

Modulation 3

PAM PCM

Rafael Haigermoser

10. Mai 2019

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Inventarliste	3
3	Übungsdurchführung	3
3.1	Erzeugung eines pulsamplitudenmodulierten Signals	3
3.2	Frequenzspektrum des pulsamplitudenmodulierten Signals	5
3.3	Überprüfung des Abtasttheorems	9
3.4	Zeitmultiplexverfahren	11
3.5	Pulscodemodulation	13

1 Einleitung

Die Pulsamplitudenmodulation wird verwendet, um Signale über kurze Strecken zu übertragen, da sie besonders einfach zu erzeugen ist. Dabei ist das Abtasttheorem zu beachten, weil sonst Aliasing auftritt. Außerdem werden Zeitmultiplexverfahren behandelt, mit welchen verschiedene Signale über die gleiche Leitung gleichzeitig übertragen werden können.

2 Inventarliste

Stück	Gerätebezeichnung
1	Keysight Digital Storage Oscilloscope
1	HPS-Modulation-Board
4	Koaxialmessstrippen

3 Übungsdurchführung

3.1 Erzeugung eines pulsamplitudenmodulierten Signals

In Abbildung 1 wird wie auf Seite 148 der Angaben ein Sinussignal pulsamplitudenmoduliert.

U_s $f=8\text{kHz}$ der Impuls dauert aber nur ca. $15\mu\text{s}$.

U_{inf} $f=1\text{kHz}$ $\hat{U}=1,5\text{V}$ ein Sinussignal

U_{PAM} das pulsamplitudenmodulierte Signal

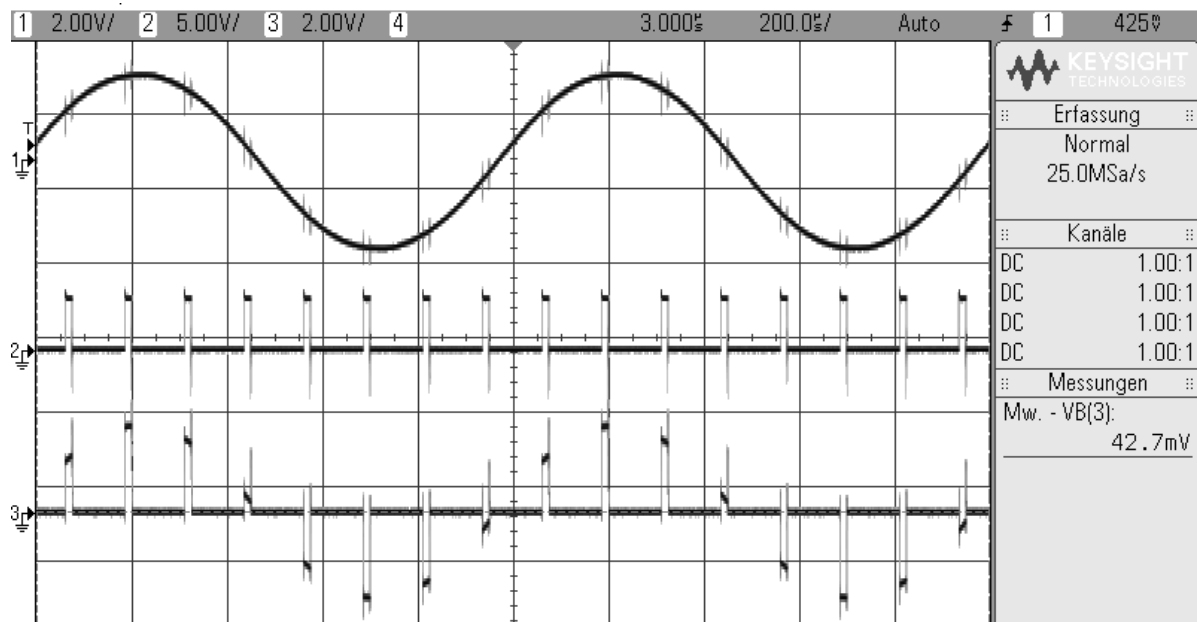


Abbildung 1: U_s , U_{inf} , U_{PAM} ,

Frage Seite 150: Wie ist die Schaltung in Abb. 6.2.3 zu erweitern, damit ein unipolares PAM-Signal entsteht? Ergänzen Sie die Schaltung und zeichnen Sie die Ausgangsspannung in das Diagramm Abb. 6.2.5 ein.

Antwort: Die Schaltung wird durch eine Diode erweitert, das Ausgangssignal ist in Abb. 2 zu sehen.

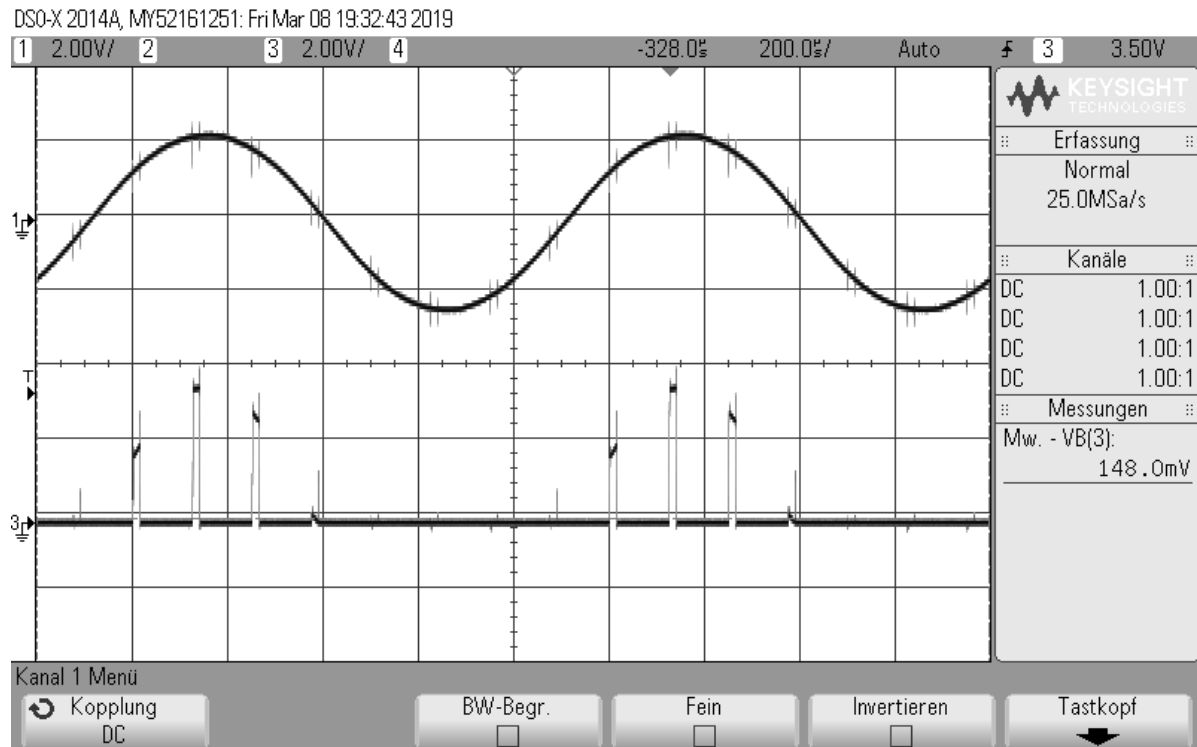


Abbildung 2: U_s , U_{PAM} ,

3.2 Frequenzspektrum des pulsamplitudenmodulierten Signals

Fragen Seite 152:

1. Bei welcher Frequenz ist das erste Minimum in der Amplitude der Spektrallinien zu beobachten?

Bei 67kHz, wie in Abb. 3 zu sehen ist.

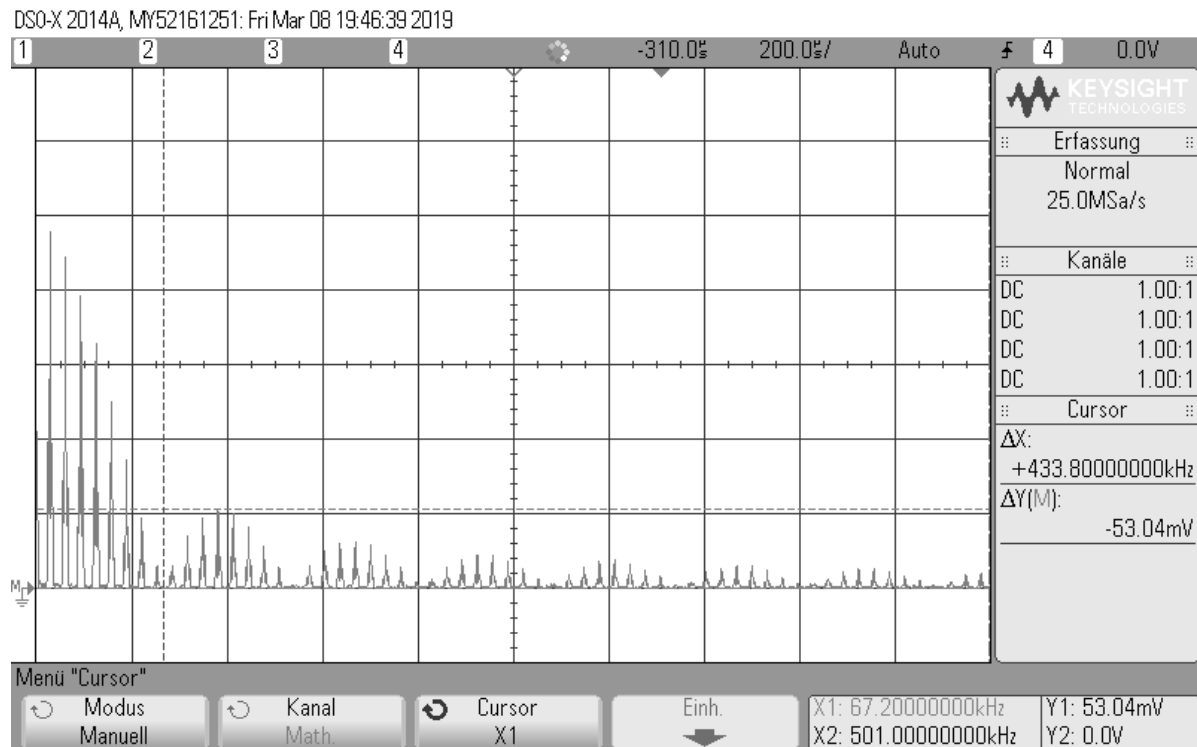


Abbildung 3: Frequenzspektrum des zuvor erzeugten PAMs

2. Stimmt das meßtechnisch ermittelte Minimum mit dem rechnerischen Wert überein?

$$f = \frac{1}{\tau}$$

Ja, es ist 66,6 kHz.

3. In welchem Frequenzabstand folgen die Spektrallinien, wenn nur der Abtastimpuls analysiert wird?
Sie folgen im Frequenzabstand von 8.2kHz, wie es in Abb. 4 zu sehen ist.

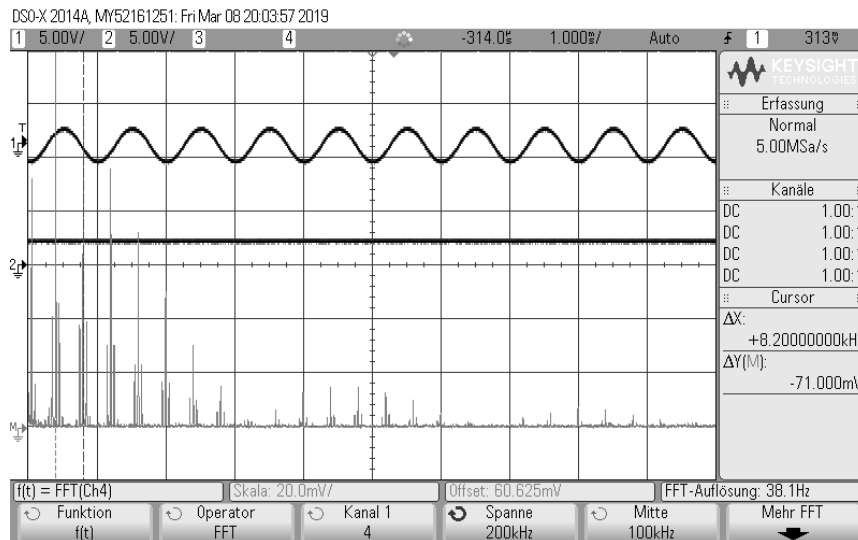
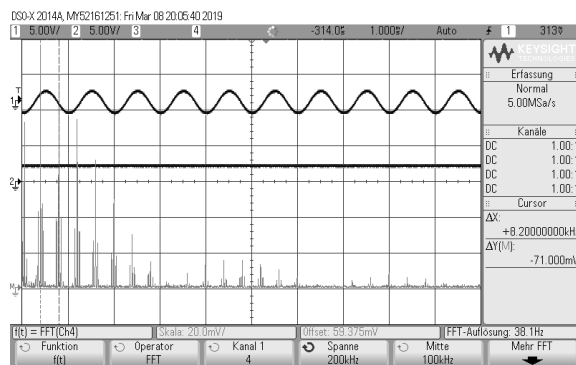
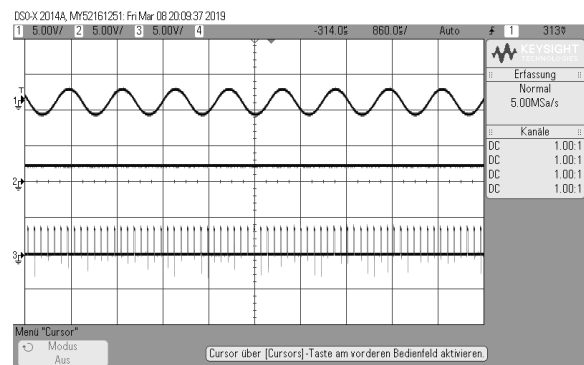


Abbildung 4: Frequenzspektrum eines PAM-Signals

4. Wie unterscheidet sich das Spektrum einer unipolaren von dem einer bipolaren PAM?
Im Abstand der Abtastfrequenz sind auch Linien zu sehen, Abb. 5 bipolar und 6 unipolar.

Abbildung 5: Frequenzspektrum
PAM bipolarAbbildung 6: Frequenzspektrum
PAM unipolar

5. Wie kann ein PAM-Signal demoduliert werden?

Es kann mit einem Tiefpassfilter demoduliert werden.

Arbeitsauftrag Seite 153:

Bei Abb. 7 $U_{\text{inf}}: 1\text{kHz}$ $\hat{U}=2\text{V}$ $U_{\text{DC}}=0\text{V}$ U_{S} 8 kHz TTL-Pegel

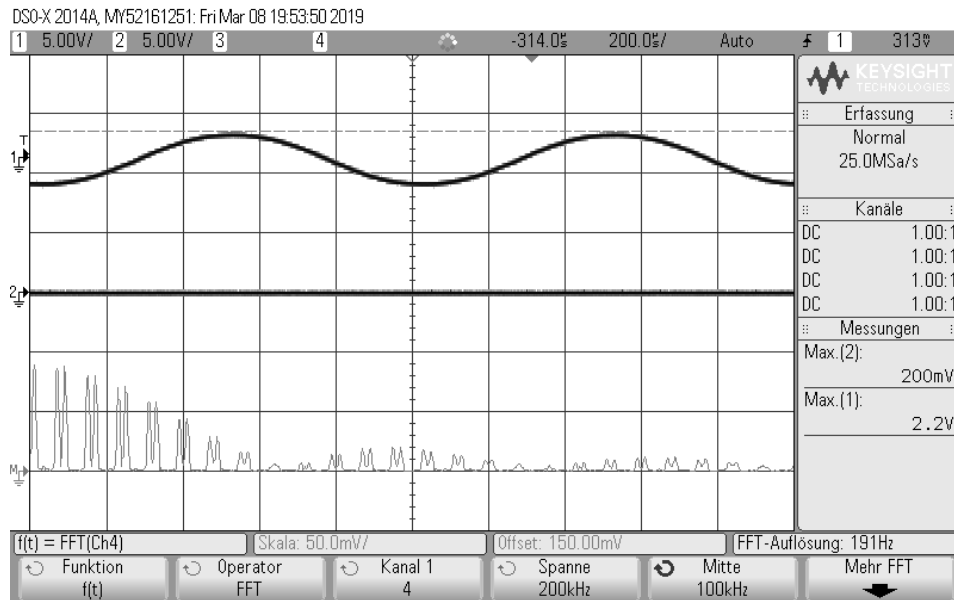


Abbildung 7: Frequenzspektrum eines PAM-Signals

Bei Abb. 8 U_{inf} : 1kHz $\hat{U}=2\text{V}$ $U_{\text{DC}}=0\text{V}$ U_{S} 8 kHz TTL-Pegel

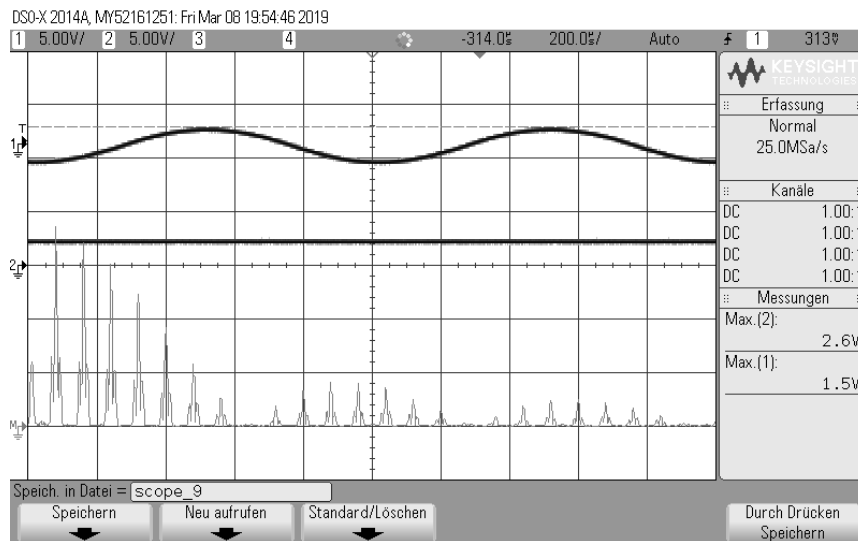


Abbildung 8: Frequenzspektrum eines PAM-Signals

Bei Abb. 9 U_{inf} : 1kHz $\hat{U}=2\text{V}$ $U_{\text{DC}}=0\text{V}$ U_{S} 8 kHz TTL-Pegel

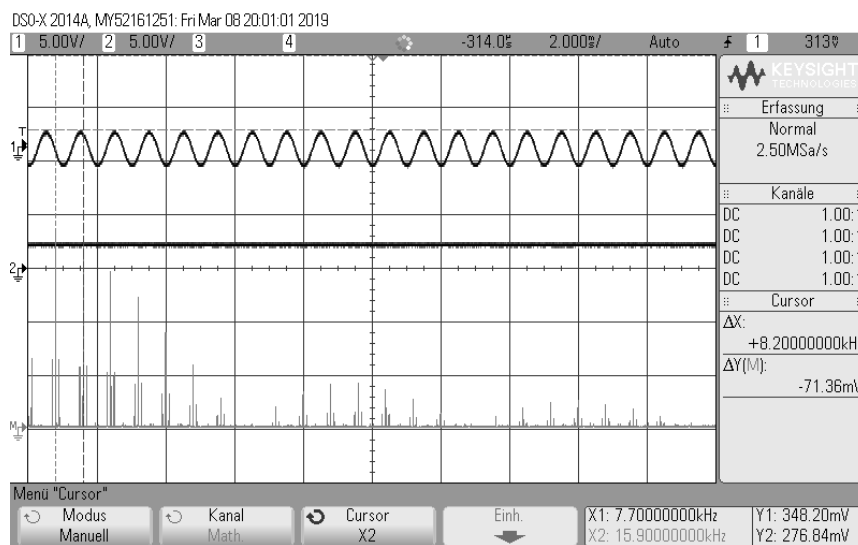


Abbildung 9: Frequenzspektrum eines PAM-Signals

3.3 Überprüfung des Abtasttheorems

Frage: In welchen Fällen kann das Informationssignal nicht mehr durch einen Tiefpass $f_g=3,4\text{kHz}$ aus dem PAM-Signa herausgefiltert werden?

Arbeitsauftrag Seite 158: Bei dieser Aufgabe wird ein unipolares PAM erzeugt, und bei unterschiedlichen Informations- und Abtastfrequenzen untersucht. Frequenzspektrum wurde bei den vorgegebenen Frequenzspekteren gemessen.

Bei Abb. 10 und 11 $U_{\text{inf}}: 1\text{kHz}$ $\hat{U}=2\text{V}$ $U_{\text{DC}}=2,5\text{V}$ U_s 8 kHz TTL-Pegel

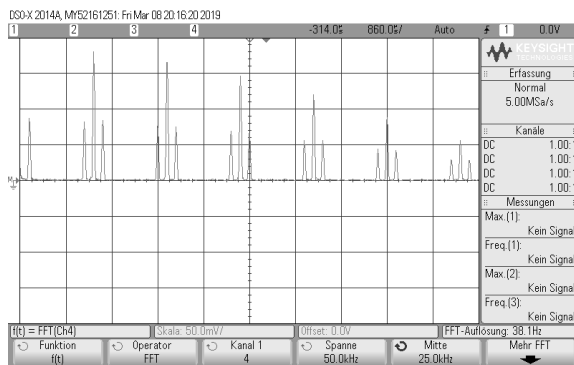


Abbildung 10:

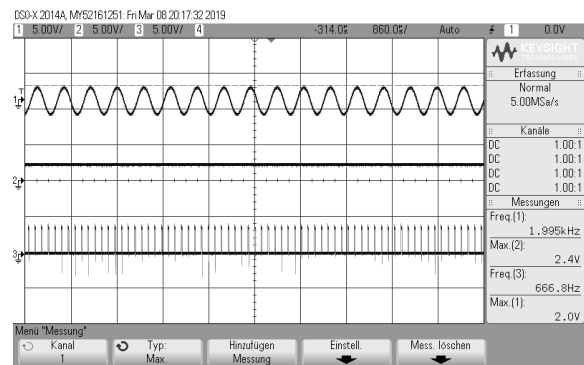


Abbildung 11:

Bei Abb. 12 und 13 $U_{\text{inf}}: 2\text{kHz}$ $\hat{U}=2\text{V}$ $U_{\text{DC}}=2,5\text{V}$ U_s 8 kHz TTL-Pegel

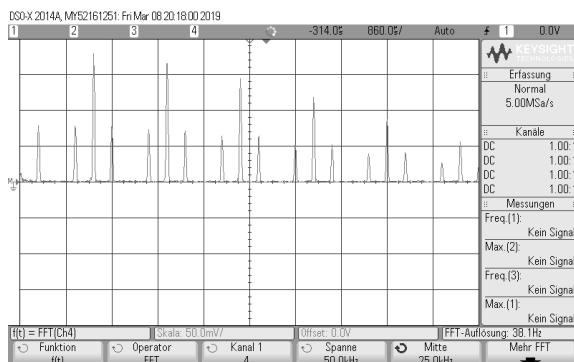


Abbildung 12:

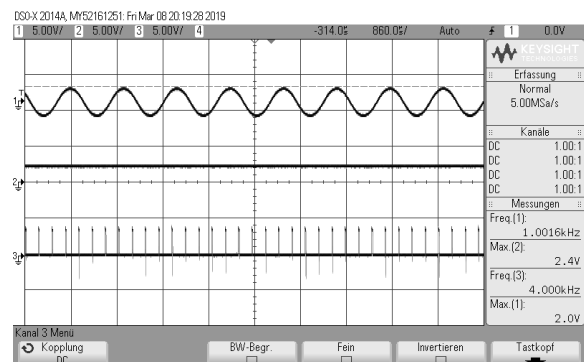


Abbildung 13:

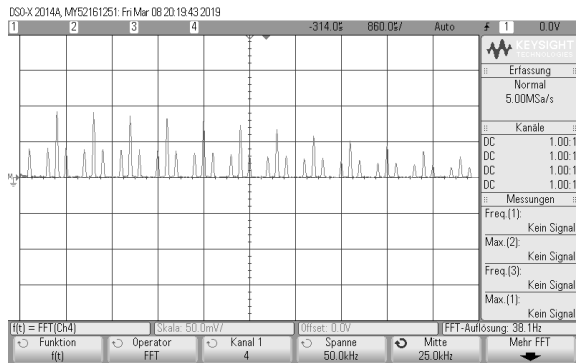


Abbildung 14:

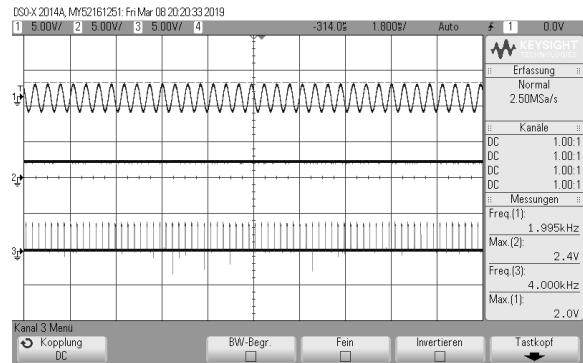


Abbildung 15:

Bei Abb. 14 und 15 U_{inf} : 1kHz \hat{U} =2V U_{DC} =2,5V U_S 4 kHz TTL-Pegel
 Bei Abb. 16 und 17 U_{inf} : 1kHz \hat{U} =2V U_{DC} =2,5V U_S 8 kHz TTL-Pegel

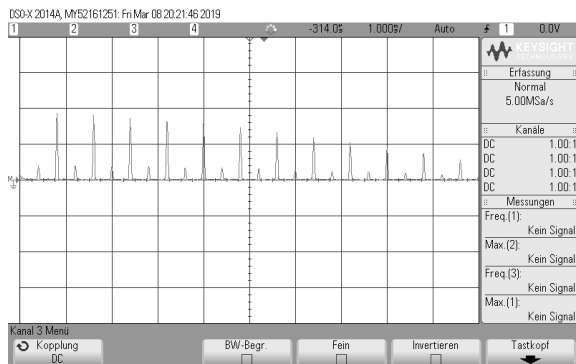


Abbildung 16:

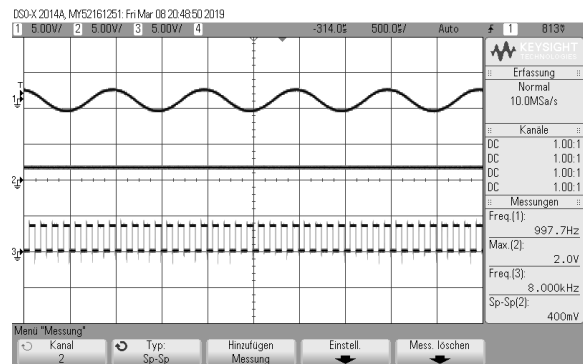


Abbildung 17:

3.4 Zeitmultiplexverfahren

Fragen: 1. Handelt es sich bei der Spannung U_{PAM} um eine unipolare oder um eine bipolare PM? Es ist bipolar siehe Abb. 18.

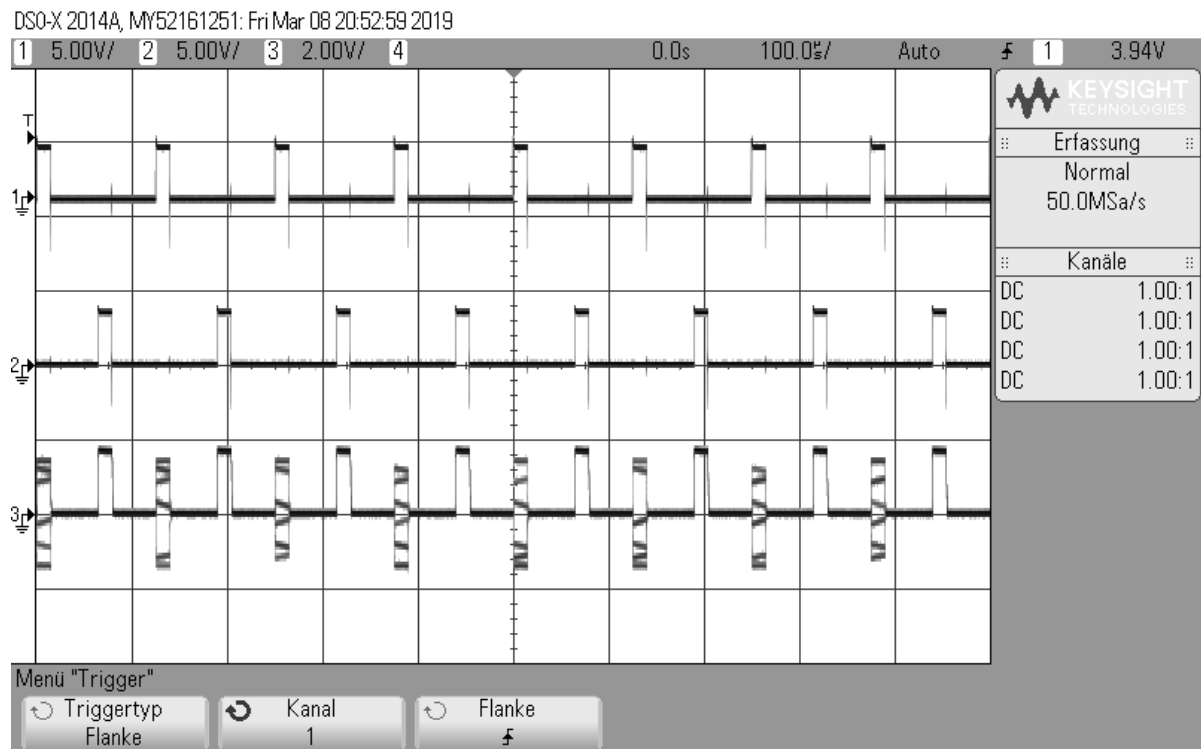


Abbildung 18: U_{PAM} ist die unterste Spannung

2. Wieviele Kanäle könnte man theoretisch unter Beibehaltung der 8-kHz-Abtastfrequenz bei 15 μ s Impulsbreite übertragen?

Man könnte 8 Kanäle übertragen.

$$\frac{1}{8\text{kHz}} = 125\mu\text{s} \quad (1)$$

$$\frac{125\mu\text{s}}{15\mu\text{s}} = 8,33 \quad (2)$$

3. Weshalb wird die PAM-Multiplextechnik nicht auf Übertragungsstrecken verwendet? Sie hat wenig Energie und wird deswegen leicht gestört.

Versuchsaufbau Seite 162 mit den Werten:

$U_{\text{inf } 1}: 1\text{kHz } \hat{U}=1,5\text{V}$

$U_{\text{inf } 2}: U = +2\text{V}$

$U_{\text{Sync}} = f = 8\text{kHz}$ TTL-Pegel

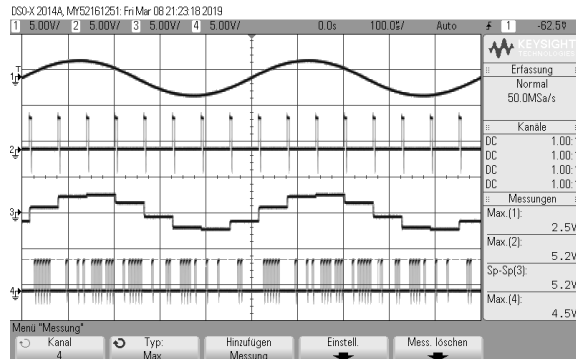


Abbildung 19:

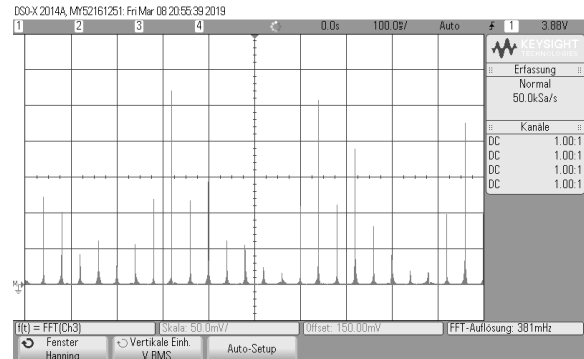


Abbildung 20:

Wiederholungsfragen: 1. Wie groß sollte die Bandbreite eines Übertragungssystems sein, wenn die Pulsbreite $15\mu\text{s}$ beträgt? Sie beträgt 66kHz

$$\frac{1}{15\mu\text{s}} = 66\text{kHz} \quad (3)$$

2. Mit welcher Abtastfrequenz muss ein Signal abgetastet werden, dessen höchste Frequenz bei 15kHz liegen?

Mit mindestens 30kHz , damit das Abtasttheorem eingehalten wird.

3. Wieso muss vor der Abtastung eine Frequenzbandbegrenzung erfolgen?

Weil sonst Aliasing auftreten kann.

4. Welche Pulsfolgenfrequenz hat ein System, das mit 8kHz abgetastet wird und 32 Kanäle hat?

Es hat eine Pulsfolgenfrequenz von 256kHz , siehe Rechnung 4 bis 6

$$\frac{1}{8\text{kHz}} = 125\mu\text{s} \quad (4)$$

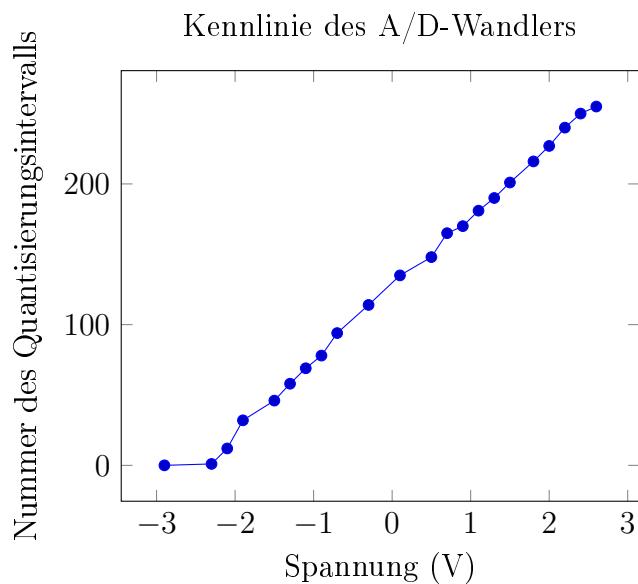
$$\frac{125\mu\text{s}}{32} = 3,9\mu\text{s} \quad (5)$$

$$\frac{1}{3,9\mu\text{s}} = 256\text{kHz} \quad (6)$$

3.5 Pulscodemodulation

Es wird die Kennlinie des AD-Wandlers aufgenommen.

Spannung	Dezimalwert	Binärwert
-2.9	0	00000000
-2.3	1	00000001
-2.1	12	00001100
-1.9	32	00100000
-1.5	46	00101110
-1.3	58	01000101
-1.1	69	01000101
-0.9	78	01001110
-0.7	94	01011110
-0.3	114	01110010
0.1	135	10000111
0.5	148	10010100
0.7	165	10100101
0.9	170	10101010
1.1	181	10110101
1.3	190	10111110
1.5	201	11001001
1.8	216	11011000
2	227	11100011
2.2	240	11110000
2.4	250	11111010
2.6	255	11111111



Fragen:

1. Ist die Quantisierungskennlinie linear oder nichtlinear?

Sie ist linear.

2. Welcher Amplitudenbereich kann gewandelt werden?

Es kann von -2.4V bis +2.4V gewandelt werden.

3. Wie groß ist ein Quantisierungsintervall?

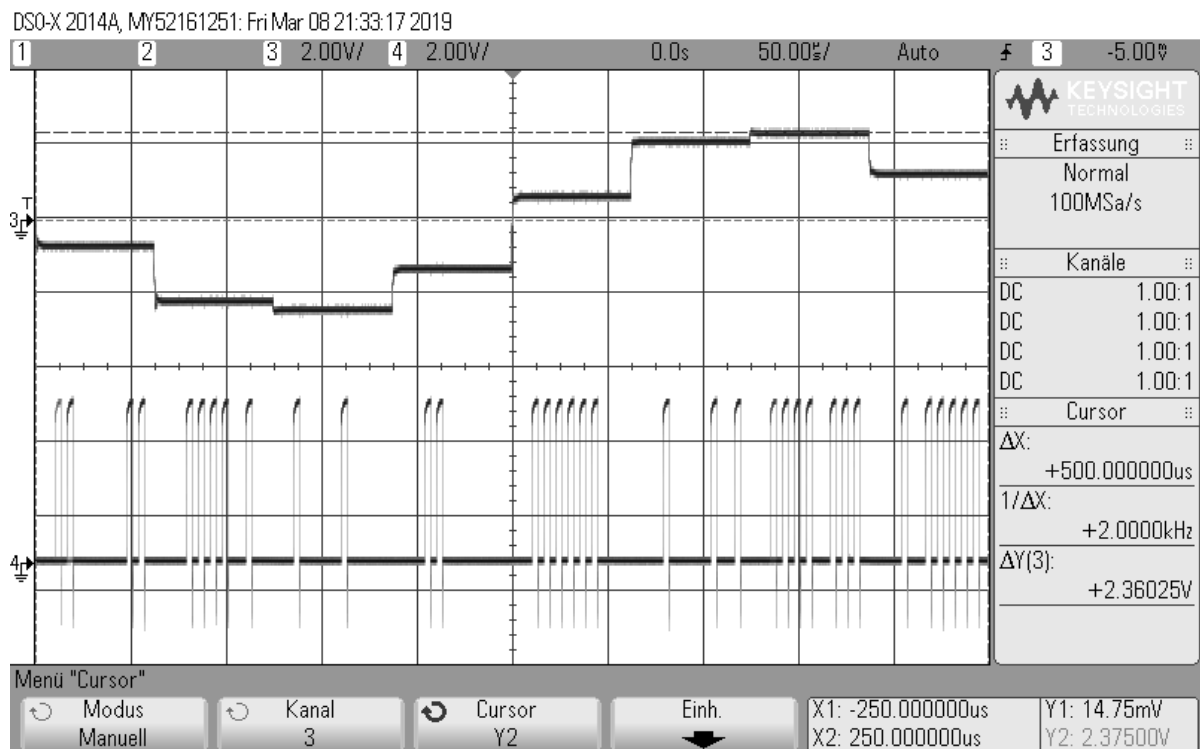
Ein Quantisierungsintervall ist 20 mV.

$$\frac{5V}{255} = 19,6mV \quad (7)$$

4. Kann am digitalen Codewort die Polarität des ursprünglichen Signals abgelesen werden?

Ja, das MSB gibt die Polarität an.

Messung Seite 171:

 U_{inf} : 2kHz \hat{U} =2,6VAbbildung 21: $U_{\text{Puls-Code-Modulation}}$ ist die unterste Spannung

Fragen:

1. Mit welcher Abtastfrequenz wird das Informationssignal abgetastet?

Es wird mit 2kHz abgetastet.

2. Stimmt das codierte PCM-Signal mit der Spannung $U_{S/H}$ zeitlich überein?

Sie stimmen nicht überein, die Übertragung beginnt erst später, wie bei Abb. 22 zu sehen ist.

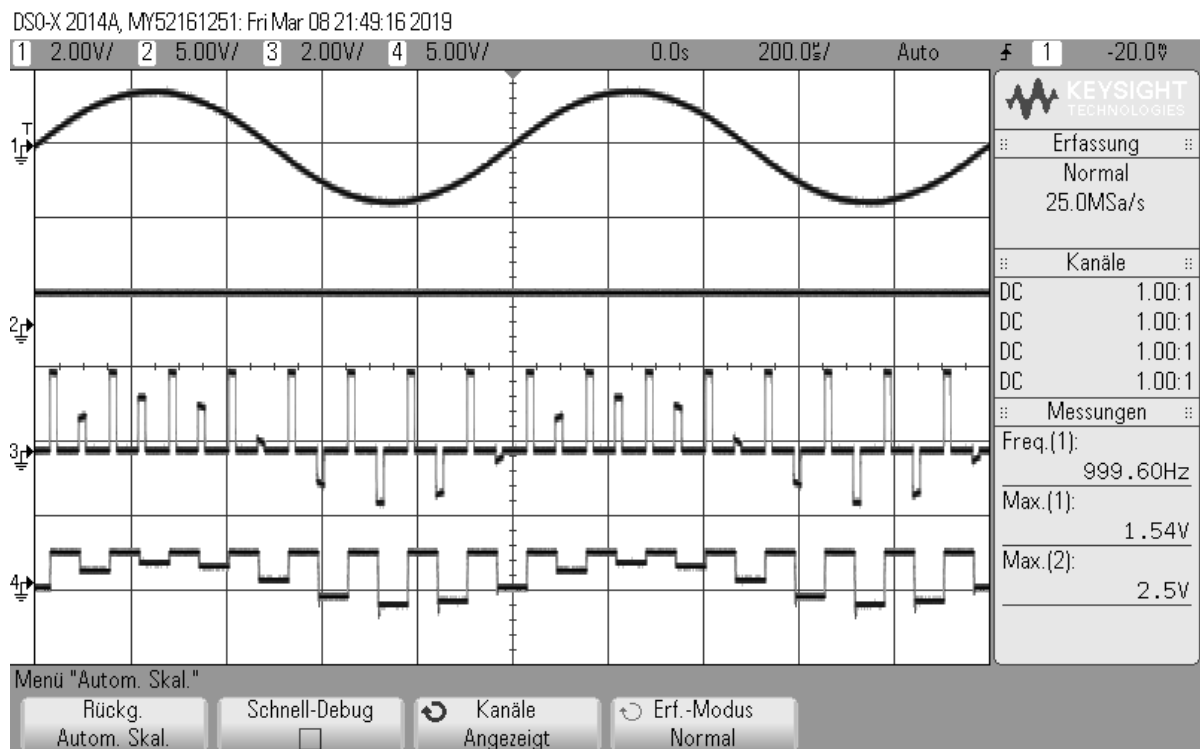


Abbildung 22: U_S , U_{PAM} und $U_{S/H}$

3. In welcher Reihenfolge werden die Bits gesendet (zuerst MSB oder LSB)?
Zuerst LSB, siehe Abb. 23

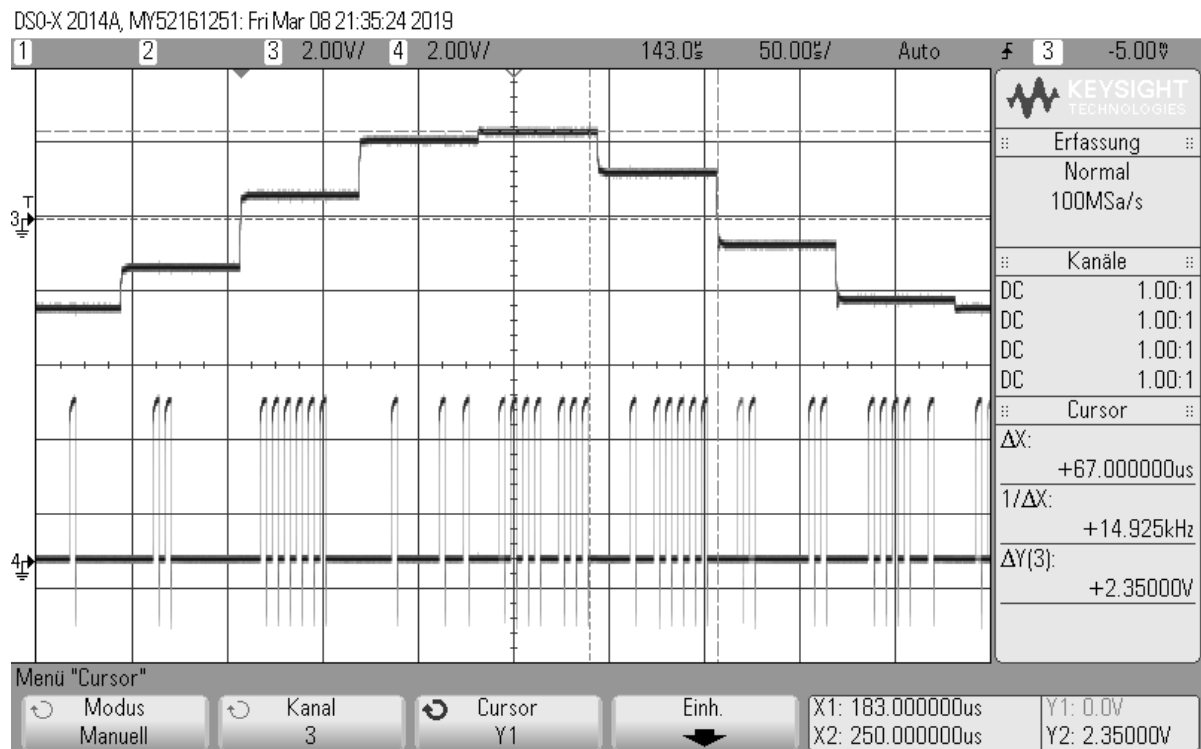


Abbildung 23: Digital, und Analogwert des Signals

.