

Whip-Tee

Eine universelle Fernspeiseweiche (Bias-Tee) für Mast-Vorverstärker und Aktivantennen

Von Guenter Fred Mandel, DL4ZAO,
www.dl4zao.de

Manual und Baubeschreibung

Inhalt

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Beschreibung der Schaltung | 2 |
| Aufbau und Bestückung der Leiterplatte | 4 |
| Wickeln der Fernspeisedrossel | 4 |
| Bestückung der Platine | 4 |
| Inbetriebnahme..... | 5 |
| Abweichende Bestückungsvarianten | 5 |
| Bestückungsvariante ohne Spannungsregler: | 6 |
| Bestückungsvariante ohne Brückengleichrichter: | 6 |
| Bestückungsvariante mit Umschaltung zwischen zwei unterschiedlichen Ausgangsspannungen:... | 6 |
| Stückliste..... | 7 |

Einführung

Eine Fernspeiseweiche -im englischen in Anlehnung an die innere Schaltung als Bias-T bezeichnet - benutzt man zur Spannungsversorgung von Mast-Vorverstärkern oder von Aktivantennen über das vorhandene Koaxkabel. Es ist eine T-förmige Frequenzweiche, über die eine DC-Versorgungsspannung rückwirkungsfrei auf eine Hochfrequenzleitung gekoppelt werden kann. Am Ausgang der Weiche, der zum angeschlossenen Empfänger oder Transceiver führt, wird die Gleichspannung über einen Kondensator abgetrennt. Die rückwirkungsfreie Einkopplung der Gleichspannung auf die Hochfrequenzleitung erfolgt über eine HF-Drossel, deren induktiver Widerstand im Nutzfrequenzbereich einen hohen Widerstand darstellt. Als Daumenregel soll die Drosselimpedanz mindestens das 10-fache des Wellenwiderstandes der HF- Leitung betragen.

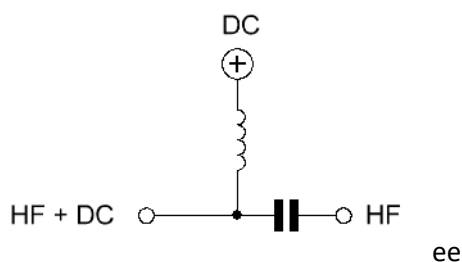


Bild 1 – Fernspeiseweiche - Bias-Tee - Prinzip

Der Anschluss „HF“ wird über ein Koaxkabel mit dem Transceiver, bzw. Empfänger verbunden. Der Anschluss "HF+DC" wird über das Koaxialkabel mit dem zu versorgenden Gerät (Vorverstärker, Aktivantenne, Konverter) verbunden. Über den Anschluss „DC“ wird die Gleichspannung der Fernspeisung angeschlossen. Der Kabelschirm dient als gemeinsamer Masseanschluss.

Beschreibung der Schaltung

In einer Fernspeiseweiche kommt der HF-Drossel eine Schlüsselrolle zu. Ihr induktiver Widerstand soll im gesamten Nutzfrequenzbereich das 10-fache des Leitungswellenwiderstandes von 50Ω betragen. Das erfordert für tiefe Frequenzen eine Drossel mit hoher Induktivität. Für eine untere Frequenz von 50kHz wäre z.B eine Drossel von 1,5mH optimal. Festinduktivitäten mit hoher Induktivität weisen meist eine hohe Wicklungskapazität auf und zeigen je nach Bauart eine ausgeprägte Eigenresonanz, die oft in den Nutzfrequenzbereich fällt. Dies wirkt sich als unerwünschte Stoßstelle auf die HF-Leitung aus. Aus diesem Grund werden hier zwei Induktivitäten in Serie geschaltet. L2 ist eine VHF/UHF SMD Ferritdrossel, die zwischen Stripline und einer bedrahteten Drossel eingefügt wird. Sie sorgt für eine ausreichende Drosselimpedanz bei Frequenzen oberhalb der Eigenresonanz der Drossel L2. Die Drossel L2 mit der ihrer hohen Induktivität bestimmt die untere Frequenzgrenze der Weiche.

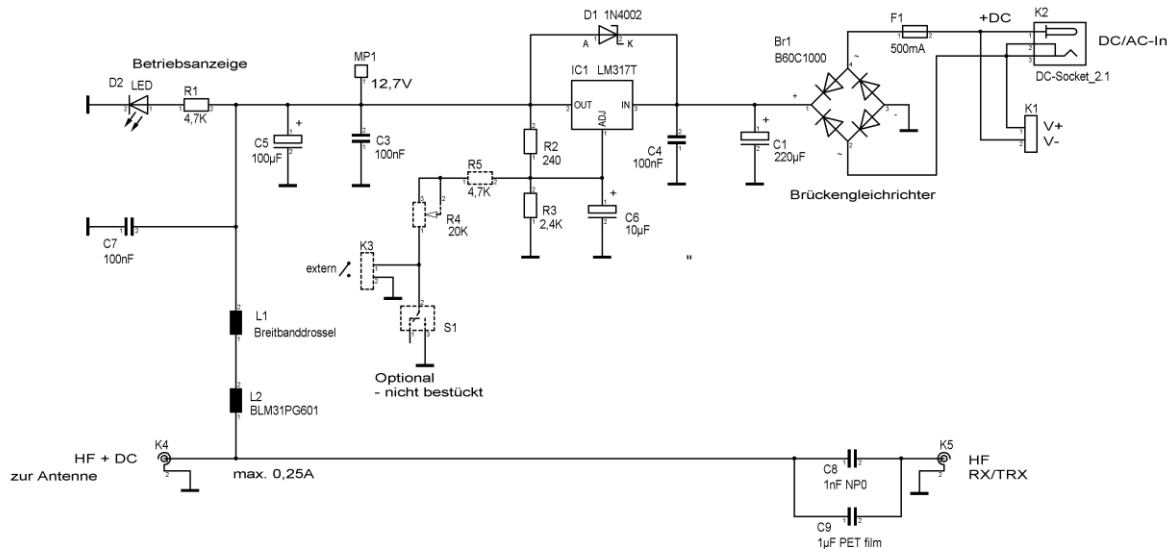


Bild 2 Whip-Tee universal Fernspeiseweiche mit Spannungsregler und Brückengleichrichter

Die Eingangsspannung der Weiche wird über einen DC-Hohlstecker oder über einen Board-to-Wire Steckverbinder zugeführt. Der Pluspol der DC-Versorgungsspannung am Koax-Ausgang der Weiche ist auf den Innenleiter gelegt. Der Schirm des Koaxkabels bildet die gemeinsame Masseleitung. Ein Brückengleichrichter, der auch als Verpolschutz dient, stellt sicher, dass die Polarität einer DC oder AC Eingangsspannung am Ausgang keine falsche Polarität verursachen kann. Das Regel-IC ist bedingt kurzschlussfest, zusätzlich schützt einer Miniatur-Feinsicherung am Eingang. Der integrierte Spannungsregler LM317T hat eine interne Spannungsreferenz von 1,25V. Mit dem Verhältnis des Spannungsteilers R2/R3 kann die Ausgangsspannung programmiert werden. Für R2 empfiehlt der Hersteller einen Wert von 240 Ohm. Im Schaltbild nach Bild 2 sind R2/R3 für eine Ausgangsspannung von 12,7V dimensioniert.

Für eine andere gewünschte Ausgangsspannung U_a wählt man R3 zu:
$$R_3 = \left(\frac{U_a}{1,25V} - 1 \right) \cdot R_2$$

Um eine ausreichende Regelreserve für den LM317 Regler vorzuhalten muss die Eingangsspannung des Reglers mindestens 3 Volt über der Ausgangsspannung liegen. Berücksichtigt man den zusätzlichen Spannungsabfall von bis zu 2V am Brückengleichrichter, soll die DC-Versorgungsspannung an der Eingangsbuchse etwa 5V über der gewünschten Ausgangsspannung der Weiche liegen. Wird statt einem Gleichstromnetzteil ein Wechselstromtrafo angeschlossen, sind diese Reserven bei der Auslegung zu berücksichtigen.

Durch unterschiedliche Bestückungsvarianten kann die Fernspeiseweiche auch ohne Spannungsregler oder ohne Gleichrichter bestückt und damit individuellen Anforderungen angepasst werden. Eine optionale Umschaltung zwischen zwei unterschiedlichen Ausgangsspannungen ist vorgesehen. Damit kann z.B. am Endgerät eine spannungsgesteuerte Umschaltung realisiert werden.

Aufbau und Bestückung der Leiterplatte

Die HF-Leitung der Fernspeiseweiche ist auf der doppelseitig kupferkaschierten Platine als kurze Streifenleitung mit einem Wellenwiderstand von 50Ω realisiert. Die DC-Trennung erfolgt durch die Parallelschaltung eines verlustarmen Folienkondensator für die tiefen Frequenzen und eines SMD Kondensators aus NPO Keramik für die hohen Frequenzen. Mit dem SMD Ferritfilter in Verbindung mit der Breitbanddrossel ist eine die Fernspeiseweiche von LF bis in den VHF Bereich verwendbar. Die Leiterplatte mit den Abmessungen 77 x 34 mm eignet sich für den Einbau in ein Aluminium Gußgehäuse vom Typ Hammond 1590A

Wickeln der Fernspeisedrossel

Vor dem Beginn Bestückungsarbeiten wird die Breitbanddrossel L1 wie auf Bild xx gezeigt auf einen Ferrit Doppellochkern Amidon BN73-0202 gewickelt. Als Wickeldraht eignet sich am besten doppelt isolierter lötlbarer Kupferlackdraht vom Durchmesser 0,25...0,4 mm. Beim Wickeln ist darauf zu achten, dass die Lackisolierung an den scharfen Kanten des Ferritkerns nicht abgeschleudert wird damit keine Kurzschlüsse entstehen. Es werden mindestens 3 + 7 + 3 Windungen entsprechend dem gezeigten Wickelschema gewickelt. Die Windungszahl ist unkritisch, es dürfen auch einige Windungen mehr sein. Vor dem Einbau werden die Drahtenden sorgfältig verzinnt. Es empfiehlt sich, später beim Einbau den Doppellochkern der Fernspeisedrossel mit einem Klecks Heißkleber zu fixieren.

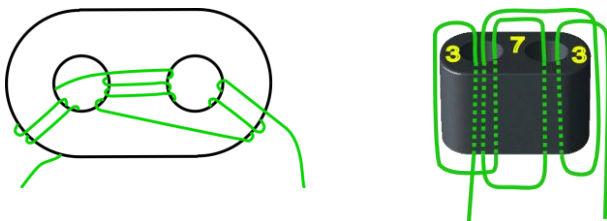


Bild 3 - Wickelschema L1 Breitband Drossel 1mH

Bestückung der Platine

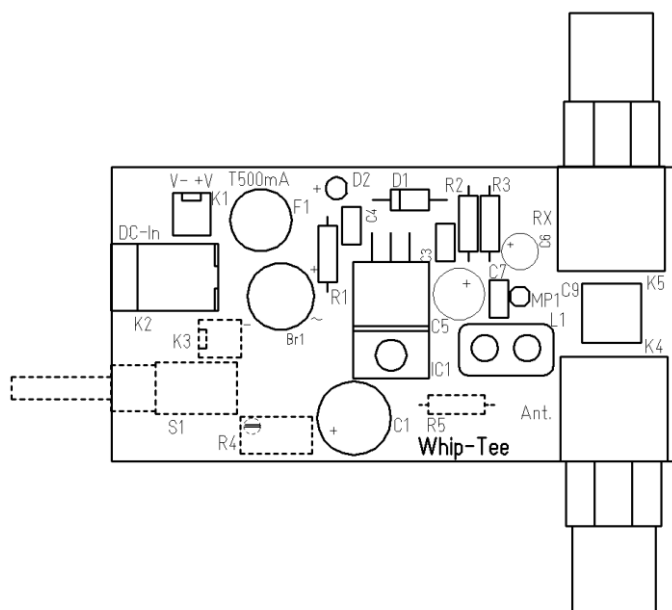


Bild 4

Bild: Bestückung oben

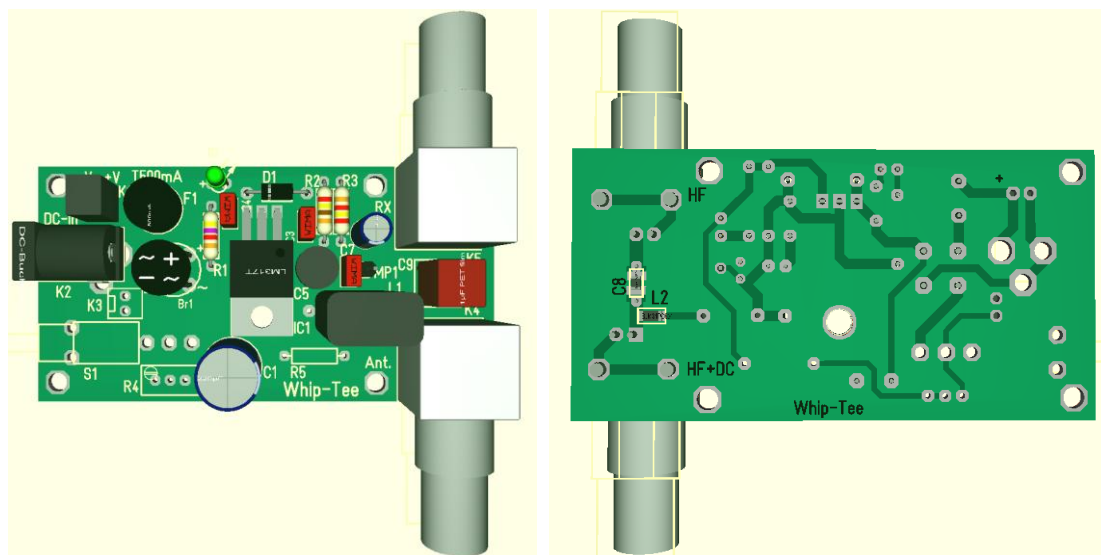



Bild 5

Bauelemente Bestückung: von oben

von unten

- Zuerst bestückt man die beiden SMD Bauteile. auf der Unterseite, der Kupferseite der Platine (Bild xx rechts). Die SMD Induktivität L2 und den Keramikcondensator C8. Danach werden die bedrahteten Bauteile von oben bestückt und sauber verlötet und abgeschnitten (Bild xx) . Zuerst die flachen und zum Schluss die hohen Bauteile wie z.B. die BNC Buchse. Ganz zuletzt die Fernspeisedrossel. Die Anschlussbeine des Spannungsregler IC vorsichtig abbiegen, so dass sie nicht brechen. Die Abbiegestelle so wählen, dass das Befestigungsloch des LM317T auf die Bohrung in der Platine passt. Dann das IC mit Schraube und Mutter auf dem isolierten Platinenabschnitt befestigen, damit ausreichend Kühlung erfolgt.
- Beim Bestücken der Dioden und Transistoren sorgfältig auf die richtige Polung achten. Die Kathode der Dioden ist auf dem Gehäuse mit einem Ring gekennzeichnet. Die Kathode der Betriebsanzeige LED D2 erkennt man an dem kürzeren Anschlussbeinchen. Die Elkos C1, C5 und C6 muss ebenfalls richtig gepolt eingebaut werden. Der Minusanschluss eines Elko ist meist mit einem schwarzen Balken oder einem Minuszeichen gekennzeichnet.

Inbetriebnahme

- Im ersten Schritt die korrekte Bestückung der Bauteile sorgfältig kontrollieren und am besten mit einer Lupe die Lötstellen und Leiterbahnen auf Kurzschlüsse und schlechte Lötstellen prüfen. Auch nochmal sorgfältig die richtige Polarität und Einbaurichtung des Gleichrichters, der Dioden, des IC und der Elkos prüfen.
 - Ein passendes Netzteil wird über den Hohlstecker K2 (Bild rechts) oder alternativ über die 2 pol. Pfostenleiste K1 angeschlossen(Plus auf Pin1).
- 

positive polarity
- Für die erste Inbetriebnahme empfiehlt sich die Speisung mit einem stabilisiertem Netzgerät mit einstellbarer Spannung und Strombegrenzung. Die Strombegrenzung wird auf 100mA eingestellt. Dann die Spannung langsam von 0 auf 18V hochregeln. Wenn die Spannung dabei zusammenbricht, ist noch ein Fehler vorhanden der erst beseitigt werden muss. Wenn alles in Ordnung ist, leuchtet die Betriebsanzeige D2. An Messpunkt MP1 ist eine Spannung von 12,7V zu messen. Die gleiche Spannung muss auch auf dem Innenleiter der BNC-Buchse K4 zur Antenne liegen. Auf dem Innenleiter der BNC-Buchse zum RX darf keine Spannung sein.

Abweichende Bestückungsvarianten

Bestückungsvariante ohne Spannungsregler:

- Falls schon eine geeignetes Netzteil mit einer stabilisierte DC-Versorgungsspannung zur Verfügung steht, kann im Grunde eine zusätzliche Spannungsregelung entfallen. Dafür werden R2, R3, C6 und IC1 nicht bestückt. Diode D1 wird durch eine Drahtbrücke ersetzt.

Bestückungsvariante ohne Brückengleichrichter:

- Wird kein Brückengleichrichter als Verpolschutz oder keine Gleichrichtung gewünscht, entfällt Br1 und wird durch zwei Drahtbrücken zwischen den Pins 1-4 sowie 2-3 überbrückt.

Bestückungsvariante mit Umschaltung zwischen zwei unterschiedlichen Ausgangsspannungen:

- Damit kann z.B. am angeschlossenen Endgerät eine über die Höhe der Fernspeisespannung gesteuerte Umschaltung realisiert werden. Dazu sind die Bauteile K3, R4, R5 und S1 und der Steckverbinder K3 zu zusätzlich zu bestücken. Mit dem Schalter S1 wird dem Widerstand R3 ein zweiter Widerstand parallel zugeschaltet. Somit kann zwischen zwei Spannungspegeln umgeschaltet werden. Statt über den on-Board Schalter S1 kann über den Steckverbinder K3 alternativ ein externer Ein-Schalter angeschlossen werden. Mit einem Trimpoti R4 kann die Spannungsdifferenz fein justiert werden.

Die Widerstandswerte von R4 und R5 sind nach der Formel auf Seite 3 nach individuellen Anforderungen zu dimensionieren. Anstatt des Widerstandwertes von R3 gilt für die Programmierung der Spannung nach der Zuschaltung der Widerstandswert der Parallelschaltung von R3 mit $(R4 + R5)$. Die Ausgangsspannung mit zugeschaltetem Parallelwiderstand $(R4+R5)$ ist immer kleiner als die Spannung ohne Zuschaltung.

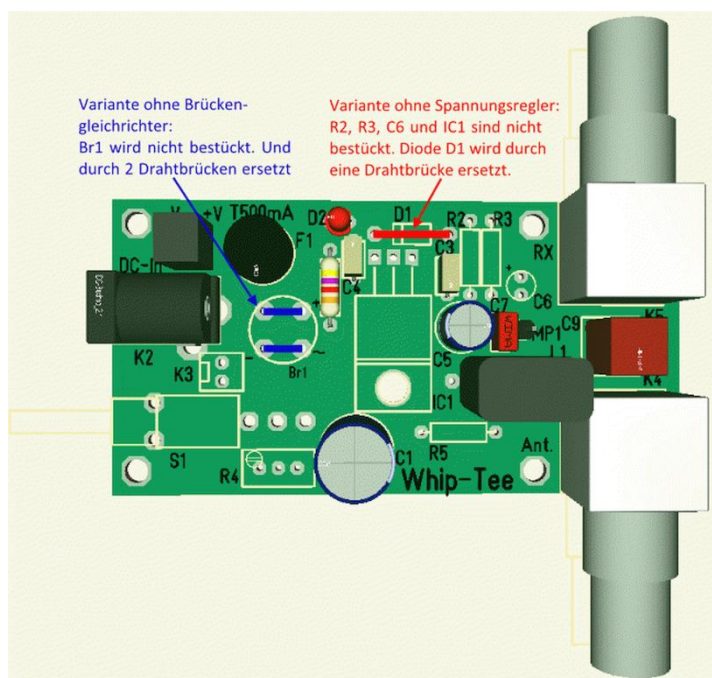


Bild 6: Teilbestückung Varianten

Stückliste

| Pos | Anzahl | Name | Wert | Typ / Rastermaß / Gehäuse | Bestückung | Anmerkungen |
|-----|--------|----------|------------------------------|--------------------------------------|------------|----------------------|
| 1 | 1 | Br1 | B80C1500 | Brückengleichrichter rund, D9mm | oben | e.g. Diotec B80R |
| 2 | 1 | C1 | 220µF / 63V | ELKO 5,08mm D10mm radial | oben | |
| 3 | 3 | C3,C4,C7 | 100nF | X7R Keramikkondensator , 2,54mm | oben | |
| 4 | 1 | C5 | 100µF / 50V | ELKO 2,54mm, D8mm radial | oben | |
| 5 | 1 | C6 | 10µF / 63V | ELKO 2,54mm, D5mm radial | oben | |
| 6 | - | - | - | - | - | |
| 7 | 1 | C8 | 1nF NPO | SMD 0805, Keramikkondensator NPO | unten | |
| 8 | 1 | C9 | 1µF PET film | 5,08mm , WIMA MKS-02 Folien Kondens. | oben | |
| 9 | 1 | D1 | 1N4002 | DO41 | oben | |
| 10 | 1 | D2 | LED 3mm, Green | Kingbright L934LDG | oben | |
| 11 | 1 | F1 | T500mA Fuse | Littlefuse TR5, 5,08mm | oben | ESKA Serie887 |
| 11a | 1 | - | Fuseholder | Sicherungshalter | oben | ESKA 886 002 |
| 12 | 1 | IC1 | LM317T | TO220_3_LIEGEND | oben | |
| 13 | 1 | K1 | 2pol, Board to Wire Header | 2,54 mm / Molex KK254 Standard | oben | Reichelt PSS254 2G |
| 14 | 1 | K2 | DC-Hohl-Buchse_2.1 | EINLÖT-DC-BUCHSE_2.1mm | oben | |
| 15 | 2 | K4,K5 | BNC-BUCHSE | BNC-Printbuchse, abgewinkelt | oben | |
| 16 | 1 | L1 | Breitbanddrossel | Doppellochkern Amidon BN77-0202 | oben | wickeln |
| 17 | 1 | L2 | BLM31PG601 | SMD 1206, Ferrit-Drossel | unten | |
| 18 | 1 | MP1 | Stiftleiste_1x01_G_2,54 | Stiftleiste_1x01_G_2,54 | oben | |
| 19 | 1 | R1 | 4,7K | 0207 | oben | |
| 20 | 1 | R2 | 240 | 0207 | oben | |
| 21 | 1 | R3 | 2,4K | 0207 | oben | |
| 22 | 1 | ohne | Leiterplatte Whip-Tee | | | |
| 23 | 1m | ohne | Kupferlackdraht 0,25...0,4mm | | | Für Breitbanddrossel |

Zusätzliche Bauteile für Bestückungsvariante „umschaltbare Spannung“

| Pos | Anzahl | Name | Wert | Typ / Rastermaß / Gehäuse | Bestückung | Anmerkungen |
|------------|---------------|-------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------|-----------------------|
| 24 | 1 | R4 | Nach individueller Berechnung | Trimpoti VISHAY Serie 64W | oben | Formel Seite 3 |
| 25 | 1 | R5 | Nach individueller Berechnung | 0207 | oben | Formel Seite 3 |
| 26 | 1 | S1 | Schalter Ein-Aus | Myama MS500A-VT (SPDT) | oben | Miniatur Kippschalter |
| 26 | 1 | K3 | 2pol Board to Wire Header | 2,54 mm / Molex KK254 Serie | oben | Reichelt PSS254 2G |