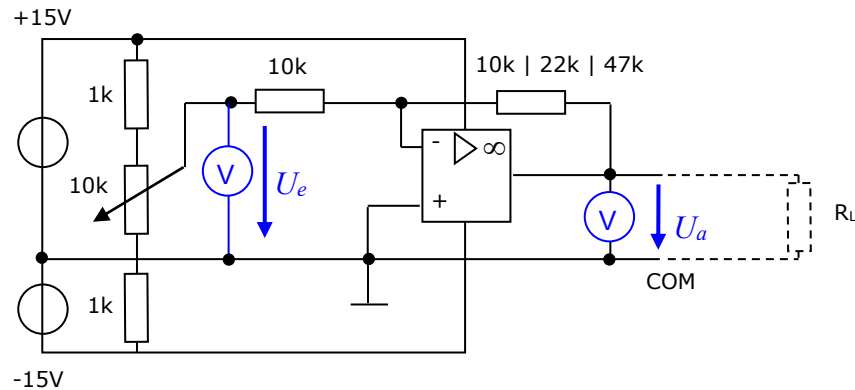


Regelungstechnik Startup

Einführung in die Regelungstechnik

von

Harald Gorbach

RT01**Operationsverstärker als invertierender Verstärker***Messschaltung und Ergebnis:**Darstellung der Messergebnisse (Auswertung):*

Für die Ausgangsspannung U_a ergeben sich in Abhängigkeit der Eingangsspannung U_e folgende Werte:

U_e in V	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10
U_a in V bei $R_2 = 10k\Omega$	9,99	8	6	4	2	0	-2	-3,99	-5,99	-7,99	-9,98
U_a in V bei $R_2 = 22k\Omega$	12,07	12,07	8,88	4,43	0,01	0,01	-4,44	-8,87	-13,36	-13,87	-13,87
U_a in V bei $R_2 = 47k\Omega$	12,1	12,1	12,1	12,1	9,54	0,48	-9,51	-13,9	-13,9	-13,9	-13,9

Für $U_e = -5V$ und $R_2 = 10k\Omega$

R_L in Ω	1000	680	470	330	220	100	47
U_a in V							

- a) Die Ausgangsspannung U_a in Abhängigkeit der Eingangsspannung U_e werden bei folgenden drei Verstärkungen

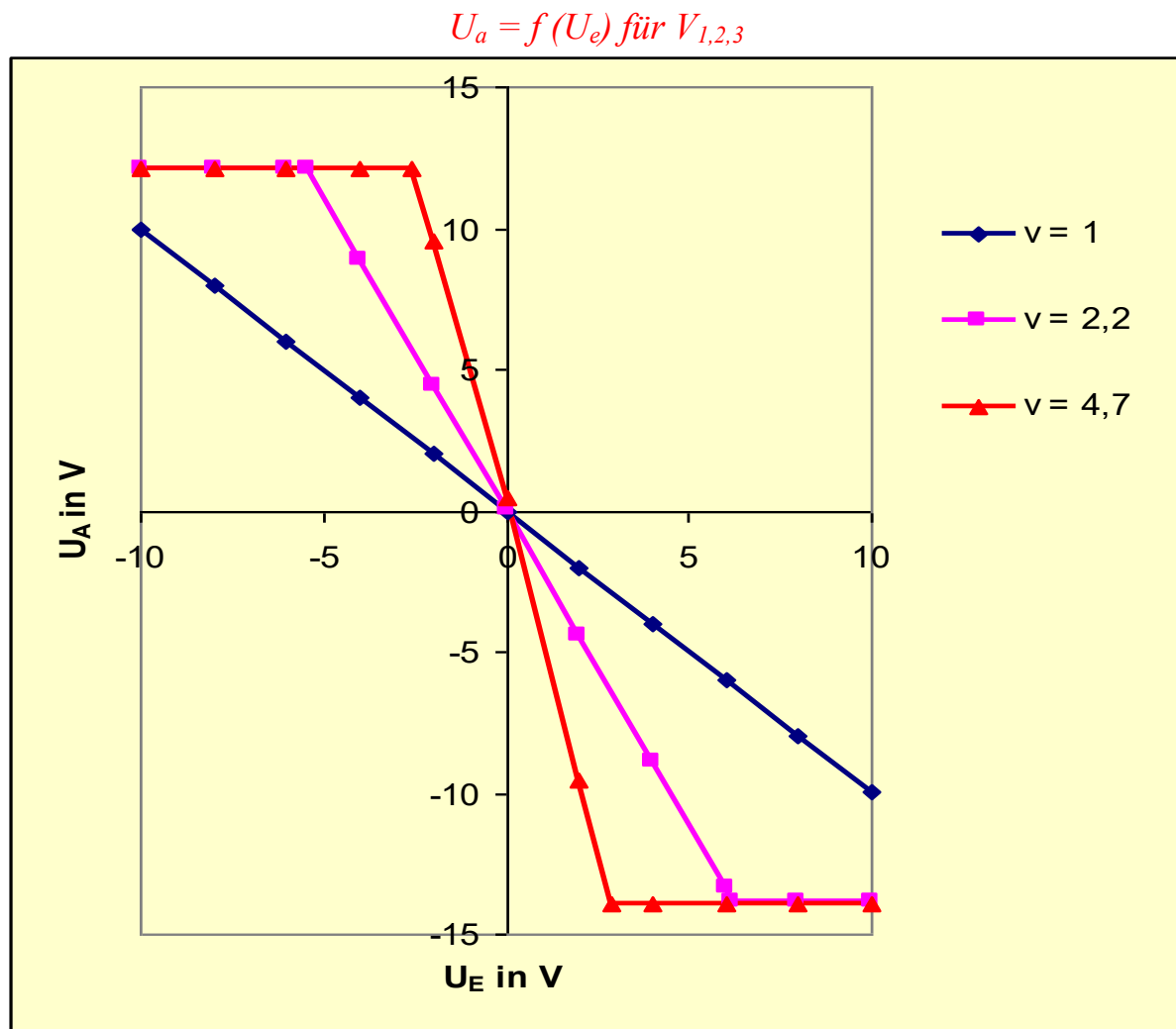
$$V_1 = \frac{R_2}{R_1} = \frac{10k\Omega}{10k\Omega} = 1$$

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1} = \frac{22k\Omega}{10k\Omega} = 2,2$$

$$V_3 = \frac{R_2}{R_1} = \frac{47k\Omega}{10k\Omega} = 4,7$$

dargestellt. Dabei sind die Grenzwerte für $U_{a\max} = 12,1V$ bzw. $U_{a\max} = -13,9V$ bei

- V_1 gar nicht erreicht worden, bei
- V_2 ab $U_e > 6,16V$ oder $U_e < -5,45V$ erreicht worden und bei
- V_3 schon ab $U_e > 2,92V$ oder $U_e < -2,59V$ erreicht worden.

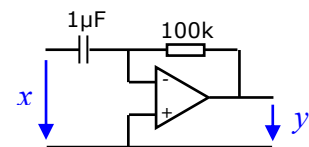
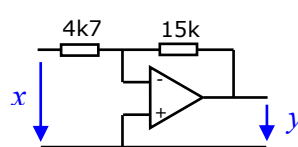
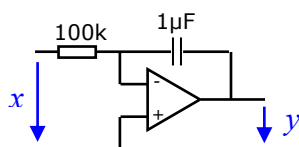


RT02

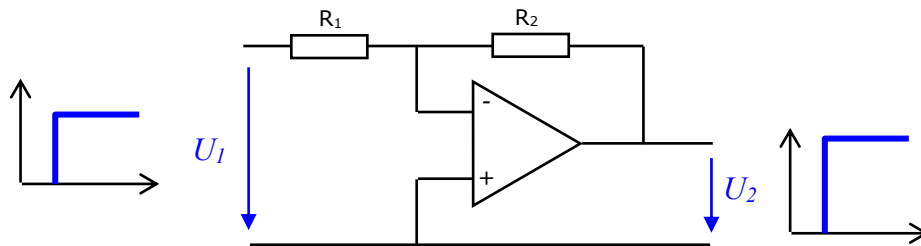
Reglergrundlagen mit Operationsverstärker

Die Regler sollen nach den Grundsaltungen mit folgenden Bauteilen aufgebaut werden:

- I – Regler: $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$; $C = 1 \mu\text{F}$
- P – Regler: $R_1 = 4,7 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 15 \text{ k}\Omega$
- D – Regler: $C = 1 \mu\text{F}$; $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$



1. Schaltung als P - Regler

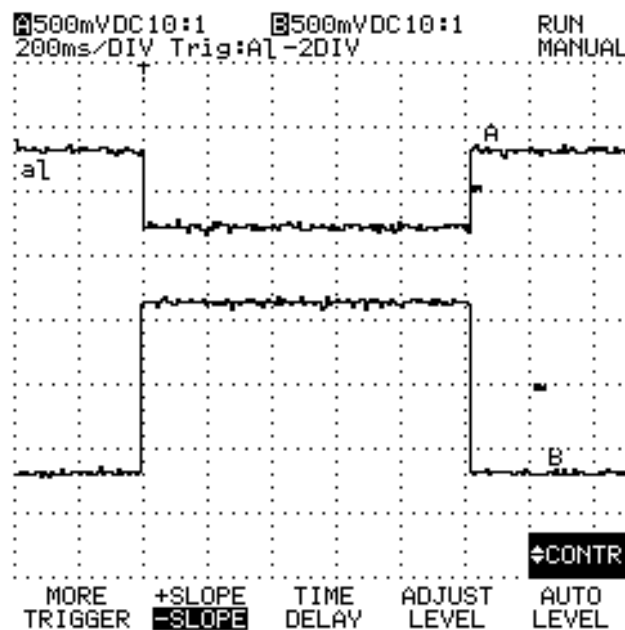


Die Verstärkung V des P-Reglers heißt Proportionalbeiwert K_P .

$$K_P = \frac{U_2}{U_1}$$

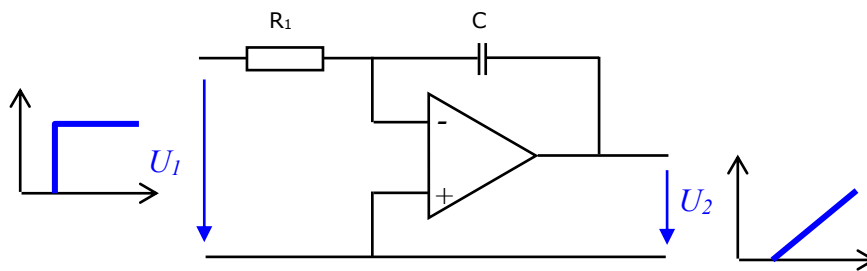
Der P- Regler reagiert auf eine Änderung der Eingangsspannung (= Änderung der Regelgröße Δx) mit einer proportionalen Änderung der Ausgangsspannung (= Änderung der Stellgröße Δy).

$$\Delta x = 0,5V; \Delta y = 1,6V$$



Daraus ergibt sich der Proportionalbeiwert mit: $K_P = -3,2$

2. Schaltung als I - Regler



Die Verstärkung des I-Reglers heißt Integrierbeiwert K_I .

$$U_2 = K_I \cdot U_1 \cdot t$$

Der I-Regler braucht zum Einstellen einer bestimmten U_2 eine Zeit t , die von der Ladung des Kondensators bestimmt wird. Dafür steht die Zeitkonstante $\tau = R_1 \cdot C$:

$$K_I = \frac{1}{\tau}$$

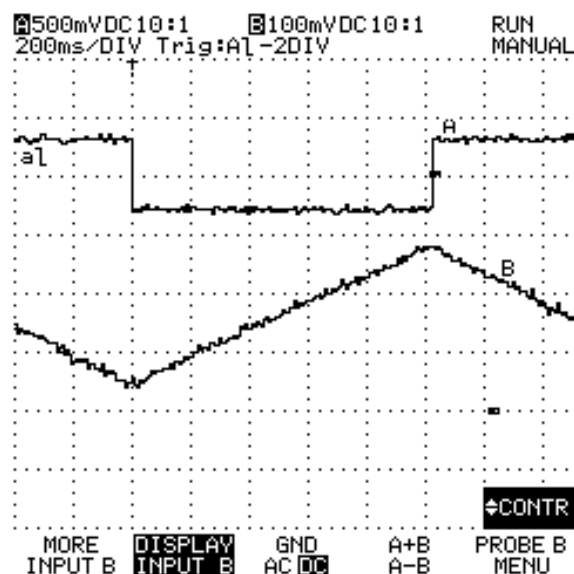
Auf eine Eingangsspannung U_1 reagiert der Regler mit einer sich ständig ändernden Ausgangsspannung $\Delta U_2 / \Delta t$ (bis zur Aussteuergrenze).

$$\Delta U_2 = -U_1 \frac{\Delta t}{\tau}$$

Der I - Regler reagiert auf eine verstellte Eingangsspannung (Differenz der Regelgröße Δx) mit einer mehr oder weniger langsamen Änderung der Ausgangsspannung (Änderung der Stellgröße $\Delta y / \Delta t$).

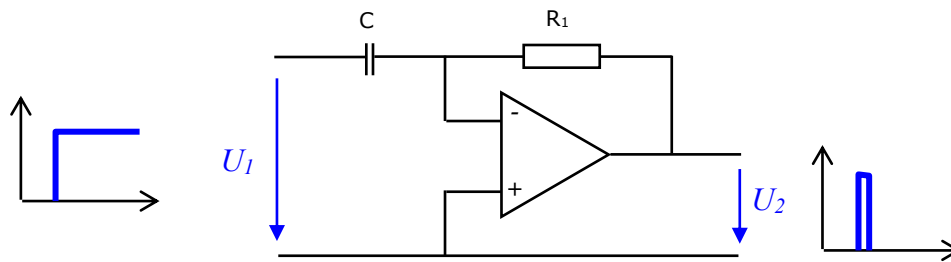
$$\Delta x = 0,6V;$$

$$\Delta y / \Delta t = -0,22V/s$$



Daraus ergibt sich der Integrierbeiwert mit: $K_I = -0,367/s$

3. Schaltung als D - Regler



Die Verstärkung des D-Reglers heißt Differenzierbeiwert K_D .

$$U_2 = K_D \cdot \frac{U_1}{t}$$

Der D-Regler liefert nur einen U_2 -Impuls. Die Höhe des Impulses hängt von der Zeit t ab, in der sich die Eingangsspannung ändert. Dafür steht wieder die Zeitkonstante $\tau = R_1 \cdot C$, für die gilt:

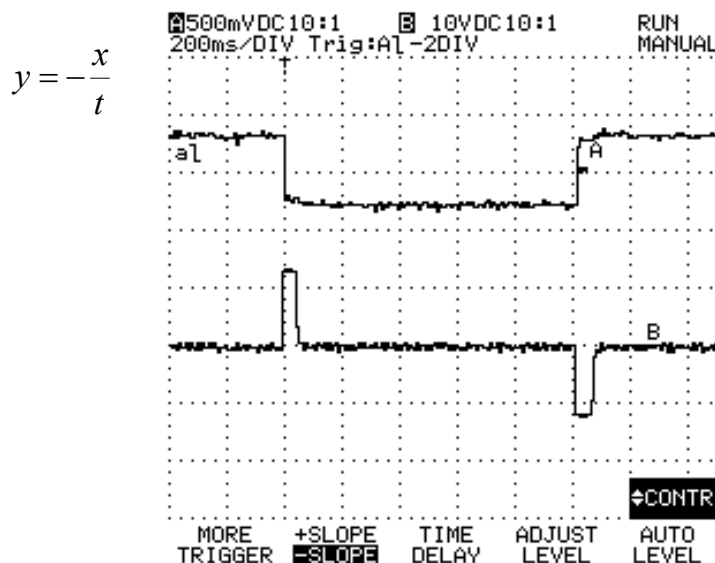
$$K_D = \tau$$

Wenn sich die Eingangsspannung plötzlich ändert, ist die Änderungszeit (= Divisor) Null. Der Regler erzeugt dann einen sehr hohen Impuls (= theoretisch unendlich). Je länger die Änderung der U_1 dauert, umso kleiner wird der Impuls.

Die Impulslänge wird wieder von der Ladezeit des Kondensators bestimmt. Die Länge hängt aber nicht mit der Eingangsspannung zusammen.

Der D- Regler reagiert auf eine Änderung der Eingangsspannung (= Änderung der Regelgröße Δx) mit einem Impuls der Ausgangsspannung (= Änderung der Stellgröße Δy).

Die Höhe des Impulses Δy ist dabei abhängig von der Geschwindigkeit, mit der sich die Eingangsspannung ändert. Wenn sie sich wie oben mit der maximalen Geschwindigkeit ändert, wird der Regler maximal angesteuert (Aussteuergrenze = Grenzwert des OP).



Es ergibt sich der Differenzierbeiwert (= Impulsbreite): $K_D = 0,1\text{s}$

Ändert sich die Eingangsspannung langsamer, wird der Impuls niedriger.

D – Regler können also nicht alleine verwendet werden, weil sie immer nur mit einem Impuls auf ein Eingangssignal U_1 reagieren.

$$U_2 = -\tau \cdot \frac{\Delta U_1}{\Delta t}$$

Jeder Regler dreht die Polarität von U_1 um.

Die Vorzeichenumkehr stellt eine 180° - Phasenverschiebung dar.