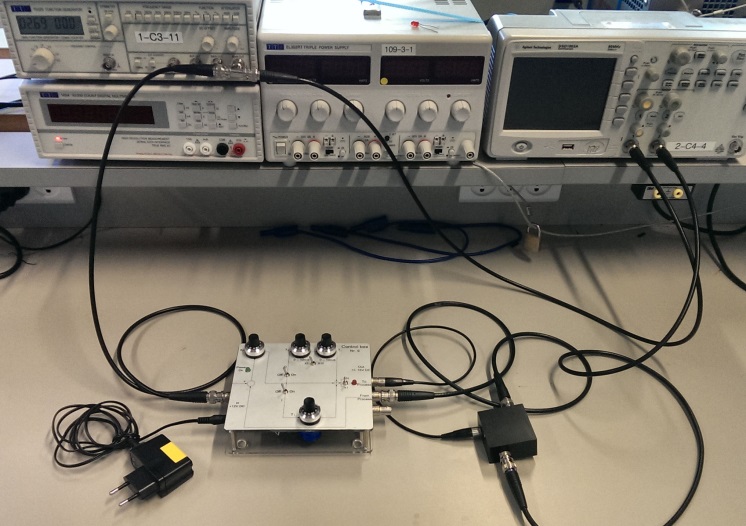
# Øvelsesobjektet

Øvelsesobjektet består af en Blackbox, der skal repræsentere en ukendt ”proces” (se billedet nedenfor). Tillige er vist en Control box med effektforsyning fra en AC-adapter samt Storagescope og funktionsgenerator

****

Blackbox

# Formål

* At illustrere brugen af stepresponse og frekvenskarakteristikker til modellering.
* Ved måling i laboratoriet, at få bestemt modellen for en "ukendt" proces: Blackbox'en
* At indøve brugen af Matlab
* At indøve brugen af samspillet mellem måling og simulering.
* At illustrere begrebet stationær fejl.

Forberedelse**:**

Uden kendskab til processens model, G(s), antages det oftest, at systemet indeholder 1-2 dominerende poler, der med tilstrækkelig nøjagtighed beskriver systemets dynamik.

I det følgende betragtes et 1.ordenssystem, et 2.ordenssystem med reelle poler samt et 2.ordenssystem med komplekse poler.

* Karakteriser hvordan stepresponset adskiller sig for disse forskellige systemer,  
  ved at beskrive sammenhængen mellem poler og dominerende tidskonstanter i stepresponset.

Stepresponsen for et 1- og 2-ordens system adskiller sig ved hældningen i t = 0. Er der tale om et 1 ordens system er denne forskellig fra 0. Derimod vil et 2-ordens system vil hældningen være præcis 0 for t = 0.

Den dominerende/laveste pol kommer til syne i gennem tidskonstanten i det målte step respons, idet den er givet ved .

* Karakteriser hvorledes Bode plottet adskiller sig for disse systemer.

Hver pol vil give et fald på -20dB/dek og en -90 grader fasedrej.

Dvs. at et 1-ordens system kun vil have et knæk på amplitude karakteristikken og et enkelt dyk i fase på 90 grader. Modsat vil et 2-ordens system have 2 knæk som tilsammen giver en hældning på -40dB/dek og et -180 graders dyk.

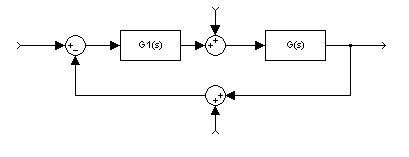
* Hvordan måles stepresponse, amplitude- og fasekarakteristik på et scope.

Stepresponse måles ved at påtrykke systemet et step for så at måle stigtid og den stationære step fejl. Amplituden og fasekarakteristikken bestemmes en sinus på systemet og derefter sammenligne amplituden og fasedrejet mellem input og output signalet.

Jvf. lærebogens afsnit 4.1-6 og 10.2+13, eller tilsvarende anden litteratur.

# Supplerende spørgsmål:

Det antages at systemets model er:  og indgår i nedenstående tilbagekoblede system.



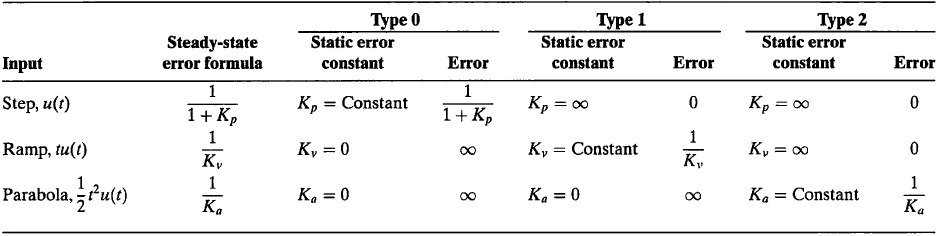
R(s)

F1(s)

F2(s)

C(s)

1. Bestem systemets stationære fejl overfor step- og rampe input, idet F1(s) = F2(s) = 0 og G1(s) = 1



1. Hvorledes kan G1(s) udformes, så fejlene reduceres

Hvis forstærkningen finder sted før forstyrrelsen indtræffer vil den samlede fejl som følge af forstærkningen minimeres.

1. Hvorledes påvirker en forstyrrelse F1(s) eller F2(s) systemets fejl

Sætter man R(s) = 0 kan man flytte G1(s) tilbage i tilbagekoblingen. Ved hjælp af feedback omskrivning får man:

Forstyrrelsen vil give en fejl på udgangen svarende til systemets svar på forstyrrelsen. Fx vil der opstå et offset hvis F2(s) er en DC. Et andet scenarie er en sinus på F1(s) som vil resultere i et sinus formet bidrag på udgangssignalet.

# Øvelsen

Control box’en indeholder en del andre funktioner, som skal bruges i de senere øvelser. Funktionen fremgår af forpladen. I denne øvelse sættes Kp = 1, kontakterne D & I = Off. Forstærkningsfaktoren x10 eller x1sættes til x1.

Udgangen ”To Process” forbindes til Blackboksens indgang og ”Out +/- 15V DC” som forsyning via mini XLR-stik

Processens overføringsfunktion T(s) = Vud(s) / Vind (s) kan bestemmes på flere måder. Den mest oplagte er måske identifikation ud fra et transientresponse, men også opmåling af amplitude og fasekarakteristik vil identificere systemet. Metoderne har hver sine fortrin, og den optimale løsning er brug af begge.

Medbring evt. et USB-memory stick, så scope-billeder kan gemmes i dokumentationen.

## **Hints til brug af Scopet**

Start med Default Setup.

Trigning: Vælg altid det pænest mulige signal at trigge på. Normalt indgangssignalet. Tryk Sweep og start med at vælge Auto. I den tilstand starter afbildningen med fast interval. Nu har du en ide om hvordan signalet ser ud og kan skifte til tilstanden Normal. Der kan du indstille det spændingsniveau signalet skal passere inden afbildningen starter. Det vil sikre et stillestående billede.

Tiden = 0 er midt på skærmen, men kan flyttes helt til venstre, så du får udnyttet skærmen korrekt. Ved meget lave frekvenser vil det tillige forhindre, at opdateringen sker langsomt.

Brug hele skærmen til den del af signalet, der indeholder information. Er der f.eks. ved et stepresponse et langt stationært forløb, så sæt frekvensen op, så systemet kun lige netop når den stationære værdi, og flyt start-punktet ud til venstre .

Vær forsigtig med Acquire / Averaging. Væsentlige dele af dynamikken kan forsvinde, men i nogle tilfælde er det fint til at fjerne støj, Averaging = 2. Intet overgår dog en visuel filtrering med hele støjindholdet vist.

Measure og Math har mange muligheder, men med blot en smule støj, er nøjagtigheden ikke god. Da er manuelt indstillede cursors bedre.

Pas på at målingerne foretages under lineære forhold, dvs. uden at noget af det anvendte udstyr er gået i mætning. Control box’en indikerer hvis mætning forekommer internt og generelt må der ikke forekomme signaler større end ± 10V. Det kan være nødvendigt at justere offset på Blackbox’en. (Potm. kærvskruen)

1. **Stepresponse.** Identificer procesmodellen G(s) ud fra et stepresponse.   
   En firkantspænding tilsluttes referenceindgangen.  
   Kun den største tidskonstant vil kunne bestemmes med sikkerhed. Hvordan får man en indikation af, at der kan være flere tidskonstanter?   
   Bestem systemets forventede overføringsfunktion ud fra denne metode. Herunder DC-forstærkning og den største tidkonstant (mindste pol).
2. **Frekvenskarakteristikker.** Identificer procesmodellen G(s) ud fra et antal målepunkter på amplitude- og fase- karakteristikken. Ud fra kendskabet til den ene pol kan et passende frekvenssweep planlægges.   
   Bemærk at scopet kan måle fase med nogen nøjagtighed (Measure).

Husk ved udvælgelsen af målefrekvenser, at der i afbildningen anvendes logaritmisk frekvensakse og dB-akse.

Forsøg efterfølgende at placere nogle rette linjer, der falder ±20-, ±40- eller ±60- dB/dekade (de asymptotiske karakteristikker), så du kan identificerer knækfrekvenserne. Korrekt identifikation kan kun gøres ved samtidig at kigge på fasekarakteristikken og også der indlægge de asymptotiske karakteristikker.

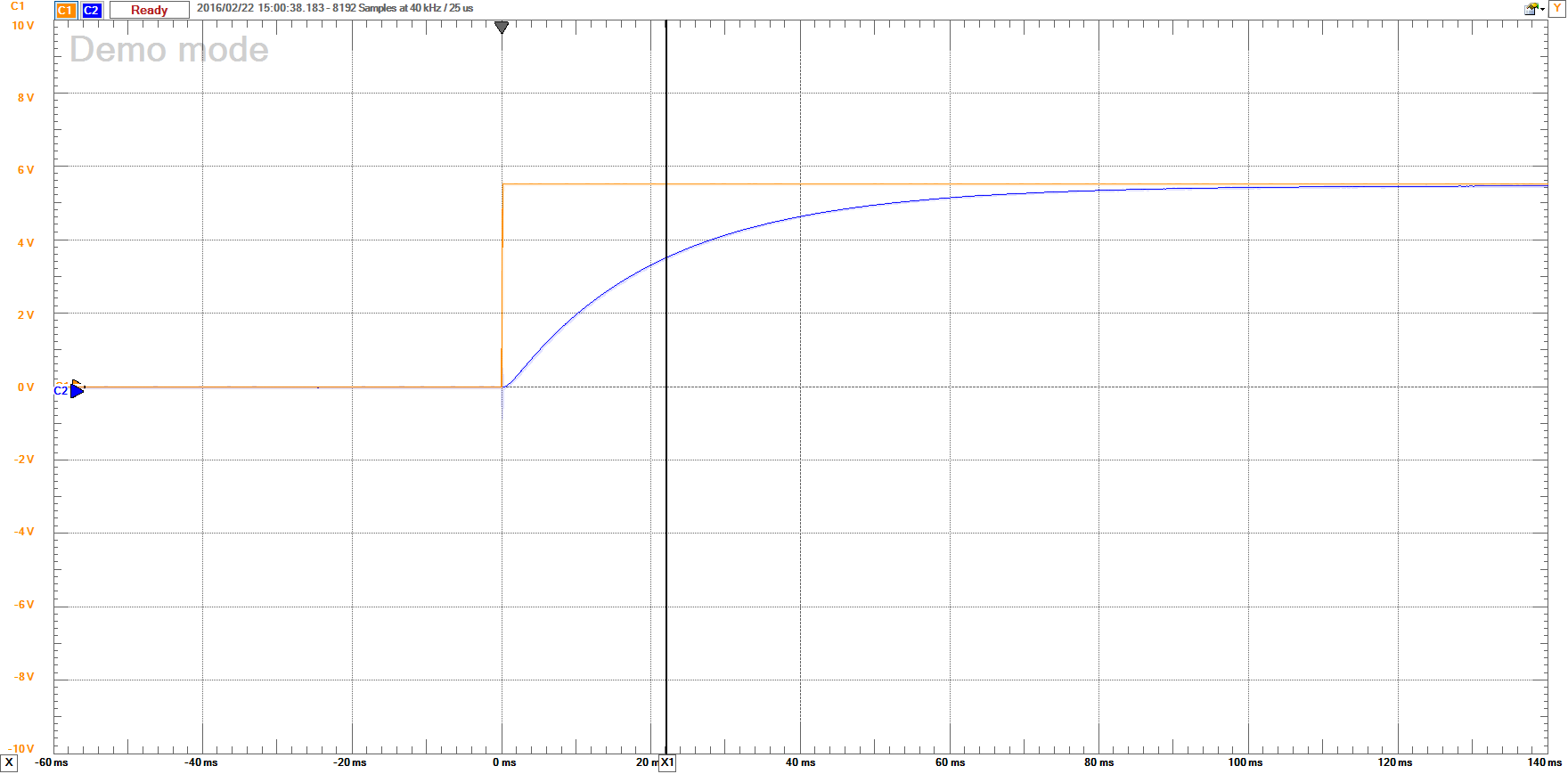
1. Luk tilbagekoblingssløjfen, ”From Process” forbindes til Blackbox’ens udgang, og mål den stationære fejl e(∞) = Vind -Vud . F.eks. kan bruges en langsom firkantspænding som i 1).Passer værdien med den teoretiske?  
   Prøv at forøge Controlbox’ens Kp og iagttag ændringen i e(∞).
2. Foretag nu en simulering af den fremkomne model i MATLAB, for at se om stepresponset og Bode-plot passer med det målte. Find så et passende model-kompromis.
3. Simuler et stepresponse når blackbox’en indgår i en lukket sløjfe med enhedstilbagekobling som i spm.3.

## Resultater:

### 1 Stepresponse

Da hældningen er 0 for t = 0 tyder dette på at der er tale om et 2-ordens system. Dette vil sige at der vil være mere end en pol i systemet.

Tidskonstanten af mindste pol aflæses til 22 ms, svarende til en pol . Derved fås en delvis overføringsfunktion for systemet:



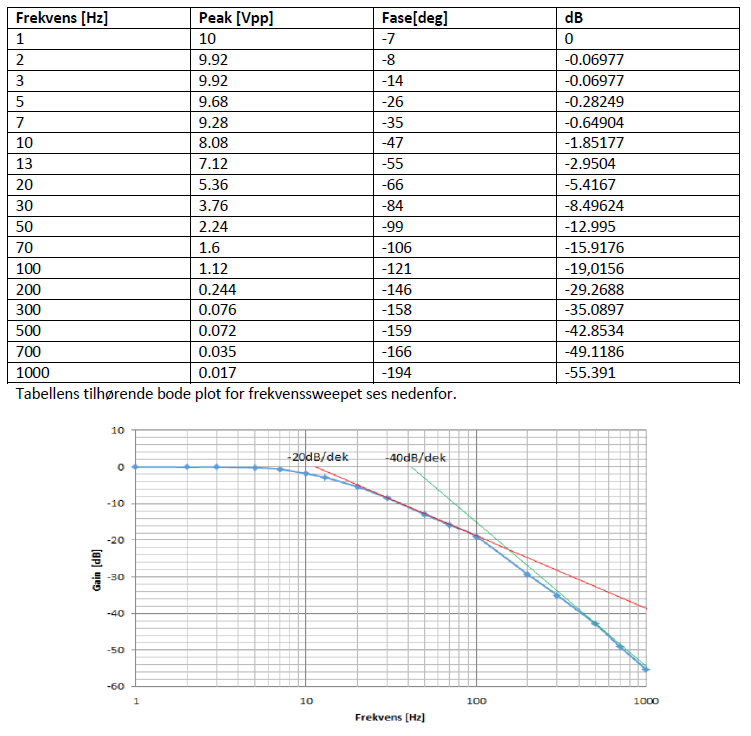
Figur 1 blackbox stepresponse. Orange viser steppet, blå viser stepresponse.

DC forstærkningen af systemet bestemmes til 1 da udgangen nærmer sig inputsignalets amplitude.

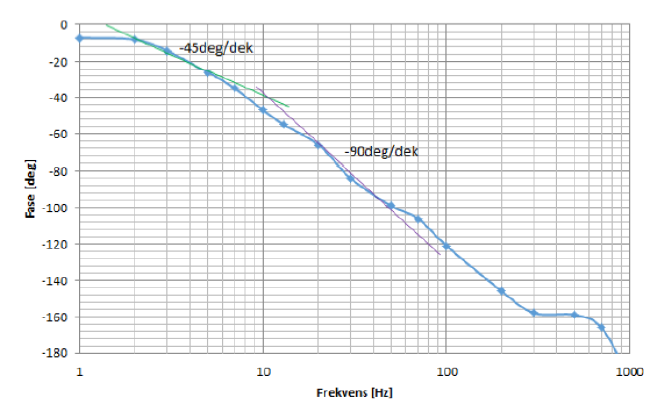
### 2 Amplitude- og fasekarakteristik

Vi forventer at se 2 poler i karakterstikkerne. Den mindste pol forventes ved frekvensen og den anden pol ved en højere frekvens.

Polernes placering bestemmes ud fra fasekarakteristikken idet, vi ved at hver pol vil give et fasedrej på -90 grader og at fasen vil være drejet -45 grader i polen.



Figur Amplitude karakteristik closed loop



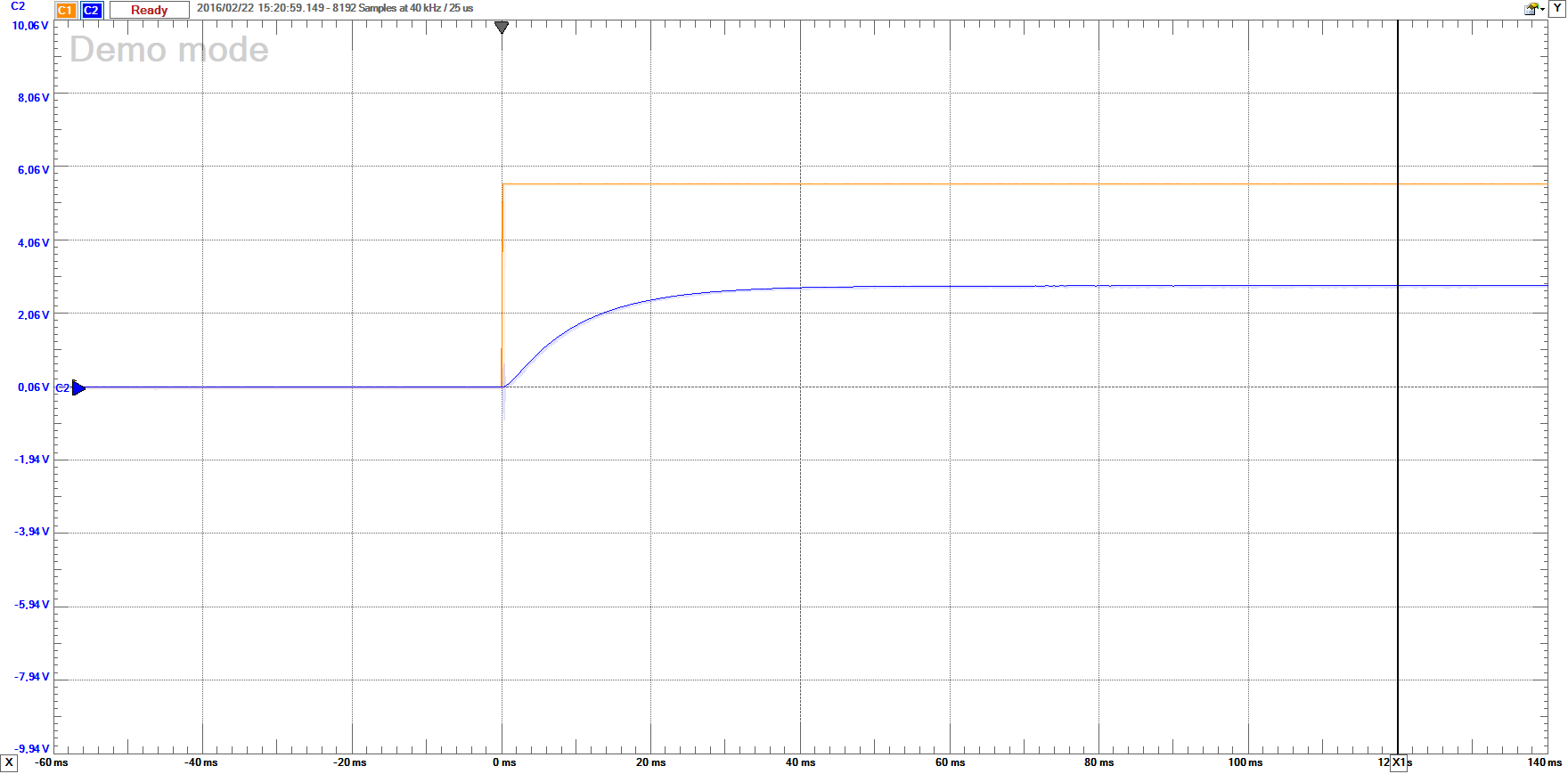
Figur 3 fasekarakteristik closed loop

### 3 Closed loop fejl

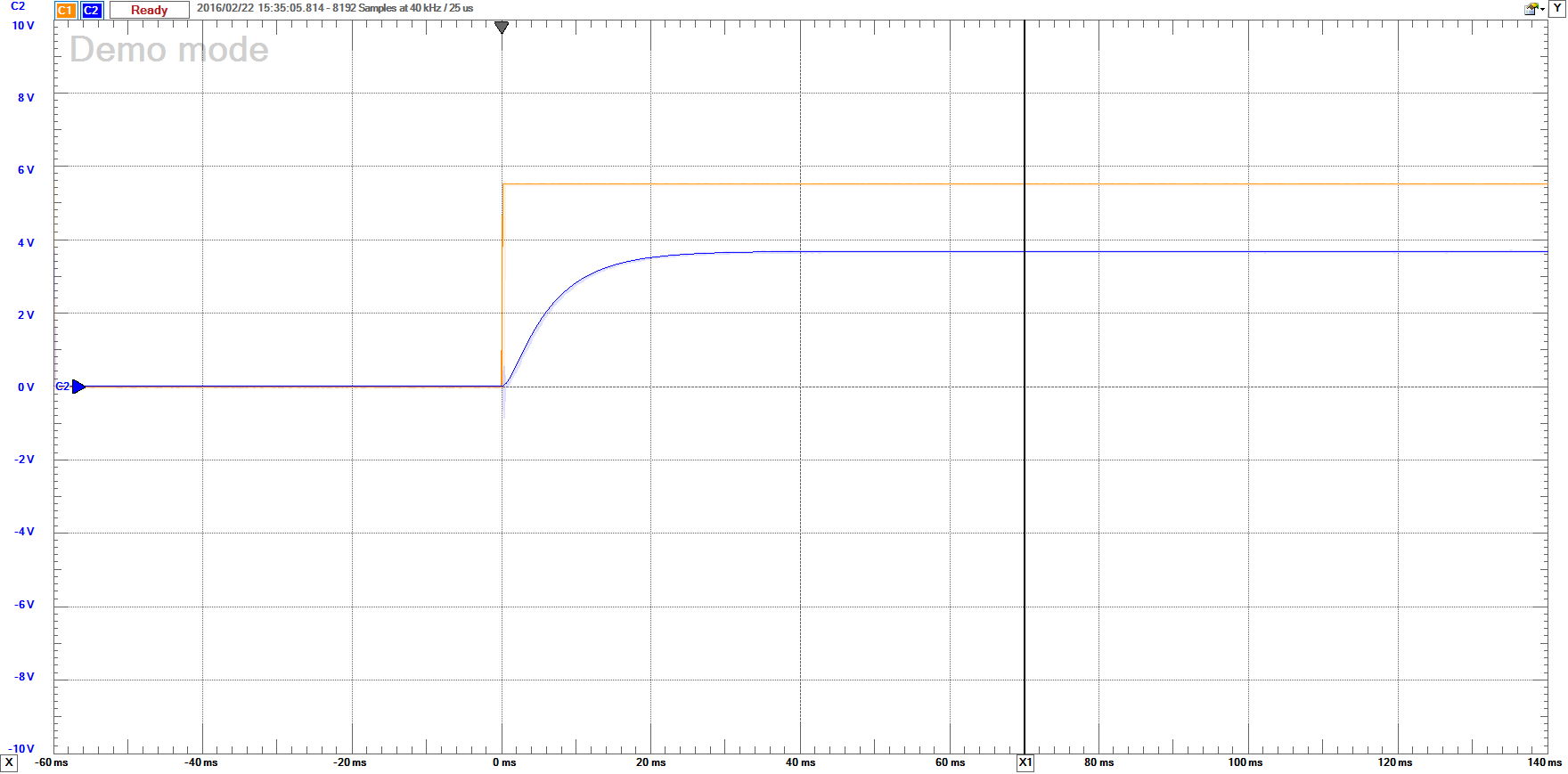
Den stationære fejl bestemmes ved at måle spændingsforskellen mellem enhedsstep og stepresponse. Det analytiske udtryk for step steady state fejlen for et type 0 system er:

Men da vi ikke sender et unit step, men en firkant med en amplitude forskellig fra 1, skal firkantens amplitude indsættes i tælleren i stedet for 1-tallet.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Kp | Analyse | Måling |
| 1 | 2.75 V | 2.70 V |
| 2 | 1.83 V | 1.82 V |

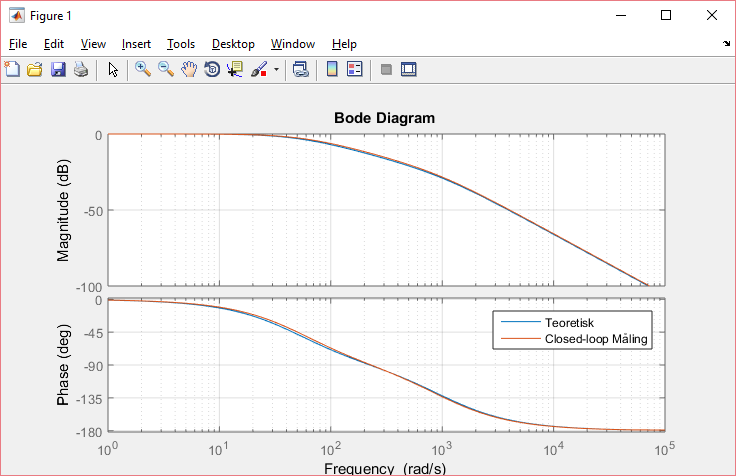


Figur 4. Måling af stationær fejl Kp = 1

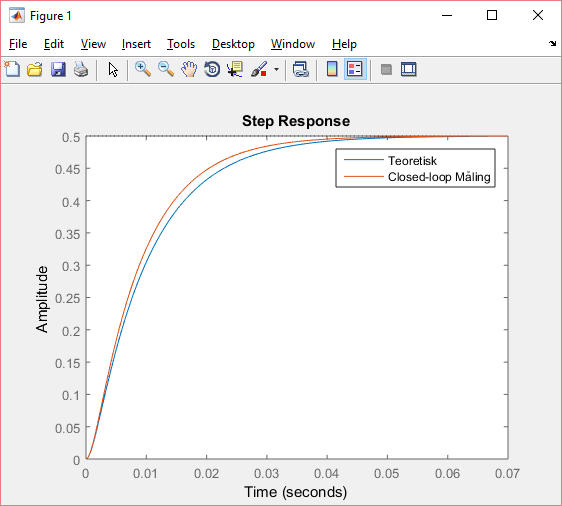


Figur . Måling af stationær fejl Kp = 2.

### Simulering



Figur bodeplot af simuleret- og målt resultat



Figur Simulering af steprespons i Matlab. Kurverne er baseret på den forventede overføringsfunktion og den målte overføringsfunktion.