

GIT-KLAUSUR
FRÜHJAHR
2007

(Aufgabe 1 und 2)

(3 und 4 können vernachlässigt werden)

GIT-Klausur Frühjahr 2007

- ① Für eine DVB-T-Ausstrahlung mit drei Senderbouquets wird ein Übertragungskanal mit 24 MHz Bandbreite verwendet. Der Übertragungskanal hat einen Störabstand (S/N) von 31 (entsprechend 15 dB).

a) Wie lautet die allgemeine Formel für die Kanalkapazität C ?

$$C = f \cdot \text{ld} \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

b) Welche Datenrate (Bit/s) pro Hz Bandbreite lässt sich in diesem Kanal theoretisch maximal fehlerfrei übertragen? Welche Datenrate kann in dem gesamten Kanal maximal übertragen werden?

⇒ Hier ist die Frage nach "pro Hz" gestellt. Dazu gibt es die Formel, die sich extra auf ein Hz bezieht. Sie heißt demnach nicht C , sondern C' .

$$C' = \text{ld} \left(1 + \frac{S}{N} \right) \frac{\text{Bit}}{\text{s/Hz}}$$

Hierfür setzen wir nun die uns gegebenen Werte ein:

$$\frac{S}{N} = 31.$$

Also:

$$C' = \text{ld} (1 + 31) = \text{ld} (32) = \underline{\underline{5}} \frac{\text{Bit}}{\text{s/Hz}}$$

⇒ Das Ergebnis von 5 Bit/s war ja für 1 Hz! Nun ist aber die Frage, wieviel Bit im gesamten Kanal übertragen werden können (wie hoch die Rate ist). Die Antwort liegt auf der Hand, wir haben einen Kanal mit einer Bandbreite von 24 MHz (24 MHz ist ja auch gleichzeitig die obere Grenzfrequenz).
Nun wenden wir einfach die Formel 11 an:

$$C = f_g \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

$$= 24 \text{ MHz} \cdot 5 \frac{\text{Bit}}{\text{s}} / \text{Hz}$$

$$= \boxed{120 \text{ MBit/s}}$$

c) Wie groß wäre die Datenrate in diesem Kanal mit einem Verfahren, das acht Amplitudenstufen verwendet? Ist die Übertragung dann noch fehlerfrei möglich? Begründen Sie!
Für die Ermittlung der Datenrate gibt es, natürlich, eine Formel.



Ein binäres Signal mit der Grenzfrequenz f_g kann mit einer maximalen Rate von $2f_g$ übertragen werden. Warum?

Wir sehen in der Zeichnung im ersten Kästchen eine halbe Sinusschwingung, darunter steht

\longleftrightarrow 1 Bit. Man definiert den positiven Maximalwert einfach als eine logische 1 und den negativen Maximalwert (der im zweiten Kästchen dargestellt ist) als eine logische 0.

Nach dem zweiten Kästchen ist eine Schwingung der Frequenz f_g vorbei und wir konnten 2 Bit übertragen.

Wir können also doppelt so viel Bit ~~über~~ übertragen, also $2 \cdot f_g$ Bit/s.

Somit:

$$r = 2 \cdot f_g \text{ Bit/s}$$

Diese Formel gilt allerdings nur für die Übertragung mit 1 Bit, also der Darstellung von 0 und 1. Nun müssen wir aber 8 (!) Amplitudenstufen darstellen können (so die Aufgabenstellung).

Dafür gibt es bei M Amplitudenstufen die Formel:

$$r_M = 2 \cdot f_g \cdot \lg(M)$$

Wenden wir die Formel also mal ganz praktisch an:

$$r_8 = 2 \cdot 24 \text{ MHz} \cdot \underbrace{\log_2(8)}_3 \frac{\text{Bit}}{\text{s/Hz}}$$

$$\underline{\underline{r = 144 \text{ MBit/s}}}$$

Nun ist die Frage, ob die fehlerfreie Übertragung überhaupt noch möglich ist. Die Antwort ist: NEIN!

Warum?

Die benötigte Kanalkapazität von 144 MBit/s ist nicht gegeben, der gegebene Kanal von mir eine Kapazität von 120 MBit/s...

d) Welcher Wert ergibt sich für den Störabstand, wenn die Kanalkapazität der unter c) berechneten Datenrate genau entsprechen würde?

Wir hätten also eine Kanalkapazität von genau 144 MBit/s. Unser f_g ist immer noch unverändert 24 MHz.

Die Formel für die Kanalkapazität war gesucht!

$$C = f_g \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

Da wir C kennen, schreiben wir jetzt mal alle uns bekannten Werte hin und werden nach der gesuchten Größe, also $\frac{S}{N}$, umstellen, also:

$$144 \text{ MBit/s} = f_g \cdot 24 \text{ MHz} \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad | : 24$$

$$6 \text{ Bit} = \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

Was wir da jetzt stehen haben, also

$$\text{ld} \left(1 + \frac{S}{N} \right) = 6$$

bedeutet Folgendes:

Der ld (also Logarithmus Dualis) ist der Logarithmus zur Basis 2, also \log_2 .

Wenn dort steht $\text{ld} \left(1 + \frac{S}{N} \right) = 6$, dann heißt das, 2^6 ergibt $1 + \frac{S}{N}$.

Das hilft uns doch schonmal weiter, denn:

$$2^6 = 64$$

Wenn $2^6 = \left(1 + \frac{S}{N} \right)$ ergibt, dann können wir also $64 = \left(1 + \frac{S}{N} \right)$ setzen.

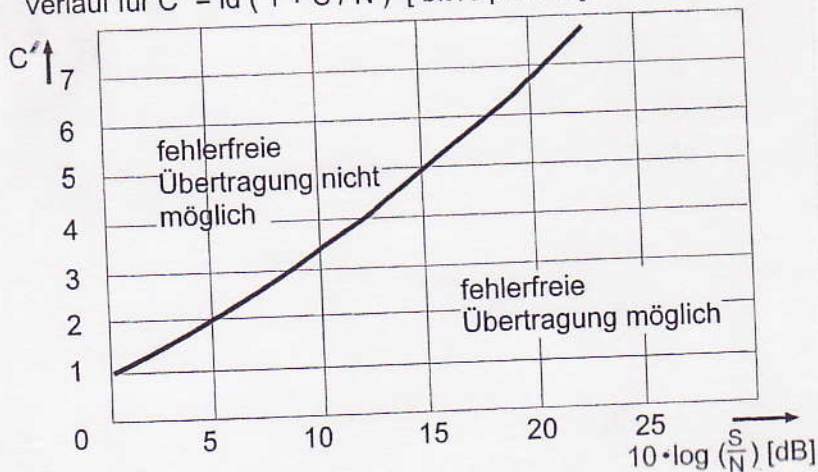
Wenn $1 + \frac{S}{N} = 64$ sind, dann ist $\boxed{\frac{S}{N} = 63}$.

Danach wurde gefragt \Rightarrow Aufgabe gelöst!

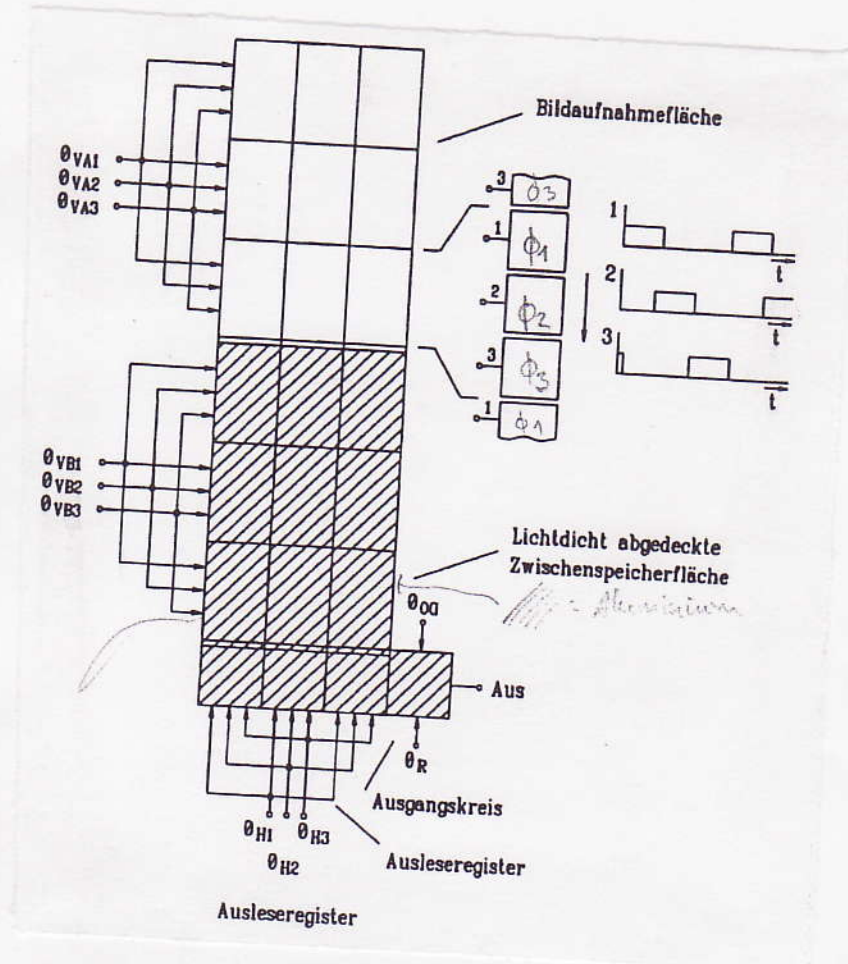
- d) Skizzieren Sie den Verlauf der spezifischen Kanalkapazität C' über S/N in dB. Schraffieren Sie den Bereich, in dem die fehlerfreie Übertragung möglich ist!

Bezogen auf ein Hertz Bandbreite ergibt sich der folgende

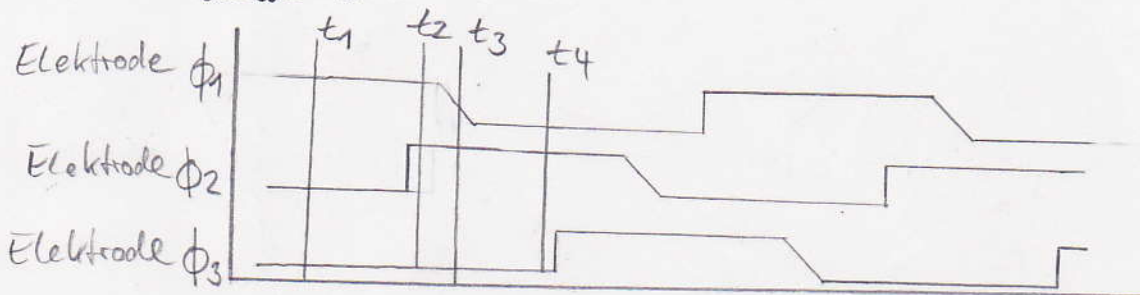
Verlauf für $C' = \text{ld} (1 + S / N)$ [bit / s pro Hz]



2) a) Skizzieren und beschriften Sie den Aufbau eines Frame-Transfer CCD-Sensors! Der Sensor soll drei Zeilen mit jeweils 3 Bildpunkten besitzen.



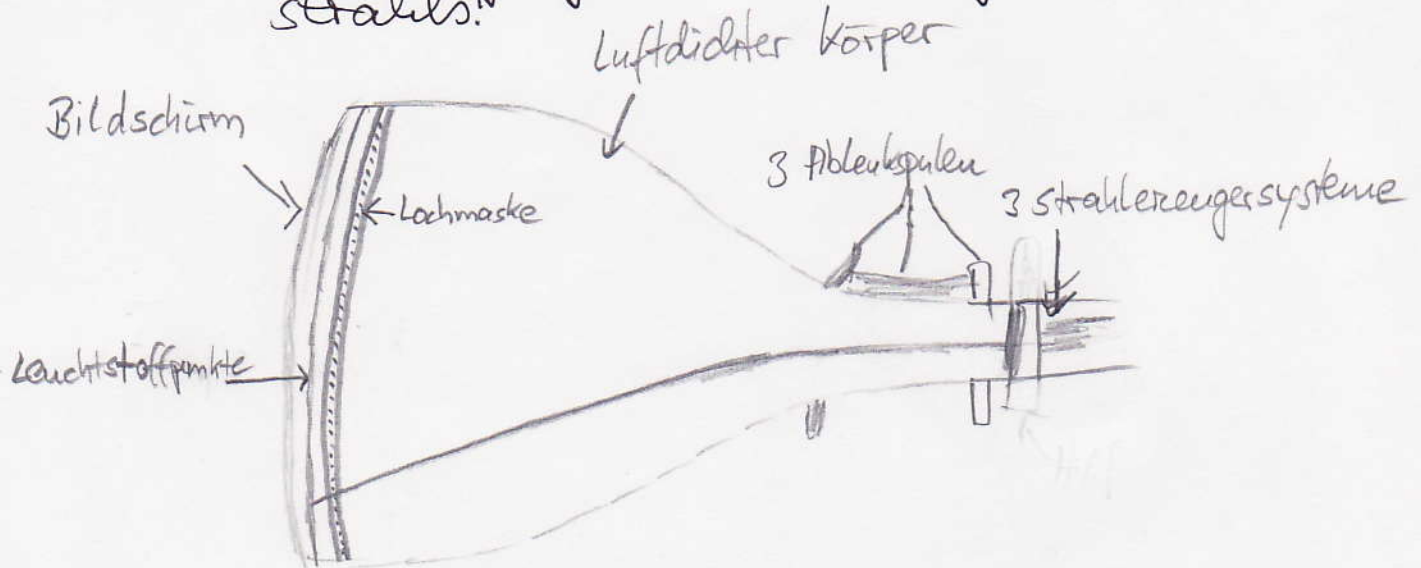
b) Erklären Sie unter Verwendung der zeitlichen Potenzialverläufe an den Elektroden den Schiebeprozess in einer CCD-Reihe aus vier Einzeldementen (Skizze)! Wie viele Taktdektroden gehören dabei mindestens zu einem CCD-Bildpunkt und weshalb?



- Zum Zeitpunkt t_1 befinden sich die Elektronen im "Elektrodenfässchen" ϕ_1 .
- Zum Zeitpunkt t_2 ist auch das Fässchen ϕ_2 geöffnet, die Elektronen verteilen sich auf beide.
- Zum Zeitpunkt t_3 wird Fässchen ϕ_1 wieder geschlossen, es läuft darauf hinaus, dass alle Elektronen in ϕ_2 landen.
- Zum Zeitpunkt t_4 haben wir die Verdrückung der Elektronen von ϕ_1 nach ϕ_2 geschafft. Während dieses Vorganges bleibt ϕ_3 durchgehend "geschlossen". Nun gehts weiter von ϕ_2 nach ϕ_3 (nach gleichem Prinzip...).

7
Zu einer solchen Verdrückung gehören mindestens 3 Taktelektroden, damit es bei der Verdrückung nicht zu einem "Elektronensee" kommt. Wenn nämlich nur zwei Taktelektroden da sind, dann sind zum Zeitpunkt t_2 alle Gefäße auf - somit wäre keine sinnvolle Verdrückung möglich!

- c) Skizzieren Sie den Aufbau einer Farbbildröhre (Kathodenstrahlröhre)!
Erläutern Sie anhand ~~der~~ der Skizze die Erzeugung und Ablenkung des Elektronenstrahls!



Wir haben die 3 Strahleregensysteme. Für die drei Grundfarben also jeweils ein System. Hier werden die β Elektronen "ausgesendet".

Da die 3 Ablenkspulen wie der Name schon sagt "Spulen" sind, erzeugen sie ein elektromagnetisches Feld. Dieses elektromagnetische Feld sorgt für die Ablenkung der ausgesendeten Strahlen.

- d) Wie bereits erwähnt werden ~~im~~ im Strahl die drei Grundfarben gesendet. Jeder Farbbildpunkt auf dem Bildschirm setzt sich aus entsprechenden Mischverhältnissen zusammen.
Die Lochmaske hat dabei die Aufgabe, dafür zu sorgen, dass jeder Strahl (der rote, grüne und blaue) jeweils auf "seine Farbe" trifft, d.h., dass ~~er~~ der rote Strahl auf den roten Leuchtstoffpunkt trifft, gleiches gilt für grün und blau.