

LTSPICE verfügt über eine Vielzahl von OpAmp's (Library: [opamp]).

Zur Simulation der Beispiele des Kapitels 8 wäre es nicht sinnvoll, nacheinander irgendwelche Typen einzusetzen. Wir verwenden den Typ LT1001 (Precision Operational Amplifier) für alle Beispiele.

Falls Sie einen anderen OV testen möchten, müssen Sie lediglich den Typ austauschen. Dann arbeiten Sie natürlich mit einem anderen Modell und erhalten etwas veränderte Simulationsergebnisse.

Zur Erinnerung:

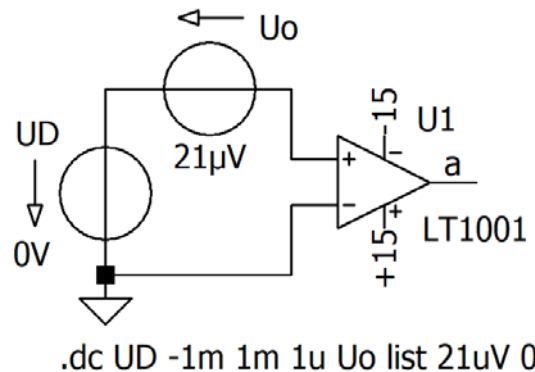
Ein Modell ist immer nur eine bedingte Abbildung des Originals. Es spiegelt demzufolge auch immer nur Teileigenschaften des Originals wider. Der Anwender muss die Entscheidung treffen, ob dieses Modell (dieses Ersatzschaltbild) dann auch für die Lösung seiner Aufgabenstellung zutrifft (oder nicht).

In LTSPICE werden auch stark idealisierte OpAmp's (opamp bzw. opamp2) oder sog. universelle Typen (UniversalOpAmp) zur Verfügung gestellt. Sie sind nur mit einer geringen Modell-Tiefe programmiert.

Übertragungskennlinie eines OpAmp

1) Schaltung zeichnen:

- Bauelemente (DIN) platzieren:
- [...] volt_Pfeil_Ose für UD und Uo
- [...] volt_Pfeil_Ose für $\pm UB$ (± 15 V)
 (vorhanden, aber im Bild nicht mit dargestellt)
- [opamp] OV für U1 = LT1001



- OV LT1001 (Precision Operational Amplifier):
 Dieser OV ist intern schon so abgestimmt, dass keine Offset-Spannung nachweisbar ist. Aus diesem Grund wird sie für die Simulation des Lehrbeispiels 8.1 mit der Quelle Uo nachgebildet.

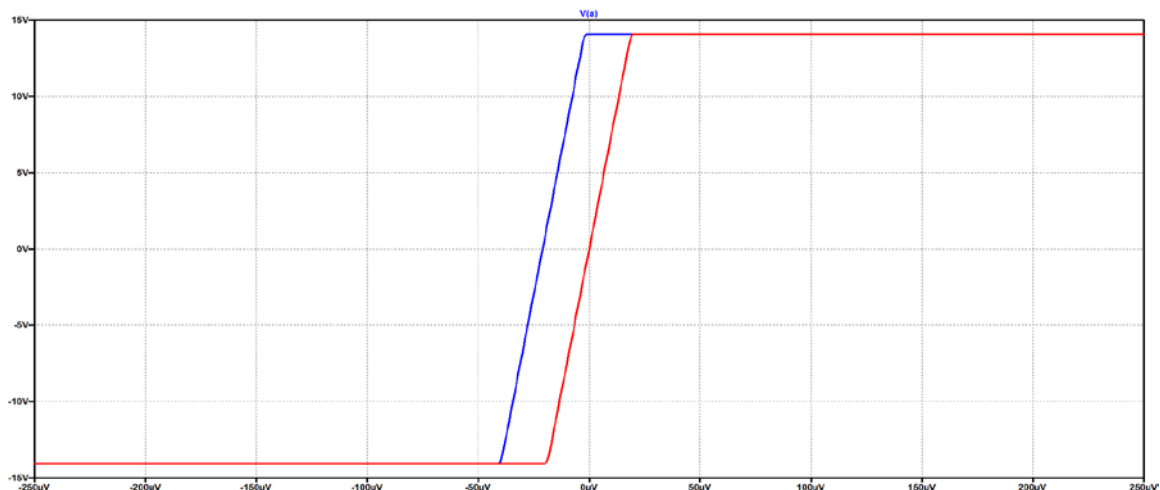
Auf die Quelle UD wirkt ein DC-Sweep – $1 \text{ mV} \leq U_D \leq 1 \text{ mV}$. Die Quelle Uo wird mit einem Nested-Sweep über List=(21u,0) aktiviert und deaktiviert.

2) Analyseart einstellen:

- Analyse > DC < unter *Simulation* → *Edit Simulation Cmd* auswählen und **.dc** platzieren.

3) Simulation starten: (über > Add Traces < oder > Select Visible Waveforms <)

- Funktion festlegen: V(a)



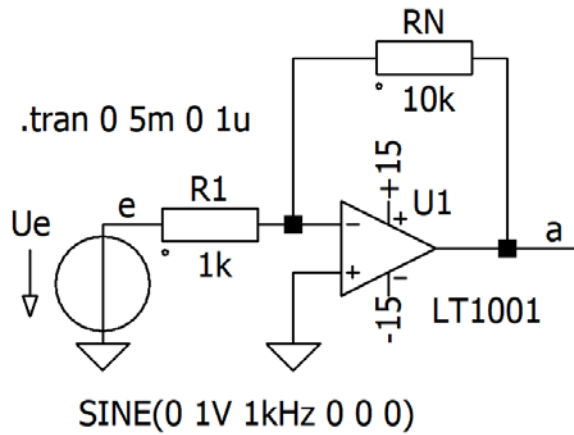
Die blaue Kennlinie signalisiert die „Existenz“ einer Offset-Spannung mit $U_o = 21 \mu\text{V}$.
 Der rot dargestellte Verlauf weist auf eine Offset-Spannung von $U_o = 0 \text{ V}$ hin.

Link auf [LB 8.1](#)

Invertierender Verstärker

1) Schaltung zeichnen:

- Bauelemente (DIN) platzieren:
- [...] volt_Pfeil_Ose für Ue
- [...] volt_Pfeil_Ose für $\pm U_B (\pm 15 \text{ V})$
 (vorhanden, aber im Bild nicht mit dargestellt)
- [opamp] OV für U1 = LT1001
- [...] EuroRes_Ose für RN und R1



Die Quelle Ue / Sine / arbeitet mit einer Spannung von $\hat{U}_e = 1 \text{ V}$ ($f = \text{variabel}$).

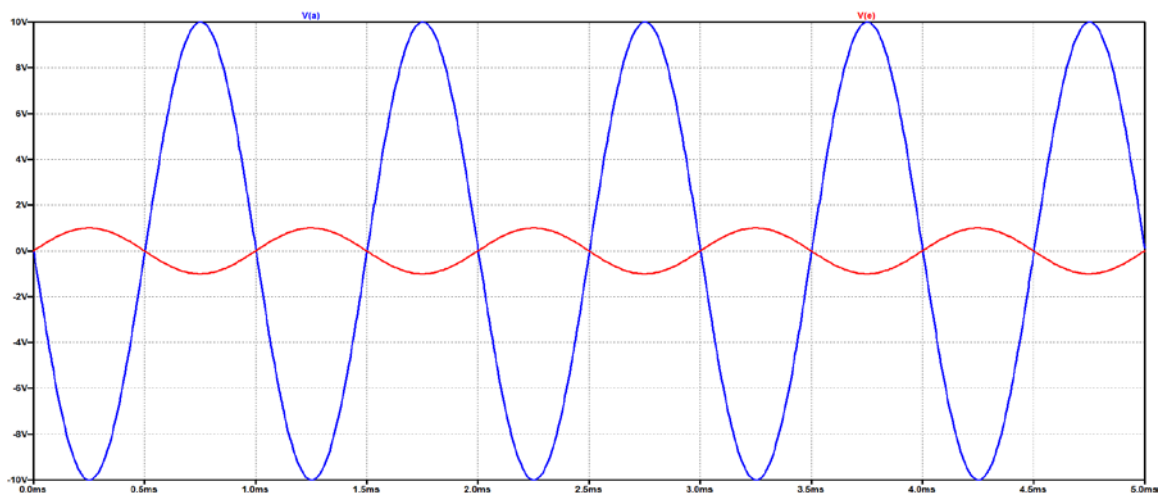
Die Analysezeit (Analyse *Transient*) läuft bis $t_{\max} = 5 \text{ ms}$.

2) Analyseart einstellen:

- Analyse > Transient < unter *Simulation* → *Edit Simulation Cmd* auswählen und **.tran** platzieren.

3) Simulation starten: (über > Add Traces < oder > Select Visible Waveforms <)

- Funktionen festlegen: V(e) und V(a)



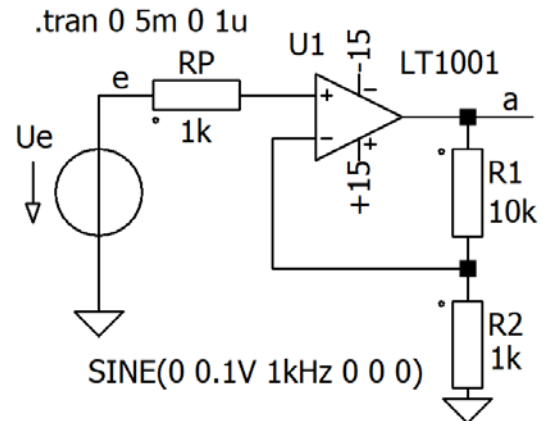
Link auf [LB 8.3](#)

Nichtinvertierender Verstärker (Analyse Transient)

1) Schaltung zeichnen:



- Bauelemente (DIN) platzieren:
- [...] volt_Pfeil_Ose für Ue
- [...] volt_Pfeil_Ose für $\pm U_B$ (± 15 V)
 (vorhanden, aber im Bild nicht mit dargestellt)
- [opamp] OV für U1 = LT1001
- [...] EuroRes_Ose für RP , R1 und R2



Die Quelle Ue / Sine / arbeitet mit einer Spannung von $\hat{U}_e = 100$ mV ($f = 1$ kHz).

Die Analysezeit (Analyse Transient) läuft bis $t_{\max} = 5$ ms.

Der Widerstand R1 wird hier auf $R_1 = 10$ k Ω eingestellt ($V = 11$).

2) Analyseart einstellen:

- Analyse > Transient < unter *Simulation* \rightarrow *Edit Simulation Cmd* auswählen und **.tran** platzieren.

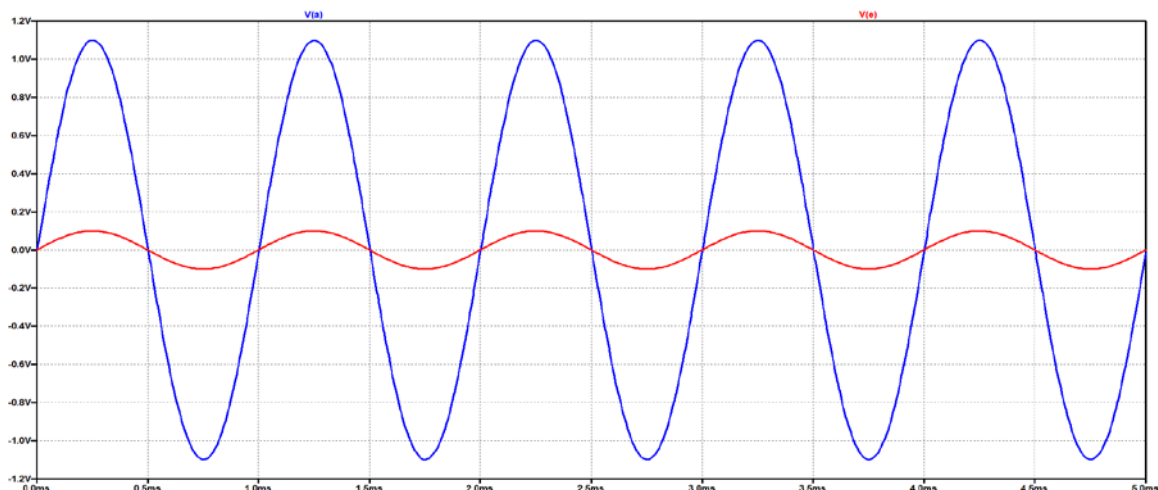
3) Simulation starten:



(über > Add Traces < oder > Select Visible Waveforms <)



- Funktionen festlegen: V(e) und V(a)

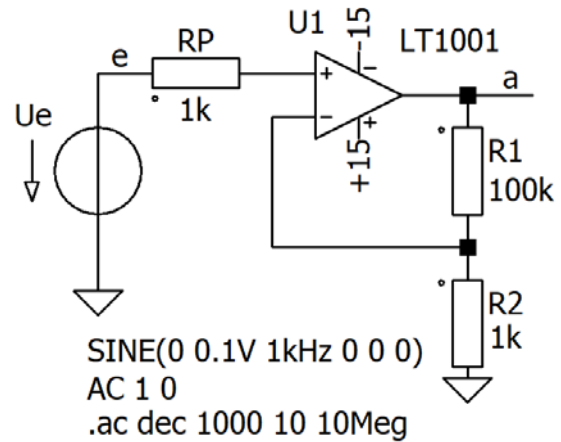


Link auf [LB 8.4](#)

Nichtinvertierender Verstärker (Analyse AC)

1) Schaltung zeichnen:

- Bauelemente (DIN) platzieren:
- [...] volt_Pfeil_Ose für Ue
- [...] volt_Pfeil_Ose für $\pm 15\text{ V}$
(vorhanden, aber im Bild nicht mit dargestellt)
- [opamp] OV für U1 = LT1001
- [...] EuroRes_Ose für RP, R1 und R2



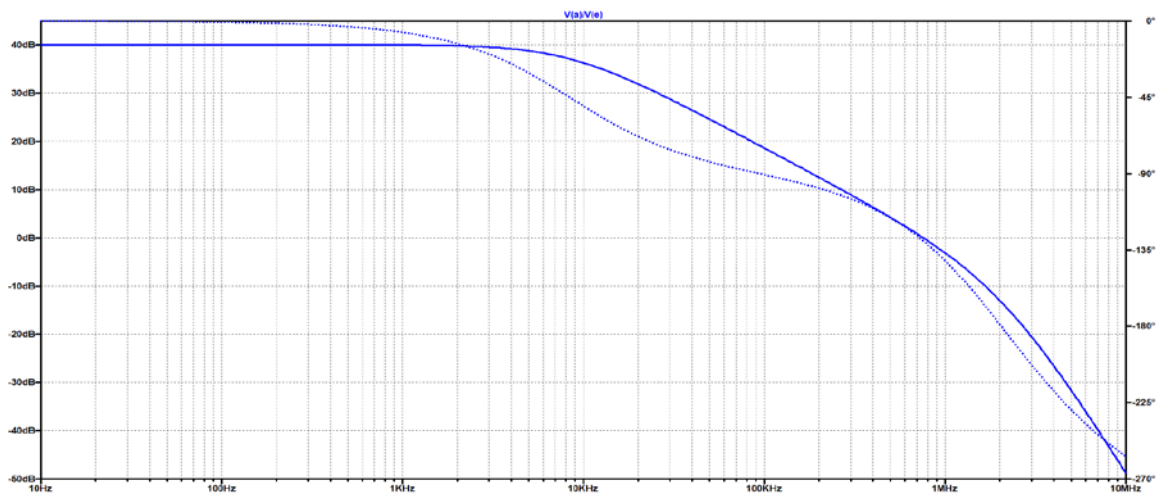
Die Quelle Ue / Sine / arbeitet mit einer Spannung von $\hat{U}_e = 100\text{ mV}$ ($f = \text{variabel}$).
 Der AC-Sweep durchläuft einen Bereich von $10\text{ Hz} \leq f \leq 10\text{ MHz}$.
 Der Widerstand R1 wird jetzt auf $R_1 = 100\text{ k}\Omega$ eingestellt ($V = 101$).

2) Analyseart einstellen:

- Analyse > AC < unter *Simulation* → *Edit Simulation Cmd* auswählen und **.ac** platzieren.

3) Simulation starten: (über > Add Traces < oder > Select Visible Waveforms <)

- Funktion festlegen: $V(a)/V(e)$ mit y als ‚Decibel‘

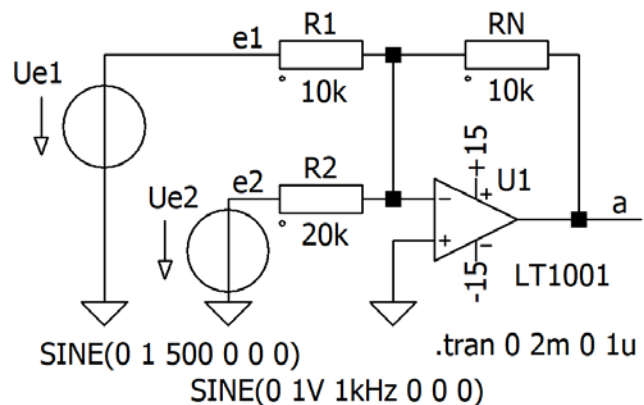


Link auf [LB 8.4](#)

Summenverstärker

1) Schaltung zeichnen:

- Bauelemente (DIN) platzieren:
- [...] volt_Pfeil_Ose für Ue1 und Ue2
- [...] volt_Pfeil_Ose für $\pm UB (\pm 15 \text{ V})$
 (vorhanden, aber im Bild nicht mit dargestellt)
- [opamp] OV für U1 = LT1001
- [...] EuroRes_Ose für R1 , R2 und RN



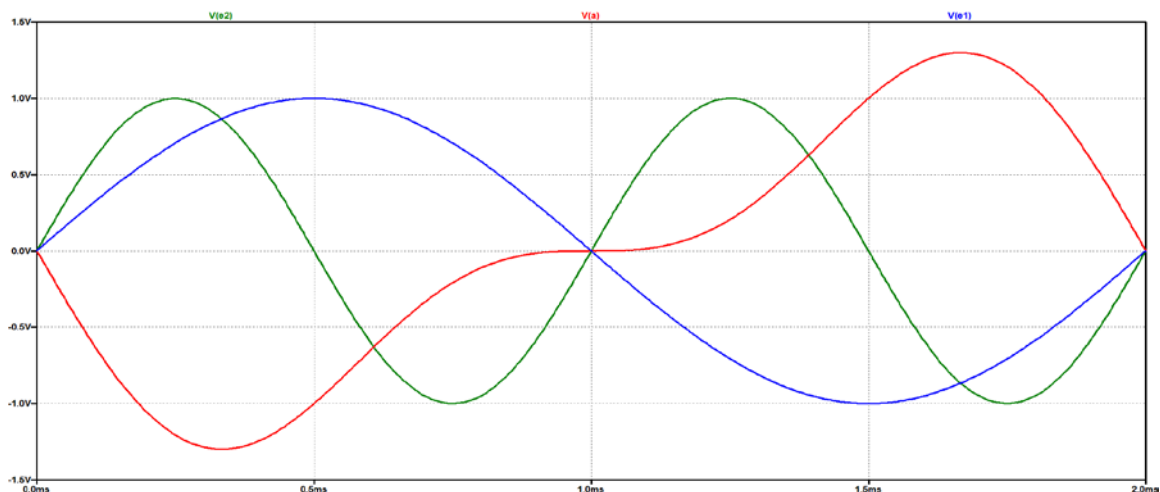
Die beiden Quellen Ue / Sine / arbeiten mit einer Spannung von $\hat{U}_{e1} = \hat{U}_{e2} = 1 \text{ V}$.
 Für die Frequenzen gilt: $f_1 = 500 \text{ Hz}$ und $f_2 = 1 \text{ kHz}$.
 Die Analysezeit (Analyse *Transient*) läuft bis $t_{\max} = 2 \text{ ms}$.

2) Analyseart einstellen:

- Analyse > Transient < unter *Simulation* → *Edit Simulation Cmd* auswählen und **.tran** platzieren.

3) Simulation starten: (über > Add Traces < oder > Select Visible Waveforms <)

- Funktionen festlegen: V(e1) und V(e2) sowie: V(a)

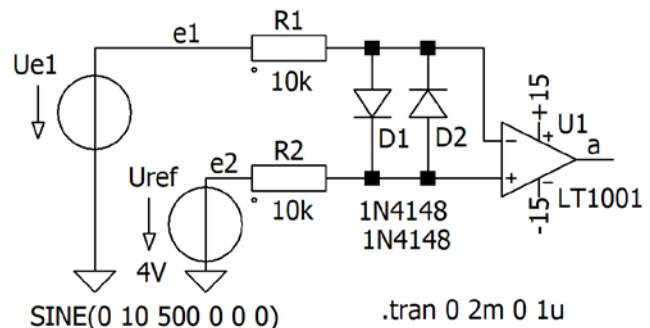


Link auf [LB 8.5](#)

Komparator

1) Schaltung zeichnen:

- Bauelemente (DIN) platzieren:
- [...] volt_Pfeil_Ose für Ue1 und Uref
- [...] volt_Pfeil_Ose für $\pm U_B$ ($\pm 15\text{ V}$)
 (vorhanden, aber im Bild nicht mit dargestellt)
- [opamp] OV für U1 = LT1001
- [...] EuroRes_Ose für $R1 = R2 = 10\text{ k}\Omega$
- [...] diode für D1 = D2 (1N4148)



Die Quellen werden wie folgt eingestellt:

Ue1: $\hat{U}_{e1} = 10\text{ V}$ / Sine / mit $f = 500\text{ Hz}$

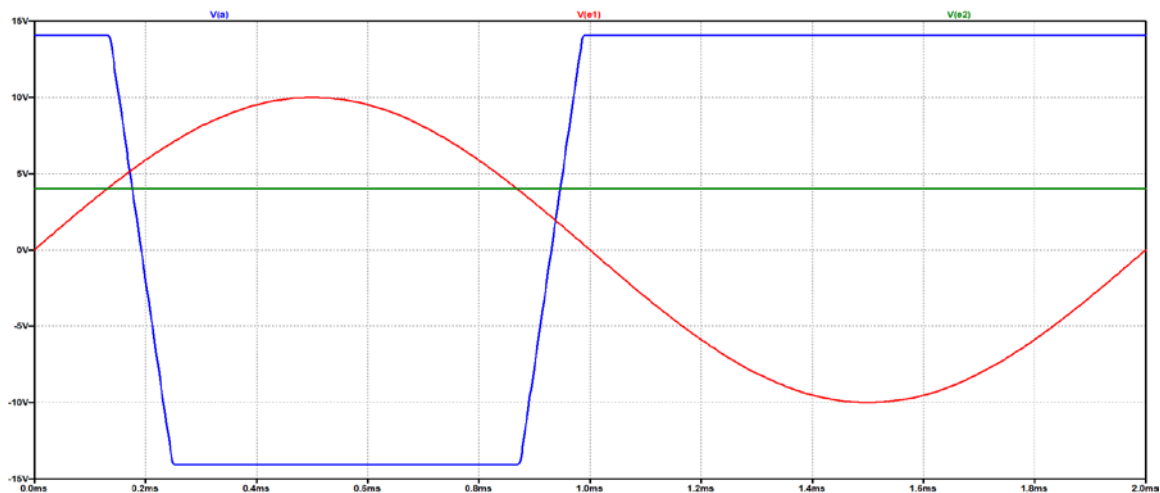
Uref: $U_{\text{ref}} = 4\text{ V}$ (DC)

2) Analyseart einstellen:

- Analyse > Transient < unter *Simulation* → *Edit Simulation Cmd* auswählen und **.tran** platzieren.

3) Simulation starten: (über > Add Traces < oder > Select Visible Waveforms <)

- Funktionen auswählen: V(e1) und: V(e2) sowie: V(a)

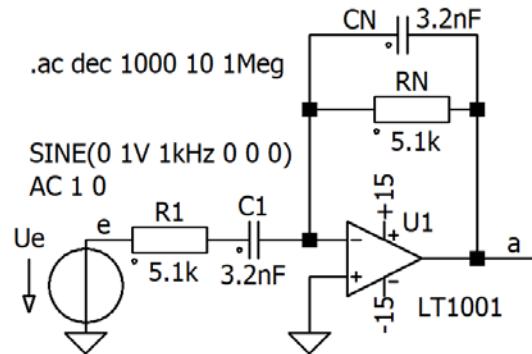


Link auf [B 8.29](#)

Kombi-Bandpass

1) Schaltung zeichnen:

- Bauelemente platzieren:
- [...] volt_Pfeil_Ose für Ue
- [...] volt_Pfeil_Ose für $\pm UB$ (± 15 V)
(vorhanden, aber im Bild nicht mit dargestellt)
- [opamp] OV für U1 = LT1001
- [...] EuroRes_Ose für R1 und RN
- [...] cap_Ose für C1 und CN



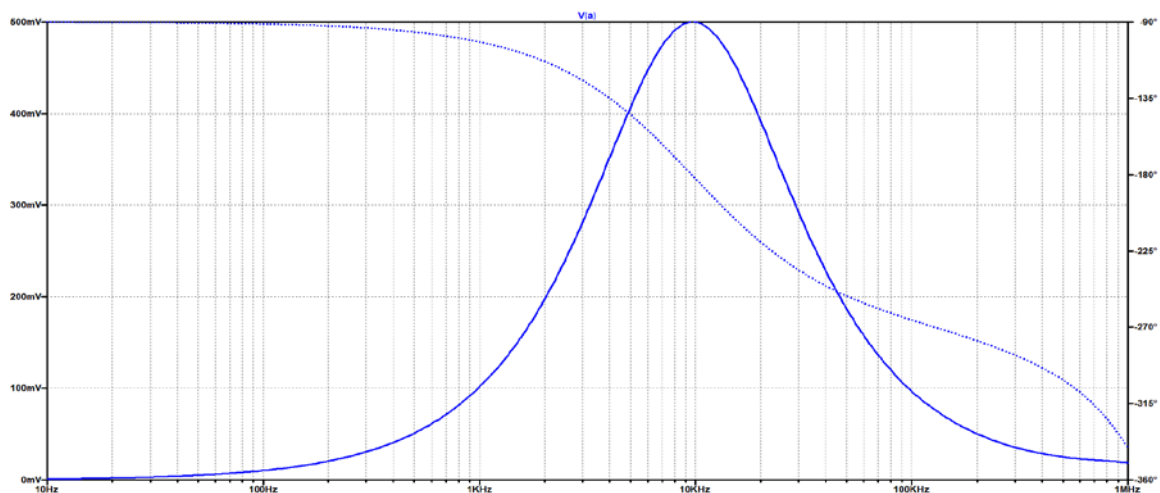
Die Quelle Ue / Sine / arbeitet mit einer Spannung von $\hat{U}_e = 1$ V (f = variabel).
 Der dekadische AC-Sweep durchläuft einen Bereich von $10 \text{ Hz} \leq f \leq 1 \text{ MHz}$.

2) Analyseart einstellen:

- Analyse > AC < unter *Simulation* → *Edit Simulation Cmd* auswählen und **.ac** platzieren.

3) Simulation starten: (über > Add Traces < oder > Select Visible Waveforms <)

- Funktion auswählen: V(a) (linear)



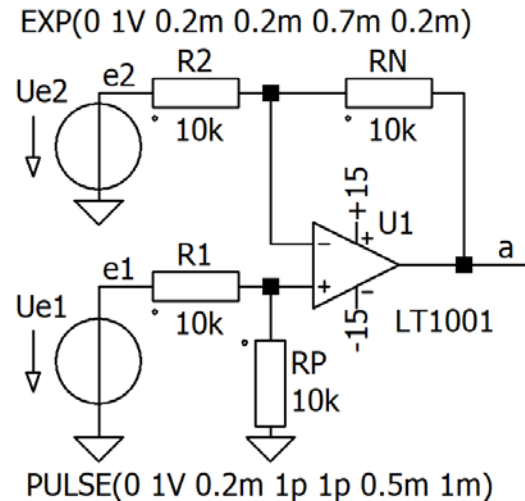
Link auf [LB 8.11](#)

Subtrahierer

1) Schaltung zeichnen:

• Bauelemente platzieren:

- [...] volt_Pfeil_Ose für Ue1 / Pulse /
- [...] volt_Pfeil_Ose für Ue2 / Exp /
- [...] volt_Pfeil_Ose für $\pm U_B$ (± 15 V)
 (vorhanden, aber im Bild nicht mit dargestellt)
- [opamp] OV für U1 = LT1001
- [...] EuroRes_Ose für R1 , R2 , RP und RN



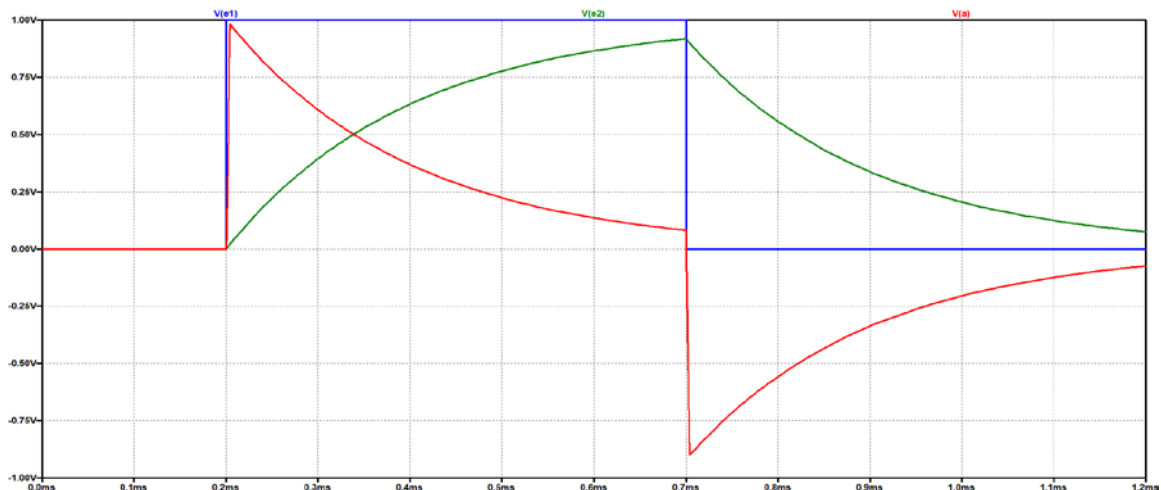
Die Quelle Ue1 / Pulse / schaltet bei $t_d = 0,2$ ms auf $U_{eH} = 1$ V und nach $t_i = 0,5$ ms wieder zurück.
 Die Quelle Ue2 / Exp / startet bei $t_{rd} = 0,2$ ms die ansteigende e-Funktion mit $\tau_e = 0,2$ ms ($U_{e2} = 1$ V).
 Ab $t_{fd} = 0,7$ ms wird die abfallende e-Funktion mit $\tau_a = 0,2$ ms und $U_0 \approx 0,9$ V eingeschaltet.

2) Analyseart einstellen:

- Analyse > Transient < unter *Simulation* → *Edit Simulation Cmd* auswählen und **.tran** platzieren.

3) Simulation starten: (über > Add Traces < oder > Select Visible Waveforms <)

- Funktion auswählen: V(e1) und V(e2) sowie: V(a)

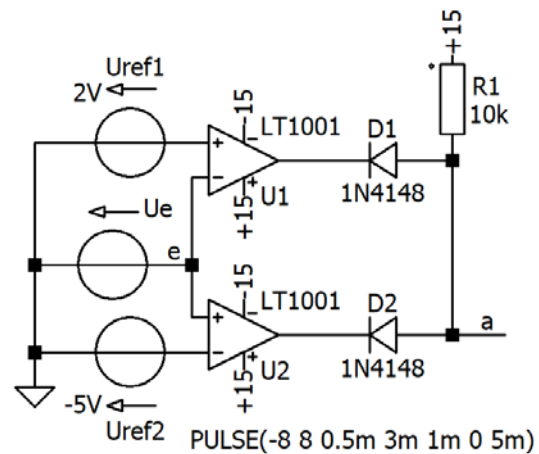


Link auf [SB 8.2](#)

Fensterkomparator

1) Schaltung zeichnen:

- Bauelemente platzieren:
- [...] volt_Pfeil_Ose für Uref1 und Uref2
- [...] volt_Pfeil_Ose für Ue / Pulse /
- [...] volt_Pfeil_Ose für $\pm U_B$ (± 15 V)
(vorhanden, aber im Bild nicht mit dargestellt)
- [opamp] OV für U1 = U2 = LT1001
- [...] EuroRes_Ose für R1 = 10 k Ω
- [...] diode für D1 = D2 (1N4148)



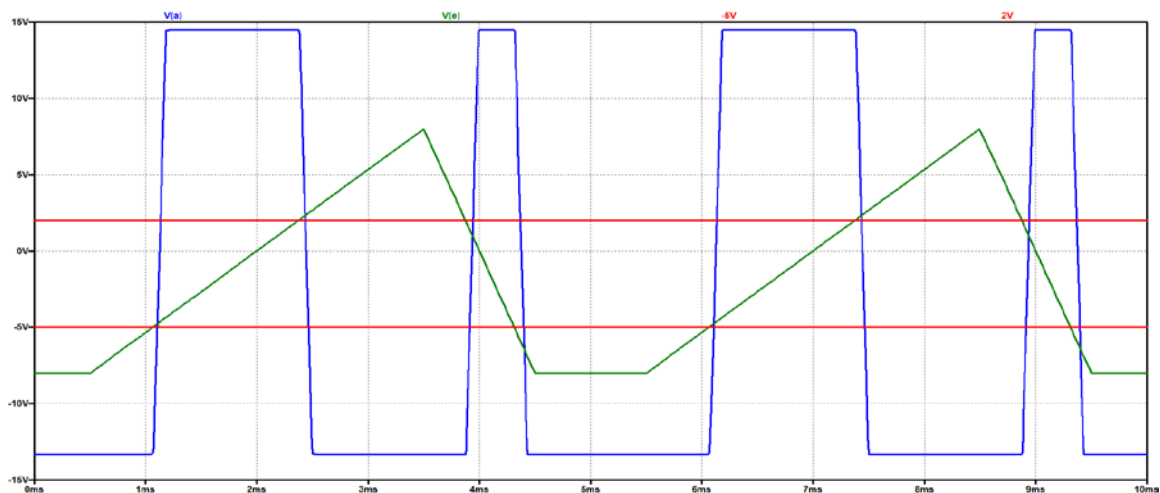
Die Quelle / Pulse / schaltet bei $t_d = 0,5$ ms auf die Anstiegsflanke eines Sägezahnimpulses $U_{eH} = 8$ V und nach $t_r = 3$ ms mit $t_i = 0$ zurück über die Abfallflanke mit $t_f = 1$ ms auf $U_{eL} = 0$ V.

2) Analyseart einstellen:

- Analyse > Transient < unter *Simulation* → *Edit Simulation Cmd* auswählen und **.tran** platzieren.

3) Simulation starten: (über > Add Traces < oder > Select Visible Waveforms <)

- Funktionen auswählen: V(e) sowie: V(a) und: Schwellen (-5 / $+2$)

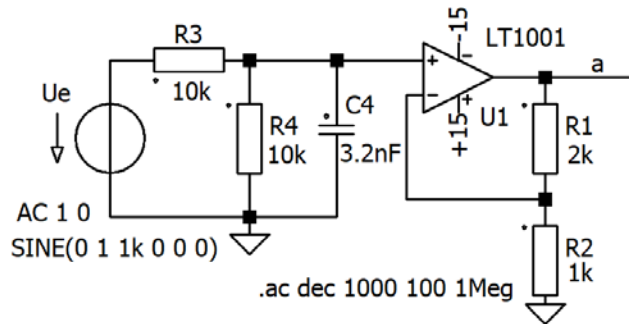


Link auf [SB 8.4](#)

Tiefpass mit Elektrometerverstärker

1) Schaltung zeichnen:

- Bauelemente platzieren:
- [...] volt_Pfeil_Ose für UB = 5 V / None /
- [...] volt_Pfeil_Ose für Ue / Pulse /
- [...] nmos für M1 = NoName
- [...] pmos für M2 = NoName
- [...] EuroRes_Ose für Ra = 1 GΩ (L)



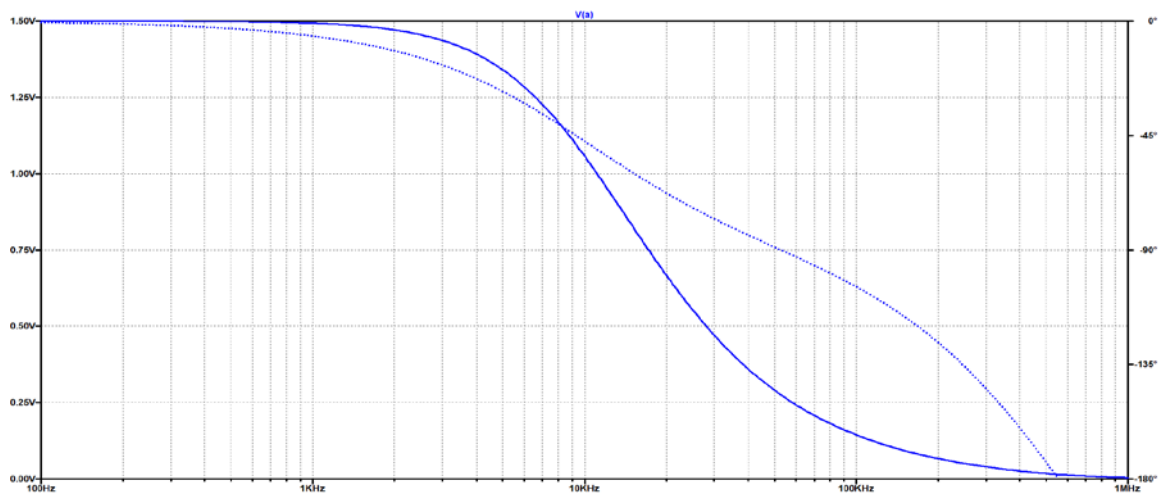
Die Quelle Ue / Sine / arbeitet mit einer Spannung von $\hat{U}_e = 1 \text{ V}$ ($f = 1 \text{ kHz}$).
 Der dekadische AC-Sweep durchläuft einen Bereich von $100 \text{ Hz} \leq f \leq 1 \text{ MHz}$.

2) Analyseart einstellen:

- Analyse > AC < unter *Simulation* → *Edit Simulation Cmd* auswählen und **.ac** platzieren.

3) Simulation starten: (über > Add Traces < oder > Select Visible Waveforms <)

- Funktion auswählen: V(a)



Link auf [SB 8.6](#)