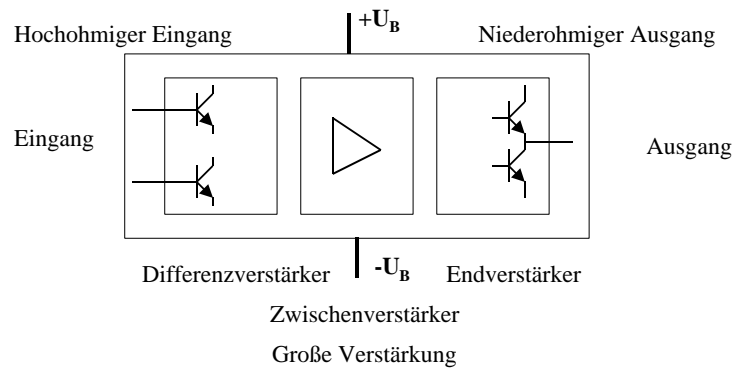
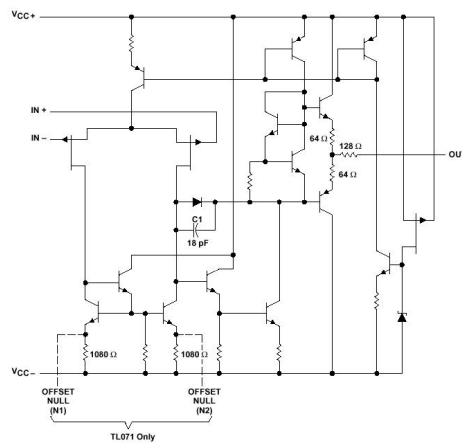


# Operationsverstärker

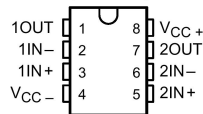


# Innenschaltung TL072

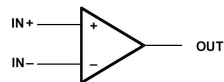


## Anschlußbelegung TL072

**TL072**, TL072A, TL072B  
D, JG, P, OR PW PACKAGE  
(TOP VIEW)



**TL072** (each amplifier)  
TL074 (each amplifier)



## Operationsverstärker Kenndaten

Verstärkungsfaktor	V	100000
Eingangswiderstand	$R_E$	1-1000 M $\Omega$
Ausgangswiderstand	$R_A$	10 $\Omega$
Untere Grenzfrequenz	$f_{\min}$	0Hz
Obere Grenzfrequenz	$f_{\max}$	100MHz
Rausch-Ausgangsspannung	$U_{\text{rausch}}$	3 $\mu$ V

# Operationsverstärker

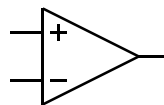
## Einsatzmöglichkeiten

Operationsverstärker können in Echtzeit analoge Signale verarbeiten und dabei folgende Operationen realisieren.

- Multiplikation
- Division
- Addition
- Subtraktion
- Integrieren
- Differenzieren
- Vergleichen
- Filtern

# Operationsverstärker Symbol

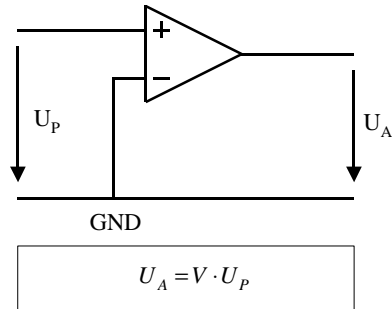
Nichtinvertierender Eingang



Ausgang

Invertierender Eingang

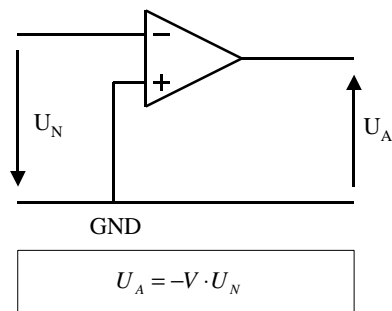
## Nichtinvertierender Verstärker



Liers - PEG-Vorlesung WS2000/2001 - Institut für Informatik - FU Berlin

7

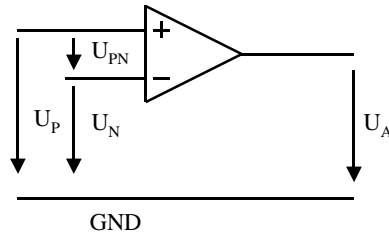
## Invertierender Verstärker



Liers - PEG-Vorlesung WS2000/2001 - Institut für Informatik - FU Berlin

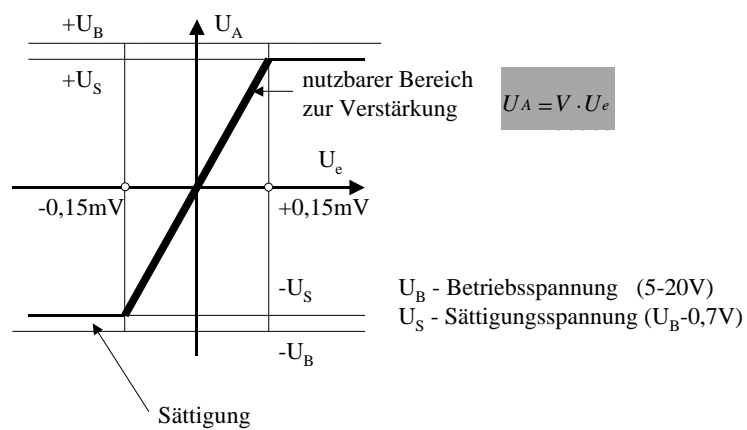
8

# Differenzverstärker

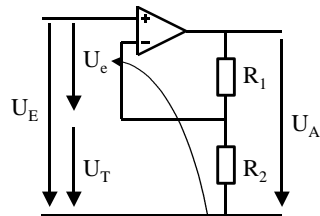


$$U_A = V \cdot (U_P - U_N)$$

# Verstärkung



## Ableitung der Verstärkung



$$U_e \approx 0 \text{ Volt}$$

bei  $V=100000$  und  $U_A=6\text{V}$   
ist  $U_e=0,00006\text{V}$

$$U_A = V \cdot U_e \quad U_A = V \cdot (U_E - U_T) \quad U_T = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_A$$

$$U_A = V \cdot \left( U_E - \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_A \right) \quad B = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$U_A = V \cdot U_E - V \cdot B \cdot U_A \quad U_E = U_A \cdot \frac{(1 + V \cdot B)}{V}$$

$$V_U = \frac{U_A}{U_E} = \frac{U_A}{U_A \cdot \frac{(1 + V \cdot B)}{V}} = \frac{V}{(1 + V \cdot B)} = \frac{1}{B} = \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

$$V_U = \frac{U_A}{U_E} = \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

$$V \gg B$$

$$V = 100000$$

$$B = 1000$$

## Operationsverstärkerschaltungen

### Verstärker

#### Invertierender Verstärker

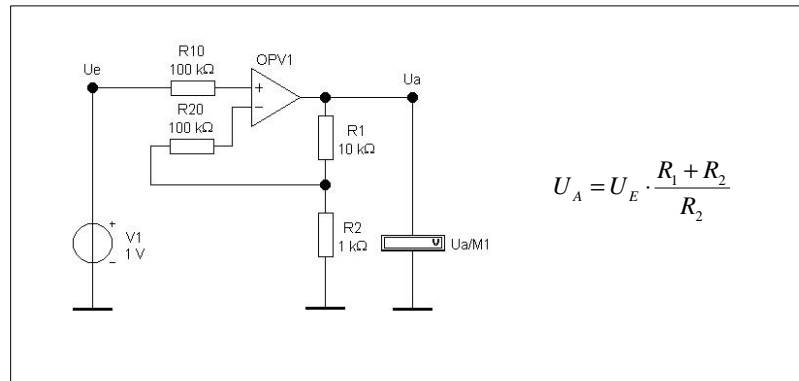
- Verstärker
- Spannungsfollower
- Wechselspannungsverstärker
- Addierer

#### Nichtinvertierender Verstärker

- Verstärker
- Spannungsfollower
- Wechselspannungsverstärker
- Differenzverstärker
- Subtrahierer
- Addierer

## Nichtinvertierender Verstärker

### Verstärker

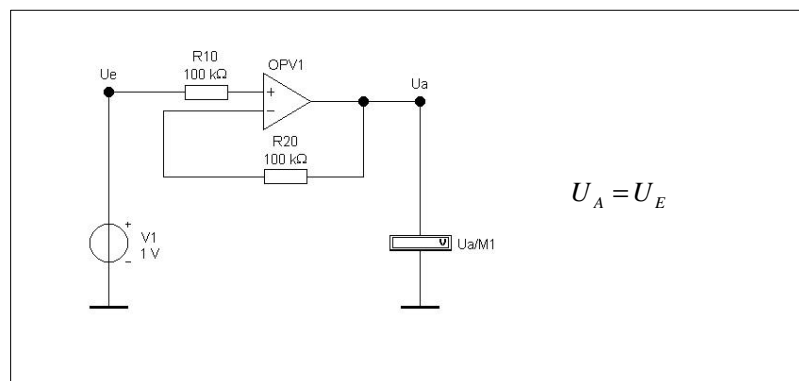


Liers - PEG-Vorlesung WS2000/2001 - Institut für Informatik - FU Berlin

13

## Nichtinvertierender Verstärker

### Spannungsfollower

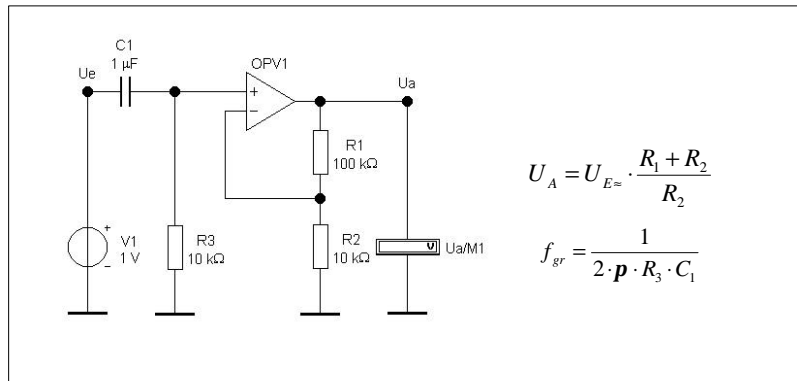


Liers - PEG-Vorlesung WS2000/2001 - Institut für Informatik - FU Berlin

14

# Nichtinvertierender Verstärker

## Wechselspannungsverstärker

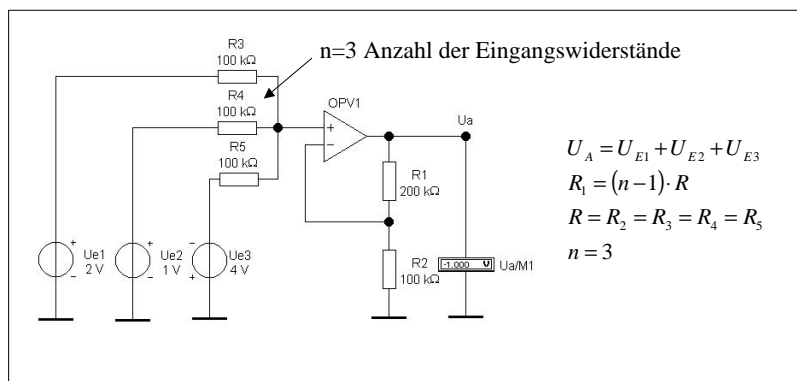


Liers - PEG-Vorlesung WS2000/2001 - Institut für Informatik - FU Berlin

15

# Nichtinvertierender Verstärker

## Addierer



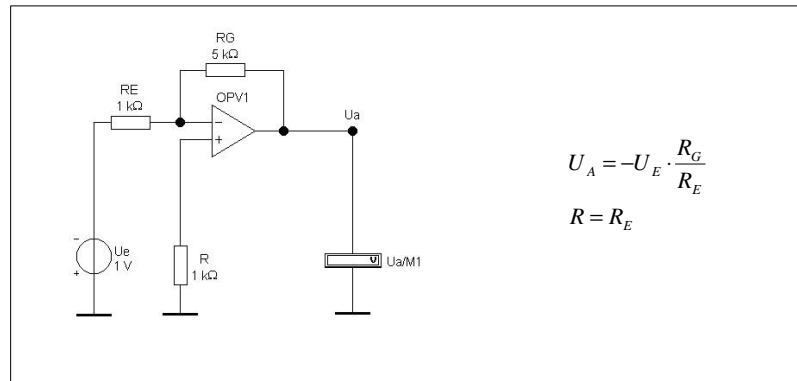
Liers - PEG-Vorlesung WS2000/2001 - Institut für Informatik - FU Berlin

16



## Invertierender Verstärker

### Verstärker



$$U_A = -U_E \cdot \frac{R_G}{R_E}$$

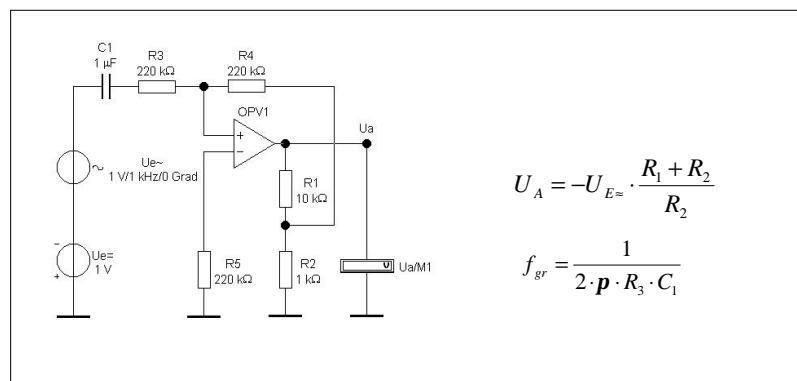
$$R = R_E$$

Liers - PEG-Vorlesung WS2000/2001 - Institut für Informatik - FU Berlin

17

## Invertierender Verstärker

### Wechselspannungsverstärker



$$U_A = -U_{E\sim} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

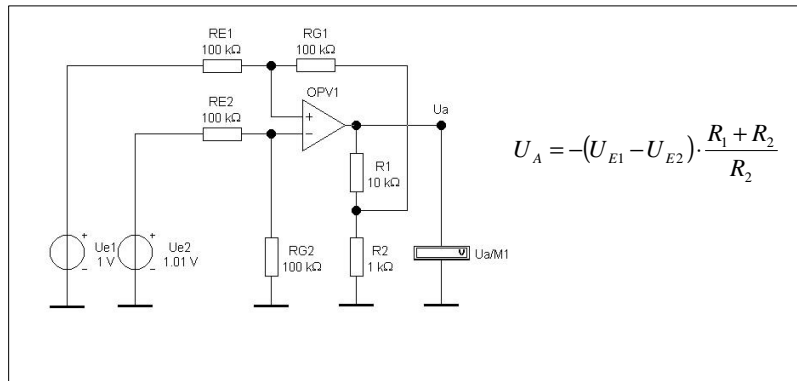
$$f_{gr} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_3 \cdot C_1}$$

Liers - PEG-Vorlesung WS2000/2001 - Institut für Informatik - FU Berlin

18

# Invertierender Verstärker

## Differenzverstärker

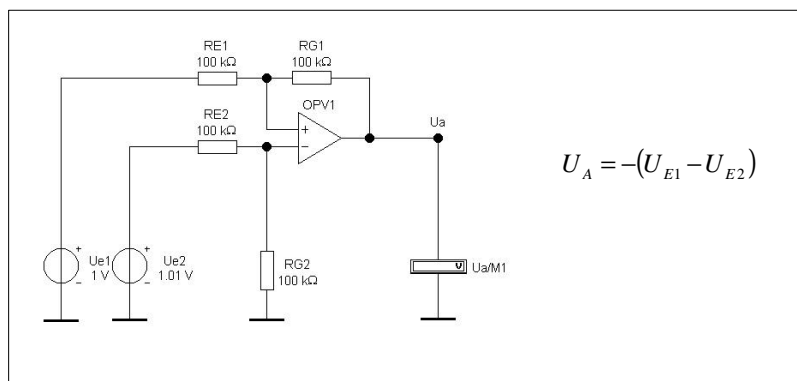


Liers - PEG-Vorlesung WS2000/2001 - Institut für Informatik - FU Berlin

19

# Invertierender Verstärker

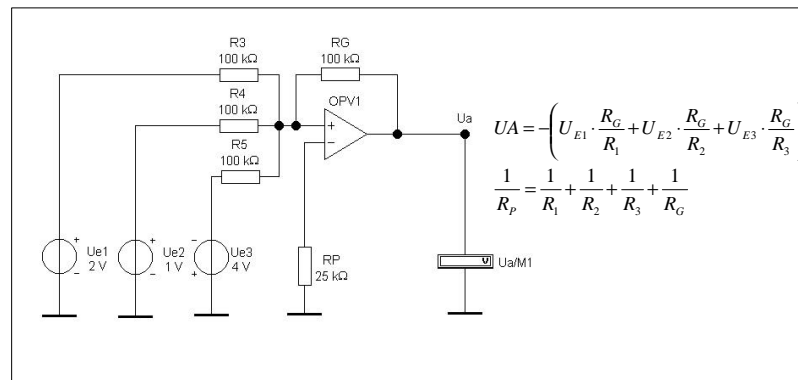
## Subtrahierer



Liers - PEG-Vorlesung WS2000/2001 - Institut für Informatik - FU Berlin

20

## Invertierender Verstärker Addierer



Liers - PEG-Vorlesung WS2000/2001 - Institut für Informatik - FU Berlin

21

## Operationsverstärkerschaltungen Komparatoren

### Komparatoren ohne Hysterese

- für den Nulldurchgang invertierend
- für den Nulldurchgang nichtinvertierend
- mit Referenzspannung invertierend
- mit Referenzspannung nichtinvertierend

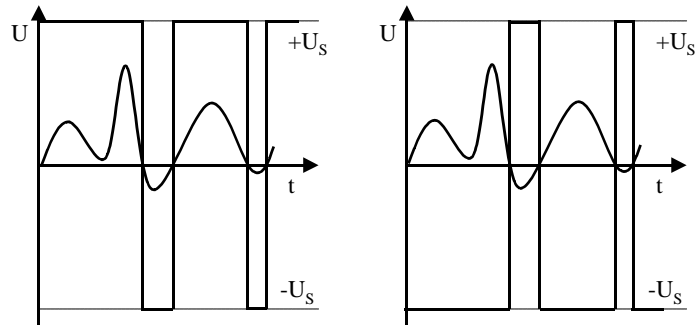
### Komparatoren mit Hysterese

- für den Nulldurchgang invertierend
- für den Nulldurchgang nichtinvertierend
- mit Referenzspannung invertierend
- mit Referenzspannung nichtinvertierend

Liers - PEG-Vorlesung WS2000/2001 - Institut für Informatik - FU Berlin

22

## Komparator für den Nulldurchgang ohne Hysterese



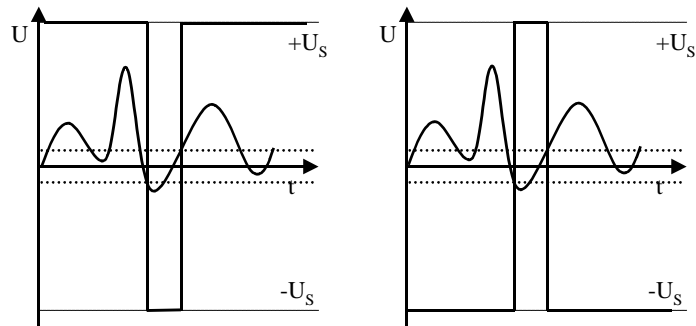
nichtinvertierend

invertierend

Liers - PEG-Vorlesung WS2000/2001 - Institut für Informatik - FU Berlin

23

## Komparator für den Nulldurchgang mit Hysterese



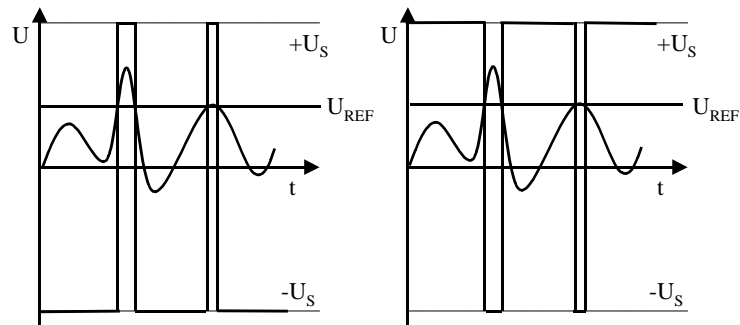
nichtinvertierend

invertierend

Liers - PEG-Vorlesung WS2000/2001 - Institut für Informatik - FU Berlin

24

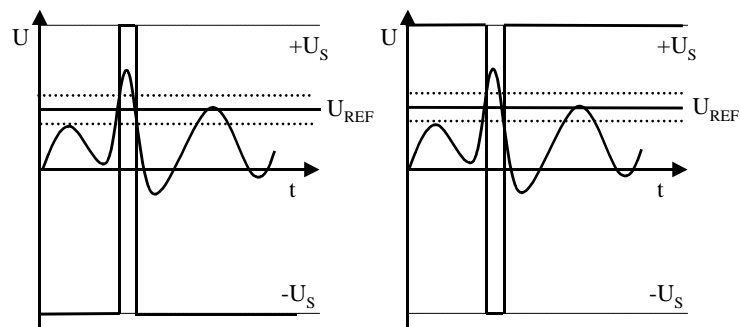
## Komparator mit Referenzspannung ohne Hysterese



nichtinvertierend

invertierend

## Komparator mit Referenzspannung mit Hysterese



nichtinvertierend

invertierend