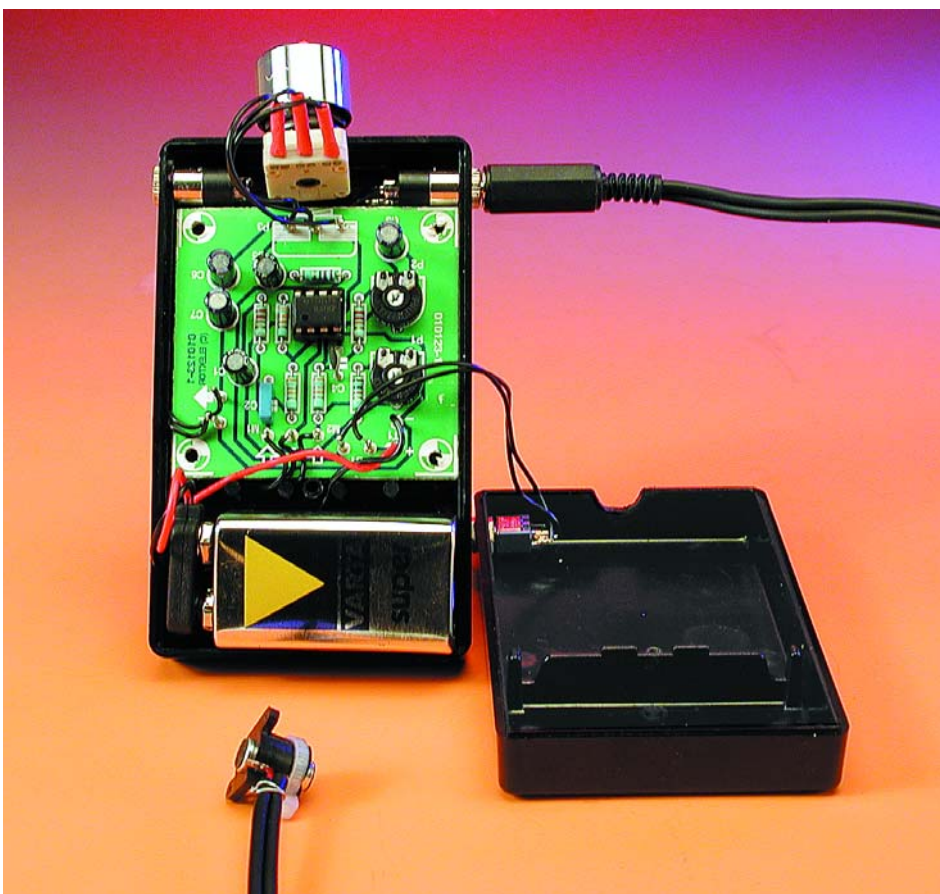


Richtmikrofon

Für "leise" Instrumente

Von Klaus Rohwer

Die Mundharmonika in einer Band ist im Vergleich zu den anderen Instrumenten häufig nicht laut genug. Dreht man den Verstärker auf, riskiert man eine Rückkopplung. Was Wunder wirkt, ist ein Mikrofon mit ausgeprägter Richtcharakteristik.



Mikrofone, die in alle Richtungen gleich empfindlich sind, besitzen eine Kugelcharakteristik. Solche Mikrofone reagieren auf die Druckschwankungen, die der Schall verursacht. Der Druck ist eine Größe, die in alle Richtungen gleich stark wirkt, daher bezeichnet man das Wirkprinzip von Mikrofonen mit

Kugelcharakteristik auch als Druckempfänger (**Bild 1a**).

Im Gegensatz dazu steht der Druckgradientenempfänger. Der Druckgradient, die räumliche Änderung des Schalldruckes, ist eine ausgesprochen richtungsabhängige Größe. In

Richtung auf die Schallquelle ist er maximal, quer dazu gleich null, und in der entgegengesetzten Richtung wiederum maximal, aber mit umgekehrtem Vorzeichen. Bei einem Mikrofon mit einem reinen Druckgradientenempfänger hätte die Empfindlichkeit des Mikrofons in Abhängigkeit vom Winkel zur Schallquelle aufgetragen die Form einer Acht (**Bild 1b**).

Die meisten Mikrofone weisen eine Charakteristik auf, die zwischen diesen beiden Extremen liegt. Durch Überlagerung der Kugel- und der Achter-Charakteristik mit unterschiedlichen Anteilen kann man ein Empfindlichkeitsmaximum nur in einer Richtung erreichen, die bekannte Nieren-Charakteristik (**Bild 1c**). Nimmt man ein kleineres Maximum entgegen der Schallrichtung in Kauf, so kann man das Maximum in Richtung Schallquelle noch weiter ausprägen, so dass die so genannte Superniere entsteht (**Bild 1d**).

Zwei Kugeln = eine Superniere

Wie baut man einen Druckgradientenempfänger? Man nehme zwei Druckempfänger, ordne sie in einem (kleinen) räumlichen Abstand an - geht ja sowieso nicht anders - und bilde die Differenz zwischen ihren Ausgangssignalen. Als Druckempfänger eignen sich alle Mikrofonkapseln, bei denen der Schall nicht auf

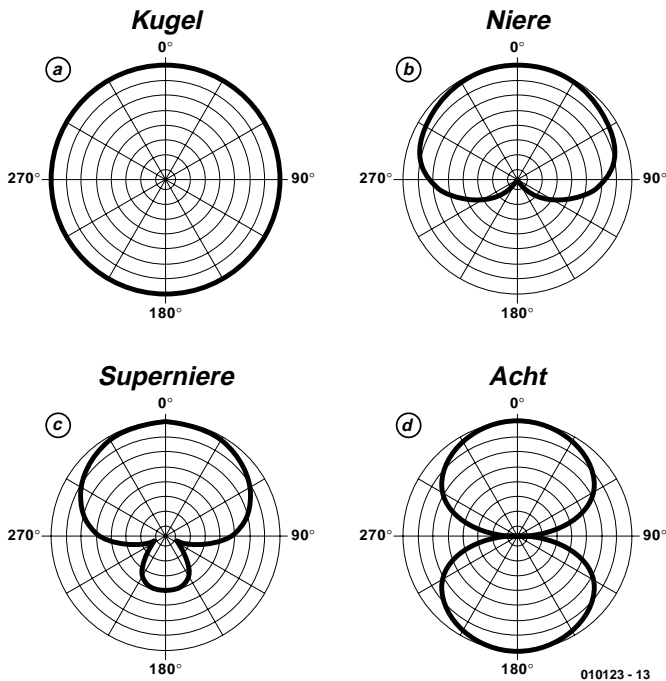


Bild 1. Von der Kugel zur Superniere: verschiedene Mikrofoncharakteristika.

die Rückseite der Membran gelangen kann, zum Beispiel Elektret-Mikrofonkapseln.

Der Abstand zwischen den beiden Kapseln darf dabei keinesfalls zu groß werden. Wenn die halbe Wellenlänge des Schalls gerade gleich dem Abstand der beiden Membranen ist, sind die Schalldrücke um gerade 180° phasenverschoben. Das hebt der Differenzverstärker genau wieder auf, so dass sich insgesamt

eine Verstärkung statt einer Abschwächung des Signals ergibt. Bei höheren Frequenzen verliert das Mikrofon also seine Richtwirkung. Der Autor hat ein solches Mikrofon und einen entsprechenden Vorverstärker entworfen, der es erlaubt, die Signale der beiden Kapseln in einem variablen Verhältnis zu mischen: Die Richtcharakteristik ist einstellbar.

Bild 2 zeigt den Aufbau eines solchen Mikrofons. Die Mikrofonkapseln

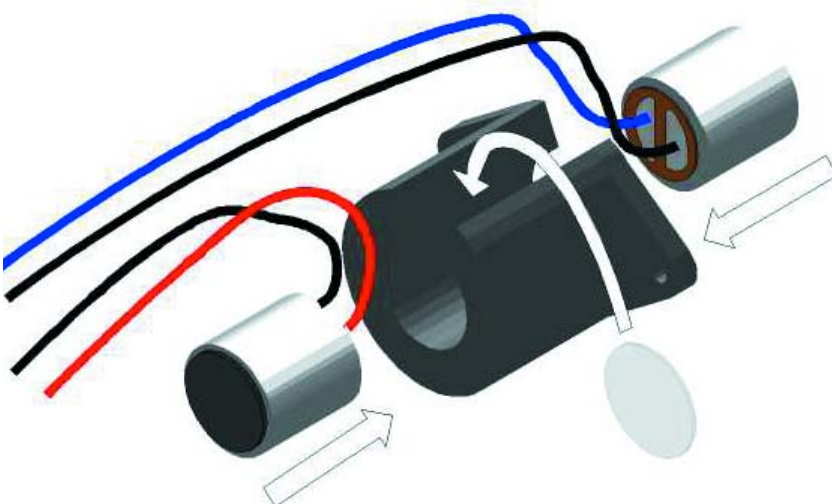


Bild 2. Die beiden Mikrofonkapseln, gegeneinander in einer Gummitülle angebracht.

sind in einem Gummiröhrchen (das zusammen mit den Kapseln geliefert wird) untergebracht, das zuvor mit einem Cutter längs aufgeschnitten wurde. Zur Isolation der elektrischen Anschlüsse legt man ein kleines, mit einem Bürolocher ausgestanztes Plastikplättchen ein. Die Vorderflächen der Mikrofonkapseln wahren einen Abstand von etwa 15 mm, was einer Grenzfrequenz von 11 kHz für die Richtwirkung entspricht. Ab 11 kHz wird das Mikrofon also wieder rückkopplungsempfindlich, es ist also sinnvoll, die Höhen am Verstärker abzusenken.

Diese Anordnung baut man in ein kleines Kunststoff-Gehäuse ein, das auf spezielle Art modifiziert wurde: Man perforiert beide Gehäuseseiten, so dass der Schall ungehindert an beide Mikrofonkapseln gelangen kann. Die Kabeldurchführung auf der einen Seite ist an einem Aluminiumwinkel und damit fest am Gehäuse befestigt, die Anordnung der Mikrofonkapseln (**Bild 3**) dagegen "schwimmt" zwischen zwei Lagen Schaumstoff. Ein dritter schmaler Schaumstoffstreifen wird vor das Mikro gesetzt und bietet einen wichtigen Schutz in der Hauptempfindlichkeitsrichtung des Mikros.

Der Autor verwendet das Mikrofon an einer Mundharmonika und hat daher zwei Spezialisierungen angebracht. Die beiden Senkkopfschrauben des Aluwinkels halten eine Klettbandschleife auf der Aussenseite, mit der man das Mikrofon bequem an zwei Fingern aufhängen kann. Außerdem hat sich gezeigt, dass ein Teil der Löcher wieder zugeklebt werden mussten, da der Luftstrom aus der Nase sonst zu hören war. Auf der Vorderseite des Gehäuses steckt zudem eine Kopfhörer-muschel aus Schaumstoff, der durch die



Bild 3. Die entsprechend Bild 2 zusammengebauten Mikrofonkapseln.

scharfen Kanten der Löcher hervorgerufene Windgeräusche dämpft.

Die Mikrofonkapseln werden in Phase mit den heißen Adern eines zweipoligen abgeschirmten Mikrofonkabels verbunden, die beiden anderen Anschlüsse gemeinsam auf die Abschirmung gelegt. Am anderen Ende des Kabels befindet sich ein 3,5-mm-Stereo-Klinkenstecker.

Für den harten Bühneneinsatz sind 3,5mm-Klinkenstecker nicht kontaktsicher genug. Besser ist ein fünfpoliger Diodenstecker, wobei je zwei Kontakte parallel geschaltet sind (die Masse geht über Stift 2 und die Abschirmung des Steckers).

Der Mikrofon-Vorverstärker

Die Schaltung des differentiellen Vorverstärkers ist in **Bild 4** gezeigt. Elektret-Kondensatormikrofon-Kapseln besitzen einen internen FET-Impedanzwandler und verhalten sich wie eine Stromquelle mit etwa $250 \mu\text{A}$. Dieser Wert kann stark streuen, auch bei gleichen Typen. Durch das Schallsignal wird der Kon-

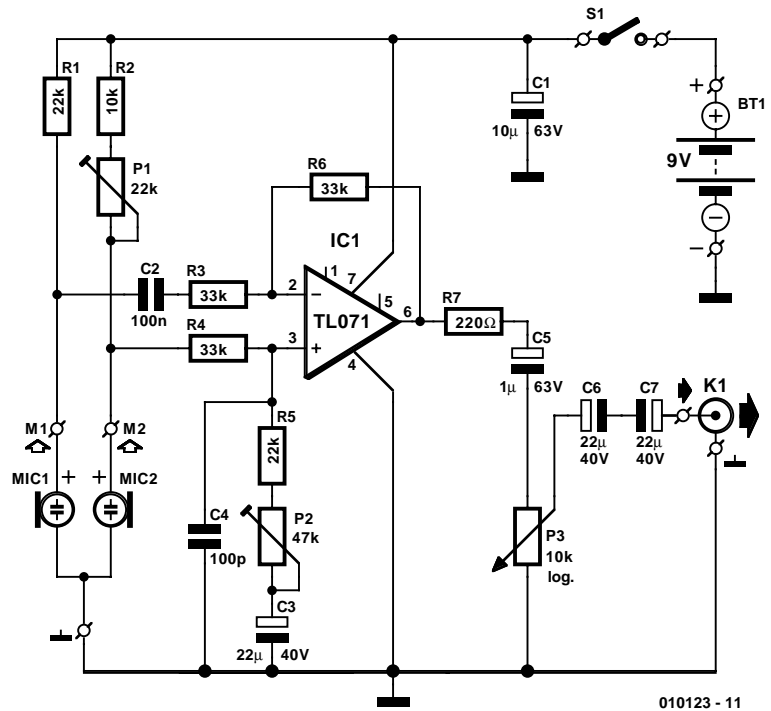


Bild 4. Schaltung des differentiellen Mikrofonverstärkers.

Stückliste

Widerstände:

- R1, R5 = 22 k
- R2 = 10 k
- R3, R4, R6 = 33 k
- R7 = 220 Ω
- P1 = Trimpoti 22 k
- P2 = Trimpoti 47 k
- P3 = Potentiometer 10 k log., kleine Mono-Ausführung

Kondensatoren:

- C1 = 10 μ/63 V stehend
- C2 = 100 n
- C3, C6, C7 = 22 μ/40 V stehend
- C4 = 100 p
- C5 = 1 μ/63 V stehend

Halbleiter:

- IC1 = TL071CP*

Außerdem:

- Bt1 = 9 V Blockbatterie mit Clip
- MIC1, MIC2 = Miniatur-Kondensator-Mikrofonkapseln mit Gummihalterung (z.B. Monacor MCE2000)
- 3,5-mm-Stereo-Klinkenbuchse oder 5-polige DIN-Buchse für Chassismontage*
- K1 = 6,3-mm-Mono-Klinkenbuchse mit isoliertem Schalter für Chassismontage
- Gehäuse mit Batteriefach (und Gürtelclip), etwa 102·61·26 mm³
- Platine 010123-11 (nicht im EPS, Layout unter www.elektor.de)

*: siehe Text

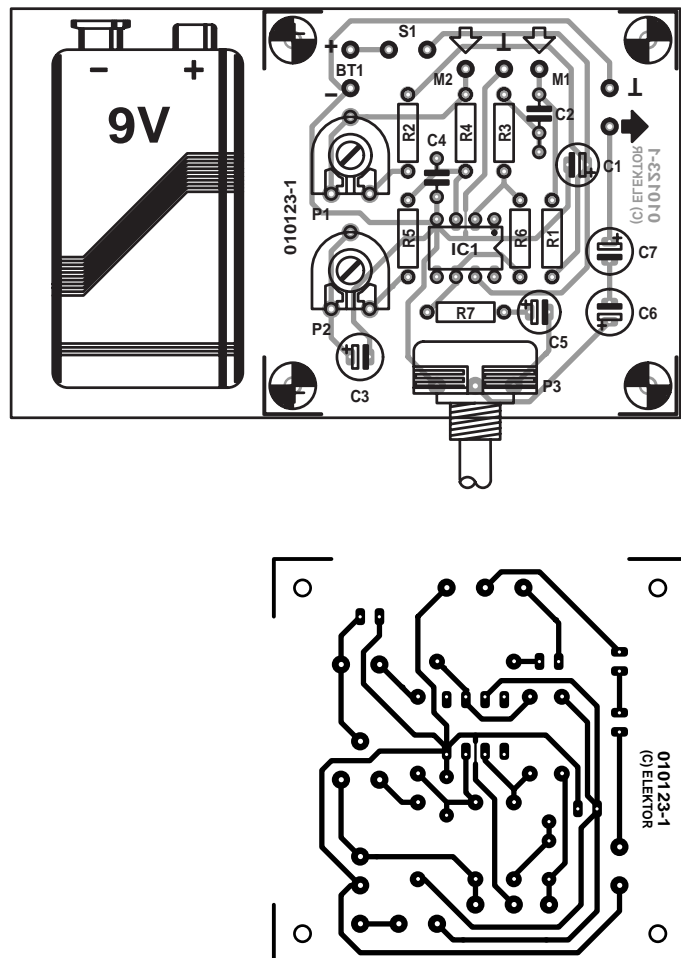


Bild 5. Die Platine wird in ein Gehäuse mit Gürtelclip und Batteriefach eingebaut.

stantstrom moduliert, und auch die Empfindlichkeit dieses Vorgangs ist anscheinend starken Exemplarstreuungen unterworfen. Die Vorwiderstände der Mikrofone, R1 und R2/P1 werden so gewählt, dass an ihnen die halbe Betriebsspannung abfällt. Bei MIC1 kommt es nicht so genau darauf an, denn es ist sowieso von C2 gleichspannungsmäßig von der Verstärkerschaltung entkoppelt. Der Vorwiderstand von MIC2 dagegen bestimmt die Gleichspannungseinstellung der ganzen Schaltung und wird mit P1 so abgeglichen, dass die Ausgangsgleichspannung des Opamps gleich der halben Betriebsspannung ist. Die Signale der beiden Mikrofone werden dem als Differenzverstärker geschalteten Opamp zugeführt. Der Autor setzt hier einen TL071 ein, wir empfehlen einen pin-kompatiblen Rail-to-Rail-Opamp wie den OPA181GP, TS921IN oder OPA350PA, damit die Batteriekapazität bis zur letzten Milliampere-stunde ausgequetscht werden kann.

Das Signal von MIC2 kann mit P2 abgeschwächt respektive verstärkt werden, um Exemplarstreuungen der Mikrofonkapseln auszugleichen. Dies beeinflusst aber auch die Richtcharakteristik. Könnte man R5 + P2 auf Null bringen, so wäre MIC2 außer Funktion und es bliebe die Kugelcharakteristik von MIC1 erhalten. Wären die von MIC1 und MIC2 gelieferten Signal dagegen völlig gleich und $R5 + P2 = 33 \text{ k}\Omega$, so hätte man eine Achter-Charakteristik eingestellt. Dazwischen ergibt sich eine Nieren- oder Supernierencharakteristik. C4 vergrault dem Opamp alle Schwingneigungen.

Am Ausgang befindet sich hinter dem Lautstärksteller P3 noch ein bipolarer Ausgangselko C6, der eine eventuelle Phantomspisespannung von der Schaltung fern hält. Als Ausgangsbuchse dient eine 6,3-mm-Klinkenbuchse, wie es im PA-Bereich üblich ist, allerdings mit integrierem, isoliertem Schalter. Dieser Schalter aktiviert das Gerät nur

dann, wenn der Klinkenstecker eingesteckt ist. Das spart einem den Einschalter, den man leicht aus zu schalten vergisst - und dann wäre die Batterie bis zum nächsten Gebrauch leer.

Die ganze Angelegenheit ist in kurzer Zeit auf der Platine, deren Layout Sie in **Bild 5** sehen, ohne Probleme auf- und in ein geeignetes Gehäuse mit Batteriefach eingebaut. P2 sollte mit einer Steckachse ausgestattet werden, die in eine Gehäusebohrung an passender Stelle hinein ragt. So lässt sich problemlos die Richtwirkung einstellen. Achten Sie auf einen stabilen Einbau und eine ordentliche Verkabelung der Buchsen, damit sich Ihr Instrument nicht plötzlich auf der Bühne aufgrund eines Wackelkontakts verabschiedet!

(010123)rg

Literatur:

Görne, Thomas:
Mikrofone in Theorie und Praxis
 Elektor-Verlag, Aachen 1994
 ISBN 3-928051-76-8

Anzeige