

Grundlagen der Nachrichtentechnik

alle Infos, Folien und Übungsaufgaben zum Herunterladen unter
<http://www.ant.uni-bremen.de/de/courses/gnt/>

Kontaktadresse bei Fragen zu Übung oder Vorlesung:
petermann@ant.uni-bremen.de

Literaturempfehlungen:

Nachrichtenübertragung

Matlab in der Nachrichtentechnik

Digitale Signalverarbeitung

Grundlagen der Nachrichtentechnik

I. Kontinuierliche Signale u. Systeme

1. Fouriertransformation
2. Tiefpass-Darstellung v. Bandpass-Signalen
3. Eigenschaften v. Übertragungskanälen

II. Analoge Übertragung

1. Analoge Modulationsverfahren
2. Empfängerstrukturen
3. Einfluss von Rauschen

III. Diskretisierung v. Quellensignalen

1. Abtasttheorem
2. Pulsamplitudenmodulation
3. Pulsdauer- und Pulsphasenmodulation
4. Pulscodemodulation
5. Prinzip des Zeitmultiplex

IV. Digitale Übertragung

1. Struktur e. Datenübertragungssystems
2. Erste u. Zweite Nyquist-Bedingung
3. Rauschangepasstes Empfangsfilter
4. Bitfehlerwahrscheinlichkeit
5. Digitale Modulationsverfahren

komplett auf Folien teilweise mit Folienunterstützung

1. Fourier-Transformation

$$x(t) = \mathcal{F}^{-1}\{X(j\omega)\} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X(j\omega) e^{j\omega t} d\omega \quad \circ \bullet \quad X(j\omega) = \mathcal{F}\{x(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j\omega t} dt$$

Beispiel 1: Spektrum eines Rechteckimpulses

$$x(t) = \begin{cases} 1 & \text{für } -T/2 \leq t \leq T/2 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \quad \circ \bullet \quad X(j\omega) = \int_{-T/2}^{T/2} 1 \cdot e^{-j\omega t} dt = \frac{1}{-j\omega} [e^{-j\omega t}]_{-T/2}^{T/2}$$

$$= \frac{2\sin(\omega T/2)}{\omega} = T \cdot \frac{\sin(\omega T/2)}{\omega T/2}$$

Beispiel 2: Impulsantwort eines idealen Tiefpasses

$$H(j\omega) = \begin{cases} 1 & \text{für } -\omega_g \leq \omega \leq \omega_g \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \quad \bullet \circ \quad h(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\omega_g}^{\omega_g} 1 \cdot e^{j\omega t} d\omega = \frac{1}{2\pi jt} [e^{j\omega t}]_{-\omega_g}^{\omega_g}$$

$$= \frac{2\sin(\omega_g t)}{2\pi t} = \frac{\omega_g}{\pi} \cdot \frac{\sin(\omega_g t)}{\omega_g t}$$

Eigenschaften:

Zeitbereich	$x(t)$	$X(j\omega)$	Frequenzbereich
Linearität	$a_1 \cdot x_1(t) + a_2 \cdot x_2(t)$	$a_1 \cdot X_1(j\omega) + a_2 \cdot X_2(j\omega)$	Linearität
reell	$x(t) \in \mathbf{R}$	$X(j\omega) = X^*(-j\omega)$	konjugiert gerade
gerade (reell)	$x(t) = x(-t)$	$X(j\omega) \in \mathbf{R}$	reell (gerade)
ungerade (reell)	$x(t) = -x(-t)$	$j \cdot X(j\omega) \in \mathbf{R}$	imag. (ungerade)
Zeitverzögerung	$x(t - t_0)$	$e^{-j\omega t_0} \cdot X(j\omega)$	exp(.)-Multiplik.
Modulation	$x(t) \cdot e^{j\omega_0 t}$	$X(j(\omega - \omega_0))$	Frequenzversatz
LTI-Impulsantw.	$h(t)$	$H(j\omega)$	LTI-Übertrag.-Fkt.
Faltung	$y(t) = x(t) * h(t)$	$Y(j\omega) = X(j\omega) \cdot H(j\omega)$	Multiplikation
Multiplikation	$x_1(t) \cdot x_2(t)$	$\frac{1}{2\pi} X_1(j\omega) * X_2(j\omega)$	Faltung
Differentiation	$\frac{d}{dt}x(t)$	$j\omega \cdot X(j\omega)$	Multiplik. mit $j\omega$
Integration	$\int_{-\infty}^t x(\tau) d\tau$	$\frac{1}{j\omega} \cdot X(j\omega) + [\pi X(j0)\delta_0(\omega)]$	Multiplik. mit $\frac{1}{j\omega}$

Eigenschaften (Fortsetzung)

Zeitbereich	$x(t)$	$X(j\omega)$	Frequenzbereich
komplexes Zeitsig.	$x(t) = x'(t) + j \underbrace{x''(t)}_{\neq 0}$	$X(j\omega) \neq X^*(-j\omega)$	nicht konjug. gerade
Zeitumkehr	$x(-t)$	$X(-j\omega)$	Frequenzumkehr
konjug. komplex	$x^*(t)$	$X^*(-j\omega)$	konjug., Freq.-Umk.
Zeitumk., konjug.	$x^*(-t)$	$X^*(j\omega)$	konjug. komplex

Parsevalsches Theorem: $\int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |X(j\omega)|^2 d\omega$ (Energie)

Ähnlichkeit: $x(t) \circ\!\!\!\bullet X(j\omega) \rightarrow x(at) \circ\!\!\!\bullet \frac{1}{a} \cdot X(j\frac{\omega}{a}), a \in \mathbf{R}, a > 0$

Dualität: $x(t) \circ\!\!\!\bullet X(j\omega) \longleftrightarrow X(jt) \circ\!\!\!\bullet 2\pi \cdot x(-\omega)$

Wichtige Korrespondenzen:

Zeitbereich	$x(t)$	$X(j\omega)$	Frequenzbereich
Dirac-Impuls	$\delta_0(t)$	1	Konstante
Konstante	1	$2\pi \delta_0(\omega)$	Dirac-Impuls
Exp.-Schwing.	$e^{j\omega_0 t}$	$2\pi \delta_0(\omega - \omega_0)$	Spektrallinie b. ω_0
Kosinus	$\cos(\omega_0 t)$	$\pi[\delta_0(\omega - \omega_0) + \delta_0(\omega + \omega_0)]$	Lin. $\pm\omega_0$ (gerade)
Sinus	$\sin(\omega_0 t)$	$\frac{\pi}{j}[\delta_0(\omega - \omega_0) - \delta_0(\omega + \omega_0)]$	Lin. $\pm\omega_0$ (unger.)
Rechteck	$x(t) = \begin{cases} 1, & t \leq \frac{T}{2} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$	$T \cdot \frac{\sin(\omega T/2)}{\omega T/2}$	si-Funktion
si-Funktion	$\frac{\sin(\omega_g t)}{\omega_g t}$	$X(j\omega) = \begin{cases} \frac{\pi}{\omega_g}, & \omega \leq \omega_g \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$	Rechteck
Gaußimpuls	$e^{- a t^2}$	$\sqrt{\frac{\pi}{ a }} e^{-\omega^2/(4 a)}$	Gaußimpuls
Dirac-Folge	$\sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta_0(t - kT)$	$\frac{2\pi}{T} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta_0(\omega - k\frac{2\pi}{T})$	Dirac-Folge

Symmetrieeigenschaften der Spektren reeller Zeitsignale

reelles Zeitsignal:

$$\mathcal{F}\{x(t)\} = X(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \underbrace{x(t)}_{\text{reell}} e^{-j\omega t} dt = \int_{-\infty}^{\infty} \underbrace{x(t) \cos(\omega t)}_{\text{reell}} dt - j \int_{-\infty}^{\infty} \underbrace{x(t) \sin(\omega t)}_{\text{reell}} dt$$

$$\text{Re}\{X(j\omega)\} = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cos(\omega t) dt \quad \text{gerade Funktion von } \omega$$

$$\text{Im}\{X(j\omega)\} = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \sin(\omega t) dt \quad \text{ungerade Funktion von } \omega$$

$$\begin{aligned} X(j\omega) = X^*(-j\omega) \\ \text{„konjugiert gerade“} \end{aligned} \rightarrow \begin{cases} \text{Re}\{X(j\omega)\} = \text{Re}\{X(-j\omega)\} & \text{gerader Realteil} \\ \text{Im}\{X(j\omega)\} = -\text{Im}\{X(-j\omega)\} & \text{ungerader Imaginärteil} \\ |X(j\omega)| = |X(-j\omega)| & \text{gerader Betrag} \\ \arg\{X(j\omega)\} = -\arg\{X(-j\omega)\} & \text{ungerade Phase} \end{cases}$$