

Lösung der Übungsaufgabe ÜA_3_16.3.B:

a) Kapazitiver Spannungsteiler:
$$\frac{U_{3A}}{U_A} = \frac{R}{2R} \cdot \frac{C_4 | C_5}{C_4 | C_5 + C_3 + C_1 | C_2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{13} = \frac{2}{13}$$

$\Rightarrow U_{3A}(\downarrow) = 10 \text{ V}; U_{4A}(\rightarrow) = 15 \text{ V}; U_{5A}(\leftarrow) = 7,5 \text{ V}; U_{1A}(\rightarrow) = U_{2A}(\leftarrow) = 5 \text{ V}$

b) **Aufstellung des Koeffizientenschemas:** (für $\varphi_{SB} = 0$: $S_B = \text{„Zu“}$ als virtueller Knoten $\Rightarrow \varphi_D = U_B$)

Tabelle ÜA_3_16.3.B_1: Koeffizientenschema für die Knotenanalyse / Lösungsschema für den Taschenrechner

$\varphi_D = U_B$	φ_E	φ_F	φ_A	Abs.
$C_1 + C_2$	$-C_1$	$-C_2$	0	$U_B \cdot C_{\text{gesB}}$
$-C_1$	$C_1 + C_3 + C_4$	$-C_3$	$-C_4$	0
$-C_2$	$-C_3$	$C_2 + C_3 + C_5$	$-C_5$	0
0	$-C_4$	$-C_5$	$C_4 + C_5 + C_6$	0

siehe Zusatzaufgabe e1):
 Vorladungen werden durch R_2 aufgehoben.

φ_E	φ_F	φ_A	Abs.
3	-1	-1	70
-1	4	-2	70
-1	-2	5	0

Lösung des Gleichungssystems:

$\varphi_E = 46 \text{ V}$ und $\varphi_F = 42 \text{ V}$
 $\varphi_A = 26 \text{ V}$

$U_{1B}(\leftarrow) = \varphi_D - \varphi_E = 24 \text{ V}; U_{2B}(\leftarrow) = \varphi_D - \varphi_F = 28 \text{ V}; U_{3B}(\downarrow) = \varphi_E - \varphi_F = 4 \text{ V};$

$U_{4B}(\leftarrow) = \varphi_E - \varphi_A = 20 \text{ V}; U_{5B}(\leftarrow) = \varphi_F - \varphi_A = 16 \text{ V}; U_{6B}(\uparrow) = 26 \text{ V}$

Probe: $U_{1B} + U_{4B} + U_{6B} = U_B \text{ ???} \Rightarrow 24 \text{ V} + 20 \text{ V} + 26 \text{ V} = 70 \text{ V} \text{ !!!}$

c) **Berechnung der verschobenen Ladung:**

$\Delta Q_3 = Q_{3B} - Q_{3A} = C_3 \cdot (U_{3B} - U_{3A}) = 50 \mu\text{F} \cdot (4 \text{ V} - 10 \text{ V}) = -300 \mu\text{A} \cdot \text{s}$
 d.h., C_3 wird während des Vorgangs B teilweise entladen!

$Q_B = C_{\text{gesB}} \cdot U_B$ (aus der 1. Gleich. des Koeffizientenschemas – gelb unterlegt)

$Q_B = 2C \cdot U_B - C \cdot \varphi_E - C \cdot \varphi_F = 50 \mu\text{F} \cdot (140 \text{ V} - 46 \text{ V} - 42 \text{ V}) = 2.600 \mu\text{A} \cdot \text{s}$

Zusatzaufgabe:

Der Vorgang A ist abgeschlossen. Die Kondensatoren sind auf die berechneten Werte vorgeladen [siehe: Lösung von a) – nicht ausgefüllte Zählpfeile im Bild ÜA_3_16.3.B_1].

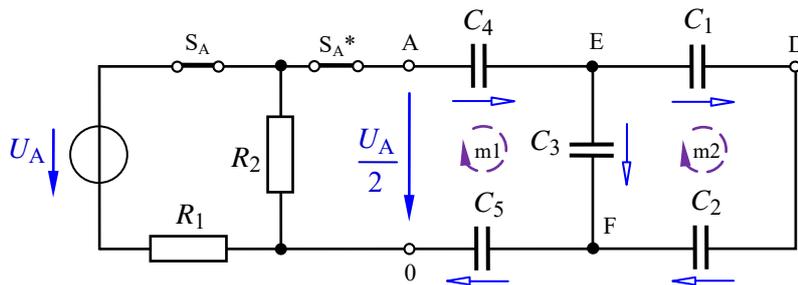
d) Führen Sie eine Probe zum Ergebnis des Vorgangs A durch.

e) Der Vorgang B wird nicht gestartet. Diskutieren Sie die Bedeutung der Position des Schalters S_A :

e1) links von R_2 (S_A) und: e2) rechts von R_2 (S_A^*)

f) Entwickeln Sie eine Ersatzschaltung für den Fall e2) auf, wenn nach dem Vorgang A der Schalter S_A^* geöffnet und zugleich der Schalter S_B geschlossen wird (Vorgang B*).

Zu d) Die Probe führen wir mit dem Maschensatz durch ($U_A = 65 \text{ V}$):



Lösung von a):

$U_{1A} = U_{2A} = 5 \text{ V}$
 $U_{3A} = 10 \text{ V}$
 $U_{4A} = 15 \text{ V}$
 $U_{5A} = 7,5 \text{ V}$

Richtungen: siehe offene Zählpfeile im Bild ÜA_3_16.3.B_1.

Bild ÜA_3_16.3.B_1: Probe zu a)

Masche m1: $U_{4A} + U_{3A} + U_{5A} = 15 \text{ V} + 10 \text{ V} + 7,5 \text{ V} = 32,5 \text{ V} = 0,5 \cdot U_A$ (stimmt !)

Masche m2: $U_{1A} + U_{2A} = 5 \text{ V} + 5 \text{ V} = 10 \text{ V} = U_{3A}$ (stimmt !)

Zu e1) Wenn nach dem Vorgang A der Schalter S_A geöffnet wird (siehe originale Aufgabenstellung), verbleibt der Widerstand R_2 in der Kondensatorschaltung. Sollte jetzt kein Vorgang B aktiviert werden, entladen sich alle Kondensatoren über R_2 wieder vollständig. Falls der Vorgang B erst nach $t \gg 5\tau$ gestartet wird, werden die nach 5τ vollständig entladenen Kondensatoren über die Quelle B neu geladen. Wenn nur der statische Endzustand B gesucht ist, kann diese Methode auch zur Berechnung des Zustandes B genutzt werden. Das wurde in der Lösung zu b) bereits so praktiziert. Bei einer PSPICE-Simulation muss dann aber eine längere Zeit für die Transienten-Analyse eingestellt werden.

Zu e2) Wenn nach dem Vorgang A der Schalter S_A^* geöffnet wird, ist der Kondensator C_5 nicht mehr am Vorgang B beteiligt. Er behält seine Ladung mit Q_{5A} . Falls der Vorgang B* dann gestartet wird, ändern sich alle anderen Ergebnisse des Vorgangs B* gegenüber der Lösung der Teilaufgabe b).

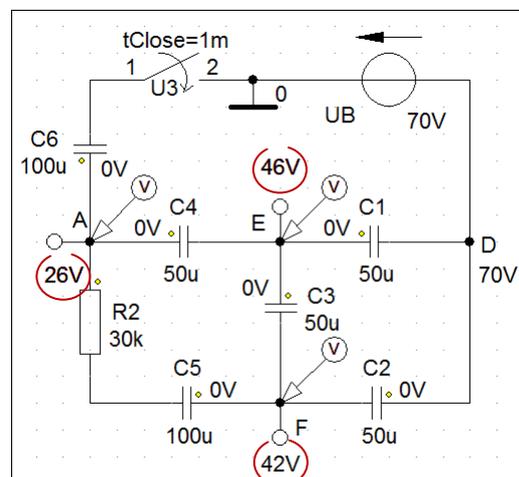
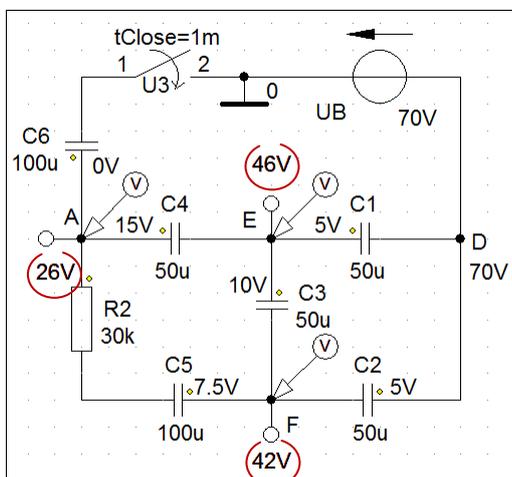


Bild ÜA_3_16.3.B_2: Beweis zu e1) über PSPICE

Im Bild ÜA_3_16.3.B_2 wurde der Vorgang B mit PSpice über eine Transienten-Analyse getestet. Die linke Seite dieses Bildes zeigt das Simulationsergebnis mit Vorladung. Auf der rechten Seite wurde die Simulation ohne Vorladung durchgeführt. Die Vorladungen [einstellbar über Initial Condition (IC) in der *PartName*-Liste eines Kondensators] werden neben Pin 1 (gelber Punkt) angezeigt.

Die Spannungen im statischen Endzustand B (rot umrandet) sind in beiden Fällen gleich.

Zu f) Bild ÜA_3_16.3.B_3 zeigt die neue schaltungstechnische Situation für die Zusatzaufgabe f).

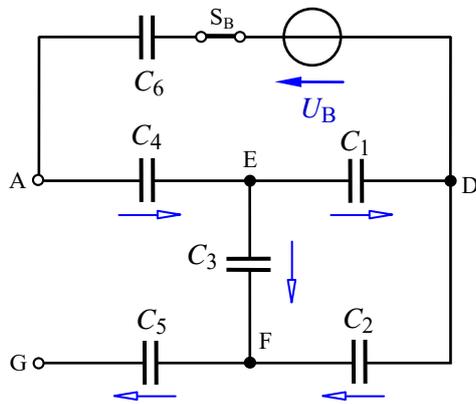


Bild ÜA_3_16.3.B_3: Ersatzschaltung zur Zusatzaufgabe f)

Der Widerstand R_2 ist jetzt nicht mehr vorhanden (Leerlauf zwischen A und G). Die Spannung über dem Kondensator C_5 ändert sich während des Vorgangs B* nicht mehr:

$$U_{5A(\leftarrow)} = U_{5B(\leftarrow)} = 7,5 \text{ V}$$

Hinweis: Aufgaben mit vergleichbaren Inhalten finden Sie im:
Übungsbuch [14] – Berechnungsbeispiele 16.5 bis 16.11

Ende dieser zusätzlichen Lösung