

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: Mandag 3. august 2009

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.
Det er totalt 50 poeng.
- 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!

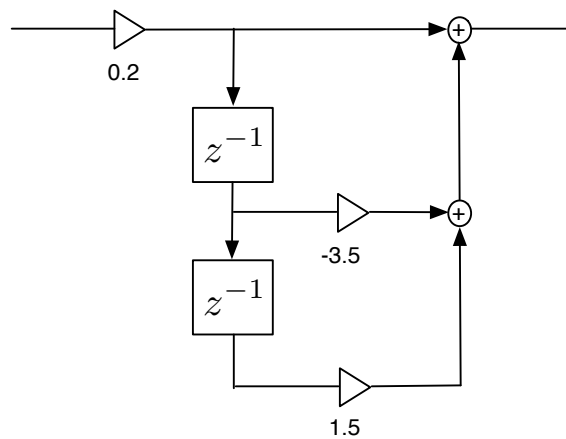
Oppgave 1 (4+2+2+2=10 poeng)

1a) Definer følgende egenskaper til et tidsdiskret system ved hjelp av systemets inngangssignal $x(n)$ og utgangssignal $y(n)$.

- linearitet
- stabilitet
- tidsinvarians

Hvilke av egenskapene må være oppfylt for at systemet skal kunne beskrives ved hjelp av enhetspulsresponsen $h(n)$?

Figur 1 viser en implementering av et digitalt filter.



Figur 1:

- 1b)** Skriv opp en differensligning som viser sammenhengen mellom inngangssignalet $x(n)$ og utgangssignalet $y(n)$.
- 1c)** Finn enhetspulsresponsen til filteret og skisser den.
- 1d)** Finn frekvensresponsen til filteret.

Oppgave 2 (3+3+6=12)

Det analoge signalet

$$x_a(t) = 2 \cos(2\pi F_1 t) + \cos(2\pi F_2 t),$$

der $F_1 = 500$ Hz og $F_2 = 1000$ Hz, punktprøves med punktprøvingsfrekvens $F_s = 4000$ Hz.

2a) Finn et uttrykk for det punktprøvede signalet $x(n)$.

Er samplingsteoremet oppfylt? Begrunn svaret.

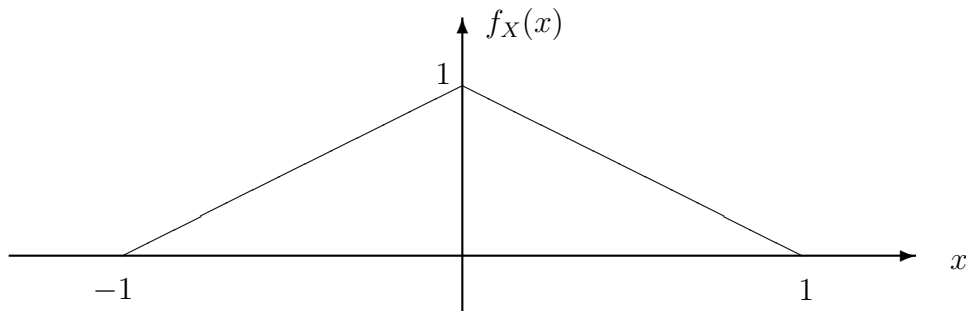
2b) Skisser amplitudespekteret til det punktprøvede signalet $x(n)$ som funksjon av digital frekvens f for $f \in [-1, 1]$.

2c) Det punktprøvede signalet $x(n)$ sendes gjennom et ideelt digitalt båndpassfilter med grensefrekvensene $f_1 = \frac{1}{10}$ og $f_2 = \frac{1}{5}$.

- Skisser amplituderresponsen til filteret som funksjon av f for $f \in [-1, 1]$.
- Skisser amplitudespekteret til utgangssignalet $y(n)$ for $f \in [-1, 1]$.
- Finn et uttrykk for utgangssignalet $y(n)$.

Oppgave 3 $(3+3+3+3+3+4+2=21)$

Figur 2 viser sannsynlighetstetthetsfunksjonen til et tidsdiskret signal $x(n)$ med uavhengige punktpøver.



Figur 2:

3a) Beregn effekten til signalet.

Signalet skal kvantiseres med en uniform kvantiserer med 8 nivåer slik at kvantiseringsstøyen minimeres uten at overstyringsstøy tillates.

3b) Finn desisjongsgrensene og representasjonsverdiene til kvantisereren.

Finn kvantiseringssteget Δ .

3c) Beregn kvantiseringsstøyeffekten og signal-støy-forholdet.

3d) Beregn entropien til det kvantiserte signalet.

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

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

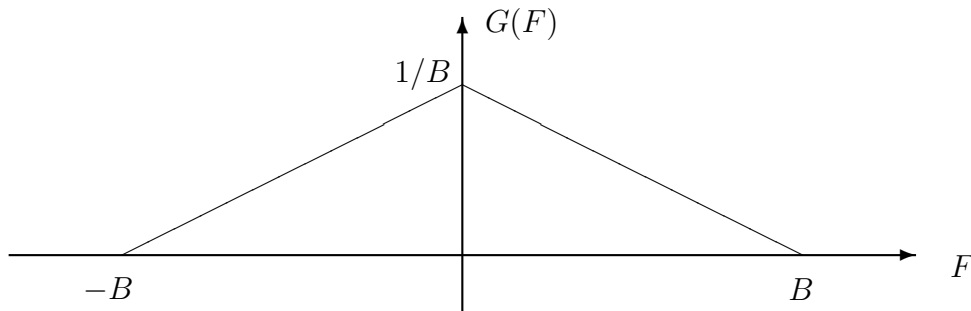
3f) Forklar fremgangsmåten for design av en entydig dekodbar kode som har gjennomsnittlig kodeordlengde mindre enn i forrige deloppgave.

Foreslå en slik kode og beregn gjennomsnittlig kodeordlengde.

3g) Hva er den nedre grensen til gjennomsnittlig kodeordlengde som kreves for å representere det kvantiserte signalet?

Oppgave 4 $(3+2+2=7)$

En kommunikasjonskanal er karakterisert med frekvensresponsen vist i figur 3.



Figur 3:

4a) Bevis at overføring over denne kanalen er mulig uten intersymbolinterferens (ISI).

Finn den maksimale signaleringshastigheten, dvs. maksimalt antall kanalsymboler per sekund for ISI-fri transmisjon.

To forskjellige kanalsymboler, $-A$ og A , sendes over kanalen med lik sannsynlighet. Anta gaussisk hvit støy på kanalen med varians $\sigma_w^2 = 1/2$.

4b) Skisser sannsynlighetsfordelingen til det mottatte signalet $y(t)$.

4c) Desisjonsgrenen i mottakeren er satt til 0.

Finn den totale sannsynligheten for overføringsfeil uttrykt ved $\text{erfc}(x)$ der

$$\text{erfc}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^{\infty} e^{-t^2} dt.$$