

# MỤC LỤC

<b>CHƯƠNG 1. CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN.....</b>	<b>3</b>
1.1. Đại cương.....	3
1.2. Các xung thường gặp .....	6
1.3. Một số khái niệm về xung.....	9
<b>CHƯƠNG 2. BIẾN ĐỔI DẠNG SÓNG BẰNG MẠCH R,L,C .....</b>	<b>13</b>
2.1. Mạch lọc thông cao-mạch vi phân.....	14
2.2. Mạch lọc thông thấp-mạch tích phân .....	23
2.3. Các bộ suy hao.....	31
<b>CHƯƠNG 3. CHUYỂN MẠCH ĐIỆN TỬ .....</b>	<b>43</b>
3.1. Chế độ xác lập.....	43
3.2. Chế độ quá độ.....	52
<b>CHƯƠNG 4. MẠCH XÉN, MẠCH SO SÁNH.....</b>	<b>58</b>
4.1. Khái niệm .....	58
4.2. Mạch xén với diode lý tưởng.....	59
4.3. Mạch xén với diode thực tế .....	66
4.4. Mạch xén ở hai mức độc lập .....	69
<b>CHƯƠNG 5. MẠCH KẸP .....</b>	<b>73</b>
5.1. Khái niệm .....	73
5.2. Mạch kẹp dùng diode lý tưởng .....	74
5.3. Mạch kẹp khi kể đến điện trở thuận và điện trở nguồn .....	80
5.4. Mạch kẹp tại cực nền BJT .....	84
<b>CHƯƠNG 6. MẠCH ĐA HÀI .....</b>	<b>88</b>
6.1. Khái niệm .....	88
6.2. Đa hài dùng các linh kiện tương tự.....	90
6.3. Đa hài dùng cổng logic .....	110
6.4. Dao động dùng thạch anh .....	119

# LỜI NÓI ĐẦU

---

Mục đích của bài giảng này nhằm cung cấp cho sinh viên các kiến thức cơ bản về kỹ thuật 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...

Đây là bài giảng để giảng dạy, trình bày tóm tắt cơ sở lý thuyết đi kèm với ví dụ, ứng dụng, cuối mỗi chương đều có bài tập để sinh viên kiểm tra và củng cố.

Bài giảng được biên soạn cho khóa học 45 tiết dành cho sinh viên năm 3 hệ đại học khoa Điện Điện tử trường Đại học Kỹ thuật Công nghệ Tp HCM

Danh sách những thuật ngữ thường xuất hiện, có kèm theo tiếng Anh tương đương để sinh viên tiện tham khảo tài liệu

Bài giảng gồm 6 chương dựa trên nhiều nguồn tham khảo trong và ngoài nước, với bố cục bám sát đề cương môn học Kỹ Thuật Xung dành cho sinh viên ngành Điện Tử Viễn Thông trường Đại học Kỹ Thuật như sau:

Chương 1. Các khái niệm cơ bản

Chương 2. Biến đổi dạng sóng bằng mạch R,L,C

Chương 3. Chuyển mạch điện tử

Chương 4. Mạch xén, mạch so sánh

Chương 5. Mạch kẹp

Chương 6. Mạch đa hài

NGUYỄN TRỌNG HẢI

---

# CHƯƠNG 1.

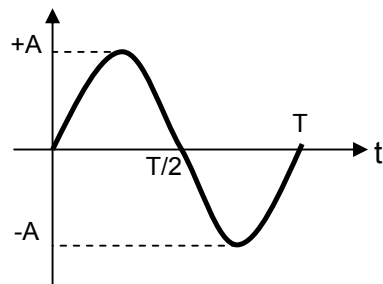
## CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

### I. ĐẠI CƯƠNG

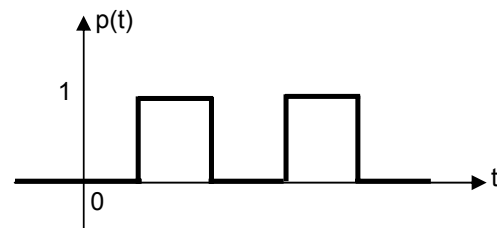
#### Phân loại tín hiệu

- Theo dạng sóng: Tín hiệu tam giác, sin, xung vuông, nấc thang, ...
- Theo tần số: Tín hiệu hạ tần, âm tần, cao tần, siêu cao tần, ...
- Theo sự liên tục: Tín hiệu liên tục biên độ và thời gian.
- Theo sự rời rạc: Tín hiệu rời rạc biên độ và thời gian.
- Tuần hoàn: Tín hiệu có dạng sóng lặp lại sau mỗi chu kỳ.

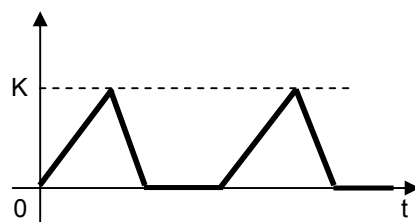
#### Một số tín hiệu liên tục



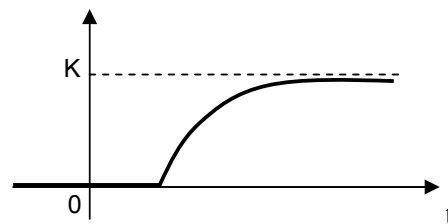
Hình 1.1a. Tín hiệu  $A \sin \omega t$



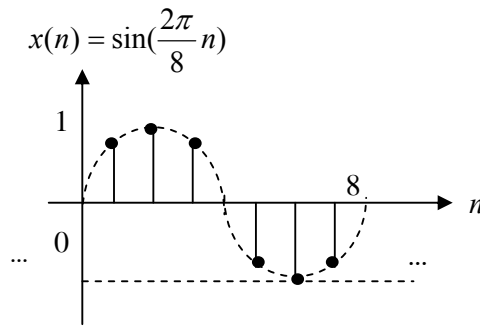
Hình 1.1b. Chuỗi xung



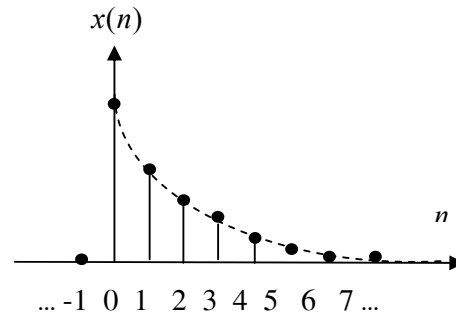
Hình 1.1c. Xung tam giác



Hình 1.1d. Hàm mũ

**Một số tín hiệu rời rạc**

Hình 1.2a, Tín hiệu sin rời rạc



Hình 1.2b, Hàm mũ rời rạc

Ngày nay trong kỹ thuật vô tuyến điện, có rất nhiều thiết bị công tác trong một chế độ đặc biệt: chế độ xung. Trong các thiết bị này, dòng và áp tác dụng lên mạch một cách rời rạc theo một quy luật nào đó. Ở những thời điểm đóng hoặc ngắt điện áp, trong mạch sẽ phát sinh quá trình quá độ, phá hủy chế độ công tác tĩnh 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. Ngược lại nếu khoảng thời gian kế tiếp của xung đủ nhỏ so với quá trình quá độ của mạch thì phải nghiên cứu tác dụng của một dãy xung giống như của những điện áp hoặc dòng điện có dạng phức tạp.

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...

**Phương pháp khảo sát**

Có nhiều cách để khảo sát sự biến đổi tín hiệu khi đi qua mạch RC, trong đó có phương pháp quá độ trong mạch điện với 2 phương pháp quen thuộc:

- Giải và tìm nghiệm của phương trình vi phân.
- Tìm hàm truyền đạt của mạch và biến đổi Laplace.

**a. Phương pháp tích phân kinh điển.**

Phương trình mạch và nghiệm.

$$a_n \frac{d^n y(t)}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y(t)}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dy(t)}{dt} + a_0 y(t) = f(t)$$

Vế phải của phương trình  $f(t)$  đã được xác định,  $y(t)$  ở vế trái là nghiệm cần tìm (điện áp hay dòng điện), nghiệm (họ nghiệm) của  $y(t)$  như sau

$$y(t) = y_{xl}(t) + y_{qd}(t)$$

Nghiệm của phương trình thuần nhất

$$a_n \frac{d^n y(t)}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y(t)}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dy(t)}{dt} + a_0 y(t) = 0$$

có 3 dạng: thực đơn, đơn và phức, bội

Nghiệm thực  $p_1, p_2, p_n$  có dạng như sau:

$$y_{qd} = K_1 e^{p_1 t} + K_2 e^{p_2 t} + \dots + K_n e^{p_n t}$$

Nghiệm phức  $p_1 = -\alpha + j\beta$ ,  $p_2 = -\alpha - j\beta$  có dạng như sau:

$$y_{qd} = K_1 e^{-\alpha t} \cos(\beta t + \phi)$$

Nghiệm kép  $p_1 = p_2$  có dạng như sau:

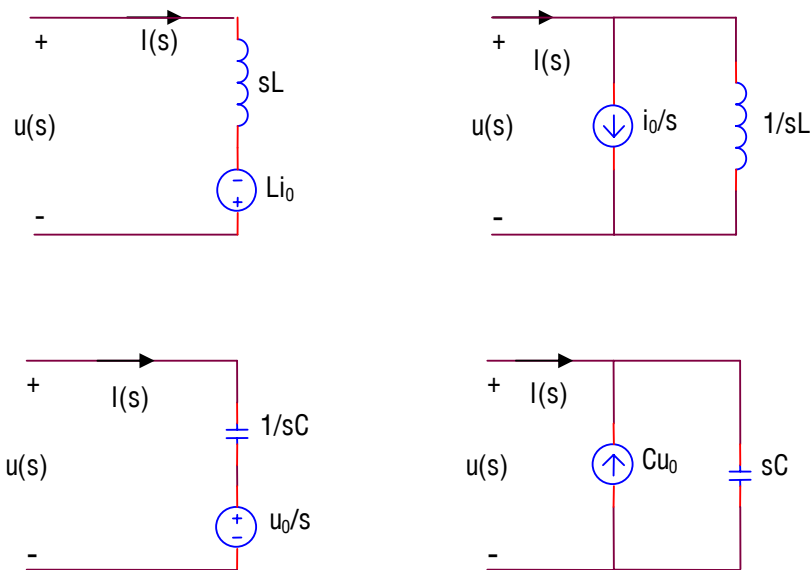
$$y_{qd} = (K_1 + K_2 t) e^{p_1 t}$$

### b. Phương pháp toán tử Laplace

Biến đổi Laplace 1 phía được xác định như sau:

$$F(s) = L[f(t)] = \int_0^{\infty} f(t) e^{-st} dt$$

Mạch tương đương R, L, C



Hình 1.3. Sơ đồ tương đương của L, C

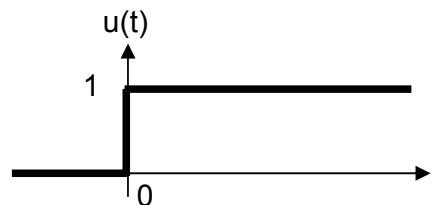
**Biến đổi Laplace của một số hàm**

	Hàm f(t)	Biến đổi Laplace của f(t)
1	1	$\frac{1}{s}$
2	T	$\frac{1}{s^2}$
3	$t^n$	$\frac{n!}{s^{n+1}}$
4	$e^{-at}$	$\frac{1}{s+a}$
5	$\frac{1}{a}(1-e^{-at})$	$\frac{1}{s(s+a)}$
6	$\frac{1}{a_2 - a_1}(e^{-a_1 t} - e^{-a_2 t})$	$\frac{1}{(s+a_1)(s+a_2)}$
7	$\frac{1}{a_1 - a_2}(a_1 e^{-a_1 t} - a_2 e^{-a_2 t})$	$\frac{s}{(s+a_1)(s+a_2)}$
8	$t^n e^{-at}$	$\frac{n!}{(s+a)^{n+1}}$
9	$\sin \omega t$	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$
10	$\cos \omega t$	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$

**II. CÁC XUNG THƯỜNG GẶP**

**1. Hàm bước đơn vị (Unit-step Function)**

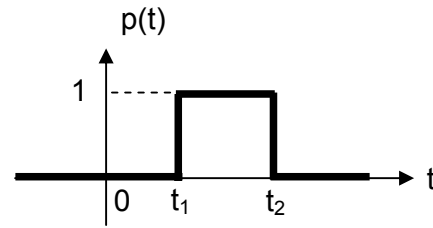
$$u(t) = \begin{cases} 1 & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$$



Hình 1.4. Hàm bước đơn vị

**2. Xung chữ nhật (rectangular Pulse)**

$$p(t) = \begin{cases} 1 & t_1 \leq t < t_2 \\ 0 & t < t_1, t \geq t_2 \end{cases}$$



Hình 1.5. Xung chữ nhật

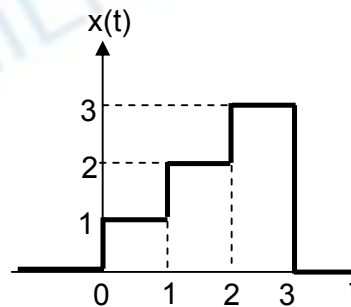
Có thể xem xung vuông p(t) như là tổng của 2 xung x1 và x2 sau:

$$p(t) = x_1(t) + x_2(t)$$

với  $x_1(t) = u(t - t_1)$

$$x_2(t) = -u(t - t_2)$$

**Ví dụ,** Tương tự cho các ý niệm về hàm nấc thang



Hình 1.6. Hàm nấc thang

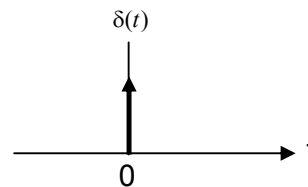
Hàm x(t) có thể viết thành  $x(t) = u(t) + u(t - 1) + u(t - 2) - 3u(t - 3)$

Sinh viên tự chứng minh

**3. Xung đơn vị (Unit-Impulse Function)**

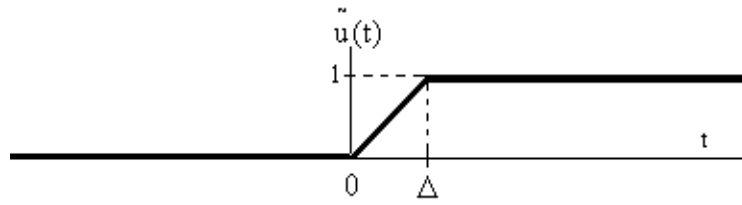
Còn gọi là xung  $\delta(t)$  hay phân bố Dirac, được định nghĩa như sau:

$$\begin{cases} \delta(t) = 0 & t \neq 0 \\ \int_{-\varepsilon}^{\varepsilon} \delta(\lambda) d\lambda = 1 & \forall \varepsilon > 0 \end{cases}$$

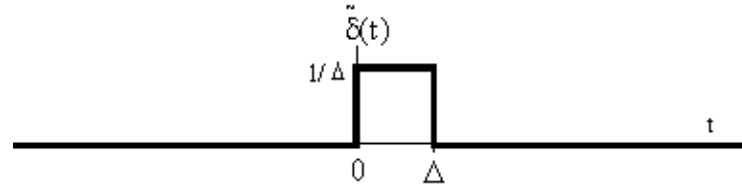


Hình 1.7. Xung Dirac

Xung Dirac  $\delta(t)$  có thể được khảo sát như là đạo hàm của u(t).



Hình 1.8a. Hàm bước đơn vị gần đúng



Hình 1.8b. Xung Dirac gần đúng

Rõ ràng bước nhảy đơn vị  $u(t)$  là giới hạn của  $\tilde{u}(t)$  khi  $\Delta \rightarrow 0$ . Từ đó, có thể xác định xung Dirac gần đúng  $\tilde{\delta}(t)$  là đạo hàm của bước nhảy đơn vị gần đúng  $\tilde{u}(t)$ ,

tức là :

$$\tilde{\delta}(t) = \frac{d\tilde{u}(t)}{dt}$$

Và  $u(t)$  có thể được biểu diễn dưới dạng tích phân :

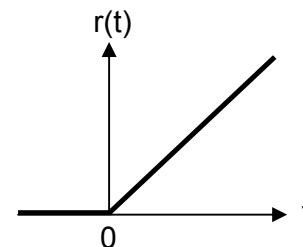
$$u(t) = \int_{-\infty}^t \delta(\tau) d\tau$$

Một kết quả quan trọng  $\int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cdot \delta(t - t_0) dt = x(t_0)$

#### 4. Hàm dốc (Ramp Function)

$$r(t) = \begin{cases} t & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases} = t \cdot u(t)$$

Cần phân biệt hàm dốc và hàm  $x(t)=t$



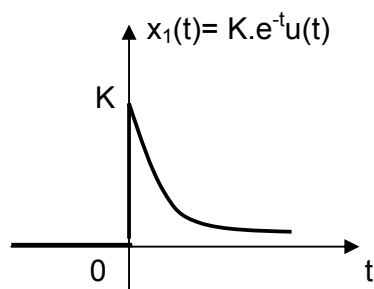
Hình 1.9. Hàm dốc



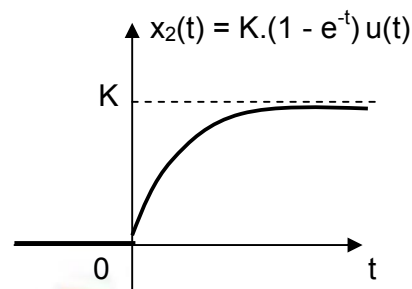
**5. Hàm mũ (Exponential Function)**

$$x_1(t) = K \cdot e^{-t} u(t)$$

$$x_2(t) = K \cdot (1 - e^{-t}) u(t)$$

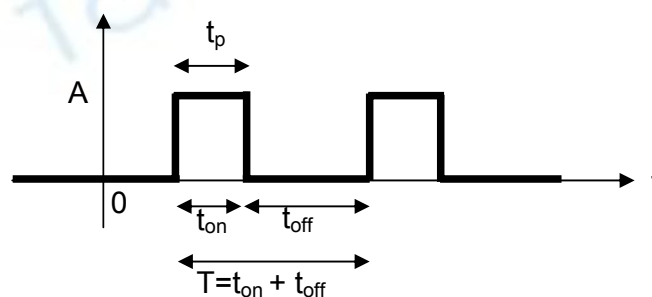


Hình 1.10a. Hàm mũ giảm



Hình 1.10b. Hàm mũ tăng

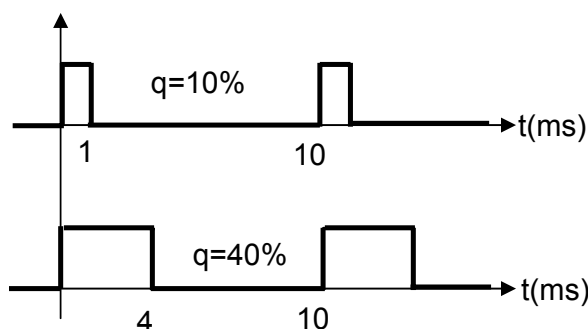
**III. MỘT SỐ KHÁI NIỆM VỀ XUNG**



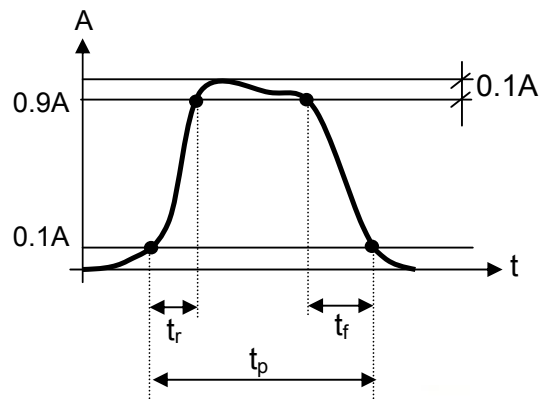
Hình 1.11. chuỗi xung vuông

**1. Hệ số công tác (pulse duty factor)**

$$q = \frac{t_p}{T} (\%)$$



Hình 1.12. Hệ số công tác q

**2. Độ rộng xung**

Hình 1.13a. Độ rộng xung

Trong đó:

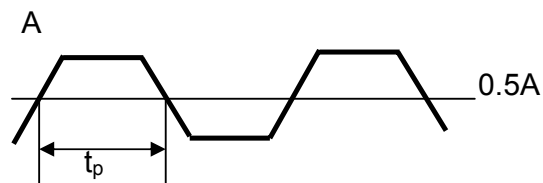
A: biên độ cực đại

$t_r$ : thời gian lên (thời gian xung tăng từ 10% đến 90% biên độ A)

$t_f$ : thời gian xuống (thời gian xung giảm từ 90% đến 10% biên độ A)

Độ rộng xung  $t_p$  tính từ giá trị 0.1 biên độ đỉnh cực đại, nghĩa là 0.1A

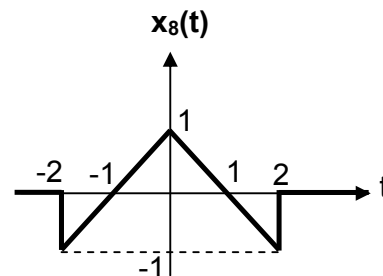
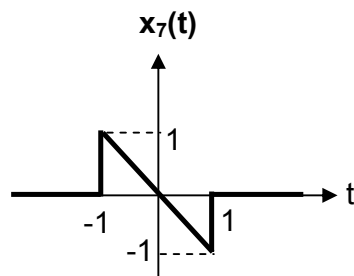
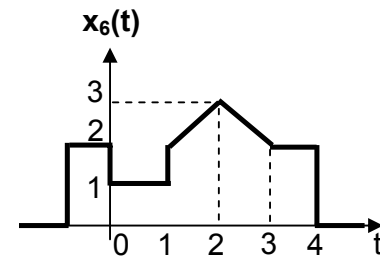
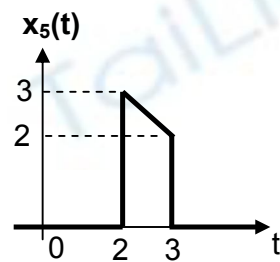
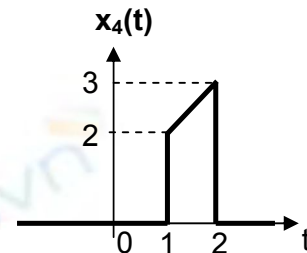
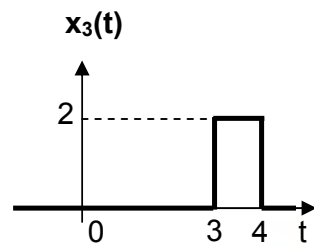
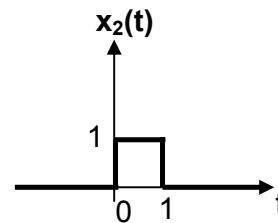
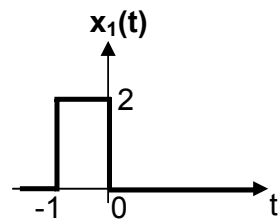
Ngày nay trong các hệ thống số, người ta thường định nghĩa  $t_p$  với giá trị từ 0.5A



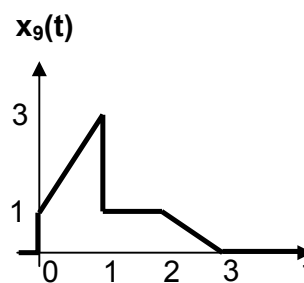
Hình 1.13b. Độ rộng xung trong các hệ thống số

**Bài tập chương 1**

1. Viết lại các hàm sau:



2. Viết hàm  $x(t)$  sau thành dạng tổng của các hàm  $u(t)$ ,  $r(t)$



3. Viết hàm trên dưới dạng hàm xác định từng đoạn

4. Vẽ hàm sau:

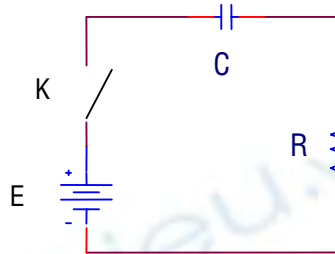
$$x_{10}(t) = 5(t - 4)u(t - 4)$$

$$x_{11}(t) = (t - 1)[u(t - 1) - u(t - 3)]$$

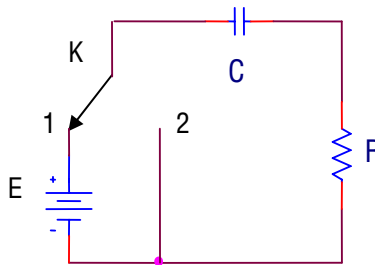
$$x_{12}(t) = t.[u(t + 3) + u(t - 3) - u(t + 1) - u(t - 1)]$$

$$x_{13}(t) = 5(1 - e^{-(t-1)}) \cdot u(t - 1)$$

5. Cho mạch sau:



a. Tại thời điểm  $t=0$  đóng khóa K, dùng phương pháp tích phân kinh điển, xác định điện áp trên tụ C và trên điện trở R, giả sử điện áp ban đầu của tụ C bằng 0



b. Tại thời điểm  $t=t_0$  chuyển khóa K sang vị trí 2, dùng phương pháp tích phân kinh điển, xác định điện áp trên tụ C và trên điện trở R. Giả sử  $V_C(t_0^-) = 0$

6. Lặp lại bài 5 bằng phương pháp biến đổi Laplace

## CHƯƠNG 2.

# BIẾN ĐỔI DẠNG SÓNG BẰNG R, L, C

Nếu tín hiệu sin được cấp cho một hệ thống bao gồm các phần tử tuyến tính, ở trạng thái xác lập, tín hiệu ngõ ra sẽ có dạng sóng lặp lại dạng sóng ngõ vào. Ảnh hưởng của mạch lên tín hiệu được chỉ ra bởi tỉ lệ biên độ và pha của ngõ ra đối với ngõ vào. Đặc điểm này của dạng sóng đúng trong tất cả các hệ thống tuyến tính, tín hiệu sin là duy nhất.

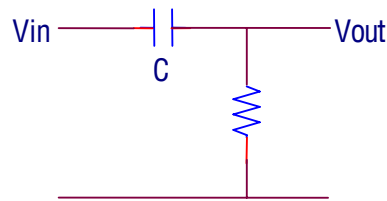
Các dạng sóng tuần hoàn khác, trong trường hợp tổng quát, sóng ngõ vào và ngõ ra có rất ít sự giống nhau. Ở quá trình này, dạng tín hiệu không sin được biến đổi bằng cách truyền qua một hệ thống tuyến tính được gọi là “biến đổi dạng sóng tuyến tính”.

Trong mạch xung có một số dạng sóng không sin như hàm bước, xung diract, xung vuông, hàm dốc và hàm mũ. Tương ứng với những tín hiệu này là các mạch điện điển hình đơn giản R, L, C được mô tả trong chương này.

Nếu hệ thống điện tử cần cung cấp những chuỗi xung có tần số cao hoặc tần số thấp, khi đó người ta dùng mạch phát xung và biến đổi dạng xung theo yêu cầu của hệ thống. Dạng mạch biến đổi dạng xung cơ bản là dùng mạng RC - RL - RLC, các phần tử này có thể mắc nối tiếp hoặc song song với nhau. Tùy theo tín hiệu ngõ ra lấy trên phần tử nào mà hình thành các mạch lọc khác nhau.

Mạch lọc được chia thành lọc thụ động và lọc tích cực. Mạch lọc thụ động chỉ dùng những phần tử thụ động như R, L, C (bản thân các phần tử này không mang năng lượng) để thực hiện chức năng lọc. Còn mạch lọc tích cực dùng các phần tử tích cực như Op-amp kết hợp với vòng hồi tiếp gồm R và C. Nếu phân theo tần số thì có mạch lọc thông thấp, mạch lọc thông cao, mạch lọc thông dải và mạch lọc chắn dải.

## I. MẠCH LỌC THÔNG CAO



Hình 2.1. Mạch lọc thông cao

Hình 1 là một bộ lọc thông cao dạng căn bản. Vì trở kháng của tụ giảm 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 rất cao hầu như tụ ngắn mạch và tất cả các ngõ vào xuất hiện tại ngõ ra.

Tại tần số 0 tụ điện có điện kháng vô cùng và do đó được coi như hở mạch. Bất kì điện áp ngõ vào dc sẽ không thể đạt đến ngõ ra.

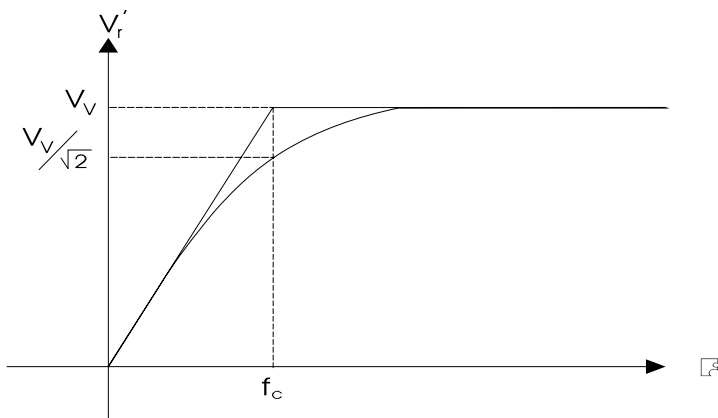
$$\text{Hàm truyền } G(s) = \frac{s\tau}{1+s\tau}.$$

**Khi ngõ vào dạng sin:** đối với ngõ vào sóng sin, tín hiệu ngõ ra giảm về biên độ khi giảm tần số. Đối với mạch hình 1, độ lợi  $|A|$  và góc pha  $\theta$  cho bởi

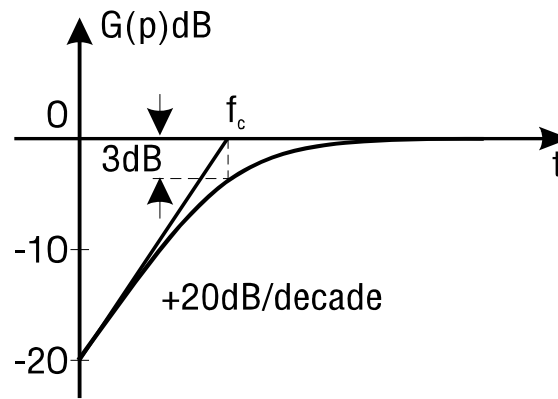
$$|A| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_c}{f}\right)^2}} \text{ và } \theta = \arctan\left(\frac{f_c}{f}\right)$$

Với  $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$  là tần số cắt

Quan hệ vào ra này được thể hiện như sau



Hình 2.2a. Đáp ứng tần số



Hình 2.2b. Biểu diễn độ lợi

Tại tần số  $f_c$  độ lợi giảm -3dB. Giá trị lớn nhất của độ lợi tại các tần số cao.

**Khi ngõ vào hàm bước:  $Eu(t)$**

Bằng phương pháp tích phân kinh điển hoặc biến đổi Laplace

$$u_C(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

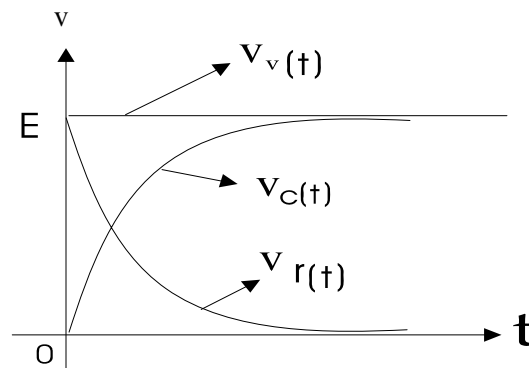
$$u_R(t) = Ee^{-\frac{t}{RC}}$$

Đặt  $\tau = RC$  hằng số thời gian nạp

$$u_C(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$u_R(t) = Ee^{-\frac{t}{\tau}}$$

Dạng sóng  $V_R(t)$  và  $V_C(t)$



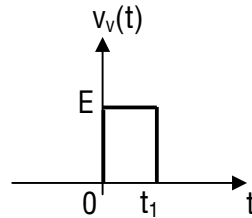
Hình 2.3

**Nhận xét**

Giá trị điện áp trên tụ và điện trở được biểu diễn dưới dạng tức thời. Về mặt vật lý, nhận thấy sau khi đóng mạch RC vào một nguồn suất điện động E, trong mạch sẽ phát sinh quá trình quá độ. Đó là quá trình nạp điện cho tụ điện C, làm cho điện áp trên tụ tăng dần và điện áp trên điện trở giảm dần theo quy luật

hàm số mũ. Về mặt lý thuyết khoảng thời gian nạp điện cho tụ để điện áp trên tụ đạt đến trạng thái xác lập là bằng vô cùng. Xong trong thực tế khoảng thời gian đó được lấy được lấy bằng khoảng thời gian để điện áp trên tụ tăng đến một mức  $\alpha E$  nào đó ( $\alpha$  hằng số,  $\alpha < 1$ , lấy  $\alpha = 0,05$ ). Khoảng thời gian này dài hay ngắn là tùy thuộc vào  $\tau$ .

**Khi ngõ vào là xung chữ nhật:**  $v_v(t) = E[u(t)-u(t-t_1)]$



$$\begin{cases} v_v(t) = 0, & \text{nếu } t < 0 \text{ và } t \geq 0 \\ v_v(t) = E, & \text{nếu } 0 \leq t < t_1 \end{cases}$$

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

$$v_c(t) = E(1 - e^{-t/\tau_n}), \text{ với } \tau_n = RC.$$

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

$$v_R(t) = E e^{-t/\tau_n}$$

$$v_R(t) = v_v(t) - v_c(t)$$

Khi  $v_c(t)$  tăng dần thì  $v_R(t)$  giảm dần, tùy theo giá trị của  $\tau$  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

$$v_c(t) = E \cdot e^{-t/\tau}$$

$$v_R(t) = -E e^{-t/\tau}$$

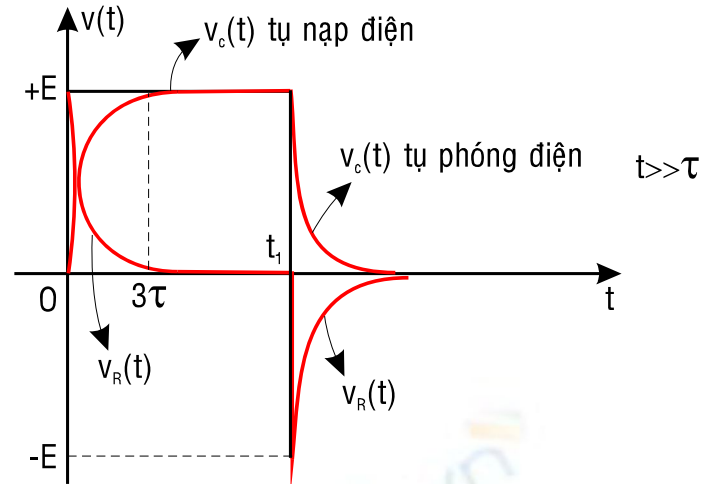
Thời gian phóng điện và nạp điện của tụ là như nhau, xét thời gian tụ nạp đầy và xả hết là  $3\tau$ . Các dạng điện áp nạp và phóng của tụ được biểu diễn ở những trường hợp sau:

### a) Trường Hợp 1 ( $t_1 \gg \tau$ )

Khoảng thời gian tồn tại xung từ 0 đến  $t_1$  rất lớn so với  $\tau$  ( $t_1 \gg \tau$ ). Lúc này, thời hằng rất nhỏ so với thời gian  $t_{on}$ , nên tụ C được nạp đầy và xả hết trong khoảng thời gian ngắn, tức là thời gian chuyển mạch từ mức thấp lên mức cao và ngược lại từ mức cao xuống mức thấp gần như là đường thẳng dốc đứng (xem như là tức thời). Do vậy, đáp ứng ở ngõ ra không bị biến dạng nhiều so với tín hiệu xung vào.



Điều này được minh họa ở hình sau

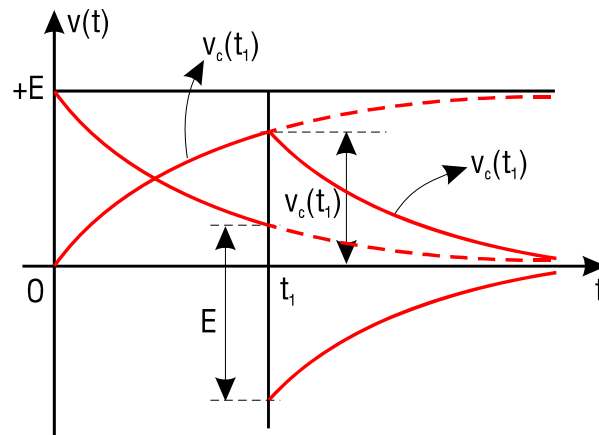


Hình 2.4

**b) Trường hợp 2 ( $t_1 \ll \tau$ )**

Khoảng thời gian tồn tại xung từ 0 đến  $t_1$  rất nhỏ so với  $\tau$  ( $t_1 \ll \tau$ ). Lúc này, thời hằng rất lớn so với thời gian  $t_{on}$ , nên tụ C nạp đầy và xả hết rất lâu, tức thời gian quá độ rất lớn, làm biến đổi dạng xung ngõ ra khác xa với dạng xung ngõ vào. Có những trường hợp thời gian quá độ rất lớn, làm cho tụ C giữ nguyên giá trị điện áp đã nạp ban đầu, còn điện áp trên điện trở gần như bằng 0.

Điều này được minh họa ở hình sau



Hình 2.5

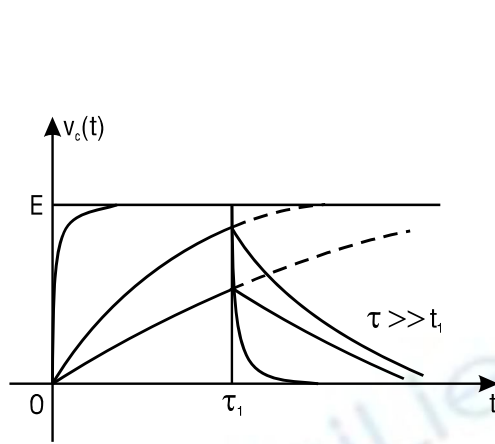
$t_1 \ll \tau$ , tại thời điểm  $t_1$  thì tụ chưa nạp đầy, điện áp trên tụ  $v_c(t_1)$ , khi  $t > t_1$  áp trên tụ sẽ được xả qua R. Điện áp trên tụ và điện trở khi  $t > t_1$  sẽ theo qui luật sau:

$$v_C(t) = v_C(t_1)e^{-t/\tau}$$

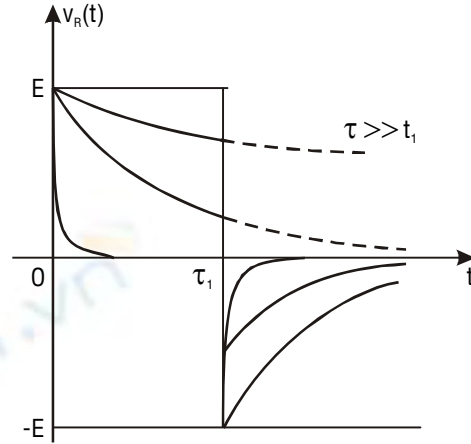
$$v_R(t) = -v_C(t_1)e^{-t/\tau}$$

**Nhận xét**

Từ những lý luận trên, căn cứ vào tương quan giữa thời gian tồn tại xung  $t_{on}$  và thời hằng  $\tau$  của mạch, ta có các dạng sóng như hình sau. Tùy theo yêu cầu của hệ thống cần những dạng xung như thế nào, thiết kế mạng RC sẽ có giá trị  $\tau$  khác nhau.



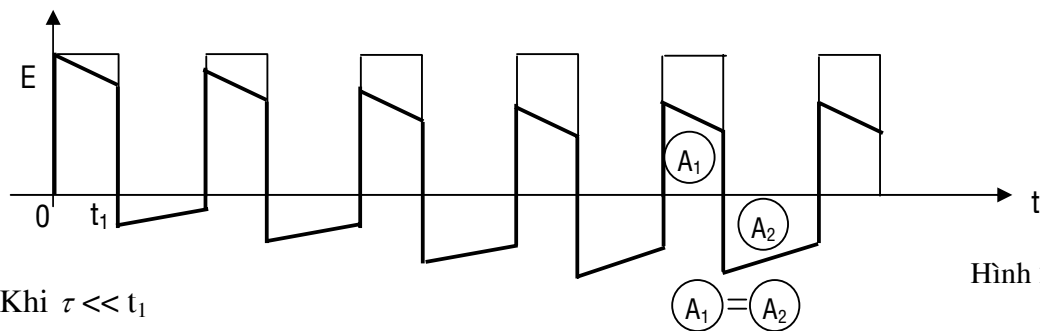
Hình 2.6a. Điện áp qua tụ  $v_c(t)$



Hình 2.6b. Điện áp qua điện trở  $v_R(t)$

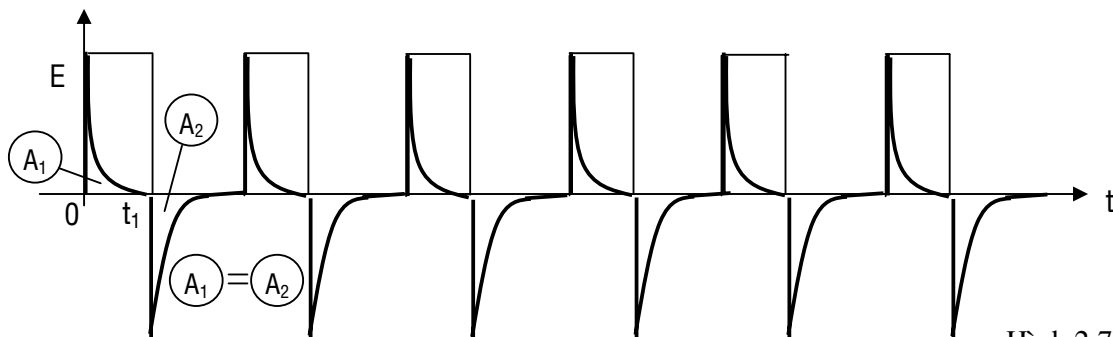
**Ngõ vào là chuỗi sóng vuông:**

Khi  $\tau \gg t_1$



Hình 2.7a

Khi  $\tau \ll t_1$



Hình 2.7b

Dựa trên việc phân tích vùng tần số. Tín hiệu ngõ vào tuần hoàn có thể được tính bằng chuỗi Fourier bao gồm một chu kỳ không đối và một số vô tận các thành phần tần số là các bội số của  $f=1/T$ . Vì tụ lọc thể hiện trở kháng vô tận đối với áp d-c ngõ vào, không thành phần nào của d-c đạt đến ngõ ra dưới các điều kiện trạng thái ổn định. Do vậy, tín hiệu ngõ ra là tổng của các đường hình sin

mà tần số của nó là các bội số của  $f$ . Do đó dạng sóng này là tuần hoàn với một khoảng thời gian cơ bản  $T$  nhưng không có thành phần d-c.

Chú ý: **Thứ nhất**, mức trung bình của tín hiệu ngõ ra luôn luôn là 0. Do đó ngõ ra có cả hướng âm và hướng dương đối với trục hoành, và vùng diện tích của sóng phía trên trục 0 bằng với vùng diện tích của sóng bên dưới trục 0.

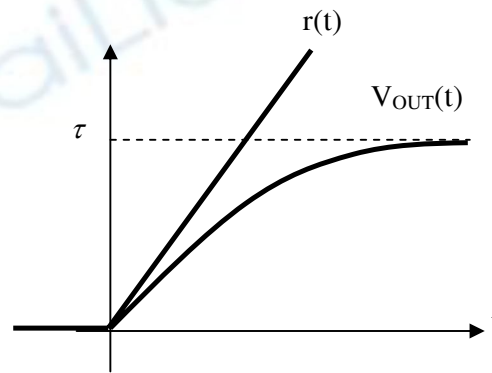
**Thứ hai**, khi ngõ vào thay đổi không liên tục với một lượng  $V$ , ngõ ra thay đổi không liên tục một lượng bằng và cùng hướng.

**Thứ ba**, trong suốt khoảng thời gian bất kì nào khi ngõ vào duy trì mức không đổi, ngõ ra giảm xuống mức điện áp 0 theo hàm số mũ.

**Ngõ vào là hàm dốc:**  $V_i = r(t) = t.u(t)$

Do đó  $V_{OUT} = \tau(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

Dạng sóng



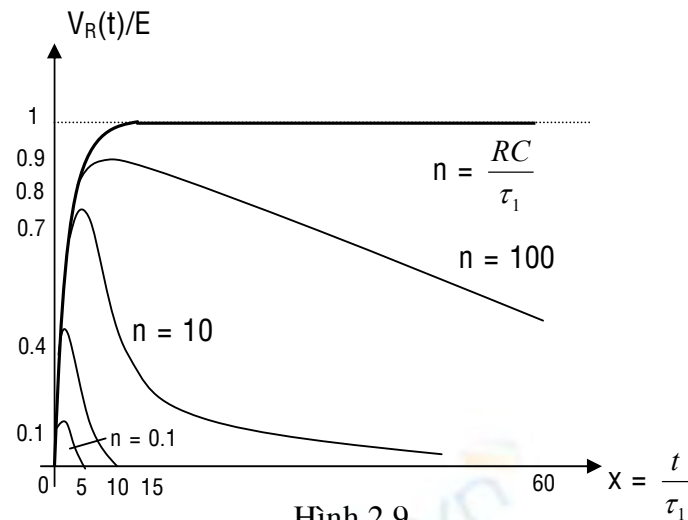
Hình 2.8

**Ngõ vào là hàm mũ tăng:**  $v_v = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}})$

$$V_R(s) = \frac{s}{s + \frac{1}{\tau}} \frac{E}{\tau} \frac{1}{s(s + \frac{1}{\tau_1})}$$

$$\text{Đặt } n = \frac{\tau}{\tau_1} = \frac{RC}{\tau_1} \text{ và } x = \frac{t}{\tau_1}$$

$$\text{suy ra } v_r(t) = E \left( \frac{n}{n+1} \right) \left( e^{-\frac{t}{\tau}} - e^{-\frac{t}{\tau_1}} \right)$$



Hình 2.9

hằng số thời gian càng nhỏ, đỉnh ngõ ra càng nhỏ. Ví dụ, nếu RC chỉ bằng hằng số thời gian của sóng ngõ vào ( $n=1$ ), đỉnh ngõ ra chỉ bằng 37% đỉnh ngõ vào. RC càng lớn (liên quan đến  $\tau$ ) thì đỉnh ngõ ra càng lớn nhưng xung cũng sẽ rộng hơn. Giá trị của RC được chọn sao cho tốt nhất giữa hai đặc tính đối nghịch này cho từng ứng dụng.

### Mạch lọc thông cao làm việc như bộ vi phân

Ta có:  $V_{IN}(t) = V_C(t) + V_{OUT}(t)$

$$V_{IN}(t) = \frac{1}{RC} \int_0^{t_0} V_{OUT}(t) dt + V_{OUT}(t)$$

Lấy vi phân hai vế

$$V_{OUT}(t) = RC \frac{d}{dt} [V_{IN}(t) - V_{OUT}(t)]$$

nếu hằng số thời gian là rất nhỏ so với thời gian được đòi hỏi để tín hiệu ngõ vào đạt được sự thay đổi đáng kể ( $V_{IN}(t) \gg V_{OUT}(t)$ ), mạch điện được gọi là vi phân. Điện áp rơi trên R sẽ rất nhỏ so với điện áp rơi trên C. Do đó  $v_i$  đi qua C và dòng điện ( $i(t) = Cdv/dt$ ) được quyết định trọn vẹn bởi điện dung, và tín hiệu ngõ ra qua R là

$$V_{OUT}(t) = RC \frac{dV_{IN}(t)}{dt}$$

Đạo hàm của sóng vuông là một dạng sóng bằng 0 ngoại trừ tại các đỉnh không liên tục. Tại những đỉnh này, phép lấy vi phân chính xác sẽ tăng biên độ, độ rộng 0, và thay đổi cực. Trong giới hạn của tần số thời gian rất nhỏ, dạng sóng là chính xác ngoại trừ biên độ của đỉnh không bao giờ vượt quá V.