

Operationsverstärker

Eine kurze Einführung

Paul Hollmann

24.04.2014

Gliederung

Operations-
verstärker

Paul
Hollmann

Gliederung

Einleitung

Funktionsweise

Schaltungen

Quellen

1 Gliederung

2 Einleitung

- Was ist ein OPV?
- Anwendungen

3 Funktionsweise

4 Schaltungen

- Nicht-invertierender Verstärker
 - Beschreibung
 - Formel Herleitung
 - Impedanzwandler
- Invertierender Verstärker
- Differenzverstärker
- Addierer
- Integrierer
- Exponentierer & Logarithmierer

5 Quellen

- Textquellen
- Bildquellen

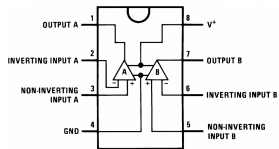


Abbildung: Pinbelegung LM158 OPV, Quelle: [1] (Seite 12)

Was ist ein Operationsverstärker?

Operations-
verstärker

Paul
Hollmann

Gliederung

Einleitung

Was ist ein
OPV?

Anwendungen

Funktionsweise

Schaltungen

Quellen

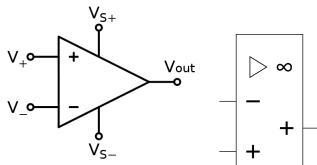


Abbildung: Schaltzeichen (DIN 40 900 T.10 (veraltet), DIN 40 900 T.13),
Quellen: [4], [7]

- Verstärkt Differenz der Eingangssignale
- Früher diskret aufgebaut, inzwischen als IC
- Verstärkung beim idealen OPV unendlich, $R_e \rightarrow \infty$,
 $R_a \rightarrow 0$

Anwendungen

Operations-
verstärker

Paul
Hollmann

Gliederung

Einleitung

Was ist ein
OPV?

Anwendungen

Funktionsweise

Schaltungen

Quellen

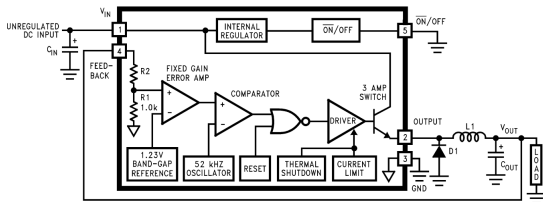


Abbildung: OPVs in einem Spannungsregler, Quelle: [2] (Seite 2)

- In fast jedem Gerät vorhanden
- Einsatz als Signalverstärker, Impedanzwandler, Komparatoren, Analogrechner
- Häufig in Spannungs- und Stromreglern eingesetzt

Funktionsweise

Operations-
verstärker

Paul
Hollmann

Gliederung

Einleitung

Funktionsweise

Schaltungen

Quellen

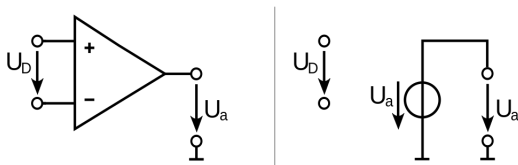


Abbildung: Ersatzschaltbild OPV, Quelle: [1]

- Ausgangsspannung abhängig von Differenz der Eingangsspannungen
- $U_a = G_{gv} \cdot (V_+ - V_-) = G_{gv} \cdot U_D$
- G_{gv} theoretisch unendlich, praktisch $10^3 \dots 10^7 [1]$

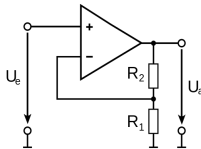


Abbildung: Nichtinvertierender Verstärker, Quelle: [5]

- Funktion durch äußere Beschaltung festgelegt
- Häufig Rückkopplung des Ausgangs auf invertierenden Eingang
- Differenzspannung im stationären Fall meistens Null (Ausnahme: Komparatoren)

Operations-
verstärker

Paul
Hollmann

Gliederung

Einleitung

Funktionsweise

Schaltungen

Nicht-
invertierender
Verstärker

Beschreibung

Formel
Herleitung

Impedanz-
wandler

Invertierender
Verstärker

Differenz-
verstärker

Addierer

Integrierer

Exponentierer &
Logarithmierer

Quellen

- Nicht-Invertierender Verstärker
 - Beschreibung
 - Herleitung der Verstärkung
 - Sonderfall: Impedanzwandler
- Invertierender Verstärker

Beschreibung

Operations-
verstärker

Paul
Hollmann

Gliederung

Einleitung

Funktionsweise

Schaltungen

Nicht-
invertierender
Verstärker

Beschreibung

Formel
Herleitung
Impedanz-
wandler

Invertierender
Verstärker

Differenz-
verstärker

Addierer

Integrierer

Exponentierer &
Logarithmierer

Quellen

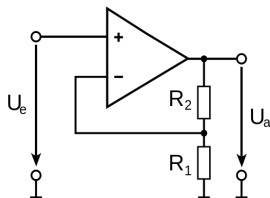


Abbildung: Nicht-invertierender Verstärker, Quelle: [5]

- Rückkopplung des Ausgangs an den invertierenden Eingang über Spannungsteiler
- $V = 1 + \frac{R_2}{R_1}$
- Hoher Eingangswiderstand, niedriger Ausgangswiderstand

Herleitung der Verstärkung

Operations-
verstärker

Paul
Hollmann

Gliederung

Einleitung

Funktionsweise

Schaltungen

Nicht-
invertierender
Verstärker

Beschreibung

Formel
Herleitung

Impedanz-
wandler

Invertierender
Verstärker

Differenz-
verstärker

Addierer

Integrierer

Exponentierer &
Logarithmierer

Quellen

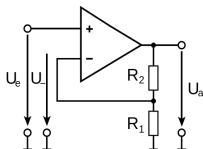


Abbildung: Nicht-invertierender Verstärker, Quelle: [5] (Bearbeitet)

- Differenzverstärker: $U_a = G_{gv} \cdot (U_e - U_-)$
- Spannungsteiler: $\frac{U_-}{U_a} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} = a$
- $U_a(1 + G_{gv} \cdot a) = G_{gv} \cdot U_e$
- $U_a = \frac{G_{gv}}{1 + G_{gv} \cdot a} \cdot U_e$
- $U_a = \lim_{G_{gv} \rightarrow \infty} \frac{G_{gv}}{1 + G_{gv} \cdot a} \cdot U_e = \frac{1}{a} \cdot U_e$
- $U_a = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) U_e$

Impedanzwandler

Operations-
verstärker

Paul
Hollmann

Gliederung

Einleitung

Funktionsweise

Schaltungen

Nicht-
invertierender
Verstärker

Beschreibung

Formel
Herleitung

Impedanz-
wandler

Invertierender
Verstärker

Differenz-
verstärker

Addierer

Integrierer

Exponentierer &
Logarithmierer

Quellen

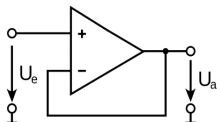


Abbildung: Impedanzwandler, Quelle: [6]

- Nicht-invertierender Verstärker mit $R_2 = 0$, $R_1 \rightarrow \infty$
- Verstärkung $V = \frac{U_a}{U_e} = 1$
- Hoher Eingangswiderstand, niedriger Ausgangswiderstand
- zur Erzeugung von Referenzspannungen/in Messbrücken genutzt

Invertierender Verstärker

Operations-
verstärker

Paul
Hollmann

Gliederung

Einleitung

Funktionsweise

Schaltungen

Nicht-
invertierender
Verstärker

Beschreibung
Formel
Herleitung
Impedanz-
wandler

Invertierender
Verstärker

Differenz-
verstärker
Addierer

Integrierer

Exponentierer &
Logarithmierer

Quellen

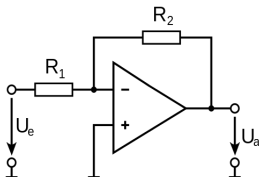


Abbildung: Invertierender Verstärker, Quelle: [2]

- Differenzspannung Null, invertierender Eingang hat Massepotential
- $V = -\frac{R_2}{R_1}$
- Eingangswiderstand entspricht R_1

Differenzverstärker

Operations-
verstärker

Paul
Hollmann

Gliederung

Einleitung

Funktionsweise

Schaltungen

Nicht-
invertierender
Verstärker

Beschreibung

Formel
Herleitung

Impedanz-
wandler

Invertierender
Verstärker

Differenz-
verstärker

Addierer

Integrierer

Exponentierer &
Logarithmierer

Quellen

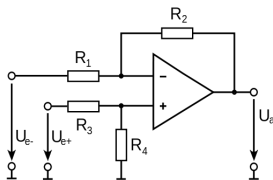


Abbildung: Differenzverstärker, Quelle: [3]

- Ausgang bildet Differenz der Eingänge ab
- Ausgangsspannung für $R_3 = R_1, R_4 = R_2$:
$$U_a = \frac{R_2}{R_1} \cdot (U_{e+} - U_{e-})$$
- Eingangswiderstände: R_1 beim invertierenden, $R_3 + R_4$ beim nicht-invertierenden Eingang
- z.B. bei der Strommessung verwendet

Addierer

Operations-
verstärker

Paul
Hollmann

Gliederung

Einleitung

Funktionsweise

Schaltungen

Nicht-
invertierender
Verstärker

Beschreibung

Formel
Herleitung

Impedanz-
wandler

Invertierender
Verstärker

Differenz-
verstärker

Addierer

Integrierer

Exponentierer &
Logarithmierer

Quellen

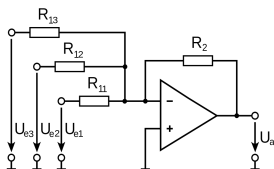


Abbildung: Addierer, Quelle: [6]

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

Integrierer

Operations-
verstärker

Paul
Hollmann

Gliederung

Einleitung

Funktionsweise

Schaltungen

Nicht-
invertierender
Verstärker

Beschreibung

Formel
Herleitung

Impedanz-
wandler

Invertierender
Verstärker

Differenz-
verstärker

Addierer

Integrierer

Exponentierer &
Logarithmierer

Quellen

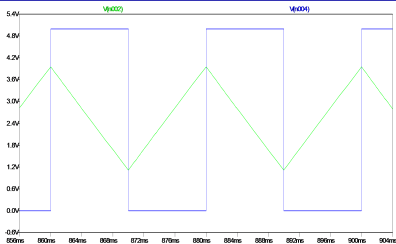
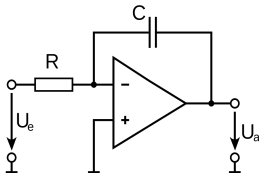


Abbildung: Integrierer, Quelle: [5]

- $U_a = -\frac{1}{R \cdot C} \int_0^t u_e(t) dt$
- Zur Signalverarbeitung/Signalzeugung verwendet (z.B. Erzeugung eines Dreieckssignals)

Exponentierer & Logarithmierer

Operations-
verstärker

Paul
Hollmann

Gliederung

Einleitung

Funktionsweise

Schaltungen

Nicht-
invertierender
Verstärker

Beschreibung

Formel
Herleitung

Impedanz-
wandler

Invertierender
Verstärker

Differenz-
verstärker

Addierer

Integrierer

Exponentierer &
Logarithmierer

Quellen

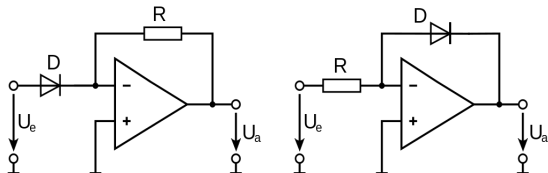


Abbildung: Exponentierer und Logarithmierer, Quellen: [7], [8]

- Exponentierer: $U_a = -n \cdot R \cdot e^{\frac{U_e}{m}}$
- Logarithmierer: $U_a = -m \cdot \ln\left(\frac{U_e}{n \cdot R}\right)$
- m, n Korrekturfaktoren für die Diodenkennlinie

Textquellen I

Operations-
verstärker

Paul
Hollmann

Gliederung

Einleitung

Funktionsweise

Schaltungen

Quellen

Textquellen

Bildquellen



<http://de.wikipedia.org/wiki/Operationsverstärker>
(Zugriff: 18.04.2014)



<http://www.batronix.com/versand/know-how/op-amp.html>
(Zugriff: 19.04.2014)



<http://www.elektronik-kompodium.de/sites/bau/0209092.htm>
(Zugriff: 19.04.2014)



<http://www.elektronik-kompodium.de/sites/slt/0210141.htm>
(Zugriff: 19.04.2014)



<http://www.elektronik-kompodium.de/sites/slt/0210151.htm>
(Zugriff: 19.04.2014)



<http://www.mikrocontroller.net/articles/Operationsverstärker-Grundsaltungen>



(Zugriff: 19.04.2014)

<http://www-ekp.physik.uni-karlsruhe.de/~simonis/praktikum/p2/p2-versuchsanleitungen/Operationsverstaerker-Vorbereitungshilfe.pdf>
(Zugriff: 19.04.2014)



<http://www.fh-dortmund.de/de/fb/3/personen/lehr/matthes/ME>
(Zugriff: 19.04.2014)



<http://www.juergen-horn.de/erinacom/elektronik/schaltung/op/differen>
(Zugriff: 22.04.2014)



http://www.analog.com/library/analogdialogue/archives/05/web_chh_final.pdf
(Zugriff: 24.04.2014)

Bildquellen I

Operations- verstärker

Paul
Hollmann

Gliederung

Einleitung

Funktionsweise

Schaltungen

Quellen

Textquellen
Bildquellen



<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm158-n.pdf>
(Zugriff: 18.04.2014)



<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2576.pdf>
(Zugriff: 18.04.2014)



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/1a/Comparator_symbol.svg/500px-Comparator_symbol.svg.png
(Zugriff: 18.04.2014)



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/97/Op-amp_symbol.svg/500px-Op-amp_symbol.svg.png
(Zugriff: 18.04.2014)



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/ff/Noninverting_Amplifier.svg/500px-Noninverting_Amplifier.svg.png
(Zugriff: 18.04.2014)



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3d/Voltage_follower_4clamp_II.svg/500px-Voltage_follower_4clamp_II.svg.png
(Zugriff: 18.04.2014)



<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d2/Normsymbol.OPV.svg/500px-Normsymbol.OPV.svg.png>
(Zugriff: 19.04.2014)

Bildquellen II

Operations- verstärker

Paul
Hollmann

Gliederung

Einleitung

Funktionsweise

Schaltungen

Quellen

Textquellen
Bildquellen



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c0/Equivalent_Network_OpAmp.svg/1000px-Equivalent_Network_OpAmp.svg.png
(Zugriff: 19.04.2014)



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/bc/Integrating_Amplifier.svg/1000px-Integrating_Amplifier.svg.png
(Zugriff: 21.04.2014)



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/1b/Inverting_Amplifier.svg/500px-Inverting_Amplifier.svg.png
(Zugriff: 19.04.2014)



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/92/Inverting_Adder.svg/1000px-Inverting_Adder.svg.png
(Zugriff: 21.04.2014)



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e5/Differential_Amplifier.svg/500px-Differential_Amplifier.svg.png
(Zugriff: 19.04.2014)



<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a6/EXP-Opamp.svg/500px-EXP-Opamp.svg.png>
(Zugriff: 23.04.2014)



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/46/Differentiating_Amplifier.svg/1000px-Differentiating_Amplifier.svg.png
(Zugriff: 19.04.2014)



<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/92/LOG-Opamp.svg/500px-LOG-Opamp.svg.png>
(Zugriff: 23.04.2014)