồ khuếch đại đảo và sơ đồ khuếch đại không đảo, công thức tính toán hệ số khuếch đại chỉ phụ thuộc các phần tử mạch hồi tiếp (hệ thức (2.237) với bộ khuếch đại đảo và (2.238) với bộ khuếch đại không đảo).

c) Có thể kết hợp tính chất của hai sơ đồ khuếch đại đảo và không đảo trong cùng 1 sơ đồ để hình thành các bộ khuếch đại cộng hay trừ các điện áp (bộ cộng và bộ trừ).

11. Các sơ đồ khuếch đại thuật toán thông dụng khác là :

a) Sơ đồ vi phân điện áp lối vào theo thời gian với tính chất đặc trưng kém ổn định ở cao tần.

b) Sơ đồ tích phân điện áp lối vào theo thời gian, kết quả xếp chồng với một hằng số tích phân do trạng thái ban đầu điện tích trên tụ tích phân quyết định. Ứng dụng quan trọng nhất của các sơ đồ tích phân là tạo điện áp có dạng tam giác từ dạng điện áp vuông góc hoặc để tạo dao động hình sin tần số thấp.

c) Sơ đồ lấy lôgarit và lấy hàm số mũ thực hiện các thuật toán tương ứng đối với điện áp lối vào, ứng dụng chủ yếu để tạo các sơ đồ nhân tương tự.

d) Sơ đồ nhân tương tự thực hiện phép nhân (chia) hai điện áp (hay tổng quát hơn : nhân hai tín hiệu tương tự) có tần số bằng nhau (hay gần nhau). Ứng dụng quan trọng của sơ đồ nhân là để tách sóng tín hiệu điều chế biên độ, để thực hiện biến đổi tần số (trộn tần).

12. Tầng khuếch đại công suất có hai dạng sơ đồ chính :
Tầng đơn chế độ A và tầng đối xứng đẩy kéo chế độ B hoặc AB (có hoặc không dùng biến áp).

a) Tầng khuếch đại công suất được tính toán, phân tích bằng phương pháp đồ thị xuất phát từ việc xây dựng các đặc tuyến tải động, tìm các giới hạn làm việc của tranzito trên đặc tuyến này qua đó xác định các tham số quan trọng nhất của sơ đồ như công suất ra, hiệu suất năng lượng, mức méo γ ... và kiểm tra các điều kiện giới hạn về dòng, áp, công suất nhiệt...

b) Tầng đơn chế độ A được sử dụng khi cần mức công suất ra không lớn, mức méo γ nhỏ và hiệu suất năng lượng yêu cầu không cao (dưới 50%).

c) Tầng đối xứng đẩy kéo có 2 dạng cơ bản : sơ đồ dùng 1 cặp tranzito cùng loại với đặc điểm cần tầng đảo pha phía trước (để tạo ra hai điện áp kích thích ngược pha nhau) và sơ đồ dùng cặp tranzito khác loại với đặc điểm các điện áp kích thích cùng pha nhau (do vậy không cần dùng tầng đảo pha phía trước). Tầng đẩy kéo chế độ B (hay AB) có nhiều ưu điểm quan trọng như cho ra mức công suất lớn, méo γ nhỏ, hiệu suất năng lượng cao và tương thích với việc chế tạo dưới dạng vi mạch khuếch đại công suất.

d) Các hệ thức cân chú ý là xuất phát từ giả thiết đã biết điện trở tải R_L , công suất tải P_L , nguồn cung cấp $\pm E$, biên độ điện áp kích thích $u_{\text{vào}}$ (hay dòng $I_{\text{vào}}$) xác định các chỉ số cơ bản : công suất tranzito đưa ra trên mạch colectơ P_C , hiệu suất năng lượng η , công suất nhiệt trên tranzito P_T , mức méo γ cho phép.

13. Một bộ khuếch đại điện áp (dùng tranzito hay vi mạch) khi thực hiện 1 vòng hồi tiếp dương có khả năng tự kích và tạo ra dao động tuần hoàn (hình sin hay không sin) hoặc không tuần hoàn.

a) Điều kiện tự kích của hệ kín là phải đạt được trạng thái cân bằng về pha (có mạch thực hiện hồi tiếp dương) và trạng thái cân bằng về biên độ (lượng khuếch đại phải đủ trội hơn lượng suy giảm do khâu hồi tiếp thụ động gây ra). Điều kiện đó là : $\varphi_A + \varphi_B = 0$ và $A\beta \geq 1$.

Ở đây φ_A, φ_B là dịch pha do bộ khuếch đại và do mạch hồi tiếp gây ra. A, β là hệ số truyền đạt tương ứng của bộ khuếch đại và của mạch hồi tiếp (giá trị độ lớn - môđun).

b) Thông thường hai điều kiện tự kích đã nêu chỉ thỏa mãn được đồng thời với điện áp có 1 tần số xác định do đó, với các giá trị xác định của các tham số mạch hồi tiếp, chỉ có dao động ở một tần số được tạo ra.

c) Để biên độ điện áp dao động xác định hữu hạn ở lối ra của sơ đồ, bộ khuếch đại thoát đầu làm việc ở chế độ khuếch đại tích cực, sau đó theo mức tăng của biên độ điện áp lối ra, nó chuyển dần sang trạng thái bão hòa.

d) Theo kiểu mạch hồi tiếp sử dụng, có hai dạng cơ bản : sơ đồ tạo dao động điều hòa kiểu RC (dùng cho dao động có tần số thấp) và sơ đồ tạo dao động kiểu LC (dùng cho tạo dao động có tần số cao).

14. Các sơ đồ tạo dao động hình sin kiểu LC sử dụng khung cộng hưởng song song LC làm mạch thực hiện hồi tiếp chọn lọc tần số. Theo dạng hồi tiếp có kiểu hồi tiếp bằng biến áp