Projekt i transformetoder

Rikke Apelfröjd
Signaler och System
rikke.apelfrojd@signal.uu.se
Rum 72126

Målsättning

Ur kursplanen:

För godkänt betyg på kursen skall studenten kunna använda transformmetoder inom något av utbildningsprogrammets tillämpningsområden och i detta sammanhang kunna genomföra och presentera ett mindre projekt.

- Projekten är enskillda.
  - Ett utav 11 olika passiva elektriska filter ska teoretiskt utvärderas mha transformteori.
  - Resultaten jämförs med simuleringar (LTspice).
  - En skriftlig rapport lämnas in i slutet av projektet.

Deadlines och handledning

- Handledning sker
  - Via mail rikke.apelfrojd@signal.uu.se. Svar inom en arbetsdag under vecka 39-41.
  - Drop-in vecka 47-49 tisdagar och torsdagar vid lunch. Plats: hus 7 våning 2 (signaler och systems bibliotek)
  - Extra handledningstid kan ordnas via mailkontakt.

- En skriftlig rapport i pdf-format som kan läsas **oberoende av projektbeskrivningen** ska lämnas in
  - Första inlämning Senast **7 december** kl 24.00

- Senast den 14 december kl 24.00 får ni feedback

- För godkänt projektdel krävs det att alla delar av uppgiften är korrekt lösta
  - Andra inlämning (för de som behöver) Senast 21 december kl 24.00
  - Extra handledning vecka 51 tis, torsd vid lunch för ej godkända rapporter.

- Rapporter som inte lämnas in i tid eller behöver en tredje inlämning rättas i mån av tid i slutet av terminen.

Vad är transformer?

- Byte från en funktion, eller *domän*, till en annan.

“Färg”-domän

“Storleks”-domän

- Några exempel:
  - summa av polynom (Taylor)
  - summa av sinusar (Fourier)

Varför har vi transformer?

Olika operationer är olika lätta I olika domän!

Dekoration

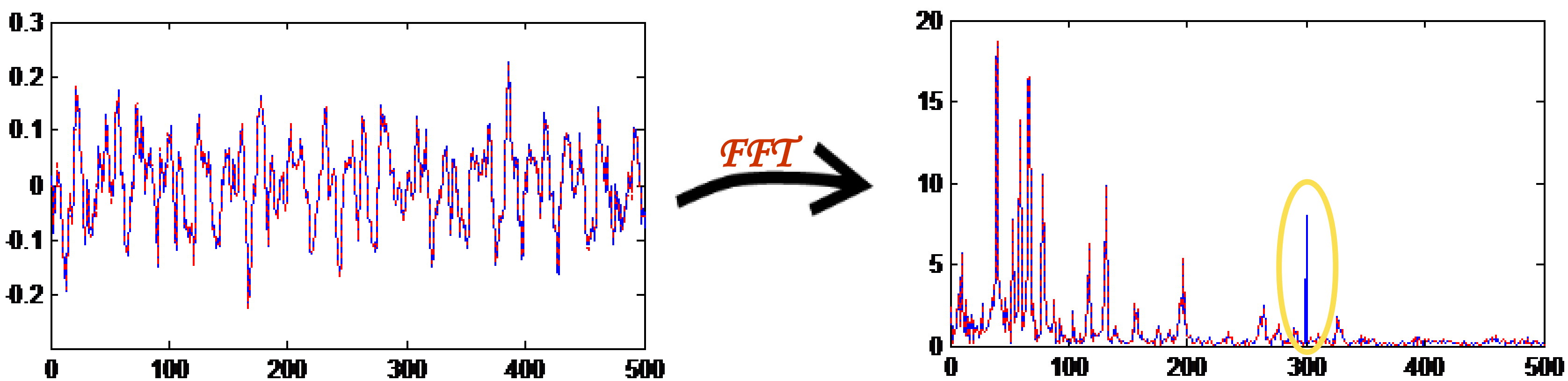
Vikt

Taylor serier:

- En funktion som är svår att derivera analytiskt kan approximeras med ett polynom kring noll och blir lätt att derivera!
- För små vinklar kan sinus för en vinkel approximeras med vinkeln – underlättar bland annat mekaniska beräkningar!

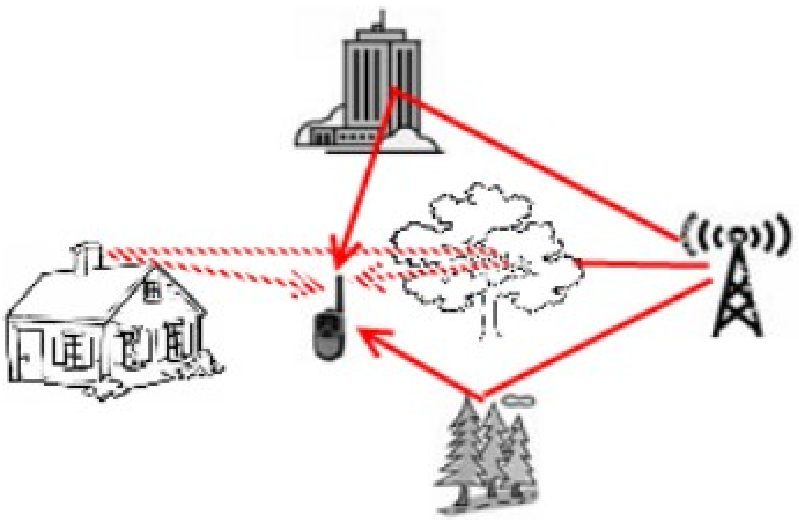
Varför är sinusar så bra?

- Ljud



Varför är sinusar så bra?

- Ljud
- Ljus

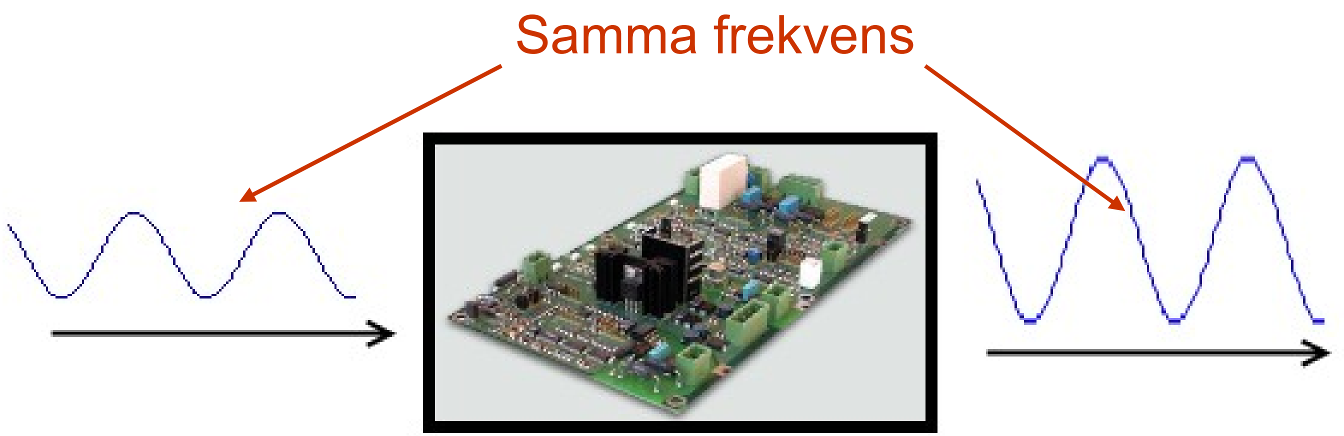


$$H = re^{i\varphi}$$

Om signalen är tillräckligt smalbandig räcker det med
ett komplext tal för att beskriva förändringen
Detta utnyttjas bl.a. i 4G

Varför är sinusar så bra?

- Ljud
- Ljus
- Elektriska signaler (AC)



Sinus in sinus ut!

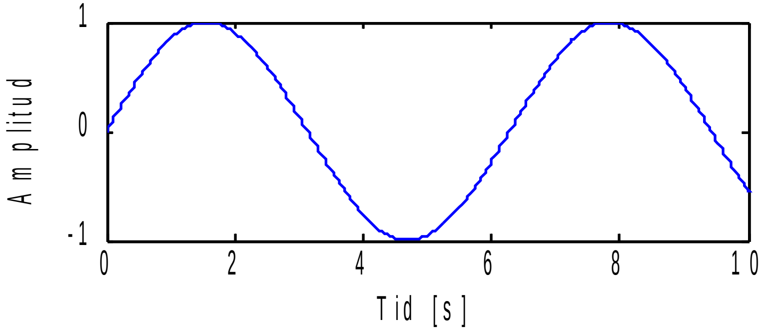
Projektuppgift

Givet ett andra ordningens filter ska ni:

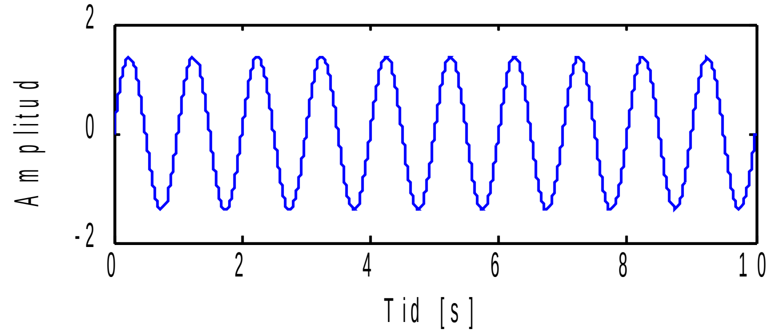
- Härleda *överföringsfunktionen* på 2 sätt
  - Mha Laplacetransformer.
  - Mha Ohms lag och *impedanser*.
- Grafiskt illustrera denna med *frekvens –och fasgång*
- Verifiera att det är korrekt överföringsfunktion mha *sinus-in-sinus-ut principen* och simuleringar i LTspice.
- Använda överföringsfunktionen för att ta fram
  - En approximation av utsignalen givet en fyrkantsvåg mha Fourierserieutveckling, sinus-in-sinus-ut principen och *superpositionsprincipen*
  - Filtrets stegsvar mha Laplacetransformering
- Verifiera ovanstående utsignaler mha simuleringar i LTspice.

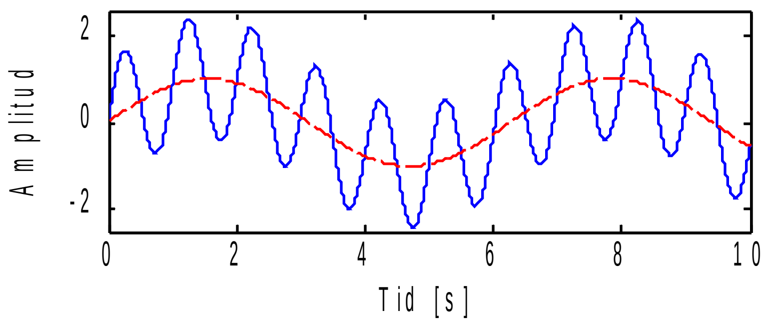
Superpositionsprinsipen

sin(t)

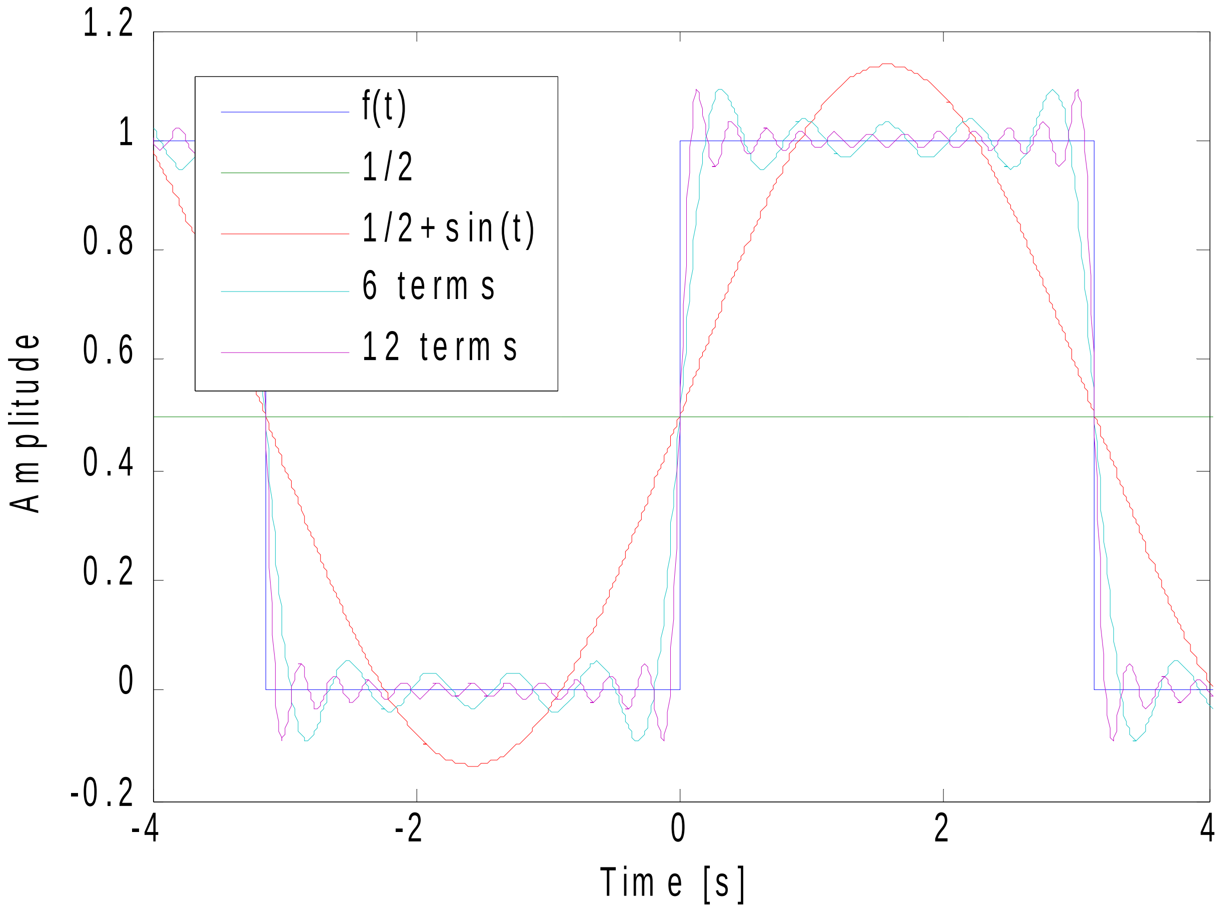


1.4sin(2πt+1)

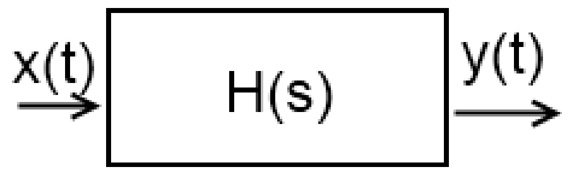




Fourierserier



Överföringsfunktionen



- Ett systems *överföringsfunktion* beskriver hur insignalen ändras
- Definieras
  - Mha Laplacetransformen: $H(s) = \dfrac{Y(s)}{X(s)}$
  - Mha Fouriertransformen: $H(j\omega) = \dfrac{Y(j\omega)}{X(j\omega)}$

Elektriska filter: fysik

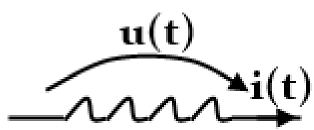
Överföringsfunktion: $H(s) = \dfrac{U_{ut}(s)}{U_{in}(s)}$

Bestäms av filterkomponenternas differentialekvationer

Resitans

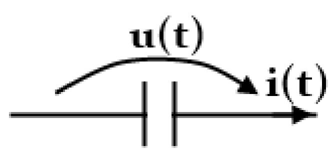
$$u(t) = R \cdot i(t)$$

Induktans



$$u(t) = L \cdot \frac{di(t)}{dt}$$

Kapacitans



$$u(t) = \frac{1}{C}\int_0^t i(t)dt$$

Elektriska filter: Impedanser

Överföringsfunktion: $H(j\omega) = \dfrac{U_{ut}(j\omega)}{U_{in}(j\omega)} = \dfrac{Z_{ut}I(j\omega)}{Z_{in}I(j\omega)} = \dfrac{Z_{ut}}{Z_{in}}$

Kan utnyttja jω-metoden

Resistorn: $Z = R$

Konensatorn: $Z = \dfrac{1}{j\omega C}$

Spolen: $Z = j\omega L$

Seriekoppling: $Z_{tot} = Z_1 + Z_2$

Parallellkoppling: $Z_{tot} = \left(Z_1^{-1} + Z_2^{-1}\right)^{-1}$

Frekvens- och fasgång

- För en specifik vinkelfrekvens ω ger $H(j\omega)$ ett komplext tal som talar om vad som händer med en sinus med frekvensen $f=\omega/(2\pi)$ Hz.

- Absolutbeloppet $|H(j\omega)|$ anger förstärkningen av sinusen
  - $|H(j\omega)|$ som funktion av ω (eller f) kallas systemets *frekvensgång*

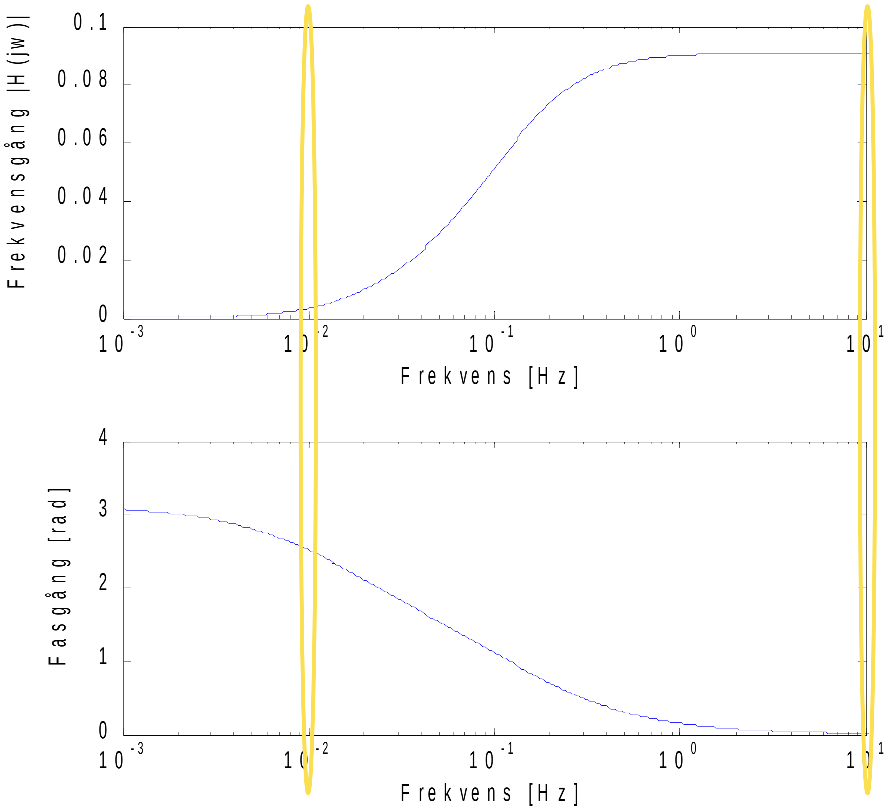
- Argumentet $\arg(H(j\omega))$ anger fasförskjutningen av sinusen.
  - $\arg(H(j\omega))$ som funktion av ω (eller f) kallas systemets *fasgång*.

- Dessa utnyttjas i *Sinus-in-Sinus-ut* principen.

Matlab demonstration 1

Sinus-in Sinus-ut principen

Vad händer när insignalen är en sinus?



Låt insignalen vara

$$x(t) = A\sin(\omega t + \varphi)$$

Utsignalen blir

$$y(t) = |H(j\omega)| A\sin(\omega t + \varphi + \arg(H(j\omega)))$$

LTspice demonstration 1

Vad gäller när signalen inte är en sinus?

- Utnyttja definitionen av överföringsfunktionen

  $$Y(s) = H(s)X(s)$$

- Summa av sinusar in -> summa av sinusar ut

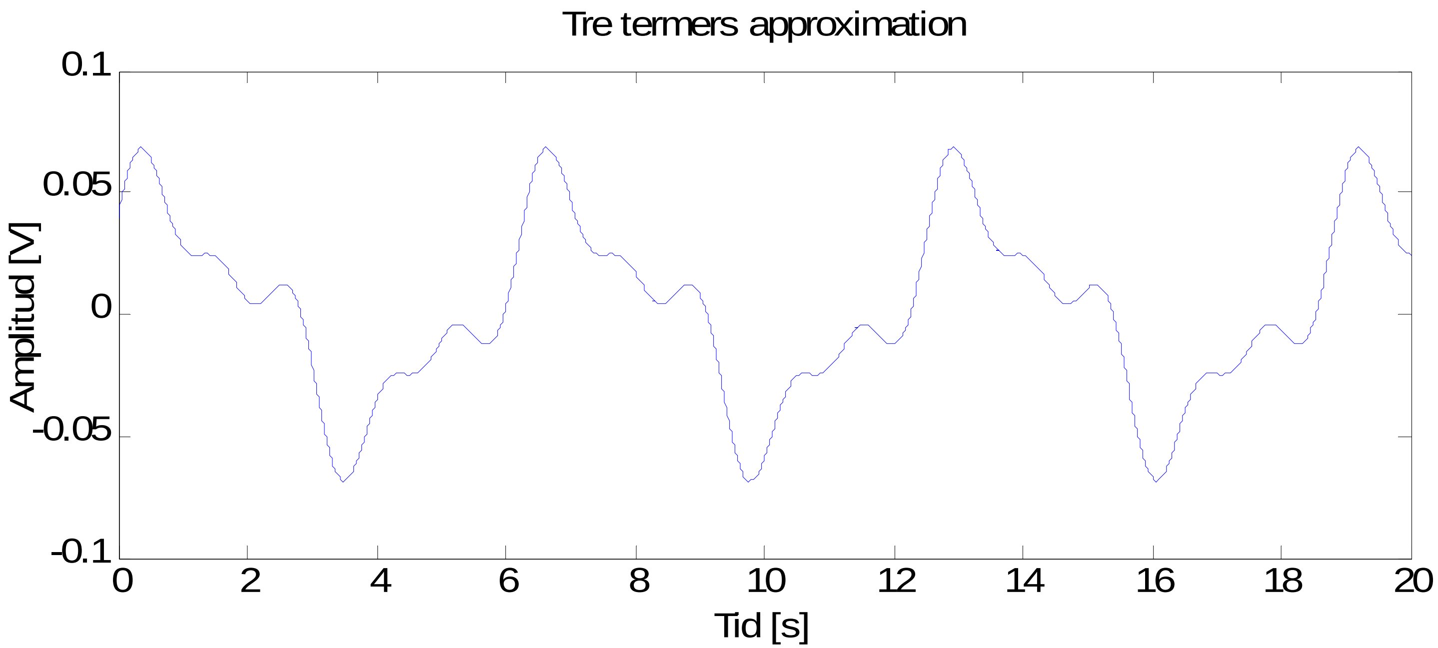
  ➢ $$x_i(t) = A_i \sin(\omega_i t + \varphi_i)$$
  $$y_i(t) = |H(j\omega_i)| A \sin(\omega_i t + \varphi_i + \arg(H(j\omega_i)))$$

  ➢ $$Y_i(s) = H(s)X_i(s)$$

  ➢ $$x(t) = \sum_i x_i(t) \longrightarrow y(t) = \sum_i y_i(t)$$

Vad gäller när signalen inte är en sinus?

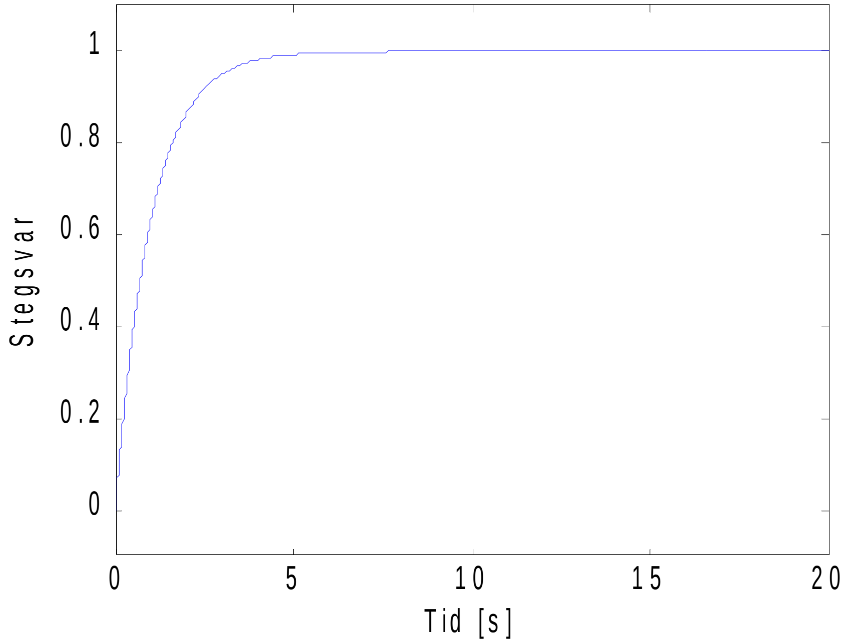
- Går det att utveckla signalen till en Fourieserie?
  - Vad händer t.ex. Om vi sänder fyrkantsvågen från det tidigare exemplet igenom filtret?



LTspice demonstration 1

Vad gäller när signalen inte är en sinus?

- Om insignalen inte är periodisk får vi arbeta i frekvensdomän via Fouriertransformen eller Laplacetransformen (beroende på insignalen)
  - Ex låt insignalen vara Heavysidefunktionen. Utsignalen kallas då för filtrets *stegsvar*.



Matlab demonstration 2

Transienta beteenden

- Sinus-in sinus-ut principen gäller bara när insignalen är en sinus (=sträcker sig oändligt framåt och bakåt I tiden)

- I praktiska sammanhang är “oändligt lång tid” bara så lång tid som det tar vårt filter att stabilisera sig.
  - Den tiden kan utläsas från stegsvaret

- Innan filtret har stabiliserat sig kan utsignalen bete sig annorlunda från den teoretiska signalen
  - Detta kallas transienta beteenden.

➢ Vid in- och utsignalsjämförelse där man utgår från sinusar ska de göras det när det transienta beteendet avtagit.

➢ När vi undersöker stegsvaret är det de transienta beteendena vi är intresserade av.

LTspice demonstration 2

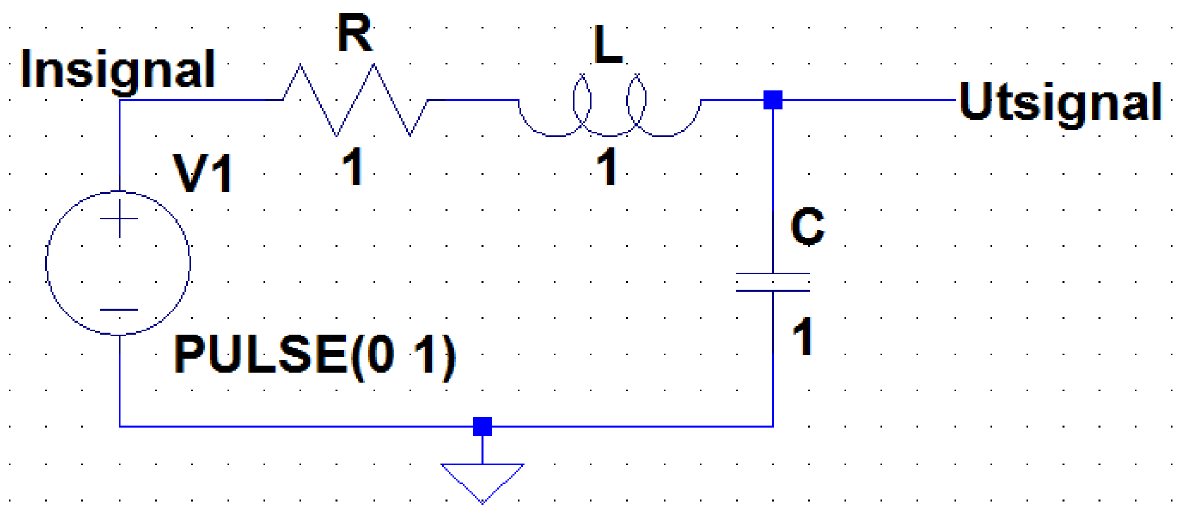
Rapportering

- Härledningar
  - Skriv med viktiga steg I härledningar men överdriv inte.
  - Skriv algebraiska uttryck när det underlättar för läsaren.
  - Definiera alla variabler.
  - Använd text för att förklara vad du gör I olika steg.

- Var tydlig
  - Skriv med villka antaganden du gjort i dina simuleringar.
  - Använd figurer och tabeller om det underlättar för läsaren.
  - Rapporten ska kunna förstås utan kännedom till projektmaterialet.

- Figurer
  - Ska refereras till I texten.
  - Spara figurerna I sitt ursprungsformat (ex .fig). Du kan få rest på dem.
  - Axlar ska alltid defineras.
  - Ta bort överflödig information ur figuren.
  - All text I figuren ska vara läsbar.

Exempel: Projketliknande filter

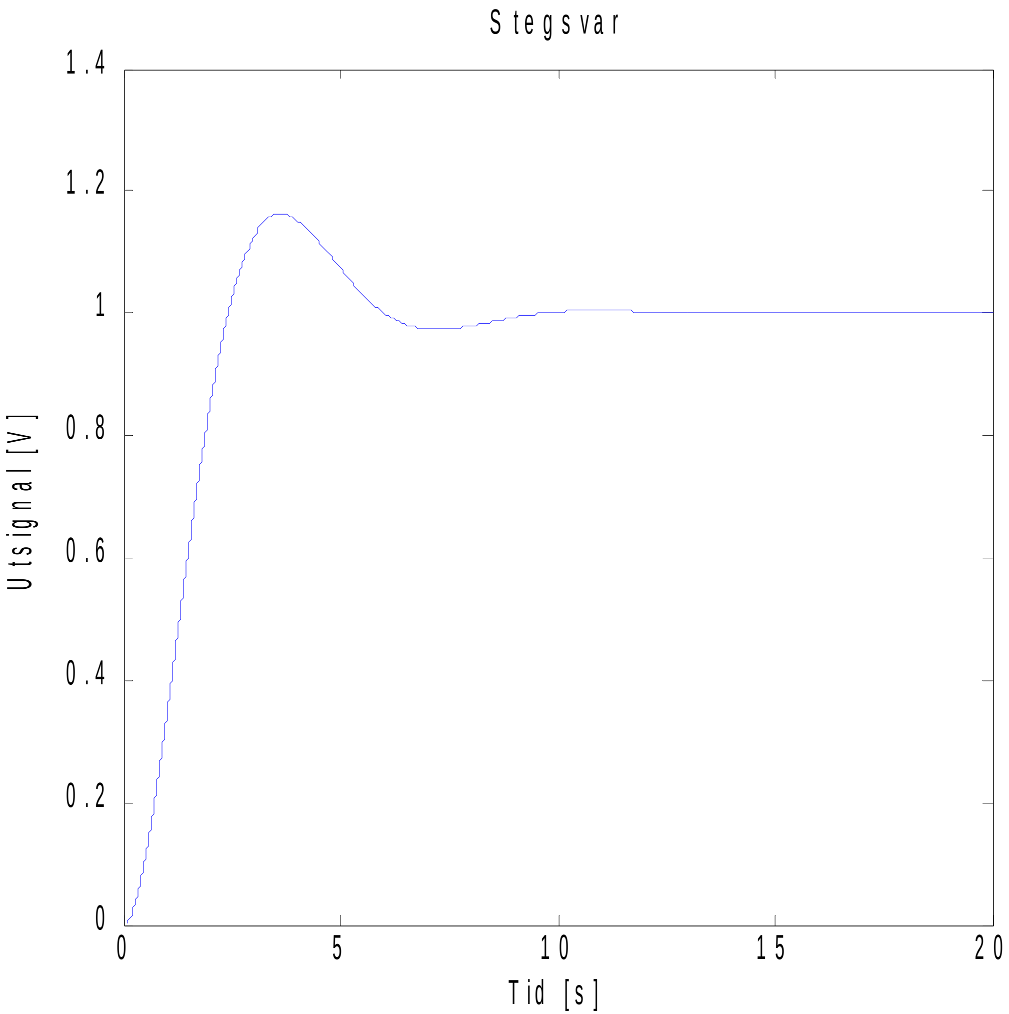


- Plotta filtrets stegsvar.
  - Hur lång tid tar det för filtret att stabilisera sig?

- Plotta filtrets frekvens- och fasgång.
  - Vilken typ av filter är det?
  - Vad händer om vi sänder $x(t)=\sin(0.2\pi t)$ genom filtret?

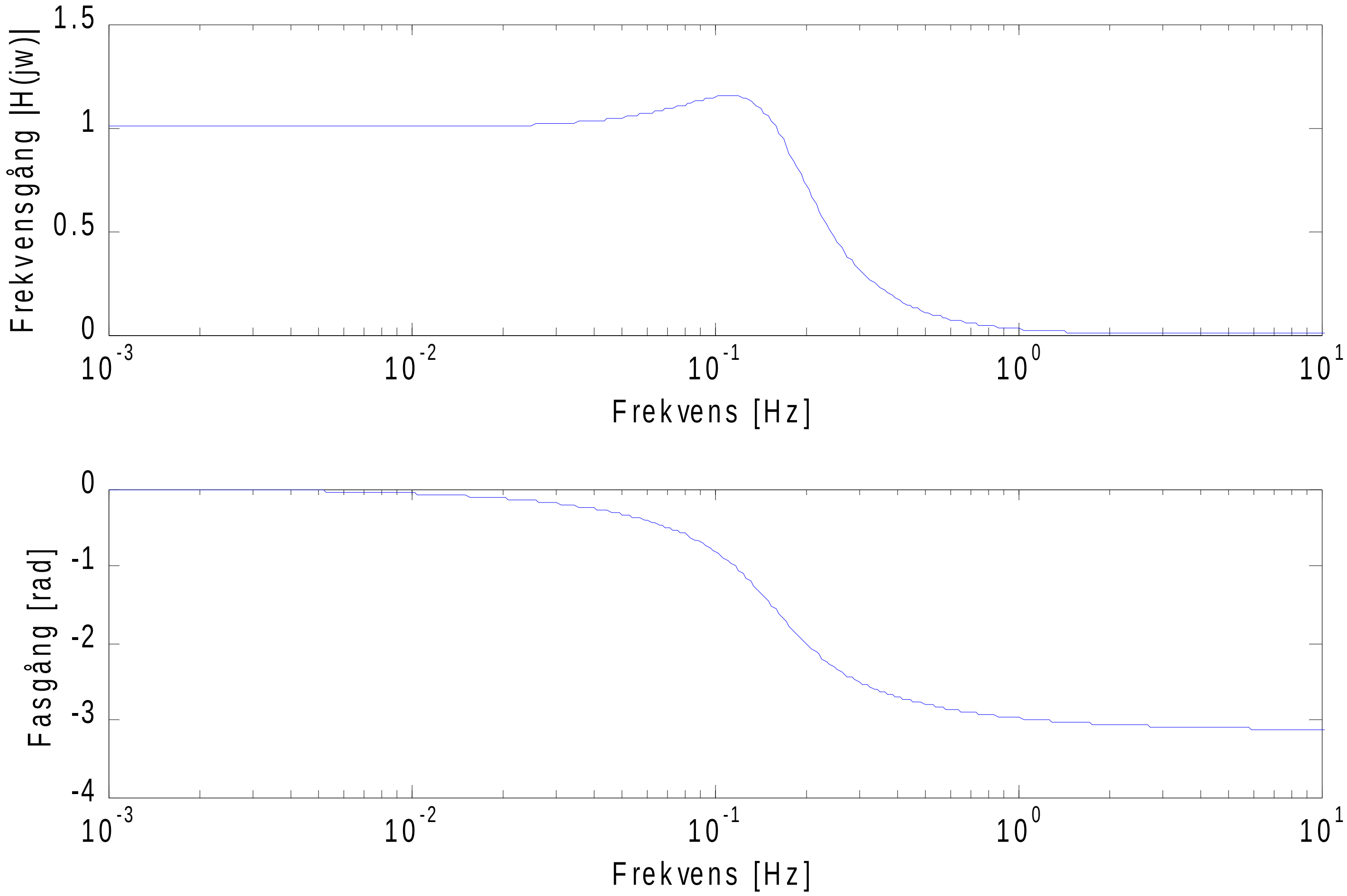
- Vilken utsignal skulle vi få givet en fyrkantsvåg som går mellan 0V och 1V med perioden 4s?

Exempel: Stegsvar

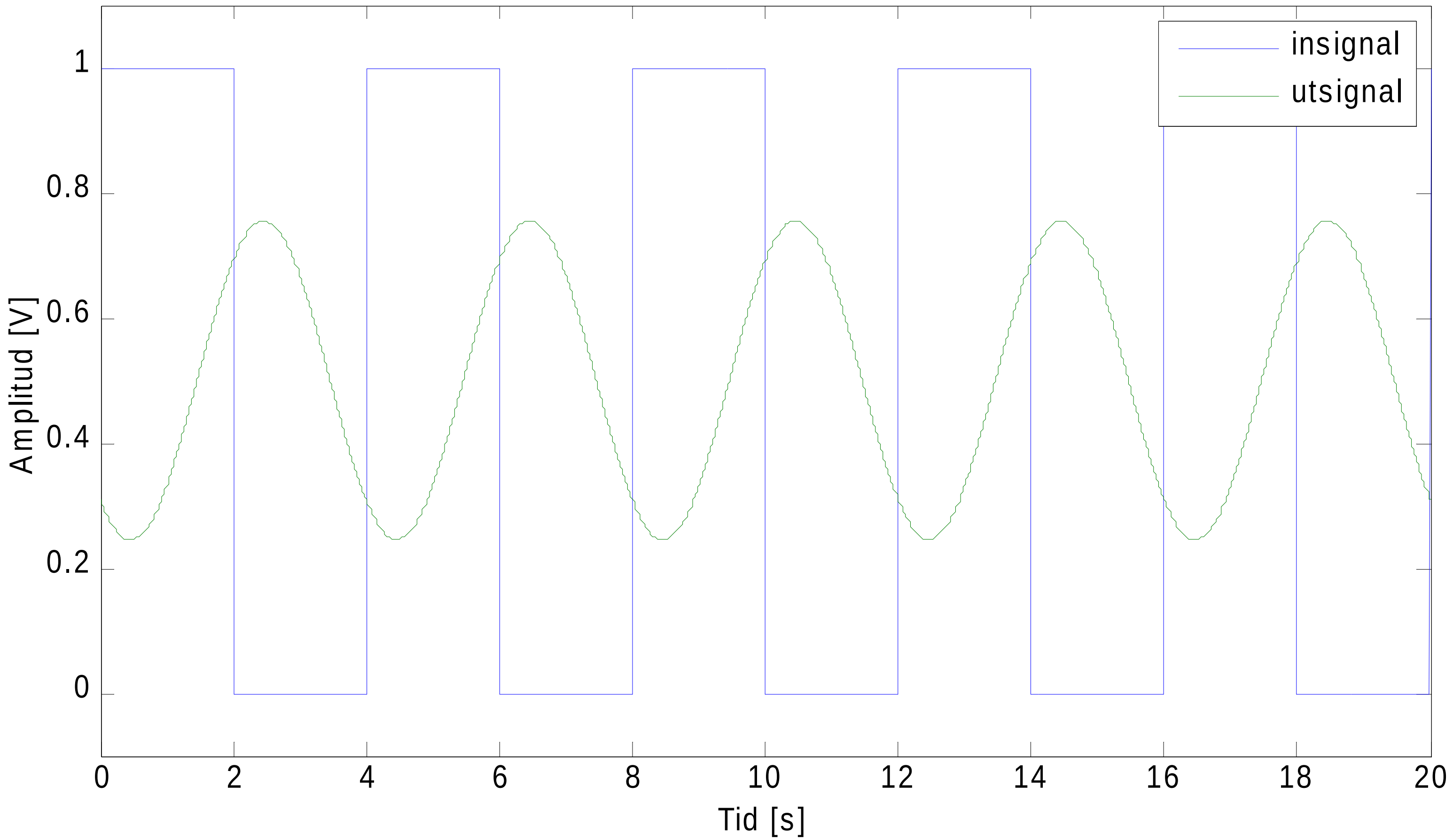


Den tid det tar för stegsvaret att nå sitt slutvärde (här 1) är den tid det tar för filtret att stabilisera sig (här ca 10s).

Exempel: Frekvens- och Fasgång



Exempel: Fyrkantsvåg



LTspice simuleringar

Lycka till!