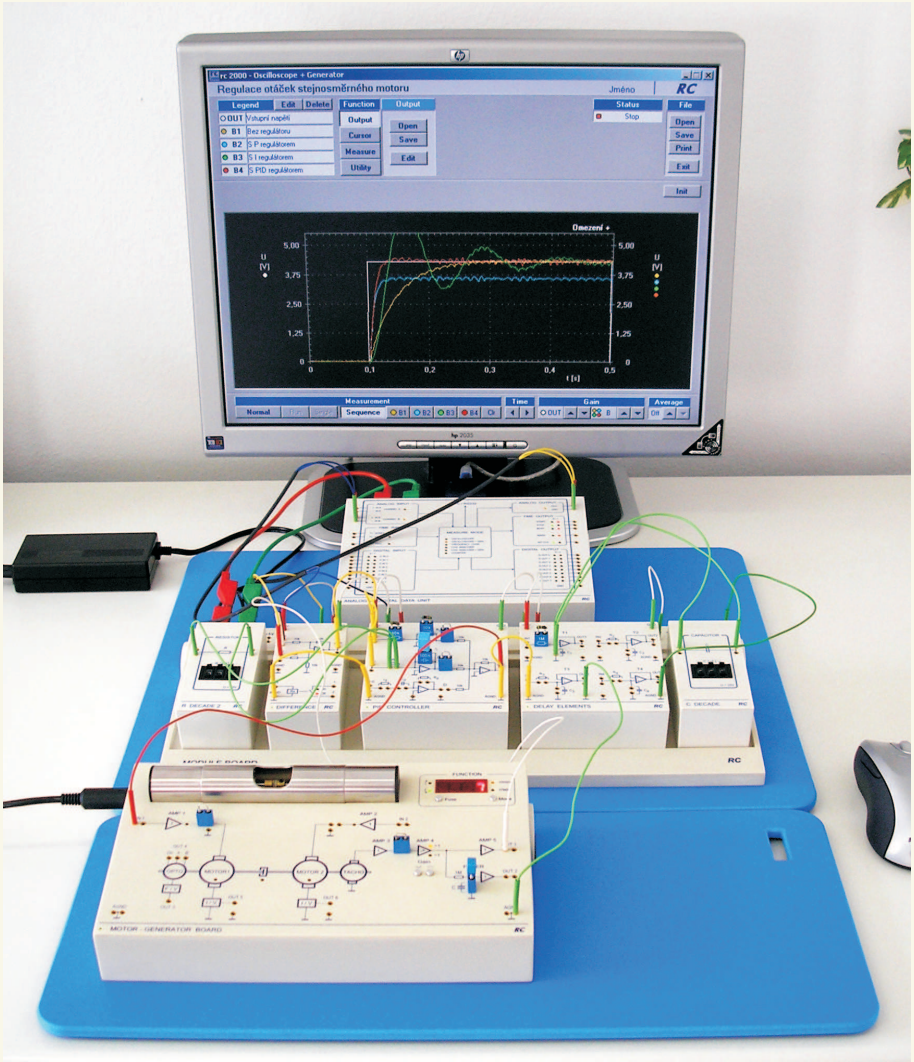
RC DIDACTIC SYSTEMS

Lehrsystem rc2000 - µLAB

Regelung



RC společnost s r. o.
přístroje pro vědu a vzdělání
Cholupická 38
CZ - 142 00 Praha 4

Tel./Fax: 00420-244 464 176
Mobil: 00420-603 158 544
E-mail: info@rcdidactic.cz
Web: www.rcdidactic.cz

Inhalt

Regelung

Zeit-Analyse von Übertragungsgliedern 2

T1 - Strecke mit P, I und PI-Regler 19

Gleichstrommotor - Drehzahlregelung mit P, I, PI - Regler 25

Zeit-Analyse von Übertragungsgliedern

Aufgabe

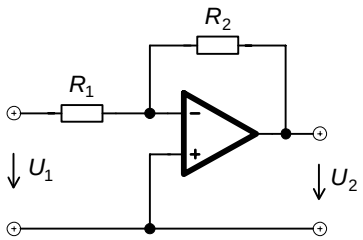
Messen Sie die Sprungantworten für P, I, D-T1, PI, PID-T1, T1 und T2 Übertragungsgliedern. Führen Sie Motor-Generator-Strecke-Identifizierung durch.

Theorie

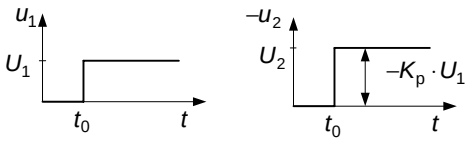
Proportionalglied P

Das Proportionalglied P können wir durch einen invertierenden Verstärker aufbauen, der auf dem Bild 1 dargestellt wird. Die Ausgangsspannung des P-Glieds wird durch die Beziehung (1) gegeben. Das Verhalten des P-Glieds auf die Sprungfunktion stellt das Bild 2 dar. Das Symbol für P-Glied finden Sie auf dem Bild 3.

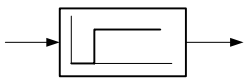
Proportionalglied P — Bild 1



Sprungfunktion — Bild 2



Symbol für P-Glied — Bild 3

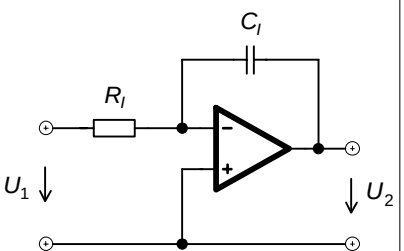


$$U_2 = -\frac{R_2}{R_1} \cdot U_1 = -K_P \cdot U_1 \qquad (1)$$

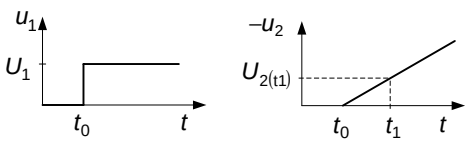
Integralglied I

Das Integralglied I können wir durch Integrierer aufbauen, der auf dem Bild 4 dargestellt wird. Die Ausgangsspannung des I-Glieds für die konstante Eingangsspannung wird durch die Beziehung (2) gegeben. Das Verhalten des I-Glieds auf die Sprungfunktion stellt das Bild 5 dar. Das Symbol für das I-Glied gibt es auf dem Bild 6.

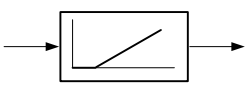
Integralglied I — Bild 4



Sprungfunktion — Bild 5



Symbol für I-Glied — Bild 6

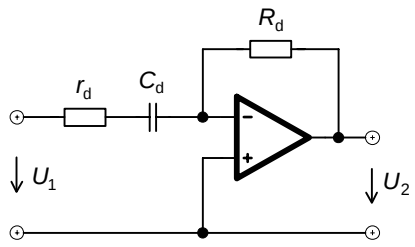


$$U_{2(t1)} = -\frac{U_1}{R_I C_I} \cdot (t_1 - t_0) \qquad (2)$$

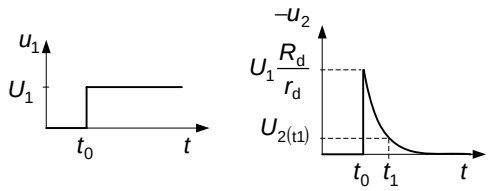
Differentialglied D-T1

Das selbständige Differentialglied wird in der Praxis nicht benutzt, weil es für hohe Frequenzen unstabil ist. Deswegen wird das Differentialglied D mit Verzögerung benutzt, das durch einen Kreis auf dem Bild 7 aufzubauen ist. Die Ausgangsspannung D-T1-Glieds für Eingangssprungfunktion wird durch die Beziehung (3) gegeben und die Kennlinie wird auf dem Bild 8 dargestellt. Das Symbol für D-T1-Glied gibt es auf dem Bild 9.

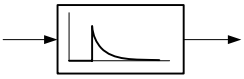
Differentialglied D-T1 — Bild 7



Sprungfunktion — Bild 8



Symbol für D-T1-Glied — Bild 9

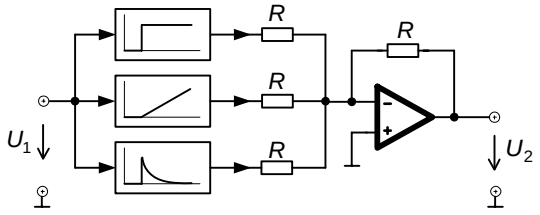


$$U_2 = -R_d C_d \cdot U_1 \frac{1}{r_d C_d} e^{-\frac{t}{r_d C_d}} \qquad (3)$$

Parallelschaltung von Übertragungsgliedern

In der Parallelkombinationen können wir die Vorteile von den einzelnen Grundgliedern benutzen. Rückwirkungsfreie Zusammenschaltung der Glieder ist mit dem Summator ausgefallen (Bild 10).

Parallelschaltung — Bild 10



PI-Glied

$$U_{2PI} = K_P \cdot U_1 + K_I \cdot U_1 \cdot t \qquad (4)$$

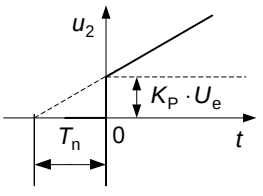
$$U_{2PI} = K_P \cdot \left(U_1 + \frac{t}{T_n} \cdot U_1 \right) \qquad (5)$$

PID-Glied

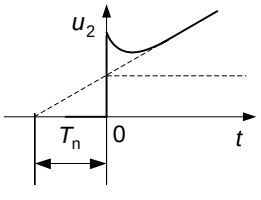
$$U_{2PID} = K_P \cdot U_1 + K_I \cdot U_1 \cdot t + K_D \frac{\Delta U_1}{\Delta t} \qquad (6)$$

$$U_{2PID} = K_P \cdot \left(U_1 + \frac{1}{T_N} \cdot U_1 \cdot t + T_V \frac{\Delta U_1}{\Delta t} \right) \qquad (7)$$

Sprungfunktion — Bild 11



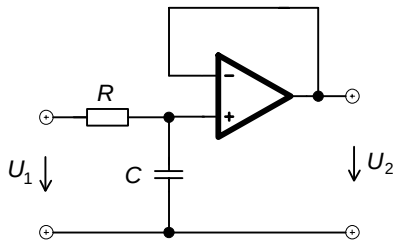
Sprungfunktion — Bild 12



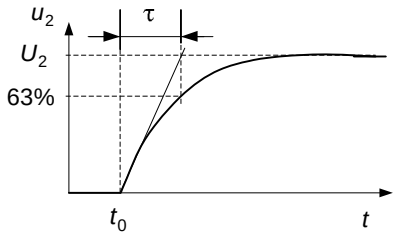
Verzögerungsglied T1

Jede Strecke mit Ausgleich besteht aus Verzögerungsgliedern, die eine verzögerte Antwort des Systems auf ein Eingangsanlass verursachen. Nach der Ausgangsantwort auf Sprungfunktion des Systems teilen wir die Systeme der 1. , 2. Ordnung bis n. Ordnung im Zusammenhang mit der Zahl von Verzögerungsgliedern, die das System beinhaltet.
Das Verzögerungsglied kann durch RC-Glied mit Impedanzwandler aufgebaut werden, der auf dem Bild 13 dargestellt wird. Die Kennlinie des Verzögerungsglieds wird auf dem Bild 14 dargestellt und wird durch die Beziehung (8) und (9) gegeben. Das Symbol für T1-Glied gibt es auf dem Bild 15.

Verzögerungsglied T1 Bild 13



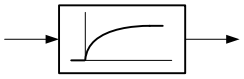
Sprungfunktion Bild 14



$$U_2 = U_1\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \qquad (8)$$

$$\tau = R \cdot C \qquad (9)$$

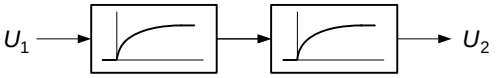
Symbol für Verzögerungsglied T1 Bild 15



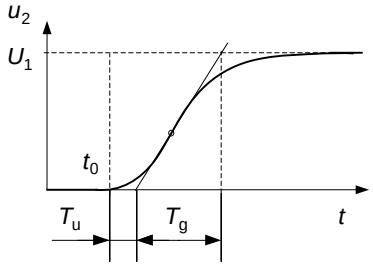
Verzögerungsglied T2

Serienkombination zwei Verzögerungsglieder- 1.Ordnung (T1) gibt das Verzögerungsglied-2.Ordnung (T2). Sprungantwort hat S-förmigen Verlauf mit einem Wendepunkt von parabelförmigem zu exponentiellem Verlauf - siehe Bild 16. Die Kennlinie des Verzögerungsglieds wird auf dem Bild 17 dargestellt. Das Symbol für T2-Glied gibt es auf dem Bild 18.
Aus dieser Kurve kann man T_u (Verzugszeit) und T_g (Ausgleichszeit) bestimmen. Verhältnis T_g/T_u definiert die Regelbarkeit einer T2-Strecke.

Verzögerungsglied T2 Bild 16



Sprungfunktion Bild 17



Symbol für T2-glied Bild 18



Hilfsmittel

Modulen
1 x MODULE BOARD 10
1 x PID CONTROLLER
1 x DELAY ELEMENTS
1 x DIFFERENCE
1 x MOTOR-GENERATOR BOARD
1 x C DECADE
1 x ANALOG & DIGITAL DATA UNIT

Elemente		
5 x R 0	1 x R 5k	2 x R 10k
1 x R 20k	2 x R 100k	1 x R 200k
1 x R 500k	2 x R 1M	2 x C 10n
1 x C 33n	2 x C 100n	

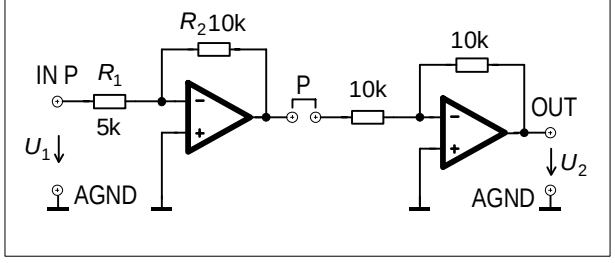
Messung

a) Proportionalglied P

Messkreis

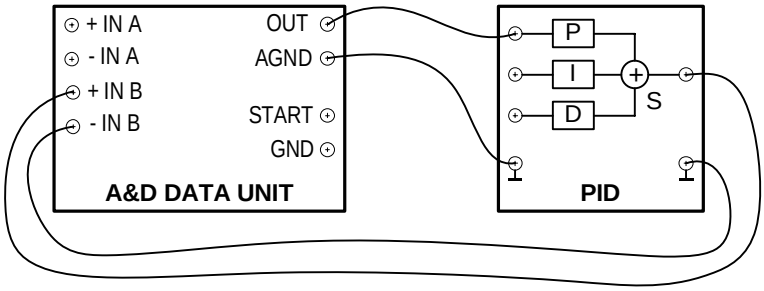
Bauen Sie auf PID Proportionalglied P im Messkreis nach dem Bild 19 auf.

Proportionalglied P — Bild 19



Schalten Sie Modul ANALOG & DIGITAL DATA UNIT im Messkreis nach dem Bild 20 ein.

Messkreis — Bild 20



Parametereinstellung

Sprungantwort stellen Sie durch Programm SCOPE+GEN mit den Parametern nach der Tabelle 1 dar. Als die Eingangangs-Sprungfunktion öffnen Sie die Datei SPRUNG1 (2V Sprungfunktion) aus dem Disk-Speicher.

SCOPE+GEN		Tab.1
Gain	OUT	1,25 V/div
	CHB	1,25 V/div
Time	10 ms/div	

Messungsverfahren

- **Memory** Für gleichzeitige Darstellung der Sprungantworten wählen Sie 4-Messzyklen.

B1 1. Messung - R_1=5k.
B2 2. Messung - R_1=20k.

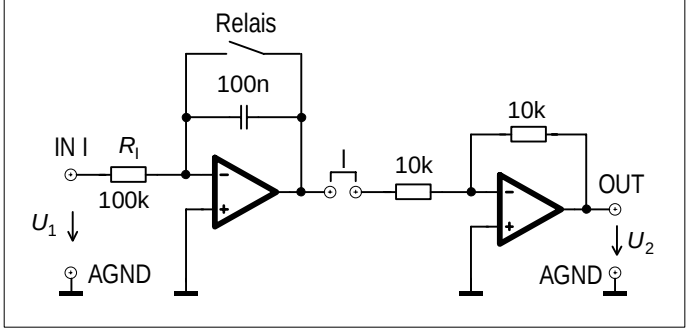
Resultierendes Messen - siehe Graph 1.

b) Integralglied I

Messkreis

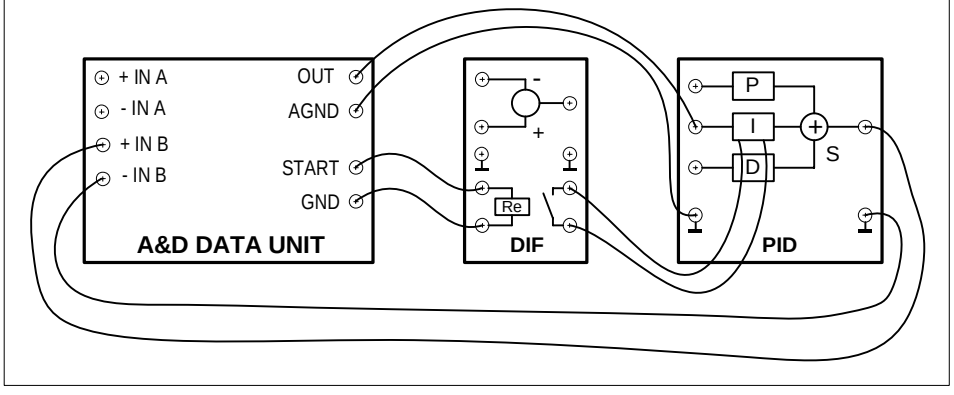
Bauen Sie auf PID Integralglied I im Messkreis nach dem Bild 21 auf.

Integralglied I — Bild 21



Schalten Sie Modul ANALOG & DIGITAL DATA UNIT im Messkreis nach dem Bild 22 ein.

Messkreis — Bild 22



Parametereinstellung

Sprungantwort stellen Sie durch Programm SCOPE+GEN mit den Parametern nach der Tabelle 2 dar. Als die Eingangangs-Sprungfunktion öffnen Sie die Datei SPRUNG1 (2V Sprungfunktion) aus dem Disk-Speicher.

SCOPE+GEN		Tab.2
Gain	OUT	1,25 V/div
	CHB	1,25 V/div
Time	10 ms/div	

Messungsverfahren

- **Memory** Für gleichzeitige Darstellung der Sprungantworten wählen Sie 4-Messzyklen.

B1 1. Messung - R_i=100k.
B2 2. Messung - R_i=200k.
B3 3. Messung - R_i=500k.

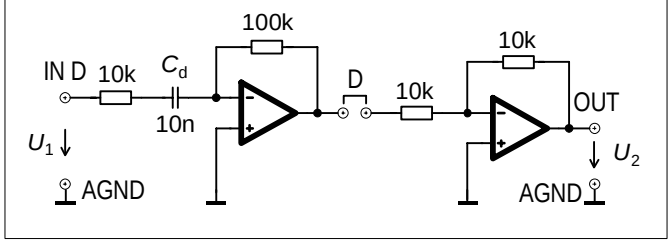
Resultierendes Messen - siehe Graph 2.

c) Differentialglied D-T1

Messkreis

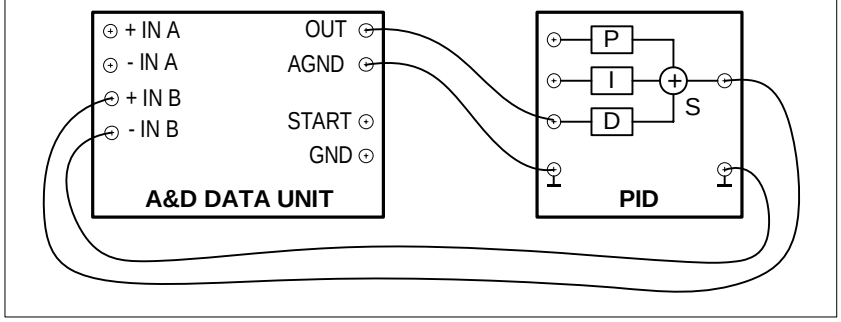
Bauen Sie auf PID Differentialglied D-T1 im Messkreis nach dem Bild 23 auf.

Differentialglied D-T1 Bild 23



Schalten Sie Modul ANALOG & DIGITAL DATA UNIT im Messkreis nach dem Bild 24 ein.

Messkreis Bild 24



Parametereinstellung

Sprungantwort stellen Sie durch Programm SCOPE+GEN mit den Parametern nach der Tabelle 3 dar. Als die Eingangangs-Sprungfunktion öffnen Sie die Datei SPRUNG1 (2V Sprungfunktion) aus dem Disk-Speicher.

SCOPE+GEN		Tab.3
Gain	OUT	1,25 V/div
	CHB	1,25 V/div
Time	10 ms/div	

Messungsverfahren

- **Memory** Für gleichzeitige Darstellung der Sprungantworten wählen Sie 4-Messzyklen.

B1 1. Messung - C_d=10n.
B2 2. Messung - C_d=33n.
B3 3. Messung - C_d=100n.

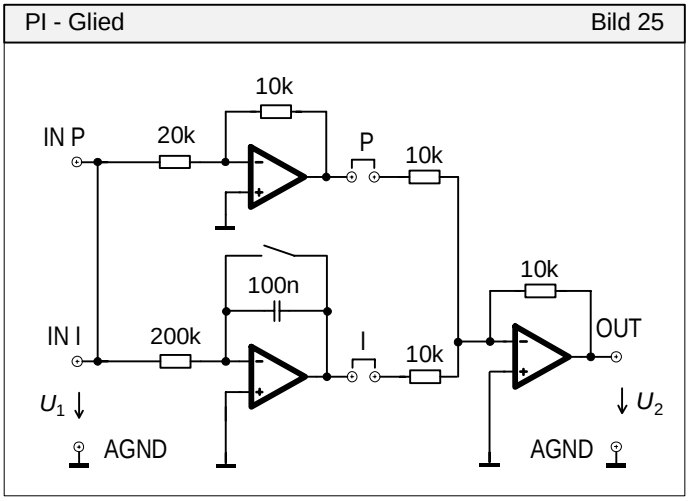
Resultierendes Messen - siehe Graph 3.

d) PI - Glied

Messkreis

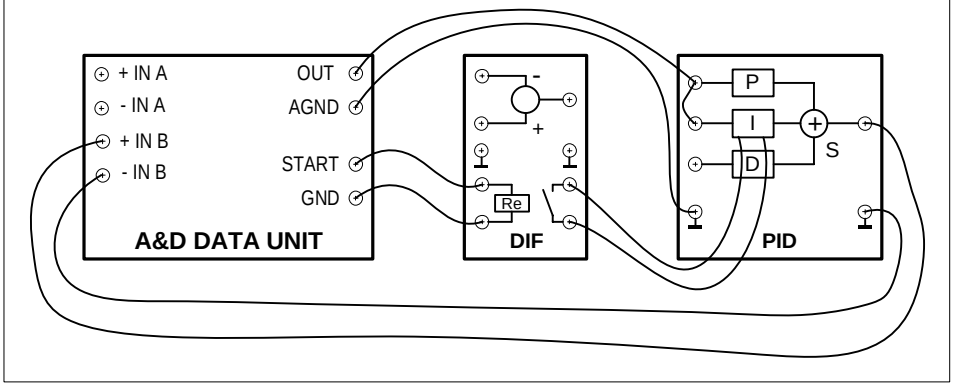
Bauen Sie auf PID PI - Glied im Messkreis nach dem Bild 25 auf.

PI - Glied Bild 25



Schalten Sie Modul ANALOG & DIGITAL DATA UNIT im Messkreis nach dem Bild 26 ein.

Messkreis Bild 26



Parametereinstellung

Sprungantwort stellen Sie durch Programm SCOPE+GEN mit den Parametern nach der Tabelle 4 dar. Als die Eingangangs-Sprungfunktion öffnen Sie die Datei SPRUNG1 (2V Sprungfunktion) aus dem Disk-Speicher.

SCOPE+GEN		Tab.4
Gain	OUT	1,25 V/div
	CHB	1,25 V/div
Time	10 ms/div	

Messungsverfahren

- **Memory** Für gleichzeitige Darstellung der Sprungantworten wählen Sie 4-Messzyklen.

  B1 1. Messung - nur P-Glied.
  B2 2. Messung - nur I-Glied.
  B3 3. Messung - PI-Glied.

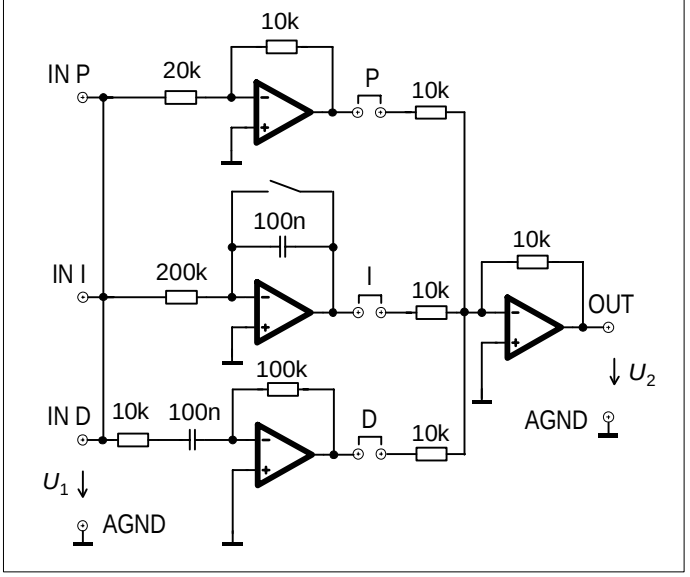
  Resultierendes Messen - siehe Graph 4.

e) PID-T1 - Glied

Messkreis

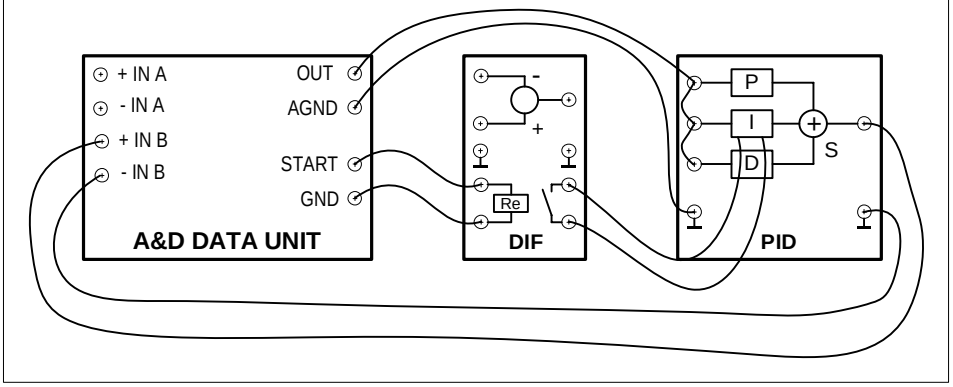
Bauen Sie auf PID PID-T1 - Glied im Messkreis nach dem Bild 27 auf.

PID-T1 - Glied Bild 27



Schalten Sie Modul ANALOG & DIGITAL DATA UNIT im Messkreis nach dem Bild 28 ein.

Messkreis Bild 28



Parametereinstellung

Sprungantwort stellen Sie durch Programm SCOPE+GEN mit den Parametern nach der Tabelle 5 dar. Als die Eingangangs-Sprungfunktion öffnen Sie die Datei SPRUNG1 (2V Sprungfunktion) aus dem Disk-Speicher.

SCOPE+GEN		Tab.5
Gain	OUT	1,25 V/div
	CHB	1,25 V/div
Time	10 ms/div	

Messungsverfahren

- **Memory** Für gleichzeitige Darstellung der Sprungantworten wählen Sie 4-Messzyklen.

B1 1. Messung - nur P-Glied.
B2 2. Messung - nur I-Glied.
B3 3. Messung - nur D-Glied.
B4 4. Messung - PID-T1-Glied.

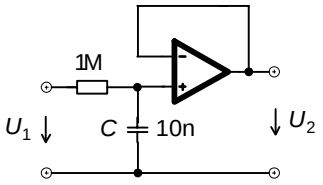
Resultierendes Messen - siehe Graph 5.

f) Verzögerungsglied T1

Messkreis

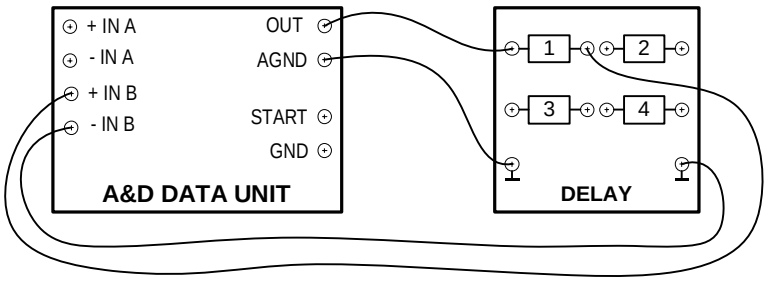
Bauen Sie auf DELAY Verzögerungsglied T1 im Messkreis nach dem Bild 29 auf.

Verzögerungsglied T1 Bild 29



Schalten Sie Modul ANALOG & DIGITAL DATA UNIT im Messkreis nach dem Bild 30 ein.

Messkreis Bild 30



Parametereinstellung

Sprungantwort stellen Sie durch Programm SCOPE+GEN mit den Parametern nach der Tabelle 6 dar. Als die Eingangangs-Sprungfunktion öffnen Sie die Datei SPRUNG2 (3,75V Sprungfunktion) aus dem Disk-Speicher.

SCOPE+GEN		Tab.6
Gain	OUT	1,25 V/div
	CHB	1,25 V/div
Time	10 ms/div	

Messungsverfahren

- **Memory** Für gleichzeitige Darstellung der Sprungantworten wählen Sie 4-Messzyklen.

B1 1. Messung - C=10n.
B2 2. Messung - C=33n.
B3 3. Messung - C=100n.

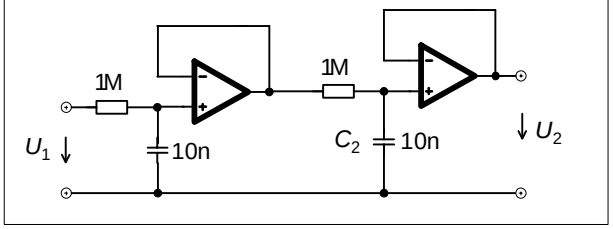
Resultierendes Messen - siehe Graph 6.

g) Verzögerungsglied T2

Messkreis

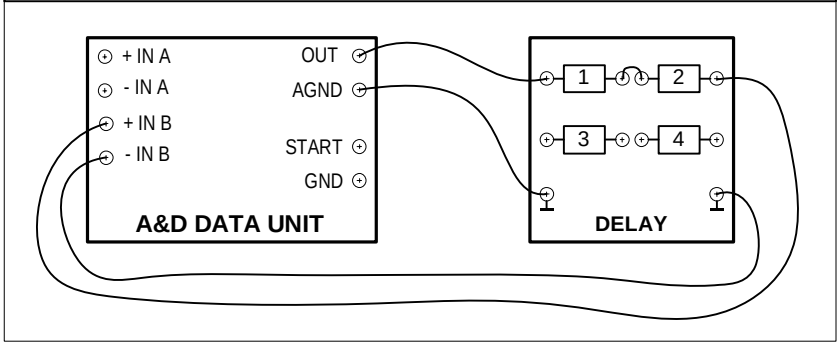
Bauen Sie auf DELAY Verzögerungsglied T2 im Messkreis nach dem Bild 31 auf.

Verzögerungsglied T2 Bild 31



Schalten Sie Modul ANALOG & DIGITAL DATA UNIT im Messkreis nach dem Bild 32 ein.

Messkreis Bild 32



Parametereinstellung

Sprungantwort stellen Sie durch Programm SCOPE+GEN mit den Parametern nach der Tabelle 7 dar. Als die Eingangangs-Sprungfunktion öffnen Sie die Datei SPRUNG2 (3,75V Sprungfunktion) aus dem Disk-Speicher.

SCOPE+GEN		Tab.7
Gain	OUT	1,25 V/div
	CHB	1,25 V/div
Time	10 ms/div	

Messungsverfahren

- **Memory** Für gleichzeitige Darstellung der Sprungantworten wählen Sie 4-Messzyklen.

  B1 1. Messung - Kanal B - C_2=10n.
  B2 2. Messung - Kanal B - C_2=33n.

  Resultierendes Messen - siehe Graph 7.

h) Motor - Generator Strecke Identifizierung

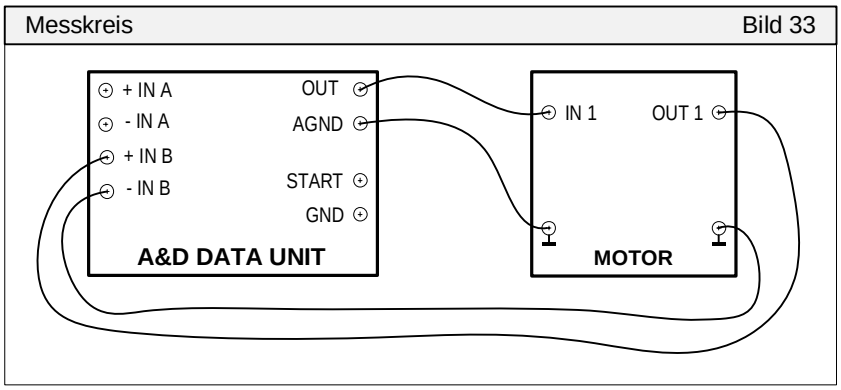
Bei der Regelstrecke-Identifizierung vergleichen wir die Regelstreckesprungantworten mit dem Verhalten von Modell RC Strecke (Verzögerungsglieder) Verhalten.

Wenn wir eine Modell-RC-Strecke mit gleicher Sprungantwort finden, dann können wir sagen, dass beide Strecken sich auch im Regelkreis genauso verhalten.

Messkreis

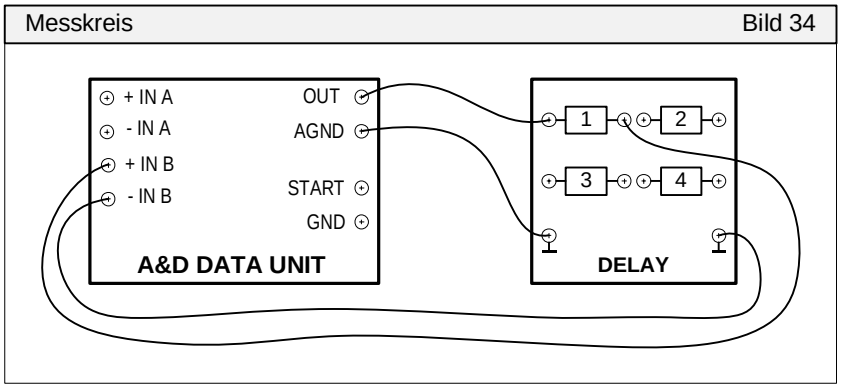
Schalten Sie Modul ANALOG & DIGITAL DATA UNIT im Messkreis nach dem Bild 33 ein.

Messkreis Bild 33



Schalten Sie Modul ANALOG & DIGITAL DATA UNIT im Messkreis nach dem Bild 34 ein.

Messkreis Bild 34



Parametereinstellung

Sprungantwort stellen Sie durch Programm SCOPE+GEN mit den Parametern nach der Tabelle 8 dar. Als die Eingangangs-Sprungfunktion öffnen Sie die Datei SPRUNG2 (3,75V Sprungfunktion) aus dem Disk-Speicher.

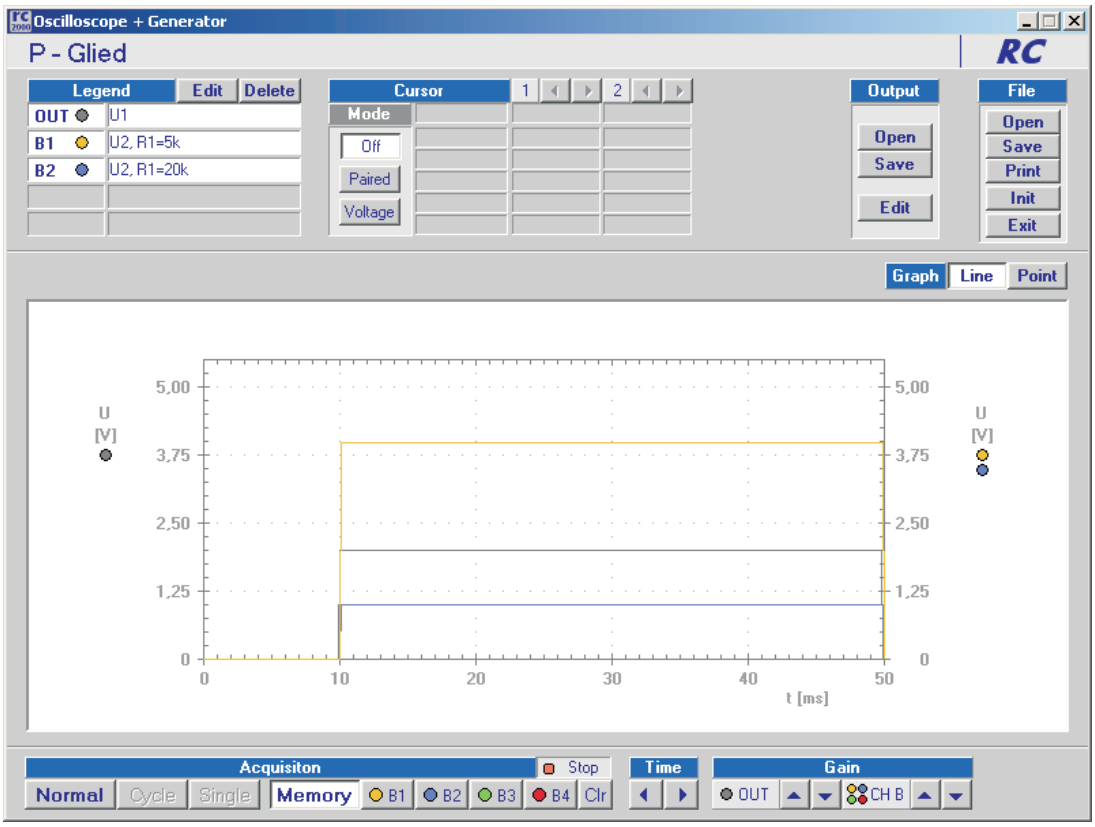
SCOPE+GEN		Tab.8
Gain	OUT	1,25 V/div
	CHB	1,25 V/div
Time	10 ms/div	

Messungsverfahren

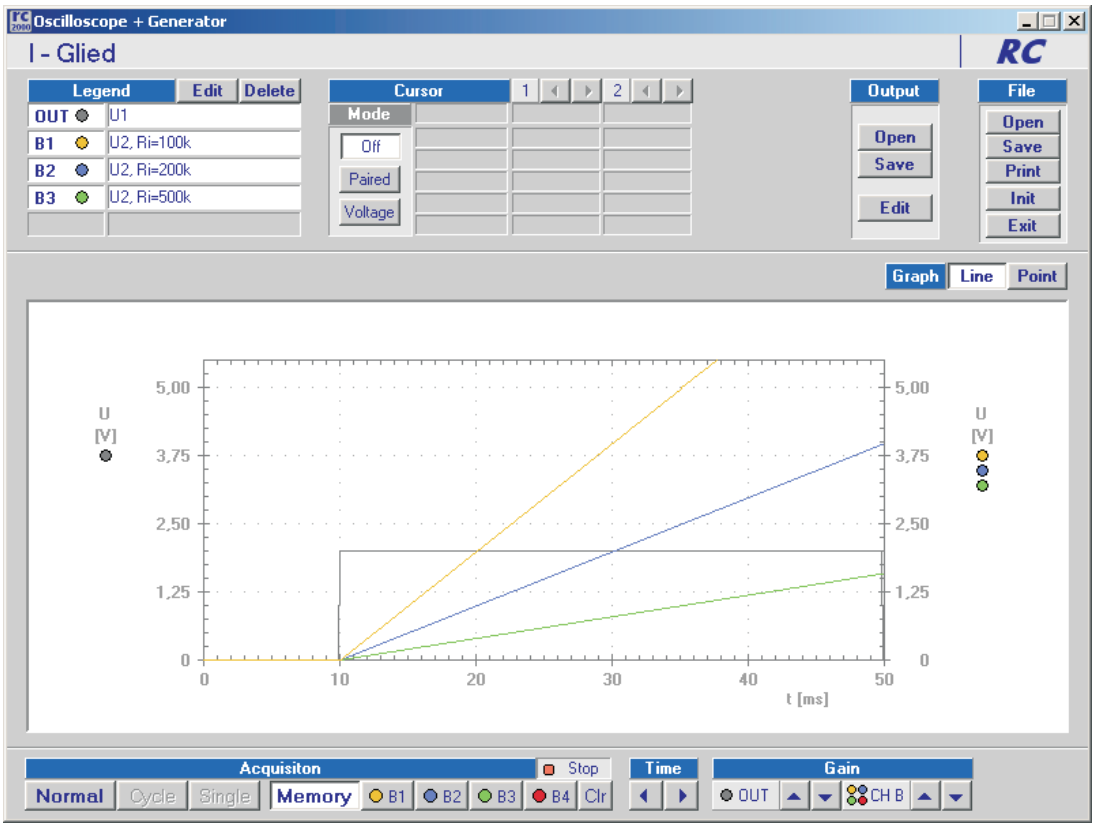
- **Memory** Für gleichzeitige Darstellung der Sprungantworten wählen Sie 4-Messzyklen.

  B1 1. Messung - Motor-Strecke.
  B2 2. Messung - Modell-Strecke C=34n.
  B3 3. Messung - Modell-Strecke C=44n.
  B4 4. Messung - Modell-Strecke C=54n.

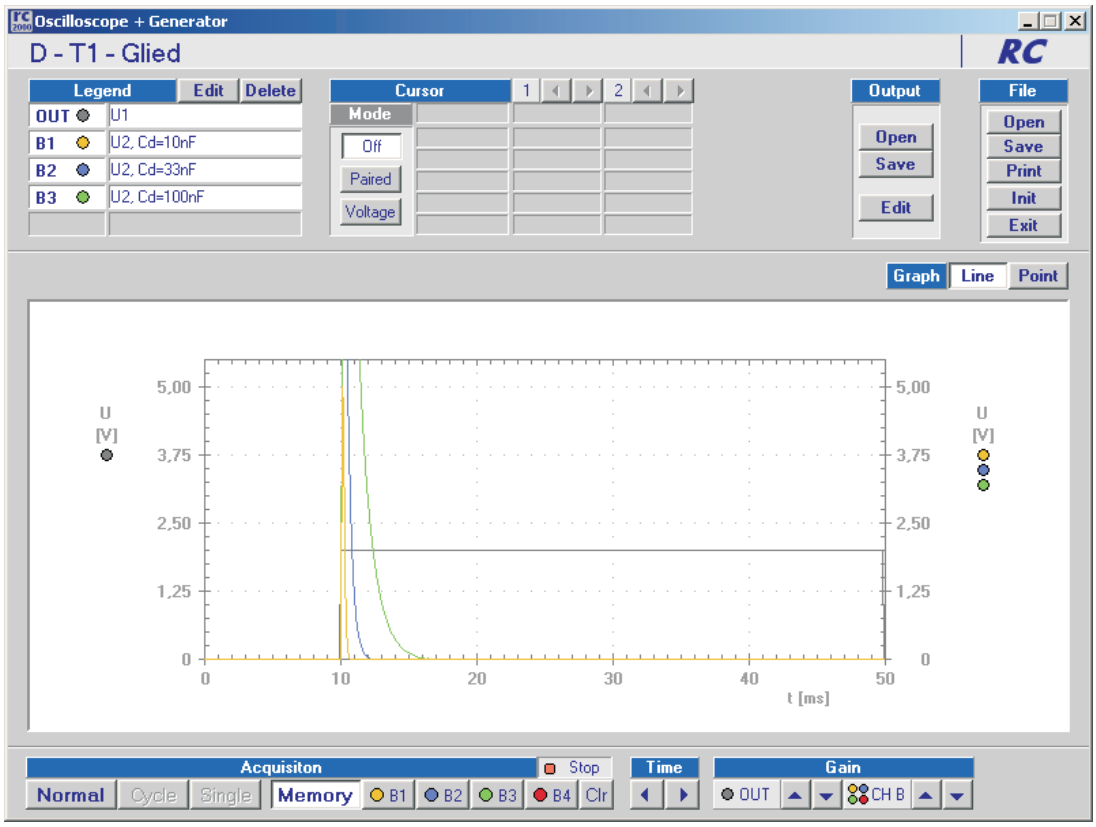
  Resultierendes Messen - siehe Graph 8.



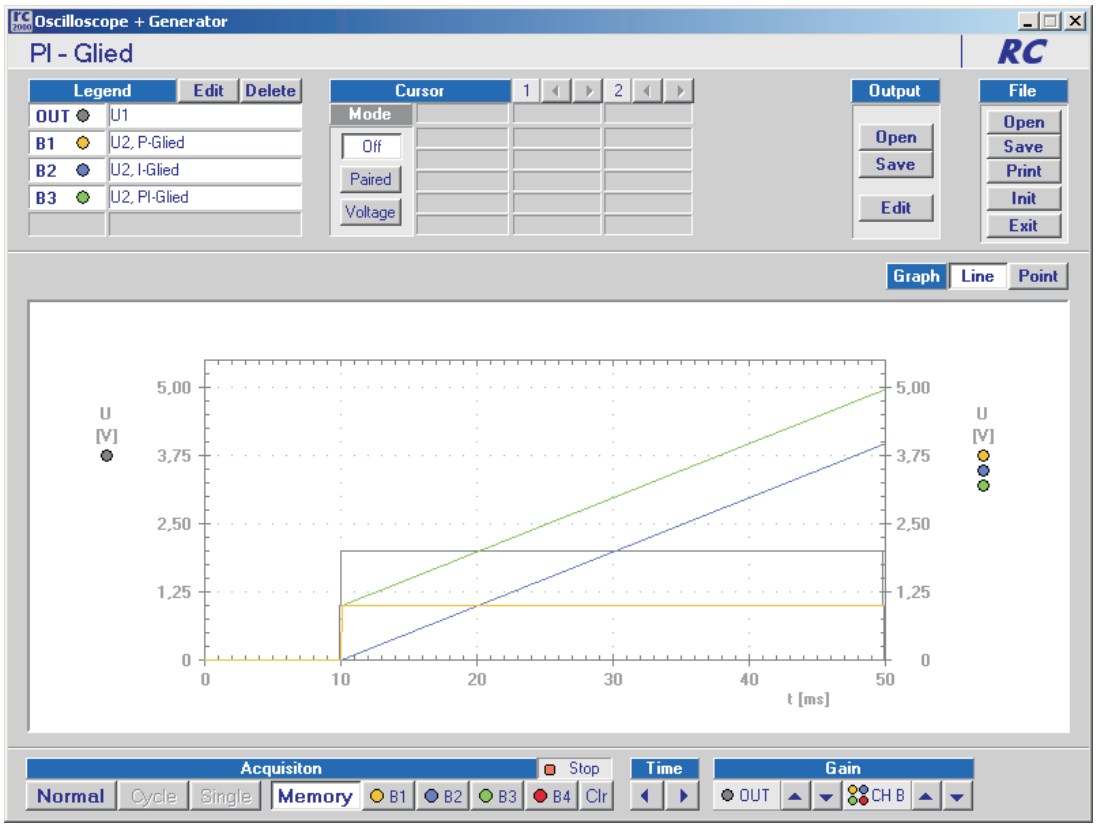
Graph 1



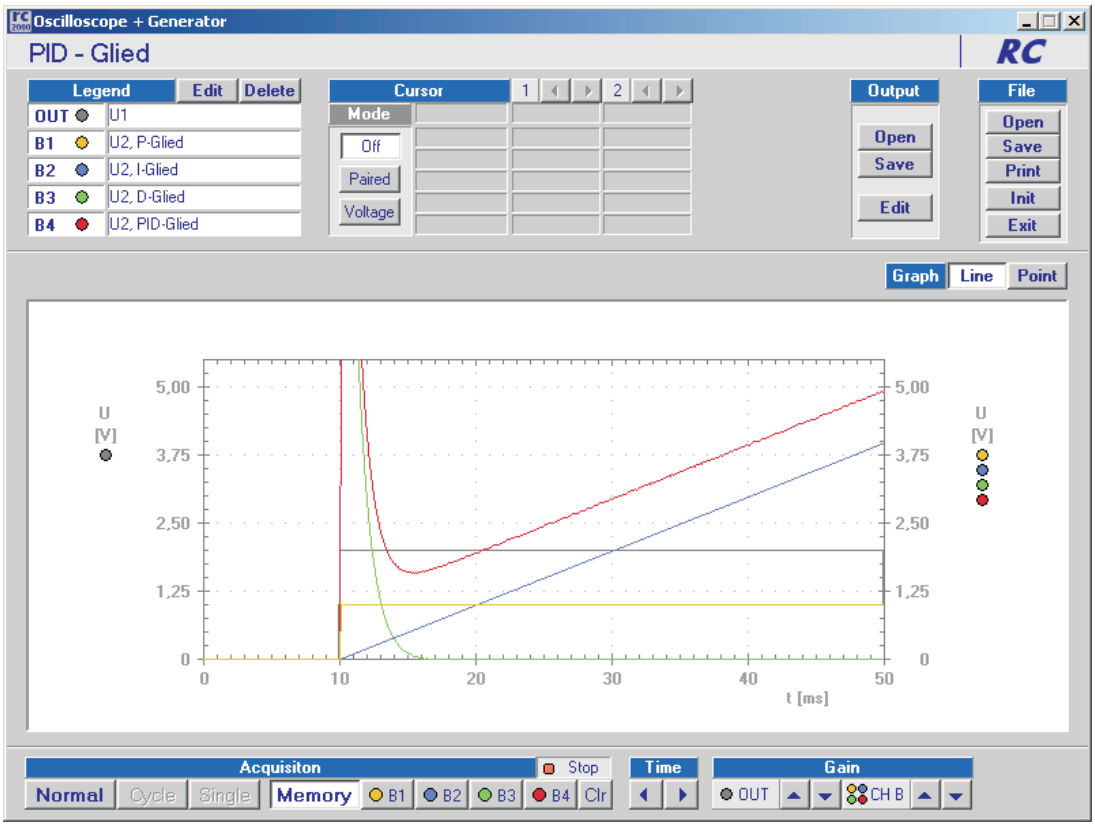
Graph 2



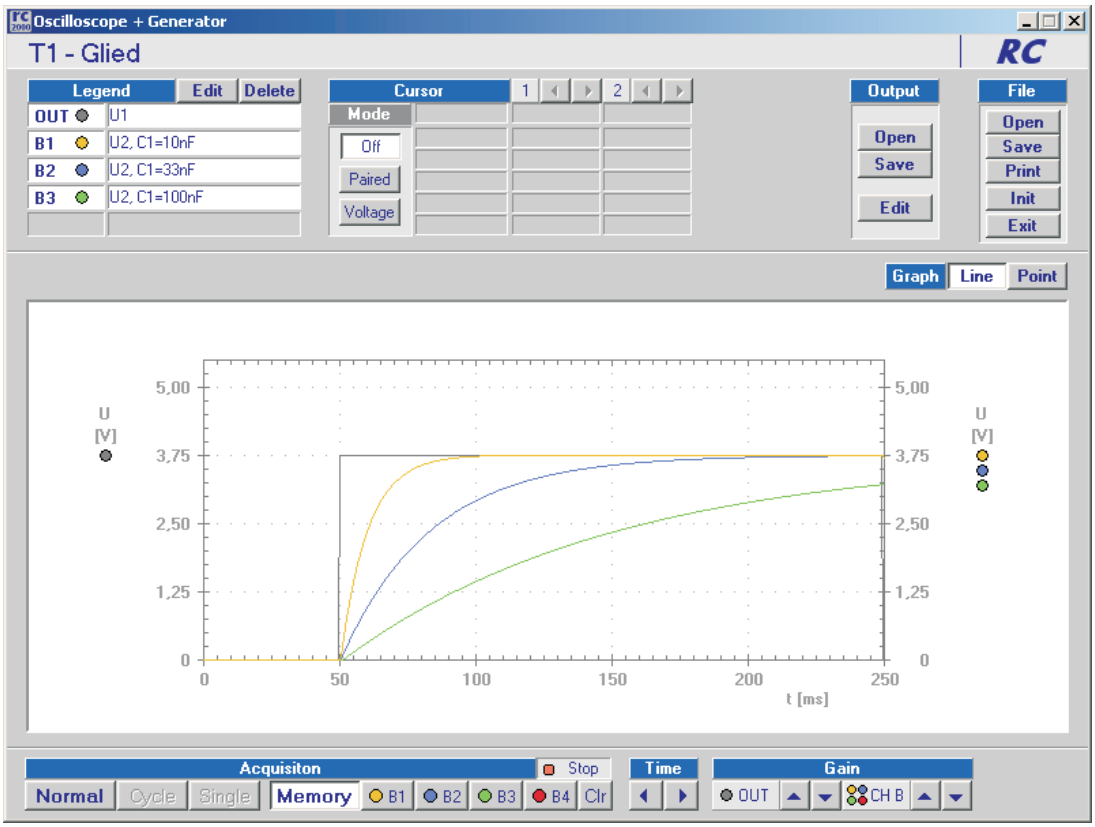
Graph 3



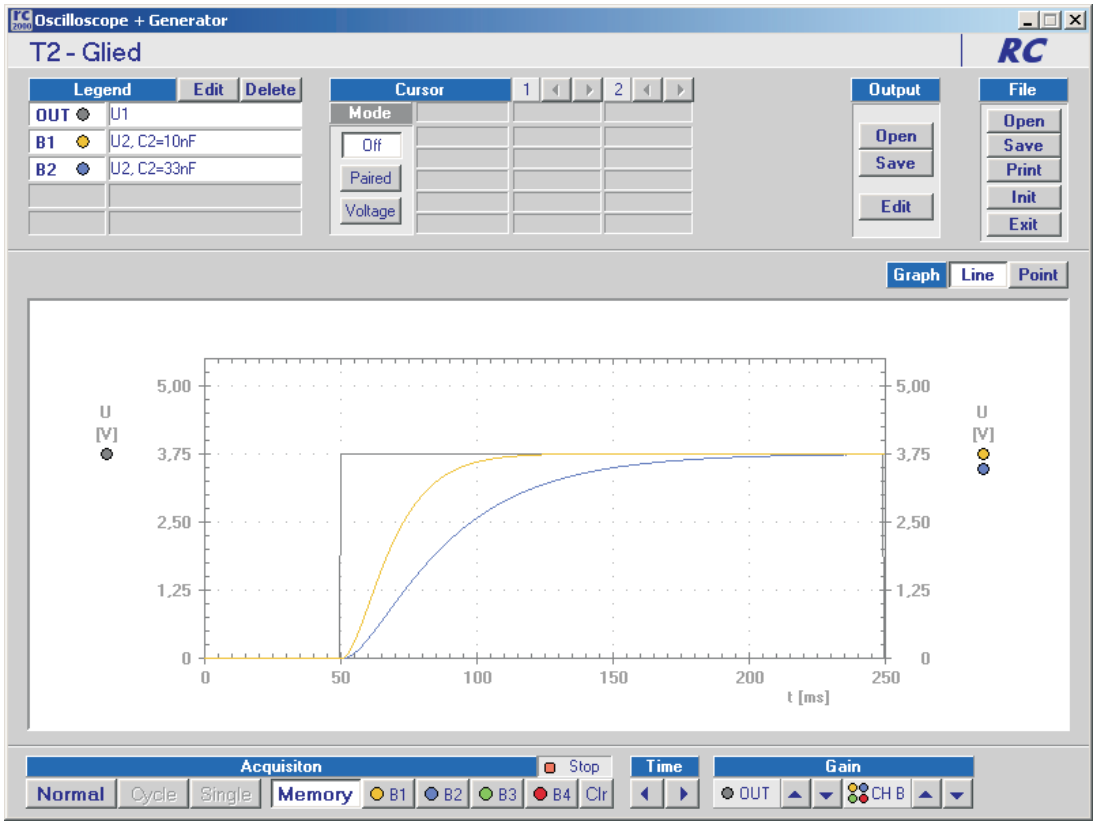
Graph 4



Graph 5



Graph 6



Graph 7



Graph 8

T1 - Strecke mit P, I und PI-Regler

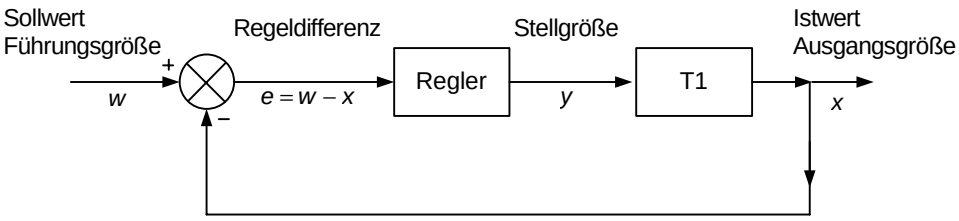
Aufgabe

Prüfen Sie die Benutzung von Reglern P, I, PI für Streckeregelung mit Verzögerungsglied T1.

Theorie

Regelkreis mit Strecke T1 der 1. Ordnung und mit Regler P wird auf dem Bild 1 dargestellt.

Regelkreis Bild 1



Sprungantwort dieses Kreises wird durch die Beziehung (1) gegeben, wobei F_S Streckenübertrag und F_R Reglerübertrag sind.

$$F_w = \frac{x}{w} = \frac{F_S \cdot F_R}{1 + F_S \cdot F_R} \qquad (1)$$

Wenn wir zur Regelung der Strecke T1 den Regler Typ P benutzen, besteht immer das Problem der bleibenden Regeldifferenz (Ausgangsgröße x gleicht nie der Eingangsgröße w). Durch die Vergrößerung von Reglerverstärkung wird die Antwortgeschwindigkeit des Reglers größer, und die bleibende Regeldifferenz kleiner. In der Praxis ist es jedoch nicht möglich, hohe Verstärkungen zu wählen, denn der Regelkreis wird unstabil (es gibt immer Glieder der höheren Ordnung).

Bleibende Regeldifferenz kann durch Regler mit I-Anteil beseitigt werden. Wenn wir einen "reinen"I-Regler benutzen, wird bleibende Regeldifferenz beseitigt, koste es auch die Verlängerung der Regelzeit.

Dieser Nachteil kann durch die Benutzung von PI-Regler beseitigt werden. Dieser Typ verbindet Vorteile von P-Regler (Regelgeschwindigkeit) und I-Regler (Null-Regeldifferenz). Dämpfung mit PI-Regler ist größer als bei einem "reinen" I-Regler. Deswegen ist die Regelung mit PI schneller. Aufbau von D-Anteil (z. B. PID-Regler) bringt bei der Regelung von T1-Strecke keine Verbesserung von Regelung mit sich.

Hilfsmittel

Modulen
1 x MODULE BOARD 10
1 x PID CONTROLLER
1 x DELAY ELEMENTS
1 x DIFFERENCE
1 x C DECADE
1 x A&D DATA UNIT

Elemente		
5 x R 0	1 x R 1k	1 x R 2k
2 x R 10k	1 x R 20k	1 x R 100k
1 x R 500k	2 x R 1M	1 x C 100n

Messung

a) P-Regler

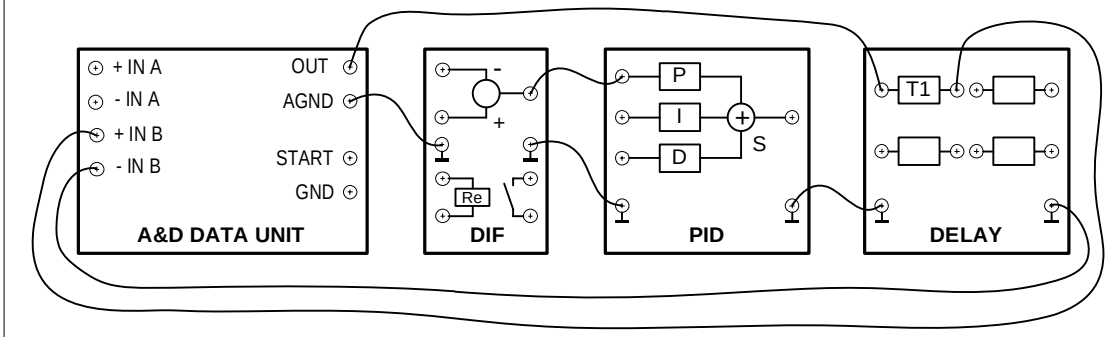
Messkreis

Bauen Sie auf Modulen DIF, PID und DELAY Strecke T1 mit P-Regler. Für Strecke ohne P-Regler benutzen Sie Messkreis nach dem Bild 2.

Parameter: P-Regler R_1=10k, R_2=10k
Strecke T1 R_1=1M, C_1 ungefähr 45n (siehe Text)

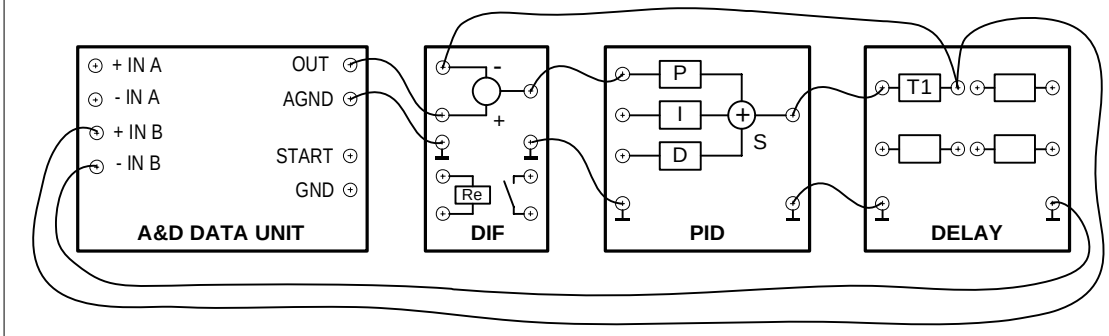
Kondensatorwert wählen Sie nach dem Ergebnis der Motor Zeitkonstantemessung (Aufgabe Motor-Generator-Strecke-Identifizierung).

Strecke T1 ohne P-Regler Bild 2



Für Strecke mit P-Regler benutzen Sie Messkreis nach dem Bild 3.

Strecke T1 mit P-Regler Bild 3



Parametereinstellung

Sprungantwort stellen Sie durch Programm SCOPE+GEN mit den Parametern nach der Tabelle 1 dar. Als die Eingangangs-Sprungfunktion öffnen Sie die Datei SPRUNG2 (3,75V Sprungfunktion) aus dem Disk-Speicher.

SCOPE+GEN		Tab.1
Axis	Uni	
Gain	OUT	1,25 V/div
	CHB	1,25 V/div
Time	0,1 s/div	

Messungsverfahren

- **Memory** Für gleichzeitige Darstellung der Sprungantworten wählen Sie 4-Messzyklen.

B1 1. Messung - ohne P-Regler (Bild 2).
B2 2. Messung - mit P-Regler (Bild 3) - R_1=10k.
B3 3. Messung - mit P-Regler (Bild 3) - R_1=2k.
B4 4. Messung - mit P-Regler (Bild 3) - R_1=1k.

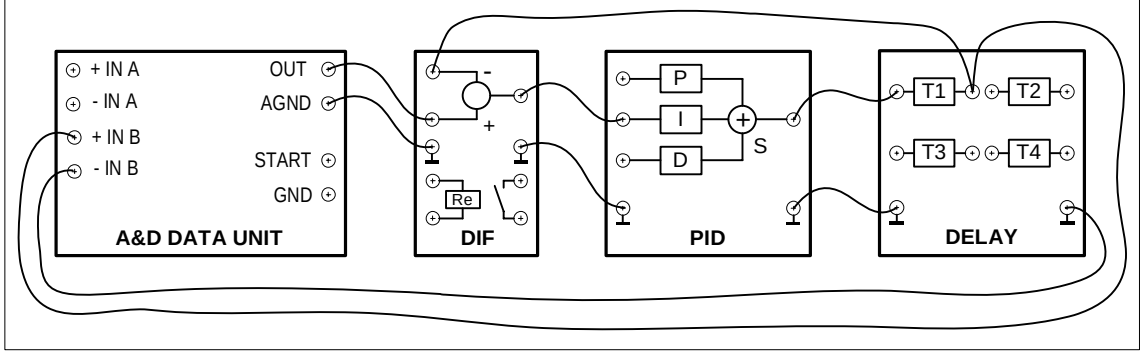
Resultierendes Messen - siehe Graph 1.

b) I-Regler

Messkreis

Bauen Sie auf Modulen DIF, PID und DELAY Strecke T1 mit I-Regler im Messkreis nach dem Bild 4.
Parameter: I-Regler R_i=100k, C_i=100n
Strecke T1 R_1=1M, C_1 ungefähr 45n (siehe Text)

Strecke T1 mit I-Regler Bild 4



Parametereinstellung

Sprungantwort stellen Sie durch Programm SCOPE+GEN mit den Parametern nach der Tabelle 2 dar. Als die Eingangangs-Sprungfunktion öffnen Sie die Datei SPRUNG2 (3,75V Sprungfunktion) aus dem Disk-Speicher.

SCOPE+GEN		Tab.2
Axis	Uni	
Gain	OUT	1,25 V/div
	CHB	1,25 V/div
Time	0,1 s/div	

Messungsverfahren

- **Memory** Für gleichzeitige Darstellung der Sprungantworten wählen Sie 4-Messzyklen.

B1 1. Messung - mit I-Regler - R_i=100k.
B2 2. Messung - mit I-Regler - R_i=500k.
B3 3. Messung - mit I-Regler - R_i=1M.

Resultierendes Messen - siehe Graph 2.

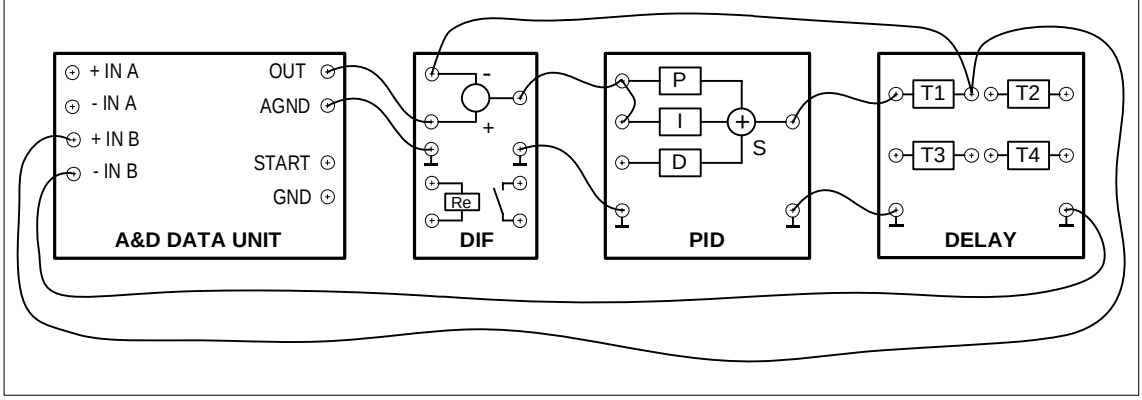
c) PI-Regler

Messkreis

Bauen Sie auf Modulen DIF, PID und DELAY Strecke T1 mit PI-Regler im Messkreis nach dem Bild 5.

Parameter: P-Regler R_1=2k, R_2=10k
I-Regler R_i=20k, C_i=100n
Strecke T1 R_1=1M, C_1 ungefähr 45n (siehe Text)

Strecke T1 mit PI-Regler Bild 5



Parametereinstellung

Sprungantwort stellen Sie durch Programm SCOPE+GEN mit den Parametern nach der Tabelle 3 dar. Als die Eingangangs-Sprungfunktion öffnen Sie die Datei SPRUNG2 (3,75V Sprungfunktion) aus dem Disk-Speicher.

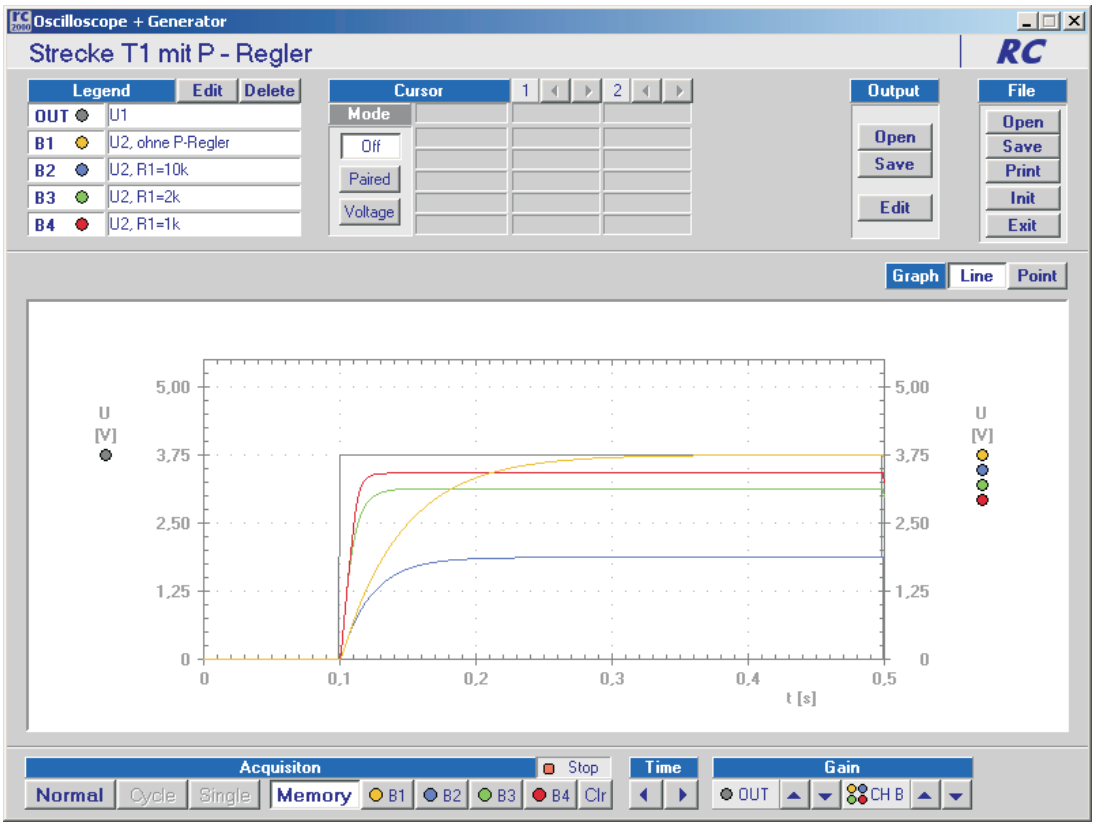
SCOPE+GEN		Tab.3
Display	YT	
Axis	Uni	
Gain	OUT	1,25 V/div
	CHB	1,25 V/div
Time	0,1 s/div	

Messungsverfahren

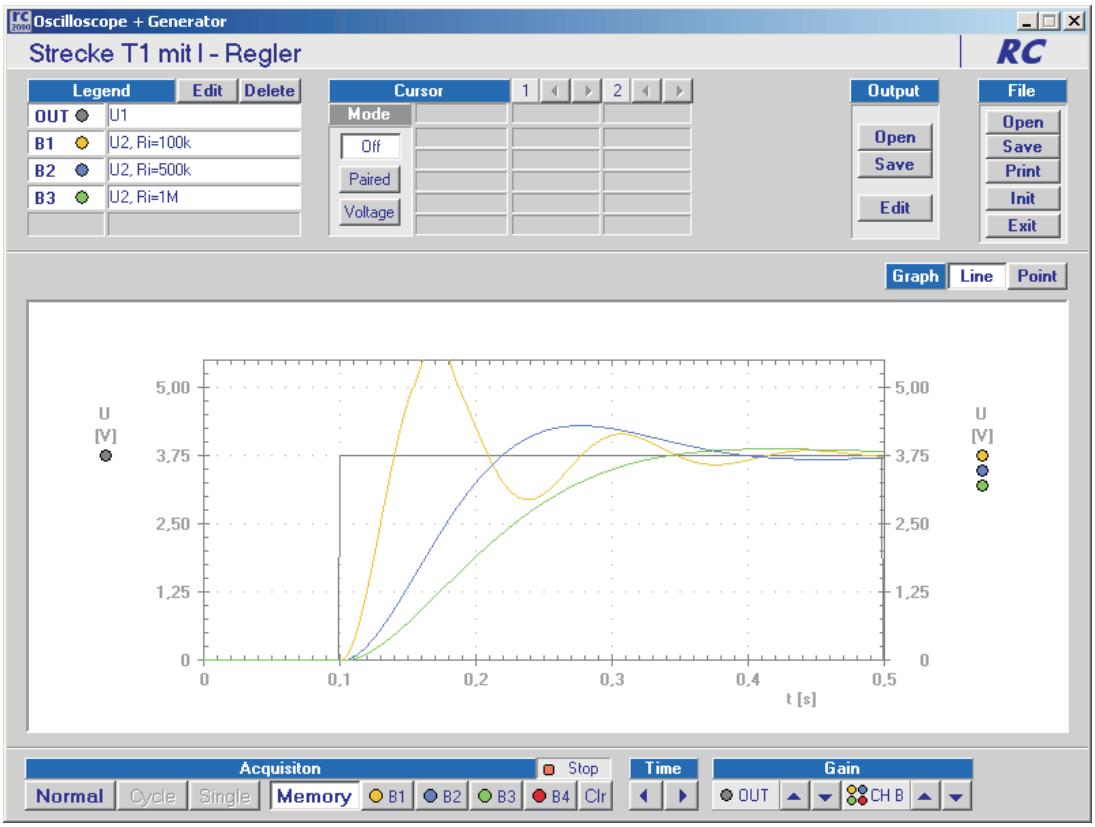
- **Memory** Für gleichzeitige Darstellung der Sprungantworten wählen Sie 4-Messzyklen.

B1 1. Messung - nur P-Regler.
B2 2. Messung - mit PI-Regler - R_i=20k.
B3 3. Messung - mit PI-Regler - R_i=100k.
B4 4. Messung - mit PI-Regler - R_i=500k.

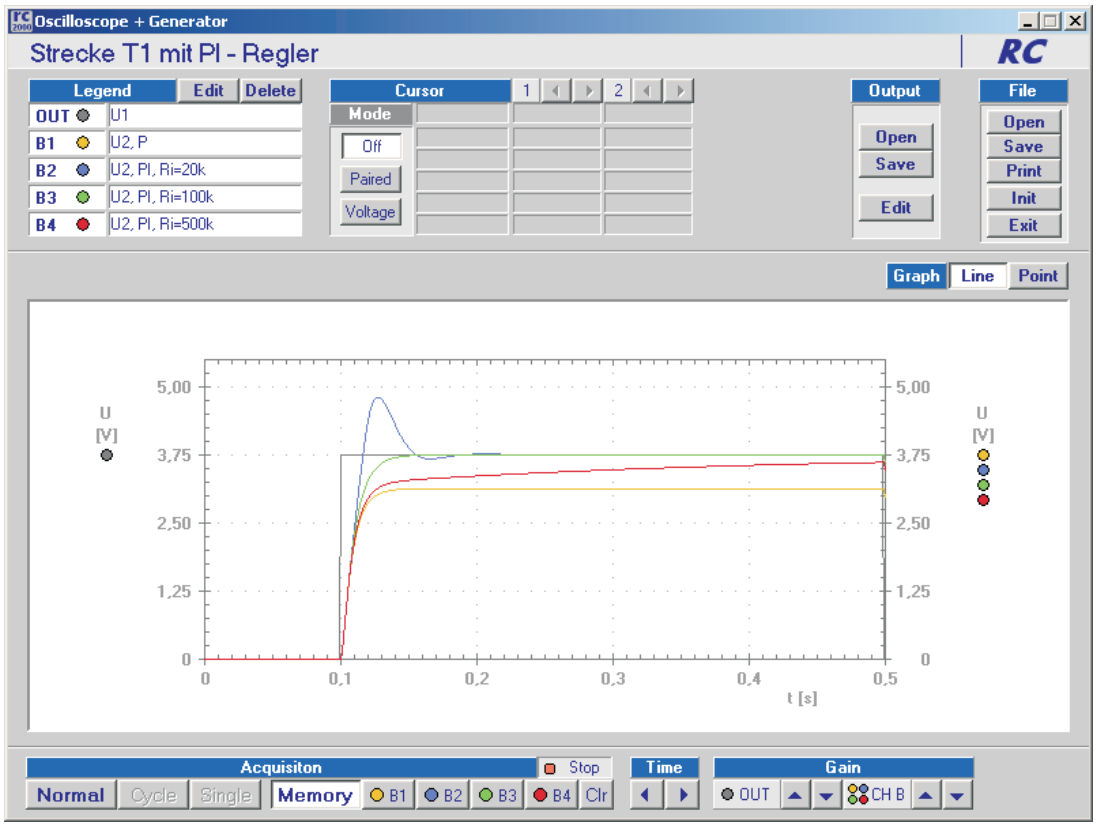
Resultierendes Messen - siehe Graph 3.



Graph 1



Graph 2


Oscilloscope + Generator
Strecke T1 mit PI - Regler
RC
Legend
Edit
Delete
OUT
U1
B1
U2, P
B2
U2, PI, Ri=20k
B3
U2, PI, Ri=100k
B4
U2, PI, Ri=500k
Cursor
Mode
Off
Paired
Voltage
1
2
Output
Open
Save
Edit
File
Open
Save
Print
Init
Exit
Graph
Line
Point
U
[V]
5,00
3,75
2,50
1,25
0
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
t [s]
Acquisiton
Stop
Normal
Cycle
Single
Memory
B1
B2
B3
B4
Clr
Time
Gain
OUT
CH B

Graph 3

Gleichstrommotor - Drehzahlregelung mit P, I, PI - Regler

Aufgabe

Prüfen Sie die Drehzahlregelung eines kleinen Gleichstrommotors. Messen Sie die Strecke-Sprungantworten für die Führungsgrößeänderung bei der Regelung und ohne die Regelung. Messen Sie das Streckeverhalten bei der Störungsgrößeänderung (Belastung).

Theorie

Motor - Generator - Strecke ist detailliert im Manual rc 2000 beschrieben. Die Strecke wird durch dominierende Zeitkonstante t als Strecke der 1. Ordnung charakterisiert.

Motor M1 wird durch einen kurzschlussfesten Treiber AMP1 angesteuert (Eingang IN1). Motor M2 wird durch einen ähnlichen Treiber AMP2 angesteuert und wird als Generator mit Möglichkeit der Belastungswahl benutzt.

Beide Motoren werden mit Umformer I/V ausgestattet (Ausgang OUT5 und OUT 6) mit Möglichkeit der Strommessung in Motoren.

Informationen über die Drehzahl sind auf folgenden Ausgängen zu gewinnen:

a) Digitalinformation - Ausgang OUT 4 (A, B und Dir) - optischer Inkrementalgeber.
b) Analoginformation - Wert der Digitalinformation aus den Inkrementalgebern wird durch einen Frequenz/Spannungsumformer auf einen Analogwert übertragen.
c) Analogwert - Ausgang des Verstärkers AMP3 ist Ausgangsspannung von Tachodynamo.
d) Analogwert - Ausgang OUT1 mit Möglichkeit der Normalisierung von Spannungsgröße gegenüber der Eingangsansteuerungsspannung.
e) Analogwert - Ausgang OUT2 ist als Ausgang OUT1 mit Möglichkeit einer Zusatzdatenfiltration (FILTER).

Block FUNCTION misst die Motordrehzahl. Gleichzeitig beinhaltet er eine Fehlerdiagnostik der Streckeüberlastung mit Bestimmung des zuständigen Fehlers auf dem Display.

Motor-Generator-Strecke kann für beide Grundaufgaben der Regelung von Motordrehzahl benutzt werden:

a) Drehzahlregelung auf Änderung der Drehzahlführungsgröße.
b) Drehzahlregelung bei der Störung in der Strecke - Belastungsänderung von Generator.

Hilfsmittel

Modulen
1 x MODULE BOARD 10
1 x PID CONTROLLER
1 x DELAY ELEMENTS
1 x DIFFERENCE
1 x MOTOR-GENERATOR BOARD
1 x A&D DATA UNIT

Elemente		
5 x R 0	1 x R 1k	1 x R 2k
2 x R 10k	1 x R 20k	1 x R 100k
1 x R 500k	1 x R 1M	1 x R 10
1 x C 100n	1 x Glühbirne	

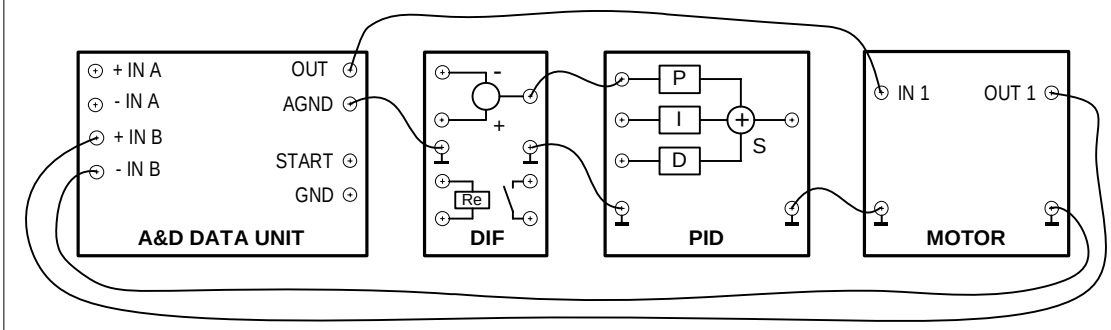
Messung

a) P-Regler

Messkreis

Für MOTOR ohne P-Regler benutzen Sie Messkreis nach dem Bild 1.
Parameter: P-Regler R_1=10k, R_2=10k

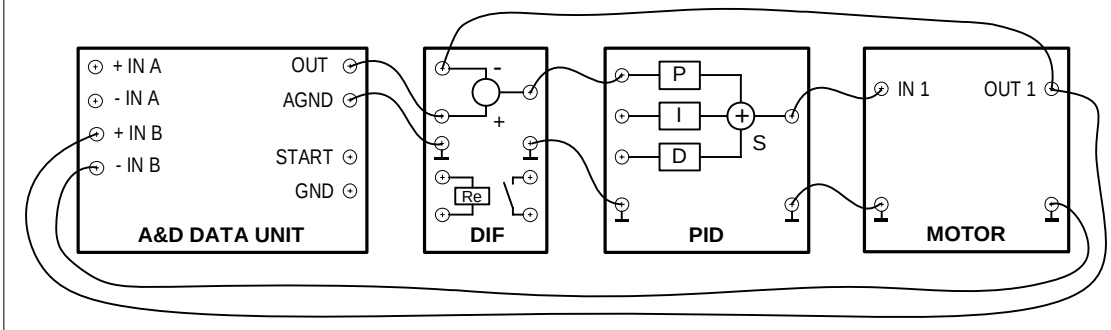
Motor ohne P-Regler Bild 1



A&D DATA UNIT

Für MOTOR mit P-Regler benutzen Sie Messkreis nach dem Bild 2.

Motor mit P-Regler Bild 2



Parametereinstellung

Sprungantwort stellen Sie durch Programm SCOPE+GEN mit den Parametern nach der Tabelle 1 dar. Als die Eingangangs-Sprungfunktion öffnen Sie die Datei SPRUNG2 (3,75V Sprungfunktion) aus dem Disk-Speicher.

SCOPE		Tab.1
Gain	OUT	1,25 V/div
	CHB	1,25 V/div
Time	0,1 s/div	

Messungsverfahren

- **Memory** Für gleichzeitige Darstellung der Sprungantworten wählen Sie 4-Messzyklen.

B1 1. Messung - ohne P-Regler (Bild 1).
B2 2. Messung - mit P-Regler (Bild 2) - R_1=10k.
B3 3. Messung - mit P-Regler (Bild 2) - R_1=2k.
B4 4. Messung - mit P-Regler (Bild 2) - R_1=1k.

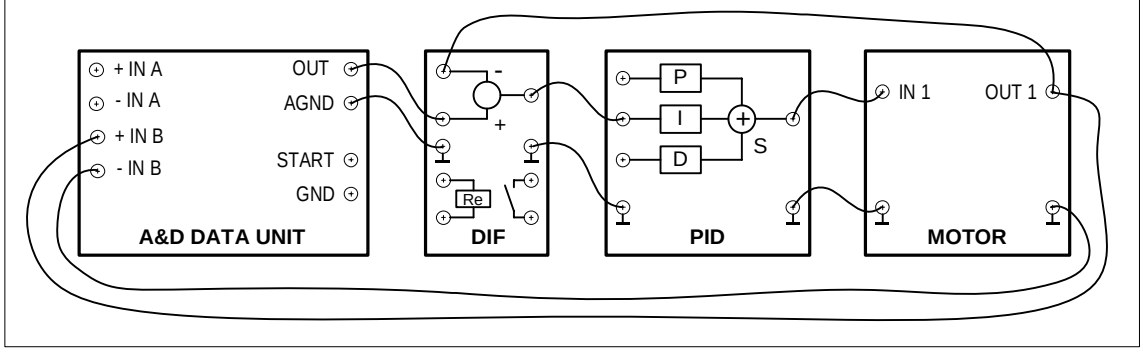
Resultierendes Messen - siehe Graph 1.

b) I-Regler

Messkreis

Bauen Sie auf Modulen MOTOR mit I-Regler im Messkreis nach dem Bild 3.
Parameter: I-Regler R_i=100k, C_i=100n

Motor mit I-Regler Bild 3



Parametereinstellung

Sprungantwort stellen Sie durch Programm SCOPE+GEN mit den Parametern nach der Tabelle 2 dar. Als die Eingangangs-Sprungfunktion öffnen Sie die Datei SPRUNG2 (3,75V Sprungfunktion) aus dem Disk-Speicher.

SCOPE		Tab.2
Gain	OUT	1,25 V/div
	CHB	1,25 V/div
Time	0,1 s/div	

Messungsverfahren

- **Memory** Für gleichzeitige Darstellung der Sprungantworten wählen Sie 4-Messzyklen.

B1 1. Messung - mit I-Regler - R_i=100k.
B2 2. Messung - mit I-Regler - R_i=500k.
B3 3. Messung - mit I-Regler - R_i=1M.

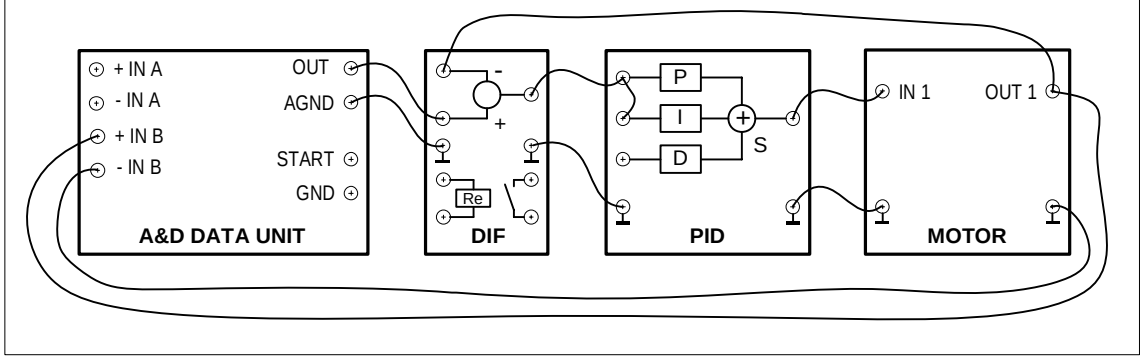
Resultierendes Messen - siehe Graph 2.

c) PI-Regler

Messkreis

Bauen Sie auf Modulen MOTOR mit PI-Regler im Messkreis nach dem Bild 4.
Parameter: P-Regler R_1=2k, R_2=10k
I-Regler R_i=20k, C_i=100n

Motor mit PI-Regler Bild 4



Parametereinstellung

Sprungantwort stellen Sie durch Programm SCOPE+GEN mit den Parametern nach der Tabelle 3 dar. Als die Eingangangs-Sprungfunktion öffnen Sie die Datei SPRUNG2 (3,75V Sprungfunktion) aus dem Disk-Speicher.

SCOPE		Tab.3
Gain	OUT	1,25 V/div
	CHB	1,25 V/div
Time	0,1 s/div	

Messungsverfahren

- **Memory** Für gleichzeitige Darstellung der Sprungantworten wählen Sie 4-Messzyklen.

  B1 1. Messung - nur P-Regler.
  B2 2. Messung - mit PI-Regler - R_i=20k.
  B3 3. Messung - mit PI-Regler - R_i=100k.
  B4 4. Messung - mit PI-Regler - R_i=500k.

  Resultierendes Messen - siehe Graph 3.

- **Memory** Für gleichzeitige Darstellung der Sprungantworten wählen Sie 4-Messzyklen.

  B1 1. Messung - Motor mit PI-Regler - R_i=100k.
  B2 2. Messung - Modell-RC mit PI-Regler - R_i=100k.

  Resultierendes Messen - siehe Graph 4.

d) Belasteter Motor ohne und mit PI-Regler

Die Drehzahl des Motors ohne Regler (bei der konstanten Treibersspannung) ist von der Belastung abhängig. Die Aufgabe für die Drehzahlregelung ist für den Motor-belastungsänderungen die Drehzahl konstant zu erhalten.

In der Motor-Generator-Strecke können wir den Motor M1 mit der variablen Belastung des Motors M2 belasten. Motor M2 verhält sich als ein Generator.

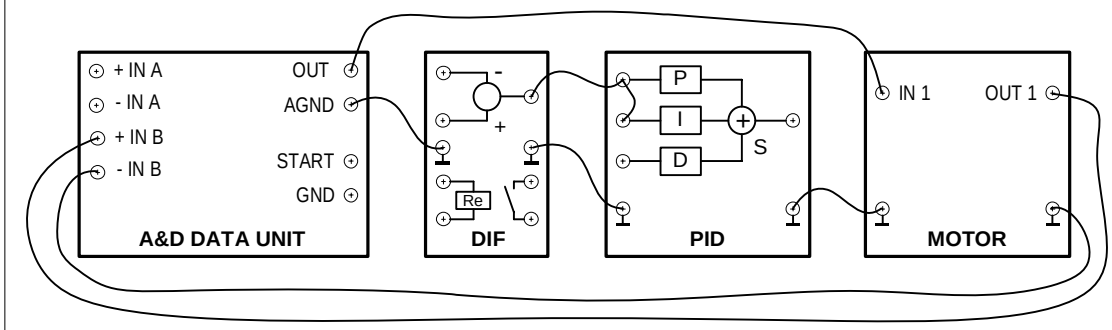
Messkreis

Bauen Sie auf Modulen MOTOR mit PI-Regler. Für MOTOR ohne PI-Regler benutzen Sie Messkreis nach dem Bild 5. Prüfen Sie 3 verschiedene Motorbelastungen (ohne Last, Glühbirne und R=10).

Parameter: P-Regler R_1=2k, R_2=10k

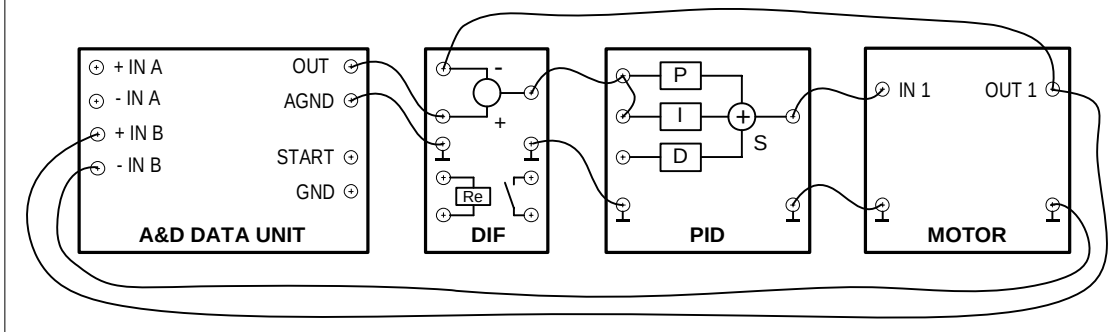
A&D DATA UNIT I-Regler R_i=100k, C_i=100n

Motor ohne PI-Regler Bild 5



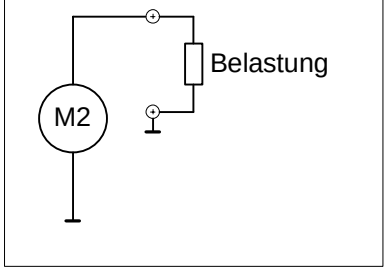
Für MOTOR mit PI-Regler benutzen Sie Messkreis nach dem Bild 6.

Motor mit PI-Regler Bild 6



Die Motor-Belastung realisieren Sie mit dem Kreis nach dem Bild 7.

Motor-Belastung Bild 7



Parametereinstellung

Sprungantwort stellen Sie durch Programm SCOPE+GEN mit den Parametern nach der Tabelle 4 dar. Als die Eingangangs-Sprungfunktion öffnen Sie die Datei SPRUNG2 (3,75V Sprungfunktion) aus dem Disk-Speicher.

SCOPE		Tab.4
Gain	OUT	1,25 V/div
	CHB	1,25 V/div
Time	0,1 s/div	

Messungsverfahren

- **Memory** Für gleichzeitige Darstellung der Sprungantworten für Motor ohne Regler wählen Sie 4-Messzyklen.

  B1 1. Messung - ohne Last.
  B2 2. Messung - Glühbirne.
  B3 3. Messung - R=10.

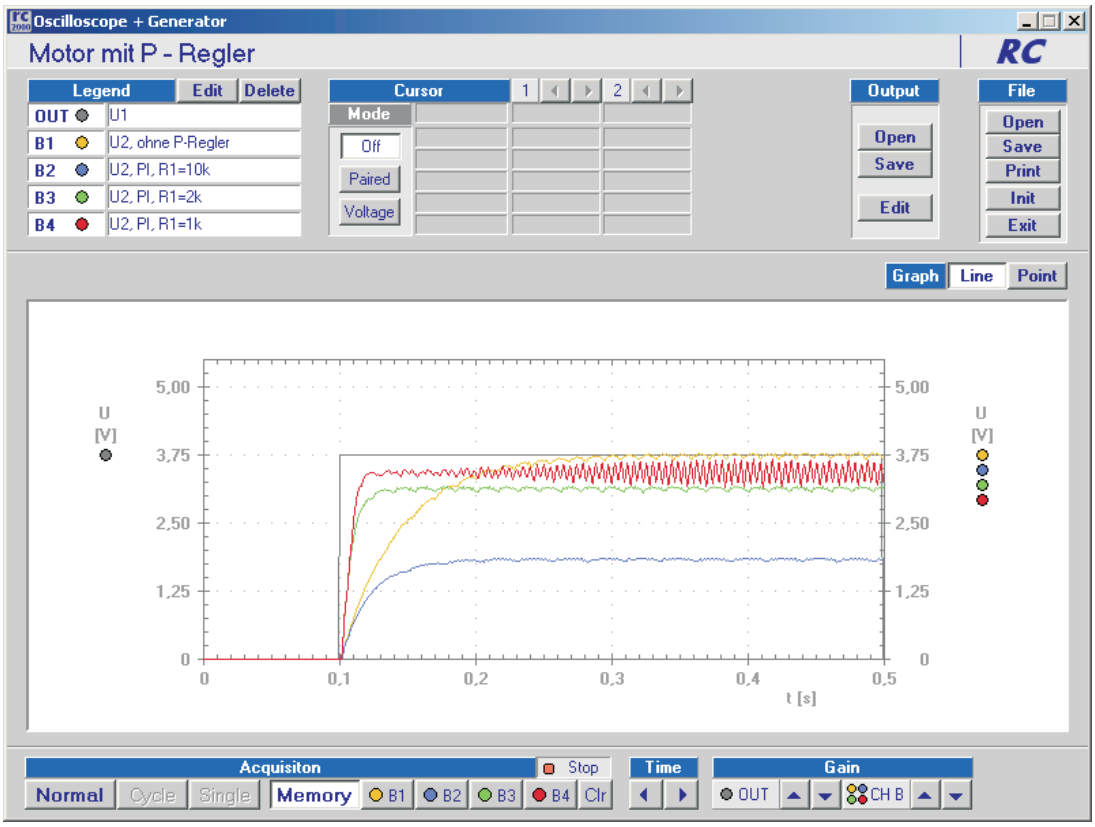
  Resultierendes Messen - siehe Graph 5.

- **Memory** Für gleichzeitige Darstellung der Sprungantworten für Motor mit Regler wählen Sie 4-Messzyklen.

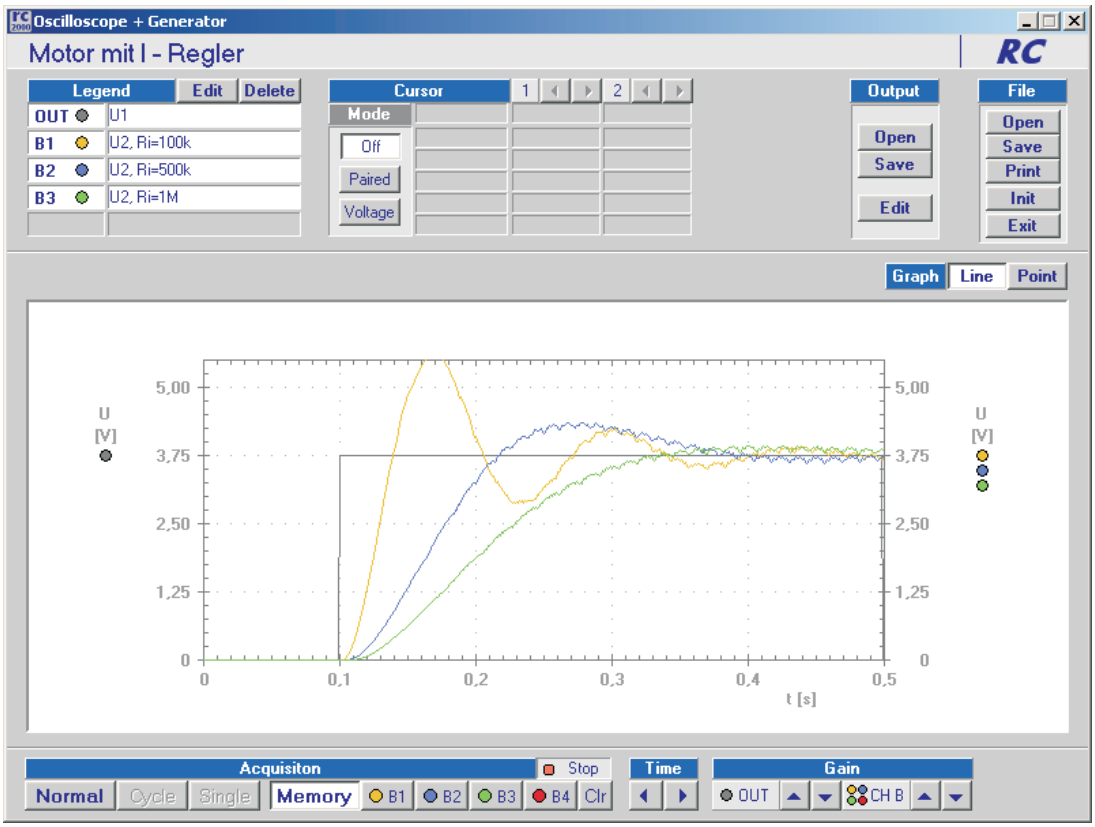
  B1 1. Messung - ohne Last.
  B2 2. Messung - Glühbirne.
  B3 3. Messung - R=10.

  Resultierendes Messen - siehe Graph 6.

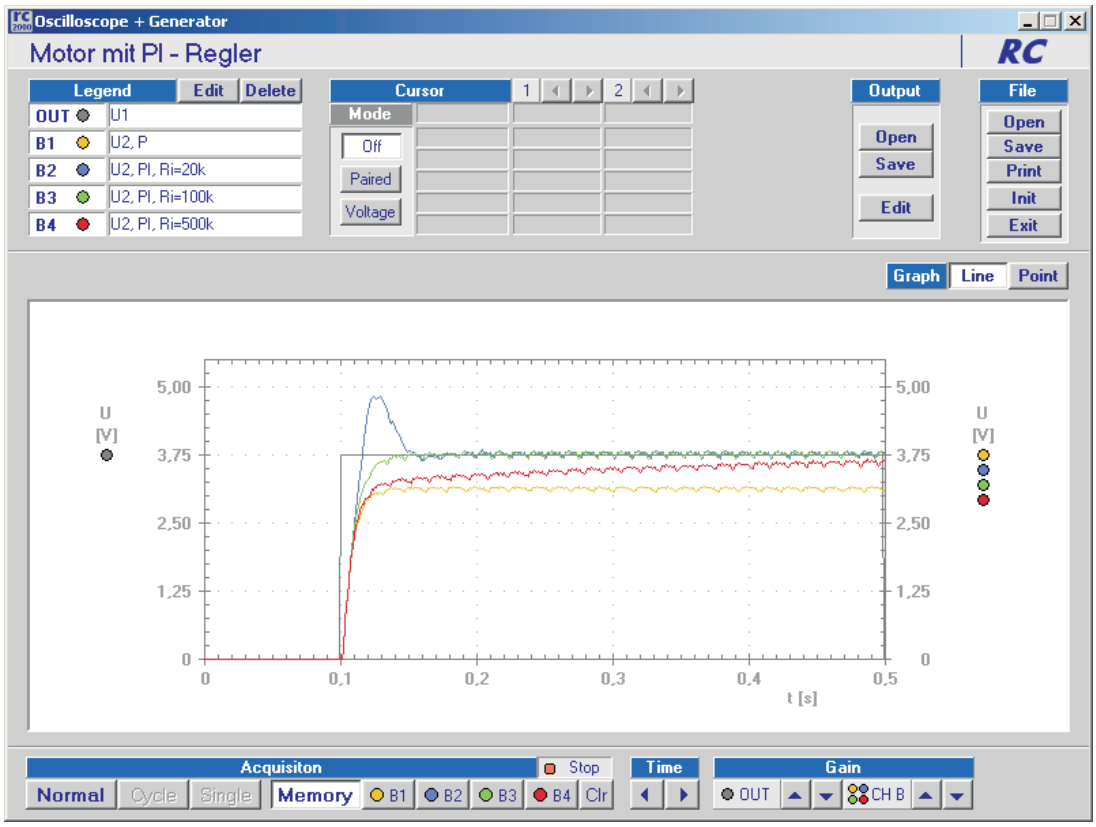
- Messen Sie die Motor Sprungantworten für belasteten Motor (R=10). Vergleichen Sie die Sprungantworten für regulierte und unregulierte Motor-Strecke. Wählen Sie grösseres Zeitintervall - siehe Graph 7.



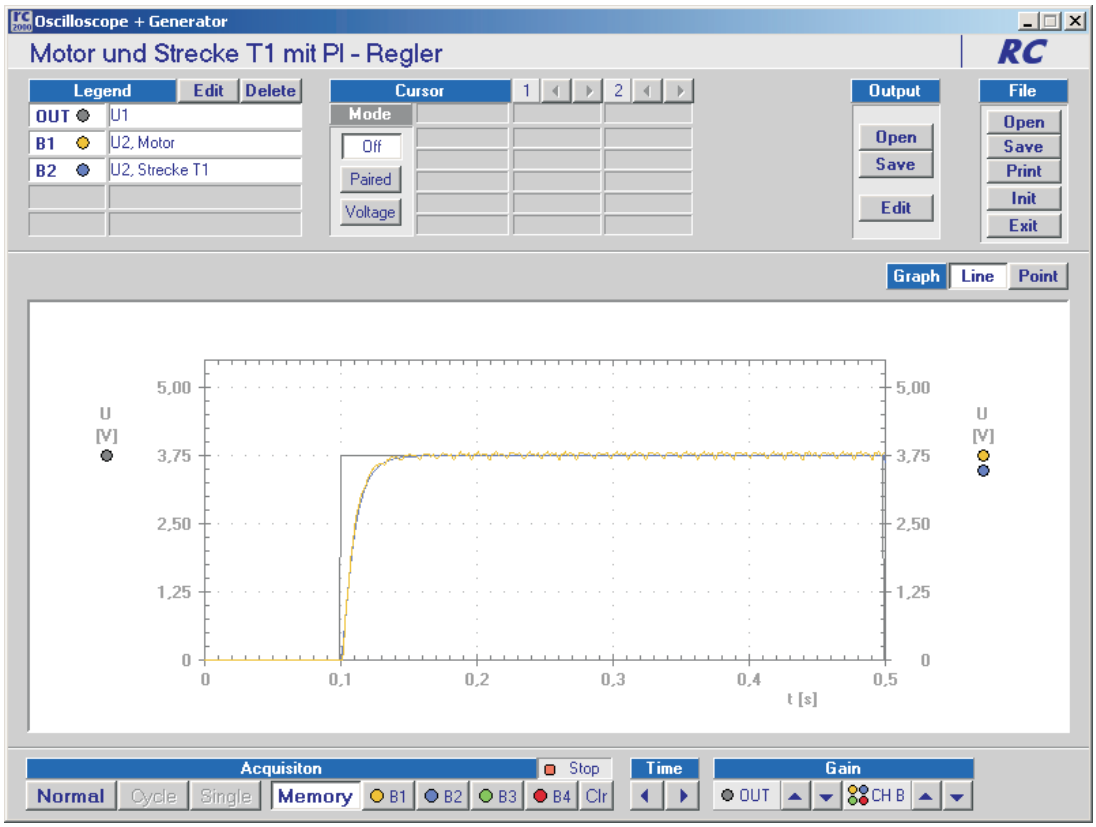
Graph 1



Graph 2



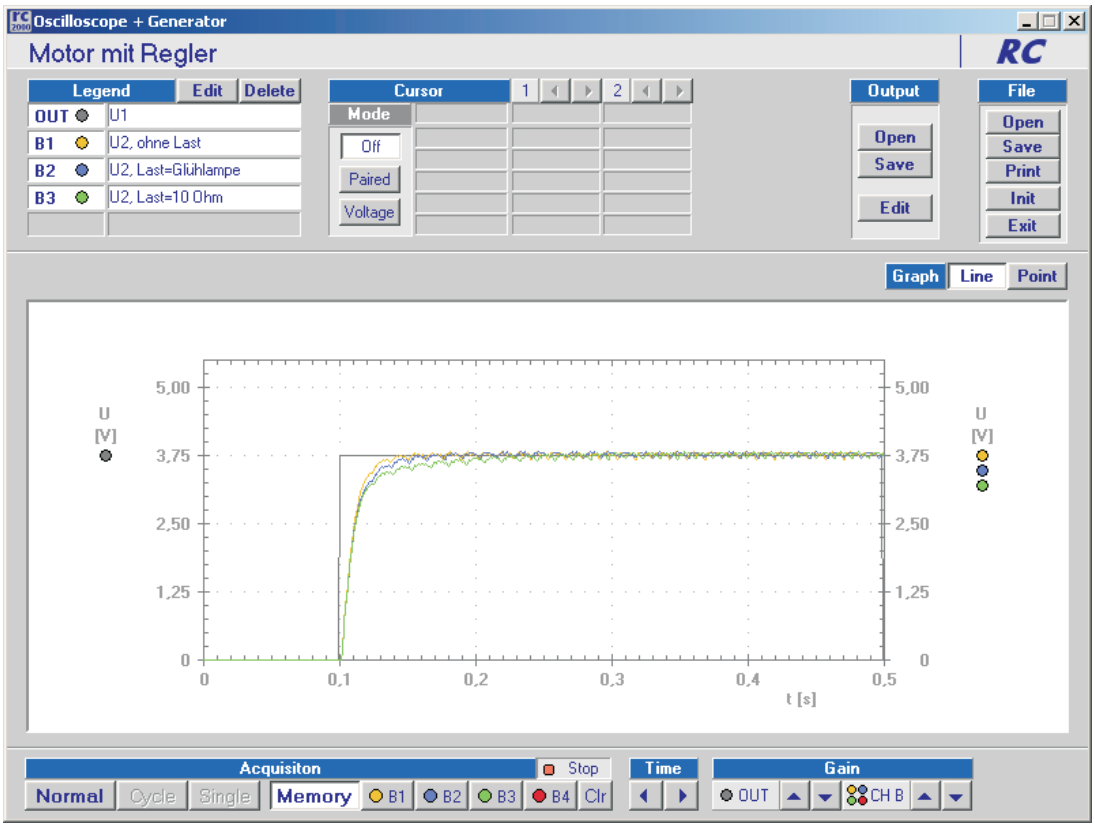
Graph 3



Graph 4



Graph 5



Graph 6


Oscilloscope + Generator
Motor Regelung
RC
Legend
Edit
Delete
OUT
U1
B1
U2, Last=10, ohne Regler
B2
U2, Last=10, mit Regler
Cursor
Mode
Off
Paired
Voltage
1
2
Output
Open
Save
Edit
File
Open
Save
Print
Init
Exit
Graph
Line
Point
U
[V]
5,00
3,75
2,50
1,25
0
0
2
4
6
8
10
t [s]
Acquisiton
Stop
Normal
Cycle
Single
Memory
B1
B2
B3
B4
Clr
Time
Gain
OUT
CH B

Graph 7