

## 2.2.1 Elektronenstrahloszilloskop (EO)

Sachworte: Elektronenstrahloszilloskop, Ablenkkoeffizient, Sägezahngenerator

Die Braunsche Röhre eines EO hat eine Geometrie von 10 Teilungen (div) in x-Richtung und 8 Teilungen (div) in y-Richtung. Der Ablenkkoeffizient in x-Richtung ist gegeben zu  $c_x = 15 \text{ V/div}$  und in y-Richtung zu  $c_y = 10 \text{ V/div}$ .

Ein Sinussignal  $u_e(t) = U_s \sin(2\pi ft)$  mit  $U_s = 100 \text{ mV}$  und  $f = 100 \text{ kHz}$  soll auf dem Bildschirm formatfüllend dargestellt werden.

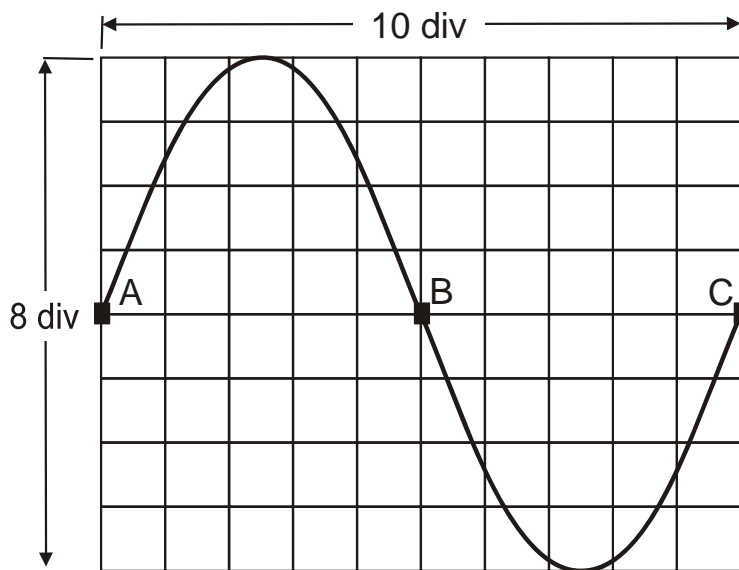


Bild 1

- a) Auf welchen Wert  $V_y$  muss die Y-Verstärkung des Y-Kanal-Eingangsverstärkers eingestellt werden?

$a_y$  ist die Strahlauslenkung in y-Richtung;  $u_e$  ist die Eingangsspannung und  $u_y$  die Ausgangsspannung des Verstärkers.

$$c_y = \frac{u_y}{a_y} \Rightarrow u_y = a_y \cdot c_y \quad (1)$$

$$V_y(8\text{div}) = \frac{u_y}{u_e} = \frac{u_{ySS}}{u_{eSS}} = \frac{a_y \cdot c_y}{2 \cdot U_s} = \frac{8 \text{ div} \cdot 10 \frac{\text{V}}{\text{div}}}{2 \cdot 0,1 \text{ V}} = 400 \quad (2)$$

- b) Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf der Sägezahnspannung  $u_x(t)$  des Zeitablenkteiles und markieren Sie in diesem Diagramm die zu Bild 1 korrespondierenden Punkte A, B und C.

Im  $y$ - $t$ -Betrieb soll in  $x$ -Richtung die Zeit abgelesen werden können. Dies wird durch eine zeitproportionale Spannung an den  $x$ -Ablenkplatten erreicht (Bild 2).

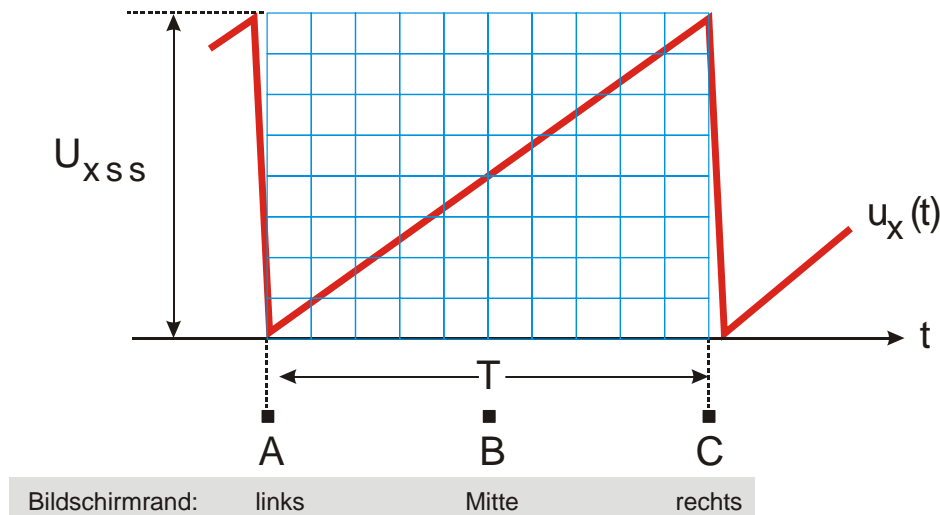


Bild 2

- c) Welchen Spitze-Spitze-Wert  $U_{xSS}$  und welche Anstiegsgeschwindigkeit  $du_x/dt$  muss die Ablenkspannung  $u_x(t)$  aufweisen?

Aus dem Ablenkoeffizienten berechnet sich die nötige Ablenkspannung in  $x$ -Richtung allgemein

$$c_x = \frac{U_x}{a_x} \Rightarrow \text{nötige Ablenkspannung } U_x = a_x \cdot c_x \quad \text{mit Strahlauslenkung } a_x \quad (3)$$

und zahlenmäßig für eine formatfüllende  $x$ -Auslenkung von 10 div:

$$U_{xSS}(10 \text{ div}) = a_x \cdot c_x = 10 \text{ div} \cdot 15 \frac{\text{V}}{\text{div}} = 150 \text{ V} \quad (4)$$

Die Anstiegsgeschwindigkeit des Sägezahns ist konstant und berechnet sich zahlenmäßig mit der Überlegung, dass die Ablenkzeit  $T$  gleich einer Periodendauer  $1/f$  des darzustellenden Signals der Frequenz  $f$  sein muss.

$$\frac{du_x}{dt} = \frac{\Delta u_x}{\Delta t} = \frac{U_{xSS}}{T}$$

$$\frac{du_x}{dt} = \frac{U_{xSS}}{T} = U_z \cdot f = 150 \text{ V} \cdot 100 \cdot 10^3 \frac{1}{\text{s}} = 1,5 \cdot 10^7 \frac{\text{V}}{\text{s}} = 15 \frac{\text{V}}{\mu\text{s}} \quad (5)$$

- d) Zeichnen Sie eine Operationsverstärkerschaltung, die den zeitproportionalen Teil der Sägezahnspannung erzeugen kann.

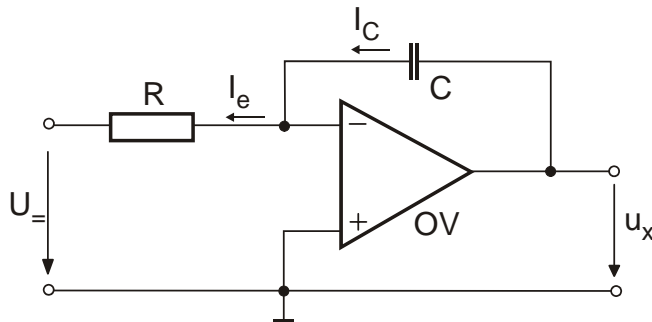


Bild 3

- e) Dimensionieren Sie diese Schaltung, wenn Ihnen eine ideale 10 V-Gleichspannungsquelle  $U_ =$  zur Verfügung steht, der maximal ein Strom von 1 mA entnommen werden darf.

Im Buch ist die Herleitung des Integrationsverstärkers zu finden. Dort wird die Ausgangsspannung des Verstärkers in Formel (2.208) hergeleitet. Mit den Größen nach Bild 3:

$$u_x = -\frac{1}{RC} \int_0^t U_ = d\tau \quad (6)$$

Für eine konstante über die Zeit  $t$  integrierte Spannung  $U_ =$  ergibt sich eine mit der Zeit  $t$  linear abfallende Spannung, die sog. Sägezahnablenkspannung.

$$u_x = -\frac{1}{RC} U_ = \cdot t \quad (7)$$

Die Ableitung dieser Spannung

$$\frac{du_x}{dt} = -\frac{1}{RC} U_ = \quad (8)$$

wird nach  $RC$  aufgelöst und der Zahlenwert aus Gl. (5) eingesetzt.

$$RC = \frac{U_ =}{\left| \frac{du_x}{dt} \right|} = \frac{10V}{15 \frac{V}{\mu s}} = \frac{10 \cdot 10^{-6}}{15} s = \frac{2}{3} \mu s \quad (9)$$

Der Eingangswiderstand  $R_e$  eines Integrators ist wie im Buch abgeleitet, gleich dem Widerstand  $R$  (siehe Bild in Punkt d)), der sich bei einer Eingangsspannung  $U_ =$  und einem Eingangstrom  $I_e$  folgendermaßen berechnet:

$$R_e = R = \frac{U_ =}{I_e} = \frac{10V}{1mA} = 10k\Omega \quad (10)$$

Mit Gl. (9) und der Einheit  $1F = 1As/V$  ergibt sich  $C$  zu:

$$C = \frac{2}{3} \mu s \frac{1}{R} = \frac{2}{3} \mu s \frac{1}{10k\Omega} = \frac{2}{3} \cdot 10^{-6} s \cdot \frac{1}{10 \cdot 10^3 V/A} = 66,7 pF \quad (11)$$

信