سرفصل مطالب

فصل اول : مقدمه و معرفی سیستم های مخابراتی

فصل دوم : سیگنال و طیف

فصل سوم : انتقال سیگنال در کانال (پیام، نویز، اعوجاج، گین، فیلتر)

فصل چهارم : بررسی انواع مدولاسیون های خطی (AM، DSB، SSB، VSB)

فصل پنجم : بررسی انواع مدولاسیون های فاز و فرکانس (PM، FM)

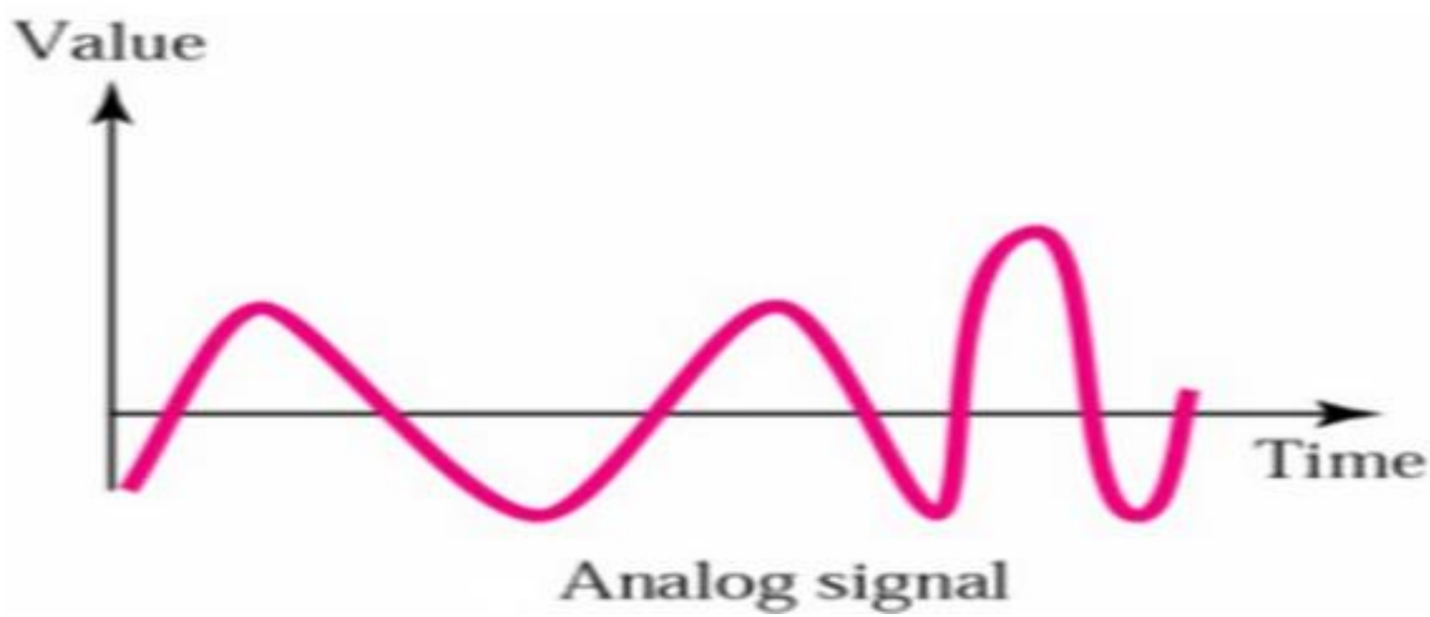
فصل ششم : معرفی سیستم های مخابرات آنالوگ و مقدمه ای بر مخابرات دیجیتال (گیرنده سوپرهترودین، TDM، FDM)

فصل دوم – رئوس مطالب

- سیگنال
- انواع سیگنال
- سیگنالهای اصلی پیوسته زمان
- تبدیل فوریه

فصل دوم – سیگنال

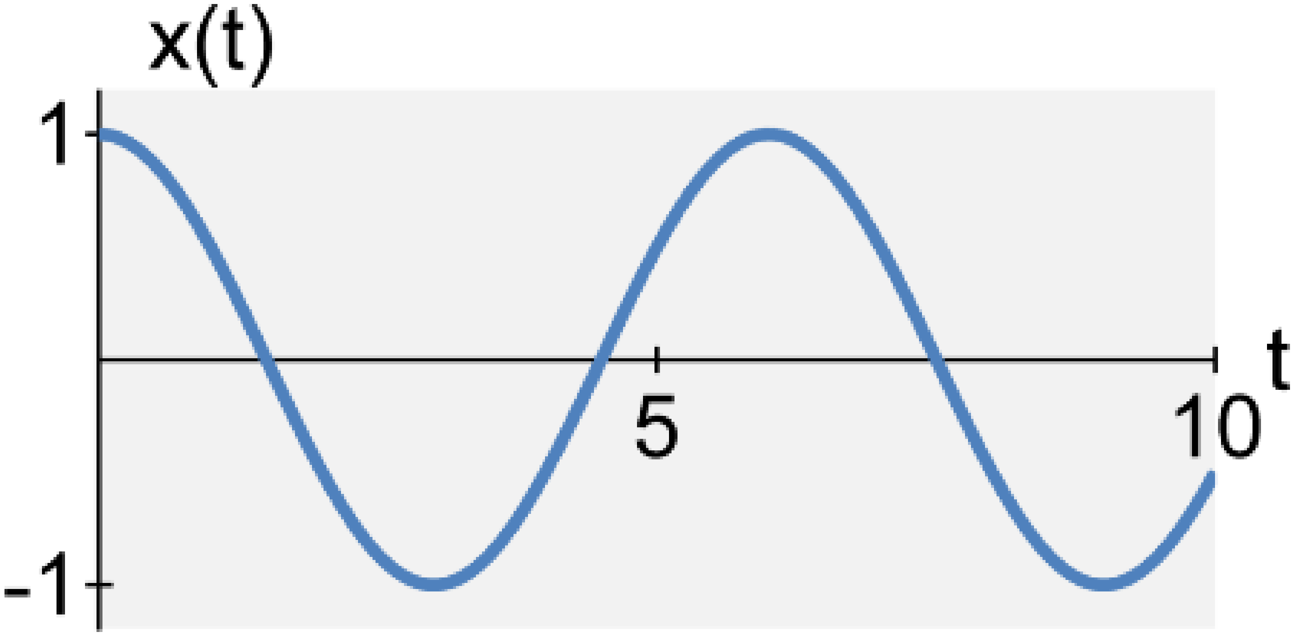
- **سیگنال** : Signal
- سیگنال تابعی از یک یا چند متغیر مستقل است که حاوی اطلاعاتی از یک پدیده فیزیکی است.



4

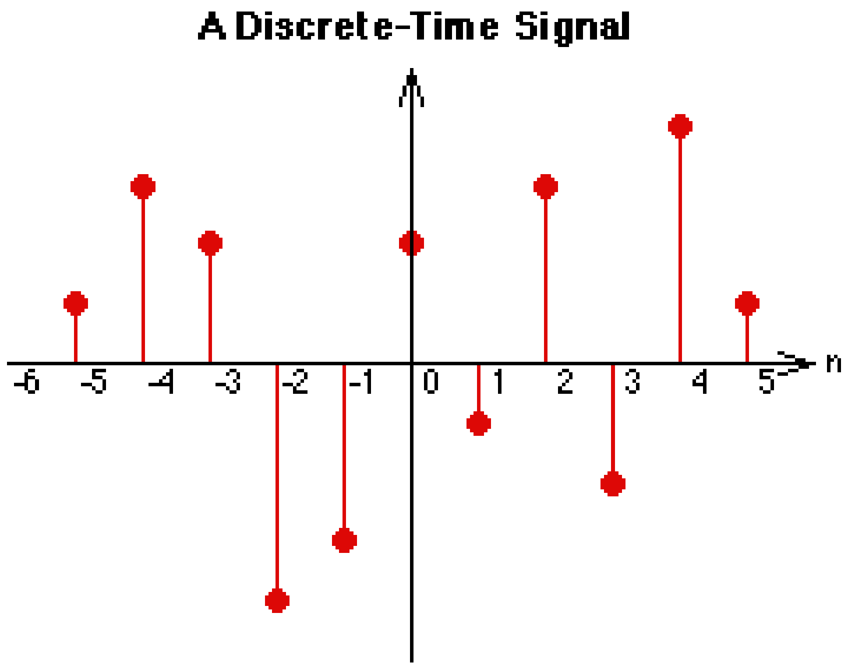
فصل دوم – انواع سیگنال

- **سیگنال پیوسته زمان :** Continuous Time Signal
- سیگنالی که متغیر مستقل آن پیوسته است و برای تمام مقادیر به خود مقدار میگیرد.



فصل دوم – انواع سیگنال

- **سیگنال گسسته زمان :** Discrete Time Signal
- سیگنالی که متغیر مستقل آن گسسته است و فقط در زمان های گسسته تعریف میشود.

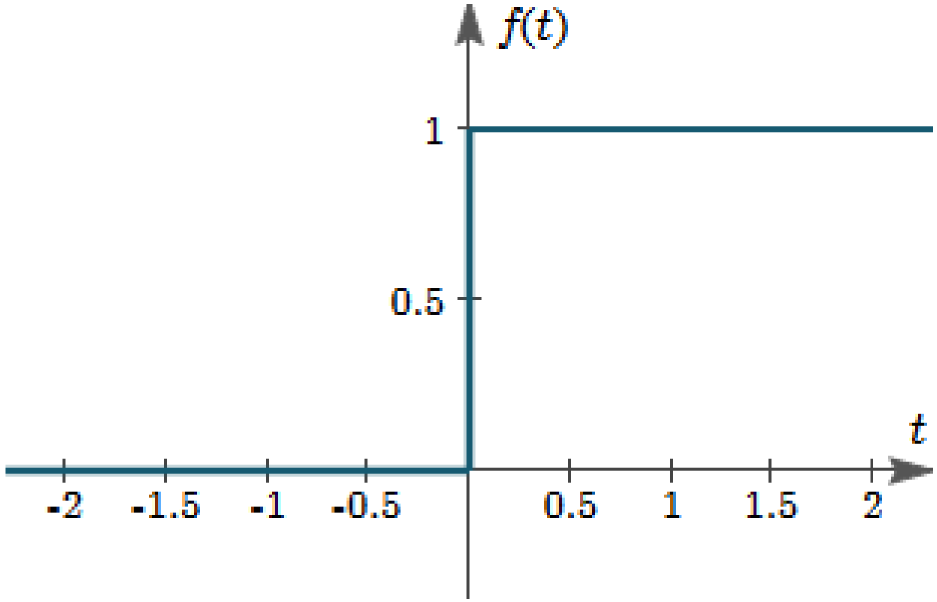


6

فصل دوم – سیگنال های اصلی پیوسته زمان

- **<u>سیگنال پله واحد:</u>** Unit Step Function

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

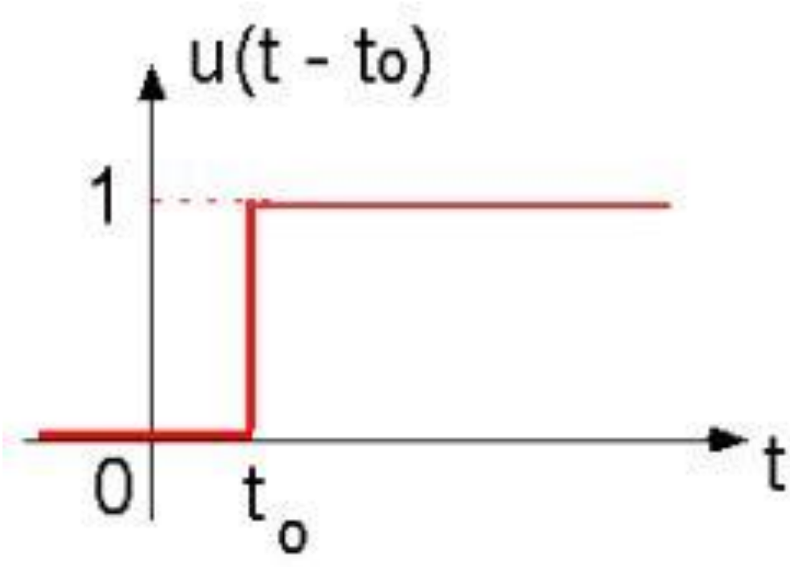


7

فصل دوم – سیگنال های اصلی پیوسته زمان

- **سیگنال پله شیفت یافته:**

$$U(t-t_0)=\begin{cases}1 & t\geq t_0\\ 0 & t<t_0\end{cases}$$

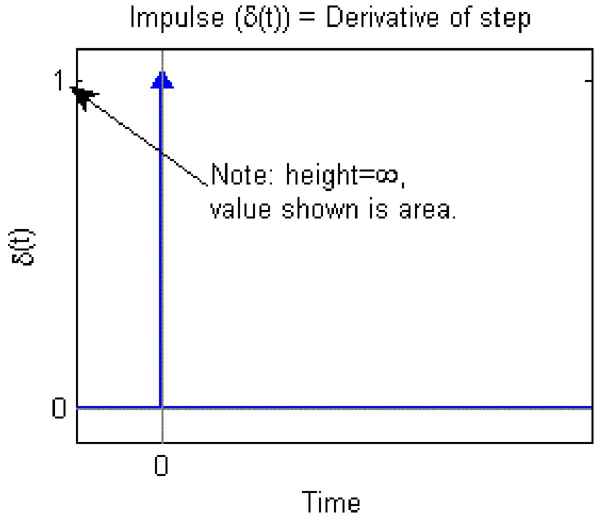


8

فصل دوم – سیگنال های اصلی پیوسته زمان

- **تابع ضربه :** Unite Impulse Function

$$\delta(t) = \begin{cases} 1 & t = 0 \\ 0 & t \neq 0 \end{cases}$$



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

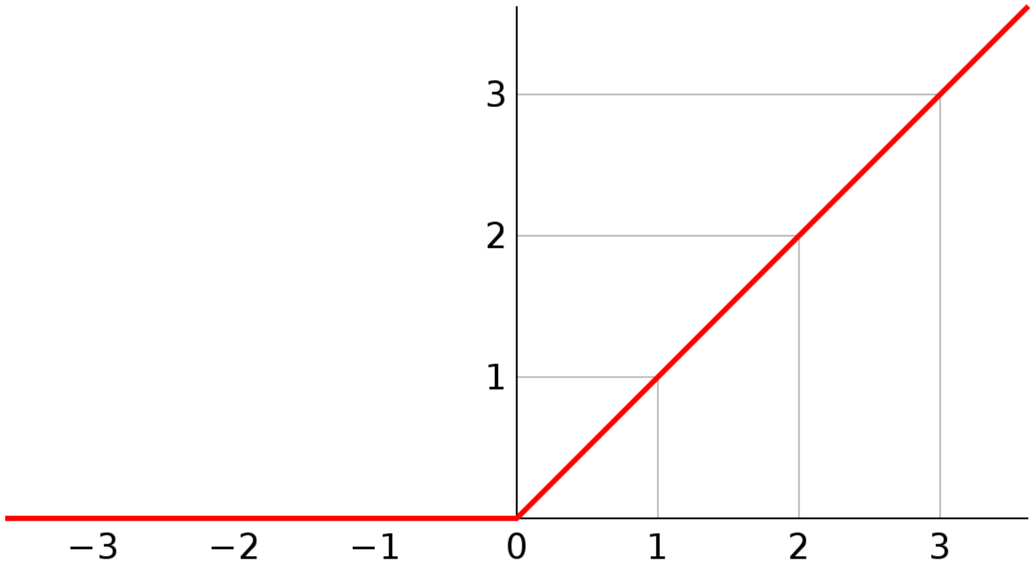
$$\int_{t=-\infty}^{t} \delta(\tau)d\tau = u(t)$$

9

فصل دوم – سیگنال های اصلی پیوسته زمان

- **تابع شیب** : Ramp Function

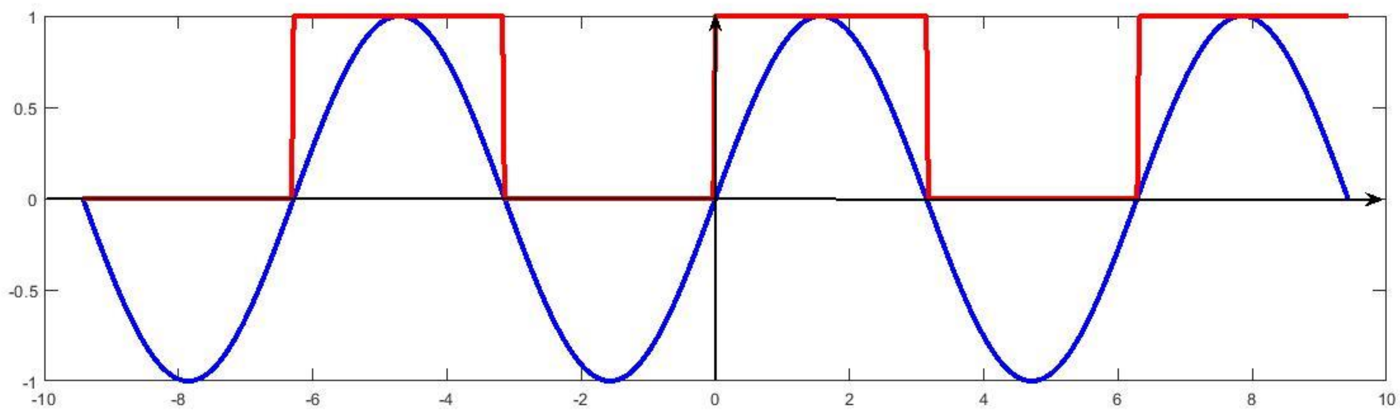
$$r(t) = \int_{-\infty}^{t} u(t)dt = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ t & t \geq 0 \end{cases}$$



فصل دوم – سیگنال های اصلی پیوسته زمان

EXAMPLE تابع $f(t) = u(\sin(t))$ را ترسیم نمایید.

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



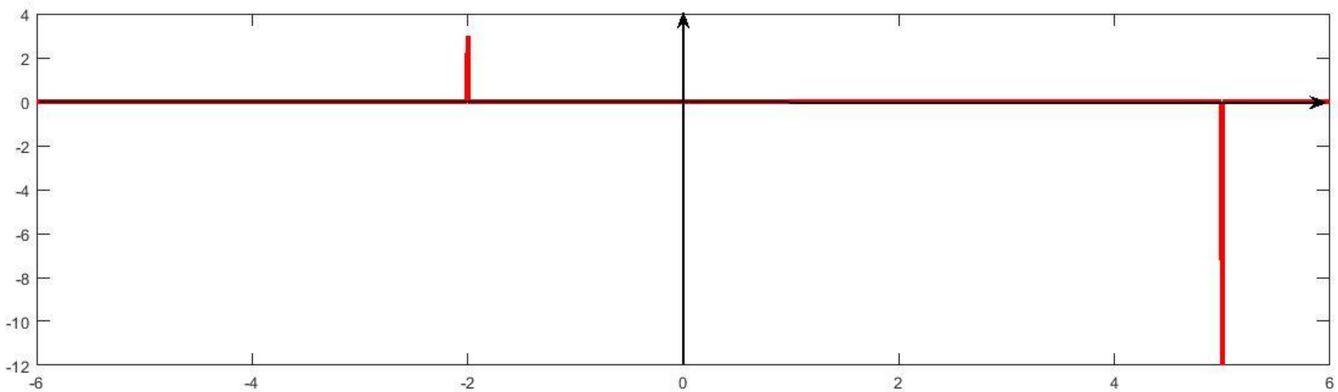
11

فصل دوم – سیگنال های اصلی پیوسته زمان

EXAMPLE تابع $f(t) = 3(\delta(t+2) - 4\delta(t-5))$ را ترسیم نمایید.

SOLUTION $f(t) = 3\big(\delta(t+2) - 4\delta(t-5)\big) = 3\delta(t+2) - 12\delta(t-5)$

$$\delta(t+2) = \begin{cases} 1 & t = -2 \\ 0 & t \neq -2 \end{cases} \quad , \quad \delta(t-5) = \begin{cases} 1 & t = 5 \\ 0 & t = 5 \end{cases}$$



فصل دوم – تبدیل فوریه

- **تبدیل فوریه**: Fourier Transform
- تبدیل فوریه سیگنال x(t) در حوزه زمان به صورت X(f) در حوزه فرکانس میباشد که

$$x(t) \overset{F}{\leftrightarrow} X(j\omega)$$

$$x(j\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t).e^{-j\omega t}dt = |X(j\omega)|.e^{j<X(j\omega)}$$

$$x(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} X(j\omega)\, e^{j\omega t}d\omega$$

فصل دوم – تبدیل فوریه

EXAMPLE تبدیل فوریه تابع $x(t) = \delta(t)$ را بیابید.

SOLUTION $X(j\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} \delta(t)e^{-j\omega t}dt = \int_{-\infty}^{0} \delta(t)e^{-j\omega t}dt$

$+ \int_{0}^{0} \delta(t)e^{-j\omega t}dt + \int_{0}^{+\infty} \delta(t)e^{-j\omega t}dt = 0 + 1 + 0 = 1$

$$\int_{-\infty}^{0} \delta(t)e^{-j\omega t}dt = \int_{-\infty}^{0} (0)e^{-j\omega t}dt = 0$$

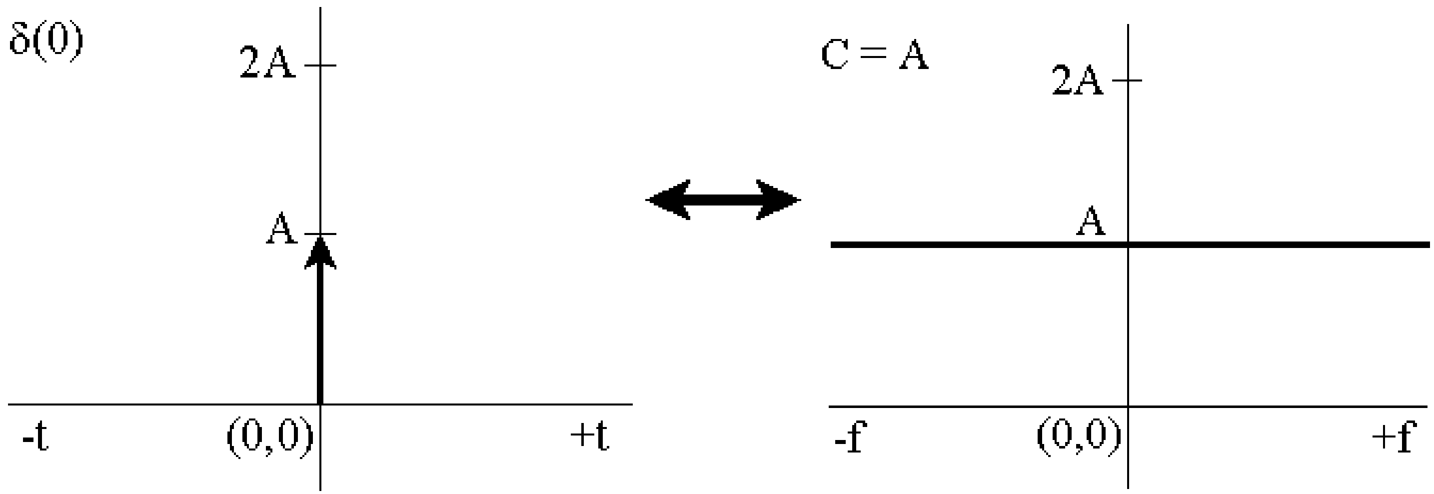
$$\int_{0}^{+\infty} \delta(t)e^{-j\omega t}dt = \int_{0}^{+\infty} (0)e^{-j\omega t}dt = 0$$

$$\int_{0}^{0} \delta(t)e^{-j\omega t}dt = \delta(t)e^{-j\omega t}\|\langle t = 0\rangle = \delta(0)e^{0} = 1$$

فصل دوم – تبدیل فوریه

EXAMPLE تبدیل فوریه تابع $x(t) = \delta(t)$ را بیابید.

SOLUTION $X(j\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} \delta(t) e^{-j\omega t} dt = 1$



فصل دوم – تبدیل فوریه

EXAMPLE تبدیل فوریه تابع $x(t) = e^{-at}u(t)$ را بیابید.

SOLUTION

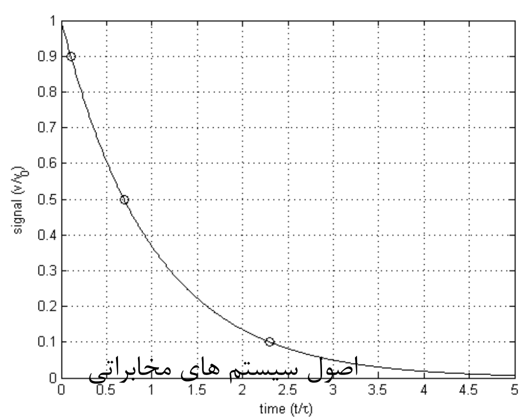
$$X(j\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-j\omega t}dt$$

$$= \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-at}u(t)e^{-j\omega t}dt = \int_{-\infty}^{0} e^{-at}u(t)e^{-j\omega t}dt$$

$$+ \int_{0}^{+\infty} e^{-at}u(t)e^{-j\omega t}dt = 0 + \int_{0}^{+\infty} e^{-at}e^{-j\omega t}dt$$

$$= \int_{0}^{+\infty} e^{-t(a+j\omega)}dt = \frac{1}{-(a+j\omega)}e^{-t(a+j\omega)} \Big\| \langle 0|\infty \rangle$$

$$= \frac{1}{-(a+j\omega)}e^{-\infty(a+j\omega)} - \frac{1}{-(a+j\omega)}e^{-0(a+j\omega)} = \frac{1}{(a+j\omega)}$$



فصل دوم – خواص تبدیل فوریه

Operation	Time Function	Fourier Transform
Linearity	$af_1(t) + bf_2(t)$	$aF_1(\omega) + bF_2(\omega)$
Time shift	$f(t - t_0)$	$F(\omega)e^{-j\omega t_0}$
Time scaling	$f(at)$	$\frac{1}{\lvert a\rvert}F\left(\frac{\omega}{a}\right)$
Time transformation	$f(at - t_0)$	$\frac{1}{\lvert a\rvert}F\left(\frac{\omega}{a}\right)e^{-j\omega t_0/a}$
Duality	$F(t)$	$2\pi f(-\omega)$
Frequency shift	$f(t)e^{j\omega_0 t}$	$F(\omega-\omega_0)$
Convolution	$f_1(t)*f_2(t)$	$F_1(\omega)F_2(\omega)$
	$f_1(t)f_2(t)$	$\frac{1}{2\pi}F_1(\omega)*F_2(\omega)$
Differentiation	$\frac{d^n[f(t)]}{dt^n}$	$(j\omega)^n F(\omega)$
	$(-jt)^n f(t)$	$\frac{d^n[F(\omega)]}{d\omega^n}$
Integration	$\int_{-\infty}^{t} f(\tau)d\tau$	$\frac{1}{j\omega}F(\omega) + \pi F(0)\delta(\omega)$

فصل دوم – یاد آوری

- $Cos(\theta) = {}^{1}/_{2}\,(e^{j\theta} + e^{-j\theta})$
- $sin(\theta) = {}^{1}/_{2j}\,(e^{j\theta} - e^{-j\theta})$
- $e^{j\theta} = \cos\theta + \sin\theta$
- $\cos(\alpha + \beta) = \cos\alpha\,.\cos\beta - \sin\alpha\,.\sin\beta$
- $\cos(\alpha - \beta) = \cos\alpha\,.\cos\beta + \sin\alpha\,.\sin\beta$
- $\cos\alpha\,.\cos\beta = \frac{1}{2}\,[\cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta)]$
- $cos^2\alpha = {}^{1}/_{2}\ (1 + \cos 2\alpha\ )$

فصل دوم – تبدیل فوریه

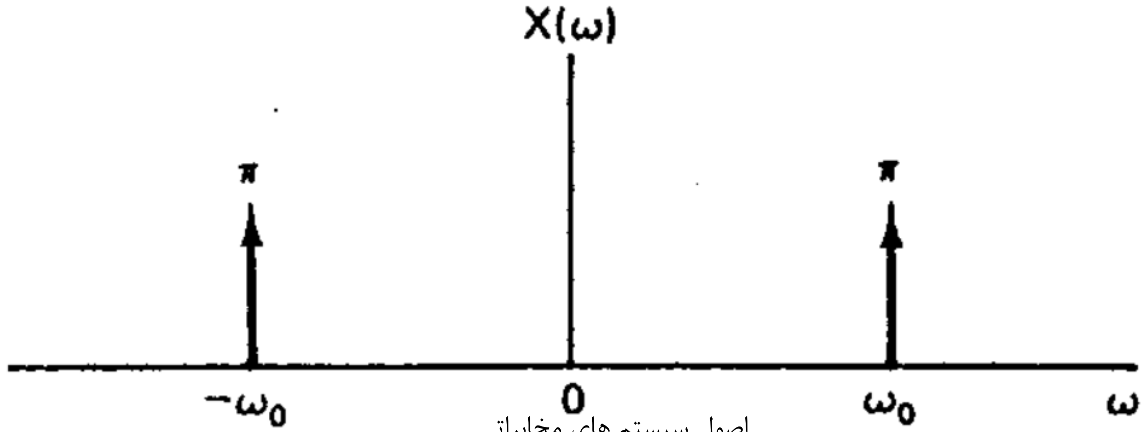
EXAMPLE تبدیل فوریه تابع $x(t) = \cos(\omega_0 t)$ را بیابید.

SOLUTION $x(t) = \cos(\omega_0 t) = {}^1/_2 \left(e^{j\omega_0 t} + e^{-j\omega_0 t} \right)$

SOLUTION $e^{j\omega_0 t} \quad - Fourier\ Transform \rightarrow 2\pi\delta(\omega - \omega_0)$

SOLUTION $e^{-j\omega_0 t} \quad - Fourier\ Transform \rightarrow 2\pi\delta(\omega + \omega_0)$

SOLUTION $X(j\omega) = {}^1/_2 \left(2\pi\delta(\omega - \omega_0)\right) + {}^1/_2 \left(2\pi\delta(\omega + \omega_0)\right)$
$= \pi\delta(\omega - \omega_0) + \pi\delta(\omega + \omega_0)$



19

فصل دوم – تبدیل فوریه

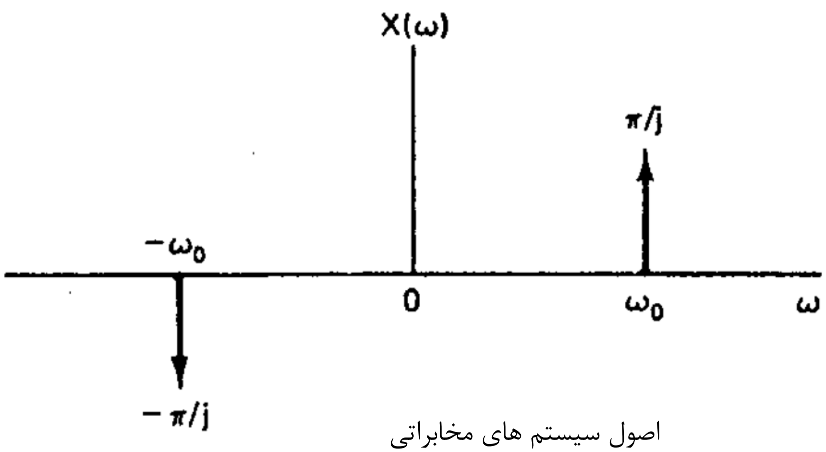
EXAMPLE تبدیل فوریه تابع $x(t) = \sin(\omega_0 t)$ را بیابید.

SOLUTION $x(t) = \sin(\omega_0 t) = {}^{1}/_{2j}\ \left(e^{j\omega_0 t} - e^{-j\omega_0 t} \right)$

SOLUTION $e^{j\omega_0 t} \quad - Fourier\ Transform \rightarrow 2\pi\delta(\omega - \omega_0)$

SOLUTION $e^{-j\omega_0 t} \quad - Fourier\ Transform \rightarrow 2\pi\delta(\omega + \omega_0)$

SOLUTION $X(j\omega) = {}^{1}/_{2j}\left(2\pi\delta(\omega - \omega_0)\right) - {}^{1}/_{2j}\left(2\pi\delta(\omega\right.$



20

فصل دوم – تبدیل فوریه

EXAMPLE تبدیل فوریه تابع زیر را بیابید.

$$x(t) = e^{-a|t|} \qquad , a > 0$$

SOLUTION $X(j\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) e^{-j\omega t} dt = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-a|t|} e^{-j\omega t} dt$

$$= \int_{-\infty}^{0} e^{-a|t|} e^{-j\omega t} dt + \int_{0}^{+\infty} e^{-a|t|} e^{-j\omega t} dt$$

$$= \int_{-\infty}^{0} e^{at} e^{-j\omega t} dt + \int_{0}^{+\infty} e^{-at} e^{-j\omega t} dt$$

$$= \int_{-\infty}^{0} e^{(a-j\omega)t} dt + \int_{0}^{+\infty} e^{(-a-j\omega)t} dt$$

$$= \frac{1}{a-j\omega} e^{(a-j\omega)t} \Bigg\| \langle -\infty | 0 \rangle + \frac{1}{-a-j\omega} e^{-(a+j\omega)t} \Bigg\| \langle 0 | \infty \rangle$$

$$= \frac{1}{a-j\omega} + \frac{1}{a+j\omega} = \frac{a+j\omega}{(a-j\omega)(a+j\omega)} + \frac{a-j\omega}{(a-j\omega)(a+j\omega)}$$

$$= \frac{a+j\omega+a-j\omega}{(a-j\omega)(a+j\omega)} = \frac{2a}{a^2+\omega^2}$$

21

فصل دوم – تبدیل فوریه

EXAMPLE اگر $X(j\omega)=\frac{j\omega/_3}{2+3j\omega}$ ، تبدیل فوریه سیگنال x(t) باشد، تبدیل فوریه سیگنال $x_1(t)=x(4t-5)$ را بیابید.

SOLUTION $x(t)\ -Fourier\ Transform \rightarrow \frac{j\omega/_3}{2+3j\omega}$

SOLUTION $x(4t)\ -Fourier\ Transform \rightarrow \frac{1}{4}\frac{j\omega/_{12}}{2+\frac{3}{4}j\omega}$

SOLUTION $x(4(t-{}^5/_4))\ -Fourier\ Transform \rightarrow \frac{1}{4}e^{-j\omega 5/4}\frac{j\omega/_{12}}{2+\frac{3}{4}j\omega}$

فصل دوم – تبدیل فوریه

EXAMPLE تبدیل فوریه سیگنال $x(t) = (2+\cos 2\pi 10^4 t)^2 - 4.5$ را بیابید.

SOLUTION $x(t) = 4 + 4\cos(2\pi 10^4 t) + (cos 2\pi 10^4 t)^2 - 4.5 =$
$4 + 4\cos(2\pi 10^4 t) + {}^1/_2\ [1 + \cos(2\pi.2.10^4.t)] - 4.5 =$
$${}^1/_2\ [\cos(2\pi.2.10^4.t)] + 4\cos(2\pi 10^4 t)$$

SOLUTION $X(j\omega) = \frac{1}{2}\ \pi\delta(\omega - 2\pi.2.10^4\ )$
$+ \frac{1}{2}\ \pi\delta(+2\pi.2.10^4\ ) + 4\ \pi\delta(\omega - 2\pi.10^4\ )$
$+ 4\ \pi\delta(+2\pi.10^4\ )$