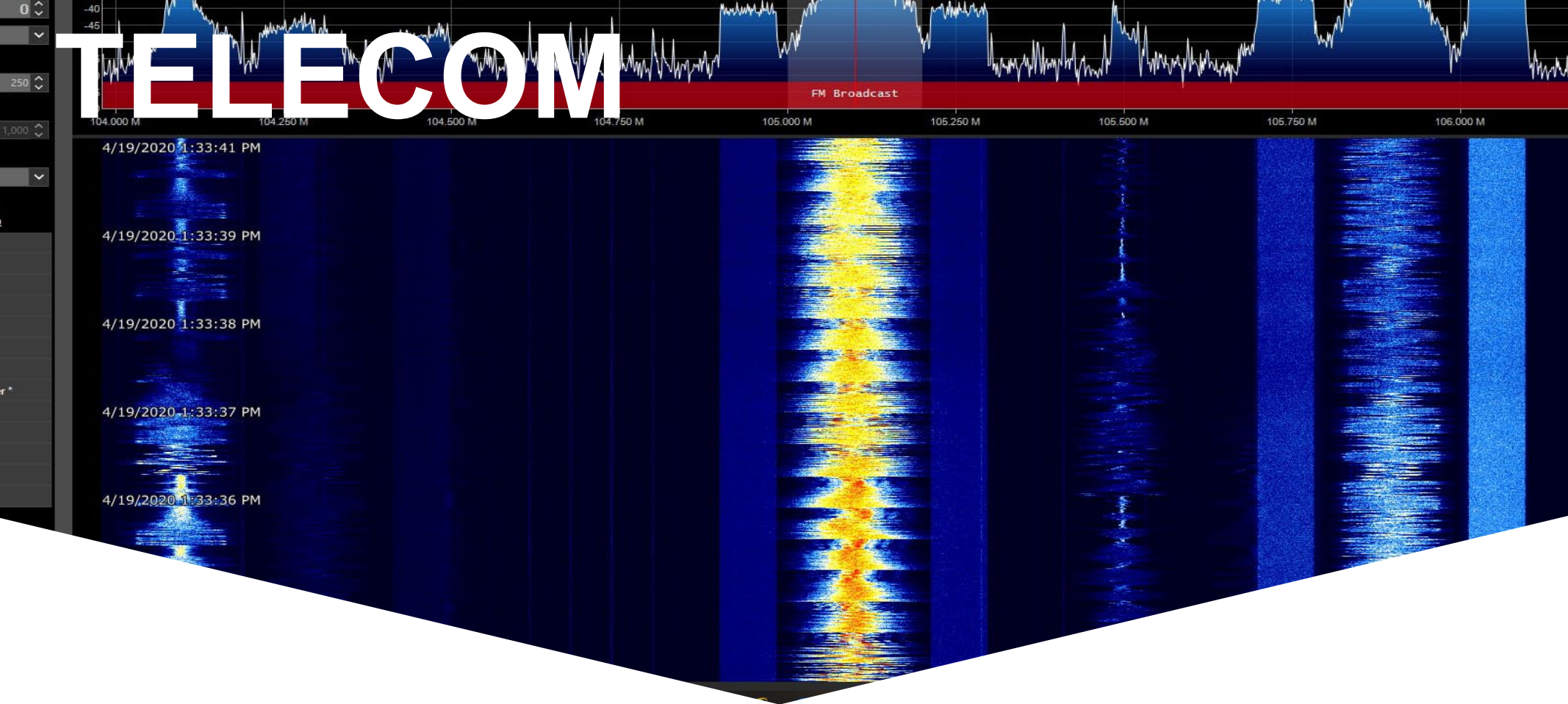


TELECOM



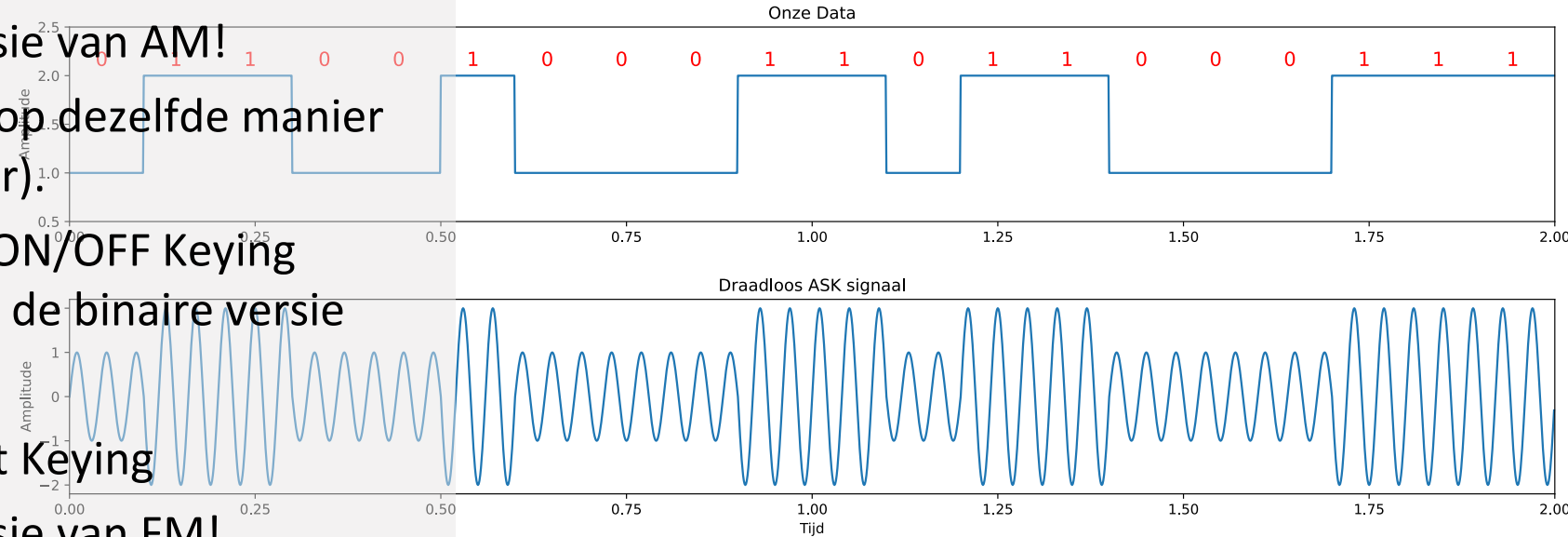
TEL10 – Lab 2.1

Planning

- ASK
- FSK
- Digitale signalen

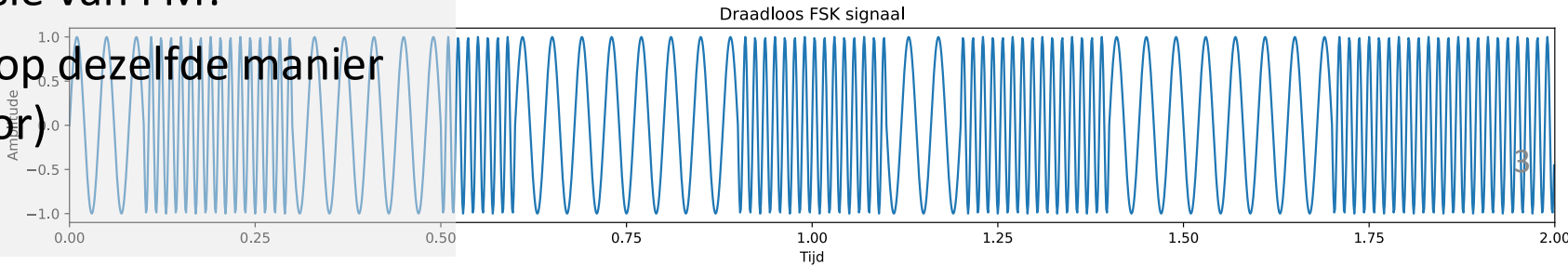
Amplitude Shift Keying

- Digitale versie van AM!
- Ontvangen op dezelfde manier (topdetector).
- Wordt ook ON/OFF Keying genoemd in de binaire versie



Frequency Shift Keying

- Digitale versie van FM!
- Ontvangen op dezelfde manier (fasedetector)

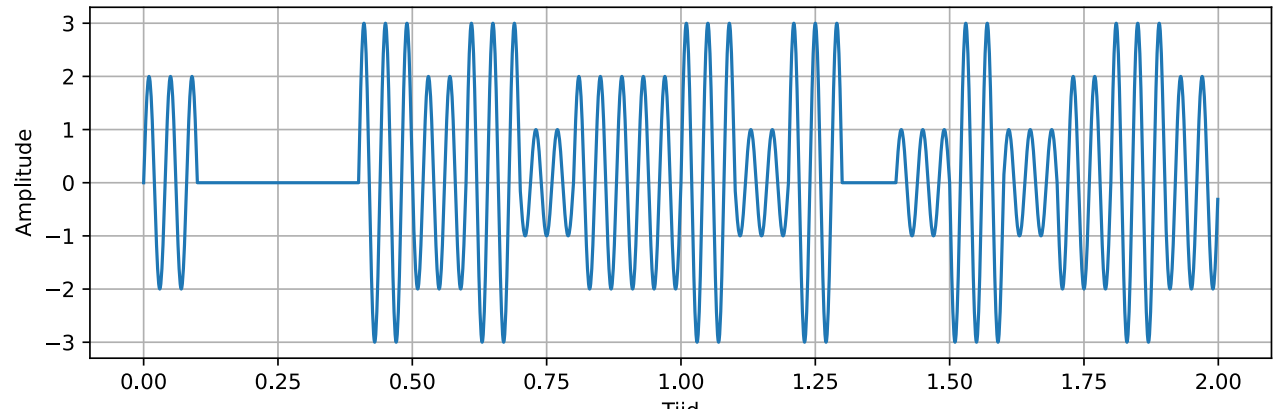


Groepen maken van n bits

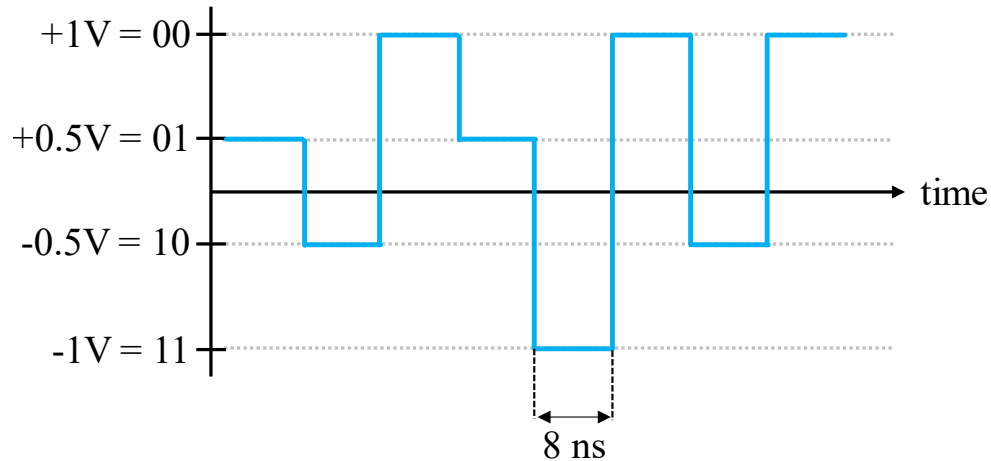
Aantal niveaus = 2^n

Bijv. ASK met 4 niveaus.

Zo'n groep heet een symbool.



In dit voorbeeld, hoeveel symbolen per seconde?



Vragen:

1. Hoeveel bits per seconde worden overgestuurd in het figuur?
2. Hoeveel data-draden zouden nodig zijn om 1 gigabit/sec te versturen?
3. Als een modulatieschema 16 verschillende niveaus heeft, hoeveel bits per symbool is dat?
4. Met 16 verschillende niveaus en 8ns symbolen, hoeveel bits per seconde is dat?

Digitale signalen

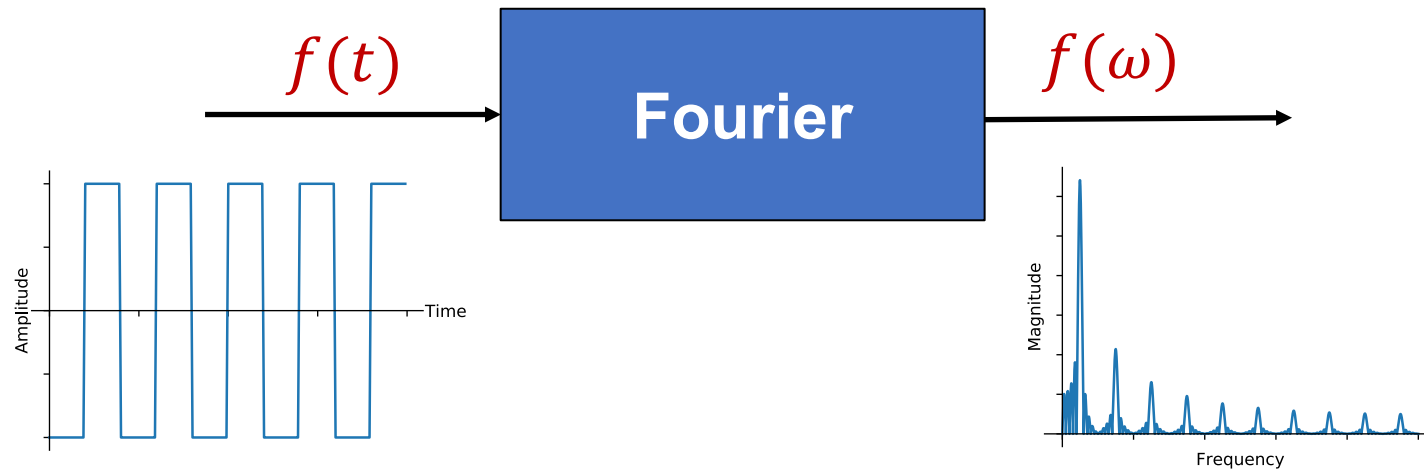
Digitale signalen zijn discreet in waarde en tijd.

Hoe ziet het spectrum eruit?

Wat is de (benodigde) bandbreedte?

Hoe is dit gekoppeld aan de datarate?

Hoe ziet een tijddomeinsignaal $f(t)$ er in het frequentiedomein eruit?
Gebruik een vorm van Fourier!



Fourier zegt:

$$f(t) = a_0 + a_1 \cos(\omega t) + a_2 \cos(2\omega t) + \dots + a_n \cos(n\omega t) \\ + b_1 \sin(\omega t) + b_2 \sin(2\omega t) + \dots + b_n \sin(n\omega t)$$

Gegeven dat

$$\int_T \sin(kx) \cdot \sin(nx) \begin{cases} 0 \text{ als } n \neq k \\ A \text{ als } n = k \end{cases} \\ \int_T \cos(kx) \cdot \cos(nx) \begin{cases} 0 \text{ als } n \neq k \\ A \text{ als } n = k \end{cases} \\ \int_T \sin(kx) \cdot \cos(nx) = 0 \text{ voor alle } n \text{ en } k$$

Dan bepaalt

$$\int_T f(t) \cos(2\omega t) dt$$

of $\cos(2\omega t)$ aanwezig is in $f(t)$, dus

$$a_2 = \frac{2}{T} \int_T f(t) \cos(2\omega t) dt$$

Stel

$$f(t) = 3 \cos(1\omega t) + 2\sin(2\omega t)$$

Dan...

$$\int_T f(t) \cdot \cos(n\omega t) dt \begin{cases} 0 \text{ als } n \neq 1 \\ 3 \cdot \frac{T}{2} \text{ als } n = 1 \end{cases}$$
$$\int_T f(t) \cdot \sin(n\omega t) dt \begin{cases} 0 \text{ als } n \neq 2 \\ 2 \cdot \frac{T}{2} \text{ als } n = 2 \end{cases}$$

Normaal is $f(t)$ onbekend. Dus de integralen geven informatie over hoe sterk elke $n\omega t$ aanwezig is.

Complexe exponenten

Stel we bekijken alleen de frequentie 1ω :

$$a_1 \cos(1\omega t) + b_1 \sin(1\omega t) = A_1 \cos(1\omega t + \phi_1) = \frac{A_1}{2} e^{j(1\omega t + \phi_1)} + \frac{A_1}{2} e^{-j(1\omega t + \phi_1)}$$

Waarbij $A_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2}$ en $\phi_1 = \tan^{-1} \frac{b_1}{a_1}$

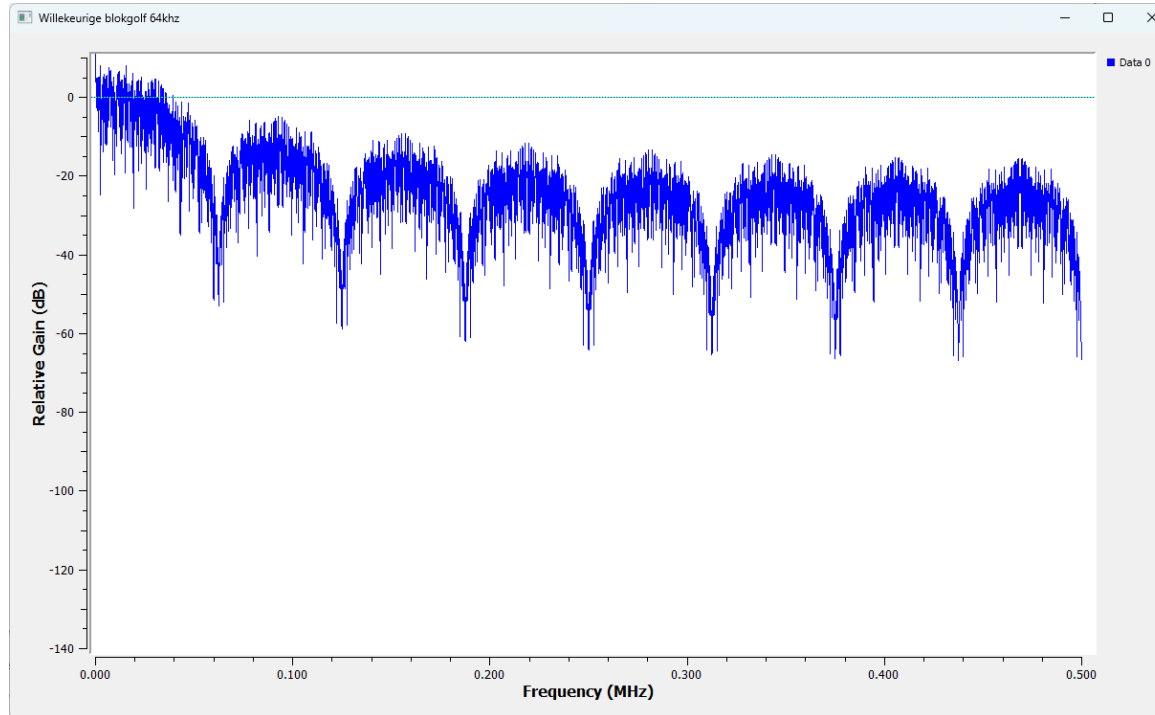
In plaats van apart alle sinussen en cosinussen te checken, kun je beter $e^{jn\omega t}$ gebruiken. Dit introduceert wel “**negatieve**” frequenties:

$$\begin{aligned} f(t) &= c_{-n} e^{-jn\omega t} + \dots + c_{-2} e^{-j2\omega t} + c_{-1} e^{-j\omega t} \\ &\quad + c_0 \\ &\quad + c_1 e^{j\omega t} + c_2 e^{j2\omega t} + \dots + c_n e^{jn\omega t} \\ &= \sum c_n e^{jn\omega t} \end{aligned}$$

En dezelfde check of c_n aanwezig is in het signaal

$$c_n = \frac{1}{T} \int_T f(t) e^{jn\omega t} dt$$

Willekeurige data



Hartley's wet

Maximale datarate

$$R = 2B \cdot \log^2(N)$$

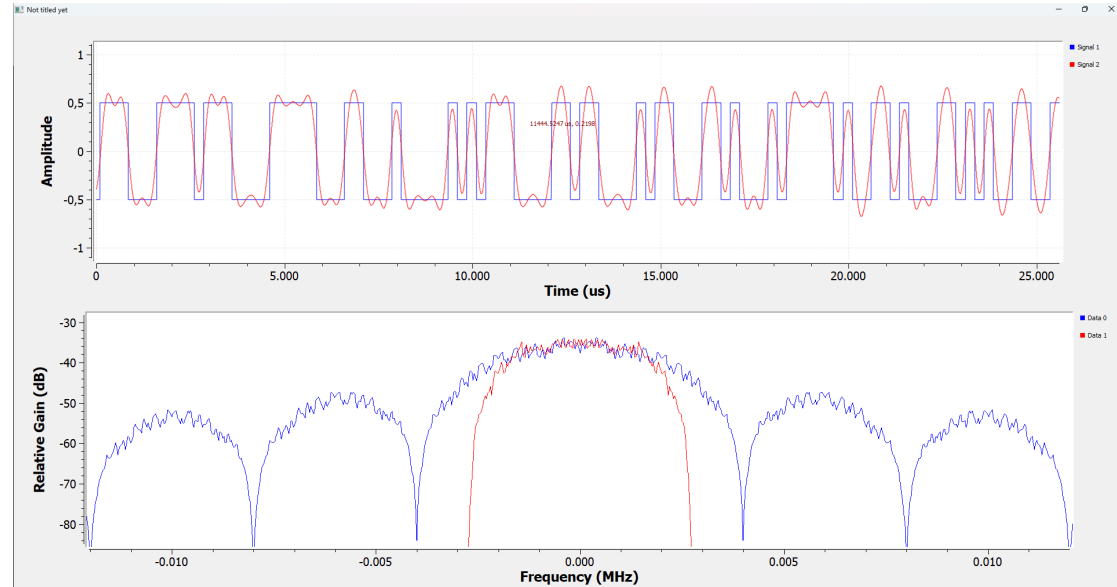
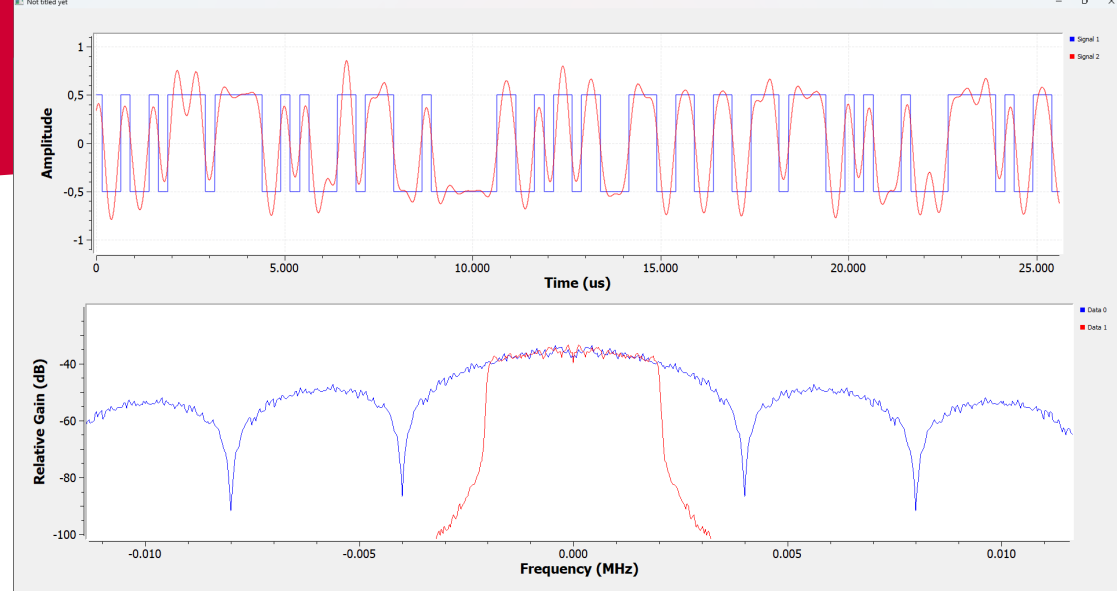
Hierbij is:

- R in bits per seconde
- B de bandbreedte in Hertz
- N het aantal niveaus in een symbool

Rechtsboven: 4kbps, 2kHz filter (N=2)

Rechtsonder: 4kbps, 2.5kHz filter (N=2)

Volgens deze theorie kun je voor dezelfde bandbreedte een hogere datarate krijgen door het aantal niveaus te verhogen.



Shannon Limiet

$$C = B \cdot \log^2 \left(1 + \frac{P_{sig}}{P_{ruis}} \right)$$

Hier is

C de capaciteit van een kanaal in bits per seconde

P_{sig} het signaalvermogen in Watt

P_{ruis} het ruisvermogen in Watt

B de bandbreedte in Hertz

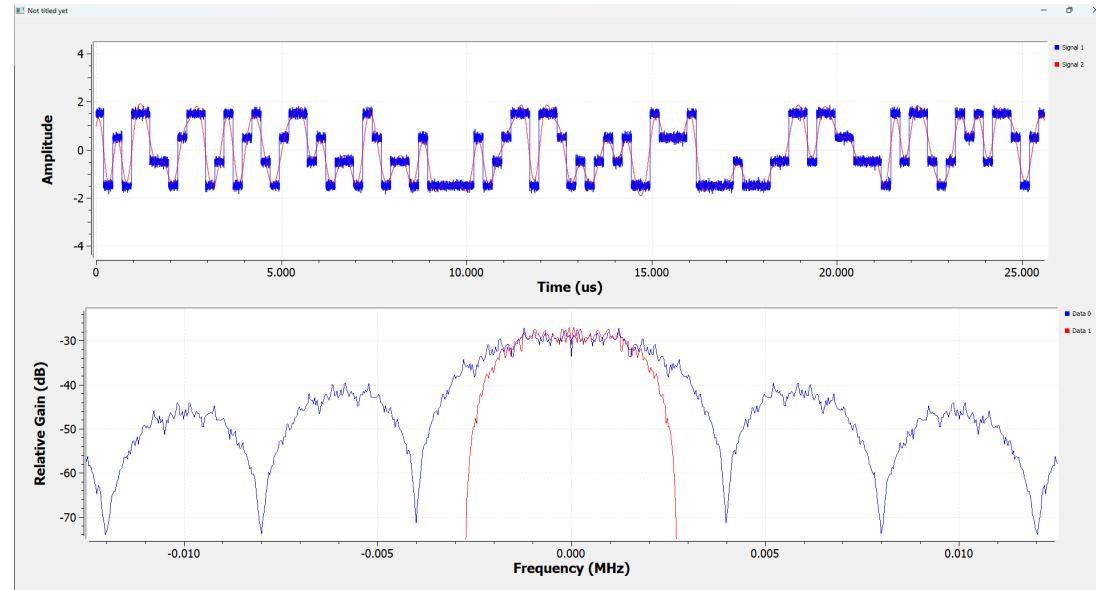
Maximaal haalbare foutloze communicatiesnelheid hangt dus af van de signaalruisverhouding en bandbreedte. C is de theoretische grens van haalbare datarates.

Conclusie

$$2B \cdot \log^2(N) = B \cdot \log^2\left(1 + \frac{P_{sig}}{P_{ruis}}\right)$$

Dus maximaal aantal niveaus N in een symbool wordt beperkt door de signaalruisverhouding

$$N = \sqrt{1 + \frac{P_{sig}}{P_{ruis}}}$$



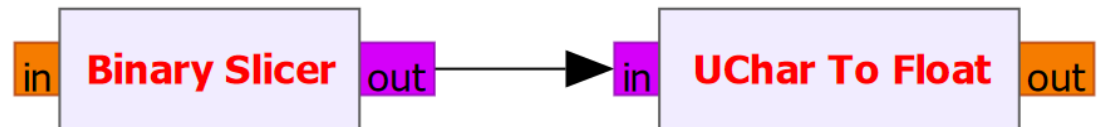
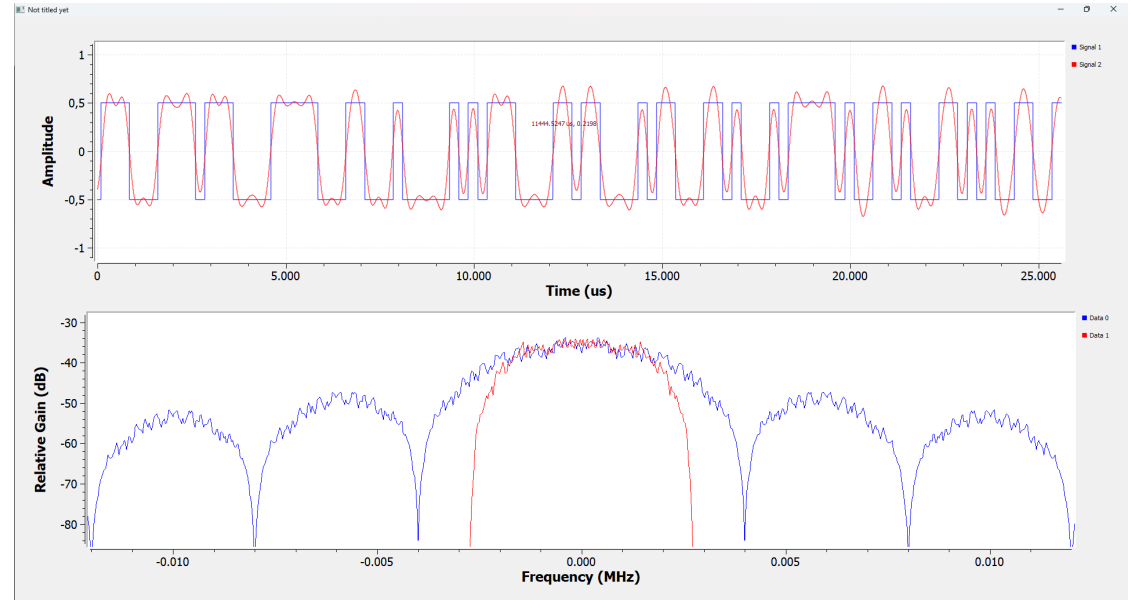
Terug naar binaire data

Voor nu met een comparator (binary slicer)

Binary slicer refereert standaard met 0.

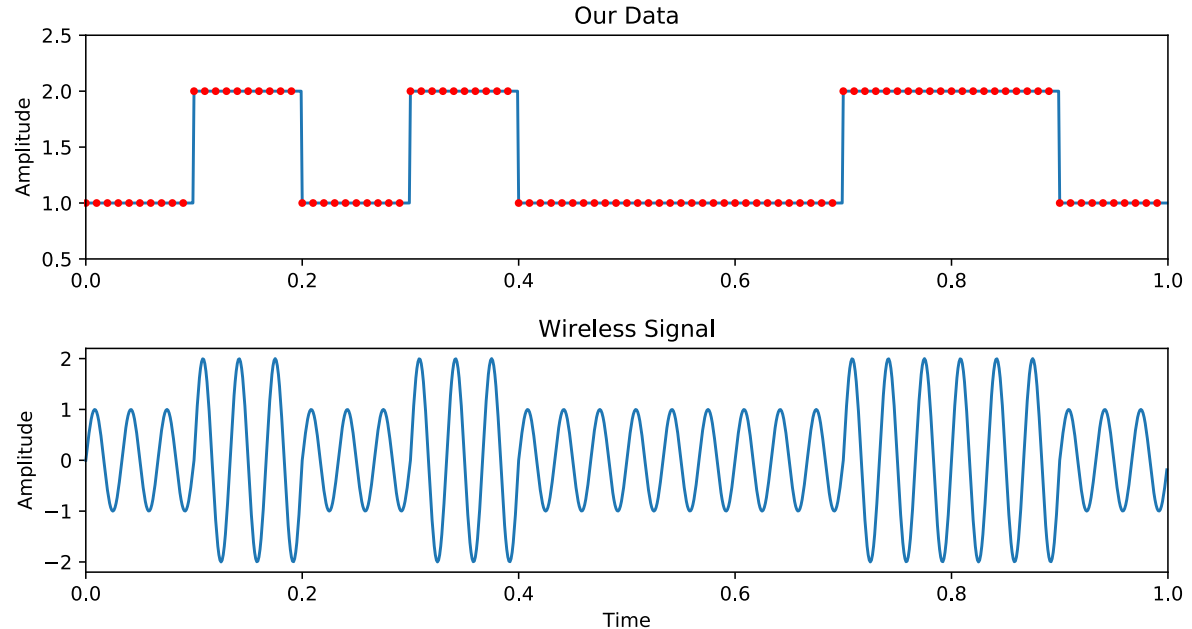
Gebruik een “Add Const” blok om de juiste offset te geven aan het signaal

Gebruik eventueel een “AGC” (automatic gain control) blok om de amplitude van het signaal groter te maken voor het binary slicer blok, handig voor zwakke signalen

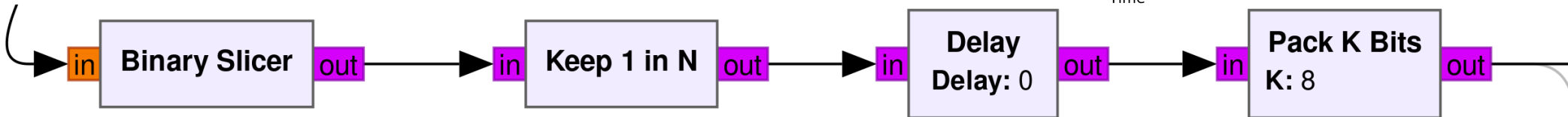


Terug naar bytes

1. Hoeveel samples per symbool?
2. Pak 1 sample per symbool
3. Voeg samen naar byte



Voor 1-bit symbolen:



Willekeurige vertraging bits tussen zender en ontvanger, voor nu oplossen met "delay"

Data weergeven

Telecommunicatie

1. File Sink met als file 'con:' print naar de console onder Windows
 - Linux/Mac naar /dev/stdout zonder buffering
2. TCP sink en telnet verbinding naar localhost port 2000
 - Openen met putty of teraterm of een andere terminal
 - Werkt iets soepeler dan optie 1
 - Geeft mogelijkheid meerdere uitgangsströmen te bekijken op meerdere poorten

File Sink

File: con:

Unbuffered: Off

Append file: Overwrite

TCP Sink

Mode: Server

Port: 2k