

# Сигналы, применяемые в радиотехнике

$$s(t) = A(t) \cdot \cos[\omega_0 t + \theta(t)]$$

- $\omega_0$  - несущая частота;
- $A(t)$  - огибающая сигнала;
- $\Psi(t) = \omega_0 t + \theta(t)$  - фаза сигнала;
- $\omega(t) = d\theta(t)/dt = \omega_0 + d\theta(t)/dt$  - мгновенная частота сигнала

# Классификация

$\omega_0 = 0$  - видеосигнал

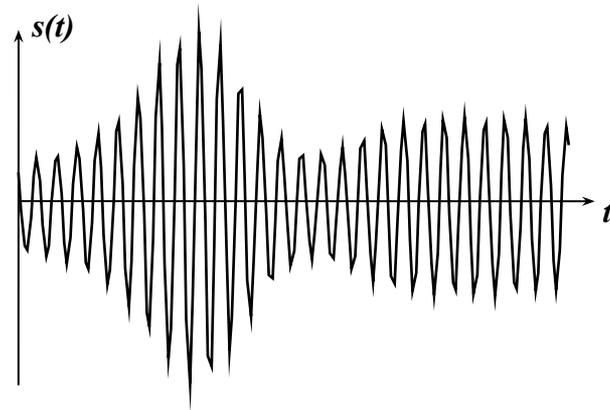
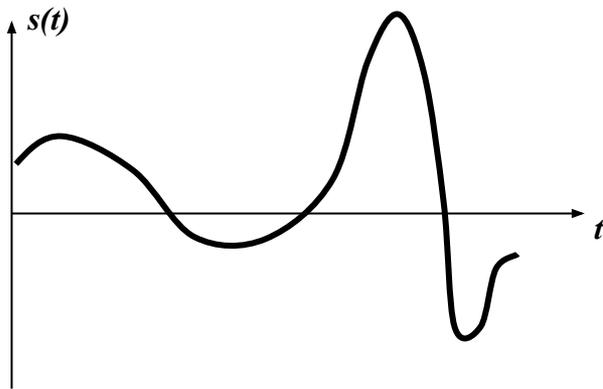
$\omega_0 \neq 0$  - радиосигнал

$\omega_0 \neq 0, \theta(t) = \theta_0 = const$  - АМ

$\omega_0 \neq 0, A(t) = A_0 = const$  - ЧМ

широкополосный

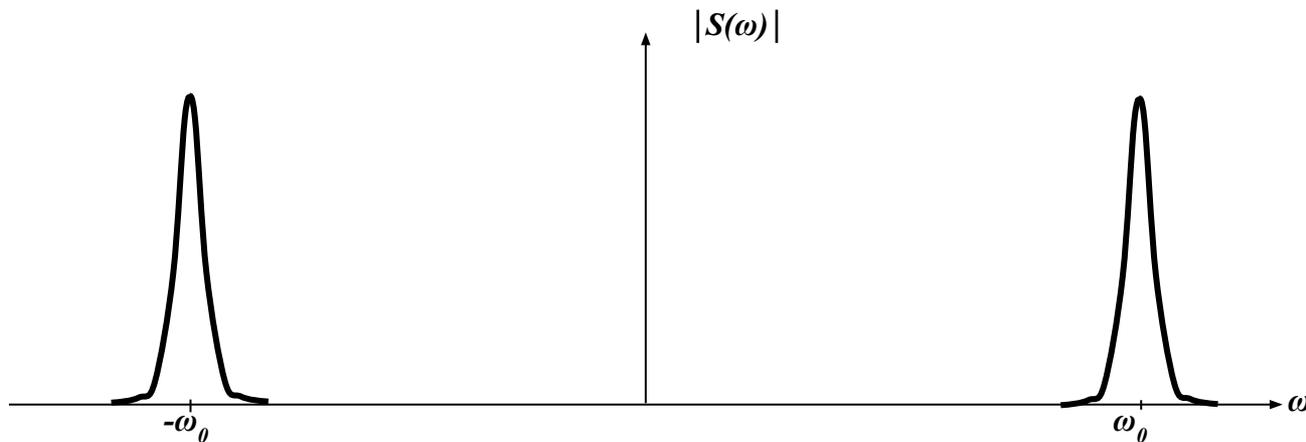
$\Delta\omega \ll \omega_0$  - узкополосный



# Узкополосные сигналы

$$\Delta A = \frac{dA(t)}{dt} T_0 \ll A_{\text{макс}}$$

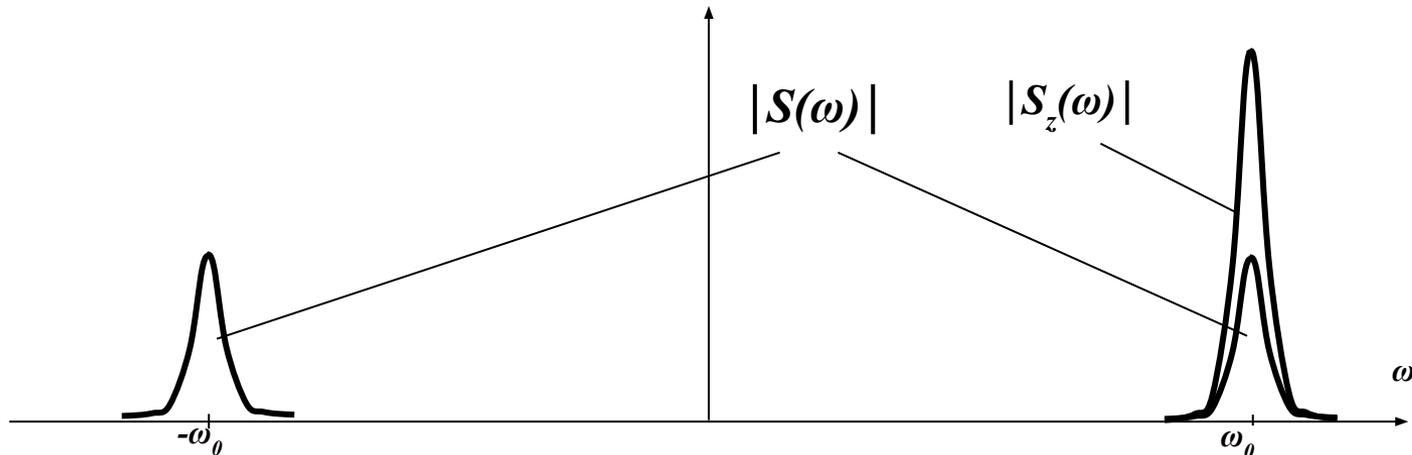
$$\Delta \omega = \frac{d\omega(t)}{dt} T_0 \ll \omega_0$$



# Аналитический сигнал

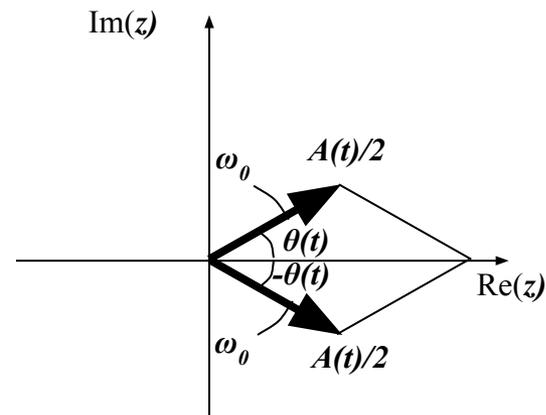
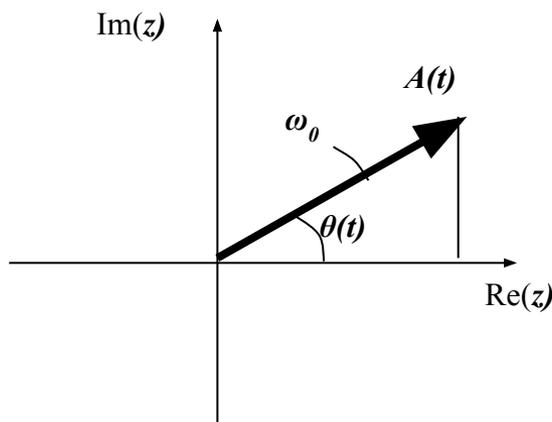
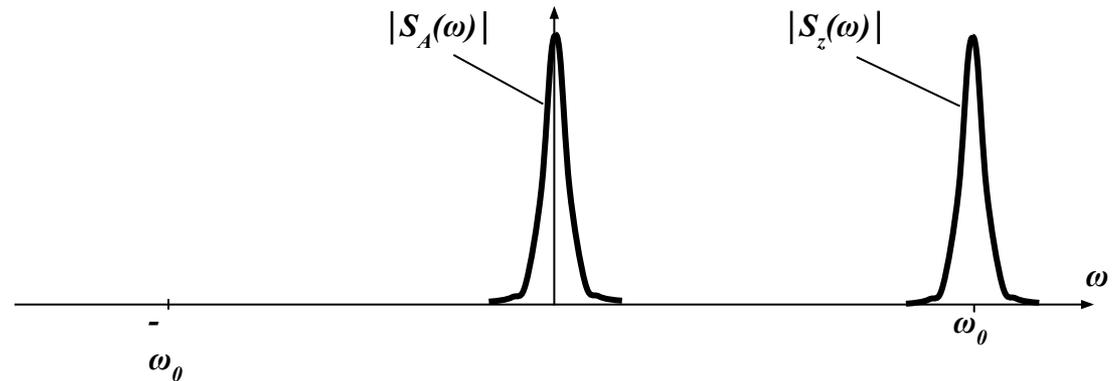
$$s(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega) e^{j\omega t} d\omega = 2 \operatorname{Re} \left\{ \frac{1}{2\pi} \int_0^{\infty} S(\omega) e^{j\omega t} d\omega \right\} = \operatorname{Re} \{ z(t) \}$$

$$z(t) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} S(\omega) e^{j\omega t} d\omega$$



$\underline{z}(t) = \hat{A}(t) \exp(j\omega_0 t)$  - аналитический сигнал

$\hat{A}(t) = A(t) \exp\{j\theta(t)\}$  - комплексная огибающая

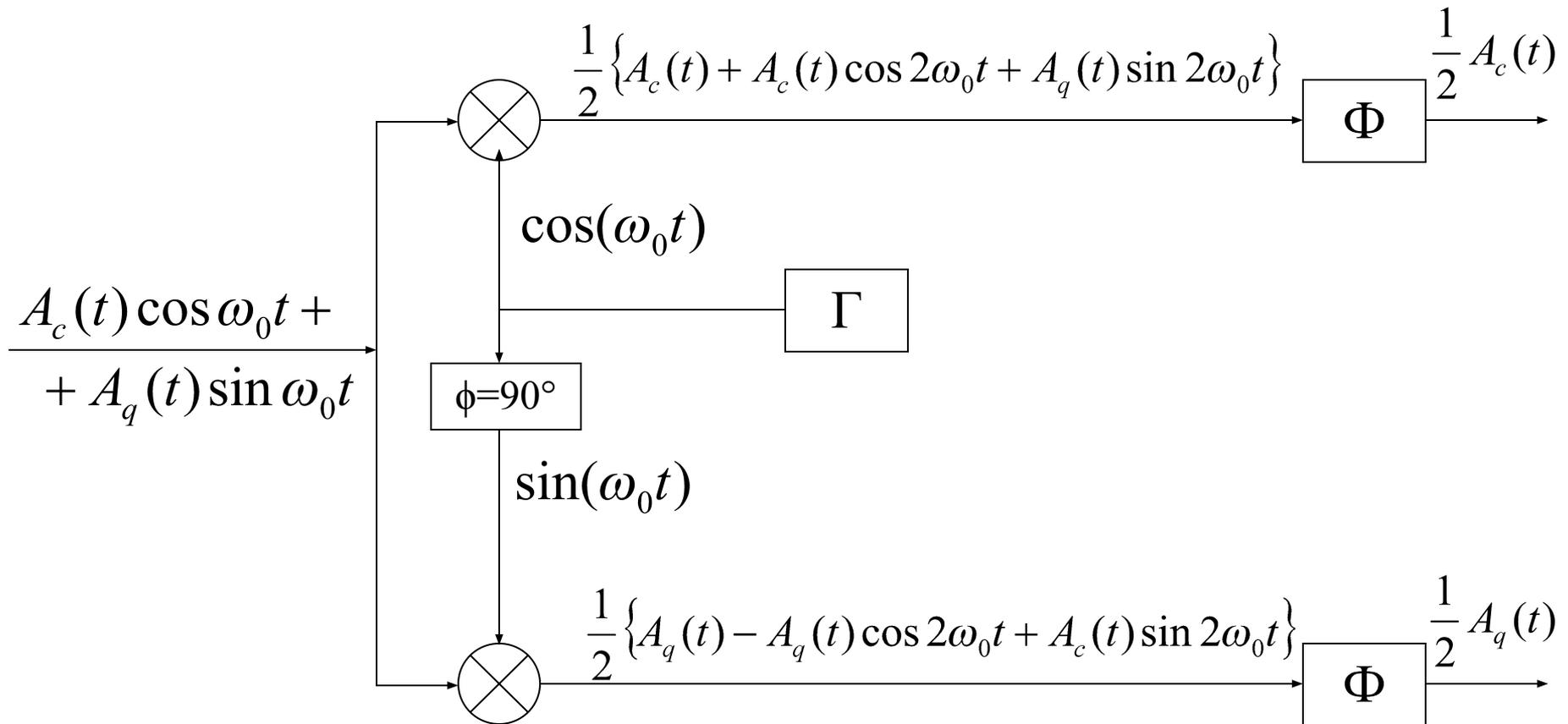


# Синфазный и квадратурный сигналы

$$s_c(t) = \operatorname{Re}\{z(t)\} = A_c(t) \cdot \cos[\omega_0 t + \theta_c(t)]$$

$$s_q(t) = \operatorname{Im}\{z(t)\} = A_q(t) \cdot \sin[\omega_0 t + \theta_q(t)]$$

# Передача информации по квадратурным каналам



# Корреляционный анализ сигналов

$$R_s(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)s^*(t + \tau)dt$$

— автокорреляционная функция непериодического сигнала

$$R_{s \text{ пер}}(\tau) = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t)s^*(t + \tau)dt$$

— автокорреляционная функция периодического сигнала

$$R_{km}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} s_k(t)s_k^*(t + \tau)dt$$

— взаимная корреляционная функция двух сигналов

# Связь между автокорреляционной функцией и спектром сигнала

$$R_s(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |S(\omega)|^2 e^{j\omega\tau} d\omega$$

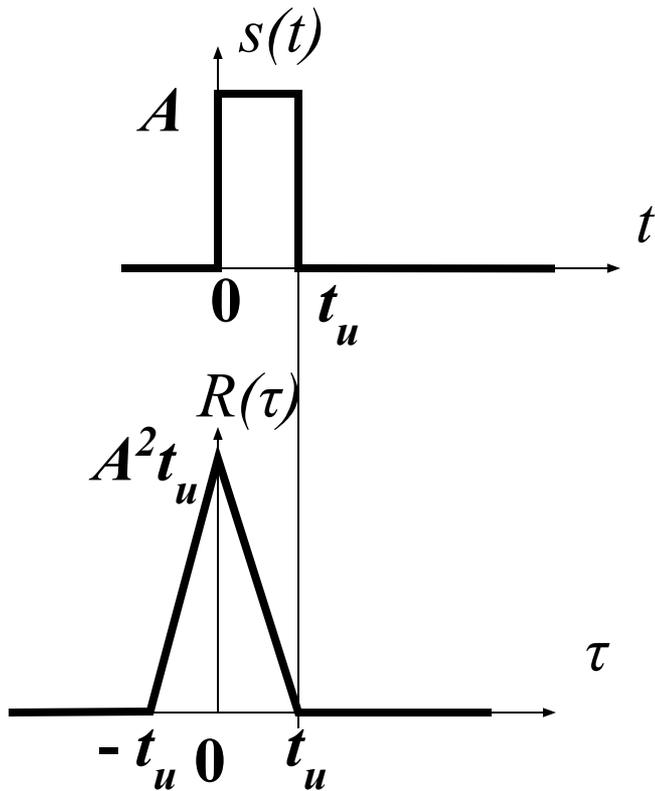
$$|S(\omega)|^2 = \int_{-\infty}^{\infty} R_s(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau$$

# Свойства авто- и взаимной корреляционных функций сигнала

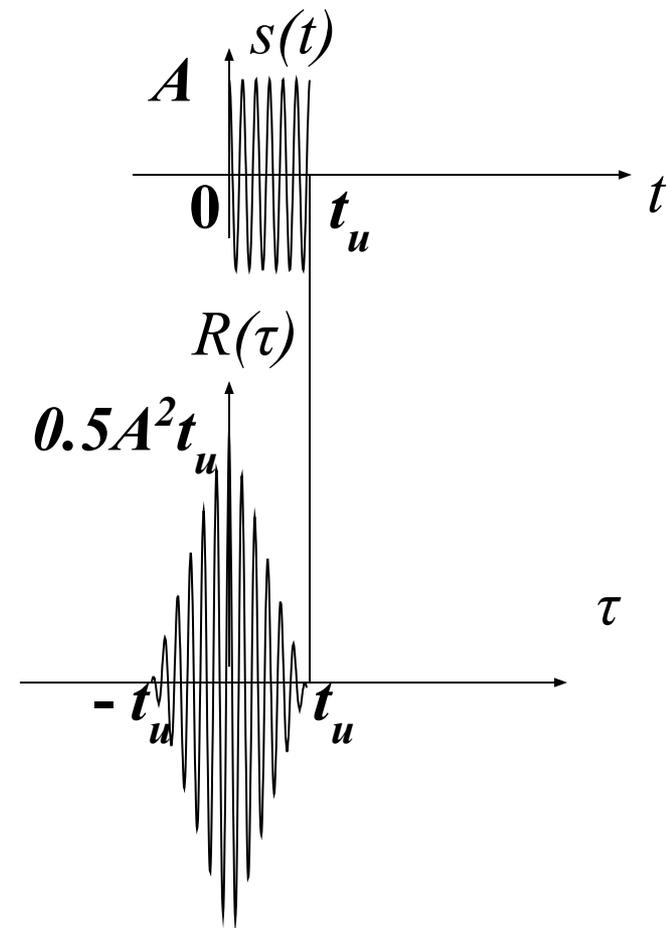
1. Чем шире спектр сигнала, тем меньше ширина его автокорреляционной функции
2.  $R_s(\tau) = R_s(-\tau)$ ,  $R_{km}(\tau) = R_{km}(-\tau)$  - авто- и взаимная корреляционные функции являются четными функциями времени
3.  $R_s(0) = E_s$  - значение автокорреляционной функции в нуле равно энергии сигнала
4.  $|R_{km}(\tau)| \leq \sqrt{E_k E_m}$
5. Для узкополосного сигнала  $R_s(\tau) = R_A(\tau) \left( \frac{1}{2} \cos(\omega_0 \tau) \right)$ , где  $R_A(\tau)$  – автокорреляционная функция огибающей

# Примеры автокорреляционной функции

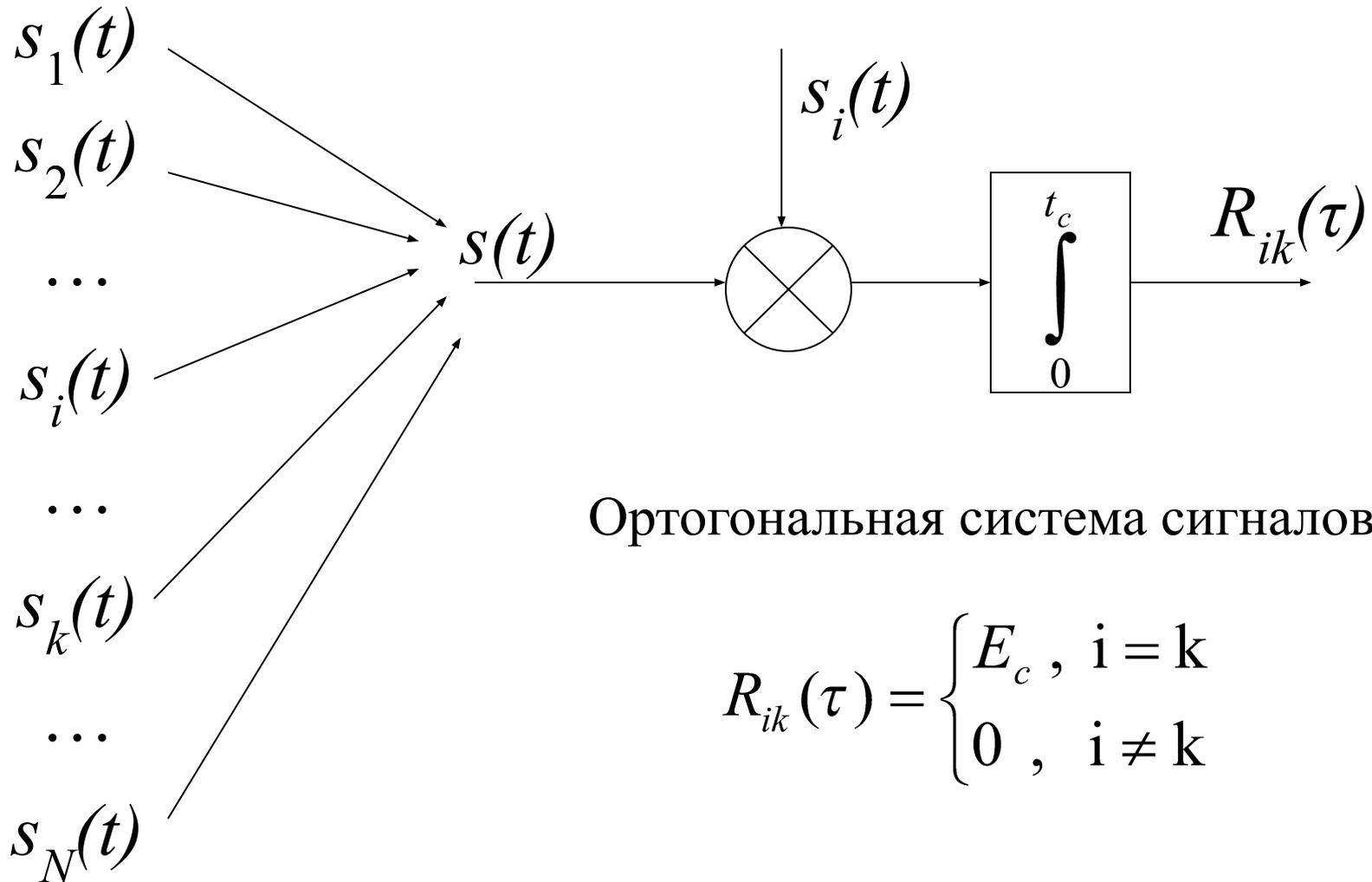
Прямоугольный  
видеоимпульс



Прямоугольный  
радиоимпульс



# Корреляционный прием сигналов



Ортогональная система сигналов

$$R_{ik}(\tau) = \begin{cases} E_c, & i = k \\ 0, & i \neq k \end{cases}$$

# Пример: азбука Морзе

А	A	.-	Л	L	.-..	Ц	C	-..
Б	B	-...	М	M	--	Ч	—	---.
В	W	.-.	Н	N	-.	Ш	—	----
Г	G	--.	О	O	---	Щ	Q	--.-
Д	D	-..	П	P	.-.	Ы	Y	-.-.
Е	E	.	Р	R	.-.	Ь	X	-.-.
Ж	V	...-	С	S	...	Э	—	..-..
З	Z	--..	Т	T	-	Ю	—	..--
И	I	..	У	U	..-	Я	—	.-.-
Й	J	.---	Ф	F	..-			
К	K	-.-	Х	H	....			
Знаки препинания								
,	.-.-.-	.	.....	:	---...	?	..--..	!    ---...-

# Корреляционный прием сигналов

