

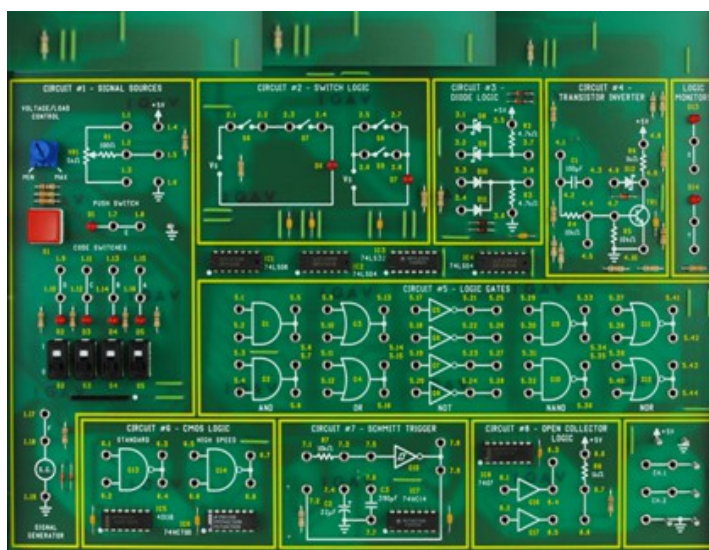
BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN
TRƯỜNG CAO ĐẲNG CƠ ĐIỆN HÀ NỘI

GIÁO TRÌNH

KỸ THUẬT SỐ

(Lưu hành nội bộ)

Tác giả : Th.S Nguyễn Hoàng Anh (chủ biên)



MỤC LỤC

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN	1
LỜI GIỚI THIỆU	2
MỤC LỤC	3
Phần 1: kỹ thuật xung	10

TRANG

Bài 1: CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN	10
Định nghĩa xung điện, các tham số và dãy xung	10
Tác dụng của R-C đối với xung cơ bản	31
Tác dụng của R-C đối với xung cơ bản	34
Khảo sát dạng xung (đo, đọc các thông số cơ bản)	53
Bài 2: MẠCH DAO ĐỘNG ĐA HÀI	53
Mạch dao động đa hài không đơn ổn	65
Mạch dao động đa hài đơn	69
Mạch dao động đa hài lưỡng ổn	71
Mạch Schmitt- trigger	118
Bài 3: MẠCH HẠN CHẾ BIÊN ĐỘ VÀ GHIM ĐIỆN ÁP	118
Mạch hạn biên	130
Mạch ghim áp	170
Phần 2: Kỹ thuật số	170
Bài 1: ĐẠI CƯƠNG	170
Hệ thống số và mã số	172
Các cổng logic cơ bản	184
Biểu thức Logic và mạch điện	191
Đại số Boole và định lý Demorgan	197
Đơn giản biểu thức logic	200
Giới thiệu một số IC số cơ bản	212
Bài 2: FLIP – FLOP	223
Flip flop RS	223
Flip flop RS tác động theo xung lệnh	225
Flip flop JK	227
Flip flop T	230
Flip flop D	231
Flip flop MS (master- slaver)	232
Flip flop với ngõ vào preset và clear	233
Tính toán, lắp ráp một số mạch ứng dụng cơ bản	254
Bài 3 MẠCH ĐẾM VÀ THANH GHI	253
Mạch đếm	253
Thanh ghi	263
Giới thiệu một số IC đếm và thanh ghi thông dụng	265
Tính toán, lắp ráp một số mạch ứng dụng cơ bản	269
Bài 4: MẠCH LOGIC MSI	279

Mạch mã hóa (Encoder)	279
Mạch giải mã (Decoder)	284
Mạch ghép kênh	298
Mạch tách kênh	300
Giới thiệu một số IC mã hóa và giải mã thông dụng	303
Tính toán, lắp ráp một số mạch ứng dụng cơ bản	312
Bài 5: HỌ VI MẠCH TTL- CMOS	315
Cấu trúc và thông số cơ bản của TTL	315
Cấu trúc và thông số cơ bản của CMOS	333
Giao tiếp TTL và CMOS	345
Giao tiếp giữa mạch logic và tải công suất	346
Tính toán, lắp ráp một số mạch ứng dụng cơ bản	351
Bài 6: BỘ NHỚ	354
ROM	357
RAM	366
Mở rộng dung lượng bộ nhớ	369
Giới thiệu IC	372
Bài 7: KỸ THUẬT ADC – DAC	380
Mạch chuyển đổi số sang tương tự (DAC)	380
Mạch chuyển đổi tương tự sang số (ADC)	389
Giới thiệu IC	399
TÀI LIỆU THAM KHẢO	407

MÔ ĐUN KỸ THUẬT XUNG – SỐ

Mã Mô đun: MĐ 19

Vị trí, tính chất, ý nghĩa và vai trò của mô đun:

Mô đun được bố trí dạy sau khi học xong các môn cơ bản như linh kiện điện tử, đo lường điện tử, điện tử tương tự, điện tử cơ bản..

Kỹ thuật xung là môn học cơ sở của ngành Điện – Điện tử và có vị trí khá quan trọng trong toàn bộ chương trình học của sinh viên và học sinh, nhằm cung cấp các kiến thức liên quan đến các phương pháp cơ bản để tạo tín hiệu xung và biến đổi dạng tín hiệu xung, các phương pháp tính toán thiết kế và các công cụ toán học hỗ trợ trong việc biến đổi, hình thành các dạng xung mong muốn...

Công nghệ kỹ thuật số đã và đang đóng vai trò quan trọng trong cuộc cách mạng khoa học kỹ thuật và công nghệ. Ngày nay, công nghệ số được ứng dụng rộng rãi và có mặt hầu hết trong các thiết bị dân dụng đến thiết bị công nghiệp, đặc biệt trong các lĩnh vực thông tin liên lạc, phát thanh,... và kỹ thuật số đã và đang được thay thế dần kỹ thuật tương tự

Tính chất của môn học: Là mô đun kỹ thuật cơ sở.

Mục tiêu của Mô đun:

Sau khi học xong mô đun này học viên có năng lực

*** Về kiến thức:**

- Phát biểu được các khái niệm cơ bản về xung điện, các hệ thống số cơ bản của xung điện, ý nghĩa của xung điện trong kỹ thuật điện tử.

- Trình bày được cấu tạo các mạch dao động tạo xung và mạch xử lý dạng xung.

- Phát biểu khái niệm về kỹ thuật số, các cổng logic cơ bản. Kí hiệu, nguyên lý hoạt động, bảng sự thật của các cổng logic.

- Trình bày được cấu tạo, nguyên lý các mạch số thông dụng như: Mạch đếm, mạch đóng ngắt, mạch chuyển đổi, mạch ghi dịch, mạch điều khiển.

*** Về kỹ năng:**

- Lắp ráp, kiểm tra được các mạch tạo xung và xử lý dạng xung.

- Lắp ráp, kiểm tra được các mạch số cơ bản trên panel và trong thực tế.

*** Về thái độ:**

- Rèn luyện cho học sinh thái độ nghiêm túc, tỉ mỉ, chính xác trong học tập và trong thực hiện công việc.

Mã bài	Tên các bài	Thời gian
--------	-------------	-----------

	trong mô đun	Tổng số	Lý thuyết	Thực hành	Kiểm tra	
Phần 1: Kỹ thuật xung			50	10	38	2
MĐ19-1	Các khái niệm cơ bản kỹ thuật xung	10	4	6	0	
01.1	Định nghĩa xung điện, các tham số và dãy xung	2	1	1		
01.2	Tác dụng của R-C đối với các xung cơ bản	2	1	1		
01.3	Tác dụng của mạch R.L.C đối với các xung cơ bản	2	1	1		
01.4	Khảo sát dạng xung	4	1	3		
MĐ19-2	Mạch dao động đa hài	30	4	24	2	
02.1	Mạch dao động đa hài không ổn	8	1	7		
02.1	Mạch đa hài đơn ổn	8	1	6	1	
02.1	Mạch đa hài lưỡng ổn	6	1	5		

02.1	Mạch schmitt – trigger	8	1	6	1
MD19-3	Mạch hạn chế biên độ và ghim áp	10	2	8	
03.1	Mạch hạn biên	5	1	4	
03.1	Mạch ghim áp	5	1	4	
Phân 2: Kỹ thuật số			100	40	45
MD19-1	Đại cương	10	8	2	
01.1	Tổng quan về mạch tương tự và mạch số	0,5	0,5		
01.2	Hệ thống số và mã số	2	1,5	0,5	
01.3	Các cổng logic cơ bản	2	2		
01.4	Biểu thức logic và mạch điện	1	1		
01.5	Đại số bool và định lý Demorgan	1,5	1	0,5	
01.6	Đơn giản biểu thức logic	2	1	1	

01.7	Giới thiệu một số IC số cơ bản	1	1		
MD19-2	Flip – Flop	10	4	6	
02.1	Flip - Flop R-S	1	1		
02.2	FF R-S tác động theo xung lệnh	1	0,5	0,5	
02.3	Flip - Flop J –K	1	0,5	0,5	
02.4	Flip - Flop T	1	0,5	0,5	
02.5	Flip - Flop D	1	0,5	0,5	
02.6	Flip - Flop M-S	1	0,5	0,5	
02.7	Flip - Flop với ngõ vào Preset và Clear	1	0,5	0,5	
02.8	Tính toán lắp ráp một số mạch ứng dụng	3		2	1
MD19-3	Mạch đếm và thanh ghi	25	8	16	1
03.1	Mạch đếm	9	5	4	
03.2	Thanh ghi	4	1,5	2,5	

03.3	Giới thiệu một số IC đếm và thanh ghi thông dụng	2	1,5	0,5	
03.4	Tính toán, lắp ráp một số mạch ứng dụng	10		9	1
MĐ19-4	Mạch logic MSI	25	6	18	1
04.1	Mạch mã hóa	4	1	3	
04.2	Mạch giải mã	4	2	2	
04.3	Mạch ghép kênh	4	1	3	
04.4	Mạch tách kênh	4	1	3	
04.5	Giới thiệu một số IC mã hóa và giải mã thông dụng	2	1	1	
04.6	Tính toán, lắp ráp một số mạch ứng dụng cơ bản	7		6	1
MĐ19-5	Họ vi mạch TTL - CMOS	14	6	7	1

05.1	Cấu trúc và thông số cơ bản của TTL	2	1,5	0,5	
05.2	Cấu trúc và thông số cơ bản của CMOS	2	1,5	0,5	
05.3	Giao tiếp TTL và CMOS	2	1	1	
05.4	Giao tiếp giữa mạch logic và tải công suất	2	1	1	
05.5	Tính toán, lắp ráp một số mạch ứng dụng cơ bản	6	1	4	1
MĐ19-6	Bộ nhớ	8	5	3	
06.1	ROM	3	2	1	
06.2	RAM	2	1	1	
06.3	Mở rộng dung lượng bộ nhớ	2	1	1	
06.4	Giới thiệu IC	1	1		
MĐ19-7	Kỹ thuật ADC - DAC	8	3	5	
07.1	Mạch chuyển đổi số - tương	3	1	2	

	tự (DAC)				
07.2	Mạch chuyển đổi tương tự - số (ADC)	3	1	2	
07.3	Giới thiệu IC	2	1	1	
Tổng cộng:			150	50	93
					7

Tailieu.vn

Phần 1: KỸ THUẬT XUNG

BÀI 1

CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

Mã Bài: MD19-1

Giới thiệu

Các tín hiệu điện có biên độ thay đổi theo thời gian được chia ra làm hai loại cơ bản là tín hiệu liên tục và tín hiệu gián đoạn. Tín hiệu liên tục còn được gọi là tín hiệu tuyến tính hay tương tự, tín hiệu gián đoạn còn gọi là tín hiệu xung số.

Tín hiệu sóng sin được xem như là tín hiệu tiêu biểu cho loại tín hiệu liên tục, ta có thể tính được biên độ của nó ở từng thời điểm. Ngược lại tín hiệu sóng vuông được xem là tín hiệu tiêu biểu cho loại tín hiệu gián đoạn và biên độ của nó chỉ có hai giá trị là mức cao và mức thấp, thời gian để chuyển từ mức biên độ thấp lên cao và ngược lại rất ngắn và được xem như tức thời.

Một chế độ mà các thiết bị điện tử thường làm việc hiện nay đó là chế độ xung.

Mục tiêu:

- Trình bày được các khái niệm về xung điện, dãy xung
- Giải thích được sự tác động của các linh kiện thụ động đến dạng xung
- Rèn luyện tính tư duy, tác phong công nghiệp

Nội dung

1. Định nghĩa xung điện, các tham số và dãy xung

- Mục tiêu: Trình bày và phân tích các dạng tín hiệu, các hàm, các thông số của xung cơ bản.

1.1. Định nghĩa

- Xung là tín hiệu tạo nên do sự thay đổi mức của điện áp hay dòng điện trong một khoảng thời gian rất ngắn, có thể so sánh với thời gian quá độ của mạch điện mà chúng tác động. Thời gian quá độ là thời gian để một hệ vật lý chuyển từ trạng thái vật lý này sang trạng thái vật lý khác.

- Các tín hiệu xung được sử dụng rất rộng rãi trong các mạch điện tử: truyền thông, công nghệ thông tin, vô tuyến, hữu tuyến...

❖ Một số dạng xung cơ bản

- Một số tín hiệu liên tục (xem hình 1.1)

-A₁

a.

10

u.

Hình 1.1a. Tín hiệu sin Asint

Hình 1.1b. Tín hiệu xung vuông

Hình 1.1c. Tín hiệu xung tam giác

- Một số tín hiệu rời rạc (hình 1.2).

Hình 1.2. Tín hiệu sin rời rạc - hàm mũ rời rạc

Ngày nay trong kỹ thuật vô tuyến điện, có rất nhiều thiết bị, linh kiện vận hành ở chế độ xung. Ở những thời điểm đóng hoặc ngắt điện áp, trong mạch sẽ phát sinh quá trình quá độ, làm ảnh hưởng đến hoạt động của mạch. Bởi vậy việc nghiên cứu các quá trình xảy ra trong các thiết bị xung có liên quan mật thiết đến việc nghiên cứu quá trình quá độ trong các mạch đó.

Nếu có một dãy xung tác dụng lên mạch điện mà khoảng thời gian giữa các xung đủ lớn so với thời gian quá độ của mạch. Khi đó tác dụng của một dãy xung như một xung đơn. Việc phân tích mạch ở chế độ xung phải xác định sự phụ thuộc hàm số của điện áp hoặc dòng điện trong mạch theo thời gian ở trạng thái quá độ. Có thể dùng công cụ toán học như: phương pháp tích phân kinh điển. Phương pháp phổ (Fourier) hoặc phương pháp toán tử Laplace.

1.2. Các thông số của xung điện và dãy xung

1.2.1. Các thông số của xung điện.

Tín hiệu xung vuông như hình 1.3 là một tín hiệu xung vuông lý tưởng, thực tế khó có 1 xung vuông nào có biên độ tăng và giảm thẳng đứng như vậy:

Hình 1.3: Dạng xung

Xung vuông thực tế với các đoạn đặc trưng như: sườn trước, đỉnh, sườn sau. Các tham số cơ bản là biên độ U_m , độ rộng xung t_x , độ rộng sườn trước t_{tr} và sau t_s , độ sụt đỉnh Δ_u .

- Biên độ xung U_m xác định bằng giá trị lớn nhất của điện áp tín hiệu xung có được trong thời gian tồn tại của nó.
- Độ rộng sườn trước t_{tr} , sườn sau t_s là xác định bởi khoảng thời gian tăng và thời gian giảm của biên độ xung trong khoảng giá trị $0.1U_m$ đến $0.9U_m$
- Độ rộng xung T_x xác định bằng khoảng thời gian có xung với biên độ trên mức $0.1U_m$ (hoặc $0.5U_m$).
- Độ sụt đỉnh xung Δ_u thể hiện mức giảm biên độ xung tương ứng từ $0.9U_m$ đến U_m .
- ❖ Với dãy xung tuần hoàn ta có các tham số đặc trưng như sau:

- Chu kỳ lặp lại xung T là khoảng thời gian giữa các điểm tương ứng của 2 xung kế tiếp, hay là thời gian tương ứng với mức điện áp cao t_x và mức điện áp thấp t_{ng} , biểu thức (1.1)

$$T = t_x + t_{ng} \quad (1.1)$$

- Tần số xung là số lần xung xuất hiện trong một đơn vị thời gian (1.2)

$$(1.2)$$

- Thời gian nghỉ t_{ng} là khoảng thời gian trống giữa 2 xung liên tiếp có điện áp nhỏ hơn $0.1U_m$ (hoặc $0.5U_m$).
- Hệ số lấp đầy γ là tỷ số giữa độ rộng xung t_x và chu kỳ xung T (1.3)

$$(1.3)$$

Do $T = t_x + t_{ng}$, vậy ta luôn có

- Độ rộng của xung là tỷ số giữa chu kỳ xung T và độ rộng xung t_x (1.4)

$$(1.4)$$

❖ Trong kỹ thuật xung - số, chúng ta sử dụng phương pháp số đối với tín hiệu xung với quy ước chỉ có 2 trạng thái phân biệt

- Trạng thái có xung (t_x) với biên độ lớn hơn một ngưỡng U_H gọi là trạng thái cao hay mức “1”, mức U_H thường chọn cỡ từ $1/2V_{cc}$ đến V_{cc} .

- Trạng thái không có xung (t_{ng}) với biên độ nhỏ hơn 1 ngưỡng U_L gọi là trạng thái thấp hay mức “0”, U_L được chọn tùy theo phần tử khóa (tranzito hay IC)

- Các mức điện áp ra trong dải $U_L < U < U_H$ được gọi là trạng thái cấm.

1.2.2 Dãy xung :

Kỹ thuật xung không chỉ phát ra một xung đơn mà còn phát ra được một dãy xung liên tiếp tuần hoàn với chu kỳ T , nghĩa là sau mỗi thời gian T lại có một xung lặp lại hoàn toàn giống như xung trước.

- Các dạng dãy xung tuần hoàn thường gặp:

- + Dãy xung vuông góc là dạng dãy xung thường gặp nhất trong kỹ thuật điện tử. Các thông số đặc trưng cho dãy xung gồm: biên độ U_M , độ rộng xung t_x , thời gian nghỉ t_n , chu kỳ $T = t_x + t_n$, tần số $f = 1/T$. Ngoài ra còn có 2 thông số phụ đặc trưng khác là hệ số lấp đầy $\gamma = t_x/T$ và độ hổng (rỗng) $Q = 1/\gamma = T/t_x$. Nếu $Q = 2$, ($t_x = t_n$) thì dãy xung gọi là dãy xung vuông góc đối xứng.

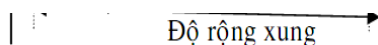
- + Dãy xung răng cưa thuận túy ($t_f = 0$), chu kỳ T . Mạch phát dãy xung này thường dùng trong thiết bị dao động kí điện tử, với vai trò bộ tạo sóng quét ngang.

- Dãy xung tuần hoàn. Nó thường dùng để kích khởi những hoạt động có tính

chu kỳ. Các mạch phát xung tuần hoàn thường là những mạch hoạt động không chịu sự điều khiển bởi các xung kích

- Dãy xung có thể không tuần hoàn. Mạch phát các xung này thường là những mạch hoạt động theo sự điều khiển của các xung kích khởi bởi ở bên ngoài, và gọi là các mạch kích khởi. Ứng với mỗi xung kích thích bên ngoài, mạch cho ra một xung có biên độ và độ rộng xung không thay đổi, nghĩa là dạng xung đưa ra hoàn toàn lặp lại giống nhau sau mỗi xung kích thích.

1.2.3 Độ rộng xung (hình 1.4)



Hình 1.4:

Độ rộng xung
 V_m : Biên độ xung

Trong đó:
 ΔV : Độ sụt áp đỉnh xung

t_r : Độ rộng sườn trước

t_p : độ rộng đỉnh xung

t_f : độ rộng sườn sau

t_{on} : độ rộng thực tế

- Đây là dạng xung thực tế, với dạng xung này thì khi tăng biên độ điện áp sẽ có thời gian trễ t_r , gọi là độ rộng sườn trước. Thời gian này tương ứng từ 10% đến 90% biên độ U . Ngược lại, khi giảm biên độ điện áp xung sẽ có thời gian trễ t_f , gọi là độ rộng sườn sau. Thời gian này tương ứng từ 90% đến 10% biên độ U .

- Độ rộng xung thực tế là: $t_{on} = t_r + t_p + t_f$.
- Độ sụt áp ΔV là độ giảm biên độ ở phần đỉnh xung.

1.2.4. Các dạng hàm cơ bản của tín hiệu xung.

1.2.4.1. Hàm đột biến (hình 1.5).

$$v(t) = a \cdot I(t - t_0).$$

- Đột biến xảy ra tại thời điểm $t = t_0$ với biên độ là a .
- $I(t - t_0)$: Hàm đột biến đơn vị.
- Khi $t < t_0$: $v = 0$
- Khi $t \geq t_0$: $v = a$



Hình 1.5 Hàm đột biến

1.2.4.2. Hàm tuyến tính (hình 1.6)

$$v(t) = k(t - t_0)$$

- k : Độ dốc của hàm.



Hình 1.6 Hàm tuyến tính

1.2.4.3. Hàm mũ giảm (hình 1.7)

$$v(t) = a.e^{-(t - t_0) / \tau}$$



Hình 1.7 Hàm mũ giảm

1.2.4.4. Hàm mũ tăng (hình 1.8)

$$v(t) = a.(1 - e^{-(t - t_0) / \tau})$$



Hình 1.8 Hàm mũ tăng

❖ Để phân tích 1 tín hiệu xung, phải đưa về dạng tổng các hàm cơ bản.
 Ví dụ: Như hình 1.9 ta phải đưa về tổng các hàm cơ bản, sau đó mới tính ra được hàm của nó.

Hình 1.9

$$\text{Ta có : } V(t) = V1(t) + V2(t)$$

$$\text{Suy ra: } V(t) = V1(t) + V2(t) = a.1(t) - a.1(t - t_0)$$

2. Tác dụng của R-C đối với các xung cơ bản

- Mục tiêu: Trình bày và phân tích sự giống và khác nhau giữa RC, RL đối với các mạch của xung cơ bản.

2.1. Tác dụng của mạch RC đối với các xung cơ bản

$$\frac{U_C}{U} = \frac{1}{1 + j\omega RC} \quad \text{hình 1.12}$$

Hình 1.12. Mạch lọc thông thấp

- Tín hiệu lấy ra trên C
- Mạch lọc thông thấp cho các tín hiệu có tần số nhỏ hơn tần số cắt qua hoàn toàn. Tín hiệu có tần số cao bị suy giảm biên độ. Tín hiệu lấy trên tụ C làm cho tín hiệu ra trễ pha so với tín hiệu vào (1.5)
- Tần số cắt (1.5)
 Tại tần số cắt điện áp ta có biên độ

Hình 1.13. Mạch lọc RC và đáp ứng xung của mạch lọc

Mạch tích phân RC

- Mạch lọc RC là mạch mà điện áp ra $V_0(t)$ tỉ lệ với tích phân theo thời gian của điện áp vào $V_i(t)$.

- Trong đó K là hệ số tỉ lệ, mạch tích phân RC chính là mạch lọc thông thấp khi tín hiệu vào có tần số f_i rất lớn so với tần số cắt f_c của mạch.

Ta có công thức: $V_i(t) = V_R(t) + V_C(t)$ (1.7)

Từ điều kiện tần số f_i rất lớn so với tần số cắt f_c ta có (1.8):

$$f_i \gg f_c = 1/2\pi RC \quad R \gg X_c = 1/2\pi f_i C$$

$$V_R(t) \gg V_C(t) \quad (1.9)$$

(vì dòng $I(t)$ qua R và C bằng nhau)

Từ (1.7) và (1.9) ta có $V_i(t) \approx V_R(t) = R \cdot i(t)$

$$i(t) = V_i(t)/R \quad (1.10)$$

Điện áp ra $V_0(t)$:

Như vậy, điện áp ra $V_0(t)$ tỉ lệ với tích phân theo thời gian của điện áp vào $V_i(t)$ với hệ số tỉ lệ $K = 1/RC$ khi tần số f_i rất lớn so với f_c .

Điều kiện mạch tích phân

$$f_i \gg f_c \quad f_i \gg 1/2\pi RC.$$

$$RC \gg 1/2\pi f_i \quad \gg 1/2\pi f_i = T_i / 2$$

Trong đó: $\tau = RC$ là hằng số thời gian.

T_i là chu kỳ tín hiệu vào.

Ví dụ: Trường hợp điện áp vào $V_i(t)$ là tín hiệu hình sin qua mạch tích phân.

Điện áp ra:

Như vậy, nếu thỏa mãn điều kiện của mạch tích phân như trên thì điện áp ra bị trễ pha 90° và biên độ bị giảm xuống với tỉ lệ là.

Điện áp vào là tín hiệu xung vuông: khi điện áp vào là tín hiệu xung vuông có chu kỳ T_i thì có thể xét tỉ lệ hằng số thời gian $\tau = RC$ so với T_i để giải thích các dạng sóng ra theo hiện tượng nạp xả của tụ.

Giả sử điện áp ngõ vào là tín hiệu xung vuông đối xứng có chu kỳ T_i (hình 1.14a).

- Nếu mạch tích phân có hằng số thời gian $\tau = RC$ rất nhỏ so với T_i thì tụ nạp và xả rất nhanh nên điện áp ngõ ra $V_o(t)$ có dạng sóng giống như dạng điện áp vào $V_i(t)$ hình 1.14b.
- Nếu mạch tích phân có hằng số thời gian $\tau = T_i / 5$ thì tụ nạp và xả điện áp theo dạng hàm số mũ, biên độ của điện áp ra nhỏ V_p hình 1.14c.
- Nếu mạch tích phân có hằng số thời gian τ rất lớn so với T_i thì tụ C nạp rất chậm nên điện áp ra có biên độ rất thấp hình 1.14d, nhưng đường tăng giảm điện áp gần như đường thẳng. Như vậy, mạch tích phân chọn trị số RC thích hợp thì có thể sửa dạng xung vuông có ngõ vào thành dạng sóng tam giác ở ngõ ra. Nếu xung vuông đối xứng thì xung tam giác ra là tam giác cân.

Hình 1.14: Dạng sóng vào ra của tín hiệu xung vuông

Mạch tích phân dùng OpAmp

- Mạch tích phân đảo hình 1.15

Hình 1.15

Thiết lập quan hệ vào ra. Với $i_1 = -i_2$

Mà

Hệ số tỉ lệ, hai linh kiện R và C để tạo hằng số thời gian của mạch.

❖ **Mạch lọc thông cao** (hình 1.16)

Hình 1.15a. Mạch lọc thông cao Hình 1.15b: Mạch đáp ứng tần số

- Mạch lọc thông cao cho các tín hiệu có tần số cao hơn tần số cắt qua hoàn toàn, tín hiệu có tần số thấp bị suy giảm biên độ. Tín hiệu ra lấy trên R , làm cho tín hiệu sớm pha so với tín hiệu vào.

Tương tự, ta có:
+ Tần số cắt:

+ Tại tần số cắt điện áp ra có biên độ:

Mạch vi phân RC: là mạch có điện áp ngõ ra V^0 tỉ lệ với đạo hàm theo thời gian của điện áp ngõ vào $V^1(t)$.

Ta có:

Trong đó k là hệ số tỉ lệ mạch vi phân RC chính là mạch lọc thông cao RC khi tín hiệu

vào có tần số f_i rất thấp so với tần số cắt của f_c của mạch.

Từ hình 1.15a, ta có:

$$V^i(t) = V^{R(t)} + V^{C(t)} \quad (1.15)$$

Từ điều kiện tần số f_i rất thấp so với tần số cắt f_c ta có : $f_i \ll f_c = 1/2 RC$.

$$R \ll X_c = 1/2 f_i C.$$

$$V_R(t) \ll V_C(t) \quad (1.16)$$

(vì dòng $i(t)$ qua R và C bằng nhau)

Từ (1.15) và (1.16) ta có : $V_i(t) \approx V_C(t)$, đối với tụ C điện áp trên tụ còn được tính theo công thức:

Trong đó: $q(t)$ là điện tích nạp vào tụ

Mặt khác, ta có:

Từ đây ta có phương trình theo (1.18)

Điện áp ra $V^0(t)$:

Như vậy điện áp ra $V_0(t)$ tỉ lệ với vi phân theo thời gian của điện áp vào với hệ số tỉ lệ K là $K = 1/RC$ khi tần số f_i rất thấp so với f_c .

- Điều kiện mạch vi phân

$$f_i \ll f_c \quad f_i \ll 1/2 RC.$$

$$RC \ll 1/2 f_i \quad \tau = 1/2 f_i = T_i / 2$$

Trong đó: $\tau = RC$ là hằng số thời gian.

T_i là chu kỳ tín hiệu vào

Ví dụ: Trường hợp điện áp vào $V_i(t)$ là tín hiệu hình sin qua mạch vi phân

$$V_i(t) = V_m \sin \omega(t)$$

Điện áp ra :

- Như vậy, nếu thỏa mãn điều kiện của mạch vi phân như trên thì điện áp ra bị sớm pha 90° và biên độ nhân với hệ số tỉ lệ là ωRC .

- Đây là một bộ lọc thông cao dạng căn bản, vì trở kháng của tụ giảm dần khi tần số tăng, các thành phần tần số cao của tín hiệu ngõ vào sẽ ít suy giảm hơn các thành phần tần số thấp. Ở các tần số cao hầu như tụ ngắn mạch và tất cả các ngõ vào đều xuất hiện tại ngõ ra.

❖ **Khi ngõ vào dạng sóng sin:** đối với ngõ vào sóng sin, tín hiệu ngõ ra giảm về biên độ khi giảm tần số. Đối với mạch hình 1.16, độ lợi A và góc pha cho bởi:

Hình 1.16 Đáp ứng tần số của mạch lọc

- Nếu tần số $f > f_c$ (ở dải tần số cao) thì điện áp ngõ ra giảm. Do vậy, xem như ở ngõ ra không có thành phần tần số cao.

Nếu tần số $f < f_c$ (ở dải tần số thấp), điện áp ngõ ra có biên độ cao, tức ngõ ra có thành phần tần số thấp.

Đây cũng là vấn đề gặp ở mạch khuếch đại tần số cao, xuất hiện tần số cắt trên f_c .

- Mối quan hệ giữa tần số và độ lợi hình 1.17. Tại tần số f_c độ lợi giảm – 3 dB, đây là giá trị lớn nhất của độ lợi tại tần số cao. Như vậy, tại tần số cắt thì biên độ giảm -3dB.

Hình 1.17: Biểu diễn độ lợi

❖ **Khi ngõ vào là xung chữ nhật: $u_v(t) = E[u(t)-u(t-t_1)]$, hình 1.18**

Hình 1.18: Ngõ vào là xung chữ nhật

Trường hợp:

$$u_v(t) = 0, \text{ nếu } t < 0 \text{ và } t > t_1$$

$$u_v(t) = E, \text{ nếu } 0 \leq t \leq t_1$$

Trong khoảng thời gian từ 0 đến t_1 ngõ vào có biên độ điện áp là E, tụ C nạp điện, điện áp trên tụ C tăng dần theo quy luật hàm mũ.

, với.

Điện áp trên điện trở giảm dần cũng theo quy luật hàm mũ

$$\text{Vậy, ta có: } u_R(t) = u_v(t) - u_C(t) \quad (1.27)$$

Khi $u_C(t)$ tăng dần thì $u_R(t)$ giảm dần, tùy theo giá trị của t lớn hay nhỏ mà tụ nạp trong thời gian dài hay ngắn khác nhau.

Trong khoảng thời gian $t > t_1$, điện áp ngõ vào mạch RC có giá trị là 0. Lúc này, tụ C là đóng vai trò như nguồn điện áp cung cấp cho mạch, nghĩa là tụ C xả điện qua điện trở R. Do đó điện áp trên tụ C giảm dần theo quy luật hàm mũ, còn điện áp trên điện trở tăng dần

cũng theo quy luật hàm mũ, nhưng mang giá trị âm.

(1.28)

❖ **Điện áp vào là tín hiệu xung vuông:**

Khi điện áp vào là tín hiệu xung vuông có chu kỳ T_i thì có thể xét tỉ lệ hằng số thời gian $\tau = RC$ so với T_i để giải thích các dạng sóng ra theo hiện tượng nạp xả của tụ điện.

Giả sử điện áp ngõ vào là tín hiệu xung vuông đối xứng có chu kỳ T_i (hình 1.19a)

+ Nếu mạch vi phân có hằng số thời gian $\tau = (T_i / 5)$ thì tụ nạp và xả điện tạo dòng $i(t)$ qua điện trở R tạo ra điện áp giảm theo hàm số mũ. Khi điện áp ngõ vào bằng 0V thì đầu dương của tụ nối mass và tụ sẽ xả điện áp âm trên điện trở R . Ở ngõ ra sẽ có hai xung ngược nhau có biên độ giảm dần hình 1.19b

+ Nếu mạch tích phân có hằng số thời gian rất nhỏ so với T_i thì tụ sẽ nạp xả điện rất nhanh nên cho ra hai xung ngược dấu nhưng có độ rộng xung rất hẹp được gọi là xung nhọn.

Như vậy, nếu thỏa điều kiện của mạch vi phân thì mạch RC sẽ đổi tín hiệu từ xung vuông đơn cực ra xung nhọn lưỡng cực.

Hình 1.19. Dạng sóng vào và ra của mạch vi phân

Bài tập: Cho mạch như hình vẽ hình. 1.20

Hình 1.20

$V_i = 5.1(t)$, $R = 1k\Omega$, $C = 470pF$. Hãy xác định và vẽ đồ thị $V_{C(t)}$, $V_{R(t)}$ cho các trường hợp sau:

- $E = 0$, $R_1 = \infty$
- $E = 1V$, $R_1 = \infty$
- $E = 1V$, $R_1 = 2k\Omega$

Giải :

a. $E = 0$, $R_1 = \infty$. Mạch tương đương, hình 1.21.

Hình 1.21

Cộng tác dụng của nguồn ta có (hình 1.22)

$$V_i = 5.1(t)$$

$$V_R = 5.e^{-t/\tau}$$

$$V_C = 5.(1 - e^{-t/\tau}), \text{ với } \tau = RC = 470.10^{-12}.1.10^3 = 470.10^{-9} = 0,47\mu s$$