**Øvelse 3**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Navn** | **Studie Nr** | **AU ID** |
| Naiyun Wu | 201404716 | AU512519 |
| Jacob Aagaard | 201404442 | AU521020 |
| Frederik Gadegaard | 201405625 | AU523317 |
| Christian Legaard | 201408498 | AU522101 |

Indhold

[Øvelsesobjektet 4](#_Toc453669463)

[Formål: 4](#_Toc453669464)

[Forberedelse: 4](#_Toc453669465)

[Matlab beregninger: 4](#_Toc453669466)

[Afbild systemets amplitude- og fase karakteristik. 4](#_Toc453669467)

[Bestem ud fra stepresponsen systemets stationære fejl og opvoksningstiden Tr  . Bestem ωφm og φm.. 5](#_Toc453669468)

[Gentag b), men nu til 30% oversving. Dimensioner Lead-regulator 6](#_Toc453669469)

[dimensioneres en PI-regulator således at den stationære fejl fjernes uden at oversvingets størrelse ændres nævneværdigt. 9](#_Toc453669470)

[PID-regulatoren: 11](#_Toc453669471)

[Eksempel på resultater: 11](#_Toc453669472)

[Øvelsen 12](#_Toc453669473)

[Systemoversigt: 12](#_Toc453669474)

[**P-regulator.** (I- og D-led slået fra) 12](#_Toc453669475)

[Juster åbensløjfe forstærkningen med Kp, og beskriv hvorledes den stationære fejl, oversvinget og opvoksningstiden påvirkes. Følg med i Bodeplottet for at forklare hvad der sker. 12](#_Toc453669476)

[Indstil den Kp -værdi, der giver ca. 5% oversving, og bestem systemets stationære fejl og opvoksningstiden. Sammenlign med simuleringsresultaterne. 12](#_Toc453669477)

[Indstil Kp så oversvinget er ca. 30% og bestem systemets stationære fejl og opvoksningstiden. Sammenlign med simuleringsresultaterne. 13](#_Toc453669478)

[**PD-regulator.** (I-led slået fra) 14](#_Toc453669479)

[Indstil nu værdierne Kp, TD og TL svarende til den beregnede Lead-regulator. Iagttag om oversvinget er reduceret til ca. 5%. 15](#_Toc453669480)

[Bestem systemets stationære fejl og opvoksningstiden. 15](#_Toc453669481)

[**PI-regulatoren.** (D-led slået fra) 16](#_Toc453669482)

[Indstil Kp  så oversvinget er ca. 5% . 16](#_Toc453669483)

[Indstil PI-regulatoren så den stationære fejl fjernes uden at oversvingets størrelse ændres. Sammenlign med forberedelsen 10-turns potentiometeret kan indstilles så TI går fra 0 til 100 ms. 16](#_Toc453669484)

[Juster TI så nulpunktet flyttes hhv. tættere på og længere væk fra fasemarginsfrekvensen. Hvad sker der med stepresponsen og settling tiden 17](#_Toc453669485)

[PID-regulatoren. 17](#_Toc453669486)

[Kobel nu både I- og D leddet ind samtidigt så godt det nu lader sig gøre med en fælles Kp faktor og forklar stepresponset. 17](#_Toc453669487)

[Simulering og realisering passer meget godt 18](#_Toc453669488)

[Forsøg derudfra at optimere systemet til 5% oversving og mindst mulig opvoksningstid , men pas på der ikke optræder mætning. Sammenlign indstillingerne med beregnede værdier fra forberedelsen. 18](#_Toc453669489)

# Øvelsesobjektet

Øvelsesobjektet består af den Blackbox, hvis model blev udmålt i en tidligere øvelse. Tillige benyttes en Control box med P-I-D indstillinger, samt oscilloscope og funktionsgenerator.

# Formål:

* at opbygge et reguleringssystem, hvor Blackbox’en indgår i en lukket sløjfe.
* ud fra givne dynamiske og statiske systemkrav, at dimensionere en P-, en PD- og en PI- regulator.
* i laboratoriet at afprøve virkningen af en P-, en PD- og en PI- regulator.

# Forberedelse:

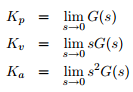
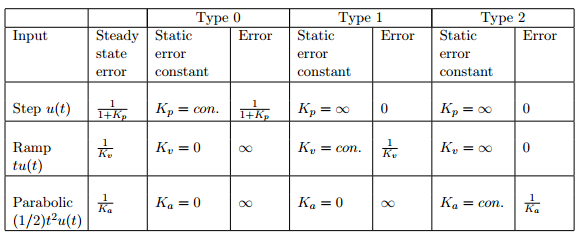
I en tidligere øvelse, er udmålt en model for Blackbox-processen. Der vil naturligvis være forskel på resultaterne, men fremover benyttes:



# Matlab beregninger:

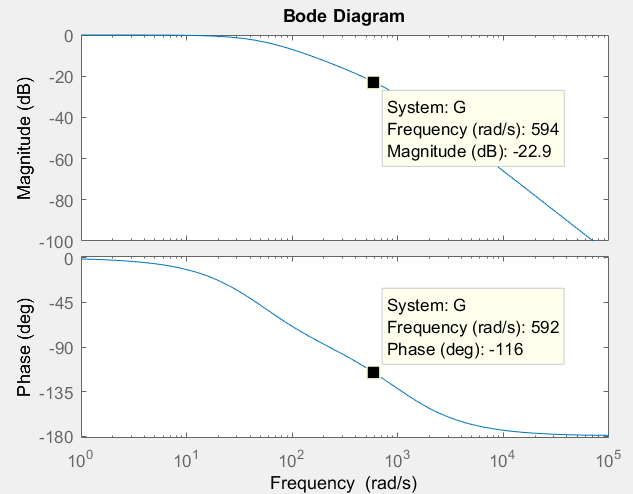
## Afbild systemets amplitude- og fase karakteristik. Skal bruges ved dimensioneringen af de forskellige regulatorer.

Det er en type 0 system da der er ingen s led i nævneren.



For type 0 system, er der en stationærfejl når et step påtrykkes på systemet.

Her under i Figur 1 ses der en figur som viser bode plottet af systemet.



Figur 1 Bode plot af G phase margin=64.6 for oversving=5%

## G(s) reguleres med en proportionalregulator (Gc(s) = Kp). Bestem ved simulering af lukket-sløjfen, den Kp-værdi, der giver 5% oversving for et stepinput. Bestem ud fra stepresponsen systemets stationære fejl og opvoksningstiden Tr . Kontroller ved hjælp af amplitude og fasekarakteristik, at den fundne værdi af Kp stemmer overens med vore åben-sløjfe designregler. Bestem ωφm og φm..

Beregning:

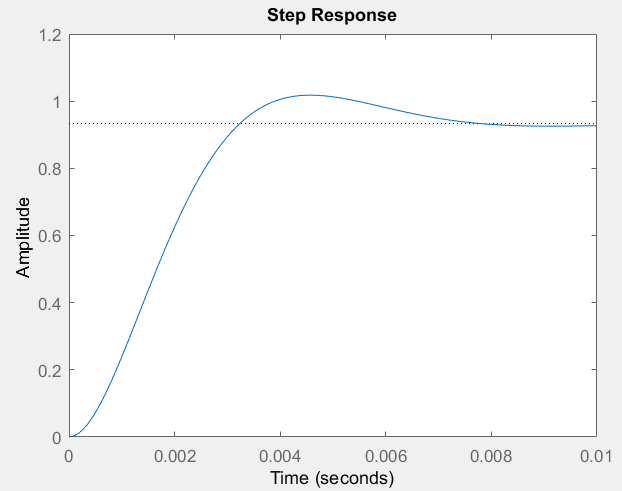




For at få 5% oversving, skal fasemargin være 64.6. På Figur 1, der kan ses phasemargin frekvensen skal være ~592rad/s

Hvis fasemargin frekvensen skal være det, så skal vi hæve forstærkningen i alle frekvenser med 22.9dB(se Figur 1). 22.9 dB svarer til 14.0

Efter kp led bliver ganget på, så kan step responset plottes



Figur 2 step response efter kp 5% OS



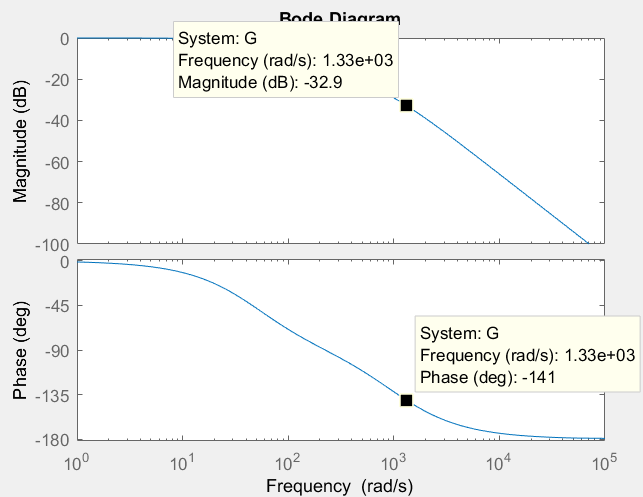
Rise time er 2.16ms og stationærfejl er 0.933.

## Gentag b), men nu til 30% oversving. Dimensioner nu en Lead-regulator, der reducerer oversvinget til 5% med samme ωφm (samme båndbredde). Bestem systemets stationære fejl og opvoksningstiden. Eftervis resultatet i Matlab.

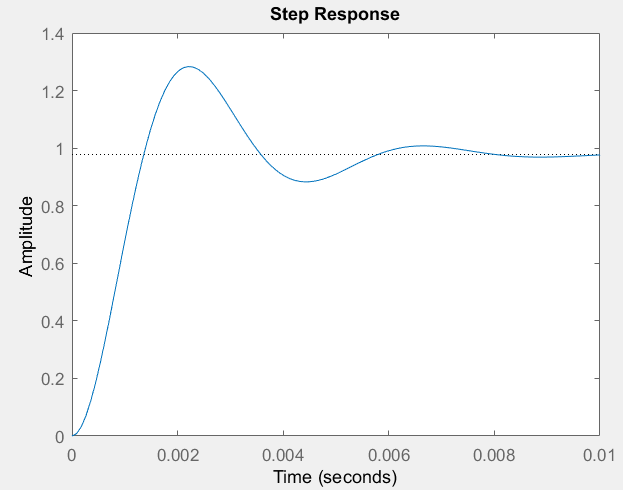
Ligesom før, skal phasemargin bestemmes. Vha formlerne:

Derefter kan phasemargin frekvensen findes på bodeplottet.

Og til sidst, hvor meget kp skal vi have til at hæve forstærkning til den rigtige værdi.



Figur 3 Bode plot af G phase margin=39.1 for oversving=30%



Figur 4 step response efter kp 30% OS

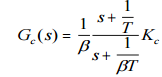
 

Til at lave en lead led, skal vi først finde hvor meget fasen skal hæves. Vi skal have fasen fra der hvor vi har 30%OS til 5%OS, dvs træk fra fasen af hinanden. Vi skal hæve fasen en ektra 7 grader pga lag led.

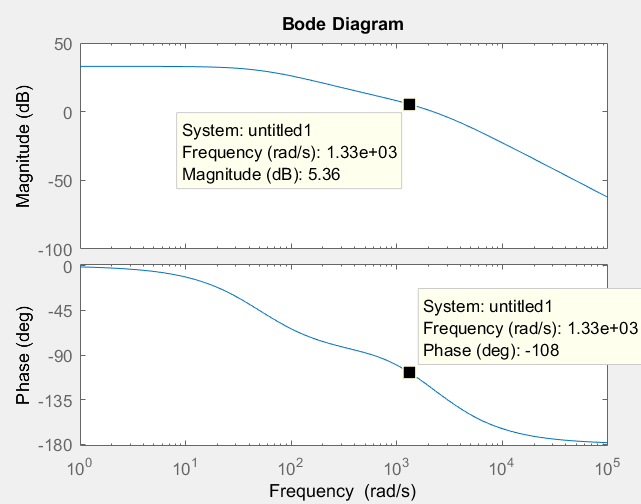








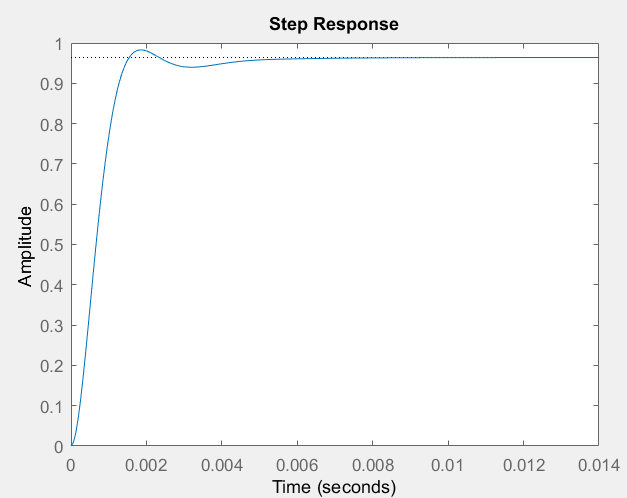
Til sidst skal vi bestemme kc, den værdi vi skal gange på til at kompenser for at der er ikke 0db forstærkning i phasemargin frekvensen. Her kan ses at vi skal dæmpe 5.36 db mere på figur 5.



Figur 5 bodeplot af G\_lead\*G uden kc



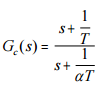
Nu er lead designet, kan vi plot feedback step responset og se på resultaerne.



Her ses at der er stadig en stationær fejl men systemet er blevet hurtiger med en hurtiger stigetid og %OS er ned til 2.67%. Dette er ikke 5% fordi vi har tilføjet 7grader ektra pga lag led.

## Med udgangspunkt i situationen fra b) skal dimensioneres en PI-regulator således at den stationære fejl fjernes uden at oversvingets størrelse ændres nævneværdigt.

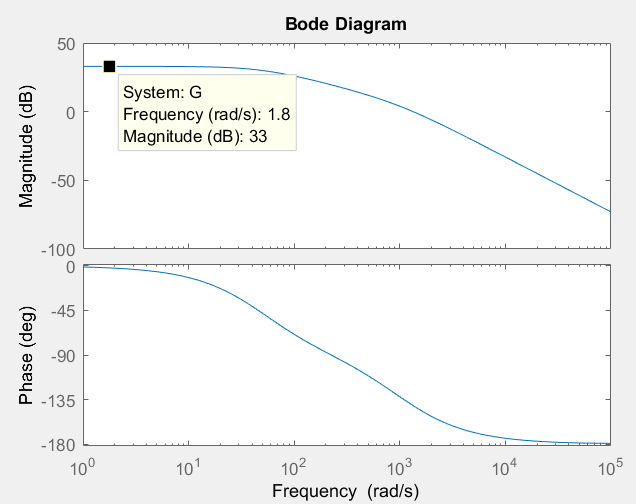


Vi skal ligge T værdi af lag led 10 gange lavere end fase margin frekvensen.

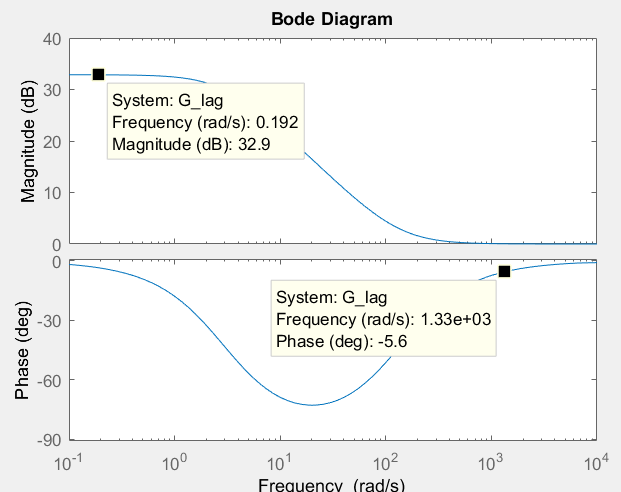


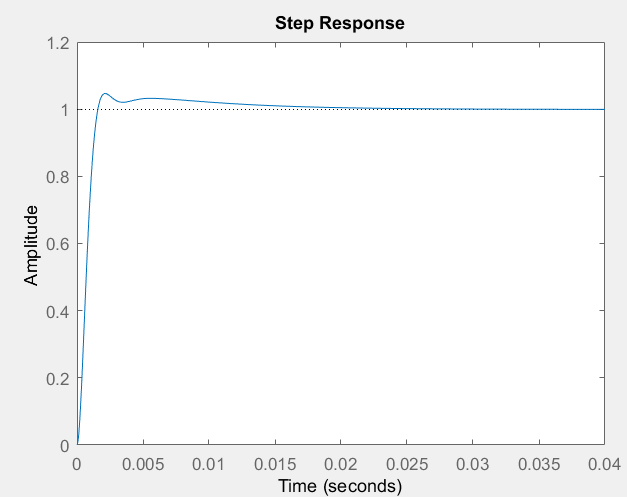


Fra b), ved vi stationær værdi er 33db. 33db svarer til 44gange. Alpha skal være 44.









## PID-regulatoren:

Den PID-regulator, der kan realiseres i øvelsen har følgende opbygning:



Vis at PD-delens overføringsfunktion



svarer til en Lead-regulator når det forudsættes at TL << TD.

## Eksempel på resultater:

Forberedelse spm.b: OS = 5% → ωφm = 476 rad/s; φm = 70o; Tr = 2,75 ms

Forberedelse spm.c: OS = 30% → ωφm = 1286 rad/s; φm = 40o; Tr = 0,957 ms

T = 1,35 ms; β = 1/3; K = 42/1,73 = 24,3

Forberedelse spm.d: Ti = 20 ms

# Øvelsen

Blackbox’en indsættes i den lukkede sløjfe. Opbygget med den Control box, der blev anvendt ved modelleringen. Det er muligt at indstille forskellige korrektionsnetværk af typen PID (PI-Lead).

## Systemoversigt:

PID-Regulator

Blackbox

+

-

Ref.

En firkantspænding på ca. ±40 mV, 20HZ, tilsluttes referenceindgangen som udgangspunkt, men må tilpasses i det efterfølgende.

Tilsluttes også et storagescope, vil der ikke være behov for yderligere instrumenter. Udgangssignalet fra Blackbox burde med symmetrisk input også være symmetrisk, men pga. offset spændinger kan det være nødvendigt at forskyde billedet, eller justere offset så det er symmetrisk.

Medbring et USB memory stick, idet det giver mulighed for at lagre scope-billeder til indsætning i et dokument.

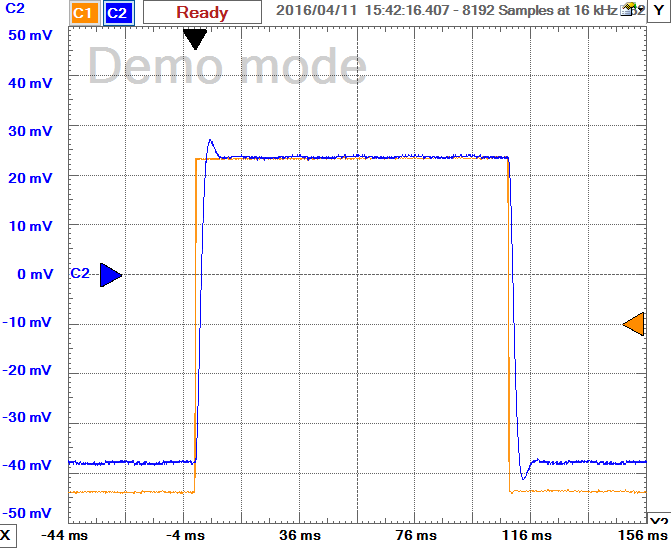
**Vigtigt!**

Teorien gælder kun så længe ingen af enhederne overstyres, hold øje med røde mætnings- diode.

### **P-regulator.** (I- og D-led slået fra)

### Juster åbensløjfe forstærkningen med Kp, og beskriv hvorledes den stationære fejl, oversvinget og opvoksningstiden påvirkes. Følg med i Bodeplottet for at forklare hvad der sker.

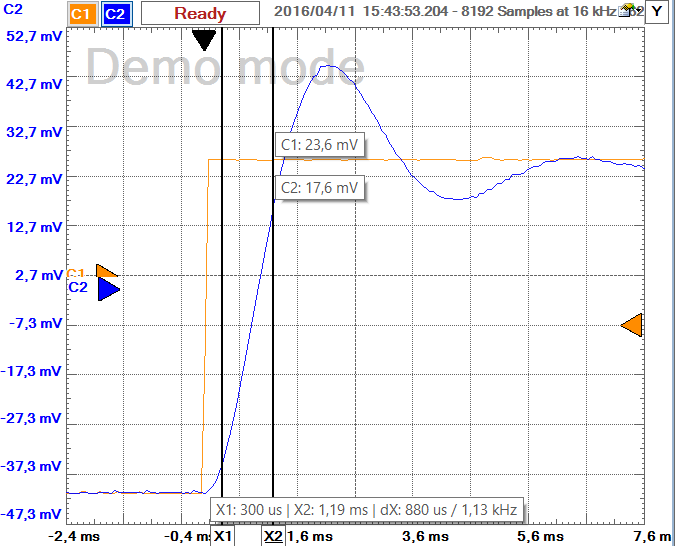
### Indstil den Kp -værdi, der giver ca. 5% oversving, og bestem systemets stationære fejl og opvoksningstiden. Sammenlign med simuleringsresultaterne.





Simulering og realisering passer meget godt.

### Indstil Kp så oversvinget er ca. 30% og bestem systemets stationære fejl og opvoksningstiden. Sammenlign med simuleringsresultaterne.

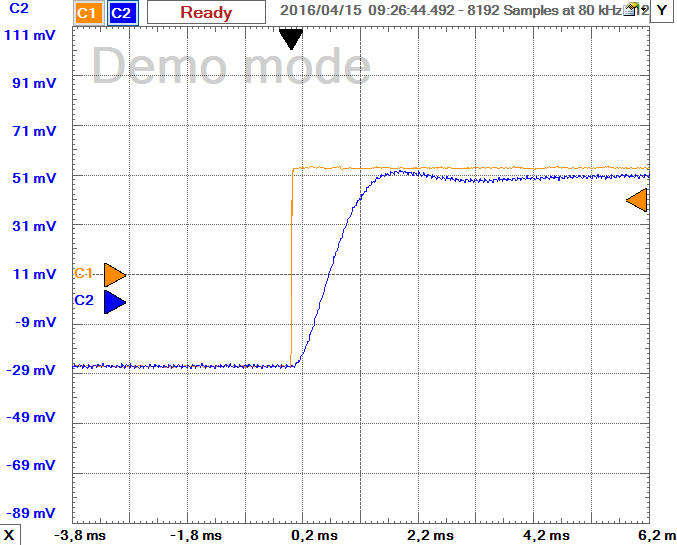


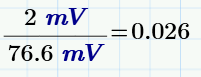
 

Realisering og simulering passer meget godt.

## **PD-regulator.** (I-led slået fra)

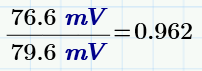
### Indstil nu værdierne Kp, TD og TL svarende til den beregnede Lead-regulator. Iagttag om oversvinget er reduceret til ca. 5%.

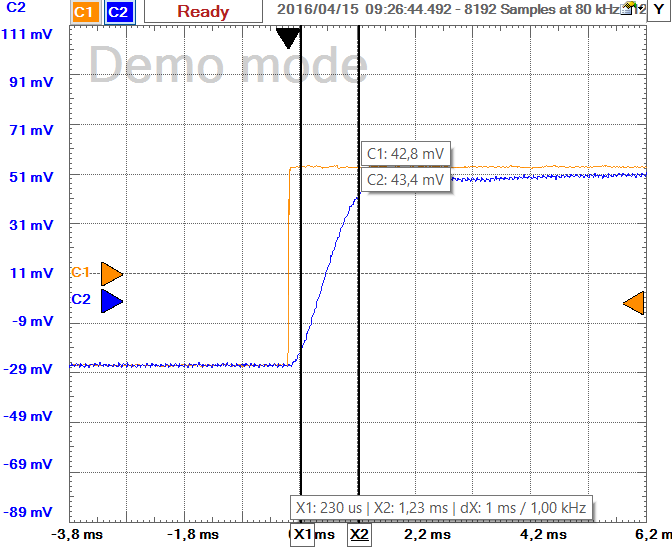




Det give 2.6%OS og ikke 5% fordi vi har sæt 6grader ektra for kompensering af lag ledet sener

### Bestem systemets stationære fejl og opvoksningstiden.





## **PI-regulatoren.** (D-led slået fra)

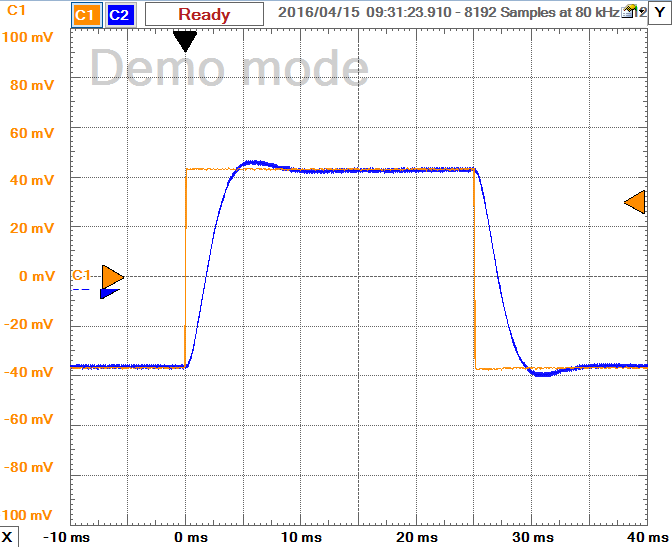
### Indstil Kp så oversvinget er ca. 5% .

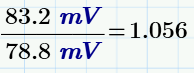
Kp=13

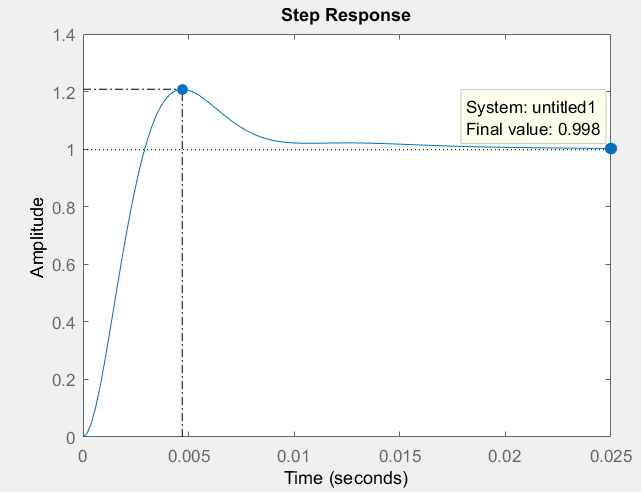
### Indstil PI-regulatoren så den stationære fejl fjernes uden at oversvingets størrelse ændres. Sammenlign med forberedelsen 10-turns potentiometeret kan indstilles så TI går fra 0 til 100 ms.

20ms realisering

7.5ms simulering





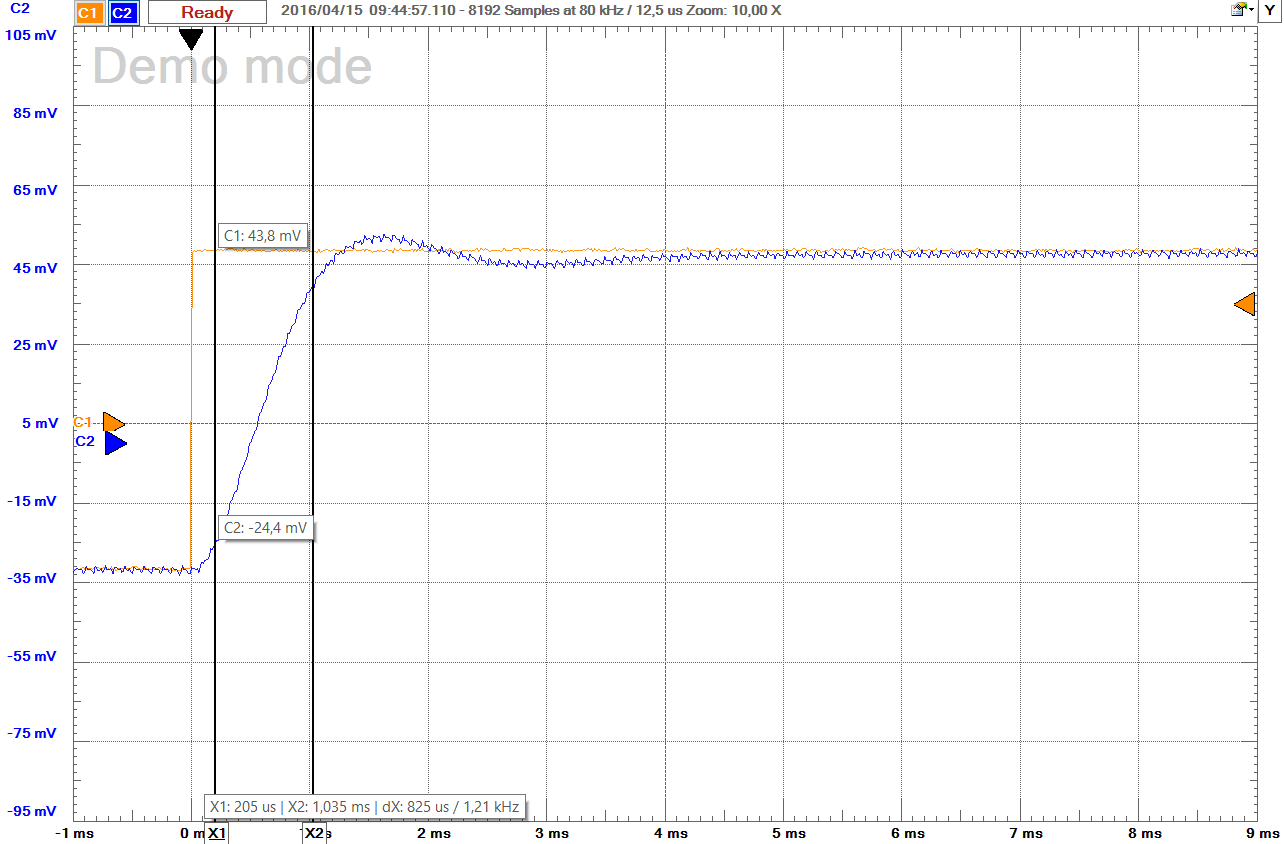


### Juster TI så nulpunktet flyttes hhv. tættere på og længere væk fra fasemarginsfrekvensen. Hvad sker der med stepresponsen og settling tiden

Tættere på betyer mere oversving og settling time

## PID-regulatoren.

### Kobel nu både I- og D leddet ind samtidigt så godt det nu lader sig gøre med en fælles Kp faktor og forklar stepresponset.



Stationær fejl er 0, oversving er ca5% og stige tid er lav.

Simulering og realisering passer meget godt

### Forsøg derudfra at optimere systemet til 5% oversving og mindst mulig opvoksningstid , men pas på der ikke optræder mætning. Sammenlign indstillingerne med beregnede værdier fra forberedelsen.