

A2.7: AMI-Code

Die Grafik zeigt das Blockschaltbild zur AMI-Codierung, wobei von den binären bipolaren Amplitudenkoeffizienten $q_v \in \{-1, +1\}$ am Eingang ausgegangen wird. Diese Umcodierung erfolgt zweistufig:

- Im ersten Teil des Blockschaltbildes wird bei jedem Taktschritt ein binär-vorcodiertes Symbol b_v aus der Modulo-2-Addition von q_v und b_{v-1} erzeugt. Es gilt $b_v \in \{-1, +1\}$.
- Danach wird durch eine herkömmliche Subtraktion der aktuelle Amplitudenkoeffizient des ternären Sendesignals $s(t)$ bestimmt. Dabei gilt:

$$a_v = \frac{1}{2} \cdot [b_v - b_{v-1}] .$$

Aufgrund der AMI-Codierung wird sichergestellt, dass keine langen „+1“- bzw. „-1“-Sequenzen entstehen. Um auch lange Nullfolgen zu vermeiden, wurden auch modifizierte AMI-Codes entwickelt:

- Beim HDB3-Code werden je vier aufeinanderfolgende Nullen durch eine gezielte Verletzung der AMI-Codierregel markiert.
- Beim B6ZS-Code werden sechs aufeinanderfolgende Nullen durch eine gezielte Verletzung der AMI-Codierregel markiert.

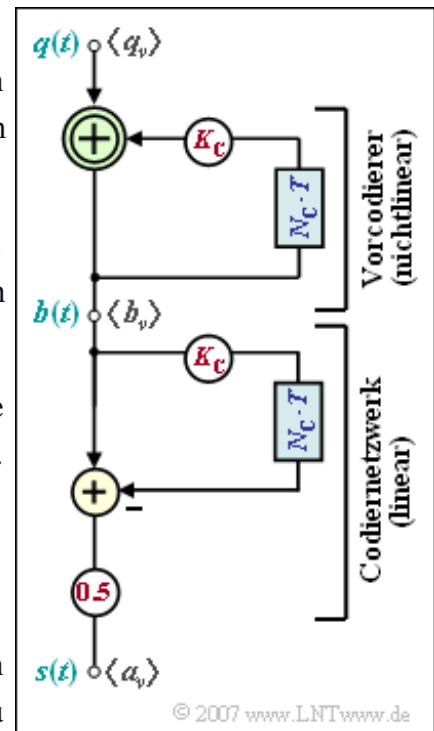
Das Leistungsdichtespektrum $\Phi_a(f)$ der Amplitudenkoeffizienten soll aus den diskreten AKF-Werten

$\varphi_a(\lambda) = E[a_v \cdot a_{v+\lambda}]$ ermittelt werden. Die Fouriertransformation lautet in dieser diskreten Darstellung:

$$\Phi_a(f) = \sum_{\lambda=-\infty}^{+\infty} \varphi_a(\lambda) \cdot e^{-j2\pi f \lambda T} .$$

Hinweis: Die Aufgabe bezieht sich auf das **Kapitel 2.4**. Sie können Ihre Ergebnisse mit folgendem Interaktionsmodul überprüfen:

Signale, AKF und LDS der Pseudoternär codes (Dateigröße: 761 kB)



Fragebogen zu "A2.7: AMI-Code"

- a) Die Eingangsfolge sei $\langle q_v \rangle = \langle +1, -1, +1, +1, -1, +1, +1, -1, -1, -1, -1, +1 \rangle$.
Ermitteln Sie die binär-vorcodierte Folge $\langle b_v \rangle$ mit der Vorbelegung $b_0 = -1$.
Geben Sie zur Kontrolle folgende Werte ein:

$$b_1 =$$

$$b_{11} =$$

$$b_{12} =$$

- b) Ermitteln Sie die Folge $\langle a_v \rangle$ der Amplitudenkoeffizienten des AMI-codierten Sendesignals $s(t)$. Geben Sie zur Ergebnisüberprüfung folgende Werte ein:

$$a_1 =$$

$$a_{11} =$$

$$a_{12} =$$

- c) Würde sich ein HDB3- bzw. ein B6ZS-Signal im betrachteten Bereich ($12T$) vom AMI-Code unterscheiden?

Der HDB3-Code unterscheidet sich vom AMI-Code.

Der B6ZS-Code unterscheidet sich vom AMI-Code.

- d) Wie groß sind die drei Auftretswahrscheinlichkeiten beim AMI-Code?

$$\Pr(a_v = +1) =$$

$$\Pr(a_v = 0) =$$

$$\Pr(a_v = -1) =$$

- e) Berechnen Sie die beiden ersten Mittelwerte der Amplitudenkoeffizienten.

$$E[a_v] =$$

$$E[a_v^2] =$$

- f) Berechnen Sie die diskrete AKF $\varphi_a(\lambda)$, insbesondere die AKF-Werte

$$\varphi_a(\lambda = 0) =$$

$$\varphi_a(\lambda = 1) =$$

$$\varphi_a(\lambda = 2) =$$

- g) Wie lautet das LDS $\Phi_a(f)$? Welche Werte ergeben für $f = 0$ und $f = 1/(2T)$?

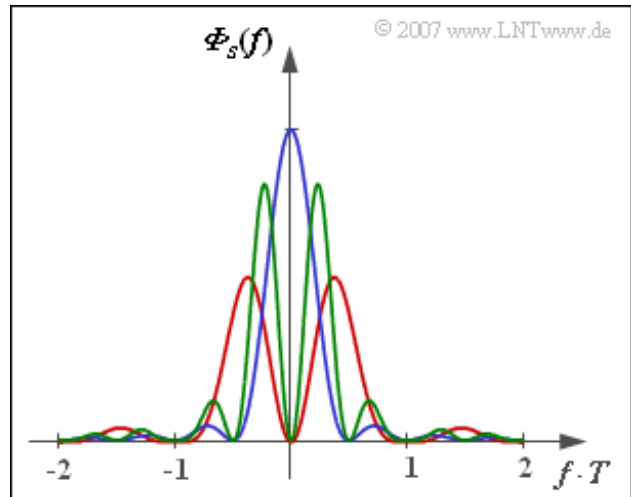
$$\Phi_a(f=0) =$$

$$\Phi_a(f=1/(2T)) =$$

Z2.7: Pseudoternär codes – LDS

In der Grafik sehen Sie die Leistungsdichtespektren von drei verschiedenen Pseudoternär codes, die sich aus der allgemeinen Beschreibung gemäß **Aufgabe A2.7** durch unterschiedliche Werte der Parameter N_C und K_C ergeben. In verschiedenen Farben sind die Leistungsdichtespektren

$$\Phi_s(f) = \frac{s_0^2 \cdot T}{2} \cdot \text{si}^2(\pi f T) \cdot [1 - K_C \cdot \cos(2\pi f N_C T)]$$



für folgende Varianten dargestellt:

- AMI-Code ($N_C = 1, K_C = +1$),
- Duobinär code ($N_C = 1, K_C = -1$),
- Bipolarcode zweiter Ordnung ($N_C = 2, K_C = +1$).

Bei obiger LDS-Gleichung ist die Verwendung von rechteckförmigen NRZ-Sendegrundimpulsen vorausgesetzt. Alle hier betrachteten Pseudoternär codes besitzen dieselbe Wahrscheinlichkeitsverteilung:

$$\Pr[s(t) = 0] = \frac{1}{2}, \quad \Pr[s(t) = +s_0] = \Pr[s(t) = -s_0] = \frac{1}{4}.$$

Hinweis: Die Aufgabe gehört zum **Kapitel 2.4**. Sie können Ihre Ergebnisse mit folgendem Interaktionsmodul überprüfen:

Signale, AKF und LDS der Pseudoternär codes (Dateigröße: 761 kB)

Fragebogen zu "Z2.7: Pseudoternär codes – LDS"

a) Welcher Kurvenzug gehört zum AMI-Code?

- rot,
- blau,
- grün.

b) Welcher Kurvenzug gehört zum Duobinär code?

- rot,
- blau,
- grün.

c) Welcher Kurvenzug gehört zum Bipolarcode zweiter Ordnung?

- rot,
- blau,
- grün.

d) Welcher Code besitzt die größte Sendeleistung?

- AMI-Code.
- Duobinär code.
- Bipolarcode 2. Ordnung.
- Die Sendeleistung ist bei allen Codes gleich.

e) Welcher dieser Codes ist gleichsignalfrei?

- AMI-Code.
- Duobinär code.
- Bipolarcode 2. Ordnung.

f) Warum benötigt man beim „Telefonkanal“ gleichsignalfreie Codes?

- Zur Verbindung von Leitungen unterschiedlicher Impedanz benötigt man Übertrager, die eine Hochpasscharakteristik bewirken.
- Da die Stromversorgung oft über die Signalleitung erfolgt, darf das zu übertragende Nachrichtensignal keinen Gleichanteil beinhalten.

A2.8: Vergleich Binär - AMI - 4B3T

In der Grafik sind drei Augendiagramme (ohne Rauschen) dargestellt, wobei jeweils ein rechteckförmiger NRZ-Sendegrundimpuls und für das Gesamtsystem eine Cosinus-Rolloff-Charakteristik mit Rolloff-Faktor $r = 0.8$ zugrunde liegen. Für die einzelnen Augendiagramme ist weiterhin vorausgesetzt (von oben nach unten):

- der redundanzfreie Binär code,
- der AMI-Code (ca. 37% Redundanz),
- der 4B3T-Code (ca. 16% Redundanz).

Weiter kann von folgenden Voraussetzungen ausgegangen werden:

- Es liegt AWGN-Rauschen vor, wobei gilt:

$$10 \cdot \lg \frac{s_0^2 \cdot T}{N_0} = 10 \text{ dB}.$$

- Die Detektionsstörleistung hat beim Binärsystem folgenden Wert (wegen des nicht optimalen Empfangsfilters 12%-Aufschlag):

$$\sigma_d^2 = 1.12 \cdot \frac{N_0}{2T}.$$

- Die Symbolfehlerwahrscheinlichkeit des Binärsystems lautet:

$$p_s = Q \left(\frac{s_0}{\sigma_d} \right).$$

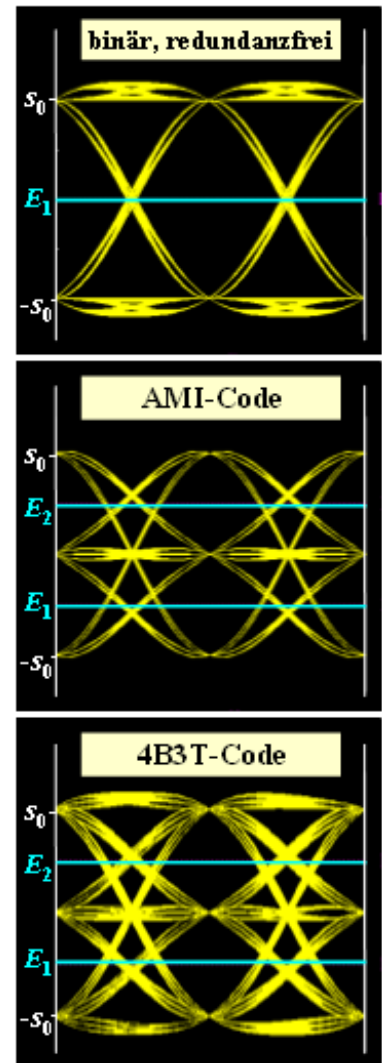
- Dagegen gilt für die beiden redundanten Ternärsysteme:

$$p_s = \frac{4}{3} \cdot Q \left(\frac{s_0/2}{\sigma_d} \right).$$

- Zu berücksichtigen ist dabei, dass sich der Rauscheffektivwert σ_d gegenüber dem redundanzfreien Binärsystem durchaus verändern kann.

Hinweis: Die Aufgabe bezieht sich auf das **Kapitel 2.3** und das **Kapitel 2.4** des vorliegenden Buches. Zur numerischen Auswertung der Q-Funktion können Sie das folgende Interaktionsmodul verwenden:

Komplementäre Gaußsche Fehlerfunktionen (Dateigröße 235 kB)



© 2007 www.LNTwww.de

Fragebogen zu "A2.8: Vergleich Binär - AMI - 4B3T"

a) Berechnen Sie den (normierten) Rauscheffektivwert für das Binärsystem.

$$\text{binär: } \sigma_d/s_0 =$$

b) Wie groß ist die Fehlerwahrscheinlichkeit des Binärsystems?

$$\text{binär: } p_S =$$

c) Wie groß ist der Rauscheffektivwert beim System mit AMI-Codierung?

$$\text{AMI : } \sigma_d/s_0 =$$

d) Welche Auswirkungen hat dies auf die Fehlerwahrscheinlichkeit?

$$\text{AMI : } p_S =$$

e) Welcher Rauscheffektivwert ergibt sich bei Verwendung des 4B3T-Codes?

$$\text{4B3T : } \sigma_d/s_0 =$$

f) Zu welcher Fehlerwahrscheinlichkeit führt demnach der 4B3T-Code?

$$\text{4B3T : } p_S =$$