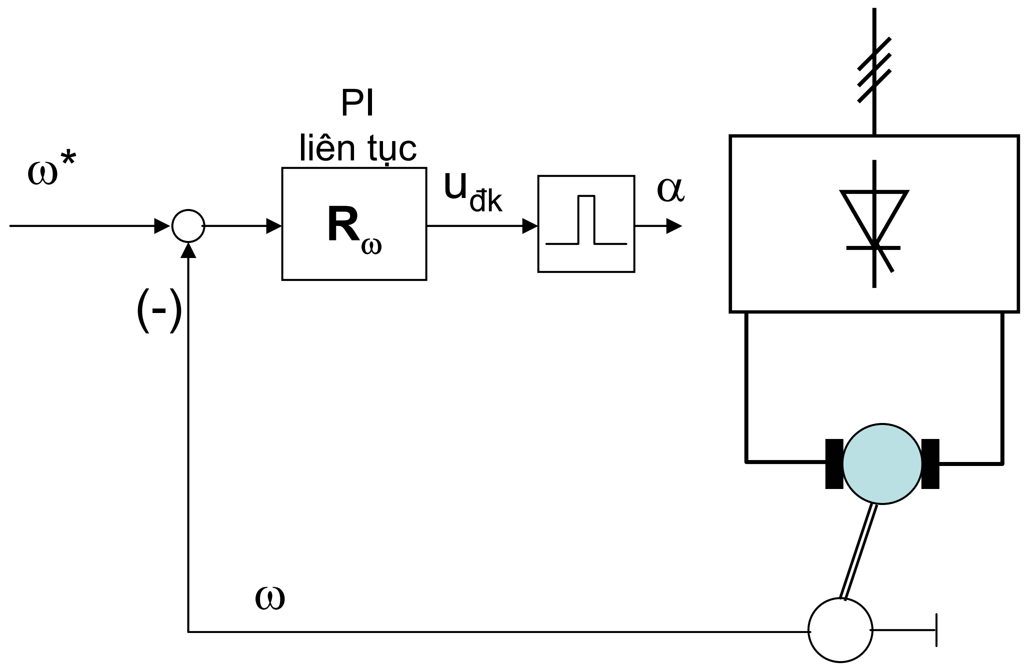
CHƯƠNG 1: NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN CỦA ĐIỀU KHIỂN SỐ

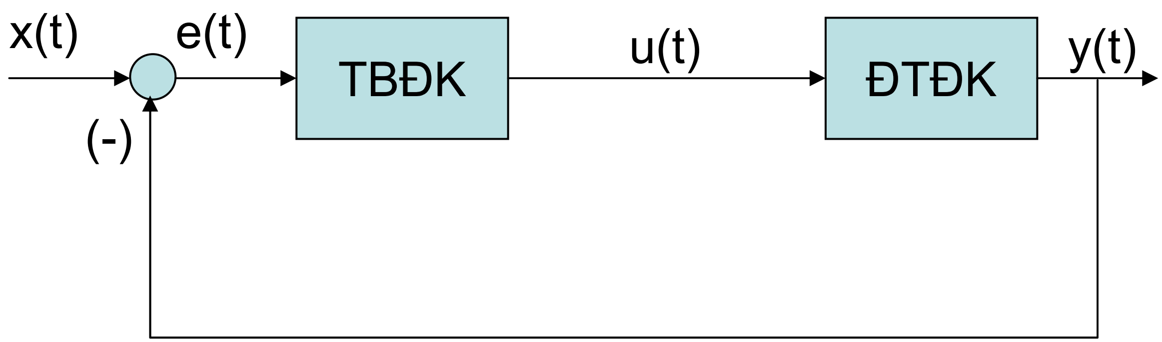
1.1 Định nghĩa hệ thống điều khiển số

- Hệ thống điều khiển liên tục: tất cả các tín hiệu truyền trong hệ thống đều là các tín hiệu liên tục.
- Hệ thống điều khiển số: có ít nhất một tín hiệu truyền trong hệ thống là tín hiệu xung, số.

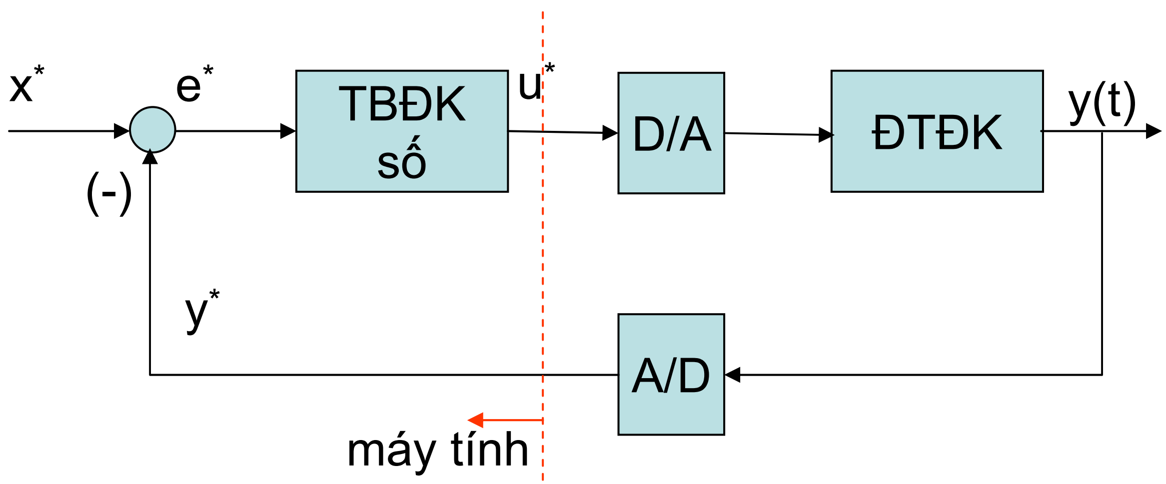
Ví dụ hệ thống điều khiển liên tục – điều khiển tốc độ $ĐM_{đl}$



Sơ đồ khối hệ thống điều khiển liên tục



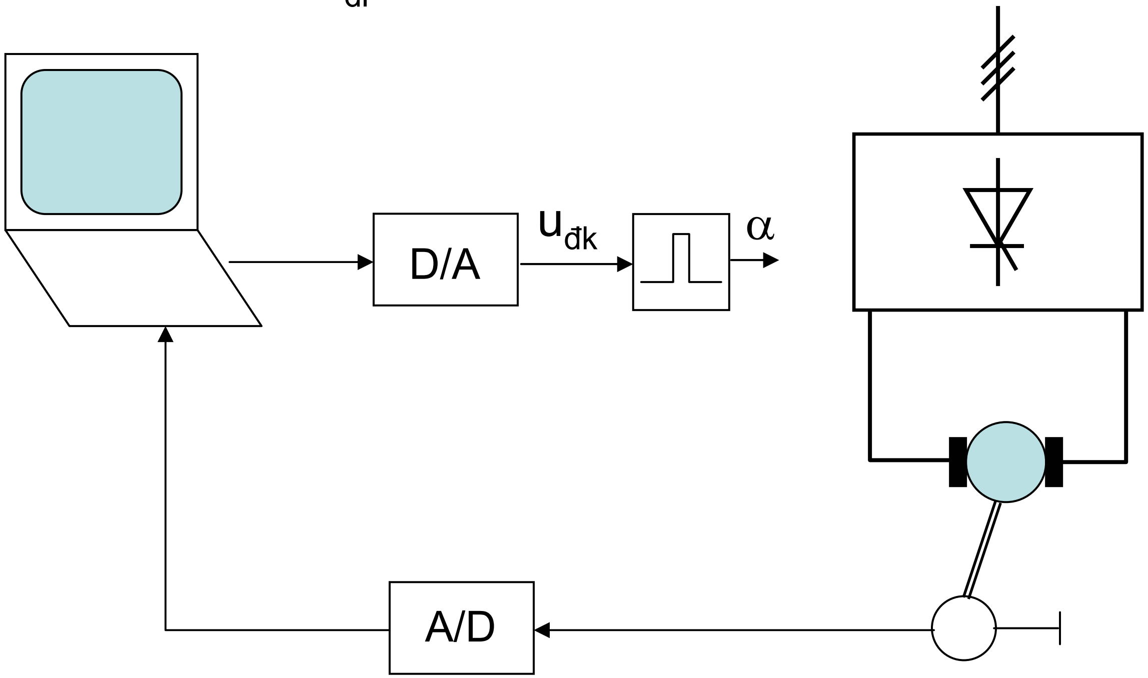
Sơ đồ khối hệ thống điều khiển số

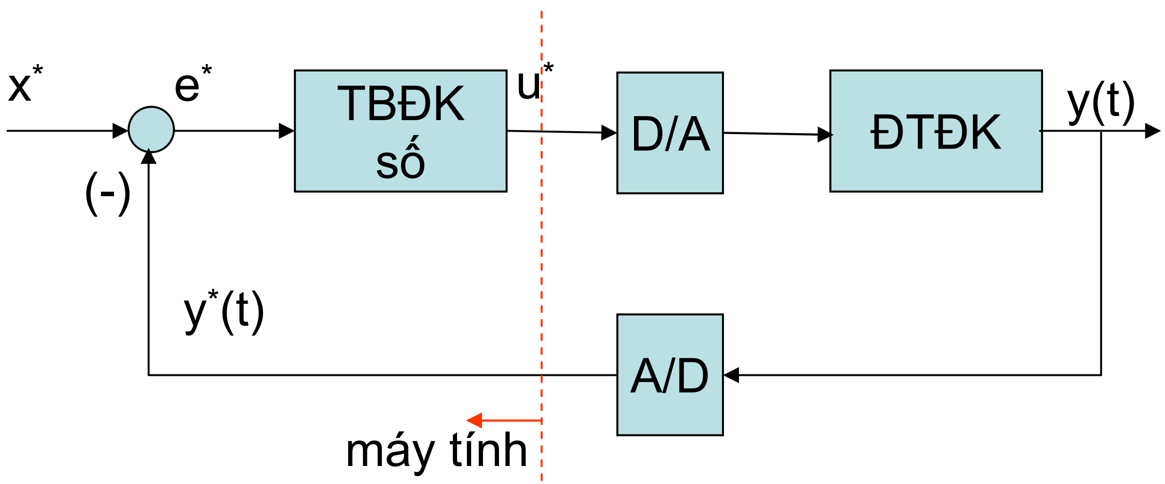


TBĐK số: **phần mềm**

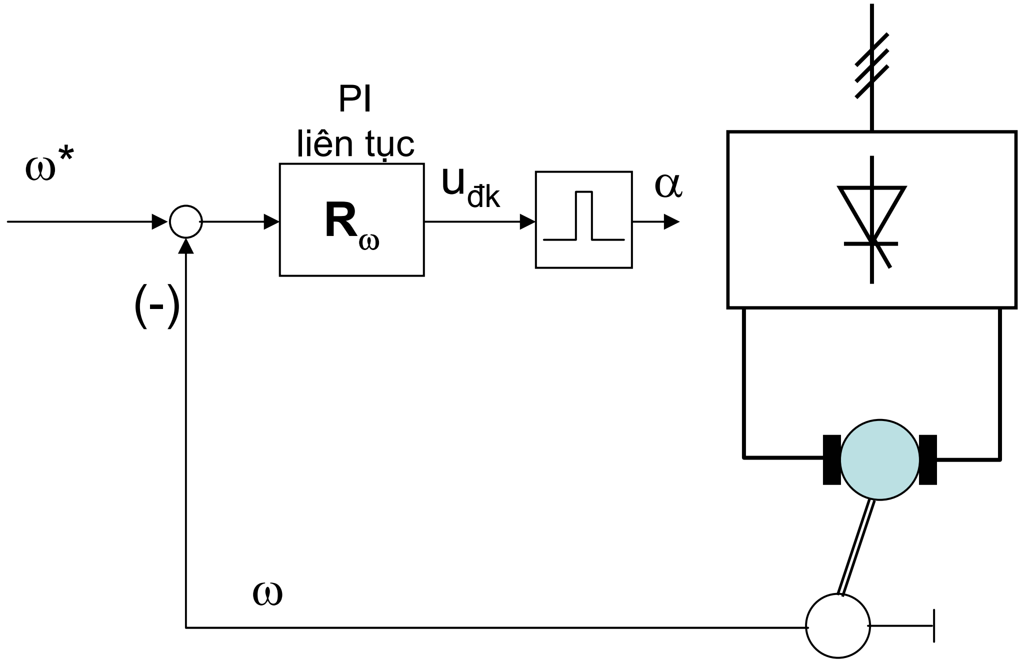
Máy tính: hệ thống vi xử lý, vi điều khiển, PC, …

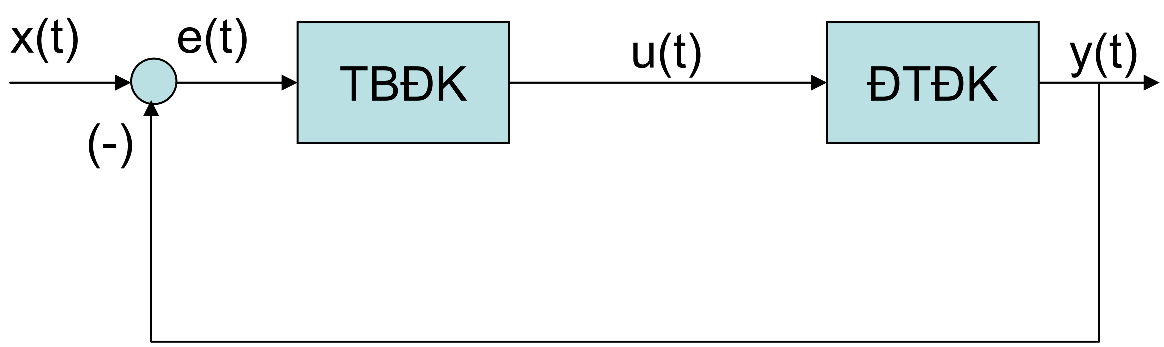
Hệ thống điều khiển số $ĐM_{đl}$





Hệ thống điều khiển liên tục $ĐM_{đl}$

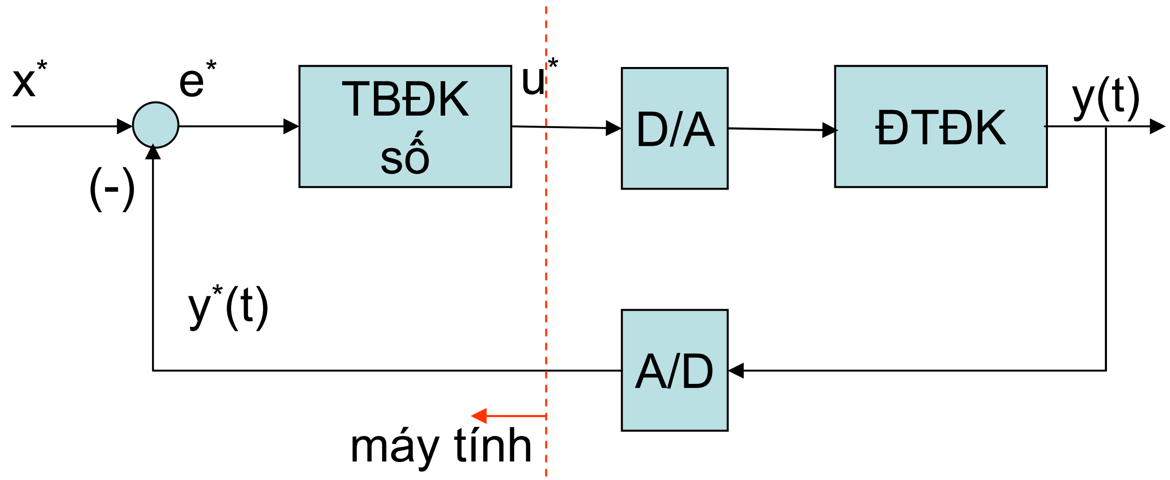




• Hệ thống điều khiển liên tục: phần cứng. Sơ đồ nguyên lý của hệ thống và sơ đồ khối tương tự như nhau.

• Hệ thống điều khiển số: phần mềm. Sự khác nhau giữa nguyên lý của hệ thống và sơ đồ khối. Nhắc đến hệ thống điều khiển số là nói đến cả phần cứng và phần mềm.

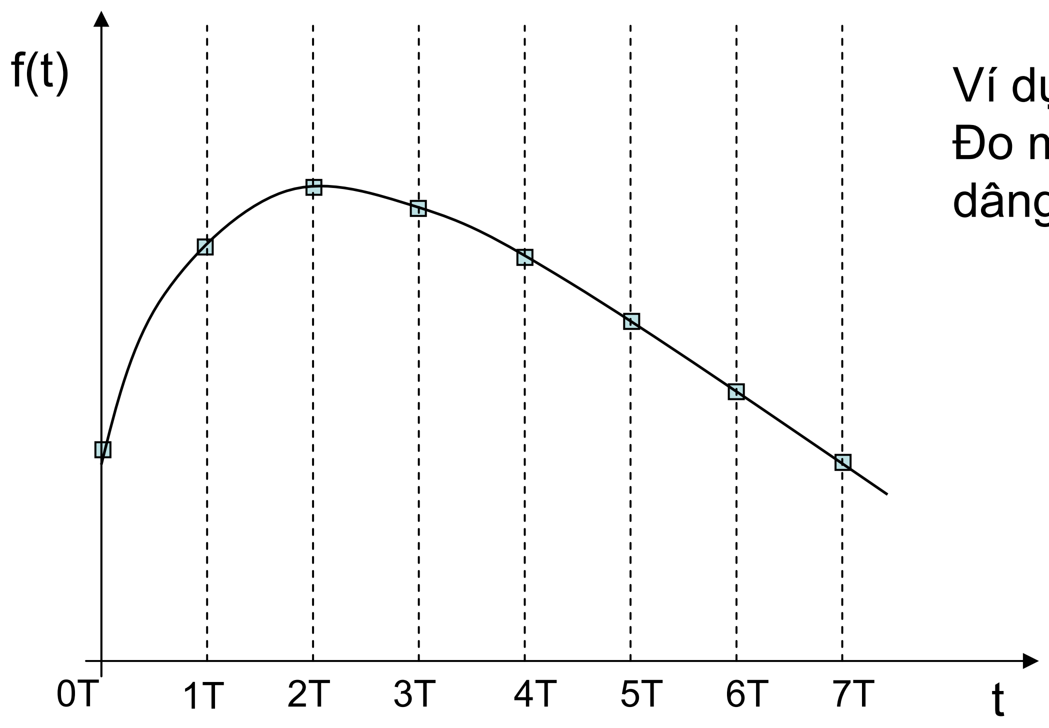
Chức năng của máy tính: tính toán, xác định các tín hiệu → **xử lý tín hiệu số**



1.2 Lấy mẫu (lượng tử hóa) tín hiệu

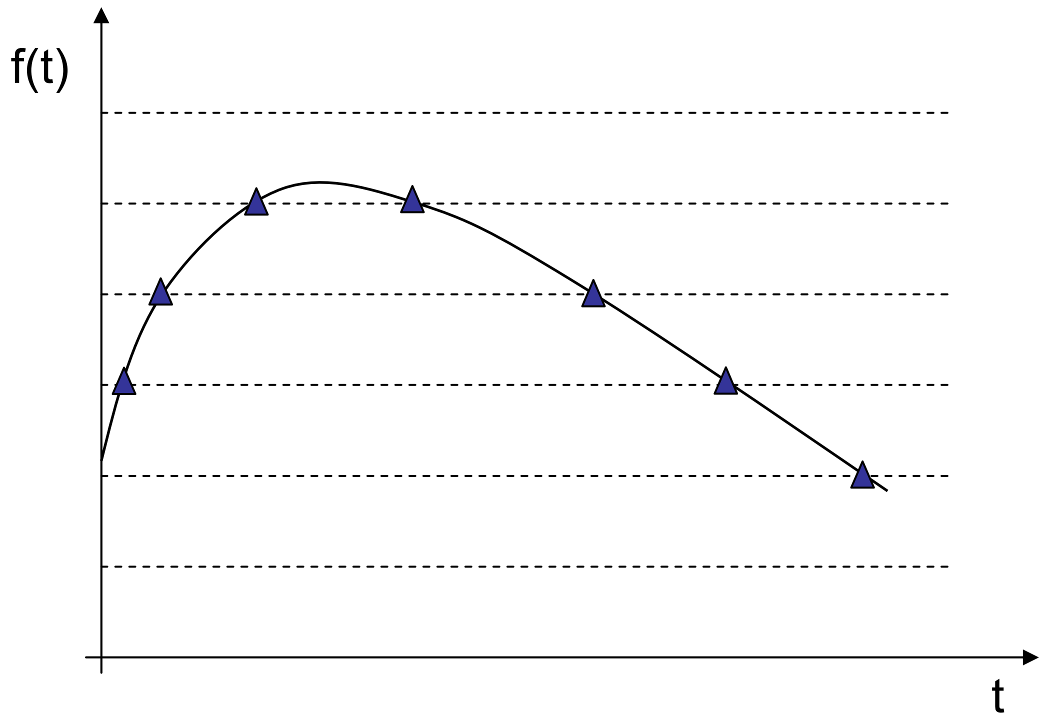
3 nguyên tắc lượng tử hóa

1. Lượng tử hóa theo thời gian: Lấy mẫu tín hiệu vào những thời điểm định trước, cách đều nhau một **chu kỳ lấy mẫu T**. Giá trị thu được là những giá trị của tín hiệu tại thời điểm lấy mẫu.



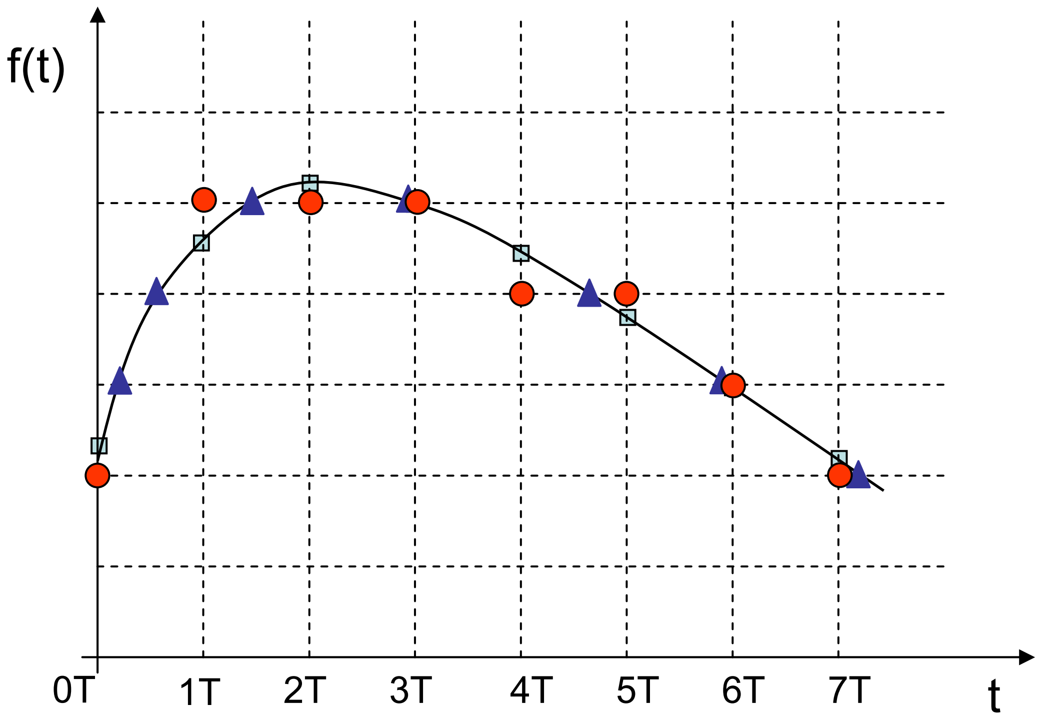
Ví dụ: đo mực nước sông. Đo mùa khô. Đo mùa nước dâng

2. Lượng tử hóa theo mức: Lượng tử hóa tín hiệu khi tín hiệu đạt những giá trị định trước.



Ví dụ: đo mực nước sông theo mức báo động

3. Lượng tử hóa hỗn hợp: Lấy mẫu tín hiệu vào những thời điểm định trước, cách đều nhau một chu kỳ lấy mẫu T. Giá trị thu được bằng mức định trước, có sai số bé nhất so với giá trị thực của tín hiệu tại thời điểm lấy mẫu.



Ví dụ đọc số đo

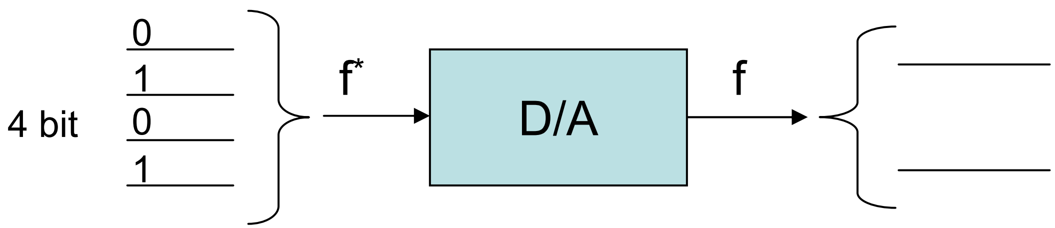
Trong kỹ thuật, đại đa số các trường hợp đều sử dụng phương pháp lượng tử hóa theo thời gian.

Chỉ xét đến lượng tử hóa theo thời gian với chu kỳ lấy mẫu T

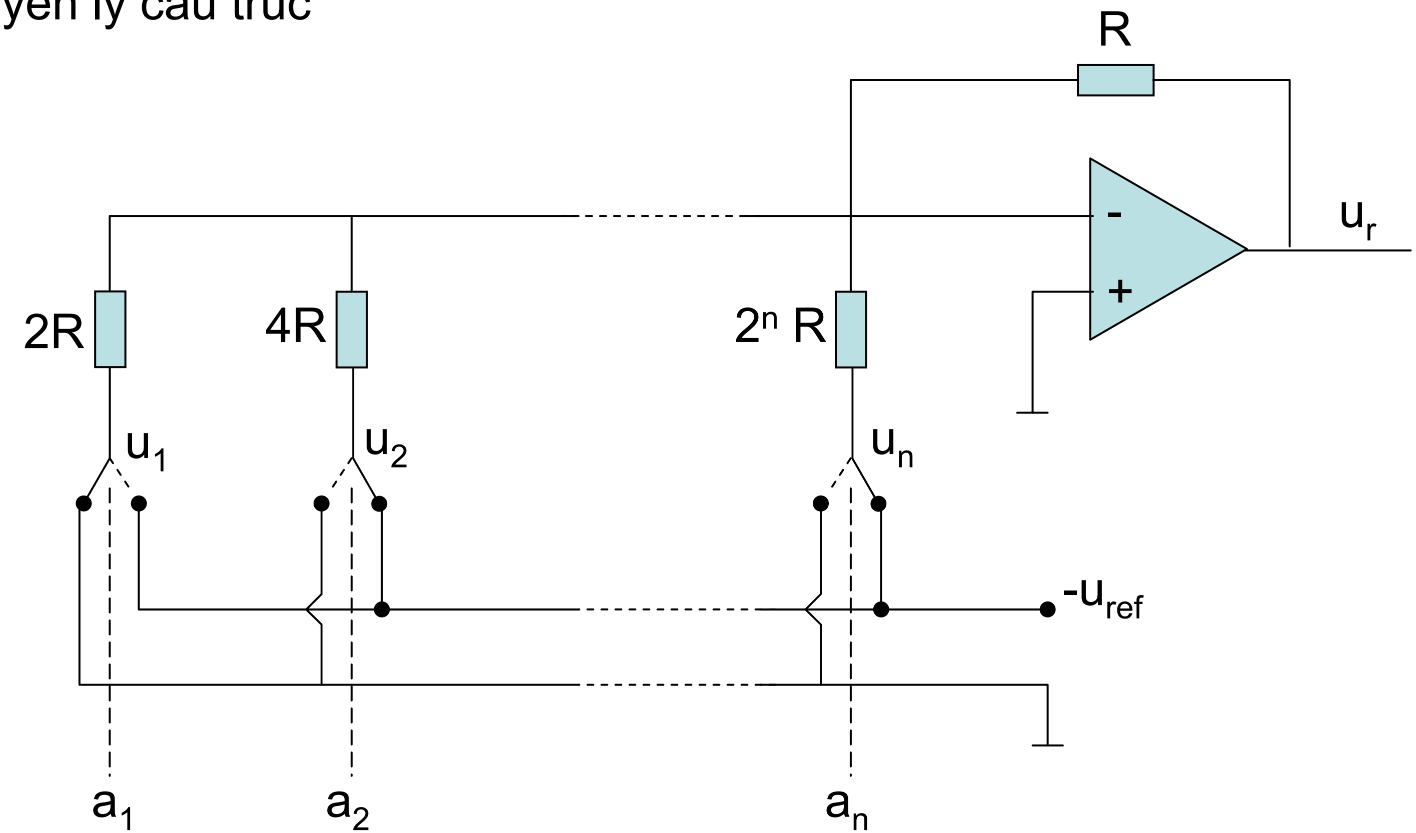
1.3 Nguyên lý cấu trúc các bộ biến đổi tín hiệu

1. Bộ biến đổi D/A

Chức năng: biến đổi tín hiệu số thành tín hiệu liên tục



Nguyên lý cấu trúc



$u_i = -a_i u_{ref}$

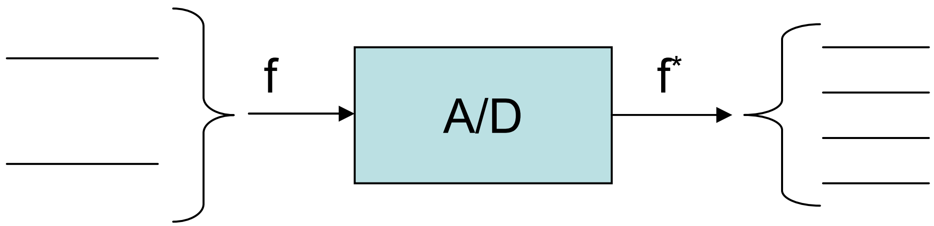
$$u_r = -R\sum_{i=1}^{n}\frac{u_i}{2^i R} = \sum_{i=1}^{n}\frac{a_i u_{ref}}{2^i}$$

$$= \frac{u_{ref}}{2^n}\sum_{i=1}^{n} a_i 2^{n-i} \qquad = \frac{u_{ref}}{2^n}\left(a_1 2^{n-1} + a_2 2^{n-2} + \cdots + a_{n-1} 2^1 + a_n 2^0\right)$$

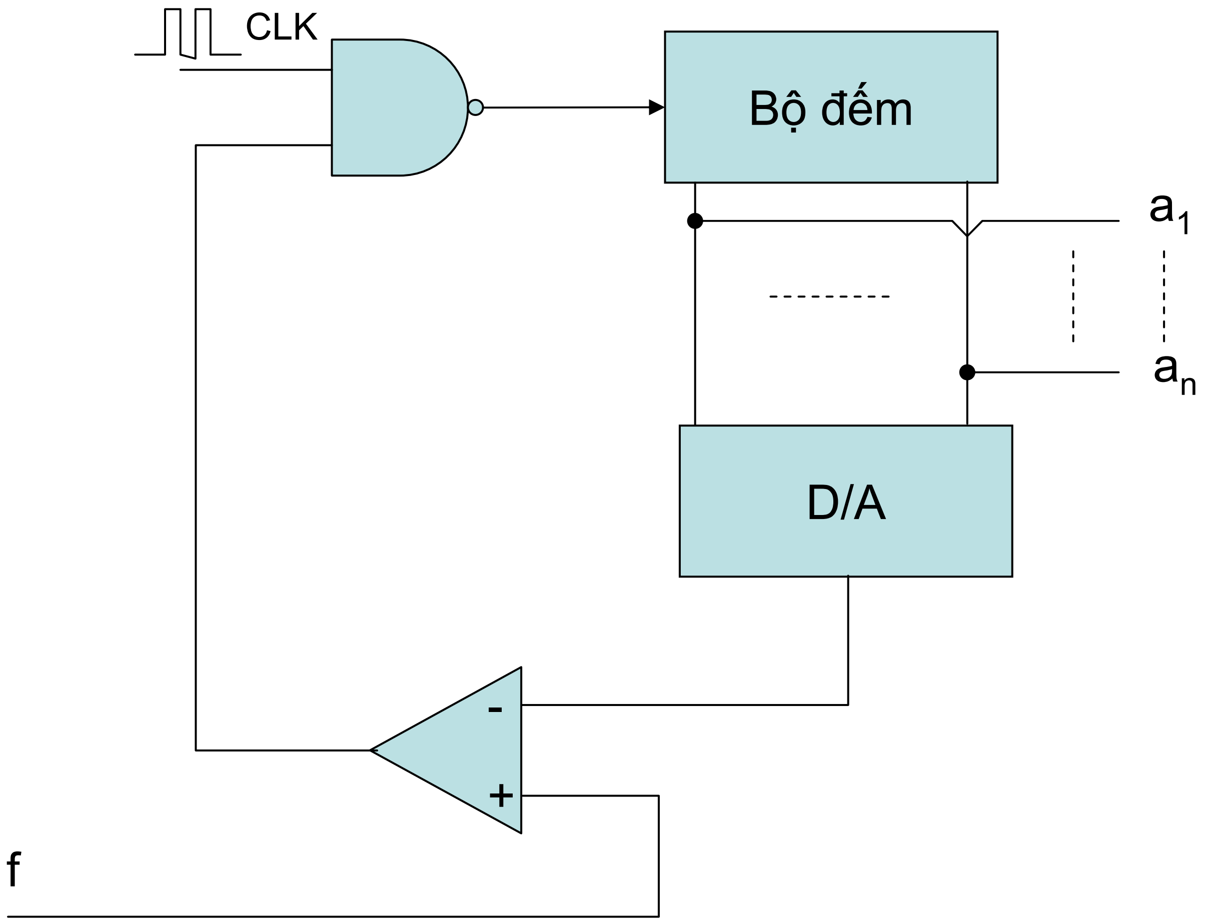
- Số lượng bit *n*.
- Giá trị cực đại điện áp đầu ra u_{rmax} $$u_{r\max} = u_{ref}\frac{2^n - 1}{2^n}$$
- Độ phân giải $$\frac{u_{ref}}{2^n}$$
- Độ tuyến tính
- Tần số làm việc

2. Bộ biến đổi A/D

Chức năng: biến đổi tín hiệu liên tục thành tín hiệu số



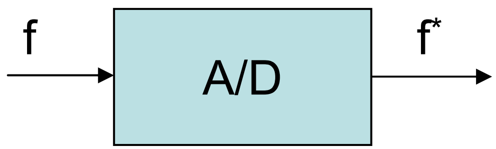
Nguyên lý cấu trúc

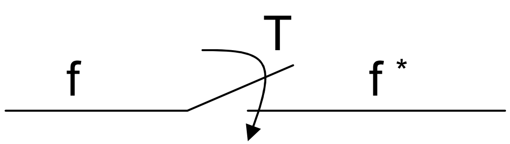


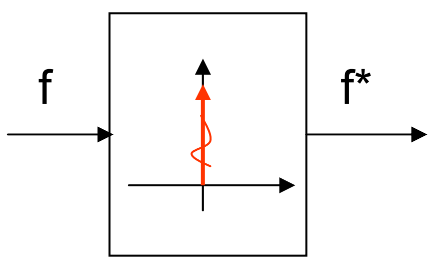
- Tính phức tạp
- Tốc độ
- Giá thành

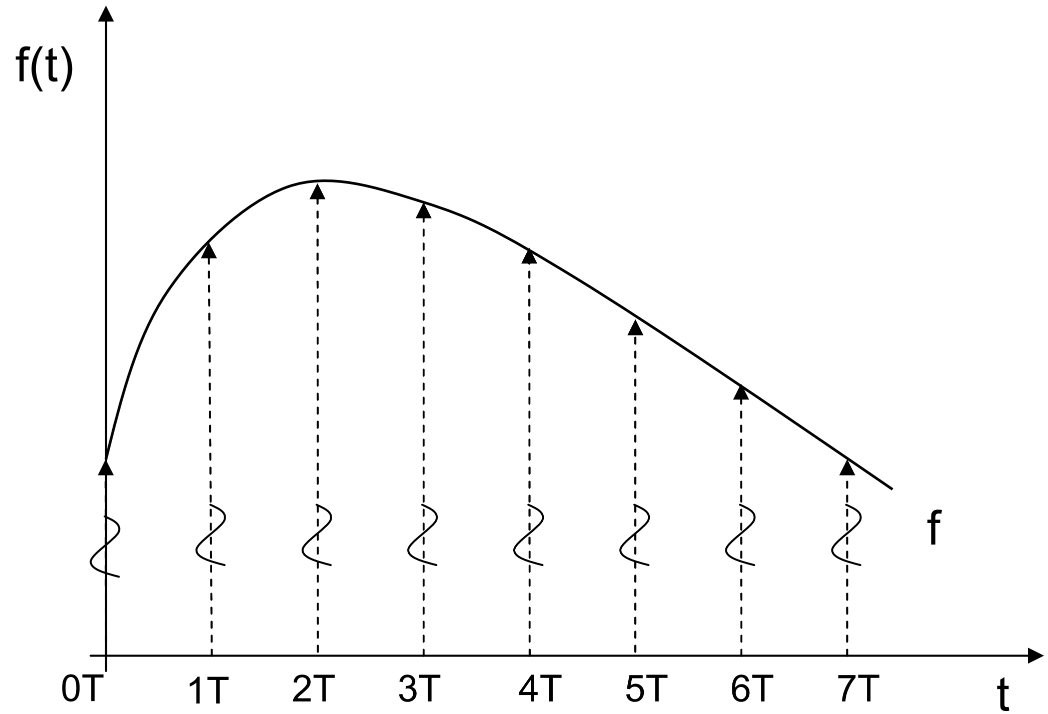
1.4 Vấn đề chuyển đổi tín hiệu

1. A/D



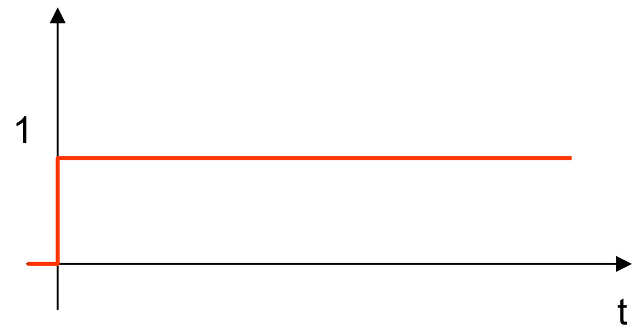






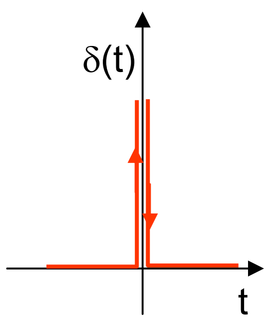
Nhắc lại hàm bậc thang đơn vị và xung Dirac

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

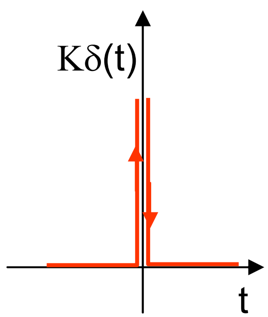


$$\delta(t) = \frac{d1(t)}{dt}$$

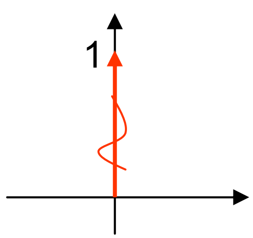
$$\delta(t) = \begin{cases} 0 \cdots t \neq 0 \\ \infty \cdots t = 0 \end{cases}$$

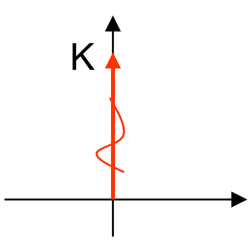


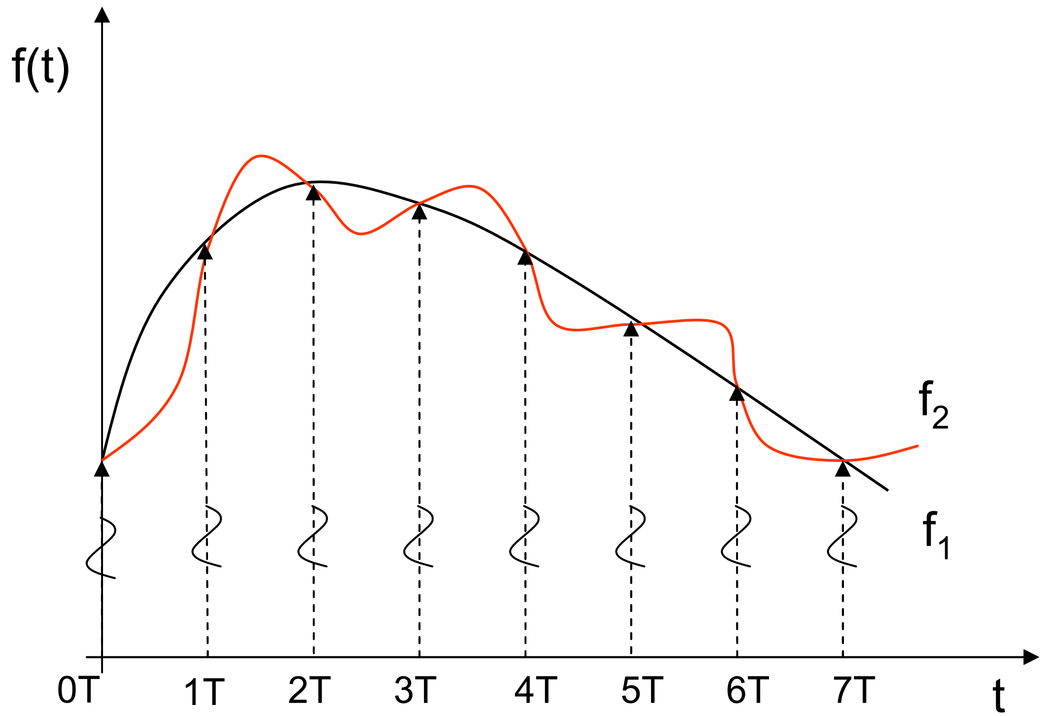
$S_{\delta(t)} = 1$



$S_{K\delta(t)} = K$







Định lý Nyquist: Chu kỳ lấy mẫu T của bộ biến đổi A/D phải có giá trị

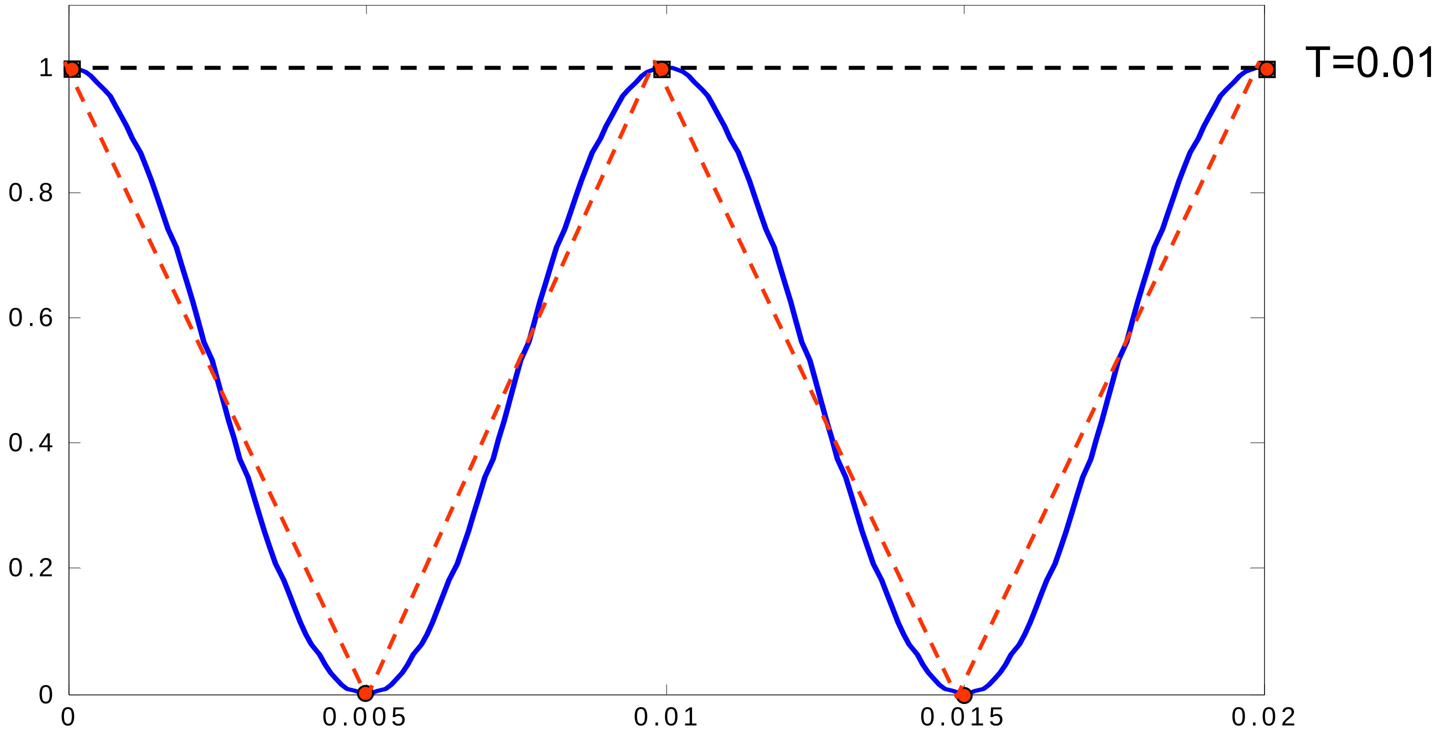
$$T \leq \frac{1}{2f_{\max}}$$

trong đó f_{max} là tần số cực đại của sóng điều hòa hình sin tín hiệu đầu vào.

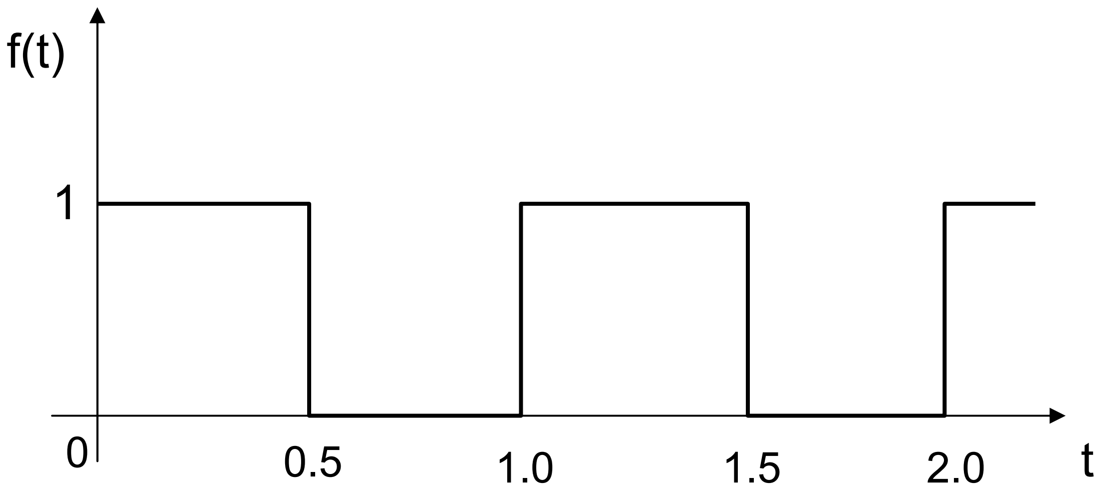
Ví dụ: $f(t) = \cos^2(100\pi t)$ $T_{max} = ?$

$$\cos^2 100\pi t = \frac{1+\cos(2.100\pi t)}{1}$$

$$f_{max} = 100[Hz] \Rightarrow T_{max} = \frac{1}{200} = 0.005[s]$$



Cho tín hiệu



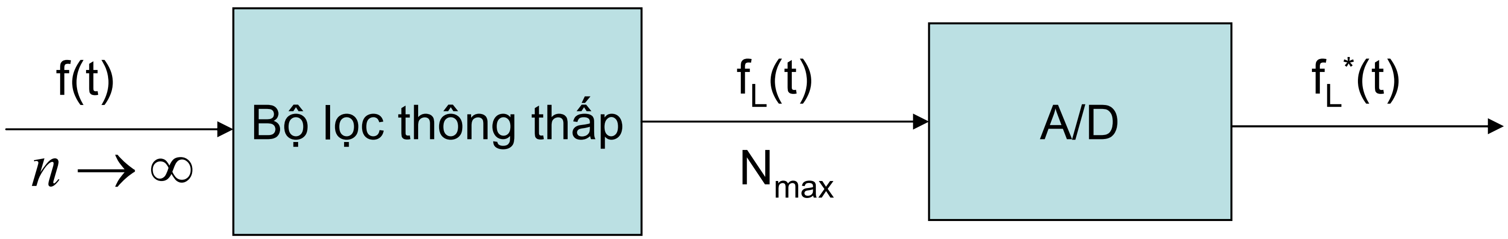
T_{max} = ?

$$f(t) = \frac{1}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4}{(2n-1)\pi} \sin\left[(2n-1)2\pi t\right]$$

$$T_{\max} = \lim_{n \to \infty} \frac{1}{2(2n-1)} = 0$$

!!!!!

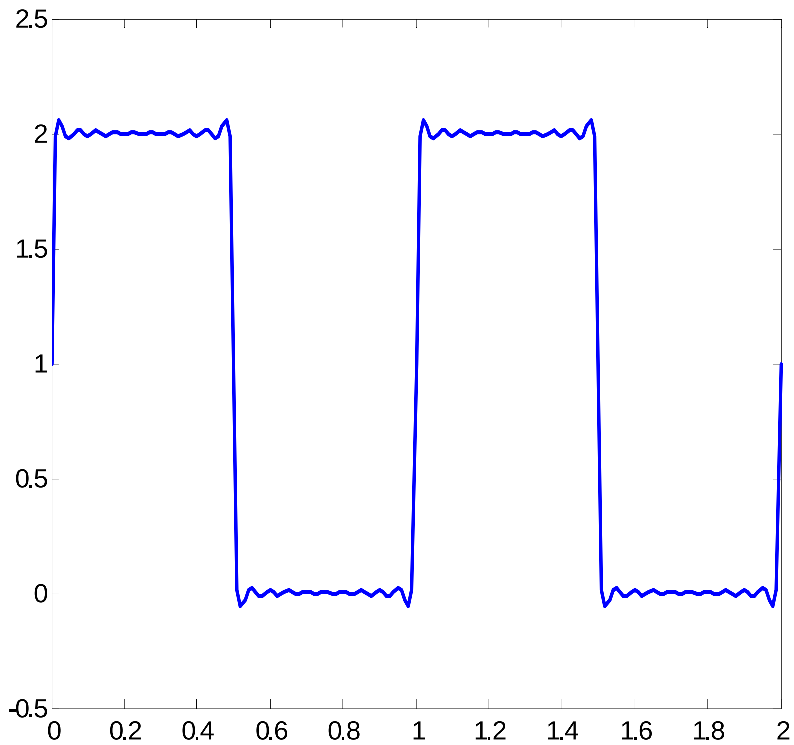
➔ Lọc tín hiệu



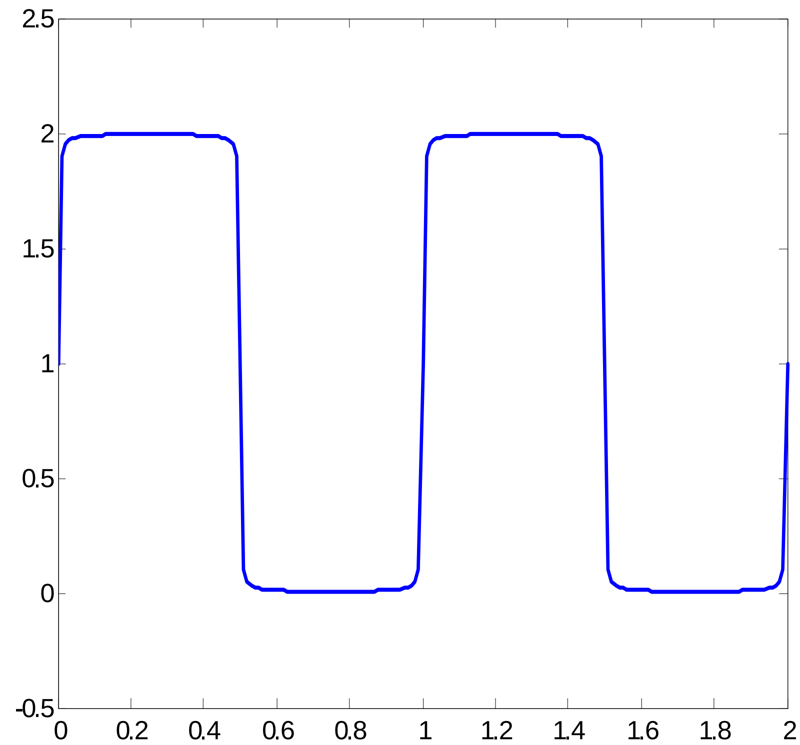
$$f(t) = \frac{1}{2} + \sum_{n=1}^{N_{\max}} \frac{4}{(2n-1)\pi} \sin\left[(2n-1)2\pi t\right]$$

$$T_{\max} = \frac{1}{2(2N_{\max}-1)}$$

Sai số ???

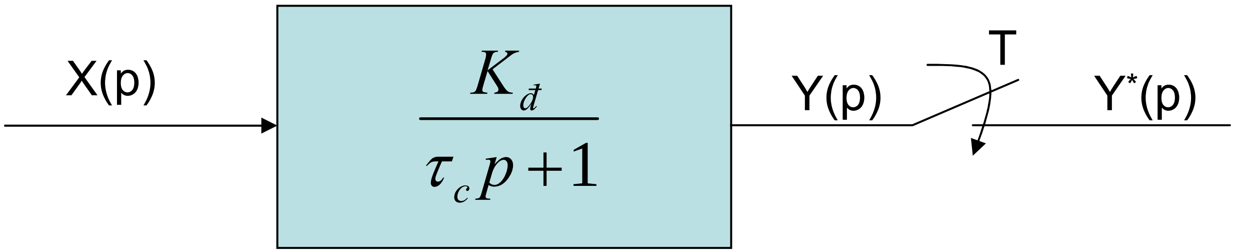


$N_{max} = 40$



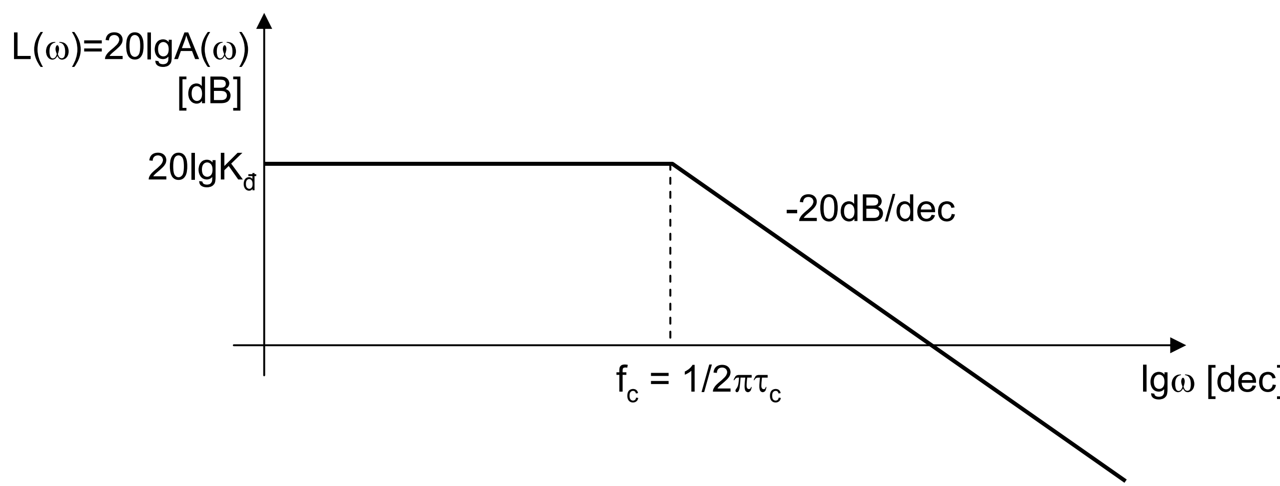
$N_{max} = 50$

Ví dụ: động cơ điện một chiều



Modun $A(\omega) = |G(j\omega)| = \left| \dfrac{K_đ}{\tau_c j\omega + 1} \right| = \dfrac{K_đ / \tau_c}{\sqrt{\omega^2 + (1/\tau_c^2)}}$

Pha $\varphi(\omega) = \mathrm{arctg}(\tau_c \omega)$



$$f_{\max} = \infty \qquad \Rightarrow \qquad T_{\max} = 0 \qquad !!!!!!!!$$

$$2f_c < f_{\max} < 10 f_c$$

$$\frac{1}{20 f_c} < T_{\max} < \frac{1}{4 f_c}$$

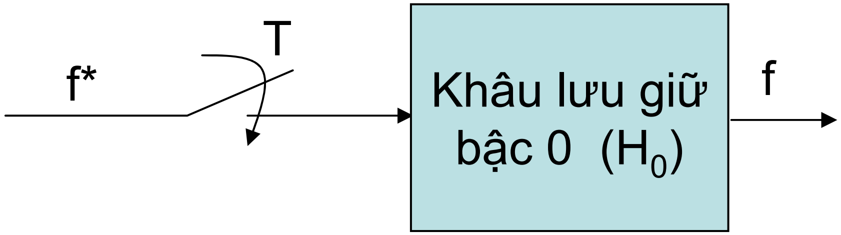
$$f_c = \frac{\omega_c}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\tau_c}$$

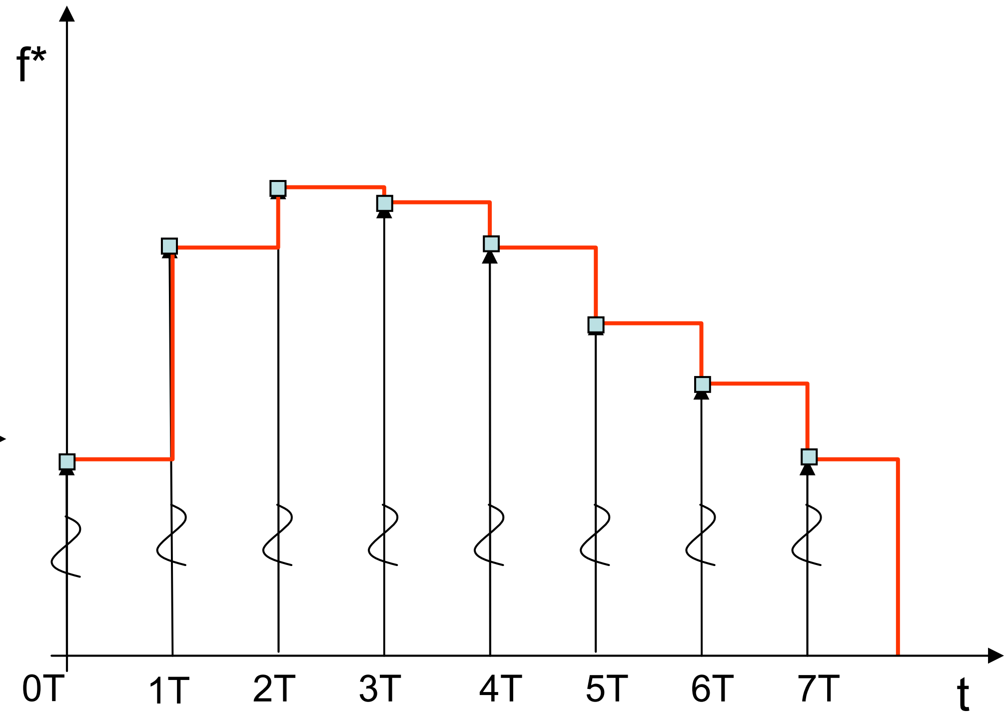
$$\frac{\pi}{10}\tau_c < T_{\max} < \frac{\pi}{2}\tau_c$$

Tóm tắt

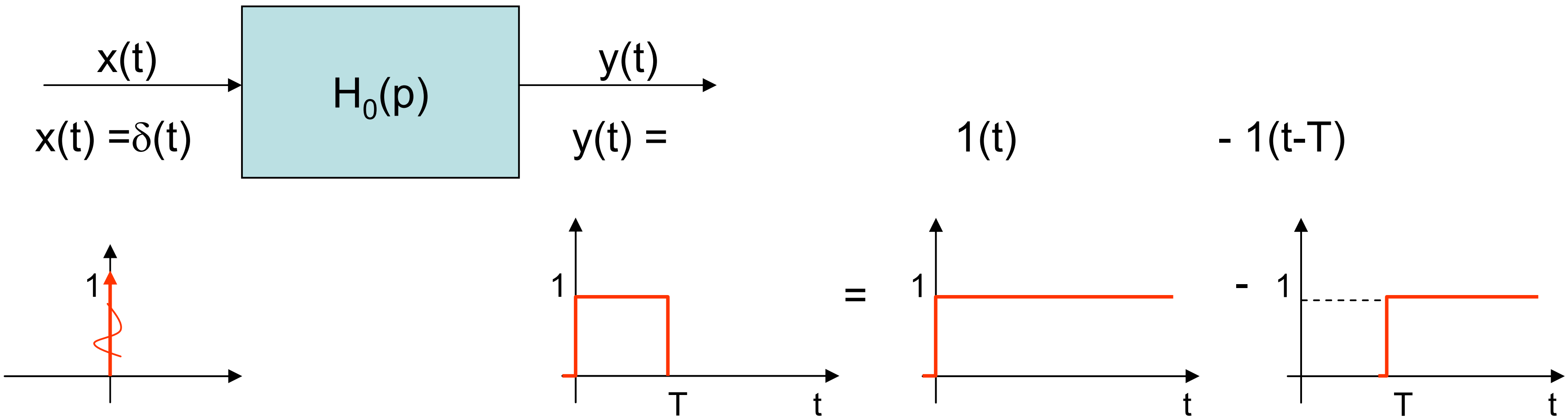
• Bộ biến đổi A/D làm chức năng của một khâu lấy mẫu ➔ thay bộ biến đổi A/D bằng một khâu lấy mẫu.
• Định lý Nyquist.

2. D/A





Khâu lưu giữ bậc không là một khâu liên tục hay số ???



$$X(p) = \mathbb{L}\{x(t)\} = \mathbb{L}\{\delta(t)\} = 1$$

$$Y(p) = \mathbb{L}\{y(t)\} = \mathbb{L}\{1(t) - 1(t-T)\} = \frac{1}{p} - \frac{e^{-Tp}}{p}$$

$$H_0(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{1 - e^{-Tp}}{p}$$

Định lý Shannon: Bộ biến đổi D/A chỉ có thể tái tạo lại các tín hiệu liên tục có tần số bé hơn 1/2T, trong đó T là chu kỳ lấy mẫu của bộ biến đổi.

Tóm tắt

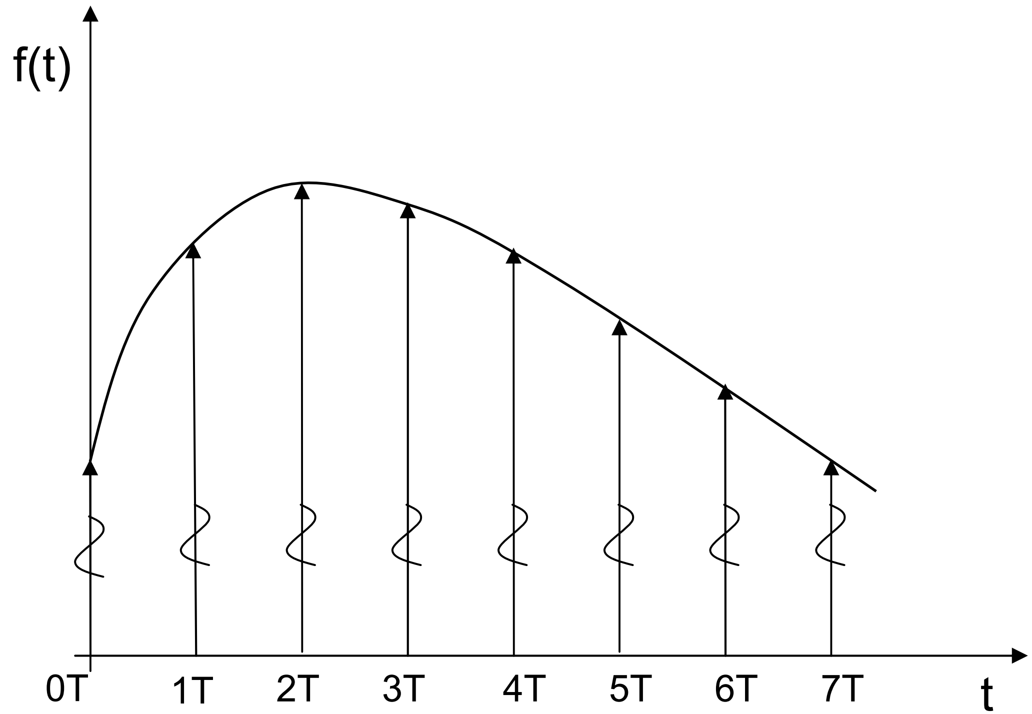
- Bộ biến đổi D/A được thay bằng khâu lấy mẫu nối tiếp với khâu lưu giữ bậc không, có hàm truyền đạt:

$$\boxed{H_0(p) = \frac{1 - e^{-Tp}}{p}}$$

- Định lý Shannon

CHƯƠNG 2: PHÉP BiẾN ĐỔI Z

2.1 Tín hiệu xung



$$f(t) \Rightarrow \left[f(k) \right] = \sum_{k=0}^{\infty} f(kT)\delta(t-kT)$$

2.2 Định nghĩa

Phép biến đổi Laplace của tín hiệu liên tục

$$f(t)\overset{\mathbb{L}}{\Rightarrow}F(p)=\mathbb{L}\{f(t)\}=\int_0^\infty f(t)e^{-pt}dt$$

Phép biến đổi Laplace của tín hiệu rời rạc

$$\left[f(k)\right]\overset{\mathbb{L}}{\Rightarrow}F^*(p) \quad =\mathbb{L}\left\{\left[f(k)\right]\right\}=\int_0^\infty\left[f(k)\right]e^{-pt}dt$$

$$=\int_0^\infty\sum_{k=0}^\infty f(kT)\delta(t-kT)e^{-pt}dt$$

$$=\sum_{k=0}^\infty\int_0^\infty f(kT)\delta(t-kT)e^{-pt}dt$$

$$=\sum_{k=0}^\infty f(kT)\int_0^\infty\delta(t-kT)e^{-pt}dt$$

$$F^*(p) = \sum_{k=0}^{\infty} f(kT)\mathbb{L}\{\delta(t-kT)\}$$

$$= \sum_{k=0}^{\infty} f(kT)e^{-kTp}$$

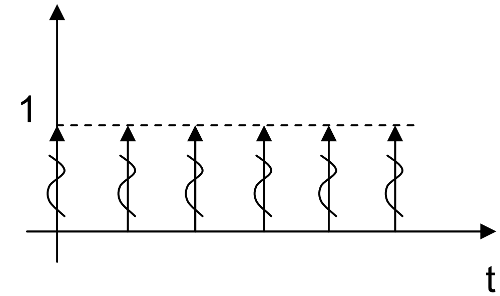
$$\mathbb{Z}\{[f(k)]\} = F(z) = F^*(p)\Big|_{p=\frac{1}{T}\ln z} = \sum_{k=0}^{\infty} f(kT)z^{-k}$$

$$:= \mathbb{Z}\{f(t)\} \qquad \cdots f(t) \to [f(k)] \to F(z)$$

$$:= \mathbb{Z}\{F(p)\} \qquad \cdots F(p) \to f(t) \to [f(k)] \to F(z)$$

Ví dụ: Xác định phép biến đổi Z của hàm 1(t)

$$\mathbb{Z}\left\{\left[1(k)\right]\right\} = \sum_{k=0}^{\infty} 1(kT) z^{-k} = \sum_{k=0}^{\infty} z^{-k}$$



$$= z^{0} + z^{-1} + z^{-2} + \cdots$$

$$= 1 + \frac{1}{z} + \frac{1}{z^{2}} + \cdots$$

$$= \frac{1}{1 - z^{-1}} = \frac{z}{z - 1}$$

2.3 Tính chất của phép biến đổi Z

1. Tuyến tính

$$\mathbb{Z}\left\{a.f_1(k)+b.f_2(k)\right\}=aF_1(z)+bF_2(z)$$

2. Dịch trái

$$\mathbb{Z}\left\{f(k-m)\right\}=z^{-m}F(z)$$

3. Dịch phải

$$\mathbb{Z}\left\{f(k+m)\right\}=z^{-m}\left[F(z)-\sum_{i=0}^{m}f(iT)z^{-1}\right]$$

4. Giá trị đầu

$$f(0T)=\lim_{z\to\infty}F(z)$$

5. Giá trị cuối

$$\lim_{k\to\infty}f(kT)=\lim_{z\to 1}(z-1)F(z)$$

2.4 Tính chất của *F**(*p*)

1. Dạng biểu diễn khác của *F**(*p*)

$$F^*(p) = \frac{1}{T}\sum_{n=-\infty}^{+\infty} F(p + jn\omega_s) + \frac{f(0)}{2}$$

2. Tuần hoàn: $F^*(p)$ tuần hoàn theo p với chu kỳ $j\omega_s$. Trong đó $\omega_s = 2\pi/T$

$$F^*(p + jm\omega_s) = \sum_{k=0}^{\infty} f(kT)e^{-kT(p+jm\omega_s)}$$

$$e^{-jkTm\omega_s} = e^{-j2\pi km} = 1$$

$$F^*(p + jm\omega_s) = \sum_{k=0}^{\infty} f(kT)e^{-kTp} = F^*(p)$$

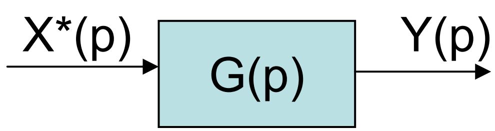
3. Điểm cực: Nếu $F(p)$ có điểm cực tại $p = p_1$ thì $F^*(p)$ sẽ có các điểm cực tại

$$p = p_1 + jm\omega_s; \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \cdots$$

4. “Sao” của “sao”

$$\left[F^{*}(p)\right]^{*} = F^{*}(p)$$

5. “Sao” của đầu ra



$$Y(p) = X^{*}(p).G(p)$$

$$Y^{*}(p) = \left[X^{*}(p).G(p)\right]^{*} = \frac{1}{T}\sum_{n=-\infty}^{+\infty} X^{*}(p + jn\omega_{s})G(p + jn\omega_{s})$$

Do $\quad X^{*}(p + jn\omega_{s}) = X^{*}(p)$

Nên

$$
\begin{aligned}
Y^*(p) &= \frac{1}{T}\sum_{n=-\infty}^{+\infty} X^*(p+jn\omega_s)G(p+jn\omega_s) \\
&= \frac{1}{T}\sum_{n=-\infty}^{+\infty} X^*(p)G(p+jn\omega_s) \\
&= X^*(p)\frac{1}{T}\sum_{n=-\infty}^{+\infty} G(p+jn\omega_s) \\
&= X^*(p)G^*(p)
\end{aligned}
$$

$$Y^*(p) = \left[X^*(p)G(p)\right]^* = X^*(p)G^*(p)$$

Chú ý:

$$\left[X(p)G(p)\right]^* \neq X^*(p)G^*(p)$$