

A1.1: Musiksignale

Rechts sehen Sie einen ca. 30 ms langen Ausschnitt eines Musiksignals $q(t)$. Es handelt sich hierbei um das Stück *Für Elise* von Ludwig van Beethoven.

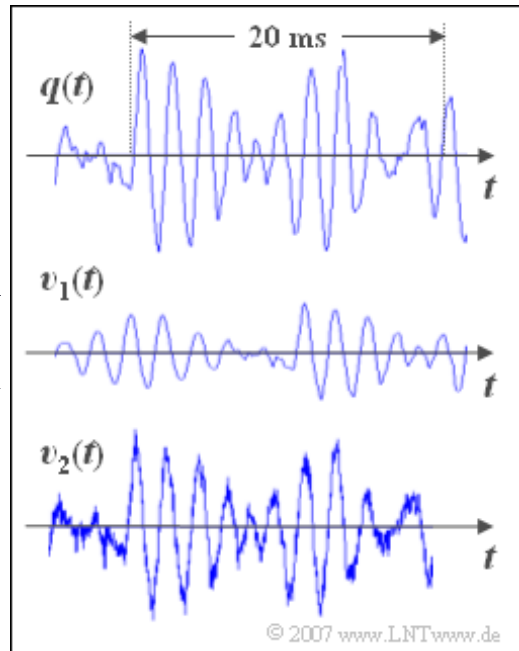
Darunter gezeichnet sind zwei Sinkensignale $v_1(t)$ und $v_2(t)$, die nach der Übertragung des Musiksignals $q(t)$ über zwei unterschiedliche Kanäle aufgezeichnet wurden. Mit Hilfe der nachfolgenden Buttons können Sie sich die jeweils ersten zehn Sekunden der drei Audiosignale $q(t)$, $v_1(t)$ und $v_2(t)$ anhören.



Originalsignal $q(t)$

Sinkensignal $v_1(t)$

Sinkensignal $v_2(t)$



Hinweis: Diese Aufgabe bezieht sich auf das **Kapitel 1.1**.

Fragebogen zu "A1.1: Musiksignale"

a) Schätzen Sie die Signalfrequenz von $q(t)$ im dargestellten Ausschnitt ab.

- Die Signalfrequenz beträgt etwa $f = 250$ Hz.
- Die Signalfrequenz beträgt etwa $f = 500$ Hz.
- Die Signalfrequenz beträgt etwa $f = 1$ kHz.

b) Welche Aussagen sind für das Signal $v_1(t)$ zutreffend?

- Das Signal ist gegenüber $q(t)$ unverzerrt.
- Das Signal weist Verzerrungen auf.
- Das Signal ist gegenüber $q(t)$ verrauscht.

c) Welche Aussagen sind für das Signal $v_2(t)$ zutreffend?

- Das Signal ist gegenüber $q(t)$ unverzerrt.
- Das Signal weist Verzerrungen auf.
- Das Signal ist gegenüber $q(t)$ verrauscht.

d) Eines der Signale ist gegenüber dem Original $q(t)$ unverzerrt und nicht verrauscht. Schätzen Sie hierfür den Dämpfungsfaktor und die Laufzeit ab.

$\alpha =$

$\tau =$ ms

Z1.1: ISDN-Verbindung

Wir betrachten das im Bild dargestellte Szenario: Eine Münchnerin wählt mit ihrem ISDN-Telefon eine Rufnummer in Hamburg. Sie erreicht jedoch den gewünschten Gesprächspartner nicht, und hinterlässt ihm deshalb eine Nachricht auf Band.

Die verzerrungsfreie Verbindung wird durch

- einen Dämpfungsfaktor α ,
- eine Laufzeit τ , und
- das momentane Signal-zu-Rauschverhältnis (SNR)

vollständig beschrieben.

Hinweis: Die Aufgabe soll einen Bezug zwischen diesem realen Szenario und den in **Kapitel 1.1** genannten Funktionseinheiten eines allgemeinen Nachrichtenübertragungssystems herstellen.



Fragebogen zu "Z1.1: ISDN-Verbindung"

a) Welche der Aussagen sind bezüglich Quelle und Sender zutreffend?

- Die Nachrichtenquelle ist die Anruferin. Das Quellensignal $q(t)$ ist die akustische Welle ihres Sprachsignals.
- Die mit „Sender“ bezeichnete Einheit beinhaltet unter anderem einen Signalwandler und einen Modulator.
- Das Sendesignal $s(t)$ ist analog.

b) Welche der Aussagen treffen bezüglich Empfänger und Sinke zu?

- Das Empfangssignal $r(t)$ ist digital.
- Die Nachrichtensinke ist der Telefonapparat in Hamburg.
- Die Nachrichtensinke ist der Anrufbeantworter.
- Es gilt $v(t) = \alpha \cdot q(t - \tau) + n(t)$.
- Es liegt ein ideales Übertragungssystem vor.

A1.2: Signalklassifizierung

Nebenstehend sind drei Signalverläufe dargestellt:

- Das Signal $x_1(t)$ wird genau zum Zeitpunkt $t = 0$ eingeschaltet und besitzt für $t > 0$ den Wert 1V.
- Das rote Signal $x_2(t)$ ist für $t < 0$ identisch 0, springt bei $t = 0$ auf 1 V an und fällt danach mit der Zeitkonstanten 1 ms ab. Für $t > 0$ gilt:

$$x_2(t) = 1V \cdot e^{-t/(1ms)}.$$

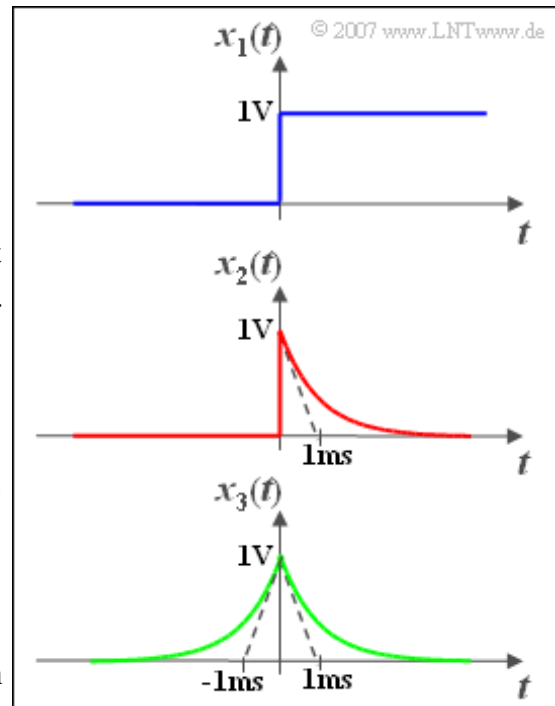
- Entsprechend gilt für das grüne Signal $x_3(t)$ für alle Werte von t :

$$x_3(t) = 1V \cdot e^{-|t|/(1ms)}.$$

Diese drei Signale sollen nun von Ihnen nach den folgenden Kriterien klassifiziert werden:

- deterministisch bzw. stochastisch,
- kausal bzw. akausal,
- energiebegrenzt bzw. leistungsbegrenzt,
- wertkontinuierlich bzw. wertdiskret,
- zeitkontinuierlich bzw. zeitdiskret.

Hinweis: Diese Aufgabe bezieht sich auf den Theorieteil von **Kapitel 1.2**.



Fragebogen zu "A1.2: Signalklassifizierung"

a) Welche der nachfolgenden Aussagen sind zutreffend?

- Alle hier betrachteten Signale sind deterministisch.
- Alle hier betrachteten Signale sind von stochastischer Natur.
- Es handelt sich stets um zeitkontinuierliche Signale.
- Es handelt sich stets um wertkontinuierliche Signale.

b) Welche Signale sind gemäß der der Definition im Theorieteil kausal?

- $x_1(t)$,
- $x_2(t)$,
- $x_3(t)$.

c) Berechnen Sie die auf den Einheitswiderstand $R = 1 \Omega$ bezogene Energie E_2 des Signals $x_2(t)$. Wie groß ist die Leistung P_2 dieses Signals?

$$E_2 = \quad \quad \quad \text{V}^2\text{s}$$

$$P_2 = \quad \quad \quad \text{V}^2$$

d) Welche der betrachteten Signale besitzen eine endliche Energie?

- $x_1(t)$,
- $x_2(t)$,
- $x_3(t)$.

Z1.2: Pulscodemodulation

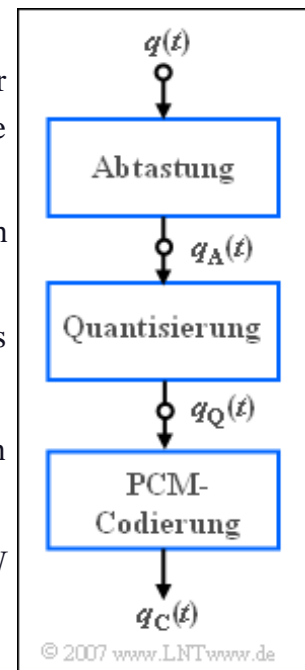
Alle modernen Nachrichtenübertragungssysteme sind digital. Das Prinzip der digitalen Übertragung von Sprachsignalen geht auf **Reeves** zurück, der die sogenannte *Pulscodemodulation* (PCM) bereits 1938 erfunden hat.

Rechts sehen Sie das (vereinfachte) Blockschaltbild des PCM-Senders mit den drei Funktionseinheiten:

- Das bandbegrenzte Sprachsignal $q(t)$ wird abgetastet, wobei das Abtasttheorem zu beachten ist, und ergibt das Signal $q_A(t)$.
- Jeder Abtastwert $q_A(t)$ wird auf einen von $M = 2^N$ quantisierten Werten abgebildet; das dazugehörige Signal nennen wir $q_Q(t)$.
- Jeder einzelne Quantisierungswert wird durch eine Codefolge von N Binärsymbolen dargestellt und ergibt das codierte Signal $q_C(t)$.

In dieser Aufgabe sollen nur die verschiedenen Signale des PCM-Senders klassifiziert werden. Spätere Aufgaben behandeln weitere Eigenschaften der Pulscodemodulation.

Hinweis: Die Aufgabe bezieht sich auf den Lehrstoff von **Kapitel 1.2**.



Fragebogen zu "Z1.2: Pulscode modulation"

a) Welche der Aussagen sind für das Quellsignal $q(t)$ zutreffend?

- Im Normalbetrieb ist $q(t)$ ein stochastisches Signal.
- Ein deterministisches Quellsignal ist nur bei Testbetrieb oder für theoretische Untersuchungen sinnvoll.
- $q(t)$ ist ein zeitdiskretes Signal.
- $q(t)$ ist ein wertkontinuierliches Signal.

b) Welche der Aussagen treffen für das abgetastete Signal $q_A(t)$ zu?

- $q_A(t)$ ist ein wertdiskretes Signal.
- $q_A(t)$ ist ein zeitdiskretes Signal.
- Je größer die maximale Frequenz des Nachrichtensignals ist, desto größer muss die Abtastrate gewählt werden.

c) Welche Aussagen sind für das quantisierte Signal $q_Q(t)$ zutreffend, wenn $N = 8$ zugrunde gelegt wird?

- $q_Q(t)$ ist ein zeitdiskretes Signal.
- $q_Q(t)$ ist wertdiskret mit $M = 8$ möglichen Werten.
- $q_Q(t)$ ist wertdiskret mit $M = 256$ möglichen Werten.
- $q_Q(t)$ ist ein Binärsignal.

d) Welche Aussagen sind für das codierte Signal $q_C(t)$ zutreffend, wenn $N = 8$ zugrunde gelegt wird?

- $q_C(t)$ ist ein zeitdiskretes Signal.
- $q_C(t)$ ist ein wertdiskretes Signal mit $M = 8$ möglichen Werten.
- $q_C(t)$ ist ein Binärsignal.
- Bei Abtastung im Abstand T_A beträgt die Bitdauer $T_B = T_A$.
- Bei Abtastung im Abstand T_A beträgt die Bitdauer $T_B = T_A/8$.

A1.3: Rechnen mit komplexen Zahlen

Nebenstehende Grafik zeigt einige Punkte in der komplexen Ebene, nämlich

$$z_1 = e^{-j45^\circ},$$

$$z_2 = 2 \cdot e^{j135^\circ},$$

$$z_3 = -j.$$

Im Verlauf dieser Aufgabe werden noch folgende komplexe Größen betrachtet:

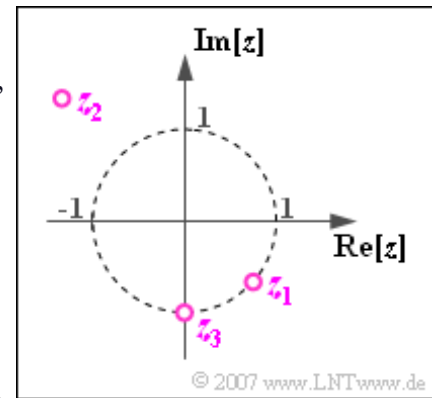
$$z_4 = z_2^2 + z_3^2,$$

$$z_5 = 1/z_2,$$

$$z_6 = \sqrt{z_3},$$

$$z_7 = e^{z_2},$$

$$z_8 = e^{z_2} + e^{z_2^*}.$$



Hinweis: Diese Aufgabe bezieht sich auf den Theorieteil von **Kapitel 1.3**. Die Thematik wird auch im folgenden Lernvideo behandelt:

Rechnen mit komplexen Zahlen (Dauer 11:52)

Fragebogen zu "A1.3: Rechnen mit komplexen Zahlen"

a) Welche der folgenden Aussagen sind zutreffend?

$2 \cdot z_1 + z_2 = 0.$

$z_1^* \cdot z_2 + 2 = 0.$

$(z_1/z_2) \cdot z_3$ ist rein reell.

b) Welchen Wert besitzt die Zufallsgröße $z_4 = z_2^2 + z_3^2 = x_4 + j \cdot y_4$?

$x_4 =$

$y_4 =$

c) Berechnen Sie die komplexe Größe $z_5 = 1/z_2 = x_5 + j \cdot y_5$.

$x_5 =$

$y_5 =$

d) z_6 hat als Quadratwurzel von z_3 zwei Lösungen; beide mit dem Betrag $|z_6| = 1$.
Geben Sie die beiden möglichen Phasenwinkel von z_6 an.

ϕ_6 (zwischen 0° und 180°) = Grad

ϕ_6 (zwischen -180° und 0°) = Grad

e) Berechnen Sie $z_7 = \exp(z_2) = x_7 + j \cdot y_7$.

$x_7 =$

$y_7 =$

f) Geben Sie die komplexe Größe $z_8 = \exp(z_2) + \exp(z_2^*) = x_8 + j \cdot y_8$ an.

$x_8 =$

$y_8 =$

Z1.3: Nochmals komplexe Zahlen

Ausgegangen wird von drei komplexen Zahlen, die rechts in der komplexen Ebene dargestellt sind:

$$z_1 = 4 + 3j,$$

$$z_2 = -2,$$

$$z_3 = 6j.$$

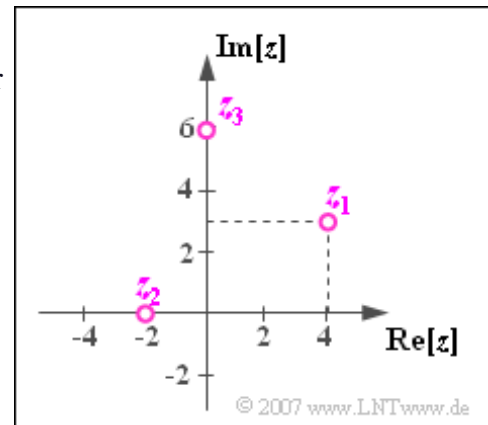
Im Rahmen dieser Aufgabe sollen berechnet werden:

$$z_4 = z_1 \cdot z_1^*,$$

$$z_5 = z_1 + 2 \cdot z_2 - \frac{z_3}{2},$$

$$z_6 = z_1 \cdot z_2,$$

$$z_7 = \frac{z_3}{z_1}.$$



Hinweis: Diese Aufgabe bezieht sich auf den Theorieteil von **Kapitel 1.3**. Die Thematik wird auch im folgenden Lernvideo behandelt:

Rechnen mit komplexen Zahlen (Dauer 11:52)

Geben Sie Phasenwerte stets im Bereich $-180^\circ < \phi \leq +180^\circ$ ein.

Fragebogen zu "Z1.3: Nochmals komplexe Zahlen"

a) Geben Sie z_1 nach Betrag und Phase an.

$$|z_1| =$$

$$\phi_1 = \text{Grad}$$

b) Wie lautet $z_4 = z_1 \cdot z_1^* = x_4 + j \cdot y_4$?

$$x_4 =$$

$$y_4 =$$

c) Berechnen Sie $z_5 = x_5 + j \cdot y_5$ entsprechend der Angabenseite.

$$x_5 =$$

$$y_5 =$$

d) Geben Sie $z_6 = z_1 \cdot z_2$ nach Betrag und Phase (im Bereich $\pm 180^\circ$) an.

$$|z_6| =$$

$$\phi_6 = \text{Grad}$$

e) Welchen Phasenwert besitzt die rein imaginäre Zahl z_3 ?

$$\phi_3 = \text{Grad}$$

f) Berechnen Sie $z_7 = z_3/z_1$ nach Betrag und Phase (im Bereich $\pm 180^\circ$).

$$|z_7| =$$

$$\phi_7 = \text{Grad}$$