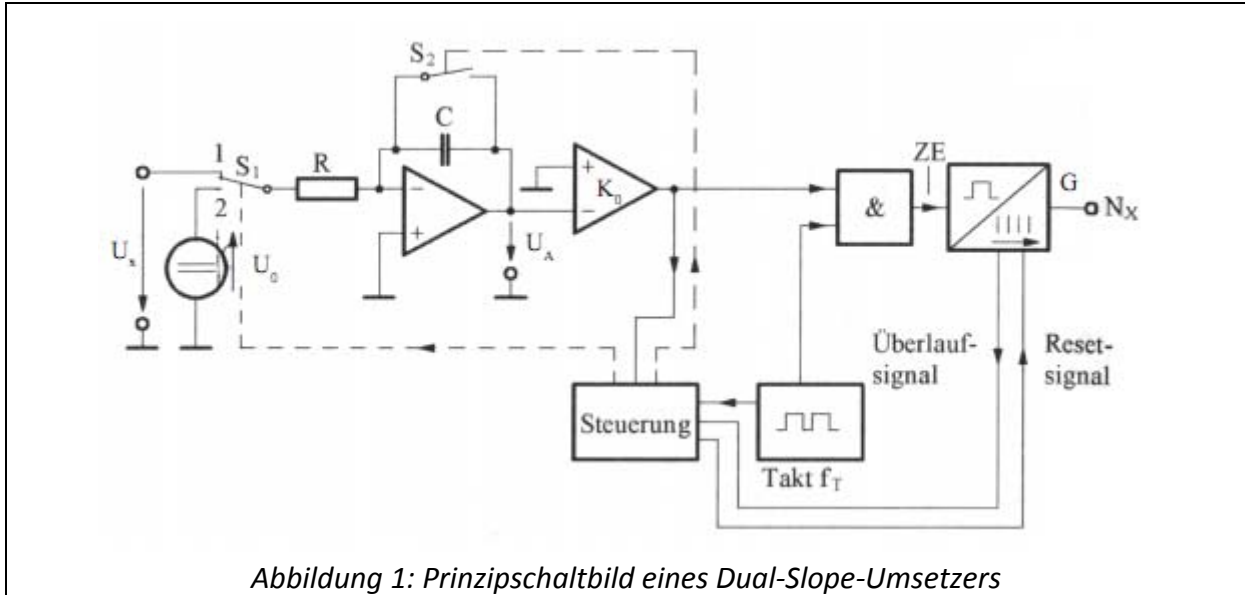


## Dual-Slope-Umsetzer



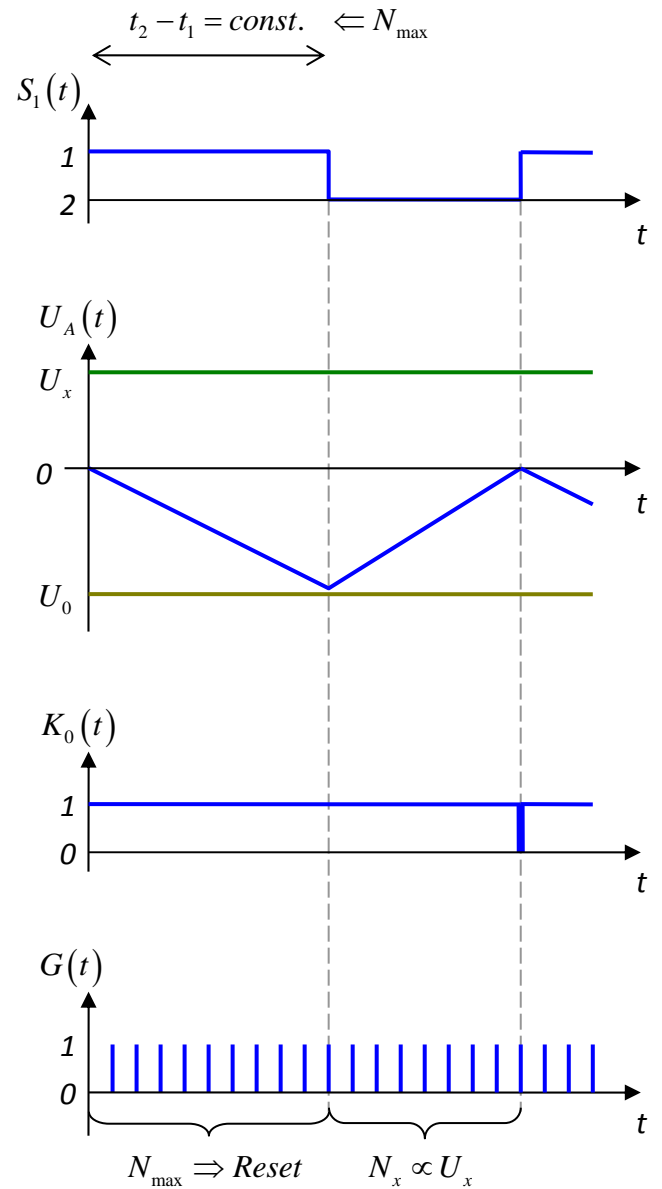
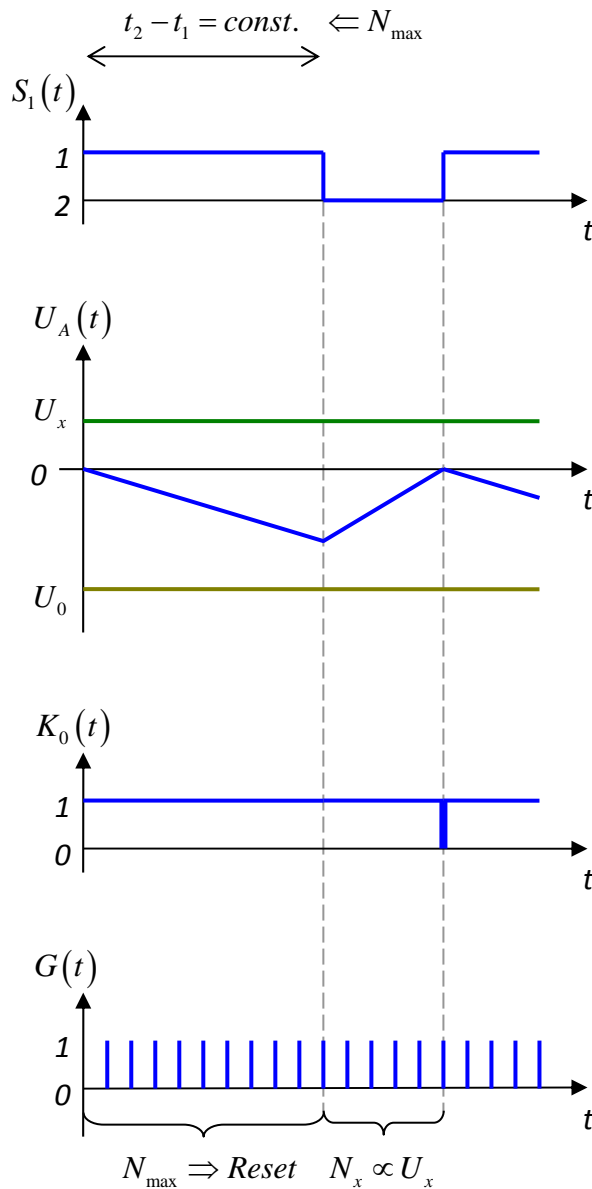
- a) Skizzieren Sie das Ablaufdiagramm (Schalterstellung  $S_1(t)$ , Ausgänge  $U_A(t)$ ,  $K_0(t)$  und  $G_0(t)$ ) für zwei verschiedene Eingangsspannungen des Umsetzers von Abb. 1.

### Lösung

#### Kurzbeschreibung:

Über die Steuerung können der Schalter  $S_1$  (Referenzspannung oder Messspannung integrieren) und Schalter  $S_2$  (Kondensator entladen, d.h. Rücksetzen) gesetzt werden. Die zu messende Spannung  $U_x$  wird über die integrierende Verstärkerschaltung integriert, und mit dem Taktsignal  $f_T$  in der Zählereinheit ZE die Pulse gezählt bis die Maximalzahl  $N_{max}$  erreicht ist. Die Spannung  $U_A$  erhält damit einen entsprechenden Wert. Dann wird  $S_1$  auf die Referenzspannung  $-U_0$  gesetzt und diese integriert, d.h. der Kondensator wieder entladen und die Spannung  $U_A$  erhöht. Wenn die Spannung  $U_A$  den Wert 0 erreicht, liefert der Komparator  $K_0 = 0$ . Mit diesem Komparatorsignal wird der Zählerstand  $N_x$  in der ZE ausgelesen, der Kondensator über  $S_2$  entladen und eine neue Messung gestartet. Die Zahl  $N_x$  entspricht proportional dem Spannungswert  $U_x$ .

Damit kann der zeitlichen Verlauf gegenüber der Schalterstellung von  $S_1$ , der Spannung  $U_A$  und des Zählerstandes  $G$ :



### Ablauf:

$$t = t_1$$

Die Steuerung schaltet  $S_1$  auf 1 und somit die zu messende Spannung von  $U_0$  auf  $U_x$ .

$\Rightarrow$  Die Spannung wird dann über den Kondensator integriert  $I_x = \frac{U_x}{R}$  und der Kondensator

somit geladen.

$\Rightarrow$  damit sinkt  $U_A$  linear mit der Zeit von 0 ab, Steigung  $\propto U_x$  ( $\propto$  steht für „direkt proportional zu“)

Im Zähler kommt es nach einer gewissen Anzahl von Takten zum Überlauf ( $N_{\max}$  erreicht). Dies soll der nächste Zeitpunkt sein:

$$t = t_2$$

$N_{max}$  wird erreicht und die Steuerung schaltet aufgrund des Zählerüberlaufs  $S_1$  auf  $-U_0$  um:

⇒ Reset der Zählereinheit (ZE) auf 0

⇒ Integration  $I_0 = \frac{-U_0}{R}$

⇒  $U_A$  steigt linear ( $\propto U_0$ )

$$t = t_x$$

$$U_A = 0 \Rightarrow K_0 = 0$$

An dieser Stelle bekommt die Steuereinheit den Befehl zum Auswerten der Zählereinheit:

⇒ Ablesen der Pulse  $N_x$ , wobei  $\underline{N_x \propto U_x}$

Mit Schließen von  $S_2$  wird der Kondensator  $C$  entladen und die Steuerung schalte wieder auf  $U_x$  (siehe  $t = t_1$ ) ⇒ der Zyklus beginnt von vorne.

b) Die Kapazität des Integrationsverstärkers sei  $C = 470 \text{ nF}$  und die Abtastintegrationszeit mit  $t_2 - t_1 = 100 \text{ ms}$  festgelegt. Wie dimensionieren Sie den Widerstand  $R$ , damit bei einer maximalen Eingangsspannung von  $10 \text{ V}$  der Wert der Ausgangsspannung  $U_A = -8 \text{ V}$  nicht unterschritten wird? Die Referenzspannung sei  $U_0 = 10 \text{ V}$ .

## Lösung

Es gilt:

$$U_A(t_2) = -\frac{Q}{C} = -\frac{1}{C} \cdot \int_{t_1}^{t_2} I dt = -\frac{1}{C} \cdot \int_{t_1}^{t_2} \frac{U_x}{R} dt = -\frac{\overline{U_x}}{RC} \cdot (t_2 - t_1)$$

(genaugenommen wird hier die zu messende Spannung über den Zeitraum  $t_1 \dots t_2$  gemittelt, was durchaus auch so gewollt ist, um Welligkeiten und Störungen zu glätten)

$$\Rightarrow R = -\frac{U_{max}}{U_{A,min}} \cdot C \cdot (t_2 - t_1) = \frac{-10V}{-8V \cdot 470 \text{ nF}} \cdot (100 \text{ ms})$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{R = 266 \text{ k}\Omega}}$$

c) Welche Taktfrequenz wird für eine 4-stellige Anzeige benötigt, wenn eine Anzeige von 1000 einem Spannungswert von 10 V entspricht.

## Lösung

Laut Aufgabenstellung gilt:

$$U_x = 10 \text{ V} \Rightarrow N_x = 1000$$

Für die Frequenz gilt:

$$f_T = \frac{1}{T}$$

Die Dauer eines Taktes, multipliziert mit der maximalen Zählerzahl, die benötigt wird um  $U_{\max} = 10 \text{ V}$  zu erreichen entspricht gerade der Zeit, die der Zähler benötigt, um genau diese maximale Zählerzahl zu erreichen:

$$T \cdot N_x = t_x - t_2$$

Da die maximale Eingangsspannung der Referenzspannung entspricht, benötigt der Kondensator bei  $U_{\max}$  zum Entladen genau so lange, wie zum laden:

$$\Rightarrow t_2 - t_1 = t_x - t_2 = 100 \text{ ms} .$$

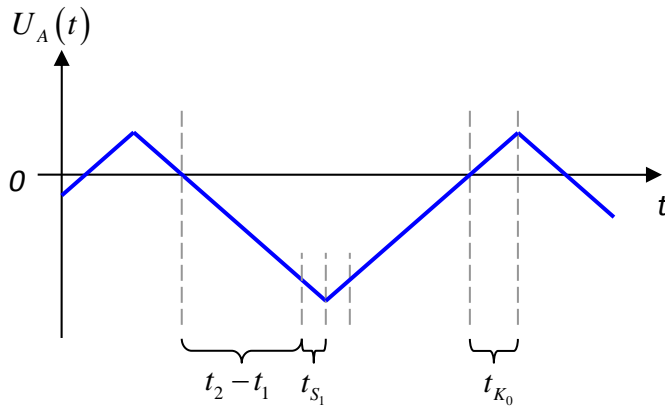
Damit folgt nun:

$$f = \frac{N_x}{t_x - t_2} = \frac{1000}{100 \text{ ms}} = \underline{\underline{10 \text{ kHz}}}$$

d) Welcher auf den Messbereich bezogene maximale Fehler entsteht, wenn die Verzögerungszeit des Komparators  $t_{K_0} = 10\mu s$  und die des Schalters  $S_1$  (Zeit zwischen Anlegen des Schaltbefehls und dem tatsächlichen Umschalten)  $t_{S_1} = 5\mu s$  beträgt?

## Lösung

Zeitverlauf MIT Schaltzeiten:



⇒ Gesamte Schaltzeit pro Messzyklus

$$\Delta t = 2 \cdot t_{S_1} + t_{K_0} = 10 \mu s + 10 \mu s = \underline{\underline{20 \mu s}}$$

Relativer Fehler:

$$\frac{\Delta t}{t_x - t_2} = \frac{20 \mu s}{100 \text{ ms}} = 0,02\%$$