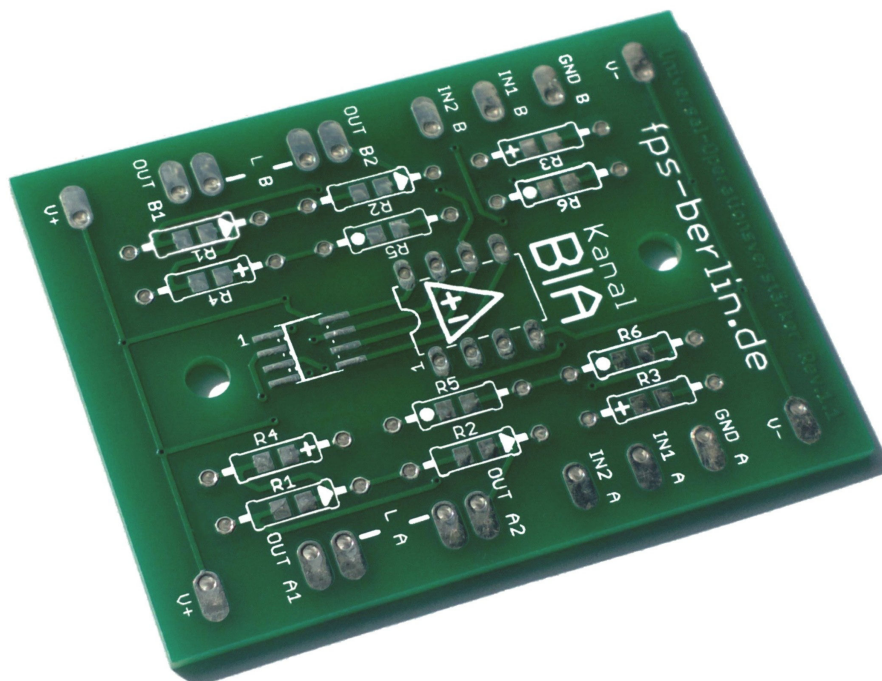


## Bedienungsanleitung

# Universal-Operationsverstärker

Artikelnummer: 2000 und 2001



**Forschungs- und Projektservice Berlin**  
Ingenieurbüro für Leiterplattendesign

[www.fps-berlin.de](http://www.fps-berlin.de)

### Wichtige Hinweise

Wir übernehmen keine Haftung über Folgeschäden, die durch unsachgemäße Bestückung, fehlerhafte Lötungen und falsch eingebaute oder defekte Bauteile entstehen. Jeder Anwender dieses Universal-Operationsverstärkers ist selbstverantwortlich für den korrekten und sachgemäßen Umgang. Es müssen die üblichen Vorschriften der VDE und EMV eingehalten werden. Aus Sicherheitsgründen empfehlen wir bei dieser Experimentalplatine eine Schutzkleinspannung von maximal 25V Wechsel- bzw. 60V Gleichspannung.

Für eine saubere und sichere Lötung sollten Sie eine Temperatur von über 350°C vermeiden.

Die Leiterbahnen dieser Platine sind bis zu einem Strom von 2,5A, bei einer Erwärmung um 40°C zugelassen. Der Bohrungsdurchmesser der Löt pads beträgt 1,0mm.

Die Inbetriebnahme erfolgt in Eigenverantwortung.

Sollten Sie eine Beschädigung an der durch uns gelieferten Leiterplatte feststellen, dann senden Sie uns diese Platine zu. Sie erhalten einen Ersatz. Bereits belötete Platinen sind von diesem Tausch ausgeschlossen!

Darstellungen von Beispielschaltungen bzw. Platinen können gegenüber dem Original minimal abweichen.

Dieses Datenblatt bezieht sich auf die Universal-Operationsverstärker-Versionen 1.0 und 1.1.

Änderungen, Neuerungen und Ergänzungen finden Sie auf der oben genannten Webseite.

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>0. AUFBAU UND GRUNDLAGEN</b>	<b>3</b>
0.1 Beschaltung	3
0.2 * Künstlicher GND	3
<b>1. INVERTIERENDER VERSTÄRKER</b>	<b>4</b>
1.1 Invertierender Proportional-Regler (P-Regler)	4
1.2 Invertierender Proportional-Integral-Regler (PI-Regler)	4
<b>2. NICHTINVERTIERENDER VERSTÄRKER</b>	<b>5</b>
2.1 Nicht-Invertierender Proportional-Regler (P-Regler)	5
2.2 Nicht-Invertierender Proportional-Integral-Regler (PI-Regler)	5
<b>3. STROM-SPANNUNGS-WANDLER</b>	<b>6</b>
<b>4. SPANNUNGS-STROM-WANDLER</b>	<b>6</b>
<b>5. DIFFERENZVERSTÄRKER (SUBTRAHIERER)</b>	<b>6</b>
5.1 Differenzverstärker mit hochohmigen Eingängen	7
5.2 Differenzverstärker zur Messung eines Shunts	7
<b>6. SUMMIERVERSTÄRKER (INVERTIERENDER ADDIERER)</b>	<b>8</b>
<b>7. DIFFERENZIERVERSTÄRKER</b>	<b>8</b>
<b>8. INTEGRIERVERSTÄRKER</b>	<b>8</b>
8.1 Differenzintegrator	9
8.2 Nicht-Invertierender Integrierverstärker	9
<b>9. SPANNUNGSKOMPARATOR OHNE HYSTERESE</b>	<b>9</b>
<b>10. IMPEDANZWANDLER (SPANNUNGSVERFOLGER)</b>	<b>10</b>
<b>11. PI-REGLER MIT EINSTELLBAREN UNABHÄNGIGEN PARAMETERN</b>	<b>10</b>
<b>12. INVERT. PID-REGLER (MULTIPLIKATIVER / SERIELLER FORM)</b>	<b>11</b>
<b>13. PT<sub>1</sub>-GLIED MIT NICHT-INVERTIERTEN TRENN-VERSTÄRKER</b>	<b>11</b>
<b>I. ABMAßE</b>	<b>12</b>
<b>II. AUSWAHL VERWENDBARER OPERATIONSVERSTÄRKER</b>	<b>12</b>
<b>III. LIEFERUMFANG</b>	<b>12</b>
<b>IV. ERGÄNZUNGEN UND TIPPS</b>	<b>13</b>

## 0. Aufbau und Grundlagen

Für die Bestückung des Universal-Operationsverstärkers können diskrete Bauelemente (Durchloch- Montage) sowie SMD- Bauteile verwendet werden.

(siehe Abbildung 0-1, links SMD, rechts diskrete Bauelemente)

Bei den SMD-Widerständen besteht die Möglichkeit Baugrößen von 0603 bzw. 0805 zu verwenden.

Der SMD-IC ist ein SO08.

Die diskreten Widerstände sind in einem Lochabstand von 0207 mit 10mm für handelsübliche  $\frac{1}{4}$  bzw.  $\frac{1}{8}$  Watt erstellt.

Der für die Durchlochmontage verwendete IC ist ein DIL08. Dieser kann wahlweise auch gesockelt werden.

Mit den Lötflächen an der Seite können Sie die entsprechenden Anschlüsse Ihres Versuchsaufbaus verbinden.

Bei Schaltungen, wo ein Kondensator oder ein anderes Bauelement anstelle eines Widerstands gesetzt werden muss, beachten Sie bitte folgende Hinweise. Die Position bspw.  $C_{R1}$  entspricht dem R1. Bitte die Markierungen im Widerstandssymbol beachten.



Abbildung 0-1

In der Abbildung 0-2 ist die Rückseite der Universal-Operationsverstärker-Platine zu erkennen. Entsprechend des Schaltplanes, den Sie realisieren möchten (ab Kapitel 1), müssen die benötigten Codierbrücken [JP...] mit dem LötKolben und etwas Zinn geschlossen werden.

Diese Kodierbrücken können bei einem eventuellen Umbau oder nach einer Fehlkodierung durch leichtes Überstreifen mit einem sauberen LötKolben wieder unterbrochen werden.

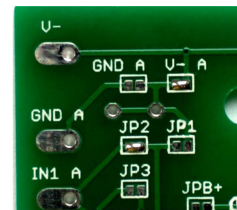


Abbildung 0-2

### 0.1 Beschaltung

Für die meisten Verstärkerschaltungen ist ein Mittelpunkt (GND) notwendig, um einen Bezugspunkt bilden zu können. Die folgenden Beispielschaltungen des Universal-Operationsverstärkers referenzieren auf einen Bezugspunkt.

Bei dieser Versuchs- und Experimentierplatine ist es möglich den Punkt auf die negative, also auf die Minusspannung (V-) oder auf einen Referenzpunkt bzw. Mittelpunkt (GND) zu referenzieren.

### 0.2 \* Künstlicher GND

Off ist es nicht möglich diesen Mittelpunkt zu bilden. Aus diesem Grund haben wir folgendes entwickelt. Mit dem A-Kanal des Dualoperationsverstärkers wird mittels einer Impedanzfunktion (siehe Kapitel 10) eine symmetrische Spannung erzeugt und als Referenzpunkt für den B-Kanal bereitgestellt. Als Spannungsteilerwiderstände werden zwei gleiche relativ hochohmige Widerstände eingesetzt.

Bei folgenden üblichen

Versorgungsspannungen

empfehlen wir für R5 und R6 bis 5V 10 k $\Omega$ , bis 12V 22 k $\Omega$  und bis 24V 47 k $\Omega$ .

Zur Stabilisierung sollten Sie je einen Elektrolyt- oder Tantal-Kondensator ( $\sim 1\mu F$  / 25V) an der Position von R3 und R4 einzubauen, um intern auftretende Schwingungen des Operationsverstärkers zu reduzieren

(Einbaurichtung siehe +Markierung auf der Platine).

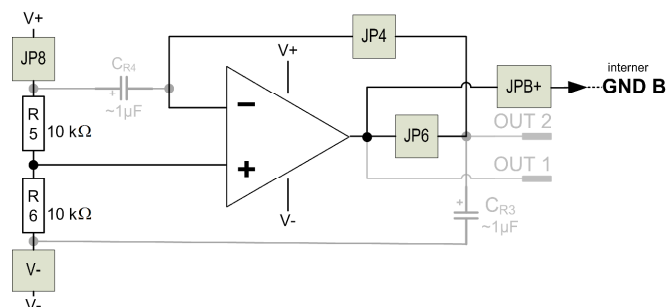


Abbildung 0-3

VORSICHT beim falschen Einbau von polarisierten Kondensatoren kann es zu Schäden kommen. Bitte prüfen Sie vor der Inbetriebnahme die Polarität und die Angabe der Spannungsfestigkeit (ab 25V) dieser Bauelemente!

Über die Codierbrücke (JPB+) wird der neu erzeugt Mittelpunkt direkt an den internen GND des B-Kanals gelegt. Jetzt kann jede gewünschte Schaltung, die auf einen GND basiert, mit der B-Seite aufgebaut werden. Bitte beachten Sie, wenn Sie die Brücke JPB+ setzen, dass keine der beiden anderen Brücken des B-Kanals gesetzt ist (GND-B und V- B).

Es gilt ebenfalls zu beachten, wenn die Brücke JP8 gesetzt ist, dass am Eingang IN 2 positive Versorgungsspannung anliegt!

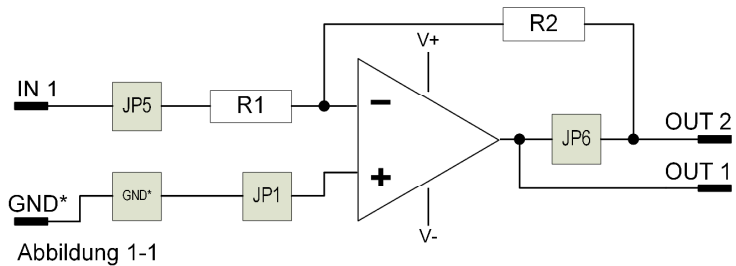
## 1. Invertierender Verstärker

Dieser Verstärker verstärkt die Spannung am Eingang  $U_{IN}$  mit folgendem Verstärkungsfaktor  $v = -\frac{R_2}{R_1}$ .

FORMEL:

$$U_{OUT1} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot U_{IN1}$$

$$U_{OUT1} = U_{OUT2}$$



## REGELUNGSTECHNIK:

### 1.1 Invertierender Proportional-Regler (P-Regler)

Frequenzgang: 
$$F_R(j\omega) = \frac{U_{OUT2}(j\omega)}{U_{IN1}(j\omega)} = -\frac{R_2}{R_1}$$

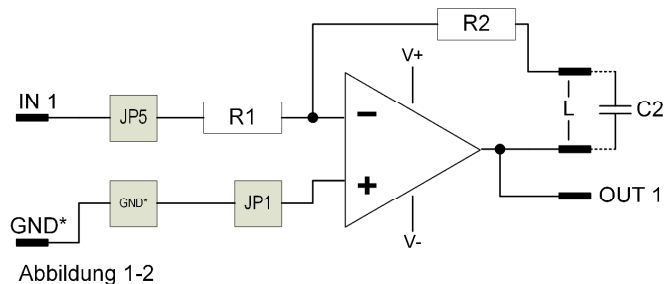
Übertragungsfunktion: 
$$G_R(s) = \frac{u_{OUT2}(s)}{u_{IN1}(s)}$$

Proportionalverstärkung: 
$$K_R = \frac{R_2}{R_1}$$

### 1.2 Invertierender Proportional-Integral-Regler (PI-Regler)

Proportionalverstärkung: 
$$K_R = \frac{R_2}{R_1}$$

Nachstellzeit: 
$$T_N = R_2 \cdot C_2$$



Frequenzgang: 
$$F_R(j\omega) = \frac{U_{OUT2}(j\omega)}{U_{IN1}(j\omega)} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1 + j\omega \cdot R_2 \cdot C_2}{j\omega \cdot R_2 \cdot C_2} = -K_R \cdot \frac{1 + j\omega \cdot T_N}{j\omega \cdot T_N}$$

Übertragungsfunktion: 
$$G_R(s) = \frac{u_{OUT2}(s)}{u_{IN1}(s)} = -K_R \cdot \frac{1 + s \cdot T_N}{s \cdot T_N}$$

\* Für diese Schaltung wird ein Mittelpunkt (GND) benötigt. Weitere Hinweise im Kapitel 0.

## 2. Nichtinvertierender Verstärker

Diese Beschaltung verstärkt die Spannung am Eingang  $U_{IN}$  mit dem Verstärkungsfaktor:  $v = 1 + \frac{R2}{R1}$

Operationsverstärker (OPV) für diese Art von Schaltungen benötigen gute Gleichtakteigenschaften.

Diese Schaltungen können sowohl an einen Mittelpunkt (GND\*) als auch mit der negativen Versorgungsspannung (V-\*) verbunden werden. Eingesetzt wird dieser Typ oft bei der Verstärkung von kleinen- und leistungsarmen Sensorausgangsspannungen. Da der Operationsverstärker (OPV) den Sensor fast gar nicht belastet, wird auch das Messsignal

(IN 1) nicht verzerrt. Der Ausgang des OPV kann entsprechend seiner Spezifikationen belastet werden.

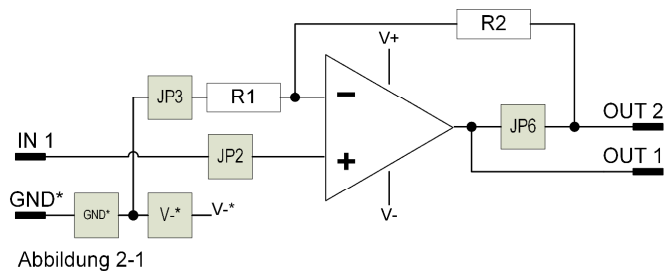


Abbildung 2-1

FORMEL: 
$$U_{OUT1} = \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) \cdot U_{IN} \quad U_{OUT1} = U_{OUT2}$$

### REGELUNGSTECHNIK:

#### 2.1 Nicht-Invertierender Proportional-Regler (P-Regler)

Schaltung siehe Abbildung 2-1.

Frequenzgang: 
$$F_R(j\omega) = \frac{U_{OUT1}(j\omega)}{U_{IN1}(j\omega)} = \frac{R1 + R2}{R1}$$

Übertragungsfunktion: 
$$G_R(s) = \frac{u_{OUT1}(s)}{u_{IN1}(s)}$$

Proportionalverstärkung: 
$$K_R = 1 + \frac{R2}{R1} \quad \text{mit} \quad K_R \geq 1$$

#### 2.2 Nicht-Invertierender Proportional-Integral-Regler (PI-Regler)

Proportionalverstärkung:

$$K_R = \frac{R1 + R2}{R1} = 1 + \frac{R2}{R1}$$

Nachstellzeit:

$$T_N = (R1 + R2) \cdot C2$$

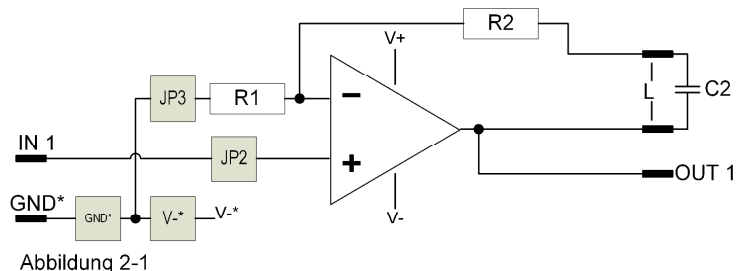


Abbildung 2-1

Frequenzgang:

$$F_R(j\omega) = \frac{U_{OUT1}(j\omega)}{U_{IN1}(j\omega)} = \frac{R1 + R2}{R1} \cdot \frac{1 + j\omega \cdot (R1 + R2) \cdot C2}{j\omega \cdot (R1 + R2) \cdot C2} = K_R \cdot \frac{1 + j\omega \cdot T_N}{j\omega \cdot T_N}$$

Übertragungsfunktion: 
$$G_R(s) = \frac{u_{OUT2}(s)}{u_{IN1}(s)} = K_R \cdot \frac{1 + s \cdot T_N}{s \cdot T_N}$$

\* Für diese Schaltung wird ein Mittelpunkt (GND) benötigt. Weitere Hinweise im Kapitel 0.  
Es kann optional auch der V- (mittels Codierbrücke V-) genutzt werden.

### 3. Strom-Spannungs-Wandler

Dieser Transimpedanz-Verstärker wandelt den Strom am Eingang IN 1 in eine proportionale Spannung am Ausgang OUT 2 um. Hier sollte dringend darauf geachtet werden, dass R2 entsprechend der zu erwartenden Leistung ausgelegt ist.

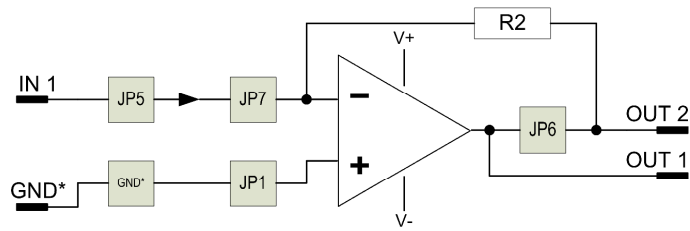


Abbildung 3-1

FORMEL:  $U_{OUT1} = -R2 \cdot I_{IN1}$  mit der Verlustleistung  $P_{R2} = I_{IN1}^2 \cdot R2$   
 $U_{OUT1} = U_{OUT2}$

### 4. Spannungs-Strom-Wandler

Diese Schaltung dient der Umwandlung von einer Eingangsspannung in einen Strom, der über R(Last) getrieben wird. R3 ist ein Referenzwiderstand und muss entsprechend angepasst werden. Hier sollte dringend darauf geachtet werden, dass R3 entsprechend der zu erwartenden Leistung ausgelegt ist.

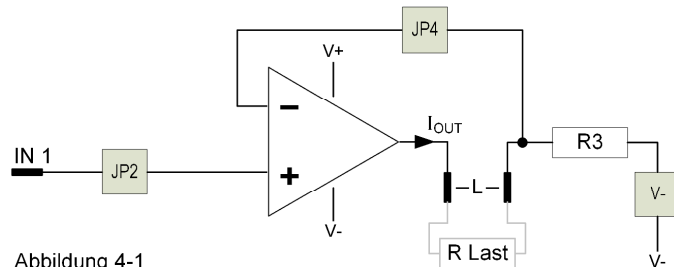


Abbildung 4-1

FORMEL:  $I_{OUT} = \frac{U_{IN1}}{R3}$  mit der Verlustleistung  $P_{R3} = I_{OUT}^2 \cdot R3$

### 5. Differenzverstärker (Subtrahierer)

Diese Beschaltung beinhaltet einen nicht-invertierenden und einen invertierenden Verstärker. Aus diesem Grund kann diese Schaltungen sowohl an einen Mittelpunkt (GND\*) als auch mit der negativen Versorgungsspannung (V-\*) verbunden werden.

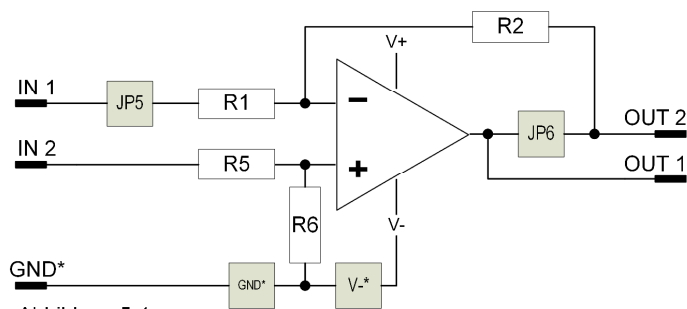


Abbildung 5-1

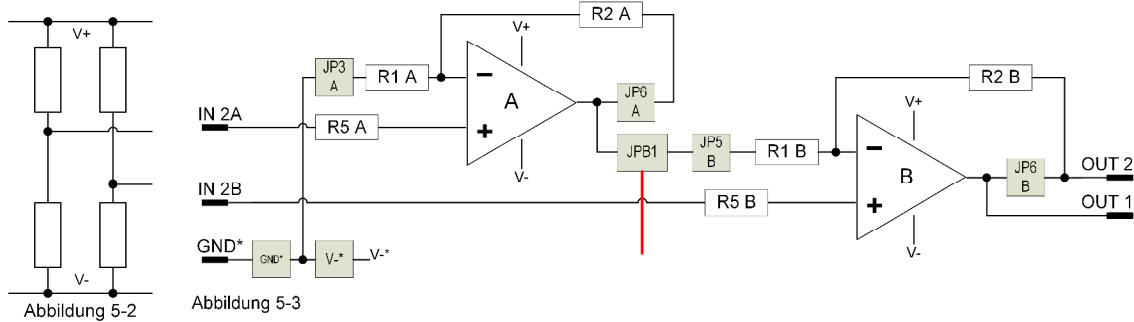
FORMEL:  $U_{OUT1} = \frac{(R1 + R2) \cdot R6}{(R5 + R6) \cdot R1} \cdot U_{IN2} - \frac{R2}{R1} \cdot U_{IN1}$   $U_{OUT1} = U_{OUT2}$

unter der Annahme, dass  $R1 = R5$  und  $R2 = R6$  jeweils die gleichen Werte haben ergibt sich folgende

Zusammenfassung:  $U_{OUT1} = \frac{R2}{R1} \cdot (U_{IN2} - U_{IN1})$

\* Für diese Schaltung wird ein Mittelpunkt (GND) benötigt. Weitere Hinweise im Kapitel 0.  
 Es kann optional auch der V- (mittels Codierbrücke V-) genutzt werden.

## 5.1 Differenzverstärker mit hochohmigen Eingängen



Für diese Form des Differenzverstärkers werden beide Kanäle des OPV benötigt. Zu erkennen ist deutlich, dass es sich um eine Invertierenden- und eine Nicht-Invertierenden-Verstärkerkombination handelt. Im Vergleich (5. Differenzverstärker) entspricht der Widerstand R1-B dem R1, der R2-B dem R2, R1-A dem R6 und der R2-A dem R5. Der R4-A und R4-B kann als Eingangswiderstand verwendet werden. Ebenso ist es möglich diese Widerstände durch Drahtbrücken zu ersetzen. Unter der Annahme  $R1-B = R2-A$  und  $R2-B = R1-A$  kann mit der Formel (s. Zusammenfassung Kapitel 5) gerechnet werden.

Vorteil dieser Schaltung ist, dass der Messaufbau von der Datenverarbeitung (Datenerfassungsgeräte) oder Anzeigeelemente so gut wie nicht beeinflusst bzw. belastet wird, da beide Eingänge hochohmig sind. Eine Art der Anwendung ist in Abbildung 5-2 zu erkennen. Diese Messbrücke wird von der Differenzverstärkerschaltung nicht belastet. In diesem Fall müsste die Codierbrücke V- gesetzt werden, da kein GND benötigt wird, wenn die Brücke nur positive Differenzen annimmt.

Für den Fall, dass eine Messbrücke an den Messanschlüssen negative und positive Spannungen ausgibt, muss die Codierbrücke GND statt V- gesetzt werden. Der GND sollte dann 0V, den Mittelpunkt der Versorgungsspannungen bilden.  $V- < \text{GND} (0V) < V+$

Diese Spannung muss extern erzeugt und mit dem Anschluss GND-A verbunden werden.

## 5.2 Differenzverstärker zur Messung eines Shunts

Ein Shunt ist ein sehr niederohmiger Lastwiderstand, der zwischen Versorgung und einem Verbraucher geschaltet wird. Der Spannungsabfall über diesen Widerstand ist linear im Verhältnis zum Strom.

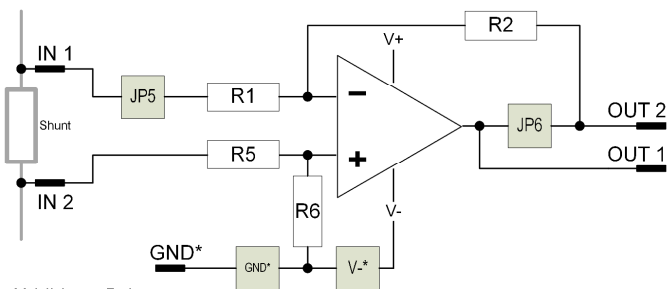
Beispiel:

$$R_{\text{Shunt}} = 0,1\Omega \quad \text{gemessen } U_{\text{Shunt}} = 1V$$

$$I_{\text{Shunt}} = \frac{U_{\text{Shunt}}}{R_{\text{Shunt}}} = \frac{(U_{\text{IN1}} - U_{\text{IN2}})}{R_{\text{Shunt}}} = \frac{1V}{0,1\Omega}$$

$$I_{\text{Shunt}} = 10A \quad \text{zu beachten gilt dabei auch: } P_{\text{Shunt}} = I_{\text{Shunt}}^2 \cdot R_{\text{Shunt}} = (10A)^2 \cdot 0,1\Omega = 10W$$

$$R1 = R5 = 100\,k\Omega \quad R2 = R6 = 10\,k\Omega \quad \text{Codierbrücke V- bzw. GND}$$



Bei der Verbindung mit V-, wird somit ein gemessener Gleichstrom in eine Ausgangsspannung für z.B. ein Messgerät umgewandelt. Im oben genannten Beispiel würde dies eine Verstärkung von 10 bedeuten, dass wenn sich der Strom über den Verbraucher um 1A ändert, dann verschiebt sich die Ausgangsspannung am Verstärker um 1V. Nun kann z.B. ein analoges Drehspulenmessgerät mit  $U_{\text{MAX}} = 10V$  angesteuert werden und statt Volt auf der Anzeige Ampere abgelesen werden.

Bei der Verbindung mit GND\* ist bei gleicher Beschaltung eine Messung von Wechselstrom möglich. Bitte beachten Sie, wenn Sie eine Fremdspannung messen, dass die Widerstände R1 und R5 mit hohen  $k\Omega$ -Werten beschalten werden sollten, um Beschädigungen vorzubeugen. Das Verstärkungsverhältnis sollte über die beiden anderen Widerstände R2 und R6 angepasst werden. Ebenfalls gelten hier auch die **wichtigen Hinweise** (s. Seite 1).

\* Für diese Schaltung wird ein Mittelpunkt (GND) benötigt. Weitere Hinweise im Kapitel 0.  
Es kann optional auch der V- (mittels Codierbrücke V-) genutzt werden.



## 6. Summierverstärker (Invertierender Addierer)

Die Schaltung dient zur Addition von zwei Spannungen. Dabei sollte das Vorzeichen gleich sein. Die Versorgungen der anliegenden Additionsspannungen müssen allerdings in der Lage sein wechselnde Ströme zu kompensieren, d.h. bei einem Lastwechsel darf sich die Spannung nicht verändern.

Zu empfehlen sind allseitig gleiche Widerstände, wie z.B.  $10\text{ k}\Omega$ .

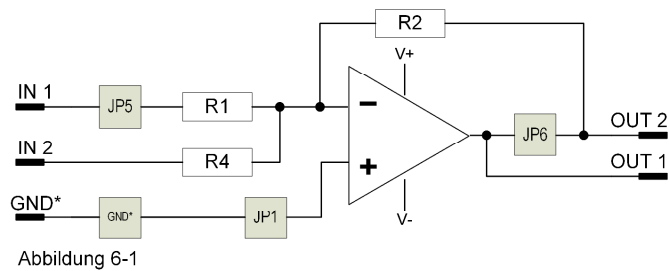


Abbildung 6-1

FORMEL: 
$$U_{OUT1} = \left( \frac{U_{IN1}}{R1} + \frac{U_{IN2}}{R4} \right) \cdot (-R2) \quad U_{OUT1} = U_{OUT2}$$

## 7. Differenzierverstärker

Besonderheit dieser Schaltung ist, dass der Widerstand R1 durch einen Kondensator  $C_{R1}$  ersetzt wird. Zu beachten gilt, dass diese Schaltung sehr Schwinganfällig ist und eine besonders stabile Versorgung benötigt.

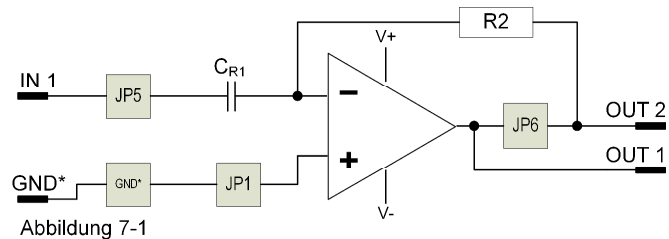


Abbildung 7-1

FORMEL: 
$$U_{OUT1} = -C_{R1} \cdot R2 \cdot \frac{\Delta U_{IN1}}{\Delta t}$$
 Differenzierzeit: 
$$\tau = R2 \cdot C_{R1}$$

Um gute Ergebnisse, trotz der Anfälligkeit des Verstärkers erzielen zu können, empfehlen wir einen Dämpfungswiderstand R0 extern zwischen dem Eingang IN1 und dem Eingangssignal zu schalten.

Beispielbeschriftung:  $R0 = k\Omega$ -Bereich  $C_{R1} = 1\mu\text{F}$   $R2 = 100\text{ k}\Omega$

## 8. Integrierverstärker

Besonderheit dieser Schaltung ist, dass der Widerstand R2 durch einen Kondensator  $C_{R2}$  ersetzt wird. Sobald eine Spannung an den Eingang angelegt wird, lädt sich der Kondensator  $C_{R2}$  auf. Dies geschieht nach der

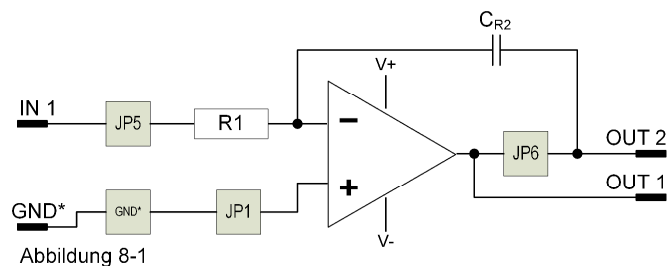


Abbildung 8-1

Integrierzeit: 
$$\tau = R1 \cdot C_{R2}$$
 mit dem konstanten Strom 
$$I_{IN} = \frac{U_{IN}}{R1}$$

FORMEL: 
$$U_{OUT1} = -\frac{1}{R1 \cdot C_{R2}} \int_{t1}^{t2} U_{IN1}(t) dt = -\frac{1}{R1 \cdot C_{R2}} \cdot U_{IN1} \cdot t$$

$$I_{IN1}(t) = \frac{U_{IN1}}{R1}$$

\* Für diese Schaltung wird ein Mittelpunkt (GND) benötigt. Weitere Hinweise im Kapitel 0.



## 8.1 Differenzintegrator

In dieser Schaltung werden zwei normale gegen komplexe Widerstände ersetzt (Kondensatoren).

Voraussetzung:

$$R_1 \cdot C_{R2} = R_5 \cdot C_{R6}$$

mit

$$R_1 \cdot C_{R2} = T_1 \text{ und } R_5 \cdot C_{R6} = T_2$$

$$T_1 = T_2 = T$$

FORMEL: 
$$U_{OUT1}(t) = \frac{1}{T} \int_0^t (U_{IN2}(t) - U_{IN1}(t)) dt$$

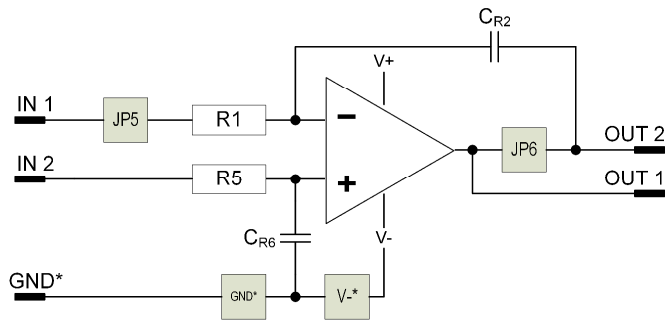


Abbildung 8-2

## 8.2 Nicht-Invertierender Integrierverstärker

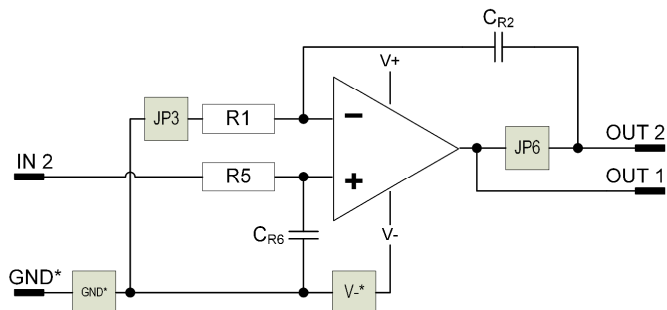


Abbildung 8-3

Unter der Annahme, dass die Werte von  $R_1 = R_5$  und  $C_{R2} = C_{R6}$  sind.

FORMEL: 
$$U_{OUT1} = \frac{1}{R_1 \cdot C_{R2}} \int_{t1}^{t2} (U_{IN2}(t)) dt$$

## 9. Spannungskomparator ohne Hysterese

Ein unbeschalteter Operationsverstärker kann auf Grund seiner Eigenschaft auch als Komparator genutzt werden. Der OPV versucht eine Ungleichheit an den beiden Eingängen zu kompensieren. Wenn die Eingänge nicht durch den Ausgang beeinflusst werden, regelt sich der Ausgang auf das entsprechende Maximum oder Minimum ein. Allerdings wird die Ausgangsspannung nie die  $V+$  erreichen, sondern ca. 1,25V (je nach Typ des OPV) darunter bleiben.

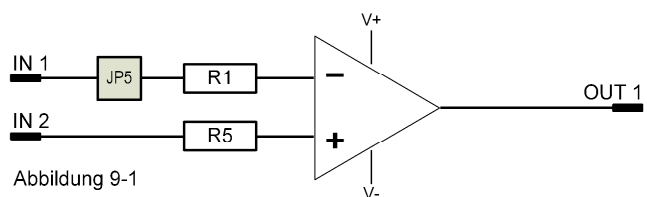


Abbildung 9-1

\* Für diese Schaltung wird ein Mittelpunkt (GND) benötigt. Weitere Hinweise im Kapitel 0.  
Es kann optional auch der  $V-$  (mittels Codierbrücke  $V-$ ) genutzt werden.

## 10. Impedanzwandler (Spannungsverfolger)

Wird eine Spannung am positiven Eingang angelegt, dann regelt der OPV seinen Ausgang so aus, dass die selbe Spannung auch am Ausgang anliegt.

Ein gutes Anwendungsbeispiel für diese Schaltung ist ein analoger Sensor, welcher nicht ausreichend Strom für den Messeingang liefern kann.

Der OPV treibt entsprechend seiner Spezifikationen einen weitaus höheren Strom als der Sensor. Das eigentliche Messsignal wird dabei nicht beeinflusst.

Nachteil dieser Schaltung ist, dass die Ausgangsspannung maximal  $\sim 1,25V$  unter der Versorgungsspannung  $V+$  liegt. Des weiteren beginnt die Ausgangsspannung etwas zu schwingen. Dieses kann durch die Verwendung von Kondensatoren an Position  $R3$  ( $C_{R3}$ ) und  $R4$  ( $C_{R4}$ ) teilweise kompensiert werden.

VORSICHT beim falschen Einbau von Elektrolytkondensatoren kann es zu Schäden kommen. Bitte prüfen Sie vor der Inbetriebnahme die Polarität (Einbaurichtung siehe +Markierung auf der Platine) und die Angabe der Spannungsfestigkeit (ab 25V aufwärts) dieser Bauelemente!

Mit dieser Schaltung lässt sich ebenfalls ein künstlicher Mittelpunkt GND bilden (Aufbau siehe Kapitel 0).

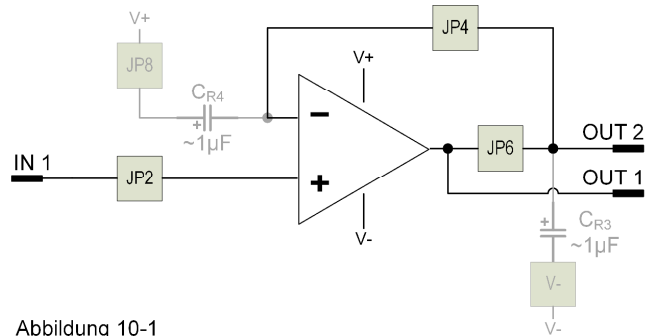


Abbildung 10-1

## 11. PI-Regler mit einstellbaren unabhängigen Parametern

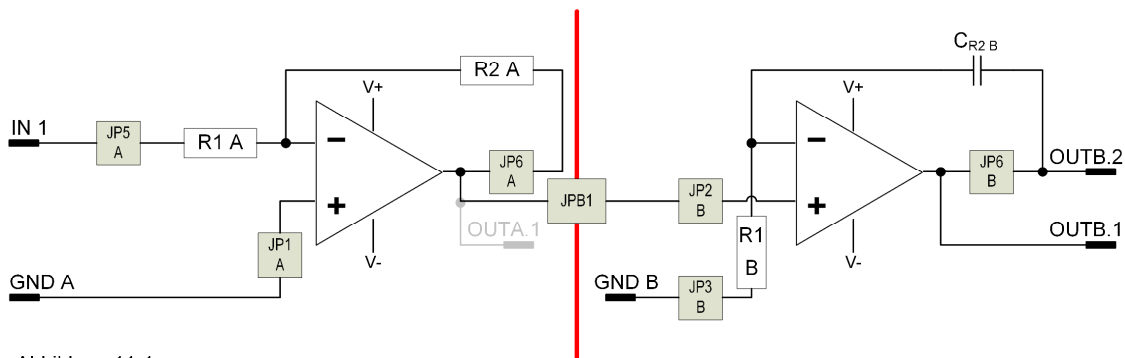


Abbildung 11-1

Diese Schaltung benötigt einen externen GND für den A- und B-Kanal. Dieser kann für beide Seiten von der gleichen Versorgung genommen werden. Der GND sollte dann 0V, den Mittelpunkt der Versorgungsspannungen bilden.  $V- < \text{GND} (0V) < V+$

Proportionalverstärkung: 
$$K_R = \frac{R2_A}{R1_A}$$

Nachstellzeit: 
$$T_N = R1_B \cdot C2_{R2B}$$

Hier ist es möglich die Proportionalverstärkung  $K_R$  unabhängig von  $T_N$  einzustellen

Frequenzgang:

$$F_R(j\omega) = \frac{U_{OUTB.1}(j\omega)}{U_{IN1A}(j\omega)} = -\frac{R2_A}{R1_A} \cdot \frac{1 + j\omega \cdot R1_B \cdot C2_{R2B}}{j\omega \cdot R1_B \cdot C2_{R2B}} = -K_R \cdot \frac{1 + j\omega \cdot T_N}{j\omega \cdot T_N}$$

Übertragungsfunktion: 
$$G_R(s) = \frac{u_{OUTB.1}(s)}{u_{IN1A}(s)} = -K_R \cdot \frac{1 + s \cdot T_N}{s \cdot T_N}$$

## 12. Invert. PID-Regler (multiplikativer / serieller Form)

Proportionalverstärkung:

$$K_R = \frac{R2}{R1}$$

Nachstellzeit:

$$T_N = R2 \cdot C2$$

Verzögerungszeitkonstante:  $T_1 = R4 \cdot C1$

Vorhaltekonstante:  $T_V = (R4 + R2) \cdot C1$

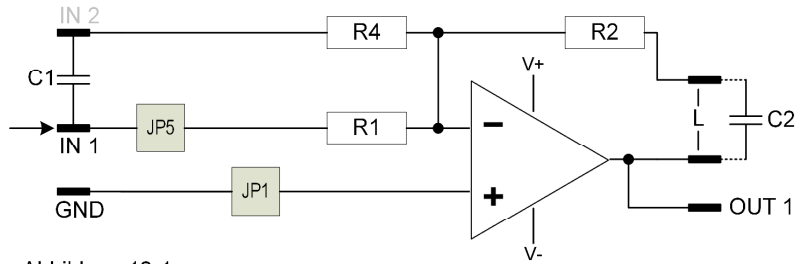


Abbildung 12-1

$$F_R(j\omega) = \frac{U_{OUT1}(j\omega)}{U_{IN1}(j\omega)} = -\frac{R2}{R1} \cdot \frac{(1 + j\omega \cdot R2 \cdot C2) \cdot (1 + j\omega(R1 + R4) \cdot C1)}{(j\omega \cdot R2 \cdot C2) \cdot (1 + j\omega \cdot R4 \cdot C1)}$$

Frequenzgang:

$$= -K_R \cdot \frac{(1 + j\omega \cdot T_N) \cdot (1 + j\omega \cdot T_V)}{(j\omega \cdot T_N) \cdot (1 + j\omega \cdot T_1)}$$

$$\text{Übertragungsfunktion: } G_R(s) = \frac{u_{OUT1}(s)}{u_{IN1}(s)} = -K_R \cdot \frac{(1 + s \cdot T_N) \cdot (1 + s \cdot T_V)}{(s \cdot T_N) \cdot (1 + s \cdot T_1)}$$

## 13. PT<sub>1</sub>-Glied mit Nicht-Invertierten Trenn-Verstärker

Proportionalverstärkung:

$$K_P = \frac{R2}{R1}$$

Glättungszeitkonstante:

$$T_{Gl} = R5 \cdot C_{R6}$$

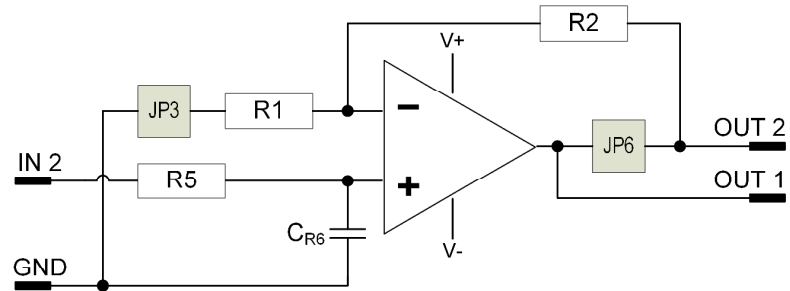


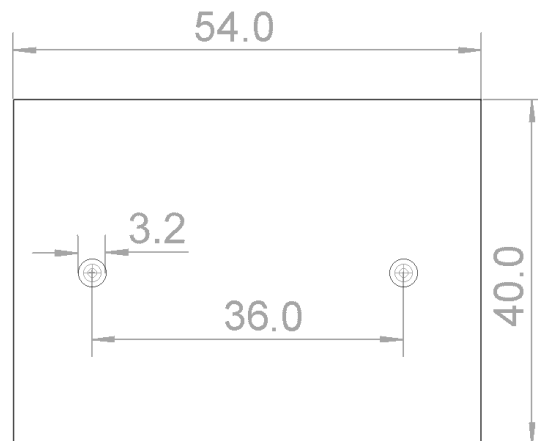
Abbildung 13-1

$$\text{Frequenzgang: } F_R(j\omega) = \frac{U_{OUT1}(j\omega)}{U_{IN2}(j\omega)} = \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) \cdot \frac{1}{1 + j\omega \cdot R5 \cdot C_{R6}} = K_P \cdot \frac{1}{1 + j\omega \cdot T_{Gl}}$$

$$\text{Übertragungsfunktion: } G_R(s) = \frac{u_{OUT1}(s)}{u_{IN2}(s)} = K_P \cdot \frac{1}{1 + s \cdot T_{Gl}}$$

\* Für diese Schaltung wird ein Mittelpunkt (GND) benötigt. Weitere Hinweise im Kapitel 0.

## I. Abmaße



## II. Auswahl verwendbarer Operationsverstärker

PIN 1	1 OUT
PIN 2	1 IN-
PIN 3	1 IN+
PIN 4	V-
PIN 5	2 IN+
PIN 6	2 IN-
PIN 7	2 OUT
PIN 8	V+

LM158, LM258, LM358, LM2904, NE5532, TLE2022, LM833, AD8017, TS922,... und viele andere Operationsverstärker.

Lesen Sie bitte sorgfältig das Datenblatt des von Ihnen verwendeten Operationsverstärkers durch. Die Entscheidung über die Eignung des von Ihnen verwendeten Operationsverstärkers obliegt Ihrer Verantwortung.

## III. Lieferumfang

Artikelnummer: 2000    Universal-Operationsverstärker-Platine

Artikelnummer: 2001    Universal-Operationsverstärker-Platine, 1x LM358 (oder vergleichbar)

Anzahl / Wert	1. Ring	2. Ring	3. Ring	4. Ring
4x 10 k $\Omega$	Braun	Schwarz	Orange	Gold
4x 22 k $\Omega$	Rot	Rot	Orange	Gold
4x 47 k $\Omega$	Gelb	Lila	Orange	Gold
4x 1 M $\Omega$	Braun	Schwarz	Grün	Gold

## **IV. Ergänzungen und Tipps**

Haben Sie Fragen, Anregungen, Kritiken,..., wenden Sie sich bitte an uns.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß dem Universal-Operationsverstärker.

Ihr Forschungs- und Projektservice Berlin