



50/100 Hz-Brummfilter

Mit Hilfe dieser kleinen, nützlichen Schaltung können aus einem NF-Spektrum bis ca. 30 kHz Störsignale der Frequenzen 50 Hz oder 100 Hz ausgefiltert werden.

Allgemeines

Lästige 50 Hz Brummstörungen entstehen z.B. auf langen Mikrofonleitungen oder in NF-Verstärkern durch Einstreuung bzw. Brummschleifen. Ebenso empfindet man die Auswirkungen der 100 Hz Brückengleichrichterfrequenz aufgrund schlecht stabiler Netzgeräte als störend.

Das ELV-Brummfilter eliminiert diese Art von Störungen auf einfache Weise durch Einschleifen in den Signalweg. Die störende Frequenz erfährt dabei eine Dämpfung von 30 dB.

Die vorliegende Dimensionierung der Schaltung ist so gehalten, daß durch Änderung des Kondensators C 1 und des Widerstandes R 3 die auszufilternde Frequenz entweder bei 50 Hz oder 100 Hz liegt.

Durch die aktive Schaltungsausführung mit hohem Eingangs- und geringem Ausgangswiderstand kann eine beliebige Anpassung durch Parallel- oder Reihenschaltung von Widerständen am Eingang und Ausgang vorgenommen werden.

Funktionsprinzip

Das Filter arbeitet nach dem Prinzip des Reihenschwingkreises, auch Saugkreis genannt. Abbildung 1 zeigt die Grundschaltung. Gerät der LC-Serienkreis in

Resonanz, stellt er nahezu einen Kurzschluß dar, und die Störfrequenz wird „kurzgeschlossen“. Die Resonanzfrequenz f_r berechnet sich nach der Formel:

$$f_r = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

Die Güte Q des Kreises, die das Verhältnis von Resonanzfrequenz f_r zur 3 dB-Bandbreite Δf festlegt, ermittelt man gemäß folgender Formel:

$$Q = \frac{f_r}{\Delta f} = \frac{1}{2\pi \cdot f_r \cdot C \cdot R}$$

Die Dimensionierung für 50 Hz wird folgendermaßen durchgeführt:

R 3 ist in weiten Grenzen frei wählbar, muß aber im Verhältnis zu R 4 klein sein.

Für R 3 haben wir 2,2 k Ω und für die Güte Q den Wert 10 gewählt. Aus den vorher festgelegten Parametern erfolgt die Berechnung des Kondensators C 1.

$$C 1 = \frac{1}{2\pi \cdot f_r \cdot R \cdot Q} = 145 \text{ nF}$$

Der nächstgelegene Normwert beträgt 150 nF. Aus der Schwingkreisformel kann jetzt der entsprechende Induktivitätswert ermittelt werden. Dieser liegt bei 67 H.

Die Dimensionierung für $f_r = 100 \text{ Hz}$ ergibt für R 3 = 3,9 k Ω und C 1 = 39 nF bei gleichbleibendem Induktivitätswert.

Eine dermaßen große Induktivität von 67 H ist mit einer herkömmlichen Spule nicht ohne weiteres aufzubauen. Mit Hilfe einer sogenannten „Gyrator“-Schaltung, bestehend aus zwei Operationsverstärkern und wenigen passiven Bauteilen, sind Induktivitäten dieser Größe problemlos realisierbar.

Der im Schaltbild mit „A“ bezeichnete Punkt verhält sich, auf Masse bezogen, wie eine Induktivität. Der Eingangswiderstand dieses Schaltungsteils läßt sich mit Hilfe des Knotenpotentialverfahrens berechnen und ergibt sich zu:

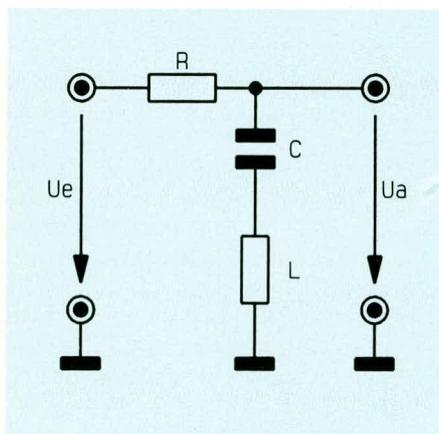
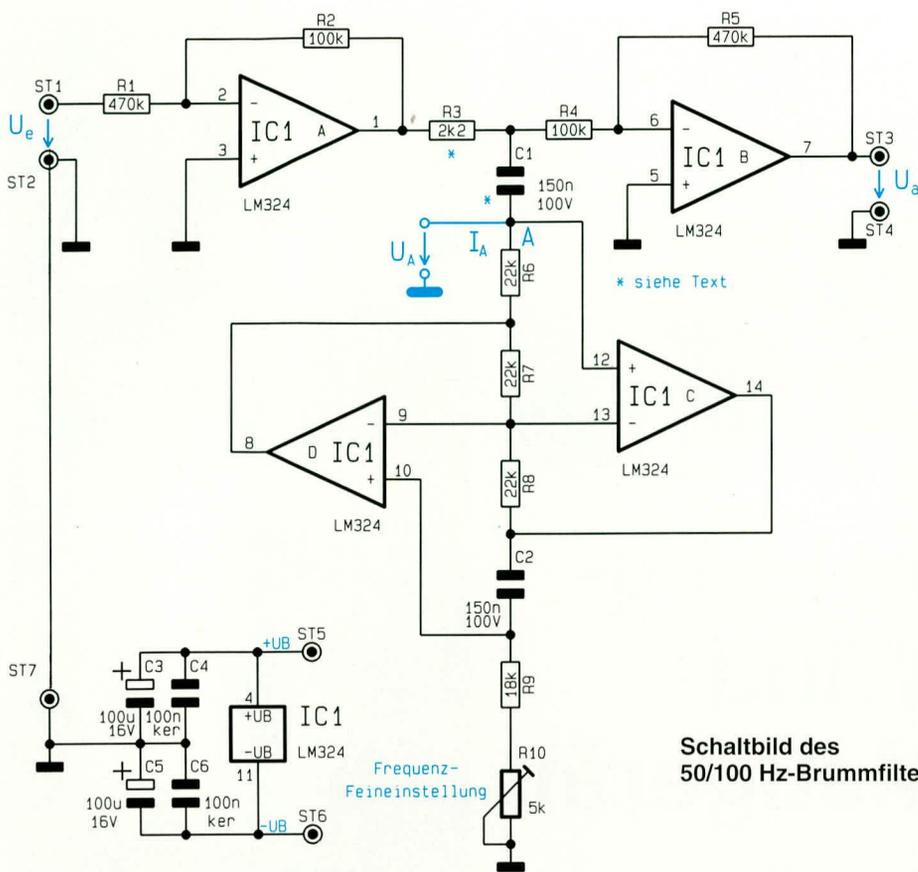
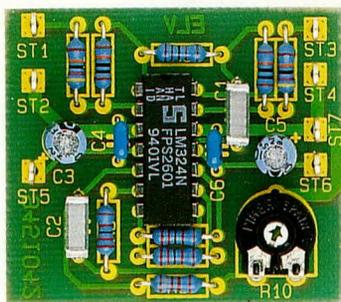


Bild 1: Grundschaltung eines Reihenschwingkreises



Schaltbild des 50/100 Hz-Brummfilters



Ansicht der fertig aufgebauten Leiterplatte

$$Z_{\text{ein}} = \frac{U_a}{I_a} = j\omega \cdot R_6 \cdot (R_9 + R_{10}) \cdot C_2 \cdot \frac{R_8}{R_7} = j\omega \cdot L$$

Wählt man $R_6 = R_7 = R_8 = 22 \text{ k}\Omega$ und $C_2 = 150 \text{ nF}$, so ist mit R_{10} ein Feinabgleich der Induktivität auf 67 H möglich. Damit läßt sich die Resonanzfrequenz des Saugkreises genau einstellen. Soll eine andere Frequenz als 50 Hz oder 100 Hz ausgefiltert werden, kann man die Schaltung gemäß vorher beschriebener Dimensionierungsvorschrift leicht ändern.

Schaltung

Über die Lötstifte ST_1 und ST_2 wird die Eingangsspannung eingespeist. Der Eingangswiderstand beträgt $470 \text{ k}\Omega$, ist aber

R_3 entspricht dem in Abbildung 1 dargestellten Widerstand R , der im wesentlichen die Güte des Kreises festlegt. C_1 und der mit R_6 bis R_{10} , C_2 sowie $IC_1 C$ und $IC_1 D$ aufgebaute Gyratorteil bilden die Schwingkreiselemente C und L aus Abbildung 1. Der mit R_4 , R_5 und $IC_1 B$ realisierte invertierende Verstärker dient zur Entkopplung und hebt den Signalpegel wieder an, so daß am Ausgang der Schaltung (ST_3 und ST_4) der gleiche Pegel wie am Eingang zur Verfügung steht. Durch Verändern von R_5 ist selbstverständlich auch eine Gesamt-Verstärkung oder Abschwächung des Signalpegels möglich.

Die symmetrische Betriebsspannung wird an die Lötstifte ST_5 , ST_6 und ST_7 angeschlossen. Ihre Größe hängt von der Größe des Eingangssignals ab, wobei für die Verarbeitung von Normpegeln ($0,775 \text{ V}_{\text{eff}}$) in der Schaltung mindestens $\pm 10 \text{ V}$ erforderlich sind. Bei kleineren Eingangsspannungen kann auch die Betriebsspannung entsprechend reduziert werden.

Nachbau

Die einseitige Platine mit den Abmessungen $44 \text{ mm} \times 38 \text{ mm}$ ist in gewohnter Weise anhand des Bestückungsplanes zu

Stückliste: Brummfilter

Widerstände:

2,2k Ω	R3 (50Hz)
3,9k Ω	R3 (100Hz)
18k Ω	R9
22k Ω	R6 - R8
100k Ω	R2, R4
470k Ω	R1, R5
PT10, liegend, 5k Ω	R10

Kondensatoren:

39nF	C1 (100Hz)
100nF/ker	C4, C6
150nF	C1 (50 Hz), C2
100 $\mu\text{F}/16\text{V}$	C3, C5

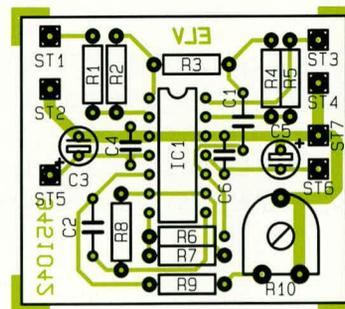
Halbleiter:

LM324	IC1
-------------	-----

Sonstiges:

7 Lötstifte mit Lötöse

durch Beschaltung eines Widerstandes von ST_1 nach ST_2 beliebig reduzierbar. Die erste Stufe, aufgebaut mit $IC_1 A$, entkoppelt das Eingangssignal vom eigentlichen Schwingkreis, damit die äußere Beschaltung keinen Einfluß auf die Filtercharakteristik nimmt. Zugleich setzt sie den Pegel etwas herab, damit die Operationsverstärker $IC_1 C$ und $IC_1 D$ im Resonanzfall nicht an ihre Aussteuerungsgrenze gelangen.



Bestückungsplan des 50/100 Hz-Brummfilters

bestücken, beginnend mit den niedrigen Bauelementen. Diese werden eingesetzt und auf der Rückseite der Platine verlötet. Die überstehenden Drahtenden kürzt man mit Hilfe eines Seitenschneiders, ohne die Lötstellen selbst zu beschädigen.

Beim Bestücken der Elektrolytkondensatoren C_3 und C_5 ist auf die richtige Polung zu achten. Zuletzt setzen wir den 4-fach Operationsverstärker IC_1 des Typs LM 324 ein. Pin 1 des ICs ist durch eine Punktmarkierung oder Einkerbung auf der Stirnseite gekennzeichnet. Die Position dieser Markierung muß mit der des Bestückungsplanes übereinstimmen.

Bevor die Schaltung in Betrieb genommen wird, ist die korrekte Bestückung noch einmal zu überprüfen. Jetzt steht dem Einsatz dieser kleinen, nützlichen Schaltung nichts mehr im Wege.