

Lösungsübersicht EL-A S 2008

PE4

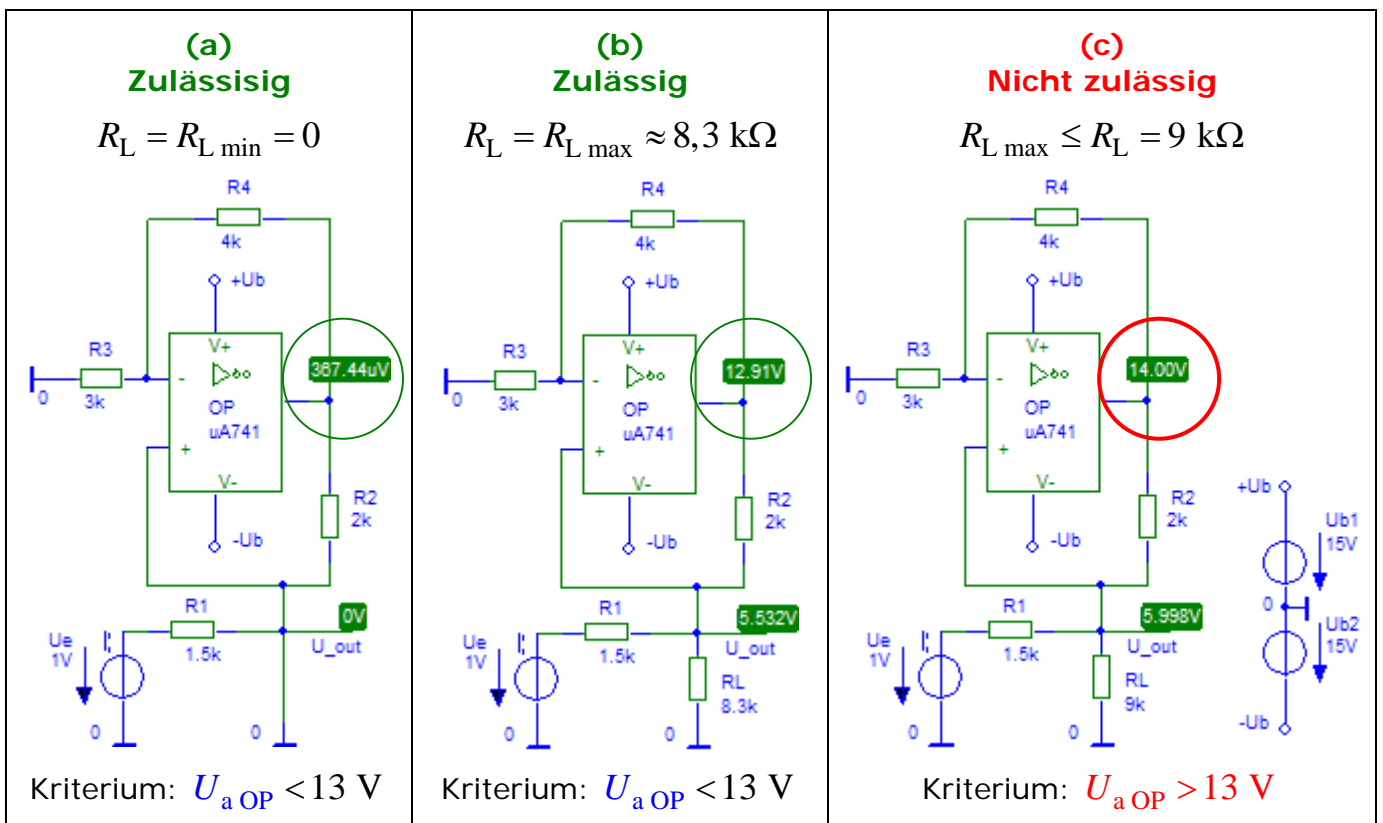
Die Lösungen sind z.T. ausführlicher kommentiert und diskutiert als es während einer Klausur möglich ist.

1. Stromquelle für geerdete Last [30]

1.1 DC-Simulation: Wertebereich $R_{L \min} \leq R_L \leq R_{L \max}$

(a) Stromquellen können im Normalfall im Kurzschluss ($R_L = 0$) betrieben werden. Dies trifft auch auf die hier vorliegende Deboo-Stromquelle zu: $R_L = R_{L \min} = 0$.

(b) Das Problem bei Stromquellen besteht darin, dass der konstante Quellenstrom I_0 gemäß $U_{\text{out}} = I_0 R_L$ hohe Spannungen erzeugt, wenn der Lastwiderstand R_L große Werte annimmt. Jede technische Stromquelle ist deshalb in ihrer Funktion auf $U_{\text{out max}}$ begrenzt (Stromquellen besitzen eine so genannte **endliche Spannungsreserve**). Im vorliegenden Fall ist $U_{\text{out max}}$ durch die zulässige Ausgangsspannung $U_{a \text{ OP zul}} = 13 \text{ V}$ des OP eingeschränkt. Man kann also R_L nur so weit erhöhen, bis $U_{a \text{ OP zul}} = 13 \text{ V}$ erreicht ist.



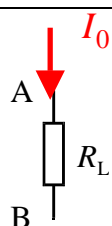
(c) Wenn $R_L > 8,3 \text{ k}\Omega$, dann übersteigt die OP-Ausgangsspannung ihren zulässigen Wert von 13 V (der OP ist dann übersteuert – die Stromquellenfunktion ist mehr gewährleistet).

Musterlösung für 1.1:

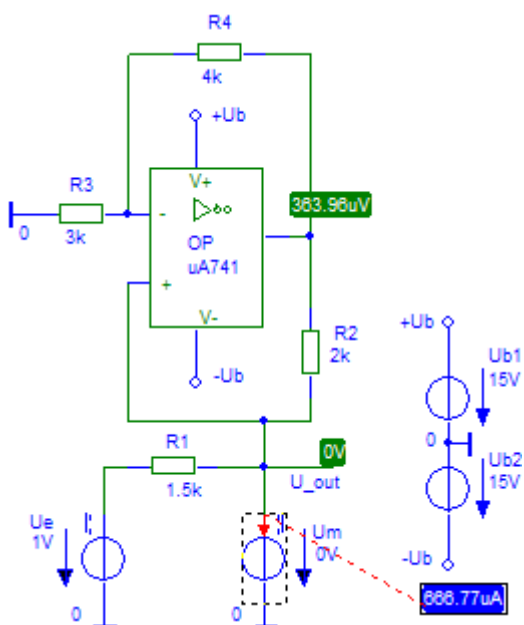
$R_{L \min} = 0$	Kriterium $U_{aOP} < 13 \text{ V}$
------------------	------------------------------------

$R_{L \max} \approx 8,3 \text{ k}\Omega$	Kriterium $U_{aOP} < 13 \text{ V}$
--	------------------------------------

1.2 DC-Simulation: Quellstrom I_0 (A, B) für $R_{L \min} \leq R_L \leq R_{L \max}$

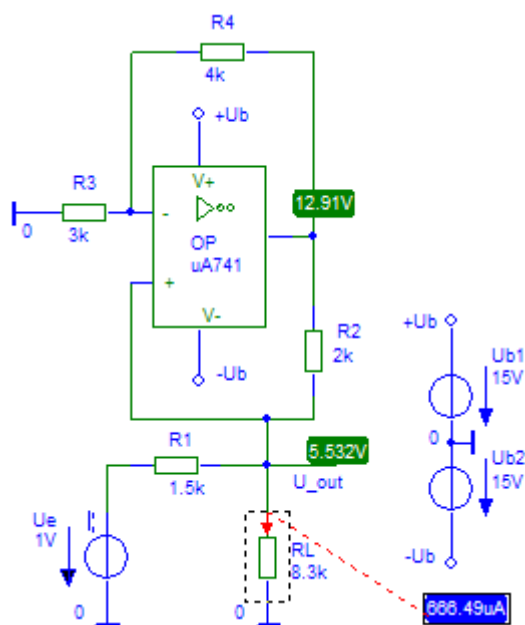
$I_0 = 667 \text{ mA}$	Orientierung: 
------------------------	---

$R_L = R_{L \min} = 0$



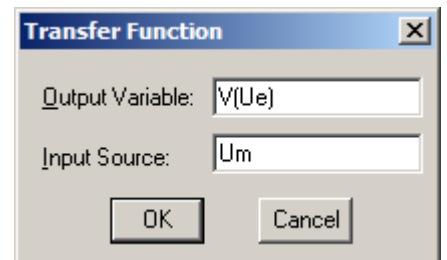
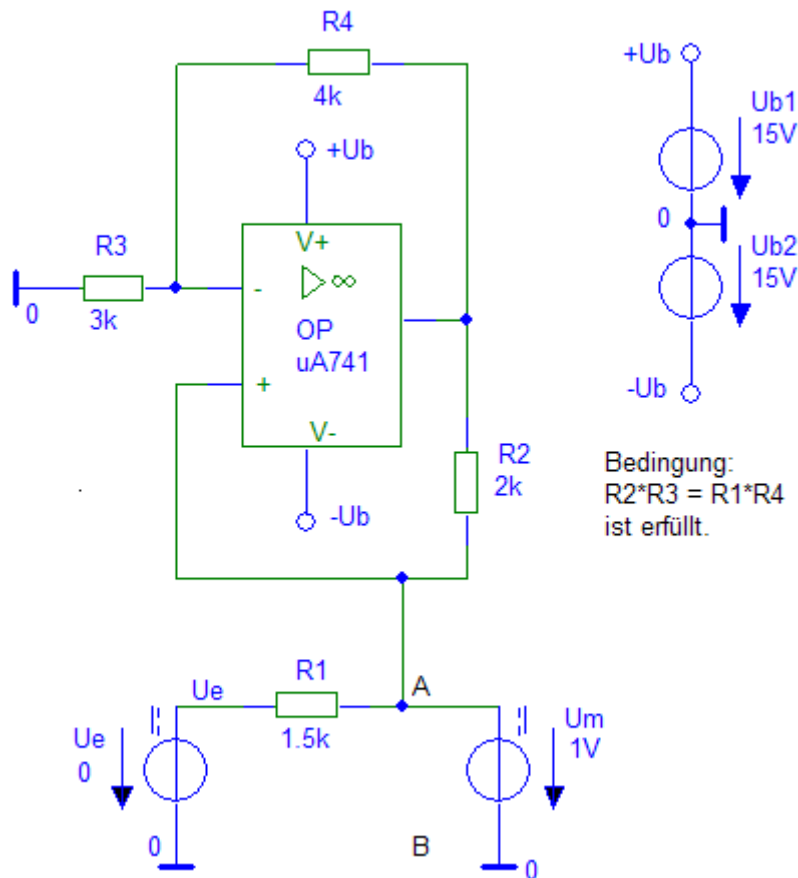
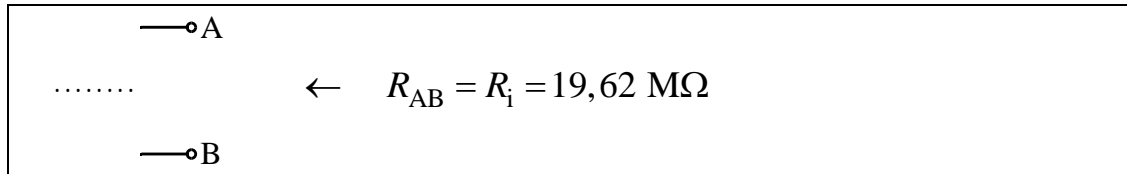
Strommessung für den Wert $R_L = R_{L \min} = 0$ mittels Hilfs-DC-Spannungsquelle $U_m = 0 \text{ V}$

$R_L = R_{L \max} = 8,3 \text{ k}\Omega$



Strommessung für den Wert des Lastwiderstands $R_L = 8,3 \text{ k}\Omega$

1.3 DC-Simulation: Wert des Innenwiderstand R_i der Stromquelle an



>> View
Output File

INPUT RESISTANCE AT V_Um = 1.962E+07

$$R_{AB} = R_i = 19,62 \text{ M}\Omega$$

Wie erwartet, liegt ein für Stromquellen typischer hoher Innenwiderstand R_i (hier im Megaohm-Bereich) vor. Damit ist weitgehend ideales Stromquellenverhalten verknüpft.

1.4 AC-Simulation: $C_L = 810 \text{ nF}$, BODE-DIAGRAMM der Spannung u_{AB} bei $\hat{u}_e = 1 \text{ V}$

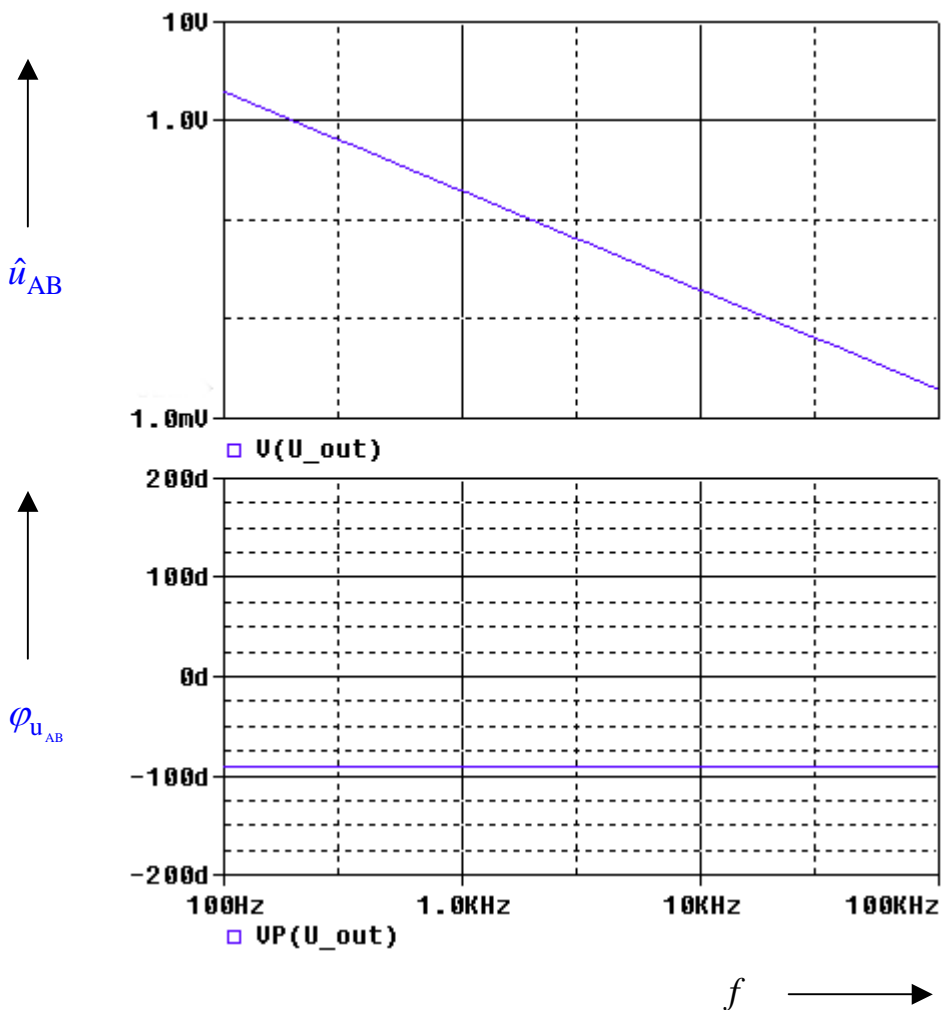
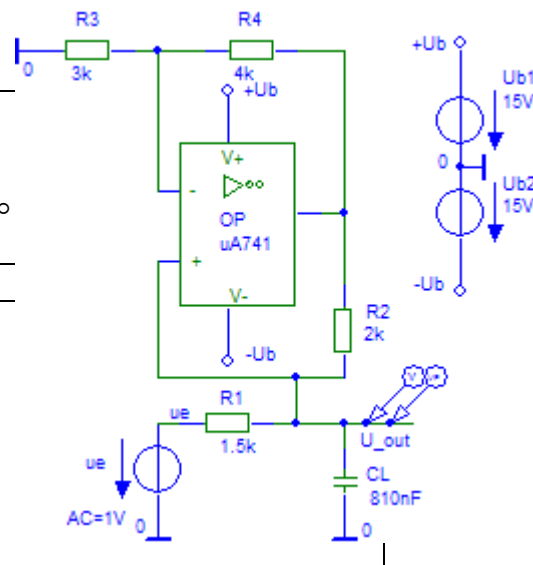


Abb. 1b: BODE-DIAGRAMM der Spannung u_{AB}

1.5 Deboo-Integrator

Woran erkennen Sie, dass es sich um einen <i>Integrator</i> handelt?	$\underline{u}_{AB} \sim \frac{1}{j\omega} \quad \hat{u}_{AB} \sim 1/\omega$ $\varphi_{u_{AB}} = -90^\circ$
--	---

Warum benötigt der <i>Deboo-Integrator</i> einen <i>Stromquellencharakter</i> ?	$\dot{i}_0 \sim u_e \text{ liefert mit } C_L$ $u_{AB} = \frac{1}{C_L} \int i_0 dt$ $\frac{1}{C_L} \int i_0 dt \Rightarrow \frac{i_0}{j\omega C_L}$
---	--



2. Amplitudenspektrum [30]

Gegeben Je eine Periode der Zeitverläufe $u_1(t)$ und $u_2(t)$,

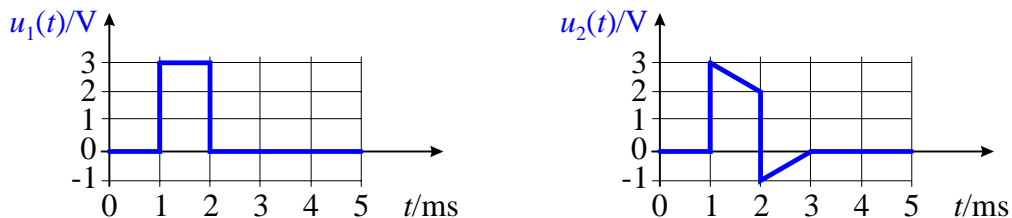
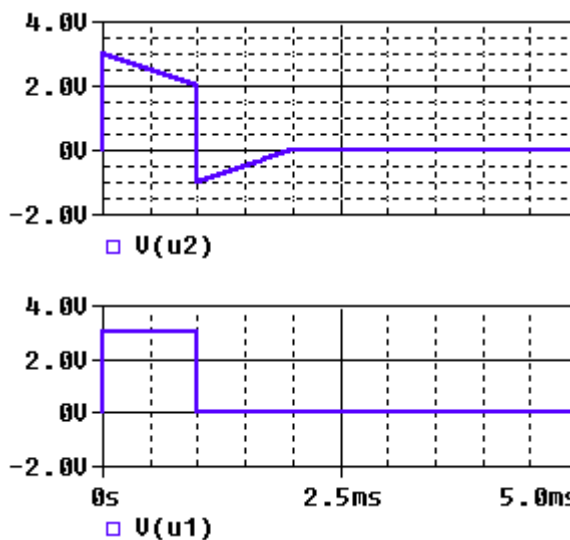
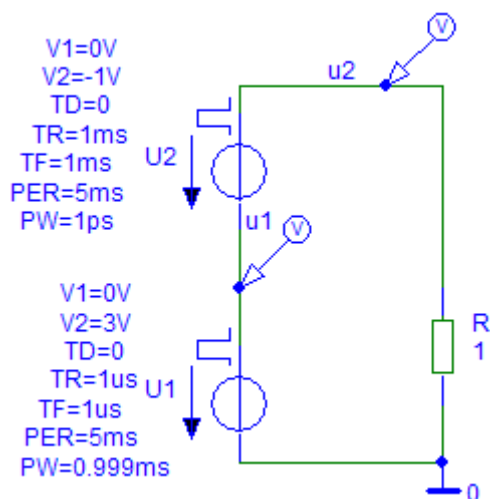


Abb. 2a: Je eine Periode der periodischen Zeitfunktionen $u_1(t)$ und $u_2(t)$

2.1 Generieren Sie die Zeitfunktionen $u_1(t)$, $u_2(t)$ über je eine Periode!



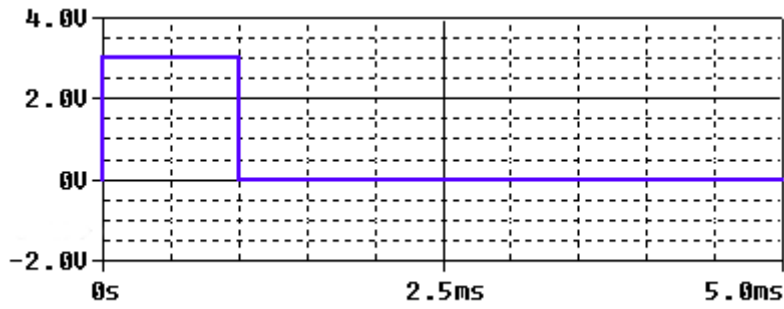
Energien W_{P1} , W_{P2} , die je Periode an einen Widerstand $R = 1 \Omega$ abgegeben werden!

$W_{P1} = 9 \text{ mWs} \quad W_{P2} = 6,66 \text{ mWs}$

$W(t) = \underbrace{\int_{t_0}^t p(\tau) d\tau}_{\bar{p}} \cdot t = \bar{p} \cdot t$ $W_P(T_0) = \bar{p} \cdot T_0$	$W(t)$ = Energie in Abhängigkeit von der Zeit t . \bar{p} = laufender (<i>running</i>) Mittelwert der Leistung. $\bar{p} = \text{AVG}(\text{PWR}(\text{V}(\mathbf{u1}), 2)) / 1\Omega$ $W_P(T_0)$ = Energie einer Periode
---	--

⇒ Die Energie W_{P1} , die der Rechteckimpuls $u_1(t)$ der Dauer $D = 3 \text{ ms}$ und der Rechteckimpulsamplitude $\hat{u}_1 = 3 \text{ V}$ abgibt, kann leicht **berechnet** werden:

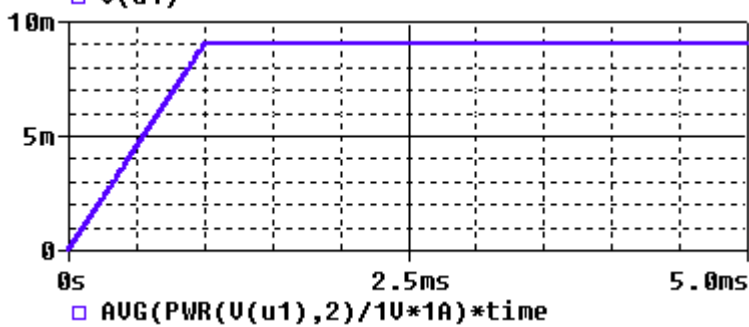
$$W_{P1} = \frac{u_1^2}{R} D = \frac{(3 \text{ V})^2}{1 \Omega} \cdot 1 \text{ ms} = 9 \text{ mWs}$$



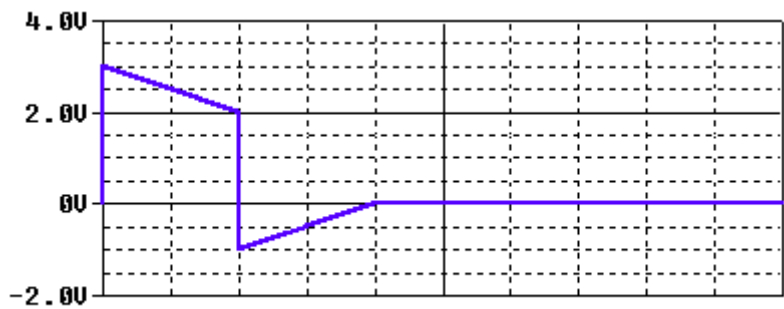
Rechteckimpuls $u_1(t)$

Messung:

← $W_{P1} = 9 \text{ mWs}$



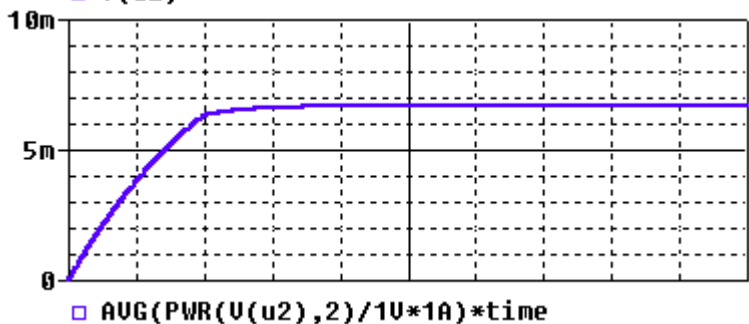
⇒ Die Energie W_{P2} , die der Impuls $u_2(t)$ abgibt, ist nicht so einfach berechenbar. Aber mit PSpice ist das kein Problem:



Impuls $u_2(t)$

Messung:

← $W_{P2} = 6,66 \text{ mWs}$



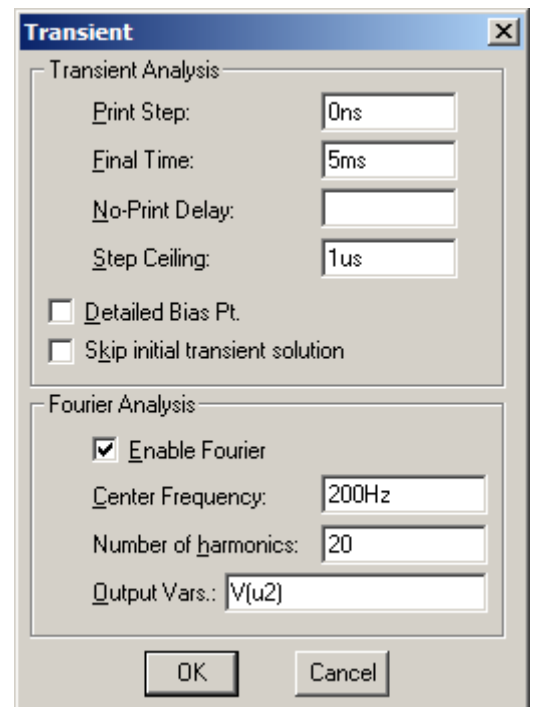
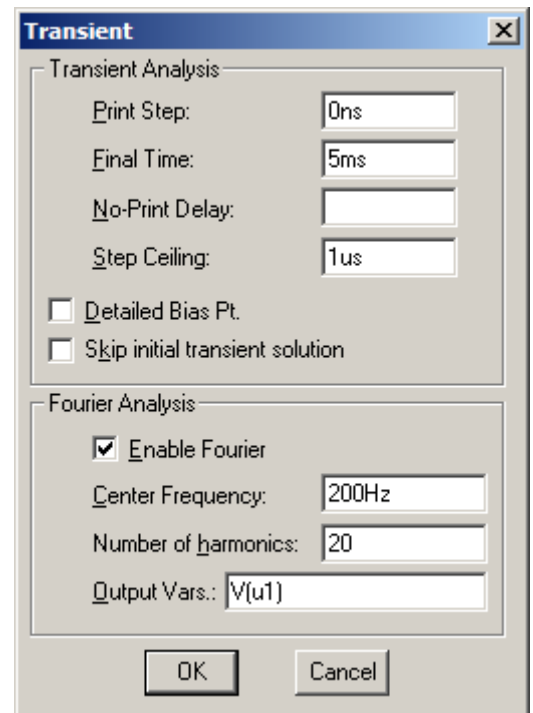
2.2 Amplitudenspektren $\hat{U}_1(f)$, $\hat{U}_2(f)$ der periodischen Zeitfunktionen $u_1(t)$ und $u_2(t)$ mit je einem Linienabstand von 200 Hz siehe **Abb. 2 b**.

2.3 Interpretation der Unterschiede der Spektren \hat{U}_1 , \hat{U}_2

Der Zeitverlauf $u_2(t)$ entsteht näherungsweise aus dem Zeitverlauf $u_1(t)$, wenn ein *hochpassähnliches* Verhalten vorliegt. Das abfallende Rechteck wird als *Dachabfall* bezeichnet. Bis auf die ersten drei Linien (Gleichanteil, 1. und 2. Harmonische) unterscheiden sich die Spektren \hat{U}_1 , \hat{U}_2 nur unwesentlich: Die Hochpasswirkung führt zu einer Verkleinerung von Gleichanteil sowie 1. und 2. Harmonischen.

2.4 Werte der ersten drei Linien

Gleichanteil	$U_{01} = 0,6 \text{ V}$	$U_{02} = 0,4 \text{ V}$
Grundwelle	$\hat{U}_{11} = 1,12 \text{ V}$	$\hat{U}_{12} = 0,86 \text{ V}$
1. Oberwelle	$\hat{U}_{21} = 0,91 \text{ V}$	$\hat{U}_{22} = 0,87 \text{ V}$



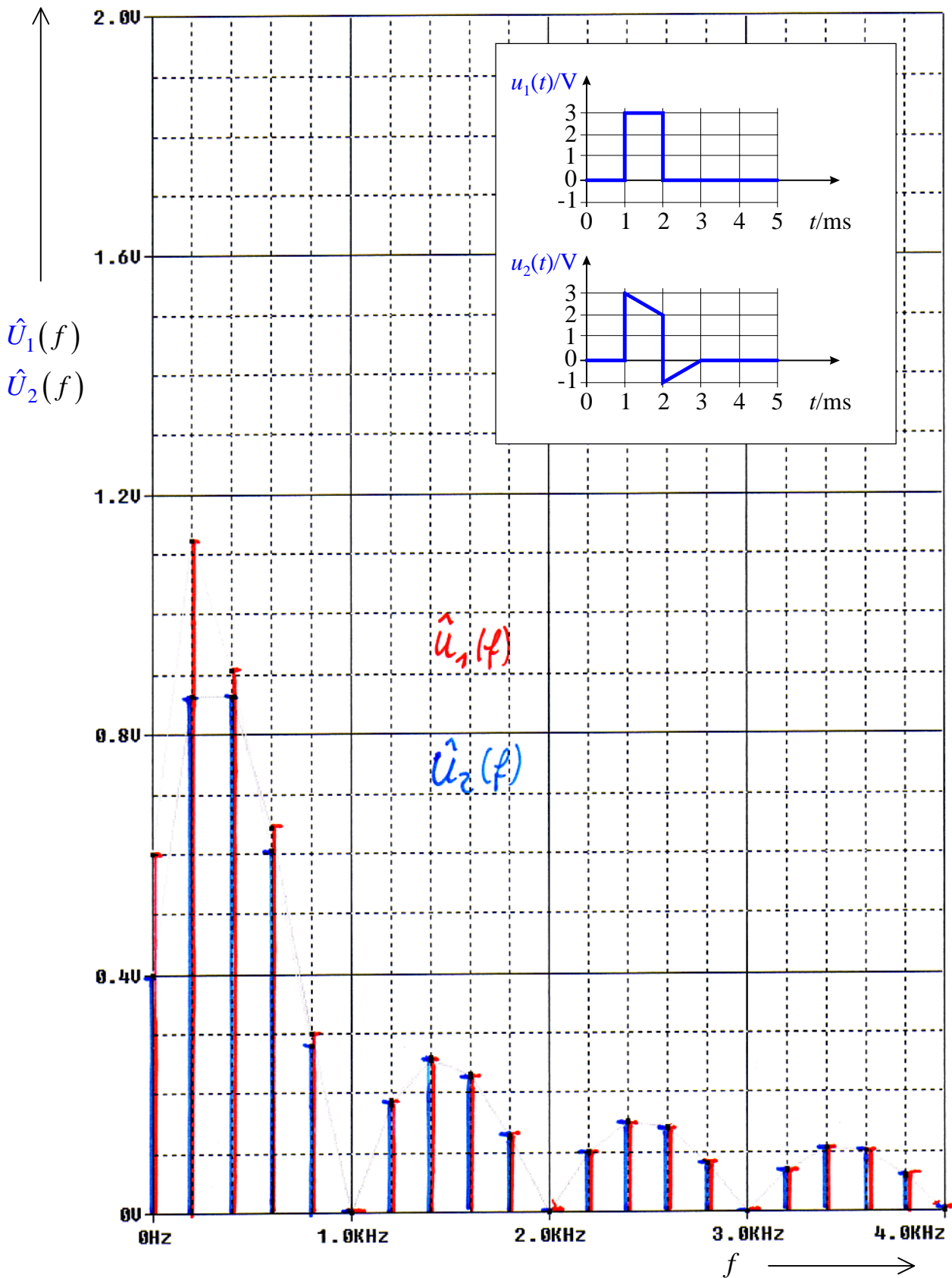


Abb. 2 b: Amplitudenspektren $\hat{U}_1(f)$, $\hat{U}_2(f)$ der Zeitfunktionen $u_1(t)$ und $u_2(t)$