

Der Operationsverstärker

Sebastian Regler

Institut für Mikroelektronik
Projektlabor
Technische Universität Berlin

3. November 2009

Übersicht

Einleitung

Arten

Varianten



Abbildung: 741 aus dem Jahr 1979 in einem TO-5-Metallgehäuse, Quelle Wikipedia Link http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/92/741_op-amp_in_TO-5_metal_can_package_close-up.jpg

Einleitung

Idealer Operationsverstärke	Realer Operationsverstärker
Eingangswiderstand unendlich hoch, Ausgangswiderstand null	Der Eingangswiderstand liegt bei $10^8 \Omega$, der Ausgangswiderstand bei 20Ω
frequenzunabhängig unendliche Verstärkung	Die Verstärkung beträgt 10^5 bei 10 Hz und sinkt unter eins bei 1 MHz
Leckströme sind null	Leckströme betragen etwa 10^{-7} A .
Kein Rauschen	Schwaches Rauschen, das mit sinkender Frequenz ansteigt
Offset-Spannungen sind null	Offset-Spannung liegt bei 10^{-4} V

Tabelle: Vergleich

Symbol

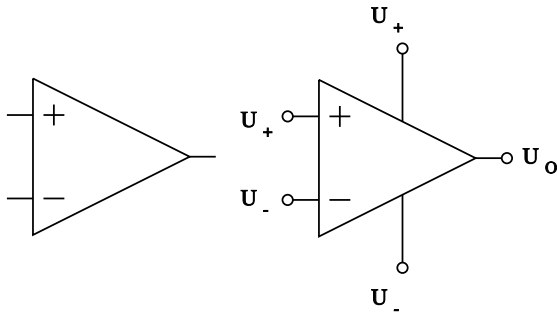


Abbildung: Symbole

Aufbau des μ A741 (VV-OP)

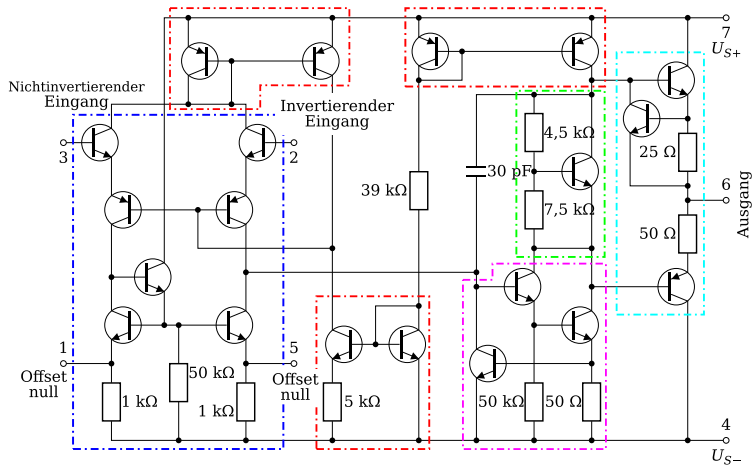


Abbildung: Quelle Wikipedia Link http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/28/OpAmpTransistorLevel_Colored_DE.svg

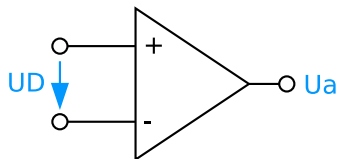


Abbildung: Quelle Wikipedia Link

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/41/VV-OPV.svg>

- ▶ normaler Operationsverstärker
- ▶ Spannungseingänge hochohmig, Spannungsausgang niederohmige
- ▶ kommt häufig vor

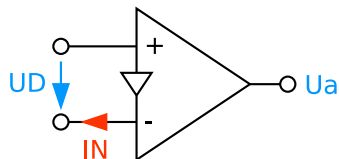


Abbildung: Quelle Wikipedia Link

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/60/CV-OPV.svg>

- ▶ Stromrückgekoppelter Operationsverstärker
- ▶ invertierte Stromeingang ist niederohmig, Spannungsausgang ist niederohmige
- ▶ wird als Videoverstärker benutzt

VC-OPV

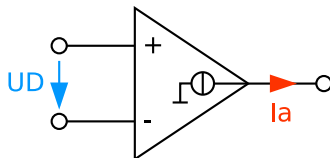


Abbildung: Quelle Wikipedia Link

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/74/VC-OPV.svg>

- ▶ Transkonduktanzverstärker
- ▶ Spannungseingänge und Stromausgang hochohmig
- ▶ die Last muss bekannt sein

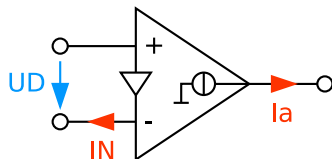


Abbildung: Quelle Wikipedia Link

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/00/CC-OPV.svg>

- ▶ Stromverstärker
- ▶ niederohmiger invertierten Stromeingang, hochohmiger Stromausgang
- ▶ verhält sich fast wie ein idealer Bipolartransistor

Invertierender Verstärker

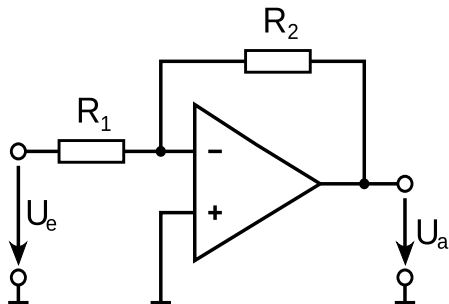
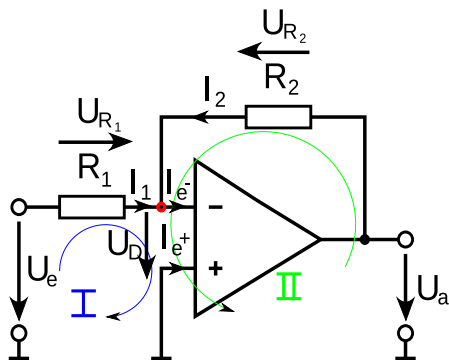
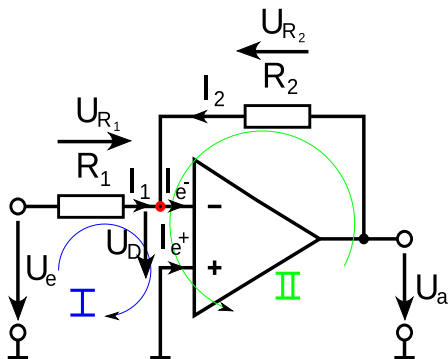


Abbildung: Quelle Wikipedia Link http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1b/Inverting_Amplifier.svg

Invertierender Verstärker



Invertierender Verstärker

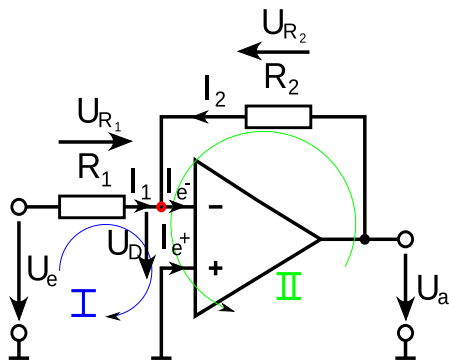


$$\text{I: } -U_e + \frac{U_{R_1}}{I_1} + U_D = 0$$

$$\text{II: } -U_a + \frac{U_{R_2}}{I_2} + U_D = 0$$

$$\text{Knoten: } I_1 + I_2 - I_{e^-} = 0$$

Invertierender Verstärker

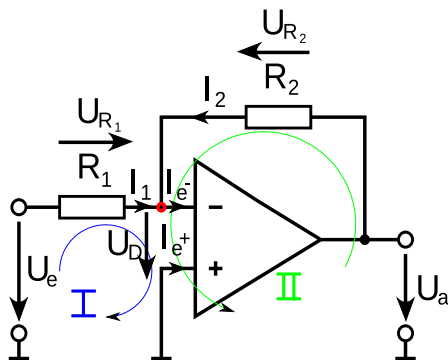


Annahmen

$$U_D \stackrel{!}{=} 0$$

$$I_{e+} = I_{e-} \stackrel{!}{=} 0$$

Invertierender Verstärker



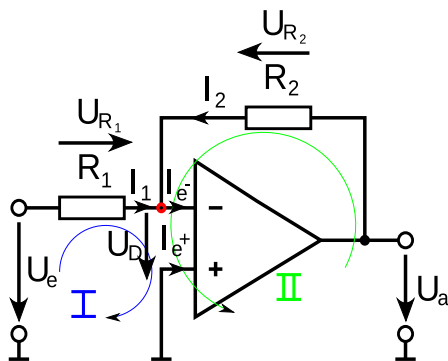
Vereinfachung

$$\text{I: } -U_e + \frac{U_{R_1}}{I_1} = 0$$

$$\text{II: } -U_a + \frac{U_{R_2}}{I_2} = 0$$

$$\text{Knoten: } I_1 = -I_2$$

Invertierender Verstärker



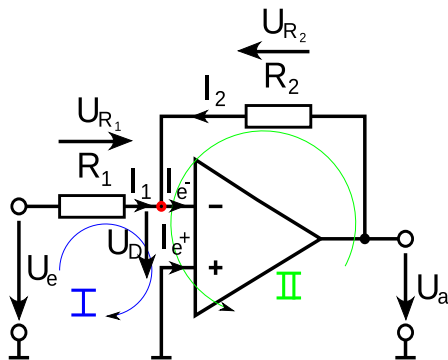
Nach I_1 , I_2 umstellen

$$I : I_1 = \frac{U_{R_1}}{U_e}$$

$$II : I_2 = \frac{U_{R_2}}{U_a}$$

$$\text{Knoten : } I_1 = -I_2$$

Invertierender Verstärker

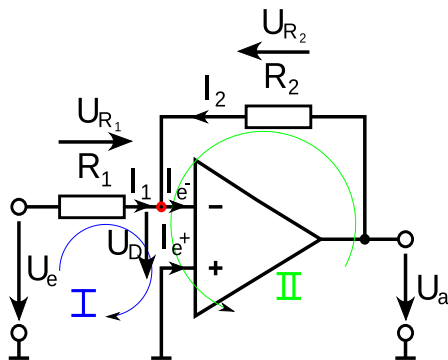


In Knoten einsetzen

$$\text{Knoten : } I_1 = -I_2$$

$$\text{Knoten : } \frac{U_{R_1}}{U_e} = -\frac{U_{R_2}}{U_a}$$

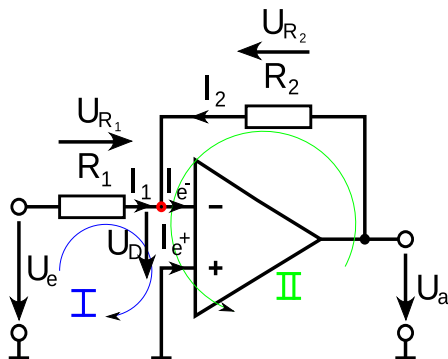
Invertierender Verstärker



Nach U_a umstellen

$$U_a = \frac{U_{R_2}}{U_{R_1}} \cdot U_e$$

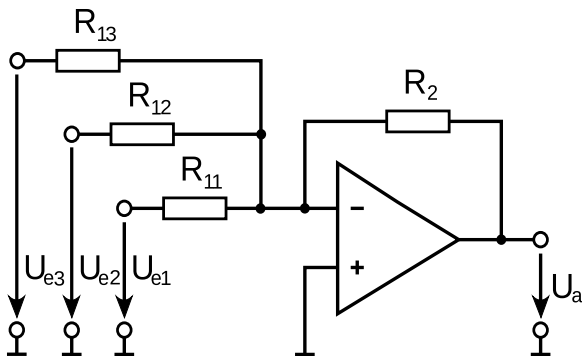
Invertierender Verstärker



Mit $U_{R_1} = I_1 \cdot R_1$, $U_{R_2} = I_2 \cdot R_2$ und $I_1 = -I_2$

$$U_a = \frac{U_{R_2}}{U_{R_1}} \cdot U_e = \frac{I_2 \cdot R_2}{I_1 \cdot R_1} \cdot U_e = \frac{I_2 \cdot R_2}{-I_2 \cdot R_1} \cdot U_e = -\frac{R_2}{R_1} \cdot U_e$$
$$v = -\frac{R_2}{R_1}$$

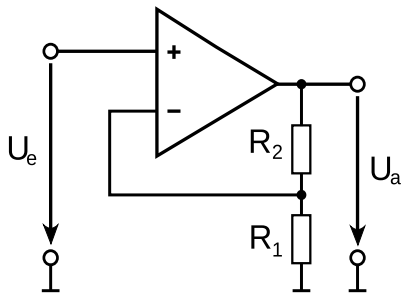
Invertierender Addierer



$$U_a = -R_2 \cdot \left(\frac{U_{e1}}{R_{11}} + \frac{U_{e2}}{R_{12}} + \frac{U_{e3}}{R_{13}} \right)$$

Abbildung: Quelle Wikipedia Link http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/92/Inverting_Adder.svg

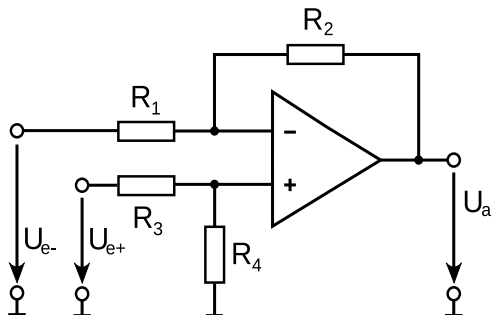
Nichtinvertierender Verstärker



$$U_a = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \cdot U_e$$
$$v = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Abbildung: Quelle Wikipedia Link http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/ff/Noninverting_Amplifier.svg

Subtrahierer



$$U_a = \frac{(R_1 + R_2)R_4}{(R_3 + R_4)R_1} U_{e+} - \frac{R_2}{R_1} U_{e-} = \frac{R_2}{R_1} \cdot (U_{e+} - U_{e-})$$

Abbildung: Quelle Wikipedia Link http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e5/Differential_Amplifier.svg

Quellen



FEDERAU, Joachim: *Operationsverstärker*. Vieweg, 3 Auflage, Wiesbaden 2006. ISBN 3-528-23857-7.



MÖNICH, Prof. Gerhard: *Kapitel 6 Operationsverstärker*. Online Script, Aufruf 29.10.09, Link http://www.antennen-emv.tu-berlin.de/fileadmin/fg13/Lernmaterialien/analog_06_Operationsverstaerker.pdf



TIETZE, Dr.-Ing Ulrich; SCHENK, Dr.-Ing Christoph: *Halbleiter-Schaltungstechnik*. Springer-Verlag, 9 Auflage, Berlin Heidelberg New York 1978. ISBN 3-540-19475-4.



Wikipedia: *Operationsverstärker*. Aufruf 29.10.09, Link <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Operationsverst%C3%A4rker&oldid=66091555>

Ende