

## **Einführung:**

Dieses hochwirksame, mehrstufige EMI-Filter ist zur Bereitstellung einer von allen nieder- und hochfrequenten Störungen befreiten Gleichspannung zur Versorgung von empfindlichen Messschaltungen, HF-Empfängern oder z.B. als Anodenstromversorgung von Röhrenschaltungen entwickelt worden.

Die Dämpfung beträgt mindestens 60 dB im Bereich von 3 kHz...30 MHz am niederimpedanten Ausgang **"Out+"**.

Ein separater Ausgang **"Anode"** beinhaltet ein zusätzliches RC-Filter zur Dämpfung auch der niederfrequenten Störungen von 50 Hz...3 kHz um mind. -60 dB.

Mit dem nicht bestückten Widerstand R2 kann (zu Lasten der Dämpfung im untersten Frequenzbereich) durch Parallelschaltung die Ausgangsimpedanz weiter verringert werden. Dieses hat allerdings dann eine Ausgangsimpedanz  $R = R1 \parallel R2$ .

Es ist in jedem Fall zu beachten, dass der verwendete Widerstand R1 (100Ω /1W bei der 50V und 100V Variante; 33Ω/9W) nicht überlastet wird.

Die an diesem Widerstand abfallende Leistung bei Verwendung des **"Anode"**-Ausgangs beträgt:  
 $P_{R1} = (U_{\text{ein}} - U_{\text{Last}}) \cdot I_{\text{Last}}$

Bsp.1: Bei einer 100V Eingangsspannung und 50mA=0,05A Laststrom stellt sich eine Ausgangsspannung von 80V ein.

Die Verlustleistung an R1 ist dann  $P_{R1} = (100V - 80V) \cdot 0,05A = \underline{1W}$

Bsp.2: Bei einer 400V Eingangsspannung und 100mA=0,1A Laststrom stellt sich eine Ausgangsspannung von 350V ein.

Die Verlustleistung an R1 ist  $P_{R1} = (400V - 350V) \cdot 0,1A = \underline{5W}$

Bestückt man R2 mit einer Drahtbrücke (= 0 Ohm), entfällt zwar die Wirkung dieser Filterstufe im Bereich 50 Hz...3 kHz.

Dafür gewinnt man 1.000 µF zusätzliche Siebkapazität für den niederimpedanten Ausgang. Das ist insbesondere dann sinnvoll, wenn der **"Anode"** -Ausgang nicht benötigt wird.

Ist eine Verbindung mit Erde bzw. dem Schutzleiter gewünscht oder aus Sicherheitsgründen vorgeschrieben, erfolgt die Ableitung bzw. Ankopplung mit je einem X2-Kondensator (100 nF...1 µF; max. 275V~) parallel zu einem 1 nF-Kondensator.

Wenn die Verbindung mit Erde/Schutzleiter nicht vorgeschrieben ist, kann nur durch Probieren herausgefunden werden, ob sich die Störungen mit oder Ankopplung an Erde/Schutzleiter vergrößern oder verkleinern.

Der Grund liegt darin, dass heutzutage die Schutzleiter-Erde "HF-verseucht" sein kann und dann mehr Störungen eingekoppelt als abgeleitet werden.

Ein separat erhältlicher Weissblechgehäuse-Bausatz zum Selbst-Auflöten schirmt das Filter zusätzlich gegen elektromagnetisch eingekoppelte HF-Störungen ab.

Der Eingangs-Gleichspannung wird über die **"In"** und **"GNDi"**-Klemmen oder über die Hohlstecker-Buchse (nicht vorhanden bei 400V-Version) zugeführt. Die Hohlsteckerbuchse ist allerdings nur bis 12V/2A zugelassen!

### **Dokumentation: EMI-DC-Filter 50V/2A, 100V/2A, 400V/0,5A**

Alternativ kann eine Eingangs-Wechselspannung über die Klemmen "AC~" zugeführt werden. Diese verfügt über einen zusätzlichen Vollwellen-Gleichrichter bestehend aus 4 einzelnen Dioden D1-D4.

Es darf selbstverständlich nur **eine** der 3 Varianten (DC-Spannung über Schraubklemmen, DC-Spannung über Hohlsteckerbuchse oder AC-Spannung über Schraubklemmen) verwendet werden, da alle 3 Eingänge hinter der Diodenbrücke zusammenlaufen und es sonst zu einem Kurzschluss von parallel verwendeten Eingangsspannungen kommen würde.

Das Filter ist in 3 Varianten mit unterschiedlichen Spannungsfestigkeiten und Strombelastbarkeiten erhältlich:

- **50V / 2A** (Sonderausführung bis 5A auf Anfrage)
- **100V / 2A** (gleiche Platine; Sonderausführung bis 5A auf Anfrage)
- **400V / 0,5 A** (Sonderausführung bis 2A auf Anfrage)

Bei Benutzung des Wechselspannungseingangs "AC~" ist darauf zu achten, dass die Spannungsfestigkeit des Filters auf den Spitzenwert der Wechselspannung und nicht auf den Effektivwert bezogen ist.

Die Diodenbrücke hat zwar eine 2...3-fach höhere Spannungsfestigkeit als der Nennwert des Filters. Die Kondensatoren bzw. die Elkos der Filterstufen allerdings nicht!

Weiterhin sind auch Leerplatinen zur Selbstbestückung erhältlich.

Dies bietet sich insbesondere an, wenn man nur einen Teil der Filterstufen aufbauen will oder z.B. eine abweichende Bauteilebestückung realisieren will.

Das Platinenlayout sowie die verwendeten Bauteile der ausgelieferten Filter können von den in hier gezeigten Abbildungen abweichen.

Es werden jedoch grundsätzlich Markenbauteile namhafter Hersteller verwendet.

Die Verwendung des Filters in eigenen Geräten erfolgt auf eigene Gefahr und Verantwortung.

Die AK ModulBus Computer GmbH übernimmt hierfür keine Haftung!

Es sind selbstverständlich alle einschlägigen gesetzlichen Sicherheitsvorschriften zu beachten.



Abbildung 1: Anschlüsse EMI-Filter 100V

Die Eingangsanschlüsse befinden sich in dieser Orientierung auf der linken Seite, die gefilterten Ausgänge

**Anschlussbelegung:**

- (1) **" +IN "** = Eingang "+" für Gleichspannung, max. 100V/2A (bzw. 50V/2A, 400V/0,5A)
- (2) **" GNDi "** = Eingang "-" bzw. Masse für Gleichspannung
- (3) Hohlsteckerbuchse 2,1x5,5mm, (max. 12V/2A!); parallel zu Anschluss (1) und (2) (nicht vorhanden bei 400V-Version)
- (4) **" AC~ "** = Eingang für Wechselspannung
- (5) **" Anode "** = mittelohmiger Ausgang mit Zusatzfilter; Ausgangsimpedanz = R2 = (9)
- (6) **" +OUT "** = niederohmiger Ausgang
- (7) **" GND "** = Ausgang Masse für (5) und (6)
- (8) **" EARTH "** = Anschluss für Erde/Schutzleiter
- (9) freier Platz für Widerstand parallel zu R1 zur Senkung der Ausgangsimpedanz **" Anode "**

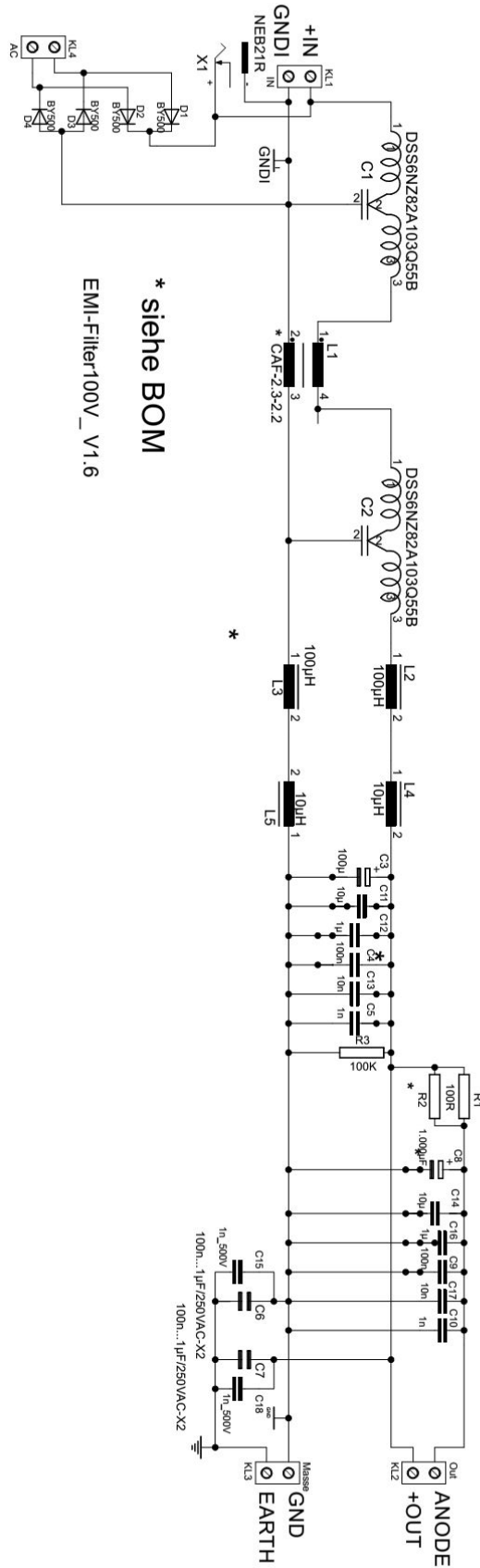


Abbildung 2: Schaltplan EMI-Filter 50V/100V

## **Beschreibung der Filterstufen:**

- 1.) Die 3 möglichen Betriebsspannungs-Eingänge treffen an der 1. Filterstufe C1 zusammen. C1 ist ein spezielles EMI-Filter von Murata (Typ: DSSNZ82A 103Q55B) mit integrierten Ferritperlen am Ein- und Ausgang und 1nF Ableitkapazität nach Masse. Diese Filter soll direkt am Filter-Eingang leitungsgebundene Störungen im Bereich von 30 MHz...1 GHz mit einer Dämpfung von >20dB nach Masse kurzschliessen bzw. abblocken und von den weiteren Filterstufen kurzschliessen. In der 400V-Version muss wegen der begrenzten Spannungsfestigkeit auf dieses Filter verzichtet werden. Dort wird anstelle dessen ein 1nF/500V Keramik-Kondensator verwendet.
- 2.) Stufe 2 ist eine stromkompensierte Drossel ("Common-Mode Choke") zur Dämpfung von Gleichtaktstörungen. Eine stromkompensierte Drossel ist praktisch das einzige Filtermittel, um Störungen auszufiltern, die sowohl auf der "Signalleitung" als auch auf der Masseleitung vorhanden sind. Zur Erläuterung des Unterschiedes zwischen Gleichtakt- und Gegentakt-Störungen sei auf die Links am Ende verwiesen. Für die 50V und 100V-Version wird eine Induktivität mit 2,3mH bei 2,2A Strombelastbarkeit eingesetzt. Für die 400V-Version wird eine Drossel mit 47mH bei 0,5A verwendet.

Da die stromkompensierte Drossel sowohl im "Signalweg" als auch in der Masseleitung liegt, findet hier eine Auftrennung der "Eingangs-Masse" und der "Ausgangs-Masse" statt. Diese beide Massen dürfen nun an keiner Stelle der Filterplatine wie auch der Gesamtschaltung mit dem durch das Filter zu versorgenden Gerät wieder zusammengeführt werden. Die Platine hat deswegen 2 getrennte Masseflächen!
- 3.) Stufe 3 hinter der stromkompensierten Drossel wird nochmals ein EMI-Filter (bzw. ein 10nF-Kondensator bei der 400V-Version) identisch zu Stufe 1 verwendet.
- 4.) Die nächste Stufe besteht aus der Reihenschaltung einer 10μH und einer 100μH Drossel. Da Drosseln wegen Ihrer Eigenkapazität einen Schwingkreis bilden, kann eine einzelne Drossel immer nur bis zu Ihrer Eigen-Resonanzfrequenz (SFR=Series Resonant Frequency) Störungen unterdrücken. Oberhalb verhält sie sich wie eine Kapazität und die Impedanz sinkt wieder. Durch die Reihenschaltung zweier Drosseln mit möglichst weit auseinander liegenden Resonanzfrequenzen erhält man daher einen breiteren Dämpfungsbereich über einen grösseren Frequenzbereich
- 5.) Es schliesst sich eine Filterbank aus einer Parallelschaltung mehrerer Kondensatoren von 100μF bis hinab zu 1nF an, die jeweils um den Faktor 10 im Wert auseinander liegen. Auch hier liegt der Grund für die Verwendung mehrerer (hier parallel geschalteter) Kondensatoren darin, dass ein einzelner Kondensator durch seine Serien-Induktivität einen Schwingkreis bildet und oberhalb seiner Eigen-Resonanzfrequenz wegen der dann wieder steigenden Impedanz eine zunehmend geringere Filterwirkung (hier: Ableitung nach Masse) besitzt. Keramik-Kondensatoren bieten die besten HF-Eigenschaften und werden deswegen für die kleineren Kapazitätswerte verwendet. Für den mittleren Frequenzbereich werden soweit wie möglich Kunststoff-Folienkondensatoren verwendet, die unterhalb von etwa 1MHz die besten Ableit-Eigenschaften besitzen.

## Dokumentation: EMI-DC-Filter 50V/2A, 100V/2A, 400V/0,5A

Für den untersten Frequenzbereich werden dann schliesslich Elektrolyt-Kondensatoren verwendet (soweit möglich "Low-ESR"-Typen).

Dies ist die letzte Filterstufe für den nieder-impedanten Ausgang **"*+OUT*"**.

Es ist noch ein Entladewiderstand R3 für die Kondensatorbank vorhanden, damit die ggf. recht hohen Spannungen an der Kondensatorbank nach dem Abschalten vernichtet werden.

Da ohne zusätzliche Massnahmen die gewünschte Dämpfung von mind. 60dB nur bis hinab zu etwa 3 kHz erreichbar ist, ist für spezielle Zwecke (**"*Anode*"**-Ausgang) nun noch eine separate Filterstufe mit einem RC-Filter aufgebaut.

Diese besteht aus dem Widerstand R1 und einer zweiten Filterbank mit von 1.000µF...1nF abgestuften Kondensatoren (400V-Version: 820µF...1nF) und wird am Ausgang "Anode" zur Verfügung gestellt.

Hier sind nun einige wichtige Dinge zu beachten:

- a) Die Ausgangsimpedanz wie auch die untere Grenzfrequenz wird durch R1 und C1 festgelegt.  
Mit den für die 50V/100V-Version vorgesehenen Werten von  $R1=100\Omega$  und  $C=1.000\mu F$  erreicht man eine -3dB-Grenzfrequenz von etwa 1,5 Hz.  
60dB-Dämpfung wird dann bei etwa 1,5 kHz erreicht.  
Wenn man durch Parallelschaltung eines weiteren Widerstandes R2 die Ausgangsimpedanz vermindern will (oder muss), verschiebt sich die -3dB und die -60dB-Grenzfrequenz proportional zu höheren Frequenzen.
  - b) Ausserdem ist die an R1 (und ggf. R2) entstehende Wärmeleistung im Verhältnis zur Belastbarkeit von R1, R2 zu beachten  
(s. Berechnung dazu in der Einführung).
  - c) Benötigt man diese Filterstufe nicht, kann man R1 mittels einer Drahtbrücke für R2 überbrücken. Dann verzehnfacht sich die Kapazität der Filterstufe 5 und man hat dann bereits eine Siebkapazität von über 1.000µF (über 900µF bei der 400V-Version)
- 6.) Die Verbindung von/zur Erde oder dem Schutzleiter werden sowohl für die Schaltungsmasse wie auch für die "Signalleitung" (**"*+OUT*"**) durch je eine ParallelSchaltung eines MKP X2-Kondensators mit 100nF...1µF und einem 1nF/500V Keramik-Kondensators realisiert.  
Wenn diese Verbindung mit der Erde bzw. dem Schutzleiter nicht vorgeschrieben ist, muss man ausprobieren, ob hier eine Verbesserung oder Verschlechterung der Störsituation am Filterausgang erfolgt. Es können tatsächlich über eine "HF-verseuchte" Erde mehr Störungen eingetragen als abgeleitet werden.
- 7.) Alle bisher besprochenen Filtermittel sind nur für leitungsgebundene Störungen wirksam. Oberhalb von etwas 1MHz kann in das Filter aber zunehmend über elektromagnetische Strahlung HF-Störungen eingekoppelt werden.  
Wenn man das Filter in einer "HF-verseuchten" Umgebung betreibt und es zusammen mit der zu versorgenden Schaltung nicht schon in einem gemeinsamen HF-dichten Gehäuse eingebaut hat, empfiehlt sich ggf. die Abschirmung aller Filterelemente mittels eines Weissblech-Gehäuses. Die verzinnten Streifen zum Auflöten können wegen der getrennten Eingangs und Ausgangsmasse allerdings nicht ganz umlaufend sein.  
Das Auflöten mit möglichst durchgängiger Verzinnung erfordert einen leistungsstarken LötKolben und etwas Übung.



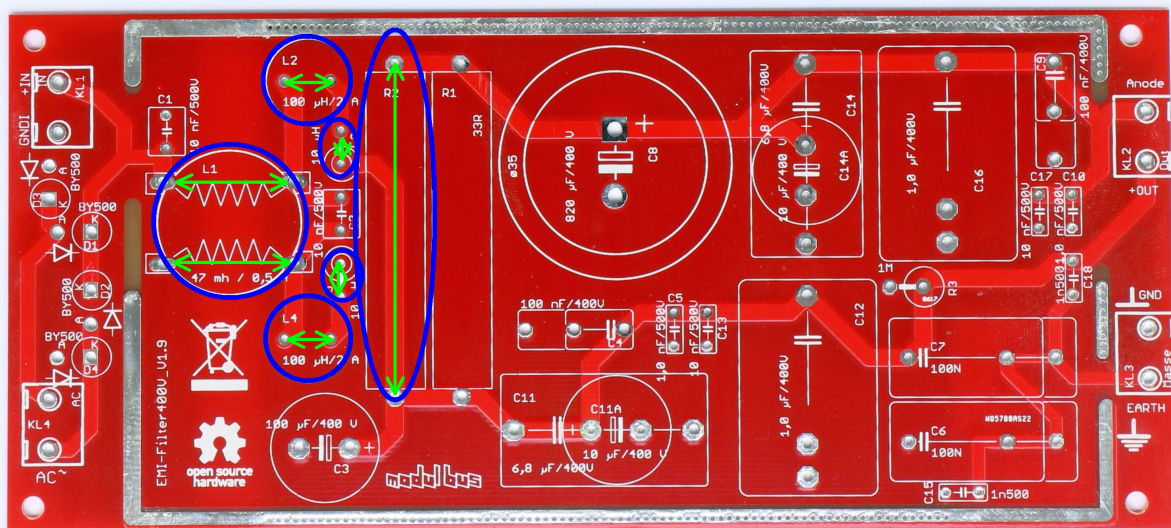
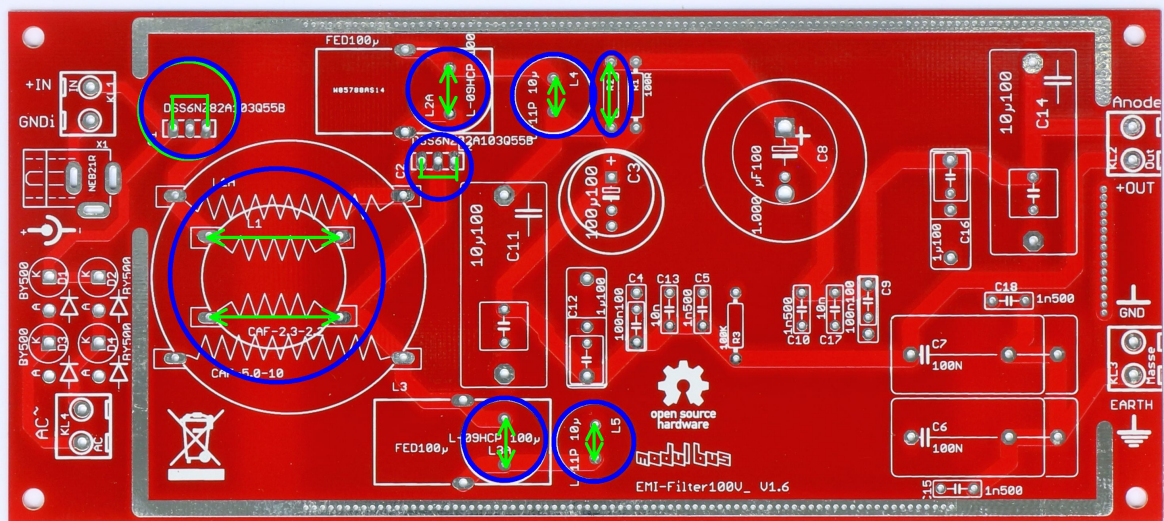


Abbildung 3: Platinen mit Überbrückungen

### Selbstbestückung von Leerplatinen:

Bei der Selbstbestückung von Leerplatinen können zum einen natürlich andere als die vorgeschlagenen Bauteile/Bauteilewerte verwendet werden.

Wir haben dafür auf der Platine für einige Bauelemente (grössere Kondensatoren und Elkos, stromkompensierte Drossel) Anschlüsse für verschiedene Bauteile-Grössen vorgesehen.

Zum anderen können einzelne Filterstufen weggelassen werden, wenn sie nicht benötigt werden.

Kondensatoren/Elkos werden einfach nicht bestückt, wenn sie nicht benötigt werden.

Bei den Drosseln und den beiden EMI-Filtern (nur 50V/100V-Filter) müssen diese allerdings überbrückt werden.

Die hierfür infrage kommenden Bauteile sind in der Abbildung blau eingekreist.

die grünen Doppelpfeile zeigen die zu legenden Brücken.

Besondere Vorsicht ist bei den beiden EMI-Filter C1 und C2 der 50V/100V-Version geboten: Hier muss die Brücke zwischen die beiden äußeren Anschlüssen gelegt werden, da der Mittelanschluss nach Masse führt. Anstelle einer Brücke kann hier auch je zwei 10...100nF-Kondensator wie in der

**Dokumentation: EMI-DC-Filter 50V/2A, 100V/2A, 400V/0,5A**

400V-Version verwendet werden, um HF schon am Eingang kurzzuschliessen. Diese müssen (anstelle der Brücke) jeweils vom linken Anschlusspunkte des EMI-Filters zum mittleren Anschluss (Masse) gelegt werden.

Die eingezeichnete Brücke zwischen den äußeren Anschlüssen muss natürlich trotzdem gelegt werden.