
Studiengang: Bachelor Informations- und Elektrotechnik
Studiengang: Bachelor Schiffselektrotechnik

Informationsübertragung (Test) – SS 2020

Name:

Matrikel-Nummer:

Bitte alle Lösungen auf dem Aufgabenblatt eintragen!

1. Aufgabe (Matlab)

3 Punkte

Gegeben sind die zufälligen Signale $n_1(t)$ und $n_2(t)$.

Bestimmen Sie den Mittelwert und die Varianz der Signale $n_1(t)$ und $n_2(t)$.

Signal	Mittelwert	Varianz
$n_1(t)$
$n_2(t)$

2. Aufgabe (Matlab)

3 Punkte

Gegeben sind die aufgezeichneten Basisbandsignale $u_s(t)$ (entsprechend nebenstehender Darstellung) bei zweistufiger, bipolarer Übertragung (Abb. 1).

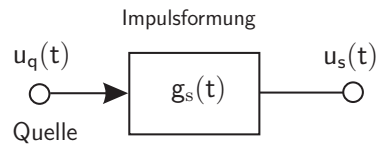


Abbildung 1: Basisband-Sendereinheit

Bestimmen Sie die Bandbreite und die Datenübertragungsgeschwindigkeit für die aufgezeichneten Basisbandsignale!

Lösung:

	Datenrate (geschätzt)	Bandbreite (6dB, geschätzt)
File 1
File 2

Geben Sie die für eine Übertragung von 1000 Symbolen/s benötigte Bandbreite näherungsweise an!

3. Aufgabe (Matlab)

4 Punkte

Unter Verwendung des Simulationsprogramms MATLAB/Simulink ist eine Basisband-übertragungsstrecke aufzubauen und zu analysieren (Abb. 2).

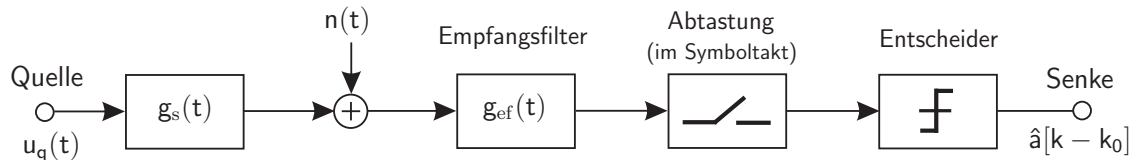


Abbildung 2: Resultierendes Basisbandübertragungssystem

Sende- und Empfangsfilter sind als Wurzel-Kosinus-Roll-Off Filter mit einem Roll-Off Faktor von $r = 0.5$ auszulegen. Als Modulationsformat wird eine zweistufige, bipolare Übertragung (d. h. $s = 2$) gewählt. Die Datenübertragungsgeschwindigkeit beträgt 5000 bit/s.

Aufgaben:

- a) Bestimmen Sie die Bandbreite des Sendesignals!

Lösung:

$$B = \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots$$

- b) Bestimmen Sie die halbe vertikale Augenöffnung!

Lösung:

$$U_A = \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots$$

- c) Bestimmen Sie die am Entscheidereingang anliegende Rauschleistung bei vorgegebenem eingangsseitigen Signal-Rausch-Verhältnis (z. B. $10 \log_{10}(E_s/\Psi_0) = 10$ dB).

Lösung:

$$P_R = \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots$$

3. Aufgabe (Matlab)

Lösung

- d) Bestimmen Sie bei vorgegebenem eingangsseitigen Signal-Rausch-Verhältnis (z. B. $10 \log_{10}(E_s/\Psi_0) = 10 \text{ dB}$) das Detektionssignal-Störleistungsverhältnis $\rho = (U_A)^2/P_R$ und die Bitfehlerrate bei zweistufiger, bipolarer Übertragung im AWGN-Kanal.

Lösung:

$$\rho = \frac{(U_A)^2}{P_R} = \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots$$

$$\text{BER} = \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots$$

4. Aufgabe (Matlab)

5 Punkte

In Ergänzung zur Aufgabe 3 wird als Empfangsfilter nun ein Filter mit der in der Abb. 3 angegebenen Impulsantwort eingesetzt.

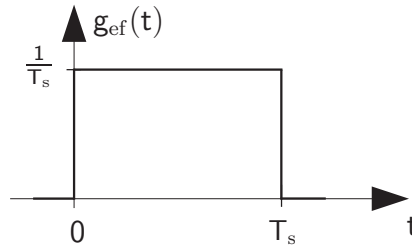


Abbildung 3: Kausale Impulsantwort des Empfangsfilters $g_{\text{ef}}(t)$

Aufgaben:

- a) Bestimmen Sie die Bandbreite des Sendesignals!

Lösung:

$$B = \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots$$

- b) Bestimmen Sie die halbe vertikale Augenöffnung!

Lösung:

$$U_A = \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots$$

- c) Bestimmen Sie die am Entscheidereingang anliegende Rauschleistung bei vorgegebenem eingangsseitigen Signal-Rausch-Verhältnis (z. B. $10 \log_{10}(E_s/\Psi_0) = 10 \text{ dB}$).

Lösung:

$$P_R = \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots$$

- d) Bestimmen Sie bei vorgegebenem eingangsseitigen Signal-Rausch-Verhältnis (z. B. $10 \log_{10}(E_s/\Psi_0) = 10 \text{ dB}$) das Detektionssignal-Störleistungsverhältnis $\rho = (U_A)^2/P_R$ und die Bitfehlerrate bei zweistufiger, bipolarer Übertragung im AWGN-Kanal.

Lösung:

$$\rho = \frac{(U_A)^2}{P_R} = \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots$$

$$\text{BER} = \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots$$

- e) **Erklären Sie die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den in der Aufgabe 3 und 4 ermittelten Werten!**

5. Aufgabe (Theorie)**2 Punkte**

Am Empfänger wird der in der Abb. 4 gezeigte Betrag der Kanal-Übertragungsfunktion des äquivalenten Tiefpass-Kanals gemessen.

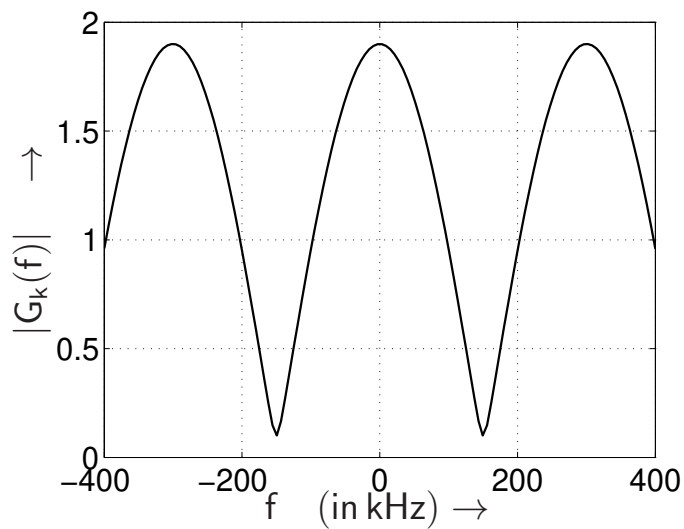


Abbildung 4: Äquivalente Kanalübertragungsfunktion

- Bestimmen Sie **näherungsweise** die Bandbreite des Sendesignals, damit am Empfänger nichtfrequenzselektive Kanalbedingungen vorliegen. Erläutern Sie (Skizze mit Begründung), ob in diesem Fall der Einsatz eines Entzerrers notwendig ist. Geben Sie **näherungsweise** die sich aus Ihrer Sicht ergebende Symbolrate an!

6. Aufgabe (Theorie)**2 Punkte**

Am Empfänger wird der in der Abb. 5 gezeigte Betrag der Kanal-Übertragungsfunktion des äquivalenten Tiefpass-Kanals gemessen.

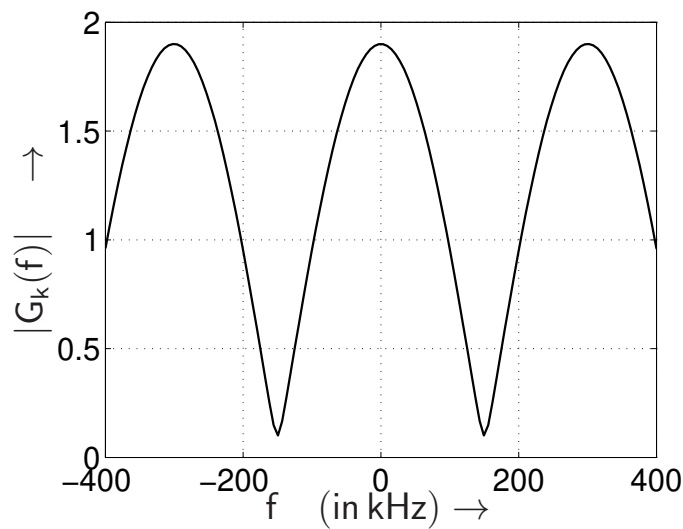


Abbildung 5: Äquivalente Kanalübertragungsfunktion

- Bestimmen Sie näherungsweise die Bandbreite des Sendesignals, damit am Empfänger frequenzselektive Kanalbedingungen vorliegen. Erläutern Sie (Skizze mit Begründung), ob in diesem Fall der Einsatz eines Entzerrers notwendig ist. Geben Sie näherungsweise die sich aus Ihrer Sicht ergebende Symbolrate an!

7. Aufgabe (Matlab)

5 Punkte

Unter Verwendung des Simulationsprogramms MATLAB/SIMULINK ist eine Basisband-übertragungsstrecke aufzubauen (Abb. 6).

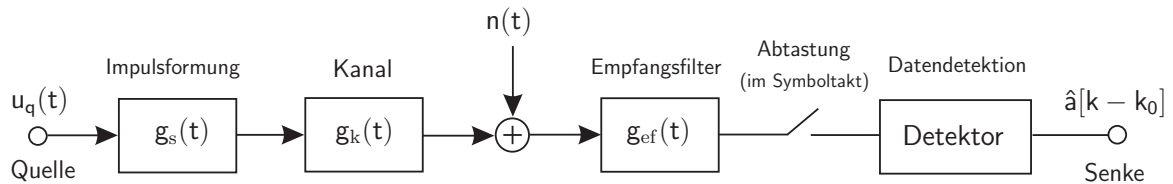


Abbildung 6: Basisbandübertragungssystem

Sende- und Empfangsfilter sind als Wurzel-Kosinus-Roll-Off Filter mit einem Roll-Off Faktor von $r = 0.5$ auszulegen. Als Modulationsformat wird eine zweistufige, bipolare Übertragung (d. h. $s = 2$) gewählt. Die Datenübertragungsgeschwindigkeit beträgt 5000 bit/s.

Der Übertragungskanal sei durch die Gewichtsfunktion

$$g_k(t) = \frac{1}{\sqrt{5}}\delta(t)$$

beschrieben.

Aufgaben:

Bestimmen Sie bei vorgegebenem eingangsseitigen Signal-Rausch-Verhältnis die am Entscheidungspunkt anliegende halbe vertikale Augenöffnung U_A und die Rauschleistung U_R^2 und vergleichen Sie diese mit den ermittelten Werten im AWGN-Kanal! Wählen zum Zwecke des Vergleiches ein geeignetes eingangsseitiges Signal-Rausch-Verhältnis (z. B. $10 \log_{10}(E_s/N_0) = 10$ dB)!

Für den Zusammenhang zwischen der Bitfehlerrate (BER) und dem Detektionssignal-Rauschverhältnis gilt bei zweistufiger Übertragung

$$P_b = \frac{1}{2} \cdot \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{\rho}{2}} \right) \quad (1)$$

mit dem Detektionssignal-Rauschverhältnis ρ in der Form

$$\rho = \frac{(\text{Halbe vertikale Augenöffnung})^2}{\text{Rauschleistung}} = \frac{(U_A)^2}{(U_R)^2} . \quad (2)$$

7. Aufgabe (Matlab)

Lösung:

Kenngröße	Wert (AWGN)	Wert
U_A (in V)		
U_R^2 (in V ²)		
$\rho = (U_A/U_R)^2$		
bit-error rate (BER)		

Handelt es sich bei dem angegebenen Kanal $g_k(t)$ um ein frequenzselektives oder um ein nichtfrequenzselektives Übertragungssystem? (1 Punkt)

8. Aufgabe (Matlab)

5 Punkte

Unter Verwendung des Simulationsprogramms MATLAB/SIMULINK ist eine zeitdispersive Basisbandübertragungsstrecke aufzubauen (Abb. 7).

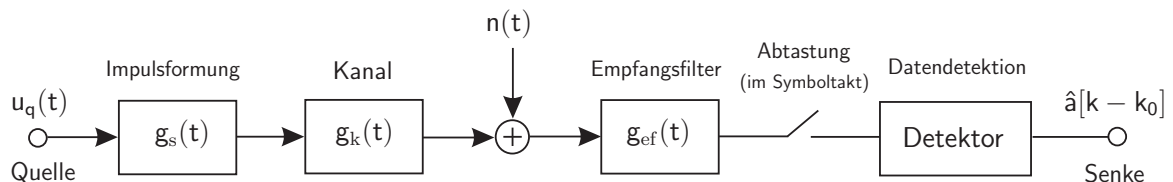


Abbildung 7: Zeitdispersives Basisbandübertragungssystem mit linearer Entzerrung

Sende- und Empfangsfilter sind als Wurzel-Kosinus-Roll-Off Filter mit einem Roll-Off Faktor von $r = 0.5$ auszulegen. Als Modulationsformat wird eine zweistufige, bipolare Übertragung (d.h. $s = 2$) gewählt. Die Datenübertragungsgeschwindigkeit beträgt 5000 bit/s.

Der zeitdispersive Funkkanal sei durch die Gewichtsfunktion

$$g_k(t) = \frac{1}{\sqrt{5}}\delta(t) + \frac{2}{\sqrt{5}}\delta(t - T_s)$$

beschrieben.

Aufgaben:

Für das gegebene Übertragungssystem ist ein Symboltakt-Entzerrer (T-Entzerrer) zu entwerfen.

Geben Sie den zu wählenden Vektor der Nyquistbedingung an !

Lösung:

$$z(k) = \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots$$

Geben Sie die ermittelten Koeffizienten des Entzerrers an!

Lösung:

$$f(k) = \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots$$

8. Aufgabe (Matlab)

Lösung:

Überprüfen Sie, ob das 1. Nyquist-Kriterium nach der Entzerrung eingehalten wird!

$$h(k) * f(k) = \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots$$

Bestimmen Sie die nachfolgend in der Tabelle angegebenen Werte zur Beschreibung der Qualität der Übertragung.

Kenngroße	Wert (ohne Entz.)	Wert (mit Entz.)
U_A (in V)		
U_R^2 (in V ²)		
$\rho = (U_A/U_R)^2$		
bit-error rate (BER)		

8. Aufgabe (Matlab)**Lösung:**

Schätzen Sie den zu erwartenden Verlauf für die Bitfehlerrate bei zweistufiger, bipolarer Übertragung und zeichnen sie diesen im Vergleich zur Übertragung im AWGN-Kanal in Abb. 8 ein.

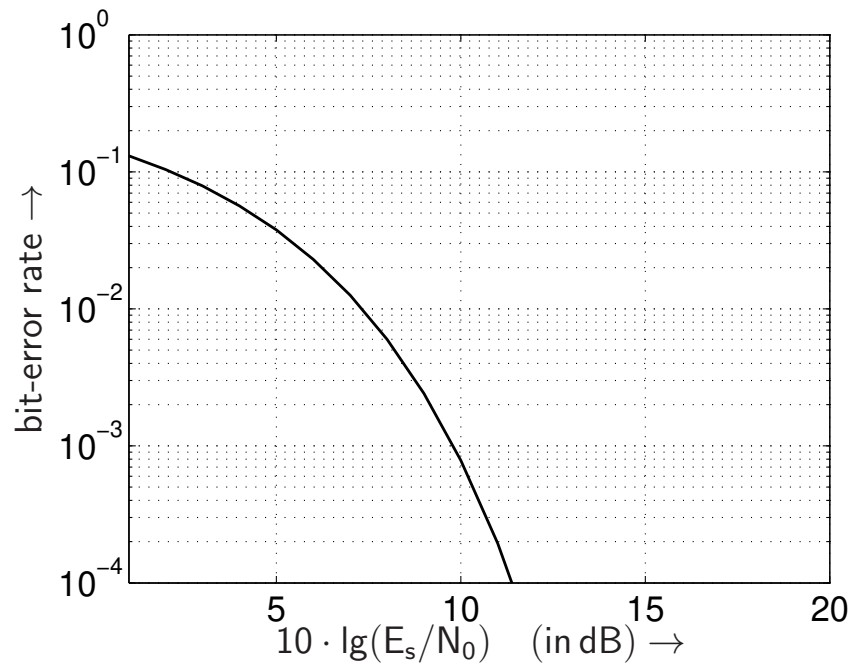


Abbildung 8: Bitfehlerwahrscheinlichkeit im AWGN-Kanal bei zweistufiger, bipolarer Übertragung

Handelt es sich bei dem angegebenen Kanal $g_k(t)$ um ein frequenzselektives oder um ein nichtfrequenzselektives Übertragungssystem? (1 Punkt)

9. Aufgabe (Matlab)**2 Punkte**

Gegeben ist das aufgezeichnete Empfangssignal $u_e(t)$ (ohne Rauscheinfluss, inkl. Sende- und Empfangsfilterung, entsprechend nebenstehender Darstellung) einer Basisbandübertragungsstrecke bei zweistufiger, bipolarer Übertragung (Abb. 9).

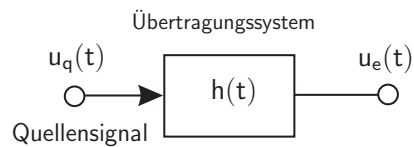


Abbildung 9: Empfangssignal $u_e(t)$ einer Basisbandübertragungsstrecke

Analysieren Sie die beiden gegebenen Augendiagramme und identifizieren Sie mögliche Störeinflüsse bzgl. des Übertragungskanal.

Lösung:

9. Aufgabe (Matlab)**Augendiagramm I****9. Aufgabe (Matlab)****Augendiagramm II**