

NORGES TEKNISK-
NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR ELEKTRONIKK OG TELEKOMMUNIKASJON

Faglig kontakt under eksamen:

Navn: Bojana Gajić

Tlf.: 92490623

**EKSAMEN I EMNE
TTT4110 INFORMASJONS- OG SIGNALTEORI**

Dato: tirsdag 7. juni 2011

Tid: kl. 9:00 - 13:00

Hjelpemidler: D–Ingen trykte eller håndskrevne hjelpemidler tillatt.
Bestemt, enkel kalkulator tillatt.

INFORMASJON

- Eksamen består av 4 oppgaver.
Maksimalt antall poeng for hver deloppgave er angitt i parentes.
- Noen viktige formler finnes i vedlegget.
- Faglærer vil gå rundt to ganger, første gang ca. kl. 10 og andre gang ca. kl. 12.
- Sensurfrist er 3 uker etter eksamensdato.

Lykke til!

Oppgave 1 (3+2+3+2+2+3=15)

Et tidsdiskret system er gitt med sin frekvensrespons

$$H(\hat{\omega}) = \frac{1}{2 - e^{j\hat{\omega}}}.$$

1a) Hvilken type filter er dette (LP, HP, BP eller BS)? Begrunn svaret.

1b) Finn en differensligning som beskriver filteret.

1c) Tegn opp direkte form 1- og direkte form 2-struktur for filteret.

Hvorfor er det fordelaktig å bruke direkte form 2-strukturen?

1d) Finn enhetspulsresponsen til filteret.

1e) Er dette et FIR- eller IIR-filter?

Er dette et kausalt filter?

Begrunn svarene.

1f) Et tidsdiskret signal, gitt ved sitt spektrum

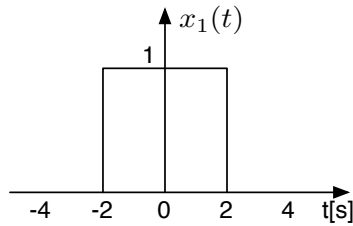
$$X(\hat{\omega}) = \frac{1}{1 + \frac{1}{2}e^{j\hat{\omega}}},$$

sendes gjennom systemet.

Finn utgangssignalet $y[n]$.

Oppgave 2 $(2+2+2+6=12)$

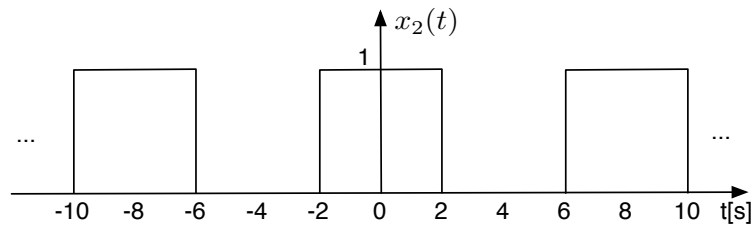
2a) Et firkantsignal $x_1(t)$ er vist i figuren under.



Vis at spekteret til signalet er gitt ved

$$X_1(\omega) = 4 \frac{\sin(2\omega)}{2\omega}.$$

2b) Følgende figur viser signalet $x_2(t)$ som er en periodisk utvidelse av signalet $x_1(t)$.

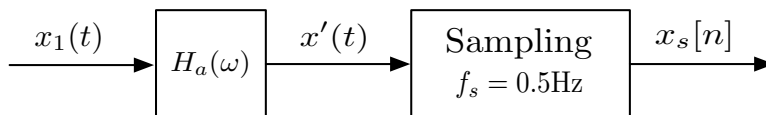


Finn spekteret til $x_2(t)$.

2c) Hva er sammenhengen mellom signalene $x_1(t)$ og $x_2(t)$ i tidsdomenet (uttrykk $x_2(t)$ som en funksjon av $x_1(t)$)?

Hva er sammenhengen mellom spektra til de to signalene?

2d) Vi ønsker nå å punktprøve signalet $x_1(t)$ med punktprøvingsfrekvens $f_s = 0,5\text{Hz}$. For å unngå aliasing bruker vi et antialiasingfilter som vist i følgende figur.



Skisser amplitudespekteret til signalet $x_1(t)$.

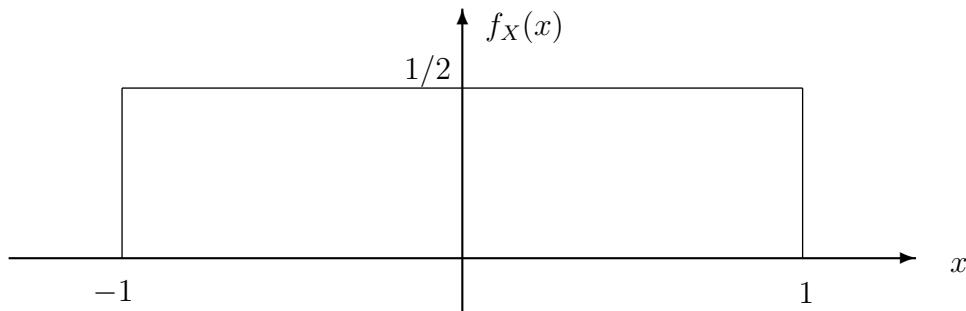
Skisser amplituderresponsen til filteret, $|H_a(\omega)|$, slik at aliasing unngås helt, samtidig som mest mulig av signaleffekten bevares.

Skisser amplitudespekteret til signalet $x'(t)$ på utgangen av filteret.

Skisser amplitudespekteret til det samplede signalet $x_s[n]$ for $\hat{\omega} \in [-3\pi, 3\pi]$.

Oppgave 3 $(3+5+3+2+2=15)$

Figur 1 viser sannsynlighetstetthetsfunksjonen til et tidsdiskret signal $x(n)$ med uavhengige punktp prøver. Signalet skal kvantiseres med en uniform kvantiserer med 8 nivåer slik at overstyringsstøy ikke oppstår.



Figur 1: Sannsynlighetstetthetsfunksjonen til $x(n)$

3a) Finn desisjongsgrensene og representasjonsverdiene til kvantisereren.

Hva er den største mulige verdien til kvantiseringsfeilen for denne kvantisereren?

3b) Beregn signal-til-kvantiseringsstøy-forholdet (SQNR) for kvantisereren og uttrykk det i desibel.

3c) Finn entropien til det kvantiserte signalet.

Vi ønsker å representere det kvantiserte signalet med en binær kode ved å tilordne et kodeord til hver representasjonsverdi.

3d) Hva er den minste kodeordlengden vi må bruke hvis alle kodeordene skal være like lange. Foreslå en slik kode.

3e) Er det mulig å designe en entydig dekodbar kode som har gjennomsnittlig kodeordlengde mindre enn i forrige deloppgave. Begrunn svaret.

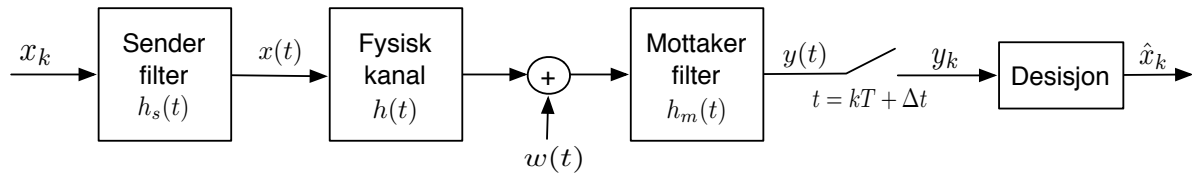
Hvis det er mulig, foreslå en slik kode og beregn gjennomsnittlig kodeordlengde.

Oppgave 4 ($4+4=8$)

En modell av en digital overføringskanal er vist i figur 2, der

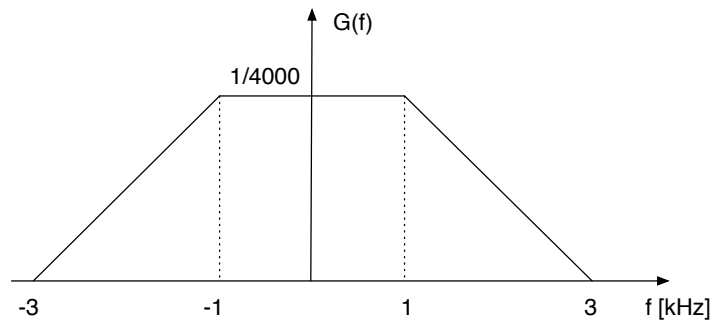
$$x(t) = \sum_k x_k h_s(t - kT),$$

T er avstanden mellom sendte kanalsymboler x_k , Δt er den totale forsinkelsen på kanalen (inkludert sender- og mottakerfilter), og $w(t)$ er Gaussisk hvit støy på kanalen.



Figur 2: Modell for en digital overføringskanal

Den totale frekvensresponsen til overføringskanalen $G(f) = H_s(f) \cdot H(f) \cdot H_m(f)$ er vist i figur 3.



Figur 3: Den totale frekvensresponsen til overføringskanalen

- 4a)** Er overføring over denne kanalen uten intersymbolinterferens (ISI) er mulig?
Begrunn svaret.

Hvis det er mulig, finn den maksimale signaleringshastigheten, dvs. maksimalt antall kanalsymboler per sekund, for ISI-fri transmisjon.

- 4b)** Finn nedre grense for signal-til-støy-forholdet på mottakeren som muliggjør feilfri overføring av signalet $x(n)$ fra forrige oppgave? Anta at $x(n)$ ble generert ved å punktp prøve et kontinuerlig signal med punktprovingsfrekvens $f_s = 8$ kHz.