

TU Berlin Fakultät IV  
Institut für Telekommunikationssysteme  
Fachgebiet Nachrichtenübertragung  
Praktikum Nachrichtenübertragung

# **Praktikum 06**

## **Digitale Übertragungstechnik: Digitale Empfänger**

Özgü Dogan (326 048)  
Boris Henckell (325 779)

6. Juli 2012

Gruppe: D03

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Motivation</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Theorie</b>	<b>1</b>
<b>4</b>	<b>Vorbereitungsaufgabe</b>	<b>1</b>
<b>5</b>	<b>Labordurchführung</b>	<b>2</b>
5.1	Aufgabe 2.1 - Aufbau des Versuches . . . . .	2
5.2	Aufgabe 2.2 - Bitfehlermessung . . . . .	3
<b>6</b>	<b>Auswertung</b>	<b>4</b>
6.1	Vorbereitungsaufgabe . . . . .	4
6.2	Aufgabe 2.1 - Aufbau des Versuches . . . . .	4
6.3	Aufgabe 2.2 - Bitfehlermessung . . . . .	4
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>4</b>

### 1 Einleitung

TODO:

Einleitung schreiben

### 2 Motivation

### 3 Theorie

### 4 Vorbereitungsaufgabe

Zunächst sollten wir uns als Vorbereitung für den Praktikumstermin mit dem Inhalt des Kapitels zu optimalen Empfängerstrukturen aus dem Skript vertraut machen und nachvollziehen können.

Als nächstes sollte mit Hilfe einer Matlab Datei bipolare Sendeimpulse für eine bipolare Übertragung definiert werden. Diese Sendeimpulse sollten als Vektoren SF0 und SF1 mit  $-1$  und  $1$  ein Kreuzkorrelationsergebnis von  $\rho = 0, -\frac{1}{3}$  oder  $-1$  liefern, wobei die Vektoren für  $\rho = -1$  und  $\rho = -\frac{1}{3}$  drei Werte und für  $\rho = 0$  vier Werte besitzen müssen.

Als Kontrolle dafür, sollte in der Matlab-Datei tatsächlich die Kreuzkorrelation durchgeführt und das Ergebnis untersucht werden. Außerdem wird die Bitenergie  $E_B$  der Sendeimpulse berechnet, wobei die Vektoren als zeitkontinuierliche Spannungsverläufe der Dauer  $T_B$  angenommen wird, bei denen Die Spannungsamplituden nur  $+1 V$  oder  $-1 V$  betragen können. Es sollte beachtet werden, dass  $T_{SF} = 20\mu s$  konstant bleiben und sich somit das  $T_B$  mit  $T_B = 2 \cdot N \cdot T_{SF}$  mit  $N$  Werten in SF0 bzw. SF1 berechnen lässt. Als Bedingung sollte noch gelten, dass die Bitenergien für SF0 und SF1 als Paar für ein  $\rho$  gleich sein sollten.

Als Vorbereitung für den praktischen Teil des Versuchs, sollte eine Funktion SAF implementiert werden, welche einen SAF-Empfänger in Matlab realisieren soll. Der Input besteht aus DataSamples, ClkSamples und SFSamples, welche gegeben sind. der Output dagegen soll dabei der Vektor Values sein, in der die Werte nach dem signalangepasstem Filter eingetragen sein sollen.

TODO:

Boris: kannst du hier noch genauer erklären wie die Funktion funzt?

Nach der Implementierung der SAF-Funktion sollten wir uns mit dem Versuchsaufbau und der Durchführung vertraut machen und ein Blockschaltbild dazu entwerfen. Die genaue Vorgehensweise ist in dem Abschnitt Durchführung detailliert erläutert. Hier ist das entworfene Blockschaltbild zu dem Versuch:

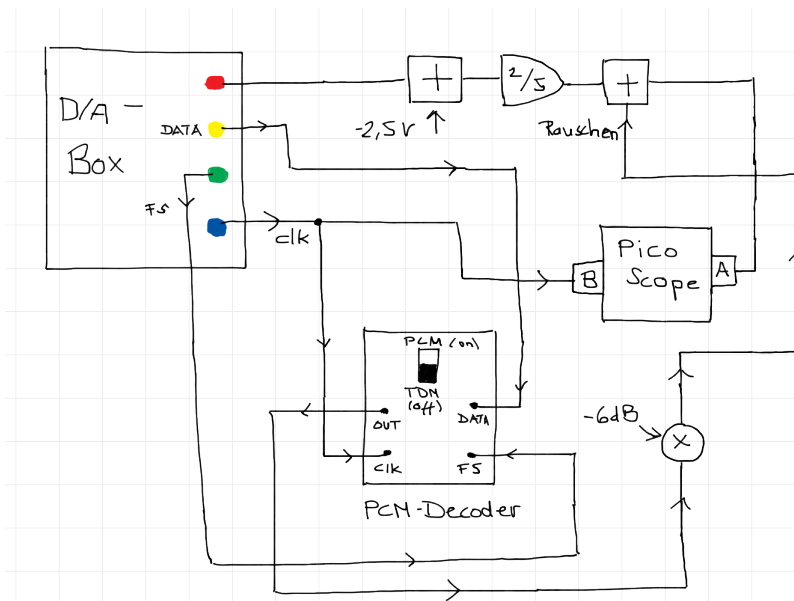


Abbildung 1: Blockschaltbild des Versuchsaufbau

Um die implementierte Funktion SAF zu überprüfen, führten wir mithilfe der vorgegebenen `ENue.SAF.Messumgebung.m` durch, welche das Hauptprogramm der Messung darstellt. Mit dem Parameter `Simulation` (für die Vorbereitung bleibt dieser bei 1) kann man entscheiden, ob die Ausgabe und Einstellungen des Steckbretts simuliert werden, oder ob die Daten über die D/A-Box ausgegeben und per PicoScope eingelesen werden. Mit dem Parameter `SAF` kann man einstellen, ob mit dem `DataSignal` eine Sendeformung und dem Empfangssignal eine signalangepasste Filterung durchgeführt wird. Weiterhin sollten wir für die Vorbereitung die Kanal- und Filtereinstellungen nicht verändern, wohingegen der `NoiseFaktor`, welcher den Faktor des Rauschens einstellt, variiert werden durfte um die Leistung AWGN (additive white Gaussain noise) des Kanals zu beeinflussen.

Mit der Funktion `Channel` führt man die Übertragung entweder als `Simulation` oder auf dem ETT aus, wobei die Einstellungen der `Simulation` denen des wirklichen Aufbaus entsprechen. Es wird ein Rückgabewektor `Y` ausgegeben, welcher die Werte nach der Abtastung des Kanals enthält. Wenn `SAF` deaktiviert ist, wird eine einfache Nachabtastung mit einem Schwellwert von  $0V$  durchgeführt.

Außerdem entspricht der Rückgabewert `Noise` einer Rauschmessung des Kanals, wozu eine 0-Bit-Folge gesendet und das Empfangssignal ohne `SAF` oder Nachabtastung als `PuciScope-Sample-Signal` zurückgegeben wird. Dieses Signal enthält ungefähr 10000 Samples.

Zuletzt sollte beantwortet werden, wie der Multiplikationsfaktor für das Rauschen variiert werden müsste, damit die Wasserfallkurve ausreichend ermittelt werden kann. Im Versuch beträgt das Rauschen dabei  $-6dB$ .

## 5 Labordurchführung

### 5.1 Aufgabe 2.1 - Aufbau des Versuches

Die erste Aufgabe des Praktikums beschäftigt sich fast ausschließlich mit dem Aufbau des Versuches, um den Signalverlauf mit der Matlab Funktion `ParallelOUT([0101010],100)` zu untersuchen. Dazu wird die D/A-Box, welcher an den Computer angeschlossen und somit über die Matlab Dateien steuerbar ist,

als Quelle für jegliche verwendete Signale verwendet. Die D/A-Box besitzt vier Ausgänge, die mit unterschiedlichen Farben gekennzeichnet sind. Der rote Ausgang gibt das DataSignal aus. Dieser kann eine Amplitude von  $0V$  oder  $5V$  besitzen. Um ihn auf den von uns erwünschte Spannungsbereich von  $\pm 1V$  zu bringen, wird dieses Signal zunächst mit einer Gleichspannung von  $-2.5V$  aus der variablen Spannungsquelle des Steckbretts addiert und danach mit einem Faktor von  $\frac{2}{5}$  gedämpft. Damit erreichen wir den nötigen Spannungsbereich, welcher auf dem A Kanal des PicoScopes kontrolliert wird.

Der blaue Ausgang der D/A-Box gibt das Clock-Signal wieder. Dieser wird auf den B Kanal des PicoScope geführt und ebenfalls kontrolliert.

Als nächstes wird der PCM Decoder mit der D/A-Box verbunden, indem das Clock-Signal auch auf den Clock-Eingang des Decoder geführt wird. Weiterhin wird das Signal aus dem grünen Ausgang der Box, welcher das Frame-Signal (FS) wiedergibt, mit dem FS-Eingang des Decoders und die PCM-codierten Datenworte, die aus dem gelben Ausgang der Box entnommen werden können, mit dem PCM Data-Eingang des Decoders kontaktiert. Wichtig ist auch, dass der Schalter auf dem Decoder Modul auf PCM geschaltet ist und nicht auf TDM.

Somit ist der PCM Decoder mit allen Signalen beliefert, die er zum decodieren braucht. Daher kann man nun das Output Signal verwenden, welcher eine Spannung des Faktors wiedergibt, die für die Verstärkung oder Dämpfung des Rauschens dient. Diese Spannung wird an einem Multiplikator mit dem  $-6dB$  Rauschen multipliziert und an dem Addierer mit Multiplikatoren mit dem DataSignal, welcher bereits auf den korrekten Spannungsbereich eingestellt wurde, addiert. Das Ergebniss dieser Addition wird weiterhin auf den A Kanal des PicoScopes geführt und ausgewertet.

Zuletzt wird das verrauschte Signal überprüft, indem mit der Funktion `PCM_Decod(192)` ein Verstärkungsfaktor für das Rauschen gesetzt wird. Das verrauschte Signal wird mithilfe der PicoScope-Software und der Matlab-Funktion `ParallelOUT([0101010], 100)` dargestellt und auch mit den Werten 0, 128 und 255 untersucht.

TODO:

Foto vom Aufbau einfügen

## 5.2 Aufgabe 2.2 - Bitfehlermessung

Das Ergebnis der Bitfehlermessung sollte die Darstellung von unterschiedlichen Wassefallkurven sein. Dafür wurden am Ende die Wassefallkurven für die drei unterschiedlichen untersucht, welche wir bereits in der Vorbereitung untersucht hatten. Es wurden die BER-Messungen aller drei -Werte mit 15 verschiedenen, sinnvollen Verstärkungsfaktoren für das Rauschen durchgeführt. Dabei sollten wir beachten, dass für größere SNR-Werte die Steigung stärker und eine BER von 0 für ein vorhandenes Rauschen nicht aussagekräftig ist, wenn die Messung des BER eine minimale Auflösung von  $10^{-4}$  besitzt. Danach wurden die Bitfehlerraten der übertragenen Informationsbits für den optimalen Abtastzeitpunkt  $T_B$  gemessen und in ein Diagramm zusammengefasst. Dieses Diagramm enthält nun die Wassefallkurven von  $-1$ , von  $-\frac{1}{3}$  und von  $0$  mit 15 Messwerten. Die Ergebnisse wurden geplottet und in der Auswertung diskutiert.

## **6 Auswertung**

### **6.1 Vorbereitungsaufgabe**

### **6.2 Aufgabe 2.1 - Aufbau des Versuches**

### **6.3 Aufgabe 2.2 - Bitfehlermessung**

TODO:

Aufgabe 2.2

## **7 Zusammenfassung**

TODO:

Zusammenfassung schreiben

## **Literatur**