Aufgabe B1: Kurzwellensender (15 Punkte)

Ein Kurzwellensender verbreitet Rundfunkprogramme im 49 m Band (5900 bis 6200 kHz). Das Signal mit 5 kHz Bandbreite wird mit einem Träger von 6000 kHz moduliert, der Modulationsindex beträgt m = 0,8.

Frage 1.1 (3 Punkte): Skizzieren Sie das Spektrum des modulierten Signals.

Lösung: siehe Skript. Träger bei 6 MHz mit Seitenbändern von +- 5 kHz.

Frage 1.2 (4 Punkte): Als Testsignal wird ein einzelner Ton der Frequenz 1 kHz ausgestrahlt. Ver-gleichen Sie die Amplitude der Spektrallinie des Tons aus einem Seitenband mit der Amplitude des Trägers. Wie verhält sich die Leistung des Nutzsignals zur Leistung des Trägers?

Lösung: siehe Skript. Amplituden der Spektrallinie im Seitenband: m/2, wobei 0<m<1. Die Leistung entspricht dem Quadrat des Signalpegels, somit m2/4.

Frage 1.3 (4 Punkte): Synchrone Demodulation. Im Empfänger wird das Signal erneut mit der Trägerfrequenz multipliziert. Skizzieren Sie das resultierende Spektrum. Hinweis: Verwenden Sie das Testsignal der Frequenz 1 kHz. Hinweis: Es gilt cos α \* cos β = 1/2 (cos (α - β) + cos (α + β).

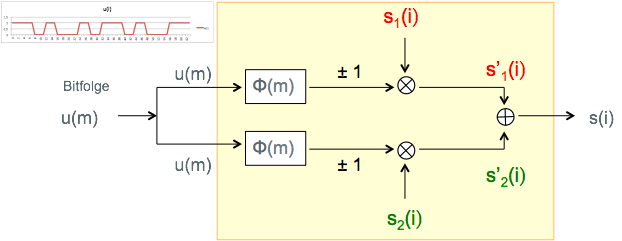
Lösung: siehe Skript. Erneute Modulation bedeutet Verschiebung um die positive, sowie nega-tive Trägerfrequenz. Durch die Verschiebung nach unten entsteht wiederum ein Signal im Basisband. Die hochfrequenten Anteile bei der doppelten Trägerfrequenz stören.

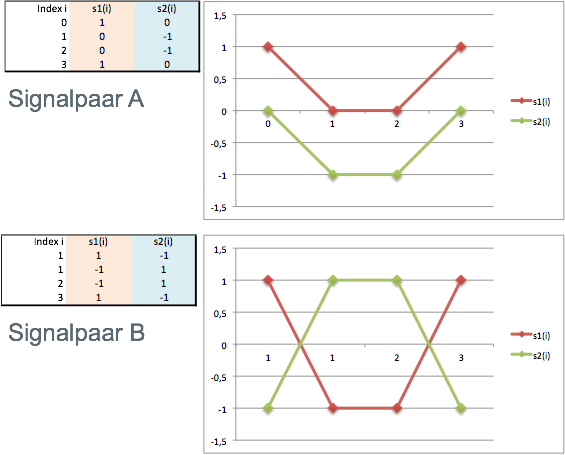
Frage 1.4 (4 Punkte): Zusätzlicher Kanal im synchronen Demodulator. Der Empfänger sei so aufgebaut, dass der Träger phasenrichtig rekonstruiert und dann zur Demodulation verwendet wird. Liesse sich dann im Sinne einer Quadratur-Amplitudenmodulation ein weiteres Nutzsignal im Spektrum des Senders unterbringen? Wie müsste man hierzu vorgehen?

Lösung: siehe Skript. Es lässt sich ein weiteres Signal unterbekommen und somit die Übertra-gungskapazität verdoppeln. Man verwendet hierzu einen zum ursprünglichen Signal orthogonalen Träger.

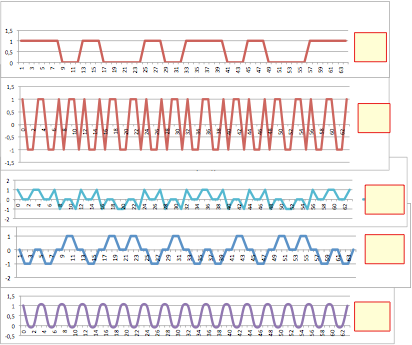
Aufgabe B2: Quadratur-PSK (QPSK, 20 Punkte)

Ein QPSK-Sender ist wie in der folgenden Abbildung gezeigt aufgebaut. Das Eingangssignal u(m) wird hierbei auf beide Signalzweige gegeben. In den Blöcken Φ(m) bewirkt der Signalwert u(m) = 0 ein Kippen der Phase um jeweils 180 Grad, d.h. einen Vorzeichenwechsel der Signale s1 bzw. s2.



Frage 2.1 (4 Punkte): Für die beiden Träger s1 und s2 soll eines der folgenden Signalpaare verwendet werden. Die Signale werden hierbei mit einer Periode von 4 Stützstellen zyklisch wiederholt. Sind die Signale des Signalpaars A bzw. B orthogonal? Wird das Verfahren hiermit funktio-nieren? Begründen Sie Ihre Antwort.

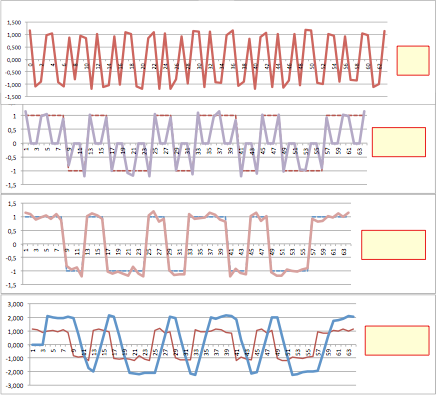
Lösung: siehe Skript. Orthogonal: ∑ s1(i) \* s2(i) = 0 für alle i = 0, ..., N. Dies ist nur für das Signalpaar A der Fall.

Frage 2.2 (6 Punkte): Ordnen Sie folgende Signale dem Blockschaltbild des Senders zu. Hinweis: Beschriften Sie hierzu am einfachsten die Felder in der Abbildung.

Lösung: u1(Bitfolge), s(i) (Kanal), s’1 (Inphase), s’2 (Quadratur), s1(i) (Träger 1)

Frage 2.3 (4 Punkte): Skizzieren Sie ein Blockschaltbild des Empfängers. Beschreiben Sie den Aufbau und das Empfangsprinzip. Macht es in diesem speziellen Fall Sinn, die Signale im Inphase-Zweig und im Quadratur-Zweig zu addieren? Hinweis: Verwenden Sie bitte ein separates Blatt hierzu.

Lösung: siehe Skript.

Frage 2.4 (6 Punkte): Im Empfänger finden sich folgende Signale. Wie erklärt sich der Unterschied des empfangenen modulierten Signals sem(i) zum modulierten Signal s(i) am Sender? Ordnen Sie folgende Signale dem Blockschaltbild Ihres Empfängers zu. Hinweis: Beschriften Sie hierzu am einfachsten die Felder in der Abbildung passend zu Ihrem Blockschaltbild.

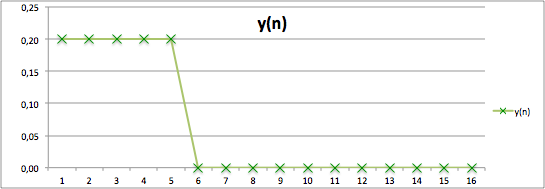
Lösung: (1) Rauschen im Kanal.

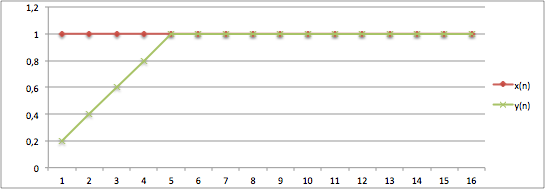
(2) Zuordnung: (a) sem(i) (Signal im Kanal mit Rauschen), (b) sem(i)\*s1(i) vor dem Tiefpass-Filter, (c) Addition beider Signalzweige sem(i)\*(s1(i) + s2(i). Letztere reduziert das Rauschen deutlich. Hier wurde auf beiden Signalzweigen das gleiche Signal übertragen. (d) sem(i)\*(s1(i) + s2(i) nach Tiefpassfilterung (kein wesentlicher Effekt).

Aufgabe B3: Signalverarbeitung (15 Punkte)

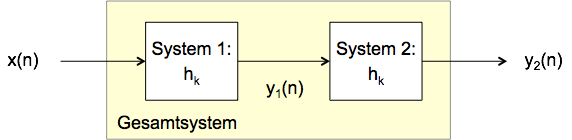
Ein System hat die in der Abbildung unter Frage 3.1 gezeigte Impulsantwort.

Frage 3.1 (3 Punkte): Skizzieren Sie den Verlauf der Sprungantwort. Begründen Sie Ihre Antwort mit Hilfe der Faltungssumme. Hinweis: Die Impulsantwort hat 5 Stützstellen, siehe Markierungen.



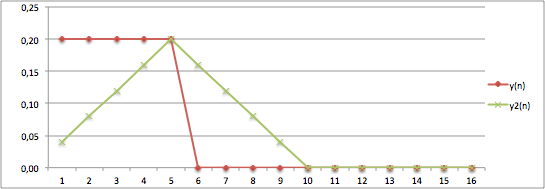
Lösung:

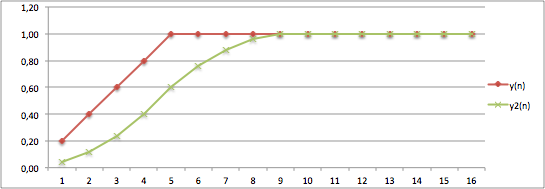
Frage 3.2 (6 Punkte): Zwei der in Frage 3.1 genannten Systeme werden hintereinander geschaltet. Skizzieren Sie (1) die Impulsantwort am Ausgang des gesamten Systems, (2) die Sprungantwort am Ausgang des gesamten Systems.



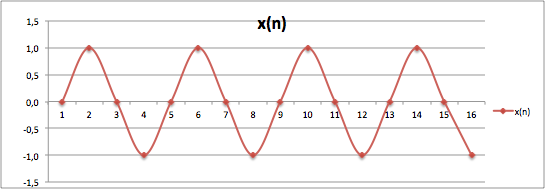
Lösung:

Impulsantwort

Sprungantwort:



Frage 3.3 (4 Punkte): An den Eingang des Systems wird folgende Signal gegeben. Skizzieren Sie qualitativ den Einschwingvorgang des Gesamtsystems. Welches Signal erscheint am Ausgang des Gesamtsystems im eingeschwungenen Zustand?



Lösung: Das Eingangssignal hat eine Periode von 4 Stützstellen. Die Impulsantwort des Systems mittelt jeweils 5 Stützstellen. Daher geht das Signal nach einem Einschwingvorgang fast vollständig verloren. Siehe auch folgende Abbildung.

