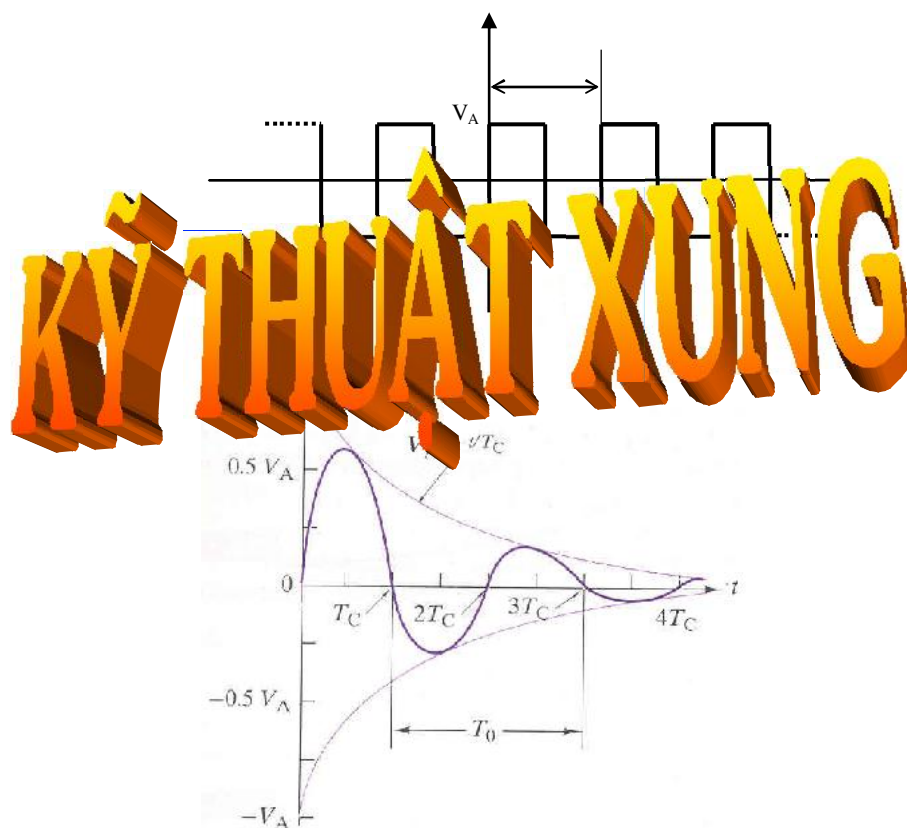


TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP.HCM
KHOA ĐIỆN TỬ
BỘ MÔN VIỄN THÔNG



TÁC GIẢ: Nguyễn Việt Hùng
Nguyễn Đình Phú

TP.HCM 2007

LỜI NÓI ĐẦU

Tài liệu này giới thiệu cơ sở lý luận, nguyên lý hoạt động của mạch xung nhằm phục vụ cho môn học kỹ thuật xung 2 tín chỉ chuyên ngành điện tử viễn thông, tài liệu được chia ra làm 6 chương:

Chương 1 giới thiệu về các dạng sóng, các hàm cơ bản thường dùng trong lĩnh vực điện, điện tử gồm các cơ bản như hàm bước, hàm xung, hàm dốc, hàm mũ, hàm sin, hàm cos và các dạng sóng tổ hợp.

Chương 2 trình bày các mạch biến đổi tín hiệu bằng mạch RC, RL và RLC dùng phương pháp toán tử Laplace – chương này làm nền tảng cho các chương sau và các mạch điện tử ứng dụng.

Chương 3 trình bày các kỹ thuật chuyển mạch ở chế độ quá độ và xác định của các linh kiện điện tử như diode, diode zener, transistor làm ảnh hưởng đến dạng sóng biến đổi và cách cải thiện để dạng sóng tốt hơn.

Chương 4 trình bày các mạch xén tín hiệu gồm có mạch xén nối tiếp, mạch xén song song, xén âm, xén dương, xén 2 mức độc lập, mạch xén thực tế và mạch xén dùng transistor.

Chương 5 trình bày mạch kẹp hay còn gọi là mạch dời tín hiệu, đặc biệt quan trọng là các mạch kẹp với tải là điện dung, tải là cuộn dây.

Chương 6 trình bày mạch dao động đa hài, mạch đơn ổn dùng op-amp, dùng IC chuyên dùng 555, mạch dao động dùng vi mạch số, mạch Schmitt trigger và mạch dao động đa hài dùng các linh kiện có vùng điện trở âm.

Do chỉ trình bày những phần cơ bản nên chắc chắn sẽ còn nhiều thiếu sót – rất mong mọi đóng góp xây dựng của các bạn - xin hãy gửi về theo địa chỉ phu_nd@yahoo.com - xin chân thành cảm ơn

Nhóm biên soạn

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU

CHƯƠNG 1:	CÁC DẠNG SÓNG TÍN HIỆU	1
I.	GIỚI THIỆU	3
II.	DẠNG SÓNG HÀM BƯỚC	5
III.	HÀM XUNG (IMPULSE FUNCTION)	6
IV.	HÀM DỐC (RAMP FUNCTION)	8
V.	DẠNG SÓNG HÀM MŨ	11
VI.	DẠNG SÓNG HÀM SIN	15
VII.	CÁC DẠNG SÓNG TỔ HỢP	19
VIII.	CÁC PHẦN TỬ TRONG CÁC DẠNG SÓNG	24
IX.	BÀI TẬP	27
CHƯƠNG 2.	BIẾN ĐỔI DẠNG SÓNG BẰNG MẠCH RC, RL VÀ RLC	29
I.	PHÂN TÍCH SÓNG VUÔNG	31
II.	MẠCH RC	31
1	MẠCH RC VỚI TÍN HIỆU VÀO LÀ HÀM BƯỚC	31
2	MẠCH RC VỚI TÍN HIỆU VÀO LÀ HÀM XUNG	33
III.	MẠCH LỌC TẦN SỐ THẤP – MẠCH VI PHÂN	36
1	MẠCH LỌC TẦN SỐ THẤP	36
2	MẠCH VI PHÂN	37
IV.	MẠCH LỌC TẦN SỐ CAO – MẠCH TÍCH PHÂN	38
1	MẠCH LỌC TẦN SỐ CAO	38
2	MẠCH TÍCH PHÂN	39
V.	CÁC DẠNG MẠCH DÙNG RL	40
VI.	MẠCH VI PHÂN – TÍCH PHÂN DÙNG OP-AMP	40
1	MẠCH VI PHÂN	40
2	MẠCH TÍCH PHÂN	41
VII.	PHƯƠNG PHÁP TOÁN TỬ	42
1	PHÉP BIẾN ĐỔI THUẬN LAPLACE	42
2	PHÂN TÍCH MẠCH BIẾN ĐỔI TÍN HIỆU RC DÙNG BIẾN ĐỔI LAPLACE	43
a	Mạch RC với tín hiệu vào là hàm bước	43
b	Mạch RC với tín hiệu vào là hàm xung vuông	44
c	Mạch RC với tín hiệu vào là hàm mũ	46
d	Mạch RC với tín hiệu vào là hàm dốc	48
3	PHÂN TÍCH MẠCH BIẾN ĐỔI TÍN HIỆU RL DÙNG BIẾN ĐỔI LAPLACE	49
a	Mạch RL với tín hiệu vào là hàm bước	49
b	Mạch RL với tín hiệu vào là hàm xung vuông	51
VIII.	MẠCH PHÂN ÁP	52

IX. MẠCH RLC	54
X. BÀI TẬP	57

CHƯƠNG 3. CHUYỂN MẠCH ĐIỆN TỬ 59

I. Ở CHẾ ĐỘ XÁC LẬP	60
1 DIODE DÙNG NHƯ MỘT CHUYỂN MẠCH	61
a. Phân cực thuận diode và điện áp ngưỡng	61
b. Điện trở ac trong diode	62
c. Mạch tương đương	63
d. Diode khi phân cực ngược	64
2 DIODE ZENER	65
a. Khi phân cực thuận diode zener	65
b. Khi phân cực ngược diode zener	65
c. Các thông số làm việc của Zener	65
d. Mạch tương đương của Zener	66
3. CÁC DẠNG DIODE THÔNG DỤNG KHÁC	66
a. Diode phát quang LED	66
b. Diode Schottky	67
4. TRANSISTOR 2 MỐI NỐI	67
a. Transistor BJT	68
b. Khi Transistor hoạt động khuếch đại	68
c. Khi Transistor hoạt động ở chế độ chuyển mạch	69
d. Khi Transistor hoạt động ở chế độ chuyển mạch	71
e. Các thông số làm việc của Transistor	72
II. Ở CHẾ ĐỘ QUÁ ĐỘ	74
1 CHẾ ĐỘ QUÁ ĐỘ CỦA DIODE BÁN DẪN PN	74
a. Xét trạng thái chuyển mạch	74
b. Cải thiện tốc độ	75
2 CHẾ ĐỘ QUÁ ĐỘ CỦA TRANSISTOR	76
a. Xét trạng thái chuyển mạch	76
b. Cải thiện dạng sóng ra	77

CHƯƠNG 4. MẠCH XÉN 79

I. GIỚI THIỆU MẠCH XÉN	83
II. MẠCH XÉN NỐI TIẾP	83
1 MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA BẰNG NỬA BÁN KỲ DƯƠNG	83
2 MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA NHỎ HƠN NỬA BÁN KỲ DƯƠNG – DỜI NGƯỠNG CẮT LÊN	85
3 MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA LỚN HƠN NỬA BÁN KỲ DƯƠNG – DỜI NGƯỠNG CẮT XUỐNG	87
4 MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA NHỎ HƠN NỬA BÁN KỲ DƯƠNG – DỜI TÍN HIỆU LÊN	88
5 MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA LỚN HƠN NỬA BÁN KỲ DƯƠNG – DỜI TÍN HIỆU XUỐNG	90
6 MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA BẰNG NỬA BÁN KỲ ÂM	92
7 MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA LỚN HƠN NỬA BÁN KỲ ÂM – DỜI NGƯỠNG CẮT LÊN	94

8.	MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA NHỎ HƠN NỬA BÁN KỲ ÂM – DỜI NGỪNG CẮT XUỐNG	95
9.	MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA NHỎ HƠN NỬA BÁN KỲ ÂM – DỜI TÍN HIỆU LÊN	96
10.	MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA LỚN HƠN NỬA BÁN KỲ ÂM – DỜI TÍN HIỆU XUỐNG	98
III.	MẠCH XÉN SONG SONG	99
1	MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA BẰNG NỬA BÁN KỲ ÂM	99
2	MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA NHỎ HƠN NỬA BÁN KỲ ÂM – DỜI MẶT CẮT XUỐNG	100
3	MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA LỚN HƠN NỬA BÁN KỲ ÂM – DỜI MẶT CẮT LÊN	101
4	MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA LỚN HƠN NỬA BÁN KỲ ÂM – DỜI TÍN HIỆU XUỐNG	101
5	MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA NHỎ HƠN NỬA BÁN KỲ ÂM – DỜI TÍN HIỆU LÊN	101
6	MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA BẰNG NỬA BÁN KỲ DƯƠNG	102
7	MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA NHỎ HƠN NỬA BÁN KỲ DƯƠNG – DỜI MẶT CẮT LÊN	103
8	MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA LỚN HƠN NỬA BÁN KỲ DƯƠNG – DỜI MẶT CẮT XUỐNG	104
9	MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA LỚN HƠN NỬA BÁN KỲ DƯƠNG – DỜI TÍN HIỆU LÊN	104
10.	MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA NHỎ HƠN NỬA BÁN KỲ DƯƠNG – DỜI TÍN HIỆU XUỐNG	104
IV.	MẠCH XÉN VỚI DIODE THỰC TẾ	109
1	Điện áp V_γ	109
2	Điện trở rd	109
3	Khảo sát ảnh hưởng của điện dung liên cực Cd	111
V.	MẠCH XÉN DÙNG TRANSISTOR	112
VI.	MẠCH XÉN GHÉP CỰC PHÁT DÙNG TRANSISTOR	112
VII.	MẠCH XÉN DÙNG OP – AMP	113
1	MẠCH NẮN CHÍNH XÁC – XEM NHƯ DIODE LÝ TƯỞNG	113
2	MẠCH NẮN CHÍNH XÁC CÓ NGUỒN DC	114
VIII.	MẠCH XÉN 2 MỨC ĐỘ LẬP	114
IX.	BÀI TẬP	117
CHƯƠNG 5.	MẠCH KẸP – MẠCH GIAO HOÁN	119
I.	MẠCH KẸP	121
1	MẠCH DỜI TÍN HIỆU XUỐNG MỘT LƯỢNG ĐIỆN ÁP V_M	121
2	MẠCH DỜI TÍN HIỆU XUỐNG MỘT LƯỢNG ĐIỆN ÁP NHỎ HƠN V_M	122
3	MẠCH DỜI TÍN HIỆU XUỐNG MỘT LƯỢNG ĐIỆN ÁP LỚN HƠN V_M	124
4	MẠCH DỜI TÍN HIỆU LÊN MỘT LƯỢNG ĐIỆN ÁP V_M	126
5	MẠCH DỜI TÍN HIỆU LÊN MỘT LƯỢNG ĐIỆN ÁP NHỎ HƠN V_M	128
6	MẠCH DỜI TÍN HIỆU XUỐNG MỘT LƯỢNG ĐIỆN ÁP LỚN HƠN V_M	130
II.	MẠCH KẸP DÙNG DIODE XÉT ẢNH HƯỞNG ĐIỆN TRỞ DIODE VÀ ĐIỆN TRỞ NGUỒN	132
1	XÉT ẢNH HƯỞNG ĐẾN DẠNG SÓNG RA	132
2	ĐỊNH LÝ MẠCH KẸP	133
III.	MẠCH KẸP Ở CỰC NỀN CỦA BJT	133
IV.	CHUYỂN MẠCH C-E VỚI TẢI LÀ ĐIỆN DUNG	135
V.	CHUYỂN MẠCH C-C VỚI TẢI LÀ ĐIỆN DUNG	137

VI. CHUYỂN MẠCH C-E VỚI TẢI LÀ CUỘN DÂY	139
VII. BÀI TẬP	143

CHƯƠNG 6. MẠCH ĐA HÀI 147

I. GIỚI THIỆU	148
II. CÁC MẠCH DAO ĐỘNG ĐA HÀI DÙNG OP-AMP	149
2. NHẮC LẠI MẠCH SO SÁNH	149
3. MẠCH SO SÁNH ĐIỆN ÁP VỚI ĐIỆN ÁP 0V	149
4. MẠCH SCHMITT TRIGGER ĐẢO – ĐỐI XỨNG	150
5. MẠCH SCHMITT TRIGGER KHÔNG ĐẢO – ĐỐI XỨNG	152
6. MẠCH DAO ĐỘNG BẤT ỔN DÙNG OP-AMP	154
7. MẠCH ĐƠN ỔN DÙNG OP-AMP	157
III. MẠCH DAO ĐỘNG ĐA HÀI DÙNG VI MẠCH 555	162
1. CẤU TRÚC VI MẠCH 555	162
2. MẠCH DAO ĐỘNG DÙNG VI MẠCH 555	163
3. MẠCH ĐƠN ỔN DÙNG VI MẠCH 555	166
IV. MẠCH ĐA HÀI DÙNG VI MẠCH SỐ	168
1. CÁC VI MẠCH TRIGGER SCHMITT	168
2. MẠCH ĐƠN ỔN	169
3. MẠCH DAO ĐỘNG DÙNG VI MẠCH CỔNG NOT CÓ TRIGGER SCHMITT	170
V. MẠCH DAO ĐỘNG DÙNG TRANSISTOR	171
1. MẠCH DAO ĐỘNG ĐA HÀI DÙNG TRANSISTOR	171
2. MẠCH ĐƠN ỔN GHEP CỤC THU DÙNG TRANSISTOR	173
3. MẠCH ĐƠN ỔN GHEP CỤC PHÁT DÙNG TRANSISTOR	176
4. MẠCH TRIGGER SCHMITT	177
VI. MẠCH DAO ĐỘNG ĐA HÀI DÙNG CÁC LINH KIỆN CÓ VÙNG ĐIỆN TRỞ ẨM	178
1. DIODE TUNNEL	178
2. UJT – TRANSISTOR ĐƠN NỐI	179
3. DIODE 4 LỚP	180
4. ỨNG DỤNG CỦA CÁC LINH KIỆN CÓ VÙNG ĐIỆN TRỞ ẨM ĐỂ TẠO MẠCH DAO ĐỘNG ĐA HÀI	180

Tài liệu tham khảo.

Dạng sóng tín hiệu.

Chương 1

CÁC DẠNG SÓNG TÍN HIỆU

GIỚI THIỆU

DẠNG SÓNG HÀM BƯỚC

HÀM XUNG (IMPULSE FUNCTION)

HÀM DỐC (RAMP FUNCTION)

DẠNG SÓNG HÀM MŨ

DẠNG SÓNG HÀM SIN

CÁC DẠNG SÓNG TỔ HỢP

CÁC PHẦN TỬ TRONG CÁC DẠNG SÓNG

BÀI TẬP

Kỹ thuật xung.

LIỆT KÊ CÁC HÌNH

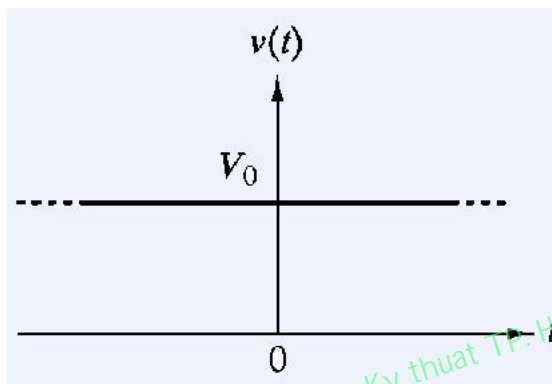
- Hình 1-1. Dạng sóng tín hiệu điện áp dc.
- Hình 1-2. Dạng sóng tín hiệu hàm bước.
- Hình 1-3. Dạng sóng tín hiệu sin.
- Hình 1-4. Dạng sóng tín hiệu hàm xung.
- Hình 1-5. Dạng sóng tín hiệu hàm xung vuông đối xứng.
- Hình 1-6. Dạng sóng tín hiệu hàm mũ.
- Hình 1-7. Dạng sóng tín hiệu xung răng cưa.
- Hình 1-8. Dạng sóng tín hiệu xung tam giác.
- Hình 1-9. Dạng sóng tín hiệu hàm sin giảm theo hàm mũ.
- Hình 1-10. Hàm bước với biên độ và thời gian trễ khác nhau.
- Hình 1-11. Dạng sóng ví dụ 1-1.
- Hình 1-12. Dạng sóng ví dụ 1-2.
- Hình 1-13. (a) dạng sóng hàm dốc. (b) dạng sóng hàm dốc tổng quát.
- Hình 1-14. Dạng sóng ví dụ 1-3.
- Hình 1-15. Sơ đồ mạch và dạng sóng ví dụ 1-4.
- Hình 1-16. Dạng sóng hàm mũ.
- Hình 1-17. Dạng sóng hàm mũ với các giá trị biên độ và thời hằng khác nhau.
- Hình 1-18. Dạng sóng hàm mũ với các giá trị T_S khác nhau.
- Hình 1-19. Dạng sóng ví dụ 1-5.
- Hình 1-20. Một phần dạng sóng tín hiệu hàm sin.
- Hình 1-21. Các dạng sóng sin bị dịch sang trái hoặc sang phải.
- Hình 1-22. Dạng sóng tổ hợp – hay dạng sóng hàm mũ tăng
- Hình 1-23. Dạng sóng hàm tổ hợp của 2 hàm mũ và hàm dốc.
- Hình 1-24. Dạng sóng hàm sin giảm.
- Hình 1-25. Dạng sóng hàm tổ hợp.
- Hình 1-26. Dạng sóng vuông.
- Hình 1-27. Dạng sóng xác định giá trị đỉnh – đỉnh và giá trị đỉnh.
- Hình 1-28. Giá trị trung bình của một vài tín hiệu tuần hoàn.
- Hình 1-29. Hình cho ví dụ 1-13.

I. GIỚI THIỆU:

Chúng ta thường gặp một tín hiệu như là dòng điện $i(t)$ hoặc điện áp $v(t)$. Sự thay đổi theo thời gian của tín hiệu được gọi là dạng sóng (waveform).

Dạng sóng vẽ ở hình 1-1 không thay đổi theo thời gian và được gọi là tín hiệu dc. Từ viết tắt dc tượng trưng cho dòng điện có hướng (direct current), dạng biểu thức toán học cho dòng điện dc $i(t)$ và điện áp dc $v(t)$ như sau:

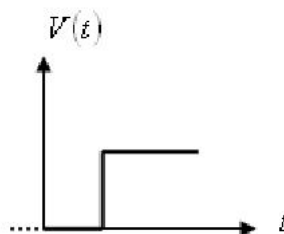
$$\left. \begin{matrix} v(t) = V_0 \\ i(t) = I_0 \end{matrix} \right\} \text{ với } -\infty < t < +\infty \tag{1-1}$$



Hình 1-1. Dạng sóng tín hiệu điện áp dc.

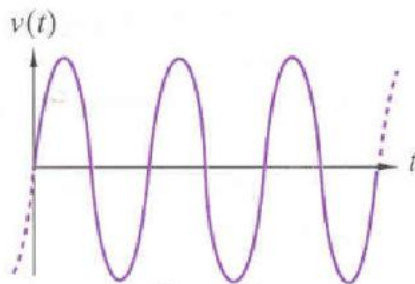
Không có một tín hiệu vật lý nào mà giữ nguyên giá trị mãi theo thời gian, tuy nhiên nó có thể gần đúng đối với tín hiệu tạo ra bởi một thiết đó là nguồn pin.

Tín hiệu hàm bước:



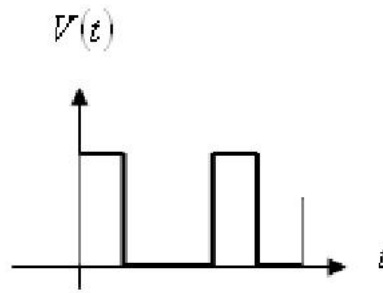
Hình 1-2. Dạng sóng tín hiệu hàm bước.

Tín hiệu hàm sin:



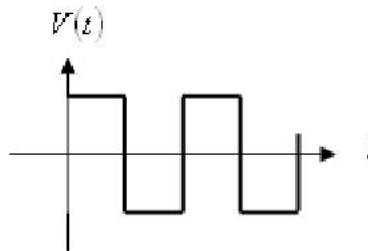
Hình 1-3. Dạng sóng tín hiệu sin.

Tín hiệu hàm xung:



Hình 1-4. Dạng sóng tín hiệu hàm xung.

Tín hiệu hàm xung vuông đối xứng:



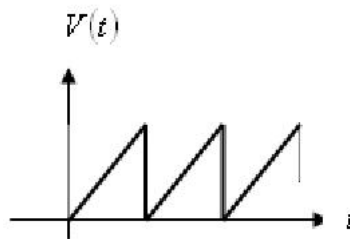
Hình 1-5. Dạng sóng tín hiệu hàm xung vuông đối xứng.

Tín hiệu hàm mũ:



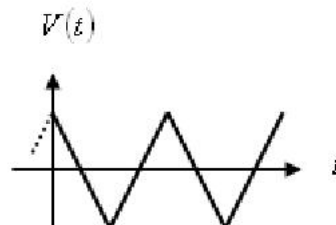
Hình 1-6. Dạng sóng tín hiệu hàm mũ.

Tín hiệu xung răng cưa:



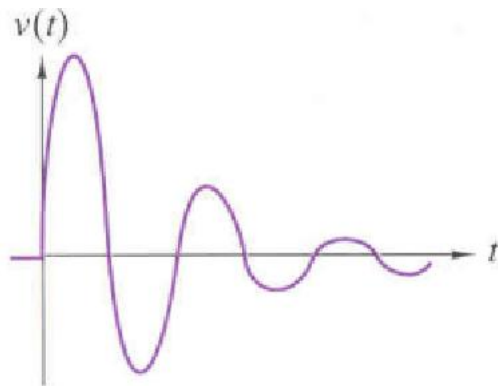
Hình 1-7. Dạng sóng tín hiệu xung răng cưa.

Tín hiệu xung tam giác:



Hình 1-8. Dạng sóng tín hiệu xung tam giác.

Tín hiệu hàm sin giảm:



Hình 1-9. Dạng sóng tín hiệu hàm sin giảm theo hàm mũ.

II. DẠNG SÓNG HÀM BƯỚC:

Tín hiệu cơ bản nhất là dạng sóng hàm bước. Hàm bước tổng quát được thiết lập dựa vào hàm bước đơn vị được định nghĩa như sau:

$$u(t) = \begin{cases} 0 & \text{khi } t < 0 \\ 1 & \text{khi } t > 0 \end{cases} \tag{1-2}$$

Dạng sóng của hàm bước bằng 0 khi t âm và bằng 1 khi t dương. Theo toán học thì hàm u(t) không liên tục tại t = 0.

Thực ra không thể nào tạo ra một hàm bước như vậy, bởi các đại lượng biến đổi của tín hiệu như dòng điện và điện áp không thể nhảy từ một giá trị này sang giá trị khác tại thời điểm t = 0. Tuy nhiên chúng ta có thể tạo ra một hàm gần đúng với hàm bước với yêu cầu là thời gian chuyển mạch phải ngắn khi so sánh với các thông số thời gian đáp ứng khác trong mạch điện.

Các hàm bước gần đúng này thường xuất hiện trong cuộc sống hằng ngày như chúng ta tắt / mở các thiết bị như ti vi, radio, đèn điện,...

Hàm bước đơn vị là một hàm tín hiệu đa năng được dùng để thiết lập nhiều dạng sóng tín hiệu khác.

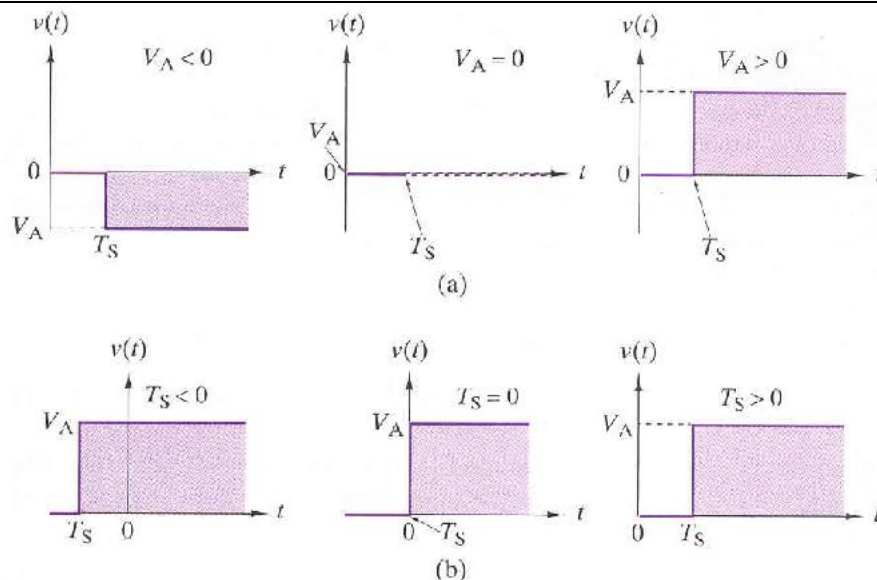
Nếu nhân hàm u(t) với một hằng số V_A, sẽ tạo ra một hàm khác:

$$V_A u(t) = \begin{cases} 0 & \text{khi } t < 0 \\ V_A & \text{khi } t > 0 \end{cases} \tag{1-3}$$

Nếu thay thế t bằng (t - T_S) sẽ tạo ra hàm V_Au(t - T_S):

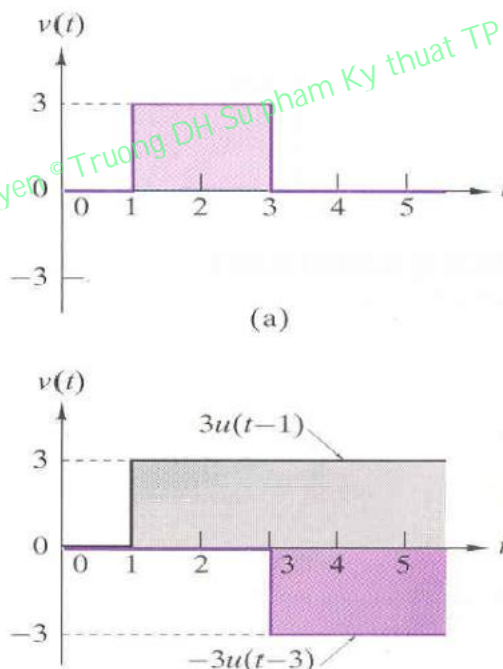
$$V_A u(t - T_S) = \begin{cases} 0 & \text{khi } t < T_S \\ V_A & \text{khi } t \geq T_S \end{cases} \tag{1-4}$$

Trong đó V_A là biên độ của hàm bước và T_S là khoảng thời gian trễ. Hằng số V_A và thời gian trễ có thể có các giá trị âm, dương và bằng 0. Các dạng sóng được trình bày như hình 1-3: ảnh hưởng của việc thay đổi biên độ và thời gian trễ đối với dạng sóng hàm bước đơn vị:



Hình 1-10. Hàm bước với biên độ và thời gian trễ khác nhau.

Ví dụ 1-1: Hãy tìm dạng sóng của tín hiệu có dạng sóng như hình 1-11(a) theo dạng sóng của các hàm bước.



Hình 1-11. Dạng sóng ví dụ 1-1.

Giải:

Biên độ của xung nhảy lên giá trị 3 V tại $t = 1s$, do đó $3u(t-1)$ là một hàm của dạng sóng. Xung về giá trị 0 V tại $t = 3 s$, do đó một hàm bước thứ 2 có biên độ bằng nhau nhưng giá trị âm và nhảy tại $t = 3s$ đó chính là hàm $-3u(t-3)$. Cộng 2 hàm mới vừa tìm ta được phương trình của dạng sóng cần tìm:

$$v(t) = 3u(t - 1) - 3u(t - 3).$$

Hình vẽ 1-11(b) trình bày cách kết hợp 2 hàm bước để tạo ra một hàm xung chữ nhật.

III. HÀM XUNG (IMPULSE FUNCTION):

Dạng phương trình tổng quát của dạng sóng cho trong ví dụ 1-1 được viết như sau:

$$v(t) = V_A [u(t - T_1) - u(t - T_2)] \tag{1-5}$$

Phương trình này có dạng sóng là xung chữ nhật có biên độ là V_A trong khoảng thời gian từ T_1 đến T_2 . Các dạng sóng của các chuỗi xung và xung vuông có thể tạo ra bởi các chuỗi xung này. Các xung mở (ON) ở thời điểm T_1 và đóng (OFF) ở thời điểm T_2 sau đó được gọi là các xung gác cổng bởi vì nó được dùng để nối với các chuyển mạch điện tử để cho phép hoặc cấm sự lưu thông của các tín hiệu khác.

Một xung chiếm một diện tích là 1 đơn vị hội tụ tại $t = 0$ được viết theo các thành phần của hàm bước như sau:

$$v(t) = \frac{1}{T} \times \left[u\left(t + \frac{T}{2}\right) - u\left(t - \frac{T}{2}\right) \right] \tag{1-6}$$

Biên độ của hàm (1-5) bằng 0 tại các giá trị của t ngoại trừ khoảng $-T/2 < t < T/2$ thì biên độ của nó bằng $1/T$. Diện tích nằm dưới xung có giá trị bằng 1 bởi vì phần tử biên độ tỉ lệ nghịch với khoảng thời gian. Như hình vẽ 1-12(a), thì xung trở nên hẹp hơn và cao hơn nếu như T giảm nhưng vẫn giữ nguyên diện tích bằng 1. Theo giới hạn, khi T dần về 0 thì phần tử biên độ đạt đến giá trị không xác định nhưng diện tích của nó vẫn bằng 1. Hàm có được nằm trong giới hạn được gọi là hàm xung đơn vị **Unit impulse**, được ký hiệu là $\delta(t)$. Dạng sóng của hàm xung $\delta(t)$ được trình bày ở hình 1-12(b). Xung này là một kiểu xung lý tưởng với biên độ xung lớn nhưng thời gian tồn tại xung ngắn.

Định nghĩa hàm xung đơn vị là :

$\delta(t) = 0$ khi $t \neq 0$ và (không xác định tại $t = 0$)

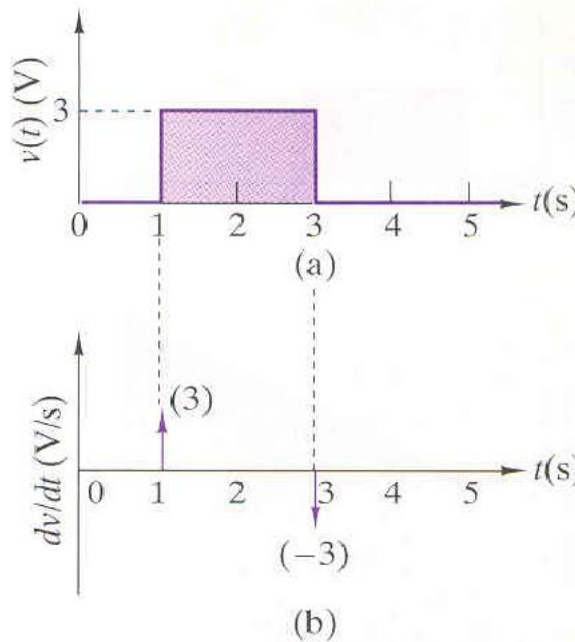
$$\int_{-\infty}^t \delta(x) dx = u(t) \tag{1-7}$$

Điều kiện đầu nói lên rằng xung sẽ bằng 0 với tất cả các giá trị của t ngoại trừ t bằng 0. Điều kiện thứ hai gợi ý rằng hàm xung đơn vị là đạo hàm của hàm bước đơn vị.

$$\delta(x) = \frac{du(t)}{dt} \tag{1-8}$$

Hàm bước có thể thay đổi biên độ với hệ số tỉ lệ K như sau: $v(t) = k\delta(x)$

Ví dụ 1-2: Hãy tính toán vẽ dạng sóng của hàm $\delta(t)$ với hàm xung được cho trong hình 1-12(a).



Hình 1-12. Dạng sóng ví dụ 1-2.

Giải:

Trong ví dụ 1-1, phương trình của dạng sóng có dạng:

$$v(t) = 3u(t - 1) - 3u(t - 3).$$

Dùng tính chất đạo hàm của hàm bước, ta có thể viết như sau:

Dạng sóng gồm một xung dương tại $t = 1$ s và một xung âm tại $t = 3$ s được trình bày như hình vẽ 1-12(b). Biên độ của hàm $v(t)$ là V (volt) và biên độ của $dv(t)/dt$ là V/s.

$$\frac{dv(t)}{dt} = 3\delta(t - 1) - 3\delta(t - 3)$$

IV. HÀM ĐỐC (RAMP FUNCTION):

Hàm dốc đơn vị được xác định bằng tích phân của hàm bước:

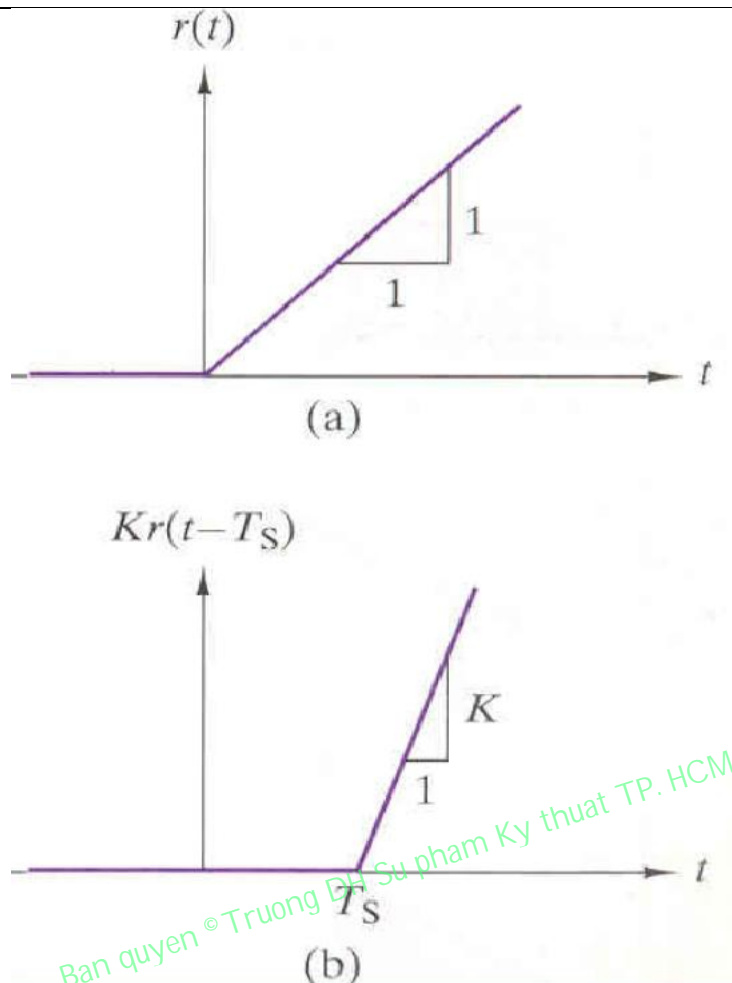
$$r(t) = \int_{-\infty}^t u(x) dx = tu(t) \tag{1-9}$$

Dạng sóng của hàm bước đơn vị $r(t)$ ở hình vẽ 1-6a sẽ bằng 0 khi $t < 0$ và bằng t khi $t > 0$, độ dốc của hàm bằng 1. Dạng sóng của hàm dốc trên được trình bày ở hình 1-6a

Hàm dốc có thể được kéo giãn về biên độ với hệ số tỉ lệ K và được ký hiệu như sau: $v(t) = Kr(t)$, trong đó phần tử tỉ lệ có đơn vị là V/s và chính là độ dốc của hàm bước. Dạng sóng tổng quát của hàm bước được vẽ ở hình 1-6b với phương trình của hàm là:

$$v(t) = kr(t - T_s) = \begin{cases} 0 & \text{khi } t < T_s \\ k(t - T_s) & \text{khi } t > T_s \end{cases} \tag{1-10}$$

Bằng cách cộng các hàm dốc có thể tạo ra các dạng sóng xung tam giác và xung răng cưa như đã trình bày ở phần giới thiệu các dạng sóng.



Hình 1-13. (a) dạng sóng hàm dốc. (b) dạng sóng hàm dốc tổng quát.

♦ Các hàm đơn cực:

Hàm xung đơn vị, hàm bước đơn vị và hàm dốc đơn vị tạo thành một bộ 3 các tín hiệu có liên quan và chúng được xem như là các hàm đơn cực, có mối liên hệ theo dạng tích phân như sau:

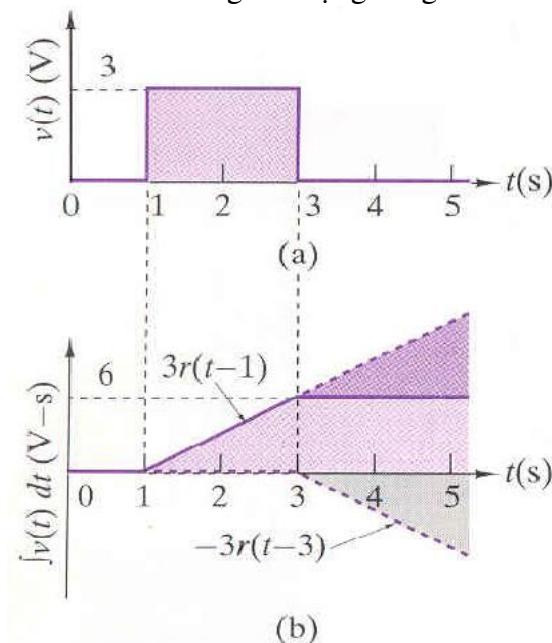
$$\begin{cases} u(t) = \int_{-\infty}^t \delta(x) dx \\ r(t) = \int_{-\infty}^t u(x) dx \end{cases} \tag{1-11}$$

Hoặc quan hệ theo dạng đạo hàm như sau:

$$\begin{cases} \delta(t) = \frac{du(t)}{dt} \\ u(t) = \frac{dr(t)}{dt} \end{cases} \tag{1-12}$$

Các tín hiệu này được dùng để tạo ra các dạng sóng tín hiệu khác và dùng để kiểm tra các hệ thống tuyến tính để biết các đặc tính đáp ứng của chúng.

Ví dụ 1-3: Hãy tính tích phân của hàm xung với dạng sóng đã cho ở hình 1-14(a).



Hình 1-14. Dạng sóng ví dụ 1-3.

Giải:

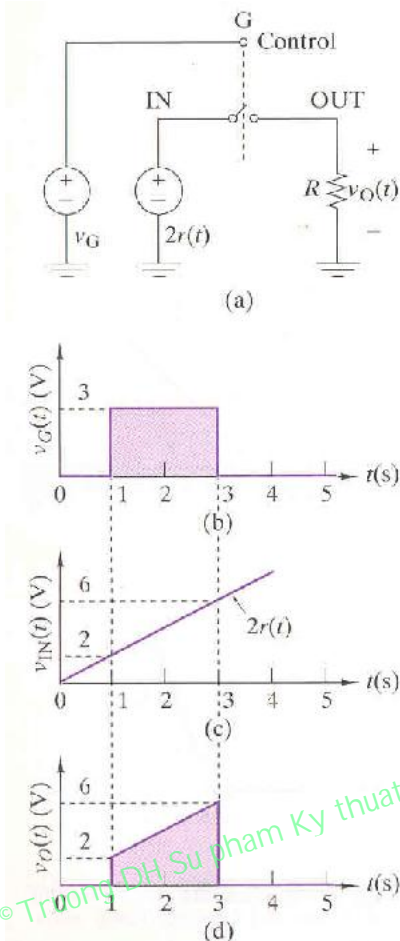
Theo ví dụ 1-1 thì phương trình của dạng sóng được viết lại:

$$v(t) = 3u(t - 1) - 3u(t - 3).$$

Dùng tính chất tích phân của hàm bước thì:

$$\int_{-\infty}^t v(x) dx = 3r(t - 1) - 3r(t - 3) = \begin{cases} 0 & \text{khi } t < 0 \\ 3(t - 1) & \text{khi } 1 < t < 3 \\ 0 & \text{khi } 3 < t \end{cases}$$

Ví dụ 1-4: Hình 1-15(a), trình bày một switch điện tử lý tưởng với hàm tín hiệu ngõ vào của switch là $v_{IN}(t) = 2r(t)$ với hệ số $K = 2$ V/s có dạng sóng như hình 1-15(c). Hãy tìm ngõ ra $v_0(t)$ của switch khi hàm điều khiển cực G của switch được cho ở hình 1-15(b).



Hình 1-15. Sơ đồ mạch và dạng sóng ví dụ 1-4.

Giải:

Dạng sóng điều khiển cực G theo hình 1-15(b) sẽ có phương trình là:

$$v(t) = 3u(t - 1) - 3u(t - 3).$$

Hàm này sẽ mở công tắc tại thời điểm $t = 1$ s và đóng công tắc tại thời điểm $t = 3$ s. Do đó hàm ngõ ra của switch có dạng:

$$v_o(t) = \begin{cases} 0 & \text{khi } t < 0 \\ 2t & \text{khi } 0 < t < 3 \\ 0 & \text{khi } 3 < t \end{cases}$$

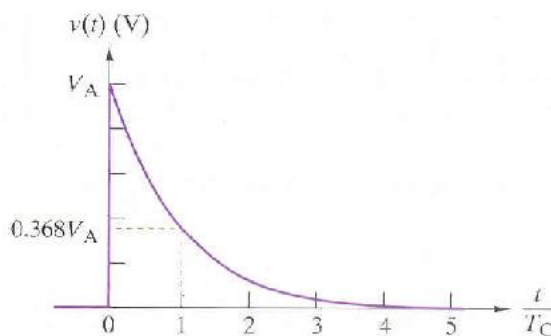
Chỉ một phần tín hiệu ở ngõ vào nằm trong khoảng thời gian mở công tắc xuất hiện tại ngõ ra. Hình 1-15(d) trình bày các dạng sóng ngõ ra.

V. DẠNG SÓNG HÀM MŨ:

Hàm mũ là hàm bước mà biên độ của nó giảm về 0. Phương trình hàm mũ có dạng như sau:

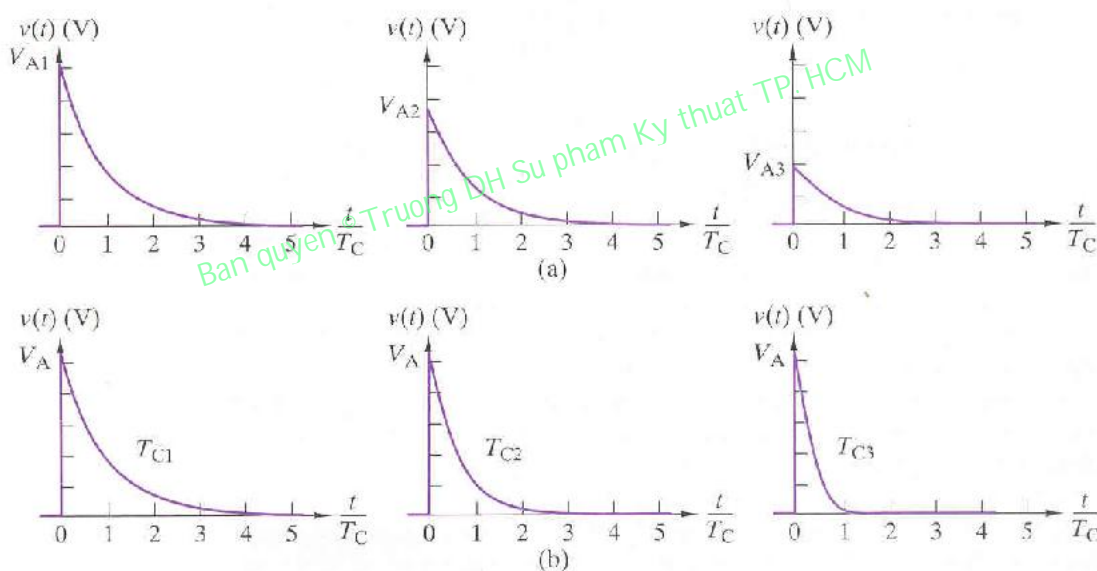
$$v(t) = \left[V_A e^{-\frac{t}{T_c}} \right] u(t) \tag{1-13}$$

Dạng sóng của hàm mũ được vẽ ở hình 1-16. Hai thông số để thiết lập hàm mũ là biên độ V_A (đơn vị là volt: V) và hằng số thời gian T_C (đơn vị là giây s). Nếu hàm mũ được viết cho dòng điện thì biên độ là dòng điện là I_A và đơn vị của nó là amperes (A).



Hình 1-16. Dạng sóng hàm mũ.

Hình 1-17, trình bày các dạng sóng hàm mũ với giá trị biên độ và thời hằng thay đổi.



Hình 1-17. Dạng sóng hàm mũ với các giá trị biên độ và thời hằng khác nhau.

CÁC TÍNH CHẤT CỦA HÀM MŨ:

Tính chất giảm:

Mô tả tốc độ giảm của tín hiệu hàm mũ. Khi $t > 0$ dạng sóng hàm mũ có thể viết như sau:

$$v(t) = V_A e^{-\frac{t}{T_C}} \tag{1-14}$$

Hàm bước có thể bỏ qua trong biểu thức của hàm mũ vì $t > 0$. Tại thời điểm $t + \Delta t$, ta có :

$$v(t + \Delta t) = V_A e^{-\frac{(t+\Delta t)}{T_C}} = V_A \times e^{-\frac{t}{T_C}} \times e^{-\frac{\Delta t}{T_C}} \tag{1-15}$$

Thiết lập tỉ số của 2 hàm:

$$\frac{v(t + \Delta t)}{v(t)} = \frac{V_A \times e^{-\frac{t}{T_C}} \times e^{-\frac{\Delta t}{T_C}}}{V_A \times e^{-\frac{t}{T_C}}} = e^{-\frac{\Delta t}{T_C}} \quad (1-16)$$

Tỉ số giảm không phụ thuộc vào biên độ V_A và thời gian t . Với khoảng thời gian Δt cố định, tỉ lệ giảm chỉ phụ thuộc vào thời hằng cố định T_C .

Để tìm độ dốc của phương trình hàm mũ (với $t > 0$) ta lấy đạo hàm theo t của phương trình (1-14) ta được:

$$\frac{dv(t)}{dt} = -\frac{V_A}{T_C} \times e^{-\frac{t}{T_C}} = -\frac{v(t)}{T_C} \quad (1-17)$$

Tính chất độ dốc:

Xác định tốc độ thay đổi của dạng sóng hàm mũ tỉ lệ nghịch với thời hằng T_C . Với giá trị thời hằng T_C nhỏ thì hàm mũ có độ dốc lớn và thời gian suy giảm nhanh, với thời hằng T_C lớn thì hàm mũ có độ dốc lòi và thời gian suy giảm dài.

Phương trình 1-15 có thể viết lại như sau:

$$\frac{dv(t)}{dt} + \frac{v(t)}{T_C} = 0 \quad (1-18)$$

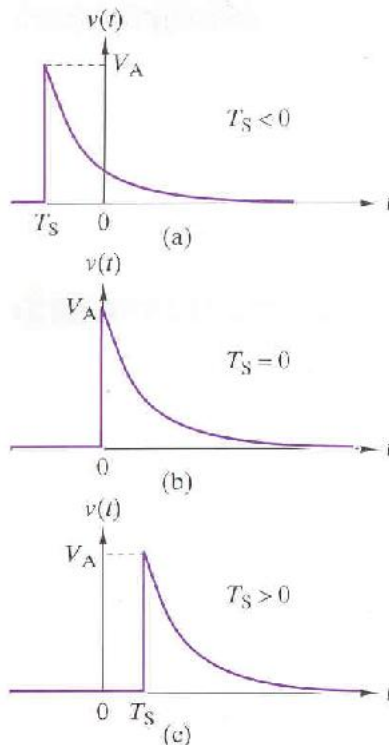
Khi $v(t)$ là hàm mũ có dạng như phương trình (1-12) thì $\frac{dv}{dt} + \frac{v}{T_C} = 0$ - đây là phương trình vi phân cấp 1 và nghiệm của nó là phương trình hàm mũ.

Hàm mũ với thời gian bị dịch chuyển:

Bằng cách thay thế t trong phương trình (1-13) bằng $(t - T_S)$. Khi đó phương trình tổng quát của hàm mũ được viết như sau:

$$v(t) = \left[V_A e^{-\frac{t-T_S}{T_C}} \right] u(t - T_S) \quad (1-19)$$

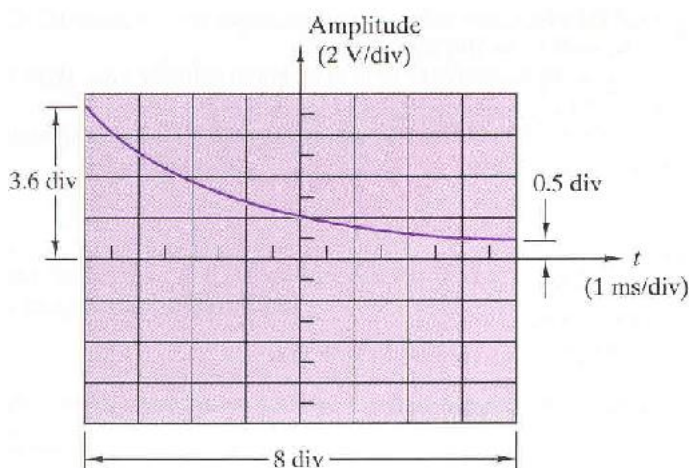
Trong đó T_S là thông số thời gian dịch chuyển. Hình 1-18 trình bày các dạng sóng hàm mũ với cùng giá trị biên độ và thời hằng nhưng T_S khác nhau. Thời gian dịch chuyển T_S làm dịch chuyển dạng sóng của hàm mũ sang trái hoặc sang phải tùy thuộc vào giá trị T_S âm hay dương.



Hình 1-18. Dạng sóng hàm mũ với các giá trị T_s khác nhau.

- **Chú ý:** phần tử $t - T_s$ phải xuất hiện trong cả 2 phương trình hàm mũ và hàm bước như đã trình bày trong phương trình (1-19).

Ví dụ 1-5: Hình 1-19 trình bày màn hình dao động ký đang đo một phần dạng sóng của hàm mũ. Trong hình vẽ: trục đứng là trục biên độ với độ phân giải là 2V/1 ô chia, trục ngang là trục thời gian là 1ms/ 1 ô chia. Hãy tìm thời hằng T_c của hàm mũ.



Hình 1-19. Dạng sóng ví dụ 1-5.

Giải :

Với $t > 0$ thì phương trình tổng quát của hàm mũ ở phương trình 1-19 được viết lại:

$$v(t) = V_A e^{-\frac{t-T_s}{T_c}}$$

Chương 1 Dạng sóng tín hiệu

SPKT – Nguyễn Việt Hùng

Do ta chỉ biết một phần của dạng sóng nên không biết được tại vị trí tại thời điểm $t = 0$ dẫn đến ta cũng không biết được biên độ V_A và thời gian dịch chuyển T_s từ màn hình dao động ký. Nhưng theo tính chất giảm chúng ta có thể xác định thời hằng T_C do tỉ lệ giảm không phụ thuộc vào biên độ và thời gian.

Từ phương trình (1-16):
$$\frac{v(t + \Delta t)}{v(t)} = e^{-\frac{\Delta t}{T_C}}$$

Suy ra thời hằng T_C :
$$T_C = \frac{\Delta t}{\ln \frac{v(t + \Delta t)}{v(t)}}$$

Giá trị $v(t)$ có thể tính tại bất kỳ vị trí nào trên trục thời gian và ta tính tại điểm bên trái của màn hình kết quả ta được:

$$v(t) = (3.6 \text{ div})(2 \text{ V/div}) = 7.2 \text{ V}$$

Giá trị $v(t + \Delta t)$ như sau:

$$v(t + \Delta t) = (0.5 \text{ div})(2 \text{ V/div}) = 1 \text{ V}$$

Hệ số Δt là khoảng thời gian tùy ý chọn từ điểm này đến điểm kế sau cho dễ tính toán, và ta chọn Δt bằng chiều ngang của màn hình:

$$\Delta t = (8 \text{ div})(1 \text{ ms/div}) = 8 \text{ ms}$$

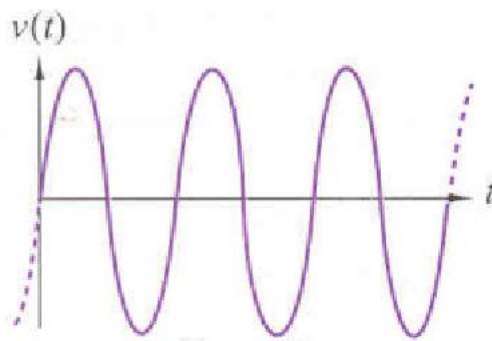
Kết quả thời hằng T_C :

$$T_C = \frac{\Delta t}{\ln \frac{v(t + \Delta t)}{v(t)}} = \frac{8 \times 10^{-3}}{\ln \left[\frac{7.2}{1} \right]} = 4.05 \text{ ms}$$

VI. DẠNG SÓNG HÀM SIN:

Hàm cosine và hàm sine là các hàm quan trọng. Trái ngược với hàm bước và hàm mũ thì hàm sine có dạng sóng mở rộng với thời gian không xác định theo cả 2 hướng âm và dương, gần giống như dạng sóng dc. Hay có thể nói tín hiệu sine không có điểm bắt đầu và cũng không có điểm kết thúc, tuy nhiên các tín hiệu sine trong thực tế sẽ có các khoảng thời gian xác định.

Tín hiệu sine trong hình 1-20 là lặp lại các dao động giống nhau giữa các đỉnh dương và âm không bao giờ kết thúc. Biên độ V_A (đơn vị Volt) xác định các giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của dao động. Chu kỳ T_0 (đơn vị s) là khoảng thời gian cần thiết hoàn tất một chu kỳ dao động.



Hình 1-20. Một phần dạng sóng tín hiệu hàm sin.

Tín hiệu sine có thể biểu diễn bằng toán học dùng hàm sine hoặc hàm cosine. Sự lựa chọn giữa 2 hàm phụ thuộc vào thời điểm ta chọn $t = 0$. Nếu ta chọn $t = 0$ tại điểm mà tín hiệu sine bằng 0 thì hàm ta có thể viết:

$$v(t) = V_A \sin\left(2\pi \frac{t}{T_0}\right) \tag{1-20}$$

Ngược lại nếu ta chọn $t = 0$ tại điểm mà hàm sine có giá trị tại đỉnh dương thì ta có thể viết dạng sóng theo hàm cosine:

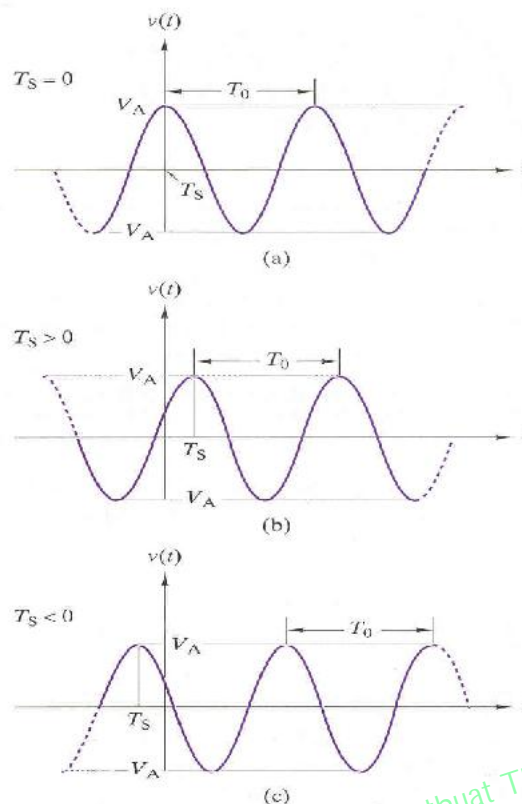
$$v(t) = V_A \cos\left(2\pi \frac{t}{T_0}\right) \tag{1-21}$$

Do trong thực tế thường chọn $t = 0$ tại thời điểm dạng sóng có giá trị tại đỉnh dương và phương trình của tín hiệu là hàm cosine (1-18b). Tuy nhiên ta vẫn tiếp tục gọi dạng sóng này là sóng sine mặc dù ta dùng hàm cosine để biểu diễn chúng.

Cũng giống như hàm bước và hàm mũ thì tín hiệu sine cũng có các tính chất giống nhau bằng cách thay thế t bằng $(t - T_s)$ vào phương trình (1-21) sẽ có được một phương trình tổng quát của tín hiệu sine: trong đó thông số T_s là thời hằng dịch chuyển.

$$v(t) = V_A \cos\left(2\pi \frac{t - T_s}{T_0}\right) \tag{1-22}$$

Hình 1-21 trình bày các tín hiệu sine dịch sang phải khi $T_s > 0$ và dịch sang trái khi $T_s < 0$.



Hình 1-21. Các dạng sóng sin bị dịch sang trái hoặc sang phải.

Thông số thời gian T_s có thể thay thế bằng một góc như phương trình sau:

$$v(t) = V_A \cos\left(2\pi \frac{t}{T_0} + \phi\right) \tag{1-22}$$

Thông số ϕ được gọi là góc pha ban đầu. So sánh phương trình (1-19) và (1-20) ta có:

$$\phi = -2\pi \frac{T_s}{T_0} \tag{1-23}$$

Đơn vị của góc pha ϕ là radians nhưng thường diễn tả theo độ.

Một dạng khác tương tự của tín hiệu sine tổng quát có được bằng cách mở rộng phương trình (1-20) theo hàm $\cos(x + y) = \cos(x) \cos(y) - \sin(x) \sin(y)$:

$$v(t) = [V_A \cos \phi] \cos\left(2\pi \frac{t}{T_0}\right) + [-V_A \sin \phi] \sin\left(2\pi \frac{t}{T_0}\right) \tag{1-24}$$

Các đại lượng trong dấu ngoặc vuông là các hằng số do đó ta có thể viết lại phương trình dạng tổng quát như sau:

$$v(t) = a \cos\left(2\pi \frac{t}{T_0}\right) + b \sin\left(2\pi \frac{t}{T_0}\right) \tag{1-25}$$

Hai thông số biên độ a, b có cùng đơn vị và được gọi là các hệ số Fourier. Vậy các hệ số Fourier có mối liên hệ với biên độ và góc pha bằng các phương trình:

$$\begin{cases} a = V_A \cos \phi \\ b = -V_A \sin \phi \end{cases} \tag{1-26}$$

Từ phương trình (1-26) ta có thể tìm được biên độ và góc pha như sau:

$$\begin{cases} V_A = \sqrt{a^2 + b^2} \\ \phi = \arctg -\frac{b}{a} \end{cases} \quad (1-27)$$

Ta thường diễn tả tín hiệu sine theo thông số tần số. Tần số f_0 được định nghĩa là số chu kỳ trong một đơn vị thời gian. Theo định nghĩa, chu kỳ T_0 là số giây của một chu kỳ, do đó số chu kỳ trong 1 giây là:

$$f_0 = \frac{1}{T_0} \quad (1-28)$$

Đơn vị của tần số là hertz (Hz). Tần số góc ω_0 có mối quan hệ với tần số f_0 và chu kỳ T_0 như sau:

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{2\pi}{T_0} \quad (1-29)$$

Tóm lại, có một vài cách tương đương để diễn tả một tín hiệu hàm sine tổng quát:

$$\begin{aligned} v(t) &= V_A \cos\left(2\pi \frac{t}{T_0} + \phi\right) = a \cos\left(2\pi \frac{t}{T_0}\right) + b \sin\left(2\pi \frac{t}{T_0}\right) \\ &= a \cos(2\pi f_0 t) + b \sin(2\pi f_0 t) = a \cos(\omega_0 t) + b \sin(\omega_0 t) \end{aligned} \quad (1-30)$$

Khi sử dụng một trong các biểu thức trên chúng ta phải biết 3 thông số:

- (1). Biên độ V_A hoặc hệ số Fourier a và b .
- (2). Thời gian dịch chuyển T_S hoặc góc pha ϕ .
- (3). Chu kỳ T_0 hoặc tần số f_0 hoặc tần số góc ω_0 .

Tính chất cộng của tín hiệu sine:

Tổng của 2 tín hiệu sin cùng tần số là một tín hiệu sin có biên độ và góc pha thay đổi nhưng cùng tần số so với 2 tín hiệu trên.

Tín hiệu thứ nhất: $v_1(t) = a_1 \cos(2\pi f_0 t) + b_1 \sin(2\pi f_0 t)$

Tín hiệu thứ hai: $v_2(t) = a_2 \cos(2\pi f_0 t) + b_2 \sin(2\pi f_0 t)$

Tổng của 2 tín hiệu: $v_3(t) = (a_1 + a_2) \cos(2\pi f_0 t) + (b_1 + b_2) \sin(2\pi f_0 t)$

Ví dụ 1-6:

(a). Hãy tìm tần số và chu kỳ của các tín hiệu sau đây:

$$v_1(t) = 17 \cos(2000t - 30^\circ)$$

$$v_2(t) = 12 \cos(2000t + 30^\circ)$$

(b). Hãy tìm phương trình $v_3(t) = v_1(t) + v_2(t)$.

Giải:

(a). Hai tín hiệu sine có cùng tần số góc $\omega_0 = 2000 \text{ rad/s}$, do đó $f_0 = \omega_0 / 2\pi = 318,3 \text{ Hz}$ và $T_0 = 1 / f_0 = 3,14 \text{ ms}$.

(b). Hai tín hiệu trên cùng tần số nên chúng ta dùng tính chất cộng:

Chương 1 Dạng sóng tín hiệu

SPKT – Nguyễn Việt Hùng

$$a_1 = 17 \cos (-30^\circ) = + 14.7 \text{ V}$$

$$b_1 = -17 \sin (-30^\circ) = 8.5 \text{ V}$$

$$a_2 = 12 \cos (30^\circ) = + 10.4 \text{ V}$$

$$b_2 = -12 \sin (30^\circ) = -6 \text{ V}$$

Hệ số Fourier của tín hiệu $v_3 = v_1 + v_2$ được tính:

$$a_3 = a_1 + a_2 = 25,1 \text{ V}$$

$$b_3 = b_1 + b_2 = 2,5 \text{ V}$$

Biên độ và góc pha của tín hiệu:

$$\begin{cases} V_A = \sqrt{a^2 + b^2} = 25,2V \\ \phi = \arctg -\frac{b}{a} = 5,69^\circ \end{cases}$$

Phương trình của $v_3(t)$ là

$$\begin{aligned} v_3(t) &= 25,2 \cos [2000t + 5,69^\circ] \\ &= 25,1 \cos 2000t + 2,5 \sin 2000t \text{ V} \end{aligned}$$

VII. CÁC DẠNG SÓNG TỔ HỢP:

Ta đã khảo sát các tín hiệu hàm bước, hàm mũ, và hàm sine. Đây là các hàm tín hiệu cơ bản bởi vì chúng được kết hợp lại để tạo ra các hàm tín hiệu khác. Các tín hiệu được tạo ra bởi 3 hàm cơ bản được gọi là các tín hiệu tổ hợp. Trong phần này sẽ xét các ví dụ về các tín hiệu tổ hợp này.

Ví dụ 1-7:

Hãy tìm đặc tính của một hàm tổ hợp được tạo ra bằng cách lấy hàm bước trừ cho hàm mũ, cả 2 hàm cùng biên độ.

Giải:

Ta có phương trình tín hiệu hàm dốc: $v_1(t) = u(t)$

Ta có phương trình tín hiệu hàm mũ: $v_2(t) = \left[V_A e^{-t/T_c} \right] u(t)$

Phương trình tổ hợp của 2 dạng sóng trên là:

$$v(t) = v_1(t) - v_2(t) = V_A u(t) - \left[V_A e^{-\frac{t}{T_c}} \right] u(t) = V_A \left[1 - e^{-\frac{t}{T_c}} \right] u(t) \tag{1-31}$$

Phân tích hàm:

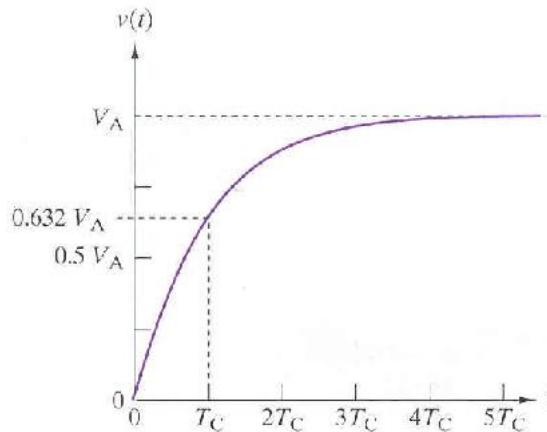
$$v(t) = \begin{cases} 0 & \text{khi } t \leq 0 \\ V_A \left[1 - e^{-\frac{t}{T_c}} \right] & \text{khi } 0 < t \\ V_A & \text{khi } t \longrightarrow \infty \end{cases}$$

Giải thích: Khi $t < 0$ thì hàm bước $u(t) = 0$ nên dạng tín hiệu $v(t) = 0$.

Tại thời điểm $t = 0$ thì dạng tín hiệu $v(t) = 0$ vì hàm bước và hàm mũ triệt tiêu nhau:

$$v(t) = V_A \left(1 - e^{-\frac{t}{T_c}} \right) = V_A (1 - e^0) = 0$$

Khi $t \gg 0$ thì dạng sóng tín hiệu bằng hằng số V_A . Để vẽ được dạng sóng này ta cho lần lượt : $t = T_C, 2T_C, 3T_C, 4T_C$ và $5T_C$. Dạng sóng của hàm này như hình 1-22.



Hình 1-22. Dạng sóng tổ hợp – hay dạng sóng hàm mũ tăng.

Ví dụ 1-9:

Hãy tìm đặc tính của một hàm tổ hợp được tạo ra bằng cách nhân hàm dốc với hàm mũ.

Giải:

Ta có phương trình tín hiệu hàm dốc: $v_1(t) = \frac{r(t)}{T_c} u(t)$

Ta có phương trình tín hiệu hàm mũ: $v_2(t) = [V_A e^{-t/T_c}] u(t)$

Phương trình tổ hợp của 2 tín hiệu này là:

$$v(t) = v_1(t) \times v_2(t) = \frac{r(t)}{T_c} \times [V_A e^{-t/T_c}] u(t) = V_A \left[\frac{t}{T_c} e^{-t/T_c} \right] u(t) \tag{1-32}$$

Phân tích hàm:

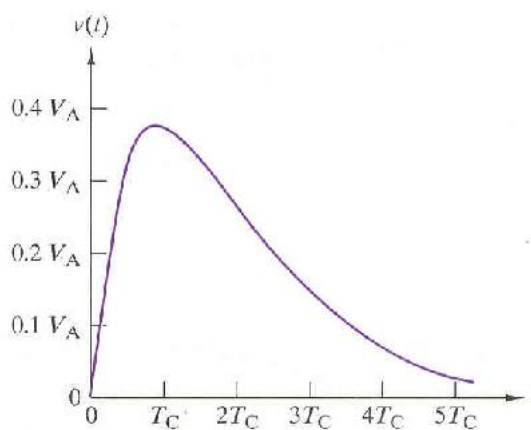
$$v(t) = V_A \left[\frac{t}{T_c} e^{-t/T_c} \right] u(t) = \begin{cases} 0 & \text{khi } t \leq 0 \\ V_A \left[\frac{t}{T_c} e^{-t/T_c} \right] & \text{khi } 0 < t \\ 0 & \text{khi } t \longrightarrow \infty \end{cases}$$

Khi $t < 0$ thì $v(t) = 0$ vì hàm bước $u(t) = 0$.

Tại thời điểm $t = 0$ thì $v(t) = 0$ vì hàm dốc $r(t) = 0$.

Tại thời điểm $t > 0$ thì $v(t)$ phụ thuộc vào 2 hàm: hàm dốc tăng tuyến tính còn hàm mũ lại suy giảm về 0. Điều này có thể thấy rõ bằng cách lấy giới hạn hàm $v(t)$ khi t dần vô cùng, cả 2 hàm dốc và hàm mũ đều có giá trị vô cùng lớn nhưng giá trị của hàm mũ lớn hơn và nằm ở mẫu số nên hàm $v(t) = 0$.

Dạng sóng của hàm $v(t)$ như hình 1-23.



Hình 1-23. Dạng sóng hàm tổ hợp của 2 hàm mũ và hàm dốc.

Ví dụ 1-10:

Hãy tìm đặc tính của một hàm tổ hợp được tạo ra bằng cách nhân hàm sin $\omega_0 t$ với hàm mũ cùng biên độ.

Giải:

Ta có phương trình tín hiệu hàm sin:

$$v_1(t) = \sin \omega_0 t$$

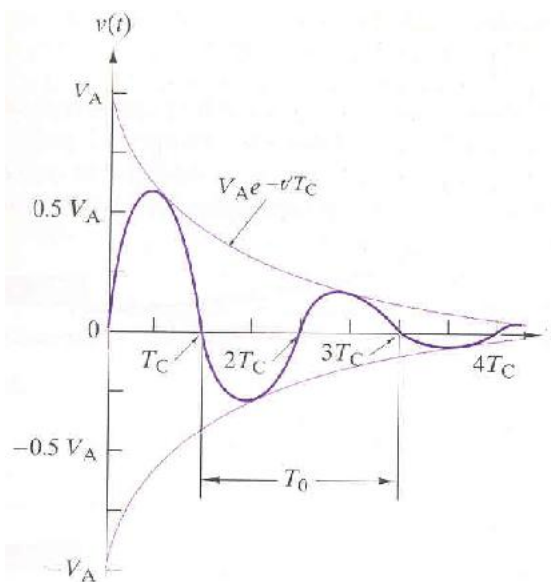
Ta có phương trình tín hiệu hàm mũ:

$$v_2(t) = \left[V_A e^{-t/T_C} \right] u(t)$$

Phương trình tổ hợp của 2 tín hiệu này là:

$$v(t) = v_1(t) \times v_2(t) = \sin \omega_0 t \left[V_A e^{-t/T_C} \right] u(t) = V_A \left[e^{-t/T_C} \sin \omega_0 t \right] u(t) \tag{1-33}$$

Dạng sóng của hàm $v(t)$ như hình 1-24 với $T_0 = 2T_C$.



Hình 1-24. Dạng sóng hàm sin giảm.

Khi $t < 0$ thì $v(t) = 0$ vì hàm bước $u(t) = 0$.

Tại thời điểm $t = 0$ thì $v(t) = 0$ vì hàm $\sin(\omega_0 0) = 0$.

Tại thời điểm $t > 0$ thì $v(t)$ phụ thuộc vào hàm sin tạo ra dạng sóng sin nhưng biên độ là hàm mũ suy giảm về 0 khi $t > 5\tau$ ($\tau = RC$).

Khi $t \rightarrow +\infty$ thì hàm tổ hợp $v(t) = 0$ vì hàm mũ bằng 0.

Dạng sóng của hàm tổ hợp hàm sin nhân với hàm mũ được gọi là hàm sin giảm (damped sine) hay dao động tắt dần.

Ví dụ 1-11:

Hãy tìm đặc tính của một hàm tổ hợp được tạo ra bằng cách nhân 2 hàm mũ có thời hằng khác nhau nhưng cùng biên độ.

Giải:

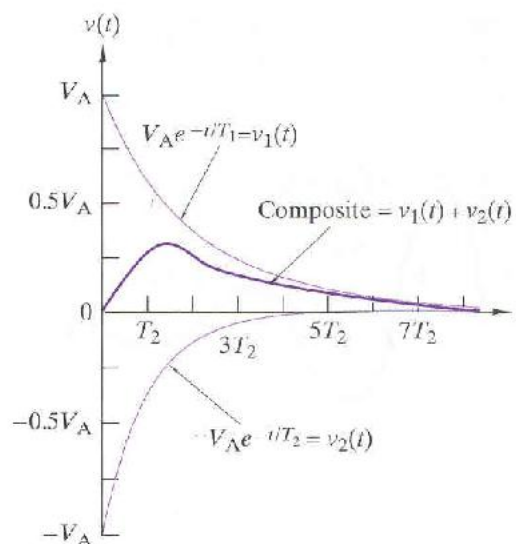
Ta có phương trình tín hiệu hàm mũ: $v_1(t) = \left[V_A e^{-t/T_1} \right] u(t)$

Ta có phương trình tín hiệu hàm mũ: $v_2(t) = \left[V_A e^{-t/T_2} \right] u(t)$

Phương trình tổ hợp của 2 tín hiệu này là:

$$v(t) = v_1(t) - v_2(t) = \left[V_A e^{-t/T_1} \right] u(t) - \left[V_A e^{-t/T_2} \right] u(t) = V_A \left[e^{-t/T_1} - e^{-t/T_2} \right] u[t] \tag{1-34}$$

Khi $T_1 > T_2$ dạng sóng của hàm $v(t)$ được trình bày ở hình 1-25 (vẽ với $T_1 = 2T_2$):



Hình 1-25. Dạng sóng hàm tổ hợp.

Khi $t < 0$: thì hàm $v(t) = 0$ vì hàm bước $u(t) = 0$.

Chương 1 Dạng sóng tín hiệu

SPKT – Nguyễn Việt Hùng

Khi $t = 0$: thì hàm $v(t) = 0$ vì :

$$v(0) = V_A(e^{-0} - e^{-0}) = V_A(1-1) = 0$$

Khi $t > 0$ thì dạng sóng của hàm tổ hợp có dạng sóng như hình 1-25.

Khi khá lớn thì hàm $v(t)$ giảm về 0 vì cả 2 hàm mũ đều giảm về 0.

Ví dụ 1-12:

Hãy thiết lập phương trình của dạng sóng vuông được trình bày trong hình 1-26.

Giải:

Phương trình của dạng sóng vuông có thể thiết lập bằng cách cộng hàm của mỗi chu kỳ vì tín hiệu này là tín hiệu tuần hoàn.

Chu kỳ thứ nhất sau thời điểm $t = 0$, hàm của nó như là một tổ hợp của 3 hàm bước:

$$v_1(t) = V_A u(t) - 2V_A u\left(t - \frac{T_0}{2}\right) + V_A u(t - T_0)$$

Tương tự hàm của chu kỳ tiếp theo:

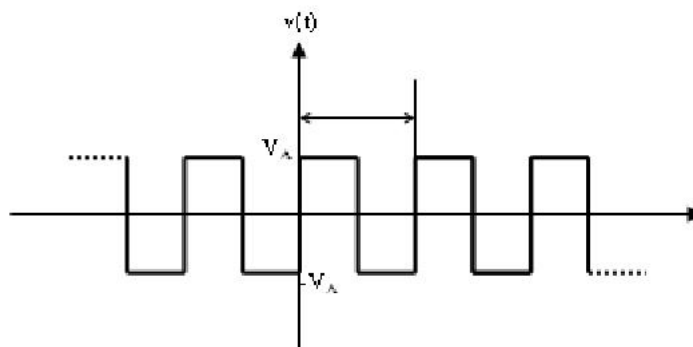
$$v_2(t) = V_A u(t - T_0) - 2V_A u\left(t - \frac{3T_0}{2}\right) + V_A u(t - 2T_0)$$

Từ các kết quả trên thì hàm của chu kỳ thứ k là:

$$v_k(t) = V_A u(t - [k-1]T_0) - 2V_A u\left(t - \left[k - \frac{1}{2}\right]T_0\right) + V_A u(t - kT_0)$$

Ta có thể tạo ra các chu kỳ nối tiếp nhau của tín hiệu sóng vuông $v(t)$ bằng cách cộng hàm $v_k(t)$ với k biến thiên từ $-\infty$ đến $+\infty$:

$$v(t) = \sum_{k=-\infty}^{k=\infty} v_k(t) \tag{1-35}$$



Hình 1-26. Dạng sóng vuông.

VIII. CÁC PHẦN TỬ TRONG CÁC DẠNG SÓNG:

1. GIÁ TRỊ ĐIỆN ÁP ĐỈNH – ĐỈNH VP-P:

Giá trị điện áp đỉnh – đỉnh của tín hiệu $v(t)$ được định nghĩa như sau:

$$V_{pp} = V_{MAX} - v_{MIN} \tag{1-36}$$

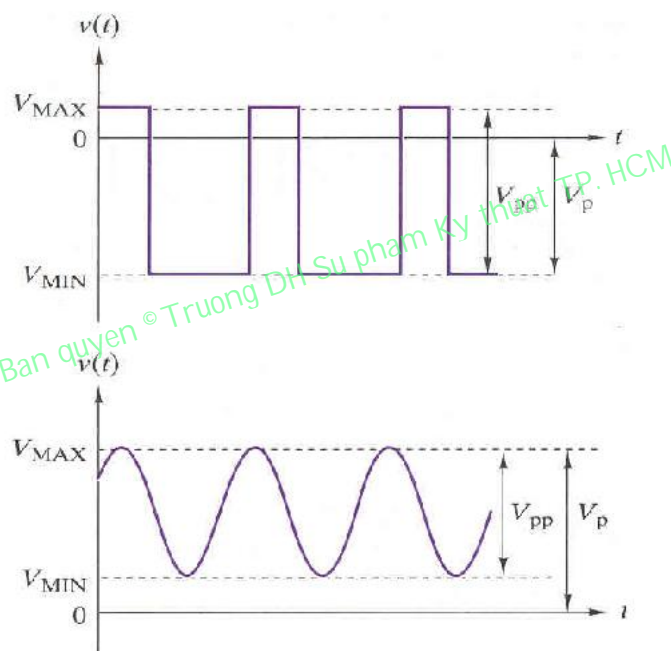
Chú ý: V_{pp} luôn luôn dương ngay cả trường hợp cả V_{MAX} và V_{MIN} đều âm.

2. GIÁ TRỊ ĐIỆN ÁP ĐỈNH VP:

Giá trị điện áp đỉnh của tín hiệu $v(t)$ là giá trị tuyệt đối lớn nhất của tín hiệu:

$$V_p = V_{MAX} \{V_{MAX}, V_{MIN}\} \tag{1-37}$$

Chú ý: giá trị V_p là giá trị dương xác định độ lệch cực đại tuyệt đối của tín hiệu so với 0. Hình 1-27 minh họa cho các hệ số biên độ.



Hình 1-27. Dạng sóng xác định giá trị đỉnh – đỉnh và giá trị đỉnh.

3. GIÁ TRỊ ĐIỆN ÁP TRUNG BÌNH

Giá trị điện áp trung bình của tín hiệu $v(t)$ trong khoảng thời gian T được xác định như sau:

$$V_{avg} = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} v(x) dx \tag{1-38}$$

Đối với tín hiệu tuần hoàn chu kỳ T_0 được dùng như khoảng thời gian trung bình T .

Đối với các dạng sóng tín hiệu tuần hoàn thì tích phân của phương trình (1-30) có thể tính toán bằng đồ thị dạng sóng của tín hiệu. Ví dụ: tín hiệu sin trong hình 1-28 có giá trị điện áp trung bình bằng 0 do diện tích trên trục bằng diện tích dưới trục.

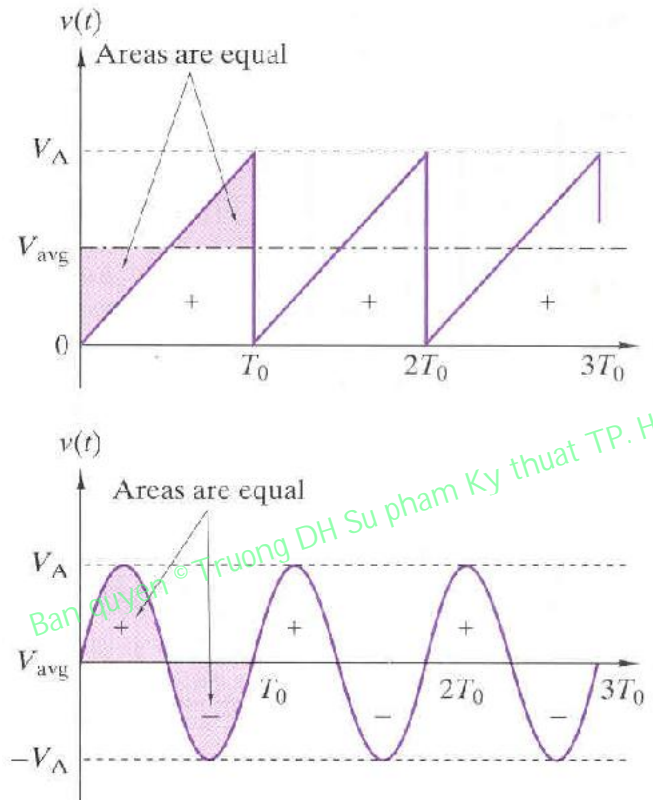
Chương 1 Dạng sóng tín hiệu

SPKT – Nguyễn Việt Hùng

Dạng sóng răng cưa trong hình 1-28 rõ ràng có giá trị dương. Bằng hình học ta có thể xác định được diện tích nằm dưới 1 chu kỳ của tín hiệu răng cưa là $V_A \frac{T_0}{2}$, do đó giá trị trung bình là:

$$\frac{1}{T_0} V_A \frac{T_0}{2} = \frac{V_A}{2}$$

Giá trị trung bình của tín hiệu luôn là hằng số và còn được gọi là thành phần dc của tín hiệu bởi tín hiệu dc là hằng số với mọi t.



Hình 1-28. Giá trị trung bình của một vài tín hiệu tuần hoàn.

Ví dụ 1-13:

Hãy tìm giá trị đỉnh, giá trị đỉnh – đỉnh và giá trị trung bình của tín hiệu tuần hoàn và dạng sóng ở ngõ ra trình bày trong hình 1-29.

Giải:

Tín hiệu ngõ vào là tín hiệu sin có hệ số biên độ là:

Giá trị điện áp đỉnh-đỉnh: $V_{PP} = 2V_A$

Giá trị điện áp đỉnh: $V_P = V_A$

Giá trị điện áp trung bình: $V_{avg} = 0$

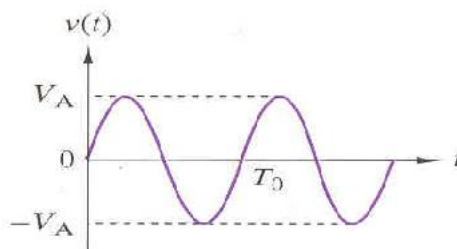
Dạng sóng tín hiệu ra chính là dạng tín hiệu sin ngõ vào nhưng đã bị xén bỏ một nửa chu kỳ âm (mạch chỉnh lưu bán kỳ). Các hệ số biên độ của dạng sóng ngõ ra là:

Giá trị điện áp trung bình:

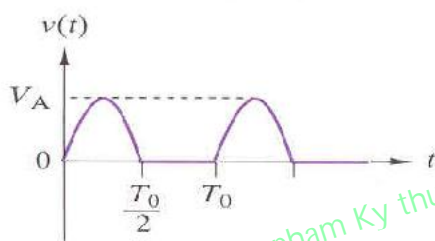
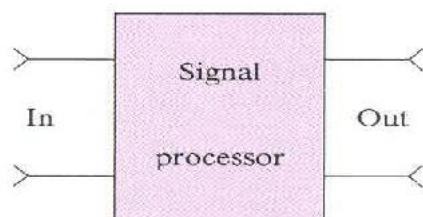
$$V_{avg} = \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0/2} V_A \sin\left(2\pi \frac{t}{T_0}\right) dt = -\frac{V_A}{2\pi} \cos\left(2\pi \frac{t}{T_0}\right) \Big|_0^{T_0/2} = -\frac{V_A}{2\pi} (\cos \pi - \cos 0) = \frac{V_A}{\pi} = 0,318V_A$$

Giá trị điện áp đỉnh:

$$V_{pp} = V_p = V_A$$



Input



Output

Hình 1-29. Hình cho ví dụ 1-13.

4. GIÁ TRỊ ĐIỆN ÁP HIỆU DỤNG.

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_t^{t+T} [v(t)]^2 dt} \tag{1-39}$$

Ví dụ 1-14:

Hãy tìm giá trị hiệu dụng của tín hiệu sin và tín hiệu xung răng cưa trình bày trong hình 1-25.

Giải:

Áp dụng phương trình (1-34) giá trị của tín hiệu hình sin là:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_t^{t+T} [v(t)]^2 dt} = \sqrt{\frac{V_A^2}{T_0} \int_0^{T_0} \sin^2(2\pi \frac{t}{T_0}) dt} = \sqrt{\frac{V_A^2}{T_0} \left[\frac{t}{2} - \frac{\sin(4\pi t/T_0)}{8\pi/T_0} \right]_0^{T_0}} = \frac{V_A}{\sqrt{2}}$$

Giá trị của tín hiệu sóng răng cưa là:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_t^{t+T} [v(t)]^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} \left(\frac{V_A t}{T_0} \right)^2 dt} = \sqrt{\frac{V_A^2}{T_0^3} \left[\frac{t^3}{2} \right]_0^{T_0}} = \frac{V_A}{\sqrt{3}}$$

IX. **BÀI TẬP:**

1. **Hãy tìm các hàm của các tín hiệu cho sau đây:**

$$(a) \quad v_1(t) = \begin{cases} 0 & \text{khi } t < 1 \\ 4 & \text{khi } 2 < t < 4 \\ -4 & \text{khi } 4 < t \end{cases}$$

$$(b) \quad v_2(t) = \begin{cases} 0 & \text{khi } t < 2 \\ 4 & \text{khi } 2 < t < 4 \\ -2t + 12 & \text{khi } 4 < t \end{cases}$$

$$(c) \quad v_3(t) = \int_{-\infty}^t v_1(x) dx$$

$$(d) \quad v_4(t) = \frac{dv_2(t)}{dt}$$

2.

- (a) Hãy tìm phương trình của xung hình chữ nhật có biên độ 15V tại $t = -5$ s và kết thúc tại $t = 10$ s.
- (b) Tìm biểu thức bằng cách lấy đạo hàm của hàm vừa tìm được ở câu (a).
- (c) Tìm biểu thức bằng cách lấy tích phân của hàm vừa tìm được ở câu (a).

3.

- (a) Một hàm mũ có $v(0) = 1.2$ V và $v(3) = 0.5$ V. Hãy tìm giá trị V_A và T_c của tín hiệu này.
- (b) Một hàm mũ có $v(0) = 5$ V và $v(2) = 1.25$ V. Hãy tìm giá trị $v(t)$ tại $t = 1$ và $t = 4$.
- (c) Một hàm mũ có $v(0) = 5$ và độ dốc bắt đầu tại ($t = 0$) là -25 V/s. Hãy tìm V_A và T_c của hàm mũ này.
- (d) Một hàm mũ có độ suy giảm 10 % giá trị ban đầu của nó trong khoảng thời gian 3 ms. Hãy tìm T_c của hàm mũ này.
- (e) Một hàm có $v(2) = 4$ V, $v(6) = 1$ V và $v(10) = 0.5$ V. Vậy hàm này có phải là hàm mũ hay không ?

4. Hãy tìm biên độ và thời hằng của các hàm mũ sau đây:

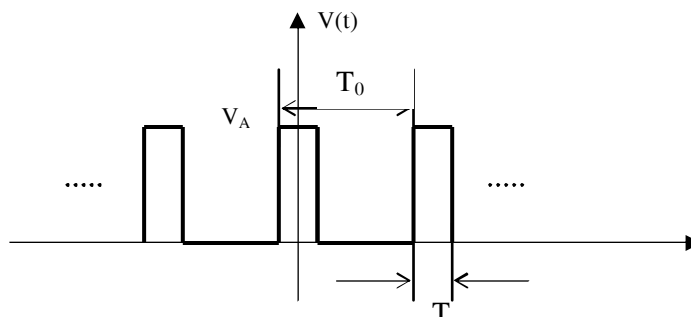
$$(a) \quad v_1(t) = [-15e^{-1000t}]u(t)(V)$$

$$(b) \quad v_2(t) = \left[+12e^{-\frac{t}{10}} \right]u(t)(mV)$$

$$(c) \quad i_3(t) = [+15e^{-500t}]u(-t)(mA)$$

$$(d) \quad i_4(t) = [4e^{-200(t-100)}]u(t-100)(A)$$

5. Hãy tìm biểu thức của hàm xung của hình 1-30 sau đây:



Hình 1-30.

6. Hãy vẽ dạng sóng của các hàm sau:

(a). $v_1(t) = 5 u(t)$	(c). $v_3(t) = -5u(t-1)$
(b). $v_2(t) = 5u(t+1)$	(d). $v_4(t) = -10u(t-1)$
7. Hãy vẽ dạng sóng của các hàm sau:

(a). $v_A(t) = v_1(t) + v_2(t)$	(c). $v_C(t) = v_1(t) + v_4(t)$
(b). $v_B(t) = v_1(t) + v_3(t)$	(d). $v_D(t) = v_2(t) + v_3(t)$
8. Hãy vẽ dạng sóng bằng cách lấy tích phân và đạo hàm của các hàm trong bài tập (1).
9. Một tín hiệu $v(t)$ bằng 0 khi $3ms \leq t \leq 5ms$ và bằng +5 V khi t nằm ngoài vùng trên. Hãy tìm phương trình của tín hiệu theo hàm bước.
10. Hãy xác định biên độ, thời hằng và vẽ dạng sóng của các hàm mũ sau:

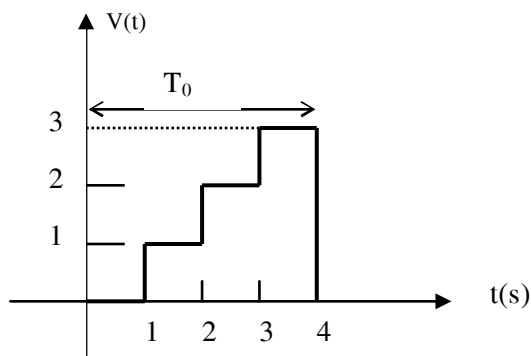
(a). $v_1(t) = [10 e^{-2t}] u(t)$	(c). $v_3(t) = [-10 e^{-20t}] u(t)$
(b). $v_2(t) = [10 e^{-t/2}] u(t)$	(d). $v_4(t) = [-10 e^{-t/20}] u(t)$
11. Một hàm mũ bắt đầu tại $t = 0$ và giảm về +5V tại $t = 4ms$ và giảm tiếp về +3V tại $t = 6ms$. Hãy tìm biên độ và thời hằng của dạng sóng.
12. Một hàm mũ có $T_c = 5ms$ và có giá trị bằng +5V tại $t = 2,5 ms$. Hãy tìm giá trị của nó tại $t = 3,5 ms$.
13. Hãy xác định chu kỳ, tần số, biên độ, thời gian dịch, góc pha của các tín hiệu sau:

(a). $v_1(t) = 10 \cos(2000\pi t) + 10 \sin(2000\pi t)$	
(b). $v_2(t) = -30 \cos(2000\pi t) - 20 \sin(2000\pi t)$	
(c). $v_3(t) = 10 \cos(2\pi t/10) - 10 \sin(2\pi t/10)$	
(d). $v_4(t) = -20 \cos(800\pi t) + 30 \sin(800\pi t)$	
14. Hãy xác định chu kỳ, tần số, biên độ, thời gian dịch và góc pha của tín hiệu tổng 2 tín hiệu đầu tiên trong bài tập 8.
15. Hãy viết phương trình của một tín hiệu sin có biên độ 150, chu kỳ 200 ms và đỉnh dương đầu tiên của tín hiệu tại $t = 50 ms$. Hãy vẽ dạng sóng của tín hiệu.
16. Một tín hiệu sin có tần số bằng 5 Mhz, có biên độ bằng 10 v tại $t = 0$ và đạt đến đỉnh dương đầu tiên tại $t = 25 ns$. Hãy xác định biên độ, góc pha và các hệ số Fourier.
17. Hãy xác định tần số, chu kỳ và các hệ số Fourier của các tín hiệu sin:

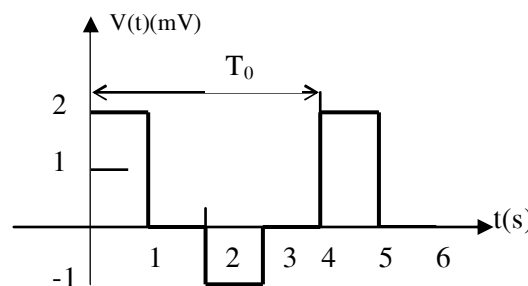
(a). $v_1(t) = 20 \cos(4000\pi t - 180^\circ)$	
(b). $v_2(t) = 20 \cos(4000\pi t - 90^\circ)$	
(c). $v_3(t) = 30 \cos(2\pi t/400 - 45^\circ)$	
(d). $v_4(t) = 60 \cos(2000\pi t + 45^\circ)$	
18. Hãy xác định chu kỳ, tần số, biên độ và góc pha của tín hiệu tổng 2 tín hiệu đầu tiên trong bài tập 12.
19. Hãy vẽ các dạng sóng tín hiệu hàm dốc theo sau. Sau đó vẽ và tìm phương trình bằng cách lấy đạo hàm các phương trình đã cho.

(a). $v_1(t) = tu(t) - (t-2)u(t-2)$	
(b). $v_2(t) = tu(t) - 2(t-1)u(t-1) + (t-2)u(t-2)$	
20. Một tín hiệu có phương trình tổng quát $v(t) = V_A - V_B e^{-\alpha t}$. Tại $t = 0$ thì biên độ của tín hiệu là +5V, tại $t = 5 \mu s$ thì biên độ của tín hiệu là +7.5 μs và đạt biên độ +10 V khi tại thời điểm t rất lớn. Hãy tìm giá trị của các thông số V_A, V_B, α và vẽ dạng sóng của tín hiệu.

21. Hãy viết phương trình của chu kỳ thứ nhất của tín hiệu có dạng sóng trong hình 1-31:

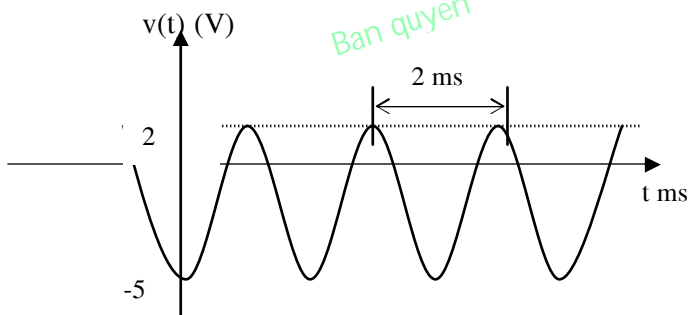


Hình 1-31.

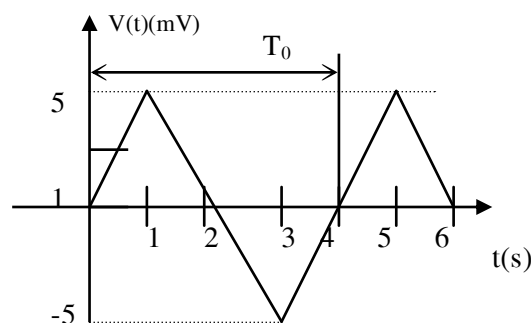


Hình 1-32.

22. Hãy viết phương trình $v(t)$ của chu kỳ thứ nhất của tín hiệu có dạng sóng trong hình 1-32, sau đó tính tích phân hàm $v(t)$ và vẽ dạng sóng của nó.
23. Một tín hiệu có dạng $v(t) = V_A - V_B \sin \beta t$. Tại $t = 0$ thì giá trị của tín hiệu bằng 10V và chu kỳ tín hiệu đạt đến giá trị cực tiểu bằng $-2V$ sau mỗi khoảng thời gian $25\mu s$. Hãy tìm các thông số V_A , V_B và β sau đó vẽ dạng sóng.
24. Hãy viết phương trình mà tín hiệu của nó có V_{pp} , V_{avg} và T_0 như dạng sóng trong hình vẽ 1-33. Sau đó tính đạo hàm phương trình tín hiệu vừa tìm và vẽ dạng sóng của nó.



Hình 1-33.



Hình 1-34.

25. Hãy viết phương trình cho chu kỳ tín hiệu đầu tiên của dạng sóng trong hình 1-34. Sau đó lấy đạo hàm phương trình vừa tìm được rồi vẽ dạng sóng.
26. Dạng sóng được định nghĩa là $\text{sgn}(t) = u(t) - u(-t)$ được gọi là hàm signum. Hãy vẽ dạng sóng của hàm $v_1(t) = V_A[\text{sgn}(t) - \text{sgn}(t-T_0)]$ và $v_2(t) = V_A[\sin(2\pi t/T_0)] \text{sgn}(t-T_0)$.

end

Chương 2

BIẾN ĐỔI DẠNG SÓNG BẰNG MẠCH RC, RL VÀ RLC

PHÂN TÍCH SÓNG VUÔNG

MẠCH RC

MẠCH RC VỚI TÍN HIỆU VÀO LÀ HÀM BƯỚC

MẠCH RC VỚI TÍN HIỆU VÀO LÀ HÀM XUNG

MẠCH LỌC TẦN SỐ THẤP – MẠCH VI PHÂN

MẠCH LỌC TẦN SỐ THẤP

MẠCH VI PHÂN

MẠCH LỌC TẦN SỐ CAO – MẠCH TÍCH PHÂN

MẠCH LỌC TẦN SỐ CAO

MẠCH TÍCH PHÂN

CÁC DẠNG MẠCH DÙNG RL

MẠCH VI PHÂN – TÍCH PHÂN DÙNG OP-AMP

MẠCH VI PHÂN

MẠCH TÍCH PHÂN

PHƯƠNG PHÁP TOÁN TỬ

PHÉP BIẾN ĐỔI THUẬN LAPLACE

PHÂN TÍCH MẠCH BIẾN ĐỔI TÍN HIỆU RC DÙNG BIẾN ĐỔI LAPLACE

Mạch RC với tín hiệu vào là hàm bước

Mạch RC với tín hiệu vào là hàm xung vuông

Mạch RC với tín hiệu vào là hàm mũ:

Mạch RC với tín hiệu vào là hàm dốc

PHÂN TÍCH MẠCH BIẾN ĐỔI TÍN HIỆU RL DÙNG BIẾN ĐỔI LAPLACE

Mạch RL với tín hiệu vào là hàm bước

Mạch RL với tín hiệu vào là hàm xung vuông

MẠCH PHÂN ÁP

MẠCH RLC

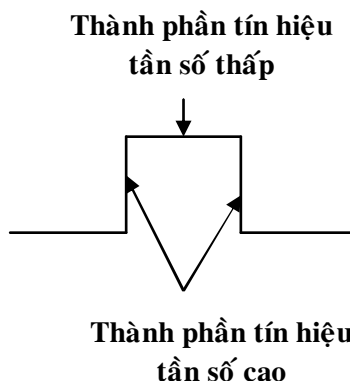
BÀI TẬP

LIỆT KÊ CÁC HÌNH

- Hình 2-1. Phân tích tín hiệu sóng vuông.
- Hình 2-2. Mạch RC.
- Hình 2-3. Mạch RC với tín hiệu vào là hàm bước.
- Hình 2-4. Mạch được vẽ lại.
- Hình 2-5. Dạng sóng của tụ C, R và tín hiệu vào.
- Hình 2-6. Dạng sóng nạp của tụ C.
- Hình 2-7. Mạch RC với tín hiệu vào là hàm xung.
- Hình 2-8. Mạch vẽ lại với khoảng thời gian từ 0 đến t_1 .
- Hình 2-9. Dạng sóng ra trong 2 trường hợp.
- Hình 2-10. Tụ bắt đầu xả điện.
- Hình 2-11. Dạng sóng xả của tụ C.
- Hình 2-12. Mạch lọc tần số thấp.
- Hình 2-13. Mạch Khuếch đại ghép tầng dùng mạch RC.
- Hình 2-14. Mạch vi phân.
- Hình 2-15. Ký hiệu mạch vi phân và dạng sóng vào ra.
- Hình 2-16. Mạch lọc tần số cao.
- Hình 2-17. Biểu đồ Bode.
- Hình 2-18. Mạch tích phân.
- Hình 2-19. Ký hiệu mạch tích phân và dạng sóng vào ra.
- Hình 2-20. Mạch RC và RL.
- Hình 2-21. Mạch vi phân dùng Op – amp.
- Hình 2-22. Mạch tích phân dùng Op – amp.
- Hình 2-23. Mạch RC với tín hiệu vào là hàm bước.
- Hình 2-24. Mạch RC với tín hiệu vào là hàm xung.
- Hình 2-25. Mạch RC với tín hiệu vào là hàm mũ.
- Hình 2-26. Mạch RC với tín hiệu vào là hàm dốc.
- Hình 2-27. Mạch RL với tín hiệu vào là hàm bước.
- Hình 2-28. Mạch RL với tín hiệu vào là hàm mũ.
- Hình 2-29. Mạch cầu phân áp dùng điện trở.
- Hình 2-30. Mạch cầu phân áp tần số thấp.
- Hình 2-31. Mạch cầu phân áp tần số cao.
- Hình 2-32. Chỉnh đúng, chỉnh lệch và chỉnh thiếu tụ C1.
- Hình 2-33. Mạch RLC với tín hiệu vào là hàm bước.
- Hình 2-34. Mạch RLC với tín hiệu vào là hàm bước.
- Hình 2-35. Dạng sóng hiệu của 2 hàm mũ.
- Hình 2-36. Dạng sóng tích của hàm mũ và hàm dốc.
- Hình 2-37. Dạng sóng tích của hàm mũ và hàm sin.

I. PHÂN TÍCH XUNG VUÔNG:

Một tín hiệu xung vuông như hình vẽ 2-1 gồm 2 thành phần: tín hiệu dc và tín hiệu tần số cao:

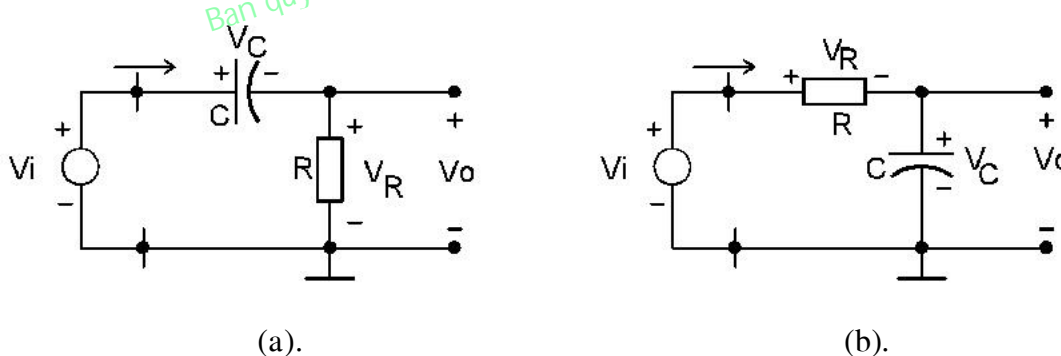


Hình 2-1. Phân tích tín hiệu sóng vuông.

Trong chương này khảo sát sự biến đổi tín hiệu khi đưa qua mạch RC, RL và RLC. Sự biến đổi được phân tích dựa vào phương pháp quá độ trong mạch điện bằng cách giải phương trình vi phân hoặc dùng phương pháp toán tử (biến đổi Laplace).

II. MẠCH RC:

Xét 2 mạch RC hình 2-2:



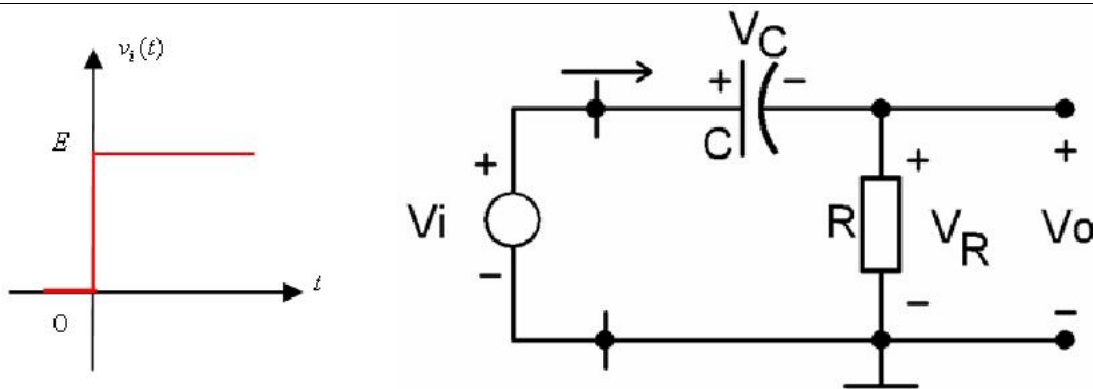
Hình 2-2. Mạch RC.

Mạch RC hình 2-2(a) và hình 2-2(b) chỉ khác nhau ở phần tín hiệu lấy ra $v_o(t)$ trên tụ C hay điện trở R. Do đó khi khảo sát sự biến đổi tín hiệu bằng mạch RC thì có thể xem 2 mạch là 1.

1. MẠCH RC VỚI TÍN HIỆU VÀO LÀ HÀM BƯỚC:

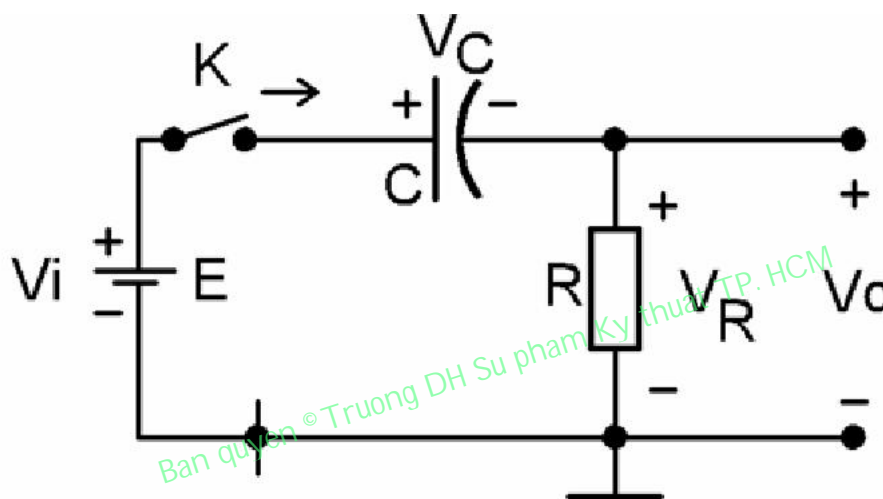
Khi tín hiệu vào là hàm bước $v_i(t) = Eu(t)$, điện áp ban đầu của tụ bằng 0v.

Xét mạch RC với tín hiệu vào là hàm bước như hình 2-3:



Hình 2-3. Mạch RC với tín hiệu vào là hàm bước.

Để dễ dàng khảo sát ta dùng sơ đồ mạch tương đương hình 2-4:



Hình 2-4. Mạch được vẽ lại.

Tại thời điểm $t = 0$ khoá SW được đóng lại:

Điện áp của tụ C: $v_c(t) = 0V$

Điện áp trên điện trở R: $v_R(t) = v_{in}(t) = E$

Tụ điện C bắt đầu nạp điện theo phương trình nạp: $v_c(t) = E(1 - e^{-t/RC}) + v_c(0) = E(1 - e^{-t/RC})$

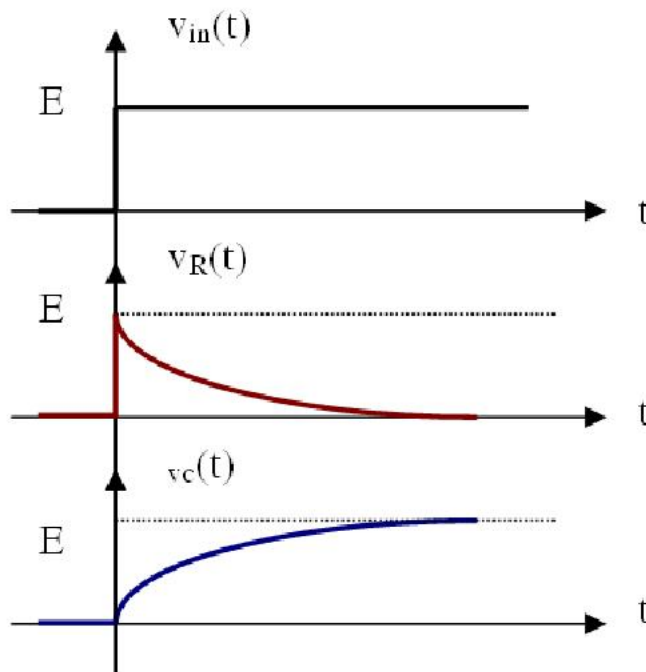
Trong đó $v_o(0) = 0$ vì điện áp ban đầu của tụ cho bằng 0V.

Điện áp trên điện trở R giảm theo phương trình: $v_R(t) = E - v_c(t) = Ee^{-t/RC}$

Dạng sóng tín hiệu vào, trên điện trở và trên tụ C được vẽ như hình 2-5.

⚠️ Chú ý: phương trình nạp của tụ có được từ môn lý thuyết mạch xem phần phụ lục.

Độ dốc của hàm mũ phụ thuộc vào thời hằng nạp xả $\tau = RC$.



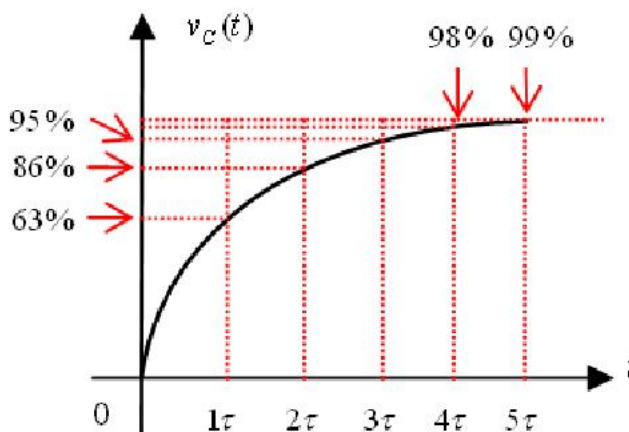
Hình 2-5. Dạng sóng của tụ C, R và tín hiệu vào.

Ví dụ 2-1.

Cho mạch RC và dạng sóng vào như hình 2-3, hãy khảo sát giá trị điện áp trên tụ C và trên điện trở R tương ứng với các giá trị $t = \tau, 2\tau, 3\tau, 4\tau, 5\tau$.

- Khi $t = \tau$ thì tụ nạp được 63%.
- Khi $t = 2\tau$ thì tụ nạp được 86%.
- Khi $t = 3\tau$ thì tụ nạp được 95%.
- Khi $t = 4\tau$ thì tụ nạp được 98%.
- Khi $t = 5\tau$ thì tụ nạp được 99%.

Trong kỹ thuật xung sau khoảng thời từ 3τ đến 5τ xem như tụ đã nạp đầy.

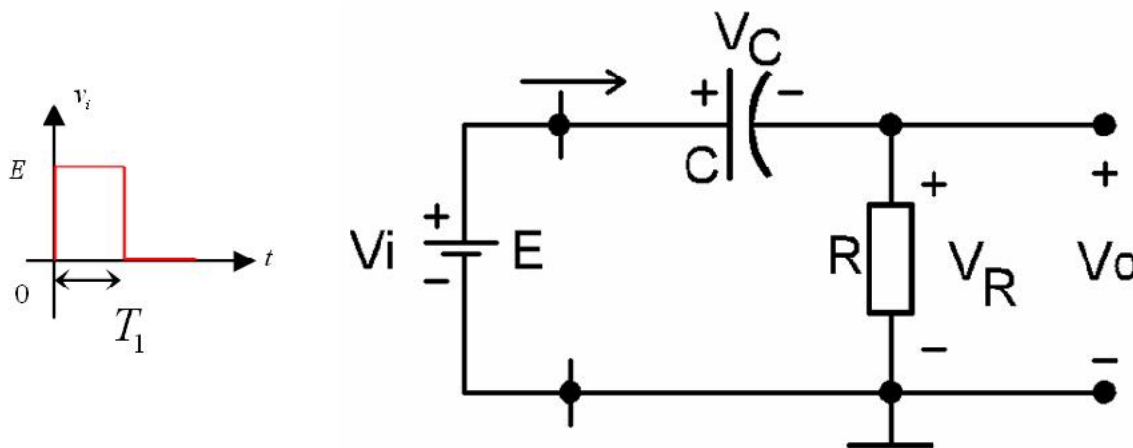


Hình 2-6. Dạng sóng nạp của tụ C.

2. MẠCH RC VỚI TÍN HIỆU VÀO LÀ HÀM XUNG.

Khi tín hiệu vào là hàm xung vi(t) = E[u(t) – u(t-T₁)], điện áp ban đầu của tụ bằng 0v.

Xét mạch RC với tín hiệu vào là hàm xung như hình 2-7:



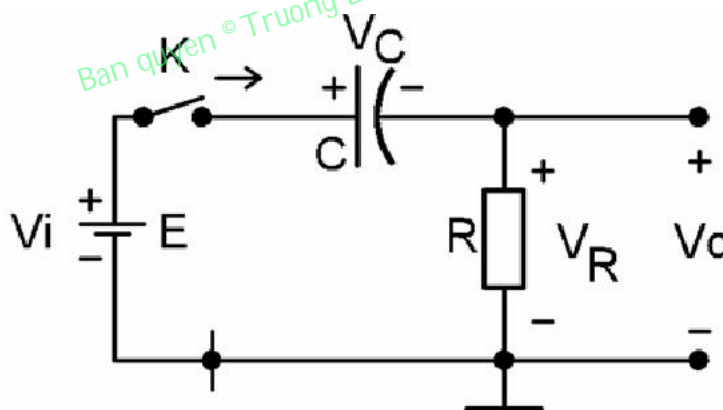
Hình 2-7. Mạch RC với tín hiệu vào là hàm xung.

Tại thời điểm t = 0 khoá SW được đóng lại như hình 2-8:

Điện áp của tụ C: $v_c(t) = 0v$

Điện áp trên điện trở R: $v_R(t) = v_i(t) = E$

Tụ điện C bắt đầu nạp điện theo phương trình nạp: $v_c(t) = E(1 - e^{-t/RC}) + v_c(0) = E(1 - e^{-t/RC})$

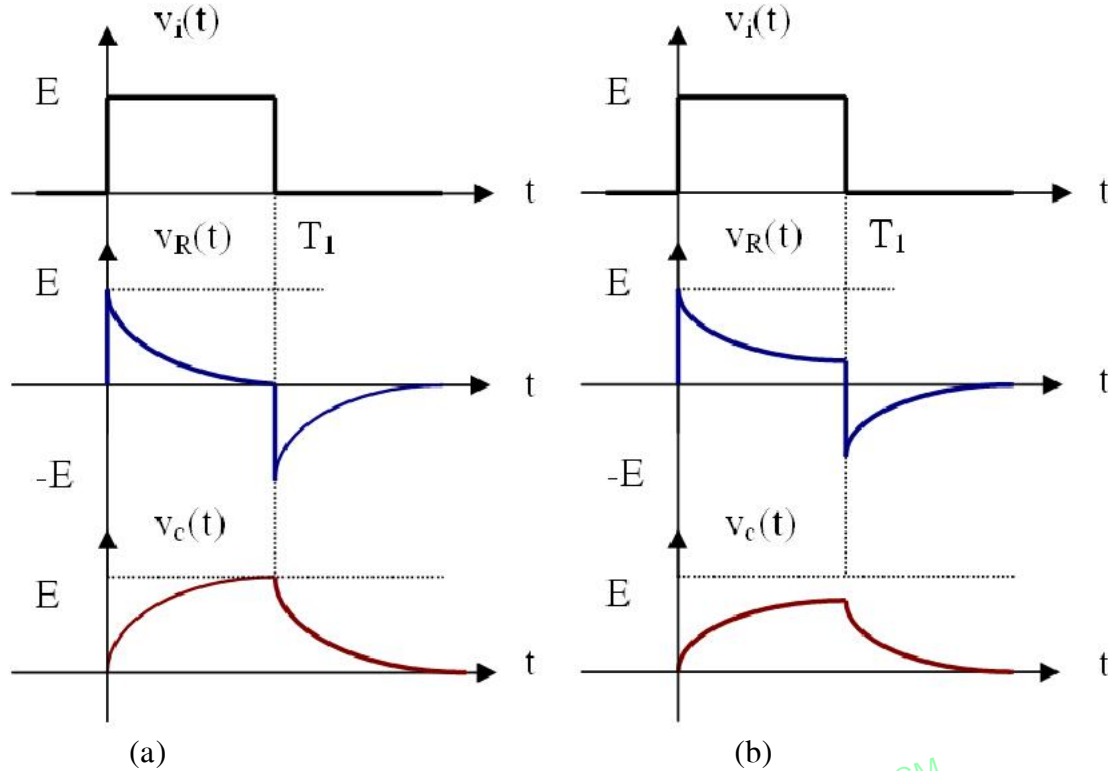


Hình 2-8. Mạch vẽ lại với khoảng thời gian từ 0 đến t₁.

Điện áp trên điện trở R giảm theo phương trình: $v_R(t) = E - v_c(t) = Ee^{-t/RC}$

Giá trị điện áp của tụ C được nạp phụ thuộc vào thời gian tồn tại xung T₁. Có thể chia ra làm 2 trường hợp:

- (a) T₁ ≥ 5τ: tụ sẽ nạp đầy bằng điện áp tín hiệu vào E và điện áp R sẽ giảm về 0, hình 2-9a.
- (b) T₁ < 5τ: tụ sẽ nạp nhưng không bằng điện áp tín hiệu vào E và điện áp R sẽ không giảm về 0, hình 2-9b.



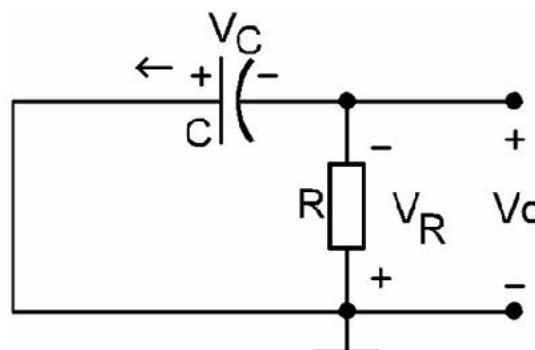
Hình 2-9. Dạng sóng ra trong 2 trường hợp.

Sau khoảng thời gian T_1 , tín hiệu vào bằng 0, sơ đồ mạch tương đương như hình 2-10:

Tụ C được xem như một nguồn điện có biên độ bằng lượng điện áp đã nạp. Ta có $v_R(t) = -v_C(t)$

Tụ C bắt đầu xả điện còn điện áp R sẽ tăng dần theo phương trình: $v_R(t) = -v_C(t) = -Ee^{-t/RC}$
 sau khoảng thời gian $t = 5\tau$, điện áp: $v_R(t) = v_C(t) = 0$

Dạng sóng của tín hiệu vào, dạng sóng của R và dạng sóng của tụ C như đã trình bày ở hình 2-9 trong khoảng thời gian sau T_1 .



Hình 2-10. Tụ bắt đầu xả điện.

Ví dụ 2-2.

Cho mạch RC như hình 2-10, hãy khảo sát giá trị điện áp trên tụ C và trên điện trở R tương ứng với các giá trị $t = \tau, 2\tau, 3\tau, 4\tau, 5\tau$.

Khi $t = \tau$ thì tụ xả được 63%.

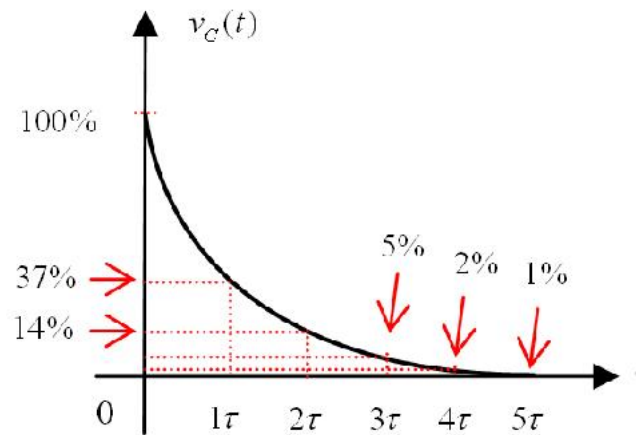
Khi $t = 2\tau$ thì tụ xả được 86%.

Khi $t = 3\tau$ thì tụ xả được 95%.

Khi $t = 4\tau$ thì tụ xả được 98%.

Khi $t = 5\tau$ thì tụ xả được 99%.

Trong kỹ thuật xung sau khoảng thời từ 3τ đến 5τ xem như tụ đã xả hết.

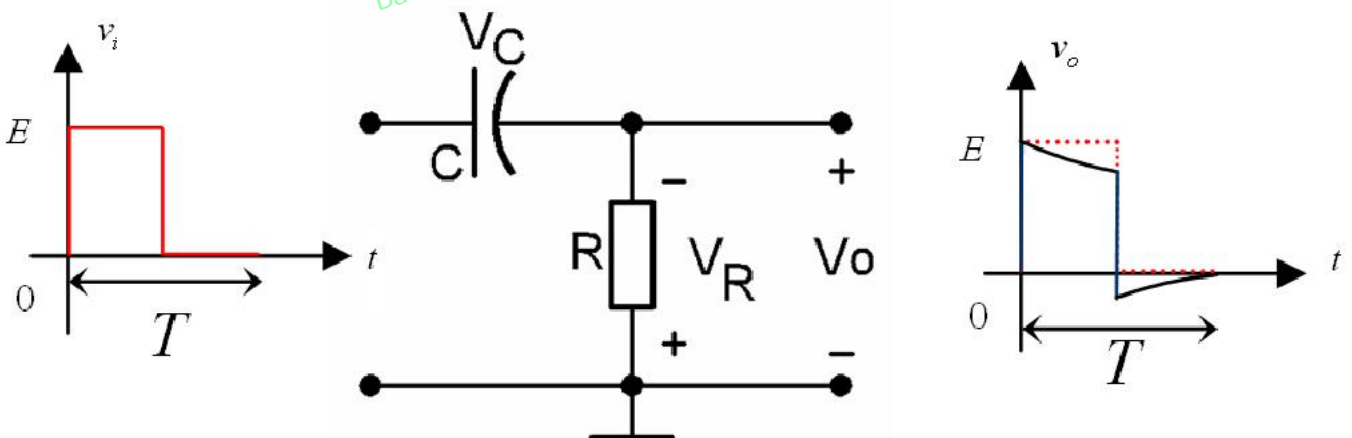


Hình 2-11. Dạng sóng xả của tụ C.

III. MẠCH LỌC TẦN SỐ THẤP VÀ MẠCH VI PHÂN:

1 MẠCH LỌC TẦN SỐ THẤP:

Xét mạch RC như hình vẽ 2-12, ta thấy các vùng tín hiệu tần số thấp bị biến dạng, vùng tần số cao không bị ảnh hưởng.



Hình 2-12. Mạch lọc tần số thấp.

Ta có thể giải thích như sau:

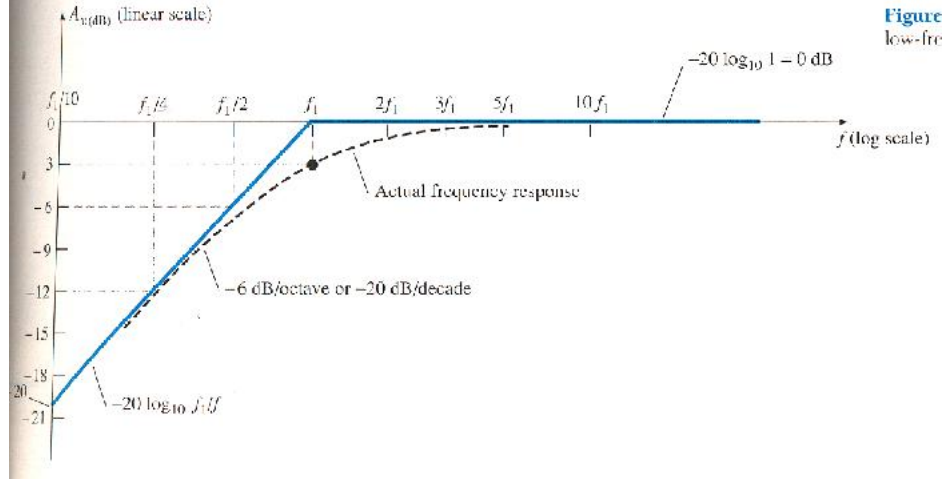
Phương trình tính trở kháng của tụ điện: $X_c = \frac{1}{2\pi fC}$

Trong đó f là tần số của tín hiệu ngõ vào, nếu tín hiệu có tần số thấp thì X_c có giá trị lớn ngăn cản tín hiệu, khi tín hiệu có tần số cao thì X_c nhỏ và tín hiệu có thể qua được tụ điện đến ngõ ra.

Tần số cắt của tín hiệu là tần số tại đó tín hiệu ra v_o giảm 3dB so với tín hiệu vào v_i . Kết quả tìm được tần số cắt:

$$f_1 = \frac{1}{2\pi RC}$$

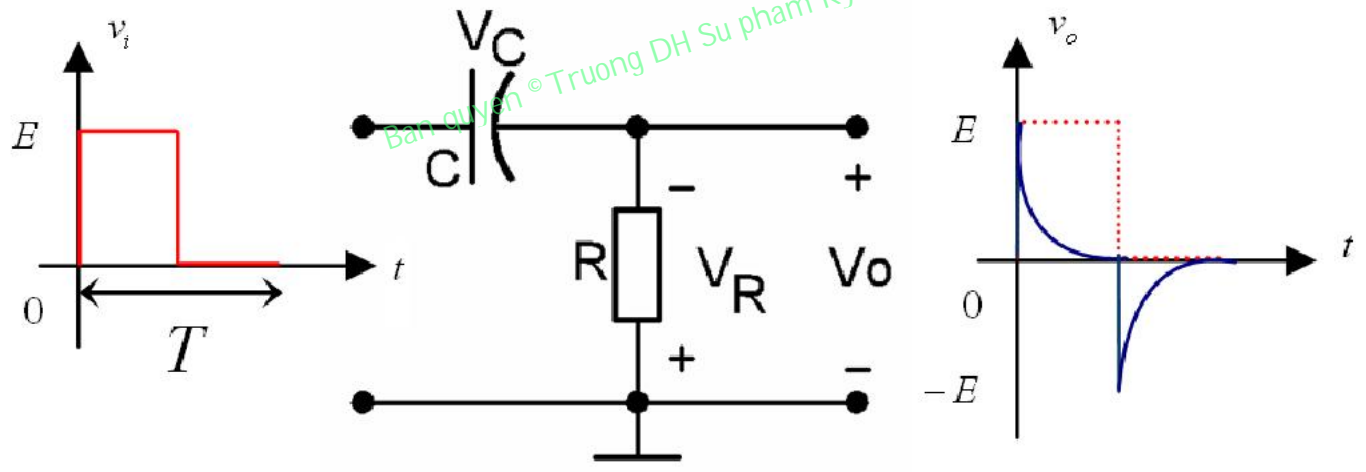
Mạch lọc tần số thấp thường gặp trong các mạch khuếch đại ghép RC làm xuất hiện tần số cắt dưới của mạch khuếch đại như hình 2-13.



Hình 2-13. Mạch Khuếch đại ghép tầng dùng mạch RC.

2. MẠCH VI PHÂN

Xét mạch điện RC như hình 2-14 là mạch vi phân và cũng chính là mạch lọc tần số thấp. Cho tín hiệu vào là xung vuông và giả sử rằng thời gian tồn tại xung ngõ vào ở mức 1 là $T_1 \gg \tau = RC$ có nghĩa là tụ C nạp điện rất nhanh và điện áp trên R suy giảm rất nhanh, dạng sóng vào và ra như hình 2-14.



Hình 2-14. Mạch vi phân.

Mạch vi phân là mạch có chức năng tạo ra tín hiệu ra bằng cách tính đạo hàm phương trình tín hiệu vào. Sau đây ta tìm mối quan hệ tín hiệu vào ra:

Áp dụng định luật Kirchhoff về áp ta có:

$$v_I(t) = v_C(t) + v_R(t)$$

Với điều kiện $T_1 \gg \tau = RC$ thì lượng điện áp của tín hiệu vào xem như đặt lên toàn bộ tụ điện C, điện áp trên R không đáng kể và xem như bằng 0:

$$v_R(t) \cong 0V$$

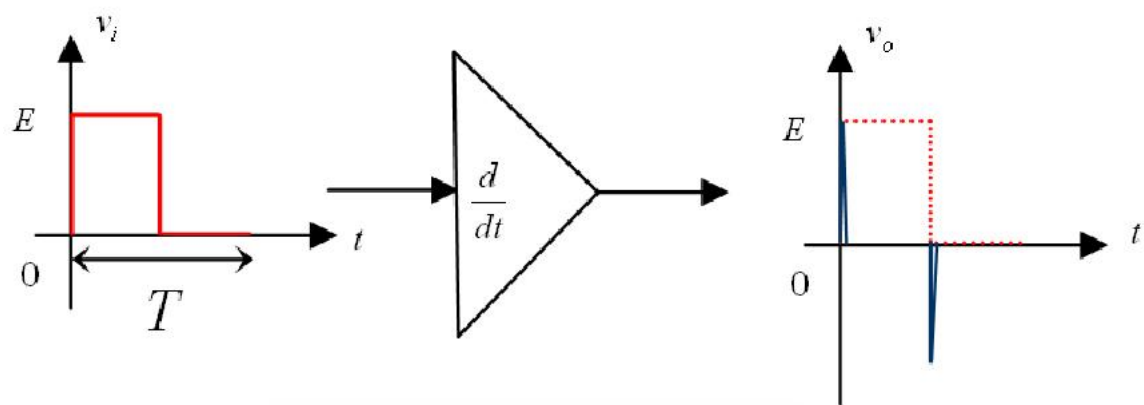
Phương trình trên được viết lại: $v_I(t) \cong v_C(t) = \frac{1}{C} \int i(t) dt$

Dòng điện i(t): $i(t) = \frac{v_R(t)}{R}$

Suy ra $v_I(t) \cong \frac{1}{CR} \int v_R(t) dt$

Đạo hàm 2 vế ta được:
$$v_R(t) = v_o(t) = RC \frac{dv_I(t)}{dt}$$

Vậy tín hiệu ra bằng đạo hàm tín hiệu vào nhân với RC, nếu nói theo dạng sóng thì khi đưa 1 tín hiệu sóng vuông đến mạch vi phân sẽ tạo ra một tín hiệu có 2 gai nhọn và được minh họa ngắn gọn bằng hình 2-15.



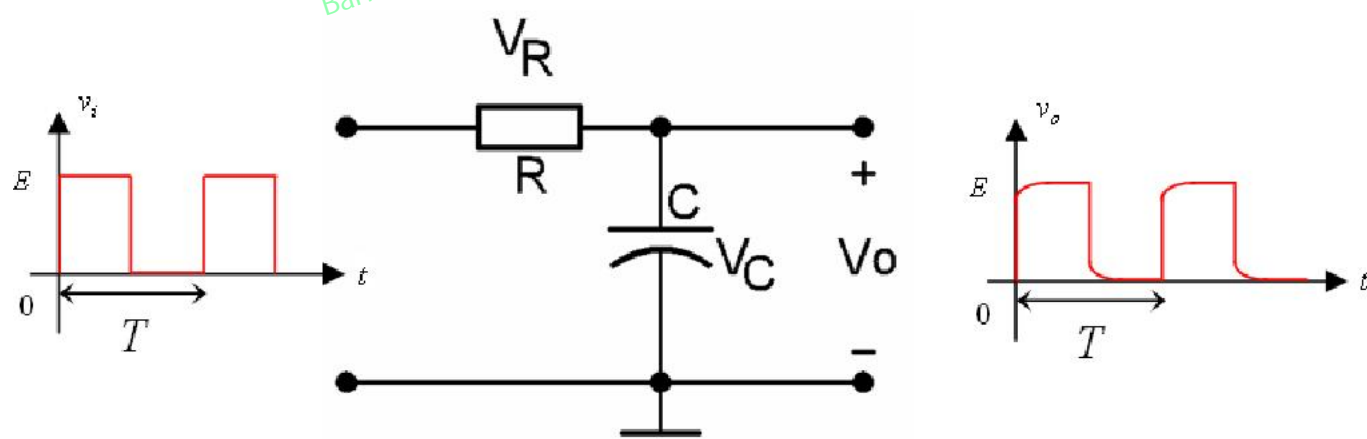
Hình 2-15. Ký hiệu mạch vi phân và dạng sóng vào ra.

Ứng dụng của mạch vi phân là thu hẹp xung vuông tạo ra xung gai nhọn để kích.

IV. MẠCH LỌC TẦN SỐ CAO VÀ MẠCH TÍCH PHÂN:

1. MẠCH LỌC TẦN SỐ CAO:

Xét mạch RC như hình 2-16, ta thấy các vùng tín hiệu tần số cao bị biến dạng, vùng tần số thấp ít bị ảnh hưởng.



Hình 2-16. Mạch lọc tần số cao.

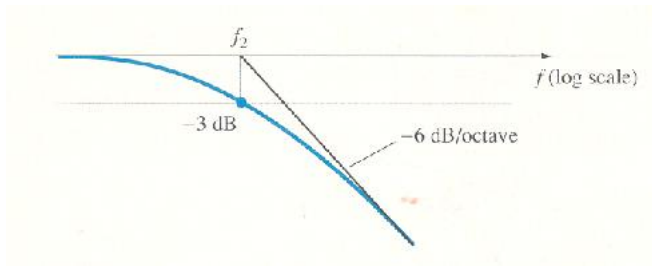
Ta có thể giải thích như sau:

Phương trình tính trở kháng của tụ điện:
$$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

Trong đó f là tần số của tín hiệu ngõ vào, nếu tín hiệu có tần số thấp thì Xc có giá trị lớn ngăn cản tín hiệu xuống mass hay xem như hở mạch và tín hiệu có thể đưa đến ngõ ra, khi tín hiệu có tần số cao thì Xc nhỏ và tín hiệu có thể qua được tụ điện xuống mass hay tụ đã ngắn mạch các tín hiệu có tần số cao.

Tần số cắt của tín hiệu là tần số tại đó tín hiệu ra v_o giảm 3dB so với tín hiệu vào v_i. Kết quả tìm được tần số cắt:
$$f_2 = \frac{1}{2\pi RC}$$

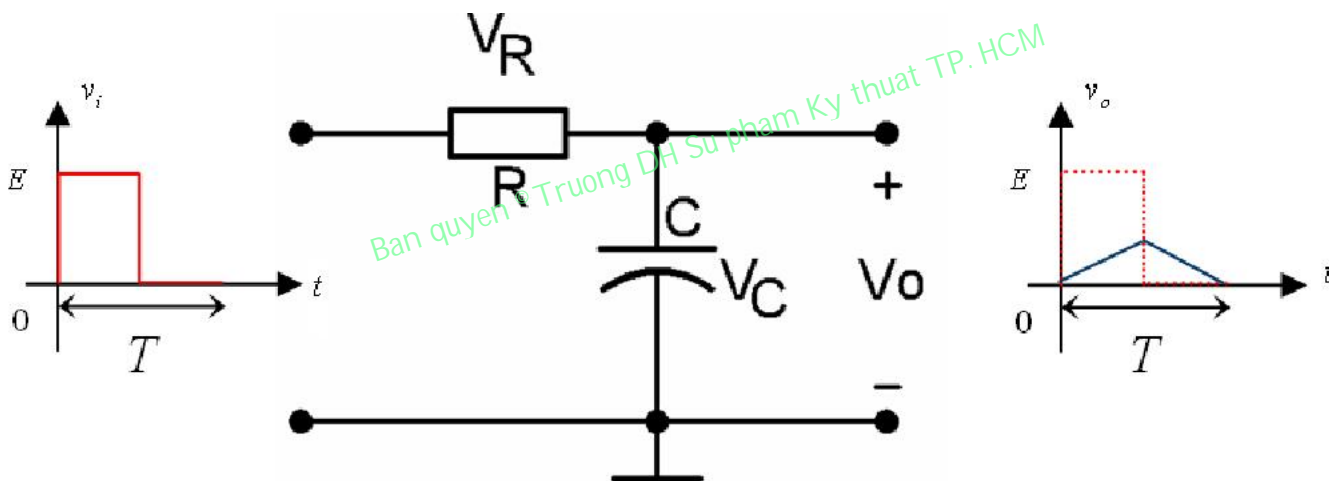
Mạch lọc tần số thấp thường gặp trong các mạch khuếch đại ghép RC làm xuất hiện tần số cắt trên của mạch khuếch đại như hình 2-17.



Hình 2-17. Giản đồ Bode.

2. MẠCH TÍCH PHÂN

Xét mạch điện như hình 2-18 là mạch tích phân và cũng chính là mạch lọc tần số cao. Cho tín hiệu vào là xung vuông và giả sử rằng thời gian tồn tại xung ngõ vào ở mức 1 là $T_1 \ll \tau = RC$ có nghĩa là tụ C nạp điện rất chậm và điện áp trên R suy giảm cũng rất chậm, dạng sóng vào và ra như hình 2-18.



Hình 2-18. Mạch tích phân.

Mạch tích phân là mạch có chức năng tạo ra tín hiệu ra bằng cách tích phân phương trình tín hiệu vào. Sau đây ta tìm mối quan hệ tín hiệu vào ra:

Áp dụng định luật Kirchhoff về áp ta có: $v_i(t) = v_c(t) + v_r(t)$

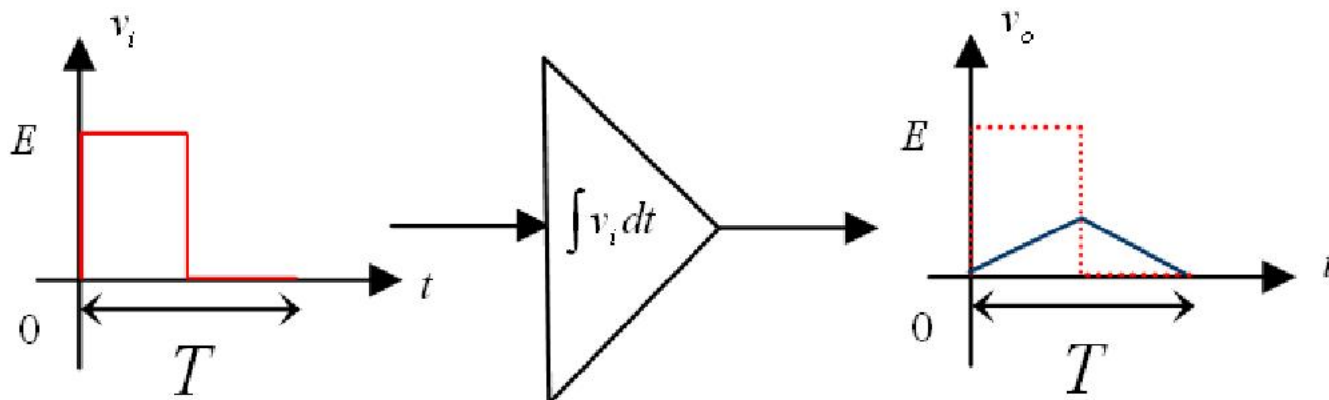
Với điều kiện $T_1 \ll \tau = RC$ thì lượng điện áp của tín hiệu vào xem như đặt lên toàn bộ điện trở R, điện áp trên C không đáng kể và xem như bằng 0: $v_c(t) \cong 0V$

Phương trình trên được viết lại: $v_i(t) \cong v_r(t) = i(t) \times R$

Phương trình nạp của tụ: $v_c(t) = \frac{1}{C} \int i(t) dt$

Suy ra $v_c(t) = v_o(t) = \frac{1}{RC} \int v_i(t) dt$

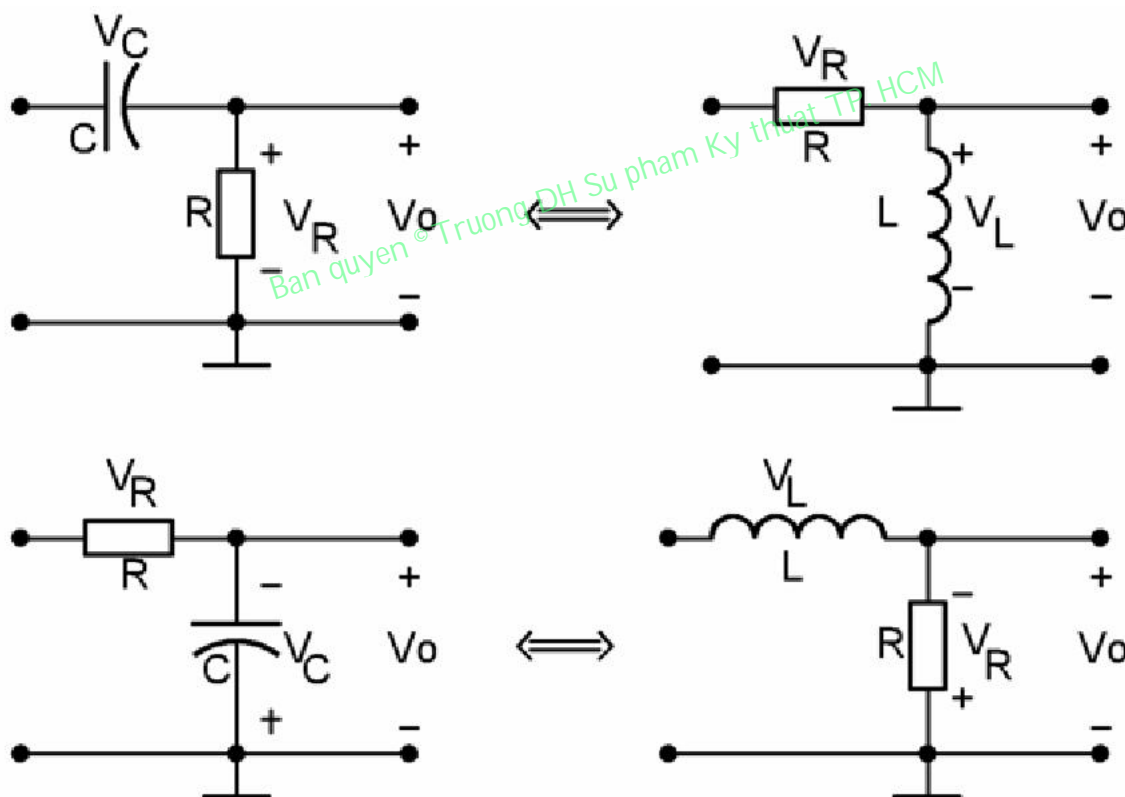
Vậy tín hiệu ra bằng tích phân tín hiệu vào chia cho RC, nếu nói theo dạng sóng thì khi đưa 1 tín hiệu sóng vuông đến mạch vi phân sẽ tạo ra một tín hiệu tam giác và được minh họa ngắn gọn bằng hình 2-19.



Hình 2-19. Ký hiệu mạch tích phân và dạng sóng vào ra.

V. CÁC DẠNG MẠCH DÙNG RL

Do tính chất song đối giữa các mạch RC và RL ta có các dạng mạch lọc và vi tích phân như hình 2-20:

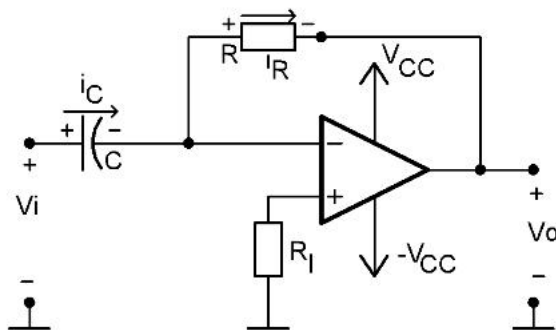


Hình 2-20. Mạch RC và RL.

VI. MẠCH VI PHÂN, TÍCH PHÂN DÙNG OPAMP:

1. MẠCH VI PHÂN

Sơ đồ mạch vi phân hình 2-21:



Hình 2-21. Mạch vi phân dùng Op – amp.

Theo giả định 1 ta có:

$$V_A = V_- = V_+ = 0V$$

Ta có:

$$V_c(t) = V_i(t) = \frac{1}{C} \int_0^t i_c(t) dt + V_c(0)$$

Đạo hàm 2 vế được:

$$i_c(t) = C \frac{dV_i(t)}{dt}$$

Theo giả định 1 ta có:

$$i_c(t) = i_R(t) = -\frac{V_o(t)}{R}$$

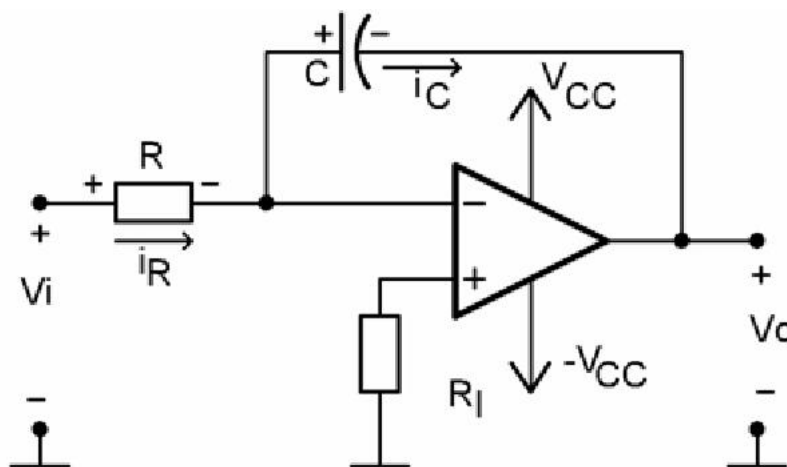
Kết quả được:

$$V_o(t) = -Ri_c(t) = -RC \frac{dV_i(t)}{dt}$$

Mạch vi phân cũng chính là mạch lọc thông cao.

2. MẠCH TÍCH PHÂN

Sơ đồ mạch tích phân hình 2-22:



Hình 2-22. Mạch tích phân dùng Op – amp.

Theo giả định 1 ta có:

$$V_A = V_- = V_+ = 0V$$

Nên

$$V_o = -\frac{1}{C} \int_0^t i_c dt + V_c(0)$$

Ta có

$$i_c = i_R = \frac{V_i(t)}{R}$$

Thế vào ta có:

$$V_o = -\frac{1}{RC} \int_0^t V_i(t) dt + V_c(0)$$

Mạch tích phân cũng chính là mạch lọc thông thấp.

VII. PHƯƠNG PHÁP TOÁN TỬ: (nhắc lại)

1. PHÉP BIẾN ĐỔI THUẬN LAPLACE:

Kí hiệu hàm biến đổi Laplace như sau: $L\{f(t)\} = F(s)$

Trong đó $F(s)$ là hàm biến đổi Laplace của hàm $f(t)$. Hàm biến đổi này gồm có 2 vùng: (1) – vùng thời gian – trong vùng này tín hiệu được biểu diễn bởi hàm $f(t)$; (2) – vùng tần số phức – trong vùng này tín hiệu được biểu diễn bởi hàm $F(s)$.

Kí hiệu s tượng trưng cho biến thay đổi tần số phức: $s = \delta + j\omega$

Một tín hiệu có thể biểu diễn bằng hàm $f(t)$ hoặc bằng hàm Laplace $F(s)$. Cả hai hàm được gọi là cặp biến đổi Laplace.

Phép biến đổi Laplace được định nghĩa như sau:

$$F(s) = \int_{0^-}^{\infty} f(t)e^{-st} dt$$

Bảng tóm tắt các tính chất của biến đổi Laplace:

Tính chất	Vùng thời gian	Vùng tần số:
Biến độc lập:	t	s
Hàm tín hiệu:	$f(t)$	$F(s)$
Kí hiệu biến đổi:	$L^{-}\{F(S)\} = [f(t)]u(t)$	$L\{f(t)\} = F(s)$
Tuyến tính:	$Af_1(t) + Bf_2(t)$	$AF_1(s) + BF_2(s)$
Tích phân:	$\int_0^t f(\tau)d\tau$	$\frac{F(s)}{s}$
Vi phân:	$\frac{df(t)}{dt}$	$sF(s) - f(0^-)$
	$\frac{d^2 f(t)}{dt^2}$	$s^2 F(s) - sf(0^-) - f'(0^-)$

Bảng biến đổi Laplace của một số hàm thường dùng:

Tín hiệu	Hàm tín hiệu $f(t)$	Hàm Laplace $F(s)$
Xung dirac	$\delta(t)$	1
Hàm bước	$u(t)$	$\frac{1}{s}$
Hàm dốc	$tu(t)$	$\frac{1}{s^2}$
Hàm mũ	$e^{-\alpha t} \times u(t)$	$\frac{1}{s + \alpha}$

Hàm dốc giảm	$te^{-\alpha t} \times u(t)$	$\frac{1}{(s + \alpha)^2}$
Hàm sin	$\sin \beta t$	$\frac{\beta}{s^2 + \beta^2}$
Hàm cos	$\cos \beta t$	$\frac{s}{s^2 + \beta^2}$
Hàm sin giảm	$e^{-\alpha t} \sin \beta t \times u(t)$	$\frac{\beta}{(s + \alpha)^2 + \beta^2}$
Hàm cos giảm	$e^{-\alpha t} \cos \beta t \times u(t)$	$\frac{s + \alpha}{(s + \alpha)^2 + \beta^2}$

Ví dụ:

Hãy chứng minh biến đổi Laplace của hàm $f(t) = u(t)$ là $F(s) = 1/s$

Giải:

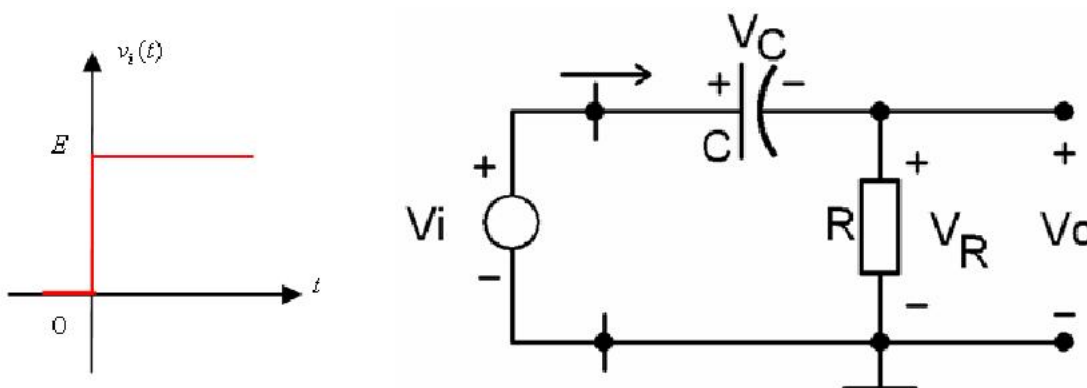
Áp dụng công thức biến đổi ta tính: $F(s) = \int_{0^-}^{\infty} u(t)e^{-st} dt$

Theo định nghĩa hàm bước $u(t) = 1$ nên: $F(s) = \int_{0^-}^{\infty} e^{-st} dt = -\frac{e^{-st}}{s} \Big|_{0^-}^{\infty} = \frac{1}{s}$

2. PHÂN TÍCH MẠCH BIẾN ĐỔI TÍN HIỆU RC DÙNG BIẾN ĐỔI LAPLACE:

a. Mạch RC với tín hiệu vào là hàm bước

Xét mạch điện RC như hình 2-23:



Hình 2-23. Mạch RC với tín hiệu vào là hàm bước.

Việc phân tích được chia làm 3 bước:

Bước 1: thiết lập các phương trình trong vùng thời gian.

Áp dụng định luật Kirchhoff về áp ta có: $-v_i(t) + v_R(t) + v_C(t) = 0$

Phương trình tín hiệu vào: $v_i(t) = Eu(t)$

Điện áp trên điện trở R: $v_R(t) = i(t)R$

Dòng điện qua tụ C: $i(t) = C \frac{dv_C(t)}{dt}$

Thế vào phương trình trên được: $RC \frac{dv_C(t)}{dt} + v_C(t) = Eu(t)$

Với điều kiện ban đầu $v_C(0) = V_0$.

Bước 2: chuyển đổi các phương trình ở bước 1 sang vùng tần số phức s và giải các phương trình để tìm hàm đáp ứng.

Dùng biến đổi Laplace để chuyển hàm sau: $L\left[RC\frac{dv_C(t)}{dt} + v_C(t)\right] = L[Eu(t)]$

Dùng tính chất tuyến tính và phép biến đổi của một số hàm được:

$$RC[sV_C(s) - V_0] + V_C(s) = E\frac{1}{s}$$

Suy ra điện áp trên tụ C là:

$$V_C(s) = \frac{E/RC}{s\left(s + \frac{1}{RC}\right)} + \frac{V_0}{s + \frac{1}{RC}}$$

Bước 3: áp dụng biến đổi Laplace ngược để chuyển đổi hàm tìm được ở bước 2 sang hàm biến đổi theo thời gian.

Thành phần đầu của tín hiệu tách ra thành 2 phần như sau:

$$\frac{E/RC}{s\left(s + \frac{1}{RC}\right)} = \frac{k_1}{s} + \frac{k_2}{s + \frac{1}{RC}}$$

Giải phương trình tìm các hệ số k_1 và k_2 :

$$k_1 = \left. \frac{E/RC}{\left(s + \frac{1}{RC}\right)} \right|_{s=0} = E$$

$$k_2 = \left. \frac{E/RC}{s} \right|_{s=-1/RC} = -E$$

Phương trình trên được viết lại:

$$V_C(s) = \frac{E}{s} - \frac{E}{s + 1/RC} + \frac{V_0}{s + 1/RC}$$

Tra các hàm cơ bản suy ra hàm gốc:

$$v_C(t) = \left[E - Ee^{-\frac{t}{RC}} + V_0e^{-\frac{t}{RC}} \right] \times u(t) = \left[E - (E - V_0)e^{-\frac{t}{RC}} \right] \times u(t)$$

Nếu điện áp ban đầu của tụ bằng 0 thì phương trình của tụ C là:

$$v_C(t) = \left[E - Ee^{-\frac{t}{RC}} \right] \times u(t) = E\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right) \times u(t)$$

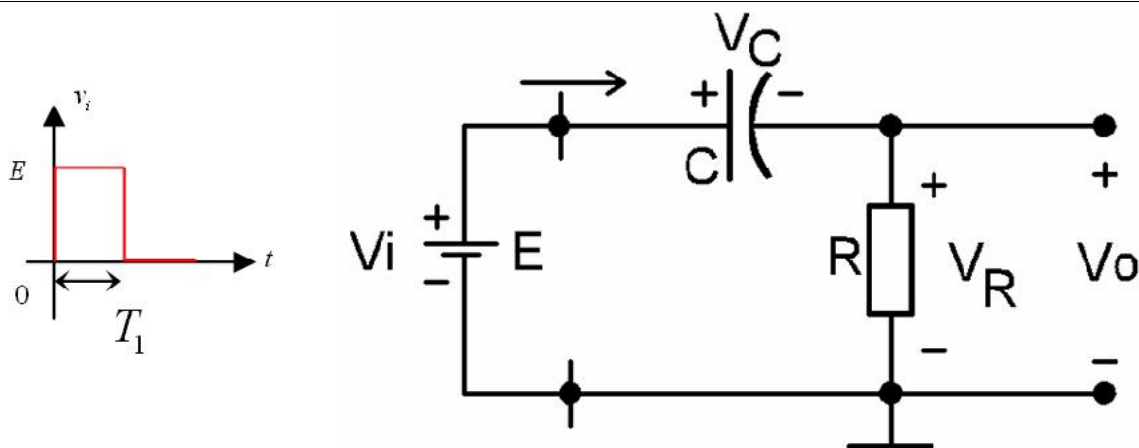
Và phương trình của điện trở R:

$$v_R(t) = v_i(t) - v_C(t) = Eu(t) - \left[E - Ee^{-\frac{t}{RC}} \right] \times u(t) = Ee^{-\frac{t}{RC}} \times u(t)$$

Phương trình và dạng sóng vào, dạng sóng trên tụ, dạng sóng trên R giống như ta đã khảo sát ở phần II.

b. Mạch RC với tín hiệu vào là hàm xung vuông

Xét mạch điện RC như hình 2-24:



Hình 2-24. Mạch RC với tín hiệu vào là hàm xung.

Bước 1: thiết lập các phương trình trong vùng thời gian.

Áp dụng định luật Kirchoff về áp ta có: $-v_i(t) + v_R(t) + v_C(t) = 0$

Phương trình tín hiệu vào: $v_i(t) = E[u(t) - u(t - T_1)]$

Điện áp trên điện trở R: $v_R(t) = i(t)R$

Dòng điện qua tụ C: $i(t) = C \frac{dv_C(t)}{dt}$

Thế vào phương trình trên được: $RC \frac{dv_C(t)}{dt} + v_C(t) = E[u(t) - u(t - T_1)]$

Với điều kiện ban đầu $v_C(0) = V_0$.

Bước 2: chuyển đổi các phương trình ở bước 1 sang vùng tần số phức s và giải các phương trình để tìm hàm đáp ứng.

Dùng biến đổi Laplace để chuyển hàm sau:

$$L\left[RC \frac{dv_C(t)}{dt} + v_C(t)\right] = L[E[u(t) - u(t - T_1)]]$$

Dùng tính chất tuyến tính và phép biến đổi của một số hàm được:

$$RC[sV_C(s) - V_0] + V_C(s) = E\left[\frac{1}{s} - \frac{1}{s}e^{-sT_1}\right] = E\frac{1}{s} - E\frac{1}{s}e^{-sT_1}$$

Suy ra điện áp trên tụ C là:

$$V_C(s) = \frac{E/RC}{s\left(s + \frac{1}{RC}\right)} - \frac{E/RC}{s\left(s + \frac{1}{RC}\right)}e^{-sT_1} + \frac{V_0}{s + \frac{1}{RC}}$$

Bước 3: áp dụng biến đổi Laplace ngược để chuyển đổi hàm tìm được ở bước 2 sang hàm biến đổi theo thời gian.

Thành phần đầu của tín hiệu tách ra thành 2 phần như sau:

$$\frac{E/RC}{s\left(s + \frac{1}{RC}\right)} = \frac{k_1}{s} + \frac{k_2}{s + \frac{1}{RC}}$$

Giải phương trình tìm các hệ số k_1 và k_2 :

$$k_1 = \frac{E/RC}{\left(s + \frac{1}{RC}\right)} \Big|_{s=0} = E$$

$$k_2 = \frac{E/RC}{s} \Big|_{s=-1/RC} = -E$$

Tương tự cho thành phần thứ 2 và ta được:

$$V_C(s) = \frac{E}{s} - \frac{E}{s + 1/RC} - \frac{E}{s} e^{-sT_1} + \frac{E}{s + 1/RC} e^{-sT_1} + \frac{V_o}{s + 1/RC}$$

Tra các hàm cơ bản suy ra hàm gốc:

$$v_C(t) = \left[E - Ee^{-\frac{t}{RC}} \right] u(t) - \left[E - Ee^{-\frac{t}{RC}} \right] u(t - T_1) + V_o e^{-\frac{t}{RC}}$$

Phân tích phương trình:

Tại thời điểm $t = 0$: $v_C(t = 0) = V_o$

Trong khoảng thời gian $0 < t < T_1$: hàm $u(t) = 1$ còn hàm $u(t - T_1) = 0$: tụ C nạp điện theo phương trình:

$$v_C(t) = \left[E - (E - V_o)e^{-\frac{t}{RC}} \right]$$

Điện áp trên tụ C tăng dần từ V_o và giá trị đạt lớn nhất bằng E tùy thuộc vào khoảng thời gian tồn tại xung T_1 .

Tại thời điểm $t = T_1$: hàm $u(t) = 1$ còn hàm $u(t - T_1) = 1$: điện áp trên tụ C: $v_C(t) = E\alpha$

Trong đó α là hệ số nhỏ hơn hay bằng 1: nhỏ hơn khi tụ chưa nạp đầy, bằng 1 khi tụ đã nạp đầy.

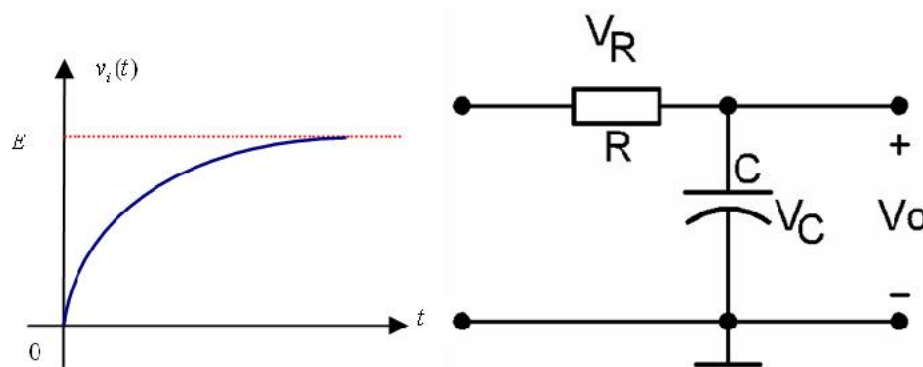
Trong khoảng thời gian $T_1 < t$: khi đó tụ C xả điện theo phương trình:

$$v_C(t) = E\alpha - \left[E - Ee^{-\frac{t}{RC}} \right] = E(\alpha - 1) + Ee^{-\frac{t}{RC}}$$

Phương trình và dạng sóng vào, dạng sóng trên tụ, dạng sóng trên R giống như ta đã khảo sát ở phần II.

c. Mạch RC với tín hiệu vào là hàm mũ:

Xét mạch điện RC như hình 2-25:



Hình 2-25. Mạch RC với tín hiệu vào là hàm mũ.

Bước 1: thiết lập các phương trình trong vùng thời gian.

Áp dụng định luật Kirchhoff về áp ta có: $-v_s(t) + v_R(t) + v_C(t) = 0$

Phương trình tín hiệu vào:
$$v_i(t) = E \left[1 - e^{-\frac{t}{T_1}} \right] u(t)$$

Phương trình trên điện trở R:
$$v_i(t) = i(t)R$$

Dòng điện qua tụ C:
$$i(t) = C \frac{dv_C(t)}{dt}$$

Thế vào phương trình trên được:
$$RC \frac{dv_C(t)}{dt} + v_C(t) = E \left[1 - e^{-\frac{t}{T_1}} \right] u(t)$$

Với điều kiện ban đầu $v_C(0) = V_0$.

Bước 2: chuyển đổi các phương trình ở bước 1 sang vùng tần số phức s và giải các phương trình để tìm hàm đáp ứng.

Dùng biến đổi Laplace để chuyển hàm sau:

$$L \left[RC \frac{dv_C(t)}{dt} + v_C(t) \right] = L \left[E \left[1 - e^{-\frac{t}{T_1}} \right] u(t) \right]$$

Dùng tính chất tuyến tính và phép biến đổi của một số hàm được:

$$RC [sV_C(s) - V_0] + V_C(s) = E \left[\frac{1}{s} - \frac{1}{s + \frac{1}{T_1}} \right] = E \frac{1}{s} - E \frac{1}{s + \frac{1}{T_1}}$$

Suy ra điện áp trên tụ C là:
$$V_C(s) = \frac{E/RC}{s \left(s + \frac{1}{RC} \right)} - \frac{E/RC}{\left(s + \frac{1}{T_1} \right) \left(s + \frac{1}{RC} \right)} + \frac{V_0}{s + \frac{1}{RC}}$$

Bước 3: áp dụng biến đổi Laplace ngược để chuyển đổi hàm tìm được ở bước 2 sang hàm biến đổi theo thời gian.

Thành phần đầu của tín hiệu tách ra thành 2 phần như sau:

$$\frac{E/RC}{s \left(s + \frac{1}{RC} \right)} = \frac{k_1}{s} + \frac{k_2}{s + \frac{1}{RC}}$$

Giải phương trình tìm các hệ số k_1 và k_2 :
$$k_1 = \frac{E/RC}{\left(s + \frac{1}{RC} \right)} \Big|_{s=0} = E$$

$$k_2 = \frac{E/RC}{s} \Big|_{s=-1/RC} = -E$$

Thành phần thứ 2 của tín hiệu tách ra thành 2 phần như sau:

$$\frac{E/RC}{\left(s + \frac{1}{T_1} \right) \left(s + \frac{1}{RC} \right)} = \frac{k_3}{s + \frac{1}{T_1}} + \frac{k_4}{s + \frac{1}{RC}}$$

Giải phương trình tìm các hệ số k_3 và k_4 :

$$k_3 = \frac{E/RC}{\left(s + \frac{1}{RC}\right)} \Bigg|_{s = -\frac{1}{T_1}} = \frac{E}{1 - RC/T_1}$$

$$k_4 = \frac{E/RC}{\left(s + \frac{1}{T_1}\right)} \Bigg|_{s = -\frac{1}{RC}} = -\frac{E}{1 - RC/T_1}$$

Viết lại phương trình trên:

$$V_C(s) = \frac{E}{s} - \frac{E}{s + 1/RC} - \frac{E}{1 - RC/T_1} \frac{1}{s + 1/T_1} + \frac{E}{1 - RC/T_1} \frac{1}{s + 1/RC} + \frac{V_0}{s + 1/RC}$$

Tra bảng suy ra hàm gốc của tụ C:

$$v_C(t) = \left[E - Ee^{-\frac{t}{RC}} \right] u(t) + \frac{E}{1 - RC/T_1} \left[e^{-\frac{t}{RC}} - e^{-\frac{t}{T_1}} \right] u(t) + V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

Phương trình điện áp trên R:

$$v_R(t) = v_i(t) - v_C(t) = -\frac{E}{1 - RC/T_1} \left[e^{-\frac{t}{RC}} - e^{-\frac{t}{T_1}} \right] u(t) - V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

Phân tích phương trình:

Phương trình trên tụ C: tại thời điểm $t = 0$ thì điện áp trên tụ đúng bằng V_0 , sau đó tụ C nạp điện cho đến khi điện áp trên tụ bằng E.

Phương trình trên điện trở R: tại thời điểm $t = 0$ thì điện trở trên tụ đúng bằng V_0 . Phương trình điện áp trên R chính là hàm tổ hợp của 2 hàm mũ khác nhau về thời hằng và hàm này sẽ giảm về 0 sau một khoảng thời gian.

d Mạch RC với tín hiệu vào là hàm dốc:

Xét mạch điện RC như hình 2-26:

Hình 2-26. Mạch RC với tín hiệu vào là hàm dốc.

Bước 1: thiết lập các phương trình trong vùng thời gian.

Áp dụng định luật Kirchhoff về áp ta có: $-v_i(t) + v_R(t) + v_C(t) = 0$

Phương trình tín hiệu vào: $v_i(t) = E \frac{t}{T} u(t)$

Phương trình trên điện trở R: $v_i(t) = i(t)R$

Dòng điện qua tụ C: $i(t) = C \frac{dv_C(t)}{dt}$

Thế vào phương trình trên được: $RC \frac{dv_C(t)}{dt} + v_C(t) = E \frac{t}{T} u(t)$

Với điều kiện ban đầu $v_C(0) = V_0$.

Bước 2: chuyển đổi các phương trình ở bước 1 sang vùng tần số phức s và giải các phương trình để tìm hàm đáp ứng.

Dùng biến đổi Laplace để chuyển hàm sau:
$$L\left[RC\frac{dv_C(t)}{dt} + v_C(t)\right] = L\left[E\frac{t}{T}u(t)\right]$$

Dùng tính chất tuyến tính và phép biến đổi của một số hàm được:

$$RC[sV_C(s) - V_0] + V_C(s) = \frac{E}{T} \frac{1}{s^2}$$

Suy ra điện áp trên tụ C là:
$$V_C(s) = \frac{E/TRC}{s^2\left(s + \frac{1}{RC}\right)} + \frac{V_0}{s + \frac{1}{RC}}$$

Bước 3: áp dụng biến đổi Laplace ngược để chuyển đổi hàm tìm được ở bước 2 sang hàm biến đổi theo thời gian.

Thành phần đầu của tín hiệu tách ra thành 2 phần như sau:

$$\frac{E/TRC}{s^2\left(s + \frac{1}{RC}\right)} = \frac{E}{TRC} \left[\frac{k_1s + k_2}{s^2} + \frac{k_3}{s + \frac{1}{RC}} \right]$$

Giải phương trình tìm các hệ số k_1, k_2 và k_3 :

$$k_1 = -(RC)^2$$

$$k_2 = RC$$

$$k_3 = (RC)^2$$

Viết lại phương trình trên:

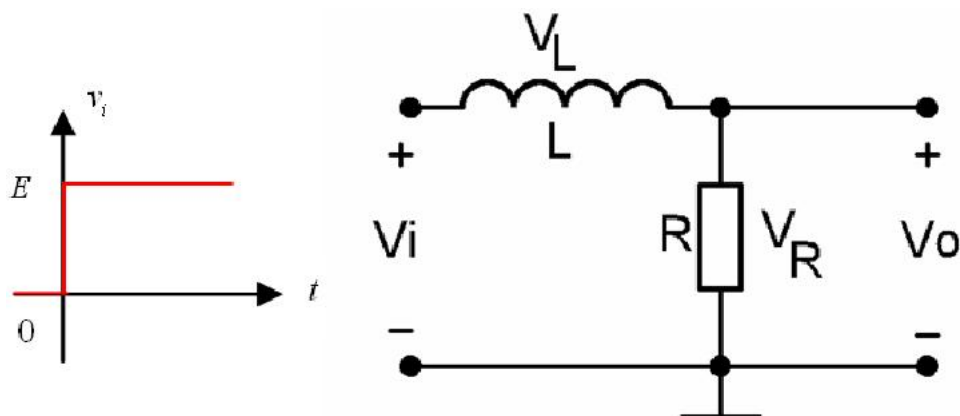
$$V_C(s) = \frac{E}{TRC} \left[\frac{-(RC)^2s + RC}{s^2} + \frac{(RC)^2}{s + 1/RC} \right] + \frac{V_0}{s + 1/RC} = -\frac{ERC}{Ts} + \frac{E}{Ts^2} + \frac{E}{T} \frac{RC}{s + 1/RC} + \frac{V_0}{s + 1/RC}$$

Tra bảng suy ra hàm gốc của tụ C:
$$v_C(t) = \left[\frac{E}{T}t - \frac{ERC}{T} + \frac{E}{T}RCe^{-\frac{t}{RC}} \right] u(t) + V_0e^{-\frac{t}{RC}} u(t)$$

3. PHÂN TÍCH MẠCH BIẾN ĐỔI TÍN HIỆU RL DÙNG BIẾN ĐỔI LAPLACE:

a **Mạch RL với tín hiệu vào là hàm bước:**

Xét mạch điện RL như hình 2-27:



Hình 2-27. Mạch RL với tín hiệu vào là hàm bước.

Việc phân tích được chia làm 3 bước:

Bước 1: thiết lập các phương trình trong vùng thời gian.

Áp dụng định luật Kirchhoff về áp ta có: $-v_i(t) + v_R(t) + v_L(t) = 0$

Phương trình tín hiệu vào: $v_i(t) = Eu(t)$

Điện áp trên điện trở R: $v_R(t) = i(t)R$

Điện áp trên cuộn dây L: $v_L(t) = L \frac{di(t)}{dt}$

Thế vào phương trình trên được: $L \frac{di(t)}{dt} + Ri(t) = Eu(t)$

Với điều kiện ban đầu dòng $i(0)$.

Bước 2: chuyển đổi các phương trình ở bước 1 sang vùng tần số phức s và giải các phương trình để tìm hàm đáp ứng.

Dùng biến đổi Laplace để chuyển hàm sau: $L\left[L \frac{di(t)}{dt} + Ri(t)\right] = L[Eu(t)]$

Dùng tính chất tuyến tính và phép biến đổi của một số hàm được:

$$L[sI(s) - i(0)] + RI(s) = E \frac{1}{s}$$

Suy ra dòng điện: $I(s) = \frac{E}{L} \times \frac{1}{s\left(s + \frac{1}{L/R}\right)} + \frac{i(0)}{s + \frac{1}{L/R}}$

Bước 3: áp dụng biến đổi Laplace ngược để chuyển đổi hàm tìm được ở bước 2 sang hàm biến đổi theo thời gian.

Thành phần đầu của tín hiệu tách ra thành 2 phần như sau:

$$\frac{E}{L} \frac{1}{s\left(s + \frac{1}{L/R}\right)} = \frac{k_1}{s} + \frac{k_2}{s + \frac{1}{L/R}}$$

Giải phương trình tìm các hệ số k_1 và k_2 : $k_1 = \left. \frac{E/L}{\left(s + \frac{1}{L/R}\right)} \right|_{s=0} = \frac{E}{R}$

$$k_2 = \left. \frac{E/L}{s} \right|_{s=-R/L} = -\frac{E}{L}$$

Phương trình trên được viết lại: $I(s) = \frac{E/R}{s} - \frac{E/R}{s + 1/L/R} + \frac{i(0)}{s + 1/L/R}$

Suy ra hàm gốc: $i(t) = \left[\frac{1}{R} \times (E - Ee^{-\frac{t}{T_c}}) + i(0)e^{-\frac{t}{T_c}} \right] \times u(t)$

Với $T_c = \frac{L}{R}$. Nếu dòng điện ban đầu qua cuộn dây bằng 0 thì phương trình dòng điện là:

$$i(t) = \frac{1}{R} \times \left[E - Ee^{-\frac{t}{T_c}} \right] \times u(t) = \frac{E}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_c}} \right) \times u(t)$$

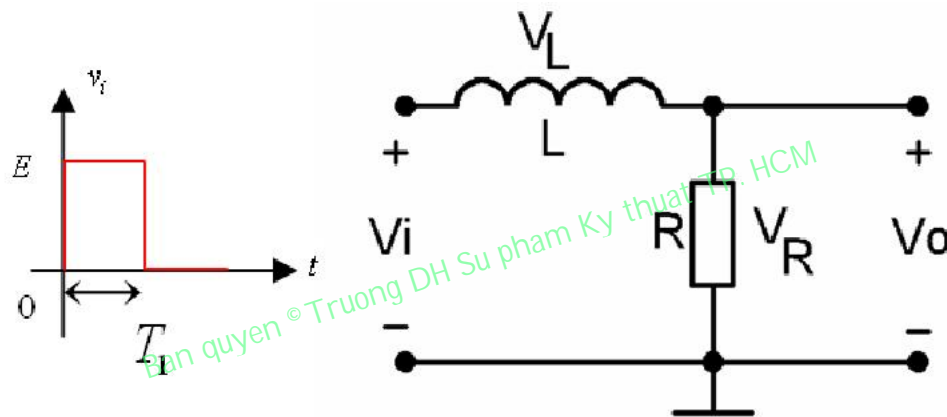
Suy ra phương trình của điện trở R:
$$v_R(t) = \left[E - Ee^{-\frac{t}{T_c}} \right] \times u(t)$$

Và phương trình điện áp của cuộn dây L:
$$v_L(t) = v_i(t) - v_R(t) = Ee^{-\frac{t}{T_c}} u(t)$$

Phương trình và dạng sóng vào, dạng sóng trên điện trở R và trên cuộn dây L của mạch RL giống như dạng sóng trên tụ C và trên điện trở R của mạch RC theo thứ tự.

b. Mạch RL với tín hiệu vào là hàm xung vuông:

Xét mạch điện RL như hình 2-28:



Hình 2-28. Mạch RL với tín hiệu vào là hàm mũ.

Bước 1: thiết lập các phương trình trong vùng thời gian.

Áp dụng định luật Kirchhoff về áp ta có:
$$-v_i(t) + v_R(t) + v_L(t) = 0$$

Phương trình tín hiệu vào:
$$v_i(t) = E[u(t) - u(t - T_1)]$$

Điện áp trên điện trở R:
$$v_R(t) = i(t)R$$

Điện áp trên cuộn dây L:
$$v_L(t) = L \frac{di(t)}{dt}$$

Thế vào phương trình trên được:
$$L \frac{di(t)}{dt} + Ri(t) = E[u(t) - u(t - T_1)]$$

Với điều kiện ban đầu dòng i(0).

Bước 2: chuyển đổi các phương trình ở bước 1 sang vùng tần số phức s và giải các phương trình để tìm hàm đáp ứng.

Dùng biến đổi Laplace để chuyển hàm sau:

$$L \left[L \frac{di(t)}{dt} + Ri(t) \right] = L[E[u(t) - u(t - T_1)]]$$

Dùng tính chất tuyến tính và phép biến đổi của một số hàm được:

$$L[sI(s) - i(0)] + RI(s) = E \left[\frac{1}{s} - \frac{1}{s} e^{-sT_1} \right] = E \frac{1}{s} - E \frac{1}{s} e^{-sT_1}$$

Suy ra dòng điện:

$$V_C(s) = \frac{E/RC}{s\left(s + \frac{1}{RC}\right)} - \frac{E/RC}{s\left(s + \frac{1}{RC}\right)} e^{-sT_1} + \frac{V_0}{s + \frac{1}{RC}}$$

Bước 3: áp dụng biến đổi Laplace ngược để chuyển đổi hàm tìm được ở bước 2 sang hàm biến đổi theo thời gian.

Thành phần đầu của tín hiệu tách ra thành 2 phần như sau:

$$\frac{E/RC}{s\left(s + \frac{1}{RC}\right)} = \frac{k_1}{s} + \frac{k_2}{s + \frac{1}{RC}}$$

Giải phương trình tìm các hệ số k_1 và k_2 :

Tương tự cho thành phần thứ 2 và ta được:

$$k_1 = \left. \frac{E/RC}{\left(s + \frac{1}{RC}\right)} \right|_{s=0} = E$$

$$k_2 = \left. \frac{E/RC}{s} \right|_{s=-1/RC} = -E$$

Tra các hàm cơ bản suy ra hàm gốc:

$$V_C(s) = \frac{E}{s} - \frac{E}{s + \frac{1}{RC}} - \frac{E}{s} e^{-sT_1} + \frac{E}{s + \frac{1}{RC}} e^{-sT_1} + \frac{V_0}{s + \frac{1}{RC}}$$

Phân tích phương trình:

$$v_C(t) = \left[E - Ee^{-\frac{t}{RC}} \right] u(t) - \left[E - Ee^{-\frac{t}{RC}} \right] u(t - T_1) + V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

Tại thời điểm $t = 0$: $v_C(t = 0) = V_0$

Trong khoảng thời gian $0 < t < T_1$: hàm $u(t) = 1$ còn hàm $u(t - T_1) = 0$: tụ C nạp điện theo phương trình:

$$v_C(t) = \left[E - (E - V_0)e^{-\frac{t}{RC}} \right]$$

Điện áp trên tụ C tăng dần từ V_0 và giá trị đạt lớn nhất bằng E tùy thuộc vào khoảng thời gian tồn tại xung T_1 .

Tại thời điểm $t = T_1$: hàm $u(t) = 1$ còn hàm $u(t - T_1) = 1$: điện áp trên tụ C: $v_C(t) = E\alpha$

Trong đó α là hệ số nhỏ hơn hay bằng 1: nhỏ hơn khi tụ chưa nạp đầy, bằng 1 khi tụ đã nạp đầy.

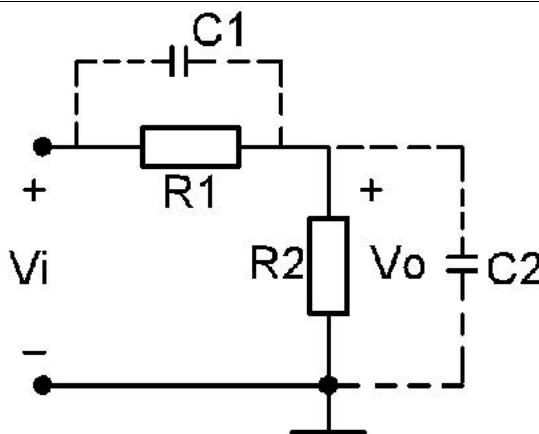
Trong khoảng thời gian $T_1 < t$: khi đó tụ C xả điện theo phương trình:

$$v_C(t) = E\alpha - \left[E - Ee^{-\frac{t}{RC}} \right] = E(\alpha - 1) + Ee^{-\frac{t}{RC}}$$

Phương trình, dạng sóng vào, dạng sóng trên tụ, dạng sóng trên R giống như đã khảo sát ở phần II.

VIII. MẠCH PHÂN ÁP:

Dùng R1 và R2 làm cầu phân áp như hình 2-29:



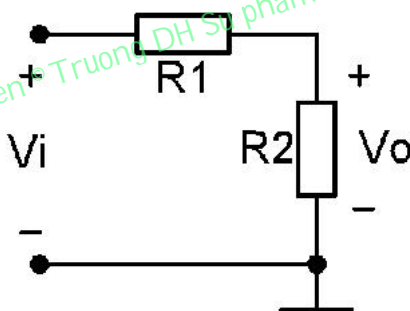
Hình 2-29. Mạch cầu phân áp dùng điện trở.

Luôn luôn tồn tại C2 là điện dung ngõ vào của tầng kế thường là điện dung Miller.

Yêu cầu: Chọn C1 để cải thiện dạng sóng ra ngõ ra $v_o(t)$

Nhận xét:

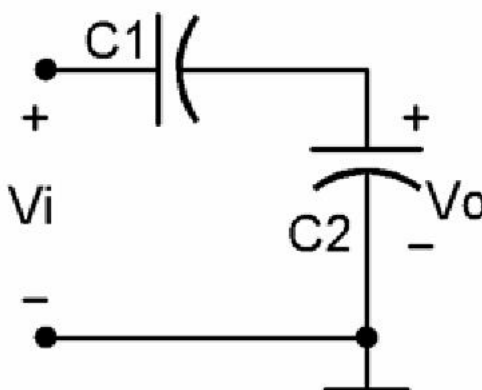
- Với tín hiệu DC, tần số thấp thì tỉ lệ phân áp hoàn toàn phụ thuộc vào R1 và R2, khi đó mạch điện có dạng như hình 2-30:



Hình 2-30. Mạch cầu phân áp tần số thấp.

Phương trình điện áp ra:
$$v_o(t) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_i(t)$$

- Với tín hiệu có tần số vô cùng lớn thì tỉ lệ phân áp hoàn toàn phụ thuộc vào C1 và C2, khi đó mạch điện có dạng như hình 2-31:



Hình 2-31. Mạch cầu phân áp tần số cao.

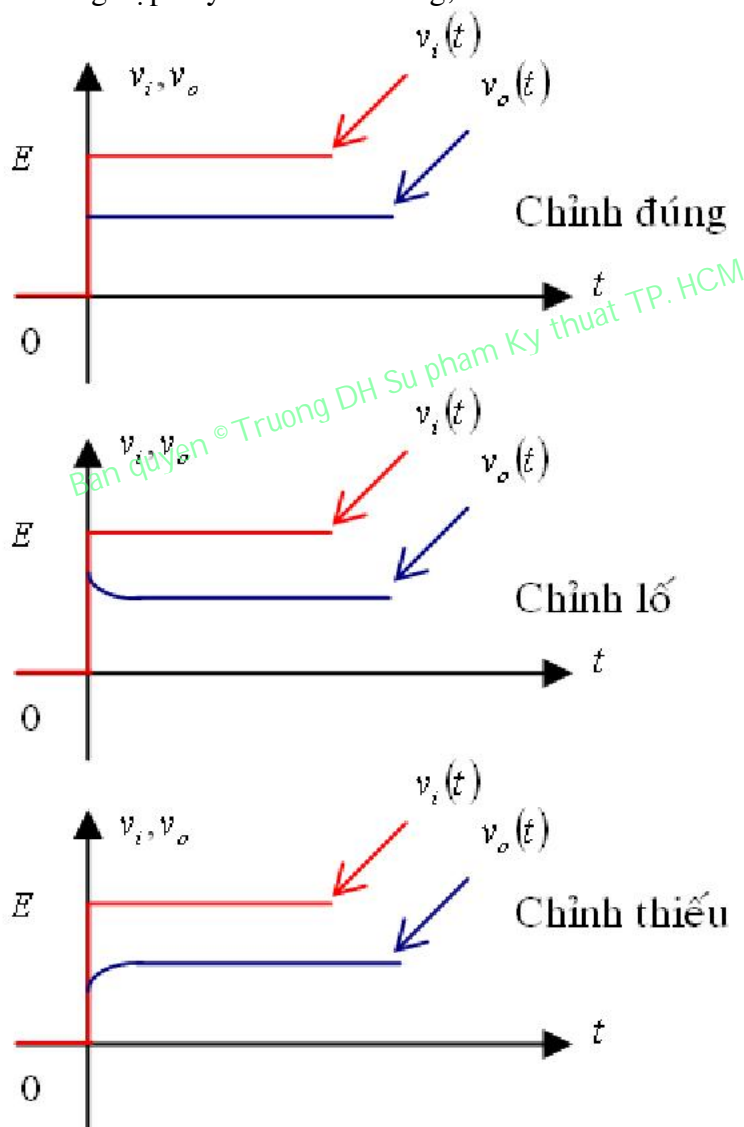
Phương trình điện áp ra:
$$v_o(t) = \frac{C_1}{C_1 + C_2} v_i(t)$$

- Muốn tỉ lệ phân áp chia cùng tỉ lệ ở các tần số thì:
$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$

Hay
$$R_2 C_1 + R_2 C_2 = C_1 R_1 + C_1 R_2$$

Suy ra
$$C_1 = C_2 \frac{R_2}{R_1} = C_p$$

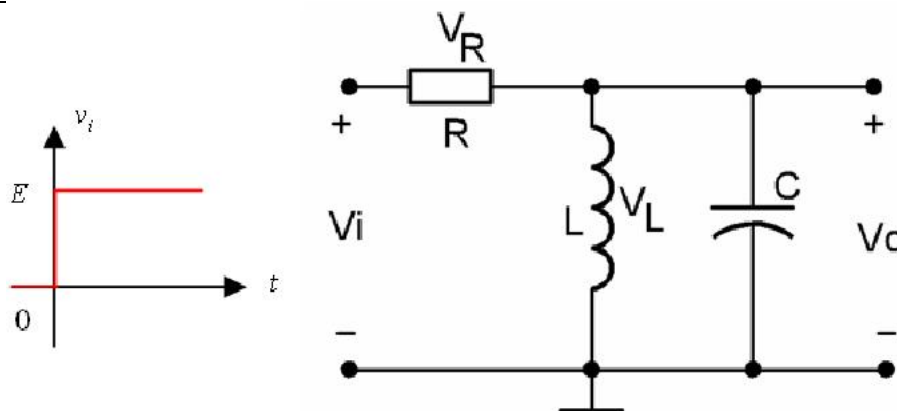
Ứng dụng ở các đầu đo của dao động ký, cho xung vào là xung chữ nhật, chỉnh tụ C1 để được dạng sóng tốt nhất. Có 3 trường hợp xảy ra là chỉnh đúng, chỉnh lỗi và chỉnh thiếu như hình 2-32.



Hình 2-32. Chỉnh đúng, chỉnh lỗi và chỉnh thiếu tụ C1.

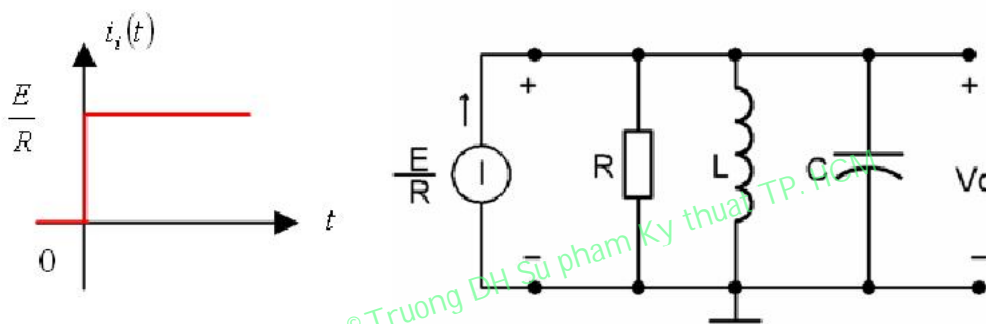
IX. MẠCH RLC:

Xét mạch điện RLC như hình 2-33 với tín hiệu vào là hàm bước:



Hình 2-33. Mạch RLC với tín hiệu vào là hàm bước.

Vẽ lại hình như hình 2-34: với điện trở sẽ mắc song song với tụ và cuộn dây, tín hiệu điện áp hàm bước đã được chuyển đổi tương đương thành nguồn dòng.



Hình 2-34. Mạch RLC với tín hiệu vào là hàm bước.

Thiết lập các phương trình:

Áp dụng phương trình nút ta có:
$$I(p) = \frac{E}{R} \times \frac{1}{p} = v_R(p) \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{pL} + pC \right)$$

Suy ra điện áp ra:
$$v_R(p) = \frac{E}{RC} \times \frac{1}{\left(p^2 + p \frac{1}{RC} + \frac{1}{LC} \right)}$$

Đặt $2\alpha = \frac{1}{RC}$ hay $\alpha = \frac{1}{2RC}$

và $\omega_o^2 = \frac{1}{LC}$ hay $\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

Xét phương trình ở mẫu số có dạng phương trình bậc 2:

$$p^2 + 2\alpha p + \omega_o^2 = 0$$

Giải phương trình này ta được: $\Delta = \sqrt{\alpha^2 - \omega_o^2}$

và nghiệm $p_1, p_2 = -\frac{1}{2RC} \pm \sqrt{\frac{1}{4R^2C^2} - \frac{1}{LC}} = -\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - \omega_o^2}$

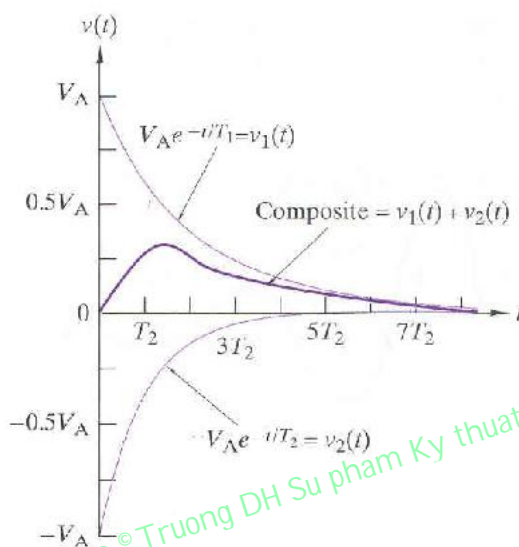
Phương trình điện áp ra được viết lại:
$$v_R(p) = \frac{E}{RC} \times \frac{1}{(p - p_1)(p - p_2)}$$

Có 2 trường hợp cho nghiệm của phương trình bậc 2 này:

Trường hợp 1: nếu $\Delta = \sqrt{\alpha^2 - \omega_o^2} > 0$ thì phương trình có 2 nghiệm thực: p_1, p_2 và phương trình điện áp ra của mạch qua phép biến đổi Laplace ngược là

$$v_R(t) = \frac{A}{(p_1 - p_2)} \left(e^{p_1(t)} - e^{p_2(t)} \right) \text{ trong đó } A \text{ là hằng số.}$$

Phương trình này chính là hiệu của 2 hàm mũ mà ta đã khảo sát ở chương 1, dạng sóng của phương trình này như hình 2-35.

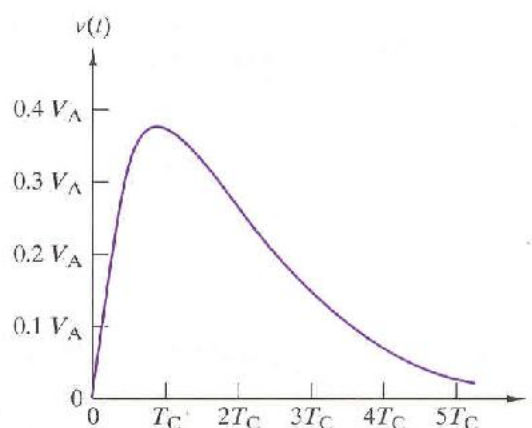


Hình 2-35. Dạng sóng hiệu của 2 hàm mũ.

Trường hợp 2: nếu $\Delta = \sqrt{\alpha^2 - \omega_o^2} = 0$ thì phương trình có nghiệm kép $p_1 = p_2 = -\alpha$ Và phương trình điện áp ra của mạch qua phép biến đổi Laplace ngược là

$$v_R(t) = Bte^{-\alpha t} \text{ trong đó } B \text{ là hằng số.}$$

Phương trình này chính là tích của hàm mũ và hàm dốc mà ta đã khảo sát ở chương 1, dạng sóng của phương trình này như hình 2-36.



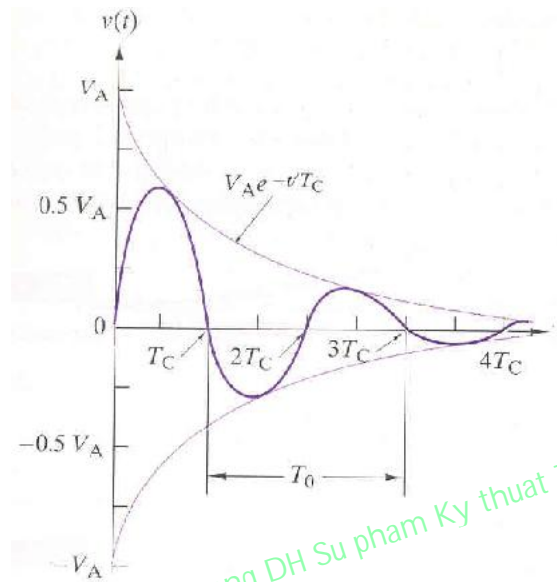
Hình 2-36. Dạng sóng tích của hàm mũ và hàm dốc.

Trường hợp 3: nếu $\Delta = \sqrt{\alpha^2 - \omega_o^2} < 0$ thì phương trình có nghiệm phức $p_1 = p_2 = -\alpha \pm j\omega_1$

Và phương trình điện áp ra của mạch qua phép biến đổi Laplace ngược là

$$v_R(t) = \frac{C}{\omega_1} e^{-\alpha t} \sin \omega_1 t \text{ trong đó } C \text{ là hằng số.}$$

Phương trình này chính là tích của hàm mũ và hàm sin mà ta đã khảo sát ở chương 1, dạng sóng của phương trình này như hình 2-37.



Hình 2-37. Dạng sóng tích của hàm mũ và hàm sin.

Trong kỹ thuật xung sử dụng khái niệm hằng số giảm chấn K và chu kỳ cộng hưởng hay chu kỳ không giảm chấn T_0 với:

$$K = \frac{1}{2R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$T_0 = 2\pi \sqrt{LC}$$

Nếu $K = 1$ thì giảm chấn tối hạn tương ứng với trường hợp phương trình có nghiệm kép $p_1 = p_2 = -\alpha$, $\Delta = 0$.

Nếu $K > 1$ thì giảm chấn lớn tương ứng với trường hợp phương trình có 2 nghiệm thực p_1, p_2 và $\Delta > 0$.

Nếu $K < 1$ thì giảm chấn thiếu tương ứng với trường hợp phương trình có 2 nghiệm phức p_1, p_2 và $\Delta < 0$.

Ứng dụng làm mạch dao động chuông.

X. BÀI TẬP:

Bài tập 1:

Cho mạch RC với tín hiệu vào dạng xung vuông có biên độ 10V.

Hãy vẽ dạng sóng tín hiệu trên tụ điện C và trên điện trở R trong 3 trường hợp tín hiệu vào có tần số là 1Mhz và 0.1Mhz và 5MHz. Cho $C = 1\mu F$ và $R = 1K\Omega$.

Bài tập 2:

Cho mạch RL với tín hiệu vào dạng xung vuông có biên độ 10V.

Hãy vẽ dạng sóng tín hiệu trên cuộn dây L và trên điện trở R trong 3 trường hợp tín hiệu vào có tần số là 1Mhz và 0.1Mhz và 5MHz. Cho $L = 1\mu H$ và $R = 1K\Omega$.

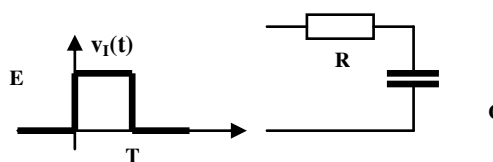
Bài tập 3:

Cho mạch RLC với tín hiệu vào hàm bước có biên độ 10V.

Hãy vẽ dạng sóng tín hiệu ra với các giá trị là $L = 1\mu H$, $C = 1\mu F$ và $R = 1K\Omega$.

Bài tập 4: Cho mạch RC như hình vẽ, tại thời điểm $t = 0$, tín hiệu vào có dạng xung như hình vẽ, cho điện áp ban đầu của tụ bằng 0v. Hãy tính toán và vẽ dạng điện áp trên điện trở R và trên tụ trong các trường hợp sau:

- (a) Thời gian $T \geq 5RC$
- (b) Thời gian $T = RC$
- (c) Thời gian $T = 2RC$
- (d) Thời gian $T = 3RC$



end

Bản quyền © Truong DH Su pham Ky thuat TP. HCM

Dạng sóng tín hiệu.

Chương 3

CHUYỂN MẠCH ĐIỆN TỬ

Ở CHẾ ĐỘ XÁC LẬP

DIODE DÙNG NHƯ MỘT CHUYỂN MẠCH

Phân cực thuận diode và điện áp ngưỡng V_γ

Điện trở ac trong diode

Mạch tương đương

Diode khi phân cực ngược

DIODE ZENER

Khi phân cực thuận diode zener

Khi phân cực ngược diode zener

Các thông số làm việc của Zener

Mạch tương đương của Zener

CÁC DẠNG DIODE THÔNG DỤNG KHÁC

Diode phát quang LED

Diode Schottky

TRANSISTOR 2 MỐI NỐI:

Transistor BJT

Khi Transistor hoạt động khuếch đại

Khi Transistor hoạt động ở chế độ chuyển mạch

Khi Transistor hoạt động ở chế độ chuyển mạch

Các thông số làm việc của Transistor

Ở CHẾ ĐỘ QUÁ ĐỘ

CHẾ ĐỘ QUÁ ĐỘ CỦA DIODE BÁN DẪN PN

Xét trạng thái chuyển mạch

Cải thiện tốc độ

CHẾ ĐỘ QUÁ ĐỘ CỦA TRANSISTOR

Xét trạng thái chuyển mạch

Cải thiện dạng sóng ra

BÀI TẬP

LIỆT KÊ CÁC HÌNH

Hình 3-1. Cấu tạo, kí hiệu.

Hình 3-2. Đặc tuyến diode.

Hình 3-3. Phân cực thuận diode

Hình 3-4. Đặc tuyến PCT của diode.

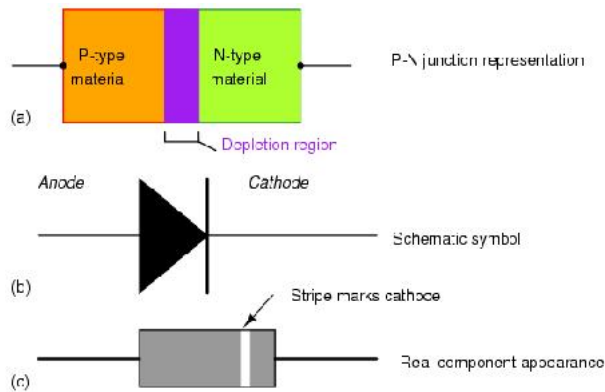
Kỹ thuật xung

- Hình 3-5. Ảnh hưởng của nhiệt độ.
- Hình 3-6. Xác định điện trở dc của diode tại điểm làm việc.
- Hình 3-7. Khi có tín hiệu nhỏ ac.
- Hình 3-8. Xác định điện trở ac tại điểm Q
- Hình 3-9. Mạch TĐ của diode thường.
- Hình 3-10. Mạch TĐ của diode nếu bỏ qua điện trở nội.
- Hình 3-11. Mạch TĐ của diode lý tưởng.
- Hình 3-12. Mạch PCN diode và đặc tuyến.
- Hình 3-13. Mạch TĐ khi diode PCN.
- Hình 3-14. Mạch TĐ khi diode PCN của diode lý tưởng.
- Hình 3-15. Kí hiệu diode zener.
- Hình 3-16. Đặc tuyến diode zener.
- Hình 3-17. Mạch ổn áp dùng diode zener.
- Hình 3-18. Mạch TĐ PCT và PCN của diode zener.
- Hình 3-19. Kí hiệu, hình dạng thực tế và cấu tạo của LED.
- Hình 3-20. Mạch điều khiển 1 led.
- Hình 3-21. Mạch điều khiển 2 led.
- Hình 3-22. Kí hiệu.
- Hình 3-23. Đặc tuyến diode Schottky và diode PN.
- Hình 3-24. Transistor NPN
- Hình 3-25. Transistor PNP
- Hình 3-26. Mạch dùng BJT.
- Hình 3-27. Đặc tuyến và đường tải DC.
- Hình 3-28. Khi thay đổi R_C .
- Hình 3-29. Khi thay đổi V_{CC} .
- Hình 3-30. Mạch tương đương ở trạng thái tắt của BJT.
- Hình 3-31. Mạch tương đương ở trạng thái dẫn của BJT.
- Hình 3-32. Đặc tuyến làm việc chuyển mạch của BJT.
- Hình 3-33. Mạch ví dụ 3-1.
- Hình 3-34. Đặc tuyến và các thông số giới hạn của BJT.
- Hình 3-35. Đặc tuyến chuyển đổi giữa tắt và dẫn của BJT.
- Hình 3-36. Chuyển mạch dùng FET và đặc tuyến chuyển đổi giữa tắt và dẫn.
- Hình 3-37. Cổng NOT dùng FET.
- Hình 3-38. Mạch điện.
- Hình 3-39. Dạng sóng vào ra.
- Hình 3-40. Bù bằng tụ C.
- Hình 3-41. Dạng sóng sau khi bù.
- Hình 3-42. Mạch điện.
- Hình 3-43. Dạng sóng vào ra.
- Hình 3-44. Bù bằng tụ C.
- Hình 3-45. Transistor có chống bảo hoà sâu.

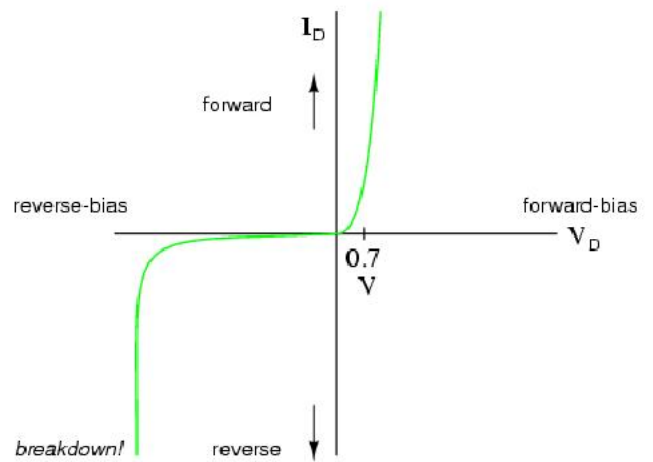
I. Ở CHẾ ĐỘ XÁC LẬP:

1. DIODE DÙNG NHƯ MỘT CHUYỂN MẠCH

Kí hiệu và đặc tuyến của diode như hình 3-1 và 3-2



Hình 3-1. Cấu tạo, kí hiệu.



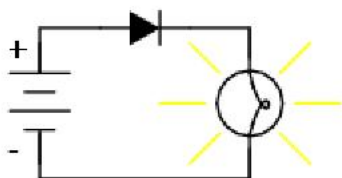
Hình 3-2. Đặc tuyến diode.

Trong mối nối P-N thì quan hệ dòng điện và điện áp theo phương trình sau:

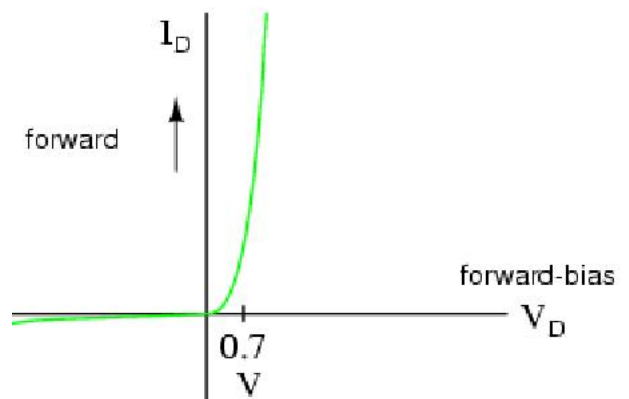
$$I_D = I_S \left(e^{V_D / \eta V_T} - 1 \right) \tag{3-1}$$

- I_S = dòng điện bão hòa ngược.
- η : hằng số phụ thuộc vào vật liệu. $1 \leq \eta \leq 2$
- V_T : là hiệu điện thế nhiệt $V_T = \frac{kT_k}{q}$
- T_k : nhiệt độ Kelvin $T_k = T_c + 273$
- q : điện tích. $q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$
- k : hằng số Boltzman. $k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J}^0\text{K}$

Khi phân cực thuận: mạch điện và đặc tuyến như hình 3-3 và 3-4:



Hình 3-3. Phân cực thuận diode



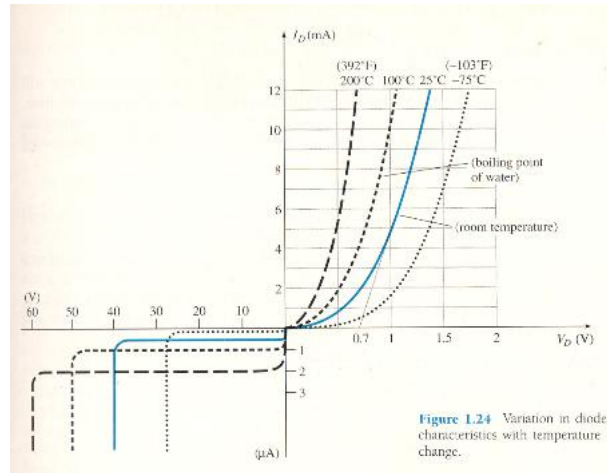
Hình 3-4. Đặc tuyến PCT của diode.

a. Phân cực thuận diode và điện áp ngưỡng V_Y :

Khi phân cực thuận (PCT) thì diode chỉ bắt đầu dẫn khi điện áp phân cực $V_D = V_{AK} > V_Y$

Với V_γ là điện áp ngưỡng: với diode Si thì $V_\gamma = 0,7V$ (hoặc nằm trong khoảng $V_\gamma = 0,6V \div 0,8V$), với diode Ge thì $V_\gamma = 0,2V$ (hoặc nằm trong khoảng $V_\gamma = 0,1V \div 0,3V$).

Ảnh hưởng nhiệt độ lên V_γ : khi nhiệt độ tăng thì V_γ giảm khoảng $-2mV/^\circ C$ cho cả Si và Ge.



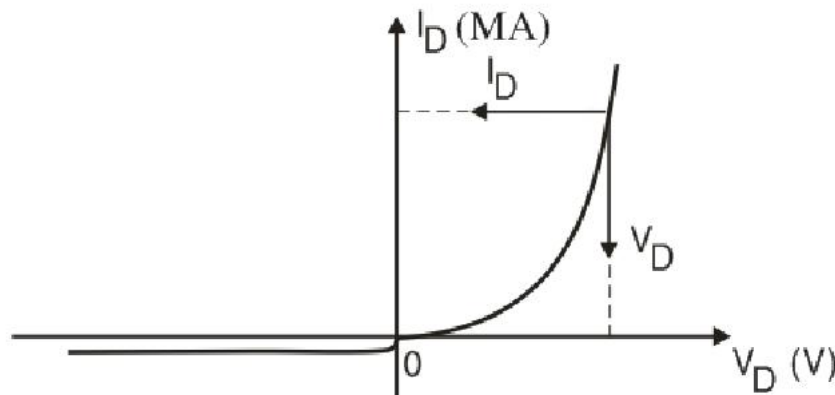
Hình 3-5. Ảnh hưởng của nhiệt độ.

b. Điện trở ac trong diode r_d :

Điện trở dc của diode tại điểm hoạt động có thể được tìm thấy một cách đơn giản bằng cách tìm các mức điện áp V_D và dòng điện I_D tương ứng với điện áp nguồn cung cấp dc được trình bày trong hình 3-6 và áp dụng phương trình sau:

$$R_D = \frac{V_D}{I_D} \tag{3-2}$$

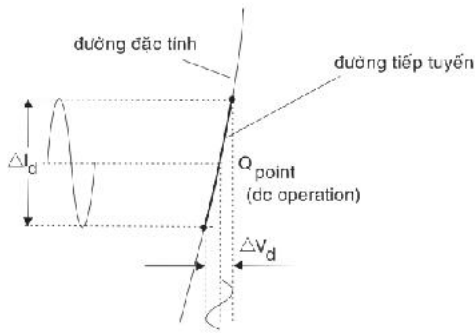
Các mức điện trở dc tại vị trí uốn cong và phía dưới sẽ lớn hơn điện trở từ khúc uốn cong trở lên. Các mức điện trở trong vùng phân cực nghịch rất lớn.



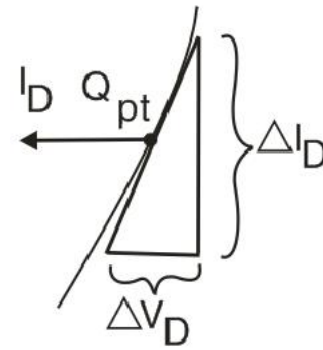
Hình 3-6. Xác định điện trở dc của diode tại điểm làm việc.

Trong phương trình (3-2) điện trở dc của diode không phụ thuộc vào hình dạng đặc tính trong vùng xung quanh điểm tĩnh Q. Nếu xếp chồng một nguồn tín hiệu sin lên nguồn điện áp dc ở trên thì tín hiệu vào thay đổi sẽ làm điểm hoạt động thay đổi lên và xuống như hình 3-7.

Nếu tín hiệu biến thiên đưa đến bằng 0, điểm hoạt động sẽ là điểm Q xuất hiện trên hình 3-8 được xác định bởi các mức điện áp dc. Điểm gán chữ Q được rút ra từ chữ *quiescent* có nghĩa là mức không thay đổi hay còn gọi là điểm tĩnh.



Hình 3-7. Khi có tín hiệu nhỏ ac.



Hình 3-8. Xác định điện trở ac tại điểm Q

Phương trình tính điện trở động của diode là:

$$r_D = \frac{\Delta V_D}{\Delta I_D} \tag{3-3}$$

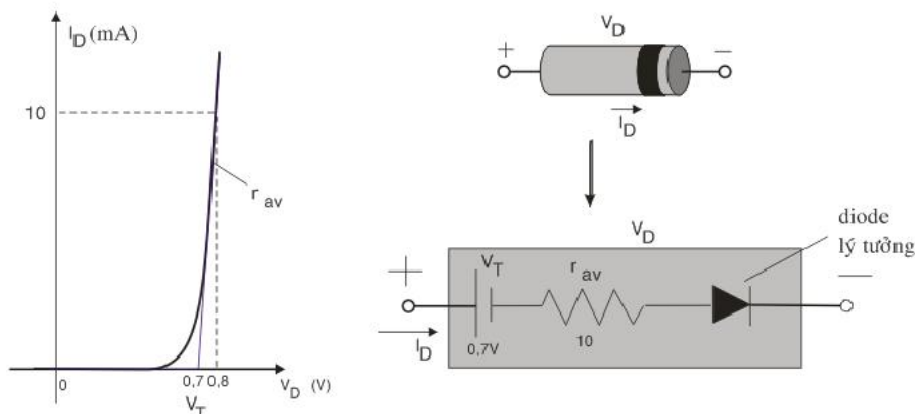
Trường hợp $\eta = 1$ và xét tại nhiệt độ phòng $T_C = 25^\circ C$ thì $V_T = 26mV$:

$$r_D \cong \frac{26mV}{I_D} \tag{2-6}$$

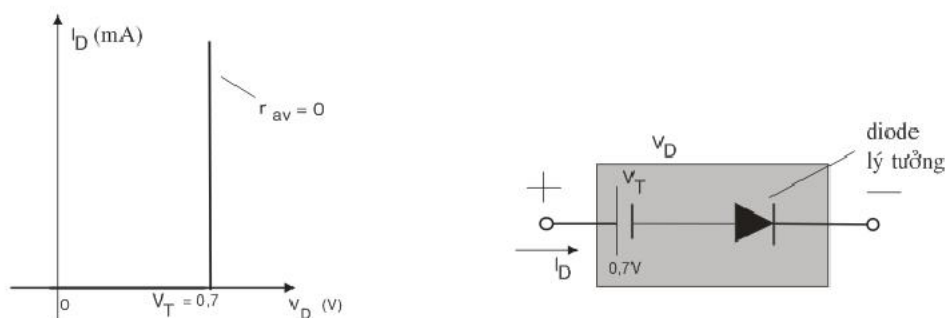
Giá trị của điện trở thuận của diode khoảng $r_D \cong 5\Omega \div 10\Omega$

c. Mạch tương đương:

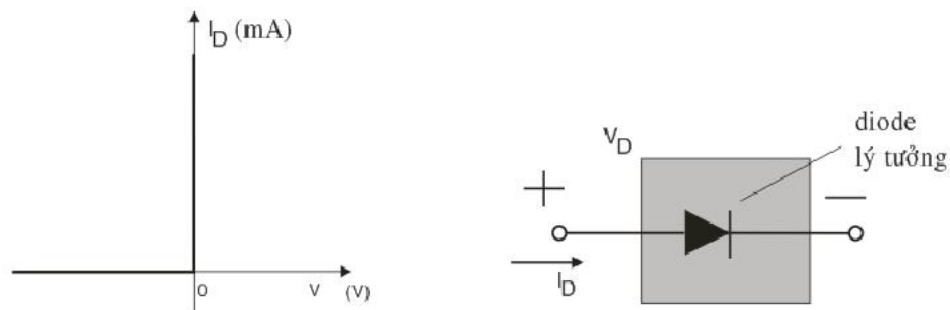
Khi phân cực thuận, ở chế độ xác lập, ta có mạch điện tương đương (TĐ) của diode như các hình 3-9, 3-10, 3-11. Khi sử dụng diode làm chuyển mạch thì tùy trường hợp ta có thể sử dụng 1 trong 3 mạch tương đương của diode.



Hình 3-9. Mạch TĐ của diode thường.



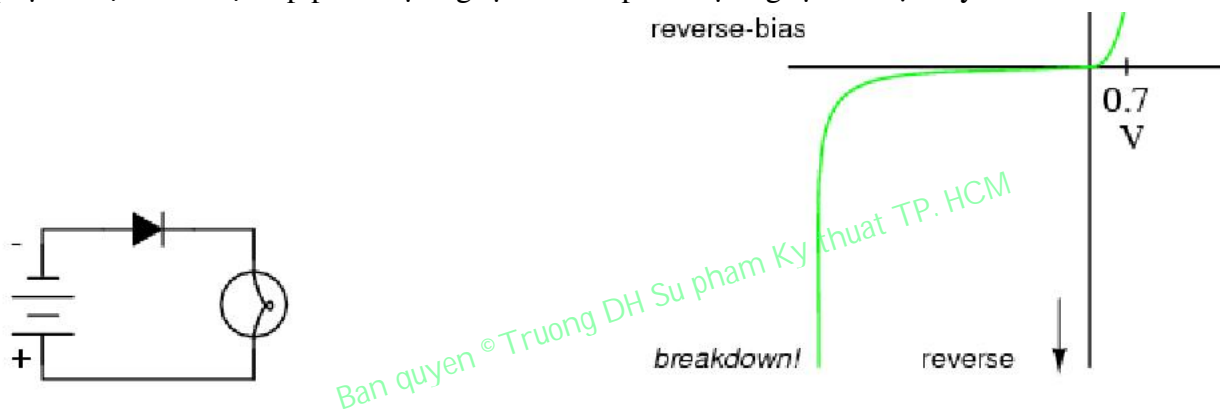
Hình 3-10. Mạch TĐ của diode nếu bỏ qua điện trở nội.



Hình 3-11. Mạch TĐ của diode lý tưởng.

d. Diode khi phân cực ngược:

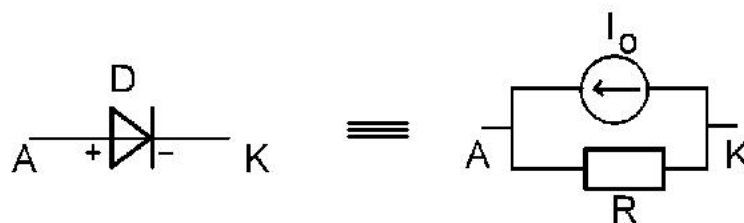
Khi diode phân cực ngược (PCN) thì xuất hiện dòng điện rỉ bảo hoà I_o và hầu như không phụ thuộc vào điện áp phân cực ngược. Sơ đồ phân cực ngược và đặc tuyến như hình 3-12



Hình 3-12. Mạch PCN diode và đặc tuyến.

Đối với diode Si thì dòng I_o có giá trị khoảng nA, với diode Ge thì dòng I_o có giá trị khoảng μA . Dòng I_o rất nhạy với nhiệt độ: với diode Si thì dòng I_o tăng gấp đôi khi nhiệt độ tăng thêm 6 °C, với diode Ge thì dòng I_o tăng gấp đôi khi nhiệt độ tăng thêm 10 °C,

Mạch tương đương khi diode phân cực ngược như hình 3-7:



Hình 3-13. Mạch TĐ khi diode PCN.

Mạch tương đương đối với diode lý tưởng khi phân cực ngược như hình 3-14:



Hình 3-14. Mạch TĐ khi diode PCN của diode lý tưởng.

Khi sử dụng diode chúng ta cần phải biết các thông số sau:

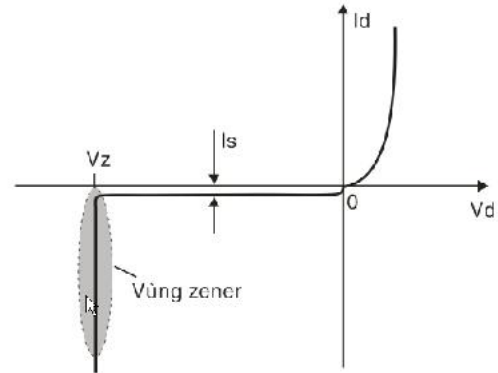
- Điện áp ngược lớn nhất mà diode chịu đựng được: $V_{ng\max}$
- Dòng điện thuận lớn nhất mà diode chịu đựng được: $I_{th\max}$
- Tần số hoạt động lớn nhất của diode: f_{\max}

2. **DIODE ZENER:**

Kí hiệu và đặc tuyến của diode zener như hình 3-15 và 3-16



Hình 3-15. Kí hiệu diode zener.



Hình 3-16. Đặc tuyến diode zener.

a. **Khi phân cực thuận diode zener:**

Diode zener hoạt động giống như diode thường và điện áp ngưỡng để diode dẫn là $V_\gamma = 0,6V$

b. **Khi phân cực ngược diode zener:**

Khi điện áp của nguồn nhỏ hơn điện áp phân cực ngược của zener : $V < V_Z$ thì dòng của zener bằng dòng bão hoà ngược $I_Z = I_o$.

Khi điện áp của nguồn lớn hơn hay bằng điện áp phân cực ngược của zener : $V > V_Z$ thì diode zener bắt đầu dẫn làm tăng dòng nhưng giữa áp không tăng: $V = V_Z$

c. **Các thông số làm việc của Zener:**

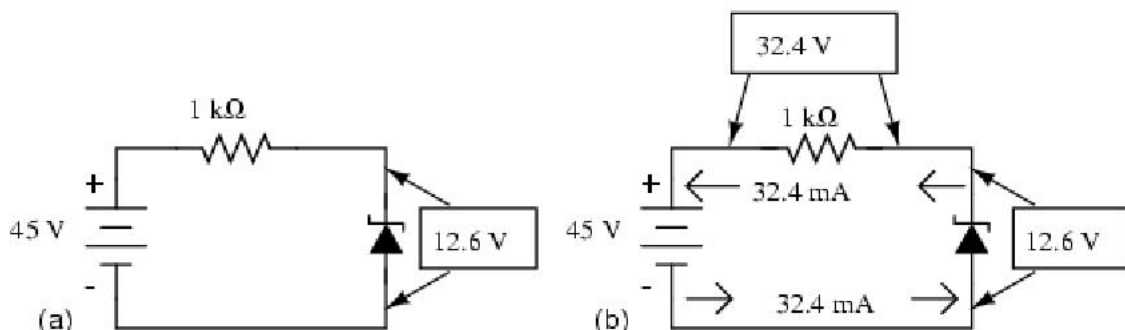
Khi sử dụng diode zener cần biết:

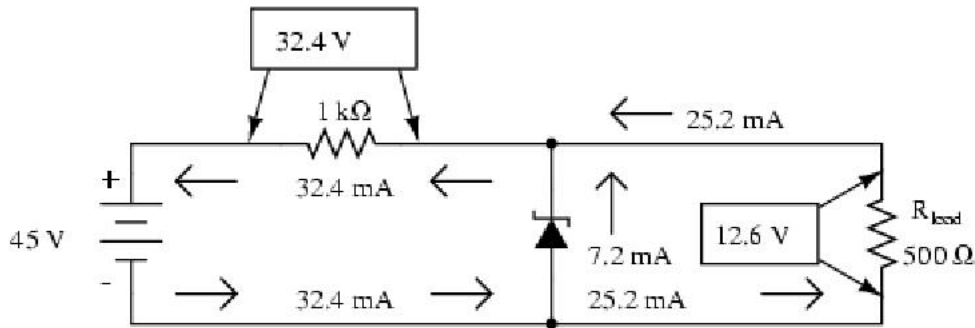
- Điện áp làm việc phân cực của zener: V_Z .
- Công suất làm việc cực đại của zener hoặc dòng làm việc cực đại $I_{Z\max}$.

Nhà sản xuất thường cho $V_Z = 2V \div 200V$ và công suất $P_{Z\max} = 0,5W \div 100W$.

Chú ý khi sử dụng diode zener thì phải có điện trở hạn dòng như hình 3-17 và giá trị của điện trở hạn dòng được tính theo công thức:

$$R_{hc} = \frac{V - V_Z}{I_T + 0,2I_T} \text{ suy ra công suất của diode zener } P_Z = \left(\frac{V - V_Z}{R_T} - I_T \right) \times V_Z$$

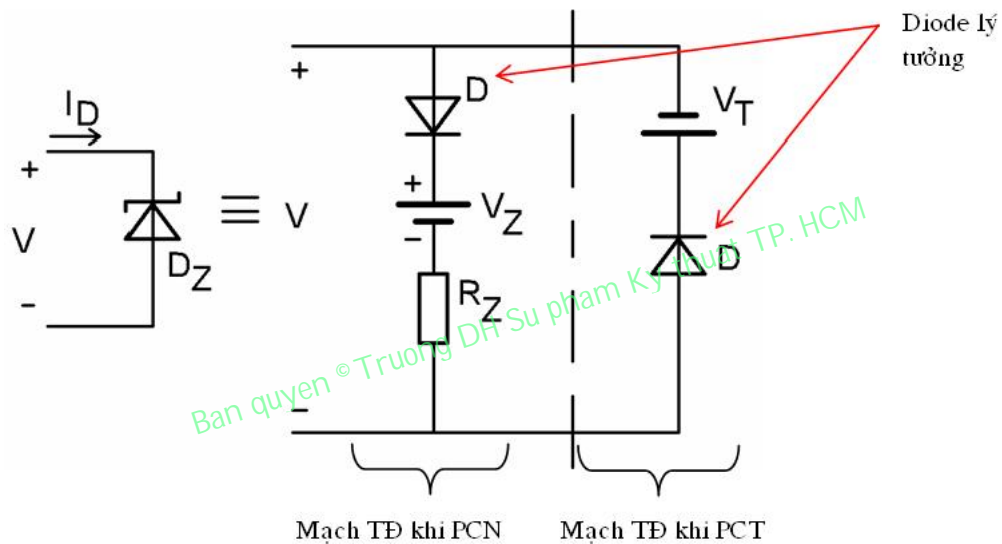




Hình 3-17. Mạch ổn áp dùng diode zener.

d. Mạch tương đương của Zener:

Do diode có thể hoạt động ở vùng PCT và PCN với đặc tuyến như hình 3-16 thì ta có mạch tương đương như hình 3-18:

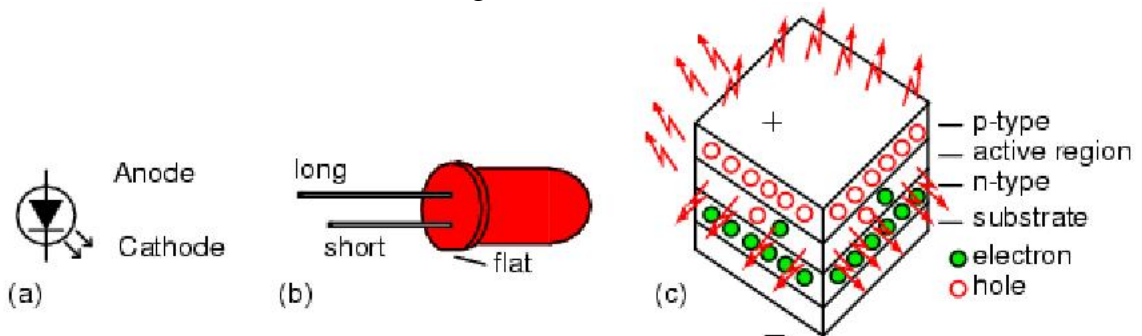


Hình 3-18. Mạch TĐ PCT và PCN của diode zener.

3. CÁC DẠNG DIODE THÔNG DỤNG KHÁC:

a. Diode phát quang LED:

Kí hiệu và mạch điều khiển Led sáng như hình 3-15 và 3-16:

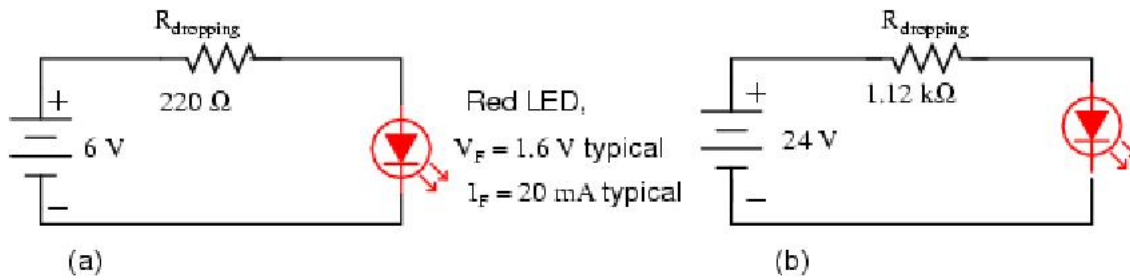


Hình 3-19. Kí hiệu, hình dạng thực tế và cấu tạo của LED.

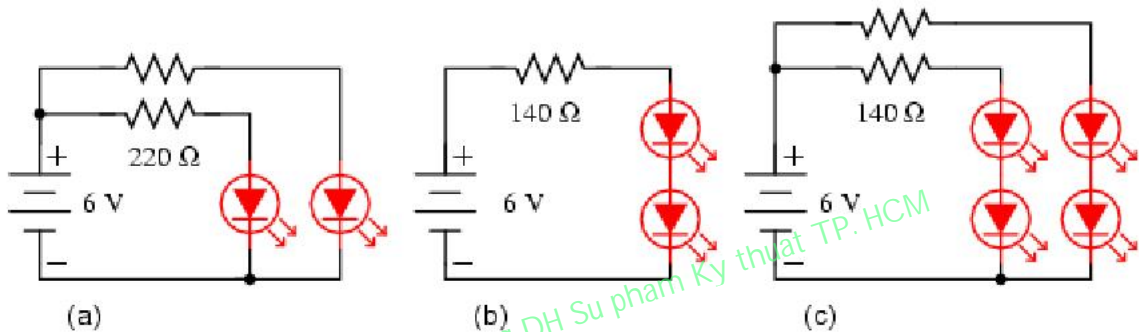
Khi điện áp nguồn cung cấp bằng điện áp làm việc của Led thì led phát sáng nhưng nếu nguồn cung cấp lớn hơn thì phải có điện trở hạn dòng cho led như hình 3-20 cho trường hợp 1 led và trường hợp nhiều led như hình 3-21.

Điện áp $V_{LED} = 1,5V \div 2V$ tùy thuộc vào kích thước của led mà áp và dòng có thể thay đổi từ vài mA đến 20mA.

Chú ý: điện áp phân cực ngược cho led $V_{PCNLED} < 5V$ nên khi sử dụng thì điện áp PCN phải nhỏ hơn 5V để Led không bị hỏng.



Hình 3-20. Mạch điều khiển 1 led.

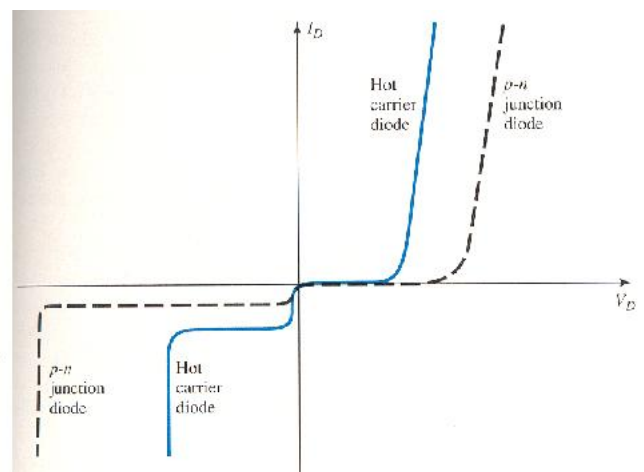
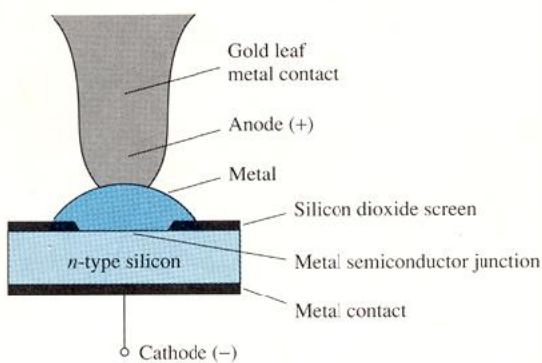


Hình 3-21. Mạch điều khiển 2 led.

b. Diode Schottky:

Cấu tạo diode Schottky là tiếp xúc Schottky. Ứng dụng trong các mạch yêu cầu tốc độ chuyển mạch nhanh.

Kí hiệu và đặc tuyến của diode Schottky như hình 3-22 và 3-23:



Hình 3-22. Kí hiệu, cấu tạo.

Hình 3-23. Đặc tuyến diode Schottky và diode PN.

4. TRANSISTOR 2 MỐI NỐI:

Nhắc lại transistor: cấu tạo và kí hiệu transistor như hình 3-24 và 3-25:

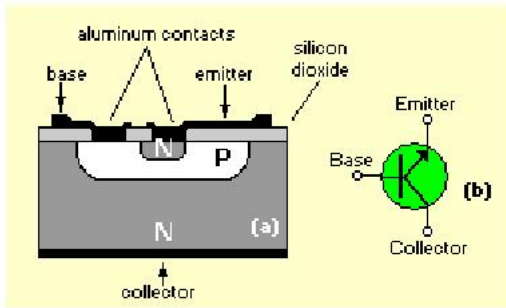


Fig. 1--NPN Bipolar Junction transistor section view (a), and graphic symbol (b).

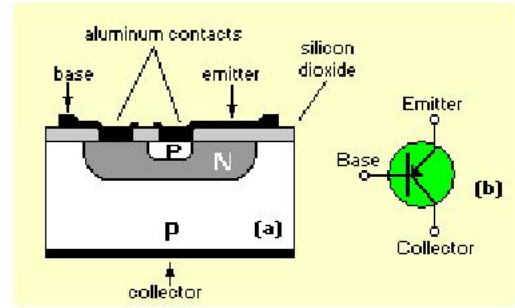


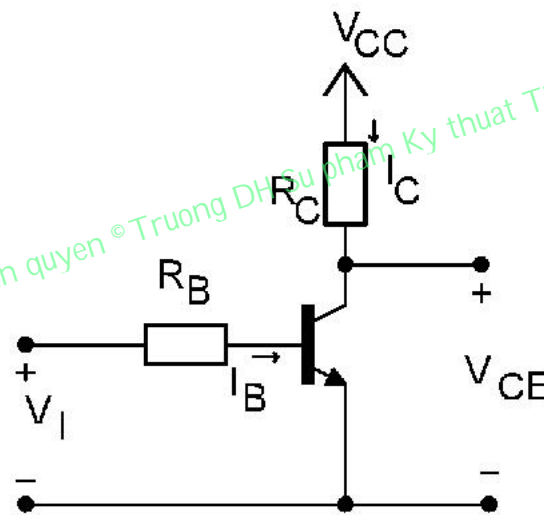
Fig. 2--PNP Bipolar Junction transistor section view (a), and graphic symbol (b).

Hình 3-24. Transistor NPN

Hình 3-25. Transistor PNP

a. Transistor BJT:

Transistor có 3 vùng làm việc: ngưng dẫn, khuếch đại và dẫn bão hoà. Trong kỹ thuật xung thì ta thường sử dụng transistor làm việc trong 2 vùng ngưng dẫn và dẫn bão hoà. Xét mạch điện dùng transistor BJT như hình 3-26:



Hình 3-26. Mạch dùng BJT.

b. Khi Transistor hoạt động khuếch đại:

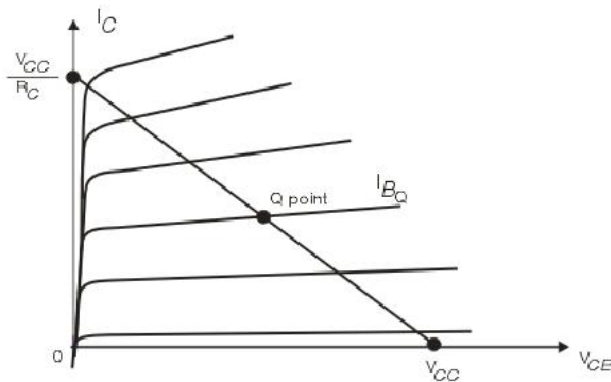
Khi transistor làm việc ở chế độ khuếch đại thì ta có các phương trình sau:

Dòng điện: $I_C = \beta I_B$

Điện áp: $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

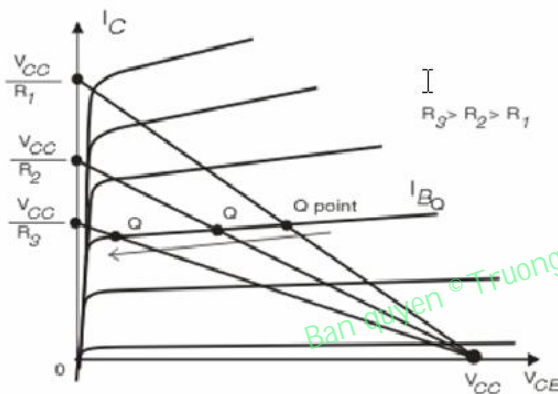
Hay $I_C = -\frac{1}{R_C} V_{CE} + \frac{V_{CC}}{R_C}$ chính là phương trình đường tải DC và đồ thị của

phương trình như hình 3-25:

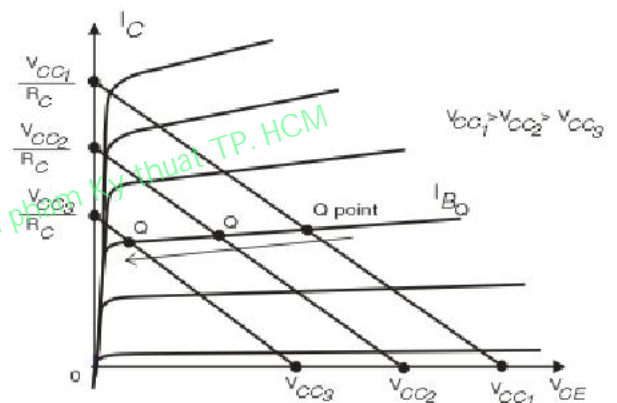


Hình 3-27. Đặc tuyến và đường tải DC.

Khi thay đổi điện trở R_C với những giá trị khác nhau thì ta có đặc tuyến thay đổi như hình 3-28 và khi thay đổi nguồn cung cấp V_{CC} thì ta được đặc tuyến như hình 3-29.



Hình 3-28. Khi thay đổi R_C .

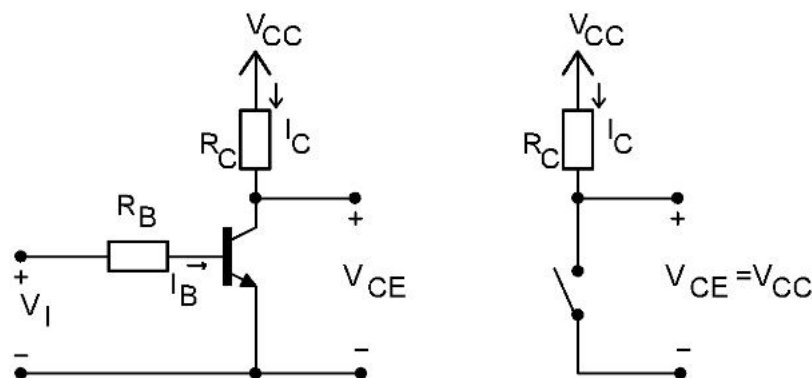


Hình 3-29. Khi thay đổi V_{CC} .

c. Khi Transistor hoạt động ở chế độ chuyển mạch:

Ở chế độ chuyển mạch thì BJT thường hoạt động ở cấu hình E chung và BJT làm việc ở 2 trạng thái tắt và dẫn bão hòa.

Ở trạng thái tắt: khi tín hiệu vào bằng 0, $I_B = 0$ thì transistor ngưng dẫn và mạch tương đương như hình 3-30:



Hình 3-30. Mạch tương đương ở trạng thái tắt của BJT.

Điện áp ra: $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = V_{CC}$

Với transistor ta có các phương trình:

$$\begin{cases} I_C = -\alpha I_E + I_{CO} \\ I_E = I_B + I_C \end{cases}$$

Thế phương trình thứ dưới vào phương trình trên thì ta được:

$$I_C = -\alpha(I_B + I_C) + I_{CO}$$

Khi ở trạng thái tắt thì dòng $I_B = 0$ suy ra dòng điện I_C :

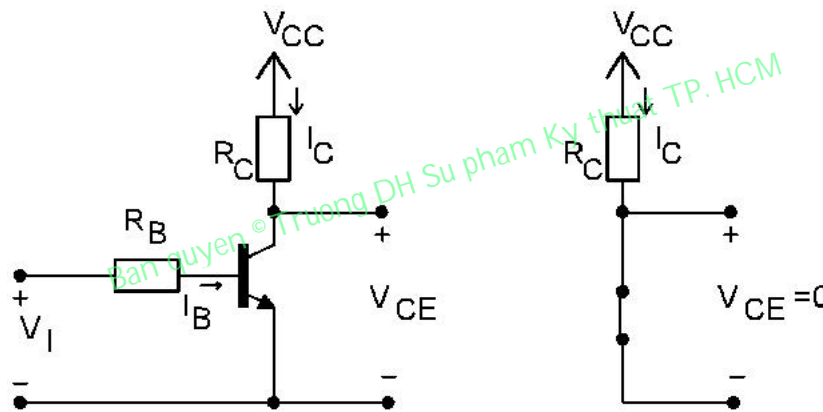
$$I_C = \frac{I_{CO}}{1 - \alpha} = (\beta + 1) \times I_{CO}$$

Nếu sử dụng transistor loại Ge: khi gần tắt thì $\alpha \cong 1$ nên dòng điện I_C có giá trị lớn ta cần phải thêm điện áp phân cực nghịch mỗi nối BE.

Nếu sử dụng transistor loại Si: khi gần tắt thì $\alpha \Rightarrow 0$ nên dòng điện $I_C \cong I_{CO}$.

Điểm làm việc của transistor là điểm A trong hình 3-32.

Ở trạng thái dẫn bảo hoà khi tín hiệu vào bằng V_{CC} đủ điện áp làm thì transistor dẫn bảo hoà và thì mạch tương đương như hình 3-31:



Hình 3-31. Mạch tương đương ở trạng thái dẫn của BJT.

Khi transistor ở trạng thái bảo hoà thì cả 2 mối nối BE và BC đều phân cực thuận và giá trị điện áp $V_{BEsat} = V_{\delta} > V_{\gamma}$ và $V_{CESat} = 0,1 \div 0,2V$.

Điện áp ra: $V_{CE} = V_{CESat} = 0,1 \div 0,2V$

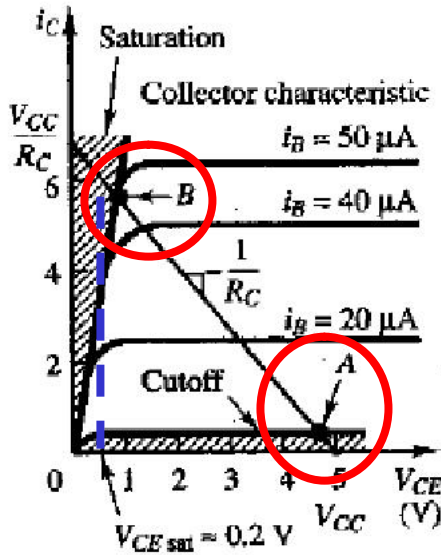
Điểm làm việc của transistor là điểm B trong hình 3-32.

Chú ý: khi transistor ở trạng thái bảo hoà thì các giá trị I_{BSat} và I_{CSat} do mạch bên ngoài quyết định. Lúc đó $I_B \beta_{min} > I_{CSat}$.

Suy ra dòng bảo hoà: $I_{CSat} = \frac{V_{CC} - V_{CESat}}{R_C}$ là dòng I_C lớn nhất,

Và dòng bảo hoà $I_{BSat} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$ với V_{BB} là điện áp của ngõ vào.

β_{min} là giá trị nhỏ nhất của β , khi thiết kế mạch thường chọn β có giá trị nhỏ nhất.



Hình 3-32. Đặc tuyến làm việc chuyển mạch của BJT.

d. Ảnh hưởng của nhiệt độ đối với Transistor:

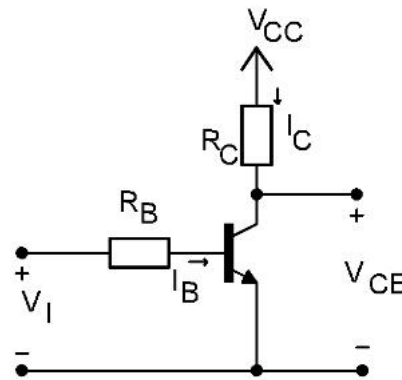
Do 2 mối nối BE và BC đều phân cực thuận nên V_{CB} và V_{BE} đều giảm $2mV/^{\circ}C$

Ở chế độ chuyển mạch thì BJT thường hoạt động ở cấu hình E chung và BJT làm việc ở 2 trạng thái tắt và dẫn bão hòa.

Điện trở mối nối CE khi transistor dẫn bão hòa: $r_{CESat} = \frac{V_{CESat}}{I_{CSat}}$

Ví dụ 3-1:

Cho mạch điện như hình 3-26:



Hình 3-33. Mạch ví dụ 3-1.

Cho $I_B = 0,2mA$, $R_B = 10K\Omega$, $R_C = 1K\Omega$, $V_{CC} = 10V$ hãy:

- Xác định β_{min} để transistor bão hòa.
- Nếu thay $R_C = 220\Omega$ và dùng transistor BJT 2N3904 có $\beta_{min} = 60$ tại $I_C = 50mA$ mạch có bão hòa không ?

Giải:

a. Theo mạch điện thì dòng điện bão hòa $I_{CSat} = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{10V}{1K\Omega} = 10mA$

suy ra hệ số $\beta_{min} = \frac{I_{CSat}}{I_B} = \frac{10mA}{0,2mA} = 50$

b. Khi giảm điện trở xuống nhỏ hơn thì dòng điện bão hoà $I_{CSat} = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{10V}{220\Omega} = 45mA$

suy ra hệ số $\beta_{min} = \frac{I_{CSat}}{I_B} = \frac{45mA}{0,2mA} = 225$

Với hệ số này thì transistor BJT 2N3904 không thể sử dụng được ở chế độ bão hoà.

Ví dụ 3-2:

Hãy tìm công suất của ví dụ 3-1 dùng transistor BJT 2N3904. Hãy tìm công suất nhiệt của transistor trong các trường hợp sau:

- a. BJT tắt.
- b. BJT dẫn bão hoà.
- c. Khi $V_{CE} = 2V$.

Giải:

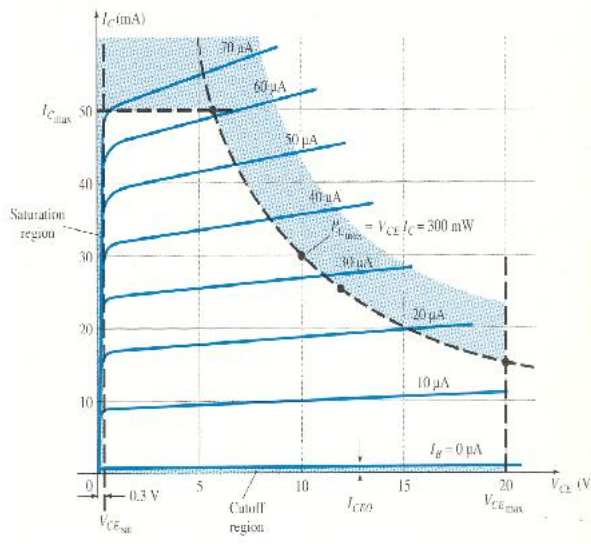
- a. Khi transistor tắt thì $I_C = I_{CO} = 50nA$ (tra trong sổ tay transistor)
Do BJT tắt nên: $V_{CE} = V_{CC} = 10V$
Công suất BJT ở chế độ tắt là: $P_{BJTOFF} = I_C \times V_{CE} = I_C \times V_{CC} = 50nA \times 10V = 0,5\mu W$
- b. Khi transistor dẫn bão hoà thì $I_{CSat} = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{10V}{1K\Omega} = 10mA$
Và điện áp bão hoà: $V_{CE} = 0,2V$ (tra trong sổ tay transistor)
Công suất BJT ở chế độ bão hoà là: $P_{BJTSat} = I_{CSat} \times V_{CC} = 10mA \times 10V = 100mW$
- c. Khi $V_{CE} = 2V$ thì $I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C} = \frac{10V - 2V}{1K\Omega} = 8mA$
Điện áp trên transistor: $V_{CE} = 2V$
Công suất của BJT là: $P_{BJT} = I_C \times V_{CE} = 8mA \times 2V = 16mW$

e. Các thông số làm việc của Transistor:

Khi sử dụng transistor thì phải biết các thông số sau:

- Điện áp V_{CEmax}
- Dòng điện I_{Cmax}
- Công suất P_{Cmax}
- Tần số f_{max}
- Hệ số β

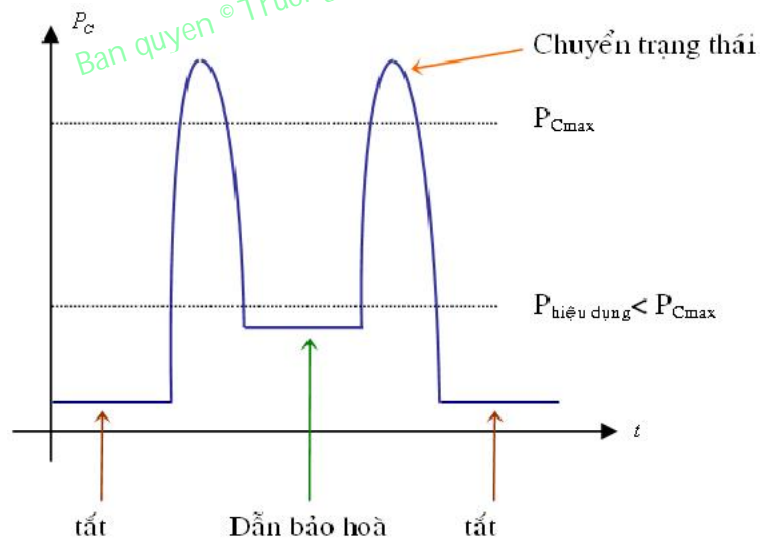
Đặc tuyến của transistor và các thông số giới hạn làm việc như hình 3-34. Khi transistor làm việc ở chế độ bão hoà thì thường điểm làm việc nằm trong vùng bão hoà (Saturation) và khi tắt thì điểm làm việc nằm trong vùng tắt (cutoff) giống như đã phân tích ở trên.



Hình 3-34. Đặc tuyến và các thông số giới hạn của BJT.

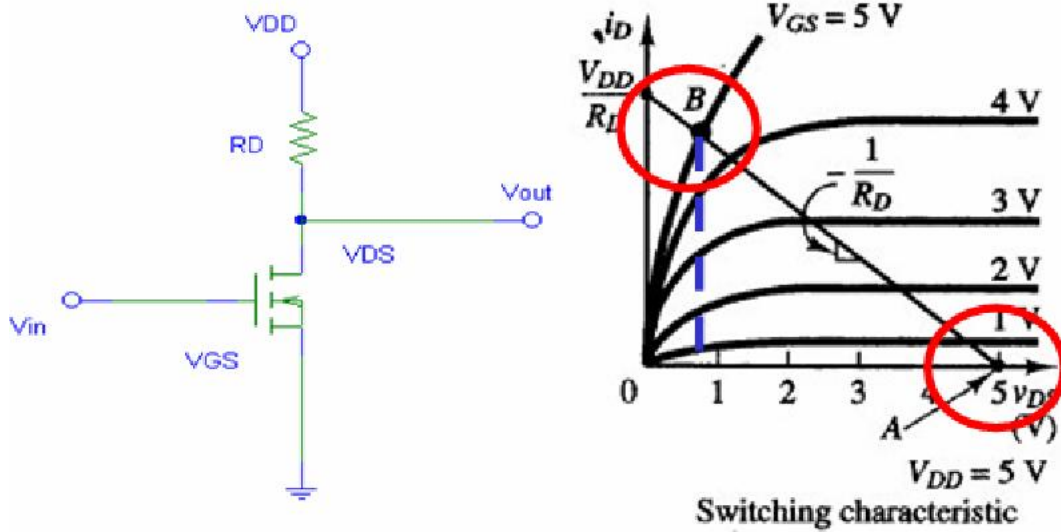
Biểu đồ công suất của transistor chuyển đổi giữa các chế độ tắt và dẫn bảo hoà như hình 3-35, biểu đồ chuyển đổi cho thấy khi transistor làm việc ở chế độ tắt dẫn ít bị nóng hơn khi làm việc ở chế độ khuếch đại.

Chú ý: Với transistor công suất thì phải có xung điều khiển chuyển mạch tại cực B để điểm làm việc không dừng tại vị trí điểm C vì quá công suất sẽ làm cho transistor hỏng.

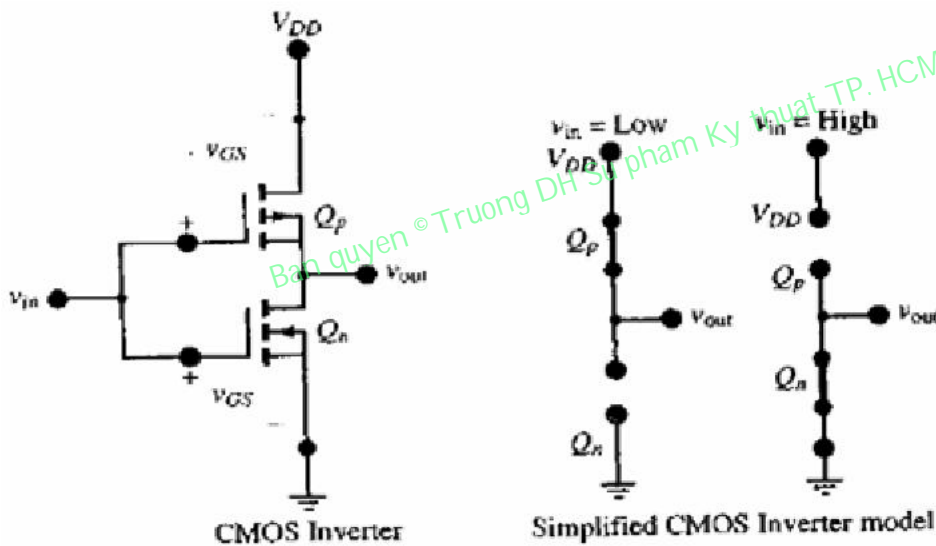


Hình 3-35. Đặc tuyến chuyển đổi giữa tắt và dẫn của BJT.

Hoạt động của transistor FET cũng gần giống như transistor BJT như hình 3-36 và 3-37:



Hình 3-36. Chuyển mạch dùng FET và đặc tuyến chuyển đổi giữa tắt và dẫn.



Hình 3-37. Cổng NOT dùng FET.

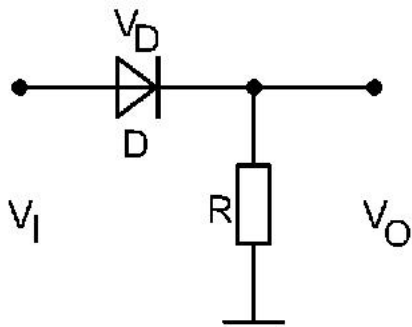
II. Ở CHẾ ĐỘ QUÁ ĐỘ:

Trong phần này chỉ khảo sát hiện tượng xảy ra trong quá trình chuyển mạch – gọi là chế độ quá độ, phần này không đi sâu vào bản chất vật lý mà chủ yếu nêu hiện tượng và ra biện pháp cải thiện dạng sóng ra.

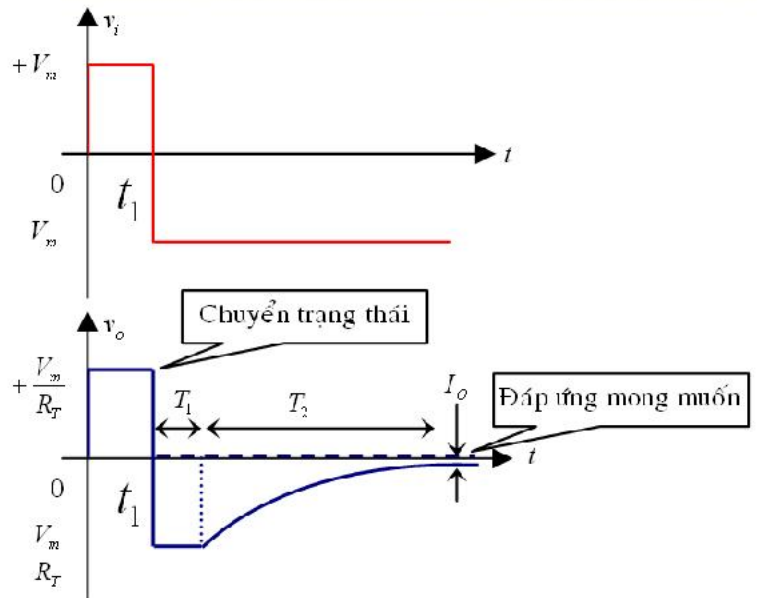
1. CHẾ ĐỘ QUÁ ĐỘ CỦA DIODE BÁN DẪN PN:

a. Xét trạng thái chuyển mạch:

Xét mạch điện như hình 3-38, cho tín hiệu vào là sóng vuông và dạng sóng ra như hình 3-39.



Hình 3-38. Mạch điện.



Hình 3-39. Dạng sóng vào ra.

Trong khoảng thời gian $[0 \rightarrow t_1]$ thì điện áp vào $v_i = +V_m$, diode PCT: sẽ có 1 số lượng lớn các hạt điện tử từ chất bán dẫn n khuếch tán sang chất bán dẫn loại p và một số lượng lớn các lỗ trống từ chất bán dẫn p khuếch tán sang chất bán dẫn n để thực hiện quá trình dẫn điện.

Các điện tử trong chất bán dẫn loại p và lỗ trống trong chất bán dẫn n trở thành các hạt tải tiểu số trong mỗi chất bán dẫn và số lượng bây giờ rất lớn.

Trong khoảng thời gian $[t_1 \rightarrow \infty]$ thì điện áp vào $v_i = -V_m$, diode chuyển trạng thái từ PCT sang trạng thái PCN thì đối với diode lý tưởng sẽ chuyển từ trạng thái dẫn sang trạng thái ngưng dẫn tức thời, nhưng với diode thực tế thì do một số lượng rất lớn các hạt tải tiểu số còn trong mỗi chất bán dẫn nên diode sẽ phân cực nghịch trong khoảng thời gian $T_1 = t_s$ - còn gọi là thời gian tồn trữ: là thời gian để các hạt tải tiểu số trở về trạng thái hạt tải đa số của chúng ở chất bán dẫn đối diện. Điều này có ý nghĩa là diode vẫn còn ở trạng thái ngắn mạch với dòng $I_{reverse}$ được xác định bởi các thông số của mạch.

Khi thời gian t_s đã hết (các hạt tải đã về đúng trạng thái) dòng điện sẽ giảm về 0 ứng với trạng thái ngưng dẫn, và khoảng thời gian chuyển trạng thái là $T_2 = t_r$.

Thời gian khôi phục ngược là tổng của 2 thông số thời gian: $t_{tt} = t_s + t_r$

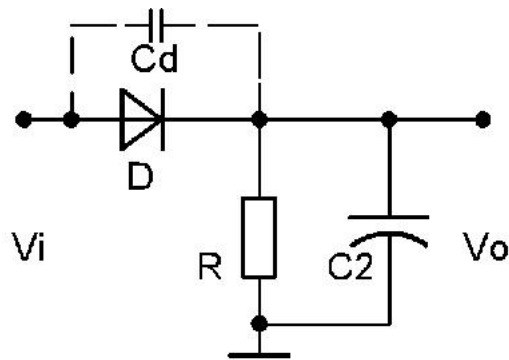
Vấn đề này trở nên quan trọng trong các ứng dụng chuyển mạch tốc độ cao. Hầu hết các diode chuyển mạch có thời hằng t_{tr} vào khoảng vài nano giây đến 1 μs .

Với $t_s = 0,1 \mu s$ và sẽ tăng khi dòng $I_D = \frac{V_m}{R_T}$ tăng và t_r khoảng vài chục μs .

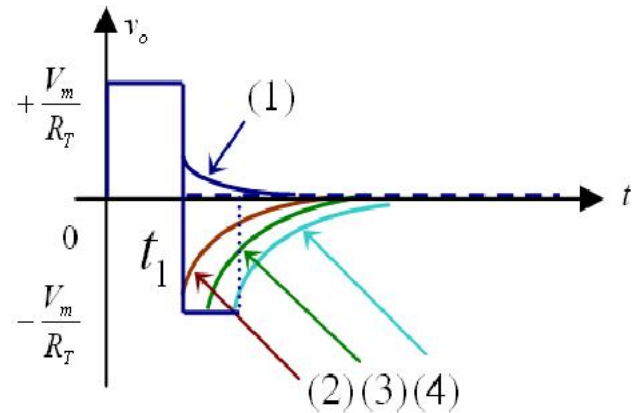
b. Cải thiện tốc độ:

Nên sử dụng transistor chuyển mạch – switching diode.

Hoặc thêm tụ bù C: thường do nhà chế tạo cung cấp thông số như hình 3-40. Khoảng thời gian t_f là do ảnh hưởng của điện dung C_d . Tùy theo giá trị của tụ bù C_2 mà ta có các dạng sóng như hình 3-41.



Hình 3-40. Bù bằng tụ C.



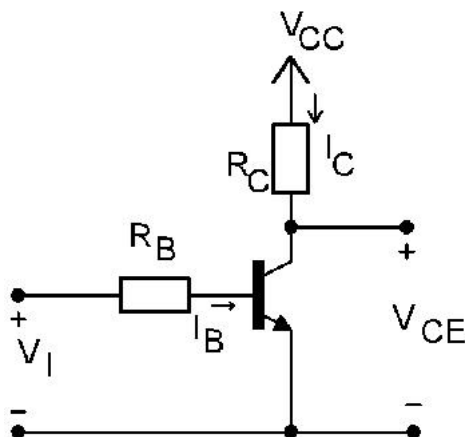
Hình 3-41. Dạng sóng sau khi bù.

2 **CHẾ ĐỘ QUÁ ĐỘ CỦA TRANSISTOR:**

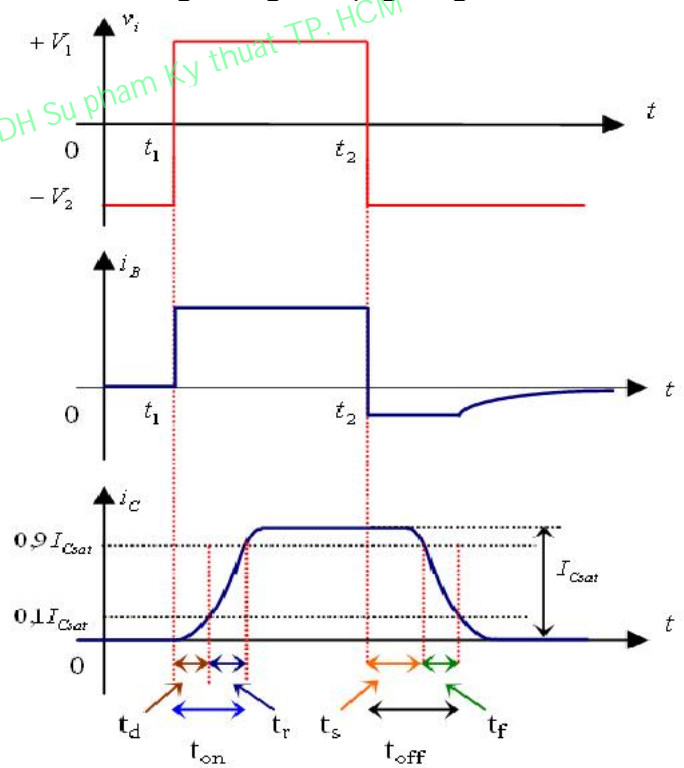
Quá trình quá độ xảy ra trong transistor khá phức tạp, ở đây ta chỉ khảo sát những yếu tố chủ yếu gây nên sự méo dạng của xung ra.

a. **Xét trạng thái chuyển mạch:**

Xét mạch điện như hình 3-42, cho tín hiệu vào là sóng vuông và dạng sóng ra như hình 3-43.



Hình 3-42. Mạch điện.



Hình 3-43. Dạng sóng vào ra.

Thời gian chuyển từ tắt sang dẫn bão hòa:

Trong khoảng thời gian $[0 \rightarrow t_1]$ thì điện áp vào $v_i = -V_2$, transistor tắt.

Trong khoảng thời gian $[t_1 \rightarrow t_2]$ thì điện áp vào $v_i = +V_1$, transistor bắt đầu dẫn gồm các khoảng thời gian:

- Thời gian trễ t_d (delay time) là thời gian cần thiết để điện áp vào v_i tăng từ $0V$ đến V_γ .
- Thời gian lên t_r (rise time) là thời gian bị ảnh hưởng của điện dung ngõ vào C_i của transistor.

Thời gian chuyển từ dẫn bảo hoà sang tắt:

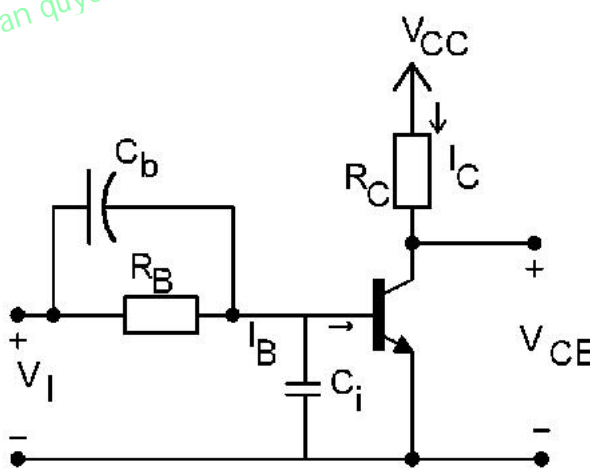
Trong khoảng thời gian $[t_2 \rightarrow \infty]$ thì điện áp vào $v_i = -V_2$, transistor bắt đầu chuyển trạng thái từ dẫn bảo hoà sang tắt gồm các khoảng thời gian:

- Thời gian tồn trữ t_s (storage time) là thời gian cần thiết để xả điện tích thừa khi transistor dẫn bảo hoà. Transistor bảo hoà càng sâu thì thời gian tồn trữ t_s càng lớn.
- Thời gian xuống t_f (fall time) là thời gian ảnh hưởng bởi điện dung ngõ vào C_i của transistor.

Vậy tín hiệu ra bị méo dạng và cần phải giảm ảnh hưởng trong các ứng dụng chuyển mạch tốc độ cao.

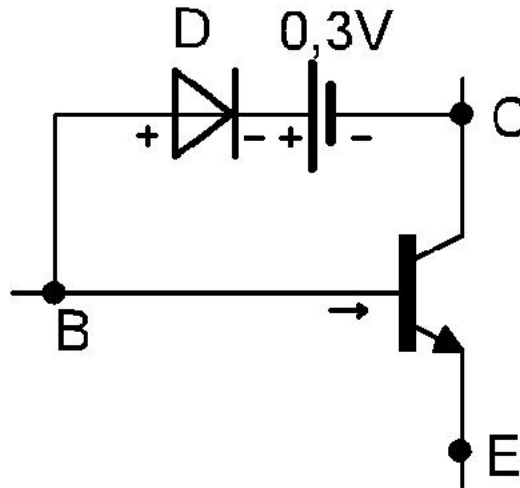
b. Cải thiện dạng sóng ra:

- Nên sử dụng transistor chuyển mạch tốc độ cao hoặc có tần số làm việc cao.
- Có thể giảm thời gian trễ t_d nếu cho tín hiệu vào là dạng sóng vuông sắc sảo có độ dốc nhỏ.
- Có thể giảm thời gian t_r và t_f nếu cho tín hiệu vào là dạng sóng vuông với cạnh lên và xuống sắc sảo có độ dốc nhỏ.
- Có thể dùng tụ tăng tốc (speed – up capacitor) mắc song song với R_B để cải thiện dạng sóng như hình 3-44, giá trị của tụ C_b nhỏ khoảng vài pF và thường do nhà sản xuất cung cấp.



Hình 3-44. Bù bằng tụ C.

- Thời gian tồn trữ: thời gian này do transistor bảo hoà sâu: Khi transistor bảo hoà thì cả 2 mối nối BE và BC đều phân cực thuận. Do BC phân cực thuận nên ta có: $V_B > V_C$ hay $V_B \geq V_C + V_\gamma$, với BJT loại Si thì $V_\gamma = 0,7V$. Nếu mắc thêm một diode và một nguồn như hình 3-45:



Hình 3-45. Transistor có chống bảo hoà sâu.

Khi transistor tắt thì $V_B < V_C$ nên diode phân cực ngược xem như hở mạch.

Khi transistor bắt đầu chuyển trạng thái từ tắt sang dẫn bảo hoà:

- Khi điện áp vào là $V_C + V_D < V_B < V_C + V_D + 0,3V$ làm transistor dẫn bảo hoà, diode vẫn chưa dẫn.
- Khi điện áp vào là $V_B > V_C + V_D + 0,3V$ vẫn làm transistor dẫn bảo hoà và bây giờ diode bắt đầu dẫn: rẽ bớt dòng điện, làm cho transistor không bảo hoà sâu và thế sẽ giảm được thời gian trễ.

Trong kỹ thuật vi mạch sử dụng diode Schottky thay cho diode và nguồn 0,3V và transistor được kí hiệu tương ứng là transistor Schottky và vì thế transistor Schottky có tốc độ chuyển mạch nhanh hơn transistor thường và các vi mạch số sử dụng transistor Schottky gọi là vi mạch họ Schottky.

end

Chương 4

MẠCH XÉN

GIỚI THIỆU MẠCH XÉN

MẠCH XÉN NỐI TIẾP

MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA BẰNG NỬA BÁN KỲ DƯƠNG

MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA NHỎ HƠN NỬA BÁN KỲ DƯƠNG – DỜI NGƯỠNG CẮT LÊN

MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA LỚN HƠN NỬA BÁN KỲ DƯƠNG – DỜI NGƯỠNG CẮT XUỐNG

MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA NHỎ HƠN NỬA BÁN KỲ DƯƠNG – DỜI TÍN HIỆU LÊN

MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA LỚN HƠN NỬA BÁN KỲ DƯƠNG – DỜI TÍN HIỆU XUỐNG

MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA BẰNG NỬA BÁN KỲ ÂM

MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA LỚN HƠN NỬA BÁN KỲ ÂM – DỜI NGƯỠNG CẮT LÊN

MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA NHỎ HƠN NỬA BÁN KỲ ÂM – DỜI NGƯỠNG CẮT XUỐNG

MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA NHỎ HƠN NỬA BÁN KỲ ÂM – DỜI TÍN HIỆU LÊN

MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA LỚN HƠN NỬA BÁN KỲ ÂM – DỜI TÍN HIỆU XUỐNG

MẠCH XÉN SONG SONG

MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA BẰNG NỬA BÁN KỲ ÂM

MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA NHỎ HƠN NỬA BÁN KỲ ÂM – DỜI MẶT CẮT XUỐNG

MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA LỚN HƠN NỬA BÁN KỲ ÂM – DỜI MẶT CẮT LÊN

MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA LỚN HƠN NỬA BÁN KỲ ÂM – DỜI TÍN HIỆU XUỐNG

MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA NHỎ HƠN NỬA BÁN KỲ ÂM – DỜI TÍN HIỆU LÊN

MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA BẰNG NỬA BÁN KỲ DƯƠNG

MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA NHỎ HƠN NỬA BÁN KỲ DƯƠNG – DỜI MẶT CẮT LÊN

MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA LỚN HƠN NỬA BÁN KỲ DƯƠNG – DỜI MẶT CẮT XUỐNG

MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA LỚN HƠN NỬA BÁN KỲ DƯƠNG – DỜI TÍN HIỆU LÊN

MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA NHỎ HƠN NỬA BÁN KỲ DƯƠNG – DỜI TÍN HIỆU XUỐNG

MẠCH XÉN VỚI DIODE THỰC TẾ

Điện áp V_γ

Điện trở rd

Khảo sát ảnh hưởng của điện dung liên cực Cd

MẠCH XÉN DÙNG TRANSISTOR

MẠCH XÉN GHÉP CỰC PHÁT DÙNG TRANSISTOR

MẠCH XÉN DÙNG OP – AMP

MẠCH NẮN CHÍNH XÁC – XEM NHƯ DIODE LÝ TƯỢNG

MẠCH NẮN CHÍNH XÁC CÓ NGUỒN DC

MẠCH XÉN 2 MỨC ĐỘ LẬP

BÀI TẬP

Bản quyền © Trường DH Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM

- Hình 4-1. Mạch xén bỏ bán kỳ âm, lấy bán kỳ dương.
- Hình 4-2. Dạng sóng vào ra của mạch xén bỏ bán kỳ âm, lấy bán kỳ dương.
- Hình 4-3. Đặc tuyến vào ra.
- Hình 4-4. Ngưỡng cắt và tín hiệu.
- Hình 4-5. Dạng sóng vào ra với diode lý tưởng.
- Hình 4-6. Đặc tuyến vào ra đối với diode lý tưởng.
- Hình 4-7. Mạch xén nối tiếp – tín hiệu ra nhỏ hơn nửa bán kỳ – dời ngưỡng cắt lên.
- Hình 4-8. Dạng sóng vào ra.
- Hình 4-9. Đặc tuyến vào ra.
- Hình 4-10. Mạch xén nối tiếp – tín hiệu ra lớn hơn nửa bán kỳ – dời ngưỡng cắt xuống.
- Hình 4-11. Dạng sóng vào ra.
- Hình 4-13. Mạch xén nối tiếp – tín hiệu ra nhỏ hơn nửa bán kỳ – dời tín hiệu lên.
- Hình 4-14. Dạng sóng vào ra.
- Hình 4-15. Đặc tuyến vào ra.
- Hình 4-16. Mạch xén nối tiếp – tín hiệu ra nhỏ hơn nửa bán kỳ – dời tín hiệu xuống.
- Hình 4-17. Dạng sóng vào ra.
- Hình 4-18. Đặc tuyến vào ra.
- Hình 4-19. Mạch xén bỏ bán kỳ dương, lấy bán kỳ âm.
- Hình 4-20. Dạng sóng vào ra.
- Hình 4-21. Đặc tuyến vào ra.
- Hình 4-22. Mạch xén nối tiếp.
- Hình 4-23. Dạng sóng vào ra.
- Hình 4-24. Đặc tuyến vào ra.
- Hình 4-25. Mạch xén nối tiếp.
- Hình 4-26. Dạng sóng vào ra.
- Hình 4-27. Đặc tuyến vào ra.
- Hình 4-28. Mạch xén nối tiếp.
- Hình 4-29. Dạng sóng vào ra.
- Hình 4-30. Đặc tuyến vào ra.
- Hình 4-31. Mạch xén nối tiếp.
- Hình 4-32. Dạng sóng vào ra.
- Hình 4-33. Đặc tuyến vào ra.
- Hình 4-34. Mạch xén bán kỳ dương, lấy bán kỳ âm.
- Hình 4-35. Dạng sóng vào ra của mạch xén.
- Hình 4-36. Đặc tuyến vào ra.
- Hình 4-37. Mạch xén lấy bán kỳ âm – dời mặt cắt xuống.
- Hình 4-38. Mạch xén lấy bán kỳ âm – dời mặt cắt lên.
- Hình 4-39. Mạch xén lấy bán kỳ âm – dời tín hiệu xuống.
- Hình 4-40. Mạch xén lấy bán kỳ âm – dời tín hiệu lên.
- Hình 4-41. Mạch xén bán kỳ âm, lấy bán kỳ dương.
- Hình 4-42. Dạng sóng vào ra của mạch xén.
- Hình 4-43. Đặc tuyến vào ra.
- Hình 4-44. Mạch xén lấy bán kỳ âm – dời mặt cắt xuống.
- Hình 4-45. Mạch xén lấy bán kỳ âm – dời mặt cắt lên.

- Hình 4-46. Mạch xén lấy bán kỳ âm – dời tín hiệu xuống.
Hình 4-47. Mạch xén lấy bán kỳ âm – dời tín hiệu lên.
Hình 4-48. Hình cho ví dụ 4-1.
Hình 4-49. Mạch vẽ lại.
Hình 4-50. Dạng sóng vào ra của ví dụ 4-1.
Hình 4-51. Dạng sóng vào của ví dụ 4-2.
Hình 4-52. Mạch được vẽ lại lần 1.
Hình 4-53. Mạch được vẽ lại lần 2.
Hình 4-54. Dạng sóng ra.
Hình 4-55. Hình ví dụ 4-3.
Hình 4-56. Mạch được vẽ lại lần 1.
Hình 4-57. Mạch được vẽ lại lần 2.
Hình 4-58. Dạng sóng vào ra.
Hình 4-59. Mạch được vẽ lại lần 1.
Hình 4-60. Mạch được vẽ lại lần 2.
Hình 4-61. Dạng sóng ra.
Hình 4-62. Mạch tương đương thực tế của Diode.
Hình 4-63a. Mạch xén nối tiếp. Hình 4-63b. Mạch xén nối tiếp.
Hình 4-64. Dạng sóng thực tế của Diode.
Hình 4-65. Mạch điện thực tế của Diode.
Hình 4-66. Dạng sóng vào ra.
Hình 4-67. Mạch xén dùng transistor.
Hình 4-68. Dạng sóng vào ra.
Hình 4-69. Mạch xén ghép cực phát.
Hình 4-70. Đặc tuyến mạch xén.
Hình 4-71. Mạch xén dùng transistor.
Hình 4-72. Đặc tuyến vào ra.
Hình 4-73. Mạch xén có nguồn DC.
Hình 4-74. Đặc tuyến.
Hình 4-75. Mạch tương đương thực tế của Diode.
Hình 4-76. Đặc tuyến vào ra cùng tín hiệu vào ra.
Hình 4-77. Dạng sóng vào ra.
Hình 4-78. Mạch tương đương thực tế của Diode.
Hình 4-79. Mạch tương đương thực tế của Diode.

I. GIỚI THIỆU MẠCH XÉN:

Mạch xén là mạch cắt bỏ một phần của tín hiệu ngõ vào mà không làm méo dạng phần tín hiệu còn lại. Mạch chỉnh lưu bán kỳ là một dạng mạch xén đơn giản nhất vì chỉ sử dụng 1 diode và 1 điện trở.

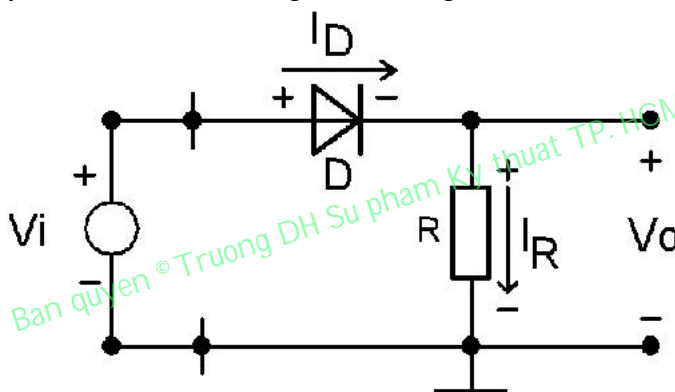
Có 2 loại mạch xén nối tiếp và song song. Mạch xén nối tiếp là diode trong mạch mắc nối tiếp với tải, còn mạch xén song song thì diode mắc song song với tải.

Đối với diode thường thì xem điện áp để diode dẫn phải thỏa điều kiện $V_D \geq V_\gamma$, diode tắt khi $V_D < V_\gamma$. Trong đó V_D là điện áp của diode, V_γ là điện áp ngưỡng.

II. MẠCH XÉN NỐI TIẾP:

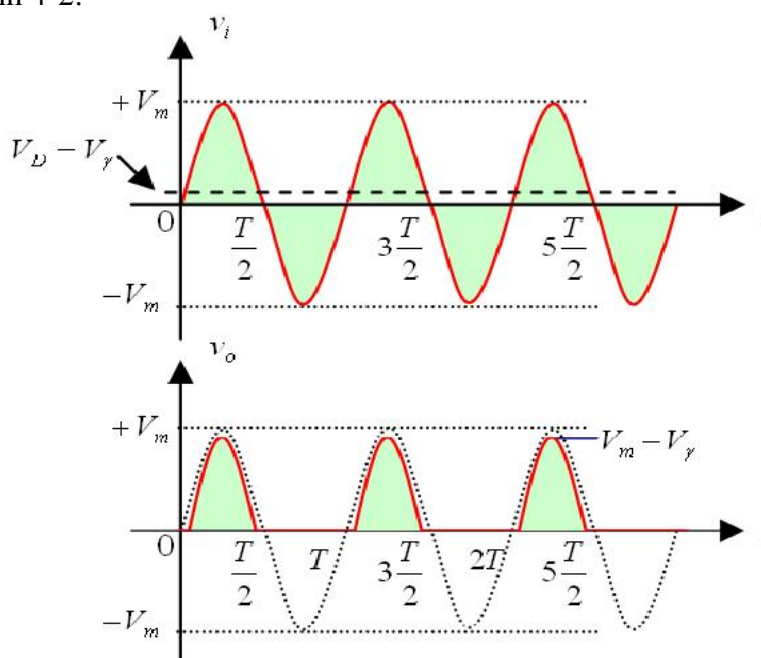
1. MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA BẰNG NỬA BÁN KỲ DƯƠNG:

Hình 4-1 trình bày một mạch xén đơn giản sử dụng 1 diode và 1 điện trở R.



Hình 4-1. Mạch xén bỏ bán kỳ âm, lấy bán kỳ dương.

Cho tín hiệu vào là sóng sin và tín hiệu ra đã bị cắt bỏ phần tín hiệu âm. Dạng sóng tín hiệu vào ra như hình 4-2:



Hình 4-2. Dạng sóng vào ra của mạch xén bỏ bán kỳ âm, lấy bán kỳ dương.

Nguyên lý hoạt động:

Ta có phương trình: $v_i - V_D - V_R = 0$

Suy ra điện áp trên diode: $V_D = v_i - V_R$

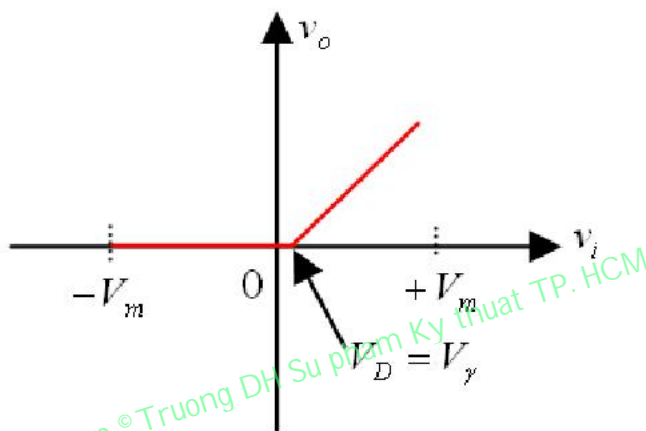
Điều kiện để diode tắt thì $V_D < V_\gamma$ hay $V_D = v_i < V_\gamma$ do dòng bằng 0

Và điện áp ra là $v_o = Ri_R = 0V$

Vậy điều kiện để diode dẫn là: $v_i \geq V_\gamma$

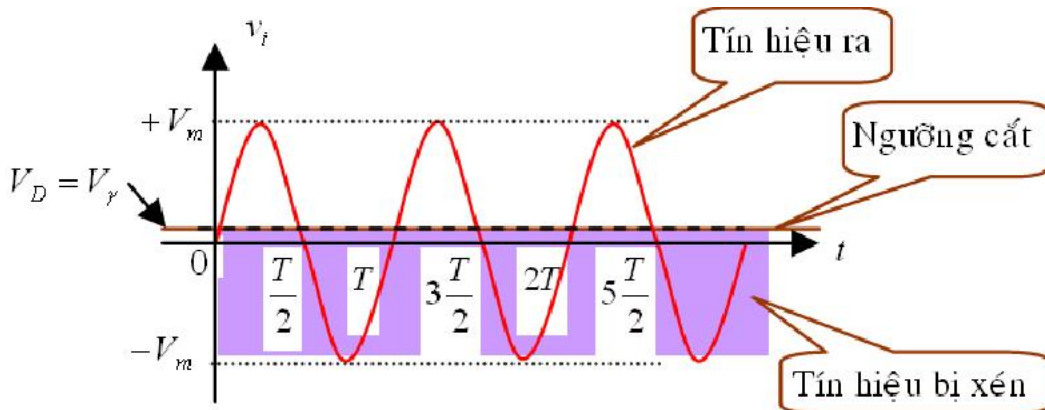
Và điện áp ra là $v_o = Ri_R = v_i - V_\gamma$

Ngưỡng xén của mạch xén tại giá trị V_γ : phần tín hiệu lớn hơn V_γ thì được qua, còn tín hiệu nhỏ hơn V_γ thì bị xén. Đặc tuyến vào ra như hình 4-3.



Hình 4-3. Đặc tuyến vào ra.

Có thể xem mạch xén có ngưỡng cắt như hình 4-4: những phần tín hiệu nằm trên “ngưỡng cắt” thì cho qua, còn những tín hiệu nằm dưới ngưỡng cắt thì bị xén.



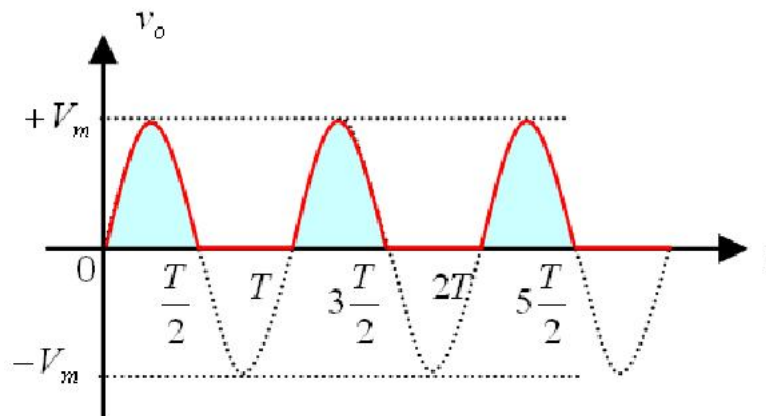
Hình 4-4. Ngưỡng cắt và tín hiệu.

Nếu xem diode là lý tưởng bỏ qua điện áp rơi trên diode (xem $V_\gamma = 0V$) thì :

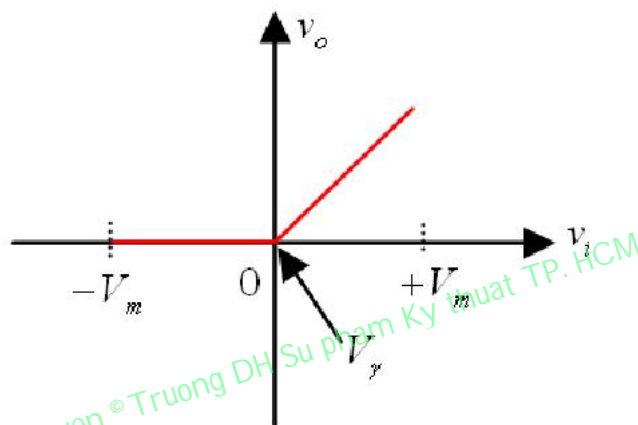
Khi tín hiệu vào $v_i \geq 0V$ thì diode dẫn xem như ngắn mạch, điện áp ra $v_o = Ri_R = v_i$

Khi tín hiệu vào $v_i < 0V$ thì diode tắt xem như hở mạch, sẽ không có dòng điện nên điện áp ra $v_o = Ri_D = 0V$.

Dạng sóng và đặc tuyến vào ra của mạch đối với diode lý tưởng như hình 4-5 và 4-6.



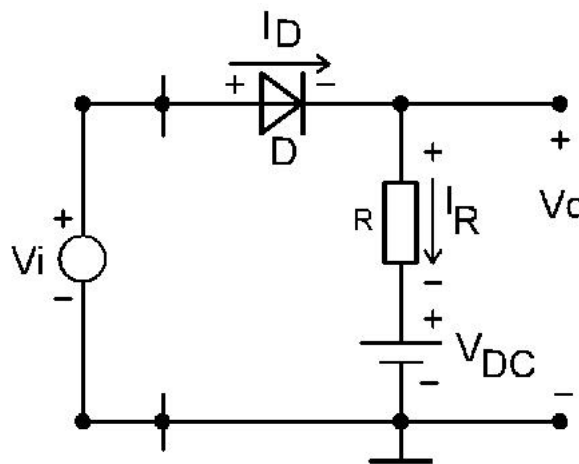
Hình 4-5. Dạng sóng vào ra với diode lý tưởng.



Hình 4-6. Đặc tuyến vào ra đối với diode lý tưởng.

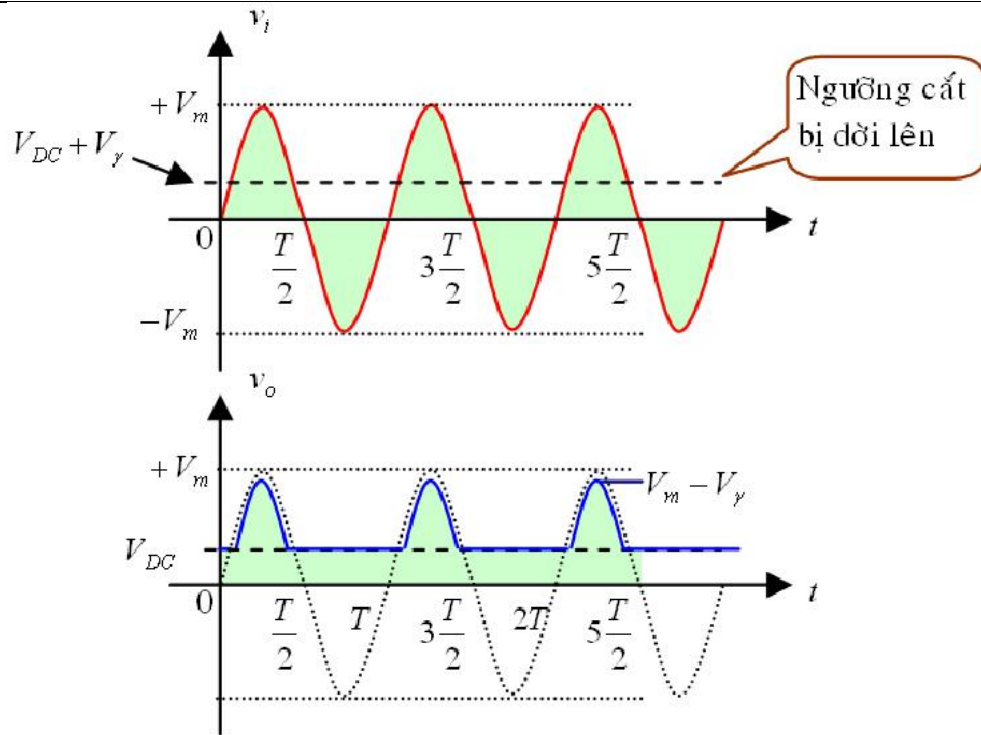
2. MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA NHỎ HƠN NỬA BÁN KỲ DƯƠNG – DỜI NGƯỠNG CẮT LÊN

Hình 4-7 trình bày một mạch xén sử dụng 1 diode, 1 điện trở R và 1 nguồn $+V_{DC}$.



Hình 4-7. Mạch xén nối tiếp – tín hiệu ra nhỏ hơn nửa bán kỳ – dời ngưỡng cắt lên.

Khi xuất hiện nguồn $+V_{DC}$ thì có thể xem ngưỡng cắt bị dời lên một giá trị bằng $V_\gamma + V_{DC}$. Cho tín hiệu vào là sóng sin thì tín hiệu ra đã bị cắt bỏ phần tín hiệu âm nhỏ hơn $V_\gamma + V_{DC}$. Dạng sóng tín hiệu vào ra như hình 4-8:



Hình 4-8. Dạng sóng vào ra.

Nguyên lý hoạt động:

Ta có phương trình:

$$v_i - V_D - I_R - V_{DC} = 0$$

Suy ra điện áp trên diode:

$$V_D = v_i - I_R - V_{DC}$$

Điều kiện để diode tắt thì $V_D < V_\gamma$ hay $V_D = v_i - V_{DC} < V_\gamma$ do dòng bằng 0

Hay

$$v_i < V_{DC} + V_\gamma$$

Và điện áp ra là

$$v_o = Ri_R + V_{DC} = +V_{DC}$$

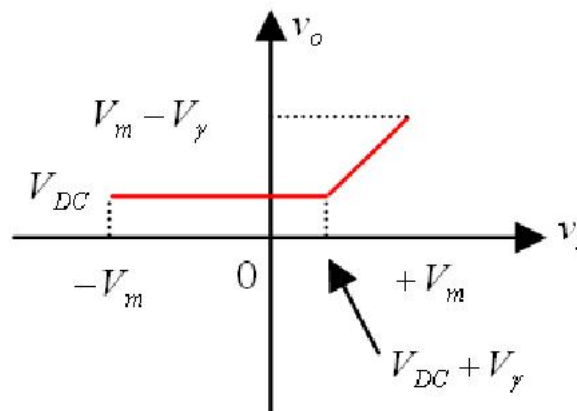
Vậy điều kiện để diode dẫn là:

$$v_i \geq V_{DC} + V_\gamma$$

Và điện áp ra là

$$v_o = Ri_R + V_{DC} = v_i - V_\gamma$$

Ngưỡng xén của mạch xén tại giá trị $V_{DC} + V_\gamma$: phần tín hiệu lớn hơn $V_{DC} + V_\gamma$ thì được qua, còn tín hiệu nhỏ hơn $V_{DC} + V_\gamma$ thì bị xén. Đặc tuyến vào ra như hình 4-9.



Hình 4-9. Đặc tuyến vào ra.

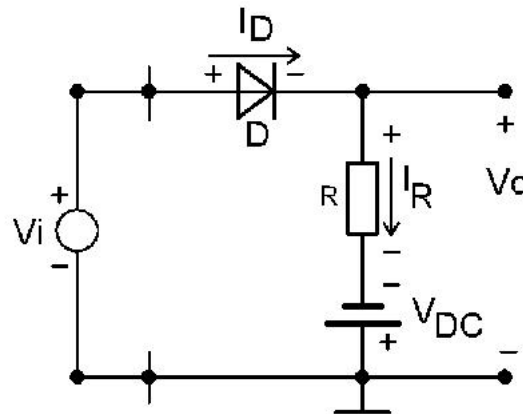
Nếu xem diode là lý tưởng bỏ qua điện áp rơi trên diode (xem $V_D = V_\gamma = 0V$) thì :

Khi tín hiệu vào $v_i \geq +V_{DC}$ thì diode dẫn xem như ngắn mạch, điện áp ra $v_o = Ri_D + V_{DC} = v_i$

Khi tín hiệu vào $v_i < +V_{DC}$ thì diode tắt xem như hở mạch, sẽ không có dòng điện nên điện áp ra $v_o = Ri_D + V_{DC} = +V_{DC}$.

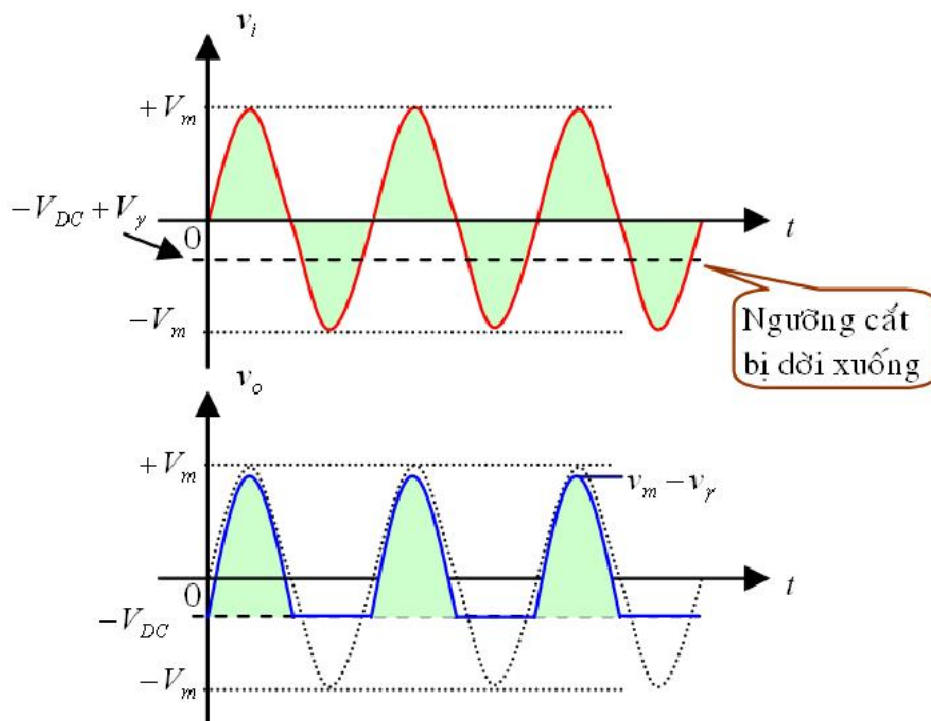
3. MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA LỚN HƠN NỬA BÁN KỲ DƯƠNG – DỜI NGƯỠNG CẮT XUỐNG:

Hình 4-10 trình bày một mạch xén sử dụng 1 diode, 1 điện trở R và 1 nguồn $-V_{DC}$.



Hình 4-10. Mạch xén nối tiếp – tín hiệu ra lớn hơn nửa bán kỳ – dời ngưỡng cắt xuống.

Khi xuất hiện nguồn $-V_{DC}$ thì có thể xem ngưỡng cắt bị dời xuống một giá trị bằng $V_\gamma - V_{DC}$. Cho tín hiệu vào là sóng sin thì tín hiệu ra đã bị cắt bỏ phần tín hiệu âm nhỏ hơn $V_\gamma - V_{DC}$. Dạng sóng tín hiệu vào ra như hình 4-11:



Hình 4-11. Dạng sóng vào ra.

Nguyên lý hoạt động:

Ta có phương trình: $v_i - V_D - V_R + V_{DC} = 0$

Suy ra điện áp trên diode: $V_D = v_i - V_R + V_{DC}$

Điều kiện để diode tắt thì $V_D < V_\gamma$ hay $V_D = v_i + V_{DC} < V_\gamma$ do dòng bằng 0

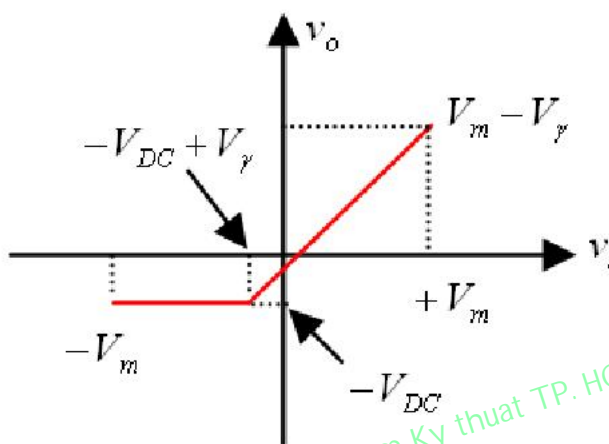
Hay $v_i < -V_{DC} + V_\gamma$

Và điện áp ra là $v_o = Ri_R - V_{DC} = -V_{DC}$

Vậy điều kiện để diode dẫn là: $v_i \geq -V_{DC} + V_\gamma$

Và điện áp ra là $v_o = Ri_R - V_{DC} = v_i - V_\gamma$

Ngưỡng xén của mạch xén tại giá trị $-V_{DC} + V_\gamma$: phần tín hiệu lớn hơn $-V_{DC} + V_\gamma$ thì được qua, còn tín hiệu nhỏ hơn $-V_{DC} + V_\gamma$ thì bị xén. Đặc tuyến vào ra như hình 4-12.



Hình 4-12. Đặc tuyến vào ra.

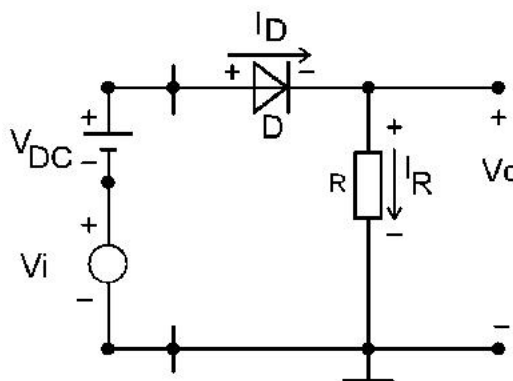
Nếu xem diode là lý tưởng bỏ qua điện áp rơi trên diode (xem $V_\gamma = 0V$) thì :

Khi tín hiệu vào $v_i \geq -V_{DC}$ thì diode dẫn xem như ngắn mạch, điện áp ra $v_o = Ri_D - V_{DC} = v_i$

Khi tín hiệu vào $v_i < -V_{DC}$ thì diode tắt xem như hở mạch, sẽ không có dòng điện nên điện áp ra $v_o = Ri_D - V_{DC} = -V_{DC}$.

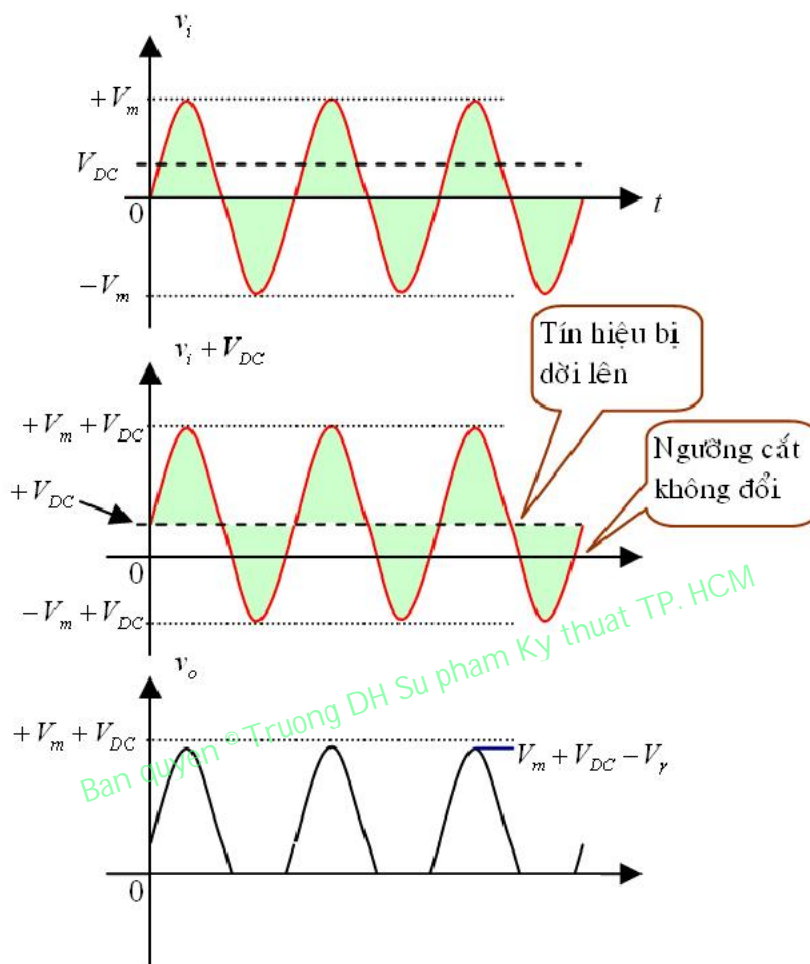
4. MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA NHỎ HƠN NỬA BÁN KỲ DƯƠNG – DỜI TÍN HIỆU LÊN

Hình 4-13 trình bày một mạch xén sử dụng 1 diode, 1 điện trở R và 1 nguồn $+V_{DC}$.



Hình 4-13. Mạch xén nối tiếp – tín hiệu ra nhỏ hơn nửa bán kỳ – dời tín hiệu lên.

Cho tín hiệu vào là sóng sin cùng với nguồn $+V_{DC}$ làm tín hiệu sóng sin bị dời lên, ngưỡng cắt không thay đổi tại giá trị V_γ nên tín hiệu ra đã bị cắt bỏ phần tín hiệu âm nhỏ hơn V_γ . Dạng sóng tín hiệu vào ra như hình 4-14:



Hình 4-14. Dạng sóng vào ra.

Nguyên lý hoạt động:

Ta có phương trình: $v_i - V_D - V_R + V_{DC} = 0$

Suy ra điện áp trên diode: $V_D = v_i - V_R + V_{DC}$

Điều kiện để diode tắt thì $V_D < V_\gamma$ hay $V_D = v_i + V_{DC} < V_\gamma$ do dòng bằng 0

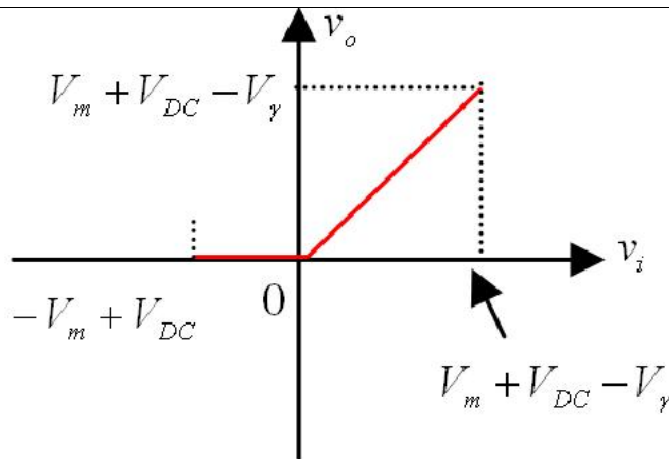
Hay $v_i < -V_{DC} + V_\gamma$

Và điện áp ra là $v_o = Ri_R = 0V$

Vậy điều kiện để diode dẫn là: $v_i \geq -V_{DC} + V_\gamma$

Và điện áp ra là $v_o = Ri_R = v_i + V_{DC} - V_\gamma$

Đặc tuyến vào ra như hình 4-15.



Hình 4-15. Đặc tuyến vào ra.

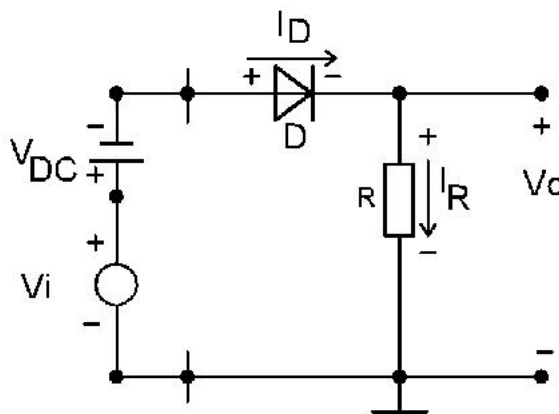
Nếu xem diode là lý tưởng bỏ qua điện áp rơi trên diode (xem $V_\gamma = 0V$) thì :

Khi tín hiệu vào $v_i + V_{DC} \geq 0V$ thì diode dẫn xem như ngắn mạch, điện áp ra $v_o = Ri_D = v_i + V_{DC}$

Khi tín hiệu vào $v_i + V_{DC} < 0V$ thì diode tắt xem như hở mạch, sẽ không có dòng điện nên điện áp ra $v_o = Ri_D = 0V$.

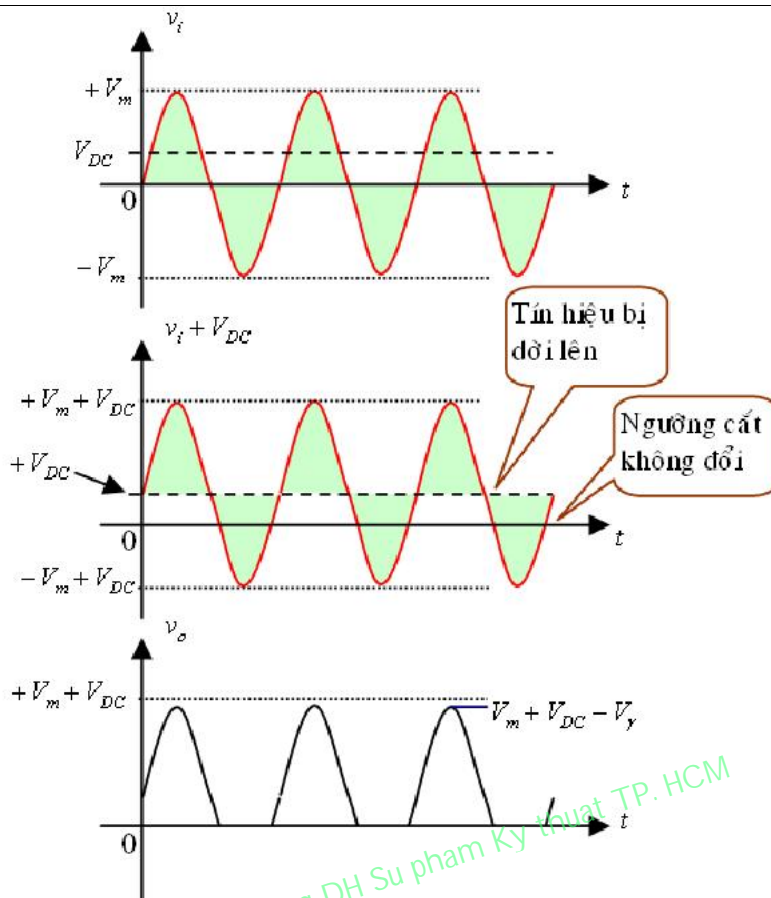
5. MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA LỚN HƠN NỬA BÁN KỲ DƯƠNG – DỜI TÍN HIỆU XUỐNG

Hình 4-16 trình bày một mạch xén sử dụng 1 diode, 1 điện trở R và 1 nguồn $-V_{DC}$.



Hình 4-16. Mạch xén nối tiếp – tín hiệu ra nhỏ hơn nửa bán kỳ – dời tín hiệu xuống.

Cho tín hiệu vào là sóng sin cùng với nguồn $-V_{DC}$ làm tín hiệu sóng sin bị dời xuống, ngưỡng cắt không thay đổi tại giá trị V_γ nên tín hiệu ra đã bị cắt bỏ phần tín hiệu âm nhỏ hơn V_γ . Dạng sóng tín hiệu vào ra như hình 4-17:



Hình 4-17. Dạng sóng vào ra.

Nguyên lý hoạt động:

Ta có phương trình: $v_i - V_D - V_R - V_{DC} = 0$

Suy ra điện áp trên diode: $V_D = v_i - V_R - V_{DC}$

Điều kiện để diode tắt thì $V_D < V_\gamma$ hay $V_D = v_i - V_{DC} < V_\gamma$ do dòng bằng 0

Hay $v_i < V_{DC} + V_\gamma$

Và điện áp ra là $v_o = Ri_R = 0V$

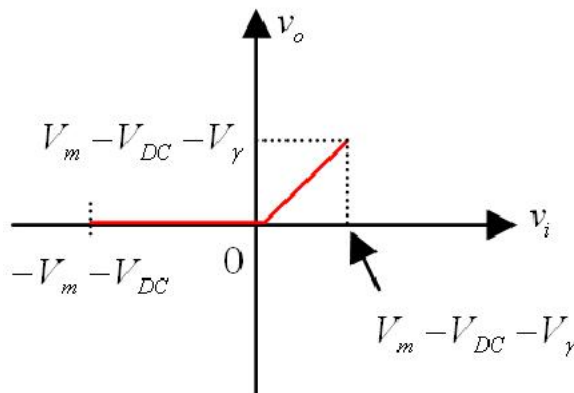
Vậy điều kiện để diode dẫn là: $v_i \geq V_{DC} + V_\gamma$

Và điện áp ra là $v_o = Ri_D = v_i - V_{DC} - V_\gamma$

Đặc tuyến vào ra như hình 4-18.

Khi tín hiệu vào $v_i - V_{DC} \geq V_\gamma$ thì diode dẫn, điện áp ra $v_o = Ri_D = v_i - V_{DC}$

Khi tín hiệu vào $v_i - V_{DC} < V_\gamma$ thì diode tắt – xem như hở mạch, sẽ không có dòng điện chạy qua R nên điện áp ra $v_o = Ri_D = 0V$.



Hình 4-18. Đặc tuyến vào ra.

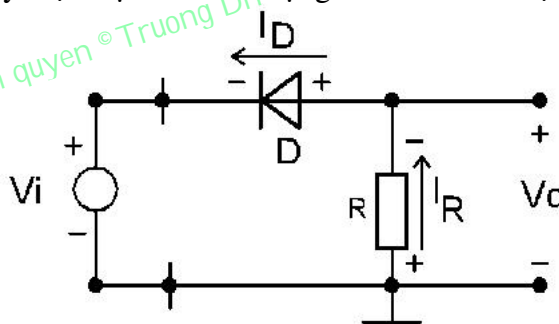
Nếu xem diode là lý tưởng bỏ qua điện áp rơi trên diode (xem $V_\gamma = 0V$) thì :

Khi tín hiệu vào $v_i - V_{DC} \geq 0V$ thì diode dẫn xem như ngắn mạch, điện áp ra $v_o = Ri_D = v_i - V_{DC}$

Khi tín hiệu vào $v_i - V_{DC} < 0V$ thì diode tắt xem như hở mạch, sẽ không có dòng điện nên điện áp ra $v_o = Ri_D = 0V$.

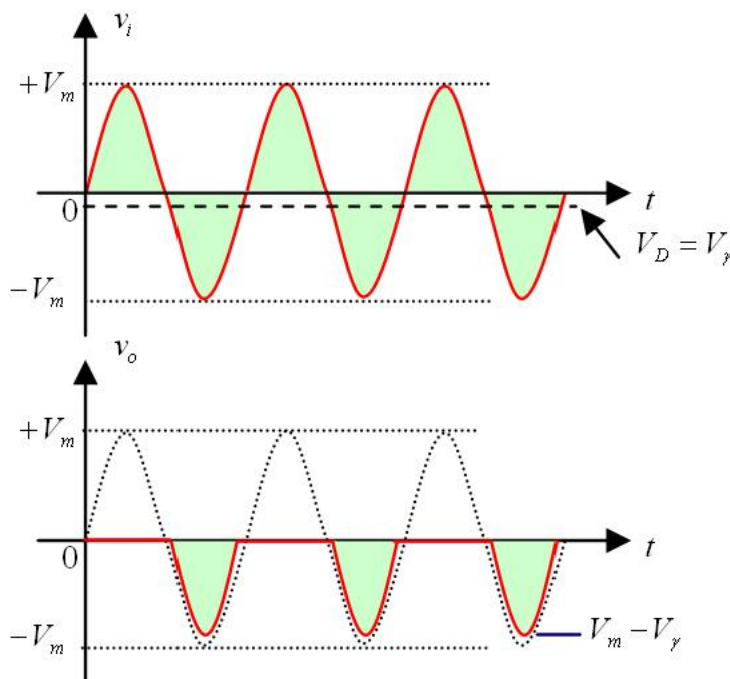
6. MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA BẰNG NỬA BÁN KỲ ÂM

Hình 4-19 trình bày một mạch xén sử dụng 1 diode và 1 điện trở R.



Hình 4-19. Mạch xén bỏ bán kỳ dương, lấy bán kỳ âm.

Cho tín hiệu vào là sóng sin và tín hiệu ra đã bị cắt bỏ phần tín hiệu dương. Dạng sóng tín hiệu vào ra như hình 4-20:



Hình 4-20. Dạng sóng vào ra.

Nguyên lý hoạt động:

Ta có phương trình:

$$v_i + V_D = V_R$$

Suy ra điện áp trên diode:

$$V_D = -v_i + V_R$$

Điều kiện để diode tắt thì $V_D < V_\gamma$ hay $V_D = -v_i < V_\gamma$ do dòng bằng 0

Hay

$$v_i > -V_\gamma$$

Và điện áp ra là

$$v_o = Ri_R = 0V$$

Vậy điều kiện để diode dẫn là:

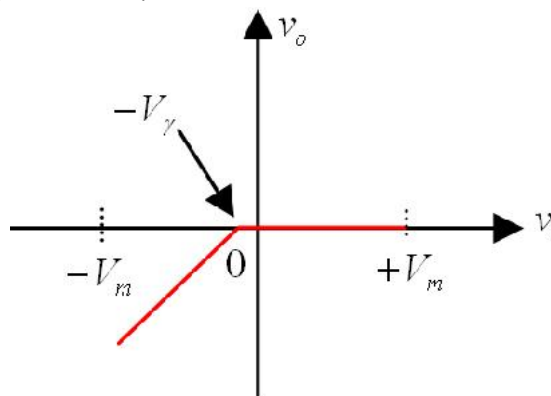
$$v_i \leq -V_\gamma$$

Và điện áp ra là

$$v_o = -Ri_D = v_i + V_\gamma$$

Ngưỡng xén của mạch xén tại giá trị $-V_\gamma$: phần tín hiệu nhỏ hơn $-V_\gamma$ thì được qua, còn tín hiệu lớn hơn $-V_\gamma$ thì bị xén.

Đặc tuyến vào ra như hình 4-21.



Hình 4-21. Đặc tuyến vào ra.

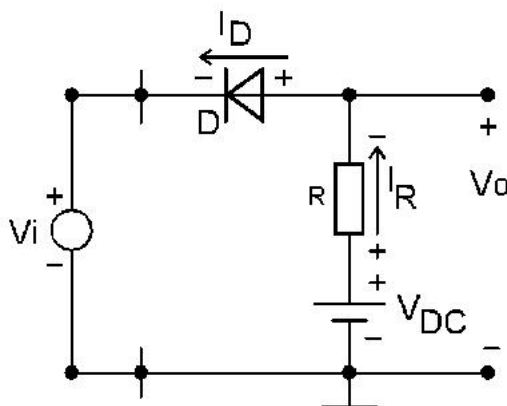
Nếu xem diode là lý tưởng bỏ qua điện áp rơi trên diode (xem $V_\gamma = 0V$) thì :

Khi tín hiệu vào $v_i \leq 0V$ thì diode dẫn xem như ngắn mạch, điện áp ra $v_o = -Ri_R = v_i$

Khi tín hiệu vào $v_i > 0V$ thì diode tắt xem như hở mạch, sẽ không có dòng điện nên điện áp ra $v_o = -Ri_R = 0V$.

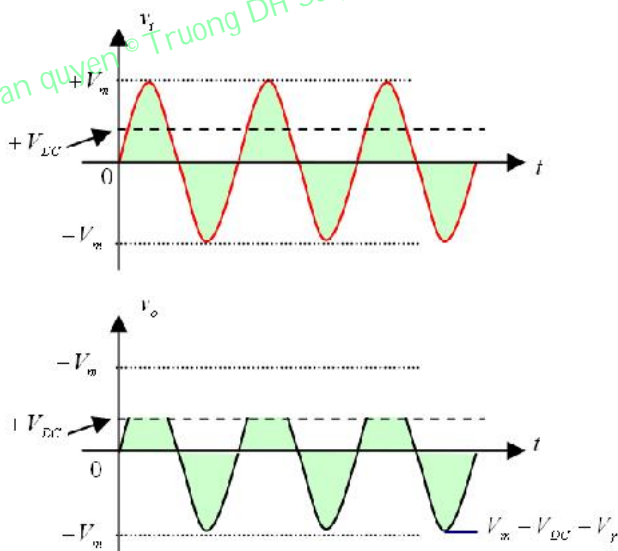
7. MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA LỚN HƠN NỬA BẢNG KỲ ÂM – DỜI NGƯỠNG CẮT LÊN

Hình 4-22 trình bày một mạch xén sử dụng 1 diode, 1 điện trở R và 1 nguồn $+V_{DC}$.



Hình 4-22. Mạch xén nối tiếp.

Khi xuất hiện nguồn $-V_{DC}$ thì có thể xem ngưỡng cắt bị dời xuống một giá trị bằng $-V_\gamma - V_{DC}$. Cho tín hiệu vào là sóng sin thì tín hiệu ra đã bị cắt bỏ phần tín hiệu dương lớn hơn $-V_\gamma - V_{DC}$. Dạng sóng tín hiệu vào ra như hình 4-23:



Hình 4-23. Dạng sóng vào ra.

Nguyên lý hoạt động:

Ta có phương trình: $v_i + V_D + V_R - V_{DC} = 0$

Suy ra điện áp trên diode: $V_D = -v_i - V_R + V_{DC}$

Điều kiện để diode tắt thì $V_D < V_\gamma$ hay $V_D = -v_i + V_{DC} < V_\gamma$ do dòng bằng 0

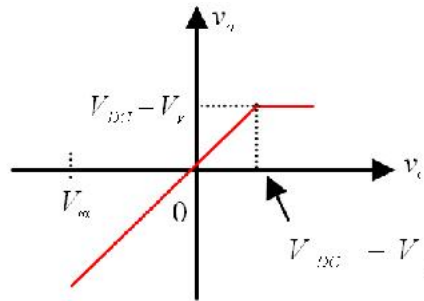
Hay $v_i > V_{DC} - V_\gamma$

Và điện áp ra là $v_o = -Ri_R + V_{DC} = +V_{DC}$

Vậy điều kiện để diode dẫn là: $v_i \leq V_{DC} - V_\gamma$

Và điện áp ra là $v_o = -Ri_R + V_{DC} = v_i + V_\gamma$

Đặc tuyến vào ra như hình 4-24.



Hình 4-24. Đặc tuyến vào ra.

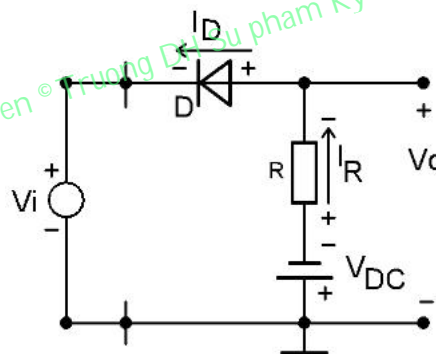
Nếu xem diode là lý tưởng bỏ qua điện áp rơi trên diode (xem $V_\gamma = 0V$) thì :

Khi tín hiệu vào $v_i \leq V_{DC}$ thì diode dẫn xem như ngắn mạch, điện áp ra $v_o = -Ri_D + V_{DC} = v_i$

Khi tín hiệu vào $v_i > V_{DC}$ thì diode tắt xem như hở mạch, sẽ không có dòng điện nên điện áp ra $v_o = -Ri_D + V_{DC} = V_{DC}$.

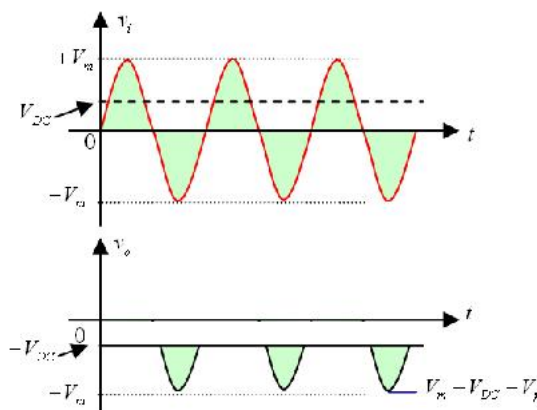
8. MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA NHỎ HƠN NỬA BÁN KỲ ÂM – DỜI NGƯỠNG CẮT XƯNG:

Hình 4-25 trình bày một mạch xén sử dụng 1 diode, 1 điện trở R và 1 nguồn $+V_{DC}$.



Hình 4-25. Mạch xén nối tiếp.

Khi xuất hiện nguồn $-V_{DC}$ thì có thể xem ngưỡng cắt bị dời lên một giá trị bằng $-V_\gamma - V_{DC}$. Cho tín hiệu vào là sóng sin thì tín hiệu ra đã bị cắt bỏ phần tín hiệu dương lớn hơn $-V_\gamma - V_{DC}$. Dạng sóng tín hiệu vào ra như hình 4-26:



Hình 4-26. Dạng sóng vào ra.

Nguyên lý hoạt động:

Ta có phương trình: $v_i + V_D + V_R + V_{DC} = 0$

Suy ra điện áp trên diode: $V_D = -v_i - V_R - V_{DC}$

Điều kiện để diode tắt thì $V_D < V_\gamma$ hay $V_D = -v_i - V_{DC} < V_\gamma$ do dòng bằng 0

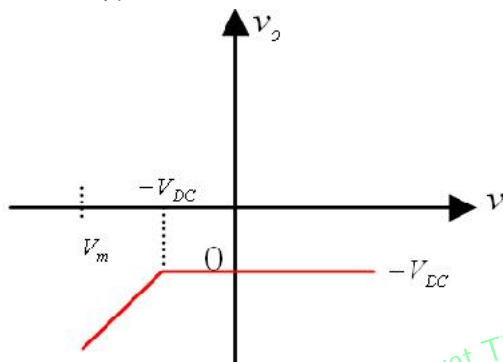
Hay $v_i > -V_{DC} - V_\gamma$

Và điện áp ra là $v_o = -Ri_R - V_{DC} = -V_{DC}$

Vậy điều kiện để diode dẫn là: $v_i \leq -V_{DC} - V_\gamma$

Và điện áp ra là $v_o = -Ri_R - V_{DC} = v_i + V_\gamma$

Đặc tuyến vào ra như hình 4-27.



Hình 4-27. Đặc tuyến vào ra.

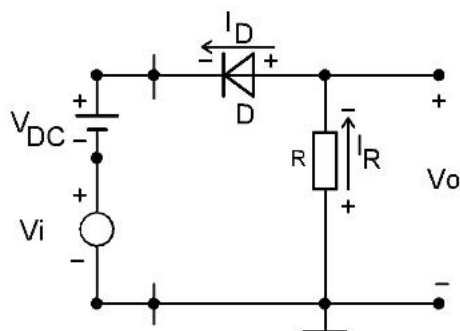
Nếu xem diode là lý tưởng bỏ qua điện áp rơi trên diode (xem $V_D = 0V$) thì :

Khi tín hiệu vào $v_i \leq -V_{DC}$ thì diode dẫn xem như ngắn mạch, điện áp ra $v_o = -Ri_D - V_{DC} = v_i$

Khi tín hiệu vào $v_i > -V_{DC}$ thì diode tắt xem như hở mạch, sẽ không có dòng điện nên điện áp ra $v_o = -Ri_D - V_{DC} = -V_{DC}$.

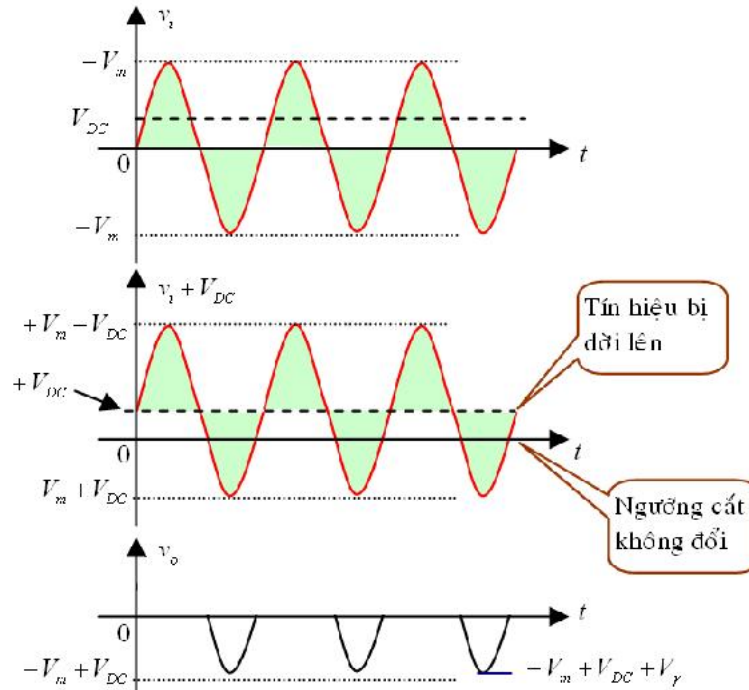
9. MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA NHỎ HƠN NỬA BÁN KỲ ÂM – DỜI TÍN HIỆU LÊN

Hình 4-28 trình bày một mạch xén sử dụng 1 diode, 1 điện trở R và 1 nguồn $+V_{DC}$.



Hình 4-28. Mạch xén nối tiếp.

Cho tín hiệu vào là sóng sin cùng với nguồn $+V_{DC}$ làm tín hiệu sóng sin bị dời lên, ngưỡng cắt không thay đổi tại giá trị $-V_\gamma$ nên tín hiệu ra đã bị cắt bỏ phần tín hiệu dương nhỏ hơn $-V_\gamma$. Dạng sóng tín hiệu vào ra như hình 4-29:



Hình 4-29. Dạng sóng vào ra.

Nguyên lý hoạt động:

Ta có phương trình:

$$v_i + V_D + V_R + V_{DC} = 0$$

Suy ra điện áp trên diode:

$$V_D = -v_i - V_R - V_{DC}$$

Điều kiện để diode tắt thì $V_D < V_\gamma$ hay $V_D = -v_i - V_{DC} < V_\gamma$ do dòng bằng 0

Hay

$$v_i > -V_{DC} - V_\gamma$$

Và điện áp ra là

$$v_o = -Ri_R = 0$$

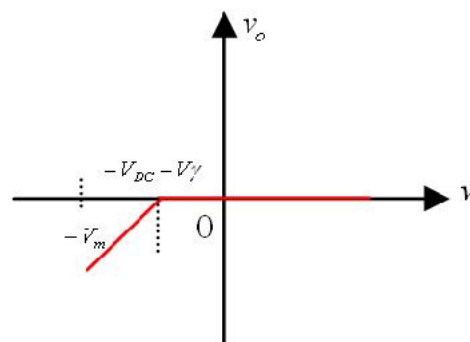
Vậy điều kiện để diode dẫn là:

$$v_i \leq -V_{DC} - V_\gamma$$

Và điện áp ra là

$$v_o = -Ri_D = v_i + V_{DC} + V_\gamma$$

Đặc tuyến vào ra như hình 4-30.



Hình 4-30. Đặc tuyến vào ra.

Nếu xem diode là lý tưởng bỏ qua điện áp rơi trên diode (xem $V_\gamma = 0V$) thì :

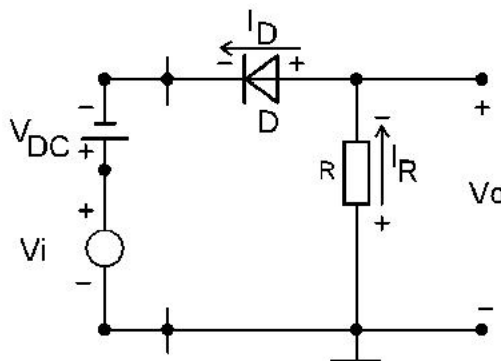
Khi tín hiệu vào $v_i + V_{DC} \leq 0V$ thì diode dẫn xem như ngắn mạch.

Điện áp ra $v_o = -Ri_D = v_i + V_{DC}$

Khi tín hiệu vào $v_i + V_{DC} > 0V$ thì diode tắt xem như hở mạch, sẽ không có dòng điện nên điện áp ra $v_o = -Ri_D = 0V$.

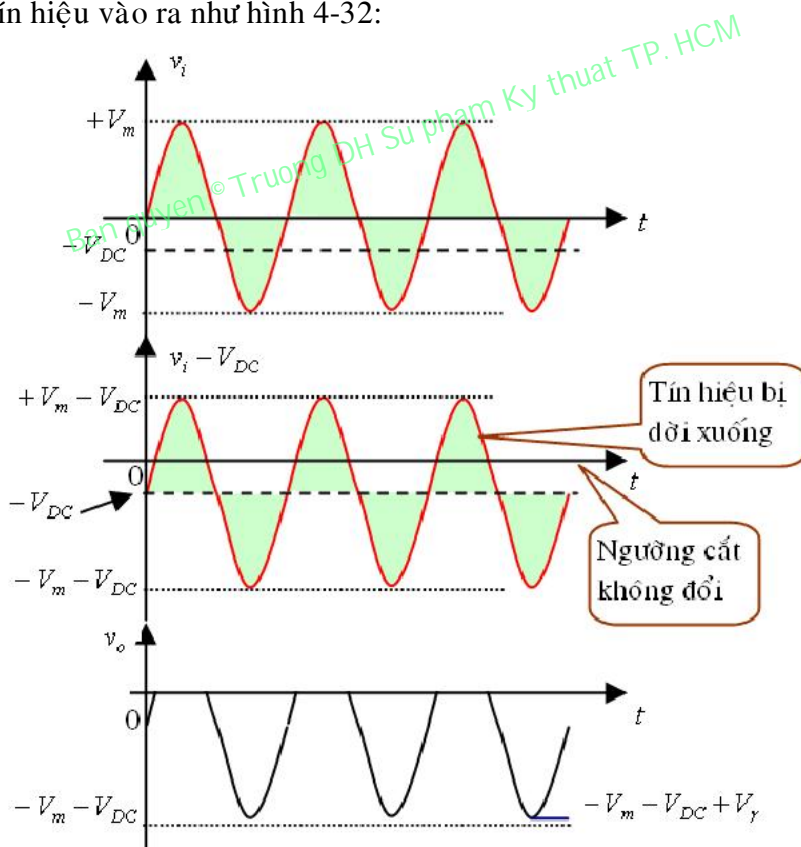
10. MẠCH XÉN NỐI TIẾP – TÍN HIỆU RA LỚN HƠN NỬA BÁN KỲ ÂM – DỜI TÍN HIỆU XUỐNG:

Hình 4-31 trình bày một mạch xén sử dụng 1 diode, 1 điện trở R và 1 nguồn $-V_{DC}$.



Hình 4-31. Mạch xén nối tiếp.

Cho tín hiệu vào là sóng sin cùng với nguồn $-V_{DC}$ làm tín hiệu sóng sin bị dời lên, ngưỡng cắt không thay đổi tại giá trị $-V_{\gamma}$ nên tín hiệu ra đã bị cắt bỏ phần tín hiệu âm nhỏ hơn $-V_{\gamma}$. Dạng sóng tín hiệu vào ra như hình 4-32:



Hình 4-32. Dạng sóng vào ra.

Nguyên lý hoạt động:

Ta có phương trình: $v_i + V_D + V_R - V_{DC} = 0$

Suy ra điện áp trên diode: $V_D = -v_i - V_R + V_{DC}$

Điều kiện để diode tắt thì $V_D < V_{\gamma}$ hay $V_D = -v_i + V_{DC} < V_{\gamma}$ do dòng bằng 0

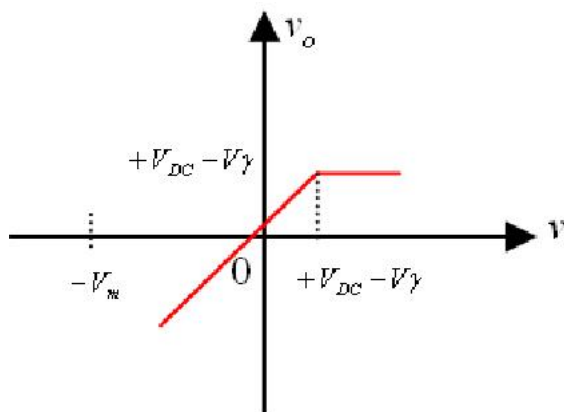
Hay $v_i > +V_{DC} - V_{\gamma}$

Và điện áp ra là $v_o = -Ri_R = 0$

Vậy điều kiện để diode dẫn là: $v_i \leq +V_{DC} - V_\gamma$

Và điện áp ra là $v_o = -Ri_R = v_i - V_{DC} + V_\gamma$

Đặc tuyến vào ra như hình 4-33.



Hình 4-33. Đặc tuyến vào ra.

Nếu xem diode là lý tưởng bỏ qua điện áp rơi trên diode (xem $V_\gamma = 0V$) thì :

Khi tín hiệu vào $v_i - V_{DC} \leq 0V$ thì diode dẫn xem như ngắn mạch.

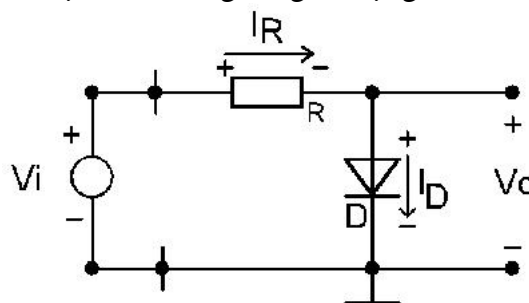
Điện áp ra $v_o = -Ri_D = v_i - V_{DC}$

Khi tín hiệu vào $v_i - V_{DC} > 0V$ thì diode tắt xem như hở mạch, sẽ không có dòng điện nên điện áp ra $v_o = -Ri_D = 0V$.

III. MẠCH XÉN SONG SONG:

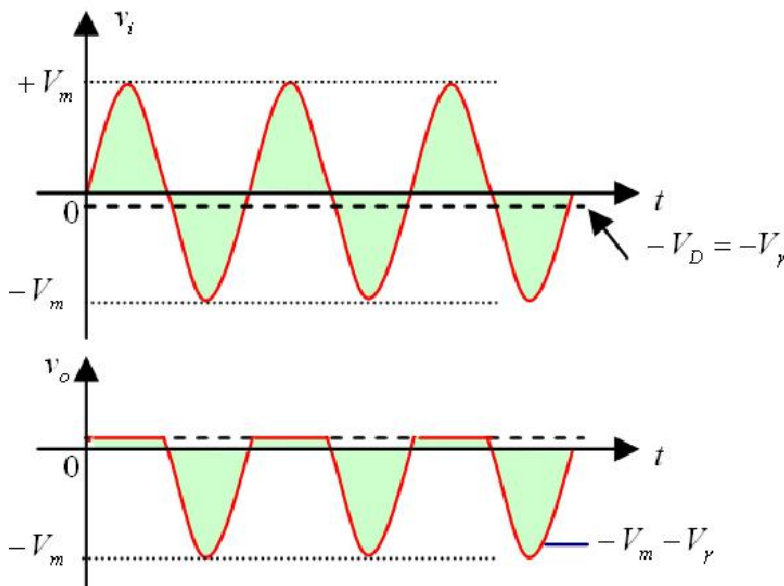
1 MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA BẰNG NỬA BÁN KỲ ÂM:

Hình 4-34 trình bày một mạch xén song song sử dụng 1 diode và 1 điện trở R.



Hình 4-34. Mạch xén bán kỳ dương, lấy bán kỳ âm.

Cho tín hiệu vào là sóng sin và tín hiệu ra đã bị cắt bỏ phần tín hiệu dương. Dạng sóng tín hiệu vào ra như hình 4-35:



Hình 4-35. Dạng sóng vào ra của mạch xén.

Nguyên lý hoạt động:

Ta có phương trình: $v_i - V_D - V_R = 0$

Suy ra điện áp trên diode: $V_D = v_i - V_R$

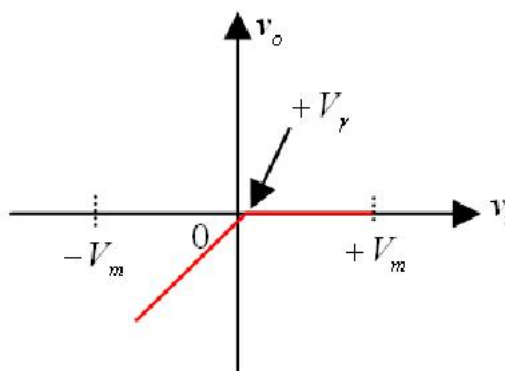
Điều kiện để diode tắt thì $V_D < V_\gamma$ hay $V_D = v_i < V_\gamma$ do dòng bằng 0

Và điện áp ra là $v_o = v_i - Ri_R = v_i$

Vậy điều kiện để diode dẫn là: $v_i \geq V_\gamma$

Và điện áp ra là $v_o = V_D = V_\gamma$

Ngưỡng xén của mạch xén tại giá trị V_γ : phần tín hiệu vào lớn hơn V_γ thì rơi hết trên R, còn tín hiệu nhỏ hơn V_γ thì cho qua – không suy hao trên R. Đặc tuyến vào ra như hình 4-36.



Hình 4-36. Đặc tuyến vào ra.

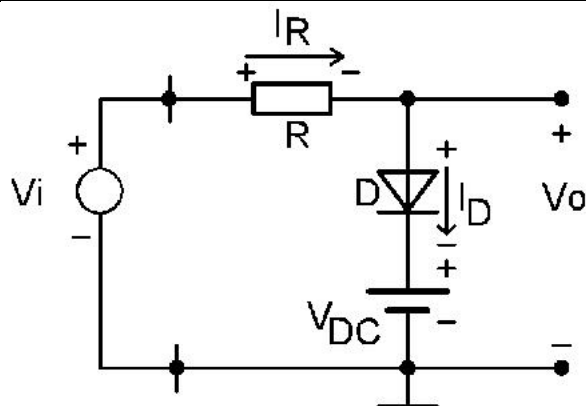
Nếu xem diode là lý tưởng bỏ qua điện áp rơi trên diode (xem $V_\gamma = 0V$) thì :

Khi tín hiệu vào $v_i \geq 0V$ thì diode dẫn xem như ngắn mạch, điện áp ra $v_o = 0$

Khi tín hiệu vào $v_i < 0V$ thì diode tắt xem như hở mạch, sẽ không có dòng điện nên điện áp ra $v_o = v_i$.

2. MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA NHỎ HƠN NỬA BÁN KỲ ÂM – DỜI MẮT CẮT XƯỞNG:

Hình 4-37 trình bày một mạch xén song song sử dụng 1 diode, 1 điện trở R và nguồn DC.

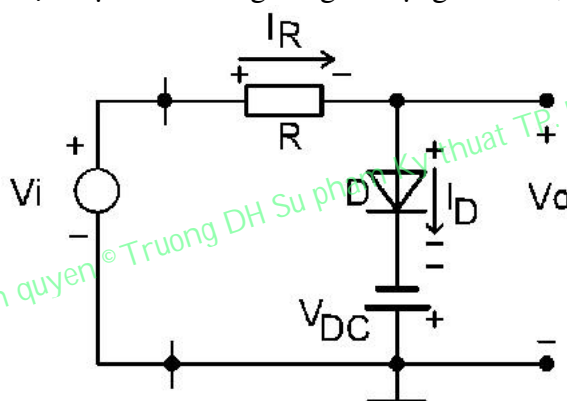


Hình 4-37. Mạch xén lấy bán kỳ âm – dời mặt cắt xuống.

Sinh viên tự vẽ dạng sóng vào ra, phân tích mạch và vẽ đặc tuyến vào ra.

3. MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA LỚN HƠN NỬA BÁN KỲ ÂM – DỜI MẶT CẮT LÊN:

Hình 4-38 trình bày một mạch xén song song sử dụng 1 diode, 1 điện trở R và nguồn DC.

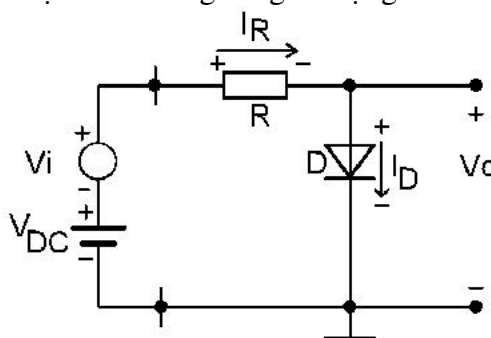


Hình 4-38. Mạch xén lấy bán kỳ âm – dời mặt cắt lên.

Sinh viên tự vẽ dạng sóng vào ra, phân tích mạch và vẽ đặc tuyến vào ra.

4. MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA LỚN HƠN NỬA BÁN KỲ ÂM – DỜI TÍN HIỆU XUỐNG:

Hình 4-39 trình bày một mạch xén song song sử dụng 1 diode và 1 điện trở R.

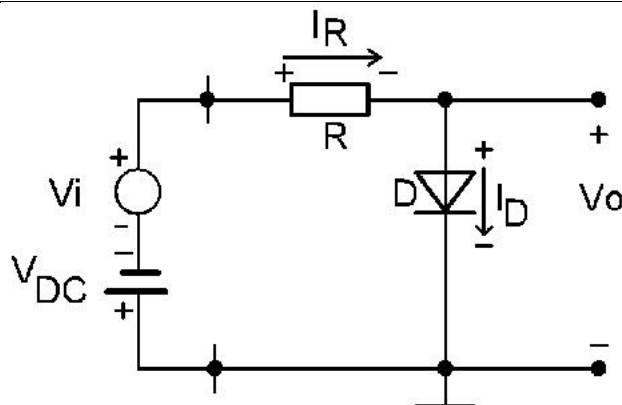


Hình 4-39. Mạch xén lấy bán kỳ âm – dời tín hiệu xuống.

Sinh viên tự vẽ dạng sóng vào ra, phân tích mạch và vẽ đặc tuyến vào ra.

5. MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA NHỎ HƠN NỬA BÁN KỲ ÂM – DỜI TÍN HIỆU LÊN:

Hình 4-40 trình bày một mạch xén song song sử dụng 1 diode và 1 điện trở R.

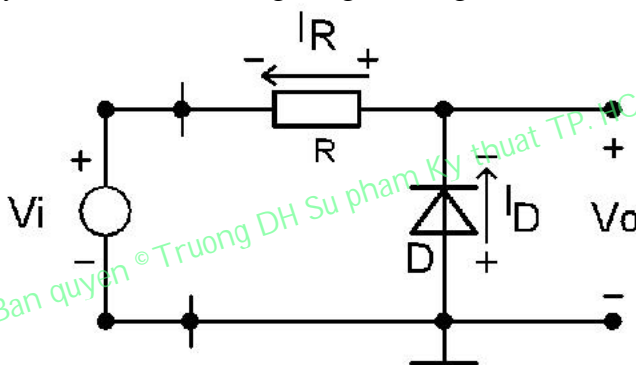


Hình 4-40. Mạch xén lấy bán kỳ âm – dời tín hiệu lên.

Sinh viên tự vẽ dạng sóng vào ra, phân tích mạch và vẽ đặc tuyến vào ra.

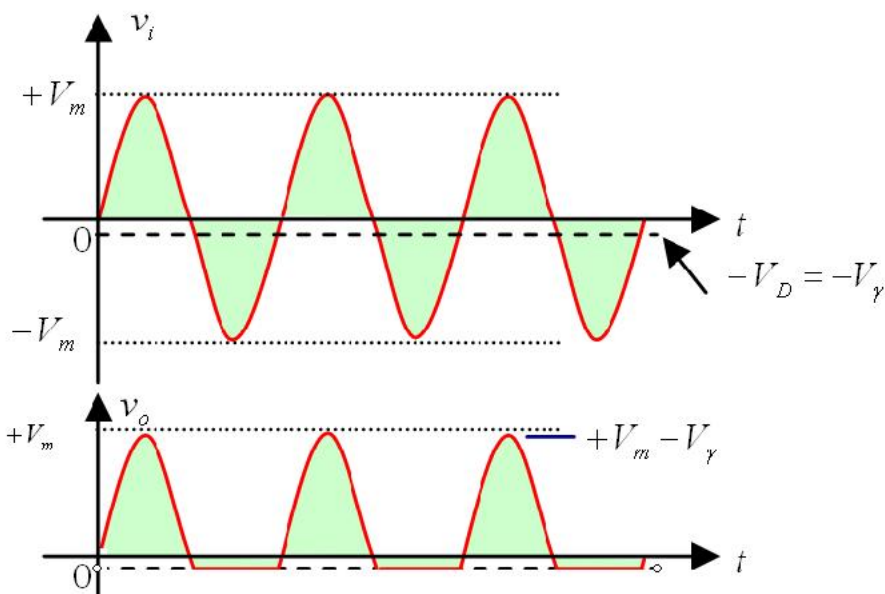
6. MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA BẰNG NỬA BÁN KỲ DƯƠNG.

Hình 4-41 trình bày một mạch xén song song sử dụng 1 diode và 1 điện trở R.



Hình 4-41. Mạch xén bán kỳ âm, lấy bán kỳ dương.

Cho tín hiệu vào là sóng sin và tín hiệu ra đã bị cắt bỏ phần tín hiệu dương. Dạng sóng tín hiệu vào ra như hình 4-42:



Hình 4-42. Dạng sóng vào ra của mạch xén.

Nguyên lý hoạt động:

Ta có phương trình: $v_i + V_D + V_R = 0$

Suy ra điện áp trên diode: $V_D = -v_i - V_R$

Điều kiện để diode tắt thì $V_D < V_\gamma$ hay $V_D = -v_i < V_\gamma$ do dòng bằng 0

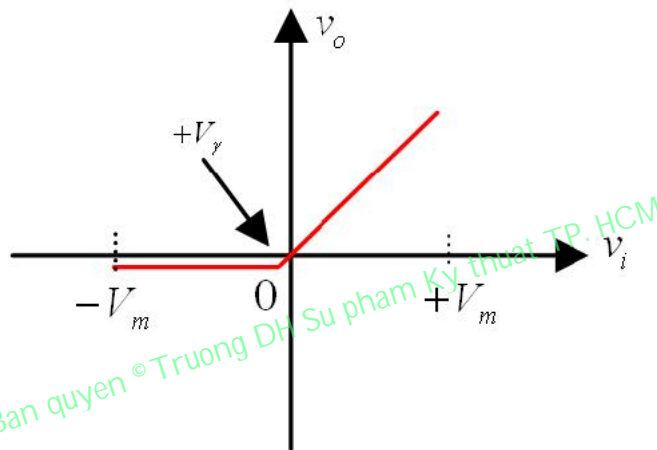
Hay $v_i > -V_\gamma$

Và điện áp ra là $v_o = v_i + Ri_R = v_i$

Vậy điều kiện để diode dẫn là: $v_i \leq V_\gamma$

Và điện áp ra là $v_o = V_D = V_\gamma$

Ngưỡng xén của mạch xén tại giá trị $-V_\gamma$: phần tín hiệu vào nhỏ hơn $-V_\gamma$ thì rơi hết trên R, còn tín hiệu lớn hơn $-V_\gamma$ thì cho qua – không suy hao trên R. Đặc tuyến vào ra như hình 4-43.



Hình 4-43. Đặc tuyến vào ra.

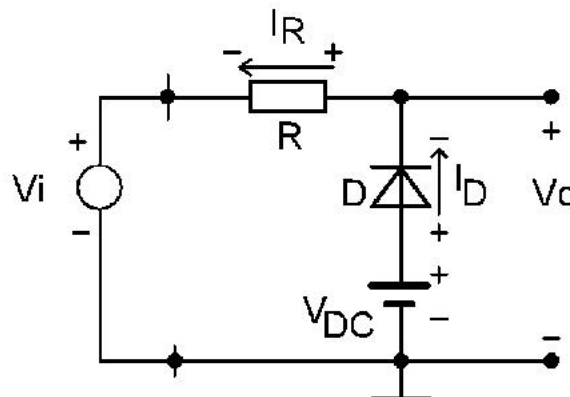
Nếu xem diode là lý tưởng bỏ qua điện áp rơi trên diode (xem $V_\gamma = 0V$) thì :

Khi tín hiệu vào $v_i \leq 0V$ thì diode dẫn xem như ngắn mạch, điện áp ra $v_o = 0$

Khi tín hiệu vào $v_i > 0V$ thì diode tắt xem như hở mạch, sẽ không có dòng điện nên điện áp ra $v_o = v_i$.

7. MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA NHỎ HƠN NỬA BÁN KỲ DƯƠNG – DỜI MẶT CẮT LÊN

Hình 4-44 trình bày một mạch xén song song sử dụng 1 diode và 1 điện trở R.

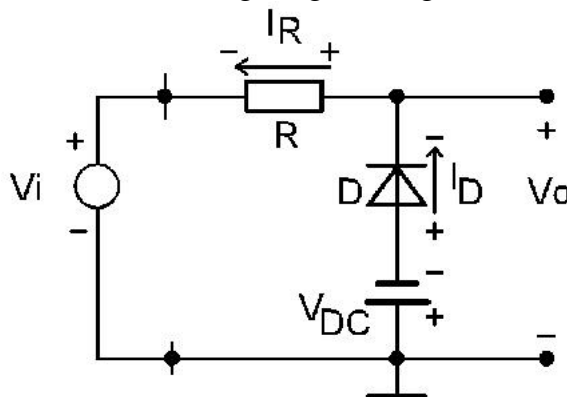


Hình 4-44. Mạch xén lấy bán kỳ âm – dời mặt cắt xuống.

Sinh viên tự vẽ dạng sóng vào ra, phân tích mạch và vẽ đặc tuyến vào ra.

8. MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA LỚN HƠN NỬA BÁN KỲ DƯƠNG – DỜI MẶT CẮT XUỐNG.

Hình 4-45 trình bày một mạch xén song song sử dụng 1 diode và 1 điện trở R.

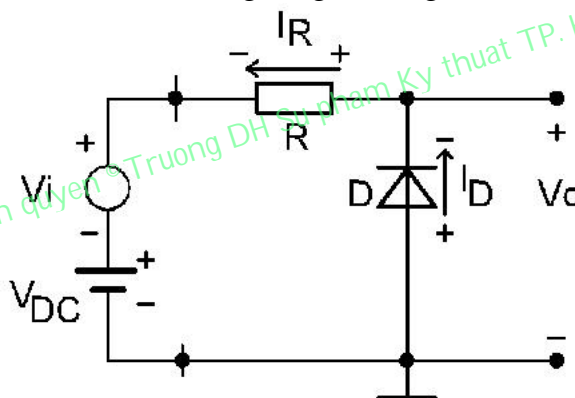


Hình 4-45. Mạch xén lấy bán kỳ âm – dời mặt cắt lên.

Sinh viên tự vẽ dạng sóng vào ra, phân tích mạch và vẽ đặc tuyến vào ra.

9. MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA LỚN HƠN NỬA BÁN KỲ DƯƠNG – DỜI TÍN HIỆU LÊN.

Hình 4-46 trình bày một mạch xén song song sử dụng 1 diode và 1 điện trở R.

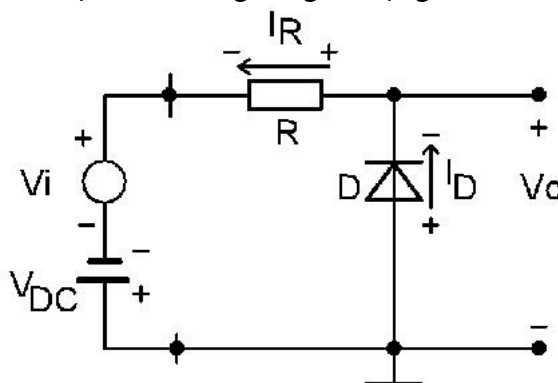


Hình 4-46. Mạch xén lấy bán kỳ âm – dời tín hiệu xuống.

Sinh viên tự vẽ dạng sóng vào ra, phân tích mạch và vẽ đặc tuyến vào ra.

10. MẠCH XÉN SONG SONG – TÍN HIỆU RA NHỎ HƠN NỬA BÁN KỲ DƯƠNG – DỜI TÍN HIỆU XUỐNG.

Hình 4-47 trình bày một mạch xén song song sử dụng 1 diode và 1 điện trở R.

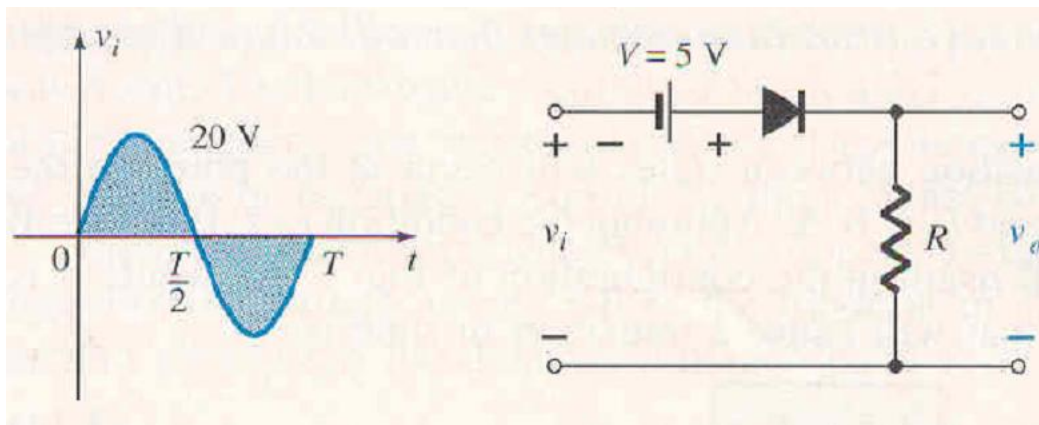


Hình 4-47. Mạch xén lấy bán kỳ âm – dời tín hiệu lên.

Sinh viên tự vẽ dạng sóng vào ra, phân tích mạch và vẽ đặc tuyến vào ra.

Ví dụ 4-1:

Hãy xác định dạng sóng ra của mạch xén hình 4-48.



Hình 4-48. Hình cho ví dụ 4-1.

Giải:

Xác định điện áp vào làm thay đổi trạng thái của diode. Ta có mạch điện như hình 4-49.

Kết quả tìm được: $v_i = -5V$

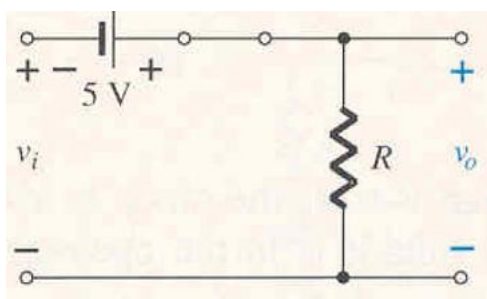
Khi điện áp tín hiệu vào âm hơn $-5V$ thì diode sẽ đi vào trạng thái ngưng dẫn – xem như hở mạch – dòng bằng 0 – nên điện áp ra bằng 0 xác định bởi phương trình:

$$v_o = v_R = i_R R = i_d R = (0)R = 0V$$

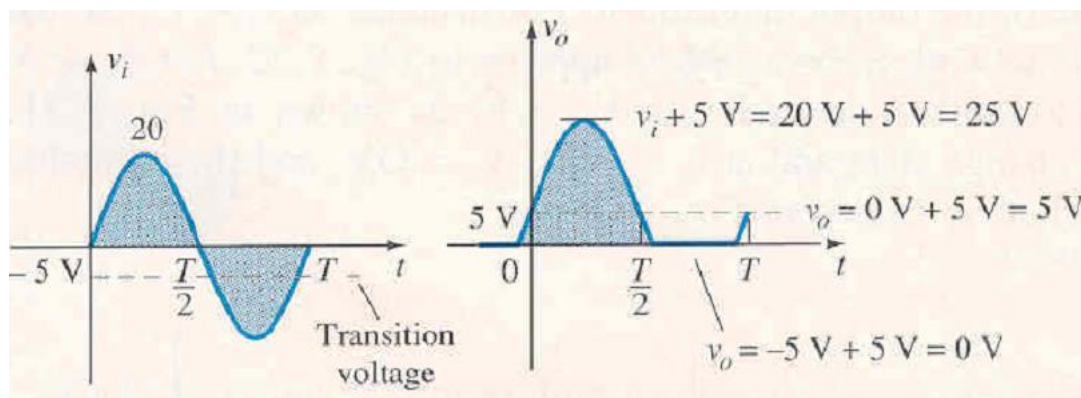
Khi điện áp tín hiệu vào dương hơn $-5V$ thì diode sẽ đi vào trạng thái dẫn – xem như ngắn mạch – điện áp ra được xác định bởi phương trình:

$$v_o = v_i + 5V$$

Dạng sóng tín hiệu vào – ra như hình 4-50.



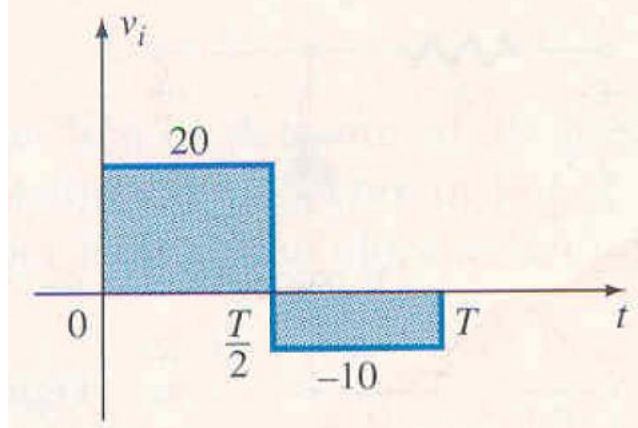
Hình 4-49. Mạch vẽ lại.



Hình 4-50. Dạng sóng vào ra của ví dụ 4-1.

Ví dụ 4-2:

Hãy lặp lại ví dụ 4-1 nhưng tín hiệu vào là sóng vuông như hình 4-51.



Hình 4-51. Dạng sóng vào của ví dụ 4-2.

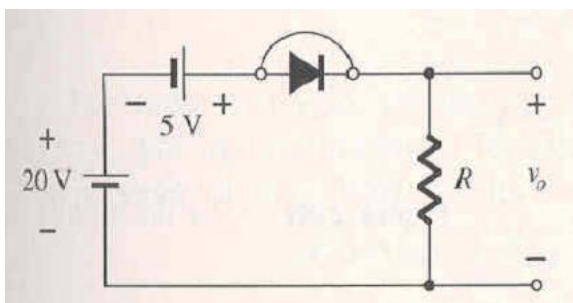
Trong khoảng thời gian $[0, T/2]$ tín hiệu vào $v_i = 20V$ ta có mạch điện tương đương như hình 4-52. Diode ở trạng thái dẫn xem như ngắn mạch và điện áp ra được xác định:

$$v_o = 20V + 5V$$

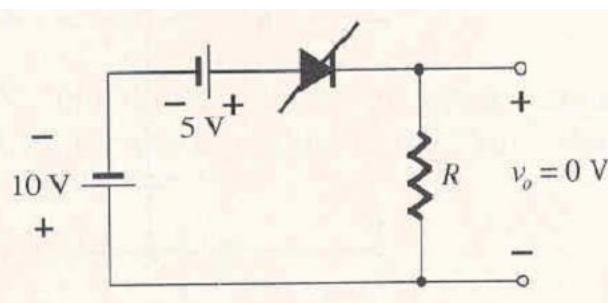
Trong khoảng thời gian $[T/2, T]$ tín hiệu vào $v_i = -10V$ ta có mạch điện tương đương như hình 4-53. Diode ở trạng thái ngưng dẫn xem như hở mạch và điện áp ra được xác định:

$$v_o = i_R R = (0)R = 0V$$

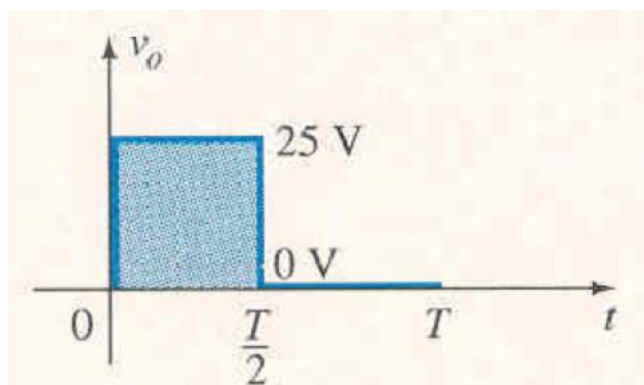
Kết quả dạng sóng ngõ ra như hình 4-54.



Hình 4-52. Mạch được vẽ lại lần 1.



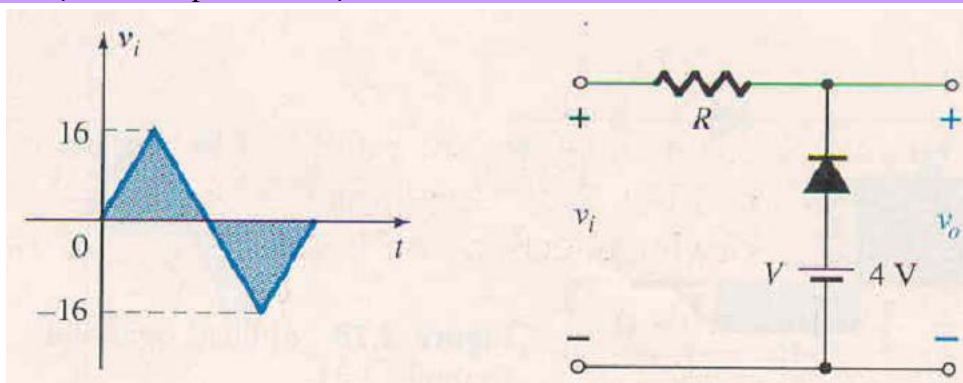
Hình 4-53. Mạch được vẽ lại lần 2.



Hình 4-54. Dạng sóng ra.

Ví dụ 4-3:

Hãy xác định điện áp ra của mạch xén hình 4-55.



Hình 4-55. Hình ví dụ 4-3.

Giải:

Xác định điện áp vào làm thay đổi trạng thái của diode. Ta có mạch điện như hình 4-56.

Kết quả tìm được: $v_o = 4V$

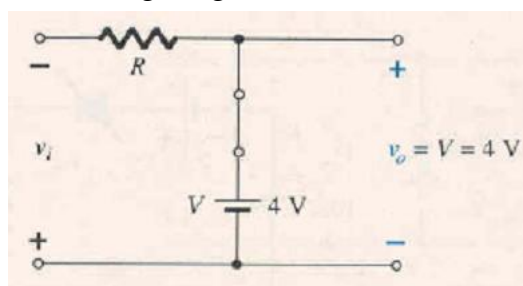
Khi điện áp tín hiệu vào lớn hơn 4V thì diode sẽ đi vào trạng thái ngưng dẫn – xem như hở mạch – mạch tương đương như hình 4-57 – điện áp ra bằng điện áp vào:

$$v_o = v_i$$

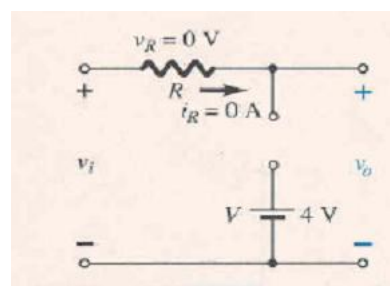
Khi điện áp tín hiệu vào nhỏ hơn 4V thì diode sẽ đi vào trạng thái dẫn – xem như ngắn mạch – điện áp ra bằng điện áp nguồn dc bằng 4V:

$$v_o = 4V$$

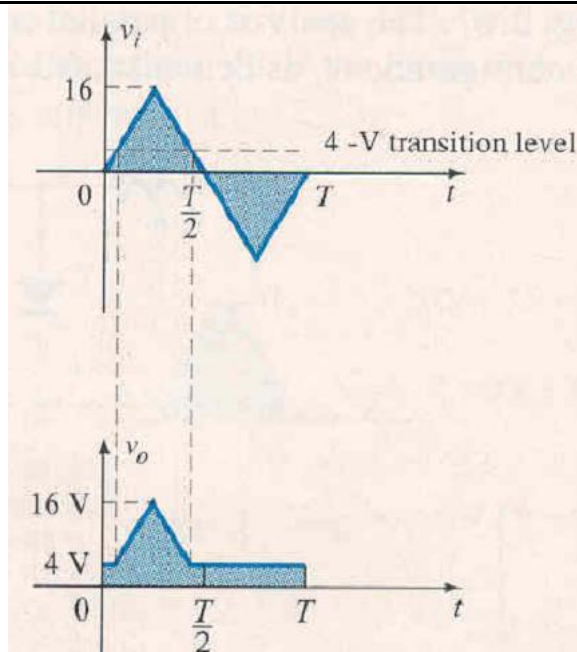
Dạng sóng vào ra của tín hiệu như hình 4-58.



Hình 4-56. Mạch được vẽ lại lần 1.



Hình 4-57. Mạch được vẽ lại lần 2.



Hình 4-58. Dạng sóng vào ra.

Ví dụ 4-4:

Hãy lặp lại ví dụ 4-3 với $V_T = 0,7V$.

Giải:

Xác định điện áp vào làm thay đổi trạng thái của diode tương ứng với dòng $i_d = 0$ tại điện áp $v_d = V_T = 0,7V$. Ta có mạch điện tương đương như hình 4-59. Áp dụng định luật Kirchoff ta được:

$$v_i + V_T - V = 0$$

Kết quả tìm được: $v_i = V - V_T = 4V - 0,7V = 3,3V$

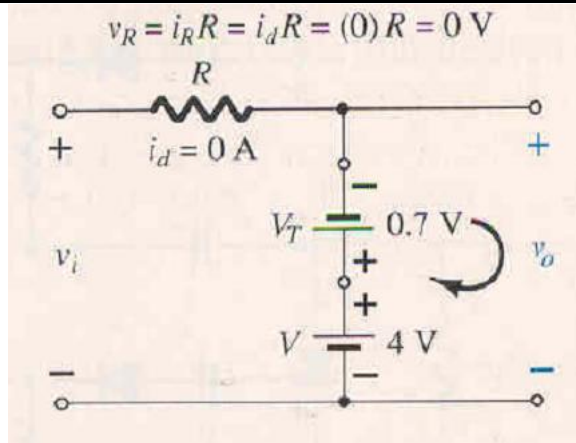
Khi điện áp tín hiệu vào lớn hơn 3,3V thì diode sẽ đi vào trạng thái ngưng dẫn – xem như hở mạch – điện áp ra bằng điện áp vào:

$$v_o = v_i$$

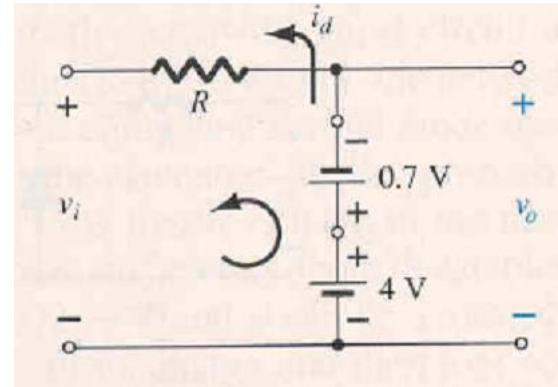
Khi điện áp tín hiệu vào nhỏ hơn 3,3V thì diode sẽ đi vào trạng thái dẫn – xem như ngắn mạch – mạch điện tương đương như hình 4-60 – điện áp ra được xác định:

$$v_o = 4V - 0,7V = 3,3V$$

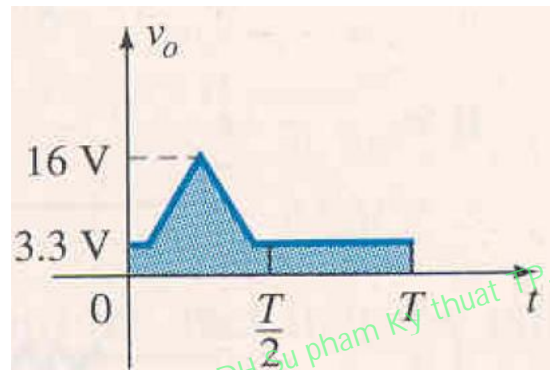
Kết quả dạng sóng ra của tín hiệu như hình 4-61.



Hình 4-59. Mạch được vẽ lại lần 1.



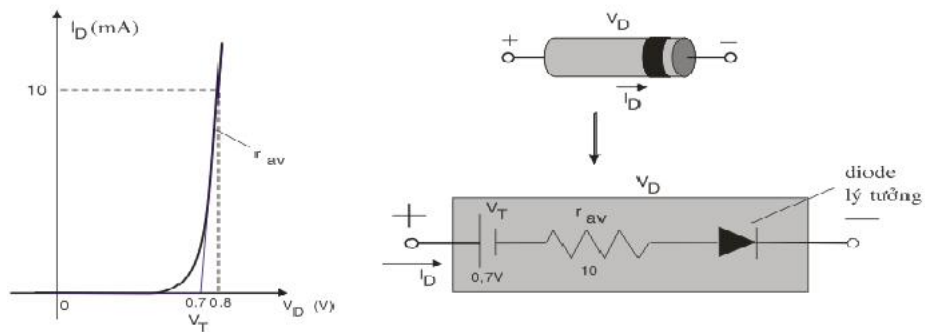
Hình 4-60. Mạch được vẽ lại lần 2.



Hình 4-61. Dạng sóng ra.

IV. MẠCH XÉN VỚI DIODE THỰC TẾ:

Mạch tương chính xác của diode như hình 4-62.



Hình 4-62. Mạch tương đương thực tế của Diode.

a. Điện áp V_γ :

Khi điện áp V_γ so sánh được với v_i và nhất là V_{DC} (trường hợp diode Silic và V_{DC} nhỏ) khi đó phải xét đến ảnh hưởng của điện áp V_γ .

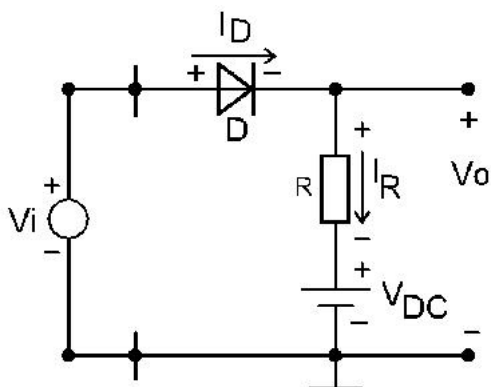
Ở ví dụ 4-4 ta đã khảo sát ảnh hưởng của điện áp V_γ .

Khi điện áp V_{DC} lớn hơn V_γ rất nhiều thì ta có thể bỏ qua V_γ xem như diode lý tưởng.

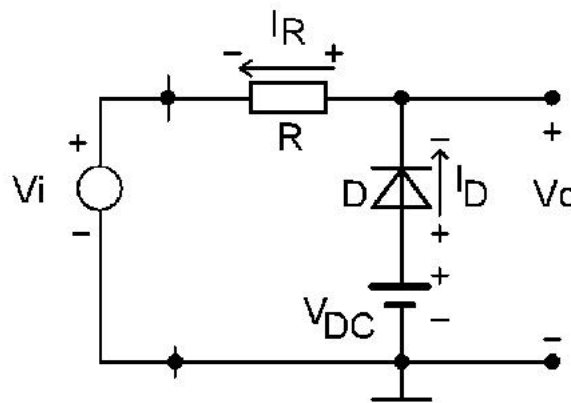
b. Điện trở rd:

Trong một số trường hợp khi không sử dụng diode chuyển mạch mà sử dụng diode thường thì điện trở nội của diode r_d có thể so sánh được với điện trở R (điện trở tải) khi đó tín hiệu ra sẽ bị méo dạng. Có thể thấy được thông qua các ví dụ sau.

Ví dụ 4-5: tín hiệu ra của mạch điện hình 4-63a và hình 4-63b.



Hình 4-63a. Mạch xén nối tiếp.



Hình 4-63b. Mạch xén nối tiếp.

Chứng minh nguyên nhân gây ra méo dạng sóng:

Xét mạch điện hình 4-63a.

- Khi diode phân cực thuận – điện trở động của diode được xác định: $r_d = \frac{\Delta V}{\Delta I}$
- Khi diode phân cực nghịch – điện trở ngược của diode rất lớn: $R_{ng} = \frac{\Delta V_{ng}}{\Delta I_{ng}} \rightarrow \infty \Omega$

Với giả sử $R_{ng} \rightarrow \infty \Omega$ khi đó có thể xem $R_{ng} \gg R$: điều này phù hợp với các diode Silic.

- Xét trường hợp $v_i < V_{DC} + V_\gamma$: khi đó diode ngưng dẫn – xem như hở mạch – điện áp ra bằng điện áp vào: $v_o = v_i$

Hay
$$\frac{v_o}{v_i} = 1$$

- Xét trường hợp $v_i \geq V_{DC} + V_\gamma$: khi đó diode dẫn:

- ◆ Nếu $r_d \ll R$ ví dụ như $r_d = 5\Omega$, $R = 1M\Omega$ thì quan hệ điện áp vào và điện áp trên diode:

$$\frac{v_d}{v_i} = \frac{r_d}{r_d + R} \cong \frac{1}{R}$$

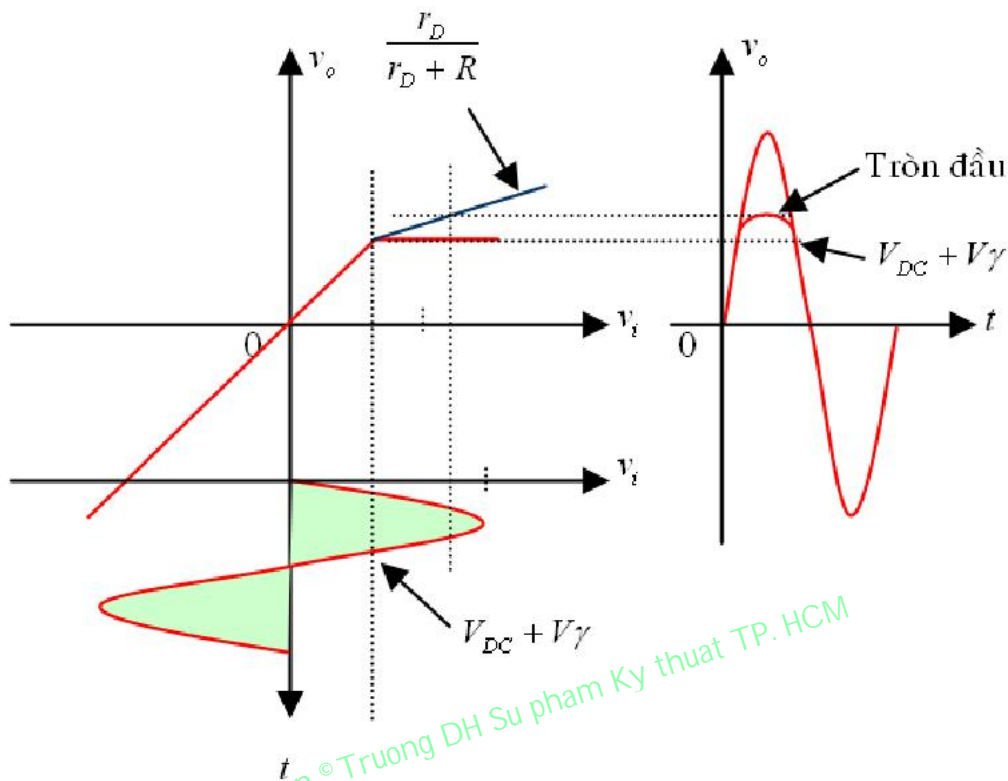
Với R lớn thì $\frac{1}{R} \rightarrow 0$ nên điện áp $v_d = 0V$ và điện áp ra bằng V_{DC} .

- ◆ Nếu r_d so sánh được với R ví dụ như $r_d = 5\Omega$, $R = 10\Omega$ thì điện áp trên diode được xác định:

$$v_d = v_i \frac{r_d}{r_d + R}$$

Giá trị điện áp này không thể bỏ qua và có ảnh hưởng đến điện áp ra, độ dốc hơi nghiêng tạo ra sự tròn đầu.

Ảnh hưởng của nó được biểu diễn qua hình 4-64.

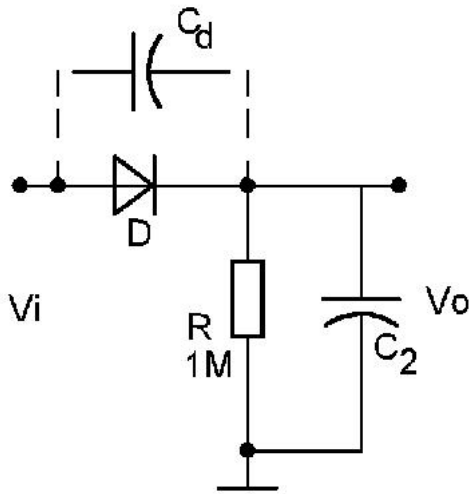


Hình 4-64. Dạng sóng thực tế của Diode.

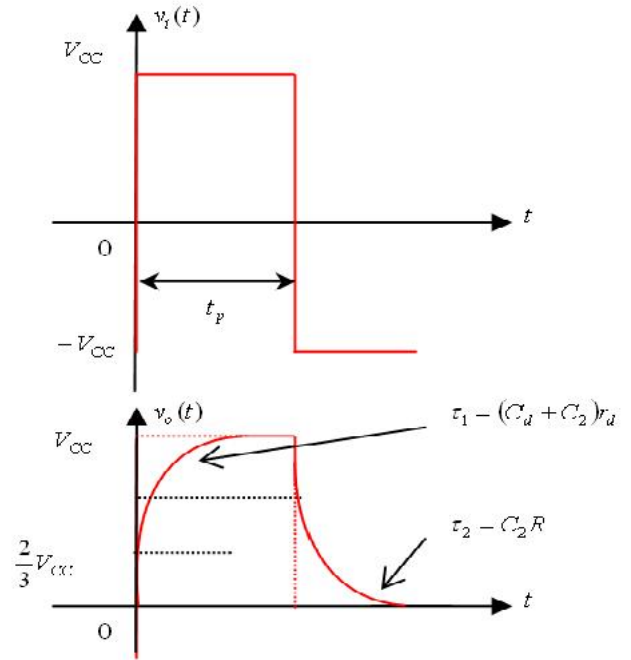
c. Khảo sát ảnh hưởng của điện dung liên cực Cd:

Ở đây chưa xét đến quá trình quá độ trong chuyển mạch dùng diode đã khảo sát ở chương 3, điện dung này cũng gây ảnh hưởng làm méo dạng sóng ra.

Ví dụ: Khảo sát mạch điện hình 4-65 và tín hiệu vào ra trong trường hợp có ảnh hưởng thì dạng sóng vào ra như hình 4-66.



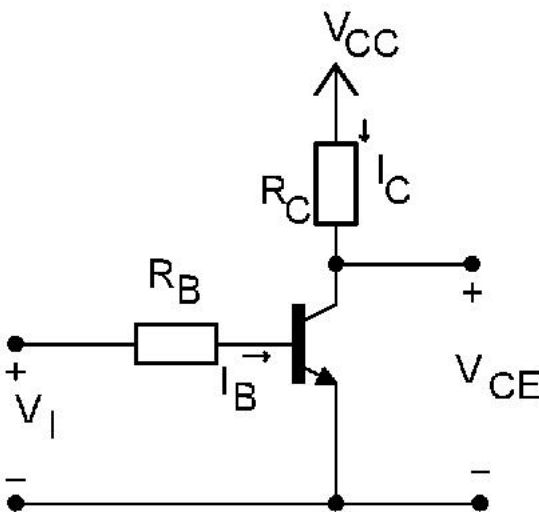
Hình 4-65. Mạch điện thực tế của Diode.



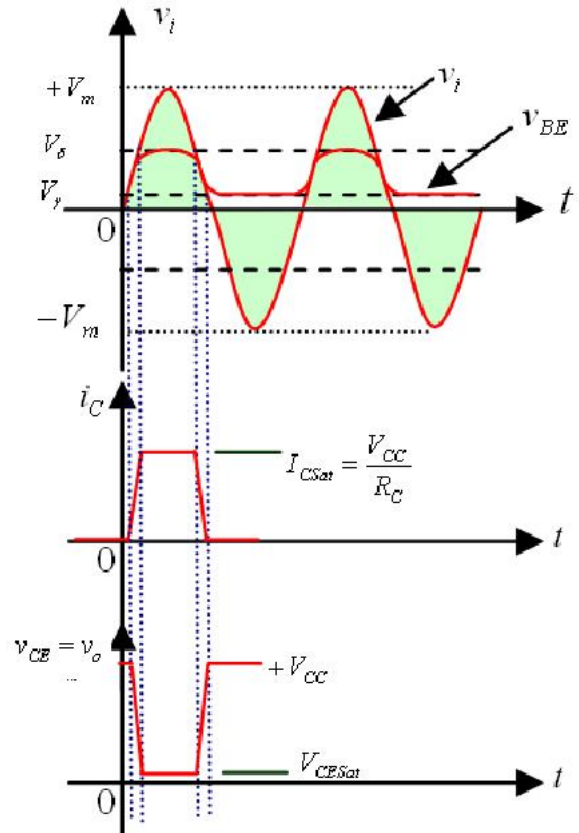
Hình 4-66. Dạng sóng vào ra.

V. MẠCH XÉN DÙNG TRANSISTOR:

Xét mạch điện dùng transistor như hình 4-67. Mạch có 2 mức xén là $V_{BE} = V_\gamma$: điện áp để transistor dẫn và $V_{BE} = V_\delta$: điện áp để transistor dẫn bão hoà – khi đó dòng $I_{B\delta} > \frac{I_{CSat}}{h_{fe}}$. Cho tín hiệu vào và tín hiệu ra như hình 4-68.



Hình 4-67. Mạch xén dùng transistor.



Hình 4-68. Dạng sóng vào ra.

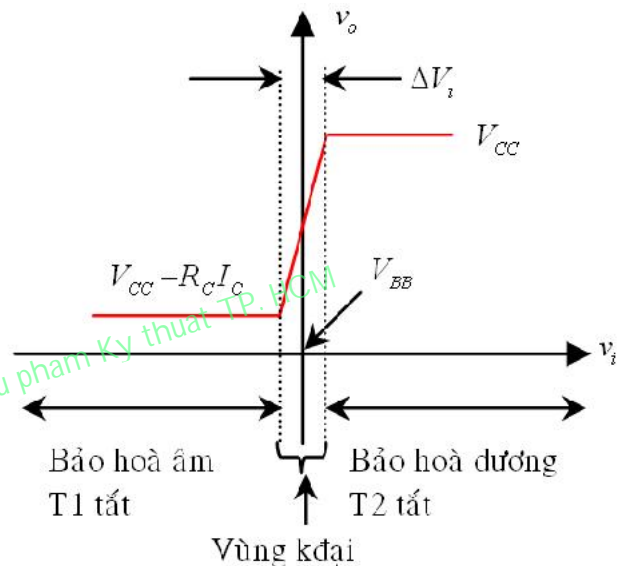
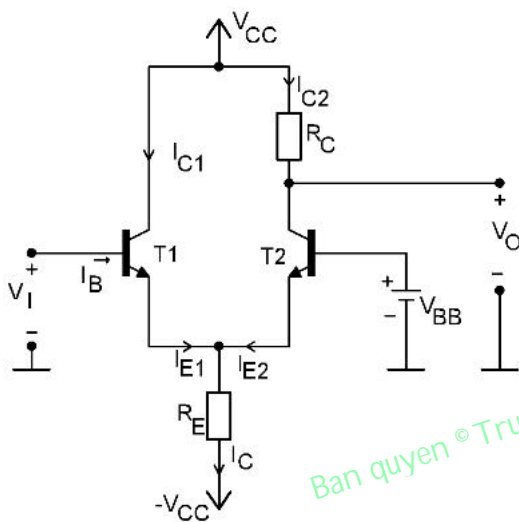
VI. MẠCH XÉN GHÉP CỰC PHÁT DÙNG TRANSISTOR:

Xét mạch điện dùng transistor như hình 4-69. Mạch có dạng gần giống mạch khuếch đại vi sai, mạch hoạt động ở chế độ khuếch đại trong tầm Δv_i :

Khi điện áp vào nằm trong khoảng $v_i > V_{BB} + \frac{1}{2}\Delta v_i$ thì transistor T1 dẫn bảo hoà, T2 tắt: điện áp ra $v_o = V_{CC}$

Khi điện áp vào nằm trong khoảng $v_i < V_{BB} - \frac{1}{2}\Delta v_i$ thì transistor T1 tắt, T2 dẫn bảo hoà: điện áp ra $v_o = V_{CC} - R_C I_{C2}$.

Đặc tuyến xén của mạch như hình 4-70:



Hình 4-69. Mạch xén ghép cực phát.

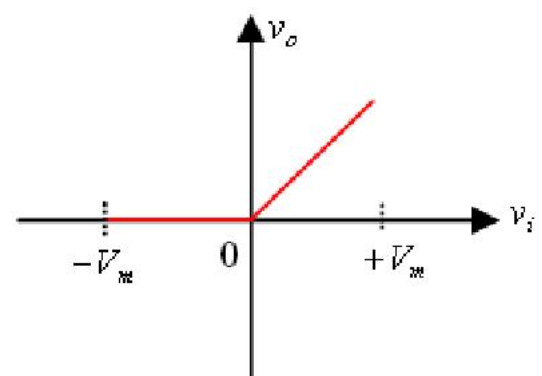
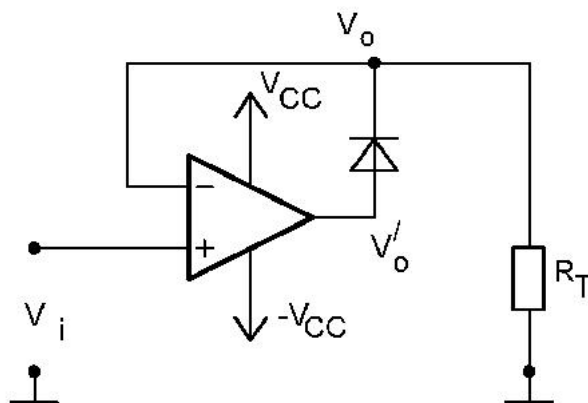
Hình 4-70. Đặc tuyến mạch xén.

VII. MẠCH XÉN DÙNG OP – AMP:

Trong mạch xén dùng diode thì tín hiệu vào phải lớn hơn điện áp ngưỡng V_γ của diode, khi điện áp vào $v_i < V_\gamma$ thì không thể xén được. Để xén được các tín hiệu có mức điện áp nhỏ thì phải dùng mạch xén sử dụng op-amp còn gọi là mạch xén chính xác.

1 MẠCH XÉN CHÍNH XÁC – XEM NHƯ DIODE LÝ TƯỞNG:

Sơ đồ mạch xén như hình 4-71 và đặc tuyến như hình 4-72:



Hình 4-71. Mạch xén dùng transistor.

Hình 4-72. Đặc tuyến vào ra.

Hoạt động của mạch:

Khi điện áp vào $v_i > v_o = 0$ thì điện áp ra rơi vào vùng bảo hoà dương $v'_o = V_{CC}$, diode dẫn điện.

Điện áp ra $v_o = v'_o - V_\gamma$.

Ta có $v'_o = A(v_+ - v_-) = A(v_i - v_o)$

Thế vào phương trình ta được $v_o = Av_i - Av_o - V_\gamma$

Suy ra điện áp ra: $v_o = \frac{A}{1+A}v_i - \frac{V_\gamma}{A}$

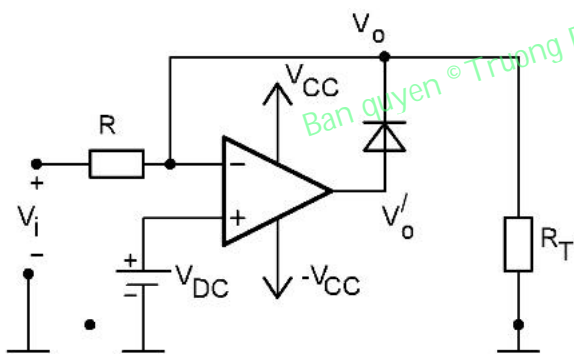
Do hệ số khuếch đại vòng hở lớn $A = \infty$ nên $\frac{A}{1+A} \rightarrow 1$ và $\frac{1}{A} \rightarrow 0$

Vậy điện áp ra $v_o = v_i$

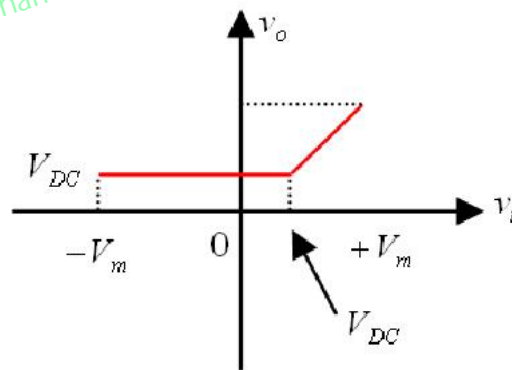
Khi điện áp vào $v_i < 0$ thì điện áp ra rơi vào vùng bảo hoà âm $v'_o = -V_{CC}$, diode tắt xem như hở mạch, điện áp ra cách ly với điện áp vào và $v_o = 0$

2. MẠCH NẮN CHÍNH XÁC CÓ NGUỒN DC:

Sơ đồ mạch xén như hình 4-73 và đặc tuyến như hình 4-74:



Hình 4-73. Mạch xén có nguồn DC.



Hình 4-74. Đặc tuyến.

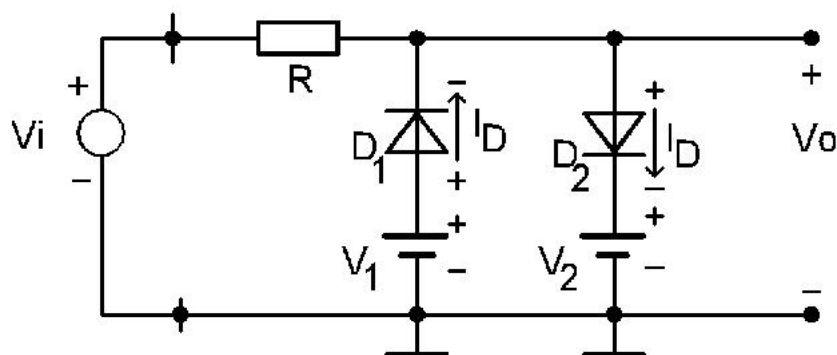
Hoạt động của mạch:

Khi điện áp vào $v_i > V_{DC}$ thì điện áp ra $v'_o < 0$, diode tắt thì điện áp ra v_o tách khỏi v'_o nên $v_o = v_i$

Khi điện áp vào $v_i < V_{DC}$ thì điện áp ra $v'_o > 0$, diode dẫn thì điện áp $v_o = V_{DC}$

VIII. MẠCH XÉN 2 MỨC ĐỘC LẬP:

Hãy khảo sát mạch xén như hình 4-75. Giả sử $V_1 < V_2$ và lớn hơn V_γ của diode rất nhiều nên bỏ qua ảnh hưởng của V_γ .



Hình 4-75. Mạch tương đương thực tế của Diode.

Tìm các giá trị điện áp vào làm diode D_1 và D_2 thay đổi trạng thái:

Với diode D_1 : $v_i = V_1$

- ◆ Nếu $v_i \leq V_1$ thì D_1 dẫn – xem như ngắn mạch.
- ◆ Nếu $v_i > V_1$ thì D_1 ngưng dẫn – xem như hở mạch.

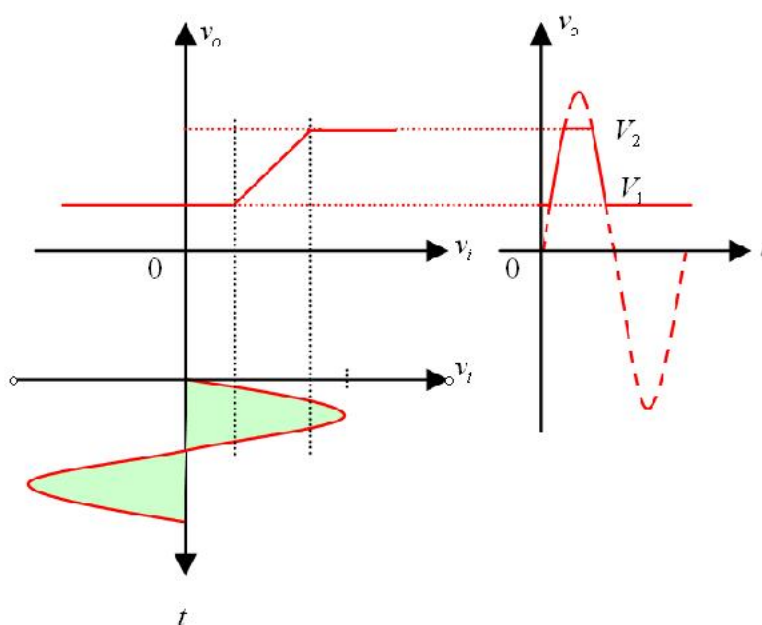
Với diode D_2 : $v_i = V_2$

- ◆ Nếu $v_i \leq V_2$ thì D_2 ngưng dẫn – xem như hở mạch.
- ◆ Nếu $v_i > V_2$ thì D_2 dẫn – xem như ngắn mạch.

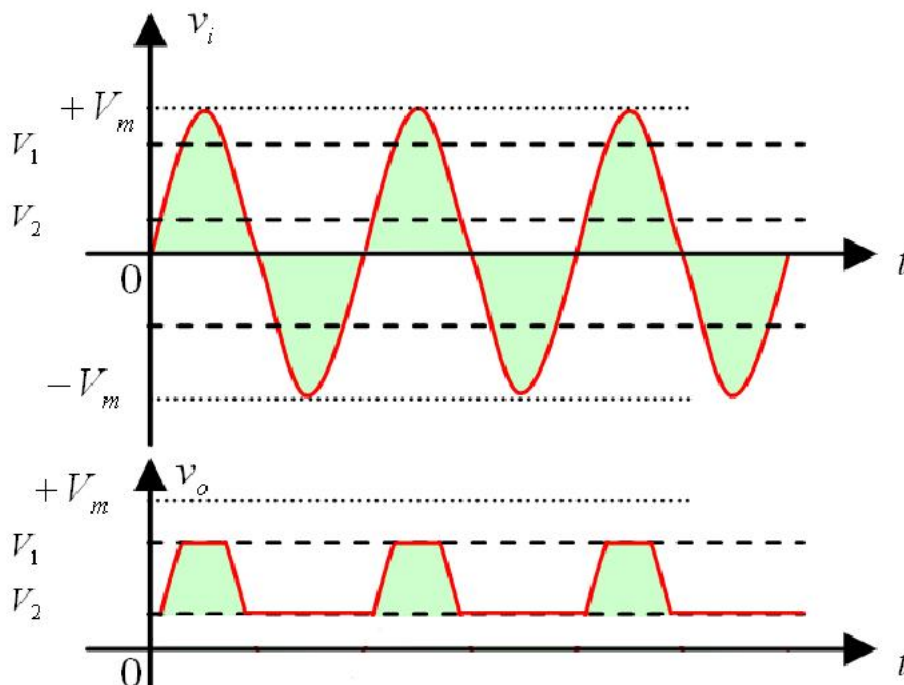
Kết hợp lại ta được:

- ❖ Nếu $v_i \leq V_1 < V_2$ thì D_2 ngưng dẫn – xem như hở mạch, D_1 dẫn – điện áp ra $v_o = V_1$.
- ❖ Nếu $V_1 < v_i \leq V_2$ thì cả D_1 và D_2 ngưng dẫn – xem như hở mạch– điện áp ra $v_o = v_i$.
- ❖ Nếu $V_1 < V_2 < v_i$ thì D_1 ngưng dẫn – xem như hở mạch, D_2 dẫn– điện áp ra $v_o = V_2$.

Đặc tuyến vào ra như hình 4-76 và dạng sóng vào ra của mạch như hình 4-77.

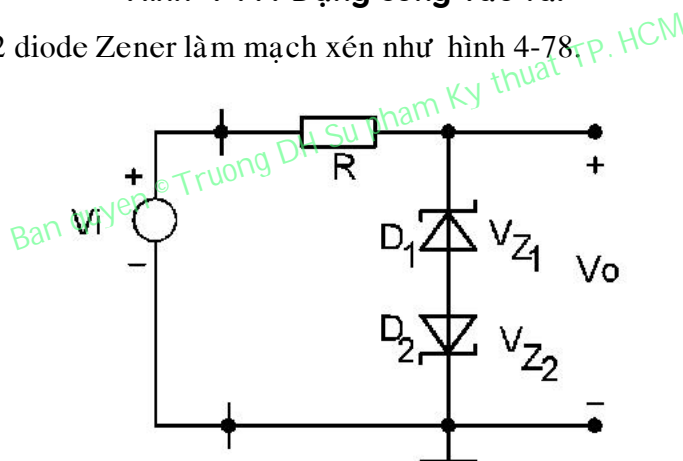


Hình 4-76. Đặc tuyến vào ra cùng tín hiệu vào ra.



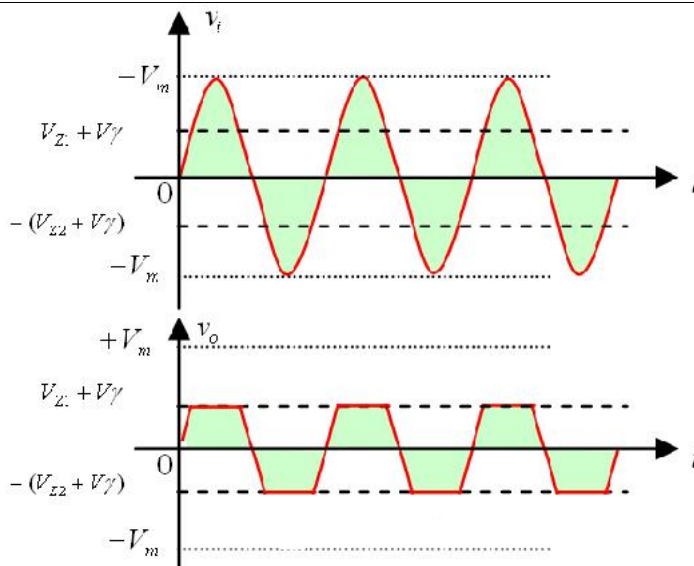
Hình 4-77. Dạng sóng vào ra.

Có thể sử dụng 2 diode Zener làm mạch xén như hình 4-78.



Hình 4-78. Mạch tương đương thực tế của Diode.

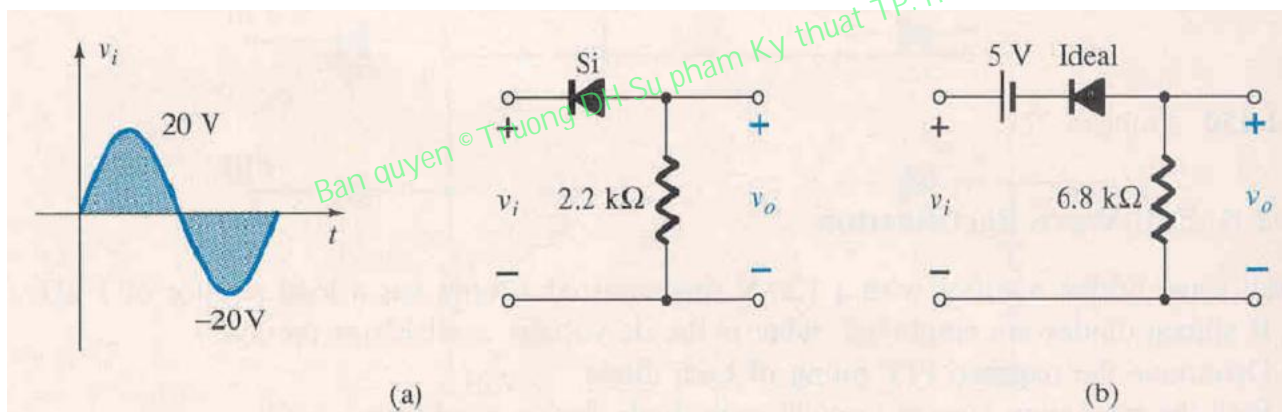
- Khi điện áp vào: $v_i \geq V_{Z1} + V_\gamma$
 D_1 hoạt động như diode Zener, D_2 hoạt động như diode thường – điện áp ra:
 $v_o = V_{Z1} + V_\gamma$
- Khi điện áp vào: $v_i \leq -(V_{Z2} + V_\gamma)$
 D_1 hoạt động như diode thường, D_2 hoạt động như diode Zener – điện áp ra:
 $v_o = -(V_{Z2} + V_\gamma)$
- Khi điện áp vào: $V_{Z1} + V_\gamma < v_i < -(V_{Z2} + V_\gamma)$
 D_1 và D_2 cùng ngưng dẫn – điện áp ra bằng điện áp vào: $v_o = v_i$
- Đặc tuyến vào ra và dạng sóng vào ra như hình 4-79.
 $V_{Z1} + V_\gamma < v_i < -(V_{Z2} + V_\gamma)$



Hình 4-79. Mạch tương đương thực tế của Diode.

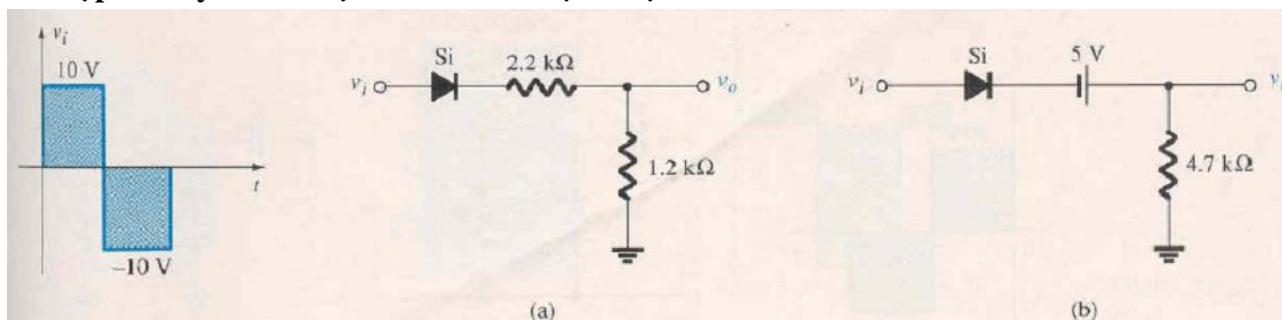
IX. BÀI TẬP:

Bài tập 1: Hãy vẽ tín hiệu ra của các mạch điện như hình 4-80.



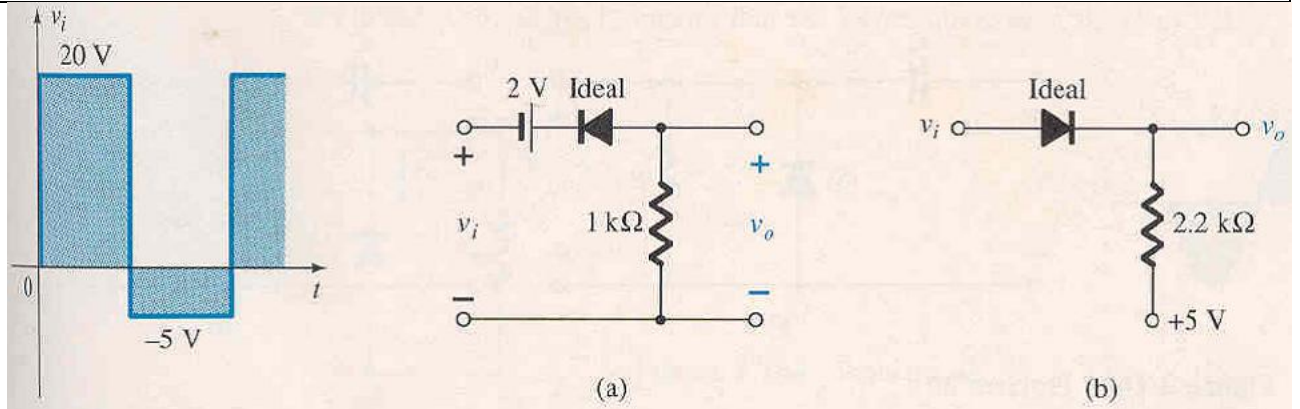
Hình 4-80. Mạch cho bài tập 1.

Bài tập 2: Hãy vẽ tín hiệu ra của các mạch điện như hình 4-81.



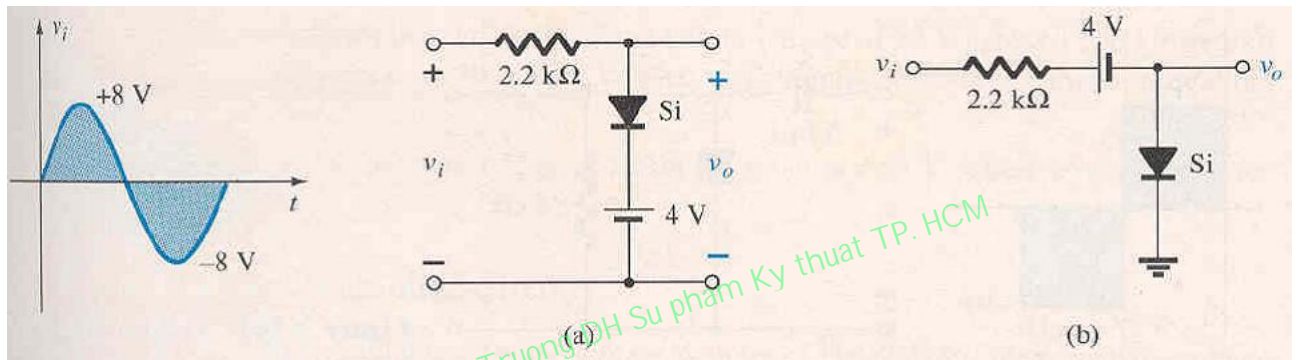
Hình 4-81. Mạch cho bài tập 2.

Bài tập 3: Hãy vẽ tín hiệu ra của các mạch điện như hình 4-82.



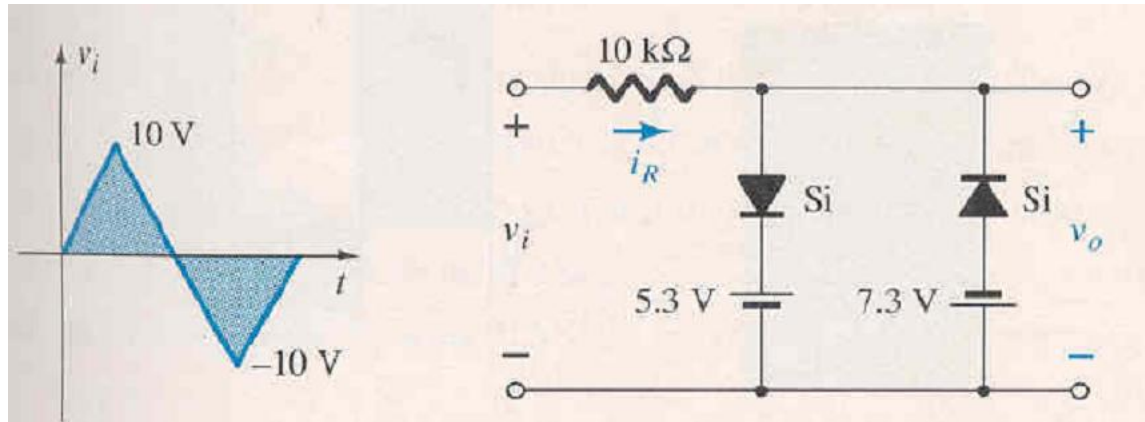
Hình 4-82. Mạch cho bài tập 3.

Bài tập 4: Hãy vẽ tín hiệu ra của các mạch điện như hình 4-83.



Hình 4-83. Mạch cho bài tập 4.

Bài tập 5: Hãy vẽ tín hiệu ra của các mạch điện như hình 4-84.



Hình 4-84. Mạch cho bài tập 5.

end

Chương 5

MẠCH KẾP – MẠCH GIAO HOÁN

MẠCH KẾP

MẠCH DỜI TÍN HIỆU XUỐNG MỘT LƯỢNG ĐIỆN ÁP V_M

MẠCH DỜI TÍN HIỆU XUỐNG MỘT LƯỢNG ĐIỆN ÁP NHỎ HƠN V_M

MẠCH DỜI TÍN HIỆU XUỐNG MỘT LƯỢNG ĐIỆN ÁP LỚN HƠN V_M

MẠCH DỜI TÍN HIỆU LÊN MỘT LƯỢNG ĐIỆN ÁP V_M

MẠCH DỜI TÍN HIỆU LÊN MỘT LƯỢNG ĐIỆN ÁP NHỎ HƠN V_M

MẠCH DỜI TÍN HIỆU XUỐNG MỘT LƯỢNG ĐIỆN ÁP LỚN HƠN V_M

MẠCH KẾP DÙNG DIODE XÉT ẢNH HƯỞNG ĐIỆN TRỞ DIODE VÀ ĐIỆN TRỞ NGUỒN

XÉT ẢNH HƯỞNG ĐẾN DẠNG SÓNG RA

ĐỊNH LÝ MẠCH KẾP

MẠCH KẾP Ở CỰC NỀN CỦA BJT

CHUYỂN MẠCH C-E VỚI TẢI LÀ ĐIỆN DUNG

CHUYỂN MẠCH C-C VỚI TẢI LÀ ĐIỆN DUNG

CHUYỂN MẠCH C-E VỚI TẢI LÀ CUỘN DÂY

BÀI TẬP

LIỆT KÊ CÁC HÌNH

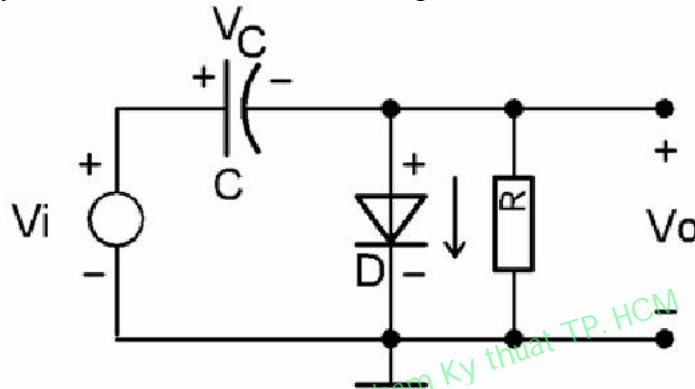
- Hình 5-1. Mạch dời tín hiệu xuống 1 lượng Vm.
- Hình 5-2. Dạng sóng vào ra.
- Hình 5-3. Mạch được vẽ lại.
- Hình 5-4. Mạch dời tín hiệu xuống 1 lượng nhỏ hơn Vm.
- Hình 5-5. Dạng sóng vào ra.
- Hình 5-6. Mạch được vẽ lại.
- Hình 5-7. Mạch dời tín hiệu xuống 1 lượng lớn hơn Vm.
- Hình 5-8. Dạng sóng vào ra.
- Hình 5-9. Mạch được vẽ lại.
- Hình 5-10. Mạch dời tín hiệu lên 1 lượng Vm.
- Hình 5-11. Dạng sóng vào ra.
- Hình 5-12. Mạch được vẽ lại.
- Hình 5-13. Mạch được vẽ lại.
- Hình 5-14. Mạch dời tín hiệu lên 1 lượng nhỏ hơn Vm.
- Hình 5-15. Dạng sóng vào ra.
- Hình 5-16. Mạch được vẽ lại.
- Hình 5-17. Mạch được vẽ lại.
- Hình 5-18. Mạch dời tín hiệu lên 1 lượng lớn hơn Vm.
- Hình 5-19. Dạng sóng vào ra.
- Hình 5-20. Mạch được vẽ lại.
- Hình 5-21. Mạch được vẽ lại.
- Hình 5-22. Mạch kẹp có ảnh hưởng của điện trở nội và điện trở nguồn.
- Hình 5-23. Khi diode dẫn – tụ nạp điện.
- Hình 5-24. Khi diode tắt – tụ phóng điện.
- Hình 5-25. Dạng sóng vào ra.
- Hình 5-26. Dạng sóng vào ra.
- Hình 5-27. Mạch kẹp cực nền transistor.
- Hình 5-28. Mạch kẹp cực nền transistor.
- Hình 5-29. Dạng sóng vào ra.
- Hình 5-30. Chuyển mạch CE với tải điện dung.
- Hình 5-31. Dạng sóng vào ra.
- Hình 5-32. Thêm mạch xén 2 mức.
- Hình 5-33. Dạng sóng vào ra.
- Hình 5-34. Chuyển mạch CC với tải điện dung.
- Hình 5-35. Dạng sóng vào ra.
- Hình 5-36. Thêm mạch xén 2 mức.
- Hình 5-37. Dạng sóng ra.
- Hình 5-38. Chuyển mạch CE với tải cuộn dây.
- Hình 5-39. Mạch được vẽ lại.
- Hình 5-40. Mạch được vẽ lại.
- Hình 5-41. Mạch được vẽ lại.
- Hình 5-42. Dạng sóng vào ra.
- Hình 5-43. Mạch dùng Diode thay thế cho R.

I. MẠCH KẸP:

Mạch kẹp là mạch dời tín hiệu đến một mức điện áp dc khác. Một mạch kẹp phải có một tụ điện, một diode, một điện trở và còn có thể thêm một nguồn điện áp dc. Giá trị của R và C phải được lựa chọn sao cho thời hằng $\tau = RC$ đủ lớn để đảm bảo rằng điện áp rơi trên tụ điện C xả không đáng kể trong khoảng thời gian diode ngưng dẫn. Trong khi phân tích mạch ta có thể xem tụ được nạp đầy và xả hết lượng điện tích sau khoảng thời gian 5τ .

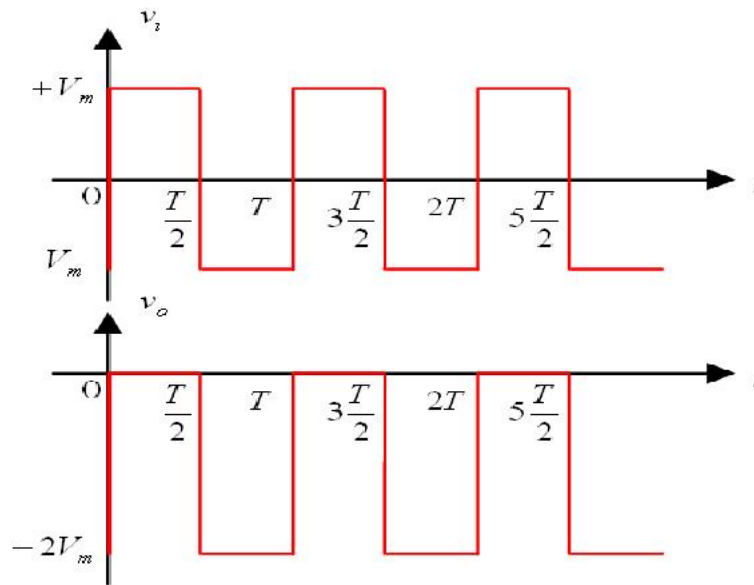
1 MẠCH DỜI TÍN HIỆU XUỐNG MỘT LƯỢNG ĐIỆN ÁP V_M :

Hình 5-1 trình bày một mạch dời tín hiệu sử dụng 1 diode, 1 điện trở R và 1 tụ điện.



Hình 5-1. Mạch dời tín hiệu xuống 1 lượng V_m .

Cho tín hiệu vào là sóng vuông và tín hiệu ra đã bị dời xuống. Dạng sóng tín hiệu vào ra như hình 5-2:



Hình 5-2. Dạng sóng vào ra.

Nguyên lý hoạt động – xem diode là lý tưởng:

Trong khoảng thời gian $0 \Rightarrow \frac{T}{2}$ thì tín hiệu vào là bán kỳ dương: $v_i = +V_m$, diode phân cực thuận nên xem như ngắn mạch.

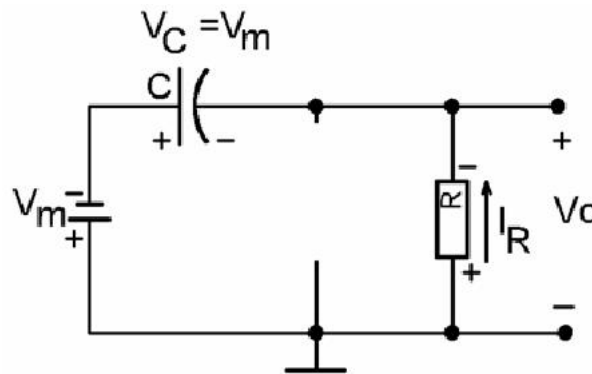
Phương trình nạp cho tụ: $V_C = (v_i) \times (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = V_m (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

Do điện trở thuận của diode r_d nhỏ hơn điện trở R nên thời hằng nạp cho tụ là $\tau_n = r_d C$.

Sau khoảng thời gian bằng $5\tau_n = 5r_D C$ tụ nạp đầy $V_C = V_m$

Điện áp ra bằng điện áp của diode: $v_o = V_D = V_\gamma = 0V$

Trong khoảng thời gian $\left[\frac{T}{2} \Rightarrow T \right]$ thì tín hiệu vào là bán kỳ âm: $v_i = -V_m$, diode phân cực ngược nên xem như hở mạch, mạch được vẽ lại như hình 5-3:



Hình 5-3. Mạch được vẽ lại.

Thời hằng xả của tụ là $\tau_x = RC$ có giá trị lớn do R lớn nên tụ xả rất chậm – xem như tụ xả không đáng kể.

Điện áp ra bằng điện áp của R nên: $v_o = -IR = -V_m - V_C = -V_m - V_m = -2V_m$

Do tụ xả không đáng kể nên sau khoảng thời gian $\left[\frac{T}{2} \Rightarrow T \right]$ xem điện áp trên tụ vẫn là $V_C = V_m$

Trong khoảng thời gian $\left[T \Rightarrow \frac{3}{2}T \right]$ thì tín hiệu vào là bán kỳ dương: $v_i = +V_m$, điện áp của tụ và điện áp của nguồn sẽ triệt tiêu nhau nên dòng điện sẽ bằng 0.

Điện áp ra bằng: $v_o = RI = 0V$

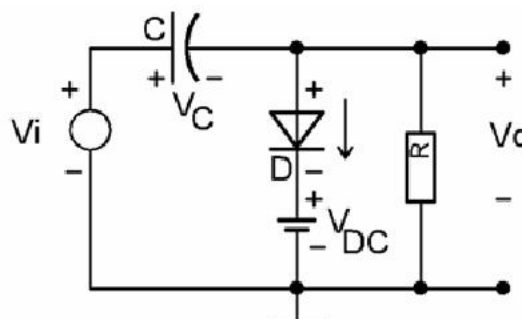
Ở bán kỳ này nếu tụ bị suy hao ở bán kỳ trước thì tụ sẽ được nạp đầy trở lại và điện áp ra vẫn bằng 0V.

Tương tự cho bán kỳ tiếp theo thì điện áp ra $v_o = -2V_m$.

Vậy tín hiệu ra chính là tín hiệu vào bị dời xuống một lượng điện áp V_m

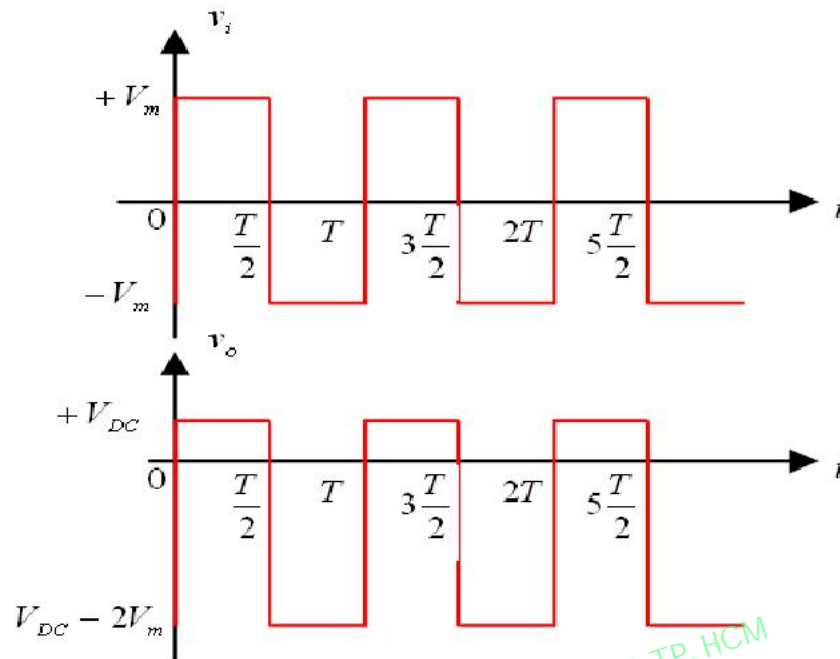
2. MẠCH DỜI TÍN HIỆU XUỐNG MỘT LƯỢNG ĐIỆN ÁP NHỎ HƠN V_m :

Hình 5-4 trình bày một mạch dời tín hiệu sử dụng 1 diode, 1 điện trở R , 1 tụ điện và 1 nguồn V_{DC} .



Hình 5-4. Mạch dời tín hiệu xuống 1 lượng nhỏ hơn V_m .

Cho tín hiệu vào là sóng vuông và tín hiệu ra đã bị dời xuống. Dạng sóng tín hiệu vào ra như hình 5-5:



Hình 5-5. Dạng sóng vào ra.

Nguyên lý hoạt động – xem diode là lý tưởng: $V_D = V_\gamma = 0V$

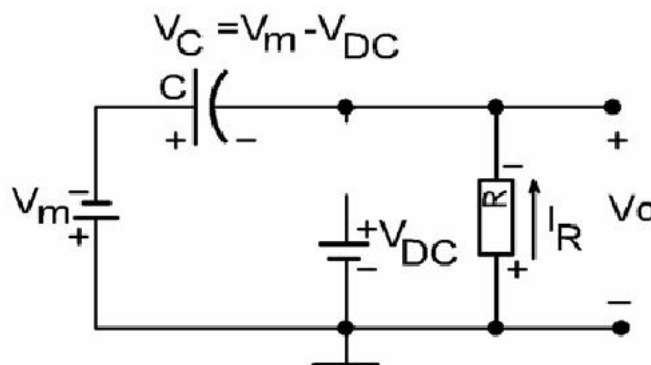
Trong khoảng thời gian $\left[0 \Rightarrow \frac{T}{2}\right]$ thì tín hiệu vào là bán kỳ dương: $v_i = +V_m$, diode phân cực thuận nên xem như ngắn mạch, do điện trở thuận của diode nhỏ hơn điện trở nên thời hằng nạp cho tụ là $\tau_n = r_D C$.

Phương trình nạp cho tụ:
$$V_C = (v_i - V_{DC}) \times (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

Sau khoảng thời gian bằng $5\tau_n = 5r_D C$ tụ nạp đầy $V_C = V_m - V_{DC}$

Điện áp ra:
$$v_o = V_{DC} + V_D = V_{DC} + V_\gamma = V_{DC}$$

Trong khoảng thời gian $\left[\frac{T}{2} \Rightarrow T\right]$ thì tín hiệu vào là bán kỳ âm: $v_i = -V_m$, diode phân cực ngược nên xem như hở mạch. Mạch được vẽ lại như hình 5-6:



Hình 5-6. Mạch được vẽ lại.

Thời hằng xả của tụ là $\tau_x = RC$ có giá trị lớn do R lớn nên tụ xả rất chậm – xem như không đáng kể.

Điện áp ra bằng điện áp của R nên: $v_o = -IR = -(v_i + V_C) = -2V_m + V_{DC}$

Do tụ xả không đáng kể nên xem điện áp trên tụ vẫn là $V_C = V_m - V_{DC}$

Trong khoảng thời gian $[T \Rightarrow \frac{3}{2}T]$ thì tín hiệu vào là bán kỳ dương: $v_i = +V_m$, điện áp của tụ và điện áp của nguồn V_{DC} sẽ triệt tiêu nhau nên dòng điện sẽ bằng 0.

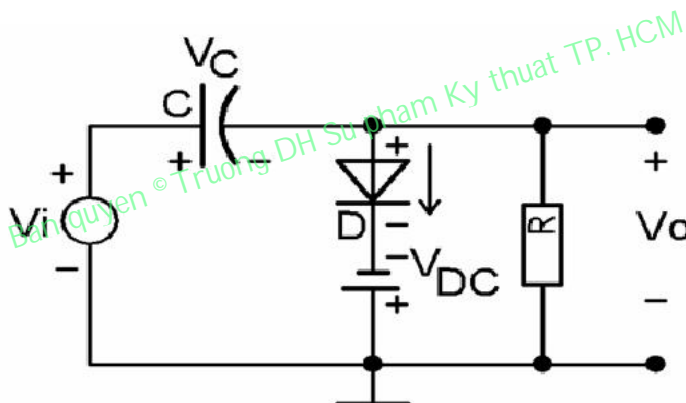
Điện áp ra bằng: $v_o = V_{DC} + V_D = v_i - V_C = V_m - V_m + V_{DC} = V_{DC}$

Ở bán kỳ này nếu tụ bị suy hao ở bán kỳ trước thì tụ sẽ được nạp đầy trở lại và điện áp ra vẫn bằng V_{DC} .

Vậy tín hiệu ra chính là tín hiệu vào bị dời xuống một lượng điện áp $V_m - V_{DC}$

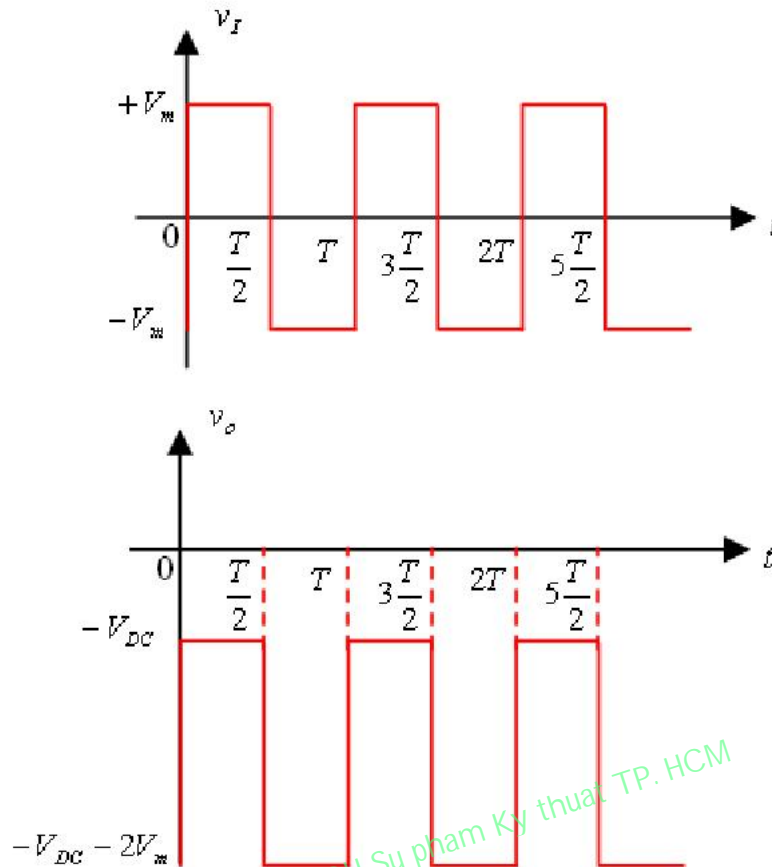
3. MẠCH DỜI TÍN HIỆU XUỐNG MỘT LƯỢNG ĐIỆN ÁP LỚN HƠN V_m :

Hình 5-7 trình bày một mạch dời tín hiệu sử dụng 1 diode, 1 điện trở R , 1 tụ điện và 1 nguồn V_{DC} .



Hình 5-7. Mạch dời tín hiệu xuống 1 lượng lớn hơn V_m .

Cho tín hiệu vào là sóng vuông và tín hiệu ra đã bị dời xuống. Dạng sóng tín hiệu vào ra như hình 5-8:



Hình 5-8. Dạng sóng vào ra.

Nguyên lý hoạt động – xem diode là lý tưởng: $V_D = V_\gamma = 0V$

Trong khoảng thời gian $\left[0 \Rightarrow \frac{T}{2}\right]$ thì tín hiệu vào là bán kỳ dương: $v_i = +V_m$, diode phân cực thuận nên xem như ngắn mạch.

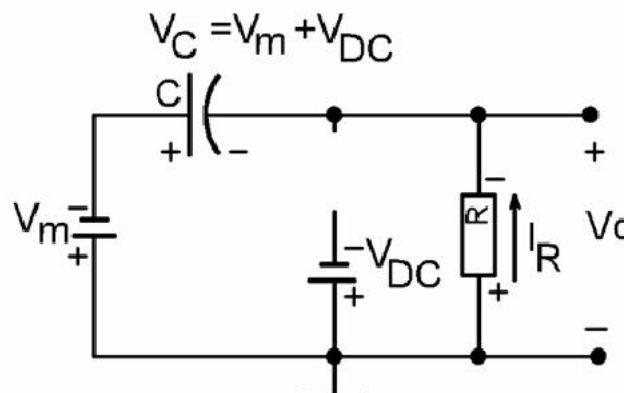
Phương trình nạp cho tụ: $V_C = (v_i + V_{DC}) \times (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

Do điện trở thuận của diode r_D nhỏ hơn điện trở R nên thời hằng nạp cho tụ là $\tau_n = r_D C$.

Sau khoảng thời gian bằng $5\tau_n = 5r_D C$ tụ nạp đầy $V_C = V_m + V_{DC}$

Điện áp ra bằng điện áp của diode: $v_o = -V_{DC} + V_D = -V_{DC} + V_\gamma = -V_{DC}$

Trong khoảng thời gian $\left[\frac{T}{2} \Rightarrow T\right]$ thì tín hiệu vào là bán kỳ âm: $v_i = -V_m$, diode phân cực ngược nên xem như hở mạch. Mạch được vẽ lại như hình 5-9:



Hình 5-9. Mạch được vẽ lại.

Thời hằng xả của tụ là $\tau_x = RC$ có giá trị lớn do R lớn nên tụ xả rất chậm – xem như không đáng kể.

Điện áp ra:
$$v_o = -IR = -(v_i + V_C) = -V_m - V_m - V_{DC} = -2V_m - V_{DC}$$

Do tụ xả không đáng kể nên xem điện áp trên tụ vẫn là $V_C = V_m + V_{DC}$

Trong khoảng thời gian $[T \Rightarrow \frac{3}{2}T]$ thì tín hiệu vào là bán kỳ dương: $v_i = +V_m$, điện áp của tụ và điện áp của nguồn $-V_{DC}$ sẽ triệt tiêu nhau nên dòng điện sẽ bằng 0.

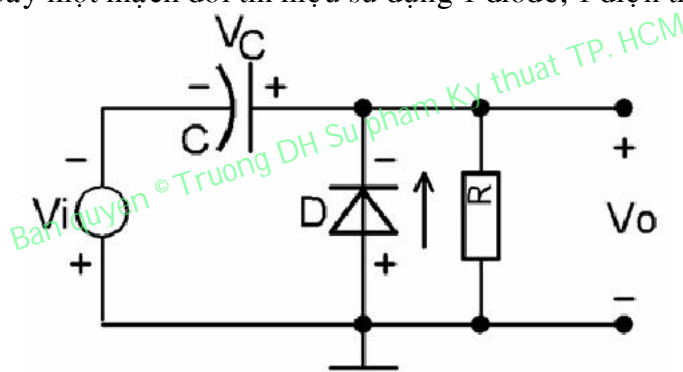
Điện áp ra bằng:
$$v_o = -V_{DC} + V_D = v_i - V_C = V_m - V_m - V_{DC} = -V_{DC}$$

Ở bán kỳ này nếu tụ bị suy hao ở bán kỳ trước thì tụ sẽ được nạp đầy trở lại và điện áp ra vẫn bằng $-V_{DC}$.

Vậy tín hiệu ra chính là tín hiệu vào bị dời xuống một lượng điện áp $V_m + V_{DC}$

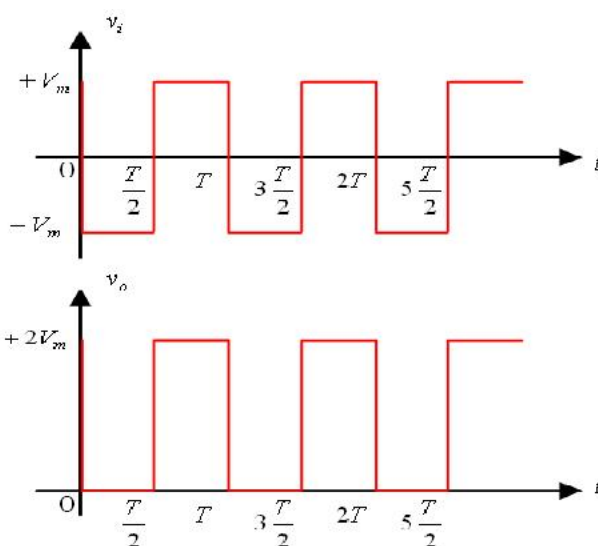
4. MẠCH DỜI TÍN HIỆU LÊN MỘT LƯỢNG ĐIỆN ÁP V_m :

Hình 5-10 trình bày một mạch dời tín hiệu sử dụng 1 diode, 1 điện trở R và 1 tụ điện.



Hình 5-10. Mạch dời tín hiệu lên 1 lượng V_m .

Cho tín hiệu vào là sóng vuông và tín hiệu ra đã bị dời xuống. Dạng sóng tín hiệu vào ra như hình 5-11:

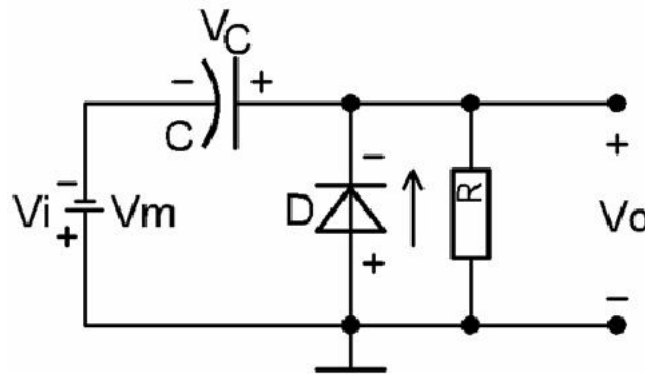


Hình 5-11. Dạng sóng vào ra.

Nguyên lý hoạt động – xem diode là lý tưởng:

Trong khoảng thời gian $\left[0 \Rightarrow \frac{T}{2}\right]$ thì tín hiệu vào là bán kỳ âm: $v_i = -V_m$. Mạch điện được

vẽ lại như hình 5-12. Diode phân cực thuận nên xem như ngắn mạch.



Hình 5-12. Mạch được vẽ lại.

Phương trình nạp cho tụ: $V_C = (v_i) \times (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = V_m (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

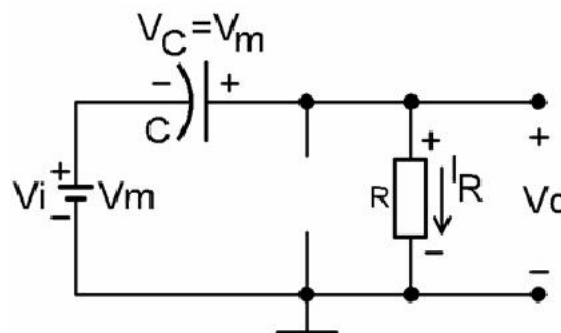
Do điện trở thuận của diode r_D nhỏ hơn điện trở R nên thời hằng nạp cho tụ là $\tau_n = r_D C$.

Sau khoảng thời gian bằng $5\tau_n = 5r_D C$ tụ nạp đầy $V_C = V_m$

Điện áp ra bằng điện áp của diode: $v_o = -V_D = -V_\gamma = 0V$

Trong khoảng thời gian $\left[\frac{T}{2} \Rightarrow T\right]$ thì tín hiệu vào là bán kỳ dương: $v_i = +V_m$, diode phân

cực ngược nên xem như hở mạch, mạch được vẽ lại như hình 5-13:



Hình 5-13. Mạch được vẽ lại.

Thời hằng xả của tụ là $\tau_x = RC$ có giá trị lớn do R lớn nên tụ xả rất chậm – xem như tụ xả không đáng kể.

Điện áp ra bằng điện áp của R nên: $v_o = IR = v_i + V_C = V_m + V_m = 2V_m$

Do tụ xả không đáng kể nên sau khoảng thời gian $\left[\frac{T}{2} \Rightarrow T\right]$ xem điện áp trên tụ vẫn là $V_C = V_m$

Trong khoảng thời gian $\left[T \Rightarrow \frac{3}{2}T\right]$ thì tín hiệu vào là bán kỳ âm: $v_i = -V_m$, điện áp của tụ

và điện áp của nguồn sẽ triệt tiêu nhau nên dòng điện sẽ bằng 0.

Điện áp ra: $v_o = RI = 0V$

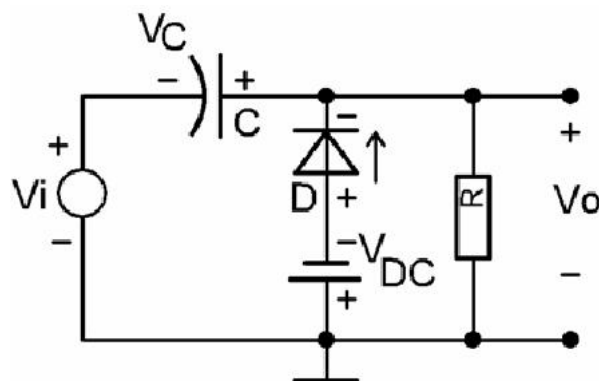
Ở bán kỳ này nếu tụ bị suy hao ở bán kỳ trước thì tụ sẽ được nạp đầy trở lại và điện áp ra vẫn bằng 0V.

Tương tự cho bán kỳ tiếp theo thì điện áp ra $v_o = 2V_m$.

Vậy tín hiệu ra chính là tín hiệu vào bị dời lên một lượng điện áp V_m

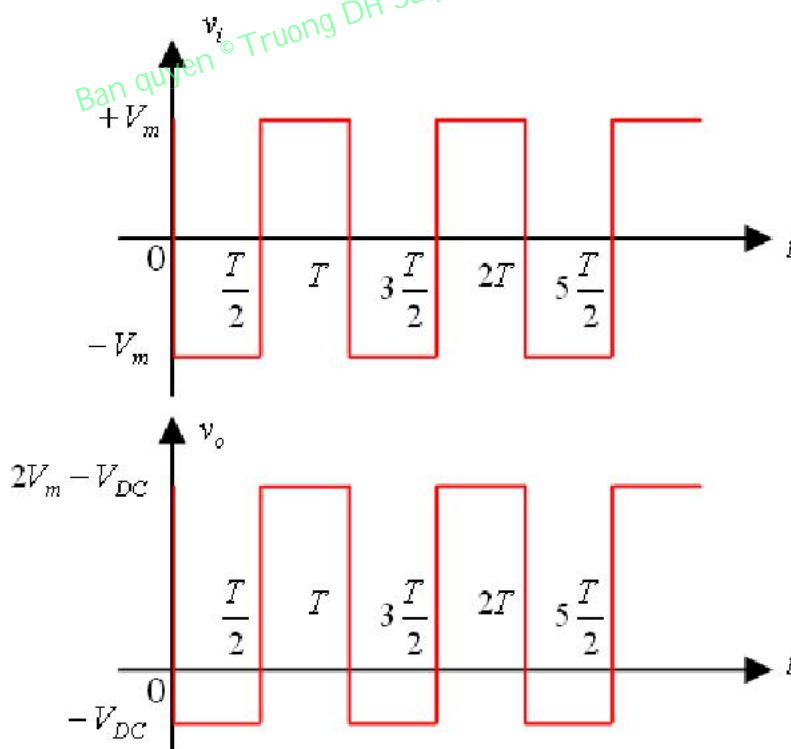
5. **MẠCH DỜI TÍN HIỆU LÊN MỘT LƯỢNG ĐIỆN ÁP NHỎ HƠN V_m :**

Hình 5-14 trình bày một mạch dời tín hiệu sử dụng 1 diode, 1 điện trở R, 1 tụ điện và 1 nguồn V_{DC} .



Hình 5-14. Mạch dời tín hiệu lên 1 lượng nhỏ hơn V_m .

Cho tín hiệu vào là sóng vuông và tín hiệu ra đã bị dời lên. Dạng sóng tín hiệu vào ra như hình 5-15:

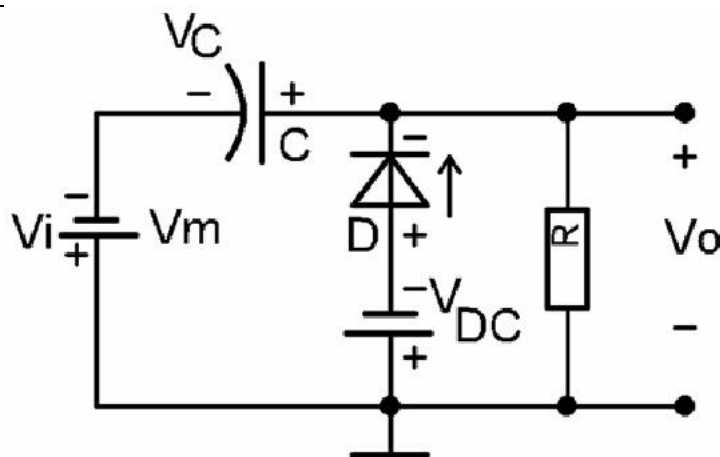


Hình 5-15. Dạng sóng vào ra.

Nguyên lý hoạt động – xem diode là lý tưởng: $V_D = V_\gamma = 0V$

Trong khoảng thời gian $0 \Rightarrow \frac{T}{2}$ thì tín hiệu vào là bán kỳ âm: $v_i = -V_m$. Mạch điện được

vẽ lại như hình 5-16. Diode phân cực thuận nên xem như ngắn mạch.



Hình 5-16. Mạch được vẽ lại.

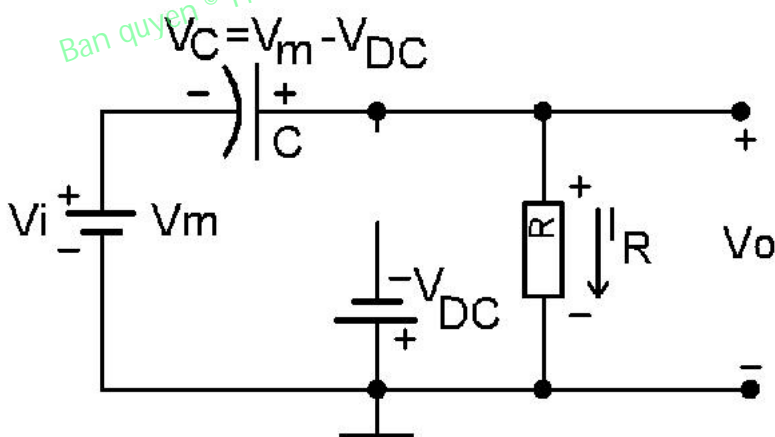
Do điện trở thuận của diode nhỏ hơn điện trở nên thời hằng nạp cho tụ là $\tau_n = r_D C$.

Phương trình nạp cho tụ: $V_C = (v_i - V_{DC}) \times (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

Sau khoảng thời gian bằng $5\tau_n = 5r_D C$ tụ nạp đầy $V_C = V_m - V_{DC}$

Điện áp ra: $v_o = -V_{DC} - V_D = -V_{DC} - V_\gamma = -V_{DC}$

Trong khoảng thời gian $[\frac{T}{2} \Rightarrow T]$ thì tín hiệu vào là bán kỳ dương: $v_i = +V_m$, diode phân cực ngược nên xem như hở mạch. Mạch được vẽ lại như hình 5-17:



Hình 5-17. Mạch được vẽ lại.

Thời hằng xả của tụ là $\tau_x = RC$ có giá trị lớn do R lớn nên tụ xả rất chậm – xem như không đáng kể.

Điện áp ra: $v_o = IR = (v_i + V_C) = 2V_m - V_{DC}$

Do tụ xả không đáng kể nên xem điện áp trên tụ vẫn là $V_C = V_m - V_{DC}$

Trong khoảng thời gian $[T \Rightarrow \frac{3}{2}T]$ thì tín hiệu vào là bán kỳ âm: $v_i = -V_m$, điện áp của tụ và điện áp của nguồn V_{DC} sẽ triệt tiêu nhau nên dòng điện sẽ bằng 0.

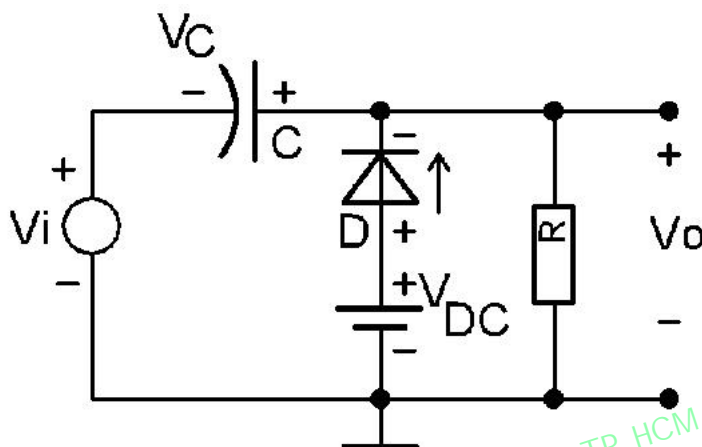
Điện áp ra bằng: $v_o = -V_{DC} - V_D = v_i + V_C = -V_m + V_m - V_{DC} = -V_{DC}$

Ở bán kỳ này nếu tụ bị suy hao ở bán kỳ trước thì tụ sẽ được nạp đầy trở lại và điện áp ra vẫn bằng $-V_{DC}$.

Vậy tín hiệu ra chính là tín hiệu vào bị dời lên một lượng điện áp $V_m - V_{DC}$

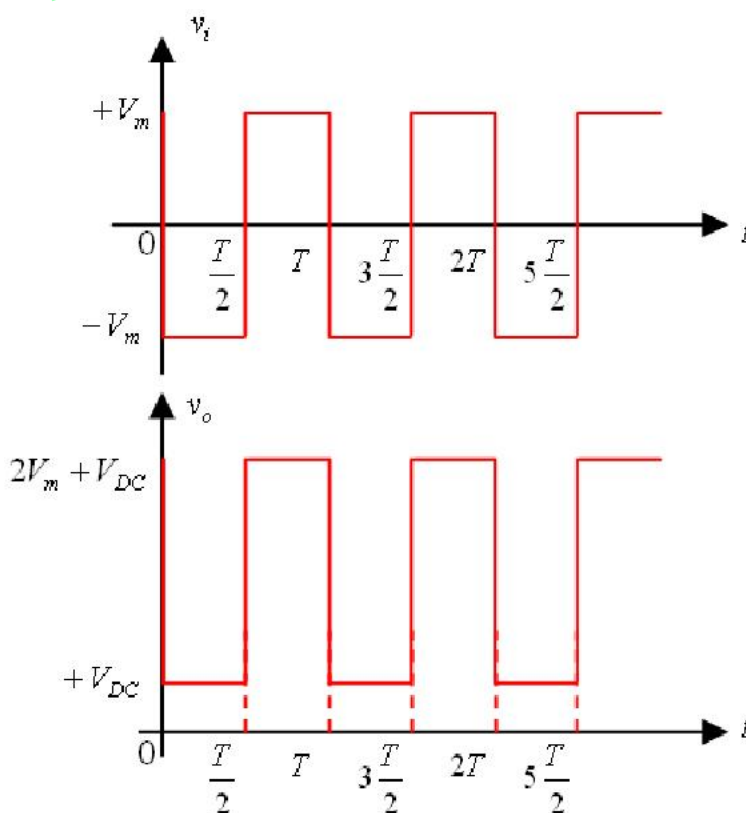
6. MẠCH DỜI TÍN HIỆU XUỐNG MỘT LƯỢNG ĐIỆN ÁP LỚN HƠN V_m :

Hình 5-18 trình bày một mạch dời tín hiệu sử dụng 1 diode, 1 điện trở R, 1 tụ điện và 1 nguồn V_{DC} .



Hình 5-18. Mạch dời tín hiệu lên 1 lượng lớn hơn V_m .

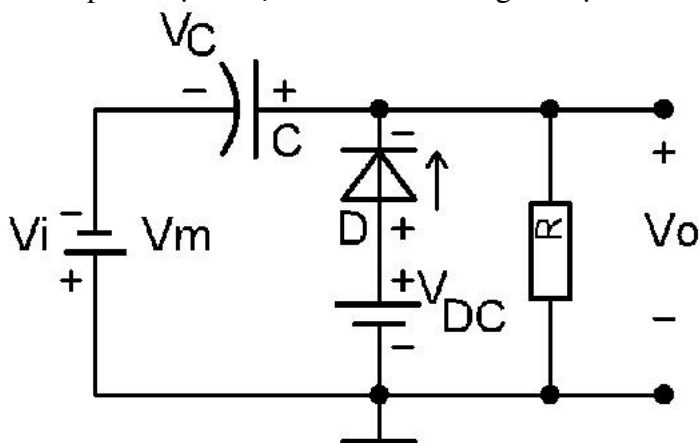
Cho tín hiệu vào là sóng vuông và tín hiệu ra đã bị dời xuống. Dạng sóng tín hiệu vào ra như hình 5-19:



Hình 5-19. Dạng sóng vào ra.

Nguyên lý hoạt động – xem diode là lý tưởng: $V_D = V_\gamma = 0V$

Trong khoảng thời gian $\left[0 \Rightarrow \frac{T}{2}\right]$ thì tín hiệu vào là bán kỳ âm: $v_i = -V_m$. Mạch điện được vẽ lại như hình 5-20. Diode phân cực thuận nên xem như ngắn mạch.



Hình 5-20. Mạch được vẽ lại.

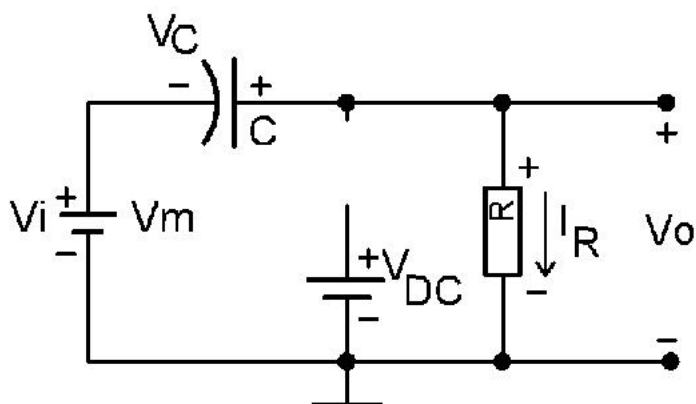
Do điện trở thuận của diode nhỏ hơn điện trở nên thời hằng nạp cho tụ là $\tau_n = r_D C$.

Phương trình nạp cho tụ: $V_C = (v_i + V_{DC}) \times (1 - e^{-\frac{t}{\tau_n}})$

Sau khoảng thời gian bằng $5\tau_n = 5r_D C$ tụ nạp đầy $V_C = V_m + V_{DC}$

Điện áp ra: $v_o = V_{DC} - V_D = V_{DC} - V_\gamma = V_{DC}$

Trong khoảng thời gian $\left[\frac{T}{2} \Rightarrow T\right]$ thì tín hiệu vào là bán kỳ dương: $v_i = +V_m$, diode phân cực ngược nên xem như hở mạch. Mạch được vẽ lại như hình 5-21:



Hình 5-21. Mạch được vẽ lại.

Thời hằng xả của tụ là $\tau_x = RC$ có giá trị lớn do R lớn nên tụ xả rất chậm – xem như không đáng kể.

Điện áp ra: $v_o = IR = (v_i + V_C) = 2V_m + V_{DC}$

Do tụ xả không đáng kể nên xem điện áp trên tụ vẫn là $V_C = V_m + V_{DC}$

Trong khoảng thời gian $\left[T \Rightarrow \frac{3}{2}T\right]$ thì tín hiệu vào là bán kỳ âm: $v_i = -V_m$, điện áp của tụ và điện áp của nguồn V_{DC} sẽ triệt tiêu nhau nên dòng điện sẽ bằng 0.

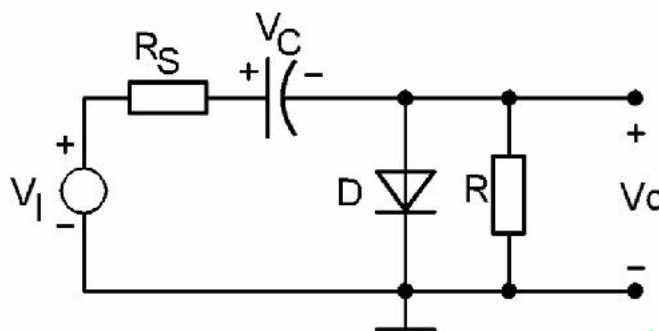
Điện áp ra bằng: $v_o = V_{DC} - V_D = v_i + V_C = -V_m + V_m + V_{DC} = +V_{DC}$

Ở bán kỳ này nếu tụ bị suy hao ở bán kỳ trước thì tụ sẽ được nạp đầy trở lại và điện áp ra vẫn bằng V_{DC} .

Vậy tín hiệu ra chính là tín hiệu vào bị dời lên một lượng điện áp $V_m + V_{DC}$

II. MẠCH KẸP DÙNG DIODE XÉT ẢNH HƯỞNG ĐIỆN TRỞ DIODE VÀ ĐIỆN TRỞ NGUỒN:

Xét mạch điện như hình 5-22, bỏ qua điện áp V_γ :

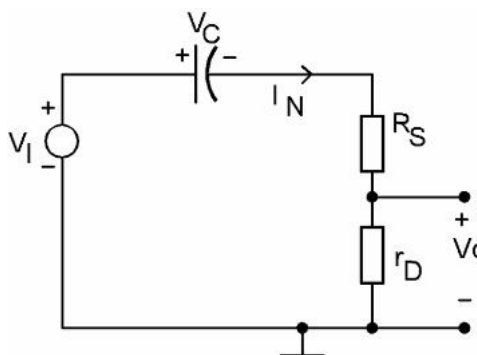


Hình 5-22. Mạch kẹp có ảnh hưởng của điện trở nội và điện trở nguồn.

1. XÉT ẢNH HƯỞNG ĐẾN DẠNG SÓNG RA:

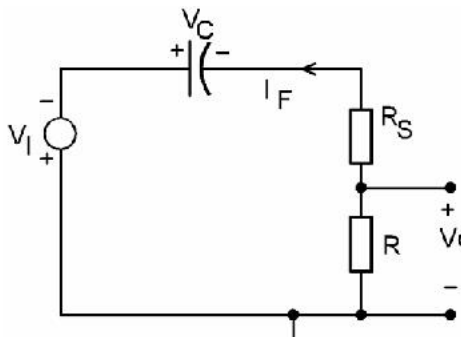
Trước khi xác lập thì mạch có 1 giai đoạn quá độ, xem mạch điện tương đương khi diode dẫn và khi diode tắt.

- Khi diode dẫn thì tụ nạp, giả sử $R_S, R \gg r_D$, mạch điện được vẽ lại như hình 5-23:



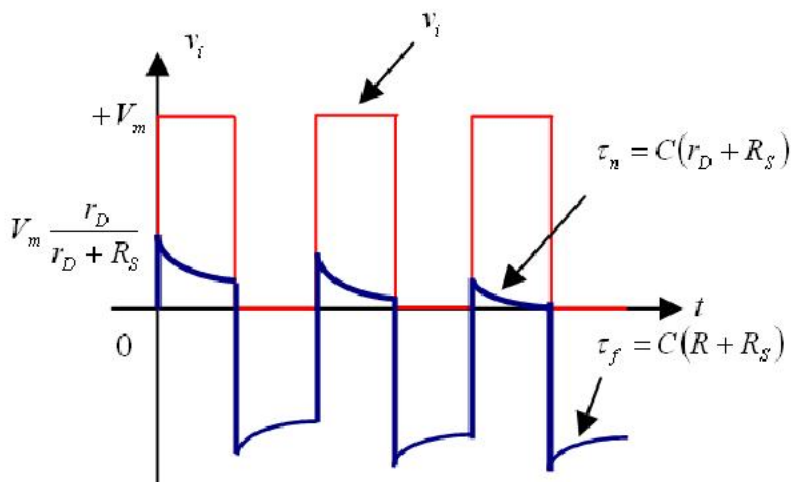
Hình 5-23. Khi diode dẫn – tụ nạp điện.

- Khi diode tắt thì tụ phóng điện, mạch điện được vẽ lại như hình 5-24:



Hình 5-24. Khi diode tắt – tụ phóng điện.

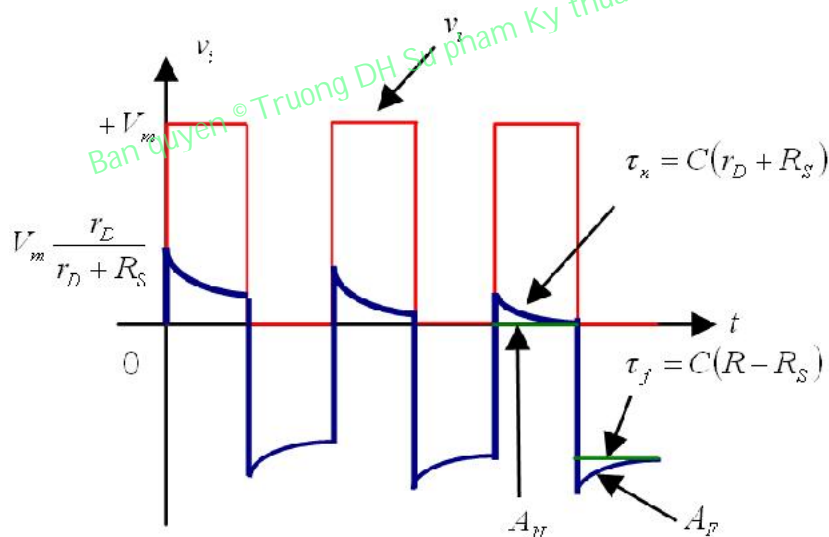
Nếu cho tín hiệu vào là sóng vuông thì dạng sóng ra như hình 5-25:



Hình 5-25. Dạng sóng vào ra.

2. ĐỊNH LÝ MẠCH KẸP:

Ở chế độ xác lập thì lượng điện tích nạp qua tụ bằng lượng điện tích xả ra. Xét dạng sóng như hình 5-26:



Hình 5-26. Dạng sóng vào ra.

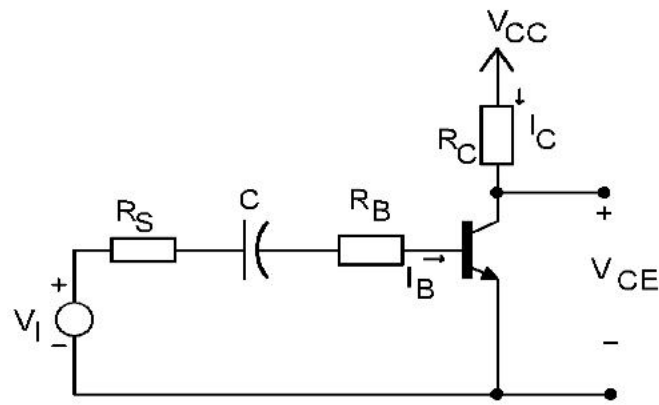
$$\text{Lúc nạp: } Q_N = \int_{t_1}^{t_2} i_N dt = \int_{t_1}^{t_2} \frac{v_o}{r_D} dt = \frac{1}{r_D} \int_{t_1}^{t_2} v_o dt = \frac{A_N}{r_D}$$

$$\text{Lúc phóng: } Q_F = \int_{t_2}^{t_3} i_F dt = \int_{t_2}^{t_3} \frac{v_o}{R} dt = \frac{1}{R} \int_{t_2}^{t_3} v_o dt = \frac{A_F}{R}$$

$$\text{Suy ra } \frac{A_N}{r_D} = \frac{A_F}{R}$$

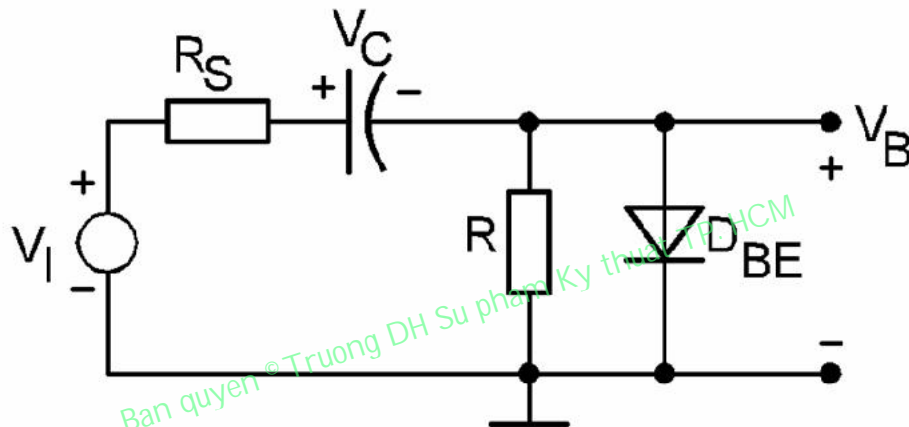
III. MẠCH KẸP Ở CỰC NỀN CỦA BJT:

Xét mạch điện như hình 5-27, nếu biên độ vào đủ lớn để làm tắt mở diode (cực BE) thì ta sẽ có mạch kẹp ở cực nền B.



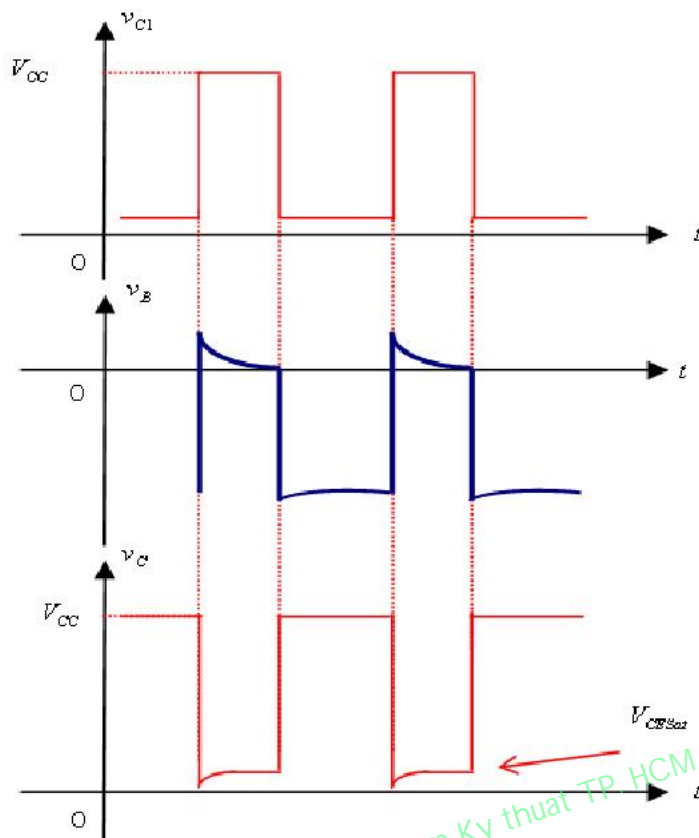
Hình 5-27. Mạch kẹp cực nền transistor.

Khi có tín hiệu vào ta có mạch tương đương như hình 5-28:



Hình 5-28. Mạch kẹp cực nền transistor.

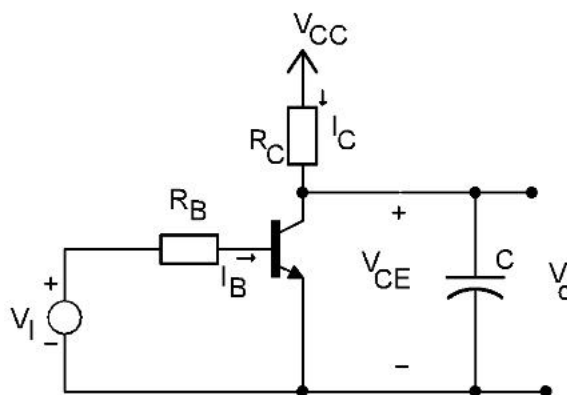
Ở chế độ xác lập và cho tín hiệu vào là sóng vuông thì ta được dạng sóng ra như hình 5-29. Dạng sóng có các gai nhọn khi transistor bắt đầu chuyển sang trạng thái bão hòa.



Hình 5-29. Dạng sóng vào ra.

IV. CHUYỂN MẠCH C-E VỚI TẢI LÀ ĐIỆN DUNG:

Xét mạch điện như hình 5-30 với tải là điện dung ngõ vào của tầng kế nối song song với điện trở tải R_T .



Hình 5-30. Chuyển mạch CE với tải điện dung.

Cho tín hiệu vào là sóng vuông như hình 5-31.

- Xét trường hợp khi $t < t_1$

Transistor đang dẫn bão hoà:

Điện áp ra: $V_o = V_{CESat}$

và dòng điện chạy vào cực C của transistor: $I_C = \frac{V_{CC} - V_{CESat}}{R_C} = I_o$

- Xét trường hợp khi $t_1 \leq t < t_2$

Transistor đang bắt đầu chuyển trạng thái từ dẫn bảo hoà sang trạng thái tắt.

Tụ C bắt đầu nạp điện với dòng chạy từ nguồn V_{CC} , qua điện trở R_C , qua tụ C về GND.

Điện áp ra là điện áp trên tụ C và phương trình nạp của tụ:

$$V_o(t) = V_C(t) = V_{CC} \left(1 - e^{-\frac{t}{R_C C}} \right)$$

Dòng điện chạy vào cực C của transistor: $I_C = \frac{V_{CC} - V_{CC}}{R_C} = 0$

Thời hằng nạp của tụ: $\tau_n = R_C C$. Tùy thuộc vào thời gian transistor tắt mà tụ C có thể nạp đầy hoặc không đầy, lượng điện áp tụ C đã nạp được kí hiệu là: $V_C(t) = V'_C$

- Xét trường hợp khi $t = t_2$

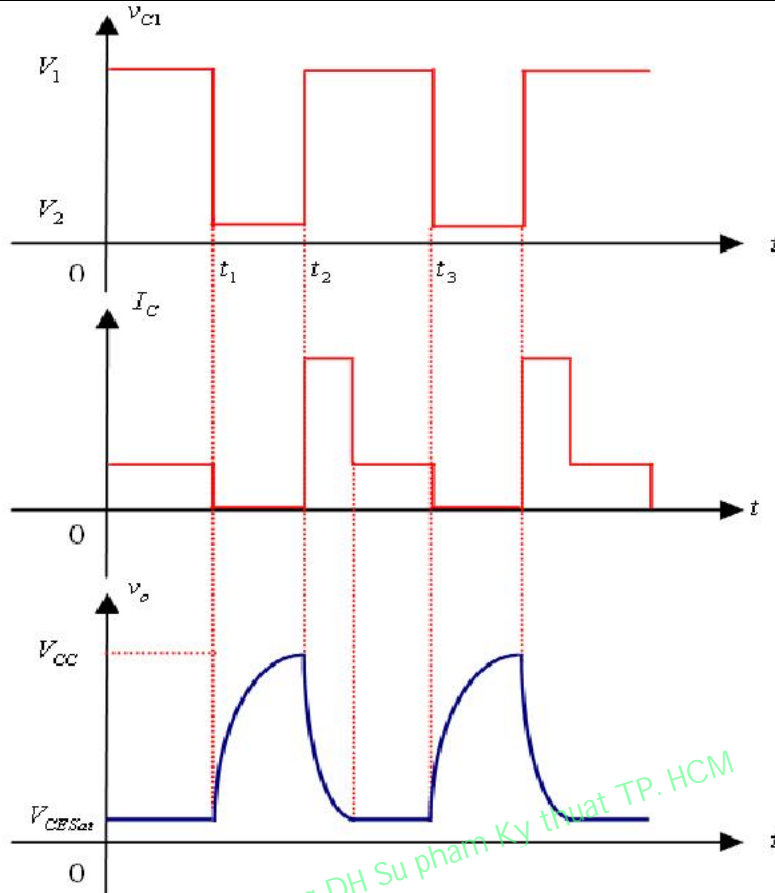
Tín hiệu vào tăng làm $v_B > V_\gamma$ nên dòng điện $I_B = \frac{V_{CC} - V_\gamma}{R_B}$ làm transistor chuyển trạng thái từ tắt sang dẫn bảo hoà – đi qua vùng khuếch đại nên dòng điện chạy vào cực C của transistor: $I_C = \frac{V_{CC} - V_{CESat}}{R_C} + i_C = I'_o$.

Trong đó i_C là dòng do tụ C bắt đầu phóng điện: dòng chạy từ cực dương của tụ qua mối nối CE của transistor về GND.

Điện áp ra là điện áp trên tụ C và phương trình xả cho tụ: $V_o(t) = V'_C \left(e^{-\frac{t}{R_C C}} \right)$

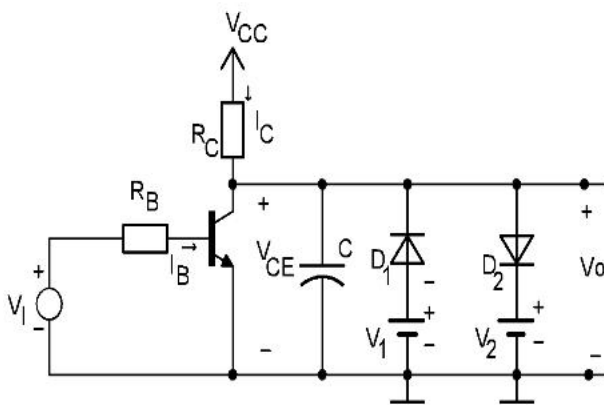
Thời hằng xả của tụ: $\tau_x = r_{CESat} C$

Sau khi phóng hết điện thì dòng điện chạy vào cực C của transistor: $I_C = \frac{V_{CC} - V_{CESat}}{R_C} = I'_o$

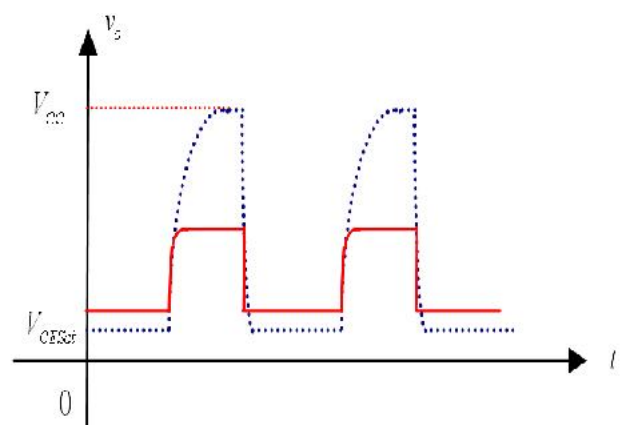


Hình 5-31. Dạng sóng vào ra.

Nhận xét: xung ra có sườn trước bị méo nhiều do $\tau_n = R_C C \gg \tau_x = r_{CESat} C$ vì điện trở $R_C \gg r_{CESat}$. Để giảm bớt méo dạng thì phải thực hiện bằng cách sử dụng transistor không bão hòa sâu có diode Schottky để chuyển mạch nhanh hoặc do sườn xung bị méo ta có thể giảm bớt méo bằng cách sử dụng thêm mạch xén 2 mức để có dạng sóng ngõ ra chấp nhận được như hình 5-32 và dạng sóng ra như hình 5-33.



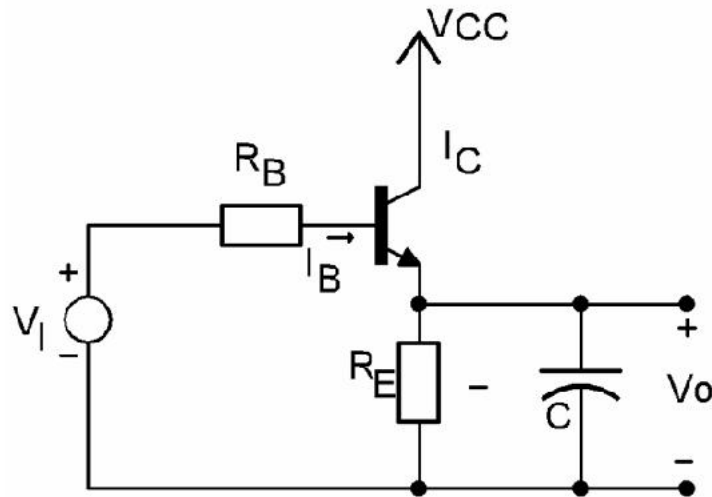
Hình 5-32. Thêm mạch xén 2 mức.



Hình 5-33. Dạng sóng vào ra.

V. CHUYỂN MẠCH C-C VỚI TẢI LÀ ĐIỆN DUNG:

Xét mạch điện như hình 5-34 với tải là điện dung ngõ vào của tầng kế nối song song với điện trở tải R_E .



Hình 5-34. Chuyển mạch CC với tải điện dung.

Cho tín hiệu vào là sóng vuông như hình 5-35.

- Xét trường hợp khi $t < t_1$

Transistor đang dẫn bão hoà:

Điện áp ra: $V_o = V_C(t) = V_E = V_{CC} - V_{CE} \cong V_{CC}$

- Xét trường hợp khi $t_1 \leq t < t_2$

Transistor bắt đầu chuyển trạng thái từ dẫn bão hoà sang trạng thái tắt:

Tụ C bắt đầu phóng điện với dòng chạy từ cực dương của tụ qua điện trở R_E về cực âm của tụ.

Điện áp ra là điện áp trên tụ C và tụ C xả điện theo phương trình:

$$V_o(t) = V_{CC} \left(e^{-\frac{t}{R_E C}} \right)$$

Thời hằng phóng của tụ: $\tau_x = R_E C$. Tùy thuộc vào thời gian transistor tắt mà tụ C có thể phóng hết điện tích hay còn, lượng điện áp tụ C còn lại được kí hiệu là: $V_C(t) = V_C'$

- Xét trường hợp khi $t = t_2$

Tín hiệu vào làm transistor chuyển trạng thái từ tắt sang dẫn bão hoà – và dòng điện chạy ra khỏi cực E của transistor gồm: dòng I_E và dòng nạp cho tụ C và khi đã nạp đầy thì chỉ còn dòng I_E .

$$I_E = \frac{V_{CC} - V_{CESat}}{R_E} + i_C = I_o'$$

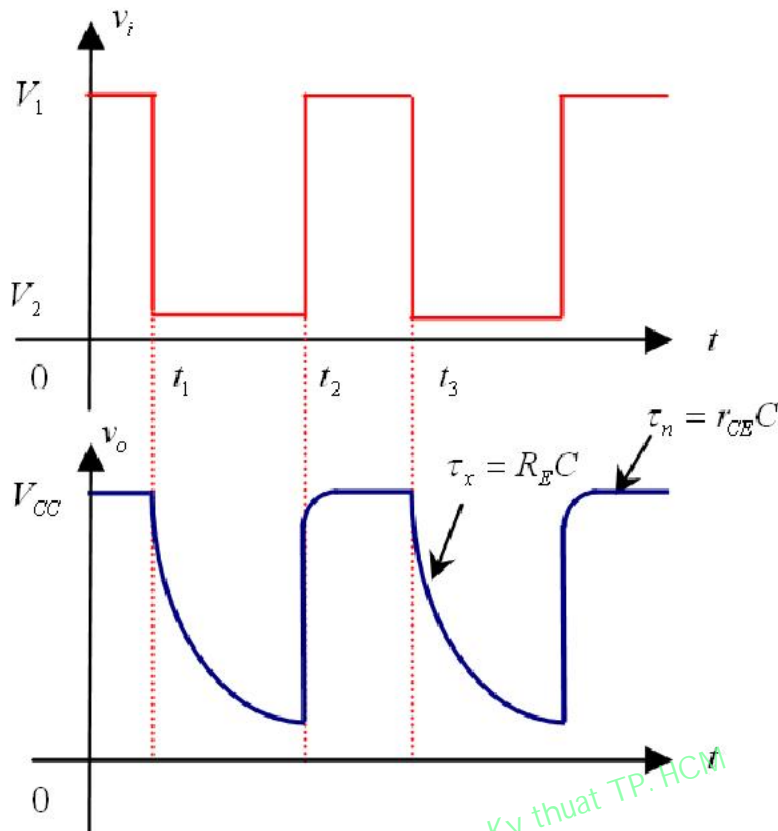
Trong đó i_C là dòng nạp cho tụ C: dòng chạy từ nguồn V_{CC} , qua mối nối CE của transistor, qua tụ C về GND.

Điện áp ra là điện áp trên tụ C và tụ C nạp điện theo phương trình:

$$V_o(t) = V_C(t) = (V_{CC} - V_C') \left(1 - e^{-\frac{t}{r_{CE} C}} \right) + V_C'$$

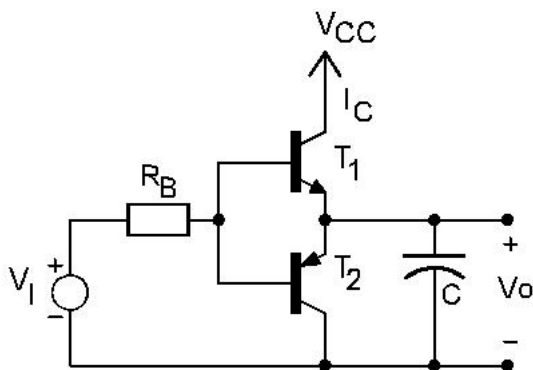
Thời hằng nạp cho tụ: $\tau_n = r_{CE} C$

Dạng sóng vào ra của mạch như hình 5-35.

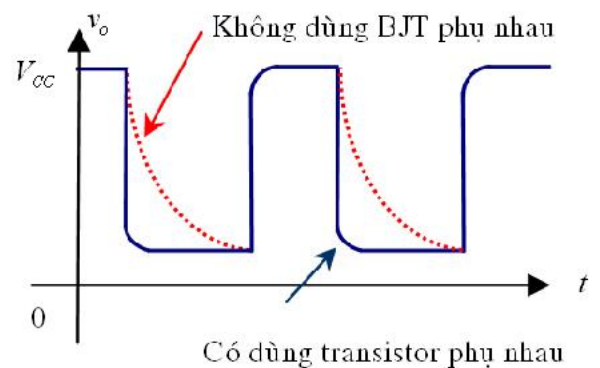


Hình 5-35. Dạng sóng vào ra.

Do $\tau_x = R_E C \gg \tau_n = r_{CE} C$ nên cạnh lên của xung tốt hơn là cạnh xuống của xung. Để cải thiện dạng sóng thì mạch dùng cặp transistor phụ nhau như hình 5-36 và dạng sóng được cải thiện như hình 5-37:



Hình 5-36. Thêm mạch xen 2 mức.

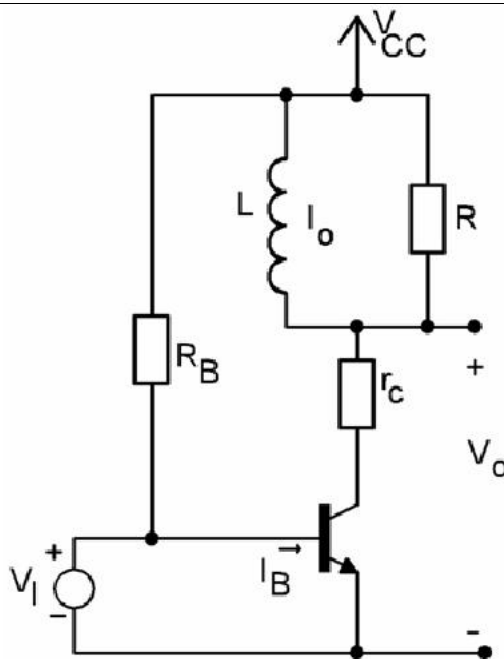


Hình 5-37. Dạng sóng ra.

VI. CHUYỂN MẠCH C-E VỚI TẢI LÀ CUỘN DÂY:

Trong một số mạch điện có sử dụng transistor làm chuyển mạch đóng mở cuộn dây của Relay hay điều khiển cuộn lái tia quét của đèn hình CRT trong tivi.

Xét mạch điện như hình 5-38, trong mạch có vẽ thêm điện trở r_c để xác định dòng I_{CSat} - trong thực tế thì không cần thiết vì điện trở dc của cuộn dây r_L và điện trở mối nối CE r_{CE} sẽ xác định dòng bảo hoà I_{CSat} .



Hình 5-38. Chuyển mạch CE với tải cuộn dây.

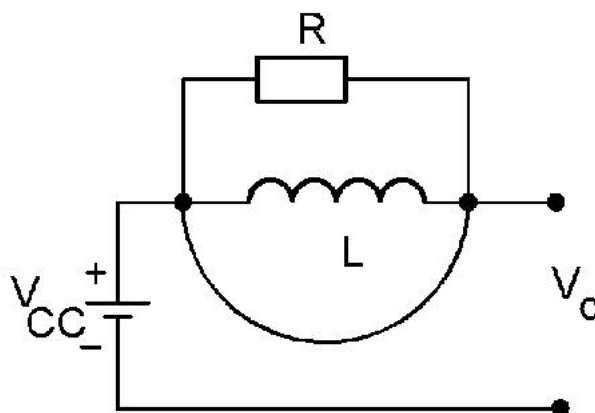
Cho tín hiệu vào là sóng vuông như hình 5-43.

- Xét trường hợp khi $t < t_1$

Khi Transistor dẫn bão hoà thì dòng điện qua cuộn dây L là:

$$I_o = \frac{V_{CC} - V_{CESat}}{r_c} \cong \frac{V_{CC}}{r_c}$$

Điện áp ra: $V_o \cong V_{CC}$ vì $X_L = 2\pi fL = 0$ và $r_L \cong 0$, nếu $r_L \neq 0$ thì có điện áp rơi trên r_L thì điện áp ra sẽ giảm. Mạch điện có thể được vẽ lại như hình 5-39.



Hình 5-39. Mạch được vẽ lại.

- Xét trường hợp khi $t_1 \leq t < t_2$

Transistor bắt đầu chuyển trạng thái từ dẫn bão hoà sang trạng thái tắt:

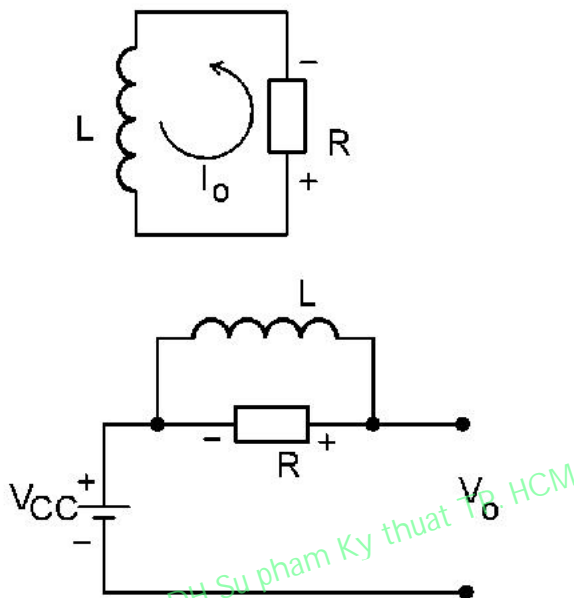
Dòng điện ban đầu qua cuộn dây L không giảm tức thời mà giảm dần về 0 theo hàm mũ

$$i_L(t) = I_o \left(e^{-\frac{t}{\tau_1}} \right) \text{ với thời hằng } \tau_1 = \frac{L}{R}$$

Điện áp ra:
$$v_o(t) = V_{CC} + i_L(t)R = V_{CC} + RI_o \left(e^{-\frac{t}{\tau_1}} \right)$$

Nếu R có giá trị lớn thì điện áp RI_o càng lớn có thể làm hỏng transistor vì $V_R \gg V_{CC}$.

Mạch điện được vẽ lại như hình 5-40:



Hình 5-40. Mạch được vẽ lại.

- Xét trường hợp khi $t = t_2$

Tín hiệu vào làm transistor chuyển trạng thái từ tắt sang dẫn bão hoà: tại thời điểm này dòng qua cuộn dây $i_L(t) = 0$. Dòng qua điện trở R là

$$I'_o = \frac{V_{CC} - V_{CESat}}{R + R_C} < I_o$$

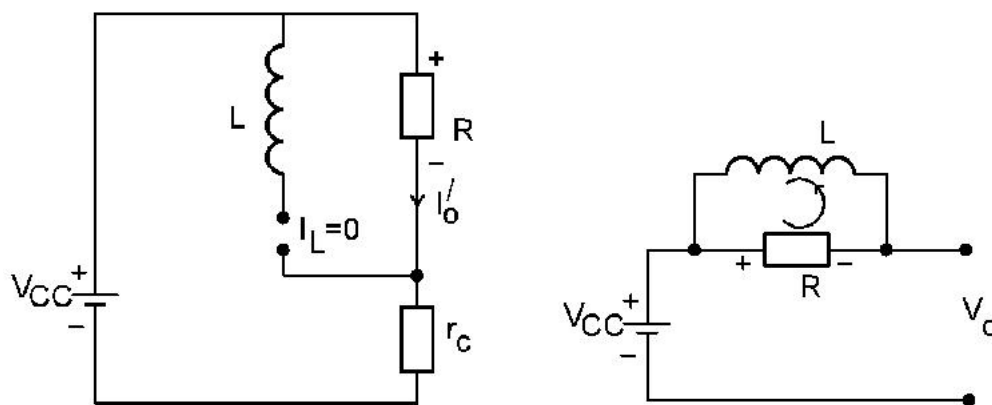
Dòng điện qua L tăng dần từ 0 theo phương trình:

$$i_L(t) = I_o \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_2}} \right)$$

Với thời hằng: $\tau_2 = \frac{L}{R'}$ và $R' = R \parallel r_c$

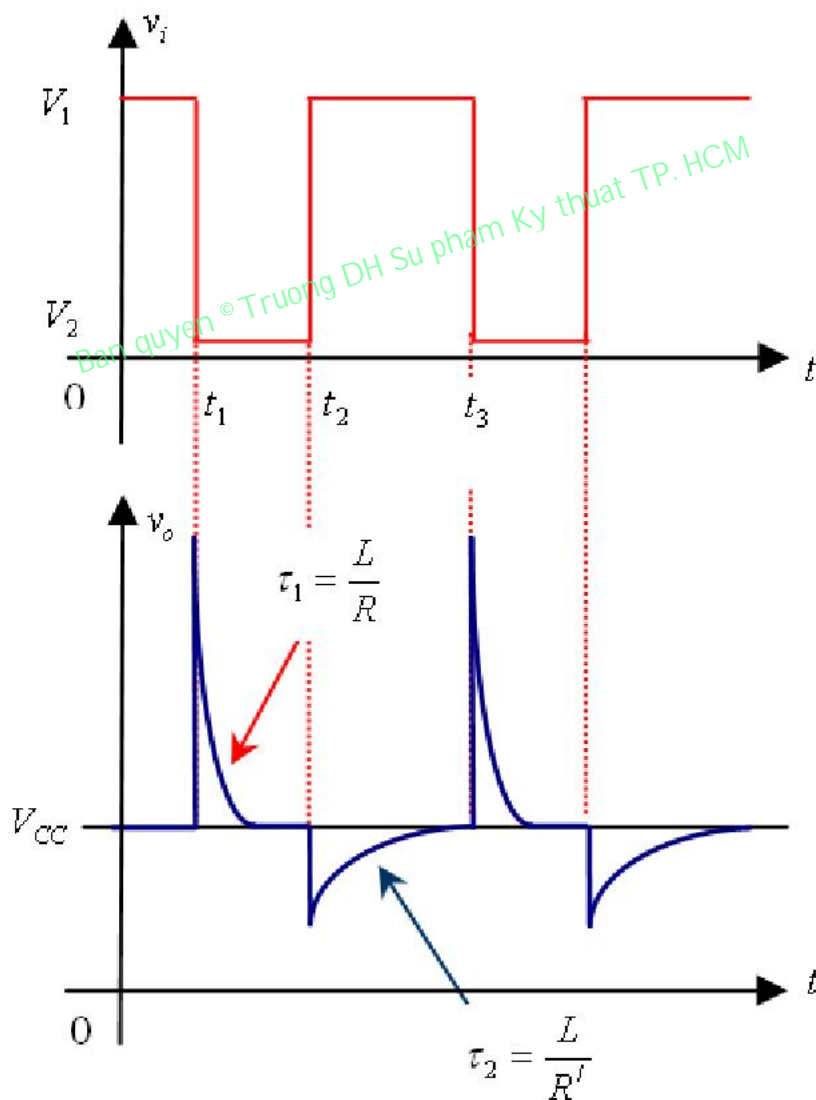
Điện áp ra:
$$v_o(t) = V_{CC} - i_L(t)R = V_{CC} - RI'_o \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_2}} \right)$$

Mạch điện được vẽ lại như hình 5-41:



Hình 5-41. Mạch được vẽ lại.

Dạng sóng vào ra của mạch như hình 5-42.



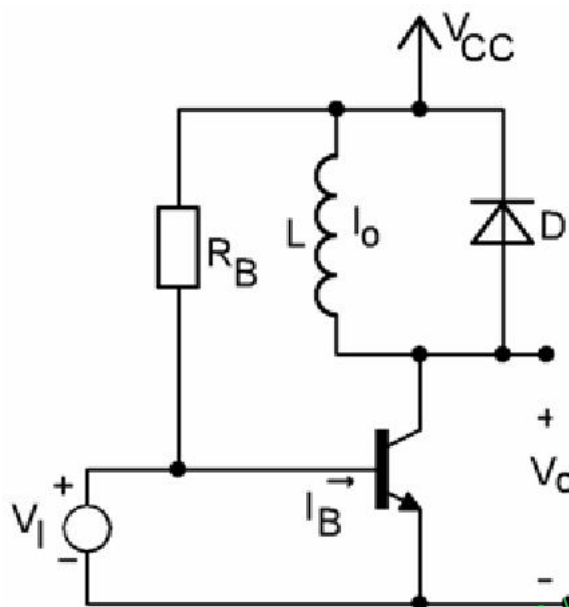
Hình 5-42. Dạng sóng vào ra.

Nhận xét:

Trong phần này chúng ta không xét điện dung ngõ ra mắc song song với tải, điện dung này có thể làm mạch dao động.

Để loại trừ gai nhọn ở dạng sóng ngõ ra ta dùng diode thay thế cho điện R như hình 5-43:

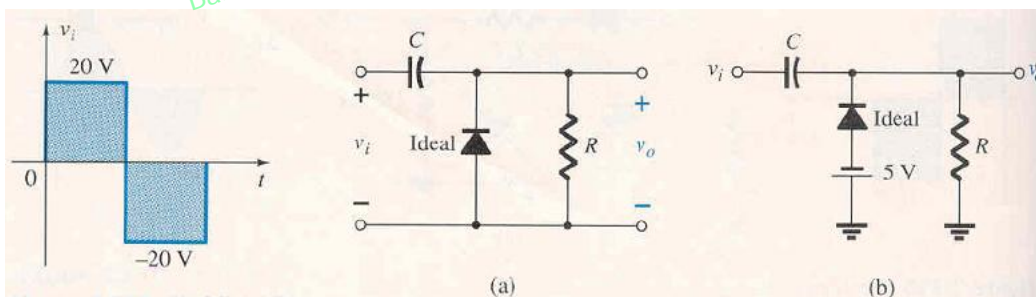
- Khi transistor dẫn bảo hoà thì diode PCN xem như hở mạch.
- Khi transistor tắt thì diode PCT và do điện trở của diode khi PCT bé nên điện áp tạo ra nhỏ và gai nhọn sẽ có biên độ nhỏ tương ứng.



Hình 5-43. Mạch dùng Diode thay thế cho R.

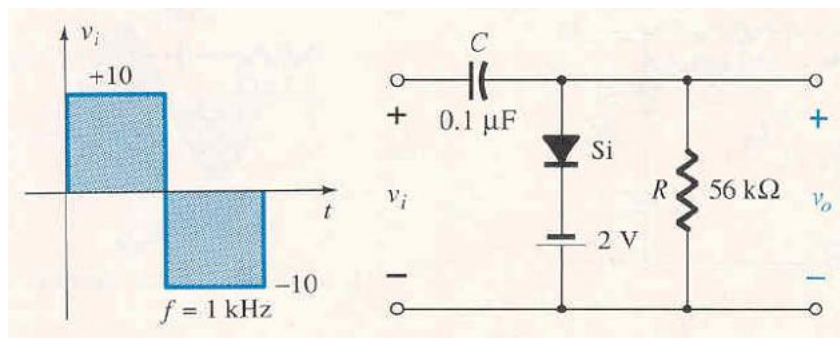
VII. BÀI TẬP:

Bài tập 1: Hãy vẽ tín hiệu ra của các mạch điện như hình 4-44.



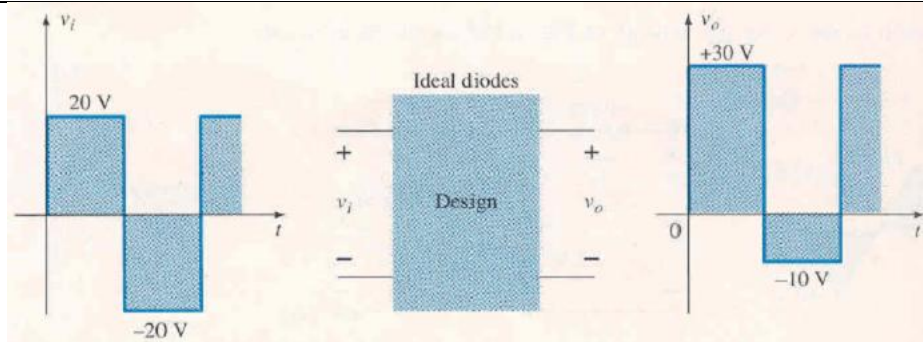
Hình 4-44. Mạch cho bài tập 1.

Bài tập 2: Hãy vẽ tín hiệu ra của các mạch điện như hình 4-45.



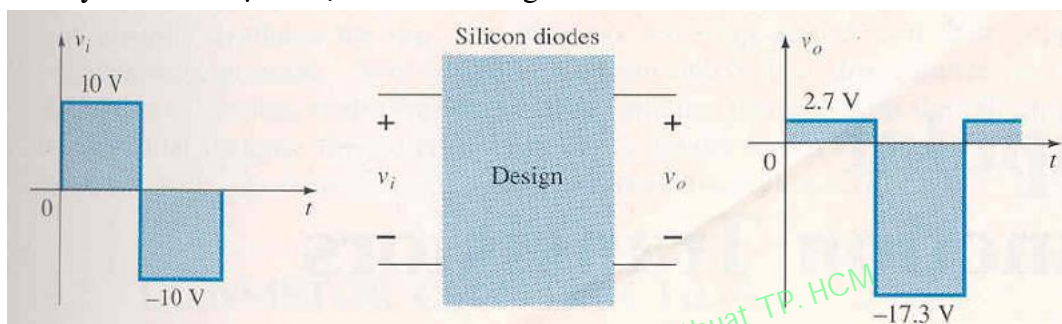
Hình 4-45. Mạch cho bài tập 2.

Bài tập 3: Hãy thiết kế mạch điện có chức năng như hình 4-46.



Hình 4-46. Mạch cho bài tập 3.

Bài tập 4: Hãy thiết kế mạch điện có chức năng như hình 4-47.



Hình 4-47. Mạch cho bài tập 4.

Bài tập 5: Hãy vẽ mạch dao động tạo xung vuông dùng OP- AMP và tính toán các giá trị để mạch dao động với tần số 1 KHz.

Bài tập 6: Hãy vẽ mạch dao động tạo xung vuông dùng 555 và tính toán các giá trị để mạch dao động với tần số 1 KHz.

Bài tập 7: Hãy vẽ mạch đơn ổn dùng 555 và tính toán các giá trị để thời gian tồn tại xung đơn ổn là 100ms.

end

Chương 6

MẠCH ĐA HÀI

GIỚI THIỆU

CÁC MẠCH DAO ĐỘNG ĐA HÀI DÙNG OP-AMP

NHẮC LẠI MẠCH SO SÁNH

MẠCH SO SÁNH ĐIỆN ÁP VỚI ĐIỆN ÁP 0V: (CÒN ĐƯỢC GỌI LÀ MẠCH PHÁT HIỆN ĐẾM 0V)

MẠCH SCHMITT TRIGGER ĐẢO – ĐỐI XỨNG

MẠCH SCHMITT TRIGGER KHÔNG ĐẢO – ĐỐI XỨNG

MẠCH DAO ĐỘNG BẤT ỔN DÙNG OP-AMP

MẠCH ĐƠN ỔN DÙNG OP-AMP

MẠCH DAO ĐỘNG ĐA HÀI DÙNG VI MẠCH 555

CẤU TRÚC VI MẠCH 555

MẠCH DAO ĐỘNG DÙNG VI MẠCH 555

MẠCH ĐƠN ỔN DÙNG VI MẠCH 555

MẠCH ĐA HÀI DÙNG VI MẠCH SỐ

CÁC VI MẠCH TRIGGER SCHMITT

MẠCH ĐƠN ỔN

MẠCH DAO ĐỘNG DÙNG VI MẠCH CỔNG NOT CÓ TRIGGER SCHMITT

MẠCH DAO ĐỘNG DÙNG TRANSISTOR

MẠCH DAO ĐỘNG ĐA HÀI DÙNG TRANSISTOR

MẠCH ĐƠN ỔN GHEP CỰC THU DÙNG TRANSISTOR

MẠCH ĐƠN ỔN GHEP CỰC PHÁT DÙNG TRANSISTOR

MẠCH TRIGGER SCHMITT

MẠCH DAO ĐỘNG ĐA HÀI DÙNG CÁC LINH KIỆN CÓ VÙNG ĐIỆN TRỞ ẨM

DIODE TUNNEL

UJT – TRANSISTOR ĐƠN NỐI

DIODE 4 LỚP

ỨNG DỤNG CỦA CÁC LINH KIỆN CÓ VÙNG ĐIỆN TRỞ ẨM ĐỂ TẠO MẠCH DAO ĐỘNG ĐA HÀI

MỘT SỐ DẠNG MẠCH ĐA HÀI DÙNG LINH KIỆN CÓ VÙNG ĐIỆN TRỞ ẨM

BÀI TẬP

- Hình 6-1. Sơ đồ khối mạch dao động.
- Hình 6-2. Sơ đồ khối mạch đơn ổn.
- Hình 6-3. Mạch dao động.
- Hình 6-4. Sơ đồ mạch và dạng sóng mạch so sánh điện áp với điện áp 0V.
- Hình 6-5. Sơ đồ mạch và dạng sóng mạch so sánh điện áp với điện áp 0V.
- Hình 6-6. Sơ đồ mạch Schmitt Trigger đảo – đối xứng.
- Hình 6-7. Đặc tuyến vào ra của mạch.
- Hình 6-8. Sơ đồ mạch Schmitt Trigger không đảo – đối xứng.
- Hình 6-9. Đặc tuyến vào ra của mạch.
- Hình 6-10. Sơ đồ mạch bắt ổn dùng Op-amp và dòng điện nạp và xả của tụ.
- Hình 6-11. Dạng sóng của tụ và sóng ra.
- Hình 6-12. Dời dạng sóng lên để tính chu kỳ dao động.
- Hình 6-13. Sơ đồ mạch đơn ổn dùng op-amp.
- Hình 6-14. Dạng sóng vào ra của đơn ổn.
- Hình 6-15. Sơ đồ mạch đơn ổn dùng op-amp.
- Hình 6-16. Dạng sóng vào ra của mạch đơn ổn.
- Hình 6-17. Dời tín hiệu lên để tính thời gian.
- Hình 6-18. Mạch ví dụ 6-1.
- Hình 6-19. Sơ đồ khối và sơ đồ chân vi mạch 555.
- Hình 6-20. Mạch dao động.
- Hình 6-21. Sơ đồ khối mạch dao động.
- Hình 6-22. Dạng sóng trên tụ và ngõ ra.
- Hình 6-23. Cải thiện để được dạng sóng đối xứng.
- Hình 6-24. Mạch đơn ổn.
- Hình 6-25. Sơ đồ khối.
- Hình 6-26. Dạng sóng của mạch đơn ổn.
- Hình 6-27. Cổng Not và dạng sóng vào ra của cổng NOT.
- Hình 6-28. Cổng Not có Schmitt Trigger và dạng sóng vào ra.
- Hình 6-29. Các vi mạch số có trigger Schmitt.
- Hình 6-30. Dạng sóng mạch đơn ổn dùng 74122 và 74123.
- Hình 6-31. Mạch dao động dùng vi mạch có trigger Schmitt.
- Hình 6-32. Mạch dao động dùng transistor.
- Hình 6-33. Trạng thái T2 dẫn, T1 tắt.
- Hình 6-34. Trạng thái T1 dẫn, T2 tắt.
- Hình 6-35. Dạng sóng.
- Hình 6-36. Sơ đồ mạch đơn ổn ghép cực thu.
- Hình 6-37. Các dạng sóng: V_{B2} , V_{xk} , V_{CE} .
- Hình 6-38. Vẽ lại dạng sóng V_{B2} .
- Hình 6-39. Mạch đơn ổn ghép cực phát.
- Hình 6-40. Mạch trigger Schmitt.
- Hình 6-41. Đặc tuyến von-ampe.
- Hình 6-42. Mạch tương đương của diode tunnel.
- Hình 6-43. Kí hiệu.
- Hình 6-44. Cấu tạo, kí hiệu và mạch tương đương của UJT.

Hình 6-45. Sơ đồ mạch và đặc tuyến của UJT.

Hình 6-46. Diode 4 lớp.

Hình 6-47. Đặc tuyến hình chữ N và hình chữ S.

Hình 6-48. Mạch điện trở âm dùng dòng không chế và đặc tuyến.

Hình 6-48. Đặc tuyến hoạt động ở chế độ đơn ổn.

Hình 6-49. Đặc tuyến hoạt động ở chế độ đơn ổn.

Hình 6-50. Hoạt động song ổn.

Hình 6-51. Hoạt động bất ổn.

Hình 6-52. Mạch điện trở âm dùng dòng không chế.

Hình 6-53a. Mạch đa hài dùng điện áp không chế.

Hình 6-53b. Đặc tuyến.

Hình 6-54. Mạch tương đương.

Bản quyền © Trường DH Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM

I. GIỚI THIỆU:

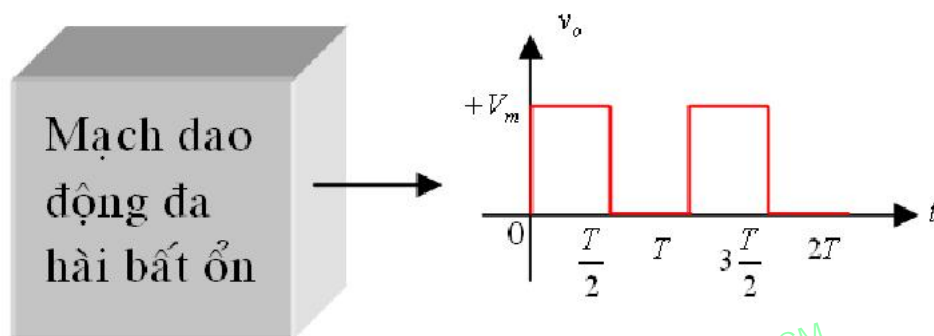
Trong kỹ thuật xung, ta thường gặp các dạng đa hài sau:

- Mạch đa hài bất ổn (astable multivibrator):

Không có trạng thái ổn định – đa hài tự dao động.

Ngõ ra luân phiên thay đổi theo 2 trạng thái mức cao và mức thấp với chu kỳ T và biên độ V do chính mạch quyết định.

Sơ đồ khối của mạch như hình 6-1.



Hình 6-1. Sơ đồ khối mạch dao động.

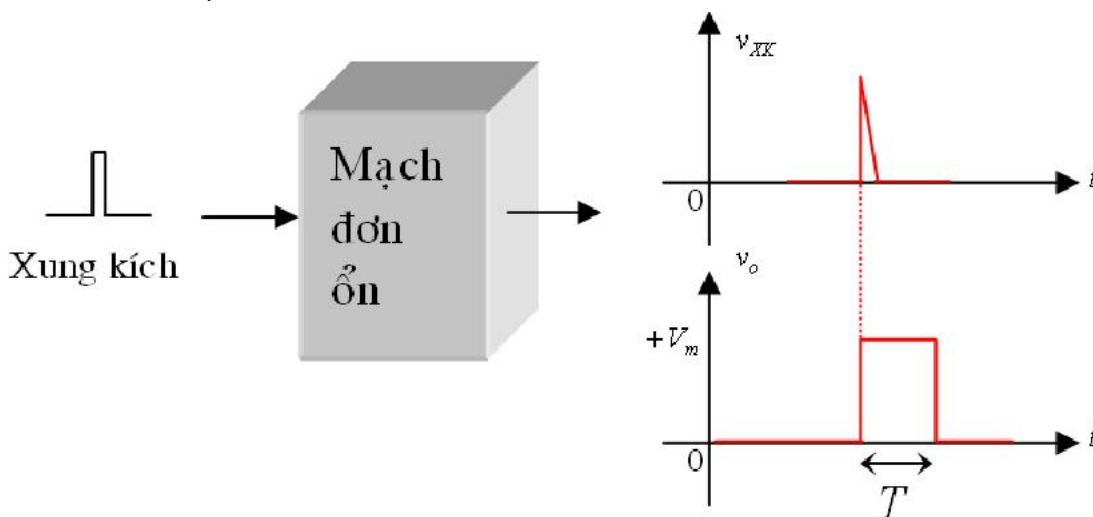
- Mạch đa hài bất ổn (monostable multivibrator):

Ngõ ra có 1 trạng thái ổn định ở mức cao hoặc mức thấp, còn có tên khác là mạch đa hài 1 trạng thái bền hay đa hài đợi.

Sau khi có xung kích thì mạch mới đổi trạng thái, sau một khoảng thời gian T thì mạch sẽ trở về trạng thái ổn định.

Thời gian tồn tại xung bất ổn và biên độ điện áp ra do mạch đơn ổn quyết định, xung kích có dạng gai nhọn dương hoặc gai nhọn âm.

Sơ đồ khối của mạch như hình 6-2.

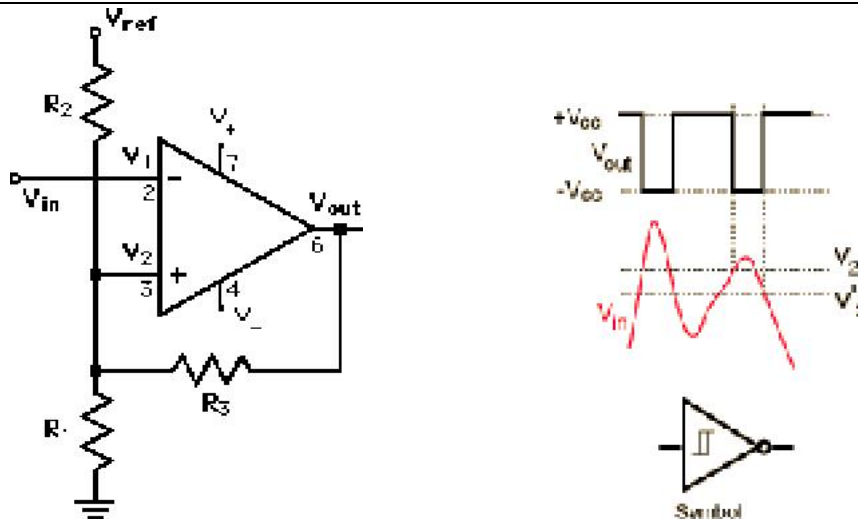


Hình 6-2. Sơ đồ khối mạch đơn ổn.

- Mạch đa hài 2 trạng thái ổn định không đối xứng (trigger Schmitt):

Là mạch sửa dạng xung thành xung vuông.

Sơ mạch và sơ đồ dạng sóng, kí hiệu như hình 6-3.



Hình 6-3. Mạch dao động.

Điện áp ra có 2 mức cao và thấp và chuyển trạng thái tùy thuộc vào thời điểm điện áp vào vượt qua 2 ngưỡng kích: ngưỡng kích trên và ngưỡng kích dưới.

- Mạch đa 2 trạng thái ổn định đối xứng (flip flop):

Đây là phần tử quan trọng trong kỹ thuật số, máy tính và chủ yếu gồm các loại Flip Flop RS, JK, flip flop T, flip flop D.

Có nhiều mạch dao động đa hài:

Dao động dùng op-amp.

Dao động dùng vi mạch số.

Dao động dùng vi mạch chuyên dụng.

Dao động dùng linh kiện rời.

Dao động dùng linh kiện có vùng điện trở âm.

Dùng mạch dao động nghẹt (blocking oscillator).

II. CÁC MẠCH DAO ĐỘNG ĐA HÀI DÙNG OP-AMP:

1. NHẮC LẠI MẠCH SO SÁNH

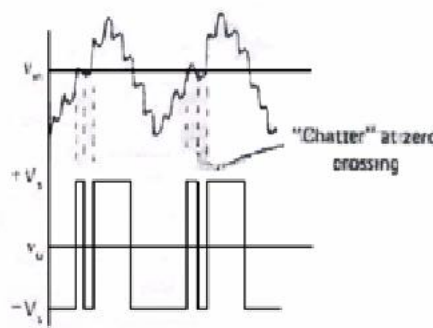
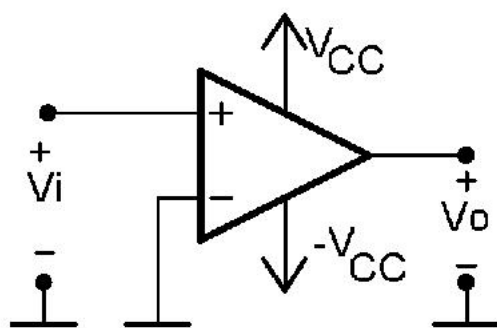
Op-amp có 2 vùng làm việc : vùng khuếch đại và vùng bão hòa, ở chế độ khuếch đại op-amp thường làm việc ở cấu hình hồi tiếp âm, ở chế độ bão hòa thì op-amp thường làm việc ở cấu hình vòng hở hoặc hồi tiếp dương. Ngõ ra chỉ có 2 trạng thái bão hòa dương và bão hòa âm.

Khi $v_+ > v_-$ thì $v_o = +V_{CC}$ và khi $v_+ < v_-$ thì $v_o = -V_{CC}$.

Ở cấu hình vòng hở op-amp sẽ làm việc với hệ số khuếch đại vòng hở và hệ số này rất lớn nên chỉ cần một sự chênh lệch rất nhỏ của 2 tín hiệu ngõ vào thì ngõ ra sẽ rơi vào vùng bão hòa.

2. MẠCH SO SÁNH ĐIỆN ÁP VỚI ĐIỆN ÁP 0V: (CÒN ĐƯỢC GỌI LÀ MẠCH PHÁT HIỆN ĐIỂM 0V)

Sơ đồ mạch so sánh điện áp với điện áp 0V và dạng sóng vào ra như hình 6-4.

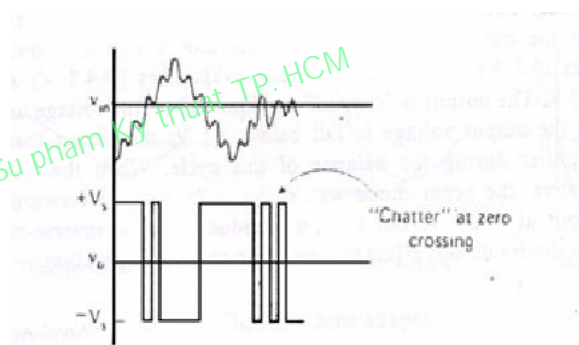
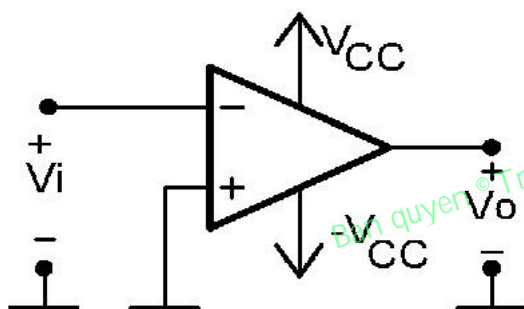


Hình 6-4. Sơ đồ mạch và dạng sóng mạch so sánh điện áp với điện áp 0V.

Nguyên lý so sánh:

- Khi $v_+ > v_- = 0V$ thì $v_o = +V_{CC}$
- Khi $v_+ < v_- = 0V$ thì $v_o = -V_{CC}$.

Tương tự như mạch so sánh ở trên chúng ta sẽ có mạch so sánh đảo như hình 6-5.



Hình 6-5. Sơ đồ mạch và dạng sóng mạch so sánh điện áp với điện áp 0V.

Nguyên lý so sánh:

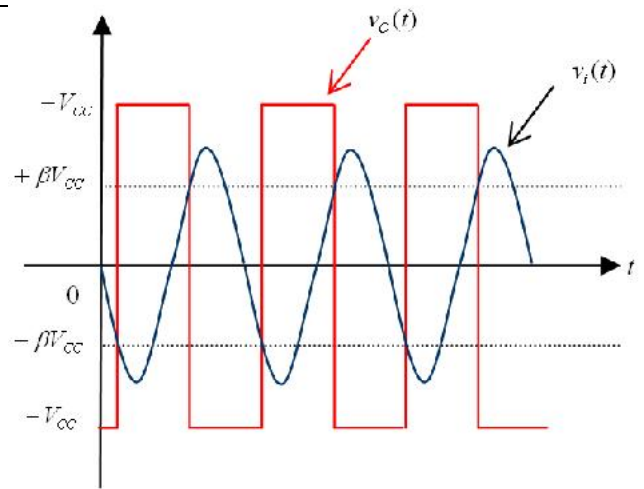
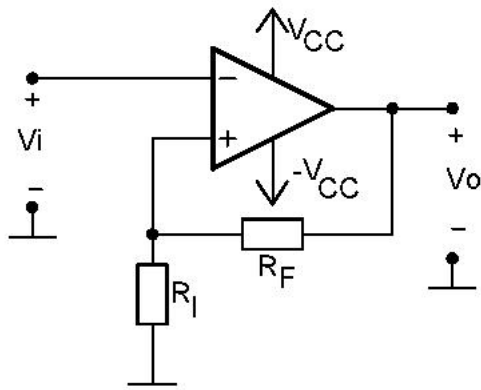
- Khi $v_- < v_+ = 0V$ thì $v_o = +V_{CC}$.
- Khi $v_- > v_+ = 0V$ thì $v_o = -V_{CC}$.

3. MẠCH SCHMITT TRIGGER ĐẢO – ĐỐI XỨNG:

Cũng chính là mạch so sánh điện áp nhưng thường dùng để biến đổi dạng tín hiệu sóng sin thành sóng vuông. Giống như các mạch so sánh ở trên thì mạch Schmitt Trigger cũng có 2 mạch đảo và không đảo. Ngoài ra còn có các dạng mạch đối xứng và không đối xứng.

Trong cấu hình mạch Schmitt Trigger op-amp làm việc ở cấu hình hồi tiếp dương.

Sơ đồ mạch Schmitt Trigger đảo – đối xứng và dạng sóng như hình 6-6.



Hình 6-6. Sơ đồ mạch Schmitt Trigger đảo – đối xứng.

Chú ý: điện trở R_I có giá trị nhỏ và R_F có giá trị lớn.

Nguyên lý hoạt động so sánh: nguyên lý so sánh vẫn dựa vào nguyên lý so sánh cơ bản “ khi $v_+ > v_-$ thì $v_o = +V_{CC}$ và khi $v_+ < v_-$ thì $v_o = -V_{CC}$ ”.

Đối với mạch đang khảo sát thì

Điện áp ngõ vào trừ:

$$v_- = v_i$$

Điện áp ngõ vào cộng :

$$v_+ = v_o \frac{R_I}{R_I + R_F} \tag{6-1}$$

Tùy thuộc vào điện áp ra ở trạng thái bảo hoà dương hay bảo hoà âm mà V_+ sẽ có 2 giá trị như sau:

Nếu $v_o = +V_{CC}$ thì
$$v_+ = +V_{CC} \frac{R_I}{R_I + R_F} = +V_{CC} \beta > 0V \tag{6-2}$$

Nếu $v_o = -V_{CC}$ thì
$$v_+ = -V_{CC} \frac{R_I}{R_I + R_F} = -V_{CC} \beta < 0V \tag{6-3}$$

Với 2 giá trị của v_+ thì ta có thể thấy được điện áp v_+ không phải là 1 điện áp cố định.

Nguyên lý hoạt động: cho tín hiệu vào mạch là tín hiệu sóng sin:

Giả sử điện áp ra $v_o = +V_{CC}$ thì ta suy ra $v_+ = +V_{CC} \beta > 0V$

Và
$$v_- = v_i < v_+ = +V_{CC} \beta$$

Để thay đổi trạng thái ngõ ra thì điện áp vào $v_- = v_i$ phải biến thiên theo chiều tăng cho đến khi thoả điều kiện

$$v_- = v_i > v_+ = +\beta V_{CC} \tag{6-4}$$

Khi thoả điều kiện này thì ngõ ra đảo trạng thái từ $v_o = +V_{CC}$ sang trạng thái $v_o = -V_{CC}$ và điện áp v_+ cũng thay đổi giá trị $v_+ = -V_{CC} \beta < 0V$.

Tại thời điểm này thì $v_- = v_i > v_+ = -V_{CC} \beta$, để mạch chuyển từ trạng thái $v_o = -V_{CC}$ sang trạng thái $v_o = +V_{CC}$ thì tín hiệu ngõ vào phải biến thiên theo chiều giảm cho đến khi thoả điều kiện

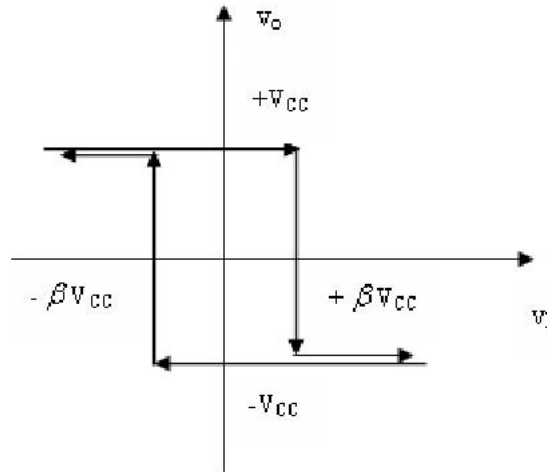
$$v_- = v_i < v_+ = -\beta V_{CC} \tag{6-5}$$

Khi thoả điều kiện này thì ngõ ra đảo trạng thái từ $v_o = -V_{CC}$ sang trạng thái $v_o = +V_{CC}$ và điện áp v_+ cũng thay đổi giá trị $v_+ = +V_{CC} \beta > 0V$. Mạch lặp lại trạng thái ban đầu.

Trong dạng sóng đã vẽ ở trên ta thấy có 2 kí hiệu: UTP và LTP chính là các điểm thay đổi trạng thái. (upper trigger point, lower trigger point)

Do $|UTP| = |LTP| = +V_{CC}\beta$ giá trị ngưỡng trên bằng giá trị của ngưỡng dưới nên được gọi là mạch ST đối xứng.

Đặc tuyến vào ra của mạch như hình 6-7.



Hình 6-7. Đặc tuyến vào ra của mạch

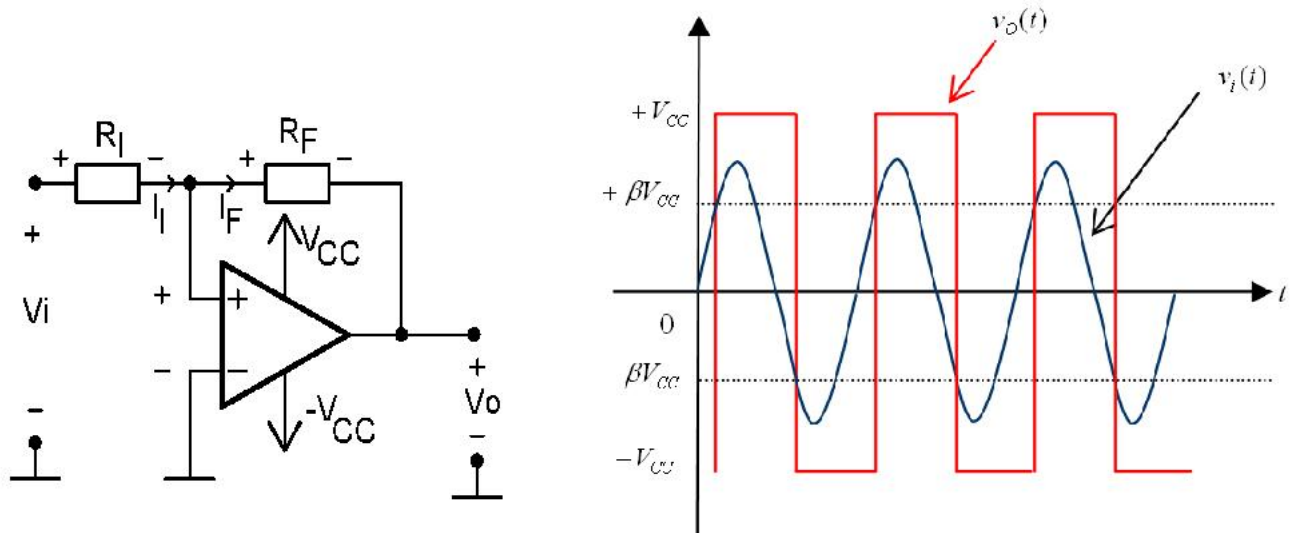
Giải thích đặc tuyến vào ra:

Khi tín hiệu biến thiên theo chiều tăng từ âm sang dương nhưng nếu $v_- = v_i < v_+ = +\beta V_{CC}$ thì $v_o = +V_{CC}$ và khi $v_- = v_i > v_+ = +\beta V_{CC}$ thì tín hiệu ra chuyển sang trạng thái $v_o = -V_{CC}$.

Khi tín hiệu biến thiên theo chiều giảm từ dương sang âm nhưng nếu $v_- = v_i > v_+ = -\beta V_{CC}$ thì tín hiệu ra chuyển sang trạng thái $v_o = +V_{CC}$ và khi $v_- = v_i < v_+ = -\beta V_{CC}$ thì tín hiệu ra chuyển sang trạng thái $v_o = -V_{CC}$.

4. MẠCH SCHMITT TRIGGER KHÔNG ĐẢO – ĐỐI XỨNG.

Sơ đồ mạch Schmitt Trigger không đảo – đối xứng và dạng sóng vào ra như hình 6-8.



Hình 6-8. Sơ đồ mạch Schmitt Trigger không đảo – đối xứng.

Nguyên lý hoạt động so sánh: nguyên lý so sánh vẫn dựa vào nguyên lý so sánh cơ bản “ khi $v_+ > v_-$ thì $v_o = +V_{CC}$ và khi $v_+ < v_-$ thì $v_o = -V_{CC}$ ”.

Đối với mạch đang khảo sát thì

Điện áp ngõ vào trừ: $v_- = 0V$

Điện áp ngõ vào cộng phụ thuộc vào v_I và điện áp ra v_O cách tính như sau:

Viết phương trình mạch vòng
$$v_I - iR_I - iR_F - v_O = 0 \tag{6-8}$$

Suy ra

$$i = \frac{v_I - v_O}{R_I + R_F}$$

Điện áp
$$v_+ = v_I - iR_I = v_I - R_I \frac{v_I - v_O}{R_I + R_F} = v_I \frac{R_F}{R_I + R_F} + \frac{R_I}{R_I + R_F} v_O \tag{6-9}$$

Nhận xét: điện áp v_+ phụ thuộc vào điện áp của tín hiệu vào v_I và điện áp của tín hiệu ra v_O .
 Tùy thuộc vào điện áp ra ở trạng thái bão hoà dương hay bão hoà âm mà v_+ sẽ có 2 giá trị như sau:

Nếu $v_O = +V_{CC}$ thì
$$v_+ = v_I \frac{R_F}{R_I + R_F} + \frac{R_I}{R_I + R_F} V_{CC} \tag{6-10}$$

Nếu $v_O = -V_{CC}$ thì
$$v_+ = v_I \frac{R_F}{R_I + R_F} - \frac{R_I}{R_I + R_F} V_{CC} \tag{6-11}$$

Nguyên lý hoạt động: cho tín hiệu vào mạch là tín hiệu sóng sin:

Giả sử điện áp ra $v_O = +V_{CC}$ thì ta suy ra
$$v_+ = v_I \frac{R_F}{R_I + R_F} + \frac{R_I}{R_I + R_F} V_{CC} > v_- = 0V$$

Để thay đổi trạng thái ngõ ra thì điện áp vào v_I phải biến thiên theo chiều giảm (âm) cho đến khi thỏa điều kiện

$$v_+ = v_I \frac{R_F}{R_I + R_F} + \frac{R_I}{R_I + R_F} V_{CC} < v_- = 0V \tag{6-12}$$

Khi thỏa điều kiện này thì ngõ ra đảo trạng thái từ $v_O = +V_{CC}$ sang trạng thái $v_O = -V_{CC}$ và điện áp v_+ cũng thay đổi giá trị
$$v_+ = v_I \frac{R_F}{R_I + R_F} - \frac{R_I}{R_I + R_F} V_{CC} < v_- = 0V$$
.

Tính giá trị của điện áp vào v_I từ phương trình (6-12) ta được:

$$v_I < -\frac{R_I}{R_F} V_{CC} = -V_{CC} \beta \tag{6-13}$$

Vậy v_I phải biến thiên theo chiều giảm cho đến khi nhỏ hơn $-\frac{R_I}{R_F} V_{CC}$ thì mạch đổi trạng thái.

Để mạch chuyển từ trạng thái $v_O = -V_{CC}$ sang trạng thái $v_O = +V_{CC}$ thì tín hiệu ngõ vào v_I phải biến thiên theo chiều tăng cho đến khi thỏa điều kiện

$$v_+ = v_I \frac{R_F}{R_I + R_F} - \frac{R_I}{R_I + R_F} V_{CC} > v_- = 0V \tag{6-14}$$

Khi thỏa điều kiện này thì ngõ ra đảo trạng thái từ $v_O = -V_{CC}$ sang trạng thái $v_O = +V_{CC}$ và điện áp v_+ cũng thay đổi giá trị
$$v_+ = v_I \frac{R_F}{R_I + R_F} + \frac{R_I}{R_I + R_F} V_{CC} > v_- = 0V$$
. Mạch lặp lại trạng thái ban đầu.

Tính giá trị của điện áp vào v_I từ phương trình (6-14) ta được:

$$v_I > \frac{R_I}{R_F} V_{CC} = +V_{CC} \beta \tag{6-15}$$

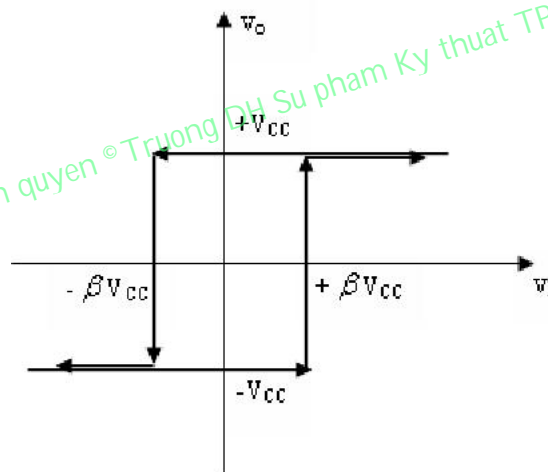
Vậy v_I phải biến thiên theo chiều tăng cho đến khi lớn hơn $+\frac{R_I}{R_F} V_{CC}$ thì mạch đổi trạng thái.

Trong dạng sóng đã vẽ ở trên ta thấy có 2 kí hiệu: UTP và LTP chính là các điểm thay đổi trạng thái

Do $|UTP| = |LTP| = +V_{CC} \frac{R_I}{R_F}$ giá trị ngưỡng trên bằng giá trị của ngưỡng dưới nên được gọi là mạch ST đối xứng.

Trong dạng sóng ta thấy tín hiệu ra cùng pha so với tín hiệu vào nên gọi là mạch ST không đảo.

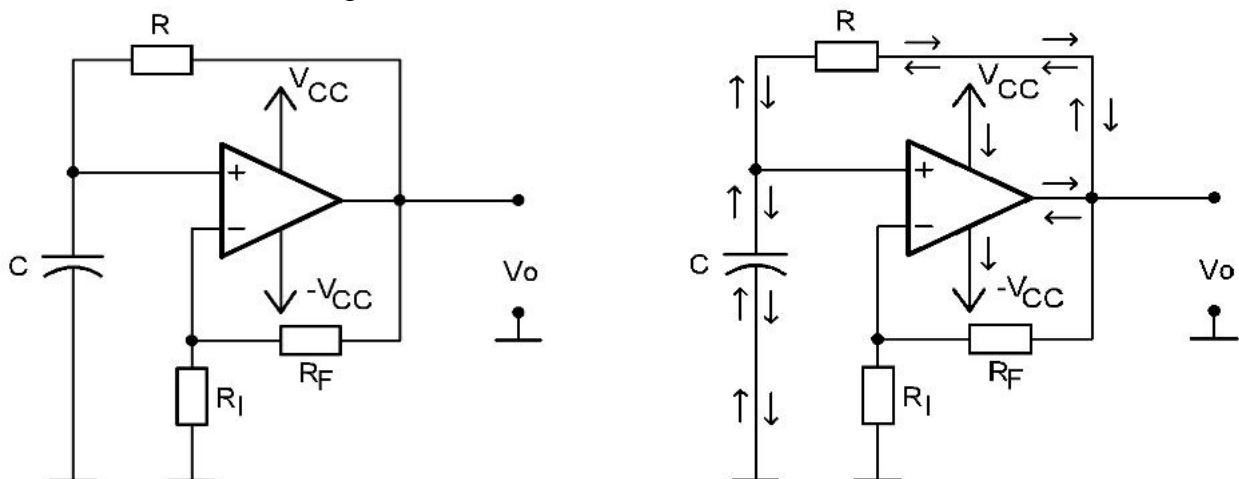
Đặc tuyến vào ra của mạch như hình 6-9.



Hình 6-9. Đặc tuyến vào ra của mạch.

5. MẠCH DAO ĐỘNG BẤT ỔN DÙNG OP-AMP:

Sơ đồ mạch dao động như hình 6-10.



Hình 6-10. Sơ đồ mạch bất ổn dùng Op-amp và dòng điện nạp và xả của tụ.

Nguyên lý hoạt động so sánh: vẫn dựa vào nguyên lý so sánh cơ bản “ khi $v_+ > v_-$ thì $v_o = +V_{CC}$ và khi $v_+ < v_-$ thì $v_o = -V_{CC}$ ”.

Ta có điện áp ngõ vào trừ: $v_- = v_C$

Ta có điện áp ngõ vào cộng : $v_+ = v_o \frac{R_I}{R_I + R_F}$ (6-31)

Tùy thuộc vào điện áp ra ở trạng thái bảo hoà dương hay bảo hoà âm mà V_+ sẽ có 2 giá trị như sau:

Nếu $v_o = +V_{CC}$ thì $v_+ = +V_{CC} \frac{R_I}{R_I + R_F} = +V_{CC} \beta > 0V$ (6-32)

Nếu $v_o = -V_{CC}$ thì $v_+ = -V_{CC} \frac{R_I}{R_I + R_F} = -V_{CC} \beta < 0V$ (6-33)

Với 2 giá trị của v_+ thì ta có thể thấy được điện áp v_+ không phải là 1 điện áp cố định.

Giả sử khi cấp điện thì điện áp ngõ ra $v_o = +V_{CC}$ nên ta có

$$v_+ = +V_{CC} \frac{R_I}{R_I + R_F} = +V_{CC} \beta > v_- = v_C$$

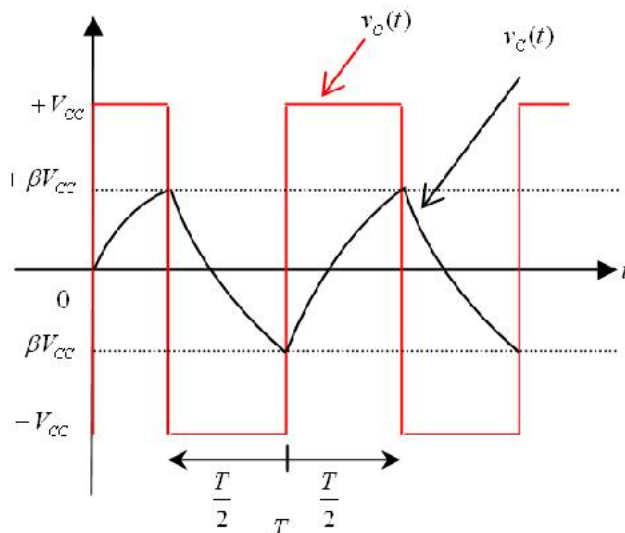
Tụ C sẽ được nạp điện với dòng điện chạy từ nguồn $+V_{CC}$ qua điện trở R và qua tụ C về GND. Phương trình nạp cho tụ $v_C = +V_{CC} \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$

Điện áp sẽ tăng dần theo thời gian cho đến khi $v_- = v_C > v_+ = +V_{CC} \beta$ thì ngõ ra đảo trạng thái $v_o = -V_{CC}$ và điện áp $v_+ = -V_{CC} \beta < v_- = v_C$.

Tụ sẽ xả điện với dòng điện chạy từ GND qua tụ, qua R chạy về nguồn $-V_{CC}$, điện áp trên tụ C sẽ giảm dần theo thời gian cho đến khi $v_- = v_C < v_+ = -V_{CC} \beta$ thì ngõ ra đảo trạng thái $v_o = +V_{CC}$ và điện áp $v_+ = +V_{CC} \beta > v_- = v_C$.

Quy trình được thực hiện như ban đầu.

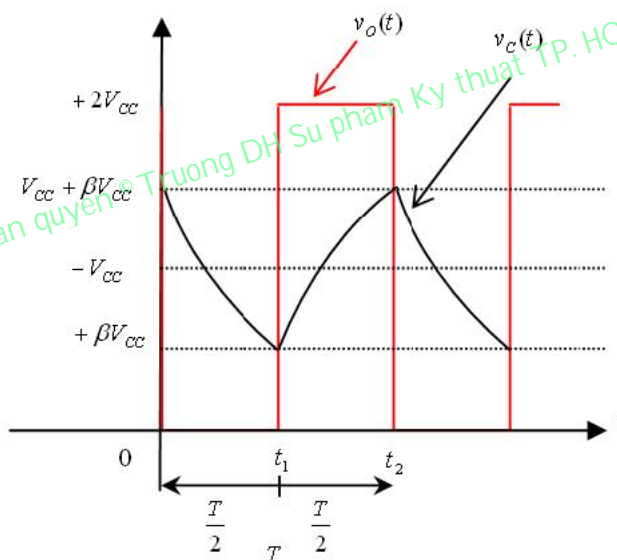
Dạng sóng trên tụ và dạng sóng ra như hình 6-11:



Hình 6-11. Dạng sóng của tụ và sóng ra.

Tính chu kỳ dao động của mạch:

Để tính chu kỳ dao động thì ta phải dời tín hiệu lên trên 1 lượng điện áp như hình 6-12.



Hình 6-12. Dời dạng sóng lên để tính chu kỳ dao động.

Trong khoảng thời gian từ $0 \Rightarrow t_1$ thì tụ C xả điện theo phương trình

$$v_c(t) = (V_{cc} + \beta V_{cc}) e^{-\frac{t}{RC}}$$

Tại giá trị $t = \frac{T}{2}$ thì ta có

$$v_c\left(\frac{T}{2}\right) = (V_{cc} - \beta V_{cc}) = (V_{cc} + \beta V_{cc}) e^{-\frac{T}{2RC}}$$

Suy ra

$$e^{\frac{T}{2RC}} = \frac{(V_{cc} + \beta V_{cc})}{(V_{cc} - \beta V_{cc})} = \frac{(1 + \beta)}{(1 - \beta)}$$

Tính được

$$\frac{T}{2RC} = \ln \frac{(1 + \beta)}{(1 - \beta)}$$

Hay

$$T = 2RC \ln \frac{(1 + \beta)}{(1 - \beta)}$$

Và tần số $f = \frac{1}{T}$

Nhận xét: tần số dao động của mạch phụ thuộc vào R, C tỉ số $\beta = \frac{R_I}{R_I + R_F}$ chứ không phụ thuộc vào nguồn cung cấp.

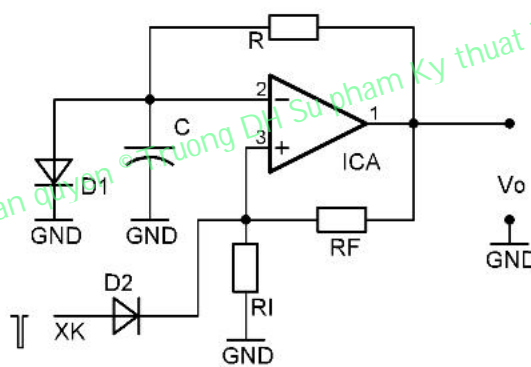
Bài tập

1. Tìm tần số dao động của mạch dao động với các thông số như sau: $R = 1,2K\Omega$, $C = 100nF$, $R_I = 10K\Omega$, $R_F = 18K\Omega$
2. Thiết kế một mạch dao động dùng Op-amp có tần số $f = 100Hz$, biên độ nguồn cung cấp: $\pm V_{CC} = \pm 5V$, $R_I = R_F = 10K\Omega$.
 - a. Tìm thời hằng $\tau = RC$
 - b. Nếu cho $C = 1\mu F$ và tìm $R = ?$

6. MẠCH ĐƠN ỔN DÙNG OP-AMP:

a. Mạch đơn ổn với trạng thái ổn định ở mức $+V_{CC}$:

Sơ đồ mạch dao động như hình 6-13.



Hình 6-13. Sơ đồ mạch đơn ổn dùng op-amp.

Nguyên lý hoạt động so sánh: vẫn dựa vào nguyên lý so sánh cơ bản “ khi $v_+ > v_-$ thì $v_o = +V_{CC}$ và khi $v_+ < v_-$ thì $v_o = -V_{CC}$ ”.

Ta có điện áp ngõ vào trừ: $v_- = v_C = V_{D1}$

Ta có điện áp ngõ vào cộng: $v_+ = v_o \frac{R_I}{R_I + R_F}$ (6-31)

Tùy thuộc vào điện áp ra ở trạng thái bảo hoà dương hay bảo hoà âm mà V_+ sẽ có 2 giá trị như sau:

Nếu $v_o = +V_{CC}$ thì $v_+ = +V_{CC} \frac{R_I}{R_I + R_F} = +V_{CC} \beta > 0V$ (6-32)

Nếu $v_o = -V_{CC}$ thì $v_+ = -V_{CC} \frac{R_I}{R_I + R_F} = -V_{CC} \beta < 0V$ (6-33)

Giả sử khi cấp điện thì điện áp ngõ ra $v_o = +V_{CC}$ nên ta có

$$v_+ = +V_{CC} \frac{R_I}{R_I + R_F} = +V_{CC} \beta > v_- = v_C = V_{D1}$$

Tụ C sẽ được nạp điện với dòng điện chạy từ nguồn $+V_{CC}$ qua điện trở R và qua tụ C về GND. Phương trình nạp cho tụ $v_C = +V_{CC} \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$

Điện áp sẽ tăng dần theo thời gian cho đến khi $v_- = v_C = V_{D1} \geq V_\gamma$ thì diode D1 dẫn – rẽ dòng qua diode làm điện áp trên tụ không thể tăng lên được nữa – mạch ổn định ở luôn trạng thái này.

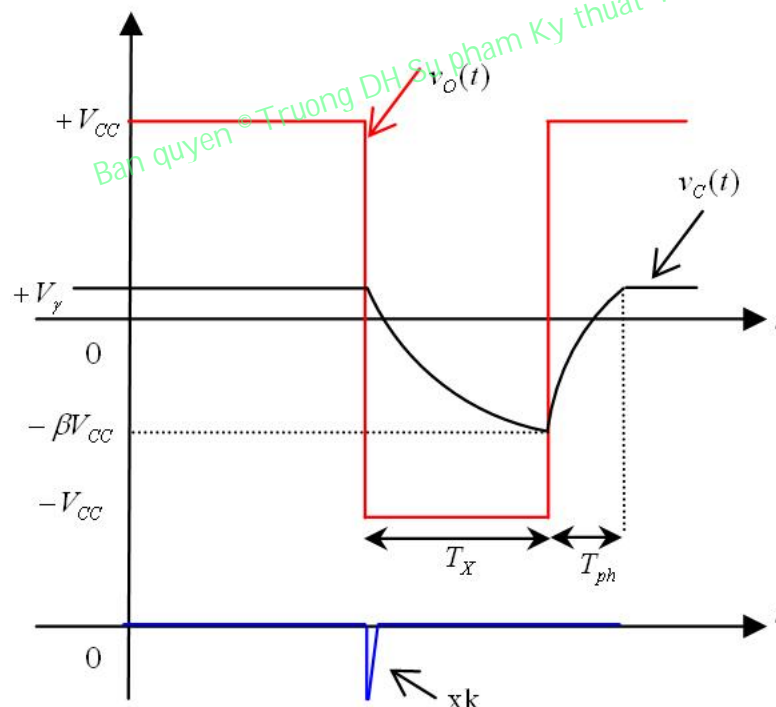
Để đảo trạng thái ngõ ra thì phải kích một nguồn năng lượng điện áp âm vào ngõ vào cộng sao cho $v_+ = -V_{CC}\beta < v_- = v_C$.

Khi đó ngõ ra đảo trạng thái $v_O = -V_{CC}$

Tụ sẽ xả điện với dòng điện chạy từ GND qua tụ, qua R chạy về nguồn $-V_{CC}$, điện áp trên tụ C sẽ giảm dần theo thời gian cho đến khi $v_- = v_C < v_+ = -V_{CC}\beta$ thì ngõ ra đảo trạng thái $v_O = +V_{CC}$ và điện áp $v_+ = +V_{CC}\beta > v_- = v_C$.

Quy trình được thực hiện như ban đầu cho đến khi diode D1 dẫn – mạch trở lại trạng thái ổn định ban đầu cho đến khi có xung kích tiếp theo.

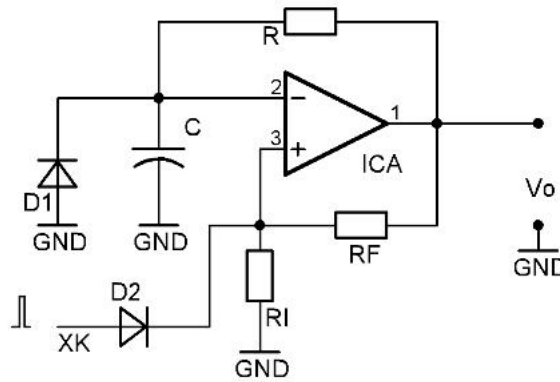
Dạng sóng xung kích và dạng sóng ra như hình 6-14:



Hình 6-14. Dạng sóng vào ra của đơn ổn.

b. Mạch đơn ổn với trạng thái ổn định ở mức $-V_{CC}$:

Sơ đồ mạch dao động như hình 6-15.



Hình 6-15. Sơ đồ mạch đơn ổn dùng op-amp.

Nguyên lý hoạt động so sánh: vẫn dựa vào nguyên lý so sánh cơ bản “ khi $v_+ > v_-$ thì $v_o = +V_{CC}$ và khi $v_+ < v_-$ thì $v_o = -V_{CC}$ ”.

Ta có điện áp ngõ vào trừ: $v_- = v_C = V_{D1}$

Ta có điện áp ngõ vào cộng : $v_+ = v_o \frac{R_I}{R_I + R_F}$ (6-31)

Tùy thuộc vào điện áp ra ở trạng thái bão hoà dương hay bão hoà âm mà V_+ sẽ có 2 giá trị như sau:

Nếu $v_o = +V_{CC}$ thì $v_+ = +V_{CC} \frac{R_I}{R_I + R_F} = +V_{CC} \beta > 0V$ (6-32)

Nếu $v_o = -V_{CC}$ thì $v_+ = -V_{CC} \frac{R_I}{R_I + R_F} = -V_{CC} \beta < 0V$ (6-33)

Giả sử khi cấp điện thì điện áp ngõ ra $v_o = -V_{CC}$ nên ta có

$$v_+ = -V_{CC} \frac{R_I}{R_I + R_F} = -V_{CC} \beta < v_- = v_C = V_{D1}$$

Tụ sẽ xả điện với dòng điện chạy từ GND qua tụ, qua R chạy về nguồn $-V_{CC}$, điện áp trên tụ C sẽ giảm dần theo thời gian cho đến khi $v_- = v_C = V_{D1} \leq -V_{\gamma}$ thì diode D1 dẫn – rẽ dòng làm điện áp trên tụ không thể giảm hơn nữa.

Để đảo trạng thái ngõ ra thì phải kích một nguồn năng lượng điện áp dương vào ngõ vào cộng sao cho $v_+ > v_- = v_C = V_{D1}$.

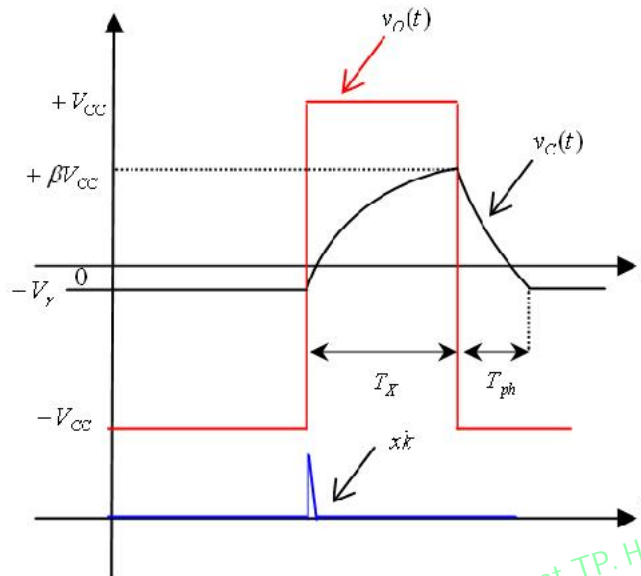
Khi đó ngõ ra đảo trạng thái $v_o = +V_{CC}$

Và điện áp $v_+ = +V_{CC} \beta > v_- = v_C$.

Tụ C sẽ được nạp điện với dòng điện chạy từ nguồn $+V_{CC}$ qua điện trở R và qua tụ C về GND. Phương trình nạp cho tụ $v_C = +V_{CC} \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$, diode D1 phân cực ngược – xem như hở mạch.

Điện áp sẽ tăng dần theo thời gian cho đến khi $v_- = v_C > v_+$ mạch đảo trạng thái ngỏ ra $v_o = -V_{CC}$ và $v_+ = -V_{CC}\beta$. Tụ C xả điện cho đến khi diode D1 dẫn thì mạch trở lại trạng thái ổn định và chờ cho đến khi có xung kích tiếp theo.

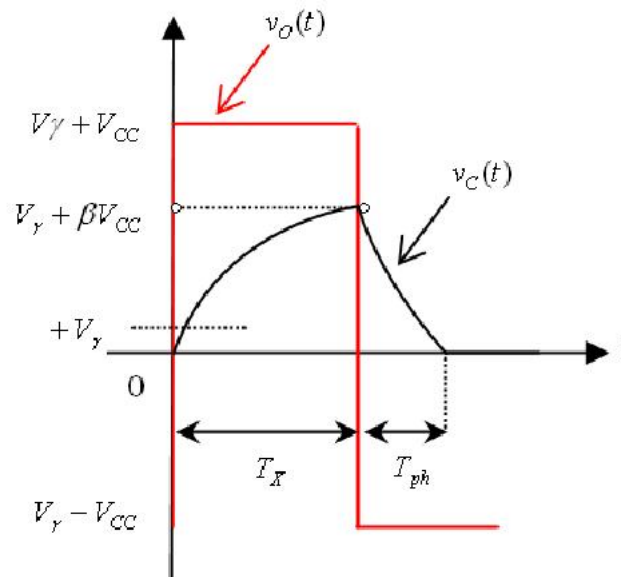
Dạng sóng xung kích và dạng sóng ra như hình 6-16:



Hình 6-16. Dạng sóng vào ra của mạch đơn ổn.

Tính thời gian tồn tại xung đơn ổn của mạch:

Để tính chu kỳ dao động thì ta phải dời tín hiệu lên trên 1 lượng điện áp như hình 6-17:



Hình 6-17. Dời tín hiệu lên để tính thời gian.

Phương trình nạp của tụ C

$$v_C(t) = (V_{CC} + V_Y) \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

Tại giá trị $t = T_X$ thì ta có

$$v_C(T_X) = (V_{CC} + V_Y) \left(1 - e^{-\frac{T_X}{RC}} \right) = (\beta V_{CC} + V_Y)$$

Suy ra
$$\left(1 - e^{-\frac{T_x}{RC}}\right) = \frac{(\beta V_{CC} + V_\gamma)}{(V_{CC} + V_\gamma)} = \frac{\left(\beta + \frac{V_\gamma}{V_{CC}}\right)}{\left(1 + \frac{V_\gamma}{V_{CC}}\right)}$$

Đặt $k = \frac{V_\gamma}{V_{CC}}$ khi đó
$$\left(1 - e^{-\frac{T_x}{RC}}\right) = \frac{(\beta + k)}{(1 + k)}$$

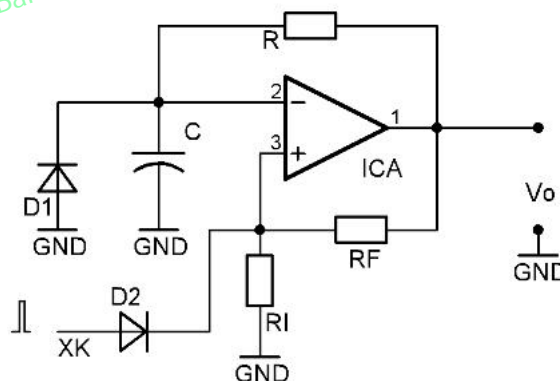
Hay
$$e^{-\frac{T_x}{RC}} = \frac{(1 - \beta)}{(1 + k)} \quad \text{hay} \quad e^{\frac{T_x}{RC}} = \frac{(1 + k)}{(1 - \beta)}$$

Tính được
$$\frac{T_x}{RC} = \ln \frac{(1 + k)}{(1 - \beta)}$$

Hay
$$T_x = RC \ln \frac{(1 + k)}{(1 - \beta)}$$

Tương tự ta có thể tìm thời gian phục hồi
$$T_{fh} = RC \ln \frac{(1 + \beta)}{(1 - k)}$$

Ví dụ 6-1: Cho mạch điện như hình 6-26. Cho các thông số như sau: $R_I = 5,6K\Omega$, $R_F = 18K\Omega$, $R = 56K\Omega$, $C = 0,22\mu F$, nguồn cung cấp $\pm V_{CC} = \pm 6V$. Hãy tìm thời gian T_x và T_{fh} .



Hình 6-18. Mạch ví dụ 6-1.

Giải: tính
$$k = \frac{V_\gamma}{V_{CC}} = \frac{0,7}{6} = 0,1166$$

Hệ số
$$\beta = \frac{R_I}{R_I + R_F} = \frac{5,6K\Omega}{5,6K\Omega + 18K\Omega} = 0,237$$

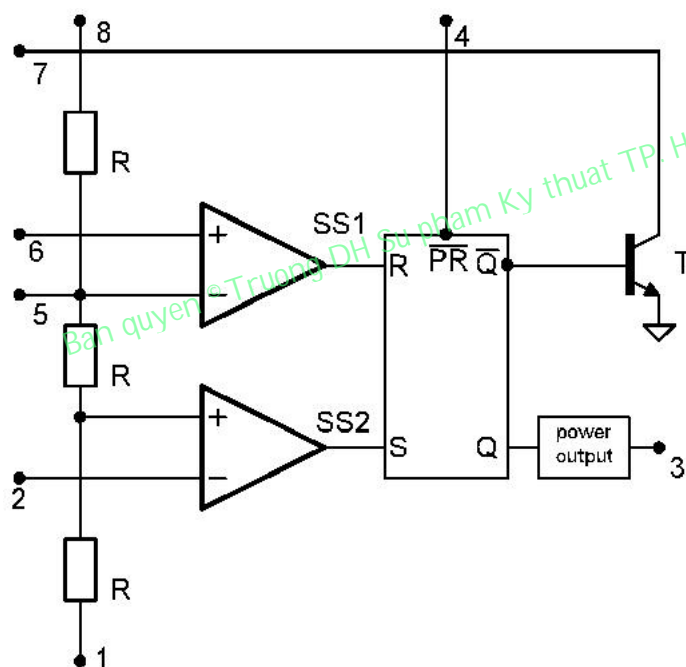
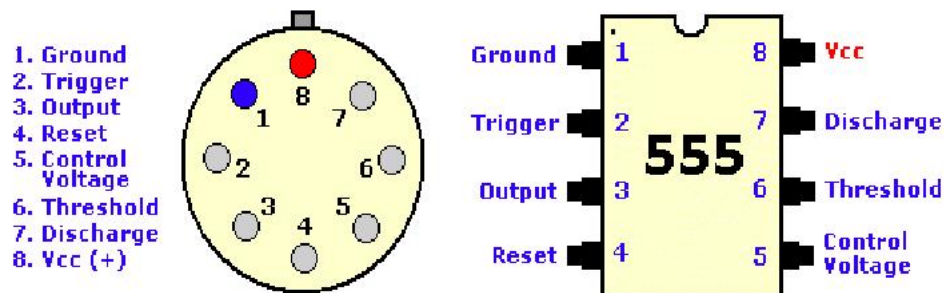
Vậy thời gian của xung đơn ổn:
$$T_x = RC \ln \frac{(1 + k)}{(1 - \beta)} = 4,7ms$$

và thời gian phục hồi là
$$T_{fh} = RC \ln \frac{(1 + \beta)}{(1 - k)} = 4,2ms$$

III. MẠCH DAO ĐỘNG ĐA HÀI DÙNG VI MẠCH 555:

1 CẤU TRÚC VI MẠCH 555:

Vi mạch 555 chuyên dùng có sơ đồ chân và sơ đồ khối như hình 6-19, vi mạch này có thể dùng làm mạch dao động bất ổn hay mạch đơn ổn. Điện áp sử dụng từ 3V đến 18V và dòng điện ngõ ra có giá trị khoảng 200mA nếu dùng BJT và có giá trị 100mA nếu dùng loại CMOS.



Hình 6-19. Sơ đồ khối và sơ đồ chân vi mạch 555.

Theo sơ đồ khối thì vi mạch gồm có các khối như sau:

- Cầu phân áp với 3 điện trở $R = 5K\Omega$.
- Hai mạch so sánh điện áp dùng op-amp: một so sánh điện áp ngưỡng dưới và 1 so sánh điện áp ngưỡng trên.
- Một mạch flip flop RS.
- Khối đệm công suất ngõ ra.

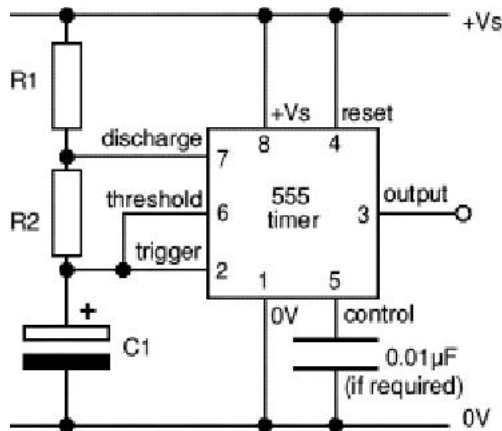
Chức năng các chân của vi mạch 555:

- Chân số 1 : “GND” là chân nối mass.
- Chân số 2: “trigger” là chân kích.
- Chân số 3: “Output” là chân xuất tín hiệu ra.
- Chân số 4: “reset” là chân reset vi mạch.
- Chân số 5: “Control voltage” là chân điện áp điều khiển.

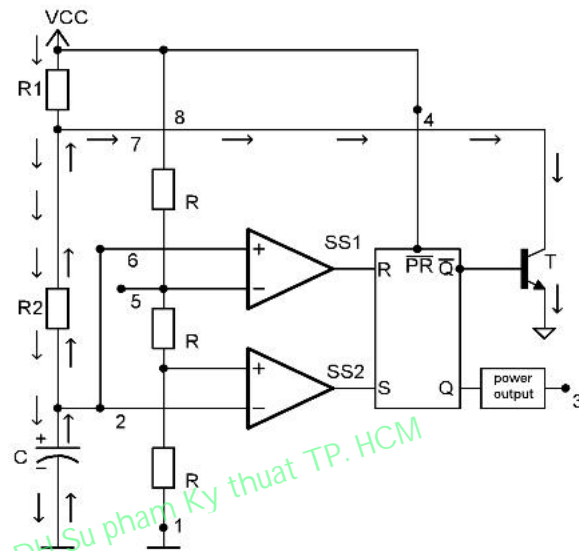
- Chân số 6: “Threshold” là chân ngưỡng.
- Chân số 7: “Discharge” là chân xả điện.
- Chân số 8: “Vcc” là chân cấp nguồn.

2 MẠCH DAO ĐỘNG DỪNG VỊ MẠCH 555:

Sơ đồ nguyên lý mạch dao động dùng 555 như hình 6-20 và sơ đồ khối như hình 6-21:



Hình 6-20. Mạch dao động.



Hình 6-21. Sơ đồ khối mạch dao động.

Với op-amp so sánh 1 thì điện áp các ngõ vào: $v_{-SS1} = \frac{2}{3}V_{CC}$ và $v_{+SS1} = v_C$

Với op-amp so sánh 2 thì điện áp các ngõ vào: $v_{-SS2} = v_C$ và $v_{+SS2} = \frac{1}{3}V_{CC}$

Bảng trạng thái làm việc của Flip Flop RS

Ngõ vào		Ngõ ra	
S	R	Q	\bar{Q}
0	0	1	1
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	Q_o	\bar{Q}_o

Giả sử khi cấp điện thì điện áp trên tụ C bằng 0: $v_C = v_{-SS2} = 0V$.

Theo nguyên lý mạch so sánh điện áp thì:

- Mạch so sánh 2 có $v_{-SS2} = v_C < v_{+SS2} = \frac{1}{3}V_{CC}$ nên ngõ ra $S = 1$.
- Mạch so sánh 1 có $v_{+SS1} = v_C < v_{-SS1} = \frac{2}{3}V_{CC}$ nên ngõ ra $R = 0$.

Tra bảng trạng thái của Flip Flop ta được $\bar{Q} = 0$ sẽ làm transistor T tắt và ngõ ra out $Q = 1$.

Tụ C sẽ được nạp điện áp với dòng chạy từ V_{CC} , qua R_1 , qua R_2 , qua tụ C về GND, phương

trình nạp của tụ:
$$v_C(t) = V_{CC} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_N}} \right)$$

Thời hằng nạp của tụ là $\tau_N = (R_1 + R_2)C$

Điện áp trên tụ C tăng dần theo thời gian cho đến khi $v_C > \frac{2}{3}V_{CC}$ thì:

- Mạch so sánh 2 có $v_{-SS2} = v_C > v_{+SS2} = \frac{1}{3}V_{CC}$ nên ngõ ra $S = 0$.
- Mạch so sánh 1 có $v_{+SS1} = v_C > v_{-SS1} = \frac{2}{3}V_{CC}$ nên ngõ ra $R = 1$.

Tra bảng trạng thái của Flip Flop ta được ngõ ra của flip flop $\bar{Q} = 1$ sẽ làm transistor T dẫn bảo hoà và ngõ ra out $Q = 0$.

Tụ C sẽ xả điện với dòng chạy từ cực dương của tụ, qua R_2 , qua transistor T, về GND,

phương trình xả của tụ:
$$v_C(t) = \frac{2}{3}V_{CC} \left(e^{-\frac{t}{\tau_X}} \right)$$

Thời hằng xả của tụ là $\tau_X = R_2C$

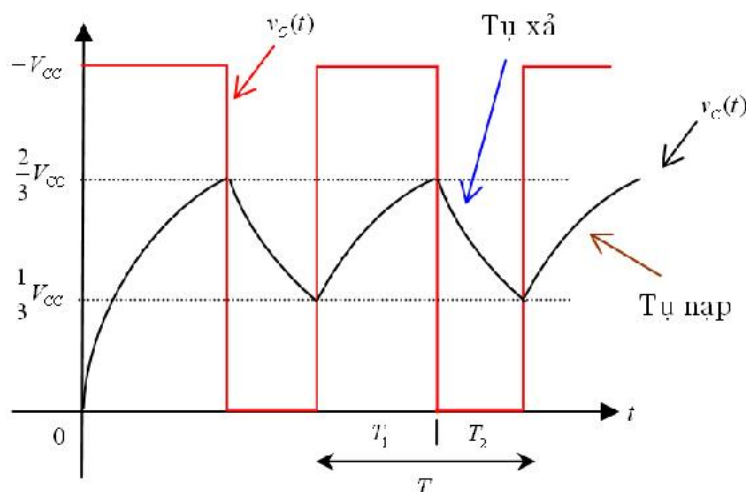
Điện áp trên tụ C giảm dần theo thời gian cho đến khi $v_C < \frac{1}{3}V_{CC}$ thì:

- Mạch so sánh 2 có $v_{-SS2} = v_C < v_{+SS2} = \frac{1}{3}V_{CC}$ nên ngõ ra $S = 1$.
- Mạch so sánh 1 có $v_{+SS1} = v_C < v_{-SS1} = \frac{2}{3}V_{CC}$ nên ngõ ra $R = 0$.

Tra bảng trạng thái của Flip Flop ta được ngõ ra của flip flop $\bar{Q} = 0$ sẽ làm transistor T tắt và ngõ ra out $Q = 1$.

Tụ C bắt đầu nạp điện trở lại và một chu kỳ mới lại bắt đầu.

Dạng sóng nạp xả của tụ và dạng sóng của tín hiệu ra như hình 6-22



Hình 6-22. Dạng sóng trên tụ và ngõ ra.

Tính chu kỳ dao động của mạch:

Trong khoảng thời gian $t_1 \Rightarrow t_2$ thì tụ nạp điện theo phương trình $v_C(t) = V_{CC} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_N}} \right)$ và thời hằng nạp của mạch là $\tau_N = (R_1 + R_2)C$:

Tại giá trị $t = t_1$ thì
$$v_C(t_1) = \frac{1}{3}V_{CC} = V_{CC} \left(1 - e^{-\frac{t_1}{\tau_N}} \right)$$

Tại giá trị $t = t_2$ thì
$$v_C(t_2) = \frac{2}{3}V_{CC} = V_{CC} \left(1 - e^{-\frac{t_2}{\tau_N}} \right)$$

Đơn giản các phương trình ta có

Phương trình (1)
$$\frac{2}{3} = e^{-\frac{t_1}{\tau_N}}$$

Phương trình (2)
$$\frac{1}{3} = e^{-\frac{t_2}{\tau_N}}$$

Chia phương trình (1) cho phương trình (2) ta được:

Hay
$$2 = e^{\frac{t_2-t_1}{\tau_N}} = e^{\frac{T_1}{\tau_N}}$$

$$T_1 = \tau_N \ln 2 = 0,7C(R_1 + R_2)$$

Trong khoảng thời gian $t_2 \Rightarrow t_3$ thì tụ xả điện theo phương trình $v_C(t) = \frac{2}{3}V_{CC}e^{-\frac{t}{\tau_X}}$ và thời hằng xả của mạch là $\tau_X = CR_2$:

Tại giá trị $t = t_2$ thì
$$v_C(t_2) = \frac{2}{3}V_{CC} = \frac{2}{3}V_{CC}e^{-\frac{t_2}{\tau_X}}$$

Tại giá trị $t = t_3$ thì
$$v_C(t_3) = \frac{1}{3}V_{CC} = \frac{2}{3}V_{CC}e^{-\frac{t_3}{\tau_X}}$$

Đơn giản các phương trình ta có

Phương trình (3)
$$1 = e^{-\frac{t_2}{\tau_X}}$$

Phương trình (4)
$$\frac{1}{2} = e^{-\frac{t_3}{\tau_X}}$$

Chia phương trình (3) cho phương trình (4) ta được:

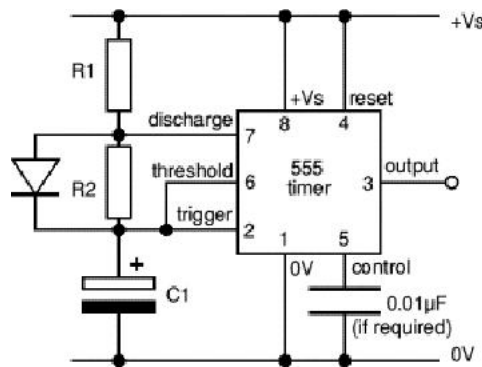
Hay
$$2 = e^{\frac{t_3-t_2}{\tau_X}} = e^{\frac{T_2}{\tau_X}}$$

$$T_2 = \tau_X \ln 2 = 0,7CR_2$$

Vậy chu kỳ của mạch là
$$T = T_1 + T_2 = 0,7C(R_1 + R_2) + 0,7CR_2$$

Tần số là: $f = \frac{1}{T}$

Nhận xét: với mạch dao động trên thì thời gian nạp khác với thời gian xả nên dạng sóng ra không đối xứng, để dạng sóng gần đối xứng với nhau thì ta gắn thêm một diode như hình 6-23 để khi nạp điện thì diode dẫn sẽ ngắn mạch điện trở R_2 .



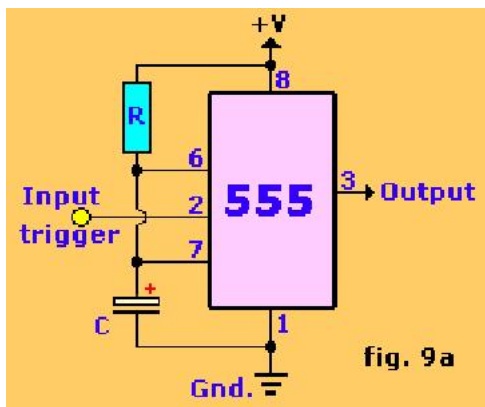
Hình 6-23. Cải thiện để được dạng sóng đối xứng.

Nếu cho $R_1 = R_2$ thì khi tụ nạp thì dòng điện chạy từ V_{CC} , qua R_1 , qua D , qua tụ C về GND. Thời hằng nạp của tụ là $\tau_N = R_1 C$. Khi tụ xả điện thì thời hằng xả của tụ là $\tau_X = R_2 C$ - diode D bị phân cực ngược khi tụ phóng điện.

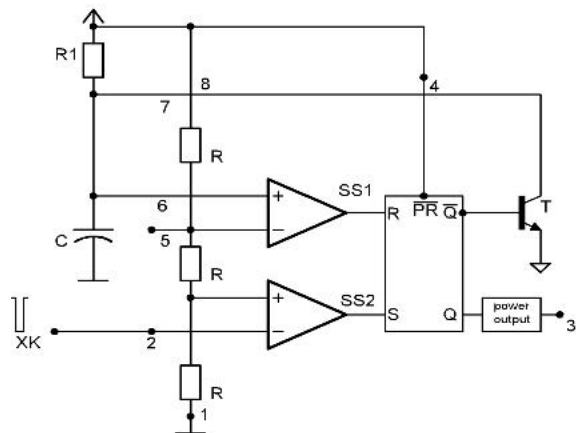
Vậy nếu cho $R_1 = R_2$ thì chu kỳ dao động của mạch là $T = 1,4CR_1 = 1,4CR_2$

3. MẠCH ĐƠN ỔN DÙNG VI MẠCH 555:

Sơ đồ nguyên lý mạch đơn ổn dùng 555 như hình 6-24 và sơ đồ khối như hình 6-25:



Hình 6-24. Mạch đơn ổn.



Hình 6-25. Sơ đồ khối.

Với op-amp so sánh 1 thì điện áp các ngõ vào: $v_{-SS1} = \frac{2}{3}V_{CC}$ và $v_{+SS1} = v_C$

Với op-amp so sánh 2 thì điện áp các ngõ vào: $v_{-SS2} = v_{XK} = v_{CC}$ và $v_{+SS2} = \frac{1}{3}V_{CC}$

Giả sử khi cấp điện thì điện áp trên tụ C bằng 0: $v_C = v_{+SS1} = 0V$.

Theo nguyên lý mạch so sánh điện áp thì:

- Mạch so sánh 1 có $v_{+SS1} = v_C < v_{-SS1} = \frac{2}{3}V_{CC}$ nên ngõ ra $R = 0$.

- Mạch so sánh 2 có $v_{-SS2} = v_{CC} > v_{+SS2} = \frac{1}{3}V_{CC}$ nên ngõ ra $S = 0$.

Tra bảng trạng thái của Flip Flop thì rơi vào trạng thái không đổi nhưng khi mới bắt đầu nên ta không thể xác định được trạng thái của ngõ ra, giả sử trạng thái ngõ ra là $\bar{Q} = 1$ và $Q = 0$.

Do $\bar{Q} = 1$ sẽ làm transistor T tắt nên khoá không cho tụ C nạp điện và ngõ ra out $Q = 0$ - mạch ở trạng thái ổn định.

Để thay đổi trạng thái thì phải có xung kích dương đưa đến chân số 2 sao cho $v_{-SS2} < v_{+SS2} = \frac{1}{3}V_{CC}$ thì ngõ ra $S = 1$.

Tra bảng trạng thái của Flip Flop ta được ngõ ra của flip flop $\bar{Q} = 0$ và ngõ ra out $Q = 1$.

Do $\bar{Q} = 0$ sẽ làm transistor tắt, tụ C sẽ được nạp điện áp với dòng chạy từ V_{CC} , qua tụ C về GND, phương trình nạp của tụ:
$$v_C(t) = V_{CC} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_N}} \right)$$

Thời hằng nạp của tụ là $\tau_N = R_1 C$

Điện áp trên tụ C tăng dần cho đến khi $v_{+SS1} = v_C > \frac{2}{3}V_{CC}$ và do hết xung kích nên:

- Mạch so sánh 1 có $v_{+SS1} = v_C > v_{-SS1} = \frac{2}{3}V_{CC}$ nên ngõ ra $R = 1$.
- Mạch so sánh 2 có $v_{-SS2} = v_{CC} > v_{+SS2} = \frac{1}{3}V_{CC}$ nên ngõ ra $S = 0$.

Tra bảng trạng thái của Flip Flop ta được ngõ ra của flip flop $\bar{Q} = 1$ sẽ làm transistor T dẫn và ngõ ra out $Q = 0$.

Tụ C bắt đầu xả điện với dòng chạy từ cực dương của tụ qua R_1 , qua transistor về GND,

phương trình xả của tụ:
$$v_C(t) = \frac{2}{3}V_{CC} e^{-\frac{t}{\tau_X}}$$

Tụ C tiếp tục xả cho đến khi $v_{+SS1} = v_C < \frac{2}{3}V_{CC}$ thì ngõ ra $R = 0$ và cùng với $S = 0$ thì ngõ ra của flip flop không đổi trạng thái nên tụ C tiếp tục xả điện cho đến khi điện áp trên tụ về 0. Mạch ở luôn trạng thái ổn định này. Cho đến khi có xung kích tiếp theo.

Dạng sóng xung kích, dạng sóng nạp xả của tụ và dạng sóng của tín hiệu ra như hình 6-26

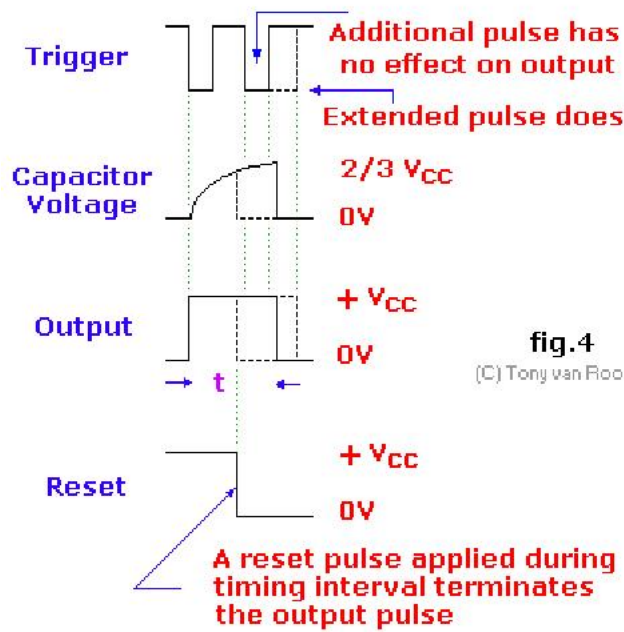


fig.4
(C) Tony van Roon

Hình 6-26. Dạng sóng của mạch đơn ổn.

Tính thời gian tồn tại của xung đơn ổn:

Ta có phương trình nạp của tụ:

$$v_c(t) = V_{CC} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_N}} \right)$$

Tại $t = T$ thì

$$v_c(T) = V_{CC} \left(1 - e^{-\frac{T}{\tau_N}} \right) = \frac{2}{3} V_{CC}$$

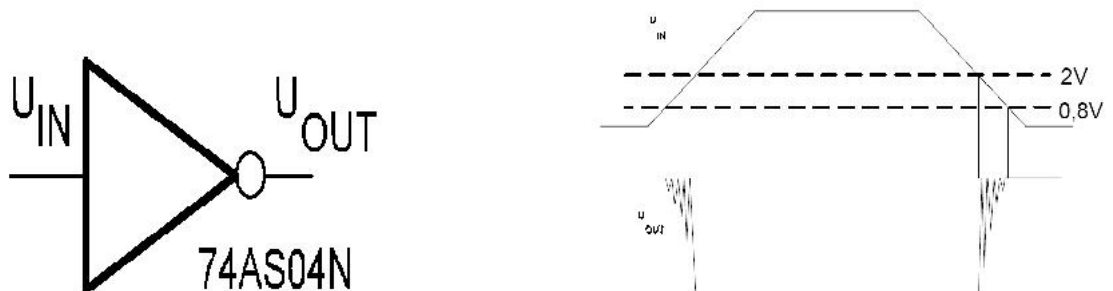
Suy ra

$$T = R_1 C \ln 3 \cong 1,1 R_1 C$$

IV. MẠCH ĐA HÀI DÙNG VI MẠCH SỐ:

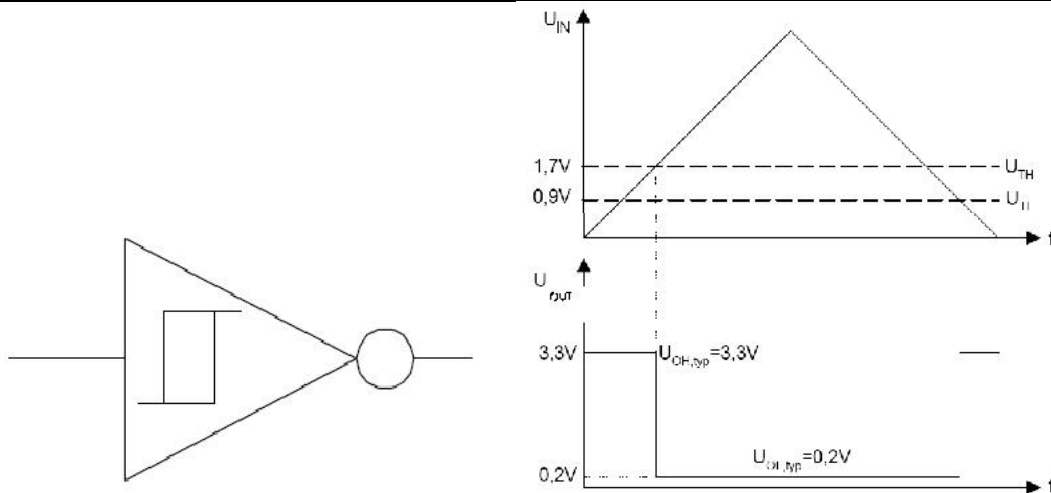
1 CÁC VI MẠCH TRIGGER SCHMITT:

Trong các vi mạch đảo thông thường ta gặp các dao động tại các sườn lên hay sườn xuống nếu thời gian trễ của xung vào quá lớn thì dạng sóng ngõ ra bị dao động như hình 6-27.



Hình 6-27. Cổng Not và dạng sóng vào ra của cổng NOT.

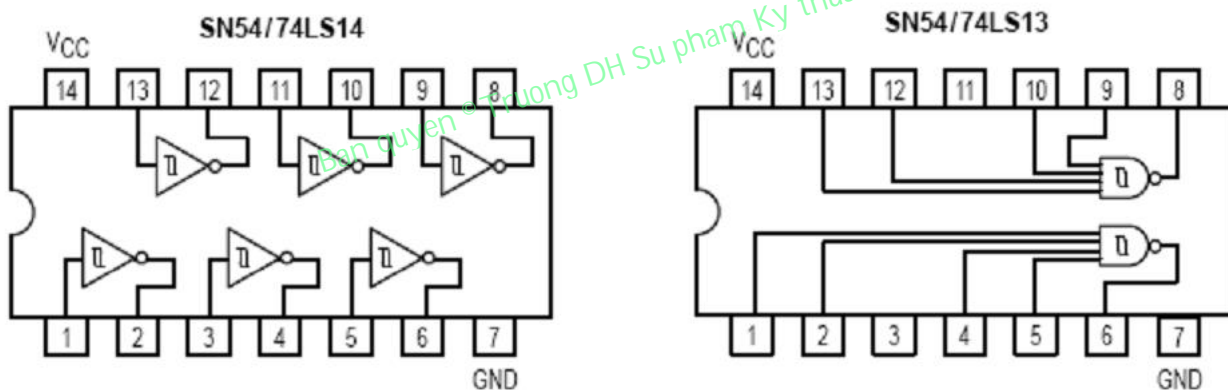
Để tránh hiện tượng này nên một số vi mạch được thiết kế theo kiểu trigger Schmitt có chức năng sửa dạng xung như hình 6-28.



Hình 6-28. Cổng Not có Schmitt Trigger và dạng sóng vào ra.

Trong dạng sóng vào và dạng sóng ra ta thấy mạch chỉ chuyển đổi có 2 trạng thái: trạng thái chuyển từ mức 1 về mức 0 tại ngưỡng điện áp có giá trị 1,7V và chuyển trạng thái từ mức logic 0 sang mức logic 1 tại ngưỡng điện áp 0,9V.

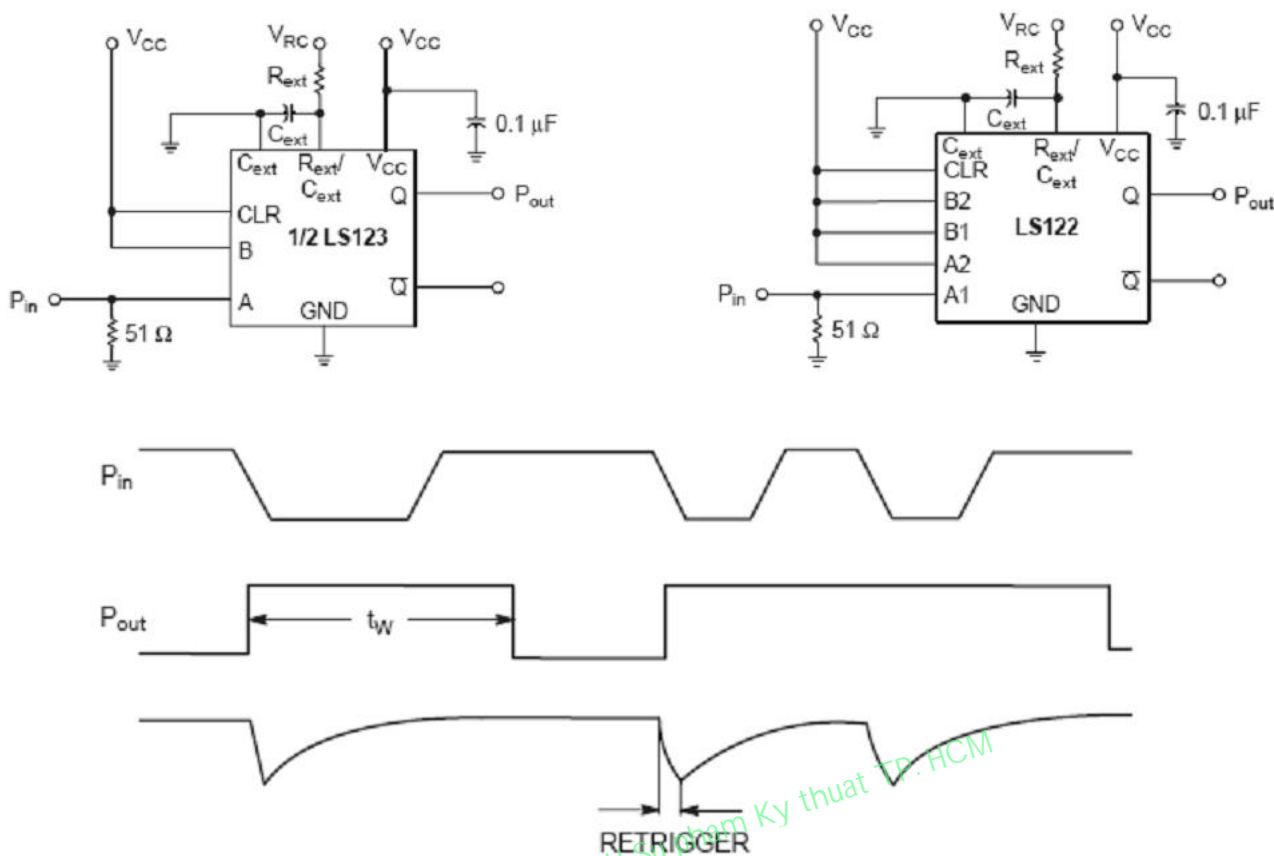
Có nhiều vi mạch có chức năng trigger Schmitt như 74LS14 là vi mạch có 6 cổng NOT, 74LS13 có 4 cổng NAND với ngõ vào có trigger Schmitt.



Hình 6-29. Các vi mạch số có trigger Schmitt.

2. MẠCH ĐƠN ỔN

Các vi mạch đơn ổn dùng trong kỹ thuật số thường có mức tích hợp trung bình MSL, ngoài chức năng là mạch đơn ổn thì vi mạch còn có thêm nhiều chân tín hiệu điều khiển linh hoạt cho mạch ví dụ như mạch đơn ổn dùng vi mạch như hình 6-30.



Hình 6-30. Dạng sóng mạch đơn ổn dùng 74122 và 74123.

LS122 FUNCTIONAL TABLE

INPUTS					OUTPUTS	
CLEAR	A1	A2	B1	B2	Q	\bar{Q}
L	X	X	X	X	L	H
X	H	H	X	X	L	H
X	X	X	L	X	L	H
X	X	X	X	L	L	H
H	L	X	↑	H	⌋	⌋
H	L	X	H	↑	⌋	⌋
H	X	L	↑	H	⌋	⌋
H	X	L	H	↑	⌋	⌋
H	H	↓	H	H	⌋	⌋
H	↓	↓	H	H	⌋	⌋
H	↓	H	H	H	⌋	⌋
↑	L	X	H	H	⌋	⌋
↑	X	L	H	H	⌋	⌋

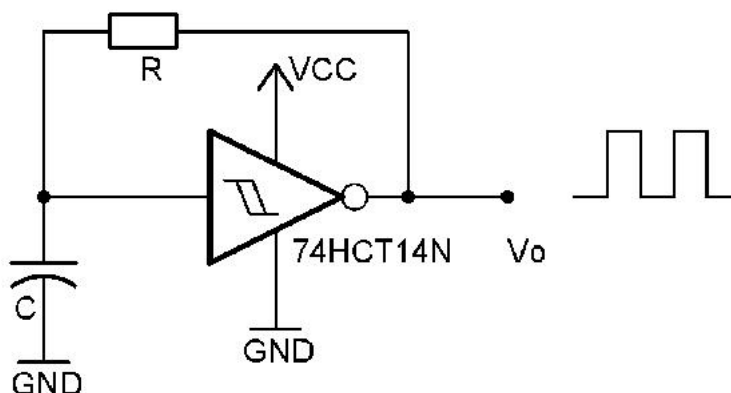
LS123 FUNCTIONAL TABLE

INPUTS			OUTPUTS	
CLEAR	A	B	Q	\bar{Q}
L	X	X	L	H
X	H	X	L	H
X	X	L	L	H
H	L	↑	⌋	⌋
H	↓	H	⌋	⌋
↑	L	H	⌋	⌋

Bảng 6-1. Bảng trạng thái làm việc của vi mạch 74122 và 74123.

3. MẠCH DAO ĐỘNG DỪNG VI MẠCH CỔNG NOT CÓ TRIGGER SCHMITT:

Mạch dao động dùng vi mạch 74HCT14 như hình 6-31.



Hình 6-31. Mạch dao động dùng vi mạch có trigger Schmitt.

Nguyên lý hoạt động của mạch như sau: giả sử khi mới cấp điện thì điện áp trên tụ C bằng 0V. Tín hiệu ngõ ra bằng 1, tụ C được nạp điện với dòng điện chạy từ nguồn V_{CC} , qua điện trở R, qua tụ C về GND. Điện áp trên tụ C tăng dần cho đến khi bằng điện áp của mức logic 1 thì ngõ ra đảo trạng thái bằng 0 và tụ C xả điện với dòng chạy từ cực dương của tụ C, qua R về GND.

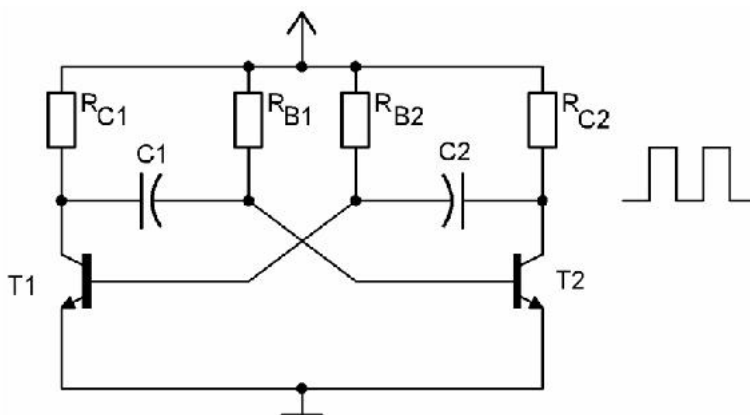
Tùy thuộc vào loại vi mạch mà ta sẽ có công thức tính tần số dao động.

$$f = \frac{0,8}{RC}$$

V. MẠCH DAO ĐỘNG DÙNG TRANSISTOR:

1. MẠCH DAO ĐỘNG ĐA HẢI DÙNG TRANSISTOR:

Sơ đồ mạch dao động như hình 6-32.

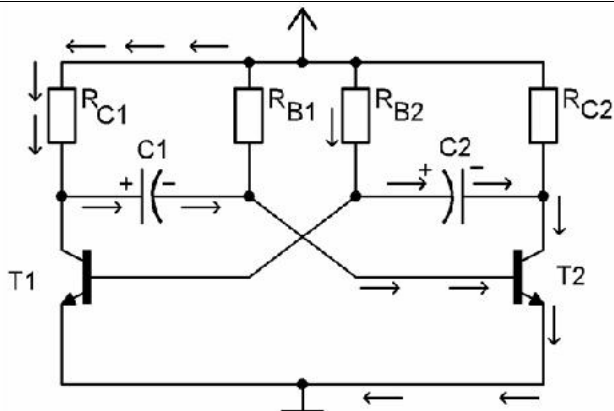


Hình 6-32. Mạch dao động dùng transistor.

Hoạt động của mạch như sau:

Giả sử khi mới cấp điện thì transistor T1 tắt – xem như hở mạch, transistor T2 dẫn bảo hoà nên $V_{C2} \cong 0,2V$ và $V_{B2} \cong 0,6V$ và tụ C2 đã nạp đầy điện áp trước đó thì bây giờ tụ C2 phóng hết điện tích đã nạp và nạp điện theo chiều dòng điện chạy từ nguồn qua R_{B2} , qua C_2 , qua mối nối CE_{T2} về GND. Cùng thời điểm đó thì tụ C1 được nạp điện theo chiều dòng điện chạy từ nguồn qua R_{C1} , qua C_1 , qua mối nối BE_{T2} về GND – điện áp của tụ C1 tăng dần.

Hình 6-33 minh hoạ dòng điện nạp cho các tụ.



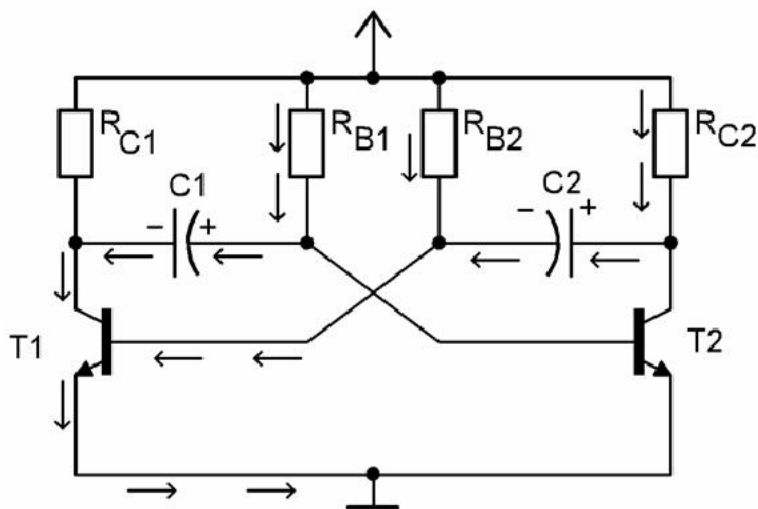
Hình 6-33. Trạng thái T2 dẫn, T1 tắt.

Quá trình nạp của tụ C2 làm điện áp cực C của transistor T2 giảm và điện áp tại cực B của transistor T1 tăng và quá trình nạp của tụ C1 sẽ làm điện áp tại cực C của transistor T1 tăng và cực B của transistor T2 giảm.

Cho đến khi điện áp $V_{C2} = 0,6$ thì sẽ làm transistor T1 chuyển từ tắt sang dẫn bảo hoà – xem như ngắn mạch mỗi nối CE_{T1} , khi đó điện áp của tụ C1 sẽ đặt lên mỗi nối BE_{T2} - làm phân cực ngược transistor T2 nên transistor T2 chuyển từ trạng thái dẫn bảo hoà sang trạng thái tắt.

Khi transistor T2 dẫn bảo hoà nên $V_{C2} \cong 0,2V$ và $V_{B2} \cong 0,6V$ và tụ C1 đã nạp đầy điện áp trước đó thì bây giờ tụ C2 phóng hết điện tích đã nạp và nạp điện theo chiều dòng điện chạy từ nguồn qua R_{B1} , qua C_1 , qua mỗi nối CE_{T1} về GND. Cùng thời điểm đó thì tụ C2 được nạp điện theo chiều dòng điện chạy từ nguồn qua R_{C2} , qua C_2 , qua mỗi nối BE_{T1} về GND – điện áp của tụ C2 tăng dần.

Hình 6-34 minh hoạ dòng điện nạp cho các tụ.

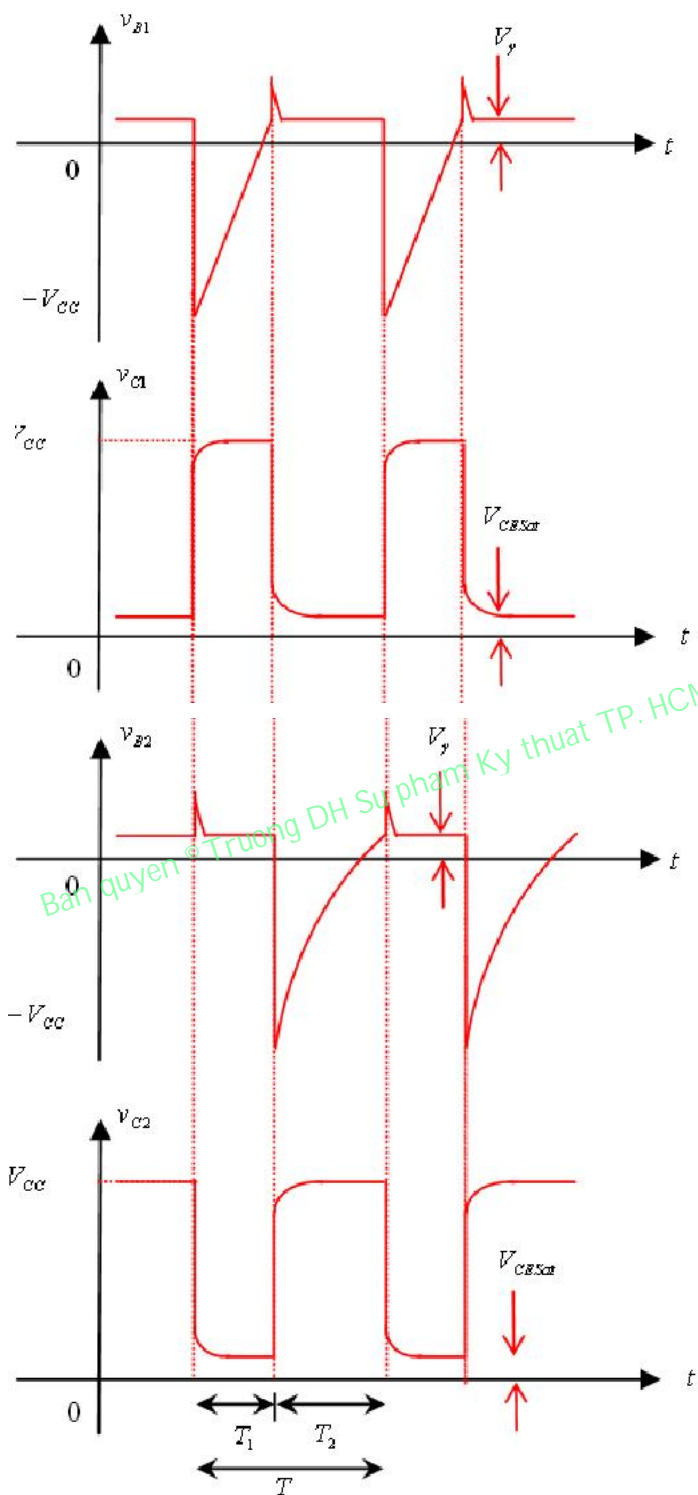


Hình 6-34. Trạng thái T1 dẫn, T2 tắt.

Cho đến khi điện áp $V_{C1} = 0,6$ thì sẽ làm transistor T2 chuyển từ tắt sang dẫn bảo hoà – xem như ngắn mạch mỗi nối CE_{T2} , khi đó điện áp của tụ C2 sẽ đặt lên mỗi nối BE_{T1} - làm phân cực ngược transistor T1 nên transistor T1 chuyển từ trạng thái dẫn bảo hoà sang trạng thái tắt.

Cứ thế mạch sẽ lặp lại chu kỳ dao động mới, ngõ ra của mạch có thể lấy ở ngõ ra của transistor T1 hoặc T2.

Dạng sóng của V_{B1} , V_{C1} , V_{B2} , V_{C3} như hình 6-35.



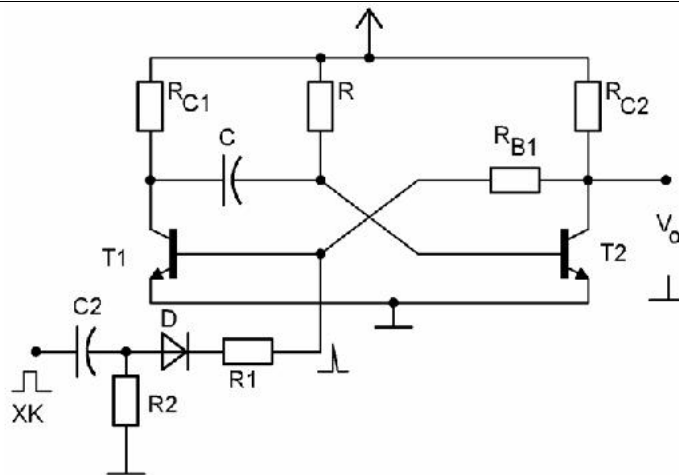
Hình 6-35. Dạng sóng.

Chu kỳ dao động của mạch gồm $T = T_1 + T_2$ với $T_1 = 0,693R_{B2}C_1$ và $T_2 = 0,693R_{B1}C_2$

Trong trường hợp đặc biệt nếu chọn $R_{B1} = R_{B2} = R_B$ và $C_1 = C_2 = C$ thì chu kỳ dao động của mạch sẽ là $T = 1,4R_B C$.

2. MẠCH ĐƠN ỔN GẮP CỰC THU DÙNG TRANSISTOR:

Sơ đồ mạch đơn ổn ghép cực thu như hình 6-36.



Hình 6-36. Sơ đồ mạch đơn ổn ghép cực thu.

Hoạt động của mạch như sau:

Mạch đơn ổn có thể xem là 2 mạch ngắt dẫn ghép với nhau:

- Cực nền của mạch dùng transistor T1 ghép với cực thu của transistor T2 qua R_{B1} .
- Cực nền của transistor T2 ghép ac với cực thu của transistor T1 qua tụ C.

Mạch được thiết kế để ở chế độ xác lập sao cho:

- Transistor T1 tắt.
- Transistor T2 dẫn bảo hoà.

Transistor T2 dẫn bảo hoà là do các giá trị R_{B1} và R_{C2} được chọn để thoả điều kiện $\beta I_B > I_{CSat}$, khi đó $V_{CE2} \cong 0,2V$

Do ghép trực tiếp với transistor T1 qua điện trở R_{B1} nên ta có $V_{CET2} \cong 0,2V = V_{BET1} < V_\gamma$ nên làm cho T1 tắt. Điện áp ra của mạch ở trạng thái ổn định là $V_o = V_{CET2} \cong 0,2V$.

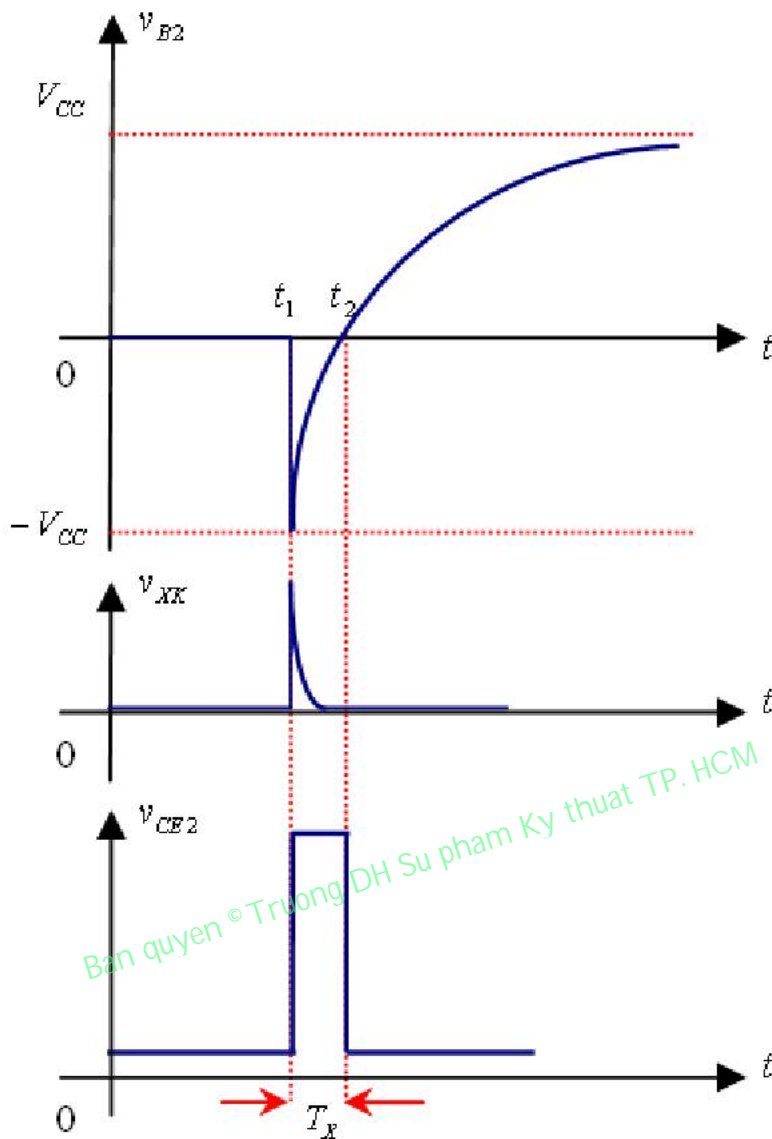
Tụ C được nạp điện với theo chiều dòng điện chạy từ nguồn qua R_{C1} , qua C, qua mối nối BE_{T2} về GND – điện áp của tụ C tăng dần cho đến khi bằng điện áp nguồn cung cấp V_{CC} .

Khi có xung kích dương vào cực nền B của transistor T1 làm T1 chuyển từ trạng thái dẫn ngưng dẫn sang trạng thái dẫn bảo hoà và tụ C_1 bắt đầu xả điện làm phân cực ngược mối nối BE_{T2} nên làm tắt transistor T2 – điện áp ra $V_o \cong V_{CC}$.

Khi transistor T2 tắt thì điện áp $V_{CT2} \cong V_{CC}$ làm cho transistor T1 tiếp tục dẫn bảo hoà.

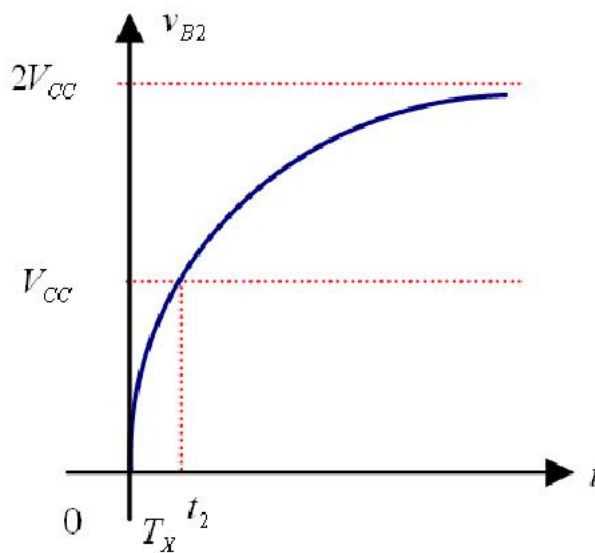
Khi transistor T2 còn ở trạng thái tắt, T1 dẫn nếu tụ C_1 xả hết điện thì tụ C_1 nạp điện theo chiều dòng điện chạy từ nguồn qua R, qua C_1 , qua mối nối CE_{T1} về GND – điện áp của tụ C_1 tăng dần cho đến khi $V_C \geq V_\gamma$ sẽ làm transistor T2 dẫn bảo hoà trở lại – khoá transistor T1 và ngõ ra trở lại trạng thái $V_o = V_{CET2} \cong 0,2V$ và chờ nhận xung kích tiếp theo.

Dạng sóng của xung kích, của cực B và tín hiệu ra như hình 6-37.



Hình 6-37. Các dạng sóng: v_{B2} , v_{xk} , v_{CE} .

Tính thời gian tồn tại xung đơn ổn: để tính thì phải dời trục như hình 6-38.



Hình 6-38. Vẽ lại dạng sóng v_{B2} .

Phương trình nạp của tụ: $v_C(t) = 2V_{CC} \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$

Tại $t = 0$ thì $V_{B2} = 0$

Tại $t = t_2 = T_X$ thì $V_{B2} = V_{CC} = 2V_{CC} \left(1 - e^{-\frac{T_X}{RC}}\right)$

Hay $\frac{1}{2} = \left(1 - e^{-\frac{T_X}{RC}}\right)$

Suy ra $T_X = 0,693RC \cong 0,7RC$

Tương tự ta có thể áp dụng phương pháp này cho mạch bất ổn ta tìm được

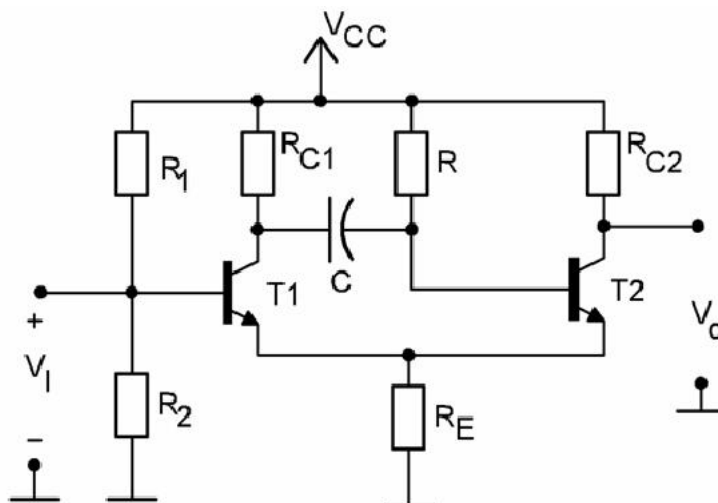
$$T_1 = 0,7RC$$

$$T_2 = 0,7RC$$

Chu kỳ dao động $T = T_1 + T_2$

3. MẠCH ĐƠN ỔN GHEP CỰC PHÁT DÙNG TRANSISTOR:

Sơ đồ mạch đơn ổn như hình 6-39, mạch không dùng phản hồi qua R_{B1} mà thông qua điện trở cực phát R_E .



Hình 6-39. Mạch đơn ổn ghép cực phát.

Hoạt động của mạch như sau:

Mạch được thiết kế để ở chế độ xác lập sao cho:

- Transistor T1 tắt.
- Transistor T2 dẫn bảo hoà.

Tụ C được nạp điện với dòng điện chạy từ nguồn qua R_{C1} , qua C, qua mối nối BE_{T2} , qua điện trở R_E về GND – điện áp của tụ C tăng dần cho đến khi bằng điện áp nguồn cung cấp V_{CC} . Dòng điện chạy qua điện trở R_E tạo nên điện áp $V_E = I_{ET2} R_E$ khoá transistor T1 tắt.

Điện áp ra của mạch $V_o = V_E + V_{CESatT2}$ mạch ở trạng thái xác lập.

Khi có xung kích dương sẽ làm transistor T1 dẫn bão hoà – xem như ngắn mạch, điện áp của tụ C sẽ đặt lên mối nối BE_{T2} làm tắt transistor T2.

Điện áp ra của mạch $V_o = V_{CC}$ mạch ở trạng thái bất ổn.

Khi transistor T1 dẫn bão hoà thì dòng điện chạy qua điện trở R_E tạo nên điện áp $V_E = I_{ET1}R_E$ khoá transistor T2 tắt.

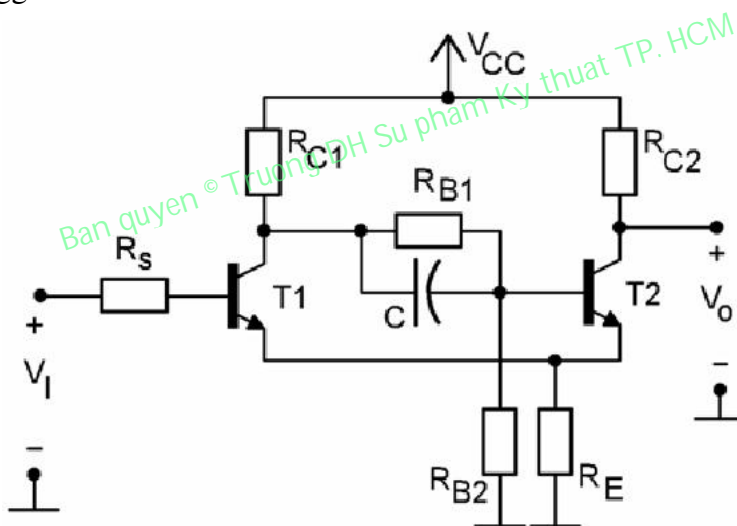
Sau khi tụ C phóng hết điện thì tụ C bắt đầu nạp điện với dòng điện chạy từ nguồn qua R , qua C, qua mối nối CE_{T1} , qua điện trở R_E về GND – điện áp của tụ C tăng dần cho đến khi

$V_{B2} = V_C + V_{CESatT1} + V_E > V_{\gamma T2} + V_E$ thì transistor T2 dẫn bão hoà – khoá transistor T1.

Điện áp ra của mạch $V_o = V_{CC}$ mạch trở lại trạng thái xác lập và chờ xung kích tiếp theo.

4. MẠCH TRIGGER SCHMITT:

Sơ đồ mạch Trigger Schmitt như hình 6-40



Hình 6-40. Mạch trigger Schmitt.

Hoạt động của mạch như sau:

Mạch được thiết kế để ở chế độ xác lập sao cho:

- Transistor T1 tắt.
- Transistor T2 dẫn bão hoà.

Khi T1 tắt thì điện áp V_{CT1} có giá trị điện áp lớn nên qua mạch cầu phân áp R_{B1} , R_{B2} làm transistor T2 dẫn bão hoà, đồng thời điện áp $V_E = I_{ESatT2}R_E$ khoá T1 tiếp tục tắt.

Điện áp ra của mạch $V_o = V_E + V_{CESatT2}$

Khi điện vào tăng dần cho đến khi $V_i > V_{KT}$ - ngưỡng kích trên thì transistor T1 dẫn, điện áp V_{CT1} giảm làm tắt transistor T2, dòng qua điện trở R_E khoá transistor T2 tiếp tục tắt.

Điện áp ra của mạch $V_o \cong V_{CC}$

Khi điện vào giảm dần cho đến khi $V_i < V_{KT}$ - ngưỡng kích dưới thì transistor T1 tắt, điện áp V_{CT1} tăng làm transistor T2 dẫn bão hoà, dòng qua điện trở R_E khoá transistor T1 tiếp tục tắt.

Điện áp ra của mạch $V_o = V_E + V_{CESatT2}$

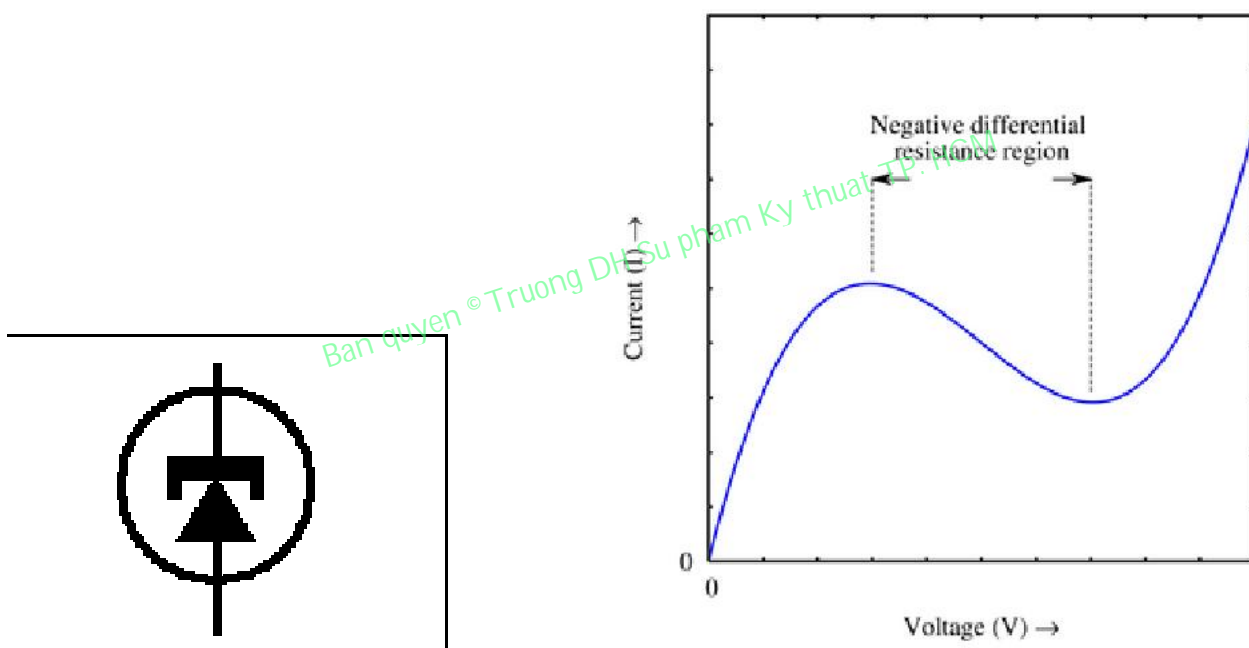
VI. MẠCH DAO ĐỘNG ĐA HÀI DÙNG CÁC LINH KIỆN CÓ VÙNG ĐIỆN TRỞ ÂM:

Các linh kiện có đặc tuyến von-ampe hình chữ S hay chữ N – có vùng điện trở âm thì có thể được dùng làm mạch song ổn, đơn ổn và bất ổn.

Phần này sẽ giới thiệu lại các linh kiện có vùng điện trở âm.

1 DIODE TUNNEL:

Diode tunnel là diode P-N có nồng độ tạp chất cao: mật độ $10^{19} \div 10^{20} / cm^2$ so với diode thường thì mật độ chỉ là $10^{17} / cm^2$. Diode có đặc tuyến von-ampe như hình 6-41.



Hình 6-41. Ký hiệu và đặc tuyến von-ampe của diode tunnel.

Các giá trị : I_p, v_p : dòng điện và điện áp đỉnh của diode.

I_v, v_v : dòng điện và điện áp thung lũng.

v_F : giá trị điện áp cần thiết để đỉnh của diode.

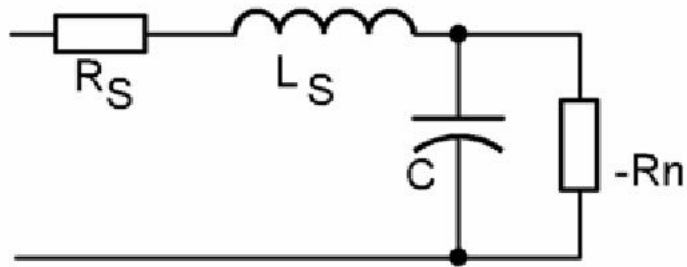
Các ưu điểm:

- Tốc độ làm việc cao.
- Tiêu hao năng lượng thấp và sơ đồ đơn giản.
- Điện áp làm việc thấp

Khuyết điểm:

- Mạng 2 cực nên vấn đề phân cách giữa các tầng khó.
- Phạm vi sử dụng ít hơn BJT và vi mạch.

Mạch tương đương của diode tunnel như hình 6-42

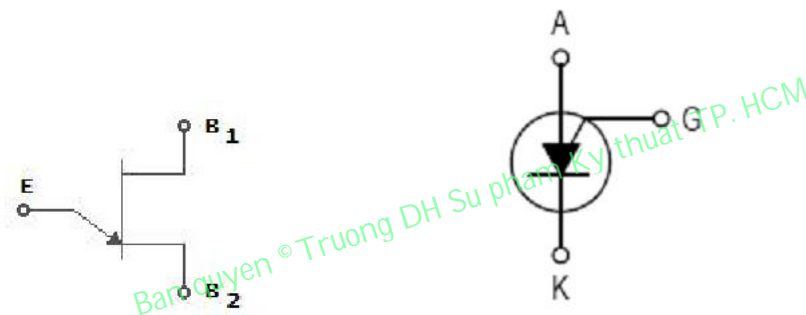


Hình 6-42. Mạch tương đương của diode tunnel.

2. UJT – TRANSISTOR ĐƠN NỐT

Có 3 loại chính UJT thông thường, PUJT (programmable UJT).

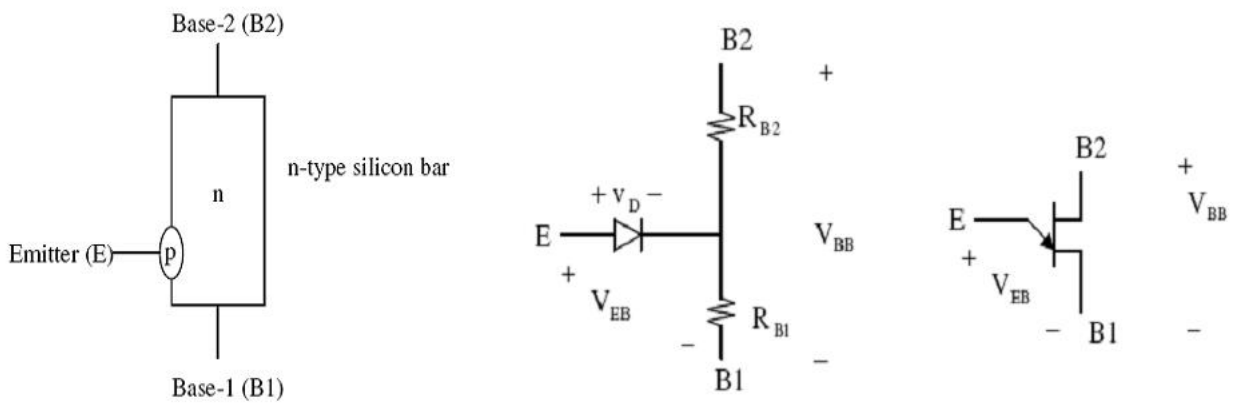
Ký hiệu cho cả 2 loại như hình 6-43:



Hình 6-43. Ký hiệu UJT và PUJT.

Trong phần này ta chỉ nghiên cứu loại UJT thông thường:

Cấu tạo của UJT, ký hiệu và mạch tương đương như hình 6-44



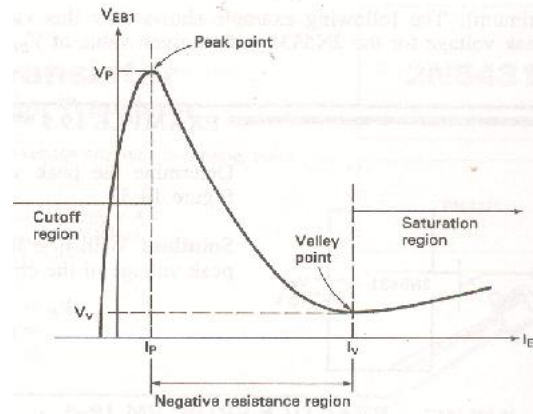
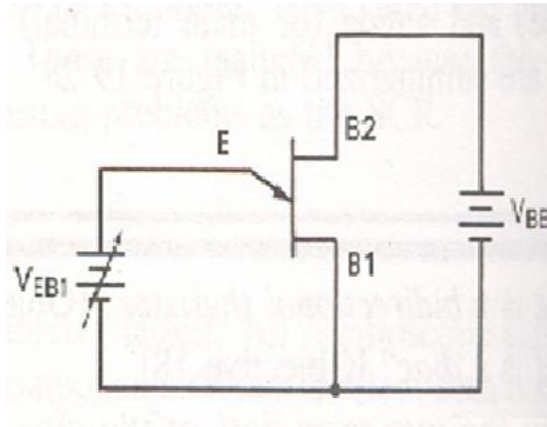
Hình 6-44. Cấu tạo, ký hiệu và mạch tương đương của UJT.

Với $R_{BB} = 5k\Omega \div 10k\Omega = R_{B1} + R_{B2}$

Hệ số $\eta = \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} = \frac{R_{B1}}{R_{BB}}$

Và $V_P = \eta V_{BB} + V_\gamma$

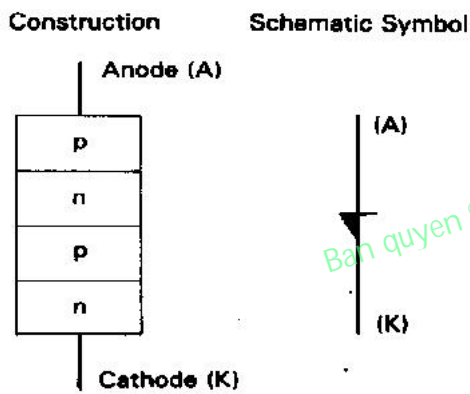
Sơ đồ mạch và đặc tuyến của UJT như hình 6-45:



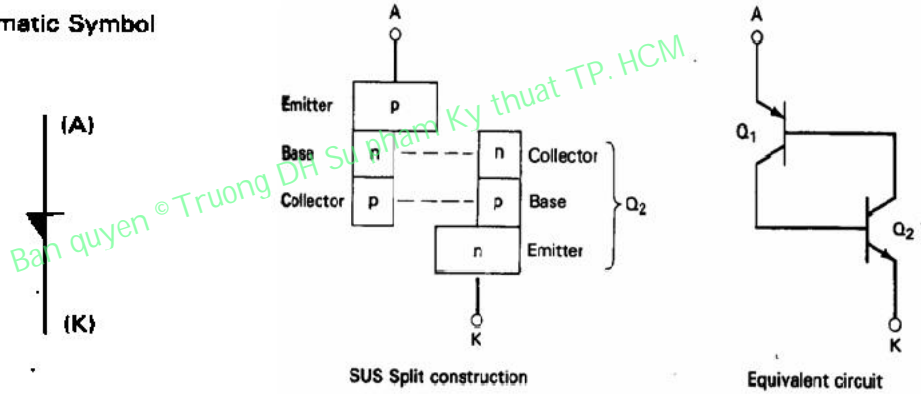
Hình 6-45. Sơ đồ mạch và đặc tuyến của UJT.

3. DIODE 4 LỚP:

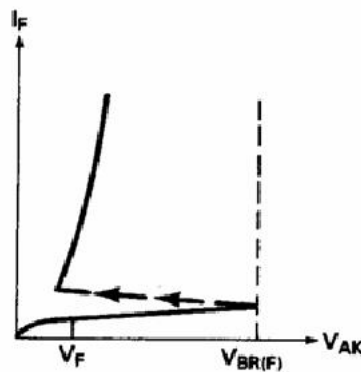
Cấu tạo, ký hiệu và mạch tương đương của diode 4 lớp như các hình 6-46:



Hình 6-46a. Diode 4 lớp.



Hình 6-46b. Diode 4 lớp.



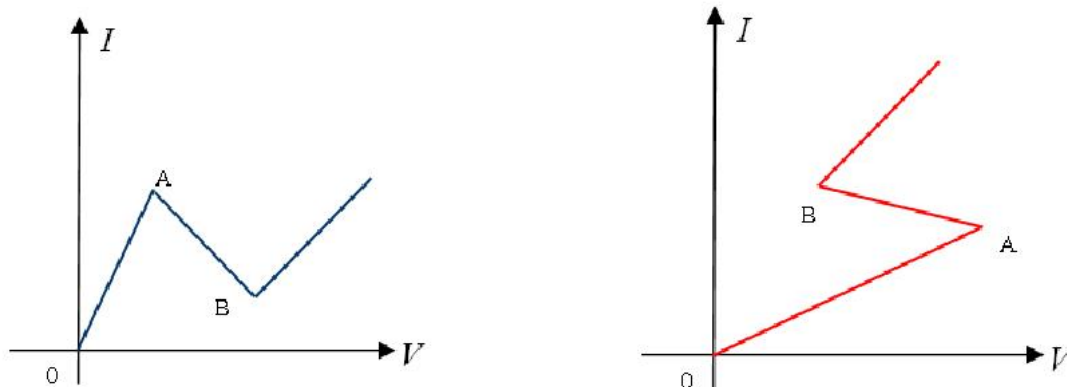
Hình 6-46c. Đặc tuyến của Diode 4 lớp.

4. ỨNG DỤNG CỦA CÁC LINH KIỆN CÓ VÙNG ĐIỆN TRỞ ÂM ĐỂ TẠO MẠCH DAO ĐỘNG ĐA HÀI

a. Đặc tính của vùng điện trở âm:

Từ dạng đặc tính vùng điện trở âm kiểu chữ N như của diode tunnel, ta sẽ xây dựng được các dạng mạch khống chế bằng điện áp và dạng đặc tính vùng điện trở âm kiểu chữ S như của UJT, diode NPNP, SCS thì ta có thể xây dựng các dạng mạch khống chế bằng dòng điện.

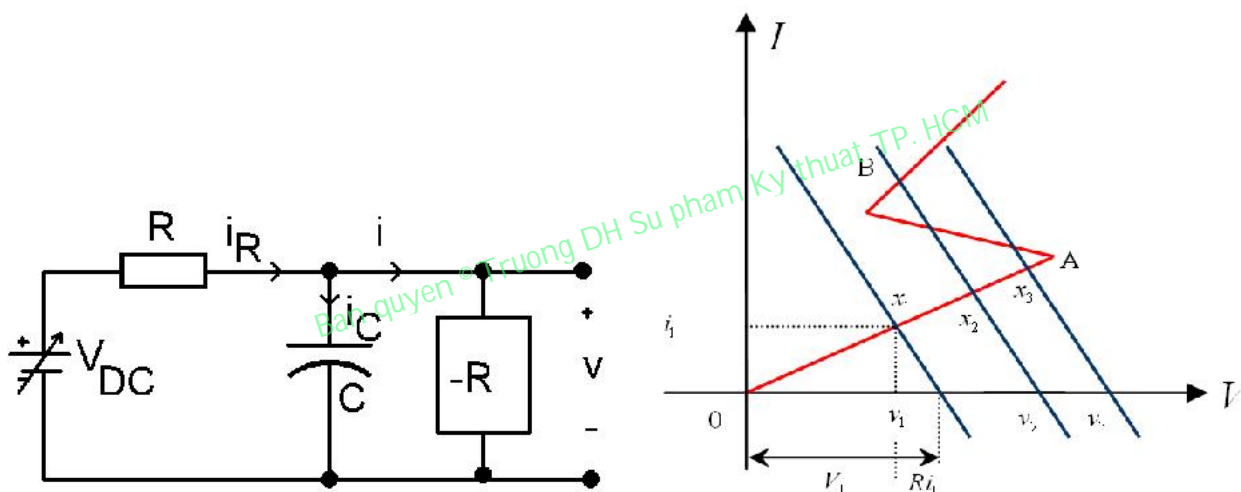
Đặc tuyến hình chữ N và hình chữ S như hình 6-47



Hình 6-47. Đặc tuyến hình chữ N và hình chữ S.

b. Mạch nguyên lý:

Ta khảo sát mạch điện trở âm dùng dòng khống chế như hình 6-48:



Hình 6-48. Mạch điện trở âm dùng dòng khống chế và đặc tuyến.

Điện áp v rơi trên điện trở âm có phương trình điện áp: $v = V_{DC} - i_R R$ (1)

Với i là dòng điện chạy qua linh kiện có vùng điện trở âm.

Và i_C là dòng điện chạy qua tụ.

Với $V_{DC} = V_1$: là một giá trị nguồn điện áp DC cụ thể.

Ở chế độ xác lập thì $i_C = 0$ nên $i = i_R$

Ta có được đường tải DC với độ dốc $-\frac{1}{R}$

Với $V_{DC} = V_2$ hay $V_{DC} = V_3$ thì ta có thể xây dựng được các đường tải qua V_2 và V_3 với cùng 1 độ dốc $-\frac{1}{R}$.

Từ sơ đồ nguyên lý hình 6-48 ta có: $i_R = i_C + i = C \frac{dv}{dt} + i$ (2)

Kết hợp 2 phương trình (1) và (2) ta được
$$CR \frac{dv}{dt} = V_{DC} - (iR + v) \tag{3}$$

Nếu linh kiện (-r) hoạt động tại 1 điểm X_E với $i = i_E$ và $v = v_E$ thì $v_E = -i_E R + V_E$ hay $V_E = i_E R + v_E$

Nguồn DC cấp cho mạch lúc này là $V_{DC} = V_S$ thì ta viết lại phương trình (3):

$$CR \left. \frac{dv}{dt} \right|_{X_E} = V_S - V_E \tag{4}$$

Từ phương trình (4) ta nhận thấy: Nếu linh kiện có (-r) hoạt động tại X_E và điện áp nguồn là $V = V_S$ thì $\frac{dv}{dt} > 0$ nếu $V_S > V_E$ và $\frac{dv}{dt} < 0$ nếu $V_S < V_E$.

Nhận xét: khi áp dụng nguyên lý này vào mạch ta thấy: khi điện áp nguồn cung cấp đột ngột tăng ví dụ $V_S = V_2$ thì $\frac{dv}{dt} > 0$ vì $V_S = V_2 > V_E = V_1$ và điểm làm việc sẽ di chuyển về bên phải dọc theo chiều tăng của v.

c. Hoạt động ở chế độ đơn ổn:

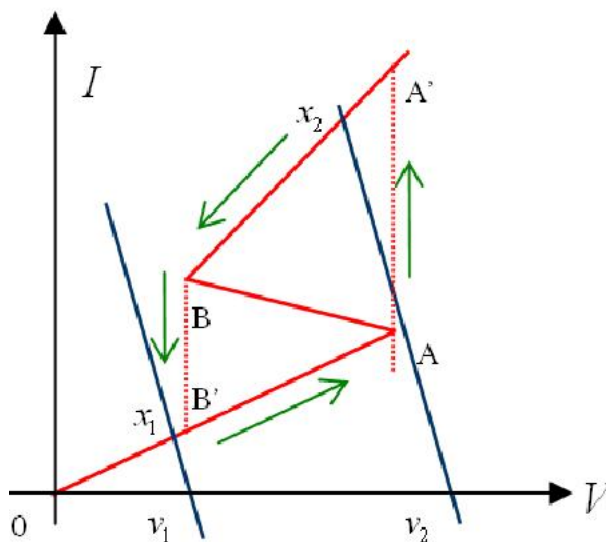
Xem mạch như hình 6-48, điện áp cung cấp ban đầu cho mạch là V_1 với điểm làm việc ổn định là x_1 . Khi có 1 điện áp hàm bước vào làm điện áp nguồn tăng đến giá trị V_2 làm dịch chuyển đường tải qua khỏi điểm tới hạn A nhằm tạo trạng thái ổn định mới tại điểm x_2 .

Áp dụng phương trình (4) tại A ta thấy tại đây $\frac{dv}{dt} > 0$ vậy điểm làm việc có xu hướng tăng dần (di chuyển về bên phải) để đạt x_2 .

Nhưng điểm làm việc không thể di chuyển theo hướng AB vì khi theo hướng này thì $\frac{dv}{dt} < 0$ nên phải chuyển trạng thái đột ngột từ A đến A'.

Áp dụng phương trình (4), tại A' ta thấy $\frac{dv}{dt} < 0$ vậy điểm làm việc di chuyển theo hướng A'B để đến x_2 .

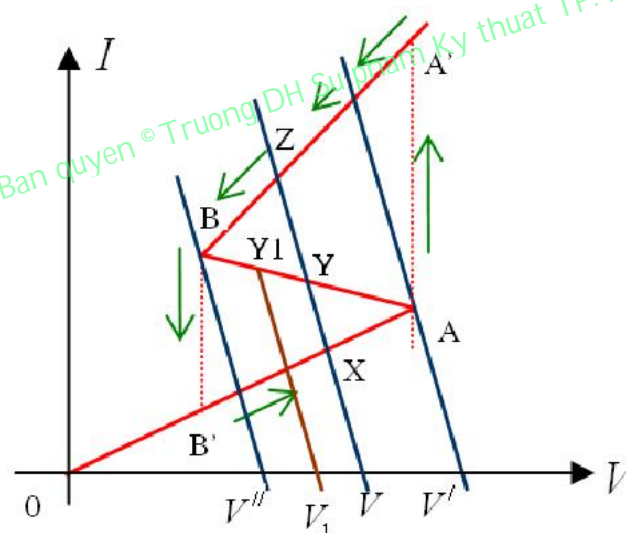
Lúc này nếu điện áp nguồn lại trở về V_1 thì điểm làm việc sẽ về X_1 nhưng không theo hướng BA ($\frac{dv}{dt} > 0$) mà phải giảm đột ngột theo BB' về điểm làm việc ổn định x_1 . Ta có hoạt động của mạch đơn ổn.



Hình 6-49. Đặc tuyến hoạt động ở chế độ đơn ổn.

d. Hoạt động ở chế độ song ổn:

Trong chế độ này thì điện áp nguồn và đường tải phải được chọn sao cho đường tải cắt đặc tuyến von-ampe tại 3 điểm X, Y, Z như hình 6-50.



Hình 6-50. Hoạt động song ổn.

Nếu ban đầu mạch ổn định ở X, một xung vuông đặt vào nguồn V_S đưa điểm làm việc theo chiều bên phải để đạt điểm làm việc ổn định tại Z, nếu xung đủ lớn để dịch chuyển điểm làm việc qua khỏi A để đạt A' rồi về Z.

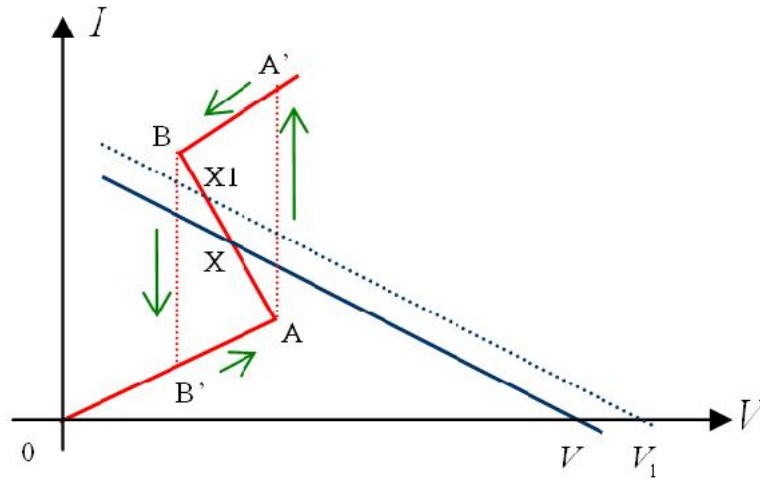
Bây giờ, khi đã ổn định tại Z, nếu ta đưa vào 1 xung âm có độ lớn và độ rộng đủ để Z chuyển về X thông qua BB' rồi B'X.

Ta có 2 trạng thái ổn định tương ứng với các giá trị xung kích dương và âm.

e. Hoạt động ở chế độ bất ổn:

Trong chế độ này thì điện áp nguồn và đường tải phải được chọn sao cho đường tải cắt đặc tuyến von-ampe tại 1 điểm X như hình 6-51. Cần phân biệt ở trong chế độ này thì điểm làm việc X là không ổn định – khác với trường hợp mạch song ổn.

Do đó khi có một tín hiệu nhiễu thì điểm làm việc sẽ có khuynh hướng dời xa điểm X.



Hình 6-51. Hoạt động bất ổn.

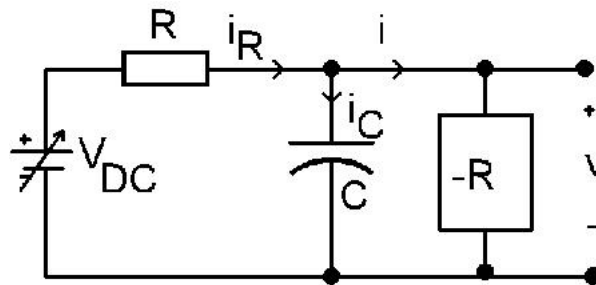
Khảo sát trường hợp điện áp nguồn V_S tăng đến giá trị V_1 :

Vì $V_1 > V$ nên $\frac{dv}{dt} < 0$: điểm làm việc có khuynh hướng di chuyển đến điểm B.

Và tương tự nếu $V_1 < V$ thì điểm làm việc có khuynh hướng di chuyển đến điểm A.

Ngoài ra ta còn có thể giải thích tính bất ổn của mạch thông qua như hình 6-52 với phần tử có vùng điện trở âm đang ở vùng $(-r)$ khi $V = 0$, mạch tương đương sẽ có hằng số thời gian

$$\tau = RC \text{ với } R_{\parallel} = \frac{(-r)R}{R-r}$$



Hình 6-52. Mạch điện trở âm dùng dòng không chế.

Khi có nhiễu thì điểm cân bằng bị thay đổi, đáp ứng sẽ có dạng $e^{-\frac{t}{R_{\parallel}C}}$

Khi $r > R$ thì $R_{\parallel} > 0$: đáp ứng giảm theo hàm $e^{-\frac{t}{R_{\parallel}C}}$ về trạng thái ổn định và ổn định tại đó.

Khi $r < R$ thì $R_{\parallel} < 0$: đáp ứng tăng theo hàm $e^{-\frac{t}{R_{\parallel}C}}$, điểm làm việc di chuyển ra xa khỏi trạng thái ổn định ban đầu.

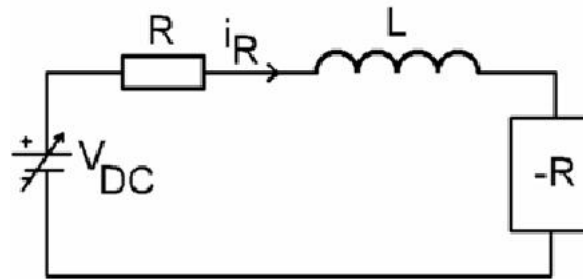
Trở lại với hình 6-50 ta thấy Y ổn định vì $r > R_{\parallel}$

Trong hình 6-51, vị trí ban đầu X có xu hướng di chuyển về A hay B tùy thuộc vào chiều của kích thích.

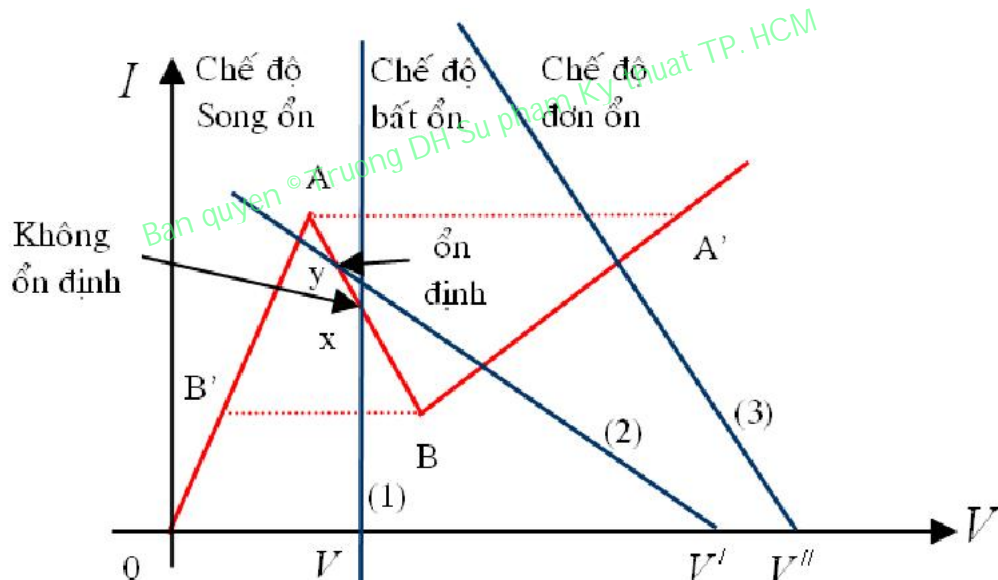
Hệ thống có xu hướng vẽ nên đường BB'AA' theo chiều mũi tên mà không cần kích thích bên ngoài.

f. Mạch đa hài dùng điện áp khống chế và mạch điện trở âm có hình chữ N:

Xem hình 6-53 ta thấy tụ điện mắc song song được thay bằng cuộn dây nối tiếp với phần tử có vùng điện trở âm.



Hình 6-53a. Mạch đa hài dùng điện áp khống chế.



Hình 6-53b. Đặc tuyến.

Việc xét ổn định của điểm làm việc có thể theo 2 hướng:

- Từ hình 6-52a ta có

$$L \frac{di}{dt} = V - iR = v \tag{7}$$

Nếu điểm làm việc đang tạm thời ở $X_E (i_E, v_E)$ thì $i_E R + v_E = V_E$

Ta có:

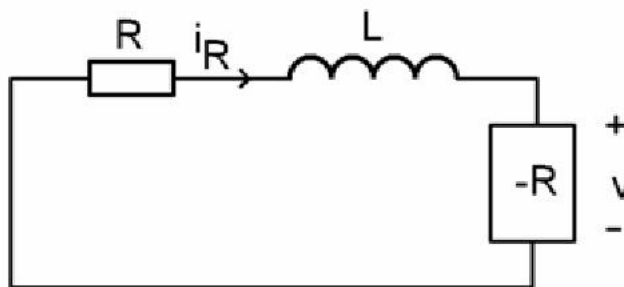
$$L \left. \frac{di}{dt} \right|_{X_E} = V_S - V_E$$

Từ đó ta rút ra: nếu linh kiện đang hoạt động tại X_E và điện áp nguồn là V_S thì

$$\frac{dv}{dt} > 0, V_S > V_E$$

$$\frac{dv}{dt} < 0, V_S < V_E$$

- Theo hướng này ta xét mạch tương đương như hình 6-54 để tìm đáp ứng ra.



Hình 6-54. Mạch tương đương.

Từ mạch điện thì đáp ứng ra có dạng hàm mũ $e^{\frac{t(R-r)}{L}}$

Hàm mũ sẽ có giá trị dương – trường hợp bất ổn nếu $r > R$ tương ứng với đường tải 1.

Hàm mũ sẽ có giá trị âm – trường hợp ổn định nếu $r < R$ tương ứng với đường tải 2.

Nhận xét:

Sự khác biệt cơ bản của các dạng đa hài dùng đặc tuyến hình chữ S (dùng dòng điện điều khiển) và mạch đa hài dùng đặc tuyến hình chữ N là:

Trong dạng đặc tuyến hình chữ S ta có các bước nhảy là dòng điện AA'BB'

Trong dạng đặc tuyến hình chữ N ta có các bước nhảy là điện áp AA'BB'.

VII. BÀI TẬP:

end

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] *Robert Boylestad, Louis Nashelsky* – **Electronic devices and circuit theory** – *Prentice Hall*.
- [2] *Donal A. Neamen* - **Electronic circuit analysis and design** – McGraw Hill, 2001.
- [3] *Donal L. Schilling, Charles Belove* - **Electronic circuits discrete and intergrated** - McGraw Hill, 1989.
- [4] *Robert T. Paynter* - **Introductory electronic devices and circuits** - Prentice Hall.
- [5] *Theodore F. Bogart, JR.* - **Electronic devices and circuits** – Maxwell Macmillan, 1991.
- [6] *Phạm Minh Hà* – **Kỹ thuật điện tử** .
- [7] *Lê Phi Yến* – **Kỹ thuật điện tử** – Đại học Bách khoa TP.HCM.

Bản quyền © Trường ĐH Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM